**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS**

# ESTABILIZACIÓN FÍSICO - MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO - 2024

**PRESENTADO POR:**

Br. JHEAN OWEN RODRIGUEZ PERALTA

Br. LENIN EDUARDO PEÑA SURCO

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**ASESOR:**

Mgt. Ing. JOSÉ CARLOS SOLIS TITO

**CUSCO-PERÚ**

**2026**

# Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

## INFORME DE SIMILITUD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-321-2025-UNSAAC)

El que suscribe, el **Asesor** Mg. Ing. JOSÉ CARLOS SOLIS TITO quien aplica el software de detección de similitud al trabajo de investigación/tesis titulada: ESTABILIZACIÓN FÍSICO-MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO-2024

Presentado por: LENIN EDUARDO PEÑA SURCO DNI N° 73802409;
presentado por: JHEAN OWEN RODRIGUEZ PERALTA DNI N°: 74964386
Para optar el título Profesional/Grado Académico de INGENIERO CIVIL

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 01 veces, mediante el Software de Similitud, conforme al Art. 6° del ***Reglamento para Uso del Sistema Detección de Similitud en la UNSAAC*** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 9 **%.**

**Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis**

| Porcentaje | Evaluación y Acciones | Marque con una (X) |
|---|---|---|
| Del 1 al 10% | No sobrepasa el porcentaje aceptado de similitud. | X |
| Del 11 al 30 % | Devolver al usuario para las subsanaciones. | |
| Mayor a 31% | El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, conforme al reglamento, quien a su vez eleva el informe al Vicerrectorado de Investigación para que tome las acciones correspondientes; Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley. | |

Por tanto, en mi condición de Asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto** las primeras páginas del reporte del Sistema de Detección de Similitud.

Cusco, 02 de OCTUBRE de 2026

Firma

Post firma JOSÉ CARLOS SOLIS TITO

Nro. de DNI 43491953

ORCID del Asesor 0000-0002-1437-7330

**Se adjunta:**

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema de Detección de Similitud: **oid:** 27259:630864227

# LENIN EDUARDO_ JHEAN OWEN PEÑA SURCO_ R...

## ESTABILIZACIÓN FÍSICO-MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEI...

Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

### Detalles del documento

Identificador de la entrega
**trn:oid:::27259:630864227**

Fecha de entrega
**27 sep 2026, 10:04 p.m. GMT-5**

Fecha de descarga
**27 sep 2026, 10:13 p.m. GMT-5**

Nombre del archivo
**ESTABILIZACIÓN FÍSICO-MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA ME....pdf**

Tamaño del archivo
**25.0 MB**

**422 páginas**

**151.192 palabras**

**680.624 caracteres**

# 9% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

## Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 12 palabras)

## Fuentes principales

7% Fuentes de Internet
2% Publicaciones
6% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

## Marcas de integridad

**N.º de alertas de integridad para revisión**

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

## RESUMEN

La presente tesis se enfocó en determinar el efecto de la incorporación de Aceite Residual Degradado (ARD) y Tierra de Diatomeas en la estabilización físico-mecánica de material granular para afirmado, empleando muestras de las canteras de Patapata y Saylla en Cusco. La investigación responde al deterioro de la red vial no pavimentada.

La metodología fue experimental y cuantitativa, con ensayos de laboratorio conforme a normas del MTC. Se trabajó con material granular caracterizado como suelos tipo GC-GM y GC según SUCS, y A-2-4 según AASHTO, con humedades óptimas de 5.90% y 7.00%, y densidades máximas de 2.27 g/cm³ y 2.24 g/cm³ para Saylla y Patapata, respectivamente. Se evaluaron mezclas con 0%, 1%, 2% y 3% de ARD y Tierra de Diatomeas respectivamente, mediante ensayos de Granulometría, Límites de Atterberg, Gravedad Específica, Abrasión Los Ángeles, Compactación Proctor Modificado, CBR y Módulo de Resiliencia.

Los resultados mostraron que la dosificación óptima fue 2% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas. Con esta combinación la densidad seca máxima aumentó a 2.43 g/cm³ en Saylla y 2.41 g/cm³ en Patapata; el CBR se incrementó hasta 147.01% y 143.00%, respectivamente; y el módulo de resiliencia evidenció mejor capacidad de soporte y deformación elástica. Los índices de plasticidad se mantuvieron dentro del rango permitido (4–9%) establecido por el MTC para afirmados.



**Palabras Clave:** Estabilización de suelos, Afirmado, Aceite residual degradado, Tierra de diatomeas

## ABSTRACT

This thesis focused on determining the effect of incorporating Degraded Residual Oil (DRO) and Diatomaceous Earth in the physico-mechanical stabilization of granular material for unpaved road bases, using samples from the Patapata and Saylla quarries in Cusco. The research responds to the deterioration of the unpaved road network.

The methodology was experimental and quantitative, with laboratory tests conducted according to MTC standards. Granular material was characterized as GC-GM and GC soils under SUCS, and A-2-4 under AASHTO, with optimum moisture contents of 5.90% and 7.00%, and maximum dry densities of 2.27 g/cm³ and 2.24 g/cm³ for Saylla and Patapata, respectively. Mixtures with 0%, 1%, 2%, and 3% of DRO and Diatomaceous Earth were evaluated through Grain Size Distribution, Atterberg Limits, Specific Gravity, Los Angeles Abrasion, Modified Proctor Compaction, CBR, and Resilient Modulus tests.

Results showed that the optimal dosage was 2% DRO and 2% Diatomaceous Earth. With this combination, maximum dry density increased to 2.43 g/cm³ in Saylla and 2.41 g/cm³ in Patapata; CBR rose significantly to 147.01% and 143.00%, respectively; and the resilient modulus indicated improved load-bearing capacity and elastic deformation. Plasticity indices remained within the permitted range (4–9%) established by MTC for unpaved road bases.



**Keywords:** Soil stabilization, Unpaved road base, Degraded residual oil, Diatomaceous earth

## DEDICATORIA

Con profunda gratitud, agradezco a **Roberto Peña y Guida Surco**
por su apoyo incondicional, quienes fueron una guía constante
y un pilar durante mi formación tanto profesional como personal.
Extiendo también mi reconocimiento a mi hermano Dante, por su compañía y respaldo.

Con profunda gratitud a mis padres, **Víctor Rodríguez y Soledad Peralta**
por su apoyo incondicional, su fe inquebrantable y su guía a lo largo de todo el camino
que me permitió culminar mi formación profesional y personal

## AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestra profunda gratitud a Dios, cuya guía y fortaleza nos han acompañado en cada etapa de este camino.

A nuestros padres, por su amor incondicional, su apoyo constante y los sacrificios que han hecho para ayudarnos a alcanzar nuestras metas.

A nuestros amigos y compañeros de laboratorio, por su compañerismo, colaboración y el ánimo brindado a lo largo de este proceso.

A todas aquellas personas que, de una u otra forma, nos ofrecieron su apoyo y contribuyeron al desarrollo de este trabajo.

En especial, agradecemos a nuestro asesor, Mgt. Ing. José Carlos Solís Tito, por su dedicación, paciencia y valiosa orientación, que han sido clave en la realización de esta tesis.

Este logro es también de ustedes.

## ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS

**Fotografía 1** *Carretera Afirmada* ..... 44
**Fotografía 2** *Construcción ilegal de la carretera entre Nuevo Edén y Puerto Shipetiari, en Madre de Dios*..... 49
**Fotografía 3** *Aceite Residual Degradado* ..... 50
**Fotografía 4** *Ubicación de la Cantera Patapata* ..... 62
**Fotografía 5** *Ubicación de la Cantera de Saylla* ..... 63
**Fotografía 6** *Aceite Residual Degradado (ARD)* ..... 64
**Fotografía 7** *Tierra de Diatomeas* ..... 64
**Fotografía 8** *Extracción de material de la Cantera Patapata* ..... 66
**Fotografía 9** *Extracción de material de la Cantera de Saylla* ..... 66
**Fotografía 10** *Ensayo de Análisis Granulométrico* ..... 67
**Fotografía 11** *Ensayo de Análisis Granulométrico (Después del tamizado)*..... 67
**Fotografía 12** *Horno para poner las muestras* ..... 72
**Fotografía 13** *Elaboración del ensayo Límite Líquido* ..... 76
**Fotografía 14** *Elaboración del Ensayo Límite Líquido* ..... 76
**Fotografía 15** *Elaboración del ensayo de Gravedad Especifica* ..... 111
**Fotografía 16** *Elaboración del ensayo de Gravedad Especifica (Picnómetro)* ..... 111
**Fotografía 17** *Elaboración del ensayo de Abrasión los Ángeles* ..... 115
**Fotografía 18** *Máquina de Abrasión los Ángeles* ..... 115
**Fotografía 19** *Elaboración del ensayo de Proctor Modificado* ..... 119
**Fotografía 20** *Elaboración del ensayo de CBR* ..... 154
**Fotografía 21** *Medidor de Expansión del CBR*..... 154
**Fotografía 22** *Elaboración del ensayo CBR* ..... 156
**Fotografía 23** Compactación de la muestra para el ensayo de MR ..... 191
**Fotografía 24** Ensayo de Módulo Resiliente ..... 192
**Fotografía 25** Desarrollo del Ensayo de Módulo Resiliente..... 194
**Fotografía 26** *Elaboración de nuestro cerco para guardar nuestras cosas* ..... 261
**Fotografía 27** *Extracción de material para afirmado de la cantera de Patapata- San Jerónimo* ..... 261
**Fotografía 28** *Extracción de material para afirmado de la cantera de Patapata- San Jerónimo* ..... 262
**Fotografía 29** *Extracción de material para afirmado de la cantera de Saylla*..... 262
**Fotografía 30** *Cuarteo de la muestra para realizar el ensayo de Granulometría por tamizado* ..... 263
**Fotografía 31** *Lavado de la muestra para realizar el ensayo de granulometría por tamizado* 263
**Fotografía 32** *Análisis granulométrico mediante el proceso de tamizado para las dos canteras: Patapata y Saylla* ..... 264
**Fotografía 33** *Resultados de realizar el Análisis Granulométrico para cada cantera* ..... 264
**Fotografía 34** *Desarrollo de los límites de consistencia o limites e Atterberg para cada porcentaje de ARD y Tierra de Diatomeas con 0%,1%,2% y 3% para cada uno respectivamente* ..... 265
**Fotografía 35** *Desarrollo de los límites de consistencia* ..... 265

**Fotografía 36** *Límite Líquido (Cuchara de Casagrande)* ..... 265
**Fotografía 37** *Límite Plástico* ..... 265
**Fotografía 38** *Pesado de las capsulas para determinar la humedad de los límites líquidos y plásticos* ..... 265
**Fotografía 39** *Pesado de las capsulas para determinar la humedad* ..... 265
**Fotografía 40** *Resultados de los límites líquidos y límites plásticos para la mezcla de los diferentes porcentajes* ..... 265
**Fotografía 41** *Desarrollo del ensayo de Proctor Modificado para determinar el contenido óptimo de humedad, así como la densidad máxima* ..... 265
**Fotografía 42** *Mezclado de las muestras con los aditivos en diferentes porcentajes* ..... 265
**Fotografía 43** *Compactación de la muestra ensayo Proctor* ..... 265
**Fotografía 44** *Resultados del ensayo de Proctor Modificado* ..... 265
**Fotografía 45** *Pesado de las capsulas para determinar la humedad optima* ..... 265
**Fotografía 46** *Desarrollo del ensayo de CBR* ..... 265
**Fotografía 47** *Preparación de la tierra para mezclar con el aditivo* ..... 265
**Fotografía 48** *Preparación de los aditivos* ..... 265
**Fotografía 49** *Armado del molde de CBR* ..... 265
**Fotografía 50** *Compactación por capas de cada molde CBR* ..... 265
**Fotografía 51** *Enrasado de los moldes de CBR* ..... 265
**Fotografía 52** *Armado del molde de CBR después de la compactación* ..... 265
**Fotografía 53** *Pesado del molde CBR* ..... 265
**Fotografía 54** *Sumergido de las muestras a ensayar* ..... 265
**Fotografía 55** *Extracción de las muestras de CBR* ..... 265
**Fotografía 56** *Desarrollo del ensayo de penetración CBR* ..... 265
**Fotografía 57** *Medidores de deformación y esfuerzo* ..... 265
**Fotografía 58** *Muestra posteriormente ensayada* ..... 265
**Fotografía 59** *Ensayo de gravedad específica para las dos canteras* ..... 265
**Fotografía 60** *Pesado del picnómetro* ..... 265
**Fotografía 61** *Extracción de aire del picnómetro* ..... 265
**Fotografía 62** *Pesado del agregado retenido y que se queda en la malla N°12 (Cantera Saylla)* ..... 265
**Fotografía 63** *Pesado del agregado retenido y que se queda en la malla N°12 (Cantera Patapata)* ..... 265
**Fotografía 64** *Elaboración del ensayo de Abrasión los Ángeles* ..... 265

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

**Gráfica 1** *Flujo de la metodología de investigación* ..... 59
**Gráfica 2** *Curva Granulométrica de la cantera de Saylla* ..... 70
**Gráfica 3** *Curva Granulométrica de la cantera de Saylla* ..... 71
**Gráfica 4** *Contenido de Humedad de la cantera de Saylla* ..... 74
**Gráfica 5** *Contenido de Humedad de la cantera de Saylla* ..... 75
**Gráfica 6** *Límite Líquido de la cantera de Saylla sin adición de ARD Y Tierra de Diatomeas* .. 79
**Gráfica 7** *Límite Líquido de la cantera de Saylla con adición de 1% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas* ..... 80
**Gráfica 8** *Límite Líquido de la cantera de Saylla con adición de 2% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas* ..... 81
**Gráfica 9** *Límite Líquido de la cantera de Saylla con adición de 3% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas* ..... 82
**Gráfica 10** *Límite Líquido de la cantera de Saylla con adición de 0% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas* ..... 83
**Gráfica 11** *Límite Líquido de la cantera de Saylla con adición de 1% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas* ..... 84
**Gráfica 12** *Límite Líquido de la cantera de Saylla con adición de 2% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas* ..... 85
**Gráfica 13** *Límite Líquido de la cantera de Saylla con adición de 2% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas* ..... 86
**Gráfica 14** *Límite Líquido de la cantera de Saylla con adición de 0% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas* ..... 87
**Gráfica 15** *Límite Líquido de la cantera de Saylla con adición de 1% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas* ..... 88
**Gráfica 16** *Límite Líquido de la cantera de Saylla con adición de 2% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas* ..... 89
**Gráfica 17** *Límite Líquido de la cantera de Saylla con adición de 3% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas* ..... 90
**Gráfica 18** *Límite Líquido de la cantera de Saylla con adición de 0% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas* ..... 91
**Gráfica 19** *Límite Líquido de la cantera de Saylla con adición de 1% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas* ..... 92
**Gráfica 20** *Límite Líquido de la cantera de Saylla con adición de 2% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas* ..... 93
**Gráfica 21** *Límite Líquido de la cantera de Saylla con adición de 3% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas* ..... 94
**Gráfica 22** *Límite Líquido de la cantera de Patapata sin adición de ARD y Tierra de Diatomeas* ..... 95
**Gráfica 23** *Límite Líquido de la cantera de Patapata con adición de 1% de ARD y 0% Tierra de Diatomeas* ..... 96
**Gráfica 24** *Límite Líquido de la cantera de Patapata con adición de 2% de ARD y 0% Tierra de Diatomeas* ..... 97

**Gráfica 25** *Límite Líquido de la cantera de Patapata con adición de 3% de ARD y 0% Tierra de Diatomeas* ..... 98
**Gráfica 26** *Límite Líquido de la cantera de Patapata con adición de 0% de ARD y 1% Tierra de Diatomeas* ..... 99
**Gráfica 27** *Límite Líquido de la cantera de Patapata con adición de 1% de ARD y 1% Tierra de Diatomeas* ..... 100
**Gráfica 28** *Límite Líquido de la cantera de Patapata con adición de 2% de ARD y 1% Tierra de Diatomeas* ..... 101
**Gráfica 29** *Límite Líquido de la cantera de Patapata con adición de 3% de ARD y 1% Tierra de Diatomeas* ..... 102
**Gráfica 30** *Límite Líquido de la cantera de Patapata con adición de 0% de ARD y 2% Tierra de Diatomeas* ..... 103
**Gráfica 31** Límite Líquido de la cantera de Patapata con adición de 1% de ARD y 2% Tierra de Diatomeas ..... 104
**Gráfica 32** *Límite Líquido de la cantera de Patapata con adición de 2% de ARD y 2% Tierra de Diatomeas* ..... 105
**Gráfica 33** *Límite Líquido de la cantera de Patapata con adición de 3% de ARD y 2% Tierra de Diatomeas* ..... 106
**Gráfica 34** *Límite Líquido de la cantera de Patapata con adición de 0% de ARD y 3% Tierra de Diatomeas* ..... 107
**Gráfica 35** *Límite Líquido de la cantera de Patapata con adición de 1% de ARD y 3% Tierra de Diatomeas* ..... 108
**Gráfica 36** *Límite Líquido de la cantera de Patapata con adición de 2% de ARD y 3% Tierra de Diatomeas* ..... 109
**Gráfica 37** *Límite Líquido de la cantera de Patapata con adición de 2% de ARD y 3% Tierra de Diatomeas* ..... 110
**Gráfica 38** *Material Resistente vs Material Desgastado de la cantera de Saylla* ..... 117
**Gráfica 39** *Material Resistente vs Material Desgastado de la cantera de Saylla* ..... 118
**Gráfica 40** *Densidad seca vs Contenido de humedad de la cantera de Saylla sin la adición de ARD y Tierra de Diatomeas* ..... 122
**Gráfica 41** *Densidad seca vs Contenido de humedad de la cantera de Saylla con adición de 0% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas* ..... 123
**Gráfica 42** *Densidad seca vs Contenido de humedad de la cantera de Saylla con adición de 0% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas* ..... 124
**Gráfica 43** *Densidad seca vs Contenido de humedad de la cantera de Saylla con adición de 0% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas* ..... 125
**Gráfica 44** *Densidad seca vs Contenido de humedad de la cantera de Saylla con adición de 1% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas* ..... 126
**Gráfica 45** *Densidad seca vs Contenido de humedad de la cantera de Saylla con adición de 1% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas* ..... 127
**Gráfica 46** *Densidad seca vs Contenido de humedad de la cantera de Saylla con adición de 1% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas* ..... 128

**Gráfica 47** *Densidad seca vs Contenido de humedad de la cantera de Saylla con adición de 1% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas* ..... 129
**Gráfica 48** *Densidad seca vs Contenido de humedad de la cantera de Saylla con adición de 2% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas* ..... 130
**Gráfica 49** *Densidad seca vs Contenido de humedad de la cantera de Saylla con adición de 2% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas* ..... 131
**Gráfica 50** *Densidad seca vs Contenido de humedad de la cantera de Saylla con adición de 2% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas* ..... 132
**Gráfica 51** *Densidad seca vs Contenido de humedad de la cantera de Saylla con adición de 0% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas* ..... 133
**Gráfica 52** *Densidad seca vs Contenido de humedad de la cantera de Saylla con adición de 3% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas* ..... 134
**Gráfica 53** *Densidad seca vs Contenido de humedad de la cantera de Saylla con adición de 3% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas* ..... 135
**Gráfica 54** *Densidad seca vs Contenido de humedad de la cantera de Saylla con adición de 3% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas* ..... 136
**Gráfica 55** *Densidad seca vs Contenido de humedad de la cantera de Saylla con adición de 3% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas* ..... 137
**Gráfica 56** *Densidad seca vs Contenido de humedad de la cantera de Saylla sin la adición de ARD y Tierra de Diatomeas* ..... 138
**Gráfica 57** *Densidad seca vs Contenido de humedad de la cantera de Saylla con adición de 0% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas* ..... 139
**Gráfica 58** *Densidad seca vs Contenido de humedad de la cantera de Saylla con adición de 0% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas* ..... 140
**Gráfica 59** *Densidad seca vs Contenido de humedad de la cantera de Saylla con adición de 0% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas* ..... 141
**Gráfica 60** *Densidad seca vs Contenido de humedad de la cantera de Saylla con adición de 1% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas* ..... 142
**Gráfica 61** *Densidad seca vs Contenido de humedad de la cantera de Saylla con adición de 1% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas* ..... 143
**Gráfica 62** *Densidad seca vs Contenido de humedad de la cantera de Saylla con adición de 1% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas* ..... 144
**Gráfica 63** *Densidad seca vs Contenido de humedad de la cantera de Saylla con adición de 1% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas* ..... 145
**Gráfica 64** *Densidad seca vs Contenido de humedad de la cantera de Saylla con adición de 2% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas* ..... 146
**Gráfica 65** *Densidad seca vs Contenido de humedad de la cantera de Saylla con adición de 2% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas* ..... 147
**Gráfica 66** *Densidad seca vs Contenido de humedad de la cantera de Saylla con adición de 2% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas* ..... 148
**Gráfica 67** *Densidad seca vs Contenido de humedad de la cantera de Saylla con adición de 2% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas* ..... 149

**Gráfica 68** *Densidad seca vs Contenido de humedad de la cantera de Saylla con adición de 3% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas* ..... 150
**Gráfica 69** *Densidad seca vs Contenido de humedad de la cantera de Saylla con adición de 3% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas* ..... 151
**Gráfica 70** *Densidad seca vs Contenido de humedad de la cantera de Saylla con adición de 3% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas* ..... 152
**Gráfica 71** *Densidad seca vs Contenido de humedad de la cantera de Saylla con adición de 3% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas* ..... 153
**Gráfica 72** Curva granulométrica de la cantera de Saylla ..... 195
**Gráfica 73** Curva granulométrica de la cantera de Patapata ..... 197
**Gráfica 74** Contenido de Humedad de la cantera de Saylla ..... 198
**Gráfica 75** Contenido de Humedad de la cantera de Patapata ..... 199
**Gráfica 76** Límites líquidos de la cantera de Saylla usando la mezcla de ARD y Tierra de Diatomeas ..... 206
**Gráfica 77** Límites plásticos de la cantera de Saylla usando la mezcla de ARD y Tierra de Diatomeas ..... 207
**Gráfica 78** Índices de Plasticidad de la cantera de Saylla usando la mezcla de ARD y Tierra de Diatomeas ..... 208
**Gráfica 79** Límites líquidos de la cantera de Patapata usando la mezcla de ARD y Tierra de Diatomeas ..... 210
**Gráfica 80** Límites plásticos de la cantera de Patapata usando la mezcla de ARD y Tierra de Diatomeas ..... 211
**Gráfica 81** Índices de Plasticidad de la cantera de Patapata usando la mezcla de ARD y Tierra de Diatomeas ..... 212
**Gráfica 82** Contenido Óptimos de Humedad de la cantera de Saylla usando la mezcla de ARD y Tierra de Diatomeas ..... 214
**Gráfica 83** Máximas densidades secas de la cantera de Saylla usando la mezcla de ARD y Tierra de Diatomeas ..... 215
**Gráfica 84** Contenidos Óptimos de Humedad de la cantera de Patapata usando la mezcla de ARD y Tierra de Diatomeas ..... 217
**Gráfica 85** Máximas Densidades Secas de la cantera de Patapata usando la mezcla de ARD y Tierra de Diatomeas ..... 218
**Gráfica 86** Porcentajes de expansión de la cantera de Saylla usando la mezcla de ARD y Tierra de Diatomeas ..... 220
**Gráfica 87** Máximas Densidades Secas de la cantera de Saylla usando la mezcla de ARD y Tierra de Diatomeas ..... 221
**Gráfica 88** Porcentajes de expansión de la cantera de Patapata usando la mezcla de ARD y Tierra de Diatomeas ..... 223
**Gráfica 89** Máximas Densidades Secas de la cantera de Patapata usando la mezcla de ARD y Tierra de Diatomeas ..... 224
**Gráfica 90** Módulo Resiliente 0% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas de la cantera de Patapata ..... 226

**Gráfica 91** Módulo Resiliente 1% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas de la cantera de Patapata ..... 228
**Gráfica 92** Módulo Resiliente 2% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas de la cantera de Patapata ..... 230
**Gráfica 93** Comparación de los Módulos Resilientes en la cantera de Patapata ..... 232
**Gráfica 94** Módulo Resiliente 0% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas de la cantera de Saylla ..... 234
**Gráfica 95** Módulo Resiliente 2% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas de la cantera de Saylla ..... 236
**Gráfica 96** Módulo Resiliente 3% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas de la cantera de Saylla ..... 238
**Gráfica 97** Comparación de los Módulos Resilientes de la cantera de Saylla..... 240
**Gráfica 98** Índices de Plasticidad de la Cantera de Patapata con la mezcla de ARD y Tierra de Diatomeas ..... 241
**Gráfica 99** Índices de Plasticidad de la Cantera de Saylla con la mezcla de ARD y Tierra de Diatomeas ..... 242
**Gráfica 100** Contenidos Óptimos de Humedad de la cantera de Saylla con la mezcla de ARD y Tierra de Diatomeas..... 243
**Gráfica 101** Máximas Densidades secas de la cantera de Saylla con la mezcla de ARD y Tierra de Diatomeas..... 244
**Gráfica 102** Contenidos Óptimos de Humedad de la cantera de Patapata con la mezcla de ARD y Tierra de Diatomeas..... 245
**Gráfica 103** Máximas Densidades secas de la cantera de Patapata con la mezcla de ARD y Tierra de Diatomeas..... 246
**Gráfica 104** Porcentajes de CBR de la cantera de Saylla con la mezcla de ARD y Tierra de Diatomeas ..... 248
**Gráfica 105** Porcentajes de CBR de la cantera de Patapata con la mezcla de ARD y Tierra de Diatomeas ..... 249

## ÍNDICE DE TABLAS

**Tabla 1** *Gradación del material afirmado (Diagrama)* ..... 46
**Tabla 2** *Operacionalización de objetivo 1* ..... 57
**Tabla 3** *Operacionalización de objetivo 2* ..... 57
**Tabla 4** *Operacionalización de objetivo 3* ..... 58
**Tabla 5** *Operacionalización de objetivo 4* ..... 58
**Tabla 6** *Datos del ensayo Análisis Granulométrico por Tamizado de la cantera de Saylla* ..... 70
**Tabla 7** *Datos del ensayo Análisis Granulométrico por Tamizado de la cantera de Patapata* .. 71
**Tabla 8** *Datos del ensayo Contenido de Humedad del Suelo de la cantera de Saylla* ..... 74
**Tabla 9** *Datos del ensayo Contenido de Humedad del Suelo de la cantera de Patapata*..... 75
**Tabla 10** *Datos del ensayo Límites de Atterberg de la cantera de Saylla sin adición de ARD y Tierra de Diatomeas* ..... 79
**Tabla 11** *Datos del ensayo Límites de Atterberg de la cantera de Saylla con adición de 1% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas*..... 80
**Tabla 12** *Datos del ensayo Límites de Atterberg de la cantera de Saylla con adición de 2% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas*..... 81
**Tabla 13** *Datos del ensayo Límites de Atterberg de la cantera de Saylla con adición de 3% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas*..... 82
**Tabla 14** *Datos del ensayo Límites de Atterberg de la cantera de Saylla con adición de 0% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas*..... 83
**Tabla 15** *Datos del ensayo Límites de Atterberg de la cantera de Saylla con adición de 1% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas*..... 84
**Tabla 16** *Datos del ensayo Límites de Atterberg de la cantera de Saylla con adición de 2% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas*..... 85
**Tabla 17** *Datos del ensayo Límites de Atterberg de la cantera de Saylla con adición de 3% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas*..... 86
**Tabla 18** *Datos del ensayo Límites de Atterberg de la cantera de Saylla con adición de 0% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas*..... 87
**Tabla 19** *Datos del ensayo Límites de Atterberg de la cantera de Saylla con adición de 1% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas*..... 88
**Tabla 20** *Datos del ensayo Límites de Atterberg de la cantera de Saylla con adición de 2% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas*..... 89
**Tabla 21** *Datos del ensayo Límites de Atterberg de la cantera de Saylla con adición de 3% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas*..... 90
**Tabla 22** *Datos del ensayo Límites de Atterberg de la cantera de Saylla con adición de 0% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas*..... 91
**Tabla 23** *Datos del ensayo Límites de Atterberg de la cantera de Saylla con adición de 1% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas*..... 92
**Tabla 24** *Datos del ensayo Límites de Atterberg de la cantera de Saylla con adición de 2% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas*..... 93
**Tabla 25** *Datos del ensayo Límites de Atterberg de la cantera de Saylla con adición de 3% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas*..... 94

**Tabla 26** *Datos del ensayo Límites de Atterberg de la cantera de Patapata sin adición de ARD y Tierra de Diatomeas* ..... 95
**Tabla 27** *Datos del ensayo Límites de Atterberg de la cantera de Patapata con adición de 1% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas*..... 96
**Tabla 28** *Datos del ensayo Límites de Atterberg de la cantera de Patapata con adición de 2% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas*..... 97
**Tabla 29** *Datos del ensayo Límites de Atterberg de la cantera de Patapata con adición de 3% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas*..... 98
**Tabla 30** *Datos del ensayo Límites de Atterberg de la cantera de Patapata con adición de 3% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas*..... 99
**Tabla 31** *Datos del ensayo Límites de Atterberg de la cantera de Patapata con adición de 1% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas*..... 100
**Tabla 32** *Datos del ensayo Límites de Atterberg de la cantera de Patapata con adición de 2% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas*..... 101
**Tabla 33** *Datos del ensayo Límites de Atterberg de la cantera de Patapata con adición de 3% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas*..... 102
**Tabla 34** *Datos del ensayo Límites de Atterberg de la cantera de Patapata con adición de 0% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas*..... 103
**Tabla 35** *Datos del ensayo Límites de Atterberg de la cantera de Patapata con adición de 1% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas*..... 104
**Tabla 36** *Datos del ensayo Límites de Atterberg de la cantera de Patapata con adición de 2% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas*..... 105
**Tabla 37** *Datos del ensayo Límites de Atterberg de la cantera de Patapata con adición de 3% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas*..... 106
**Tabla 38** *Datos del ensayo Límites de Atterberg de la cantera de Patapata con adición de 0% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas*..... 107
**Tabla 39** *Datos del ensayo Límites de Atterberg de la cantera de Patapata con adición de 1% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas*..... 108
**Tabla 40** *Datos del ensayo Límites de Atterberg de la cantera de Patapata con adición de 2% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas*..... 109
**Tabla 41** *Datos del ensayo Límites de Atterberg de la cantera de Patapata con adición de 3% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas*..... 110
**Tabla 42** *Datos del ensayo Estándar para la Gravedad Específica de Solidos de Suelo de la cantera de Saylla sin adición de ARD y Tierra de Diatomeas* ..... 113
**Tabla 43** *Datos del ensayo Estándar para la Gravedad Específica de Solidos de Suelo de la cantera de Patapata sin adición de ARD y Tierra de Diatomeas*..... 114
**Tabla 44** *Datos del ensayo de Abrasión los Ángeles de la cantera de Saylla sin adición de ARD y Tierra de Diatomeas* ..... 117
**Tabla 45** *Datos del ensayo de Abrasión los Ángeles de la cantera de Patapata sin adición de ARD y Tierra de Diatomeas*..... 118
**Tabla 46** *Datos del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Saylla sin la adición de ARD y Tierra de Diatomeas* ..... 122

**Tabla 47** *Datos del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Saylla con adición de 0% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas*..... 123
**Tabla 48** *Datos del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Saylla con adición de 0% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas*..... 124
**Tabla 49** *Datos del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Saylla con adición de 0% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas*..... 125
**Tabla 50** *Datos del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Saylla con adición de 1% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas*..... 126
**Tabla 51** *Datos del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Saylla con adición de 1% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas*..... 127
**Tabla 52** *Datos del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Saylla con adición de 1% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas*..... 128
**Tabla 53** *Datos del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Saylla con adición de 1% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas*..... 129
**Tabla 54** *Datos del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Saylla con adición de 2% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas*..... 130
**Tabla 55** *Datos del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Saylla con adición de 2% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas*..... 131
**Tabla 56** *Datos del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Saylla con adición de 2% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas*..... 132
**Tabla 57** *Datos del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Saylla con adición de 0% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas*..... 133
**Tabla 58** *Datos del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Saylla con adición de 3% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas*..... 134
**Tabla 59** *Datos del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Saylla con adición de 3% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas*..... 135
**Tabla 60** *Datos del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Saylla con adición de 3% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas*..... 136
**Tabla 61** *Datos del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Saylla con adición de 3% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas*..... 137
**Tabla 62** *Datos del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Patapata sin la adición de ARD y Tierra de Diatomeas*..... 138
**Tabla 63** *Datos del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Patapata con adición de 0% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas*..... 139
**Tabla 64** *Datos del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Patapata con adición de 0% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas*..... 140
**Tabla 65** *Datos del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Patapata con adición de 0% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas*..... 141
**Tabla 66** *Datos del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Patapata con adición de 1% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas*..... 142
**Tabla 67** *Datos del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Patapata con adición de 1% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas*..... 143

**Tabla 68** *Datos del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Patapata con adición de 1% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas* ..... 144
**Tabla 69** *Datos del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Patapata con adición de 1% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas* ..... 145
**Tabla 70** *Datos del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Patapata con adición de 2% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas* ..... 146
**Tabla 71** *Datos del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Patapata con adición de 2% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas* ..... 147
**Tabla 72** *Datos del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Patapata con adición de 2% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas* ..... 148
**Tabla 73** *Datos del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Patapata con adición de 2% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas* ..... 149
**Tabla 74** *Datos del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Patapata con adición de 3% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas* ..... 150
**Tabla 75** *Datos del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Patapata con adición de 3% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas* ..... 151
**Tabla 76** *Datos del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Patapata con adición de 3% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas* ..... 152
**Tabla 77** *Datos del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Patapata con adición de 3% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas* ..... 153
**Tabla 78** *Datos del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de la cantera de Saylla sin la adición de ARD y Tierra de Diatomeas* ..... 159
**Tabla 79** *Datos del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de la cantera de Saylla con adición de 0% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas* ..... 160
**Tabla 80** *Datos del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de la cantera de Saylla con adición de 0% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas* ..... 161
**Tabla 81** *Datos del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de la cantera de Saylla con adición de 0% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas* ..... 162
**Tabla 82** *Datos del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de la cantera de Saylla con adición de 1% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas* ..... 163
**Tabla 83** *Datos del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de la cantera de Saylla con adición de 1% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas* ..... 164
**Tabla 84** *Datos del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de la cantera de Saylla con adición de 1% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas* ..... 165
**Tabla 85** *Datos del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de la cantera de Saylla con adición de 1% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas* ..... 166
**Tabla 86** *Datos del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de la cantera de Saylla con adición de 2% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas* ..... 167
**Tabla 87** *Datos del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de la cantera de Saylla con adición de 2% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas* ..... 168
**Tabla 88** *Datos del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de la cantera de Saylla con adición de 2% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas* ..... 169

**Tabla 89** *Datos del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de la cantera de Saylla con adición de 2% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas* ..... 170
**Tabla 90** *Datos del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de la cantera de Saylla con adición de 3% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas* ..... 171
**Tabla 91** *Datos del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de la cantera de Saylla con adición de 3% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas* ..... 172
**Tabla 92** *Datos del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de la cantera de Saylla con adición de 3% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas* ..... 173
**Tabla 93** *Datos del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de la cantera de Saylla con adición de 3% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas* ..... 174
**Tabla 94** *Datos del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de la cantera de Patapata sin la adición de ARD y Tierra de Diatomeas* ..... 175
**Tabla 95** *Datos del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de la cantera de Patapata con adición de 0% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas* ..... 176
**Tabla 96** *Datos del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de la cantera de Patapata con adición de 0% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas* ..... 177
**Tabla 97** *Datos del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de la cantera de Patapata con adición de 0% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas* ..... 178
**Tabla 98** *Datos del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de la cantera de Patapata con adición de 1% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas* ..... 179
**Tabla 99** *Datos del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de la cantera de Patapata con adición de 1% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas* ..... 180
**Tabla 100** *Datos del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de la cantera de Patapata con adición de 1% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas* ..... 181
**Tabla 101** *Datos del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de la cantera de Patapata con adición de 1% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas* ..... 182
**Tabla 102** *Datos del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de la cantera de Patapata con adición de 2% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas* ..... 183
**Tabla 103** *Datos del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de la cantera de Patapata con adición de 2% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas* ..... 184
**Tabla 104** *Datos del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de la cantera de Patapata con adición de 2% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas* ..... 185
**Tabla 105** *Datos del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de la cantera de Patapata con adición de 2% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas* ..... 186
**Tabla 106** *Datos del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de la cantera de Patapata con adición de 3% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas* ..... 187
**Tabla 107** *Datos del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de la cantera de Patapata con adición de 3% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas* ..... 188
**Tabla 108** *Datos del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de la cantera de Patapata con adición de 3% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas* ..... 189
**Tabla 109** *Datos del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de la cantera de Patapata con adición de 3% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas* ..... 190
**Tabla 110** Porcentajes granulométricos de la cantera de Saylla ..... 196

**Tabla 111** Porcentajes granulométricos de la cantera de Patapata ..... 197
**Tabla 112** Porcentajes granulométricos y Límites de Consistencia de las canteras de Saylla y Patapata ..... 200
**Tabla 113** Clasificación de los suelos de las canteras de Saylla y Patapata ..... 201
**Tabla 114** Ensayo de Gravedad Específica de las canteras de Saylla y Patapata ..... 201
**Tabla 115** *Ensayo de Abrasión de los Ángeles de las canteras de Saylla y Patapata* ..... 202
**Tabla 116** *Ensayo de Proctor Modificado de las canteras de Saylla y Patapata* ..... 203
**Tabla 117** *Ensayo de CBR de las canteras de Saylla y Patapata* ..... 203
**Tabla 118** *Cuantificación de la mezcla de ARD y Tierra de Diatomeas* ..... 204
**Tabla 119** Límites de consistencia de la cantera de Saylla usando la mezcla de Aceite Residual Degradado (ARD) y Tierra de diatomeas ..... 205
**Tabla 120** Límites de consistencia de la cantera de Patapata usando la mezcla de Aceite Residual Degradado (ARD) y Tierra de diatomeas ..... 209
**Tabla 121** Resultados del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Saylla usando la mezcla de Aceite Residual Degradado (ARD) y Tierra de diatomeas ..... 213
**Tabla 122** Resultados del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Patapata usando la mezcla de Aceite Residual Degradado (ARD) y Tierra de diatomeas ..... 216
**Tabla 123** Resultados del Ensayo de CBR de la cantera de Saylla usando la mezcla de Aceite Residual Degradado (ARD) y Tierra de Diatomeas ..... 219
**Tabla 124** Resultados del Ensayo de CBR de la cantera de Patapata usando la mezcla de Aceite Residual Degradado (ARD) y Tierra de Diatomeas ..... 222
**Tabla 125** Resumen de Datos del ensayo MR para 0% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas de la cantera de Patapata ..... 225
**Tabla 126** Parámetros de la Ecuación Constitutiva de Módulo Resiliente 0% de ARD Y 0% de Tierra de Diatomeas de la cantera de Patapata ..... 225
**Tabla 127** Resumen de Datos del ensayo MR para 1% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas de la cantera de Patapata ..... 227
**Tabla 128** Parámetros de la Ecuación Constitutiva de Modulo Resiliente 1% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas de la cantera de Patapata ..... 227
**Tabla 129** Resumen de Datos del Ensayo MR para 2% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas de la cantera de Patapata ..... 229
**Tabla 130** Parámetros de la Ecuación Constitutiva de Módulo Resiliente 2% de ARD Y 2% de Tierra de Diatomeas de la cantera de Patapata ..... 229
**Tabla 131** Comparación de Módulos Resilientes en la cantera de Patapata ..... 231
**Tabla 132** Resumen de Datos del Ensayo MR para 0% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas de la cantera de Saylla ..... 233
**Tabla 133** Parámetros de la Ecuación Constitutiva de Módulo Resiliente 0% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas de la cantera de Saylla ..... 233
**Tabla 134** Resumen de Datos del Ensayo MR para 2% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas de la cantera de Saylla ..... 235
**Tabla 135** Parámetros de la Ecuación Constitutiva de Módulo Resiliente 2% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas de la cantera de Saylla ..... 235

**Tabla 136** Resumen de Datos del Ensayo MR para 3% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas de la cantera de Saylla ..... 237
**Tabla 137** Parámetros de la Ecuación Constitutiva de Módulo Resiliente 3% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas de la cantera de Saylla ..... 237
**Tabla 138** Comparación de los Módulos Resilientes en la Cantera de Saylla ..... 239

**ÍNDICE GENERAL**

**CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN** ..... 26
**1.1 Introducción** ..... 26
**1.2 Planteamiento del problema** ..... 27
**1.3 Justificación de la investigación** ..... 29
***1.3.1 Justificación Teórica*** ..... 29
***1.3.2 Justificación Práctica*** ..... 30
***1.3.3 Justificación Metodológica*** ..... 30
**1.4 Formulación de problemas** ..... 31
***1.4.1 Problema General*** ..... 31
***1.4.2 Problemas Específicos*** ..... 31
***1.5. Hipótesis General:*** ..... 32
**1.5.1. Hipótesis Específicas:** ..... 32
**1.6 Objetivos de la investigación** ..... 33
***1.6.1 Objetivo General*** ..... 33
**CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO** ..... 34
**2.1 Antecedentes de investigación** ..... 34
***2.1.1 Antecedentes Internacionales*** ..... 34
***2.1.2 Antecedentes Nacionales*** ..... 36
***2.1.3 Antecedentes Locales*** ..... 38
**2.2. Bases teóricas- Científicas** ..... 41
***2.2.1 Definición de términos*** ..... 41
**2.2.1.1 Aceite residual degradado (ARD)** ..... 41
**2.2.1.2 Tierra de diatomeas** ..... 42
**2.2.1.3 Afirmado** ..... 42
**2.2.1.4 Estabilización** ..... 43
**2.2.1.5 Estabilización físico - mecánica** ..... 43
***2.2.2 Afirmados*** ..... 44
**2.2.2.1. Características del afirmado** ..... 45
**2.2.2.2. Materiales de afirmado** ..... 45
**2.2.2.3. Requisitos que debe de cumplir el afirmado** ..... 46
**2.2.2.4 Requerimientos de construcción** ..... 47
**2.2.2.5 Afectación y problemática en la vida de las carreteras afirmadas** ..... 48

*2.2.3 Aceite residual degradado (ARD)* ..... 50
**2.2.3.1 Estructura del aceite residual degradado** ..... 51
**2.2.3.2 Funciones del aceite residual degradado** ..... 51
**2.2.3.3 Uso del aceite residual degradado en la estabilización de suelos** ..... 52
*2.2.4. Tierra de diatomeas* ..... 52
**2.2.4.1 Composición de la tierra diatomita** ..... 53
**2.2.4.2 Usos de la diatomita** ..... 53
*2.2.4.2.1 Separación o purificación de líquidos, aceites y grasas`* ..... 53
*2.2.4.2.2 Sector de la construcción* ..... 53
*2.2.4.2.3 Relleno* ..... 54
*2.2.4.2.4 Abrasivo* ..... 54
*2.2.4.2.5 Absorbente* ..... 54
*2.2.4.2.6 Aislante* ..... 54
**CAPÍTULO III. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN** ..... 55
**3.1 Variables de la investigación** ..... 55
*3.1.1 Variable Dependiente* ..... 55
**3.1.1.1 Definición Conceptual** ..... 55
**3.1.1.2. Definición Operacional** ..... 55
*3.1.2 Variables Independientes* ..... 56
**3.1.2.1 Definición Conceptual** ..... 56
**3.1.2.2 Definición Operacional** ..... 56
**3.2 Operacionalización de variables** ..... 57
**CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA** ..... 59
**4.1 Enfoque de la investigación** ..... 59
**4.2 Tipo de investigación** ..... 59
**4.3 Nivel de investigación** ..... 60
**4.4 Diseño de la investigación** ..... 60
**4.5 Población de la muestra** ..... 60
*4.5.1 Población* ..... 60
**4.5.1.1. Tamaño de Población** ..... 61
*4.5.2 Muestra* ..... 61
**4.5.2.1 Tamaño de la muestra** ..... 61

**CAPÍTULO V. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN** ..... 62
**5.1 Ubicación y características del lugar de estudio** ..... 62
***5.1.1 Material para afirmado de canteras*** ..... 62
**5.1.1.1 Cantera Patapata** ..... 62
**5.1.1.2 Cantera de Saylla** ..... 63
***5.1.2 Sustancias Añadidas*** ..... 63
**5.1.2.1 Aceite Residual Degradado (ARD)** ..... 63
**5.1.2.2 Tierra de Diatomeas** ..... 64
**5.2 Técnicas e Instrumentos de Medición** ..... 65
**5.3 Procedimiento de los ensayos** ..... 66
***5.3.1 Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado (MTC E 107)*** ..... 67
**5.3.1.1 Equipos y materiales:** ..... 68
**5.3.1.2 Procedimiento:** ..... 68
**5.3.1.3 Procesamiento de datos:** ..... 69
**5.3.1.4 Recopilación de datos:** ..... 69
***5.3.2 Determinación del Contenido de Humedad de un Suelo*** ..... 72
**5.3.2.1 Equipos y materiales:** ..... 72
**5.3.2.2 Procedimiento:** ..... 73
**5.3.2.3 Procesamiento de datos:** ..... 73
**5.3.2.4 Recopilación de datos:** ..... 74
***5.3.3 Determinación del Límites de Atterberg*** ..... 75
**5.3.3.1 Equipos y materiales:** ..... 76
**5.3.3.2 Procedimiento:** ..... 77
**5.3.3.3 Procesamiento de datos:** ..... 78
**5.3.3.4 Recopilación de datos:** ..... 78
***5.3.4 Determinación de la gravedad específica de Sólidos de suelo mediante el picnómetro de agua.*** ..... 111
**5.3.4.1 Equipos y materiales:** ..... 112
**5.3.4.2 Procedimiento:** ..... 112
**5.3.4.3 Procesamiento de datos:** ..... 112
**5.3.4.4 Recopilación de datos:** ..... 113
***5.3.5 Determinación de la resistencia a la abrasión los Ángeles (L.A.)*** ..... 114
**5.3.5.1 Equipos y materiales:** ..... 115

**5.3.5.2 Procedimiento:** ..... 116
**5.3.5.3 Procesamiento de datos:** ..... 116
**5.3.5.4 Recopilación de datos:** ..... 117
***5.3.6 Determinación del Contenido óptimo de humedad mediante Compactación de Suelos en Laboratorio utilizando una Energía Modificada (Proctor Modificado)*** ..... 119
**5.3.6.1 Equipos y materiales:** ..... 119
**5.3.6.2 Procedimiento:** ..... 120
**5.3.6.3 Procesamiento de datos:** ..... 121
**5.3.6.4 Recopilación de datos:** ..... 121
***5.3.7 Determinación del CBR de suelos.*** ..... 154
**5.3.7.1 Equipos y materiales:** ..... 155
**5.3.7.2 Procedimiento:** ..... 155
**5.3.7.3 Procesamiento de datos:** ..... 157
**5.3.7.4 Recopilación de datos:** ..... 158
***5.3.8 Determinación del Módulo de Resiliencia mediante ensayo Triaxial dinámico*** ..... 191
**5.3.8.1 Equipos y materiales:** ..... 192
**5.3.8.2 Procedimiento:** ..... 193
**CAPÍTULO VI: RESULTADOS Y DISCUSIONES** ..... 195
**6.1 Resultados de los ensayos** ..... 195
***6.1.1 Caracterización del material granular de afirmado de las canteras de Saylla y Patapata según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC)*** ..... 195
**6.1.1.1 Análisis granulométrico por tamizado de la Cantera de Saylla.** ..... 195
**6.1.1.2 Análisis granulométrico por tamizado de la Cantera de Patapata** ..... 196
**6.1.1.3 Contenido de humedad de la Cantera de Saylla** ..... 198
**6.1.1.4 Contenido de humedad de la Cantera de Patapata** ..... 199
**6.1.1.5 Caracterización granulométrica y Límites de consistencia de las canteras de Saylla y Patapata** ..... 199
**6.1.1.6 Clasificación de los afirmados de las canteras de Saylla y Patapata** ..... 200
**6.1.1.7 Gravedad especifica de las canteras de Saylla y Patapata** ..... 201
**6.1.1.8 Ensayo de Abrasión los Ángeles de las canteras de Saylla y Patapata** ..... 202
**6.1.1.9 Proctor Modificado de las canteras de Saylla y Patapata** ..... 202
**6.1.1.10 CBR de las canteras de Saylla y Patapata** ..... 203

*6.1.2 Resultados de las propiedades físico-mecánicas del material granular de las canteras de Saylla y Patapata usando la mezcla de Aceite Residual Degradado (ARD) y Tierra de Diatomeas*..... 204

**6.1.2.1 Cuantificación de la mezcla de Aceite Residual Degradado y Tierra de Diatomeas de la cantera de Saylla**..... 204

**6.1.2.2 Límites de consistencia de la cantera de Saylla usando la mezcla de Aceite Residual Degradado (ARD) y Tierra de diatomeas**..... 204

***6.1.2.2.1 Límites líquidos de la cantera de Saylla usando la mezcla de Aceite Residual Degradado (ARD) y Tierra de diatomeas***..... 206

***6.1.2.2.2 Límites Plásticos de la cantera de Saylla usando la mezcla de Aceite Residual Degradado (ARD) y Tierra de diatomeas***..... 207

***6.1.2.2.3 Índices de Plasticidad de la cantera de Saylla usando la mezcla de Aceite Residual Degradado (ARD) y Tierra de diatomeas***..... 208

**6.1.2.3 Límites de consistencia de la cantera de Patapata usando la mezcla de Aceite Residual Degradado (ARD) y Tierra de diatomeas**..... 209

***6.1.2.3.1 Límites líquidos de la cantera de Patapata usando la mezcla de Aceite Residual Degradado (ARD) y Tierra de diatomeas***..... 210

***6.1.2.3.2 Límites Plásticos de la cantera de Patapata usando la mezcla de Aceite Residual Degradado (ARD) y Tierra de diatomeas***..... 211

***6.1.2.3.3 Índices de Plasticidad de la cantera de Patapata usando la mezcla de Aceite Residual Degradado (ARD) y Tierra de diatomeas***..... 212

**6.1.2.4 Resultados del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Saylla usando la mezcla de Aceite Residual Degradado (ARD) y Tierra de diatomeas**..... 213

***6.1.2.4.1 Contenidos Óptimos de Humedad de la cantera de Saylla usando la mezcla de Aceite Residual Degradado (ARD) y Tierra de diatomeas***..... 214

***6.1.2.4.2 Máximas Densidades Secas de la cantera de Saylla usando la mezcla de Aceite Residual Degradado (ARD) y Tierra de diatomeas***..... 215

**6.1.2.5 Resultados del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Patapata usando la mezcla de Aceite Residual Degradado (ARD) y Tierra de diatomeas**..... 216

***6.1.2.5.1 Contenidos Óptimos de Humedad de la cantera de Patapata usando la mezcla de Aceite Residual Degradado (ARD) y Tierra de diatomeas***..... 217

***6.1.2.5.2 Máximas Densidades Secas de la cantera de Patapata usando la mezcla de Aceite Residual Degradado (ARD) y Tierra de diatomeas***..... 218

**6.1.2.6 Resultados del ensayo de CBR de la cantera de Saylla usando la mezcla de Aceite Residual Degradado (ARD) y Tierra de diatomeas**..... 219

***6.1.2.6.1 Porcentajes de expansión de la cantera de Saylla usando la mezcla de Aceite Residual Degradado (ARD) y Tierra de diatomeas***..... 220

*6.1.2.6.2 Máximas Densidades Secas halladas en CBR de la cantera de Saylla usando la mezcla de Aceite Residual Degradado (ARD) y Tierra de diatomeas* ..... 221

**6.1.2.7 Resultados del ensayo de CBR de la cantera de Patapata usando la mezcla de Aceite Residual Degradado (ARD) y Tierra de diatomeas** ..... 221

*6.1.2.7.1 Porcentajes de expansión de la cantera de Patapata usando la mezcla de Aceite Residual Degradado (ARD) y Tierra de diatomeas* ..... 223

*6.1.2.7.2 Máximas Densidades Secas halladas en CBR de la cantera de Patapata usando la mezcla de Aceite Residual Degradado (ARD) y Tierra de diatomeas* ..... 223

**6.1.2.8 Resultados del ensayo de Módulo Resiliente de la cantera de Patapata usando la mezcla de Aceite Residual Degradado (ARD) y Tierra de diatomeas** ..... 224

**6.1.2.9 Resultados del ensayo de Módulo Resiliente de la cantera de Saylla usando la mezcla de Aceite Residual Degradado (ARD) y Tierra de diatomeas**..... 232

**6.2 Discusión de Resultados**..... 240

**CAPÍTULO VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**..... 252

**7.1 Conclusiones** ..... 252

**7.2 Recomendaciones** ..... 255

**CAPÍTULO VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y VIRTUALES**..... 257

**CAPÍTULO IX. ANEXOS** ..... 261

# CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Introducción

En la actualidad, el uso de materiales granulares para la construcción y mantenimiento de vías y caminos es una práctica común en todo el mundo. Este tipo de carreteras conocidas como afirmado deberán cumplir con las normativas vigentes, así como desenvolverse de manera correcta a la acción de las cargas que se le apliquen y a la acción del clima circundante.

Según Edenred (2022) habitamos un mundo donde la contaminación generada por los vehículos ha causado un deterioro progresivo del medio ambiente, siendo esta una de las formas más comunes son los aceites derramados representan uno de los principales agentes contaminantes provenientes de los vehículos a nivel mundial. El uso continuo de muchos automóviles puede generar fallas que provocan fugas de aceite, las cuales terminan siendo vertidas en el suelo. Este problema también afecta el agua, que resulta contaminada por dichos aceites. Sin embargo, estos residuos pueden ser útiles para la estabilización de suelos en proyectos de ingeniería, y se evaluarán sus propiedades a través de ensayos de laboratorio para comprobar su efectividad.

La tierra de diatomeas, un material natural rico en sílice, posee alta porosidad y capacidad de adsorción, características que favorecen la modificación de la estructura del suelo y contribuyen a mejorar algunas de sus propiedades físico-mecánicas. Debido a ello, constituye una alternativa innovadora y sostenible para la estabilización de suelos.

"Cusco posee uno de los parques automotores más importantes del Perú, con aproximadamente 70 mil vehículos con una tasa de crecimiento de 5% al año" ("Parque automotor del Cusco es uno de los más importantes del país", 2016). Actualmente estas cifras crecen en gran medida lo que significa que habrá mayor cantidad de desechos como son los aceites residuales de motor. Su aprovechamiento en combinación con la tierra de diatomeas representa una alternativa

para valorizar este residuo, reducir su impacto ambiental y mejorar las propiedades físico-mecánicas de los materiales granulares destinados a afirmados.

Si bien los materiales granulares para afirmados pueden cumplir con las especificaciones establecidas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), la estabilización permite optimizar sus propiedades físicas y mecánicas, mejorando su capacidad de soporte, resistencia y comportamiento frente al tránsito y las condiciones ambientales.

La presente tesis se enfoca en abordar este desafío a través de la estabilización físico mecánica del material granular extraído de las canteras de Patapata y Saylla, ubicada en San Jerónimo y en el Distrito de Saylla. El objetivo principal es investigar el uso de una mezcla de aceite residual degradado y tierra de diatomeas como aditivo para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del afirmado.

## 1.2 Planteamiento del problema

La problemática descrita plantea una situación crítica en el sistema vial del Perú, donde la gran mayoría de las carreteras se construyen a nivel de afirmado o trocha. Como se puede observar a continuación, el 75,1% de la Red Vial Regional en la Macro Región Sur no está pavimentada, lo que equivale a 6,496 kilómetros de un total de 8,648.4 kilómetros. En el caso específico de Cusco, el 79.9% de la Red Vial Regional no está pavimentada, de 2,802.7 kilómetros que es total. En cuanto a la Red Vial Vecinal o Rural, el 97.6% no cuenta con pavimentación, de un total de 12,666.1 kilómetros. (Eleconomista, 2020).

Según MTC (2013) plantean que los principales problemas que presentan las carreteras no pavimentadas incluyen:

- Deformaciones: Estas son causadas por un volumen excesivo de tráfico vehicular y condiciones climáticas adversas, como intensas lluvias.

- Erosión: Se origina por una topografía accidentada y un drenaje inadecuado.
- Lodazal: Es una sección de suelo fino que presenta baja transitabilidad o incluso intransitabilidad durante la temporada de lluvias, también debido a un drenaje inadecuado.
- Baches: Se forman debido al agua estancada en la superficie de la carretera, lo cual es un resultado de un drenaje deficiente.
- Encalaminado: Se refiere a las ondulaciones en la superficie de la carretera, causadas por las vibraciones de los vehículos sobre los materiales agregados.

Según MTC (2013) esta situación se agrava en zonas con altos niveles de precipitaciones, ya que el agua penetra en el afirmado, generando una serie de problemas como baches, deformaciones y acumulación de lodo. Estos efectos adversos deterioran rápidamente la superficie de las carreteras, afectando la calidad y durabilidad de las vías y dificultando la comunicación entre las ciudades y las comunidades campesinas. Además, representa un peligro para la seguridad vial, ya que los conductores deben maniobrar para evitarlos, lo que puede resultar en accidentes. Además, el lodo acumulado dificulta la transitabilidad y la adherencia de los vehículos, incrementando aún más los riesgos para los usuarios de la vía.

Además de los problemas de seguridad, la falta de estabilización de los afirmados podría generar un aumento considerable en los costos de mantenimiento. Las reparaciones frecuentes de baches y el deterioro de la superficie requieren un gasto importante por parte del Estado, lo cual afecta a los contribuyentes. Si se adoptaran soluciones más eficientes y duraderas, estos fondos podrían destinarse a otros proyectos de desarrollo y mejora de infraestructuras.

La utilización de una mezcla de aceite residual degradado y tierra de diatomeas como aditivo para la estabilización de los afirmados ofrece una alternativa prometedora. Si se logra

demostrar su eficacia y viabilidad, se podrían obtener importantes beneficios, como la mejora de la calidad y durabilidad de las carreteras, la reducción de los costos de mantenimiento y reparación, y la seguridad vial para los usuarios.

En resumen, la problemática de la estabilización del afirmado en zonas de precipitaciones en el sistema vial del Perú es una preocupación relevante. La presencia de baches, deformaciones, erosión y demás fallas mencionadas anteriormente en las carreteras no pavimentadas deteriora la calidad de las vías, genera riesgos para la seguridad vial y representa un gasto significativo en términos de mantenimiento. En este contexto, resulta necesario investigar alternativas de estabilización que permitan mejorar el comportamiento físico-mecánico de los materiales granulares destinados a afirmados, incrementando su desempeño frente a las cargas del tránsito y las condiciones climáticas, además de promover el aprovechamiento de materiales residuales con un enfoque sostenible.

## 1.3 Justificación de la investigación

### *1.3.1 Justificación Teórica*

La estabilización de suelos granulares para pavimentos mediante estabilizadores convencionales como el cemento y la cal resulta eficiente; sin embargo, su elevado costo y su impacto ambiental evidencian la importancia de buscar opciones más sostenibles. Emplear residuos industriales procesados podría ser una alternativa más económica y ecológica, permitiendo mejorar las propiedades del suelo sin los efectos negativos asociados a los estabilizadores tradicionales. (Amakye et al., 2021)

En este contexto, la justificación teórica de la presente investigación radica en explorar una alternativa novedosa y sostenible para la estabilización de materiales granulares. El uso de una mezcla de aceite residual degradado y tierra de diatomeas como aditivo representa una oportunidad

para aprovechar los beneficios de estos materiales, como su disponibilidad, su capacidad para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del material granular.

### *1.3.2 Justificación Práctica*

La necesidad de mejorar la estabilidad y durabilidad de los afirmados es evidente debido a que “Se ha demostrado que la temperatura y las precipitaciones son los factores climáticos más relevantes que influyen en las condiciones del pavimento.” (Llopis-Castelló et al., 2020). La falta de una base sólida y estable puede generar problemas como la formación de baches, la erosión y el deterioro prematuro de la superficie, lo que conlleva a costos adicionales de mantenimiento y reparación.

La justificación práctica de esta investigación radica en brindar una alternativa para mejorar la calidad de los afirmados. Si se demuestra la eficacia de la estabilización utilizando la mezcla propuesta, se podrían obtener beneficios prácticos significativos, como la reducción de los costos de mantenimiento, el incremento de la vida útil del afirmado y la mejora de la seguridad vial. Asimismo, aunque los materiales granulares puedan cumplir con las especificaciones establecidas por el MTC, la optimización de sus propiedades físicas y mecánicas puede mejorar su comportamiento frente al tránsito y las condiciones climáticas, incrementando su desempeño y durabilidad.

### *1.3.3 Justificación Metodológica*

La justificación metodológica de esta investigación se basa en la necesidad de llevar a cabo un estudio experimental para evaluar las propiedades físicas y mecánicas del afirmado estabilizado con la mezcla de aceite residual degradado y tierra de diatomeas. Este enfoque experimental permitirá obtener resultados cuantitativos y confiables, que servirán como base científica para respaldar las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

Además, la metodología propuesta comprende la evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del material mediante ensayos de laboratorio, tales como Proctor Modificado, Límites de Atterberg, CBR y Módulo Resiliente, considerando diferentes dosificaciones de aceite residual degradado y tierra de diatomeas. Asimismo, permitirá comparar el comportamiento del material en estado natural con el material estabilizado, identificando la combinación que proporcione el mejor desempeño físico-mecánico para su aplicación como afirmado.

## 1.4 Formulación de problemas

### *1.4.1 Problema General*

¿Cuál es la influencia de la adición de aceite residual degradado (ARD) y tierra de diatomeas en las propiedades físico-mecánicas del material granular para afirmado en carreteras, Cusco - 2024?

### *1.4.2 Problemas Específicos*

- ¿Cómo se modifican la densidad seca máxima y el contenido óptimo de humedad del material granular al incorporar diferentes porcentajes de aceite residual degradado (ARD) y tierra de diatomeas, Cusco - 2024?
- ¿Qué cambios presenta el CBR del material granular al ser estabilizado con ARD y tierra de diatomeas en diferentes proporciones, Cusco - 2024?
- ¿De qué manera varían los límites de Atterberg y el índice de plasticidad del suelo al incorporar ARD y tierra de diatomeas en diferentes proporciones, Cusco - 2024?
- ¿Cuál es el comportamiento del módulo resiliente del material granular cuando se aplican las dosificaciones seleccionadas a partir de los mejores resultados obtenidos en el ensayo CBR, Cusco - 2024?

### *1.5. Hipótesis General:*

La adición de aceite residual degradado (ARD) y tierra de diatomeas considerando los porcentajes como agentes estabilizadores mejorarán las propiedades físico- mecánicas del material granular para afirmado en carreteras, Cusco – 2024.

### 1.5.1. Hipótesis Específicas:

- La estabilización físico-mecánica del material granular mediante la incorporación de aceite residual degradado (ARD) y tierra de diatomeas, en diferentes porcentajes de adición, producirá un incremento en la densidad seca máxima y una modificación en el contenido óptimo de humedad, mejorando las condiciones de compactación respecto al suelo sin aditivos, Cusco – 2024.
- La aplicación de estos aditivos en diferentes porcentajes permitirá alcanzar valores superiores de CBR, evidenciando un aumento significativo en la capacidad portante del material granular frente a su estado natural, Cusco – 2024.
- El tratamiento con ARD y tierra de diatomeas reducirá los límites de Atterberg y el índice de plasticidad, logrando un suelo con menor tendencia a la deformación plástica y con parámetros más adecuados para su uso en afirmados, Cusco – 2024.
- La estabilización con ambos aditivos generará un incremento en el módulo resiliente, reflejando una mayor resistencia del material granular frente a cargas repetidas y mejor desempeño estructural en condiciones de tráfico, Cusco – 2024.

## 1.6 Objetivos de la investigación

### *1.6.1 Objetivo General*

Determinar la dosificación óptima de la mezcla de aceite residual degradado (ARD) y tierra de diatomeas que permita obtener la mayor mejora en las propiedades físico-mecánicas del material granular utilizado en afirmados de carreteras, garantizando un mejor desempeño estructural y durabilidad frente a las condiciones de tráfico, Cusco – 2024.

### *1.6.2 Objetivos Específicos*

- Analizar la influencia de diferentes porcentajes de ARD y tierra de diatomeas sobre la densidad seca máxima y el contenido óptimo de humedad, con el fin de identificar las condiciones de compactación más favorables para el material granular, Cusco – 2024.
- Evaluar el efecto de las dosificaciones propuestas en el índice CBR, determinando el incremento en la capacidad portante del suelo estabilizado respecto a su estado natural y estableciendo las proporciones más eficientes para su aplicación en afirmados, Cusco – 2024.
- Examinar la variación de los límites de Atterberg y del índice de plasticidad del material granular tratado con ARD y tierra de diatomeas, verificando la reducción de la plasticidad y la mejora en la estabilidad del suelo dentro del rango de dosificación considerado, Cusco – 2024.
- Determinar el comportamiento del módulo resiliente del material granular estabilizado, tomando como referencia las dosificaciones que alcanzaron los mejores resultados en el ensayo CBR, con el propósito de valorar la resistencia del suelo frente a cargas repetidas y su desempeño en condiciones de servicio, Cusco – 2024.

# CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

## 2.1 Antecedentes de investigación

### *2.1.1 Antecedentes Internacionales*

Nazir (2012) realizó la investigación titulada: "Effect of motor oil contamination on geotechnical properties of over consolidated clay" realizada en Egipto, presenta un análisis del efecto de este insumo en las propiedades geotécnicas de la arcilla respecto al tiempo; dichas propiedades analizadas son el límite líquido y límite plástico, coeficiente de permeabilidad, compresión inconfinada y consolidación. Se indica que el efecto significante de la contaminación con aceite es inducido con la duración de la contaminación por cerca de 6 meses; más allá de los 6 meses hay un efecto menor. Se encontró un incremento en el coeficiente de permeabilidad y los índices de compresión y expansión, en las demás propiedades como el LL, LP que existe decremento.

Del Castillo y Orobio (2020) en su investigación titulada: "Investigación exploratoria sobre el efecto del aceite de motor usado en un suelo fino de subrasante" plantea como objetivo general: explorar el efecto de aceite de motor usado en suelo fino a nivel de la subrasante, La metodología de diseño es experimental, los valores obtenidos a partir de la subrasante suelo natural son: en cuanto a su categorización según SUCS es limo de alta plasticidad (MH), su DSM resultante es 1.570gr/cm3 y la HO toma el valor del 25%, en referencia a estos valores se realizaron las adiciones del residuo utilizado en proporciones porcentuales de 4% y 8%, obteniendo resultados en disminución en 8% y 36.20% respectivamente, de esta manera logra humedades óptimas de 23% y 15.95% en cuanto a las adiciones. La DSM de 1.623gr/cm3 y 1.641gr/cm3 respectivamente a las adiciones del aceite de motor usado, concluyendo que con la incorporación de este residuo tienden

a mejorar la compactación donde se ve claramente el aumento en su DSM y la disminución de su HO.

Khamehchiyan, Charkhabi, & Tajik (2007) en su investigación titulada: “Effects of crude oil contamination on geotechnical properties of clayey and sandy soils” analiza dicho efecto en las propiedades: límites de Atterberg, compactación, corte directo (cohesión y fricción), compresión uniaxial y permeabilidad. La compatibilidad de todas las muestras de suelo aumenta con el contenido de petróleo; pero hay una disminución de los límites de Atterberg, densidad seca, contenido óptimo de agua, permeabilidad y esfuerzo a compresión simple. Realizada la prueba de corte directo se muestra que hay un decremento pico del esfuerzo cortante de todas las muestras, con una reducción de la cohesión; pero en suelos arcillosos la correlación del ángulo de fricción interna es directa.

León y Mosquera (2018) en su tesis de pregrado titulada: “Comparación del comportamiento físico-mecánico de las arcillas bentoníticas provenientes de Bugalagrande, Valle del Cauca, Colombia con adición de diatomeas de la ciudad de México, México” tuvieron como objetivo comparar el comportamiento físico-mecánico de las arcillas bentoníticas provenientes de Bugalagrande, Valle del Cauca, Colombia con adición de diatomeas de la Ciudad de México, México. La metodología consistió indagar sobre la incidencia de las diatomeas en combinación con el suelo arcilloso los resultados mostraron que implementar la adición de las diatomeas en diferentes dosificaciones a la bentonita tiene como desventaja, que en la mayoría de los casos no se presentan mejoras en la arcilla o las variaciones son muy bajas. La bentonita con adición de 5%, 10% y 15% de diatomea presentaron mejor comportamiento a diferencia de las otras dosificaciones en los ensayos realizados, por lo tanto, se puede decir que la muestra con estas adiciones de diatomea a comparación de la bentonita, produce beneficios y ventajas en el comportamiento físico

mecánico de la arcilla, debido a que, disminuyeron los asentamientos, resistieron mayor esfuerzo al corte y soportaron mayor carga antes de producir la deformación que conlleva a fallas y fisuras.

### *2.1.2 Antecedentes Nacionales*

Cabrejos y Murga (2021) en su tesis titulada: "Estabilización de afirmados con residuos de lubricantes vehicular en el camino rural del Centro Poblado de Cambio Puente–Chimbote" tuvieron como objetivo estabilizar afirmados con residuos de lubricantes de vehículos gasolineros en el camino rural del C.P. de Cambio Puente – Chimbote. La metodología tiene un enfoque cuantitativo y corresponde a un diseño experimental debido a que en el estudio se manipulan intencionalmente la variable independiente (residuos de lubricante de vehículos gasolineros de las clases SE, SF, SG, SH, SJ, SL, SM, SN), para analizar las consecuencias sobre la variable dependiente (la estabilidad de afirmados). Los resultados nos muestran que de una muestra patrón se comparó con muestras adicionadas con lubricante vehicular en los porcentajes de 1.5%, 3% y 4.5% respecto a su óptimo contenido de humedad. Se evaluó el uso de residuos de lubricante vehicular como aditivo no convencional en la estabilización de afirmados en el Centro Poblado de Cambio Puente siendo la dosificación de 3% donde se obtuvo mayores valores de CBR 87.45% y 156.42% para las canteras La Víbora y Guadalupito respectivamente.

Ninanya (2021) en su trabajo de pregrado titulado: "Efectos de la Diatomita en la Estabilización de Suelos Finos para Subrasante" nos explica el efecto de la diatomita en la estabilización de suelos finos para subrasante y la hipótesis general que se verificó fue: La utilización de la diatomita mejora la estabilización de suelos finos para subrasante. El método general de investigación fue el científico, el tipo de investigación fue aplicada, el nivel de investigación fue descriptivo - explicativo y el diseño fue experimental. La población estuvo conformada por 285 kg de suelo obtenida de la vía JU-790 del Anexo de Santo Domingo de Cachi,

distrito de Yanacancha –Chupaca – Junín; no se utilizó una técnica de muestreo, sino el censo debido a que se consideró toda la población. Como conclusión se obtuvo que, la utilización de la diatomita mejora la estabilización de suelos finos para subrasante, pues al considerar el 3 %, 6 %, 9% y 12 % respecto al peso del suelo se observó mejoras en sus propiedades físicas y mecánicas. La diatomita estabiliza las propiedades físicas de los suelos finos para subrasante, incrementando la consistencia (incremento del límite líquido y reducción del límite plástico), disminuyendo el índice de plasticidad y la expansión. La diatomita estabiliza las principales propiedades mecánicas de suelos finos para subrasante reduciendo el óptimo contenido de humedad e incrementando la máxima densidad seca y el índice de CBR al 95 % y 100%.

Carrión (2016) en su trabajo de investigación titulada: "Capacidad portante (CBR) de un suelo a ser utilizado como material de base adicionando diatomita, Cajamarca 2016" planteó como objetivo principal establecer, como la diatomita modifica el CBR de un suelo granular que fue utilizado como material de base; por ello consideraron una metodología basada en una investigación de nivel explicativa y nivel experimental que consistió en realizar al material extraído, los ensayos que la norma establece: granulometría, límite líquido, límite plástico, abrasión de los ángeles, equivalente de arena, etc. y en especial la capacidad de soporte. Al material extraído los combinó con diatomita en proporciones del 5, 10, 15 y 20 % respecto del peso, para finalmente realizar los mismos ensayos que al material inicial. Los resultados que obtuvo demuestran que la granulometría, y los límites de Atterberg no sufrieron una gran variación, debido a que la base está conformada por material granular, sin embargo, si existió un incremento del 25.36 % de la capacidad de soporte de la base. Como conclusión se obtuvo que la inclusión de diatomita en las bases granulares mejoran significativamente sus propiedades cuando se considera una dosificación del 15 % respecto del peso del suelo.

Cusi (2022) en su tesis titulada: “Estabilización de Suelos Plásticos en Terreno de Fundación, con Aceite Residual Quemado, para la Pavimentación de la Av. Industrial, Juliaca – 2022” tuvo como objetivo evaluar cómo la adición de aceite residual quemado estabiliza suelos plásticos en terreno de fundación, para la pavimentación de la Av. Industrial, Juliaca – 2022, el tipo de investigación; por enfoque fue cuantitativo, por propósito aplicada y de nivel explicativo, el diseño fue cuasi experimental, la población estuvo constituida por los suelos plásticos en terreno de fundación de la Av. Industrial de la ciudad de Juliaca, la muestra fue de 400 m y acorde a los requerimientos de la norma CE.010 pavimentos urbanos, se efectuaron 03 calicatas como muestra del suelo patrón y 48 especímenes en total, el muestreo fue no probabilístico por conveniencia. El procedimiento consistió en; recolección del ARQ, obtención de muestras (calicatas), ensayos de laboratorios con sus dosificaciones 3%, 6%, 9%. Los principales resultados fueron IP = 10.10%, OCH = 9.99%, MDS = 1.67gr/cm3 y CBR = 12.97%. Finalmente se concluye; con la adición de ARQ, estabiliza positivamente los suelos plásticos en terreno de fundación. Determinándose de esta manera que la dosificación D2 que es el 6% de ARQ, presenta mejores resultados de estabilización para el suelo estudiado. Además, cumple con los parámetros establecidos en el MC sección suelos y pavimentos.

### *2.1.3 Antecedentes Locales*

Auccapure (2019) en su tesis titulada: “Impermeabilización de la base de pavimentos rígidos con aceite quemado de motor, utilizando material de cantera de Yanaoca provincia de Canas - 2018” tiene como objetivo principal determinar el coeficiente de permeabilidad “k” del material granular de cantera de Yanaoca mezclado con el aceite quemado para la conformación de la base de la estructura de pavimentos rígidos; para esto consideran una metodología: basada en el método científico, con un nivel descriptivo – explicativo y un diseño experimental. Como

resultados se puede manifestar que el primer ensayo de permeabilidad realizado solo con el material granular, se obtuvo una permeabilidad media igual a 2.70*10-3 cm/s para un Contenido de Humedad Óptimo de 4.98 % hallado de la gráfica, de Compactación de Proctor modificado correspondiente, lo cual de acuerdo a bibliografía consultada, los valores de Coeficiente de Permeabilidad para diferentes tipos de suelos, se aprecia que se tiene un valor con propiedades de permeabilidad en el rango de drenaje bueno para un tipo de suelo considerado como grava limosa con arcillas, con lo cual se manifiesta que el material de la cantera de Yanaoca es permeable. Como conclusión tenemos que los resultados de ensayos de permeabilidad de carga variable aplicados al material granular quemado es de 35% del CHO, debido a que presentó la mejor curva en la Gráfica de Densidad Seca Vs Contenido de Humedad, debido también a que el propósito de la investigación era encontrar la mínima cantidad necesaria de aceite quemado para llegar al punto donde se considerará menor permeabilidad es decir "impermeable", contribuyendo a la preservación del medio ambiente para evitar el exceso de aceite que pudiera contaminar sectores de cultivo e pobladores cercanos al distrito. Otra conclusión interesante es que realizados los ensayos CBR para el material granular de la cantera de Yanaoca y para el mismo material granular mezclado con aceite quemado, se ha obtenido valores de CBR de 32.7% y 45.8% respectivamente, resultando que para el material granular mezclado con aceite quemado ha incrementado su CBR en 13.1%. Así mismo utilizando estos resultados para el pavimento, se obtiene un espesor de 15cm para base y 16.5 cm de la losa de concreto de cemento portland, en ambos casos, aplicando el método AASHTO 93.

Huayllaccahua (2022) en su tesis de pregrado: "Estabilización de la subrasante mediante la adición de aceite sulfonado en la carretera Pedro Ruiz Gallo, Pichari - Cusco 2022" tuvo como objetivo general analizar la influencia del aceite sulfonado en las propiedades físico mecánicos de

la subrasante en la carretera Pedro Ruiz Gallo, Pichari - Cusco 2022; constituyéndose a realizar los ensayos de granulometría, límite de atterberg, proctor modificado y CBR. Estableciéndose la metodología: su diseño de investigación fue experimental (cuasi), siendo el tipo de investigación nivel explicativo de enfoque cuantitativo. Siendo los resultado según los objetivos específicos al incorporar el aceite sulfonado en 10 cc/m3, 20 cc/m3 y 30 cc/m3 fueron: como primer objetivo específico determinar la influencia del aceite sulfonado en la resistencia a la capacidad portante del suelo al 95% el cual incrementó del 10.6% al 56.5% con el 30 cc/m3 de aceite sulfonado, el segundo objetivo específico fue determinar la influencia del aceite sulfonado en la máxima densidad seca el cual incrementó de 1.68gr/cm3 a 1.76gr/cm3 con el 30 cc/m3 de aceite sulfonado, el tercer objetivo específico fue determinar la influencia del aceite sulfonado en el índice de plasticidad el cual disminuyó de 7.06% a 4.31% con el 30 cc/m3 de aceite sulfonado. Conclusión, la incorporación del aceite sulfonado mejoró las propiedades de la subrasante.

Peña y Ramos (2015) en su trabajo pregrado titulado: "Análisis comparativo de la estabilización de limos de baja plasticidad (Ccontay) con cal, cemento y aceites sulfonados para subrasantes en la APV República de Francia en el sector del alto Qosqo para pavimentos urbanos." busca mejorar la respuesta estructural de la subrasante, de los suelos existentes en el Alto Qosqo al que los pobladores denominan Ccontay, mediante la adición de Cemento, Cal y Aceites Sulfonados. Así mismo, si bien las normas, reglamentos nacionales y la información existente sobre estabilización de suelos con cemento, cal y estabilizantes químicos, muestran un alcance general en cuanto al uso, y cantidades de material estabilizante bajo ciertas condiciones; en la realidad operativa es preciso calcular la dosificación adecuada de dichos materiales con el suelo, para determinar cuál de estos materiales es técnica y económicamente viable para la estabilización de estos suelos para subrasante.

Cruz y Gutierrez (2021) en su investigación titulada: “Evaluación de estabilizantes para el mejoramiento de afirmado del camino vecinal tramo: MP.PE-28B, distrito San Salvador, provincia Calca, región Cusco” tuvieron como objetivo mejorar el afirmado, evaluar estabilizantes para el camino vecinal tramo: MP.PE-28B la población principal de San Salvador Km 0+00 hacia la comunidad de Irpay Km 5+160, distrito San Salvador, provincia Calca, región Cusco. La metodología fue de tipo descriptivo y experimental en base a conocimientos y teorías existentes. Los resultados fueron para el mejoramiento de las propiedades químicas del afirmado se puso en ensayo el CBR y arrojo como resultado aceite sulfonado Proes de 121.50, Polycom con 79.50 y Megasoil con 85.80, en base al análisis y a la dosificación evaluada se concluye que la dosificación de cemento y aceite sulfonado es el de mayor CBR es la combinación óptima. El diseño del afirmado se definió en seguimiento del manual de carreteras maneja (EG-CBT 2018) un espesor de 15cm,10 cm de nuestra propuesta y 5 cm de material existente; con una dosificación de aceite sulfonado Proes 0.1it/ $m^3$ + cemento 1.81% para la especificación mínima CBR óptimo al 100%, cantera C-01 de la progresiva 0+500, para su mantenimiento durante la construcción el uso de la fuente de agua.

## 2.2. Bases teóricas- Científicas

### *2.2.1 Definición de términos*

#### 2.2.1.1 Aceite residual degradado (ARD)

El aceite residual degradado es un líquido aceitoso, de tonos marrones a negros, que se extrae del motor de un automóvil durante un proceso de cambio de aceite. A pesar de que se parece al aceite nuevo, contiene compuestos químicos adicionales debido a su función como lubricante en el motor, producto de la degradación ocasionada por las altas temperaturas y el funcionamiento continuo del motor.

La composición química del aceite usado depende de factores como la marca o tipo de aceite, si se emplea gasolina o diésel, el estado del motor de origen y el intervalo entre los cambios de aceite. Cabe resaltar que el aceite usado no ocurre de manera natural en el medio ambiente. (ATSDR, 1997)

#### 2.2.1.2 Tierra de diatomeas

La tierra de diatomeas es un material sedimentario natural compuesto principalmente por los esqueletos fosilizados de diatomeas, un tipo de microalga. Este material está constituido en su mayoría por sílice y es conocido por su alta porosidad, lo que le confiere una elevada capacidad de adsorción. Estas propiedades lo hacen útil en diversas aplicaciones industriales, incluyendo la estabilización de suelos.

En el contexto de la estabilización de suelos, la tierra de diatomeas se utiliza como un aditivo para mejorar la capacidad de soporte del suelo, aumentar su resistencia al corte, y reducir la compresibilidad. Estos efectos se deben a la capacidad de la tierra de diatomeas de interaccionar con otros componentes del suelo, lo que mejora su estructura y estabilidad. Esta propiedad es particularmente útil en la construcción de infraestructuras viales, donde la estabilidad del suelo es crucial para la durabilidad de las carreteras. (Zuluaga-Astudillo et al., 2023)

#### 2.2.1.3 Afirmado

Este proyecto involucra la construcción de una o varias capas de material granular seleccionado para formar la superficie de rodadura de una carretera. Dichos materiales pueden ser de origen natural o procesados, y deben cumplir con los requisitos establecidos, pudiendo incluir o no estabilizadores de suelos. Estas capas se instalan sobre una superficie que ha sido previamente preparada. Los materiales aprobados se obtienen de canteras u otras fuentes, y el proceso abarca el suministro, transporte, colocación y compactación del material, siguiendo las alineaciones,

pendientes y dimensiones especificadas en el Proyecto y validadas por el Supervisor, además de cumplir con las normas estipuladas en el Plan de Manejo Ambiental. (MTC, 2013)

#### 2.2.1.4 Estabilización

La estabilización en carreteras es un proceso que busca alterar las propiedades físicas, químicas o biológicas del suelo con la finalidad de mejorar su comportamiento y aumentar su resistencia.

El objetivo es lograr un suelo más uniforme, compacto, estable y duradero, que pueda servir como base para la construcción de diversas infraestructuras, como carreteras, edificios, puentes y presas, entre otros. Asimismo, se busca mejorar su capacidad de soporte y su comportamiento frente a las cargas y las condiciones ambientales.

Este proceso de estabilización del suelo puede llevarse a cabo de manera natural o artificial. De forma natural, el clima, la vegetación, los microorganismos o los animales influyen en la modificación del suelo con el tiempo. En el caso de la estabilización artificial, se emplean técnicas y materiales específicos para mejorar las propiedades del suelo. (CONARSAC, 2024)

La estabilización de suelos puede llevarse a cabo mediante métodos granulométricos o mecánicos, combinando diferentes suelos para mejorar propiedades como la granulometría, plasticidad y permeabilidad. Además, se puede emplear estabilización a través de aditivos que modifican las propiedades del suelo de manera física o química. Entre los aditivos más comunes están la cal, el cemento, y otros como cloruro de sodio, cloruro de magnesio, asfaltos líquidos, y escorias. La aplicación de estos productos debe seguir la norma técnica MTC 1109-2004

#### 2.2.1.5 Estabilización físico - mecánica

La estabilización física de un afirmado se refiere al uso de técnicas diseñadas para mejorar las propiedades físicas del material utilizado en la construcción de infraestructuras viales mediante

la aplicación de fuerzas mecánicas. Estas mejoras están destinadas a incrementar la resistencia, durabilidad y capacidad del material para soportar cargas, garantizando de esta manera la estabilidad y longevidad de la estructura, para llevar a cabo este proceso, se utiliza la técnica de compactación, que consiste en reducir el volumen de los espacios vacíos presentes en el suelo, lo que a su vez mejora su densidad (MTC, 2013)

### *2.2.2 Afirmados*

Según el Manual de Carreteras (EG-2013) este trabajo abarca la construcción de una o más capas de afirmado utilizando material granular seleccionado, destinado a servir como superficie de rodadura para una carretera. Estos materiales, que pueden ser obtenidos en su estado natural o tras ser procesados, deben contar con la aprobación necesaria y pueden incluir o no estabilizadores de suelos. Las capas se colocan sobre una superficie previamente preparada. Los materiales autorizados provienen de canteras u otras fuentes. El proceso abarca el suministro, transporte, colocación y compactación del material, todo conforme a los alineamientos, pendientes y dimensiones especificados en el Proyecto, que han sido aprobados por el Supervisor, y se realiza siguiendo las disposiciones del Plan de Manejo Ambiental.

**Fotografía 1**

*Carretera Afirmada*



Fuente: Elaboración propia

#### 2.2.2.1. Características del afirmado

El "Manual para el Diseño de Caminos no Pavimentados de Bajo Volumen de Tránsito" del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) sugiere que las piedras utilizadas deben presentar caras fracturadas o aristas, así como superficies rugosas. Esto se debe a que estas características mejoran su desempeño, aportando mayor resistencia y estabilidad a la capa de afirmado frente a las cargas aplicadas.

De acuerdo con el Manual de Carreteras (EG-2013), en la construcción de afirmados, tanto con estabilizadores como sin ellos, se deben emplear materiales granulares naturales que pueden provenir de excedentes de excavaciones, canteras o escorias metálicas, tal como se especifica en el Expediente Técnico y con la aprobación del Supervisor. Estos materiales también pueden derivarse de la trituración de rocas y gravas, o estar compuestos por una mezcla de productos de diferentes orígenes.

#### 2.2.2.2. Materiales de afirmado

El material utilizado varía según la región y la procedencia de los agregados, ya sean de cantera de cerro o de río. Asimismo, sus características dependen de la capa en la que será utilizado, influyendo principalmente en el tamaño de los agregados y el contenido de material fino. (MTC, 2013)

El afirmado necesita una cierta cantidad de piedra para soportar las cargas. Asimismo, requiere un porcentaje adecuado de arena para llenar los espacios entre las partículas gruesas y proporcionar estabilidad, además de una proporción de finos plásticos que favorezca la cohesión del material. Por ello, la adecuada selección y dosificación de los materiales granulares resulta fundamental para garantizar el cumplimiento de las especificaciones técnicas y el desempeño del afirmado durante su vida útil. (MTC, 2013)

Según MTC (2013) nos indica “No hay casi depósitos naturales que tengan una gradación correcta por ende debemos darle forma nosotros mediante el zarandeo para llegar a una granulometría correcta”.

**Tabla 1**

*Gradación del material afirmado (Diagrama)*

| PORCENTAJE QUE PASA DEL TAMIZ | GRADACION C | GRADACION D | GRADACION E | GRADACION F |
|---|---|---|---|---|
| 50 mm (2") | | | | |
| 37.5 mm (1 1/2") | | | | |
| 25 mm (1") | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 19 mm (3/4") | | | | |
| 12.5 mm (1/2") | | | | |
| 9.5 mm (3/8") | 50- 85 | 60- 100 | | |
| 4.75 mm (N° 4) | 35- 65 | 50- 85 | 55- 100 | 70- 100 |
| 2.36 mm (N°8) | | | | |
| 2.0 mm (N°10) | 25- 50 | 40- 70 | 40- 100 | 55- 100 |
| 4.25 mm (N° 40) | 15- 30 | 25- 45 | 20- 50 | 30- 70 |
| 75 mm( N°200) | 5- 15 | 5- 20 | 6- 20 | 8- 25 |
| **Indice de Plasticidad** | 4- 9 | 4- 9 | 4- 9 | 4- 9 |
| **Limite Liquido** | **Max. 35%** | **Max. 35%** | **Max. 35%** | **Max. 35%** |
| **Desgaste de los Angeles** | **Max. 50%** | **Max. 50%** | **Max. 50%** | **Max. 50%** |
| **CBR** {Referido al 100% de la Maxima densidad seca y una penetracion de carga de 0.1" (2.5mm)} | **Min. 40%** | **Min. 40%** | **Min. 40%** | **Min. 40%** |

Fuente: AASHTO M 147

### 2.2.2.3. Requisitos que debe de cumplir el afirmado

El Manual de Carreteras "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos", en su artículo 11.3, señala que es necesario realizar ensayos para evaluar la calidad del material utilizado en los afirmados, ya que estos pueden variar. En cuanto a la dosificación y mezcla del afirmado, se tomarán como referencia y punto de partida los requisitos sugeridos por la Norma CE 010 de Pavimentos Urbanos.

- Desgaste Los Ángeles: 50% máx. (MTC E 207)
- Límite Líquido: 35% máx. (MTC E 110)
- Índice de Plasticidad: 4-9% (MTC E 111)

El índice de plasticidad es crucial y debe estar entre 4 y 9 como máximo. Esto se debe a que la capa de rodadura requiere un mayor porcentaje de material plástico en su superficie, y las

arcillas naturales proporcionan la cohesión necesaria, asegurando una conducción cómoda. Este aspecto puede ser especialmente importante durante la temporada seca, ya que puede requerir riego con agua. (MTC, 2013)

- CBR: 40% mín. (MTC E 132)

Un factor importante a considerar en los caminos afirmados es el control del polvo, ya que estos caminos generan polvo debido al tráfico que circula por ellos. La cantidad de polvo producida puede variar considerablemente, dependiendo de la región del país (ya sea lluviosa o árida), del volumen de tráfico y de la calidad del afirmado. (MTC, 2013)

#### 2.2.2.4 Requerimientos de construcción

- Extracción de materiales y producción de agregados: Los materiales se obtendrán de canteras autorizadas y serán sometidos a procesos de extracción, trituración y clasificación para cumplir con las especificaciones técnicas requeridas.
- Preparación de la superficie existente: El material de afirmado solo se descargará una vez que se haya verificado que la plataforma sobre la cual se apoyará tiene la densidad adecuada y las cotas especificadas en los planos.
- Transporte y colocación del material: El Contratista debe transportar y depositar el material de manera que se evite la segregación, previniendo derrames que puedan contaminar fuentes de agua, suelos y la vegetación cercana, así como evitar causar daños a las poblaciones vecinas.
- Extensión, mezcla y conformación del material: El material se colocará en una franja con una sección uniforme y se comprobará que su distribución sea homogénea. Si se requiere utilizar varios materiales, estos se mezclarán en cordones

separados a lo largo de la vía y luego se integrarán para obtener una mezcla homogénea.

- Compactación: Una vez que el material alcance el nivel adecuado de humedad, se compactará con el equipo aprobado hasta alcanzar la densidad especificada. En las áreas donde los rodillos no puedan acceder, se utilizarán apisonadores mecánicos para lograr la densidad requerida.
- Apertura al tránsito: No se permitirá el tránsito sobre las capas en proceso de ejecución hasta que la compactación esté completa. Si no es posible evitar el tránsito, se deberá distribuir de manera que no se formen rodaduras concentradas en la superficie.
- Aceptación de los trabajos: Se evaluarán las condiciones y especificaciones establecidas para la aceptación final de los trabajos realizados, verificando el cumplimiento de los requisitos técnicos establecidos. (MTC, 2013)

#### 2.2.2.5 Afectación y problemática en la vida de las carreteras afirmadas

Gutiérrez Soto (2017) señala que, en los caminos no pavimentados, es fundamental considerar el diseño, la construcción y el mantenimiento, debido a las diversas fallas que pueden presentarse durante su vida útil. Entre las principales se encuentran:

- Las irregularidades pronunciadas son resultado de la falta de uniformidad en la superficie de la vía, lo que disminuye la comodidad y seguridad de la circulación vehicular.
- Las corrugaciones se manifiestan como ondulaciones con crestas y depresiones transversales a la dirección del tráfico, originadas principalmente por el paso repetitivo de los vehículos.

- El ahuellamiento consiste en una deformación continua a lo largo de las huellas dejadas por el tránsito, ocasionando desniveles que dificultan el desplazamiento de los vehículos.
- La pérdida de agregados ocurre cuando los materiales de la capa superficial se desprenden y quedan sueltos debido a la acción del tránsito y de los agentes climáticos, reduciendo la calidad, estabilidad y durabilidad del afirmado.
- La disminución del espesor de la capa superficial, ya sea de grava o tierra, se produce debido al desgaste progresivo ocasionado por el tránsito y las condiciones climáticas.
- La presencia de agua provoca filtraciones en la estructura de la vía no pavimentada, afectando su resistencia, reduciendo su capacidad de soporte y favoreciendo la erosión del camino, lo que acelera el deterioro de la superficie de rodadura. (Gutiérrez Soto, 2017)

**Fotografía 2**

*Construcción ilegal de la carretera entre Nuevo Edén y Puerto Shipetiari, en Madre de Dios*



Fuente: Recuperado de [OPINIÓN] Las carreteras y el impacto ambiental en los bosques tropicales (actualidad ambiental.pe)

### *2.2.3 Aceite residual degradado (ARD)*

El aceite residual degradado es un lubricante que ha sufrido una variación química por la transferencia de calor que genera el motor al estar en funcionamiento. El aceite residual degradado es un lubricante que ha sido utilizado y cuyas funciones son la de disminuir la fricción entre las partes móviles, inhibir de la corrosión y disminuir la temperatura del motor. El aceite residual degradado es un compuesto químico derivado del petróleo, este aceite está constituido, en su composición, principalmente de hidrocarburos y compuestos orgánicos de carbono. Estos compuestos químicos tienen hidrocarburos, que provienen del petróleo crudo, junto con varios aditivos que optimizan el rendimiento del aceite. El aceite usado también contiene sustancias químicas que se forman por la exposición a altas temperaturas y presión en el motor. Además, puede contener pequeñas cantidades de metales desprendidos de las partes del motor, así como residuos de gasolina, anticongelante y otros compuestos generados por la combustión del combustible. (ATSDR, 1997)

**Fotografía 3**

*Aceite Residual Degradado*



Fuente: Recuperado de ENEOS México

#### 2.2.3.1 Estructura del aceite residual degradado

Los aceites usados son una combinación compleja de diferentes productos. Un lubricante consiste en una mezcla de una base, ya sea mineral o sintética, junto con aditivos que pueden constituir entre el 1% y el 20% del total, los cuales mejoran sus propiedades físicas, químicas y su desempeño durante el funcionamiento del motor.

Durante su uso, el aceite se contamina con varias sustancias, tales como agua; partículas metálicas que provienen del desgaste y la fricción de las piezas en movimiento; compuestos organometálicos que contienen plomo de la gasolina y ácidos, tanto orgánicos como inorgánicos, que se forman por oxidación. También se contamina con azufre procedente de los combustibles, lo que genera compuestos sulfurosos; restos de aditivos como fenoles y compuestos de zinc, cloro y fósforo; compuestos clorados, incluyendo disolventes, PCBs y PCTs; y hidrocarburos aromáticos policíclicos (PNA o HAPs), que se cree derivan de la oxidación de las gasolinas. Estos últimos son especialmente peligrosos, ya que entre ellos se encuentra el Benzo(a)pireno ($C_{20}H_{12}$), un compuesto cancerígeno, junto con algunos de sus derivados alquilados. (SerCampo, s.f.)

#### 2.2.3.2 Funciones del aceite residual degradado

El aceite residual degradado, que es un subproducto del uso del aceite en motores de combustión interna, ha ganado interés en diversas aplicaciones ingenieriles, incluyendo su uso como agente estabilizante en suelos. Esta estabilización es crucial en la ingeniería civil, particularmente en proyectos donde se busca mejorar las propiedades mecánicas de suelos inestables.

El aceite residual degradado actúa principalmente en la modificación de las propiedades físicas y químicas del suelo. Una de sus funciones clave es la reducción de la plasticidad del suelo, lo cual mejora la capacidad del mismo para soportar cargas. Además, al mezclarse con suelos

arcillosos, el aceite quemado puede reducir la permeabilidad, disminuyendo así la susceptibilidad a la erosión y al deslizamiento de tierras.

Otra función importante es la mejora en la cohesión del suelo, lo que resulta en un aumento de la resistencia al corte. Esta propiedad es fundamental para la construcción de cimientos y estructuras que requieren una base sólida y estable. (Rubiños Dávila, M. E. 2024)

#### 2.2.3.3 Uso del aceite residual degradado en la estabilización de suelos

La estabilización de suelos se refiere al proceso de mejorar las características de los suelos mediante técnicas mecánicas y la adición de productos químicos, naturales o sintéticos. Cuando este proceso se aplica a una subbase o base granular para mejorar su calidad, se le conoce como subbase o base granular tratada. En nuestro caso agregaremos un producto químico. (MTC, 2013)

### *2.2.4. Tierra de diatomeas*

La tierra de diatomeas es un material silíceo compuesto principalmente por los restos fosilizados de diatomeas, que son un tipo de algas unicelulares. Este material se caracteriza por su alta porosidad y baja densidad, lo que le otorga diversas aplicaciones industriales y agrícolas. Es ampliamente utilizado como insecticida natural, debido a su capacidad para deshidratar insectos al contacto, así como en la filtración y como aditivo en la producción de concretos de alta resistencia. (Chumpitaz Colán, P. E. 2018)

La diatomita es una roca sedimentaria de origen biológico, rica en sílice, formada a partir de la acumulación de frústulas fosilizadas de diatomeas, que son algas unicelulares microscópicas. Esta roca está compuesta por esqueletos opalinos hechos de sílice amorfa, resultado de los restos sedimentados de estas algas. Debido a su composición y estructura altamente porosa, presenta una baja densidad y una elevada capacidad de adsorción, características que favorecen su aplicación en diferentes campos de la ingeniería y la industria. (Espinoza, 2010).

Espinoza (2010), nos indica que “la diatomita se origina mediante la acumulación de sedimentos que, al concentrarse en grandes cantidades, forman depósitos de suficiente espesor como para ser explotados comercialmente” (p.35).

#### 2.2.4.1 Composición de la tierra diatomita

La tierra de diatomeas está compuesta principalmente por sílice ($SiO_2$), que constituye entre el 80% y 90% de su masa. Este material es una roca sedimentaria de origen biogénico, formada por los restos fosilizados de diatomeas, que son algas unicelulares con una estructura externa de sílice. Además de sílice, la tierra de diatomeas contiene pequeñas cantidades de otros minerales como aluminio, hierro, calcio, y magnesio. (Chumpitaz Colán, P. E. 2018)

#### 2.2.4.2 Usos de la diatomita

##### *2.2.4.2.1 Separación o purificación de líquidos, aceites y grasas`*

El principal valor de las diatomitas radica en su aplicación en procesos de filtración. Su capacidad filtrante está influenciada por diversos factores, siendo la estructura un aspecto clave. Las diatomitas de mayor calidad se emplean en la filtración de líquidos y, para este propósito, es preferible que conserven frústulas intactas. Por otro lado, aquellas que contienen pequeñas cantidades de arcilla no son aptas para su uso como material filtrante. (Espinoza, 2010)

Según Espinoza (2010) nos indica que “la industria de las bebidas, especialmente la cervecera, es la que genera la mayor demanda de filtros” (p.13).

##### *2.2.4.2.2 Sector de la construcción*

Las diatomitas son utilizadas como aditivos en el concreto porque mejoran su trabajabilidad, cohesión e impermeabilidad, al controlar el exceso de agua y evitar la segregación. Además, tienen aplicaciones en la fabricación de estucos y diversos productos de construcción como ladrillos, placas, tejas y revestimientos cerámicos. (Espinoza, 2010)

#### *2.2.4.2.3 Relleno*

Gracias a la diversidad de sus formas, las diatomeas mejoran la resistencia de las pinturas y facilitan su lijado. Además, se emplean como carga industrial en la fabricación de productos como caucho, jabones, neumáticos, comprimidos medicinales, insecticidas, fertilizantes y otros materiales. (Espinoza, 2010)

#### *2.2.4.2.4 Abrasivo*

Las diatomitas se utilizan como materiales abrasivos para pulir diferentes superficies metálicas, vidrios y otros materiales. Como abrasivos suaves, las diatomitas en polvo se incorporan en la elaboración de pastas y polvos dentífricos, ciertos tipos de jabones y productos de limpieza, así como en la creación de fricción entre las cabezas de los fósforos y el recubrimiento de las cajas diseñadas para encenderlos. Su baja dureza permite limpiar y pulir superficies sin causar un desgaste excesivo del material tratado. (Espinoza, 2010)

#### *2.2.4.2.5 Absorbente*

Las diatomitas se emplean como absorbentes, ya sea en forma sólida o pulverizada, mezclándolas con líquidos. Esto se debe a su capacidad para absorber entre el 150% y el 200% de su peso en agua sin alterar su forma. Esta propiedad se utiliza para impregnar las diatomitas con desinfectantes líquidos, permitiendo la liberación gradual de vapores desinfectantes que permanecen activos durante un tiempo prolongado. (Espinoza, 2010)

#### *2.2.4.2.6 Aislante*

En su estado natural, las diatomitas se emplean como materiales aislantes de calor y sonido. Pueden presentarse en bloques cortados o en forma de briquetas, elaboradas a partir de diatomitas pulverizadas mezcladas con arcillas u otros aglutinantes y posteriormente compactadas mediante prensado. (Espinoza, 2010)

# CAPÍTULO III. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

## 3.1 Variables de la investigación

### *3.1.1 Variable Dependiente*

Propiedades físico-mecánicas del material granular (Compactación, Límites de Atterberg, CBR y Módulo Resiliente).

#### 3.1.1.1 Definición Conceptual

La compactación del suelo es el proceso mediante el cual se incrementa la densidad seca del material al reducir el volumen de vacíos mediante la aplicación de energía mecánica. Este proceso se representa mediante la densidad seca máxima y el contenido óptimo de humedad.

Los límites de Atterberg son parámetros que definen la consistencia y comportamiento del suelo frente a cambios de humedad, permitiendo clasificarlo según su plasticidad.

El CBR es un parámetro que mide la resistencia de un suelo frente a cargas, representando su capacidad portante y su comportamiento mecánico ante esfuerzos. Es fundamental en el diseño de pavimentos, ya que indica la calidad estructural del material y permite evaluar su aptitud para ser utilizado en las diferentes capas de la estructura del pavimento.

El módulo resiliente es una propiedad que mide la capacidad del suelo para recuperar su forma después de ser sometido a cargas repetidas, representando su comportamiento elástico.

#### 3.1.1.2. Definición Operacional

Se determinará la densidad seca máxima ($g/cm^3$) y el contenido óptimo de humedad (%) mediante el ensayo Proctor Modificado para cada dosificación evaluada.

Se realizará el ensayo de límite líquido, límite plástico, registrando así los límites de Atterberg evaluando su variación con cada dosificación.

Se realizará el ensayo de California Bearing Ratio (CBR), obteniendo un valor porcentual que compara la resistencia del suelo con un material patrón. Se evaluó para cada mezcla de ARD y diatomeas.

Se determinará el módulo resiliente mediante el ensayo triaxial dinámico, expresando los resultados en MPa para cada mezcla evaluada.

### *3.1.2 Variables Independientes*

Porcentajes de mezcla de Aceite Residual Degradado (ARD) y Tierra de Diatomeas

#### 3.1.2.1 Definición Conceptual

La Tierra de Diatomeas es una roca sedimentaria silícea compuesta por granos finos, producto de la acumulación de frústulas de organismos unicelulares llamados diatomeas, se caracterizan por ser permeables y ligeras, además, en estado seco tienen la capacidad de absorber y mantener gran cantidad de líquidos.

El aceite Residual Degradado (ARD) es un líquido resultante de la combustión de aceite en motores, este contiene residuos y partículas de carbono, su comportamiento con el agua facilita el intercambio catiónico lo cual impide que las partículas de agua puedan penetrar la arcilla.

#### 3.1.2.2 Definición Operacional

La variable se operacionalizará mediante la incorporación de Aceite Residual Degradado (ARD) y Tierra de Diatomeas en porcentajes de 0%, 1%, 2% y 3%, evaluando las diferentes combinaciones de mezcla sobre el material granular para determinar su efecto en las propiedades físico-mecánicas mediante ensayos de laboratorio. Las dosificaciones se prepararán siguiendo una matriz factorial de combinaciones y posteriormente se analizarán mediante los ensayos de Proctor Modificado, Límites de Atterberg, CBR y Módulo Resiliente, con el fin de identificar la dosificación que proporcione el mejor comportamiento del material estabilizado.

## 3.2 Operacionalización de variables

**Tabla 2**

*Operacionalización de objetivo 1*

| | Variable | Definicion Conceptual | Definicion Operacional | Dimensiones | Indicadores | Unidad de Medida | Instrumentos de Investigacion |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **INDEPENDIENTE** | Porcentajes de mezcla de Aceite Residual Degradado (ARD) y Tierra de Diatomeas | Combinación de aditivos estabilizantes incorporados al material granular en diferentes proporciones para modificar sus propiedades físico-mecánicas. | Se diseñará la mezcla con ARD y tierra de diatomeas en proporciones,incorporadas al material granular para evaluar su efecto en las propiedades mecánicas. | Dosificación de ARD y dosificación de tierra de diatomeas. | 0%, 1%, 2% y 3% de ARD respecto al contenido óptimo de humedad.<br>0%, 1%, 2% y 3% de tierra de diatomeas respecto al peso seco del suelo. | % | Procedimiento de mezcla controlada + ensayos de laboratorio. |
| **DEPENDIENTE** | Compactación del suelo | Relación entre densidad máxima y humedad óptima. | Se evaluará la compactación del material granular estabilizado mediante el ensayo Proctor Modificado. | Comportamiento de compactación. | Densidad seca máxima (DSM). | g/cm³ | Ensayo Proctor Modificado (MTC E115). |
| | | | | | Contenido óptimo de humedad (HO). | % | |

Fuente: Elaboración propia

Nota: La Tabla 2 presenta la operacionalización de las variables de investigación, indicando sus definiciones conceptual y operacional, dimensiones, indicadores, unidades de medida e instrumentos utilizados para su evaluación. Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 3**

*Operacionalización de objetivo 2*

| | Variable | Definicion Conceptual | Definicion Operacional | Dimensiones | Indicadores | Unidad de Medida | Instrumentos de Investigacion |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **INDEPENDIENTE** | Porcentajes de mezcla de Aceite Residual Degradado (ARD) y Tierra de Diatomeas | Combinación de aditivos estabilizantes incorporados al material granular en diferentes proporciones para modificar sus propiedades físico-mecánicas. | Se diseñará la mezcla con ARD y tierra de diatomeas en proporciones,incorporadas al material granular para evaluar su efecto en las propiedades mecánicas. | Dosificación de ARD y dosificación de tierra de diatomeas. | 0%, 1%, 2% y 3% de ARD respecto al contenido óptimo de humedad.<br>0%, 1%, 2% y 3% de tierra de diatomeas respecto al peso seco del suelo. | % | Procedimiento de mezcla controlada + ensayos de laboratorio. |
| **DEPENDIENTE** | Límites de Atterberg | Propiedades de consistencia que reflejan la plasticidad del suelo. | Se determinarán los límites líquido y plástico, así como el índice de plasticidad, en el material granular estabilizado. | Plasticidad del suelo. | Límite líquido (LL).<br>Límite plástico (LP).<br>Índice de plasticidad (IP). | % | Ensayo de límites de consistencia (MTC E110 y MTC E111). |

Fuente: Elaboración propia

Nota: La Tabla 3 presenta la operacionalización de las variables de investigación, indicando sus definiciones conceptual y operacional, dimensiones, indicadores, unidades de medida e instrumentos utilizados para su evaluación. Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4**

*Operacionalización de objetivo 3*

| | Variable | Definicion Conceptual | Definicion Operacional | Dimensiones | Indicadores | Unidad de Medida | Instrumentos de Investigacion |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| INDEPENDIENTE | Porcentajes de mezcla de Aceite Residual Degradado (ARD) y Tierra de Diatomeas | Combinación de aditivos estabilizantes incorporados al material granular en diferentes proporciones para modificar sus propiedades físico-mecánicas. | Se diseñará la mezcla con ARD y tierra de diatomeas en proporciones,incorporadas al material granular para evaluar su efecto en las propiedades mecánicas. | Dosificación de ARD y dosificación de tierra de diatomeas. | 0%, 1%, 2% y 3% de ARD respecto al contenido óptimo de humedad. 0%, 1%, 2% y 3% de tierra de diatomeas respecto al peso seco del suelo. | % | Procedimiento de mezcla controlada + ensayos de laboratorio. |
| DEPENDIENTE | Capacidad portante (CBR) | Relación entre la resistencia del suelo y la de un material patrón. | Se evaluará el CBR del material granular estabilizado con diferentes dosificaciones de ARD y tierra de diatomeas. | Resistencia al corte y soporte. | Porcentaje de CBR. | % | Ensayo CBR (MTC E132). |

Fuente: Elaboración propia

Nota: La Tabla 4 presenta la operacionalización de las variables de investigación, indicando sus definiciones conceptual y operacional, dimensiones, indicadores, unidades de medida e instrumentos utilizados para su evaluación. Fuente: Elaboración propia

**Tabla 5**

*Operacionalización de objetivo 4*

| | Variable | Definicion Conceptual | Definicion Operacional | Dimensiones | Indicadores | Unidad de Medida | Instrumentos de Investigacion |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| INDEPENDIENTE | Porcentajes de mezcla de Aceite Residual Degradado (ARD) y Tierra de Diatomeas | Combinación de aditivos estabilizantes incorporados al material granular en diferentes proporciones para modificar sus propiedades físico-mecánicas. | Se diseñará la mezcla con ARD y tierra de diatomeas en proporciones,incorporadas al material granular para evaluar su efecto en las propiedades mecánicas. | Dosificación de ARD y dosificación de tierra de diatomeas. | 0%, 1%, 2% y 3% de ARD respecto al contenido óptimo de humedad. 0%, 1%, 2% y 3% de tierra de diatomeas respecto al peso seco del suelo. | % | Procedimiento de mezcla controlada + ensayos de laboratorio. |
| DEPENDIENTE | Módulo Resiliente (MR) | Parámetro que mide la capacidad del suelo para resistir cargas repetidas. | Se determinará el módulo resiliente del material granular estabilizado, considerando las dosificaciones seleccionadas a partir de los mejores resultados en el ensayo CBR. | Comportamiento frente a cargas repetidas. | Valor de MR. | Mpa | Ensayo triaxial cíclico (AASHTO T307). |

Fuente: Elaboración propia

Nota: La Tabla 5 presenta la operacionalización de las variables de investigación, indicando sus definiciones conceptual y operacional, dimensiones, indicadores, unidades de medida e instrumentos utilizados para su evaluación. Fuente: Elaboración propia

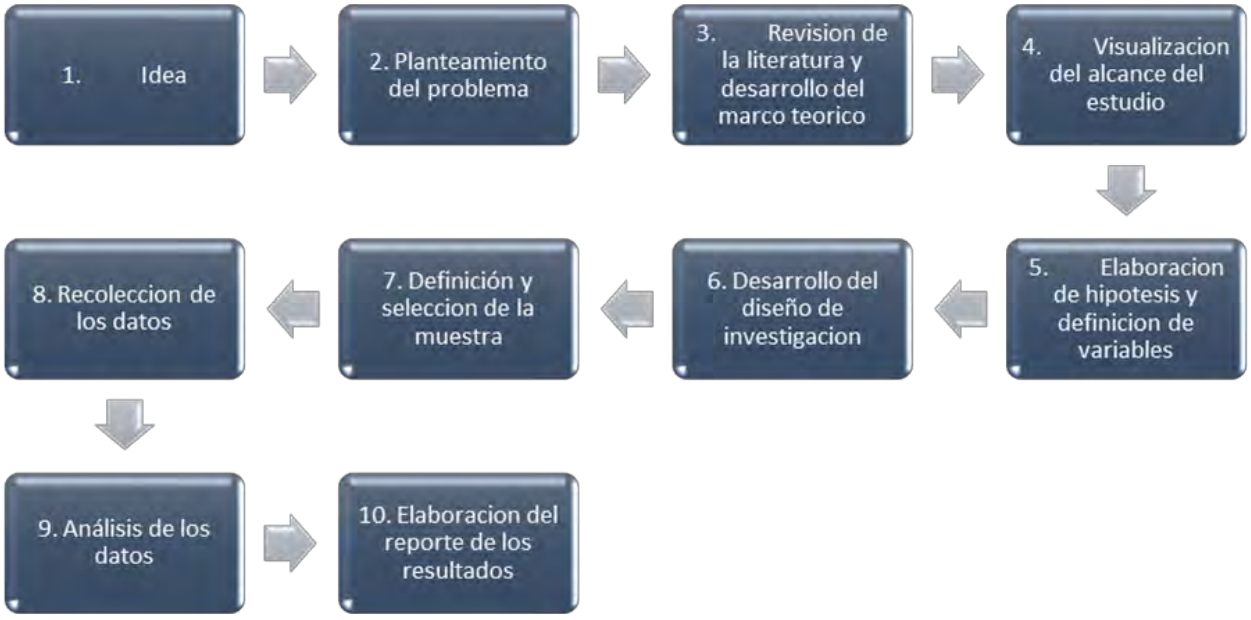
# CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA

## 4.1 Enfoque de la investigación

El método de investigación adoptado se basa en un enfoque cuantitativo, cuyo objetivo es comprobar las hipótesis formuladas a través de mediciones numéricas. Estas mediciones se realizarán conforme a las directrices del MTC y estarán fundamentadas en ensayos que evalúan las propiedades físico-mecánicas y químicas, siguiendo el siguiente esquema:

**Gráfica 1**

*Flujo de la metodología de investigación*




Fuente: Elaboración Propia

Nota: Flujograma del proceso correcto para una investigación con enfoque cuantitativo, el cual describe la forma de la presente investigación. Tomado de Fases del Proceso Cuantitativo [Diagrama], HERNÁNDEZ, FERNÁNDEZ & BAPTISTA, 2006.

## 4.2 Tipo de investigación

La investigación será de tipo aplicada, debido a que busca utilizar conocimientos científicos y técnicos para resolver un problema práctico relacionado con la mejora de las

propiedades físico-mecánicas del material granular empleado en carreteras afirmadas, mediante la incorporación de aceite residual degradado (ARD) y tierra de diatomeas.

## 4.3 Nivel de investigación

El nivel de la investigación es explicativo, ya que tiene como finalidad analizar y explicar el efecto que produce la incorporación de diferentes porcentajes de aceite residual degradado y tierra de diatomeas en las propiedades físico-mecánicas del material granular para afirmado, estableciendo relaciones causa–efecto a partir de los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio.

## 4.4 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es experimental, debido a que se manipula la variable independiente, constituida por la dosificación de aceite residual degradado y tierra de diatomeas, para evaluar su influencia sobre la variable dependiente, representada por las propiedades físico-mecánicas del material granular.

Para ello, se emplea un grupo de control, conformado por el material granular sin aditivos, y varios grupos experimentales, conformados por mezclas con distintos porcentajes de ARD y tierra de diatomeas, realizándose los mismos ensayos de laboratorio bajo condiciones controladas para permitir la comparación de resultados.

## 4.5 Población de la muestra

### *4.5.1 Población*

La población de estudio incluirá el material granular en su estado natural y el material granular mezclado con ARD y tierra de diatomeas, extraído de las canteras de Patapata, en el distrito de San Jerónimo, provincia de Cusco, departamento de Cusco; y de la cantera de Saylla,

en el distrito de Saylla, provincia de Cusco, departamento de Cusco. En estos materiales se realizan los ensayos requeridos por la norma peruana para medir sus diferentes propiedades.

#### 4.5.1.1. Tamaño de Población

La población está compuesta por el material granular obtenido de las canteras de Patapata, en el distrito de San Jerónimo, y Saylla, en la provincia de Cusco. Estos materiales serán evaluados mediante ensayos de laboratorio para determinar sus propiedades físico-mecánicas y su comportamiento con la incorporación de ARD y tierra de diatomeas.

### *4.5.2 Muestra*

En la investigación utilizaremos el material granular extraído de las canteras de Patapata en San Jerónimo y de la cantera de Saylla. Este material es adecuado para las carpetas de afirmado, ya que se caracteriza por tener un tamaño de grano predominante mayor a 0,075 mm. Está compuesto principalmente de cuarzo, feldespato y calcita, y puede contener algo de arcilla o limo orgánico que le otorga cohesión y plasticidad.

Las mezclas de aceite residual degradado (ARD) y tierra de diatomeas se realizará en combinaciones de 0%, 1%, 2% y 3% para cada aditivo respectivamente, obteniendo así un total de 16 combinaciones porcentuales; tomando en cuenta que el porcentaje de aceite es referido al contenido óptimo de humedad del material y el porcentaje de tierra de diatomeas es referido al peso del material granular.

#### 4.5.2.1 Tamaño de la muestra

La muestra es limitada en tamaño y está constituida por un total de 153 pruebas de laboratorio. Estas pruebas consideran la incorporación de aceite residual degradado (ARD) y tierra de diatomeas en diferentes porcentajes, permitiendo evaluar su efecto sobre las propiedades físico-mecánicas del material granular bajo condiciones controladas.

# CAPÍTULO V. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

## 5.1 Ubicación y características del lugar de estudio

### *5.1.1 Material para afirmado de canteras*

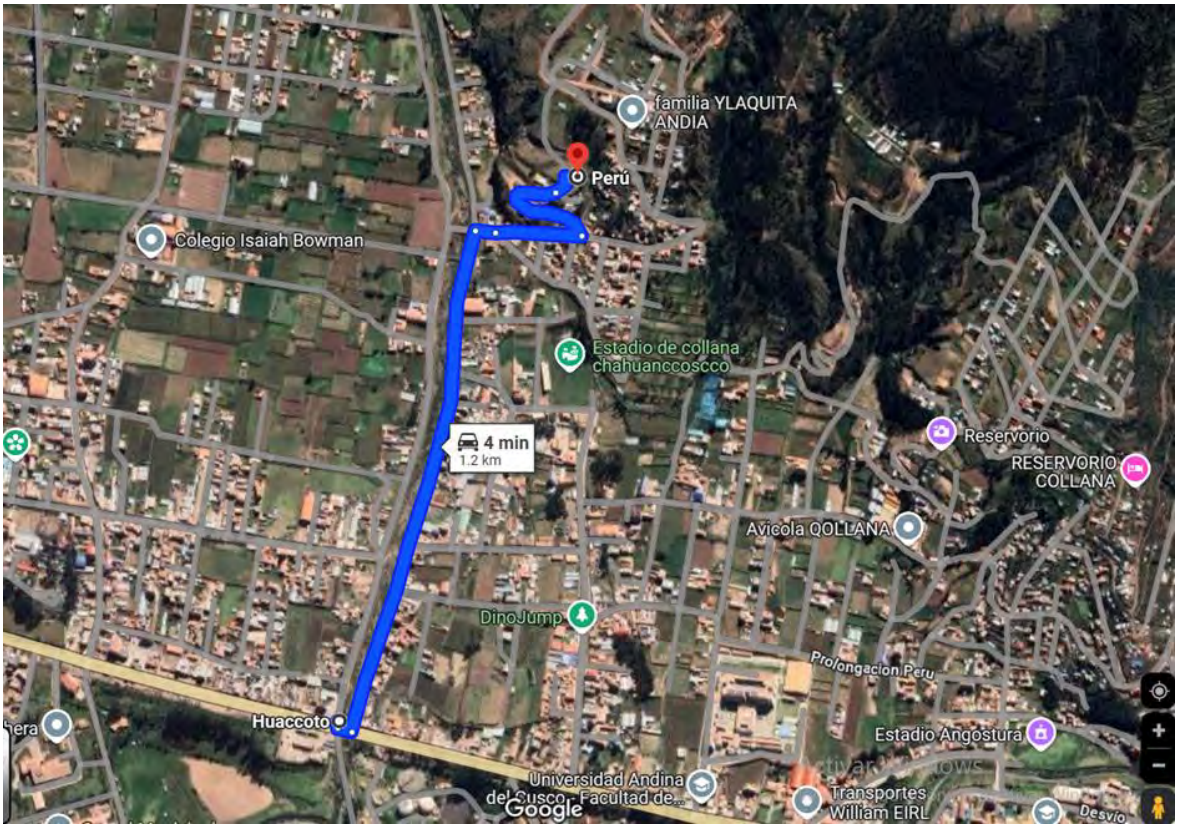
Analizamos las canteras de Patapata cercanas al barrio de Qollana y la cantera de Saylla cercana a la APV. Ferroviarios, de las cuales extrajimos el material para afirmado para realizar los ensayos adicionando tierras de diatomeas y ARD.

#### 5.1.1.1 Cantera Patapata

Se ubica a la altura de la Planta de Tratamiento de Agua pasando por la carretera Cusco-Paucartambo. Tiene las coordenadas (189652.4794871 E,8500931.7117706 S) hay una vía de acceso por la calle Huacoto subiendo por una vía afirmada hasta llegar hasta la cantera.

**Fotografía 4**

*Ubicación de la Cantera Patapata*




Fuente: Recuperado de Google Maps

#### 5.1.1.2 Cantera de Saylla

Se ubica cercano al paradero Cristal a Saylla, para luego pasar por la APV FERROVIARIOS, que tiene las siguientes coordenadas (193464.7464715 E, 8497909.4525437 S) el camino para llegar de afirmado, es muy cercano a la APV Ferroviarios.

**Fotografía 5**

*Ubicación de la Cantera de Saylla*




Fuente: Recuperado de Google Maps

### *5.1.2 Sustancias Añadidas*

#### 5.1.2.1 Aceite Residual Degradado (ARD)

El aceite quemado que usamos fue del taller de nombre: D JOSE SERVICIOS, el cual se encuentra ubicado cerca a paradero Forestal ubicado en la Av. Los Álamos G-4 pertenece a la A.P.P Pampachacra.

**Fotografía 6**

*Aceite Residual Degradado (ARD)*



Fuente: Elaboración propia

### 5.1.2.2 Tierra de Diatomeas

Lo obtuvimos en la Av. Tres Cruces de Oro, en la tienda llamada Importadora Machupicchu Genetics S.R.L.

**Fotografía 7**

*Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

## 5.2 Técnicas e Instrumentos de Medición

Para la realización de los ensayos posteriormente descritos, estos se realizaron en el Laboratorio de Mecánica de suelos de la Facultad de Ingeniería Civil, usando las muestras seleccionadas combinadas con los diferentes porcentajes de Tierra de Diatomeas y Aceite Residual Degradado (ARD)

Para evaluar sus propiedades físicas y mecánicas, se aplicaron técnicas de ensayo basadas en normas ASTM y MTC, empleando equipos e instrumentos de laboratorio que permitieron determinar parámetros como granulometría, límites de consistencia, compactación y capacidad de soporte (CBR).

Para medir las diferentes propiedades del material granular con y sin la mezcla de ARD y tierra de diatomeas, se utilizarán diferentes técnicas e instrumentos de medición, los cuales se describen a continuación:

**Ensayos Realizados en Laboratorio.**

- Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado (MTC E 107)
- Determinación del Contenido de Humedad de un Suelo (MTC E 108)
- Determinación del Límites de Atterberg (MTC E 110 y MTC E 111)
- Determinación de la gravedad específica de Sólidos de suelo mediante el picnómetro de agua. (MTC E 113)
- Determinación de la resistencia a la abrasión los Ángeles (L.A.) (MTC E 207)
- Determinación del Contenido óptimo de humedad mediante Compactación de Suelos en Laboratorio utilizando una Energía Modificada (Proctor Modificado) (MTC E 115)
- Determinación del CBR de suelos. (MTC E 132)

- Determinación del Módulo de Resiliencia. (AASHTO T 307)

### 5.3 Procedimiento de los ensayos

El material extraído de las canteras mencionadas fue transportado al laboratorio para realizar los ensayos conforme al manual de Ensayos de Materiales 2000 (MTC). Esto nos permitirá comparar los diferentes porcentajes añadidos a las muestras de las canteras.

**Fotografía 8**

*Extracción de material de la Cantera Patapata*



Fuente: Elaboración propia

**Fotografía 9**

*Extracción de material de la Cantera de Saylla*



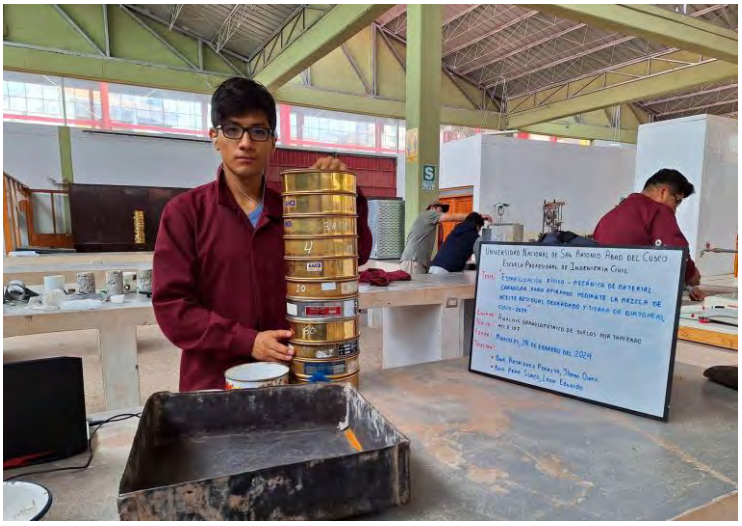
Fuente: Elaboración propia

### *5.3.1 Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado (MTC E 107)*

Se llevará a cabo un ensayo de granulometría de acuerdo con la norma MTC E 107. Este ensayo evaluará la distribución de tamaños de las partículas en el material granular, y los resultados se presentarán en un Gráfica de curva granulométrica.

**Fotografía 10**

*Ensayo de Análisis Granulométrico*



Fuente: Elaboración propia

**Fotografía 11**

*Ensayo de Análisis Granulométrico (Después del tamizado)*



Fuente: Elaboración propia

#### 5.3.1.1 Equipos y materiales:

- Se dispone de dos tipos de balanzas para pesar los materiales en el análisis: una con una precisión de 0,01 g y otra con precisión de 1 g.
- Recipientes de plástico para llevar a cabo el ensayo.
- Se cuenta con un horno capaz de mantener temperaturas uniformes y constantes de hasta 110 ± 5 °C.
- Cepillos y brochas: herramientas de limpieza destinadas a mantener las mallas de los tamices libres de impurezas.
- Tamices: El equipo incluye tamices de malla cuadrada en las siguientes medidas: 2", 1 ½", 1", ¾", ⅜", Nº4, Nº10, Nº20, Nº40, Nº60, Nº100 y Nº200. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 47)

#### 5.3.1.2 Procedimiento:

- Se procedió a realizar el cuarteo de una muestra de aproximadamente 15 kg, con la finalidad de obtener una muestra representativa de alrededor de 4 kg para la ejecución del ensayo.
- Luego de realizar el pesado de la muestra seleccionada, se efectuó el lavado del material para eliminar las partículas finas que pasan por la malla N° 200.
- La muestra lavada fue colocada en un horno hasta alcanzar un secado adecuado, dejándola reposar durante un día para garantizar la eliminación de humedad antes del tamizado.
- Posteriormente, la muestra seca fue colocada en el juego de tamices ordenados según la abertura correspondiente, realizando movimientos laterales y continuos

hasta que la cantidad de material que atravesaba cada tamiz sea inferior al 1 % del peso retenido.

- Una vez finalizado el tamizado, se realizó el pesaje del material retenido en cada tamiz y se registraron los datos obtenidos para determinar los porcentajes retenidos, acumulados y el porcentaje que pasa.
- Finalmente, con los resultados obtenidos se elaboró la curva granulométrica, permitiendo conocer la distribución del tamaño de partículas del material evaluado. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 47)

#### 5.3.1.3 Procesamiento de datos:

Para calcular el promedio de peso retenido, el porcentaje retenido, el porcentaje retenido acumulado y el porcentaje que pasa se aplicaron las siguientes fórmulas:

**Ecuación 1:**
*Porcentaje Retenido en el ensayo de Análisis Granulométrico:*

$$\%Retenido = \frac{\text{Peso retenido}}{Peso\ Total} \times 100$$

Con los valores obtenidos se elaboró la curva granulométrica en escala semilogarítmica, permitiendo determinar la distribución del tamaño de partículas del material. Estos resultados sirvieron para clasificar el suelo y verificar sus características granulométricas, evaluando su aptitud como material de afirmado para vías no pavimentadas. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 50).

#### 5.3.1.4 Recopilación de datos:

Se registraron los pesos retenidos en cada tamiz y se calcularon los porcentajes retenidos y pasantes para elaborar la curva granulométrica y clasificar el material.

## Tabla 6

*Datos del ensayo Análisis Granulométrico por Tamizado de la cantera de Saylla*

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**

MTC E 107 - ASTM D 422 - NTP 339.128

Standard Test Method for Particle-size Analysis of Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:**<br>**N° de hoja:** | 28 de febrero del 2024<br>1 |
| **Cantera:** | Saylla | | |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | | |

**ENSAYO DE GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Peso de Muestra Seca** | 2008.47 kg | **Peso de Muestra Lavada** | 1445.98 kg | **Perdida por lavado** | 562.49 kg | 28% | **Tamaño Máximo Absoluto** 3/4" | **Tamaño Máximo Nominal** 1/2" |

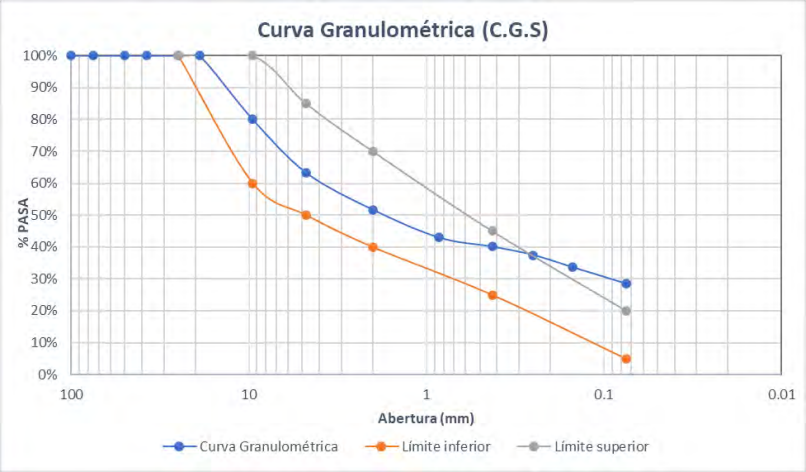
**HOJA DE REGISTRO DE DATOS Y CÁLCULOS**

| Tamiz N° | Abertura (mm) | Peso Retenido (gr) | Peso que Pasa (gr) | % Retenido | % Retenido Acumulado | % Pasa |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 4" | 100 | 0 | 2008.47 | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| 3" | 75 | 0 | 2008.47 | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| 2" | 50 | 0 | 2008.47 | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| 1 1/2" | 37.5 | 0 | 2008.47 | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| 1" | 25 | 0 | 2008.47 | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| 3/4" | 19 | 0 | 2008.47 | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| 3/8" | 9.5 | 401.35 | 1607.12 | 19.98% | 19.98% | 80.02% |
| N° 4 | 4.75 | 336.4 | 1270.72 | 16.75% | 36.73% | 63.27% |
| N° 10 | 2 | 233.27 | 1037.45 | 11.61% | 48.35% | 51.65% |
| N° 20 | 0.85 | 174.93 | 862.52 | 8.71% | 57.06% | 42.94% |
| N° 40 | 0.425 | 57.8 | 804.72 | 2.88% | 59.93% | 40.07% |
| N° 60 | 0.25 | 52.52 | 752.2 | 2.61% | 62.55% | 37.45% |
| N° 100 | 0.15 | 76.9 | 675.3 | 3.83% | 66.38% | 33.62% |
| N° 200 | 0.075 | 104.23 | 571.07 | 5.19% | 71.57% | 28.43% |
| Fondo | - | 7.77 | - | 0.39% | 71.95% | 28.05% |
| Lavado | - | 562.49 | - | 28.01% | 99.96% | 0.04% |
| TOTAL | | 1445.17 | | 0.06% | 100.02% | |

Fuente: Elaboración propia

## Gráfica 2

*Curva Granulométrica de la cantera de Saylla*




Fuente: Elaboración propia

## Tabla 7

*Datos del ensayo Análisis Granulométrico por Tamizado de la cantera de Patapata*

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**

MTC E 107 - ASTM D422 - NTP 339.128

Standard Test Method for Particle-size Analysis of Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECANICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:**<br>**N° de hoja:** | 29 de abril del 2024<br>1 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Patapata |
| **Region:** | Cusco | | |

**HOJA DE REGISTRO DE DATOS Y CALCULOS - ENSAYO DE GRANULOMETRIA POR TAMIZADO**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Peso de Muestra Seca** | 2011.49 kg | **Peso de Muestra Lavada** | 1473 kg | **Perdida por lavado** | 538.49 kg | 27% | **Tamaño Máximo Absoluto** 3/4" | **Tamaño Máximo Nominal** 1/2" |

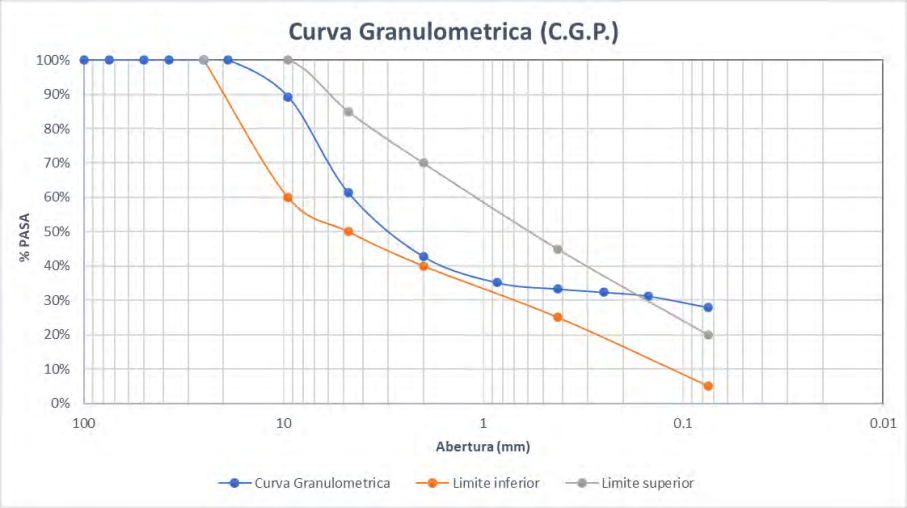
**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**

| Tamiz N° | Abertura (mm) | Peso Retenido (gr) | Peso que Pasa (gr) | % Retenido | % Retenido Acumulado | % Pasa |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 4" | 100 | 0 | 2011.49 | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| 3" | 75 | 0 | 2011.49 | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| 2" | 50 | 0 | 2011.49 | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| 1 1/2" | 37.5 | 0 | 2011.49 | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| 1" | 25 | 0 | 2011.49 | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| 3/4" | 19 | 0 | 2011.49 | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| 3/8" | 9.5 | 215.83 | 1795.66 | 10.73% | 10.73% | 89.27% |
| N° 4 | 4.75 | 561.92 | 1233.74 | 27.94% | 38.67% | 61.33% |
| N° 10 | 2 | 373.29 | 860.45 | 18.56% | 57.22% | 42.78% |
| N° 20 | 0.85 | 153.34 | 707.11 | 7.62% | 64.85% | 35.15% |
| N° 40 | 0.425 | 36.1 | 671.01 | 1.79% | 66.64% | 33.36% |
| N° 60 | 0.25 | 19.93 | 651.08 | 0.99% | 67.63% | 32.37% |
| N° 100 | 0.15 | 22.24 | 628.84 | 1.11% | 68.74% | 31.26% |
| N° 200 | 0.075 | 65.51 | 563.33 | 3.26% | 71.99% | 28.01% |
| Fondo | - | 23.24 | - | 1.16% | 73.15% | 26.85% |
| Lavado | - | 538.49 | - | 26.77% | 99.92% | 0.08% |
| TOTAL | | 1471.4 | | 0.11% | | |

Fuente: Elaboración propia

## Gráfica 3

*Curva Granulométrica de la cantera de Saylla*




Fuente: Elaboración propia

### *5.3.2 Determinación del Contenido de Humedad de un Suelo*

Se llevará a cabo un ensayo para determinar el contenido de humedad del material granular según la norma MTC E 108. Este ensayo permitirá conocer el porcentaje de agua presente en el material, lo cual es esencial para evaluar su compactación y comportamiento.

El contenido de humedad obtenido permitirá establecer las condiciones iniciales del material antes de la aplicación de los estabilizantes, además de ser un parámetro importante para la ejecución de ensayos posteriores como el Proctor Modificado y el CBR, debido a que la cantidad de agua influye directamente en la densificación y resistencia del suelo.

**Fotografía 12**

*Horno para poner las muestras*



Fuente: Horno Forzado 110 Lts [Photograph]. Aceq Laboratorios. https://aceqlaboratorios.com.co/wp-content/uploads/2021/05/Horno-Forzado-110-Lts-3.jpg

#### 5.3.2.1 Equipos y materiales:

- Se cuenta con un horno eléctrico capaz de mantener temperaturas uniformes y constantes de hasta 110 ± 5 °C.
- Balanza electrónica con una precisión de 0.01gr.
- Cápsulas de aluminio para colocar y secar el material.

- Cuchillo y espátula para manipular y distribuir la muestra adecuadamente. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 51)

**5.3.2.2 Procedimiento:**

- Después de extraer la muestra en campo, se almacenó en bolsas impermeables para conservar su humedad y luego se colocó en las cápsulas previamente pesadas.
- Una vez registradas las masas iniciales, las cápsulas con la muestra fueron llevadas al horno a una temperatura controlada de 110 ± 5 °C durante aproximadamente 24 horas, hasta lograr la eliminación completa del agua presente en el material.
- Luego del secado, se realizó el pesado final de las cápsulas con la muestra seca y se registraron los datos obtenidos.
- Finalmente, con los pesos obtenidos antes y después del secado, se calculó el contenido de humedad del material de ambas canteras. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 52)

**5.3.2.3 Procesamiento de datos:**

Para calcular el contenido de humedad de la muestra debemos usar la siguiente formula:

**Ecuación 2:**
*Formula general del Contenido de Humedad:*

$$W\% = \frac{Peso\ del\ agua}{Peso\ de\ suelo\ secado\ en\ el\ horno} \times 100$$

**Ecuación 3:**
*Porcentaje del contenido de humedad si usamos las capsulas:*

$$W\% = \frac{P_{CWS} - P_{CS}}{P_{CS} - P_C} \times 100$$

Donde:

W%: Contenido de humedad en porcentaje

$P_{CWS}$: Peso de la capsula más peso húmedo del suelo.

$P_{CS}$: Peso de la capsula más peso secado del suelo en el horno.

$P_C$: Peso de capsula. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 54)

#### 5.3.2.4 Recopilación de datos:

Se recopilaron los datos correspondientes a los pesos del recipiente, de la muestra húmeda y de la muestra seca. A partir de estos valores se calculó el contenido de humedad del material, parámetro fundamental para la caracterización y evaluación del suelo

**Tabla 8**

*Datos del ensayo Contenido de Humedad del Suelo de la cantera de Saylla*

**CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO**

MTC E 108 - ASTM D 2216 - NTP 339.127

Standard Test Method of Laboratory Determination of Water Content of Soil and Rock

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECANICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:**<br>**N° de hoja:** | 04 de marzo del 2024<br>1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Patapata |
| **Region:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de determinación del contenido de humedad del suelo**

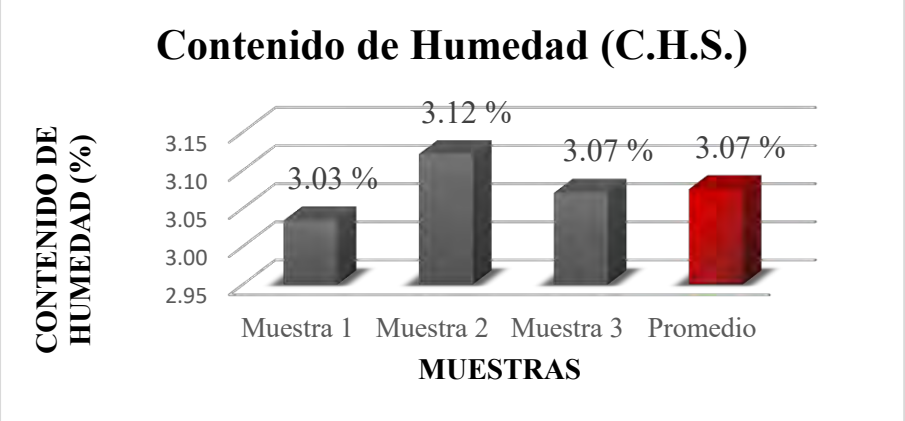
| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

| Descripción del molde | Und | 1 | 2 | 3 | PROMEDIO |
|---|---|---|---|---|---|
| Peso de la tara | gr | 60.52 | 59.43 | 60.21 | 60.05 |
| Peso de la tara + muestra humeda | gr | 160.03 | 112.63 | 131.05 | 134.57 |
| Peso de la tara + muestra seca | gr | 157.10 | 111.02 | 128.94 | 132.35 |
| Peso del agua | gr | 2.93 | 1.61 | 2.11 | 2.22 |
| Peso de la muestra seca | gr | 96.58 | 51.59 | 68.73 | 72.30 |
| Contenido de Humedad | % | 3.03 | 3.12 | 3.07 | 3.07 |

Fuente: Elaboración propia

**Gráfica 4**

*Contenido de Humedad de la cantera de Saylla*




Fuente: Elaboración propia

**Tabla 9**

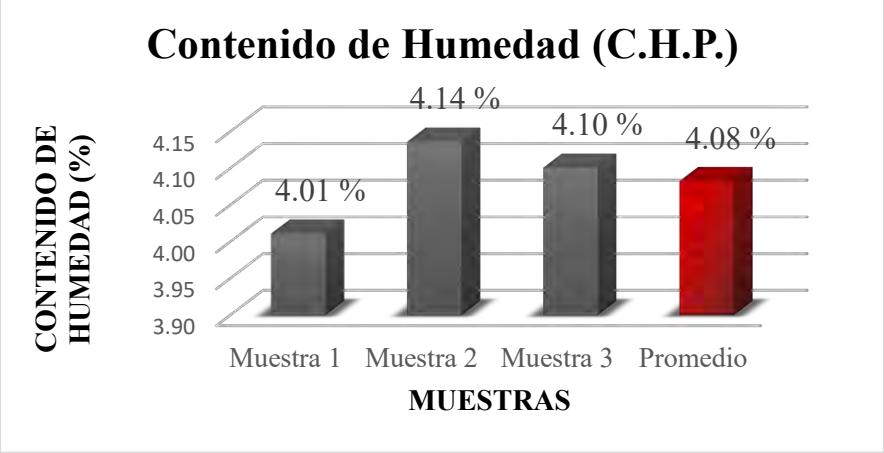
*Datos del ensayo Contenido de Humedad del Suelo de la cantera de Patapata*

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| UNSAAC | **CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO**<br>MTC E 108 - ASTM D 2216 - NTP 339.127<br>Standard Test Method of Laboratory Determination of Water Content of Soil and Rock | | | | |
| **Titulo de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECANICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:**<br>**N° de hoja:** | 04 de marzo del 2024<br>1 | | |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 | | |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Patapata | | |
| **Region:** | Cusco | | | | |
| **Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de determinación del contenido de humedad del suelo** | | | | | |
| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 | | |
| **Descripción del molde** | **Und** | **1** | **2** | **3** | **PROMEDIO** |
| Peso de la tara | gr | 58.29 | 59.63 | 60.68 | 59.53 |
| Peso de la tara + muestra humeda | gr | 116.12 | 113.26 | 123.64 | 117.67 |
| Peso de la tara + muestra seca | gr | 113.89 | 111.13 | 121.16 | 115.39 |
| Peso del agua | gr | 2.23 | 2.13 | 2.48 | 2.28 |
| Peso de la muestra seca | gr | 55.60 | 51.50 | 60.48 | 55.86 |
| Contenido de Humedad | % | 4.01 | 4.14 | 4.10 | 4.08 |

Fuente: Elaboración propia

**Gráfica 5**

*Contenido de Humedad de la cantera de Saylla*




Fuente: Elaboración propia

### *5.3.3 Determinación del Límites de Atterberg*

Se realizaron ensayos para determinar los límites de Atterberg del material granular de acuerdo con las normas MTC E 110 y MTC E 111. Estos límites (Límite Líquido y Límite Plástico) son indicadores de la plasticidad y cohesión del suelo. Además, permiten conocer la variación del comportamiento del material frente a cambios en su contenido de humedad, así como determinar su consistencia y características de deformabilidad. Los resultados obtenidos fueron utilizados para

la clasificación del material mediante los sistemas SUCS y AASHTO, y para evaluar posibles cambios en sus propiedades al incorporar ARD y tierra de diatomeas.

**Fotografía 13**

*Elaboración del ensayo Límite Líquido*




Fuente: Elaboración propia

**Fotografía 14**

*Elaboración del Ensayo Límite Líquido*




Fuente: Elaboración propia

### 5.3.3.1 Equipos y materiales:

- Balanza electrónica con una precisión de 0.01gr.
- Malla Nº40 para tamizar el material.
- Una espátula para mezclar el material.

- Un pocillo de porcelana.
- Vidrio esmerilado con un espesor.
- Recipientes utilizados para determinar el límite líquido y otros para medir el límite plástico.
- Se dispone de un horno eléctrico que puede mantener temperaturas uniformes y estables de hasta 110 °C, con una tolerancia de ± 5 °C.
- Agua destilada o también puede ser agua normal. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 67)

**5.3.3.2 Procedimiento:**

- Primer paso procedemos a tamizar por la malla Nº40 todo el material hasta llegar a unos 150 gr aproximadamente para cada prueba.
- Luego procedemos a agregar el agua destilada o agua normal poquito a poco hasta lograr que se mezclen uniformemente y presente el material una consistencia algo pastosa.
- Posteriormente esta mezcla la ponemos en la cuchara de Casagrande, debemos tallar la muestra sin dejar espacios vacíos o burbujas de aire.
- Agregamos gradualmente el agua para llegar a los golpes indicados en la norma, para luego posteriormente poner en las cápsulas el material del centro para poder pesar posteriormente con sus taras.
- Con el material aproximadamente que nos dio 25 golpes procedemos a separar una parte para poder hacer el límite plástico en el vidrio esmerilado.
- Procedemos a realizar rollitos con la mano extendida con la presión suficiente hasta lograr cilindros uniformes con diámetro aproximado de 3mm.

- Apenas presentan agrietamientos los cilindros ponemos a las cápsulas hasta acumular aproximadamente unos 6 gr del material para determinar su humedad que será nuestro límite plástico.
- Se determinaron el límite líquido, el límite plástico y el índice de plasticidad del material. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 69).

**5.3.3.3 Procesamiento de datos:**

Una vez recolectamos las humedades entre los diferentes golpes que nos dio la cuchara de Casagrande procedimos a armar nuestro Gráfica.

Determina el límite líquido del suelo tomando el contenido de humedad en el punto donde la línea interseca la abscisa de 25 golpes. El método Gráfica permite reemplazar los métodos de ajuste para trazar una línea recta con los datos y así identificar el límite líquido.

**Ecuación 4:**
*Formula del Límite Plástico:*

$$Límite\ plástico = \frac{Peso\ de\ agua}{Peso\ de\ suelo\ secado\ al\ horno} \times 100$$

Para hallar el Índice de Plasticidad usaremos la siguiente formula:

**Ecuación 5:**
*Formula del Índice de Plasticidad:*

$$I.P = Límite\ Líquido - Límite\ Plástico$$

$I.P$: índice de plasticidad. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 70)

**5.3.3.4 Recopilación de datos:**

Se registraron los valores obtenidos en los ensayos de límite líquido y límite plástico. Posteriormente, se calculó el Índice de Plasticidad mediante la diferencia entre ambos límites, permitiendo caracterizar la plasticidad del material.

**Tabla 10**

*Datos del ensayo Límites de Atterberg de la cantera de Saylla sin adición de ARD y Tierra de Diatomeas*

**LIMITES DE ATTERBERG**

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO - INDICE DE PLASTICIDAD

MTC E 110 y MTC E 111 ;NTP 339.129; ASTM D 4318

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECANICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 08 de marzo del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Saylla |
| **Region:** | Cusco | **Descripción del ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo Límites de Atterberg: Limite Liquido y Limite Plastico**

| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |
|---|---|---|---|

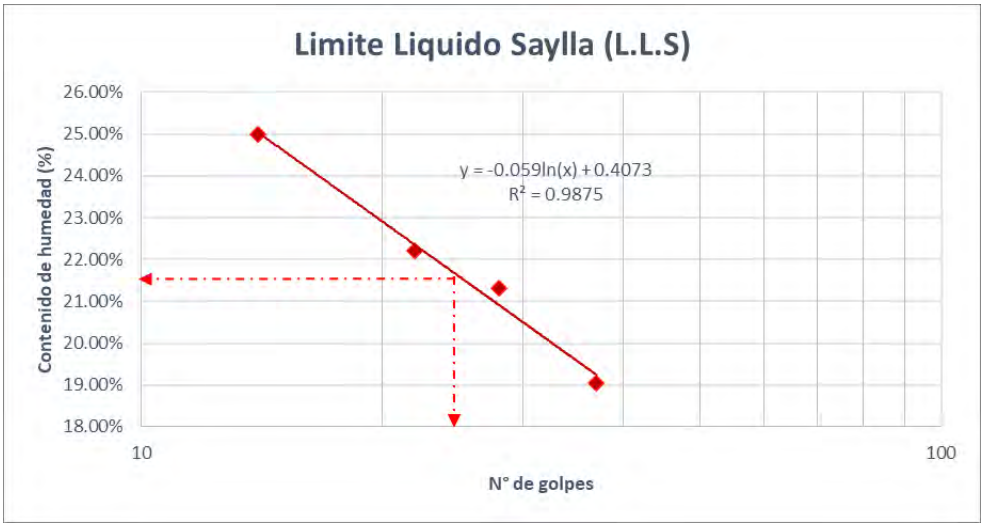
| LIMITE LIQUIDO - ASTM D 4318 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Muestra N° 1 | | | | |
| Nombre de Capsula | CSL -30 | CSL -10 | CSL -05 | CSL -05 |
| Peso Capsula (gr) | 59.31 | 58.62 | 63.17 | 59.61 |
| Peso Capsula + MH (gr) | 66.50 | 65.28 | 68.95 | 64.76 |
| Peso Capsula + MS (gr) | 65.35 | 64.11 | 67.90 | 63.73 |
| Numero de Golpes | 37 | 28 | 22 | 14 |
| Peso MS | 6.04 | 5.49 | 4.73 | 4.12 |
| Peso Agua | 1.15 | 1.17 | 1.05 | 1.03 |
| Contenido de Humedad | 19.04% | 21.31% | 22.20% | 25.00% |
| INDICE DE PLASTICIDAD | 6.91% | | | |

| LIMITE PLASTICO - ASTM D 4318 | | |
|---|---|---|
| Muestra N° 1 | | |
| Nombre de Capsula | CSL -56 | CSL -M6 |
| Peso Capsula (gr) | 21.39 | 21.40 |
| Peso Capsula + MH (gr) | 27.76 | 25.92 |
| Peso Capsula + MS (gr) | 26.91 | 25.36 |
| Peso MS | 5.52 | 3.96 |
| Peso Agua | 0.85 | 0.56 |
| Contenido de Humedad | 15.40% | 14.14% |
| LIMITE LIQUIDO 21.68% | LIMITE PLASTICO | 14.77% |

Fuente: Elaboración propia

**Gráfica 6**

*Límite Líquido de la cantera de Saylla sin adición de ARD Y Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

**Tabla 11**

*Datos del ensayo Límites de Atterberg de la cantera de Saylla con adición de 1% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas*

**LIMITES DE ATTERBERG**

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO - INDICE DE PLASTICIDAD

MTC E 110 y MTC E 111 ;NTP 339.129; ASTM D 4318

| | |
|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 08 de marzo del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Saylla |
| **Region:** | Cusco | **Descripción del ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo Límites de Atterberg: Limite Liquido y Limite Plastico**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 1 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

| LIMITE LIQUIDO - ASTM D 4318 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Muestra N° 1 | | | | |
| Nombre de Capsula | CSL -30 | CSL -06 | CSL -7 | CSL-10 |
| Peso Capsula (gr) | 59.31 | 59.00 | 59.55 | 58.56 |
| Peso Capsula + MH (gr) | 65.60 | 64.84 | 63.88 | 64.24 |
| Peso Capsula + MS (gr) | 64.53 | 63.82 | 63.12 | 63.22 |
| Numero de Golpes | 37 | 30 | 25 | 15 |
| Peso MS | 5.22 | 4.82 | 3.57 | 4.66 |
| Peso Agua | 1.07 | 1.02 | 0.76 | 1.02 |
| Contenido de Humedad | 20.50% | 21.16% | 21.29% | 21.89% |

| | |
|---|---|
| INDICE DE PLASTICIDAD | 9.60% |

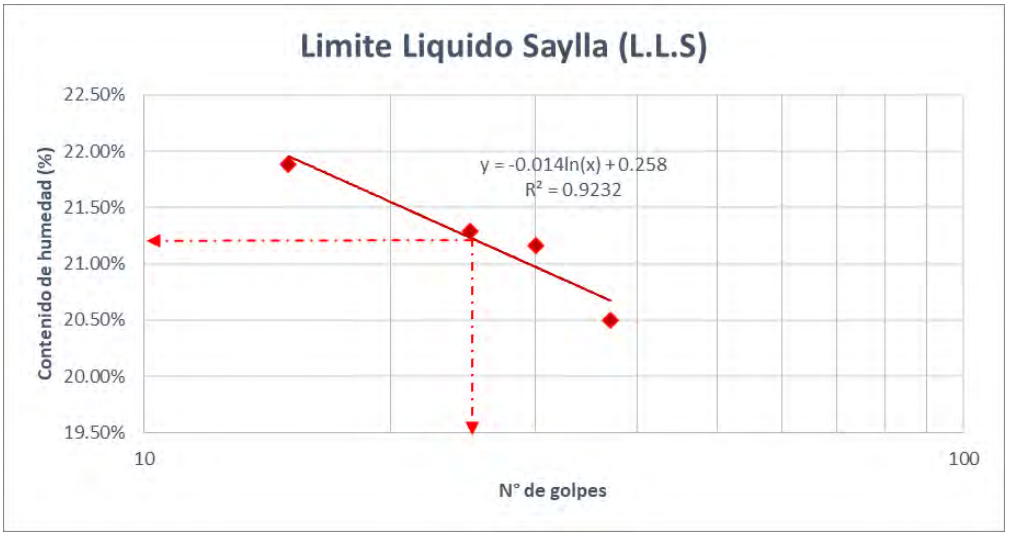
| LIMITE PLASTICO - ASTM D 4318 | | |
|---|---|---|
| Muestra N° 1 | | |
| Nombre de Capsula | CSL -28 | CSL - ii |
| Peso Capsula (gr) | 21.62 | 21.92 |
| Peso Capsula + MH (gr) | 26.12 | 25.72 |
| Peso Capsula + MS (gr) | 25.66 | 25.32 |
| Peso MS | 4.04 | 3.4 |
| Peso Agua | 0.46 | 0.4 |
| Contenido de Humedad | 11.39% | 11.76% |

| | | | |
|---|---|---|---|
| LIMITE LIQUIDO | 21.18% | LIMITE PLASTICO | 11.58% |

Fuente: Elaboración propia

**Gráfica 7**

*Límite Líquido de la cantera de Saylla con adición de 1% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

**Tabla 12**

*Datos del ensayo Límites de Atterberg de la cantera de Saylla con adición de 2% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas*

**LIMITES DE ATTERBERG**

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO - INDICE DE PLASTICIDAD

MTC E 110 y MTC E 111 ;NTP 339.129; ASTM D 4318

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 12 de marzo del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Saylla |
| **Region:** | Cusco | **Descripción del ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo Límites de Atterberg: Limite Liquido y Limite Plastico**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 2 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

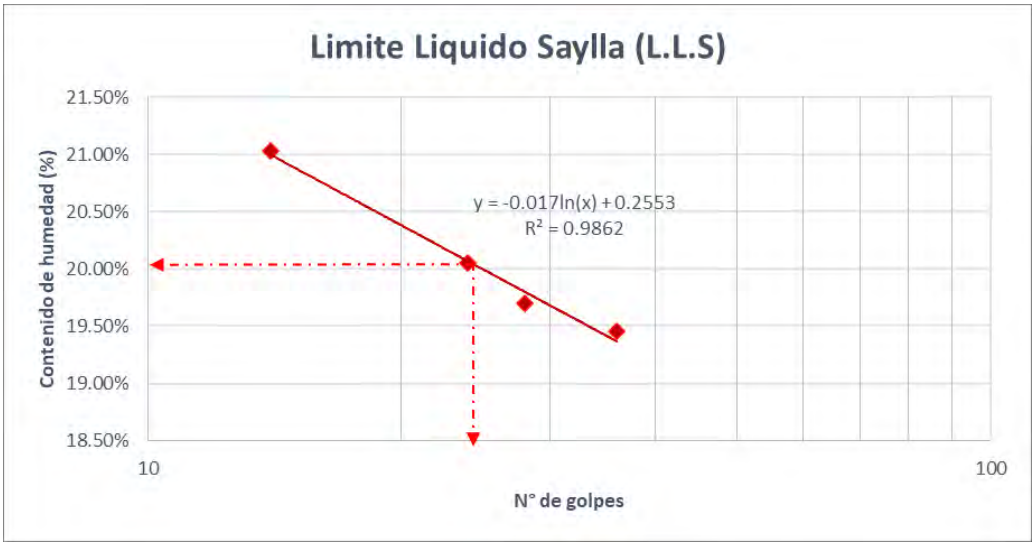
| LIMITE LIQUIDO - ASTM D 4318 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Muestra N° 1 | | | | |
| Nombre de Capsula | CSL -14 | CSL -05 | CSL -44 | CSL-54 |
| Peso Capsula (gr) | 54.32 | 57.25 | 56.72 | 60.96 |
| Peso Capsula + MH (gr) | 60.46 | 62.78 | 61.45 | 66.14 |
| Peso Capsula + MS (gr) | 59.46 | 61.87 | 60.66 | 65.24 |
| Numero de Golpes | 36 | 28 | 24 | 14 |
| Peso MS | 5.14 | 4.62 | 3.94 | 4.28 |
| Peso Agua | 1 | 0.91 | 0.79 | 0.90 |
| Contenido de Humedad | 19.46% | 19.70% | 20.05% | 21.03% |
| INDICE DE PLASTICIDAD | 6.75% | | | |

| LIMITE PLASTICO - ASTM D 4318 | | |
|---|---|---|
| Muestra N° 1 | | |
| Nombre de Capsula | CSL -39 | CSL - 11 |
| Peso Capsula (gr) | 22.08 | 21.28 |
| Peso Capsula + MH (gr) | 26.00 | 24.87 |
| Peso Capsula + MS (gr) | 25.54 | 24.45 |
| Peso MS | 3.46 | 3.17 |
| Peso Agua | 0.46 | 0.42 |
| Contenido de Humedad | 13.29% | 13.25% |
| LIMITE LIQUIDO 20.02% | LIMITE PLASTICO | 13.27% |

Fuente: Elaboración propia

**Gráfica 8**

*Límite Líquido de la cantera de Saylla con adición de 2% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

**Tabla 13**

*Datos del ensayo Límites de Atterberg de la cantera de Saylla con adición de 3% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas*

**LIMITES DE ATTERBERG**

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO - INDICE DE PLASTICIDAD

MTC E 110 y MTC E 111 ;NTP 339.129; ASTM D 4318

| | |
|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco |
| **Cantera:** | Saylla |
| **Provincia:** | Cusco |
| **Region:** | Cusco |
| **Fecha de ensayo:** | 12 de marzo del 2024 |
| **N° de hoja:** | 1 |
| **Número de muestra:** | |
| **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Saylla |
| **Descripción del ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

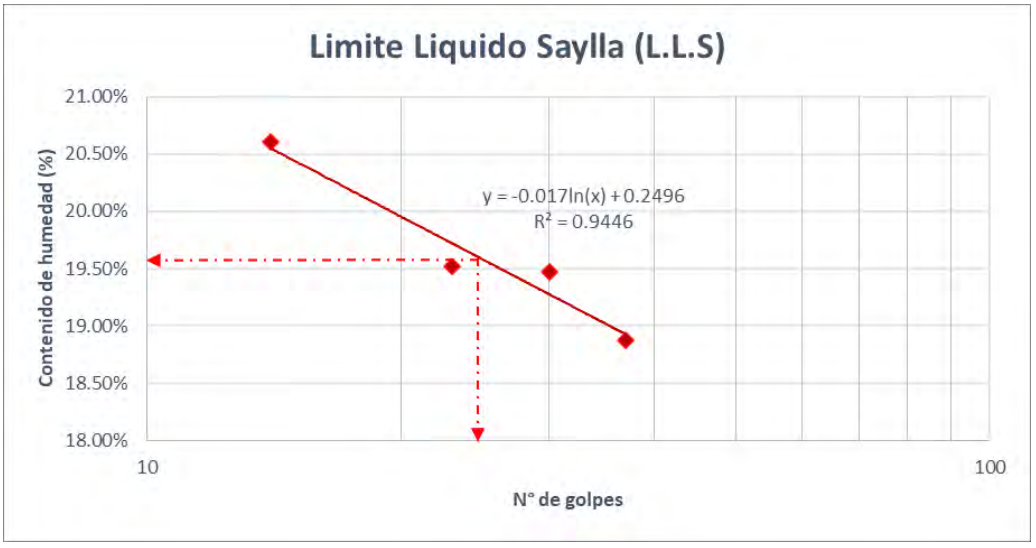
**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo Límites de Atterberg: Limite Liquido y Limite Plastico**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 3 | | | **% Tierra de Diatomeas** | 0 | |
| LIMITE LIQUIDO - ASTM D 4318 | | | | LIMITE PLASTICO - ASTM D 4318 | | |
| Muestra N° 1 | | | | Muestra N° 1 | | |
| Nombre de Capsula | CSL -10 | CSL -14 | CSL -44 | CSL-54 | CSL -28 | CSL - 11 |
| Peso Capsula (gr) | 58.64 | 54.40 | 56.78 | 61.04 | 21.65 | 21.25 |
| Peso Capsula + MH (gr) | 66.89 | 61.21 | 64.19 | 68.18 | 24.02 | 23.40 |
| Peso Capsula + MS (gr) | 65.58 | 60.10 | 62.98 | 66.96 | 23.74 | 23.15 |
| Numero de Golpes | 37 | 30 | 23 | 14 | Peso MS | 2.09 | 1.9 |
| Peso MS | 6.94 | 5.7 | 6.2 | 5.92 | Peso Agua | 0.28 | 0.25 |
| Peso Agua | 1.31 | 1.11 | 1.21 | 1.22 | Contenido de Humedad | 13.40% | 13.16% |
| Contenido de Humedad | 18.88% | 19.47% | 19.52% | 20.61% | LIMITE LIQUIDO | 19.42% | LIMITE PLASTICO | 13.28% |
| INDICE DE PLASTICIDAD | 6.14% | | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia

**Gráfica 9**

*Límite Líquido de la cantera de Saylla con adición de 3% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

## Tabla 14

*Datos del ensayo Límites de Atterberg de la cantera de Saylla con adición de 0% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas*

**LIMITES DE ATTERBERG**

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO - INDICE DE PLASTICIDAD

MTC E 110 y MTC E 111 ;NTP 339.129; ASTM D 4318

| | |
|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco |
| **Cantera:** | Saylla |
| **Provincia:** | Cusco |
| **Region:** | Cusco |
| **Fecha de ensayo:** | 12 de marzo del 2024 |
| **N° de hoja:** | 1 |
| **Número de muestra:** | |
| **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Saylla |
| **Descripción del ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo Límites de Atterberg: Limite Liquido y Limite Plastico**

| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 1 |
|---|---|---|---|

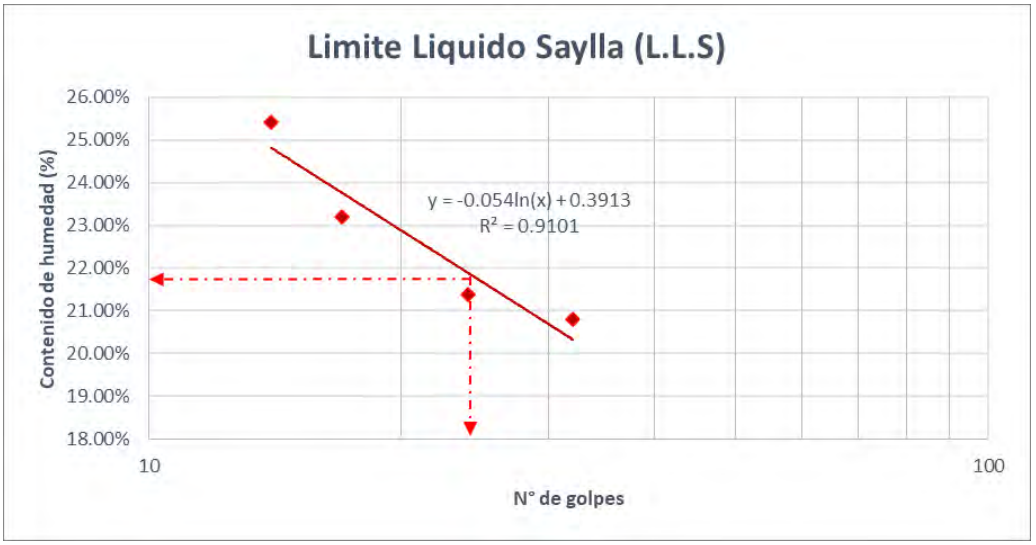
| LIMITE LIQUIDO - ASTM D 4318 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Muestra N° 1 | | | | |
| Nombre de Capsula | CSL -15 | CSL -E | CSL -44 | CPP -05 |
| Peso Capsula (gr) | 57.98 | 57.59 | 63.11 | 63.06 |
| Peso Capsula + MH (gr) | 64.02 | 62.90 | 72.48 | 67.50 |
| Peso Capsula + MS (gr) | 62.98 | 61.90 | 70.83 | 66.60 |
| Numero de Golpes | 32 | 17 | 24 | 14 |
| Peso MS | 5.00 | 4.31 | 7.72 | 3.54 |
| Peso Agua | 1.04 | 1 | 1.65 | 0.90 |
| Contenido de Humedad | 20.80% | 23.20% | 21.37% | 25.42% |
| INDICE DE PLASTICIDAD | 10.08% | | | |

| LIMITE PLASTICO - ASTM D 4318 | | |
|---|---|---|
| Muestra N° 1 | | |
| Nombre de Capsula | CPP -11 | CPP - I |
| Peso Capsula (gr) | 21.20 | 21.70 |
| Peso Capsula + MH (gr) | 25.93 | 26.81 |
| Peso Capsula + MS (gr) | 25.46 | 26.19 |
| Peso MS | 4.26 | 4.49 |
| Peso Agua | 0.47 | 0.62 |
| Contenido de Humedad | 11.03% | 13.81% |
| LIMITE LIQUIDO 22.50% | LIMITE PLASTICO | 12.42% |

Fuente: Elaboración propia

## Gráfica 10

*Límite Líquido de la cantera de Saylla con adición de 0% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

**Tabla 15**

*Datos del ensayo Límites de Atterberg de la cantera de Saylla con adición de 1% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas*

**LIMITES DE ATTERBERG**

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO - INDICE DE PLASTICIDAD

MTC E 110 y MTC E 111 ;NTP 339.129; ASTM D 4318

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 15 de marzo del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Saylla |
| **Region:** | Cusco | **Descripción del ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

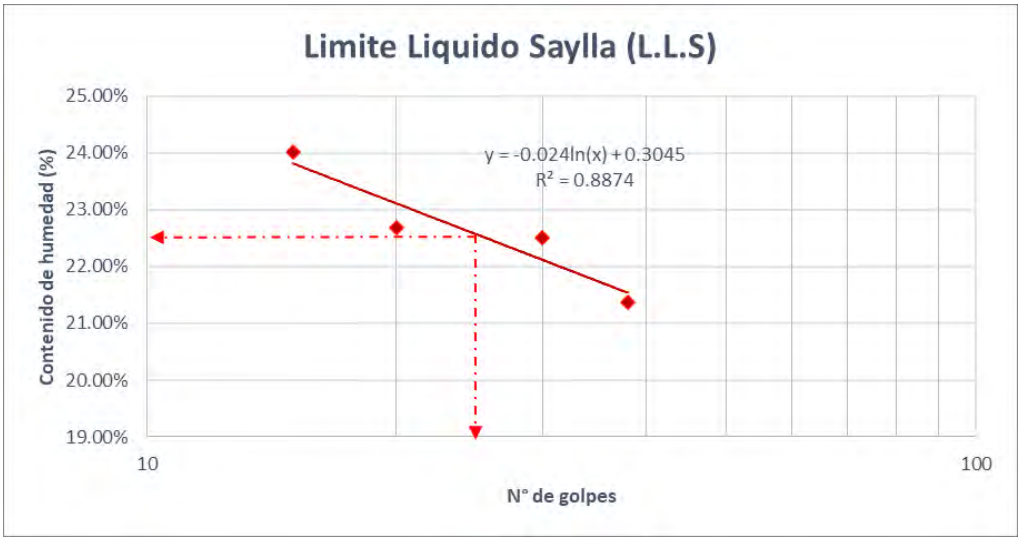
**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo Límites de Atterberg: Limite Liquido y Limite Plastico**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 1 | | | **% Tierra de Diatomeas** | 1 | |
| LIMITE LIQUIDO - ASTM D 4318 | | | | LIMITE PLASTICO - ASTM D 4318 | | |
| Muestra N° 1 | | | | Muestra N° 1 | | |
| Nombre de Capsula | CSL -54 | CSL -10 | CSL -63 | CSL-44 | Nombre de Capsula | CPP -28 | CPP - 47 |
| Peso Capsula (gr) | 61.03 | 58.67 | 56.72 | 56.83 | Peso Capsula (gr) | 22.39 | 21.54 |
| Peso Capsula + MH (gr) | 69.66 | 65.80 | 64.29 | 63.39 | Peso Capsula + MH (gr) | 28.03 | 27.33 |
| Peso Capsula + MS (gr) | 68.14 | 64.49 | 62.89 | 62.12 | Peso Capsula + MS (gr) | 27.41 | 26.60 |
| Numero de Golpes | 38 | 30 | 20 | 15 | Peso MS | 5.02 | 5.06 |
| Peso MS | 7.11 | 5.82 | 6.17 | 5.29 | Peso Agua | 0.62 | 0.73 |
| Peso Agua | 1.52 | 1.31 | 1.4 | 1.27 | Contenido de Humedad | 12.35% | 14.43% |
| Contenido de Humedad | 21.38% | 22.51% | 22.69% | 24.01% | LIMITE LIQUIDO | 22.65% | LIMITE PLASTICO | 13.39% |
| INDICE DE PLASTICIDAD | 9.27% | | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia

**Gráfica 11**

*Límite Líquido de la cantera de Saylla con adición de 1% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

## Tabla 16

*Datos del ensayo Límites de Atterberg de la cantera de Saylla con adición de 2% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas*

**LIMITES DE ATTERBERG**

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO - INDICE DE PLASTICIDAD

MTC E 110 y MTC E 111 ;NTP 339.129; ASTM D 4318

| | |
|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco |
| **Cantera:** | Saylla |
| **Provincia:** | Cusco |
| **Region:** | Cusco |
| **Fecha de ensayo:** | 15 de marzo del 2024 |
| **N° de hoja:** | 1 |
| **Número de muestra:** | |
| **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Saylla |
| **Descripción del ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo Límites de Atterberg: Limite Liquido y Limite Plastico**

| **% Aceite Residual Degradado** | 2 | **% Tierra de Diatomeas** | 1 |
|---|---|---|---|

LIMITE LIQUIDO - ASTM D 4318

Muestra N° 1

| Nombre de Capsula | CSL -AM6 | CSL -05 | CSL -C-12 | CSL-C-13 |
|---|---|---|---|---|
| Peso Capsula (gr) | 59.18 | 57.34 | 52.73 | 56.25 |
| Peso Capsula + MH (gr) | 66.11 | 63.64 | 58.85 | 61.84 |
| Peso Capsula + MS (gr) | 64.90 | 62.52 | 57.75 | 60.81 |
| Numero de Golpes | 39 | 29 | 25 | 20 |
| Peso MS | 5.72 | 5.18 | 5.02 | 4.56 |
| Peso Agua | 1.21 | 1.12 | 1.1 | 1.03 |
| Contenido de Humedad | 21.15% | 21.62% | 21.91% | 22.59% |

| INDICE DE PLASTICIDAD | 6.70% |
|---|---|

LIMITE PLASTICO - ASTM D 4318

Muestra N° 1

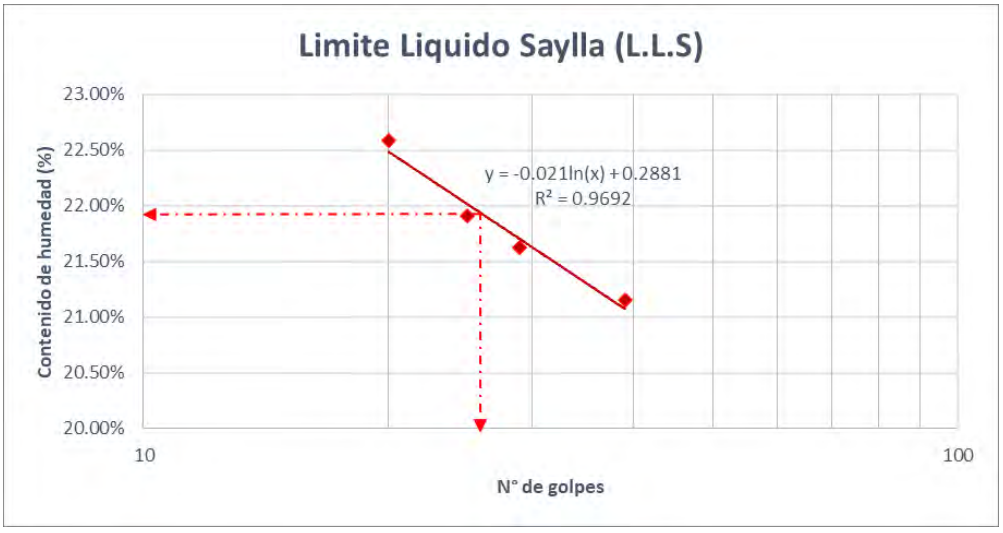
| Nombre de Capsula | CPP -28 | CPP - 47 |
|---|---|---|
| Peso Capsula (gr) | 21.69 | 22.29 |
| Peso Capsula + MH (gr) | 27.40 | 28.24 |
| Peso Capsula + MS (gr) | 26.68 | 27.43 |
| Peso MS | 4.99 | 5.14 |
| Peso Agua | 0.72 | 0.81 |
| Contenido de Humedad | 14.43% | 15.76% |

| LIMITE LIQUIDO | 21.79% | LIMITE PLASTICO | 15.09% |
|---|---|---|---|

Fuente: Elaboración propia

## Gráfica 12

*Límite Líquido de la cantera de Saylla con adición de 2% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

**Tabla 17**

*Datos del ensayo Límites de Atterberg de la cantera de Saylla con adición de 3% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas*

**LIMITES DE ATTERBERG**

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO - INDICE DE PLASTICIDAD

MTC E 110 y MTC E 111 ;NTP 339.129; ASTM D 4318

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 19 de marzo del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Saylla |
| **Region:** | Cusco | **Descripción del ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo Límites de Atterberg: Limite Liquido y Limite Plastico**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 3 | **% Tierra de Diatomeas** | 1 |

LIMITE LIQUIDO - ASTM D 4318

Muestra N° 1

| Nombre de Capsula | CSL -M1 | CSL -M3 | CSL -M-4 | CPP -28 |
|---|---|---|---|---|
| Peso Capsula (gr) | 58.47 | 58.88 | 65.17 | 58.63 |
| Peso Capsula + MH (gr) | 66.34 | 66.26 | 72.83 | 66.04 |
| Peso Capsula + MS (gr) | 65.05 | 65.04 | 71.53 | 64.74 |
| Numero de Golpes | 35 | 30 | 23 | 16 |
| Peso MS | 6.58 | 6.16 | 6.36 | 6.11 |
| Peso Agua | 1.29 | 1.22 | 1.3 | 1.30 |
| Contenido de Humedad | 19.60% | 19.81% | 20.44% | 21.28% |

| | |
|---|---|
| INDICE DE PLASTICIDAD | 3.78% |

LIMITE PLASTICO - ASTM D 4318

Muestra N° 1

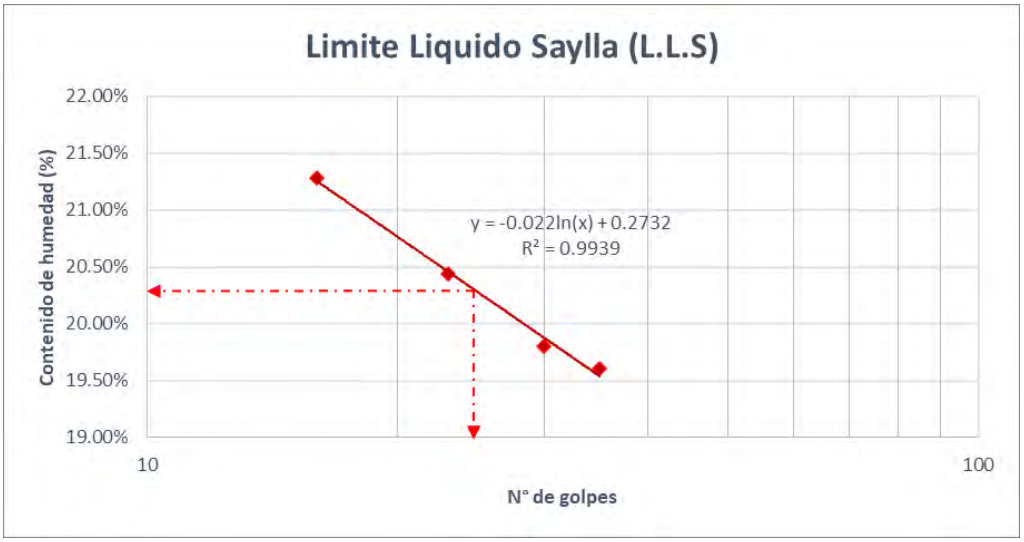
| Nombre de Capsula | CPP -T | CPP - A2L |
|---|---|---|
| Peso Capsula (gr) | 21.58 | 21.61 |
| Peso Capsula + MH (gr) | 27.39 | 28.02 |
| Peso Capsula + MS (gr) | 26.58 | 27.11 |
| Peso MS | 5.00 | 5.5 |
| Peso Agua | 0.81 | 0.91 |
| Contenido de Humedad | 16.20% | 16.55% |

| | | | |
|---|---|---|---|
| LIMITE LIQUIDO | 20.15% | LIMITE PLASTICO | 16.37% |

Fuente: Elaboración propia

**Gráfica 13**

*Límite Líquido de la cantera de Saylla con adición de 2% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

## Tabla 18

*Datos del ensayo Límites de Atterberg de la cantera de Saylla con adición de 0% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas*

**LIMITES DE ATTERBERG**

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO - INDICE DE PLASTICIDAD

MTC E 110 y MTC E 111 ;NTP 339.129; ASTM D 4318

| | |
|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 19 de marzo del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Saylla |
| **Region:** | Cusco | **Descripción del ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo Límites de Atterberg: Limite Liquido y Limite Plastico**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 2 |

LIMITE LIQUIDO - ASTM D 4318

Muestra N° 1

| Nombre de Capsula | CSL -57 | CSL -06 | CSL -13 | CSL-7 |
|---|---|---|---|---|
| Peso Capsula (gr) | 57.72 | 58.99 | 57.44 | 59.56 |
| Peso Capsula + MH (gr) | 63.03 | 64.65 | 63.54 | 64.39 |
| Peso Capsula + MS (gr) | 62.05 | 63.60 | 62.40 | 63.47 |
| Numero de Golpes | 33 | 26 | 20 | 14 |
| Peso MS | 4.33 | 4.61 | 4.955 | 3.91 |
| Peso Agua | 0.98 | 1.05 | 1.145 | 0.92 |
| Contenido de Humedad | 22.63% | 22.78% | 23.11% | 23.53% |

| | |
|---|---|
| INDICE DE PLASTICIDAD | 8.96% |

LIMITE PLASTICO - ASTM D 4318

Muestra N° 1

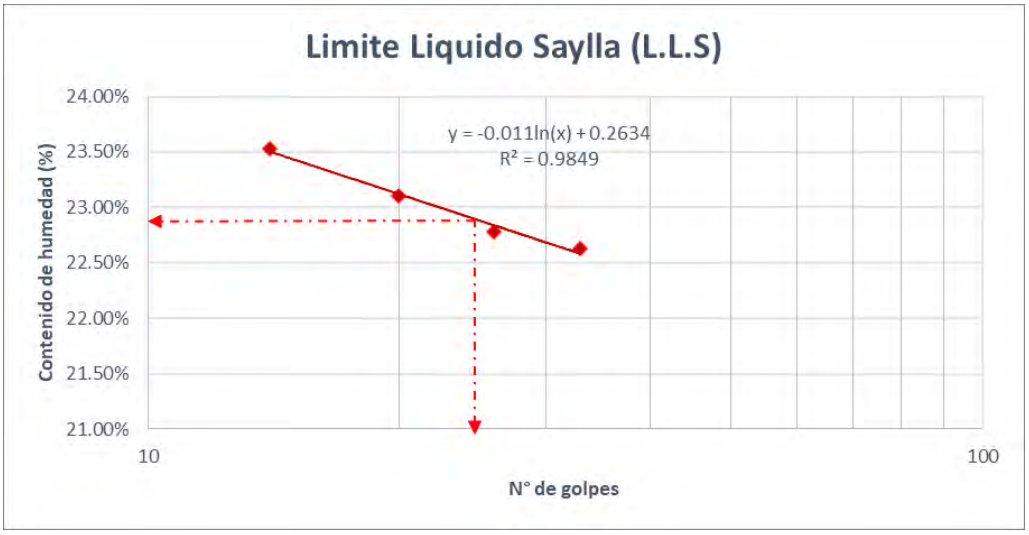
| Nombre de Capsula | CPP -38 | CSL - II |
|---|---|---|
| Peso Capsula (gr) | 22.13 | 21.86 |
| Peso Capsula + MH (gr) | 26.41 | 27.15 |
| Peso Capsula + MS (gr) | 25.89 | 26.50 |
| Peso MS | 3.76 | 4.64 |
| Peso Agua | 0.52 | 0.65 |
| Contenido de Humedad | 13.83% | 14.01% |

| | | | |
|---|---|---|---|
| LIMITE LIQUIDO | 22.88% | LIMITE PLASTICO | 13.92% |

Fuente: Elaboración propia

## Gráfica 14

*Límite Líquido de la cantera de Saylla con adición de 0% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

## Tabla 19

*Datos del ensayo Límites de Atterberg de la cantera de Saylla con adición de 1% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas*

**LIMITES DE ATTERBERG**

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO - INDICE DE PLASTICIDAD

MTC E 110 y MTC E 111 ;NTP 339.129; ASTM D 4318

| | |
|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco |
| **Cantera:** | Saylla |
| **Provincia:** | Cusco |
| **Region:** | Cusco |
| **Fecha de ensayo:** | 21 de marzo del 2024 |
| **N° de hoja:** | 1 |
| **Número de muestra:** | |
| **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Saylla |
| **Descripción del ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo Límites de Atterberg: Limite Liquido y Limite Plastico**

| **% Aceite Residual Degradado** | 1 | **% Tierra de Diatomeas** | 2 |
|---|---|---|---|

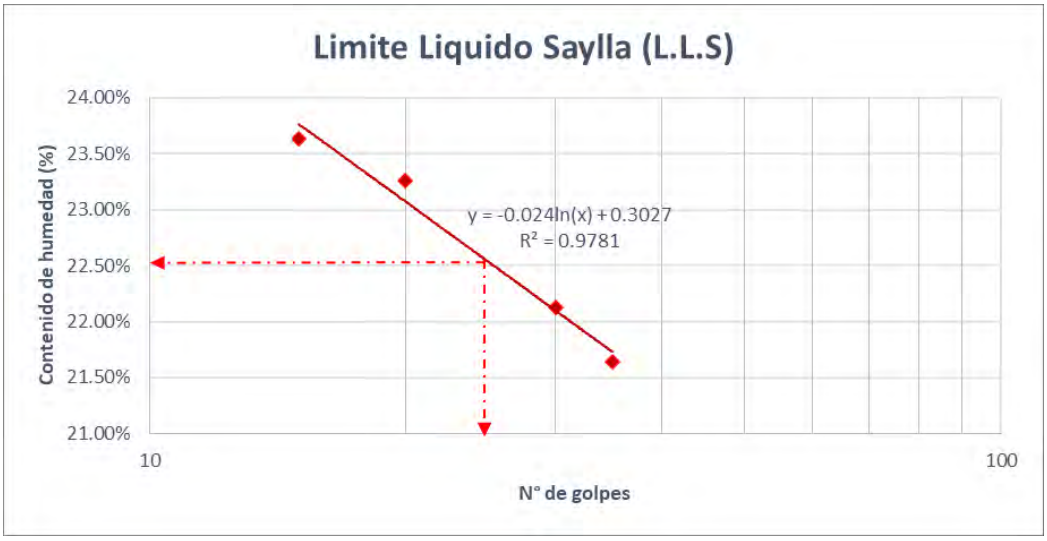
| LIMITE LIQUIDO - ASTM D 4318 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Muestra N° 1 | | | | |
| Nombre de Capsula | CSL -AM | CSL -05 | CSL -C12 | CSL-C13 |
| Peso Capsula (gr) | 59.12 | 57.27 | 52.69 | 56.19 |
| Peso Capsula + MH (gr) | 66.82 | 64.17 | 59.58 | 63.67 |
| Peso Capsula + MS (gr) | 65.45 | 62.92 | 58.28 | 62.24 |
| Numero de Golpes | 35 | 30 | 20 | 15 |
| Peso MS | 6.33 | 5.65 | 5.59 | 6.05 |
| Peso Agua | 1.37 | 1.25 | 1.3 | 1.43 |
| Contenido de Humedad | 21.64% | 22.12% | 23.26% | 23.64% |
| INDICE DE PLASTICIDAD | 8.63% | | | |

| LIMITE PLASTICO - ASTM D 4318 | | |
|---|---|---|
| Muestra N° 1 | | |
| Nombre de Capsula | CPP -T | CSL - A2L |
| Peso Capsula (gr) | 21.53 | 21.56 |
| Peso Capsula + MH (gr) | 27.01 | 27.32 |
| Peso Capsula + MS (gr) | 26.30 | 26.66 |
| Peso MS | 4.77 | 5.1 |
| Peso Agua | 0.71 | 0.66 |
| Contenido de Humedad | 14.88% | 12.94% |
| LIMITE LIQUIDO 22.54% | | LIMITE PLASTICO 13.91% |

Fuente: Elaboración propia

## Gráfica 15

*Límite Líquido de la cantera de Saylla con adición de 1% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

**Tabla 20**

*Datos del ensayo Límites de Atterberg de la cantera de Saylla con adición de 2% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas*

**LIMITES DE ATTERBERG**

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO - INDICE DE PLASTICIDAD

MTC E 110 y MTC E 111 ;NTP 339.129; ASTM D 4318

| | |
|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 21 de marzo del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Saylla |
| **Region:** | Cusco | **Descripción del ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo Límites de Atterberg: Limite Liquido y Limite Plastico**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 2 | **% Tierra de Diatomeas** | 2 |

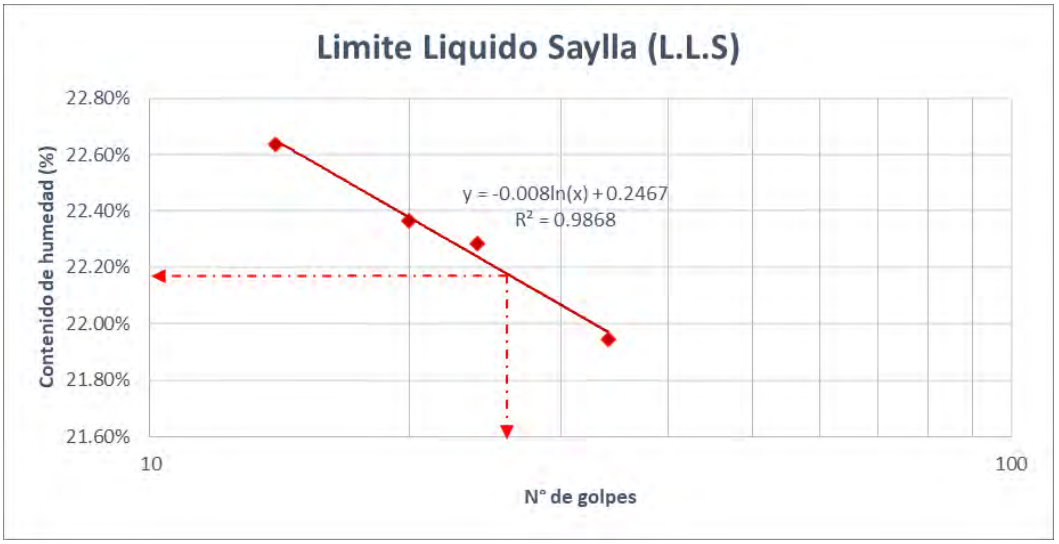
| LIMITE LIQUIDO - ASTM D 4318 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Muestra N° 1 | | | | |
| Nombre de Capsula | CSL -B2 | CSL -35 | CSL -12 | CSL-35T |
| Peso Capsula (gr) | 58.09 | 58.84 | 62.09 | 57.38 |
| Peso Capsula + MH (gr) | 63.98 | 65.26 | 68.71 | 62.96 |
| Peso Capsula + MS (gr) | 62.92 | 64.09 | 67.50 | 61.93 |
| Numero de Golpes | 34 | 24 | 20 | 14 |
| Peso MS | 4.83 | 5.25 | 5.41 | 4.55 |
| Peso Agua | 1.06 | 1.17 | 1.21 | 1.03 |
| Contenido de Humedad | 21.95% | 22.29% | 22.37% | 22.64% |
| INDICE DE PLASTICIDAD | 6.95% | | | |

| LIMITE PLASTICO - ASTM D 4318 | | |
|---|---|---|
| Muestra N° 1 | | |
| Nombre de Capsula | CSL -IP | CSL - 56 |
| Peso Capsula (gr) | 21.42 | 21.41 |
| Peso Capsula + MH (gr) | 27.03 | 26.93 |
| Peso Capsula + MS (gr) | 26.26 | 26.23 |
| Peso MS | 4.84 | 4.82 |
| Peso Agua | 0.77 | 0.7 |
| Contenido de Humedad | 15.91% | 14.52% |
| LIMITE LIQUIDO 22.16% | LIMITE PLASTICO | 15.22% |

Fuente: Elaboración propia

**Gráfica 16**

*Límite Líquido de la cantera de Saylla con adición de 2% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

**Tabla 21**

*Datos del ensayo Límites de Atterberg de la cantera de Saylla con adición de 3% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas*

**LIMITES DE ATTERBERG**

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO - INDICE DE PLASTICIDAD

MTC E 110 y MTC E 111 ;NTP 339.129; ASTM D 4318

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 21 de marzo del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Saylla |
| **Region:** | Cusco | **Descripción del ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo Límites de Atterberg: Limite Liquido y Limite Plastico**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 3 | | **% Tierra de Diatomeas** | 2 |

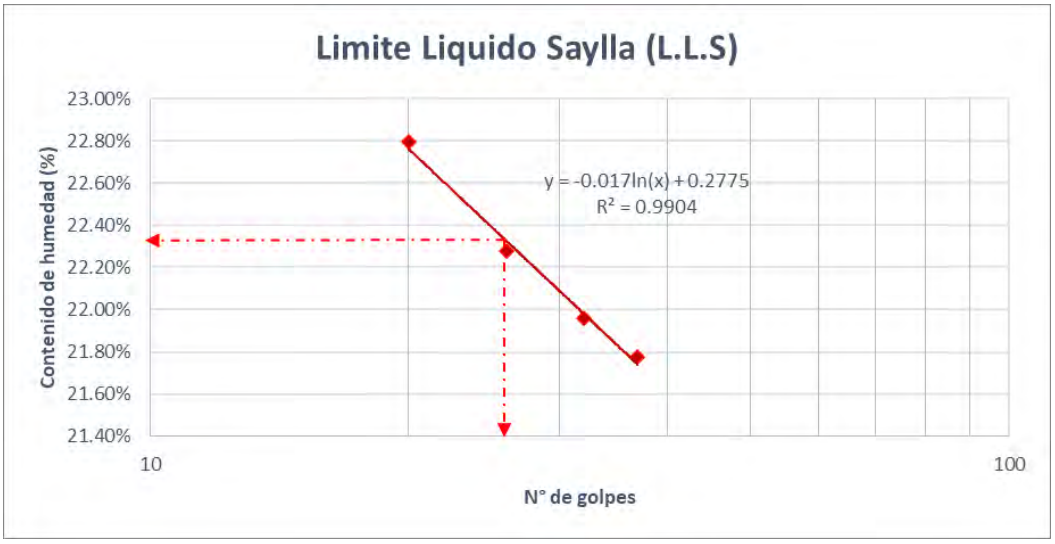
| LIMITE LIQUIDO - ASTM D 4318 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Muestra N° 1 | | | | |
| Nombre de Capsula | CSL -GE2 | C11-M2 | CSL -04 | C11-M1 |
| Peso Capsula (gr) | 56.54 | 58.13 | 57.77 | 58.80 |
| Peso Capsula + MH (gr) | 63.25 | 64.85 | 65.40 | 65.91 |
| Peso Capsula + MS (gr) | 62.05 | 63.64 | 64.01 | 64.59 |
| Numero de Golpes | 37 | 32 | 26 | 20 |
| Peso MS | 5.51 | 5.51 | 6.24 | 5.79 |
| Peso Agua | 1.2 | 1.21 | 1.39 | 1.32 |
| Contenido de Humedad | 21.78% | 21.96% | 22.28% | 22.80% |
| INDICE DE PLASTICIDAD | 6.39% | | | |

| LIMITE PLASTICO - ASTM D 4318 | | |
|---|---|---|
| Muestra N° 1 | | |
| Nombre de Capsula | CSL-CA12 | CSL - 31 |
| Peso Capsula (gr) | 21.71 | 21.53 |
| Peso Capsula + MH (gr) | 28.41 | 26.67 |
| Peso Capsula + MS (gr) | 27.47 | 26.00 |
| Peso MS | 5.76 | 4.47 |
| Peso Agua | 0.94 | 0.67 |
| Contenido de Humedad | 16.32% | 14.99% |
| LIMITE LIQUIDO 22.04% | LIMITE PLASTICO | 15.65% |

Fuente: Elaboración propia

**Gráfica 17**

*Límite Líquido de la cantera de Saylla con adición de 3% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

**Tabla 22**

*Datos del ensayo Límites de Atterberg de la cantera de Saylla con adición de 0% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas*

**LIMITES DE ATTERBERG**

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO - INDICE DE PLASTICIDAD

MTC E 110 y MTC E 111 ;NTP 339.129; ASTM D 4318

| | |
|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco |
| **Cantera:** | Saylla |
| **Provincia:** | Cusco |
| **Region:** | Cusco |
| **Fecha de ensayo:** | 25 de marzo del 2024 |
| **N° de hoja:** | 1 |
| **Número de muestra:** | |
| **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Saylla |
| **Descripción del ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo Límites de Atterberg: Limite Liquido y Limite Plastico**

| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 3 |
|---|---|---|---|

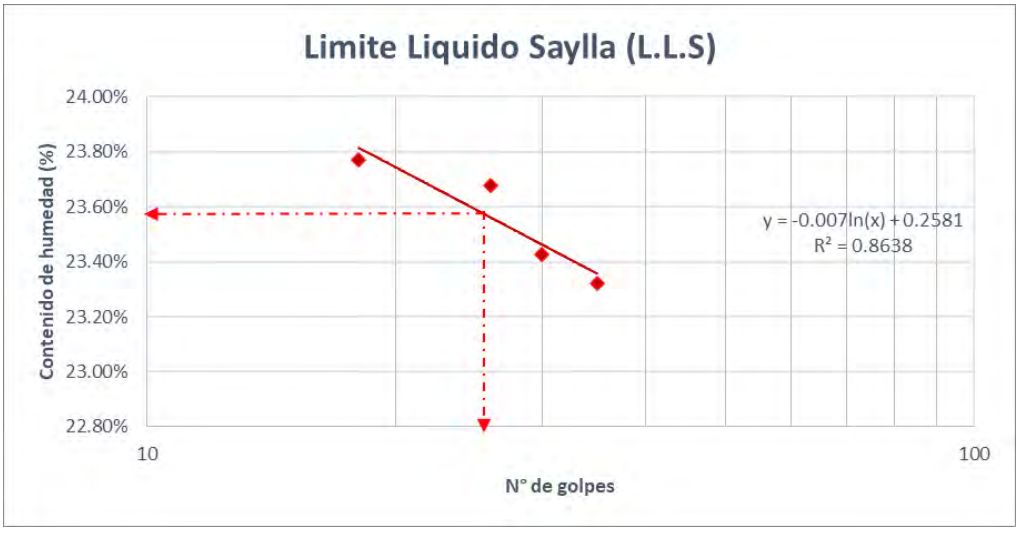
| LIMITE LIQUIDO - ASTM D 4318 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Muestra N° 1 | | | | |
| Nombre de Capsula | CSL -15 | CSL -30 | CSL -10 | CSL-44 |
| Peso Capsula (gr) | 64.37 | 59.32 | 58.55 | 56.73 |
| Peso Capsula + MH (gr) | 70.61 | 64.22 | 64.40 | 63.03 |
| Peso Capsula + MS (gr) | 69.43 | 63.29 | 63.28 | 61.82 |
| Numero de Golpes | 35 | 30 | 26 | 18 |
| Peso MS | 5.06 | 3.97 | 4.73 | 5.09 |
| Peso Agua | 1.18 | 0.93 | 1.12 | 1.21 |
| Contenido de Humedad | 23.32% | 23.43% | 23.68% | 23.77% |
| INDICE DE PLASTICIDAD | 8.34% | | | |

| LIMITE PLASTICO - ASTM D 4318 | | |
|---|---|---|
| Muestra N° 1 | | |
| Nombre de Capsula | CSL -M-6 | CSL - 11 |
| Peso Capsula (gr) | 21.42 | 21.23 |
| Peso Capsula + MH (gr) | 25.84 | 25.92 |
| Peso Capsula + MS (gr) | 25.27 | 25.29 |
| Peso MS | 3.85 | 4.06 |
| Peso Agua | 0.57 | 0.63 |
| Contenido de Humedad | 14.81% | 15.52% |
| LIMITE LIQUIDO 23.50% | LIMITE PLASTICO | 15.16% |

Fuente: Elaboración propia

**Gráfica 18**

*Límite Líquido de la cantera de Saylla con adición de 0% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

## Tabla 23

*Datos del ensayo Límites de Atterberg de la cantera de Saylla con adición de 1% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas*

**LIMITES DE ATTERBERG**

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO - INDICE DE PLASTICIDAD

MTC E 110 y MTC E 111 ;NTP 339.129; ASTM D 4318

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 25 de marzo del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Saylla |
| **Region:** | Cusco | **Descripción del ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo Límites de Atterberg: Limite Liquido y Limite Plastico**

| **% Aceite Residual Degradado** | 1 | **% Tierra de Diatomeas** | 3 |
|---|---|---|---|

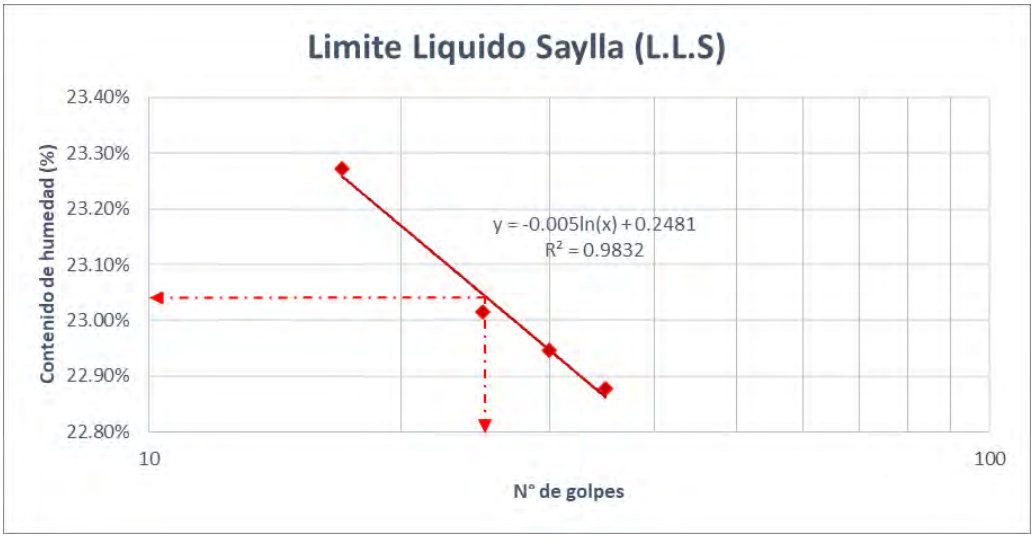
| LIMITE LIQUIDO - ASTM D 4318 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Muestra N° 1 | | | | |
| Nombre de Capsula | CSL -B2 | CSL -35 | CSL -12 | CSL-35T |
| Peso Capsula (gr) | 57.98 | 58.73 | 61.98 | 57.29 |
| Peso Capsula + MH (gr) | 64.64 | 63.82 | 69.57 | 64.07 |
| Peso Capsula + MS (gr) | 63.40 | 62.87 | 68.15 | 62.79 |
| Numero de Golpes | 35 | 30 | 25 | 17 |
| Peso MS | 5.42 | 4.14 | 6.17 | 5.50 |
| Peso Agua | 1.24 | 0.95 | 1.42 | 1.28 |
| Contenido de Humedad | 22.88% | 22.95% | 23.01% | 23.27% |
| INDICE DE PLASTICIDAD | 7.60% | | | |

| LIMITE PLASTICO - ASTM D 4318 | | |
|---|---|---|
| Muestra N° 1 | | |
| Nombre de Capsula | CSL -C13 | CSL - 1P |
| Peso Capsula (gr) | 21.39 | 21.40 |
| Peso Capsula + MH (gr) | 25.50 | 25.16 |
| Peso Capsula + MS (gr) | 24.95 | 24.65 |
| Peso MS | 3.56 | 3.25 |
| Peso Agua | 0.55 | 0.51 |
| Contenido de Humedad | 15.45% | 15.69% |
| LIMITE LIQUIDO | 23.17% | LIMITE PLASTICO 15.57% |

Fuente: Elaboración propia

## Gráfica 19

*Límite Líquido de la cantera de Saylla con adición de 1% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

**Tabla 24**

*Datos del ensayo Límites de Atterberg de la cantera de Saylla con adición de 2% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas*

**LIMITES DE ATTERBERG**

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO - INDICE DE PLASTICIDAD

MTC E 110 y MTC E 111 ;NTP 339.129; ASTM D 4318

| | |
|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 25 de marzo del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Saylla |
| **Region:** | Cusco | **Descripción del ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

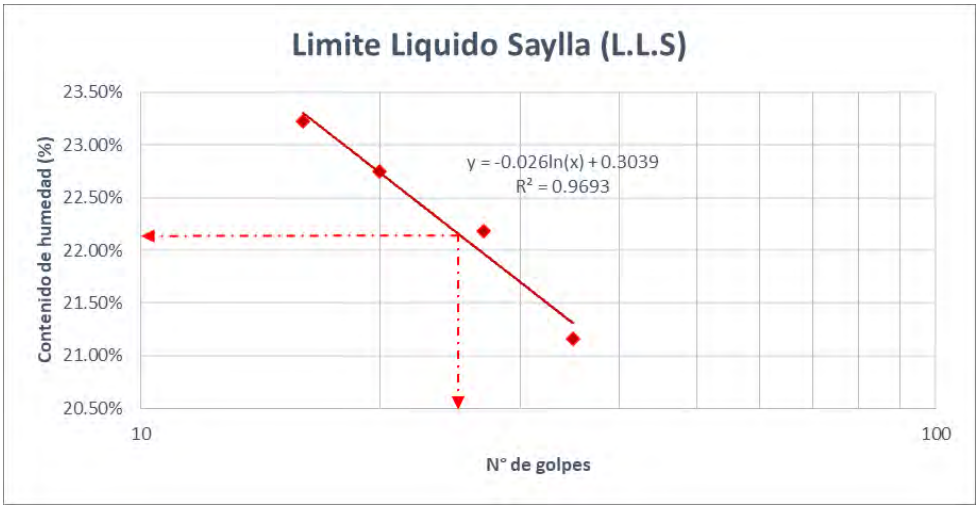
**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo Límites de Atterberg: Limite Liquido y Limite Plastico**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 2 | | | **% Tierra de Diatomeas** | 3 | |
| LIMITE LIQUIDO - ASTM D 4318 | | | | LIMITE PLASTICO - ASTM D 4318 | | |
| Muestra N° 1 | | | | Muestra N° 1 | | |
| Nombre de Capsula | CSL -M1 | CSL -M3 | CSL -M-4 | CSL-28 | Nombre de Capsula | CSL -A2L | CSL - T |
| Peso Capsula (gr) | 58.38 | 58.78 | 65.06 | 58.58 | Peso Capsula (gr) | 21.60 | 21.55 |
| Peso Capsula + MH (gr) | 64.22 | 65.50 | 71.48 | 64.31 | Peso Capsula + MH (gr) | 25.78 | 26.13 |
| Peso Capsula + MS (gr) | 63.20 | 64.28 | 70.29 | 63.23 | Peso Capsula + MS (gr) | 25.16 | 25.42 |
| Numero de Golpes | 35 | 27 | 20 | 16 | Peso MS | 3.56 | 3.87 |
| Peso MS | 4.82 | 5.5 | 5.23 | 4.65 | Peso Agua | 0.62 | 0.71 |
| Peso Agua | 1.02 | 1.22 | 1.19 | 1.08 | Contenido de Humedad | 17.42% | 18.35% |
| Contenido de Humedad | 21.16% | 22.18% | 22.75% | 23.23% | LIMITE LIQUIDO | 22.07% | LIMITE PLASTICO 17.88% |
| INDICE DE PLASTICIDAD | 4.19% | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia

**Gráfica 20**

*Límite Líquido de la cantera de Saylla con adición de 2% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

## Tabla 25

*Datos del ensayo Límites de Atterberg de la cantera de Saylla con adición de 3% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas*

**LIMITES DE ATTERBERG**

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO - INDICE DE PLASTICIDAD

MTC E 110 y MTC E 111 ;NTP 339.129; ASTM D 4318

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 01 de abril del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Saylla |
| **Region:** | Cusco | **Descripción del ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo Límites de Atterberg: Limite Liquido y Limite Plastico**

| **% Aceite Residual Degradado** | 3 | **% Tierra de Diatomeas** | 3 |
|---|---|---|---|

| LIMITE LIQUIDO - ASTM D 4318 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Muestra N° 1 | | | | |
| Nombre de Capsula | CSL -AM6 | CSL -05 | CSL -C12 | CSL-C13 |
| Peso Capsula (gr) | 59.09 | 57.25 | 52.64 | 56.14 |
| Peso Capsula + MH (gr) | 65.35 | 64.02 | 58.56 | 62.80 |
| Peso Capsula + MS (gr) | 64.29 | 62.86 | 57.52 | 61.58 |
| Numero de Golpes | 38 | 29 | 25 | 18 |
| Peso MS | 5.20 | 5.61 | 4.88 | 5.44 |
| Peso Agua | 1.06 | 1.16 | 1.04 | 1.22 |
| Contenido de Humedad | 20.38% | 20.68% | 21.31% | 22.43% |

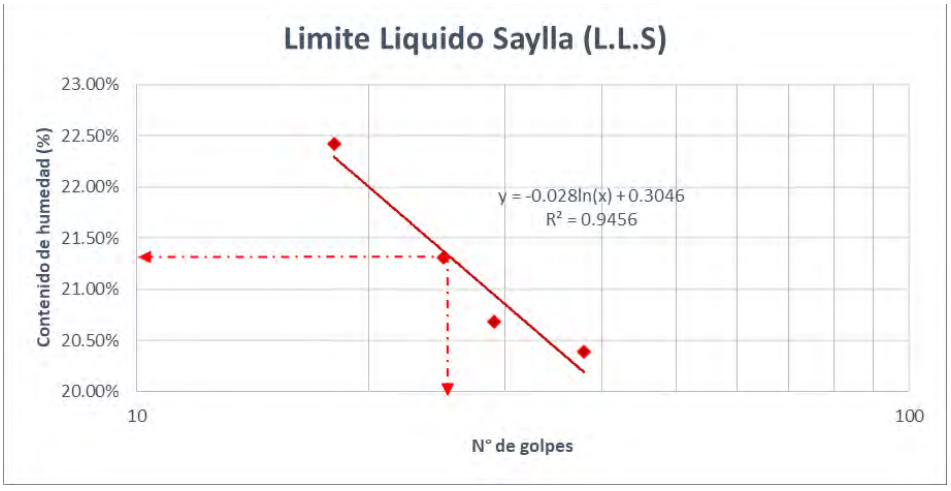
| LIMITE PLASTICO - ASTM D 4318 | | |
|---|---|---|
| Muestra N° 1 | | |
| Nombre de Capsula | CSL -28 | CSL - 47 |
| Peso Capsula (gr) | 21.66 | 22.27 |
| Peso Capsula + MH (gr) | 27.20 | 27.94 |
| Peso Capsula + MS (gr) | 26.46 | 27.14 |
| Peso MS | 4.80 | 4.87 |
| Peso Agua | 0.74 | 0.8 |
| Contenido de Humedad | 15.42% | 16.43% |

| | | | |
|---|---|---|---|
| LIMITE LIQUIDO | 21.18% | LIMITE PLASTICO | 15.92% |
| INDICE DE PLASTICIDAD | 5.26% | | |

Fuente: Elaboración propia

## Gráfica 21

*Límite Líquido de la cantera de Saylla con adición de 3% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

## Tabla 26

*Datos del ensayo Límites de Atterberg de la cantera de Patapata sin adición de ARD y Tierra de Diatomeas*

**LIMITES DE ATTERBERG**

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO - INDICE DE PLASTICIDAD
MTC E 110 y MTC E 111 ;NTP 339.129; ASTM D 4318

| | |
|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco |
| **Cantera:** | Pata Pata |
| **Provincia:** | Cusco |
| **Region:** | Cusco |
| **Fecha de ensayo:** | 01 de abril del 2024 |
| **N° de hoja:** | 1 |
| **Número de muestra:** | |
| **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Pata Pata |
| **Descripción del ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo Límites de Atterberg: Limite Liquido y Limite Plastico**

| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |
|---|---|---|---|

LIMITE LIQUIDO - ASTM D 4318

Muestra N° 1

| Nombre de Capsula | CPP -15 | CPT -E | CPT -XA | CPT-44 |
|---|---|---|---|---|
| Peso Capsula (gr) | 64.37 | 57.65 | 58.61 | 56.77 |
| Peso Capsula + MH (gr) | 69.15 | 62.23 | 63.05 | 60.77 |
| Peso Capsula + MS (gr) | 68.32 | 61.41 | 62.23 | 60.01 |
| Numero de Golpes | 34 | 28 | 22 | 18 |
| Peso MS | 3.95 | 3.76 | 3.62 | 3.24 |
| Peso Agua | 0.83 | 0.82 | 0.82 | 0.76 |
| Contenido de Humedad | 21.01% | 21.81% | 22.65% | 23.46% |

| INDICE DE PLASTICIDAD | 8.23% |
|---|---|

LIMITE PLASTICO - ASTM D 4318

Muestra N° 1

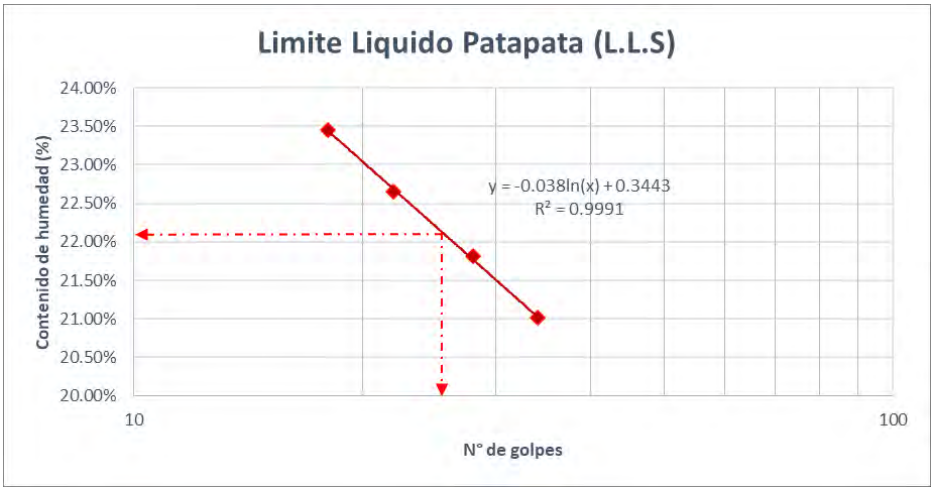
| Nombre de Capsula | CPP -11 | CPP -I |
|---|---|---|
| Peso Capsula (gr) | 21.18 | 21.68 |
| Peso Capsula + MH (gr) | 27.69 | 28.53 |
| Peso Capsula + MS (gr) | 26.90 | 27.69 |
| Peso MS | 5.72 | 6.01 |
| Peso Agua | 0.79 | 0.84 |
| Contenido de Humedad | 13.81% | 13.98% |

| LIMITE LIQUIDO | 22.12% | LIMITE PLASTICO | 13.89% |
|---|---|---|---|

Fuente: Elaboración propia

## Gráfica 22

*Límite Líquido de la cantera de Patapata sin adición de ARD y Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

**Tabla 27**

*Datos del ensayo Límites de Atterberg de la cantera de Patapata con adición de 1% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas*

**LIMITES DE ATTERBERG**

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO - INDICE DE PLASTICIDAD

MTC E 110 y MTC E 111 ;NTP 339.129; ASTM D 4318

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 03 de abril del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Pata Pata | **Número de muestra:** | |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Pata Pata |
| **Region:** | Cusco | **Descripción del ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo Límites de Atterberg: Limite Liquido y Limite Plastico**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 1 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

LIMITE LIQUIDO - ASTM D 4318

Muestra N° 1

| Nombre de Capsula | CPP-14 | CPP -3P | CPP-54 | CPP -05 |
|---|---|---|---|---|
| Peso Capsula (gr) | 54.30 | 58.55 | 60.94 | 57.24 |
| Peso Capsula + MH (gr) | 60.50 | 64.44 | 65.87 | 61.50 |
| Peso Capsula + MS (gr) | 59.52 | 63.39 | 64.95 | 60.67 |
| Numero de Golpes | 36 | 29 | 24 | 15 |
| Peso MS | 5.22 | 4.84 | 4.01 | 3.43 |
| Peso Agua | 0.98 | 1.05 | 0.92 | 0.83 |
| Contenido de Humedad | 18.77% | 21.69% | 22.94% | 24.20% |

| | |
|---|---|
| INDICE DE PLASTICIDAD | 6.73% |

LIMITE PLASTICO - ASTM D 4318

Muestra N° 1

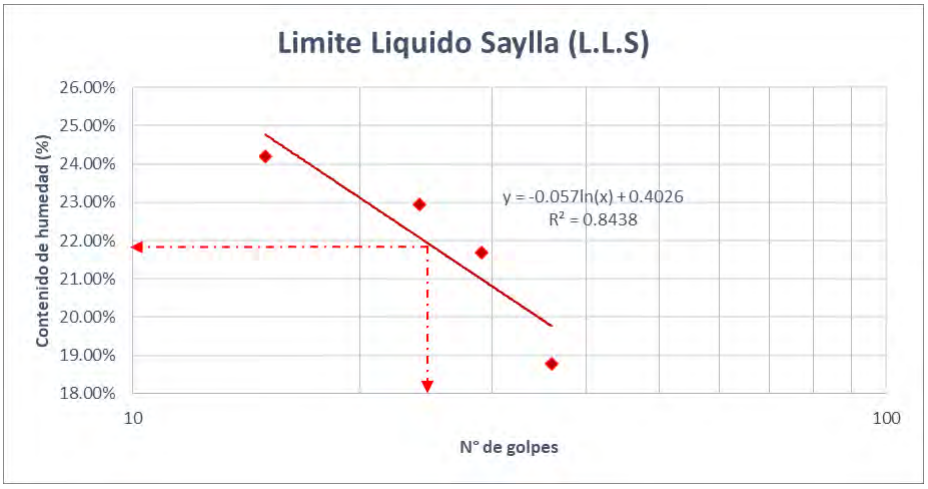
| Nombre de Capsula | CPP -28 | CPP -56 |
|---|---|---|
| Peso Capsula (gr) | 21.66 | 21.42 |
| Peso Capsula + MH (gr) | 25.27 | 26.92 |
| Peso Capsula + MS (gr) | 24.79 | 26.22 |
| Peso MS | 3.13 | 4.8 |
| Peso Agua | 0.48 | 0.7 |
| Contenido de Humedad | 15.34% | 14.58% |

| | | | |
|---|---|---|---|
| LIMITE LIQUIDO | 21.69% | LIMITE PLASTICO | 14.96% |

Fuente: Elaboración propia

**Gráfica 23**

*Límite Líquido de la cantera de Patapata con adición de 1% de ARD y 0% Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

**Tabla 28**

*Datos del ensayo Límites de Atterberg de la cantera de Patapata con adición de 2% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas*

**LIMITES DE ATTERBERG**

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO - INDICE DE PLASTICIDAD
MTC E 110 y MTC E 111 ;NTP 339.129; ASTM D 4318

| | |
|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco |
| **Cantera:** | Pata Pata |
| **Provincia:** | Cusco |
| **Region:** | Cusco |
| **Fecha de ensayo:** | 03 de abril del 2024 |
| **N° de hoja:** | 1 |
| **Número de muestra:** | |
| **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Pata Pata |
| **Descripción del ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo Límites de Atterberg: Limite Liquido y Limite Plastico**

| **% Aceite Residual Degradado** | 2 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |
|---|---|---|---|

LIMITE LIQUIDO - ASTM D 4318

Muestra N° 1

| Nombre de Capsula | CPP -10 | CSL -14 | CSL -44 | CSL-54 |
|---|---|---|---|---|
| Peso Capsula (gr) | 58.64 | 54.38 | 56.80 | 61.05 |
| Peso Capsula + MH (gr) | 65.68 | 61.38 | 64.65 | 67.96 |
| Peso Capsula + MS (gr) | 64.56 | 60.21 | 63.32 | 66.76 |
| Numero de Golpes | 33 | 26 | 21 | 14 |
| Peso MS | 5.92 | 5.83 | 6.52 | 5.71 |
| Peso Agua | 1.12 | 1.17 | 1.33 | 1.20 |
| Contenido de Humedad | 18.92% | 20.07% | 20.40% | 21.02% |

| INDICE DE PLASTICIDAD | 6.75% |
|---|---|

LIMITE PLASTICO - ASTM D 4318

Muestra N° 1

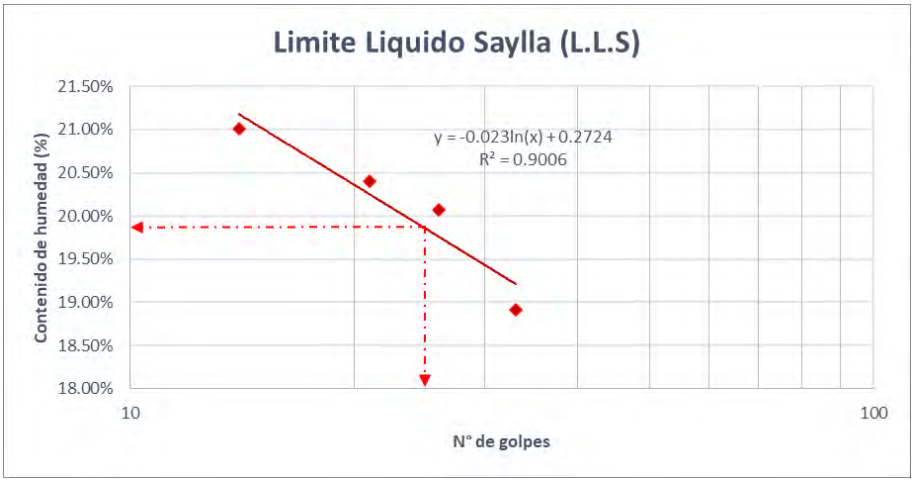
| Nombre de Capsula | CSL -28 | CSL - 11 |
|---|---|---|
| Peso Capsula (gr) | 21.63 | 21.28 |
| Peso Capsula + MH (gr) | 26.95 | 27.50 |
| Peso Capsula + MS (gr) | 26.34 | 26.76 |
| Peso MS | 4.71 | 5.48 |
| Peso Agua | 0.61 | 0.74 |
| Contenido de Humedad | 12.95% | 13.50% |

| LIMITE LIQUIDO | 19.98% | LIMITE PLASTICO | 13.23% |
|---|---|---|---|

Fuente: Elaboración propia

**Gráfica 24**

*Límite Líquido de la cantera de Patapata con adición de 2% de ARD y 0% Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

**Tabla 29**

*Datos del ensayo Límites de Atterberg de la cantera de Patapata con adición de 3% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas*

**LIMITES DE ATTERBERG**

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO - INDICE DE PLASTICIDAD

MTC E 110 y MTC E 111 ;NTP 339.129; ASTM D 4318

| | |
|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 03 de abril del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Pata Pata | **Número de muestra:** | |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Pata Pata |
| **Region:** | Cusco | **Descripción del ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo Límites de Atterberg: Limite Liquido y Limite Plastico**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 3 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

| LIMITE LIQUIDO - ASTM D 4318 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Muestra N° 1 | | | | |
| Nombre de Capsula | CPP-E | CPP -05 | CPP-13 | CPP -AF |
| Peso Capsula (gr) | 57.13 | 57.33 | 58.42 | 59.16 |
| Peso Capsula + MH (gr) | 64.53 | 63.26 | 65.17 | 66.95 |
| Peso Capsula + MS (gr) | 63.38 | 62.31 | 64.07 | 65.66 |
| Numero de Golpes | 33 | 28 | 20 | 17 |
| Peso MS | 6.25 | 4.98 | 5.65 | 6.50 |
| Peso Agua | 1.15 | 0.95 | 1.1 | 1.29 |
| Contenido de Humedad | 18.40% | 19.08% | 19.47% | 19.85% |

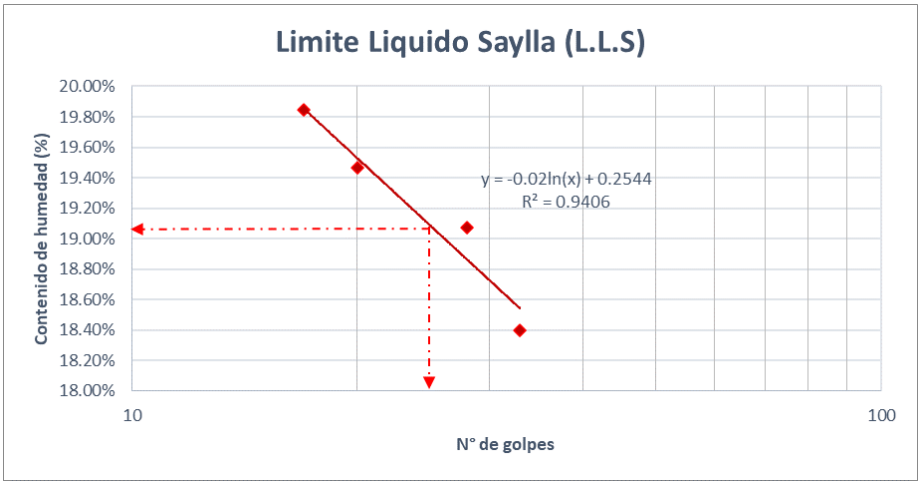
| LIMITE PLASTICO - ASTM D 4318 | | |
|---|---|---|
| Muestra N° 1 | | |
| Nombre de Capsula | CPP -56 | CPP -M-6 |
| Peso Capsula (gr) | 21.45 | 21.45 |
| Peso Capsula + MH (gr) | 25.56 | 25.37 |
| Peso Capsula + MS (gr) | 25.08 | 24.92 |
| Peso MS | 3.63 | 3.47 |
| Peso Agua | 0.48 | 0.45 |
| Contenido de Humedad | 13.22% | 12.97% |

| | | | |
|---|---|---|---|
| LIMITE LIQUIDO | 19.04% | LIMITE PLASTICO | 13.10% |
| INDICE DE PLASTICIDAD | 5.95% | | |

Fuente: Elaboración propia

**Gráfica 25**

*Límite Líquido de la cantera de Patapata con adición de 3% de ARD y 0% Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

**Tabla 30**

*Datos del ensayo Límites de Atterberg de la cantera de Patapata con adición de 3% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas*

**LIMITES DE ATTERBERG**

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO - INDICE DE PLASTICIDAD

MTC E 110 y MTC E 111 ;NTP 339.129; ASTM D 4318

| | |
|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco |
| **Cantera:** | Pata Pata |
| **Provincia:** | Cusco |
| **Region:** | Cusco |
| **Fecha de ensayo:** | 08 de abril del 2024 |
| **N° de hoja:** | 1 |
| **Número de muestra:** | |
| **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Pata Pata |
| **Descripción del ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo Límites de Atterberg: Limite Liquido y Limite Plastico**

| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 1 |
|---|---|---|---|

LIMITE LIQUIDO - ASTM D 4318

Muestra N° 1

| Nombre de Capsula | CPP-15 | CPP -10 | CSL -3OT | CPP -44 |
|---|---|---|---|---|
| Peso Capsula (gr) | 64.44 | 58.60 | 59.37 | 56.78 |
| Peso Capsula + MH (gr) | 69.16 | 64.39 | 63.37 | 60.66 |
| Peso Capsula + MS (gr) | 68.29 | 63.30 | 62.60 | 59.88 |
| Numero de Golpes | 36 | 30 | 23 | 15 |
| Peso MS | 3.85 | 4.7 | 3.23 | 3.10 |
| Peso Agua | 0.87 | 1.09 | 0.77 | 0.78 |
| Contenido de Humedad | 22.60% | 23.19% | 23.84% | 25.16% |

| INDICE DE PLASTICIDAD | 7.27% |
|---|---|

LIMITE PLASTICO - ASTM D 4318

Muestra N° 1

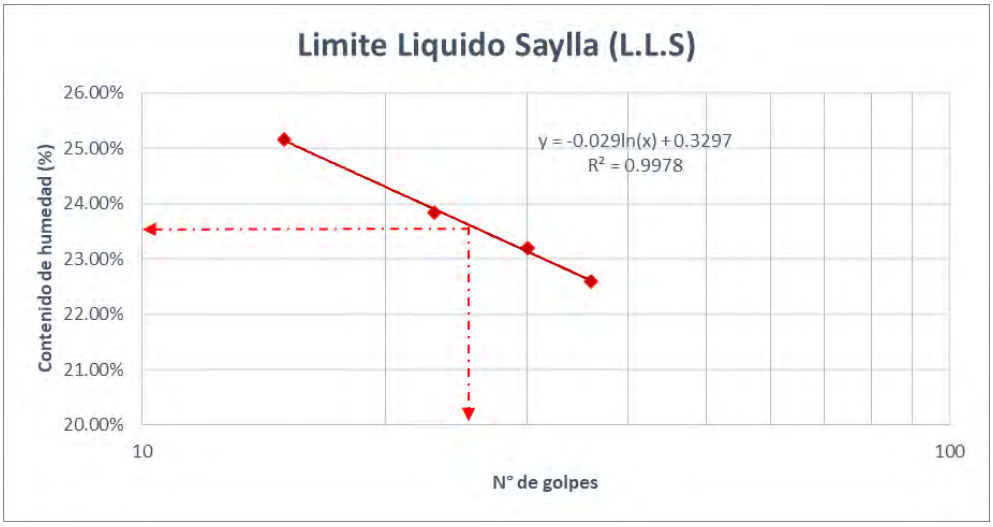
| Nombre de Capsula | CPP -M-6 | CPP -56 |
|---|---|---|
| Peso Capsula (gr) | 21.40 | 21.42 |
| Peso Capsula + MH (gr) | 26.61 | 26.95 |
| Peso Capsula + MS (gr) | 25.86 | 26.20 |
| Peso MS | 4.46 | 4.78 |
| Peso Agua | 0.75 | 0.75 |
| Contenido de Humedad | 16.82% | 15.69% |

| LIMITE LIQUIDO | 23.52% | LIMITE PLASTICO | 16.25% |
|---|---|---|---|

Fuente: Elaboración propia

**Gráfica 26**

*Límite Líquido de la cantera de Patapata con adición de 0% de ARD y 1% Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

**Tabla 31**

*Datos del ensayo Límites de Atterberg de la cantera de Patapata con adición de 1% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas*

**LIMITES DE ATTERBERG**

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO - INDICE DE PLASTICIDAD

MTC E 110 y MTC E 111 ;NTP 339.129; ASTM D 4318

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 08 de abril del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Pata Pata | **Número de muestra:** | |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Pata Pata |
| **Region:** | Cusco | **Descripción del ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo Límites de Atterberg: Limite Liquido y Limite Plastico**

| **% Aceite Residual Degradado** | 1 | **% Tierra de Diatomeas** | 1 |
|---|---|---|---|

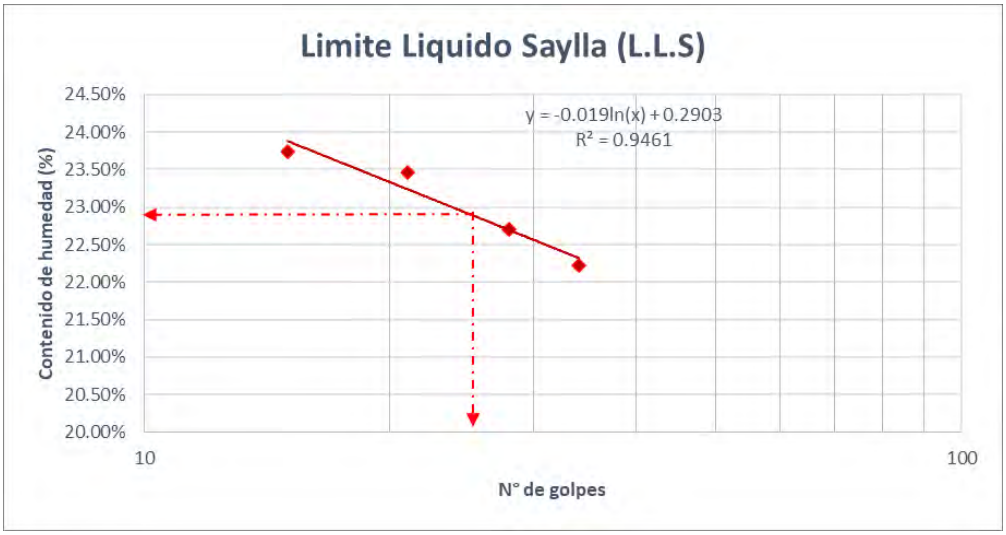
| LIMITE LIQUIDO - ASTM D 4318 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Muestra N° 1 | | | | |
| Nombre de Capsula | CPP-54 | CPP -63 | CPP- 10 | CPP -44 |
| Peso Capsula (gr) | 61.03 | 58.63 | 58.62 | 56.79 |
| Peso Capsula + MH (gr) | 69.06 | 63.44 | 65.25 | 63.20 |
| Peso Capsula + MS (gr) | 67.60 | 62.55 | 63.99 | 61.97 |
| Numero de Golpes | 34 | 28 | 21 | 15 |
| Peso MS | 6.57 | 3.92 | 5.37 | 5.18 |
| Peso Agua | 1.46 | 0.89 | 1.26 | 1.23 |
| Contenido de Humedad | 22.22% | 22.70% | 23.46% | 23.75% |
| INDICE DE PLASTICIDAD | 7.12% | | | |

| LIMITE PLASTICO - ASTM D 4318 | | |
|---|---|---|
| Muestra N° 1 | | |
| Nombre de Capsula | CPP -47 | CPP -28 |
| Peso Capsula (gr) | 21.57 | 22.48 |
| Peso Capsula + MH (gr) | 27.01 | 28.29 |
| Peso Capsula + MS (gr) | 26.32 | 27.44 |
| Peso MS | 4.75 | 4.96 |
| Peso Agua | 0.69 | 0.85 |
| Contenido de Humedad | 14.53% | 17.14% |
| LIMITE LIQUIDO 22.95% | LIMITE PLASTICO | 15.83% |

Fuente: Elaboración propia

**Gráfica 27**

*Límite Líquido de la cantera de Patapata con adición de 1% de ARD y 1% Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

**Tabla 32**

*Datos del ensayo Límites de Atterberg de la cantera de Patapata con adición de 2% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas*

**LIMITES DE ATTERBERG**

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO - INDICE DE PLASTICIDAD
MTC E 110 y MTC E 111 ;NTP 339.129; ASTM D 4318

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 08 de abril del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Pata Pata | **Número de muestra:** | |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Pata Pata |
| **Region:** | Cusco | **Descripción del ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo Límites de Atterberg: Limite Liquido y Limite Plastico**

| **% Aceite Residual Degradado** | 2 | **% Tierra de Diatomeas** | 1 |
|---|---|---|---|

| LIMITE LIQUIDO - ASTM D 4318 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Muestra N° 1 | | | | |
| Nombre de Capsula | CPP-M1 | CPP -M3 | CPP- M-4 | CPP -28 |
| Peso Capsula (gr) | 58.46 | 58.91 | 65.17 | 58.64 |
| Peso Capsula + MH (gr) | 64.26 | 65.23 | 70.45 | 63.18 |
| Peso Capsula + MS (gr) | 63.21 | 64.05 | 69.46 | 62.31 |
| Numero de Golpes | 35 | 27 | 21 | 13 |
| Peso MS | 4.75 | 5.14 | 4.29 | 3.67 |
| Peso Agua | 1.05 | 1.18 | 0.99 | 0.87 |
| Contenido de Humedad | 22.11% | 22.96% | 23.08% | 23.71% |

| INDICE DE PLASTICIDAD | 5.85% |
|---|---|

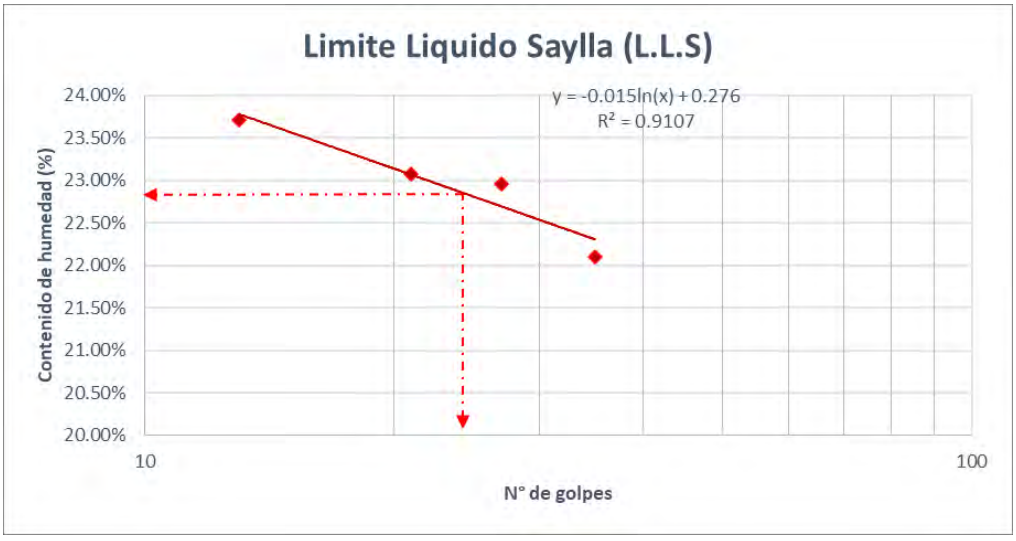
| LIMITE PLASTICO - ASTM D 4318 | | |
|---|---|---|
| Muestra N° 1 | | |
| Nombre de Capsula | CPP -28 | CPP -47 |
| Peso Capsula (gr) | 21.70 | 22.32 |
| Peso Capsula + MH (gr) | 27.42 | 28.45 |
| Peso Capsula + MS (gr) | 26.58 | 27.57 |
| Peso MS | 4.88 | 5.25 |
| Peso Agua | 0.84 | 0.88 |
| Contenido de Humedad | 17.21% | 16.76% |

| LIMITE LIQUIDO | 22.83% | LIMITE PLASTICO | 16.99% |
|---|---|---|---|

Fuente: Elaboración propia

**Gráfica 28**

*Límite Líquido de la cantera de Patapata con adición de 2% de ARD y 1% Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

**Tabla 33**

*Datos del ensayo Límites de Atterberg de la cantera de Patapata con adición de 3% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas*

**LIMITES DE ATTERBERG**

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO - INDICE DE PLASTICIDAD

MTC E 110 y MTC E 111 ;NTP 339.129; ASTM D 4318

| | |
|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco |
| **Cantera:** | Pata Pata |
| **Provincia:** | Cusco |
| **Region:** | Cusco |
| **Fecha de ensayo:** | 09 de abril del 2024 |
| **N° de hoja:** | 1 |
| **Número de muestra:** | |
| **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Pata Pata |
| **Descripción del ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo Límites de Atterberg: Limite Liquido y Limite Plastico**

| **% Aceite Residual Degradado** | 3 | **% Tierra de Diatomeas** | 1 |
|---|---|---|---|

LIMITE LIQUIDO - ASTM D 4318

Muestra N° 1

| Nombre de Capsula | CPP-AM | CPP -05 | CPP- 12 | CPP -13 |
|---|---|---|---|---|
| Peso Capsula (gr) | 59.20 | 57.36 | 52.76 | 56.27 |
| Peso Capsula + MH (gr) | 64.51 | 62.26 | 56.04 | 59.47 |
| Peso Capsula + MS (gr) | 63.62 | 61.40 | 55.46 | 58.87 |
| Numero de Golpes | 39 | 28 | 22 | 15 |
| Peso MS | 4.42 | 4.04 | 2.7 | 2.60 |
| Peso Agua | 0.89 | 0.86 | 0.58 | 0.60 |
| Contenido de Humedad | 20.14% | 21.29% | 21.48% | 23.08% |

| INDICE DE PLASTICIDAD | 6.02% |
|---|---|

LIMITE PLASTICO - ASTM D 4318

Muestra N° 1

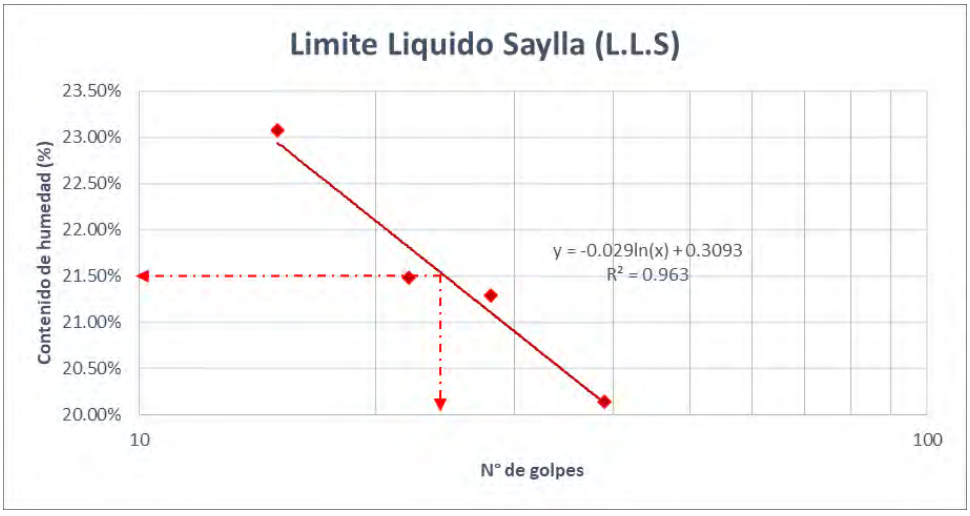
| Nombre de Capsula | CPP - T | CPP -A2L |
|---|---|---|
| Peso Capsula (gr) | 21.58 | 21.69 |
| Peso Capsula + MH (gr) | 26.15 | 28.54 |
| Peso Capsula + MS (gr) | 25.54 | 27.62 |
| Peso MS | 3.96 | 5.93 |
| Peso Agua | 0.61 | 0.92 |
| Contenido de Humedad | 15.40% | 15.51% |

| LIMITE LIQUIDO | 21.48% | LIMITE PLASTICO | 15.46% |
|---|---|---|---|

Fuente: Elaboración propia

**Gráfica 29**

*Límite Líquido de la cantera de Patapata con adición de 3% de ARD y 1% Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

**Tabla 34**

*Datos del ensayo Límites de Atterberg de la cantera de Patapata con adición de 0% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas*

**LIMITES DE ATTERBERG**

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO - INDICE DE PLASTICIDAD
MTC E 110 y MTC E 111 ;NTP 339.129; ASTM D 4318

| | |
|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco |
| **Cantera:** | Pata Pata |
| **Provincia:** | Cusco |
| **Region:** | Cusco |
| **Fecha de ensayo:** | 09 de abril del 2024 |
| **N° de hoja:** | 1 |
| **Número de muestra:** | |
| **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Pata Pata |
| **Descripción del ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo Límites de Atterberg: Limite Liquido y Limite Plastico**

| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 2 |
|---|---|---|---|

LIMITE LIQUIDO - ASTM D 4318

Muestra N° 1

| Nombre de Capsula | CPP-15 | CPP -30 | CSL -44 | CPP -10 |
|---|---|---|---|---|
| Peso Capsula (gr) | 64.44 | 59.38 | 56.78 | 58.62 |
| Peso Capsula + MH (gr) | 68.13 | 63.92 | 61.50 | 62.34 |
| Peso Capsula + MS (gr) | 67.42 | 63.03 | 60.55 | 61.58 |
| Numero de Golpes | 36 | 30 | 20 | 14 |
| Peso MS | 2.98 | 3.65 | 3.77 | 2.96 |
| Peso Agua | 0.71 | 0.89 | 0.95 | 0.76 |
| Contenido de Humedad | 23.83% | 24.38% | 25.20% | 25.68% |

| INDICE DE PLASTICIDAD | 9.09% |
|---|---|

LIMITE PLASTICO - ASTM D 4318

Muestra N° 1

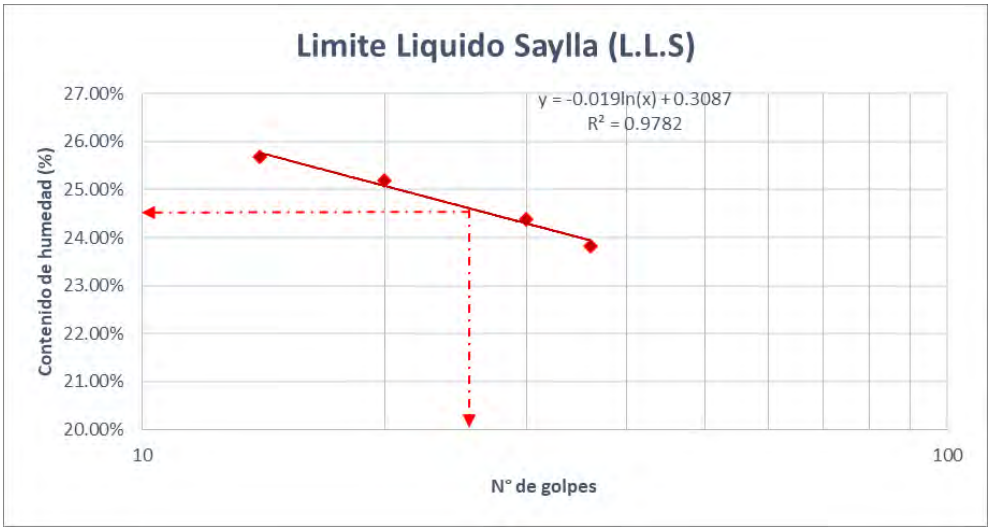
| Nombre de Capsula | CPP -11 | CPP -28 |
|---|---|---|
| Peso Capsula (gr) | 21.23 | 21.65 |
| Peso Capsula + MH (gr) | 26.00 | 26.03 |
| Peso Capsula + MS (gr) | 25.34 | 25.45 |
| Peso MS | 4.11 | 3.8 |
| Peso Agua | 0.66 | 0.58 |
| Contenido de Humedad | 16.06% | 15.26% |

| LIMITE LIQUIDO | 24.75% | LIMITE PLASTICO | 15.66% |
|---|---|---|---|

Fuente: Elaboración propia

**Gráfica 30**

*Límite Líquido de la cantera de Patapata con adición de 0% de ARD y 2% Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

**Tabla 35**

*Datos del ensayo Límites de Atterberg de la cantera de Patapata con adición de 1% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas*

**LIMITES DE ATTERBERG**

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO - INDICE DE PLASTICIDAD
MTC E 110 y MTC E 111 ;NTP 339.129; ASTM D 4318

| | |
|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 09 de abril del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Pata Pata | **Número de muestra:** | |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Pata Pata |
| **Region:** | Cusco | **Descripción del ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

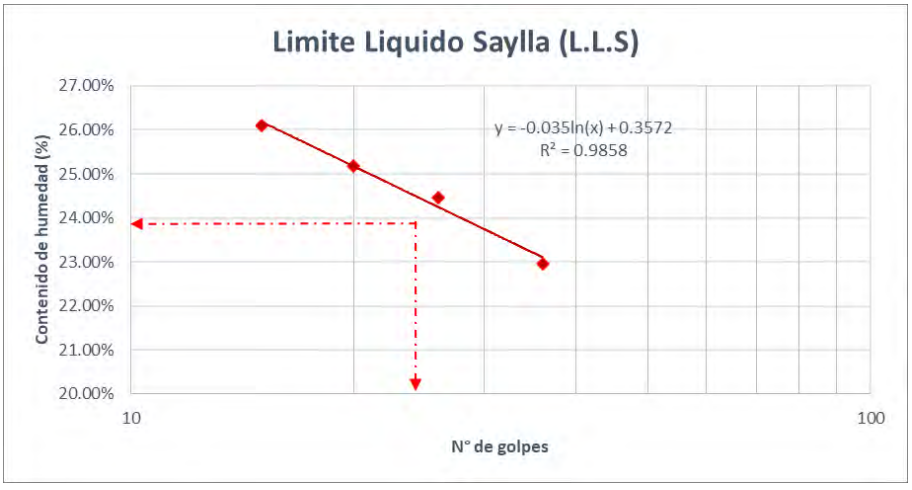
**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo Límites de Atterberg: Limite Liquido y Limite Plastico**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 1 | | | **% Tierra de Diatomeas** | 2 | |
| LIMITE LIQUIDO - ASTM D 4318 | | | | LIMITE PLASTICO - ASTM D 4318 | | |
| Muestra N° 1 | | | | Muestra N° 1 | | |
| Nombre de Capsula | CPP-C12 | CPP -AM | CSL -05 | CPP -C13 | Nombre de Capsula | CPP -A21 | CPP -T |
| Peso Capsula (gr) | 52.74 | 59.18 | 57.34 | 56.25 | Peso Capsula (gr) | 21.72 | 21.55 |
| Peso Capsula + MH (gr) | 59.70 | 66.25 | 65.89 | 63.11 | Peso Capsula + MH (gr) | 26.58 | 27.57 |
| Peso Capsula + MS (gr) | 58.40 | 64.86 | 64.17 | 61.69 | Peso Capsula + MS (gr) | 25.88 | 26.68 |
| Numero de Golpes | 36 | 26 | 20 | 15 | Peso MS | 4.16 | 5.13 |
| Peso MS | 5.66 | 5.68 | 6.83 | 5.44 | Peso Agua | 0.7 | 0.89 |
| Peso Agua | 1.3 | 1.39 | 1.72 | 1.42 | Contenido de Humedad | 16.83% | 17.35% |
| Contenido de Humedad | 22.97% | 24.47% | 25.18% | 26.10% | LIMITE LIQUIDO | 24.56% | LIMITE PLASTICO 17.09% |
| INDICE DE PLASTICIDAD | 7.47% | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia

**Gráfica 31**

Límite Líquido de la cantera de Patapata con adición de 1% de ARD y 2% Tierra de Diatomeas




Fuente: Elaboración propia

## Tabla 36

*Datos del ensayo Límites de Atterberg de la cantera de Patapata con adición de 2% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas*

**LIMITES DE ATTERBERG**

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO - INDICE DE PLASTICIDAD

MTC E 110 y MTC E 111 ;NTP 339.129; ASTM D 4318

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 09 de abril del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Pata Pata | **Número de muestra:** | |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Pata Pata |
| **Region:** | Cusco | **Descripción del ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo Límites de Atterberg: Limite Liquido y Limite Plastico**

| **% Aceite Residual Degradado** | 2 | **% Tierra de Diatomeas** | 2 |
|---|---|---|---|

LIMITE LIQUIDO - ASTM D 4318

Muestra N° 1

| Nombre de Capsula | CPP-B2 | CPP -35 | CPP-12 | CPP -35T |
|---|---|---|---|---|
| Peso Capsula (gr) | 58.03 | 58.73 | 61.99 | 57.31 |
| Peso Capsula + MH (gr) | 65.13 | 65.82 | 69.35 | 62.80 |
| Peso Capsula + MS (gr) | 63.81 | 64.44 | 67.87 | 61.69 |
| Numero de Golpes | 38 | 25 | 18 | 15 |
| Peso MS | 5.78 | 5.71 | 5.88 | 4.38 |
| Peso Agua | 1.32 | 1.38 | 1.48 | 1.11 |
| Contenido de Humedad | 22.84% | 24.17% | 25.17% | 25.34% |

| INDICE DE PLASTICIDAD | 6.46% |
|---|---|

LIMITE PLASTICO - ASTM D 4318

Muestra N° 1

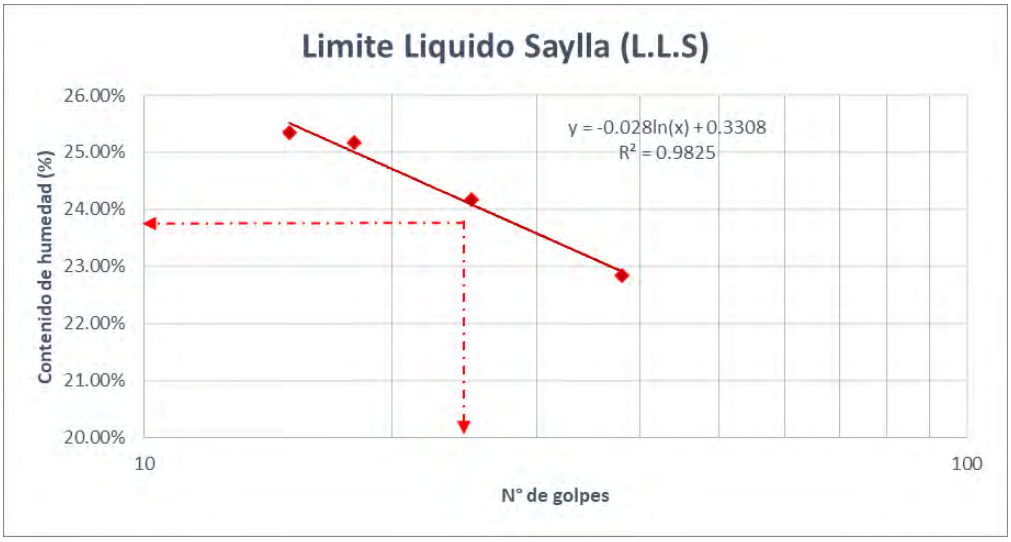
| Nombre de Capsula | CPP -1P | CPP -56 |
|---|---|---|
| Peso Capsula (gr) | 21.46 | 21.58 |
| Peso Capsula + MH (gr) | 26.11 | 25.47 |
| Peso Capsula + MS (gr) | 25.49 | 24.82 |
| Peso MS | 4.03 | 3.24 |
| Peso Agua | 0.62 | 0.65 |
| Contenido de Humedad | 15.38% | 20.06% |

| LIMITE LIQUIDO | 24.18% | LIMITE PLASTICO | 17.72% |
|---|---|---|---|

Fuente: Elaboración propia

## Gráfica 32

*Límite Líquido de la cantera de Patapata con adición de 2% de ARD y 2% Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

**Tabla 37**

*Datos del ensayo Límites de Atterberg de la cantera de Patapata con adición de 3% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas*

**LIMITES DE ATTERBERG**

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO - INDICE DE PLASTICIDAD

MTC E 110 y MTC E 111 ;NTP 339.129; ASTM D 4318

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 10 de abril del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Pata Pata | **Número de muestra:** | |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Pata Pata |
| **Region:** | Cusco | **Descripción del ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

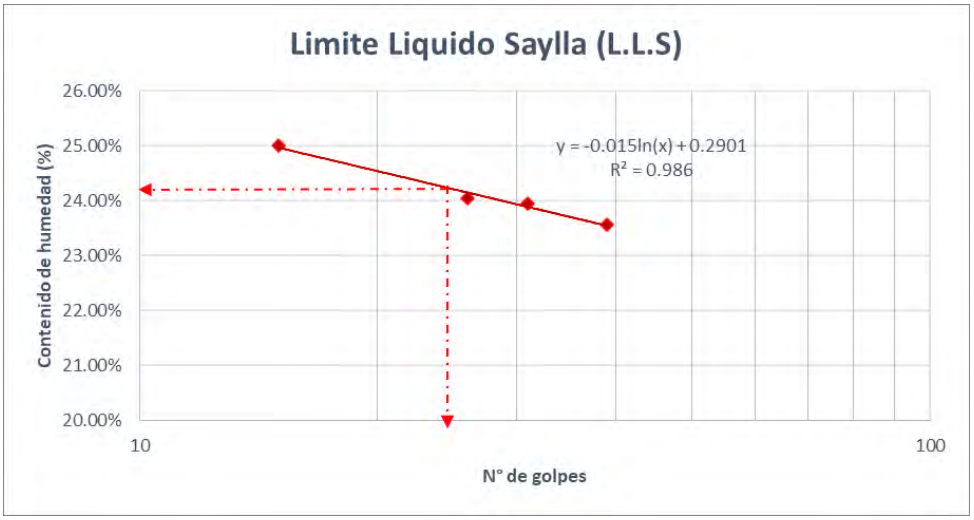
**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo Límites de Atterberg: Limite Liquido y Limite Plastico**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 3 | | | **% Tierra de Diatomeas** | 2 | |
| LIMITE LIQUIDO - ASTM D 4318 | | | | LIMITE PLASTICO - ASTM D 4318 | | |
| Muestra N° 1 | | | | Muestra N° 1 | | |
| Nombre de Capsula | CPP-AM-( | CPP -05 | CSL -C12 | CPP -C13 | Nombre de Capsula | CPP -T | CPP -A2L |
| Peso Capsula (gr) | 59.19 | 57.38 | 52.74 | 56.28 | Peso Capsula (gr) | 21.57 | 21.61 |
| Peso Capsula + MH (gr) | 63.70 | 62.35 | 57.59 | 62.13 | Peso Capsula + MH (gr) | 25.92 | 27.87 |
| Peso Capsula + MS (gr) | 62.84 | 61.39 | 56.65 | 60.96 | Peso Capsula + MS (gr) | 25.34 | 26.97 |
| Numero de Golpes | 39 | 31 | 26 | 15 | Peso MS | 3.77 | 5.36 |
| Peso MS | 3.65 | 4.01 | 3.91 | 4.68 | Peso Agua | 0.58 | 0.9 |
| Peso Agua | 0.86 | 0.96 | 0.94 | 1.17 | Contenido de Humedad | 15.38% | 16.79% |
| Contenido de Humedad | 23.56% | 23.94% | 24.04% | 25.00% | LIMITE LIQUIDO | 24.03% | LIMITE PLASTICO 16.09% |
| INDICE DE PLASTICIDAD | 7.94% | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia

**Gráfica 33**

*Límite Líquido de la cantera de Patapata con adición de 3% de ARD y 2% Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

## Tabla 38

*Datos del ensayo Límites de Atterberg de la cantera de Patapata con adición de 0% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas*

**LIMITES DE ATTERBERG**

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO - INDICE DE PLASTICIDAD
MTC E 110 y MTC E 111 ;NTP 339.129; ASTM D 4318

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 10 de abril del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Pata Pata | **Número de muestra:** | |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Pata Pata |
| **Region:** | Cusco | **Descripción del ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo Límites de Atterberg: Limite Liquido y Limite Plastico**

| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 3 |
|---|---|---|---|

LIMITE LIQUIDO - ASTM D 4318

Muestra N° 1

| Nombre de Capsula | CPP-57 | CPP -7 | CPP-13 | CPP -06 |
|---|---|---|---|---|
| Peso Capsula (gr) | 57.71 | 59.54 | 57.42 | 59.00 |
| Peso Capsula + MH (gr) | 61.95 | 63.77 | 62.47 | 63.10 |
| Peso Capsula + MS (gr) | 61.11 | 62.91 | 61.43 | 62.23 |
| Numero de Golpes | 34 | 30 | 21 | 16 |
| Peso MS | 3.40 | 3.37 | 4.01 | 3.23 |
| Peso Agua | 0.84 | 0.86 | 1.04 | 0.87 |
| Contenido de Humedad | 24.71% | 25.52% | 25.94% | 26.93% |

| INDICE DE PLASTICIDAD | 8.64% |
|---|---|

LIMITE PLASTICO - ASTM D 4318

Muestra N° 1

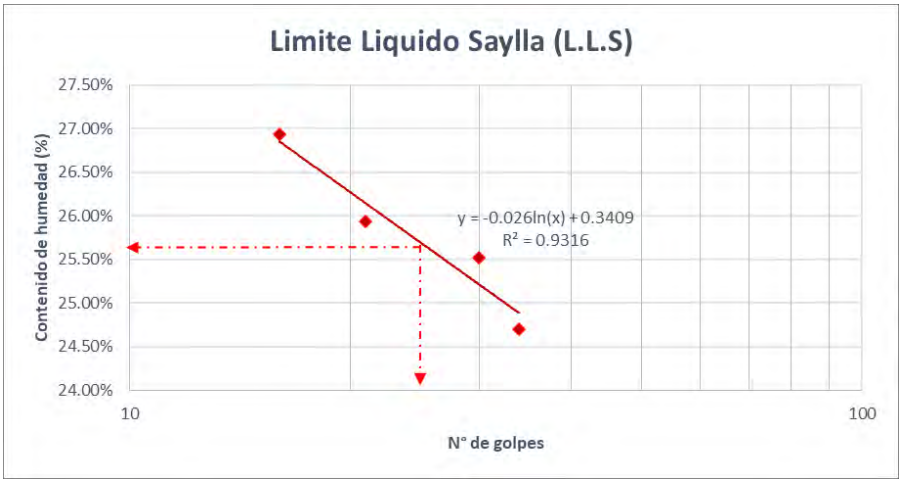
| Nombre de Capsula | CPP -II | CPP -38 |
|---|---|---|
| Peso Capsula (gr) | 21.96 | 22.22 |
| Peso Capsula + MH (gr) | 26.33 | 27.84 |
| Peso Capsula + MS (gr) | 25.71 | 27.00 |
| Peso MS | 3.75 | 4.78 |
| Peso Agua | 0.62 | 0.84 |
| Contenido de Humedad | 16.53% | 17.57% |

| LIMITE LIQUIDO | 25.70% | LIMITE PLASTICO | 17.05% |
|---|---|---|---|

Fuente: Elaboración propia

## Gráfica 34

*Límite Líquido de la cantera de Patapata con adición de 0% de ARD y 3% Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

**Tabla 39**

*Datos del ensayo Límites de Atterberg de la cantera de Patapata con adición de 1% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas*

**LIMITES DE ATTERBERG**

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO - INDICE DE PLASTICIDAD
MTC E 110 y MTC E 111 ;NTP 339.129; ASTM D 4318

| | |
|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 10 de abril del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Pata Pata | **Número de muestra:** | |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Pata Pata |
| **Region:** | Cusco | **Descripción del ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo Límites de Atterberg: Limite Liquido y Limite Plastico**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 1 | **% Tierra de Diatomeas** | 3 |

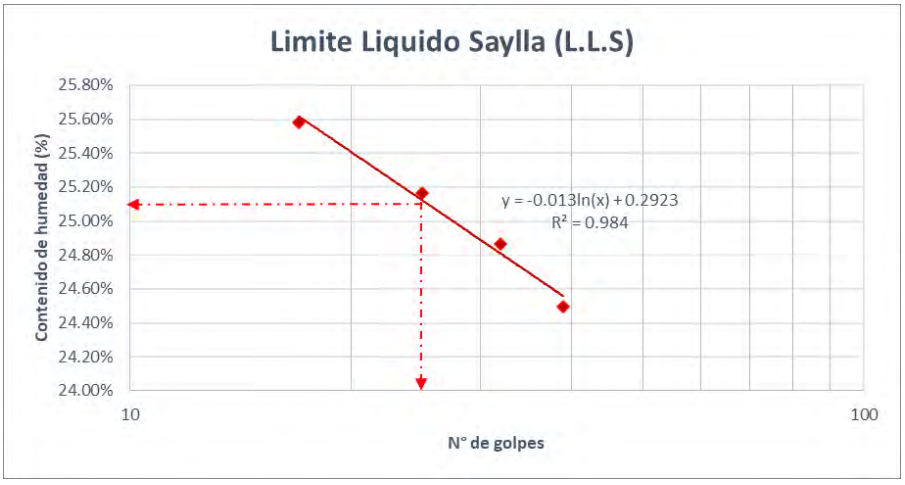
| LIMITE LIQUIDO - ASTM D 4318 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Muestra N° 1 | | | | |
| Nombre de Capsula | CPP-AM6 | CPP-05 | CPP-C-12 | CPP-C-13 |
| Peso Capsula (gr) | 59.20 | 57.34 | 52.76 | 56.27 |
| Peso Capsula + MH (gr) | 65.35 | 64.42 | 58.48 | 62.21 |
| Peso Capsula + MS (gr) | 64.14 | 63.01 | 57.33 | 61.00 |
| Numero de Golpes | 39 | 32 | 25 | 17 |
| Peso MS | 4.94 | 5.67 | 4.57 | 4.73 |
| Peso Agua | 1.21 | 1.41 | 1.15 | 1.21 |
| Contenido de Humedad | 24.49% | 24.87% | 25.16% | 25.58% |
| INDICE DE PLASTICIDAD | 8.30% | | | |

| LIMITE PLASTICO - ASTM D 4318 | | |
|---|---|---|
| Muestra N° 1 | | |
| Nombre de Capsula | CPP -T | CPP -A2L |
| Peso Capsula (gr) | 21.55 | 21.58 |
| Peso Capsula + MH (gr) | 26.40 | 28.58 |
| Peso Capsula + MS (gr) | 25.72 | 27.57 |
| Peso MS | 4.17 | 5.99 |
| Peso Agua | 0.68 | 1.01 |
| Contenido de Humedad | 16.31% | 16.86% |
| LIMITE LIQUIDO 24.89% | LIMITE PLASTICO | 16.58% |

Fuente: Elaboración propia

**Gráfica 35**

*Límite Líquido de la cantera de Patapata con adición de 1% de ARD y 3% Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

**Tabla 40**

*Datos del ensayo Límites de Atterberg de la cantera de Patapata con adición de 2% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas*

**LIMITES DE ATTERBERG**

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO - INDICE DE PLASTICIDAD

MTC E 110 y MTC E 111 ;NTP 339.129; ASTM D 4318

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 11 de abril del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Pata Pata | **Número de muestra:** | |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Pata Pata |
| **Region:** | Cusco | **Descripción del ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

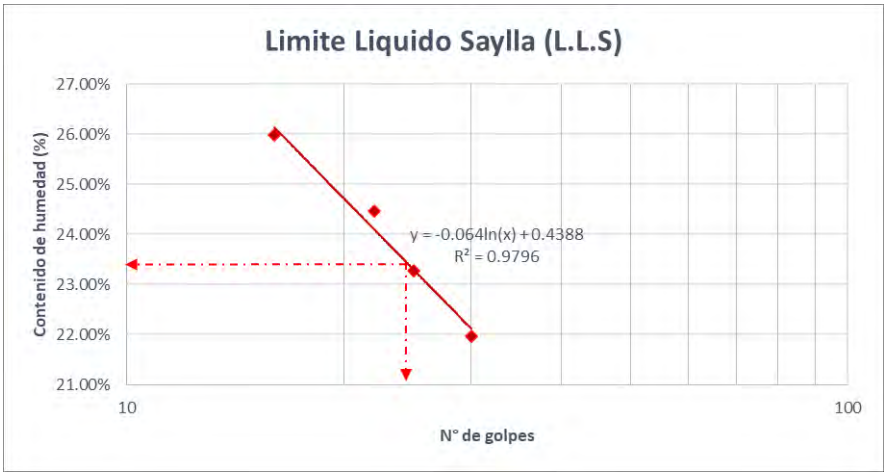
**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo Límites de Atterberg: Limite Liquido y Limite Plastico**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 2 | | | **% Tierra de Diatomeas** | 3 | |
| LIMITE LIQUIDO - ASTM D 4318 | | | | LIMITE PLASTICO - ASTM D 4318 | | |
| Muestra N° 1 | | | | Muestra N° 1 | | |
| Nombre de Capsula | C12-M1 | C11-M2 | CPP-04 | C11-M1 | Nombre de Capsula | CPP -CA12 | CPP -31 |
| Peso Capsula (gr) | 56.54 | 58.79 | 57.76 | 58.15 | Peso Capsula (gr) | 21.85 | 21.63 |
| Peso Capsula + MH (gr) | 64.65 | 65.04 | 64.63 | 63.97 | Peso Capsula + MH (gr) | 25.80 | 25.47 |
| Peso Capsula + MS (gr) | 63.19 | 63.86 | 63.28 | 62.77 | Peso Capsula + MS (gr) | 25.15 | 24.95 |
| Numero de Golpes | 30 | 25 | 22 | 16 | Peso MS | 3.30 | 3.32 |
| Peso MS | 6.65 | 5.07 | 5.52 | 4.62 | Peso Agua | 0.65 | 0.52 |
| Peso Agua | 1.46 | 1.18 | 1.35 | 1.20 | Contenido de Humedad | 19.70% | 15.66% |
| Contenido de Humedad | 21.95% | 23.27% | 24.46% | 25.97% | LIMITE LIQUIDO | 23.74% | LIMITE PLASTICO | 17.68% |
| INDICE DE PLASTICIDAD | 6.06% | | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia

**Gráfica 36**

*Límite Líquido de la cantera de Patapata con adición de 2% de ARD y 3% Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

**Tabla 41**

*Datos del ensayo Límites de Atterberg de la cantera de Patapata con adición de 3% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas*

**LIMITES DE ATTERBERG**

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO - INDICE DE PLASTICIDAD

MTC E 110 y MTC E 111 ;NTP 339.129; ASTM D 4318

| | |
|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 11 de abril del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Pata Pata | **Número de muestra:** | |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Pata Pata |
| **Region:** | Cusco | **Descripción del ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo Límites de Atterberg: Limite Liquido y Limite Plastico**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 3 | **% Tierra de Diatomeas** | 3 |

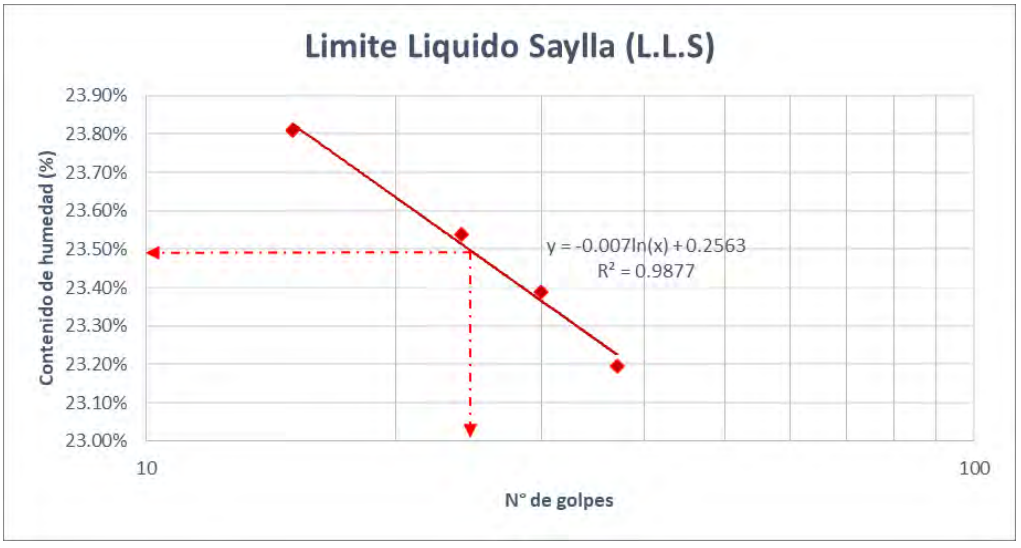
| LIMITE LIQUIDO - ASTM D 4318 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Muestra N° 1 | | | | |
| Nombre de Capsula | CPP-M1 | CPP -M3 | CPP-M-4 | CPP -28 |
| Peso Capsula (gr) | 58.48 | 58.90 | 65.16 | 58.65 |
| Peso Capsula + MH (gr) | 64.11 | 64.07 | 72.14 | 62.55 |
| Peso Capsula + MS (gr) | 63.05 | 63.09 | 70.81 | 61.80 |
| Numero de Golpes | 37 | 30 | 24 | 15 |
| Peso MS | 4.57 | 4.19 | 5.65 | 3.15 |
| Peso Agua | 1.06 | 0.98 | 1.33 | 0.75 |
| Contenido de Humedad | 23.19% | 23.39% | 23.54% | 23.81% |
| INDICE DE PLASTICIDAD | 6.43% | | | |

| LIMITE PLASTICO - ASTM D 4318 | | |
|---|---|---|
| Muestra N° 1 | | |
| Nombre de Capsula | CPP -28 | CPP -38 |
| Peso Capsula (gr) | 21.68 | 22.28 |
| Peso Capsula + MH (gr) | 26.67 | 28.27 |
| Peso Capsula + MS (gr) | 25.96 | 27.39 |
| Peso MS | 4.28 | 5.11 |
| Peso Agua | 0.71 | 0.88 |
| Contenido de Humedad | 16.59% | 17.22% |
| LIMITE LIQUIDO 23.34% | LIMITE PLASTICO | 16.90% |

Fuente: Elaboración propia

**Gráfica 37**

*Límite Líquido de la cantera de Patapata con adición de 2% de ARD y 3% Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

### *5.3.4 Determinación de la gravedad específica de Sólidos de suelo mediante el picnómetro de agua.*

Se llevará a cabo un ensayo para determinar la gravedad Específica de Sólidos de suelo mediante el picnómetro de agua, siguiendo la norma MTC E 113. Su objetivo es determinar la gravedad específica de las partículas sólidas del suelo, lo que significa calcular la relación entre la densidad del material sólido y la del agua a una temperatura determinada.

**Fotografía 15**

*Elaboración del ensayo de Gravedad Especifica*



Fuente: Elaboración propia

**Fotografía 16**

*Elaboración del ensayo de Gravedad Especifica (Picnómetro)*



Fuente: Elaboración propia

#### 5.3.4.1 Equipos y materiales:

- Balanza electrónica con una precisión de 0.01 gr.
- Picnómetro con una capacidad mínima de 250 ml.
- Sistema de vacío: una bomba de vacío o aspirador de agua, capaz de generar un vacío parcial de 100 mm de mercurio (Hg) o una presión absoluta inferior.
- Tamiz Nº4.
- Embudo para poder poner la muestra ya tamizada.
- Agua destilada.
- Gotero para calcular mejor la cantidad de agua agregada.
- Recipientes de Aluminio. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 79)

#### 5.3.4.2 Procedimiento:

- Procedemos a pesar el picnómetro, así como la muestra que añadiremos.
- Posteriormente añadimos agua destilada hasta llegar a la marca y posteriormente se toma los pesos y con ayuda del embudo procedemos a agregar el material tamizado anteriormente por el tamiz Nº4.
- Procedemos a registrar pesos y luego llevamos a la máquina de vacíos para así que pierda todas burbujas de aire que posee el suelo.
- Después de realizado el pesaje correspondiente y hallando los volúmenes, procedemos a realizar los cálculos para tener este valor de la gravedad específica del suelo. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 80)

#### 5.3.4.3 Procesamiento de datos:

Para calcular usamos la siguiente formula:

**Ecuación 6:**

*Formula Gravedad Específica de Solidos de Suelo:*

$$G_S = K\left(\frac{P_M}{P_{FA} + P_M - P_{FAM}}\right)$$

Donde:

$P_M$: Peso de muestra seca.

$P_{FA}$: Peso de fiola más agua destilada.

$P_{FAM}$: Peso de fiola más agua destilada más muestra seca.

K: factor k que depende de la temperatura. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 81)

### 5.3.4.4 Recopilación de datos:

Se registraron los pesos del picnómetro vacío, con agua, con suelo seco y con la mezcla suelo-agua. Con estos datos se determinó la gravedad específica de los sólidos del suelo.

**Tabla 42**

*Datos del ensayo Estándar para la Gravedad Específica de Solidos de Suelo de la cantera de Saylla sin adición de ARD y Tierra de Diatomeas*

| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
|---|---|---|---|
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 3 de Junio del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | | |
| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

**GRAVEDAD ESPECÍFICA**

| ENSAYO SOBRE EL MATERIAL | |
|---|---|
| Peso de muestra Seca (g) | 50.00 |
| Peso de fiola mas agua (g) | 650.34 |
| Peso de fiola mas agua + MS (g) | 681.16 |
| Gravedad Especifica | 2.61 |
| Temperatura del agua (°c) | 15.60 |
| Factor de corrección del agua | 1.0008 |
| Gravedad Especifica corregida | 2.61 |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 43**

*Datos del ensayo Estándar para la Gravedad Específica de Solidos de Suelo de la cantera de Patapata sin adición de ARD y Tierra de Diatomeas*

**METODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA LA GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS DE SUELO MEDIANTE PICNÓMETRO DE AGUA**

MTC E 113, NTP 339.131

Método de ensayo para determinar el peso específico relativo de las partículas de un suelo.

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:**<br>**N° de hoja:** | 3 de Junio del 2024<br>1 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo estandar para la gravedad específica de sólidos de suelo mediante picnómetro de agua**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

**GRAVEDAD ESPECÍFICA**

| ENSAYO SOBRE EL MATERIAL | |
|---|---|
| Peso de muestra Seca (g) | 50.00 |
| Peso de fiola mas agua (g) | 652.54 |
| Peso de fiola mas agua + MS (g) | 684.16 |
| Gravedad Específica | 2.72 |
| Temperatura del agua (°c) | 17.50 |
| Factor de corrección del agua | 1.0005 |
| Gravedad Específica corregida | 2.72 |

Gravedad Específica de la cantera de Patapata : 2.72

Fuente: Elaboración propia

### *5.3.5 Determinación de la resistencia a la abrasión los Ángeles (L.A.)*

Se realizará un ensayo de abrasión Los Ángeles según la norma MTC E 207. Este ensayo evalúa la resistencia del material a la abrasión y al desgaste, simulando las condiciones a las que estará expuesto durante su uso en la construcción. Además, permite determinar la durabilidad del agregado frente a impactos y fragmentación, siendo un parámetro importante para verificar la calidad del material empleado como capa de afirmado en vías no pavimentadas. Los resultados obtenidos permiten conocer la capacidad del material para conservar su estructura granular ante la acción de cargas y agentes externos, así como verificar el cumplimiento de las especificaciones técnicas requeridas para garantizar un adecuado desempeño y durabilidad del afirmado.

**Fotografía 17**

*Elaboración del ensayo de Abrasión los Ángeles*



Fuente: Elaboración propia

**Fotografía 18**

*Máquina de Abrasión los Ángeles*



Fuente: Elaboración propia

#### 5.3.5.1 Equipos y materiales:

- Tamices: De acuerdo con la norma NTP 350.001.
- Máquina de abrasión los Ángeles.
- Balanza con una precisión de 1 gr.
- Esferas de acero con un diámetro aproximado de 46,8 mm (1 27/32 pulgadas), y cada una con una masa que varía entre 390 y 445 g.
- Se cuenta con un horno capaz de mantener temperaturas uniformes y constantes de hasta 110 ± 5 °C.

- Recipientes metálicos para realizar el pesaje.
- Escobilla para poder limpiar bien. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 290)

**5.3.5.2 Procedimiento:**

- Se lavó la muestra un día antes para luego proceder a pesarla usando los tamices para dejarlo durante un día en el horno.
- Al día siguiente se realizó el respectivo tamizado de acuerdo a las gradaciones mencionadas en la norma MTC.
- Se colocó en la máquina los Ángeles que tiene una revolución entre 30 rpm a 33 rpm con un total de 500 revoluciones, luego del tiempo de alrededor de 16 minutos procedemos a extraer el material.
- Se pesa el material que quedó en el tamiz Nº12 lo que pasa lo botamos con el lavado que realizaremos y procedemos a pesar para realizar los cálculos correspondientes. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 291)

**5.3.5.3 Procesamiento de datos:**

Después de usar la respectiva de gradación se procede a realizar las vueltas en la máquina de abrasión los ángeles antes pesando lo que se retiene y pasa en la malla Nº12.

**Ecuación 7:**
*Formula del porcentaje de Abrasión de los Ángeles:*

$$\%Abrasión\ de\ los\ Ángeles = \frac{P_{inicial} - P_{final}}{P_{inicial}} \times 100$$

Donde:

$P_{inicial}$ : Masa inicial de la muestra (ej. 5000 g en gradación B).

$P_{final}$: masa retenida en el tamiz Nº12 después del ensayo (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 291)

### 5.3.5.4 Recopilación de datos:

Se registraron los pesos inicial y final de la muestra después del ensayo, determinándose el porcentaje de desgaste por abrasión del agregado.

**Tabla 44**

*Datos del ensayo de Abrasión los Ángeles de la cantera de Saylla sin adición de ARD y Tierra de Diatomeas*

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECANICA DE MATERIAL GRANULAR PARA** | | | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta | | **Fecha de ensayo:** | 20 de agosto del 2024 | |
| | Lenin Eduardo Peña Surco | | **N° de hoja:** | 1 | |
| **Cantera:** | Saylla | | **Número de muestra:** | N°1 | |
| **Provincia:** | Cusco | | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Saylla | |
| **Region:** | Cusco | | **Descripción del ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo | |
| **Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo Límites de Atterberg: Limite Liquido y Limite Plastico** | | | | | |
| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | | **% Tierra de Diatomeas** | 0 | |
| **DESGASTE POR ABRASION EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES** | | | | | |
| DATOS DE LA MAQUINA DE LOS ANGELES | | | DATOS DE LA CARGA ABRASIVA (Esferas) | | |
| Longitud Interior (cm) = 50.80 | | | Diametro Promedio (mm) = 46.65 | | |
| Diametro Interior (cm) = 71.10 | | | Peso Promedio (gr) = 416.06 | | |
| Velocidad de Giro del Cilindro (rpm) = 33 | | | Numero de Esferas= 11 | | |
| Numero total de vueltas = 500 | | | | | |
| GRANULOMETRIA SEGÚN TIPO DE GRADACION | | | | | PESO DE LA MUESTRA SECA ANTES DEL ENSAYO |
| Pasa Tamiz | Retiene Tamiz | Gradacion B | | | |
| 3" (75 mm) | 2 1/2" (63 mm) | | | | - |
| 2 1/2" (63 mm) | 2" (50 mm) | | | | - |
| 2" (50 mm) | 1 1/2" (37.5 mm) | | | | - |
| 1 1/2" (37.5 mm) | 1" (25 mm) | | | | - |
| 1" (25 mm) | 3/4" ( 19 mm) | | | | - |
| 3/4" ( 19 mm) | 1/2" (12.5 mm) | 2500 ± 10 | | | 2501 |
| 1/2" (12.5 mm) | 3/8" (9.5 mm) | 2500 ± 10 | | | 2503 |
| 3/8" (9.5 mm) | 1/4" (6.3 mm) | | | | - |
| 1/4" (6.3 mm) | Nº 4 (4.75 mm) | | | | - |
| Nº 4 (4.75 mm) | Nº8 (2.36 mm) | | | | - |
| Total (gr) | | 5000 ± 10 | | | 5004 |
| DATOS DEL ENSAYO | | | | | |
| Peso de la Muestra seca retenida en el tamiz Nº12, despues del ensayo (gr) | | 2501.82 | Material Resistente | | Material Desgastado |
| Peso que pasa el tamiz Nº 12, despues del ensayo (gr) | | 2502.18 | 50.00% | | 50.00% |

Fuente: Elaboración propia

**Gráfica 38**

*Material Resistente vs Material Desgastado de la cantera de Saylla*




Fuente: Elaboración propia

## Tabla 45

*Datos del ensayo de Abrasión los Ángeles de la cantera de Patapata sin adición de ARD y Tierra de Diatomeas*

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECANICA DE MATERIAL GRANULAR PARA** | | | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta | | **Fecha de ensayo:** | 19 de agosto del 2024 | |
| | Lenin Eduardo Peña Surco | | **N° de hoja:** | 1 | |
| **Cantera:** | Patapata | | **Número de muestra:** | N°1 | |
| **Provincia:** | Cusco | | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Patapata | |
| **Region:** | Cusco | | **Descripción del ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo | |
| **Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo Límites de Atterberg: Limite Liquido y Limite Plastico** | | | | | |
| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | | **% Tierra de Diatomeas** | 0 | |
| **DESGASTE POR ABRASION EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES** | | | | | |
| DATOS DE LA MAQUINA DE LOS ANGELES | | | DATOS DE LA CARGA ABRASIVA (Esferas) | | |
| Longitud Interior (cm) = 50.80 | | | Diametro Promedio (mm) = 46.65 | | |
| Diametro Interior (cm) = 71.10 | | | Peso Promedio (gr) = 416.06 | | |
| Velocidad de Giro del Cilindro (rpm) = 33 | | | Numero de Esferas= 11 | | |
| Numero total de vueltas = 500 | | | | | |
| GRANULOMETRIA SEGÚN TIPO DE GRADACION | | | | | PESO DE LA MUESTRA SECA ANTES DEL ENSAYO |
| Pasa Tamiz | Retiene Tamiz | Gradacion B | | | |
| 3" (75 mm) | 2 1/2" (63 mm) | | | | - |
| 2 1/2" (63 mm) | 2" (50 mm) | | | | - |
| 2" (50 mm) | 1 1/2" (37.5 mm) | | | | - |
| 1 1/2" (37.5 mm) | 1" (25 mm) | | | | - |
| 1" (25 mm) | 3/4" ( 19 mm) | | | | - |
| 3/4" ( 19 mm) | 1/2" (12.5 mm) | 2500 ± 10 | | | 2499 |
| 1/2" (12.5 mm) | 3/8" (9.5 mm) | 2500 ± 10 | | | 2503 |
| 3/8" (9.5 mm) | 1/4" (6.3 mm) | | | | - |
| 1/4" (6.3 mm) | Nº 4 (4.75 mm) | | | | - |
| Nº 4 (4.75 mm) | Nº8 (2.36 mm) | | | | - |
| Total (gr) | | 5000 ± 10 | | | 5002 |
| DATOS DEL ENSAYO | | | | | |
| Peso de la Muestra seca retenida en el tamiz Nº12, despues del ensayo (gr) | | 2642.52 | Material Resistente | | Material Desgastado |
| Peso que pasa el tamiz Nº 12, despues del ensayo (gr) | | 2359.48 | 52.83% | | 47.17% |

Fuente: Elaboración propia

## Gráfica 39

*Material Resistente vs Material Desgastado de la cantera de Saylla*




Fuente: Elaboración propia

### *5.3.6 Determinación del Contenido óptimo de humedad mediante Compactación de Suelos en Laboratorio utilizando una Energía Modificada (Proctor Modificado)*

Se llevará a cabo un ensayo Proctor Modificado siguiendo la norma MTC E 115 para determinar la densidad máxima seca y el contenido óptimo de humedad necesario para lograr la compactación adecuada del material granular.

Este ensayo permite determinar la relación entre el contenido de humedad y la densidad seca del material, siendo fundamental para evaluar su comportamiento como capa de afirmado. Además, sus resultados sirven como base para la preparación de las muestras destinadas al ensayo CBR.

**Fotografía 19**

*Elaboración del ensayo de Proctor Modificado*



Fuente: Elaboración propia

#### 5.3.6.1 Equipos y materiales:

- Un pisón manual
- Balanza con una precisión de 0.01 gr.
- Balanza con una precisión de 1 gr.
- Equipo Proctor 4” de diámetro con sus demás componentes como son la placa base, el anillo de extensión.
- Probeta para poder poner el agua y calcularla.

- Recipientes de aluminio para poner las muestras.
- Se cuenta con un horno capaz de mantener temperaturas uniformes y constantes de hasta 110 ± 5 °C.
- Herramientas de mezcla como son el cucharón, la bandeja metálica, espátulas. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 104)

**5.3.6.2 Procedimiento:**

- Se empleó el método B de acuerdo con la granulometría del material, utilizando aproximadamente 5 kg de muestra para cada punto de la curva de compactación.
- Se procedió a agregar agua de manera progresiva hasta lograr una mezcla uniforme y homogénea en toda la muestra.
- Posteriormente, se ensambló el molde con la placa base, se registró el peso del molde vacío y se colocó el material en 5 capas, aplicando 25 golpes por capa con el martillo de compactación.
- Al finalizar la compactación, se retiró el collarín superior, se niveló la superficie de la muestra y se registró el peso del conjunto molde-material.
- Se extrajeron muestras representativas para determinar el contenido de humedad mediante el secado en horno.
- El procedimiento se repitió aproximadamente 4 veces, incrementando el contenido de agua en intervalos de 2 %, con la finalidad de obtener suficientes puntos para definir adecuadamente la curva de compactación.
- Con los datos obtenidos se elaboró la curva de humedad vs densidad seca, mediante la cual se determinó el contenido óptimo de humedad y la máxima densidad seca alcanzada por el material.

- Los resultados obtenidos sirvieron como referencia para la preparación de las muestras del ensayo CBR y para evaluar el efecto de la incorporación de ARD y tierra de diatomeas. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 105)

**5.3.6.3 Procesamiento de datos:**

Para realizar el diagrama densidad seca vs contenido de humedad calculamos:

**Ecuación 8:**
*Formula de la densidad húmeda:*

$$\rho_w = \frac{P_{MH} - P_M}{V_M}$$

Donde:

$\rho_w$: Densidad húmeda.

$P_{MH}$: Peso de la muestra húmeda más molde.

$P_M$: Peso del molde.

$V_M$: Volumen del molde.

**Ecuación 9:**
*Formula de la densidad seca:*

$$\rho_d = \frac{\rho_w}{1 + \frac{w}{100}}$$

Donde:

$\rho_w$: Densidad húmeda.

$w$: Contenido de agua en porcentaje.

$\rho_d$: Densidad seca. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 108)

**5.3.6.4 Recopilación de datos:**

Se registraron los pesos de las muestras compactadas y sus respectivos contenidos de humedad, determinándose la densidad seca máxima y el contenido óptimo de humedad.

## Tabla 46

*Datos del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Saylla sin la adición de ARD y Tierra de Diatomeas*

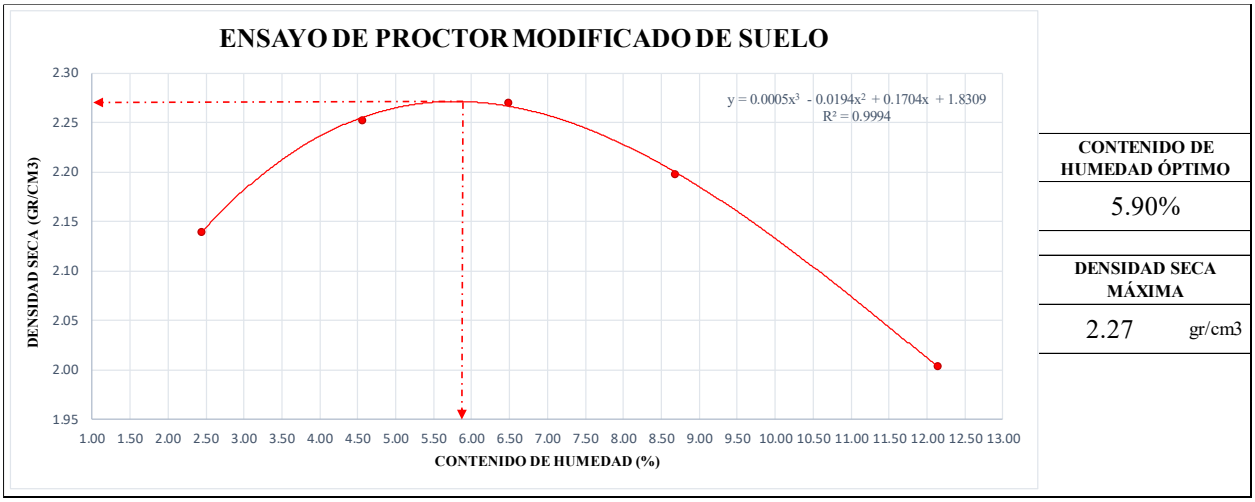
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECANICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta | **Fecha de ensayo:** | 12 de abril del 2024 |
| | Lenin Eduardo Peña Surco | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Saylla |
| **Region:** | Cusco | **Descripción del ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |
| **Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de compactación Proctor Modificado del suelo** | | | |
| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

| **DESCRIPCIÓN** | **UND** | **MUESTRA 01** | | **MUESTRA 02** | | **MUESTRA 03** | | **MUESTRA 04** | | **MUESTRA 05** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Peso de la muestra humeda +molde** | **gr** | 4059.27 | | 4213.12 | | 4272.49 | | 4245.13 | | 4110.92 | |
| **Peso del molde** | **gr** | 1990.75 | | 1990.75 | | 1990.75 | | 1990.75 | | 1990.75 | |
| **Peso muestra humeda** | **gr** | 2068.52 | | 2222.37 | | 2281.74 | | 2254.38 | | 2120.17 | |
| **Volumen del molde** | **cm3** | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | |
| **Densidad humeda** | **gr/cm3** | 2.19 | | 2.35 | | 2.42 | | 2.39 | | 2.25 | |
| **Recipiente metálico** | **und** | **C2-01** | | **C2-02** | | **C2-03** | | **C2-04** | | **C2-05** | |
| **Peso de la muestra humeda + tara** | **gr** | 93.31 | 96.81 | 98.58 | 141.93 | 149.65 | 146.38 | 154.68 | 127.31 | 120.49 | 138.22 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 92.35 | 95.90 | 96.77 | 138.27 | 144.07 | 140.93 | 146.84 | 121.94 | 113.54 | 129.56 |
| **Peso del agua** | **gr** | 0.96 | 0.91 | 1.81 | 3.66 | 5.58 | 5.45 | 7.84 | 5.37 | 6.95 | 8.66 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 52.59 | 59.02 | 57.10 | 57.81 | 58.23 | 56.81 | 58.19 | 58.95 | 57.11 | 57.18 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 39.76 | 36.88 | 39.67 | 80.46 | 85.84 | 84.12 | 88.65 | 62.99 | 56.43 | 72.38 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 2.41 | 2.47 | 4.56 | 4.55 | 6.50 | 6.48 | 8.84 | 8.53 | 12.32 | 11.96 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | **2.44** | | **4.56** | | **6.49** | | **8.68** | | **12.14** | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | **2.14** | | **2.25** | | **2.27** | | **2.20** | | **2.00** | |

Fuente: Elaboración propia

## Gráfica 40

*Densidad seca vs Contenido de humedad de la cantera de Saylla sin la adición de ARD y Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

## Tabla 47

*Datos del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Saylla con adición de 0% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas*

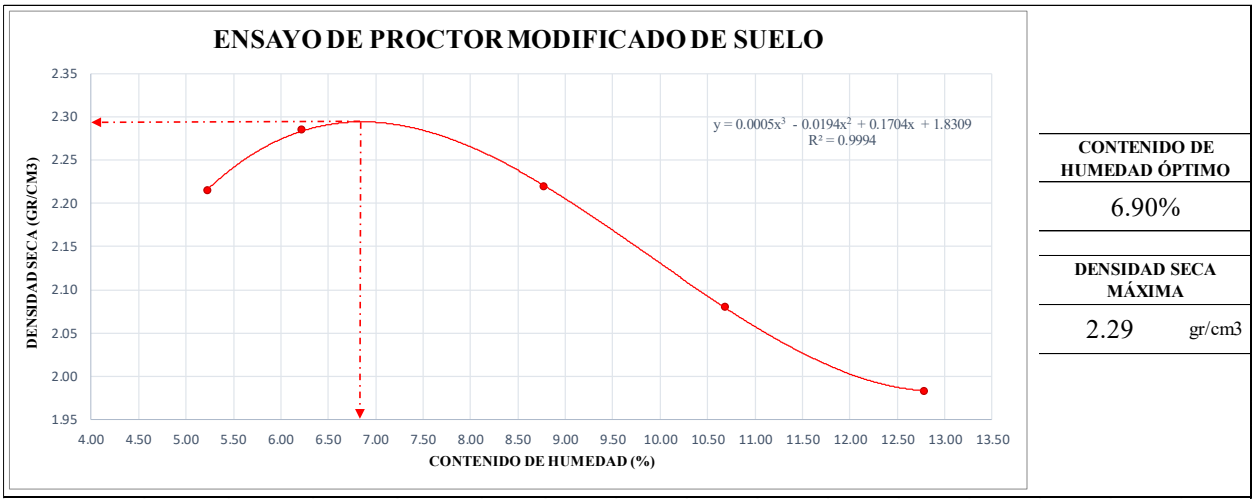
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECANICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 12 de abril del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Saylla |
| **Region:** | Cusco | **Descripción del ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |
| **Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de compactación Proctor Modificado del suelo** | | | |
| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 1 |

| **DESCRIPCIÓN** | **UND** | **MUESTRA 01** | | **MUESTRA 02** | | **MUESTRA 03** | | **MUESTRA 04** | | **MUESTRA 05** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Peso de la muestra humeda +molde** | **gr** | 4227.43 | | 4317.80 | | 4305.62 | | 4200.44 | | 4138.14 | |
| **Peso del molde** | **gr** | 2027.49 | | 2027.49 | | 2027.49 | | 2027.49 | | 2027.49 | |
| **Peso muestra humeda** | **gr** | 2199.94 | | 2290.31 | | 2278.13 | | 2172.95 | | 2110.65 | |
| **Volumen del molde** | **cm3** | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | |
| **Densidad humeda** | **gr/cm3** | 2.33 | | 2.43 | | 2.41 | | 2.30 | | 2.24 | |
| **Recipiente metálico** | **und** | **C2-01** | | **C2-02** | | **C2-03** | | **C2-04** | | **C2-05** | |
| **Peso de la muestra humeda + tara** | **gr** | 93.83 | 103.61 | 136.32 | 100.28 | 97.28 | 161.33 | 91.10 | 91.24 | 125.85 | 161.99 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 91.80 | 101.68 | 131.48 | 98.25 | 94.03 | 153.06 | 87.64 | 87.28 | 118.63 | 150.54 |
| **Peso del agua** | **gr** | 2.03 | 1.93 | 4.84 | 2.03 | 3.25 | 8.27 | 3.46 | 3.96 | 7.22 | 11.45 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 56.62 | 60.53 | 57.08 | 64.04 | 57.98 | 56.14 | 53.79 | 51.77 | 63.01 | 59.56 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 35.18 | 41.15 | 74.40 | 34.21 | 36.05 | 96.92 | 33.85 | 35.51 | 55.62 | 90.98 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 5.77 | 4.69 | 6.51 | 5.93 | 9.02 | 8.53 | 10.22 | 11.15 | 12.98 | 12.59 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | **5.23** | | **6.22** | | **8.77** | | **10.69** | | **12.78** | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | **2.22** | | **2.28** | | **2.22** | | **2.08** | | **1.98** | |

Fuente: Elaboración propia

## Gráfica 41

*Densidad seca vs Contenido de humedad de la cantera de Saylla con adición de 0% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

## Tabla 48

*Datos del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Saylla con adición de 0% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas*

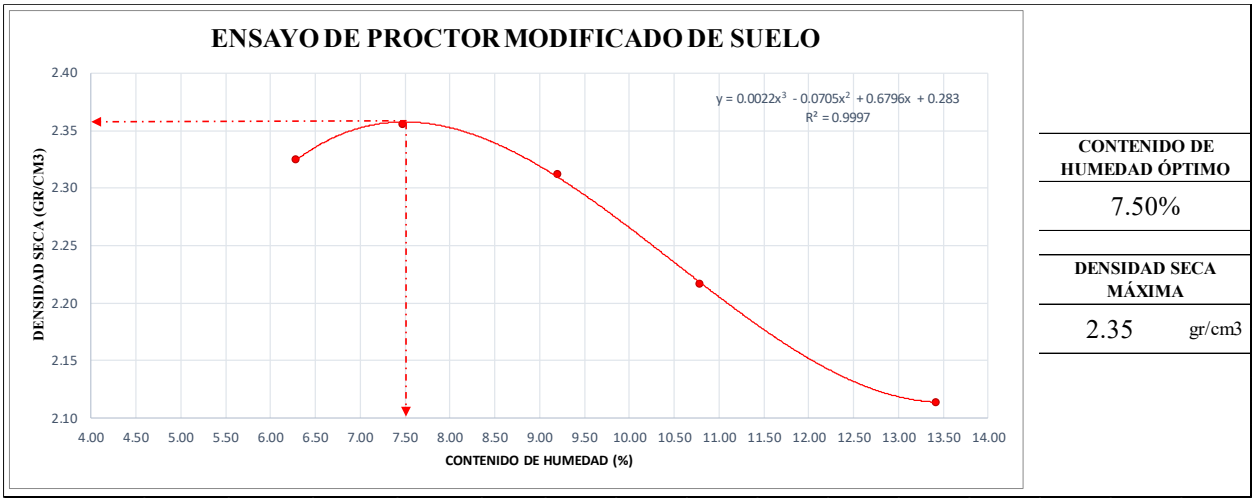
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECANICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta | **Fecha de ensayo:** | 15 de abril del 2024 |
| | Lenin Eduardo Peña Surco | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Saylla |
| **Region:** | Cusco | **Descripción del ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |
| **Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de compactación Proctor Modificado del suelo** | | | |
| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 2 |

| **DESCRIPCIÓN** | **UND** | **MUESTRA 01** | | **MUESTRA 02** | | **MUESTRA 03** | | **MUESTRA 04** | | **MUESTRA 05** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Peso de la muestra humeda +molde** | **gr** | 4359.45 | | 4416.30 | | 4410.27 | | 4345.07 | | 4290.00 | |
| **Peso del molde** | **gr** | 2027.46 | | 2027.46 | | 2027.46 | | 2027.46 | | 2027.46 | |
| **Peso muestra humeda** | **gr** | 2331.99 | | 2388.84 | | 2382.81 | | 2317.61 | | 2262.54 | |
| **Volumen del molde** | **cm3** | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | |
| **Densidad humeda** | **gr/cm3** | 2.47 | | 2.53 | | 2.52 | | 2.46 | | 2.40 | |
| **Recipiente metálico** | **und** | **CS-63** | | **AF-M2** | | **CP-50** | | **CP-E** | | **CP-48** | |
| **Peso de la muestra humeda + tara** | **gr** | 104.42 | 104.23 | 96.99 | 144.33 | 169.42 | 138.10 | 144.19 | 143.15 | 187.52 | 135.21 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 101.71 | 101.38 | 93.94 | 138.00 | 160.72 | 131.00 | 136.24 | 134.97 | 172.55 | 126.28 |
| **Peso del agua** | **gr** | 2.71 | 2.85 | 3.05 | 6.33 | 8.70 | 7.10 | 7.95 | 8.18 | 14.97 | 8.93 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 56.61 | 57.94 | 53.79 | 51.81 | 63.02 | 56.14 | 57.06 | 64.03 | 59.57 | 60.52 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 45.10 | 43.44 | 40.15 | 86.19 | 97.70 | 74.86 | 79.18 | 70.94 | 112.98 | 65.76 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 6.01 | 6.56 | 7.60 | 7.34 | 8.90 | 9.48 | 10.04 | 11.53 | 13.25 | 13.58 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | **6.28** | | **7.47** | | **9.19** | | **10.79** | | **13.41** | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | **2.33** | | **2.36** | | **2.31** | | **2.22** | | **2.11** | |

Fuente: Elaboración propia

## Gráfica 42

*Densidad seca vs Contenido de humedad de la cantera de Saylla con adición de 0% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

## Tabla 49

*Datos del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Saylla con adición de 0% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas*

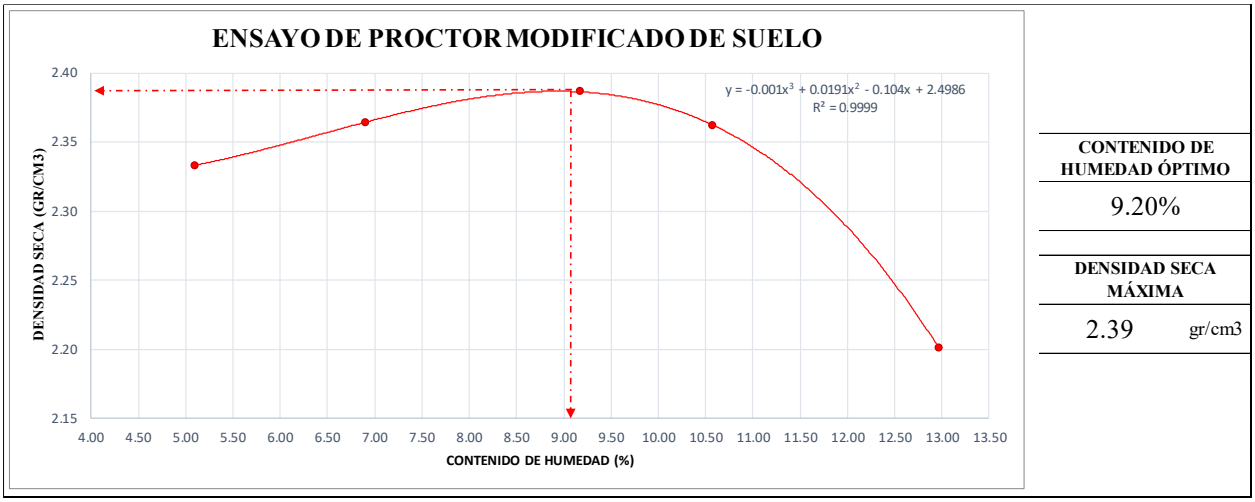
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECANICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta | **Fecha de ensayo:** | 15 de abril del 2024 |
| | Lenin Eduardo Peña Surco | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Saylla |
| **Region:** | Cusco | **Descripción del ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |
| **Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de compactación Proctor Modificado del suelo** | | | |
| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 3 |

| DESCRIPCIÓN | UND | MUESTRA 01 | | MUESTRA 02 | | MUESTRA 03 | | MUESTRA 04 | | MUESTRA 05 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Peso de la muestra humeda +molde** | **gr** | 4341.45 | | 4412.34 | | 4486.90 | | 4492.04 | | 4373.83 | |
| **Peso del molde** | **gr** | 2027.40 | | 2027.40 | | 2027.40 | | 2027.40 | | 2027.40 | |
| **Peso muestra humeda** | **gr** | 2314.05 | | 2384.94 | | 2459.50 | | 2464.64 | | 2346.43 | |
| **Volumen del molde** | **cm3** | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | |
| **Densidad humeda** | **gr/cm3** | 2.45 | | 2.53 | | 2.61 | | 2.61 | | 2.49 | |
| **Recipiente metálico** | **und** | **AF-M2** | | **CP-02** | | **C2-M3** | | **CP-54** | | **CP-50** | |
| **Peso de la muestra humeda + tara** | **gr** | 154.39 | 138.46 | 141.00 | 92.09 | 124.81 | 151.17 | 160.68 | 148.83 | 161.89 | 150.67 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 149.53 | 134.25 | 135.71 | 89.77 | 118.93 | 144.09 | 150.76 | 140.60 | 150.23 | 140.12 |
| **Peso del agua** | **gr** | 4.86 | 4.21 | 5.29 | 2.32 | 5.88 | 7.08 | 9.92 | 8.23 | 11.66 | 10.55 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 53.79 | 51.80 | 57.99 | 56.61 | 57.06 | 64.02 | 60.51 | 59.57 | 63.01 | 56.15 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 95.74 | 82.45 | 77.72 | 33.16 | 61.87 | 80.07 | 90.25 | 81.03 | 87.22 | 83.97 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 5.08 | 5.11 | 6.81 | 7.00 | 9.50 | 8.84 | 10.99 | 10.16 | 13.37 | 12.56 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | **5.09** | | **6.90** | | **9.17** | | **10.57** | | **12.97** | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | **2.33** | | **2.36** | | **2.39** | | **2.36** | | **2.20** | |

Fuente: Elaboración propia

## Gráfica 43

*Densidad seca vs Contenido de humedad de la cantera de Saylla con adición de 0% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

## Tabla 50

*Datos del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Saylla con adición de 1% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas*

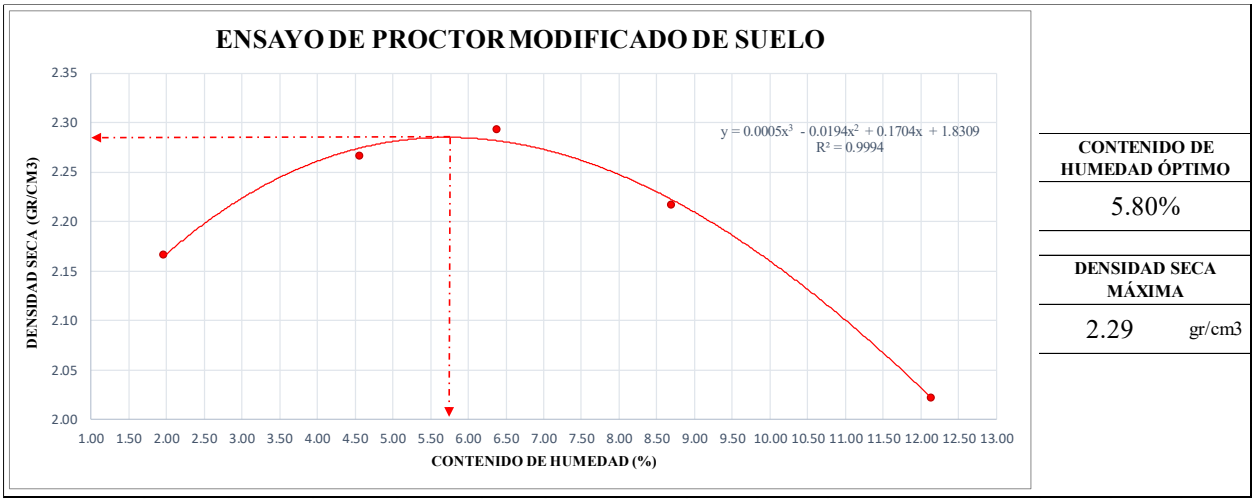
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECANICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta | **Fecha de ensayo:** | 18 de abril del 2024 |
| | Lenin Eduardo Peña Surco | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Saylla |
| **Region:** | Cusco | **Descripción del ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |
| **Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de compactación Proctor Modificado del suelo** | | | |
| **% Aceite Residual Degradado** | 1 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

| **DESCRIPCIÓN** | **UND** | **MUESTRA 01** | | **MUESTRA 02** | | **MUESTRA 03** | | **MUESTRA 04** | | **MUESTRA 05** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Peso de la muestra humeda +molde** | **gr** | 4075.27 | | 4226.95 | | 4292.49 | | 4265.13 | | 4130.92 | |
| **Peso del molde** | **gr** | 1990.75 | | 1990.75 | | 1990.75 | | 1990.75 | | 1990.75 | |
| **Peso muestra humeda** | **gr** | 2084.52 | | 2236.20 | | 2301.74 | | 2274.38 | | 2140.17 | |
| **Volumen del molde** | **cm3** | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | |
| **Densidad humeda** | **gr/cm3** | 2.21 | | 2.37 | | 2.44 | | 2.41 | | 2.27 | |
| **Recipiente metálico** | **und** | **C2-01** | | **C2-02** | | **C2-03** | | **C2-04** | | **C2-05** | |
| **Peso de la muestra humeda + tara** | **gr** | 93.08 | 96.67 | 98.58 | 141.93 | 149.60 | 146.23 | 154.68 | 127.31 | 120.49 | 138.22 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 92.35 | 95.90 | 96.77 | 138.27 | 144.07 | 140.93 | 146.84 | 121.94 | 113.54 | 129.56 |
| **Peso del agua** | **gr** | 0.73 | 0.77 | 1.81 | 3.66 | 5.53 | 5.30 | 7.84 | 5.37 | 6.95 | 8.66 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 52.59 | 59.02 | 57.10 | 57.81 | 58.23 | 56.81 | 58.19 | 58.95 | 57.11 | 57.18 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 39.76 | 36.88 | 39.67 | 80.46 | 85.84 | 84.12 | 88.65 | 62.99 | 56.43 | 72.38 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 1.84 | 2.09 | 4.56 | 4.55 | 6.44 | 6.30 | 8.84 | 8.53 | 12.32 | 11.96 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | **1.96** | | **4.56** | | **6.37** | | **8.68** | | **12.14** | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | **2.17** | | **2.27** | | **2.29** | | **2.22** | | **2.02** | |

Fuente: Elaboración propia

## Gráfica 44

*Densidad seca vs Contenido de humedad de la cantera de Saylla con adición de 1% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

## Tabla 51

*Datos del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Saylla con adición de 1% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas*

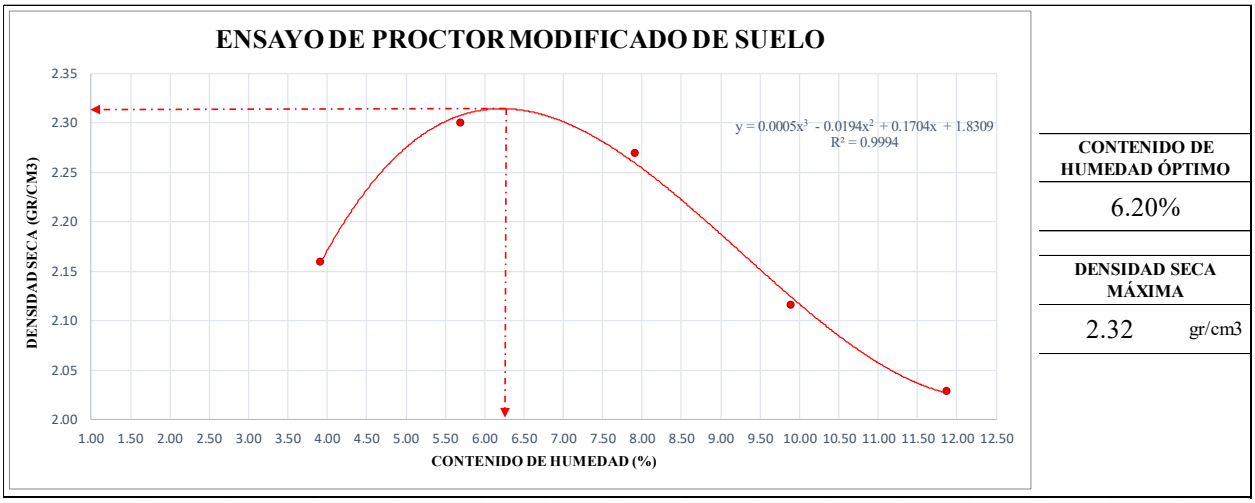
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECANICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta | **Fecha de ensayo:** | 18 de abril del 2024 |
| | Lenin Eduardo Peña Surco | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Saylla |
| **Region:** | Cusco | **Descripción del ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |
| **Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de compactación Proctor Modificado del suelo** | | | |
| **% Aceite Residual Degradado** | 1 | **% Tierra de Diatomeas** | 1 |

| **DESCRIPCIÓN** | **UND** | **MUESTRA 01** | | **MUESTRA 02** | | **MUESTRA 03** | | **MUESTRA 04** | | **MUESTRA 05** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Peso de la muestra humeda +molde** | **gr** | 4321.81 | | 4338.79 | | 4221.93 | | 4169.10 | | 4144.34 | |
| **Peso del molde** | **gr** | 2027.15 | | 2027.15 | | 2027.15 | | 2027.15 | | 2027.15 | |
| **Peso muestra humeda** | **gr** | 2294.66 | | 2311.64 | | 2194.78 | | 2141.95 | | 2117.19 | |
| **Volumen del molde** | **cm3** | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | |
| **Densidad humeda** | **gr/cm3** | 2.43 | | 2.45 | | 2.33 | | 2.27 | | 2.24 | |
| **Recipiente metálico** | **und** | **CP-M2** | | **CP-16** | | **CP-10** | | **CP-M3** | | **CP-43** | |
| **Peso de la muestra humeda + tara** | **gr** | 144.25 | 158.01 | 137.30 | 120.89 | 156.84 | 130.47 | 103.47 | 117.85 | 128.52 | 149.03 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 139.47 | 152.72 | 131.46 | 116.46 | 147.78 | 124.12 | 98.76 | 111.30 | 126.04 | 145.45 |
| **Peso del agua** | **gr** | 4.78 | 5.29 | 5.84 | 4.43 | 9.06 | 6.35 | 4.71 | 6.55 | 2.48 | 3.58 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 55.84 | 59.56 | 57.65 | 60.50 | 57.88 | 58.72 | 58.73 | 56.54 | 57.87 | 59.59 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 83.63 | 93.16 | 73.81 | 55.96 | 89.90 | 65.40 | 40.03 | 54.76 | 68.17 | 85.86 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 5.72 | 5.68 | 7.91 | 7.92 | 10.08 | 9.71 | 11.77 | 11.96 | 3.64 | 4.17 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | **5.70** | | **7.91** | | **9.89** | | **11.86** | | **3.90** | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | **2.30** | | **2.27** | | **2.12** | | **2.03** | | **2.16** | |

Fuente: Elaboración propia

## Gráfica 45

*Densidad seca vs Contenido de humedad de la cantera de Saylla con adición de 1% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

## Tabla 52

*Datos del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Saylla con adición de 1% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas*

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECANICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 23 de abril del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Saylla |
| **Region:** | Cusco | **Descripción del ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de compactación Proctor Modificado del suelo**

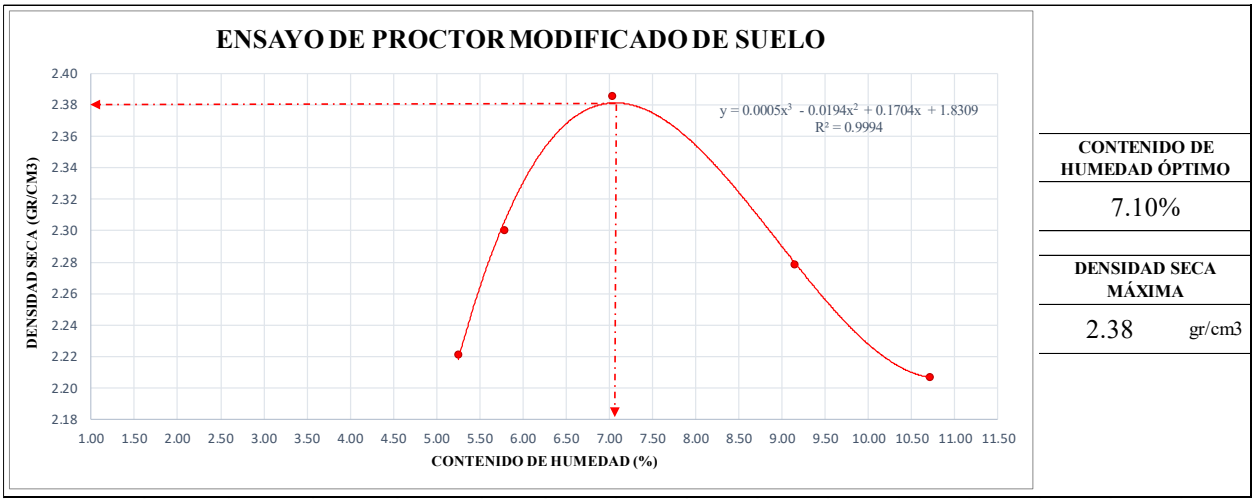
| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 1 | **% Tierra de Diatomeas** | 2 |

| **DESCRIPCIÓN** | **UND** | **MUESTRA 01** | | **MUESTRA 02** | | **MUESTRA 03** | | **MUESTRA 04** | | **MUESTRA 05** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Peso de la muestra humeda +molde** | **gr** | 4233.35 | | 4323.17 | | 4436.44 | | 4373.63 | | 4333.01 | |
| **Peso del molde** | **gr** | 2026.99 | | 2026.99 | | 2026.99 | | 2026.99 | | 2026.99 | |
| **Peso muestra humeda** | **gr** | 2206.36 | | 2296.18 | | 2409.45 | | 2346.64 | | 2306.02 | |
| **Volumen del molde** | **cm3** | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | |
| **Densidad humeda** | **gr/cm3** | 2.34 | | 2.43 | | 2.55 | | 2.49 | | 2.44 | |
| **Recipiente metálico** | **und** | **CP-63** | | **AF-M2** | | **CP-28** | | **CP-31** | | **CP-49** | |
| **Peso de la muestra humeda + tara** | **gr** | 153.05 | 121.81 | 137.09 | 105.21 | 151.46 | 105.75 | 155.94 | 152.65 | 116.14 | 120.93 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 148.36 | 118.54 | 132.57 | 102.26 | 145.28 | 103.00 | 147.62 | 144.46 | 110.10 | 114.96 |
| **Peso del agua** | **gr** | 4.69 | 3.27 | 4.52 | 2.95 | 6.18 | 2.75 | 8.32 | 8.19 | 6.04 | 5.97 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 57.89 | 57.04 | 53.77 | 51.78 | 57.32 | 64.01 | 58.49 | 52.99 | 56.12 | 56.68 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 90.47 | 61.50 | 78.80 | 50.48 | 87.96 | 38.99 | 89.13 | 91.47 | 53.98 | 58.28 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 5.18 | 5.32 | 5.74 | 5.84 | 7.03 | 7.05 | 9.33 | 8.95 | 11.19 | 10.24 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | **5.25** | | **5.79** | | **7.04** | | **9.14** | | **10.72** | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | **2.22** | | **2.30** | | **2.39** | | **2.28** | | **2.21** | |

Fuente: Elaboración propia

## Gráfica 46

*Densidad seca vs Contenido de humedad de la cantera de Saylla con adición de 1% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

## Tabla 53

*Datos del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Saylla con adición de 1% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas*

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECANICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta | **Fecha de ensayo:** | 23 de abril del 2024 |
| | Lenin Eduardo Peña Surco | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Saylla |
| **Region:** | Cusco | **Descripción del ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de compactación Proctor Modificado del suelo**

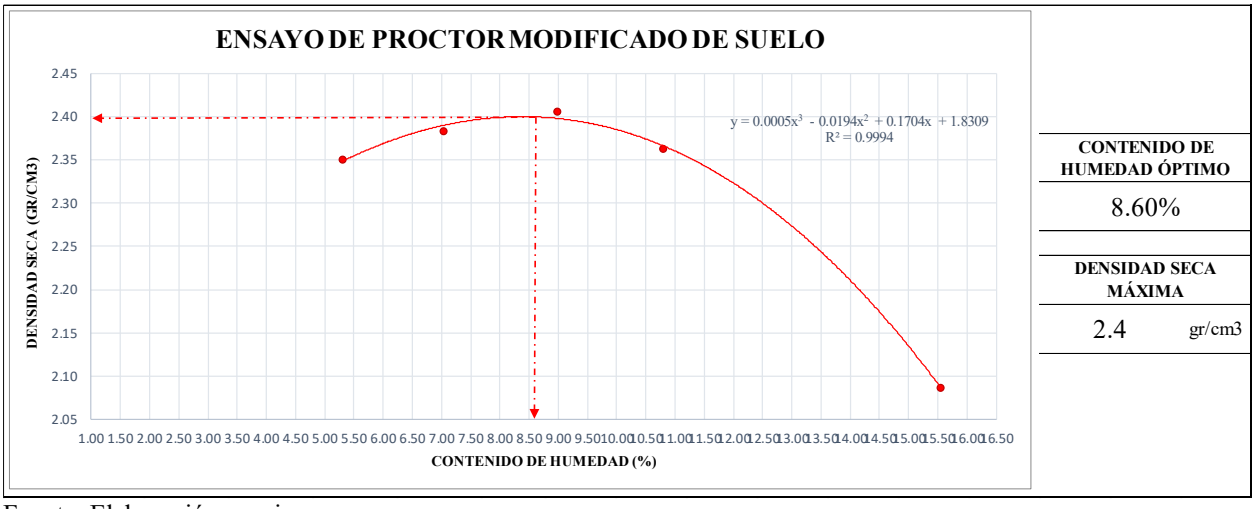
| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 1 | **% Tierra de Diatomeas** | 3 |

| **DESCRIPCIÓN** | **UND** | **MUESTRA 01** | | **MUESTRA 02** | | **MUESTRA 03** | | **MUESTRA 04** | | **MUESTRA 05** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Peso de la muestra humeda +molde** | **gr** | 4363.56 | | 4434.93 | | 4502.03 | | 4497.44 | | 4302.84 | |
| **Peso del molde** | **gr** | 2027.40 | | 2027.40 | | 2027.40 | | 2027.40 | | 2027.40 | |
| **Peso muestra humeda** | **gr** | 2336.16 | | 2407.53 | | 2474.63 | | 2470.04 | | 2275.44 | |
| **Volumen del molde** | **cm3** | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | |
| **Densidad humeda** | **gr/cm3** | 2.48 | | 2.55 | | 2.62 | | 2.62 | | 2.41 | |
| **Recipiente metálico** | **und** | **CP-19** | | **CP-M1** | | **CP-10** | | **AF-M2** | | **C3-A2** | |
| **Peso de la muestra humeda + tara** | **gr** | 162.30 | 141.64 | 151.90 | 154.87 | 154.58 | 159.31 | 152.22 | 166.32 | 191.32 | 167.03 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 157.03 | 137.40 | 145.62 | 148.57 | 146.62 | 150.77 | 143.17 | 155.84 | 173.30 | 152.48 |
| **Peso del agua** | **gr** | 5.27 | 4.24 | 6.28 | 6.30 | 7.96 | 8.54 | 9.05 | 10.48 | 18.02 | 14.55 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 57.37 | 57.89 | 56.60 | 58.77 | 57.89 | 55.85 | 59.60 | 58.55 | 57.64 | 58.77 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 99.66 | 79.51 | 89.02 | 89.80 | 88.73 | 94.92 | 83.57 | 97.29 | 115.66 | 93.71 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 5.29 | 5.33 | 7.05 | 7.02 | 8.97 | 9.00 | 10.83 | 10.77 | 15.58 | 15.53 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | **5.31** | | **7.04** | | **8.98** | | **10.80** | | **15.55** | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | **2.35** | | **2.38** | | **2.41** | | **2.36** | | **2.09** | |

Fuente: Elaboración propia

## Gráfica 47

*Densidad seca vs Contenido de humedad de la cantera de Saylla con adición de 1% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

## Tabla 54

*Datos del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Saylla con adición de 2% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas*

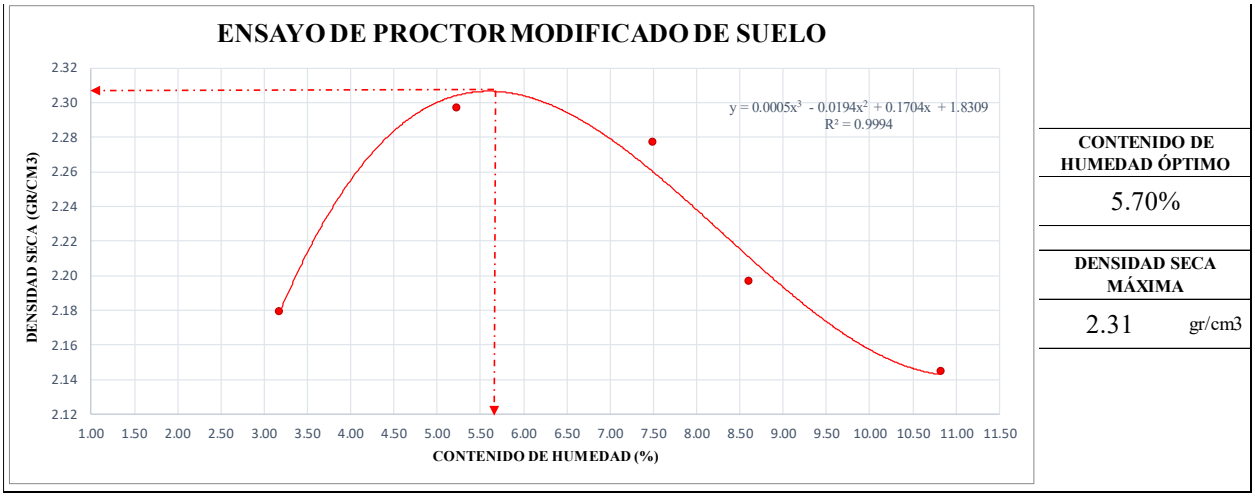
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECANICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta | **Fecha de ensayo:** | 25 de abril del 2024 |
| | Lenin Eduardo Peña Surco | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Saylla |
| **Region:** | Cusco | **Descripción del ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |
| **Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de compactación Proctor Modificado del suelo** | | | |
| **% Aceite Residual Degradado** | 2 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

| **DESCRIPCIÓN** | **UND** | **MUESTRA 01** | | **MUESTRA 02** | | **MUESTRA 03** | | **MUESTRA 04** | | **MUESTRA 05** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Peso de la muestra humeda +molde** | **gr** | 4308.35 | | 4337.52 | | 4278.93 | | 4270.34 | | 4149.21 | |
| **Peso del molde** | **gr** | 2027.15 | | 2027.15 | | 2027.15 | | 2027.15 | | 2027.15 | |
| **Peso muestra humeda** | **gr** | 2281.20 | | 2310.37 | | 2251.78 | | 2243.19 | | 2122.06 | |
| **Volumen del molde** | **cm3** | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | |
| **Densidad humeda** | **gr/cm3** | 2.42 | | 2.45 | | 2.39 | | 2.38 | | 2.25 | |
| **Recipiente metálico** | **und** | **CP-49** | | **CP-E** | | **CP-02** | | **AF-M2** | | **CP-28** | |
| **Peso de la muestra humeda + tara** | **gr** | 113.28 | 151.10 | 156.01 | 146.37 | 155.74 | 145.65 | 139.37 | 138.08 | 111.83 | 187.35 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 110.54 | 146.57 | 149.30 | 140.48 | 147.66 | 138.91 | 130.98 | 129.69 | 110.11 | 183.50 |
| **Peso del agua** | **gr** | 2.74 | 4.53 | 6.71 | 5.89 | 8.08 | 6.74 | 8.39 | 8.39 | 1.72 | 3.85 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 56.13 | 63.00 | 57.07 | 64.04 | 57.98 | 56.60 | 53.78 | 51.79 | 57.34 | 58.51 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 54.41 | 83.57 | 92.23 | 76.44 | 89.68 | 82.31 | 77.20 | 77.90 | 52.77 | 124.99 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 5.04 | 5.42 | 7.28 | 7.71 | 9.01 | 8.19 | 10.87 | 10.77 | 3.26 | 3.08 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | **5.23** | | **7.49** | | **8.60** | | **10.82** | | **3.17** | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | **2.30** | | **2.28** | | **2.20** | | **2.14** | | **2.18** | |

Fuente: Elaboración propia

## Gráfica 48

*Densidad seca vs Contenido de humedad de la cantera de Saylla con adición de 2% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas*




| **CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO** | |
|---|---|
| 5.70% | |
| **DENSIDAD SECA MÁXIMA** | |
| 2.31 | gr/cm3 |

Fuente: Elaboración propia

## Tabla 55

*Datos del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Saylla con adición de 2% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas*

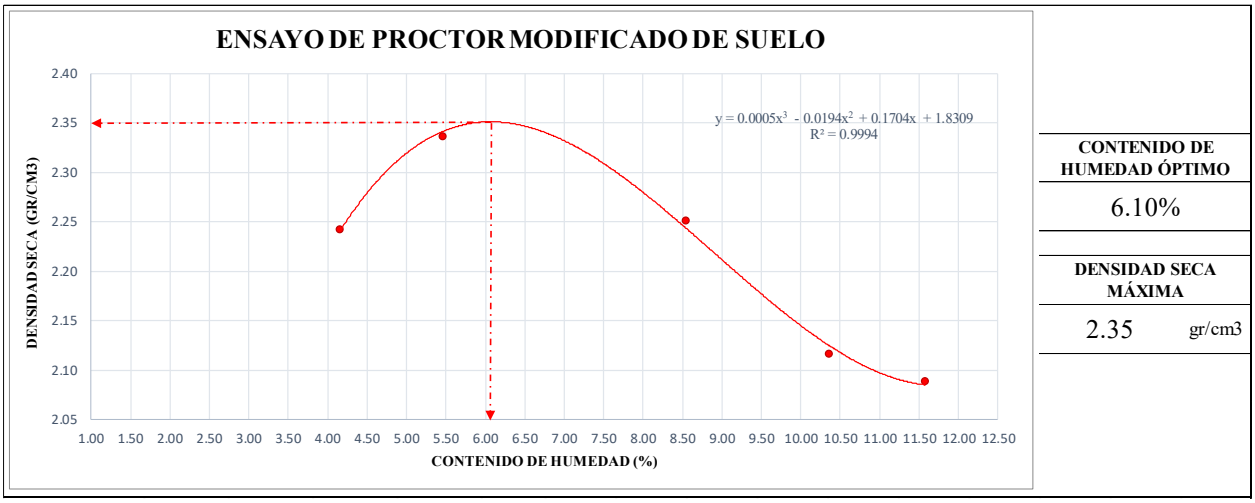
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECANICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta | **Fecha de ensayo:** | 25 de abril del 2024 |
| | Lenin Eduardo Peña Surco | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Saylla |
| **Region:** | Cusco | **Descripción del ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |
| **Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de compactación Proctor Modificado del suelo** | | | |
| **% Aceite Residual Degradado** | 2 | **% Tierra de Diatomeas** | 1 |

| **DESCRIPCIÓN** | **UND** | **MUESTRA 01** | | **MUESTRA 02** | | **MUESTRA 03** | | **MUESTRA 04** | | **MUESTRA 05** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Peso de la muestra humeda +molde** | **gr** | 4231.30 | | 4352.49 | | 4333.04 | | 4231.20 | | 4226.01 | |
| **Peso del molde** | **gr** | 2026.99 | | 2026.99 | | 2026.99 | | 2026.99 | | 2026.99 | |
| **Peso muestra humeda** | **gr** | 2204.31 | | 2325.50 | | 2306.05 | | 2204.21 | | 2199.02 | |
| **Volumen del molde** | **cm3** | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | |
| **Densidad humeda** | **gr/cm3** | 2.34 | | 2.46 | | 2.44 | | 2.34 | | 2.33 | |
| **Recipiente metálico** | **und** | **CP-M1** | | **CP-54** | | **CP-35** | | **CP-48** | | **CP-43** | |
| **Peso de la muestra humeda + tara** | **gr** | 113.24 | 140.42 | 148.32 | 143.16 | 135.42 | 156.36 | 138.36 | 147.35 | 172.22 | 114.07 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 110.99 | 137.11 | 143.78 | 138.73 | 129.38 | 148.69 | 130.97 | 139.10 | 160.34 | 108.03 |
| **Peso del agua** | **gr** | 2.25 | 3.31 | 4.54 | 4.43 | 6.04 | 7.67 | 7.39 | 8.25 | 11.88 | 6.04 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 56.56 | 57.87 | 60.51 | 57.63 | 58.73 | 58.74 | 59.57 | 59.60 | 57.87 | 55.81 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 54.43 | 79.24 | 83.27 | 81.10 | 70.65 | 89.95 | 71.40 | 79.50 | 102.47 | 52.22 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 4.13 | 4.18 | 5.45 | 5.46 | 8.55 | 8.53 | 10.35 | 10.38 | 11.59 | 11.57 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | **4.16** | | **5.46** | | **8.54** | | **10.36** | | **11.58** | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | **2.24** | | **2.34** | | **2.25** | | **2.12** | | **2.09** | |

Fuente: Elaboración propia

## Gráfica 49

*Densidad seca vs Contenido de humedad de la cantera de Saylla con adición de 2% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

## Tabla 56

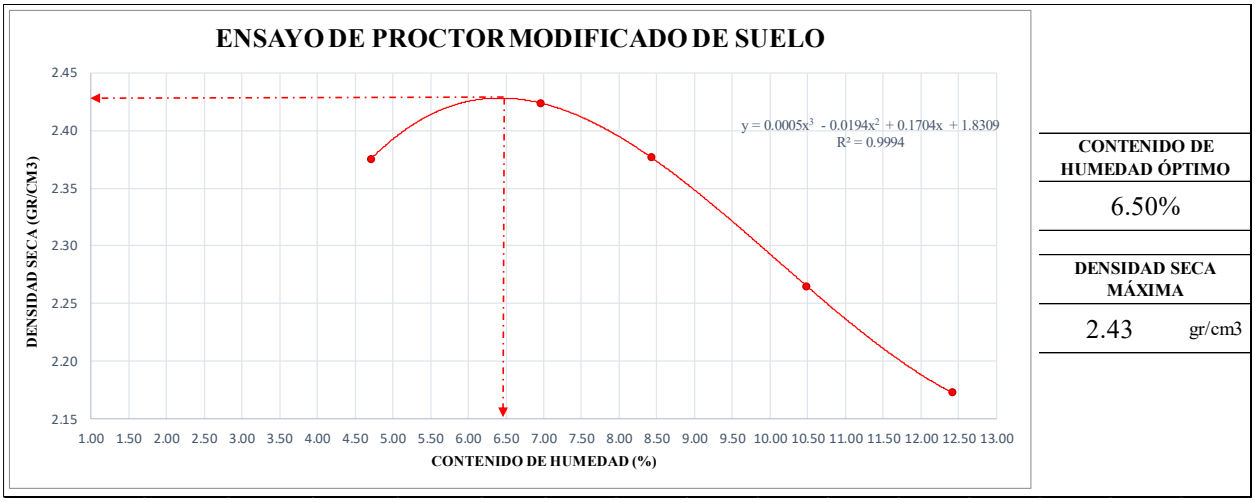
*Datos del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Saylla con adición de 2% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas*

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECANICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | | | | | | | | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta | | **Fecha de ensayo:** | 29 de abril del 2024 | | | | | | | |
| | Lenin Eduardo Peña Surco | | **N° de hoja:** | 1 | | | | | | | |
| **Cantera:** | Saylla | | **Número de muestra:** | N°1 | | | | | | | |
| **Provincia:** | Cusco | | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Saylla | | | | | | | |
| **Region:** | Cusco | | **Descripción del ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo | | | | | | | |
| **Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de compactación Proctor Modificado del suelo** | | | | | | | | | | | |
| **% Aceite Residual Degradado** | 2 | | **% Tierra de Diatomeas** | 2 | | | | | | | |
| **DESCRIPCIÓN** | | **UND** | **MUESTRA 01** | | **MUESTRA 02** | | **MUESTRA 03** | | **MUESTRA 04** | | **MUESTRA 05** |
| **Peso de la muestra humeda +molde** | | **gr** | 4374.22 | | 4473.25 | | 4458.58 | | 4388.41 | | 4331.86 |
| **Peso del molde** | | **gr** | 2026.80 | | 2026.80 | | 2026.80 | | 2026.80 | | 2026.80 |
| **Peso muestra humeda** | | **gr** | 2347.42 | | 2446.45 | | 2431.78 | | 2361.61 | | 2305.06 |
| **Volumen del molde** | | **cm3** | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 |
| **Densidad humeda** | | **gr/cm3** | 2.49 | | 2.59 | | 2.58 | | 2.50 | | 2.44 |
| **Recipiente metálico** | | **und** | **AF-M2** | | **CP-28** | | **CP-31** | | **CP-49** | | **CP-63** |
| **Peso de la muestra humeda + tara** | | **gr** | 96.70 | 134.78 | 184.65 | 154.28 | 102.70 | 177.98 | 151.92 | 136.76 | 164.66 | 158.99 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | | **gr** | 94.60 | 131.37 | 176.14 | 148.57 | 99.39 | 168.70 | 142.99 | 129.02 | 152.77 | 147.83 |
| **Peso del agua** | | **gr** | 2.10 | 3.41 | 8.51 | 5.71 | 3.31 | 9.28 | 8.93 | 7.74 | 11.89 | 11.16 |
| **Peso de la tara** | | **gr** | 53.75 | 51.79 | 57.33 | 64.04 | 58.49 | 62.99 | 56.10 | 56.68 | 57.90 | 57.06 |
| **Peso muestra seca** | | **gr** | 40.85 | 79.58 | 118.81 | 84.53 | 40.90 | 105.71 | 86.89 | 72.34 | 94.87 | 90.77 |
| **Contenido de humedad** | | **%** | 5.14 | 4.28 | 7.16 | 6.75 | 8.09 | 8.78 | 10.28 | 10.70 | 12.53 | 12.29 |
| **Contenido de humedad promedio** | | **%** | **4.71** | | **6.96** | | **8.44** | | **10.49** | | **12.41** |
| **Densidad Seca** | | **gr/cm3** | **2.38** | | **2.42** | | **2.38** | | **2.26** | | **2.17** |

Fuente: Elaboración propia

## Gráfica 50

*Densidad seca vs Contenido de humedad de la cantera de Saylla con adición de 2% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

## Tabla 57

*Datos del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Saylla con adición de 0% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas*

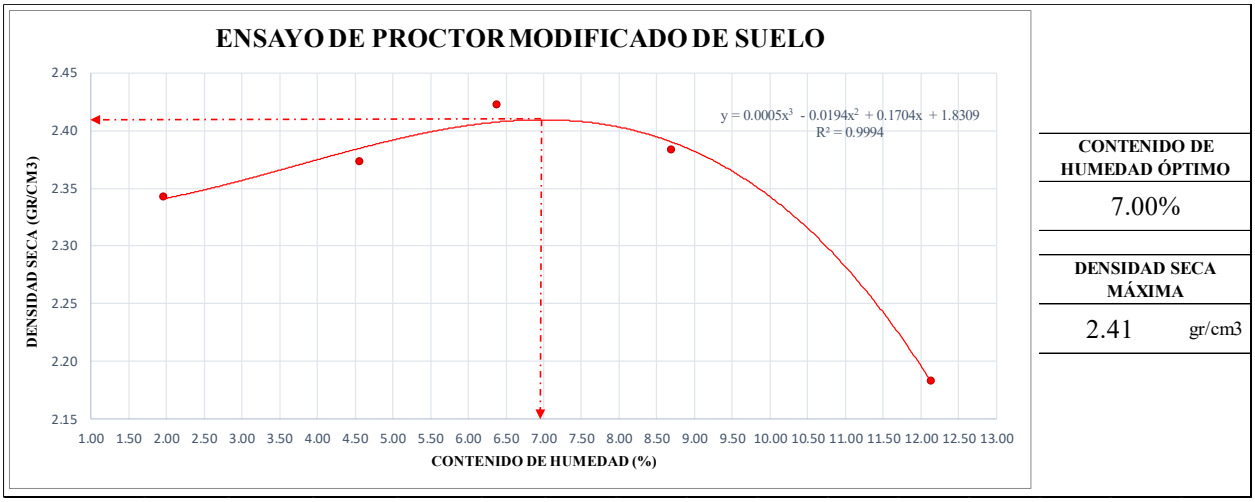
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECANICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 29 de abril del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Saylla |
| **Region:** | Cusco | **Descripción del ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |
| **Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de compactación Proctor Modificado del suelo** | | | |
| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 3 |

| **DESCRIPCIÓN** | **UND** | **MUESTRA 01** | | **MUESTRA 02** | | **MUESTRA 03** | | **MUESTRA 04** | | **MUESTRA 05** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Peso de la muestra humeda +molde** | **gr** | 4245.27 | | 4332.95 | | 4422.49 | | 4435.13 | | 4300.92 | |
| **Peso del molde** | **gr** | 1990.75 | | 1990.75 | | 1990.75 | | 1990.75 | | 1990.75 | |
| **Peso muestra humeda** | **gr** | 2254.52 | | 2342.20 | | 2431.74 | | 2444.38 | | 2310.17 | |
| **Volumen del molde** | **cm3** | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | |
| **Densidad humeda** | **gr/cm3** | 2.39 | | 2.48 | | 2.58 | | 2.59 | | 2.45 | |
| **Recipiente metálico** | **und** | **C2-05** | | **C2-01** | | **C2-02** | | **C2-03** | | **C2-04** | |
| **Peso de la muestra humeda + tara** | **gr** | 93.08 | 96.67 | 98.58 | 141.93 | 149.60 | 146.23 | 154.68 | 127.31 | 120.49 | 138.22 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 92.35 | 95.90 | 96.77 | 138.27 | 144.07 | 140.93 | 146.84 | 121.94 | 113.54 | 129.56 |
| **Peso del agua** | **gr** | 0.73 | 0.77 | 1.81 | 3.66 | 5.53 | 5.30 | 7.84 | 5.37 | 6.95 | 8.66 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 52.59 | 59.02 | 57.10 | 57.81 | 58.23 | 56.81 | 58.19 | 58.95 | 57.11 | 57.18 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 39.76 | 36.88 | 39.67 | 80.46 | 85.84 | 84.12 | 88.65 | 62.99 | 56.43 | 72.38 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 1.84 | 2.09 | 4.56 | 4.55 | 6.44 | 6.30 | 8.84 | 8.53 | 12.32 | 11.96 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | **1.96** | | **4.56** | | **6.37** | | **8.68** | | **12.14** | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | **2.34** | | **2.37** | | **2.42** | | **2.38** | | **2.18** | |

Fuente: Elaboración propia

## Gráfica 51

*Densidad seca vs Contenido de humedad de la cantera de Saylla con adición de 0% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

## Tabla 58

*Datos del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Saylla con adición de 3% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas*

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECANICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 30 de abril del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Saylla |
| **Region:** | Cusco | **Descripción del ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de compactación Proctor Modificado del suelo**

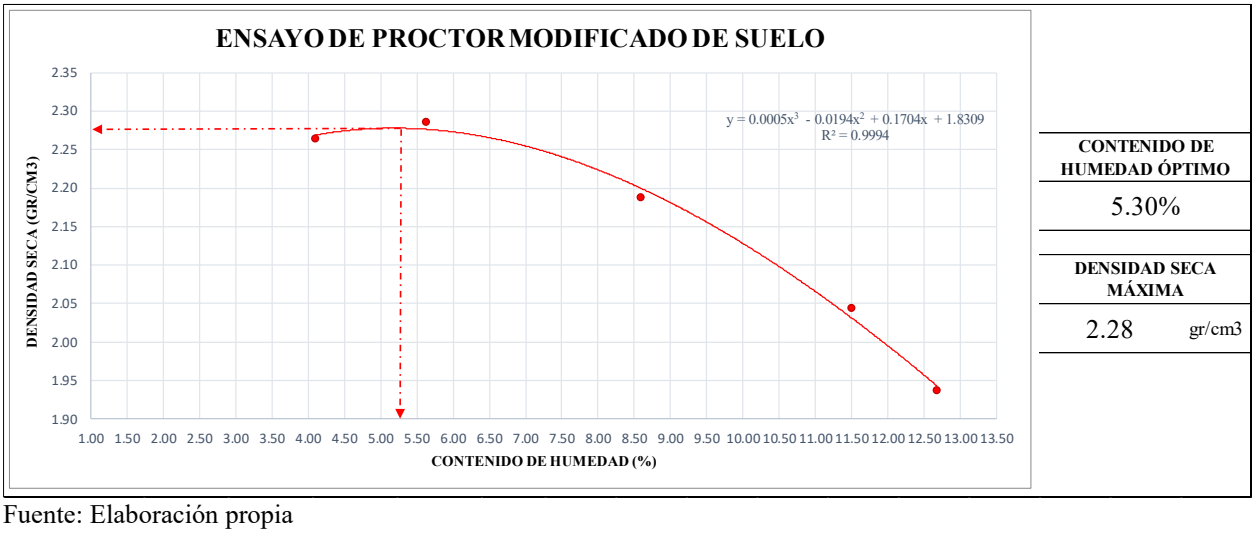
| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 3 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

| **DESCRIPCIÓN** | **UND** | **MUESTRA 01** | | **MUESTRA 02** | | **MUESTRA 03** | | **MUESTRA 04** | | **MUESTRA 05** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Peso de la muestra humeda +molde** | **gr** | 4251.72 | | 4306.22 | | 4269.40 | | 4178.03 | | 4086.47 | |
| **Peso del molde** | **gr** | 2027.15 | | 2027.15 | | 2027.15 | | 2027.15 | | 2027.15 | |
| **Peso muestra humeda** | **gr** | 2224.57 | | 2279.07 | | 2242.25 | | 2150.88 | | 2059.32 | |
| **Volumen del molde** | **cm3** | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | |
| **Densidad humeda** | **gr/cm3** | 2.36 | | 2.42 | | 2.38 | | 2.28 | | 2.18 | |
| **Recipiente metálico** | **und** | **AF-M2** | | **CP-M4** | | **CP-31** | | **CP-63** | | **CP-M3** | |
| **Peso de la muestra humeda + tara** | **gr** | 166.28 | 111.42 | 105.88 | 111.14 | 97.92 | 103.04 | 99.01 | 134.16 | 102.04 | 92.30 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 161.89 | 109.06 | 103.66 | 108.27 | 94.80 | 99.87 | 94.81 | 126.10 | 97.02 | 88.20 |
| **Peso del agua** | **gr** | 4.39 | 2.36 | 2.22 | 2.87 | 3.12 | 3.17 | 4.20 | 8.06 | 5.02 | 4.10 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 53.75 | 51.76 | 64.05 | 57.35 | 58.51 | 62.98 | 57.91 | 56.68 | 57.09 | 56.14 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 108.14 | 57.30 | 39.61 | 50.92 | 36.29 | 36.89 | 36.90 | 69.42 | 39.93 | 32.06 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 4.06 | 4.12 | 5.60 | 5.64 | 8.60 | 8.59 | 11.38 | 11.61 | 12.57 | 12.79 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | **4.09** | | **5.62** | | **8.60** | | **11.50** | | **12.68** | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | **2.26** | | **2.29** | | **2.19** | | **2.04** | | **1.94** | |

Fuente: Elaboración propia

## Gráfica 52

*Densidad seca vs Contenido de humedad de la cantera de Saylla con adición de 3% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

## Tabla 59

*Datos del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Saylla con adición de 3% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas*

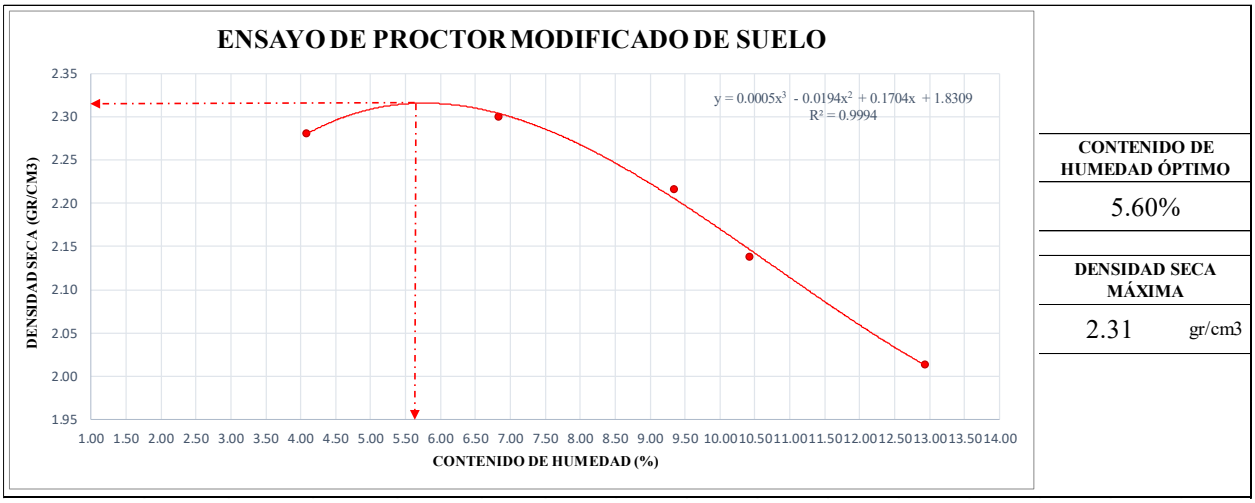
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECANICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta | **Fecha de ensayo:** | 30 de abril del 2024 |
| | Lenin Eduardo Peña Surco | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Saylla |
| **Region:** | Cusco | **Descripción del ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |
| **Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de compactación Proctor Modificado del suelo** | | | |
| **% Aceite Residual Degradado** | 3 | **% Tierra de Diatomeas** | 1 |

| **DESCRIPCIÓN** | **UND** | **MUESTRA 01** | | **MUESTRA 02** | | **MUESTRA 03** | | **MUESTRA 04** | | **MUESTRA 05** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Peso de la muestra humeda +molde** | **gr** | 4268.68 | | 4347.74 | | 4315.47 | | 4256.48 | | 4174.92 | |
| **Peso del molde** | **gr** | 2028.62 | | 2028.62 | | 2028.62 | | 2028.62 | | 2028.62 | |
| **Peso muestra humeda** | **gr** | 2240.06 | | 2319.12 | | 2286.85 | | 2227.86 | | 2146.30 | |
| **Volumen del molde** | **cm3** | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | |
| **Densidad humeda** | **gr/cm3** | 2.37 | | 2.46 | | 2.42 | | 2.36 | | 2.27 | |
| **Recipiente metálico** | **und** | **CP-G14** | | **CP-20** | | **CP-18** | | **CP-49** | | **CP-44** | |
| **Peso de la muestra humeda + tara** | **gr** | 130.91 | 118.60 | 146.74 | 129.87 | 102.10 | 113.99 | 85.84 | 115.84 | 101.14 | 130.40 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 128.31 | 116.08 | 141.04 | 125.15 | 98.61 | 109.08 | 83.11 | 110.72 | 96.21 | 121.83 |
| **Peso del agua** | **gr** | 2.60 | 2.52 | 5.70 | 4.72 | 3.49 | 4.91 | 2.73 | 5.12 | 4.93 | 8.57 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 58.06 | 59.63 | 59.03 | 54.92 | 60.68 | 57.28 | 56.02 | 63.18 | 57.17 | 57.14 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 70.25 | 56.45 | 82.01 | 70.23 | 37.93 | 51.80 | 27.09 | 47.54 | 39.04 | 64.69 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 3.70 | 4.46 | 6.95 | 6.72 | 9.20 | 9.48 | 10.08 | 10.77 | 12.63 | 13.25 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | **4.08** | | **6.84** | | **9.34** | | **10.42** | | **12.94** | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | **2.28** | | **2.30** | | **2.22** | | **2.14** | | **2.01** | |

Fuente: Elaboración propia

## Gráfica 53

*Densidad seca vs Contenido de humedad de la cantera de Saylla con adición de 3% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

## Tabla 60

*Datos del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Saylla con adición de 3% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas*

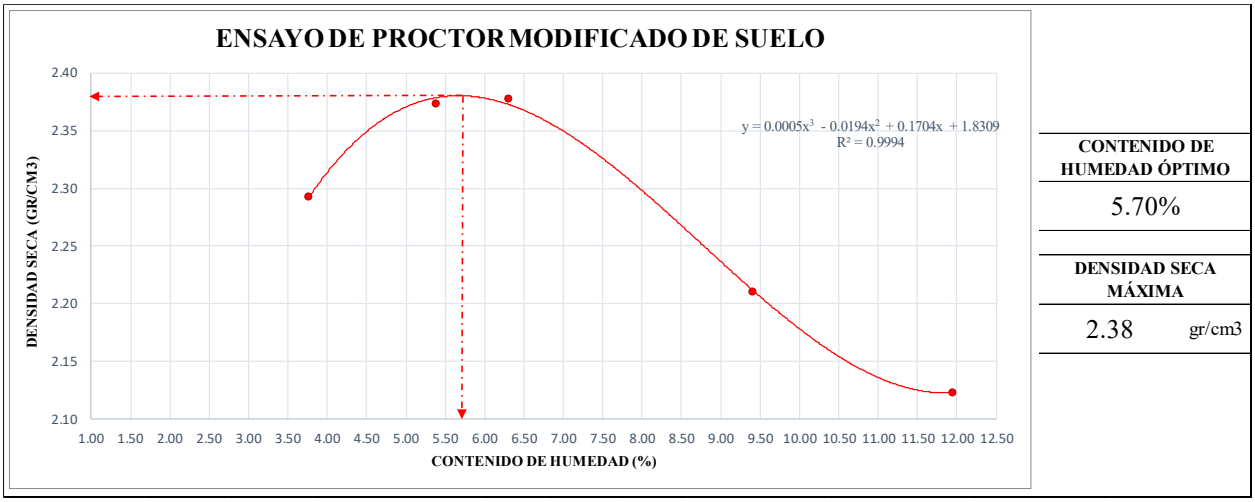
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECANICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta | **Fecha de ensayo:** | 30 de abril del 2024 |
| | Lenin Eduardo Peña Surco | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Saylla |
| **Region:** | Cusco | **Descripción del ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |
| **Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de compactación Proctor Modificado del suelo** | | | |
| **% Aceite Residual Degradado** | 3 | **% Tierra de Diatomeas** | 2 |

| **DESCRIPCIÓN** | **UND** | **MUESTRA 01** | | **MUESTRA 02** | | **MUESTRA 03** | | **MUESTRA 04** | | **MUESTRA 05** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Peso de la muestra humeda +molde** | **gr** | 4232.26 | | 4347.19 | | 4372.58 | | 4269.41 | | 4229.87 | |
| **Peso del molde** | **gr** | 1987.13 | | 1987.13 | | 1987.13 | | 1987.13 | | 1987.13 | |
| **Peso muestra humeda** | **gr** | 2245.13 | | 2360.06 | | 2385.45 | | 2282.28 | | 2242.74 | |
| **Volumen del molde** | **cm3** | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | |
| **Densidad humeda** | **gr/cm3** | 2.38 | | 2.50 | | 2.53 | | 2.42 | | 2.38 | |
| **Recipiente metálico** | **und** | **CP-49** | | **CP-20** | | **AM-01** | | **CP-44** | | **CP-CA** | |
| **Peso de la muestra humeda + tara** | **gr** | 85.29 | 120.34 | 81.92 | 132.98 | 99.68 | 108.92 | 140.74 | 102.92 | 135.07 | 113.96 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 84.21 | 118.18 | 80.78 | 129.07 | 97.15 | 106.07 | 133.56 | 98.79 | 126.79 | 108.53 |
| **Peso del agua** | **gr** | 1.08 | 2.16 | 1.14 | 3.91 | 2.53 | 2.85 | 7.18 | 4.13 | 8.28 | 5.43 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 56.02 | 59.67 | 59.04 | 58.08 | 57.14 | 60.68 | 57.19 | 54.92 | 57.28 | 63.16 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 28.19 | 58.51 | 21.74 | 70.99 | 40.01 | 45.39 | 76.37 | 43.87 | 69.51 | 45.37 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 3.83 | 3.69 | 5.24 | 5.51 | 6.32 | 6.28 | 9.40 | 9.41 | 11.91 | 11.97 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | **3.76** | | **5.38** | | **6.30** | | **9.41** | | **11.94** | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | **2.29** | | **2.37** | | **2.38** | | **2.21** | | **2.12** | |

Fuente: Elaboración propia

## Gráfica 54

*Densidad seca vs Contenido de humedad de la cantera de Saylla con adición de 3% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

## Tabla 61

*Datos del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Saylla con adición de 3% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas*

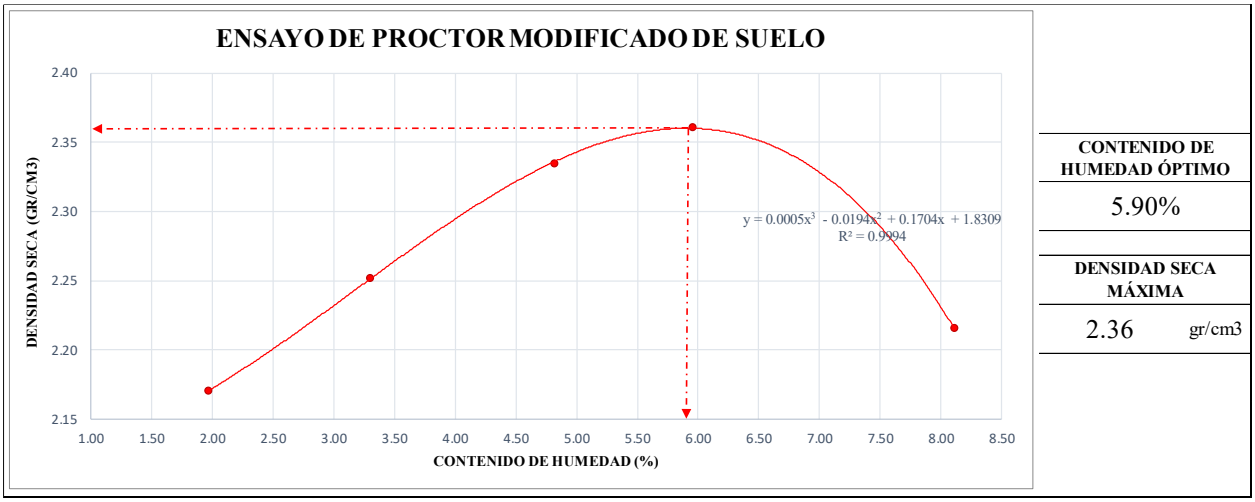
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECANICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta | **Fecha de ensayo:** | 03 de mayo del 2024 |
| | Lenin Eduardo Peña Surco | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Saylla |
| **Region:** | Cusco | **Descripción del ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |
| **Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de compactación Proctor Modificado del suelo** | | | |
| **% Aceite Residual Degradado** | 3 | **% Tierra de Diatomeas** | 3 |

| **DESCRIPCIÓN** | **UND** | **MUESTRA 01** | | **MUESTRA 02** | | **MUESTRA 03** | | **MUESTRA 04** | | **MUESTRA 05** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Peso de la muestra humeda +molde** | **gr** | 4075.27 | | 4182.41 | | 4296.65 | | 4347.74 | | 4247.65 | |
| **Peso del molde** | **gr** | 1987.01 | | 1987.01 | | 1987.01 | | 1987.01 | | 1987.01 | |
| **Peso muestra humeda** | **gr** | 2088.26 | | 2195.40 | | 2309.64 | | 2360.73 | | 2260.64 | |
| **Volumen del molde** | **cm3** | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | |
| **Densidad humeda** | **gr/cm3** | 2.21 | | 2.33 | | 2.45 | | 2.50 | | 2.40 | |
| **Recipiente metálico** | **und** | **CP-G18** | | **CP-G14** | | **CP-C10** | | **CP-11** | | **CP-M2** | |
| **Peso de la muestra humeda + tara** | **gr** | 93.08 | 96.67 | 89.39 | 124.81 | 129.38 | 117.56 | 129.82 | 104.45 | 128.07 | 147.25 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 92.35 | 95.90 | 88.39 | 122.61 | 126.21 | 115.03 | 125.67 | 101.86 | 122.66 | 140.62 |
| **Peso del agua** | **gr** | 0.73 | 0.77 | 1.00 | 2.20 | 3.17 | 2.53 | 4.15 | 2.59 | 5.41 | 6.63 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 52.59 | 59.02 | 58.03 | 56.01 | 59.60 | 63.15 | 54.92 | 59.03 | 57.25 | 57.20 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 39.76 | 36.88 | 30.36 | 66.60 | 66.61 | 51.88 | 70.75 | 42.83 | 65.41 | 83.42 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 1.84 | 2.09 | 3.29 | 3.30 | 4.76 | 4.88 | 5.87 | 6.05 | 8.27 | 7.95 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | **1.96** | | **3.30** | | **4.82** | | **5.96** | | **8.11** | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | **2.17** | | **2.25** | | **2.33** | | **2.36** | | **2.22** | |

Fuente: Elaboración propia

## Gráfica 55

*Densidad seca vs Contenido de humedad de la cantera de Saylla con adición de 3% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

## Tabla 62

*Datos del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Patapata sin la adición de ARD y Tierra de Diatomeas*

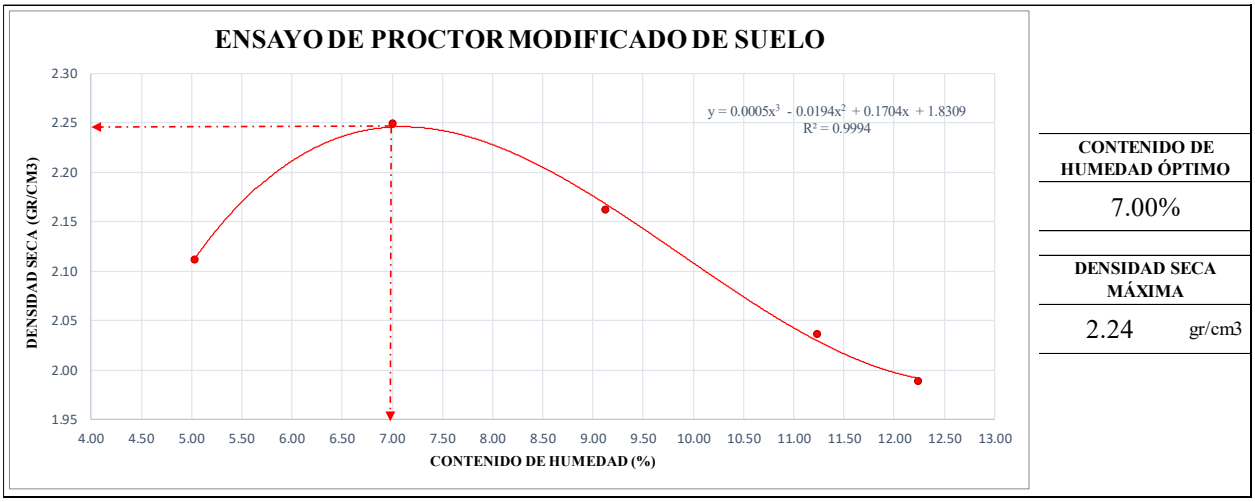
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECANICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta | **Fecha de ensayo:** | 03 de mayo del 2024 |
| | Lenin Eduardo Peña Surco | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Patapata |
| **Region:** | Cusco | **Descripción del ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |
| **Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de compactación Proctor Modificado del suelo** | | | |
| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

| **DESCRIPCIÓN** | **UND** | **MUESTRA 01** | | **MUESTRA 02** | | **MUESTRA 03** | | **MUESTRA 04** | | **MUESTRA 05** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Peso de la muestra humeda +molde** | **gr** | 4125.59 | | 4304.14 | | 4258.48 | | 4169.80 | | 4138.86 | |
| **Peso del molde** | **gr** | 2032.42 | | 2032.42 | | 2032.42 | | 2032.42 | | 2032.42 | |
| **Peso muestra humeda** | **gr** | 2093.17 | | 2271.72 | | 2226.06 | | 2137.38 | | 2106.44 | |
| **Volumen del molde** | **cm3** | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | |
| **Densidad humeda** | **gr/cm3** | 2.22 | | 2.41 | | 2.36 | | 2.26 | | 2.23 | |
| **Recipiente metálico** | **und** | **C2-01** | | **C2-02** | | **C2-02** | | **C2-03** | | **C2-03** | |
| **Peso de la muestra humeda + tara** | **gr** | 170.35 | 178.82 | 140.48 | 147.28 | 137.14 | 137.14 | 137.09 | 137.09 | 177.36 | 177.36 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 164.94 | 173.14 | 135.18 | 141.58 | 130.65 | 130.65 | 129.11 | 129.11 | 164.46 | 164.46 |
| **Peso del agua** | **gr** | 5.41 | 5.68 | 5.30 | 5.70 | 6.49 | 6.49 | 7.98 | 7.98 | 12.90 | 12.90 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 58.39 | 59.39 | 59.37 | 60.37 | 59.03 | 60.03 | 57.56 | 58.56 | 58.60 | 59.60 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 106.55 | 113.75 | 75.81 | 81.21 | 71.62 | 70.62 | 71.55 | 70.55 | 105.86 | 104.86 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 5.08 | 4.99 | 6.99 | 7.02 | 9.06 | 9.19 | 11.15 | 11.31 | 12.19 | 12.30 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | **5.04** | | **7.01** | | **9.13** | | **11.23** | | **12.24** | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | **2.11** | | **2.25** | | **2.16** | | **2.04** | | **1.99** | |

Fuente: Elaboración propia

## Gráfica 56

*Densidad seca vs Contenido de humedad de la cantera de Saylla sin la adición de ARD y Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

## Tabla 63

*Datos del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Patapata con adición de 0% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas*

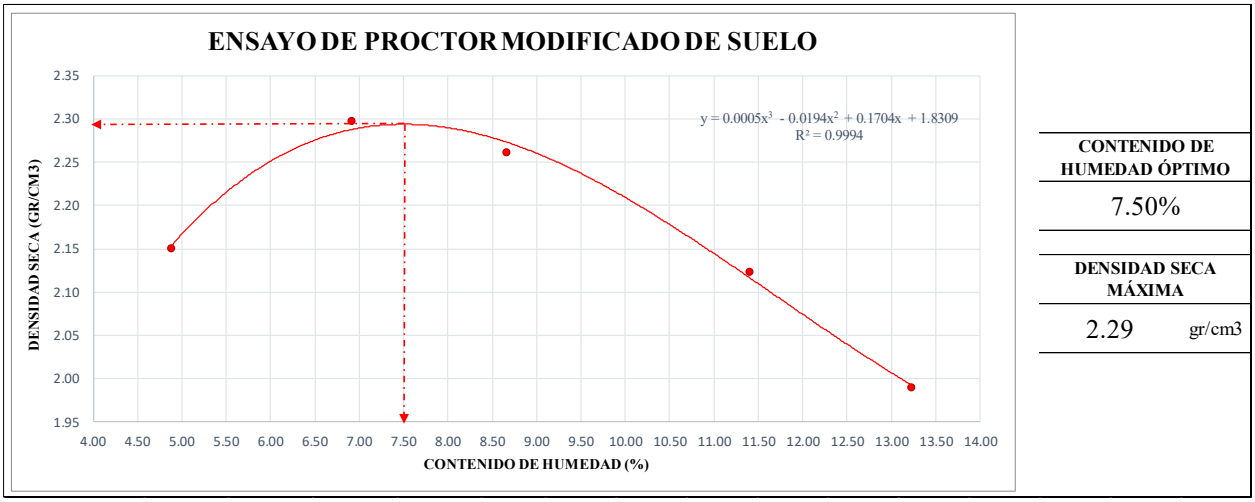
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECANICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 06 de mayo del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Patapata |
| **Region:** | Cusco | **Descripción del ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |
| **Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de compactación Proctor Modificado del suelo** | | | |
| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 1 |

| **DESCRIPCIÓN** | **UND** | **MUESTRA 01** | | **MUESTRA 02** | | **MUESTRA 03** | | **MUESTRA 04** | | **MUESTRA 05** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Peso de la muestra humeda +molde** | **gr** | 4156.82 | | 4346.56 | | 4347.34 | | 4260.36 | | 4154.88 | |
| **Peso del molde** | **gr** | 2028.31 | | 2028.31 | | 2028.31 | | 2028.29 | | 2028.29 | |
| **Peso muestra humeda** | **gr** | 2128.51 | | 2318.25 | | 2319.03 | | 2232.07 | | 2126.59 | |
| **Volumen del molde** | **cm3** | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | |
| **Densidad humeda** | **gr/cm3** | 2.26 | | 2.46 | | 2.46 | | 2.37 | | 2.25 | |
| **Recipiente metálico** | **und** | **AM-06** | | **CP-63** | | **CP-35** | | **AM-06** | | **CP-49** | |
| **Peso de la muestra humeda + tara** | **gr** | 115.62 | 103.18 | 106.14 | 104.93 | 124.41 | 119.08 | 108.34 | 139.79 | 145.92 | 128.02 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 113.08 | 101.25 | 102.83 | 101.88 | 119.13 | 114.25 | 103.24 | 131.37 | 135.55 | 119.75 |
| **Peso del agua** | **gr** | 2.54 | 1.93 | 3.31 | 3.05 | 5.28 | 4.83 | 5.10 | 8.42 | 10.37 | 8.27 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 59.09 | 63.00 | 56.62 | 56.14 | 58.71 | 58.01 | 59.06 | 56.61 | 56.16 | 58.02 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 53.99 | 38.25 | 46.21 | 45.74 | 60.42 | 56.24 | 44.18 | 74.76 | 79.39 | 61.73 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 4.70 | 5.05 | 7.16 | 6.67 | 8.74 | 8.59 | 11.54 | 11.26 | 13.06 | 13.40 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | **4.88** | | **6.92** | | **8.66** | | **11.40** | | **13.23** | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | **2.15** | | **2.30** | | **2.26** | | **2.12** | | **1.99** | |

Fuente: Elaboración propia

## Gráfica 57

*Densidad seca vs Contenido de humedad de la cantera de Saylla con adición de 0% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

## Tabla 64

*Datos del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Patapata con adición de 0% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas*

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECANICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta | **Fecha de ensayo:** | 06 de mayo del 2024 |
| | Lenin Eduardo Peña Surco | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Patapata |
| **Region:** | Cusco | **Descripción del ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de compactación Proctor Modificado del suelo**

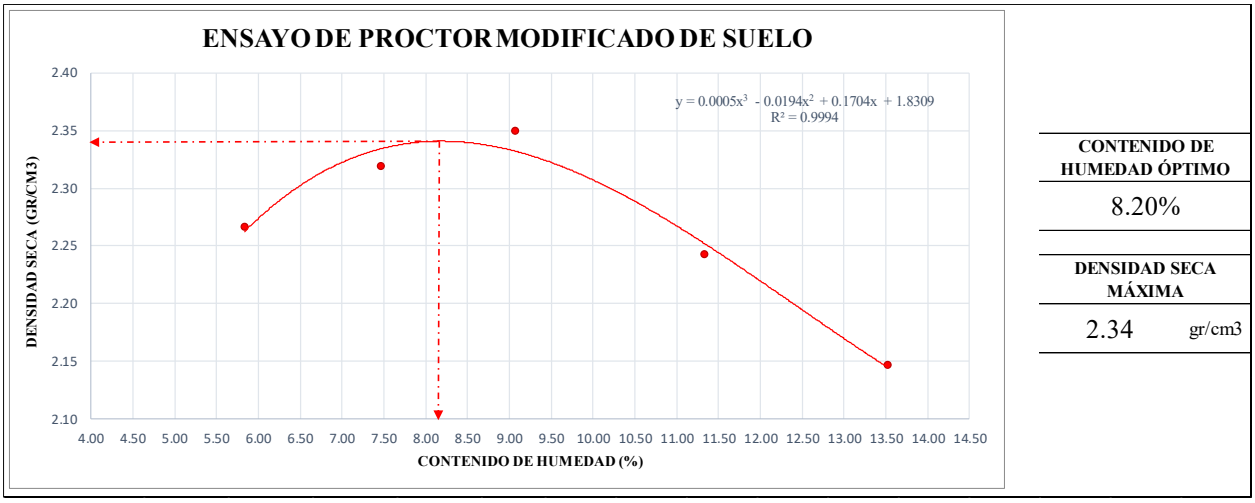
| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 2 |

| **DESCRIPCIÓN** | **UND** | **MUESTRA 01** | | **MUESTRA 02** | | **MUESTRA 03** | | **MUESTRA 04** | | **MUESTRA 05** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Peso de la muestra humeda +molde** | **gr** | 4292.10 | | 4380.12 | | 4447.13 | | 4385.13 | | 4327.93 | |
| **Peso del molde** | **gr** | 2028.29 | | 2028.39 | | 2028.39 | | 2028.39 | | 2028.39 | |
| **Peso muestra humeda** | **gr** | 2263.81 | | 2351.73 | | 2418.74 | | 2356.74 | | 2299.54 | |
| **Volumen del molde** | **cm3** | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | |
| **Densidad humeda** | **gr/cm3** | 2.40 | | 2.49 | | 2.56 | | 2.50 | | 2.44 | |
| **Recipiente metálico** | **und** | **CP -10** | | **CP -M3** | | **AM-06** | | **CP -02** | | **CP -10** | |
| **Peso de la muestra humeda + tara** | **gr** | 126.43 | 134.98 | 120.15 | 110.32 | 149.87 | 120.68 | 145.73 | 151.96 | 129.51 | 133.72 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 122.91 | 130.81 | 115.90 | 106.65 | 142.57 | 115.18 | 136.72 | 142.29 | 121.52 | 124.86 |
| **Peso del agua** | **gr** | 3.52 | 4.17 | 4.25 | 3.67 | 7.30 | 5.50 | 9.01 | 9.67 | 7.99 | 8.86 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 63.03 | 58.75 | 58.78 | 57.59 | 59.08 | 56.59 | 58.01 | 56.15 | 63.01 | 58.73 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 59.88 | 72.06 | 57.12 | 49.06 | 83.49 | 58.59 | 78.71 | 86.14 | 58.51 | 66.13 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 5.88 | 5.79 | 7.44 | 7.48 | 8.74 | 9.39 | 11.45 | 11.23 | 13.66 | 13.40 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | **5.83** | | **7.46** | | **9.07** | | **11.34** | | **13.53** | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | **2.27** | | **2.32** | | **2.35** | | **2.24** | | **2.15** | |

Fuente: Elaboración propia

## Gráfica 58

*Densidad seca vs Contenido de humedad de la cantera de Saylla con adición de 0% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

## Tabla 65

*Datos del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Patapata con adición de 0% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas*

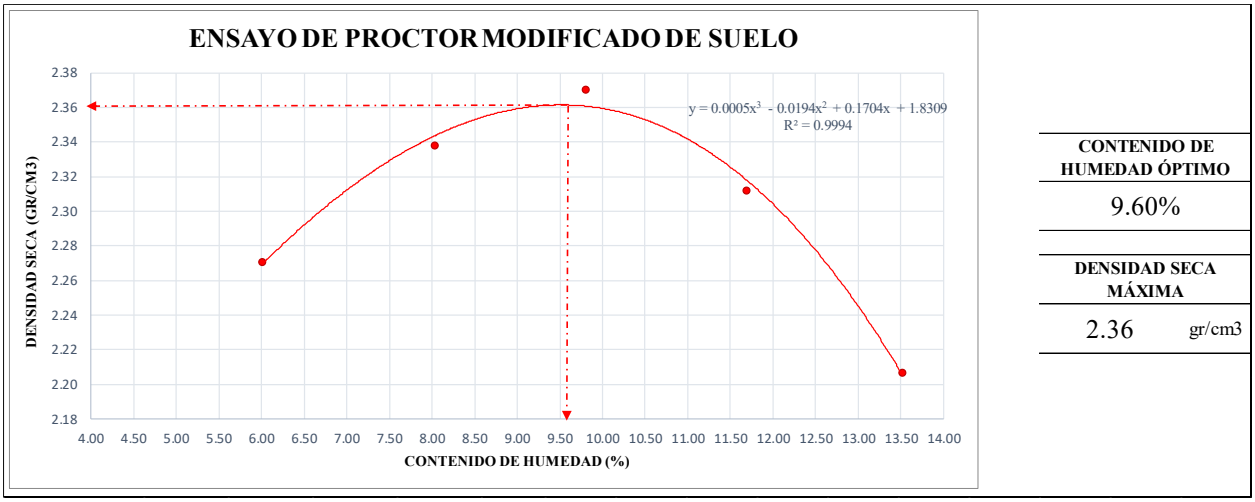
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECANICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta | **Fecha de ensayo:** | 07 de mayo del 2024 |
| | Lenin Eduardo Peña Surco | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Patapata |
| **Region:** | Cusco | **Descripción del ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |
| **Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de compactación Proctor Modificado del suelo** | | | |
| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 3 |

| **DESCRIPCIÓN** | **UND** | **MUESTRA 01** | | **MUESTRA 02** | | **MUESTRA 03** | | **MUESTRA 04** | | **MUESTRA 05** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Peso de la muestra humeda +molde** | **gr** | 4258.78 | | 4370.68 | | 4442.95 | | 4424.29 | | 4351.39 | |
| **Peso del molde** | **gr** | 1987.21 | | 1987.21 | | 1987.21 | | 1987.21 | | 1987.21 | |
| **Peso muestra humeda** | **gr** | 2271.57 | | 2383.47 | | 2455.74 | | 2437.08 | | 2364.18 | |
| **Volumen del molde** | **cm3** | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | |
| **Densidad humeda** | **gr/cm3** | 2.41 | | 2.53 | | 2.60 | | 2.58 | | 2.51 | |
| **Recipiente metálico** | **und** | **CP-E** | | **AF-M3** | | **CP-48** | | **C13-M1** | | **CP-12** | |
| **Peso de la muestra humeda + tara** | **gr** | 85.67 | 113.74 | 120.93 | 104.61 | 121.14 | 112.57 | 126.33 | 118.57 | 132.19 | 98.25 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 83.98 | 110.77 | 115.97 | 101.06 | 115.66 | 107.91 | 119.15 | 111.68 | 123.39 | 93.09 |
| **Peso del agua** | **gr** | 1.69 | 2.97 | 4.96 | 3.55 | 5.48 | 4.66 | 7.18 | 6.89 | 8.80 | 5.16 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 57.03 | 59.03 | 51.79 | 58.50 | 59.57 | 60.50 | 56.56 | 53.80 | 58.59 | 54.76 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 26.95 | 51.74 | 64.18 | 42.56 | 56.09 | 47.41 | 62.59 | 57.88 | 64.80 | 38.33 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 6.27 | 5.74 | 7.73 | 8.34 | 9.77 | 9.83 | 11.47 | 11.90 | 13.58 | 13.46 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | **6.01** | | **8.03** | | **9.80** | | **11.69** | | **13.52** | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | **2.27** | | **2.34** | | **2.37** | | **2.31** | | **2.21** | |

Fuente: Elaboración propia

## Gráfica 59

*Densidad seca vs Contenido de humedad de la cantera de Saylla con adición de 0% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas*




| **CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO** | |
|---|---|
| 9.60% | |
| **DENSIDAD SECA MÁXIMA** | |
| 2.36 | gr/cm3 |

Fuente: Elaboración propia

## Tabla 66

*Datos del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Patapata con adición de 1% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas*

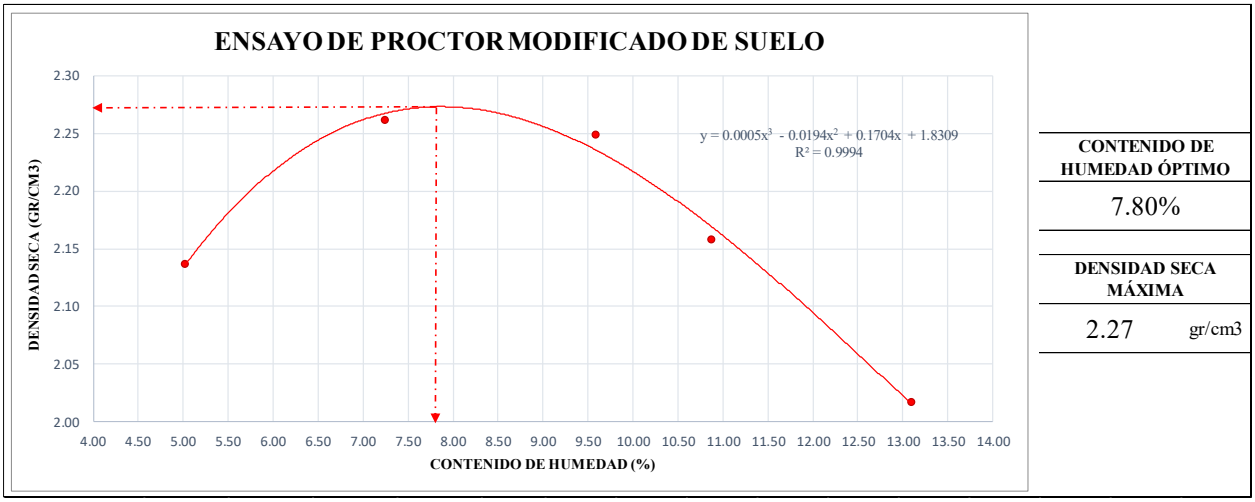
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECANICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta | **Fecha de ensayo:** | 07 de mayo del 2024 |
| | Lenin Eduardo Peña Surco | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Patapata |
| **Region:** | Cusco | **Descripción del ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |
| **Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de compactación Proctor Modificado del suelo** | | | |
| **% Aceite Residual Degradado** | 1 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

| **DESCRIPCIÓN** | **UND** | **MUESTRA 01** | | **MUESTRA 02** | | **MUESTRA 03** | | **MUESTRA 04** | | **MUESTRA 05** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Peso de la muestra humeda +molde** | **gr** | 4105.09 | | 4276.27 | | 4312.84 | | 4245.87 | | 4140.36 | |
| **Peso del molde** | **gr** | 1987.32 | | 1987.32 | | 1987.32 | | 1987.32 | | 1987.32 | |
| **Peso muestra humeda** | **gr** | 2117.77 | | 2288.95 | | 2325.52 | | 2258.55 | | 2153.04 | |
| **Volumen del molde** | **cm3** | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | |
| **Densidad humeda** | **gr/cm3** | 2.24 | | 2.43 | | 2.46 | | 2.39 | | 2.28 | |
| **Recipiente metálico** | **und** | **AM-06** | | **CP-02** | | **CP-35** | | **CP-16** | | **CP-M4** | |
| **Peso de la muestra humeda + tara** | **gr** | 141.77 | 121.03 | 113.17 | 153.83 | 134.28 | 176.40 | 142.34 | 144.27 | 176.66 | 131.78 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 137.85 | 117.93 | 109.43 | 147.26 | 127.78 | 166.32 | 134.21 | 135.70 | 163.52 | 123.16 |
| **Peso del agua** | **gr** | 3.92 | 3.10 | 3.74 | 6.57 | 6.50 | 10.08 | 8.13 | 8.57 | 13.14 | 8.62 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 59.07 | 56.61 | 57.99 | 56.15 | 58.73 | 63.01 | 57.59 | 58.78 | 64.03 | 56.73 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 78.78 | 61.32 | 51.44 | 91.11 | 69.05 | 103.31 | 76.62 | 76.92 | 99.49 | 66.43 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 4.98 | 5.06 | 7.27 | 7.21 | 9.41 | 9.76 | 10.61 | 11.14 | 13.21 | 12.98 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | **5.02** | | **7.24** | | **9.59** | | **10.88** | | **13.09** | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | **2.14** | | **2.26** | | **2.25** | | **2.16** | | **2.02** | |

Fuente: Elaboración propia

## Gráfica 60

*Densidad seca vs Contenido de humedad de la cantera de Saylla con adición de 1% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

## Tabla 67

*Datos del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Patapata con adición de 1% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas*

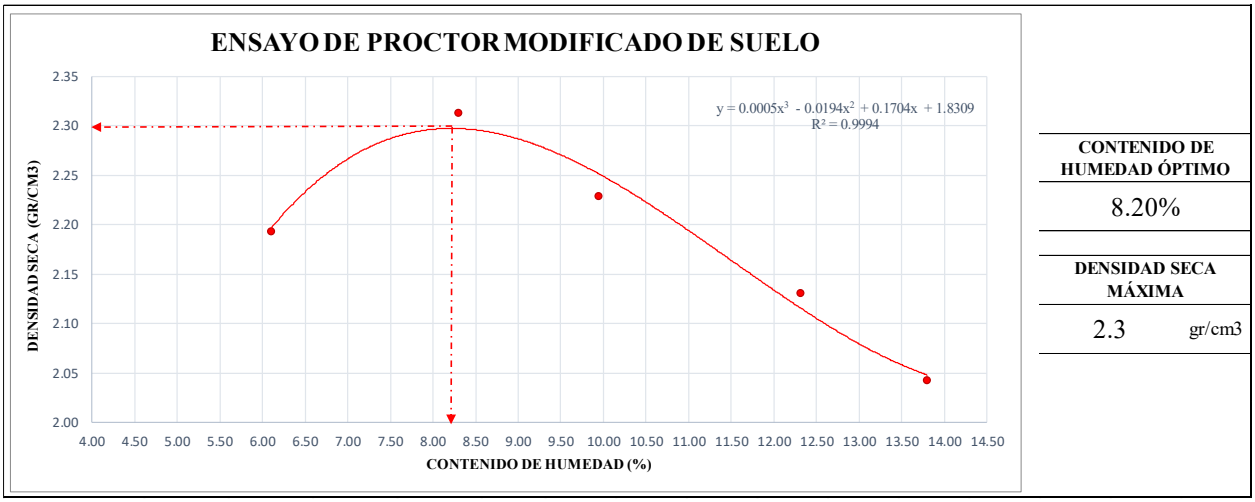
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECANICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta | **Fecha de ensayo:** | 07 de mayo del 2024 |
| | Lenin Eduardo Peña Surco | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Patapata |
| **Region:** | Cusco | **Descripción del ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |
| **Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de compactación Proctor Modificado del suelo** | | | |
| **% Aceite Residual Degradado** | 1 | **% Tierra de Diatomeas** | 1 |

| **DESCRIPCIÓN** | **UND** | **MUESTRA 01** | | **MUESTRA 02** | | **MUESTRA 03** | | **MUESTRA 04** | | **MUESTRA 05** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Peso de la muestra humeda +molde** | **gr** | 4182.77 | | 4351.78 | | 4299.69 | | 4245.54 | | 4180.88 | |
| **Peso del molde** | **gr** | 1987.17 | | 1987.17 | | 1987.17 | | 1987.17 | | 1987.09 | |
| **Peso muestra humeda** | **gr** | 2195.60 | | 2364.61 | | 2312.52 | | 2258.37 | | 2193.79 | |
| **Volumen del molde** | **cm3** | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | |
| **Densidad humeda** | **gr/cm3** | 2.33 | | 2.51 | | 2.45 | | 2.39 | | 2.32 | |
| **Recipiente metálico** | **und** | **CP-M2** | | **CP-05** | | **CP-48** | | **CP-E** | | **CP-E** | |
| **Peso de la muestra humeda + tara** | **gr** | 119.32 | 104.85 | 133.77 | 105.36 | 150.11 | 168.28 | 110.30 | 117.38 | 136.60 | 112.73 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 115.71 | 102.12 | 127.75 | 101.56 | 141.89 | 158.56 | 104.52 | 110.92 | 127.43 | 105.90 |
| **Peso del agua** | **gr** | 3.61 | 2.73 | 6.02 | 3.80 | 8.22 | 9.72 | 5.78 | 6.46 | 9.17 | 6.83 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 54.73 | 58.60 | 53.81 | 56.58 | 59.55 | 60.49 | 57.06 | 59.03 | 57.06 | 59.02 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 60.98 | 43.52 | 73.94 | 44.98 | 82.34 | 98.07 | 47.46 | 51.89 | 70.37 | 46.88 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 5.92 | 6.27 | 8.14 | 8.45 | 9.98 | 9.91 | 12.18 | 12.45 | 13.03 | 14.57 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | **6.10** | | **8.29** | | **9.95** | | **12.31** | | **13.80** | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | **2.19** | | **2.31** | | **2.23** | | **2.13** | | **2.04** | |

Fuente: Elaboración propia

## Gráfica 61

*Densidad seca vs Contenido de humedad de la cantera de Saylla con adición de 1% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

## Tabla 68

*Datos del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Patapata con adición de 1% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas*

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECANICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta | **Fecha de ensayo:** | 08 de mayo del 2024 |
| | Lenin Eduardo Peña Surco | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Patapata |
| **Region:** | Cusco | **Descripción del ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de compactación Proctor Modificado del suelo**

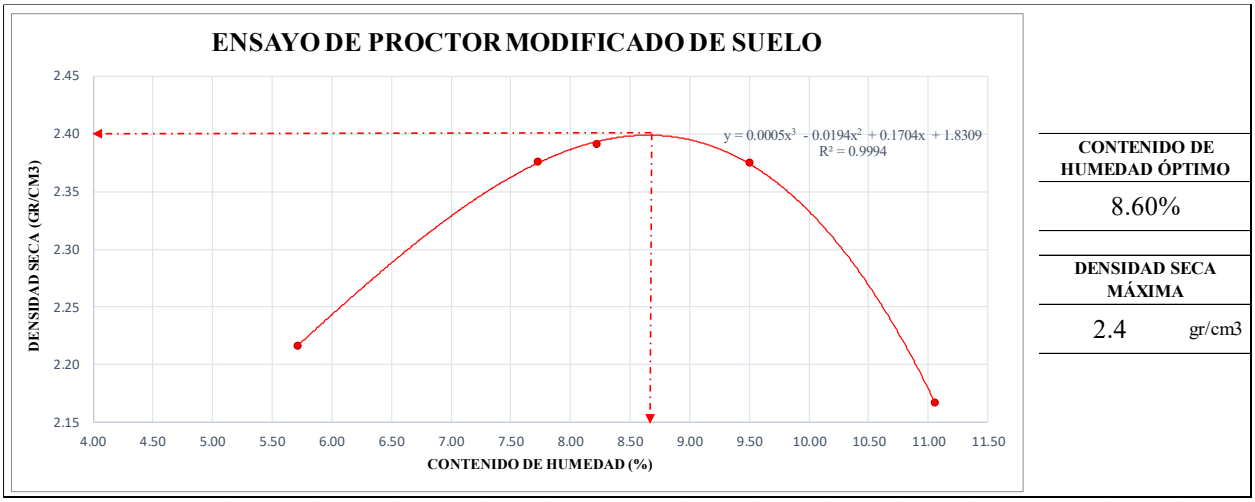
| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 1 | **% Tierra de Diatomeas** | 2 |

| **DESCRIPCIÓN** | **UND** | **MUESTRA 01** | | **MUESTRA 02** | | **MUESTRA 03** | | **MUESTRA 04** | | **MUESTRA 05** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Peso de la muestra humeda +molde** | **gr** | 4198.09 | | 4403.01 | | 4429.30 | | 4258.70 | | 4441.29 | |
| **Peso del molde** | **gr** | 1987.09 | | 1987.09 | | 1987.09 | | 1987.09 | | 1987.09 | |
| **Peso muestra humeda** | **gr** | 2211.00 | | 2415.92 | | 2442.21 | | 2271.61 | | 2454.20 | |
| **Volumen del molde** | **cm3** | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | |
| **Densidad humeda** | **gr/cm3** | 2.34 | | 2.56 | | 2.59 | | 2.41 | | 2.60 | |
| **Recipiente metálico** | **und** | **CP-16** | | **CP-49** | | **CP-05** | | **CP-M3** | | **CP-10** | |
| **Peso de la muestra humeda + tara** | **gr** | 108.07 | 101.42 | 122.03 | 153.24 | 158.66 | 195.24 | 173.15 | 174.88 | 183.53 | 184.53 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 105.26 | 99.20 | 117.11 | 146.69 | 150.53 | 185.21 | 162.04 | 163.58 | 174.42 | 172.04 |
| **Peso del agua** | **gr** | 2.81 | 2.22 | 4.92 | 6.55 | 8.13 | 10.03 | 11.11 | 11.30 | 9.11 | 12.49 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 57.57 | 59.07 | 56.13 | 57.99 | 53.80 | 60.50 | 58.77 | 64.03 | 63.00 | 56.61 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 47.69 | 40.13 | 60.98 | 88.70 | 96.73 | 124.71 | 103.27 | 99.55 | 111.42 | 115.43 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 5.89 | 5.53 | 8.07 | 7.38 | 8.40 | 8.04 | 10.76 | 11.35 | 8.18 | 10.82 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | **5.71** | | **7.73** | | **8.22** | | **11.05** | | **9.50** | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | **2.22** | | **2.38** | | **2.39** | | **2.17** | | **2.38** | |

Fuente: Elaboración propia

## Gráfica 62

*Densidad seca vs Contenido de humedad de la cantera de Saylla con adición de 1% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

## Tabla 69

*Datos del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Patapata con adición de 1% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas*

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECANICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta | **Fecha de ensayo:** | 08 de mayo del 2024 |
| | Lenin Eduardo Peña Surco | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Patapata |
| **Region:** | Cusco | **Descripción del ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de compactación Proctor Modificado del suelo**

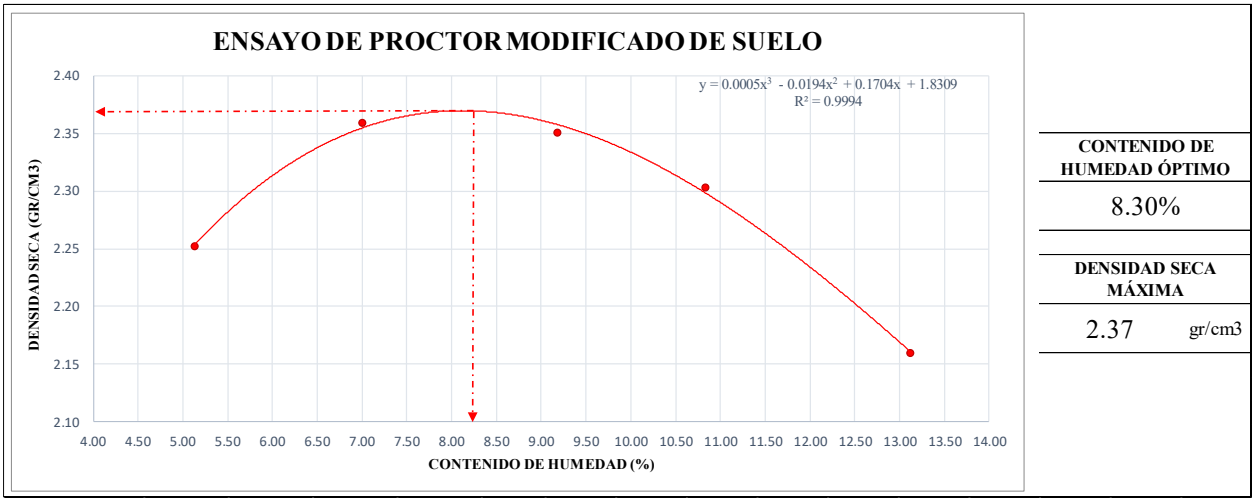
| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 1 | **% Tierra de Diatomeas** | 3 |

| **DESCRIPCIÓN** | **UND** | **MUESTRA 01** | | **MUESTRA 02** | | **MUESTRA 03** | | **MUESTRA 04** | | **MUESTRA 05** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Peso de la muestra humeda +molde** | **gr** | 4262.64 | | 4410.20 | | 4450.26 | | 4437.03 | | 4333.83 | |
| **Peso del molde** | **gr** | 2027.96 | | 2027.96 | | 2027.96 | | 2027.96 | | 2027.96 | |
| **Peso muestra humeda** | **gr** | 2234.68 | | 2382.24 | | 2422.30 | | 2409.07 | | 2305.87 | |
| **Volumen del molde** | **cm3** | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | |
| **Densidad humeda** | **gr/cm3** | 2.37 | | 2.52 | | 2.57 | | 2.55 | | 2.44 | |
| **Recipiente metálico** | **und** | **CP-M1** | | **CP-54** | | **AM-06** | | **CP-02** | | **CP-14** | |
| **Peso de la muestra humeda + tara** | **gr** | 184.38 | 118.09 | 126.96 | 144.59 | 152.60 | 119.96 | 145.23 | 147.84 | 145.90 | 140.46 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 178.57 | 114.79 | 122.58 | 139.36 | 144.93 | 114.58 | 136.57 | 139.01 | 135.57 | 130.50 |
| **Peso del agua** | **gr** | 5.81 | 3.30 | 4.38 | 5.23 | 7.67 | 5.38 | 8.66 | 8.83 | 10.33 | 9.96 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 56.56 | 54.72 | 60.60 | 64.03 | 59.08 | 57.57 | 58.00 | 56.14 | 54.72 | 56.57 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 122.01 | 60.07 | 61.98 | 75.33 | 85.85 | 57.01 | 78.57 | 82.87 | 80.85 | 73.93 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 4.76 | 5.49 | 7.07 | 6.94 | 8.93 | 9.44 | 11.02 | 10.66 | 12.78 | 13.47 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | **5.13** | | **7.00** | | **9.19** | | **10.84** | | **13.12** | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | **2.25** | | **2.36** | | **2.35** | | **2.30** | | **2.16** | |

Fuente: Elaboración propia

## Gráfica 63

*Densidad seca vs Contenido de humedad de la cantera de Saylla con adición de 1% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

## Tabla 70

*Datos del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Patapata con adición de 2% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas*

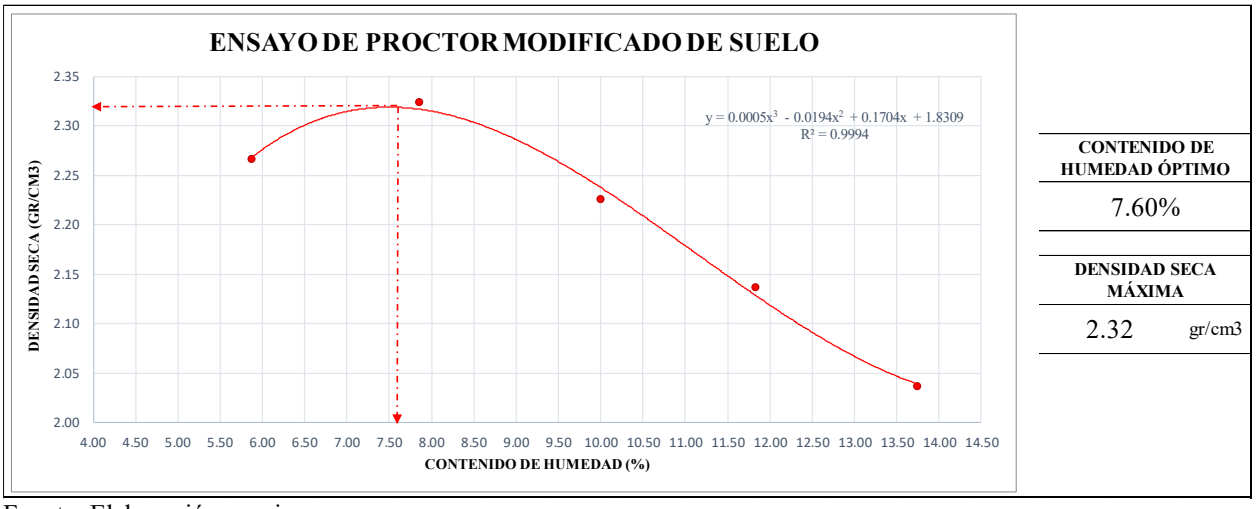
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECANICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta | **Fecha de ensayo:** | 13 de mayo del 2024 |
| | Lenin Eduardo Peña Surco | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Patapata |
| **Region:** | Cusco | **Descripción del ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |
| **Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de compactación Proctor Modificado del suelo** | | | |
| **% Aceite Residual Degradado** | 2 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

| **DESCRIPCIÓN** | **UND** | **MUESTRA 01** | | **MUESTRA 02** | | **MUESTRA 03** | | **MUESTRA 04** | | **MUESTRA 05** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Peso de la muestra humeda +molde** | **gr** | 4292.57 | | 4393.47 | | 4339.18 | | 4283.29 | | 4214.50 | |
| **Peso del molde** | **gr** | 2028.02 | | 2028.02 | | 2028.02 | | 2028.02 | | 2028.02 | |
| **Peso muestra humeda** | **gr** | 2264.55 | | 2365.45 | | 2311.16 | | 2255.27 | | 2186.48 | |
| **Volumen del molde** | **cm3** | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | |
| **Densidad humeda** | **gr/cm3** | 2.40 | | 2.51 | | 2.45 | | 2.39 | | 2.32 | |
| **Recipiente metálico** | **und** | **AM-06** | | **CP-M3** | | **CP-02** | | **CP-19** | | **CP-63** | |
| **Peso de la muestra humeda + tara** | **gr** | 158.20 | 147.37 | 148.35 | 145.38 | 116.49 | 152.53 | 149.10 | 162.07 | 142.20 | 176.95 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 152.59 | 142.78 | 141.85 | 139.43 | 111.20 | 143.73 | 139.48 | 150.97 | 132.06 | 162.24 |
| **Peso del agua** | **gr** | 5.61 | 4.59 | 6.50 | 5.95 | 5.29 | 8.80 | 9.62 | 11.10 | 10.14 | 14.71 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 59.05 | 62.99 | 58.77 | 64.03 | 58.03 | 56.18 | 57.33 | 58.10 | 56.58 | 57.58 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 93.54 | 79.79 | 83.08 | 75.40 | 53.17 | 87.55 | 82.15 | 92.87 | 75.48 | 104.66 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 6.00 | 5.75 | 7.82 | 7.89 | 9.95 | 10.05 | 11.71 | 11.95 | 13.43 | 14.06 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | **5.88** | | **7.86** | | **10.00** | | **11.83** | | **13.74** | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | **2.27** | | **2.32** | | **2.23** | | **2.14** | | **2.04** | |

Fuente: Elaboración propia

## Gráfica 64

*Densidad seca vs Contenido de humedad de la cantera de Saylla con adición de 2% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

## Tabla 71

*Datos del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Patapata con adición de 2% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas*

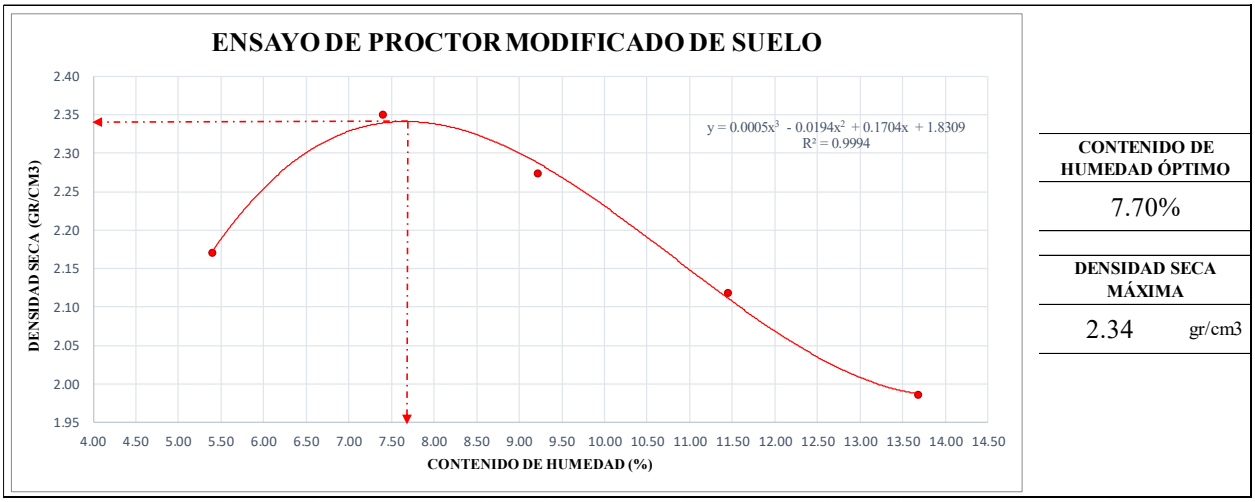
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECANICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta | **Fecha de ensayo:** | 13 de mayo del 2024 |
| | Lenin Eduardo Peña Surco | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Patapata |
| **Region:** | Cusco | **Descripción del ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |
| **Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de compactación Proctor Modificado del suelo** | | | |
| **% Aceite Residual Degradado** | 2 | **% Tierra de Diatomeas** | 1 |

| **DESCRIPCIÓN** | **UND** | **MUESTRA 01** | | **MUESTRA 02** | | **MUESTRA 03** | | **MUESTRA 04** | | **MUESTRA 05** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Peso de la muestra humeda +molde** | **gr** | 4186.66 | | 4449.95 | | 4371.48 | | 4256.64 | | 4158.07 | |
| **Peso del molde** | **gr** | 2028.02 | | 2028.02 | | 2028.02 | | 2028.04 | | 2028.04 | |
| **Peso muestra humeda** | **gr** | 2158.64 | | 2421.93 | | 2343.46 | | 2228.60 | | 2130.03 | |
| **Volumen del molde** | **cm3** | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | |
| **Densidad humeda** | **gr/cm3** | 2.29 | | 2.57 | | 2.48 | | 2.36 | | 2.26 | |
| **Recipiente metálico** | **und** | **CP-E** | | **AF-M2** | | **CP-10** | | **AF-M3** | | **CP-54** | |
| **Peso de la muestra humeda + tara** | **gr** | 139.48 | 118.51 | 149.67 | 112.08 | 181.70 | 131.92 | 91.95 | 110.58 | 115.85 | 109.70 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 135.41 | 115.32 | 143.16 | 108.35 | 171.59 | 125.62 | 87.77 | 105.18 | 109.18 | 103.55 |
| **Peso del agua** | **gr** | 4.07 | 3.19 | 6.51 | 3.73 | 10.11 | 6.30 | 4.18 | 5.40 | 6.67 | 6.15 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 57.05 | 58.49 | 53.79 | 58.77 | 63.01 | 56.60 | 51.78 | 57.36 | 60.52 | 58.51 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 78.36 | 56.83 | 89.37 | 49.58 | 108.58 | 69.02 | 35.99 | 47.82 | 48.66 | 45.04 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 5.19 | 5.61 | 7.28 | 7.52 | 9.31 | 9.13 | 11.61 | 11.29 | 13.71 | 13.65 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | **5.40** | | **7.40** | | **9.22** | | **11.45** | | **13.68** | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | **2.17** | | **2.35** | | **2.27** | | **2.12** | | **1.99** | |

Fuente: Elaboración propia

## Gráfica 65

*Densidad seca vs Contenido de humedad de la cantera de Saylla con adición de 2% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

## Tabla 72

*Datos del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Patapata con adición de 2% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas*

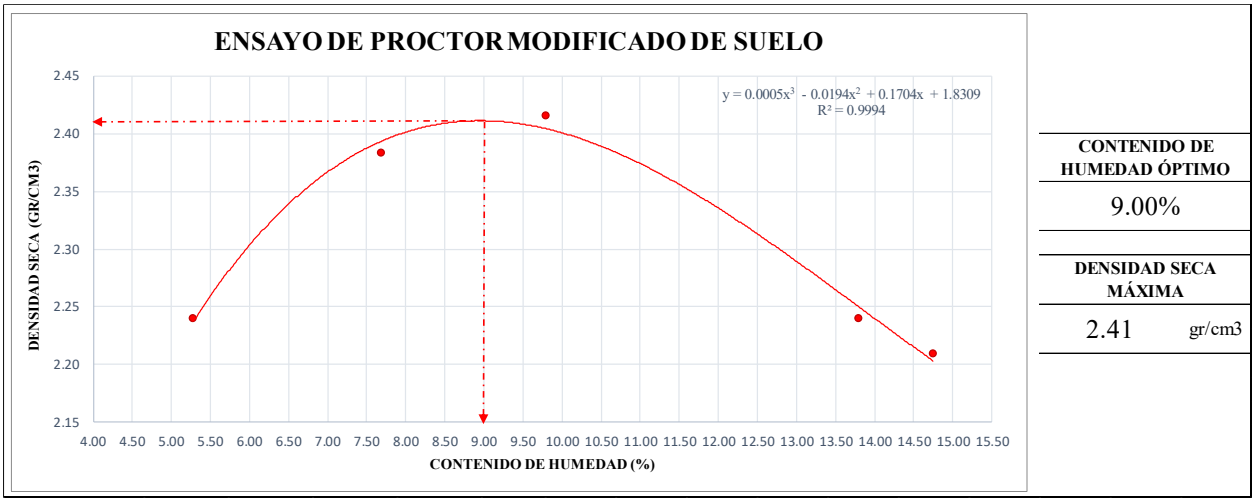
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECANICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta | **Fecha de ensayo:** | 15 de mayo del 2024 |
| | Lenin Eduardo Peña Surco | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Patapata |
| **Region:** | Cusco | **Descripción del ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |
| **Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de compactación Proctor Modificado del suelo** | | | |
| **% Aceite Residual Degradado** | 2 | **% Tierra de Diatomeas** | 2 |

| **DESCRIPCIÓN** | **UND** | **MUESTRA 01** | | **MUESTRA 02** | | **MUESTRA 03** | | **MUESTRA 04** | | **MUESTRA 05** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Peso de la muestra humeda +molde** | **gr** | 4385.23 | | 4450.43 | | 4530.87 | | 4420.98 | | 4433.21 | |
| **Peso del molde** | **gr** | 2028.04 | | 2028.04 | | 2028.04 | | 2028.04 | | 2028.04 | |
| **Peso muestra humeda** | **gr** | 2357.19 | | 2422.39 | | 2502.83 | | 2392.94 | | 2405.17 | |
| **Volumen del molde** | **cm3** | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | |
| **Densidad humeda** | **gr/cm3** | 2.50 | | 2.57 | | 2.65 | | 2.54 | | 2.55 | |
| **Recipiente metálico** | **und** | **AF-M2** | | **C1-M1** | | **CP-16** | | **C10-M3** | | **CI-M3** | |
| **Peso de la muestra humeda + tara** | **gr** | 110.05 | 92.35 | 109.87 | 103.13 | 99.86 | 117.15 | 113.68 | 100.09 | 142.20 | 176.95 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 107.33 | 90.88 | 106.02 | 99.95 | 96.13 | 111.53 | 106.81 | 94.42 | 132.06 | 162.24 |
| **Peso del agua** | **gr** | 2.72 | 1.47 | 3.85 | 3.18 | 3.73 | 5.62 | 6.87 | 5.67 | 10.14 | 14.71 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 53.80 | 64.04 | 56.57 | 58.00 | 57.60 | 54.73 | 58.78 | 57.10 | 57.09 | 57.58 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 53.53 | 26.84 | 49.45 | 41.95 | 38.53 | 56.80 | 48.03 | 37.32 | 74.97 | 104.66 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 5.08 | 5.48 | 7.79 | 7.58 | 9.68 | 9.89 | 14.30 | 15.19 | 13.53 | 14.06 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | **5.28** | | **7.68** | | **9.79** | | **14.75** | | **13.79** | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | **2.37** | | **2.38** | | **2.42** | | **2.21** | | **2.24** | |

Fuente: Elaboración propia

## Gráfica 66

*Densidad seca vs Contenido de humedad de la cantera de Saylla con adición de 2% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

## Tabla 73

*Datos del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Patapata con adición de 2% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas*

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECANICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta | **Fecha de ensayo:** | 15 de mayo del 2024 |
| | Lenin Eduardo Peña Surco | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Patapata |
| **Region:** | Cusco | **Descripción del ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de compactación Proctor Modificado del suelo**

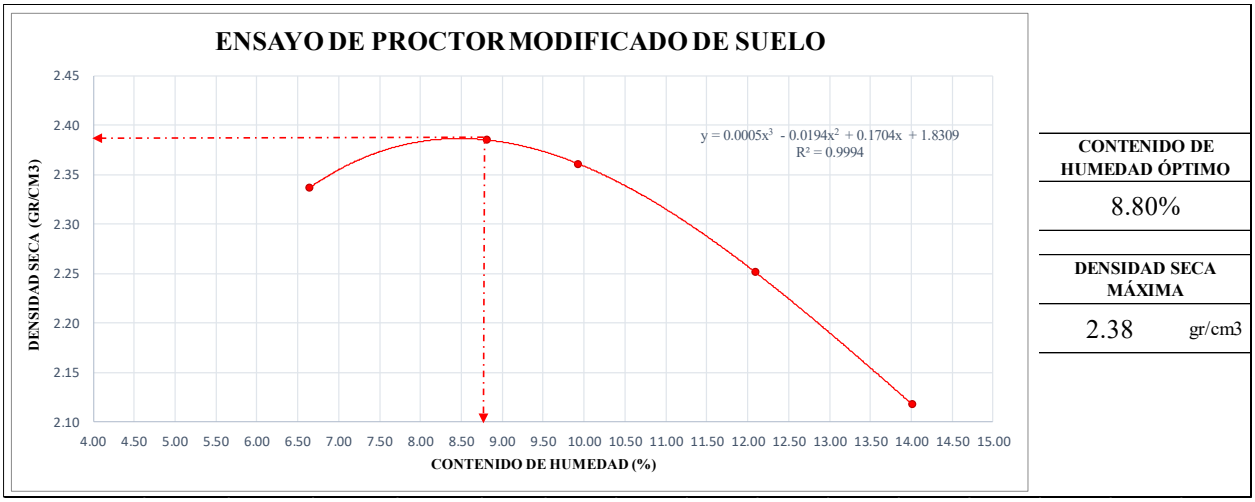
| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 2 | **% Tierra de Diatomeas** | 3 |

| **DESCRIPCIÓN** | **UND** | **MUESTRA 01** | | **MUESTRA 02** | | **MUESTRA 03** | | **MUESTRA 04** | | **MUESTRA 05** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Peso de la muestra humeda +molde** | **gr** | 4380.00 | | 4477.49 | | 4476.95 | | 4409.60 | | 4306.43 | |
| **Peso del molde** | **gr** | 2027.86 | | 2027.86 | | 2027.86 | | 2027.86 | | 2027.86 | |
| **Peso muestra humeda** | **gr** | 2352.14 | | 2449.63 | | 2449.09 | | 2381.74 | | 2278.57 | |
| **Volumen del molde** | **cm3** | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | |
| **Densidad humeda** | **gr/cm3** | 2.49 | | 2.60 | | 2.60 | | 2.52 | | 2.41 | |
| **Recipiente metálico** | **und** | **AM-06** | | **CP-02** | | **CP-50** | | **CP-M4** | | **CP-49** | |
| **Peso de la muestra humeda + tara** | **gr** | 113.26 | 152.91 | 146.94 | 142.10 | 161.08 | 160.07 | 174.00 | 137.75 | 137.03 | 157.22 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 109.79 | 147.31 | 139.67 | 135.39 | 152.08 | 150.88 | 161.76 | 129.32 | 126.94 | 145.16 |
| **Peso del agua** | **gr** | 3.47 | 5.60 | 7.27 | 6.71 | 9.00 | 9.19 | 12.24 | 8.43 | 10.09 | 12.06 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 59.07 | 60.50 | 57.98 | 58.49 | 63.00 | 56.60 | 64.03 | 57.06 | 56.13 | 57.59 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 50.72 | 86.81 | 81.69 | 76.90 | 89.08 | 94.28 | 97.73 | 72.26 | 70.81 | 87.57 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 6.84 | 6.45 | 8.90 | 8.73 | 10.10 | 9.75 | 12.52 | 11.67 | 14.25 | 13.77 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | **6.65** | | **8.81** | | **9.93** | | **12.10** | | **14.01** | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | **2.34** | | **2.39** | | **2.36** | | **2.25** | | **2.12** | |

Fuente: Elaboración propia

## Gráfica 67

*Densidad seca vs Contenido de humedad de la cantera de Saylla con adición de 2% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

## Tabla 74

*Datos del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Patapata con adición de 3% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas*

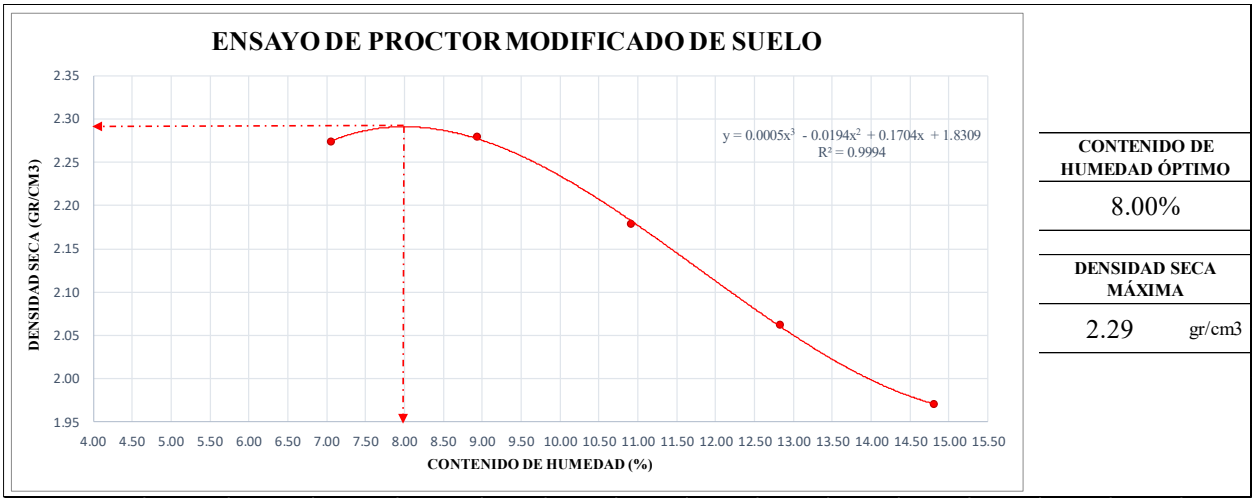
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECANICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta | **Fecha de ensayo:** | 15 de mayo del 2024 |
| | Lenin Eduardo Peña Surco | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Patapata |
| **Region:** | Cusco | **Descripción del ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |
| **Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de compactación Proctor Modificado del suelo** | | | |
| **% Aceite Residual Degradado** | 3 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

| **DESCRIPCIÓN** | **UND** | **MUESTRA 01** | | **MUESTRA 02** | | **MUESTRA 03** | | **MUESTRA 04** | | **MUESTRA 05** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Peso de la muestra humeda +molde** | **gr** | 4284.38 | | 4330.64 | | 4267.92 | | 4183.47 | | 4121.83 | |
| **Peso del molde** | **gr** | 1987.17 | | 1987.17 | | 1987.17 | | 1987.17 | | 1987.17 | |
| **Peso muestra humeda** | **gr** | 2297.21 | | 2343.47 | | 2280.75 | | 2196.30 | | 2134.66 | |
| **Volumen del molde** | **cm3** | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | |
| **Densidad humeda** | **gr/cm3** | 2.43 | | 2.48 | | 2.42 | | 2.33 | | 2.26 | |
| **Recipiente metálico** | **und** | **CP-16** | | **CP-M3** | | **CP-49** | | **AM-06** | | **CP-35** | |
| **Peso de la muestra humeda + tara** | **gr** | 119.54 | 114.44 | 144.24 | 185.58 | 136.02 | 114.43 | 120.02 | 118.76 | 144.86 | 131.43 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 115.46 | 110.63 | 137.23 | 175.61 | 128.25 | 108.81 | 112.99 | 112.50 | 133.69 | 121.86 |
| **Peso del agua** | **gr** | 4.08 | 3.81 | 7.01 | 9.97 | 7.77 | 5.62 | 7.03 | 6.26 | 11.17 | 9.57 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 57.58 | 56.61 | 58.80 | 64.04 | 56.14 | 57.98 | 58.94 | 63.00 | 58.09 | 57.34 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 57.88 | 54.02 | 78.43 | 111.57 | 72.11 | 50.83 | 54.05 | 49.50 | 75.60 | 64.52 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 7.05 | 7.05 | 8.94 | 8.94 | 10.78 | 11.06 | 13.01 | 12.65 | 14.78 | 14.83 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | **7.05** | | **8.94** | | **10.92** | | **12.83** | | **14.80** | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | **2.27** | | **2.28** | | **2.18** | | **2.06** | | **1.97** | |

Fuente: Elaboración propia

## Gráfica 68

*Densidad seca vs Contenido de humedad de la cantera de Saylla con adición de 3% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

## Tabla 75

*Datos del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Patapata con adición de 3% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas*

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECANICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta | **Fecha de ensayo:** | 16 de mayo del 2024 |
| | Lenin Eduardo Peña Surco | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Patapata |
| **Region:** | Cusco | **Descripción del ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de compactación Proctor Modificado del suelo**

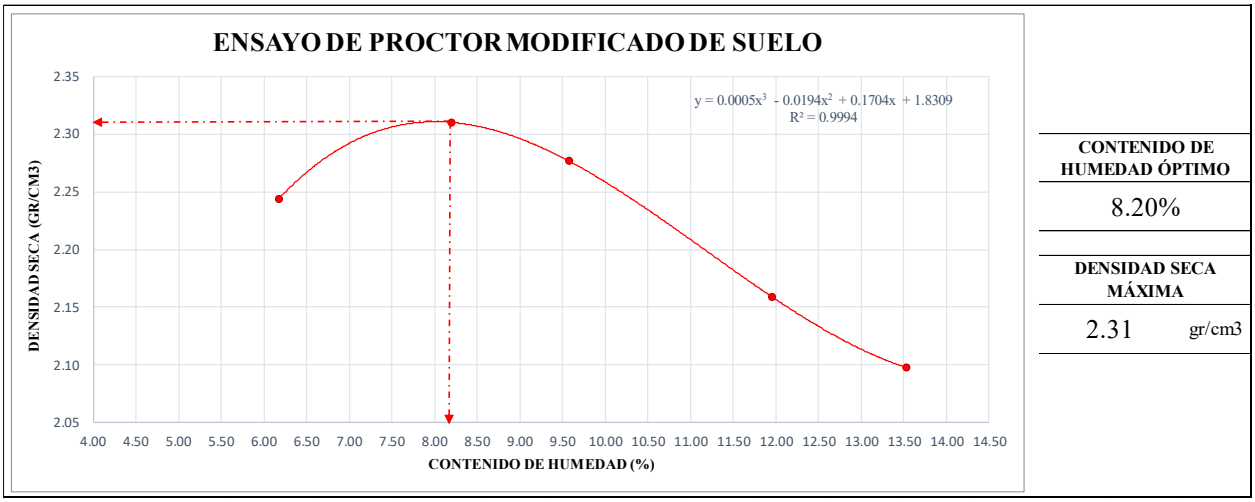
| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 3 | **% Tierra de Diatomeas** | 1 |

| **DESCRIPCIÓN** | **UND** | **MUESTRA 01** | | **MUESTRA 02** | | **MUESTRA 03** | | **MUESTRA 04** | | **MUESTRA 05** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Peso de la muestra humeda +molde** | **gr** | 4276.16 | | 4386.84 | | 4381.97 | | 4308.68 | | 4275.31 | |
| **Peso del molde** | **gr** | 2027.86 | | 2027.86 | | 2027.86 | | 2027.86 | | 2027.86 | |
| **Peso muestra humeda** | **gr** | 2248.30 | | 2358.98 | | 2354.11 | | 2280.82 | | 2247.45 | |
| **Volumen del molde** | **cm3** | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | |
| **Densidad humeda** | **gr/cm3** | 2.38 | | 2.50 | | 2.49 | | 2.42 | | 2.38 | |
| **Recipiente metálico** | **und** | **AF-M2** | | **CP-M1** | | **CP-14** | | **CP-35** | | **CP-C11** | |
| **Peso de la muestra humeda + tara** | **gr** | 92.65 | 171.86 | 142.64 | 144.96 | 150.92 | 135.34 | 147.07 | 147.52 | 150.34 | 138.73 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 90.39 | 164.88 | 136.12 | 138.42 | 142.47 | 128.75 | 137.80 | 137.79 | 139.28 | 129.20 |
| **Peso del agua** | **gr** | 2.26 | 6.98 | 6.52 | 6.54 | 8.45 | 6.59 | 9.27 | 9.73 | 11.06 | 9.53 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 53.79 | 51.79 | 56.56 | 58.77 | 54.72 | 59.57 | 58.10 | 58.61 | 59.04 | 57.36 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 36.60 | 113.09 | 79.56 | 79.65 | 87.75 | 69.18 | 79.70 | 79.18 | 80.24 | 71.84 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 6.17 | 6.17 | 8.20 | 8.21 | 9.63 | 9.53 | 11.63 | 12.29 | 13.78 | 13.27 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | **6.17** | | **8.20** | | **9.58** | | **11.96** | | **13.52** | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | **2.24** | | **2.31** | | **2.28** | | **2.16** | | **2.10** | |

Fuente: Elaboración propia

## Gráfica 69

*Densidad seca vs Contenido de humedad de la cantera de Saylla con adición de 3% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

## Tabla 76

*Datos del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Patapata con adición de 3% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas*

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECANICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta | **Fecha de ensayo:** | 16 de mayo del 2024 |
| | Lenin Eduardo Peña Surco | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Patapata |
| **Region:** | Cusco | **Descripción del ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de compactación Proctor Modificado del suelo**

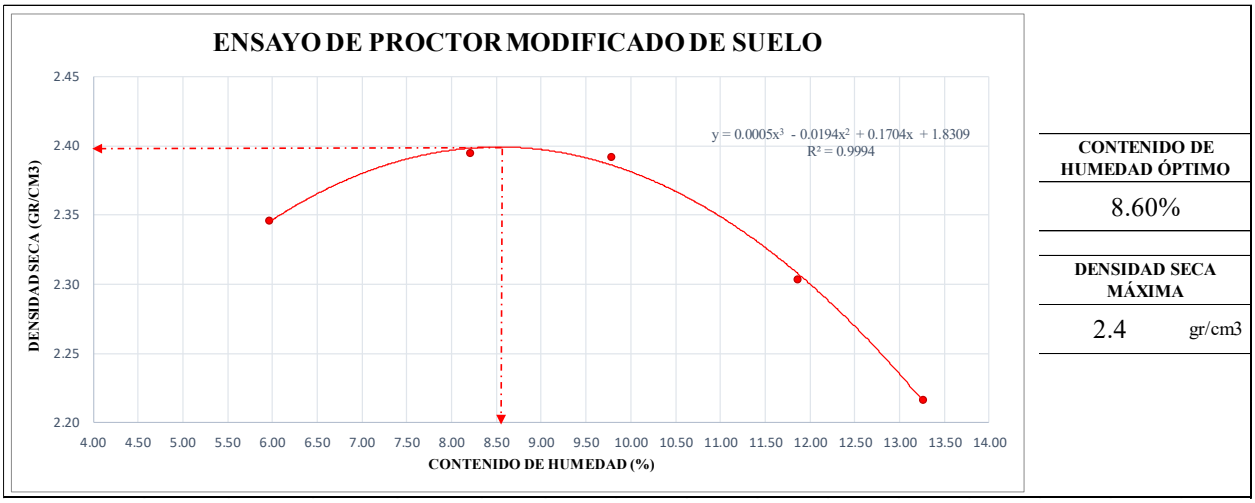
| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 3 | **% Tierra de Diatomeas** | 2 |

| **DESCRIPCIÓN** | **UND** | **MUESTRA 01** | | **MUESTRA 02** | | **MUESTRA 03** | | **MUESTRA 04** | | **MUESTRA 05** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Peso de la muestra humeda +molde** | **gr** | 4373.58 | | 4472.92 | | 4505.78 | | 4459.83 | | 4397.01 | |
| **Peso del molde** | **gr** | 2027.86 | | 2027.86 | | 2027.86 | | 2027.86 | | 2027.86 | |
| **Peso muestra humeda** | **gr** | 2345.72 | | 2445.06 | | 2477.92 | | 2431.97 | | 2369.15 | |
| **Volumen del molde** | **cm3** | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | |
| **Densidad humeda** | **gr/cm3** | 2.49 | | 2.59 | | 2.63 | | 2.58 | | 2.51 | |
| **Recipiente metálico** | **und** | **CP-63** | | **CP-49** | | **CP-50** | | **AF-M2** | | **CP-16** | |
| **Peso de la muestra humeda + tara** | **gr** | 102.01 | 130.08 | 118.12 | 126.38 | 155.33 | 145.93 | 116.84 | 162.22 | 159.38 | 141.33 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 99.43 | 126.20 | 113.48 | 121.13 | 147.15 | 138.14 | 110.13 | 150.55 | 147.77 | 131.38 |
| **Peso del agua** | **gr** | 2.58 | 3.88 | 4.64 | 5.25 | 8.18 | 7.79 | 6.71 | 11.67 | 11.61 | 9.95 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 56.60 | 60.51 | 56.13 | 57.99 | 63.01 | 59.09 | 53.79 | 51.80 | 57.59 | 58.51 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 42.83 | 65.69 | 57.35 | 63.14 | 84.14 | 79.05 | 56.34 | 98.75 | 90.18 | 72.87 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 6.02 | 5.91 | 8.09 | 8.31 | 9.72 | 9.85 | 11.91 | 11.82 | 12.87 | 13.65 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | **5.97** | | **8.20** | | **9.79** | | **11.86** | | **13.26** | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | **2.35** | | **2.39** | | **2.39** | | **2.30** | | **2.22** | |

Fuente: Elaboración propia

## Gráfica 70

*Densidad seca vs Contenido de humedad de la cantera de Saylla con adición de 3% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

## Tabla 77

*Datos del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Patapata con adición de 3% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas*

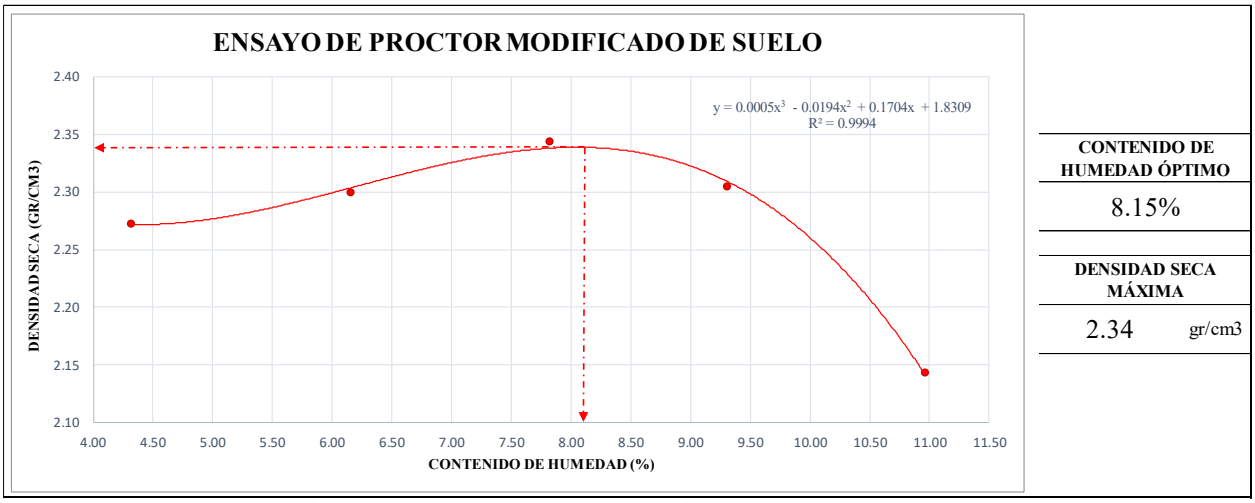
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECANICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta | **Fecha de ensayo:** | 16 de mayo del 2024 |
| | Lenin Eduardo Peña Surco | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Patapata |
| **Region:** | Cusco | **Descripción del ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |
| **Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de compactación Proctor Modificado del suelo** | | | |
| **% Aceite Residual Degradado** | 3 | **% Tierra de Diatomeas** | 3 |

| **DESCRIPCIÓN** | **UND** | **MUESTRA 01** | | **MUESTRA 02** | | **MUESTRA 03** | | **MUESTRA 04** | | **MUESTRA 05** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Peso de la muestra humeda +molde** | **gr** | 4264.98 | | 4332.05 | | 4412.87 | | 4405.31 | | 4272.05 | |
| **Peso del molde** | **gr** | 2027.77 | | 2027.77 | | 2027.77 | | 2027.77 | | 2027.77 | |
| **Peso muestra humeda** | **gr** | 2237.21 | | 2304.28 | | 2385.10 | | 2377.54 | | 2244.28 | |
| **Volumen del molde** | **cm3** | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | | 943.69 | |
| **Densidad humeda** | **gr/cm3** | 2.37 | | 2.44 | | 2.53 | | 2.52 | | 2.38 | |
| **Recipiente metálico** | **und** | **CP-63** | | **CP-49** | | **CP-M4** | | **AF-M2** | | **CP-50** | |
| **Peso de la muestra humeda + tara** | **gr** | 122.01 | 150.08 | 138.12 | 146.38 | 175.33 | 165.93 | 136.84 | 182.22 | 179.38 | 161.33 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 119.43 | 146.20 | 133.48 | 141.13 | 167.15 | 158.14 | 130.13 | 170.55 | 167.77 | 151.38 |
| **Peso del agua** | **gr** | 2.58 | 3.88 | 4.64 | 5.25 | 8.18 | 7.79 | 6.71 | 11.67 | 11.61 | 9.95 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 56.60 | 60.51 | 56.15 | 57.99 | 64.03 | 57.06 | 53.79 | 51.80 | 63.01 | 59.56 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 62.83 | 85.69 | 77.33 | 83.14 | 103.12 | 101.08 | 76.34 | 118.75 | 104.76 | 91.82 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 4.11 | 4.53 | 6.00 | 6.31 | 7.93 | 7.71 | 8.79 | 9.83 | 11.08 | 10.84 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | **4.32** | | **6.16** | | **7.82** | | **9.31** | | **10.96** | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | **2.27** | | **2.30** | | **2.34** | | **2.30** | | **2.14** | |

Fuente: Elaboración propia

## Gráfica 71

*Densidad seca vs Contenido de humedad de la cantera de Saylla con adición de 3% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

### *5.3.7 Determinación del CBR de suelos.*

Se realizará un ensayo de CBR (Índice de Soporte California) en laboratorio siguiendo la norma MTC E 132. Este ensayo evalúa la resistencia del material y su capacidad para soportar cargas en condiciones específicas.

**Fotografía 20**
*Elaboración del ensayo de CBR*



Fuente: Elaboración propia

**Fotografía 21**
*Medidor de Expansión del CBR*



Fuente: Elaboración propia

#### 5.3.7.1 Equipos y materiales:

- Prensa hidráulica utilizada para llevar a cabo el ensayo de CBR.
- Papel filtro.
- Equipo para la prueba de CBR: consta de 3 moldes cilíndricos con placa base y collar de extensión, placas de expansión, discos espaciadores, pesos de sobrecarga y trípodes.
- Balanza con una precisión de 0.01 gr.
- Balanza con una precisión de 1 gr.
- Herramientas de mezcla como son el cucharón, la bandeja metálica, espátulas.
- Pisón del Proctor modificado.
- Diales de expansión.
- Probeta de 1000ml de capacidad.
- Se cuenta con un horno capaz de mantener temperaturas uniformes y constantes de hasta 110 ± 5 °C.
- Enrasador para poder poner la muestra bien nivelada y perfilada. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 230)

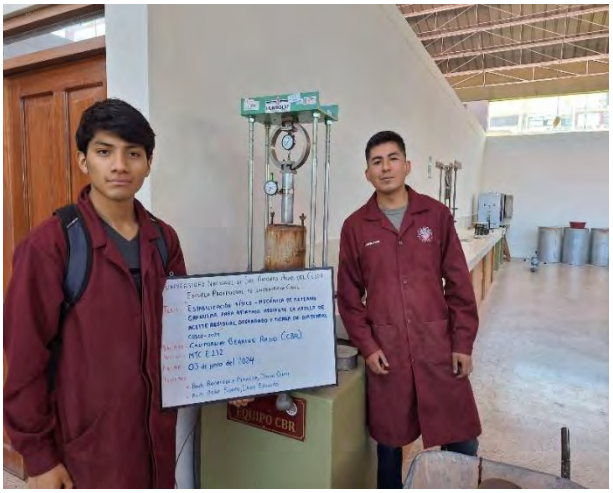
#### 5.3.7.2 Procedimiento:

- Se mezcló la muestra con la cantidad de agua calculada en el ensayo de Proctor modificado, descontando la humedad natural del suelo que debe ser calculada con el ensayo de contenido de humedad.
- Se ensambló el molde con su respectiva placa base con su collarín y poniendo su disco espaciador y añadiendo el papel filtro antes de agregar el material.
- Se procedió a compactar la muestra suelta con 5 capas cada molde con golpes de 12, 26 y 55 golpes.

- Una vez finalizada la compactación, se retiró el collarín de expansión y se realizó el enrasado utilizando el enrasador y el cuchillo. Posteriormente, se volteó la muestra para que la superficie libre quedará en la parte superior.
- Se llevó a la balanza y se procedió anotar el peso.
- Se le puso las sobrecargas para posteriormente llevarlas a la poza donde se encuentra el agua para poder sumergirlas durante 4 días o 96 horas.
- Se repite el proceso para los 3 moldes.
- Tras los días de inmersión, se retiraron los moldes del agua junto con sus respectivas sobrecargas, los discos de expansión y demás componentes. Luego, se dejó escurrir el agua durante unos 15 minutos.
- Se colocaron las sobrecargas y se realizó el ensayo de penetración en la máquina hidráulica, registrando las lecturas del dial según la norma.
- Posteriormente se realizó el procesamiento de datos y así poder determinar las gráficas esfuerzo vs la penetración, así como la densidad vs el porcentaje de CBR. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 232)

**Fotografía 22**

*Elaboración del ensayo CBR*




Fuente: Elaboración propia

#### 5.3.7.3 Procesamiento de datos:

**Ecuación 10:**
*Fórmula para calcular el porcentaje de agua a añadir en el ensayo Proctor modificado:*

$$\%\ agua\ a\ añadir = \frac{H - h}{100 + h} \times 100$$

Donde:

H: Humedad calculada en Proctor

h: Humedad natural del suelo

**Ecuación 11:**
*Fórmula para calcular la densidad humedad para los 12, 26 y 55 golpes:*

$$\rho_w = \frac{P_{MHB} - P_{MB}}{V_M}$$

Donde:

$\rho_w$: Densidad húmeda.

$P_{MHB}$: Peso de la muestra húmeda más molde más base.

$P_{MB}$: Peso del molde más base

$V_M$: Volumen del molde.

**Ecuación 12:**
*Fórmula para calcular la densidad seca:*

$$\rho_d = \frac{\rho_w}{1 + \frac{w}{100}}$$

Donde:

$\rho_w$: Densidad húmeda.

$w$: Contenido de agua en porcentaje.

$\rho_d$: Densidad seca.

**Ecuación 13:**
*Ecuación de ajuste para valores en kgf:*

y = 4,2658x + 16,4476

Donde:

y: lectura del dial

x: fuerza promedio (kgf)

**Ecuación 14:**
*Fórmula para calcular el esfuerzo:*

$$Esfuerzo = \frac{Fuerza}{Area\ del\ piston}$$

**Ecuación 15:**
*Fórmula para hallar el CBR para una penetración del 0.1" y 0.2"*

$$CBR\% = \frac{Esfuerzo}{Carga\ unitaria\ Patron}$$

$Carga\ unitaria\ Patron$:

0.1" = 70.31 kg/cm2

0.2" = 105.46 kg/cm2

Se elaboraron los Gráficas de esfuerzo–deformación para los ensayos de 12, 26 y 55 golpes, con el fin de analizar el comportamiento del material durante la penetración.

La densidad seca máxima obtenida en el ensayo de Proctor Modificado se tomó como referencia para determinar la densidad seca al 100 %, calculándose además la densidad seca correspondiente al 95 % para el análisis del ensayo.

Verificamos con la comprobación que nos indica la norma MTC si usaremos el CBR que nos salió en 0.1" o en el 0.2". (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 236)

El valor de CBR permitió evaluar la capacidad de soporte del material y comparar el comportamiento de las diferentes mezclas de ARD y tierra de diatomeas.

**5.3.7.4 Recopilación de datos:**

Se registraron las cargas de penetración y la expansión de las muestras, determinándose el valor de CBR de cada dosificación evaluada.

**Tabla 78**

*Datos del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de la cantera de Saylla sin la adición de ARD y Tierra de Diatomeas*

UNSAAC
Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

**CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)**

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 17 de mayo del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

**DATOS GENERALES**

| INFORMACIÓN GENERAL DE LA MUESTRA | | INFORMACIÓN GENERAL DE LOS EQUIPOS | | INFORMACIÓN GENERAL DEL MOLDE | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Contenido Óptimo de Humedad** | 5.9 % | **Peso del martillo** | 4.54 kg | **Diámetro** | 15.24 cm |
| **Contenido Natural de Humedad** | 2.7 % | **Altura de Caída del martillo** | 45.72 cm | **Altura** | 17.78 cm |
| **Densidad Seca Máxima** | 2.27 cm3 | **Altura del disco espaciador** | 6.14 cm | **Altura de muestra** | 11.64 cm |
| **Número de Capas** | 5 | **Area del pistón** | 19.35 cm2 | **Volumen** | 2123.31 cm3 |

| DESCRIPCIÓN | UND | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Número de golpes** | **Und** | **12** | | | **26** | | | **55** | | |
| **Peso del molde más base** | **gr** | 7042.00 | | | 6118.00 | | | 7145.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra húmeda** | **gr** | 11890.00 | | | 11003.00 | | | 12318.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra sumergida** | **gr** | 11618.00 | | | 10806.00 | | | 12175.00 | | |
| **Peso muestra húmeda** | **gr** | **4848.00** | | | **4885.00** | | | **5173.00** | | |
| **Densidad Húmeda** | **cm3** | **2.28** | | | **2.30** | | | **2.44** | | |
| **CONTENIDO DE HUMEDAD POST INMERSIÓN** | | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** |
| **Peso de la muestra húmeda + tara** | **gr** | 96.57 | 111.20 | 105.63 | 106.57 | 97.57 | 92.10 | 95.30 | 98.86 | 109.10 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 92.56 | 105.82 | 100.76 | 102.15 | 94.02 | 89.10 | 92.63 | 96.08 | 105.71 |
| **Peso del agua** | **gr** | 4.01 | 5.38 | 4.87 | 4.42 | 3.55 | 3.00 | 2.67 | 2.78 | 3.39 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 55.25 | 57.25 | 59.25 | 51.78 | 53.79 | 55.76 | 56.75 | 58.80 | 60.81 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 37.31 | 48.57 | 41.51 | 50.37 | 40.23 | 33.34 | 35.88 | 37.28 | 44.90 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 10.75 | 11.08 | 11.73 | 8.78 | 8.82 | 9.00 | 7.44 | 7.46 | 7.55 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | | **11.19** | | | **8.87** | | | **7.48** | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | | **2.05** | | | **2.11** | | | **2.27** | |

| | |
|---|---|
| **Ecuación de ajuste para valores en kgf:** | y = 4,2658x + 16,4476 |
| x : | Lectura del dial |
| y : | Fuerza promedio (kgf) |

| | |
|---|---|
| **Carga unitaria patrón** | 70.31 kg/cm2 |
| | 105.46 kg/cm2 |

| Datos del ensayo de Penetración (CBR) | | ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESIÓN | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | | MUESTRA 2 | | | | MUESTRA 3 | | | |
| **Penetración (mm)** | **Dial** | **Dial** | **(12 GOLPES) Fuerza (kg)** | **Esfuerzo (kg/cm2)** | **CBR (%)** | **Dial** | **(26 GOLPES) Fuerza (kg)** | **Esfuerzo (kg/cm2)** | **CBR (%)** | **Dial** | **(55 GOLPES) Fuerza (kg)** | **Esfuerzo (kg/cm2)** | **CBR (%)** |
| **0.000** | **0.000** | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | |
| **0.640** | **0.025** | **4** | 33.51 | 1.73 | | **12** | 67.64 | 3.50 | | **35** | 165.75 | 8.57 | |
| **1.270** | **0.050** | **6** | 42.04 | 2.17 | | **22** | 110.30 | 5.70 | | **53** | 242.54 | 12.53 | |
| **1.910** | **0.075** | **8** | 50.57 | 2.61 | | **28** | 135.89 | 7.02 | | **92** | 408.90 | 21.13 | |
| **2.540** | **0.100** | **10** | 59.11 | 3.05 | 4.34 | **47** | 216.94 | 11.21 | 15.95 | **137** | 600.86 | 31.05 | 44.16 |
| **3.810** | **0.150** | **13** | 71.90 | 3.72 | | **56** | 255.33 | 13.20 | | **157** | 686.18 | 35.46 | |
| **5.080** | **0.200** | **15** | 80.43 | 4.16 | 3.94 | **65** | 293.72 | 15.18 | 14.39 | **200** | 869.61 | 44.94 | 42.61 |
| **6.350** | **0.250** | **17** | 88.97 | 4.60 | | **82** | 366.24 | 18.93 | | **238** | 1031.71 | 53.32 | |
| **7.620** | **0.300** | **18** | 93.23 | 4.82 | | **93** | 413.17 | 21.35 | | **254** | 1099.96 | 56.85 | |
| **10.160** | **0.400** | **22** | 110.30 | 5.70 | | **102** | 451.56 | 23.34 | | **283** | 1223.67 | 63.24 | |
| **12.700** | **0.500** | **25** | 123.09 | 6.36 | | **110** | 485.69 | 25.10 | | **315** | 1360.17 | 70.29 | |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 79**

*Datos del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de la cantera de Saylla con adición de 0% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas*

UNSAAC
Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

**CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)**

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 17 de mayo del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 1 |

**DATOS GENERALES**

| INFORMACIÓN GENERAL DE LA MUESTRA | | INFORMACIÓN GENERAL DE LOS EQUIPOS | | INFORMACIÓN GENERAL DEL MOLDE | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Contenido Óptimo de Humedad** | 6.9 % | **Peso del martillo** | 4.54 kg | **Diámetro** | 15.24 cm |
| **Contenido Natural de Humedad** | 2.7 % | **Altura de Caída del martillo** | 45.72 cm | **Altura** | 17.78 cm |
| **Densidad Seca Máxima** | 2.29 cm3 | **Altura del disco espaciador** | 6.14 cm | **Altura de muestra** | 11.64 cm |
| **Número de Capas** | 5 | **Area del pistón** | 19.35 cm2 | **Volumen** | 2123.31 cm3 |

| DESCRIPCIÓN | UND | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Número de golpes** | **Und** | **12** | | | **26** | | | **55** | | |
| **Peso del molde más base** | **gr** | 7042.00 | | | 6118.00 | | | 7145.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra húmeda** | **gr** | 11890.00 | | | 11033.00 | | | 12408.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra sumergida** | **gr** | 11618.00 | | | 10806.00 | | | 12175.00 | | |
| **Peso muestra húmeda** | **gr** | **4848.00** | | | **4915.00** | | | **5263.00** | | |
| **Densidad Húmeda** | **cm3** | **2.28** | | | **2.31** | | | **2.48** | | |
| **CONTENIDO DE HUMEDAD POST INMERSIÓN** | | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** |
| **Peso de la muestra húmeda + tara** | **gr** | 112.00 | 112.27 | 93.25 | 90.15 | 97.67 | 101.12 | 100.53 | 99.10 | 98.47 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 106.17 | 108.16 | 90.01 | 85.89 | 94.39 | 98.76 | 96.48 | 96.08 | 96.43 |
| **Peso del agua** | **gr** | 5.83 | 4.11 | 3.24 | 4.26 | 3.28 | 2.36 | 4.05 | 3.02 | 2.04 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 43.23 | 57.25 | 49.25 | 45.19 | 53.79 | 58.14 | 59.20 | 58.80 | 59.19 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 62.94 | 50.91 | 40.76 | 40.70 | 40.60 | 40.62 | 37.28 | 37.28 | 37.24 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 9.26 | 8.07 | 7.95 | 10.47 | 8.08 | 5.81 | 10.86 | 8.10 | 5.48 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | | **8.43** | | | **8.12** | | | **8.15** | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | | **2.11** | | | **2.14** | | | **2.29** | |

| | |
|---|---|
| **Ecuación de ajuste para valores en kgf:** | y = 4,2658x + 16,4476 |
| x : | Lectura del dial |
| y : | Fuerza promedio (kgf) |

| | |
|---|---|
| **Carga unitaria patrón** | 70.31 kg/cm2 |
| | 105.46 kg/cm2 |

| Datos del ensayo de Penetración (CBR) | | ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESIÓN | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | | MUESTRA 2 | | | | MUESTRA 3 | | | |
| **Penetración (mm)** | **Dial** | **Dial** | **(12 GOLPES) Fuerza (kg)** | **Esfuerzo (kg/cm2)** | **CBR (%)** | **Dial** | **(26 GOLPES) Fuerza (kg)** | **Esfuerzo (kg/cm2)** | **CBR (%)** | **Dial** | **(55 GOLPES) Fuerza (kg)** | **Esfuerzo (kg/cm2)** | **CBR (%)** |
| **0.000** | **0.000** | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | |
| **0.640** | **0.025** | **8** | 50.57 | 2.61 | | **12** | 67.64 | 3.50 | | **36** | 170.02 | 8.79 | |
| **1.270** | **0.050** | **14** | 76.17 | 3.94 | | **26** | 127.36 | 6.58 | | **72** | 323.59 | 16.72 | |
| **1.910** | **0.075** | **18** | 93.23 | 4.82 | | **45** | 208.41 | 10.77 | | **131** | 575.27 | 29.73 | |
| **2.540** | **0.100** | **25** | 123.09 | 6.36 | 9.05 | **69** | 310.79 | 16.06 | 22.84 | **173** | 754.43 | 38.99 | 55.45 |
| **3.810** | **0.150** | **30** | 144.42 | 7.46 | | **94** | 417.43 | 21.57 | | **205** | 890.94 | 46.04 | |
| **5.080** | **0.200** | **35** | 165.75 | 8.57 | 8.12 | **105** | 464.36 | 24.00 | 22.76 | **242** | 1048.77 | 54.20 | 51.39 |
| **6.350** | **0.250** | **39** | 182.81 | 9.45 | | **130** | 571.00 | 29.51 | | **254** | 1099.96 | 56.85 | |
| **7.620** | **0.300** | **43** | 199.88 | 10.33 | | **141** | 617.93 | 31.93 | | **283** | 1223.67 | 63.24 | |
| **10.160** | **0.400** | **46** | 212.67 | 10.99 | | **146** | 639.25 | 33.04 | | **316** | 1364.44 | 70.51 | |
| **12.700** | **0.500** | **52** | 238.27 | 12.31 | | **151** | 660.58 | 34.14 | | **368** | 1586.26 | 81.98 | |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 80**

*Datos del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de la cantera de Saylla con adición de 0% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas*

UNSAAC
Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

**CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)**

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 21 de mayo del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 2 |

**DATOS GENERALES**

| INFORMACIÓN GENERAL DE LA MUESTRA | | INFORMACIÓN GENERAL DE LOS EQUIPOS | | INFORMACIÓN GENERAL DEL MOLDE | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Contenido Óptimo de Humedad** | 7.5 % | **Peso del martillo** | 4.54 kg | **Diámetro** | 15.24 cm |
| **Contenido Natural de Humedad** | 2.7 % | **Altura de Caída del martillo** | 45.72 cm | **Altura** | 17.78 cm |
| **Densidad Seca Máxima** | 2.35 cm3 | **Altura del disco espaciador** | 6.14 cm | **Altura de muestra** | 11.64 cm |
| **Número de Capas** | 5 | **Area del pistón** | 19.35 cm2 | **Volumen** | 2123.31 cm3 |

| DESCRIPCIÓN | UND | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Número de golpes** | **Und** | **12** | | | **26** | | | **55** | | |
| **Peso del molde más base** | **gr** | 7042.00 | | | 7145.00 | | | 6096.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra húmeda** | **gr** | 12228.00 | | | 12360.00 | | | 11465.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra sumergida** | **gr** | 12146.00 | | | 12623.00 | | | 11777.00 | | |
| **Peso muestra húmeda** | **gr** | **5186.00** | | | **5215.00** | | | **5369.00** | | |
| **Densidad Húmeda** | **cm3** | **2.44** | | | **2.46** | | | **2.53** | | |
| **CONTENIDO DE HUMEDAD POST INMERSIÓN** | | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** |
| **Peso de la muestra húmeda + tara** | **gr** | 101.25 | 112.27 | 106.23 | 86.95 | 97.57 | 88.74 | 59.61 | 143.76 | 55.09 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 93.82 | 105.82 | 100.82 | 82.01 | 93.61 | 85.81 | 56.51 | 139.51 | 51.98 |
| **Peso del agua** | **gr** | 7.43 | 6.45 | 5.41 | 4.94 | 3.96 | 2.93 | 3.10 | 4.25 | 3.11 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 45.25 | 57.25 | 52.25 | 42.19 | 53.79 | 45.99 | 21.98 | 57.87 | 22.01 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 48.57 | 48.57 | 48.57 | 39.82 | 39.82 | 39.82 | 34.53 | 81.64 | 29.97 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 15.30 | 13.28 | 11.14 | 12.41 | 9.94 | 7.36 | 8.98 | 5.21 | 10.38 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | **13.24** | | | **9.90** | | | **8.19** | | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | **2.16** | | | **2.23** | | | **2.34** | | |

| | |
|---|---|
| **Ecuación de ajuste para valores en kgf:** | y = 4,2658x + 16,4476 |
| x : | Lectura del dial |
| y : | Fuerza promedio (kgf) |

| | |
|---|---|
| **Carga unitaria patrón** | 70.31 kg/cm2 |
| | 105.46 kg/cm2 |

| Datos del ensayo de Penetración (CBR) | | ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESIÓN | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | | MUESTRA 2 | | | | MUESTRA 3 | | | |
| | | | (12 GOLPES) | | | | (26 GOLPES) | | | | (55 GOLPES) | | |
| **Penetración (mm)** | **Dial** | **Dial** | **Fuerza (kg)** | **Esfuerzo (kg/cm2)** | **CBR (%)** | **Dial** | **Fuerza (kg)** | **Esfuerzo (kg/cm2)** | **CBR (%)** | **Dial** | **Fuerza (kg)** | **Esfuerzo (kg/cm2)** | **CBR (%)** |
| **0.000** | **0.000** | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | |
| **0.640** | **0.025** | **12** | 67.64 | 3.50 | | **27** | 131.62 | 6.80 | | **40** | 187.08 | 9.67 | |
| **1.270** | **0.050** | **15** | 80.43 | 4.16 | | **40** | 187.08 | 9.67 | | **72** | 323.59 | 16.72 | |
| **1.910** | **0.075** | **21** | 106.03 | 5.48 | | **53** | 242.54 | 12.53 | | **118** | 519.81 | 26.86 | |
| **2.540** | **0.100** | **25** | 123.09 | 6.36 | 9.05 | **70** | 315.05 | 16.28 | 23.16 | **226** | 980.52 | 50.67 | 72.07 |
| **3.810** | **0.150** | **30** | 144.42 | 7.46 | | **83** | 370.51 | 19.15 | | **276** | 1193.81 | 61.70 | |
| **5.080** | **0.200** | **33** | 157.22 | 8.13 | 7.70 | **94** | 417.43 | 21.57 | 20.46 | **311** | 1343.11 | 69.41 | 65.82 |
| **6.350** | **0.250** | **41** | 191.35 | 9.89 | | **103** | 455.83 | 23.56 | | **330** | 1424.16 | 73.60 | |
| **7.620** | **0.300** | **47** | 216.94 | 11.21 | | **119** | 524.08 | 27.08 | | **390** | 1680.11 | 86.83 | |
| **10.160** | **0.400** | **51** | 234.00 | 12.09 | | **134** | 588.06 | 30.39 | | **430** | 1850.74 | 95.65 | |
| **12.700** | **0.500** | **55** | 251.07 | 12.98 | | **141** | 617.93 | 31.93 | | **449** | 1931.79 | 99.83 | |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 81**

*Datos del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de la cantera de Saylla con adición de 0% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas*

**CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)**

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:**<br>**N° de hoja:** | 24 de mayo del 2024<br>1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°2 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 3 |

**DATOS GENERALES**

| INFORMACIÓN GENERAL DE LA MUESTRA | | INFORMACIÓN GENERAL DE LOS EQUIPOS | | INFORMACIÓN GENERAL DEL MOLDE | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Contenido Óptimo de Humedad** | 9.2 % | **Peso del martillo** | 4.54 kg | **Diámetro** | 15.24 cm |
| **Contenido Natural de Humedad** | 2.7 % | **Altura de Caída del martillo** | 45.72 cm | **Altura** | 17.78 cm |
| **Densidad Seca Máxima** | 2.39 cm3 | **Altura del disco espaciador** | 6.14 cm | **Altura de muestra** | 11.64 cm |
| **Número de Capas** | 5 | **Area del pistón** | 19.35 cm2 | **Volumen** | 2123.31 cm3 |

| DESCRIPCIÓN | UND | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Número de golpes** | **Und** | | **12** | | | **26** | | | **55** | |
| **Peso del molde más base** | **gr** | | 7040.00 | | | 7145.00 | | | 6118.00 | |
| **Peso del molde + base + muestra húmeda** | **gr** | | 12020.00 | | | 12398.00 | | | 11520.00 | |
| **Peso del molde + base + muestra sumergida** | **gr** | | 11937.00 | | | 12670.00 | | | 11880.00 | |
| **Peso muestra húmeda** | **gr** | | **4980.00** | | | **5253.00** | | | **5402.00** | |
| **Densidad Húmeda** | **cm3** | | **2.35** | | | **2.47** | | | **2.54** | |
| **CONTENIDO DE HUMEDAD POST INMERSIÓN** | | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** |
| **Peso de la muestra húmeda + tara** | **gr** | 92.25 | 112.27 | 106.23 | 95.30 | 98.86 | 109.10 | 82.95 | 97.02 | 90.74 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 89.82 | 105.82 | 100.82 | 92.63 | 96.08 | 105.71 | 81.02 | 94.68 | 87.06 |
| **Peso del agua** | **gr** | 2.43 | 6.45 | 5.41 | 2.67 | 2.78 | 3.39 | 1.93 | 2.34 | 3.68 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 45.25 | 57.25 | 52.25 | 56.75 | 58.80 | 60.81 | 42.19 | 53.79 | 45.99 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 44.57 | 48.57 | 48.57 | 35.88 | 37.28 | 44.90 | 38.83 | 40.89 | 41.07 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 5.45 | 13.28 | 11.14 | 7.44 | 7.46 | 7.55 | 4.97 | 5.72 | 8.96 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | | **9.96** | | | **7.48** | | | **6.55** | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | | **2.13** | | | **2.30** | | | **2.39** | |

| | |
|---|---|
| **Ecuación de ajuste para valores en kgf:** | y = 4,2658x + 16,4476 |
| x : | Lectura del dial |
| y : | Fuerza promedio (kgf) |

| | |
|---|---|
| **Carga unitaria patrón** | 70.31 kg/cm2 |
| | 105.46 kg/cm2 |

| Datos del ensayo de Penetración (CBR) | | ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESIÓN | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | | MUESTRA 2 | | | | MUESTRA 3 | | | |
| Penetración (mm) | Dial | Dial | (12 GOLPES) Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) | Dial | (26 GOLPES) Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) | Dial | (55 GOLPES) Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) |
| **0.000** | **0.000** | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | |
| **0.640** | **0.025** | **22** | 110.30 | 5.70 | | **35** | 165.75 | 8.57 | | **92** | 408.90 | 21.13 | |
| **1.270** | **0.050** | **38** | 178.55 | 9.23 | | **65** | 293.72 | 15.18 | | **123** | 541.14 | 27.97 | |
| **1.910** | **0.075** | **65** | 293.72 | 15.18 | | **100** | 443.03 | 22.90 | | **180** | 784.29 | 40.53 | |
| **2.540** | **0.100** | **96** | 425.96 | 22.01 | 31.31 | **180** | 784.29 | 40.53 | 57.65 | **242** | 1048.77 | 54.20 | 77.09 |
| **3.810** | **0.150** | **120** | 528.34 | 27.30 | | **275** | 1189.54 | 61.48 | | **320** | 1381.50 | 71.40 | |
| **5.080** | **0.200** | **200** | 869.61 | 44.94 | 42.61 | **320** | 1381.50 | 71.40 | 67.70 | **426** | 1833.68 | 94.76 | 89.86 |
| **6.350** | **0.250** | **249** | 1078.63 | 55.74 | | **364** | 1569.20 | 81.10 | | **515** | 2213.33 | 114.38 | |
| **7.620** | **0.300** | **289** | 1249.26 | 64.56 | | **389** | 1675.84 | 86.61 | | **576** | 2473.55 | 127.83 | |
| **10.160** | **0.400** | **325** | 1402.83 | 72.50 | | **418** | 1799.55 | 93.00 | | **650** | 2789.22 | 144.15 | |
| **12.700** | **0.500** | **341** | 1471.09 | 76.03 | | **462** | 1987.25 | 102.70 | | **715** | 3066.49 | 158.48 | |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 82**

*Datos del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de la cantera de Saylla con adición de 1% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas*

UNSAAC
Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

**CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)**

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 28 de mayo del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 1 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

**DATOS GENERALES**

| INFORMACIÓN GENERAL DE LA MUESTRA | | INFORMACIÓN GENERAL DE LOS EQUIPOS | | INFORMACIÓN GENERAL DEL MOLDE | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Contenido Óptimo de Humedad** | 5.8 % | **Peso del martillo** | 4.54 kg | **Diámetro** | 15.24 cm |
| **Contenido Natural de Humedad** | 2.7 % | **Altura de Caída del martillo** | 45.72 cm | **Altura** | 17.78 cm |
| **Densidad Seca Máxima** | 2.29 cm3 | **Altura del disco espaciador** | 6.14 cm | **Altura de muestra** | 11.64 cm |
| **Número de Capas** | 5 | **Area del pistón** | 19.35 cm2 | **Volumen** | 2123.31 cm3 |

| DESCRIPCIÓN | UND | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Número de golpes** | **Und** | **12** | | | **26** | | | **55** | | |
| **Peso del molde más base** | **gr** | 7042.00 | | | 6118.00 | | | 7145.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra húmeda** | **gr** | 11699.00 | | | 10983.00 | | | 12418.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra sumergida** | **gr** | 11618.00 | | | 10806.00 | | | 12175.00 | | |
| **Peso muestra húmeda** | **gr** | **4657.00** | | | **4865.00** | | | **5273.00** | | |
| **Densidad Húmeda** | **cm3** | **2.19** | | | **2.29** | | | **2.48** | | |
| **CONTENIDO DE HUMEDAD POST INMERSIÓN** | | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** |
| **Peso de la muestra húmeda + tara** | **gr** | 166.89 | 150.09 | 133.87 | 152.14 | 153.03 | 139.14 | 131.15 | 161.86 | 147.99 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 161.64 | 144.84 | 129.33 | 148.04 | 147.24 | 133.91 | 127.00 | 152.56 | 140.72 |
| **Peso del agua** | **gr** | 5.25 | 5.25 | 4.54 | 4.10 | 5.79 | 5.23 | 4.15 | 9.30 | 7.27 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 63.73 | 63.75 | 58.81 | 59.95 | 59.92 | 62.06 | 59.51 | 58.81 | 62.51 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 97.91 | 81.09 | 70.52 | 88.09 | 87.32 | 71.85 | 67.49 | 93.75 | 78.21 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 5.36 | 6.47 | 6.44 | 4.65 | 6.63 | 7.28 | 6.15 | 9.92 | 9.30 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | | **6.09** | | | **6.19** | | | **8.45** | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | | **2.07** | | | **2.16** | | | **2.29** | |

| | |
|---|---|
| **Ecuación de ajuste para valores en kgf:** | y = 4,2658x + 16,4476 |
| x : | Lectura del dial |
| y : | Fuerza promedio (kgf) |

| | |
|---|---|
| **Carga unitaria patrón** | 70.31 kg/cm2 |
| | 105.46 kg/cm2 |

| Datos del ensayo de Penetración (CBR) | | ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESIÓN | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | | MUESTRA 2 | | | | MUESTRA 3 | | | |
| **Penetración (mm)** | **Dial** | **Dial** | (12 GOLPES) **Fuerza (kg)** | **Esfuerzo (kg/cm2)** | **CBR (%)** | **Dial** | (26 GOLPES) **Fuerza (kg)** | **Esfuerzo (kg/cm2)** | **CBR (%)** | **Dial** | (55 GOLPES) **Fuerza (kg)** | **Esfuerzo (kg/cm2)** | **CBR (%)** |
| **0.000** | **0.000** | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | |
| **0.640** | **0.025** | **8** | 50.57 | 2.61 | | **22** | 110.30 | 5.70 | | **34** | 161.48 | 8.35 | |
| **1.270** | **0.050** | **10** | 59.11 | 3.05 | | **42** | 195.61 | 10.11 | | **52** | 238.27 | 12.31 | |
| **1.910** | **0.075** | **27** | 131.62 | 6.80 | | **67** | 302.26 | 15.62 | | **83** | 370.51 | 19.15 | |
| **2.540** | **0.100** | **38** | 178.55 | 9.23 | 13.12 | **120** | 528.34 | 27.30 | 38.83 | **147** | 643.52 | 33.26 | 47.30 |
| **3.810** | **0.150** | **49** | 225.47 | 11.65 | | **153** | 669.12 | 34.58 | | **196** | 852.54 | 44.06 | |
| **5.080** | **0.200** | **65** | 293.72 | 15.18 | 14.39 | **182** | 792.82 | 40.97 | 38.85 | **218** | 946.39 | 48.91 | 46.38 |
| **6.350** | **0.250** | **67** | 302.26 | 15.62 | | **296** | 1279.12 | 66.10 | | **321** | 1385.77 | 71.62 | |
| **7.620** | **0.300** | **71** | 319.32 | 16.50 | | **348** | 1500.95 | 77.57 | | **376** | 1620.39 | 83.74 | |
| **10.160** | **0.400** | **72** | 323.59 | 16.72 | | **403** | 1735.57 | 89.69 | | **502** | 2157.88 | 111.52 | |
| **12.700** | **0.500** | **75** | 336.38 | 17.38 | | **458** | 1970.18 | 101.82 | | **538** | 2311.45 | 119.45 | |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 83**

*Datos del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de la cantera de Saylla con adición de 1% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas*

UNSAAC
Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

**CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)**

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 28 de mayo del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 1 | **% Tierra de Diatomeas** | 1 |

**DATOS GENERALES**

| INFORMACIÓN GENERAL DE LA MUESTRA | | INFORMACIÓN GENERAL DE LOS EQUIPOS | | INFORMACIÓN GENERAL DEL MOLDE | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Contenido Óptimo de Humedad** | 6.2 % | **Peso del martillo** | 4.54 kg | **Diámetro** | 15.24 cm |
| **Contenido Natural de Humedad** | 2.7 % | **Altura de Caída del martillo** | 45.72 cm | **Altura** | 17.78 cm |
| **Densidad Seca Máxima** | 2.32 cm3 | **Altura del disco espaciador** | 6.14 cm | **Altura de muestra** | 11.64 cm |
| **Número de Capas** | 5 | **Area del pistón** | 19.35 cm2 | **Volumen** | 2123.31 cm3 |

| DESCRIPCIÓN | UND | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Número de golpes** | **Und** | **12** | | | **26** | | | **55** | | |
| **Peso del molde más base** | **gr** | 6867.00 | | | 7140.00 | | | 6845.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra húmeda** | **gr** | 11618.00 | | | 12248.00 | | | 12104.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra sumergida** | **gr** | 11983.00 | | | 12498.00 | | | 12406.00 | | |
| **Peso muestra húmeda** | **gr** | **4751.00** | | | **5108.00** | | | **5259.00** | | |
| **Densidad Húmeda** | **cm3** | **2.24** | | | **2.41** | | | **2.48** | | |
| **CONTENIDO DE HUMEDAD POST INMERSIÓN** | | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** |
| **Peso de la muestra húmeda + tara** | **gr** | 156.36 | 200.03 | 136.29 | 142.88 | 95.30 | 151.74 | 159.19 | 105.12 | 158.65 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 149.87 | 191.65 | 132.60 | 137.20 | 91.85 | 144.67 | 151.89 | 103.02 | 153.27 |
| **Peso del agua** | **gr** | 6.49 | 8.38 | 3.69 | 5.68 | 3.45 | 7.07 | 7.30 | 2.10 | 5.38 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 63.13 | 57.88 | 60.19 | 56.98 | 57.44 | 57.87 | 62.03 | 56.99 | 58.25 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 86.74 | 133.77 | 72.41 | 80.22 | 34.42 | 86.80 | 89.86 | 46.03 | 95.02 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 7.48 | 6.26 | 5.10 | 7.08 | 10.02 | 8.15 | 8.12 | 4.56 | 5.66 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | | **6.28** | | | **8.42** | | | **6.12** | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | | **2.11** | | | **2.22** | | | **2.33** | |

| | |
|---|---|
| **Ecuación de ajuste para valores en kgf:** | y = 4,2658x + 16,4476 |
| x : | Lectura del dial |
| y : | Fuerza promedio (kgf) |

| | |
|---|---|
| **Carga unitaria patrón** | 70.31 kg/cm2 |
| | 105.46 kg/cm2 |

| Datos del ensayo de Penetración (CBR) | | ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESIÓN | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | | MUESTRA 2 | | | | MUESTRA 3 | | | |
| Penetración (mm) | Dial | Dial | (12 GOLPES) Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) | Dial | (26 GOLPES) Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) | Dial | (55 GOLPES) Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) |
| **0.000** | **0.000** | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | |
| **0.640** | **0.025** | **12** | 67.64 | 3.50 | | **10** | 59.11 | 3.05 | | **15** | 80.43 | 4.16 | |
| **1.270** | **0.050** | **24** | 118.83 | 6.14 | | **36** | 170.02 | 8.79 | | **52** | 238.27 | 12.31 | |
| **1.910** | **0.075** | **36** | 170.02 | 8.79 | | **81** | 361.98 | 18.71 | | **112** | 494.22 | 25.54 | |
| **2.540** | **0.100** | **50** | 229.74 | 11.87 | 16.89 | **135** | 592.33 | 30.61 | 43.54 | **215** | 933.59 | 48.25 | 68.62 |
| **3.810** | **0.150** | **64** | 289.46 | 14.96 | | **168** | 733.10 | 37.89 | | **264** | 1142.62 | 59.05 | |
| **5.080** | **0.200** | **71** | 319.32 | 16.50 | 15.65 | **210** | 912.27 | 47.15 | 44.70 | **301** | 1300.45 | 67.21 | 63.73 |
| **6.350** | **0.250** | **83** | 370.51 | 19.15 | | **287** | 1240.73 | 64.12 | | **431** | 1855.01 | 95.87 | |
| **7.620** | **0.300** | **101** | 447.29 | 23.12 | | **319** | 1377.24 | 71.18 | | **518** | 2226.13 | 115.05 | |
| **10.160** | **0.400** | **105** | 464.36 | 24.00 | | **341** | 1471.09 | 76.03 | | **604** | 2592.99 | 134.00 | |
| **12.700** | **0.500** | **115** | 507.01 | 26.20 | | **382** | 1645.98 | 85.06 | | **689** | 2955.58 | 152.74 | |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 84**

*Datos del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de la cantera de Saylla con adición de 1% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas*

**CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)**

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 04 de junio del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 1 | **% Tierra de Diatomeas** | 2 |

**DATOS GENERALES**

| INFORMACIÓN GENERAL DE LA MUESTRA | | INFORMACIÓN GENERAL DE LOS EQUIPOS | | INFORMACIÓN GENERAL DEL MOLDE | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Contenido Óptimo de Humedad** | 7.1 % | **Peso del martillo** | 4.54 kg | **Diámetro** | 15.24 cm |
| **Contenido Natural de Humedad** | 2.7 % | **Altura de Caída del martillo** | 45.72 cm | **Altura** | 17.78 cm |
| **Densidad Seca Máxima** | 2.38 cm3 | **Altura del disco espaciador** | 6.14 cm | **Altura de muestra** | 11.64 cm |
| **Número de Capas** | 5 | **Area del pistón** | 19.35 cm2 | **Volumen** | 2123.31 cm3 |

| DESCRIPCIÓN | UND | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Número de golpes** | **Und** | **12** | | | **26** | | | **55** | | |
| **Peso del molde más base** | **gr** | 7041.00 | | | 6864.00 | | | 6752.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra húmeda** | **gr** | 12200.00 | | | 12256.00 | | | 12211.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra sumergida** | **gr** | 12342.00 | | | 12430.00 | | | 12396.00 | | |
| **Peso muestra húmeda** | **gr** | **5159.00** | | | **5392.00** | | | **5459.00** | | |
| **Densidad Húmeda** | **cm3** | **2.43** | | | **2.54** | | | **2.57** | | |
| **CONTENIDO DE HUMEDAD POST INMERSIÓN** | | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** |
| **Peso de la muestra húmeda + tara** | **gr** | 111.85 | 112.27 | 112.52 | 96.54 | 97.67 | 98.12 | 98.64 | 99.10 | 99.86 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 106.30 | 108.16 | 109.85 | 90.04 | 94.39 | 96.39 | 94.52 | 96.08 | 98.08 |
| **Peso del agua** | **gr** | 5.55 | 4.11 | 2.67 | 6.50 | 3.28 | 1.73 | 4.12 | 3.02 | 1.78 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 55.25 | 57.25 | 59.25 | 51.79 | 53.79 | 55.79 | 56.80 | 58.80 | 60.80 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 51.05 | 50.91 | 50.60 | 38.25 | 40.60 | 40.60 | 37.72 | 37.28 | 37.28 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 10.87 | 8.07 | 5.28 | 16.99 | 8.08 | 4.26 | 10.92 | 8.10 | 4.77 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | | **8.07** | | | **9.78** | | | **7.93** | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | | **2.25** | | | **2.31** | | | **2.38** | |

| | |
|---|---|
| **Ecuación de ajuste para valores en kgf:** | y = 4,2658x + 16,4476 |
| x : | Lectura del dial |
| y : | Fuerza promedio (kgf) |

| | |
|---|---|
| **Carga unitaria patrón** | 70.31 kg/cm2 |
| | 105.46 kg/cm2 |

| Datos del ensayo de Penetración (CBR) | | ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESIÓN | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | | MUESTRA 2 | | | | MUESTRA 3 | | | |
| Penetración (mm) | Dial | Dial | (12 GOLPES) Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) | Dial | (26 GOLPES) Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) | Dial | (55 GOLPES) Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) |
| **0.000** | **0.000** | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | |
| **0.640** | **0.025** | **3** | 29.25 | 1.51 | | **28** | 135.89 | 7.02 | | **89** | 396.10 | 20.47 | |
| **1.270** | **0.050** | **11** | 63.37 | 3.28 | | **66** | 297.99 | 15.40 | | **162** | 707.51 | 36.56 | |
| **1.910** | **0.075** | **21** | 106.03 | 5.48 | | **113** | 498.48 | 25.76 | | **209** | 908.00 | 46.93 | |
| **2.540** | **0.100** | **30** | 144.42 | 7.46 | 10.62 | **144** | 630.72 | 32.60 | 46.36 | **356** | 1535.07 | 79.33 | 112.83 |
| **3.810** | **0.150** | **48** | 221.21 | 11.43 | | **190** | 826.95 | 42.74 | | **441** | 1897.67 | 98.07 | |
| **5.080** | **0.200** | **64** | 289.46 | 14.96 | 14.18 | **234** | 1014.64 | 52.44 | 49.72 | **520** | 2234.66 | 115.49 | 109.51 |
| **6.350** | **0.250** | **72** | 323.59 | 16.72 | | **270** | 1168.21 | 60.37 | | **655** | 2810.55 | 145.25 | |
| **7.620** | **0.300** | **83** | 370.51 | 19.15 | | **293** | 1266.33 | 65.44 | | **718** | 3079.29 | 159.14 | |
| **10.160** | **0.400** | **102** | 451.56 | 23.34 | | **353** | 1522.28 | 78.67 | | **798** | 3420.56 | 176.77 | |
| **12.700** | **0.500** | **111** | 489.95 | 25.32 | | **402** | 1731.30 | 89.47 | | **915** | 3919.65 | 202.57 | |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 85**

*Datos del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de la cantera de Saylla con adición de 1% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas*

**CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)**

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 04 de junio del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 1 | **% Tierra de Diatomeas** | 3 |

**DATOS GENERALES**

| INFORMACIÓN GENERAL DE LA MUESTRA | | INFORMACIÓN GENERAL DE LOS EQUIPOS | | INFORMACIÓN GENERAL DEL MOLDE | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Contenido Óptimo de Humedad** | 8.6 % | **Peso del martillo** | 4.54 kg | **Diámetro** | 15.24 cm |
| **Contenido Natural de Humedad** | 2.7 % | **Altura de Caída del martillo** | 45.72 cm | **Altura** | 17.78 cm |
| **Densidad Seca Máxima** | 2.4 cm3 | **Altura del disco espaciador** | 6.14 cm | **Altura de muestra** | 11.64 cm |
| **Número de Capas** | 5 | **Area del pistón** | 19.35 cm2 | **Volumen** | 2123.31 cm3 |

| DESCRIPCIÓN | UND | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Número de golpes** | **Und** | **12** | | | **26** | | | **55** | | |
| **Peso del molde más base** | **gr** | 7042.00 | | | 6118.00 | | | 7145.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra húmeda** | **gr** | 12067.00 | | | 11266.00 | | | 12658.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra sumergida** | **gr** | 11618.00 | | | 10806.00 | | | 12175.00 | | |
| **Peso muestra húmeda** | **gr** | **5025.00** | | | **5148.00** | | | **5513.00** | | |
| **Densidad Húmeda** | **cm3** | **2.37** | | | **2.42** | | | **2.60** | | |
| **CONTENIDO DE HUMEDAD POST INMERSIÓN** | | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** |
| **Peso de la muestra húmeda + tara** | **gr** | 111.86 | 112.27 | 112.98 | 97.21 | 97.67 | 98.23 | 98.34 | 99.10 | 99.98 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 106.16 | 108.16 | 110.16 | 92.39 | 94.39 | 96.39 | 94.08 | 96.08 | 98.08 |
| **Peso del agua** | **gr** | 5.10 | 4.11 | 3.15 | 4.25 | 3.28 | 2.36 | 4.05 | 3.02 | 2.07 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 55.25 | 57.25 | 59.25 | 51.79 | 53.79 | 55.79 | 56.80 | 58.80 | 60.80 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 50.91 | 50.91 | 50.91 | 40.60 | 40.60 | 40.60 | 37.28 | 37.28 | 37.28 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 10.02 | 8.07 | 6.19 | 10.47 | 8.08 | 5.81 | 10.86 | 8.10 | 5.55 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | | **8.09** | | | **8.12** | | | **8.17** | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | | **2.19** | | | **2.24** | | | **2.40** | |

| | |
|---|---|
| **Ecuación de ajuste para valores en kgf:** | y = 4,2658x + 16,4476 |
| x : | Lectura del dial |
| y : | Fuerza promedio (kgf) |

| | |
|---|---|
| **Carga unitaria patrón** | 70.31 kg/cm2 |
| | 105.46 kg/cm2 |

| Datos del ensayo de Penetración (CBR) | | ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESIÓN | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | | MUESTRA 2 | | | | MUESTRA 3 | | | |
| Penetración (mm) | Dial | Dial | (12 GOLPES) Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) | Dial | (26 GOLPES) Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) | Dial | (55 GOLPES) Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) |
| **0.000** | **0.000** | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | |
| **0.640** | **0.025** | **3** | 29.25 | 1.51 | | **24** | 118.83 | 6.14 | | **97** | 430.23 | 22.23 | |
| **1.270** | **0.050** | **10** | 59.11 | 3.05 | | **66** | 297.99 | 15.40 | | **183** | 797.09 | 41.19 | |
| **1.910** | **0.075** | **20** | 101.76 | 5.26 | | **113** | 498.48 | 25.76 | | **209** | 908.00 | 46.93 | |
| **2.540** | **0.100** | **32** | 152.95 | 7.90 | 11.24 | **125** | 549.67 | 28.41 | 40.40 | **314** | 1355.91 | 70.07 | 99.66 |
| **3.810** | **0.150** | **41** | 191.35 | 9.89 | | **191** | 831.22 | 42.96 | | **382** | 1645.98 | 85.06 | |
| **5.080** | **0.200** | **63** | 285.19 | 14.74 | 13.98 | **214** | 929.33 | 48.03 | 45.54 | **442** | 1901.93 | 98.29 | 93.20 |
| **6.350** | **0.250** | **71** | 319.32 | 16.50 | | **270** | 1168.21 | 60.37 | | **550** | 2362.64 | 122.10 | |
| **7.620** | **0.300** | **80** | 357.71 | 18.49 | | **293** | 1266.33 | 65.44 | | **654** | 2806.28 | 145.03 | |
| **10.160** | **0.400** | **93** | 413.17 | 21.35 | | **350** | 1509.48 | 78.01 | | **716** | 3070.76 | 158.70 | |
| **12.700** | **0.500** | **100** | 443.03 | 22.90 | | **401** | 1727.03 | 89.25 | | **800** | 3429.09 | 177.21 | |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 86**

*Datos del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de la cantera de Saylla con adición de 2% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas*

UNSAAC
Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

**CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)**

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 14 de junio del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°2 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 2 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

**DATOS GENERALES**

| INFORMACIÓN GENERAL DE LA MUESTRA | | INFORMACIÓN GENERAL DE LOS EQUIPOS | | INFORMACIÓN GENERAL DEL MOLDE | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Contenido Óptimo de Humedad** | 5.7 % | **Peso del martillo** | 4.54 kg | **Diámetro** | 15.24 cm |
| **Contenido Natural de Humedad** | 2.7 % | **Altura de Caída del martillo** | 45.72 cm | **Altura** | 17.78 cm |
| **Densidad Seca Máxima** | 2.31 cm3 | **Altura del disco espaciador** | 6.14 cm | **Altura de muestra** | 11.64 cm |
| **Número de Capas** | 5 | **Area del pistón** | 19.35 cm2 | **Volumen** | 2123.31 cm3 |

| DESCRIPCIÓN | UND | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Número de golpes** | **Und** | **12** | | | **26** | | | **55** | | |
| **Peso del molde más base** | **gr** | 7042.00 | | | 6118.00 | | | 7145.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra húmeda** | **gr** | 11840.00 | | | 11123.00 | | | 12448.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra sumergida** | **gr** | 11618.00 | | | 10806.00 | | | 12175.00 | | |
| **Peso muestra húmeda** | **gr** | **4798.00** | | | **5005.00** | | | **5303.00** | | |
| **Densidad Húmeda** | **cm3** | **2.26** | | | **2.36** | | | **2.50** | | |
| **CONTENIDO DE HUMEDAD POST INMERSIÓN** | | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** |
| **Peso de la muestra húmeda + tara** | **gr** | 110.07 | 112.27 | 113.54 | 96.78 | 97.67 | 99.01 | 99.10 | 99.10 | 100.65 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 106.80 | 108.16 | 110.13 | 92.64 | 94.39 | 96.70 | 95.08 | 96.08 | 98.34 |
| **Peso del agua** | **gr** | 3.27 | 4.11 | 3.41 | 4.14 | 3.28 | 2.31 | 4.02 | 3.02 | 2.31 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 55.25 | 57.25 | 59.25 | 51.79 | 53.79 | 55.79 | 56.80 | 58.80 | 60.80 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 51.55 | 50.91 | 50.88 | 40.85 | 40.60 | 40.91 | 38.28 | 37.28 | 37.54 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 6.34 | 8.07 | 6.70 | 10.13 | 8.08 | 5.65 | 10.50 | 8.10 | 6.15 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | **7.04** | | | **7.95** | | | **8.25** | | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | **2.11** | | | **2.18** | | | **2.31** | | |

| | |
|---|---|
| **Ecuación de ajuste para valores en kgf:** | y = 4,2658x + 16,4476 |
| x : | Lectura del dial |
| y : | Fuerza promedio (kgf) |

| | |
|---|---|
| **Carga unitaria patrón** | 70.31 kg/cm2 |
| | 105.46 kg/cm2 |

| Datos del ensayo de Penetración (CBR) | | ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESIÓN | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | | MUESTRA 2 | | | | MUESTRA 3 | | | |
| | | | (12 GOLPES) | | | | (26 GOLPES) | | | | (55 GOLPES) | | |
| **Penetración (mm)** | **Dial** | **Dial** | **Fuerza (kg)** | **Esfuerzo (kg/cm2)** | **CBR (%)** | **Dial** | **Fuerza (kg)** | **Esfuerzo (kg/cm2)** | **CBR (%)** | **Dial** | **Fuerza (kg)** | **Esfuerzo (kg/cm2)** | **CBR (%)** |
| **0.000** | **0.000** | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | |
| **0.640** | **0.025** | **10** | 59.11 | 3.05 | | **22** | 110.30 | 5.70 | | **41** | 191.35 | 9.89 | |
| **1.270** | **0.050** | **16** | 84.70 | 4.38 | | **42** | 195.61 | 10.11 | | **82** | 366.24 | 18.93 | |
| **1.910** | **0.075** | **18** | 93.23 | 4.82 | | **68** | 306.52 | 15.84 | | **141** | 617.93 | 31.93 | |
| **2.540** | **0.100** | **22** | 110.30 | 5.70 | 8.11 | **86** | 383.31 | 19.81 | 28.17 | **162** | 707.51 | 36.56 | 52.00 |
| **3.810** | **0.150** | **35** | 165.75 | 8.57 | | **120** | 528.34 | 27.30 | | **216** | 937.86 | 48.47 | |
| **5.080** | **0.200** | **39** | 182.81 | 9.45 | 8.96 | **140** | 613.66 | 31.71 | 30.07 | **260** | 1125.56 | 58.17 | 55.16 |
| **6.350** | **0.250** | **42** | 195.61 | 10.11 | | **151** | 660.58 | 34.14 | | **276** | 1193.81 | 61.70 | |
| **7.620** | **0.300** | **48** | 221.21 | 11.43 | | **156** | 681.91 | 35.24 | | **290** | 1253.53 | 64.78 | |
| **10.160** | **0.400** | **51** | 234.00 | 12.09 | | **161** | 703.24 | 36.34 | | **325** | 1402.83 | 72.50 | |
| **12.700** | **0.500** | **58** | 263.86 | 13.64 | | **167** | 728.84 | 37.67 | | **362** | 1560.67 | 80.65 | |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 87**

*Datos del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de la cantera de Saylla con adición de 2% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas*

UNSAAC
Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

**CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)**

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 14 de junio del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°2 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 2 | **% Tierra de Diatomeas** | 1 |

**DATOS GENERALES**

| INFORMACIÓN GENERAL DE LA MUESTRA | | INFORMACIÓN GENERAL DE LOS EQUIPOS | | INFORMACIÓN GENERAL DEL MOLDE | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Contenido Óptimo de Humedad** | 6.1 % | **Peso del martillo** | 4.54 kg | **Diámetro** | 15.24 cm |
| **Contenido Natural de Humedad** | 2.7 % | **Altura de Caída del martillo** | 45.72 cm | **Altura** | 17.78 cm |
| **Densidad Seca Máxima** | 2.35 cm3 | **Altura del disco espaciador** | 6.14 cm | **Altura de muestra** | 11.64 cm |
| **Número de Capas** | 5 | **Area del pistón** | 19.35 cm2 | **Volumen** | 2123.31 cm3 |

| DESCRIPCIÓN | UND | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Número de golpes** | **Und** | **12** | | | **26** | | | **55** | | |
| **Peso del molde más base** | **gr** | 7042.00 | | | 6118.00 | | | 7145.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra húmeda** | **gr** | 11870.00 | | | 11196.00 | | | 12538.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra sumergida** | **gr** | 11910.00 | | | 11050.00 | | | 12328.00 | | |
| **Peso muestra húmeda** | **gr** | **4828.00** | | | **5078.00** | | | **5393.00** | | |
| **Densidad Húmeda** | **cm3** | **2.27** | | | **2.39** | | | **2.54** | | |
| **CONTENIDO DE HUMEDAD POST INMERSIÓN** | | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** |
| **Peso de la muestra húmeda + tara** | **gr** | 112.80 | 112.27 | 110.90 | 114.50 | 97.67 | 95.20 | 99.10 | 99.10 | 97.30 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 107.40 | 108.16 | 106.80 | 110.52 | 94.39 | 91.80 | 95.60 | 96.08 | 94.80 |
| **Peso del agua** | **gr** | 5.40 | 4.11 | 4.10 | 3.98 | 3.28 | 3.40 | 3.50 | 3.02 | 2.50 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 55.25 | 57.25 | 59.25 | 51.79 | 53.79 | 55.79 | 56.80 | 58.80 | 60.80 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 52.15 | 50.91 | 47.55 | 58.73 | 40.60 | 36.01 | 38.80 | 37.28 | 34.00 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 10.35 | 8.07 | 8.62 | 6.78 | 8.08 | 9.44 | 9.02 | 8.10 | 7.35 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | | **9.02** | | | **8.10** | | | **8.16** | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | | **2.09** | | | **2.21** | | | **2.35** | |

| | |
|---|---|
| **Ecuación de ajuste para valores en kgf:** | y = 4,2658x + 16,4476 |
| x : | Lectura del dial |
| y : | Fuerza promedio (kgf) |

| | |
|---|---|
| **Carga unitaria patrón** | 70.31 kg/cm2 |
| | 105.46 kg/cm2 |

| Datos del ensayo de Penetración (CBR) | | ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESIÓN | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | | MUESTRA 2 | | | | MUESTRA 3 | | | |
| Penetración (mm) | Dial | Dial | (12 GOLPES) Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) | Dial | (26 GOLPES) Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) | Dial | (55 GOLPES) Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) |
| **0.000** | **0.000** | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | |
| **0.640** | **0.025** | **7** | 46.31 | 2.39 | | **35** | 165.75 | 8.57 | | **105** | 464.36 | 24.00 | |
| **1.270** | **0.050** | **16** | 84.70 | 4.38 | | **51** | 234.00 | 12.09 | | **148** | 647.79 | 33.48 | |
| **1.910** | **0.075** | **20** | 101.76 | 5.26 | | **72** | 323.59 | 16.72 | | **196** | 852.54 | 44.06 | |
| **2.540** | **0.100** | **24** | 118.83 | 6.14 | 8.73 | **95** | 421.70 | 21.79 | 31.00 | **260** | 1125.56 | 58.17 | 82.73 |
| **3.810** | **0.150** | **35** | 165.75 | 8.57 | | **132** | 579.53 | 29.95 | | **380** | 1637.45 | 84.62 | |
| **5.080** | **0.200** | **42** | 195.61 | 10.11 | 9.59 | **150** | 656.32 | 33.92 | 32.16 | **441** | 1897.67 | 98.07 | 92.99 |
| **6.350** | **0.250** | **43** | 199.88 | 10.33 | | **160** | 698.98 | 36.12 | | **500** | 2149.35 | 111.08 | |
| **7.620** | **0.300** | **46** | 212.67 | 10.99 | | **168** | 733.10 | 37.89 | | **526** | 2260.26 | 116.81 | |
| **10.160** | **0.400** | **52** | 238.27 | 12.31 | | **172** | 750.17 | 38.77 | | **570** | 2447.95 | 126.51 | |
| **12.700** | **0.500** | **58** | 263.86 | 13.64 | | **181** | 788.56 | 40.75 | | **620** | 2661.24 | 137.53 | |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 88**

*Datos del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de la cantera de Saylla con adición de 2% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas*

UNSAAC
Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

**CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)**

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 10 de junio del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 2 | **% Tierra de Diatomeas** | 2 |

**DATOS GENERALES**

| INFORMACIÓN GENERAL DE LA MUESTRA | | INFORMACIÓN GENERAL DE LOS EQUIPOS | | INFORMACIÓN GENERAL DEL MOLDE | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Contenido Óptimo de Humedad** | 6.5 % | **Peso del martillo** | 4.54 kg | **Diámetro** | 15.24 cm |
| **Contenido Natural de Humedad** | 2.7 % | **Altura de Caída del martillo** | 45.72 cm | **Altura** | 17.78 cm |
| **Densidad Seca Máxima** | 2.43 cm3 | **Altura del disco espaciador** | 6.14 cm | **Altura de muestra** | 11.64 cm |
| **Número de Capas** | 5 | **Area del pistón** | 19.35 cm2 | **Volumen** | 2123.31 cm3 |

| DESCRIPCIÓN | UND | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Número de golpes** | **Und** | **12** | | | **26** | | | **55** | | |
| **Peso del molde más base** | **gr** | 7038.00 | | | 6116.00 | | | 7142.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra húmeda** | **gr** | 11883.00 | | | 11226.00 | | | 12668.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra sumergida** | **gr** | 12120.00 | | | 11762.00 | | | 12665.00 | | |
| **Peso muestra húmeda** | **gr** | **4845.00** | | | **5110.00** | | | **5526.00** | | |
| **Densidad Húmeda** | **cm3** | **2.28** | | | **2.41** | | | **2.60** | | |
| **CONTENIDO DE HUMEDAD POST INMERSIÓN** | | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** |
| **Peso de la muestra húmeda + tara** | **gr** | 111.80 | 110.90 | 114.50 | 95.20 | 99.10 | 97.30 | 99.60 | 97.80 | 102.35 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 107.40 | 106.80 | 111.90 | 91.80 | 95.60 | 95.10 | 96.30 | 94.50 | 101.02 |
| **Peso del agua** | **gr** | 4.40 | 4.10 | 2.60 | 3.40 | 3.50 | 2.20 | 3.30 | 3.30 | 1.33 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 55.25 | 57.25 | 59.25 | 51.79 | 53.79 | 55.79 | 56.80 | 58.80 | 60.80 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 52.15 | 49.55 | 52.65 | 40.01 | 41.81 | 39.31 | 39.50 | 35.70 | 40.22 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 8.44 | 8.27 | 4.94 | 8.50 | 8.37 | 5.60 | 8.35 | 9.24 | 3.31 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | **7.22** | | | **7.49** | | | **6.97** | | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | **2.13** | | | **2.24** | | | **2.43** | | |

| | |
|---|---|
| **Ecuación de ajuste para valores en kgf:** | y = 4,2658x + 16,4476 |
| x : | Lectura del dial |
| y : | Fuerza promedio (kgf) |

| | |
|---|---|
| **Carga unitaria patrón** | 70.31 kg/cm2<br>105.46 kg/cm2 |

| Datos del ensayo de Penetración (CBR) | | ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESIÓN | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | | MUESTRA 2 | | | | MUESTRA 3 | | | |
| Penetración (mm) | Dial | Dial | (12 GOLPES) Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) | Dial | (26 GOLPES) Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) | Dial | (55 GOLPES) Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) |
| **0.000** | **0.000** | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | |
| **0.640** | **0.025** | **12** | 67.64 | 3.50 | | **39** | 182.81 | 9.45 | | **92** | 408.90 | 21.13 | |
| **1.270** | **0.050** | **22** | 110.30 | 5.70 | | **87** | 387.57 | 20.03 | | **181** | 788.56 | 40.75 | |
| **1.910** | **0.075** | **42** | 195.61 | 10.11 | | **134** | 588.06 | 30.39 | | **335** | 1445.49 | 74.70 | |
| **2.540** | **0.100** | **67** | 302.26 | 15.62 | 22.22 | **192** | 835.48 | 43.18 | 61.41 | **465** | 2000.04 | 103.36 | 147.01 |
| **3.810** | **0.150** | **115** | 507.01 | 26.20 | | **246** | 1065.83 | 55.08 | | **632** | 2712.43 | 140.18 | |
| **5.080** | **0.200** | **153** | 669.12 | 34.58 | 32.79 | **304** | 1313.25 | 67.87 | 64.35 | **665** | 2853.20 | 147.45 | 139.82 |
| **6.350** | **0.250** | **201** | 873.87 | 45.16 | | **337** | 1454.02 | 75.14 | | **714** | 3062.23 | 158.25 | |
| **7.620** | **0.300** | **246** | 1065.83 | 55.08 | | **369** | 1590.53 | 82.20 | | **740** | 3173.14 | 163.99 | |
| **10.160** | **0.400** | **298** | 1287.66 | 66.55 | | **391** | 1684.38 | 87.05 | | **750** | 3215.80 | 166.19 | |
| **12.700** | **0.500** | **313** | 1351.64 | 69.85 | | **432** | 1859.27 | 96.09 | | **760** | 3258.46 | 168.40 | |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 89**

*Datos del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de la cantera de Saylla con adición de 2% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas*

UNSAAC
Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

**CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)**

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 10 de junio del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 2 | **% Tierra de Diatomeas** | 3 |

**DATOS GENERALES**

| INFORMACIÓN GENERAL DE LA MUESTRA | | INFORMACIÓN GENERAL DE LOS EQUIPOS | | INFORMACIÓN GENERAL DEL MOLDE | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Contenido Óptimo de Humedad** | 7 % | **Peso del martillo** | 4.54 kg | **Diámetro** | 15.24 cm |
| **Contenido Natural de Humedad** | 2.7 % | **Altura de Caída del martillo** | 45.72 cm | **Altura** | 17.78 cm |
| **Densidad Seca Máxima** | 2.41 cm3 | **Altura del disco espaciador** | 6.14 cm | **Altura de muestra** | 11.64 cm |
| **Número de Capas** | 5 | **Area del pistón** | 19.35 cm2 | **Volumen** | 2123.31 cm3 |

| DESCRIPCIÓN | UND | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Número de golpes** | **Und** | **12** | | | **26** | | | **55** | | |
| **Peso del molde más base** | **gr** | 7042.00 | | | 6118.00 | | | 7145.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra húmeda** | **gr** | 11890.00 | | | 11145.00 | | | 12652.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra sumergida** | **gr** | 11618.00 | | | 10806.00 | | | 12175.00 | | |
| **Peso muestra húmeda** | **gr** | **4848.00** | | | **5027.00** | | | **5507.00** | | |
| **Densidad Húmeda** | **cm3** | **2.28** | | | **2.37** | | | **2.59** | | |
| **CONTENIDO DE HUMEDAD POST INMERSIÓN** | | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** |
| **Peso de la muestra húmeda + tara** | **gr** | 111.85 | 112.07 | 113.22 | 96.69 | 97.87 | 97.86 | 97.69 | 99.30 | 99.49 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 106.36 | 108.36 | 110.36 | 92.19 | 94.59 | 96.19 | 94.28 | 96.28 | 97.34 |
| **Peso del agua** | **gr** | 5.49 | 3.71 | 2.86 | 4.50 | 3.28 | 1.67 | 3.41 | 3.02 | 2.15 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 55.25 | 57.25 | 59.25 | 51.79 | 53.79 | 55.79 | 56.80 | 58.80 | 60.80 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 51.11 | 51.11 | 51.11 | 40.40 | 40.80 | 40.40 | 37.48 | 37.48 | 36.54 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 10.74 | 7.26 | 5.60 | 11.14 | 8.04 | 4.13 | 9.10 | 8.06 | 5.88 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | **7.87** | | | **7.77** | | | **7.68** | | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | **2.12** | | | **2.20** | | | **2.41** | | |

| | |
|---|---|
| **Ecuación de ajuste para valores en kgf:** | y = 4,2658x + 16,4476 |
| x : | Lectura del dial |
| y : | Fuerza promedio (kgf) |

| | |
|---|---|
| **Carga unitaria patrón** | 70.31 kg/cm2 |
| | 105.46 kg/cm2 |

| Datos del ensayo de Penetración (CBR) | | ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESIÓN | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | | MUESTRA 2 | | | | MUESTRA 3 | | | |
| | | | (12 GOLPES) | | | | (26 GOLPES) | | | | (55 GOLPES) | | |
| **Penetración (mm)** | **Dial** | **Dial** | **Fuerza (kg)** | **Esfuerzo (kg/cm2)** | **CBR (%)** | **Dial** | **Fuerza (kg)** | **Esfuerzo (kg/cm2)** | **CBR (%)** | **Dial** | **Fuerza (kg)** | **Esfuerzo (kg/cm2)** | **CBR (%)** |
| **0.000** | **0.000** | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | |
| **0.640** | **0.025** | **15** | 80.43 | 4.16 | | **36** | 170.02 | 8.79 | | **69** | 310.79 | 16.06 | |
| **1.270** | **0.050** | **31** | 148.69 | 7.68 | | **82** | 366.24 | 18.93 | | **187** | 814.15 | 42.08 | |
| **1.910** | **0.075** | **51** | 234.00 | 12.09 | | **125** | 549.67 | 28.41 | | **301** | 1300.45 | 67.21 | |
| **2.540** | **0.100** | **81** | 361.98 | 18.71 | 26.61 | **143** | 626.46 | 32.38 | 46.05 | **401** | 1727.03 | 89.25 | 126.94 |
| **3.810** | **0.150** | **102** | 451.56 | 23.34 | | **191** | 831.22 | 42.96 | | **568** | 2439.42 | 126.07 | |
| **5.080** | **0.200** | **119** | 524.08 | 27.08 | 25.68 | **248** | 1074.37 | 55.52 | 52.65 | **594** | 2550.33 | 131.80 | 124.98 |
| **6.350** | **0.250** | **140** | 613.66 | 31.71 | | **305** | 1317.52 | 68.09 | | **648** | 2780.69 | 143.70 | |
| **7.620** | **0.300** | **153** | 669.12 | 34.58 | | **336** | 1449.76 | 74.92 | | **672** | 2883.07 | 149.00 | |
| **10.160** | **0.400** | **178** | 775.76 | 40.09 | | **369** | 1590.53 | 82.20 | | **681** | 2921.46 | 150.98 | |
| **12.700** | **0.500** | **201** | 873.87 | 45.16 | | **395** | 1701.44 | 87.93 | | **703** | 3015.31 | 155.83 | |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 90**

*Datos del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de la cantera de Saylla con adición de 3% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas*

UNSAAC
Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

**CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)**

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 19 de junio del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 3 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

**DATOS GENERALES**

| INFORMACIÓN GENERAL DE LA MUESTRA | | INFORMACIÓN GENERAL DE LOS EQUIPOS | | INFORMACIÓN GENERAL DEL MOLDE | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Contenido Óptimo de Humedad** | 5.3 % | **Peso del martillo** | 4.54 kg | **Diámetro** | 15.24 cm |
| **Contenido Natural de Humedad** | 2.7 % | **Altura de Caída del martillo** | 45.72 cm | **Altura** | 17.78 cm |
| **Densidad Seca Máxima** | 2.28 cm3 | **Altura del disco espaciador** | 6.14 cm | **Altura de muestra** | 11.64 cm |
| **Número de Capas** | 5 | **Area del pistón** | 19.35 cm2 | **Volumen** | 2123.31 cm3 |

| DESCRIPCIÓN | UND | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Número de golpes** | **Und** | **12** | | | **26** | | | **55** | | |
| **Peso del molde más base** | **gr** | 7042.00 | | | 6118.00 | | | 7145.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra húmeda** | **gr** | 11890.00 | | | 11003.00 | | | 12374.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra sumergida** | **gr** | 11618.00 | | | 10806.00 | | | 12175.00 | | |
| **Peso muestra húmeda** | **gr** | **4848.00** | | | **4885.00** | | | **5229.00** | | |
| **Densidad Húmeda** | **cm3** | **2.28** | | | **2.30** | | | **2.46** | | |
| **CONTENIDO DE HUMEDAD POST INMERSIÓN** | | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** |
| **Peso de la muestra húmeda + tara** | **gr** | 111.15 | 112.39 | 112.95 | 96.79 | 97.82 | 99.22 | 98.22 | 99.65 | 100.65 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 106.04 | 108.28 | 109.61 | 92.51 | 96.21 | 96.64 | 95.68 | 96.68 | 97.02 |
| **Peso del agua** | **gr** | 5.11 | 4.11 | 3.34 | 4.28 | 1.61 | 2.58 | 2.54 | 2.97 | 3.63 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 55.25 | 57.25 | 59.25 | 51.79 | 53.79 | 55.79 | 56.80 | 58.80 | 60.80 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 50.79 | 51.03 | 50.36 | 40.72 | 42.42 | 40.85 | 38.88 | 37.88 | 36.22 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 10.06 | 8.05 | 6.63 | 10.51 | 3.80 | 6.32 | 6.53 | 7.84 | 10.02 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | | **8.25** | | | **6.87** | | | **8.13** | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | | **2.11** | | | **2.15** | | | **2.28** | |

| | |
|---|---|
| **Ecuación de ajuste para valores en kgf:** | y = 4,2658x + 16,4476 |
| x : | Lectura del dial |
| y : | Fuerza promedio (kgf) |

| | |
|---|---|
| **Carga unitaria patrón** | 70.31 kg/cm2 |
| | 105.46 kg/cm2 |

| Datos del ensayo de Penetración (CBR) | | ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESIÓN | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | | MUESTRA 2 | | | | MUESTRA 3 | | | |
| **Penetración (mm)** | **Dial** | **Dial** | **(12 GOLPES)** | | | **Dial** | **(26 GOLPES)** | | | **Dial** | **(55 GOLPES)** | | |
| | | | **Fuerza (kg)** | **Esfuerzo (kg/cm2)** | **CBR (%)** | | **Fuerza (kg)** | **Esfuerzo (kg/cm2)** | **CBR (%)** | | **Fuerza (kg)** | **Esfuerzo (kg/cm2)** | **CBR (%)** |
| **0.000** | **0.000** | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | |
| **0.640** | **0.025** | **12** | 67.64 | 3.50 | | **26** | 127.36 | 6.58 | | **35** | 165.75 | 8.57 | |
| **1.270** | **0.050** | **25** | 123.09 | 6.36 | | **65** | 293.72 | 15.18 | | **72** | 323.59 | 16.72 | |
| **1.910** | **0.075** | **40** | 187.08 | 9.67 | | **115** | 507.01 | 26.20 | | **121** | 532.61 | 27.53 | |
| **2.540** | **0.100** | **56** | 255.33 | 13.20 | 18.77 | **140** | 613.66 | 31.71 | 45.11 | **210** | 912.27 | 47.15 | 67.05 |
| **3.810** | **0.150** | **74** | 332.12 | 17.16 | | **182** | 792.82 | 40.97 | | **318** | 1372.97 | 70.95 | |
| **5.080** | **0.200** | **89** | 396.10 | 20.47 | 19.41 | **220** | 954.92 | 49.35 | 46.80 | **442** | 1901.93 | 98.29 | 93.20 |
| **6.350** | **0.250** | **92** | 408.90 | 21.13 | | **246** | 1065.83 | 55.08 | | **526** | 2260.26 | 116.81 | |
| **7.620** | **0.300** | **105** | 464.36 | 24.00 | | **282** | 1219.40 | 63.02 | | **614** | 2635.65 | 136.21 | |
| **10.160** | **0.400** | **110** | 485.69 | 25.10 | | **310** | 1338.85 | 69.19 | | **746** | 3198.73 | 165.31 | |
| **12.700** | **0.500** | **120** | 528.34 | 27.30 | | **362** | 1560.67 | 80.65 | | **862** | 3693.57 | 190.88 | |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 91**

*Datos del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de la cantera de Saylla con adición de 3% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas*

**CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)**

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 21 de junio del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 3 | **% Tierra de Diatomeas** | 1 |

**DATOS GENERALES**

| INFORMACIÓN GENERAL DE LA MUESTRA | | INFORMACIÓN GENERAL DE LOS EQUIPOS | | INFORMACIÓN GENERAL DEL MOLDE | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Contenido Óptimo de Humedad** | 5.6 % | **Peso del martillo** | 4.54 kg | **Diámetro** | 15.24 cm |
| **Contenido Natural de Humedad** | 2.7 % | **Altura de Caída del martillo** | 45.72 cm | **Altura** | 17.78 cm |
| **Densidad Seca Máxima** | 2.31 cm3 | **Altura del disco espaciador** | 6.14 cm | **Altura de muestra** | 11.64 cm |
| **Número de Capas** | 5 | **Area del pistón** | 19.35 cm2 | **Volumen** | 2123.31 cm3 |

| DESCRIPCIÓN | UND | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Número de golpes** | **Und** | **12** | | | **26** | | | **55** | | |
| **Peso del molde más base** | **gr** | 7042.00 | | | 6118.00 | | | 7145.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra húmeda** | **gr** | 11890.00 | | | 11003.00 | | | 12442.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra sumergida** | **gr** | 11618.00 | | | 10806.00 | | | 12175.00 | | |
| **Peso muestra húmeda** | **gr** | **4848.00** | | | **4885.00** | | | **5297.00** | | |
| **Densidad Húmeda** | **cm3** | **2.28** | | | **2.30** | | | **2.49** | | |
| **CONTENIDO DE HUMEDAD POST INMERSIÓN** | | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** |
| **Peso de la muestra húmeda + tara** | **gr** | 111.12 | 112.42 | 113.02 | 96.82 | 97.92 | 98.32 | 97.95 | 99.65 | 100.45 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 106.31 | 108.31 | 109.84 | 94.68 | 94.19 | 95.54 | 94.68 | 96.53 | 97.93 |
| **Peso del agua** | **gr** | 4.81 | 4.11 | 3.18 | 2.14 | 3.73 | 2.78 | 3.27 | 3.12 | 2.52 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 55.25 | 57.25 | 59.25 | 51.79 | 53.79 | 55.79 | 56.80 | 58.80 | 60.80 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 51.06 | 51.06 | 50.59 | 42.89 | 40.40 | 39.75 | 37.88 | 37.73 | 37.13 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 9.42 | 8.05 | 6.29 | 4.99 | 9.23 | 6.99 | 8.63 | 8.27 | 6.79 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | **7.92** | | | **7.07** | | | **7.90** | | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | **2.12** | | | **2.15** | | | **2.31** | | |

| | |
|---|---|
| **Ecuación de ajuste para valores en kgf:** | y = 4,2658x + 16,4476 |
| x : | Lectura del dial |
| y : | Fuerza promedio (kgf) |

| | |
|---|---|
| **Carga unitaria patrón** | 70.31 kg/cm2 |
| | 105.46 kg/cm2 |

| Datos del ensayo de Penetración (CBR) | | ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESIÓN | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | | MUESTRA 2 | | | | MUESTRA 3 | | | |
| Penetración (mm) | Dial | Dial | (12 GOLPES) | | | Dial | (26 GOLPES) | | | Dial | (55 GOLPES) | | |
| | | | Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) | | Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) | | Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) |
| **0.000** | **0.000** | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | |
| **0.640** | **0.025** | **20** | 101.76 | 5.26 | | **52** | 238.27 | 12.31 | | **95** | 421.70 | 21.79 | |
| **1.270** | **0.050** | **35** | 165.75 | 8.57 | | **89** | 396.10 | 20.47 | | **174** | 758.70 | 39.21 | |
| **1.910** | **0.075** | **47** | 216.94 | 11.21 | | **135** | 592.33 | 30.61 | | **278** | 1202.34 | 62.14 | |
| **2.540** | **0.100** | **54** | 246.80 | 12.75 | 18.14 | **225** | 976.25 | 50.45 | 71.76 | **382** | 1645.98 | 85.06 | 120.98 |
| **3.810** | **0.150** | **72** | 323.59 | 16.72 | | **319** | 1377.24 | 71.18 | | **441** | 1897.67 | 98.07 | |
| **5.080** | **0.200** | **84** | 374.77 | 19.37 | 18.37 | **332** | 1432.69 | 74.04 | 70.21 | **559** | 2401.03 | 124.08 | 117.66 |
| **6.350** | **0.250** | **99** | 438.76 | 22.68 | | **403** | 1735.57 | 89.69 | | **710** | 3045.17 | 157.37 | |
| **7.620** | **0.300** | **107** | 472.89 | 24.44 | | **450** | 1936.06 | 100.05 | | **790** | 3386.43 | 175.01 | |
| **10.160** | **0.400** | **129** | 566.74 | 29.29 | | **484** | 2081.09 | 107.55 | | **821** | 3518.67 | 181.84 | |
| **12.700** | **0.500** | **150** | 656.32 | 33.92 | | **568** | 2439.42 | 126.07 | | **821** | 3518.67 | 181.84 | |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 92**

*Datos del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de la cantera de Saylla con adición de 3% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas*

UNSAAC
Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

**CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)**

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 25 de junio del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 3 | **% Tierra de Diatomeas** | 2 |

**DATOS GENERALES**

| INFORMACIÓN GENERAL DE LA MUESTRA | | INFORMACIÓN GENERAL DE LOS EQUIPOS | | INFORMACIÓN GENERAL DEL MOLDE | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Contenido Óptimo de Humedad** | 5.7 % | **Peso del martillo** | 4.54 kg | **Diámetro** | 15.24 cm |
| **Contenido Natural de Humedad** | 2.7 % | **Altura de Caída del martillo** | 45.72 cm | **Altura** | 17.78 cm |
| **Densidad Seca Máxima** | 2.38 cm3 | **Altura del disco espaciador** | 6.14 cm | **Altura de muestra** | 11.64 cm |
| **Número de Capas** | 5 | **Area del pistón** | 19.35 cm2 | **Volumen** | 2123.31 cm3 |

| DESCRIPCIÓN | UND | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Número de golpes** | **Und** | **12** | | | **26** | | | **55** | | |
| **Peso del molde más base** | **gr** | 7042.00 | | | 6118.00 | | | 7145.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra húmeda** | **gr** | 11890.00 | | | 11003.00 | | | 12611.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra sumergida** | **gr** | 11618.00 | | | 10806.00 | | | 12175.00 | | |
| **Peso muestra húmeda** | **gr** | **4848.00** | | | **4885.00** | | | **5466.00** | | |
| **Densidad Húmeda** | **cm3** | **2.28** | | | **2.30** | | | **2.57** | | |
| **CONTENIDO DE HUMEDAD POST INMERSIÓN** | | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** |
| **Peso de la muestra húmeda + tara** | **gr** | 111.17 | 112.07 | 113.57 | 96.77 | 97.97 | 98.37 | 97.90 | 99.60 | 100.50 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 106.06 | 108.36 | 109.96 | 95.50 | 94.59 | 96.09 | 94.18 | 97.02 | 97.78 |
| **Peso del agua** | **gr** | 5.11 | 3.71 | 3.61 | 1.27 | 3.38 | 2.28 | 3.72 | 2.58 | 2.72 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 55.25 | 57.25 | 59.25 | 51.79 | 53.79 | 55.79 | 56.80 | 58.80 | 60.80 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 50.81 | 51.11 | 50.71 | 43.71 | 40.80 | 40.30 | 37.38 | 38.22 | 36.98 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 10.06 | 7.26 | 7.12 | 2.91 | 8.28 | 5.66 | 9.95 | 6.75 | 7.36 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | | **8.14** | | | **5.62** | | | **8.02** | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | | **2.11** | | | **2.18** | | | **2.38** | |

| | |
|---|---|
| **Ecuación de ajuste para valores en kgf:** | y = 4,2658x + 16,4476 |
| x : | Lectura del dial |
| y : | Fuerza promedio (kgf) |

| | |
|---|---|
| **Carga unitaria patrón** | 70.31 kg/cm2 |
| | 105.46 kg/cm2 |

| Datos del ensayo de Penetración (CBR) | | ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESIÓN | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | | MUESTRA 2 | | | | MUESTRA 3 | | | |
| Penetración (mm) | Dial | Dial | (12 GOLPES) Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) | Dial | (26 GOLPES) Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) | Dial | (55 GOLPES) Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) |
| **0.000** | **0.000** | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | |
| **0.640** | **0.025** | **9** | 54.84 | 2.83 | | **10** | 59.11 | 3.05 | | **50** | 229.74 | 11.87 | |
| **1.270** | **0.050** | **18** | 93.23 | 4.82 | | **48** | 221.21 | 11.43 | | **167** | 728.84 | 37.67 | |
| **1.910** | **0.075** | **34** | 161.48 | 8.35 | | **100** | 443.03 | 22.90 | | **380** | 1637.45 | 84.62 | |
| **2.540** | **0.100** | **49** | 225.47 | 11.65 | 16.57 | **145** | 634.99 | 32.82 | 46.67 | **440** | 1893.40 | 97.85 | 139.17 |
| **3.810** | **0.150** | **59** | 268.13 | 13.86 | | **176** | 767.23 | 39.65 | | **581** | 2494.88 | 128.93 | |
| **5.080** | **0.200** | **73** | 327.85 | 16.94 | 16.07 | **216** | 937.86 | 48.47 | 45.96 | **659** | 2827.61 | 146.13 | 138.56 |
| **6.350** | **0.250** | **82** | 366.24 | 18.93 | | **242** | 1048.77 | 54.20 | | **738** | 3164.61 | 163.55 | |
| **7.620** | **0.300** | **90** | 400.37 | 20.69 | | **270** | 1168.21 | 60.37 | | **802** | 3437.62 | 177.65 | |
| **10.160** | **0.400** | **105** | 464.36 | 24.00 | | **309** | 1334.58 | 68.97 | | **916** | 3923.92 | 202.79 | |
| **12.700** | **0.500** | **116** | 511.28 | 26.42 | | **349** | 1505.21 | 77.79 | | **1000** | 4282.25 | 221.30 | |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 93**

*Datos del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de la cantera de Saylla con adición de 3% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas*

**CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)**

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 25 de junio del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 3 | **% Tierra de Diatomeas** | 3 |

**DATOS GENERALES**

| INFORMACIÓN GENERAL DE LA MUESTRA | | INFORMACIÓN GENERAL DE LOS EQUIPOS | | INFORMACIÓN GENERAL DEL MOLDE | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Contenido Óptimo de Humedad** | 5.9 % | **Peso del martillo** | 4.54 kg | **Diámetro** | 15.24 cm |
| **Contenido Natural de Humedad** | 2.7 % | **Altura de Caída del martillo** | 45.72 cm | **Altura** | 17.78 cm |
| **Densidad Seca Máxima** | 2.36 cm3 | **Altura del disco espaciador** | 6.14 cm | **Altura de muestra** | 11.64 cm |
| **Número de Capas** | 5 | **Area del pistón** | 19.35 cm2 | **Volumen** | 2123.31 cm3 |

| DESCRIPCIÓN | UND | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Número de golpes** | **Und** | **12** | | | **26** | | | **55** | | |
| **Peso del molde más base** | **gr** | 7042.00 | | | 6118.00 | | | 7145.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra húmeda** | **gr** | 11890.00 | | | 11003.00 | | | 12562.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra sumergida** | **gr** | 11618.00 | | | 10806.00 | | | 12175.00 | | |
| **Peso muestra húmeda** | **gr** | **4848.00** | | | **4885.00** | | | **5417.00** | | |
| **Densidad Húmeda** | **cm3** | **2.28** | | | **2.30** | | | **2.55** | | |
| **CONTENIDO DE HUMEDAD POST INMERSIÓN** | | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** |
| **Peso de la muestra húmeda + tara** | **gr** | 111.32 | 112.12 | 113.87 | 96.72 | 97.92 | 98.32 | 97.95 | 99.45 | 100.45 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 106.21 | 108.06 | 109.96 | 94.52 | 94.59 | 96.09 | 94.68 | 96.23 | 97.78 |
| **Peso del agua** | **gr** | 5.11 | 4.06 | 3.91 | 2.20 | 3.33 | 2.23 | 3.27 | 3.22 | 2.67 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 55.25 | 57.25 | 59.25 | 51.79 | 53.79 | 55.79 | 56.80 | 58.80 | 60.80 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 50.96 | 50.81 | 50.71 | 42.73 | 40.80 | 40.30 | 37.88 | 37.43 | 36.98 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 10.03 | 7.99 | 7.71 | 5.15 | 8.16 | 5.53 | 8.63 | 8.60 | 7.22 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | | **8.58** | | | **6.28** | | | **8.15** | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | | **2.10** | | | **2.16** | | | **2.36** | |

| | |
|---|---|
| **Ecuación de ajuste para valores en kgf:** | y = 4,2658x + 16,4476 |
| x : | Lectura del dial |
| y : | Fuerza promedio (kgf) |

| | |
|---|---|
| **Carga unitaria patrón** | 70.31 kg/cm2 |
| | 105.46 kg/cm2 |

| Datos del ensayo de Penetración (CBR) | | ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESIÓN | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | | MUESTRA 2 | | | | MUESTRA 3 | | | |
| **Penetración (mm)** | **Dial** | **Dial** | **(12 GOLPES) Fuerza (kg)** | **Esfuerzo (kg/cm2)** | **CBR (%)** | **Dial** | **(26 GOLPES) Fuerza (kg)** | **Esfuerzo (kg/cm2)** | **CBR (%)** | **Dial** | **(55 GOLPES) Fuerza (kg)** | **Esfuerzo (kg/cm2)** | **CBR (%)** |
| **000** | **0.000** | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | |
| **640** | **0.025** | **17** | 88.97 | 4.60 | | **24** | 118.83 | 6.14 | | **104** | 460.09 | 23.78 | |
| **270** | **0.050** | **32** | 152.95 | 7.90 | | **38** | 178.55 | 9.23 | | **111** | 489.95 | 25.32 | |
| **910** | **0.075** | **56** | 255.33 | 13.20 | | **75** | 336.38 | 17.38 | | **157** | 686.18 | 35.46 | |
| **540** | **0.100** | **82** | 366.24 | 18.93 | 26.92 | **132** | 579.53 | 29.95 | 42.60 | **285** | 1232.20 | 63.68 | 90.57 |
| **810** | **0.150** | **116** | 511.28 | 26.42 | | **206** | 895.20 | 46.26 | | **407** | 1752.63 | 90.58 | |
| **080** | **0.200** | **132** | 579.53 | 29.95 | 28.40 | **251** | 1087.16 | 56.18 | 53.28 | **578** | 2482.08 | 128.27 | 121.63 |
| **350** | **0.250** | **152** | 664.85 | 34.36 | | **318** | 1372.97 | 70.95 | | **638** | 2738.03 | 141.50 | |
| **620** | **0.300** | **176** | 767.23 | 39.65 | | **397** | 1709.97 | 88.37 | | **689** | 2955.58 | 152.74 | |
| **.160** | **0.400** | **200** | 869.61 | 44.94 | | **523** | 2247.46 | 116.15 | | **721** | 3092.09 | 159.80 | |
| **.700** | **0.500** | **226** | 980.52 | 50.67 | | **566** | 2430.89 | 125.63 | | **765** | 3279.78 | 169.50 | |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 94**

*Datos del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de la cantera de Patapata sin la adición de ARD y Tierra de Diatomeas*

**CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)**

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 01 de julio del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

**DATOS GENERALES**

| INFORMACIÓN GENERAL DE LA MUESTRA | | INFORMACIÓN GENERAL DE LOS EQUIPOS | | INFORMACIÓN GENERAL DEL MOLDE | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Contenido Óptimo de Humedad** | 7 % | **Peso del martillo** | 4.54 kg | **Diametro** | 15.24 cm |
| **Contenido Natural de Humedad** | 2.7 % | **Altura de Caída del martillo** | 45.72 cm | **Altura** | 17.78 cm |
| **Densidad Seca Máxima** | 2.24 cm3 | **Altura del disco espaciador** | 6.14 cm | **Altura de muestra** | 11.64 cm |
| **Número de Capas** | 5 | **Area del pistón** | 19.35 cm2 | **Volumen** | 2123.31 cm3 |

| DESCRIPCIÓN | UND | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Número de golpes** | **Und** | **12** | | | **26** | | | **55** | | |
| **Peso del molde más base** | **gr** | 7042.00 | | | 6118.00 | | | 7145.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra húmeda** | **gr** | 11890.00 | | | 11003.00 | | | 12248.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra sumergida** | **gr** | 11618.00 | | | 10806.00 | | | 12175.00 | | |
| **Peso muestra húmeda** | **gr** | **4848.00** | | | **4885.00** | | | **5103.00** | | |
| **Densidad Húmeda** | **cm3** | **2.28** | | | **2.30** | | | **2.40** | | |
| **CONTENIDO DE HUMEDAD POST INMERSIÓN** | | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** |
| **Peso de la muestra húmeda + tara** | **gr** | 96.57 | 111.20 | 105.63 | 106.57 | 97.57 | 92.10 | 95.30 | 98.86 | 109.10 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 92.56 | 105.82 | 100.76 | 103.15 | 94.02 | 90.16 | 92.63 | 96.08 | 105.71 |
| **Peso del agua** | **gr** | 4.01 | 5.38 | 4.87 | 3.42 | 3.55 | 1.94 | 2.67 | 2.78 | 3.39 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 55.25 | 57.25 | 59.25 | 51.78 | 53.79 | 55.76 | 56.75 | 58.80 | 60.81 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 37.31 | 48.57 | 41.51 | 51.37 | 40.23 | 34.40 | 35.88 | 37.28 | 44.90 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 10.75 | 11.08 | 11.73 | 6.66 | 8.82 | 5.64 | 7.44 | 7.46 | 7.55 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | **11.19** | | | **7.04** | | | **7.48** | | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | **2.05** | | | **2.15** | | | **2.24** | | |

| | |
|---|---|
| **Ecuación de ajuste para valores en kgf:** | y = 4,2658x + 16,4476 |
| x : | Lectura del dial |
| y : | Fuerza promedio (kgf) |

| | |
|---|---|
| **Carga unitaria patrón** | 70.31 kg/cm2<br>105.46 kg/cm2 |

| Datos del ensayo de penetración (CBR) | | ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESIÓN | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | | MUESTRA 2 | | | | MUESTRA 3 | | | |
| | | | (12 GOLPES) | | | | (26 GOLPES) | | | | (55 GOLPES) | | |
| **penetración (mm)** | **Dial** | **Dial** | **Fuerza (kg)** | **Esfuerzo (kg/cm2)** | **CBR (%)** | **Dial** | **Fuerza (kg)** | **Esfuerzo (kg/cm2)** | **CBR (%)** | **Dial** | **Fuerza (kg)** | **Esfuerzo (kg/cm2)** | **CBR (%)** |
| **0.000** | **0.000** | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | |
| **0.640** | **0.025** | **8** | 50.57 | 2.61 | | **19** | 97.50 | 5.04 | | **30** | 144.42 | 7.46 | |
| **1.270** | **0.050** | **14** | 76.17 | 3.94 | | **31** | 148.69 | 7.68 | | **52** | 238.27 | 12.31 | |
| **1.910** | **0.075** | **19** | 97.50 | 5.04 | | **39** | 182.81 | 9.45 | | **74** | 332.12 | 17.16 | |
| **2.540** | **0.100** | **31** | 148.69 | 7.68 | 10.93 | **47** | 216.94 | 11.21 | 15.95 | **121** | 532.61 | 27.53 | 39.15 |
| **3.810** | **0.150** | **39** | 182.81 | 9.45 | | **57** | 259.60 | 13.42 | | **162** | 707.51 | 36.56 | |
| **5.080** | **0.200** | **47** | 216.94 | 11.21 | 10.63 | **67** | 302.26 | 15.62 | 14.81 | **181** | 788.56 | 40.75 | 38.64 |
| **6.350** | **0.250** | **57** | 259.60 | 13.42 | | **77** | 344.91 | 17.83 | | **227** | 984.78 | 50.89 | |
| **7.620** | **0.300** | **67** | 302.26 | 15.62 | | **84** | 374.77 | 19.37 | | **254** | 1099.96 | 56.85 | |
| **10.160** | **0.400** | **77** | 344.91 | 17.83 | | **100** | 443.03 | 22.90 | | **293** | 1266.33 | 65.44 | |
| **12.700** | **0.500** | **84** | 374.77 | 19.37 | | **111** | 489.95 | 25.32 | | **329** | 1419.90 | 73.38 | |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 95**

*Datos del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de la cantera de Patapata con adición de 0% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas*

**CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)**

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024 | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 01 de julio del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 1 |

**DATOS GENERALES**

| INFORMACIÓN GENERAL DE LA MUESTRA | | INFORMACIÓN GENERAL DE LOS EQUIPOS | | INFORMACIÓN GENERAL DEL MOLDE | |
|---|---|---|---|---|---|
| Contenido Óptimo de Humedad | 6.9 % | Peso del martillo | 4.54 kg | Diametro | 15.24 cm |
| Contenido Natural de Humedad | 2.7 % | Altura de Caida del martillo | 45.72 cm | Altura | 17.78 cm |
| Densidad Seca Máxima | 2.29 cm3 | Altura del disco espaciador | 6.14 cm | Altura de muestra | 11.64 cm |
| Número de Capas | 5 | Area del pistón | 19.35 cm2 | Volumen | 2123.31 cm3 |

| DESCRIPCIÓN | UND | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Número de golpes | Und | 12 | | | 26 | | | 55 | | |
| Peso del molde más base | gr | 7042.00 | | | 6118.00 | | | 7145.00 | | |
| Peso del molde + base + muestra húmeda | gr | 11890.00 | | | 11033.00 | | | 12408.00 | | |
| Peso del molde + base + muestra sumergida | gr | 11618.00 | | | 10806.00 | | | 12175.00 | | |
| Peso muestra húmeda | gr | 4848.00 | | | 4915.00 | | | 5263.00 | | |
| Densidad Húmeda | cm3 | 2.28 | | | 2.31 | | | 2.48 | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD POST INMERSIÓN | | Arriba | Medio | Abajo | Arriba | Medio | Abajo | Arriba | Medio | Abajo |
| Peso de la muestra húmeda + tara | gr | 111.29 | 112.27 | 93.25 | 90.15 | 97.67 | 101.12 | 100.53 | 99.10 | 98.47 |
| Peso de la muestra seca + tara | gr | 106.17 | 108.16 | 90.01 | 85.89 | 94.39 | 98.76 | 96.48 | 96.08 | 96.43 |
| Peso del agua | gr | 5.12 | 4.11 | 3.24 | 4.26 | 3.28 | 2.36 | 4.05 | 3.02 | 2.04 |
| Peso de la tara | gr | 43.23 | 57.25 | 49.25 | 45.19 | 53.79 | 58.14 | 59.20 | 58.80 | 59.19 |
| Peso muestra seca | gr | 62.94 | 50.91 | 40.76 | 40.70 | 40.60 | 40.62 | 37.28 | 37.28 | 37.24 |
| Contenido de humedad | % | 8.13 | 8.07 | 7.95 | 10.47 | 8.08 | 5.81 | 10.86 | 8.10 | 5.48 |
| Contenido de humedad promedio | % | | 8.05 | | | 8.12 | | | 8.15 | |
| Densidad Seca | gr/cm3 | | 2.11 | | | 2.14 | | | 2.29 | |

| | |
|---|---|
| **Ecuación de ajuste para valores en kgf:** | y = 4,2658x + 16,4476 |
| x : | Lectura del dial |
| y : | Fuerza promedio (kgf) |

| | |
|---|---|
| **Carga unitaria patrón** | 70.31 kg/cm2<br>105.46 kg/cm2 |

| Datos del ensayo de penetración (CBR) | | ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESIÓN | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | | MUESTRA 2 | | | | MUESTRA 3 | | | |
| penetración (mm) | Dial | Dial | (12 GOLPES) Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) | Dial | (26 GOLPES) Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) | Dial | (55 GOLPES) Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) |
| 0.000 | 0.000 | 0 | 0.00 | 0.00 | | 0 | 0.00 | 0.00 | | 0 | 0.00 | 0.00 | |
| 0.640 | 0.025 | 10 | 59.11 | 3.05 | | 16 | 84.70 | 4.38 | | 30 | 144.42 | 7.46 | |
| 1.270 | 0.050 | 12 | 67.64 | 3.50 | | 24 | 118.83 | 6.14 | | 68 | 306.52 | 15.84 | |
| 1.910 | 0.075 | 15 | 80.43 | 4.16 | | 36 | 170.02 | 8.79 | | 135 | 592.33 | 30.61 | |
| 2.540 | 0.100 | 18 | 93.23 | 4.82 | 6.85 | 55 | 251.07 | 12.98 | 18.45 | 148 | 647.79 | 33.48 | 47.61 |
| 3.810 | 0.150 | 23 | 114.56 | 5.92 | | 80 | 357.71 | 18.49 | | 200 | 869.61 | 44.94 | |
| 5.080 | 0.200 | 32 | 152.95 | 7.90 | 7.50 | 100 | 443.03 | 22.90 | 21.71 | 247 | 1070.10 | 55.30 | 52.44 |
| 6.350 | 0.250 | 36 | 170.02 | 8.79 | | 135 | 592.33 | 30.61 | | 260 | 1125.56 | 58.17 | |
| 7.620 | 0.300 | 42 | 195.61 | 10.11 | | 145 | 634.99 | 32.82 | | 290 | 1253.53 | 64.78 | |
| 10.160 | 0.400 | 47 | 216.94 | 11.21 | | 150 | 656.32 | 33.92 | | 310 | 1338.85 | 69.19 | |
| 12.700 | 0.500 | 55 | 251.07 | 12.98 | | 156 | 681.91 | 35.24 | | 375 | 1616.12 | 83.52 | |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 96**

*Datos del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de la cantera de Patapata con adición de 0% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas*

UNSAAC
Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

**CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)**

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 05 de julio del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 2 |

**DATOS GENERALES**

| INFORMACIÓN GENERAL DE LA MUESTRA | | INFORMACIÓN GENERAL DE LOS EQUIPOS | | INFORMACIÓN GENERAL DEL MOLDE | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Contenido Óptimo de Humedad** | 8.2 % | **Peso del martillo** | 4.54 kg | **Diametro** | 15.24 cm |
| **Contenido Natural de Humedad** | 2.7 % | **Altura de Caída del martillo** | 45.72 cm | **Altura** | 17.78 cm |
| **Densidad Seca Máxima** | 2.34 cm3 | **Altura del disco espaciador** | 6.14 cm | **Altura de muestra** | 11.64 cm |
| **Número de Capas** | 5 | **Area del pistón** | 19.35 cm2 | **Volumen** | 2123.31 cm3 |

| DESCRIPCIÓN | UND | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Número de golpes** | **Und** | **12** | | | **26** | | | **55** | | |
| **Peso del molde más base** | **gr** | 7040.00 | | | 7145.00 | | | 6096.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra húmeda** | **gr** | 11718.00 | | | 12073.00 | | | 11465.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra sumergida** | **gr** | 12037.00 | | | 12585.00 | | | 11777.00 | | |
| **Peso muestra húmeda** | **gr** | **4678.00** | | | **4928.00** | | | **5369.00** | | |
| **Densidad Húmeda** | **cm3** | **2.20** | | | **2.32** | | | **2.53** | | |
| **CONTENIDO DE HUMEDAD POST INMERSIÓN** | | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** |
| **Peso de la muestra húmeda + tara** | **gr** | 100.19 | 130.48 | 119.84 | 113.44 | 151.76 | 50.17 | 59.61 | 143.76 | 55.09 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 95.65 | 126.24 | 114.00 | 107.72 | 146.39 | 47.06 | 56.51 | 139.51 | 51.98 |
| **Peso del agua** | **gr** | 4.54 | 4.24 | 5.84 | 5.72 | 5.37 | 3.11 | 3.10 | 4.25 | 3.11 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 56.99 | 56.96 | 57.89 | 53.77 | 53.77 | 21.93 | 21.98 | 57.87 | 22.01 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 38.66 | 69.28 | 56.11 | 53.95 | 92.62 | 25.13 | 34.53 | 81.64 | 29.97 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 11.74 | 6.12 | 10.41 | 10.60 | 5.80 | 12.38 | 8.98 | 5.21 | 10.38 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | | **9.42** | | | **9.59** | | | **8.19** | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | | **2.01** | | | **2.12** | | | **2.34** | |

| | |
|---|---|
| **Ecuación de ajuste para valores en kgf:** | y = 4,2658x + 16,4476 |
| x : | Lectura del dial |
| y : | Fuerza promedio (kgf) |

| | |
|---|---|
| **Carga unitaria patrón** | 70.31 kg/cm2 |
| | 105.46 kg/cm2 |

| Datos del ensayo de penetración (CBR) | | ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESIÓN | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | | MUESTRA 2 | | | | MUESTRA 3 | | | |
| | | | (12 GOLPES) | | | | (26 GOLPES) | | | | (55 GOLPES) | | |
| **penetración (mm)** | **Dial** | **Dial** | **Fuerza (kg)** | **Esfuerzo (kg/cm2)** | **CBR (%)** | **Dial** | **Fuerza (kg)** | **Esfuerzo (kg/cm2)** | **CBR (%)** | **Dial** | **Fuerza (kg)** | **Esfuerzo (kg/cm2)** | **CBR (%)** |
| **0.000** | **0.000** | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | |
| **0.640** | **0.025** | **4** | 33.51 | 1.73 | | **23** | 114.56 | 5.92 | | **51** | 234.00 | 12.09 | |
| **1.270** | **0.050** | **8** | 50.57 | 2.61 | | **40** | 187.08 | 9.67 | | **107** | 472.89 | 24.44 | |
| **1.910** | **0.075** | **12** | 67.64 | 3.50 | | **53** | 242.54 | 12.53 | | **162** | 707.51 | 36.56 | |
| **2.540** | **0.100** | **15** | 80.43 | 4.16 | 5.91 | **70** | 315.05 | 16.28 | 23.16 | **227** | 984.78 | 50.89 | 72.38 |
| **3.810** | **0.150** | **21** | 106.03 | 5.48 | | **83** | 370.51 | 19.15 | | **276** | 1193.81 | 61.70 | |
| **5.080** | **0.200** | **25** | 123.09 | 6.36 | 6.03 | **94** | 417.43 | 21.57 | 20.46 | **338** | 1458.29 | 75.36 | 71.46 |
| **6.350** | **0.250** | **30** | 144.42 | 7.46 | | **103** | 455.83 | 23.56 | | **384** | 1654.51 | 85.50 | |
| **7.620** | **0.300** | **33** | 157.22 | 8.13 | | **119** | 524.08 | 27.08 | | **408** | 1756.89 | 90.80 | |
| **10.160** | **0.400** | **41** | 191.35 | 9.89 | | **134** | 588.06 | 30.39 | | **417** | 1795.29 | 92.78 | |
| **12.700** | **0.500** | **47** | 216.94 | 11.21 | | **156** | 681.91 | 35.24 | | **430** | 1850.74 | 95.65 | |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 97**

*Datos del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de la cantera de Patapata con adición de 0% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas*

UNSAAC
Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

**CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)**

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 05 de julio del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 3 |

**DATOS GENERALES**

| INFORMACIÓN GENERAL DE LA MUESTRA | | INFORMACIÓN GENERAL DE LOS EQUIPOS | | INFORMACIÓN GENERAL DEL MOLDE | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Contenido Óptimo de Humedad** | 9.6 % | **Peso del martillo** | 4.54 kg | **Diametro** | 15.24 cm |
| **Contenido Natural de Humedad** | 2.7 % | **Altura de Caída del martillo** | 45.72 cm | **Altura** | 17.78 cm |
| **Densidad Seca Máxima** | 2.36 cm3 | **Altura del disco espaciador** | 6.14 cm | **Altura de muestra** | 11.64 cm |
| **Número de Capas** | 5 | **Area del pistón** | 19.35 cm2 | **Volumen** | 2123.31 cm3 |

| DESCRIPCIÓN | UND | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Número de golpes** | **Und** | **12** | | | **26** | | | **55** | | |
| **Peso del molde más base** | **gr** | 7042.00 | | | 7145.00 | | | 6118.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra húmeda** | **gr** | 12028.00 | | | 12560.00 | | | 11495.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra sumergida** | **gr** | 12146.00 | | | 12623.00 | | | 11843.00 | | |
| **Peso muestra húmeda** | **gr** | **4986.00** | | | **5415.00** | | | **5377.00** | | |
| **Densidad Húmeda** | **cm3** | **2.35** | | | **2.55** | | | **2.53** | | |
| **CONTENIDO DE HUMEDAD POST INMERSIÓN** | | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** |
| **Peso de la muestra húmeda + tara** | **gr** | 101.25 | 112.27 | 106.23 | 86.95 | 97.57 | 88.74 | 90.29 | 98.86 | 92.23 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 93.82 | 105.79 | 100.88 | 82.01 | 93.61 | 84.21 | 86.42 | 96.08 | 90.48 |
| **Peso del agua** | **gr** | 7.43 | 6.48 | 5.35 | 4.94 | 3.96 | 4.53 | 3.87 | 2.78 | 1.75 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 45.25 | 57.25 | 52.25 | 42.19 | 53.79 | 45.99 | 49.20 | 58.80 | 53.20 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 48.57 | 48.54 | 48.63 | 39.82 | 39.82 | 38.22 | 37.22 | 37.28 | 37.28 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 15.30 | 13.35 | 11.00 | 12.41 | 9.94 | 11.85 | 10.40 | 7.46 | 4.69 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | **13.22** | | | **11.40** | | | **7.52** | | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | **2.07** | | | **2.29** | | | **2.36** | | |

| | |
|---|---|
| **Ecuación de ajuste para valores en kgf:** | y = 4,2658x + 16,4476 |
| x : | Lectura del dial |
| y : | Fuerza promedio (kgf) |

| | |
|---|---|
| **Carga unitaria patrón** | 70.31 kg/cm2<br>105.46 kg/cm2 |

| Datos del ensayo de penetración (CBR) | | ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESIÓN | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | | MUESTRA 2 | | | | MUESTRA 3 | | | |
| penetración (mm) | Dial | Dial | (12 GOLPES) Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) | Dial | (26 GOLPES) Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) | Dial | (55 GOLPES) Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) |
| .000 | 0.000 | 0 | 0.00 | 0.00 | | 0 | 0.00 | 0.00 | | 0 | 0.00 | 0.00 | |
| .640 | 0.025 | 35 | 165.75 | 8.57 | | 53 | 242.54 | 12.53 | | 60 | 272.40 | 14.08 | |
| .270 | 0.050 | 57 | 259.60 | 13.42 | | 120 | 528.34 | 27.30 | | 140 | 613.66 | 31.71 | |
| .910 | 0.075 | 84 | 374.77 | 19.37 | | 166 | 724.57 | 37.45 | | 192 | 835.48 | 43.18 | |
| .540 | 0.100 | 123 | 541.14 | 27.97 | 39.78 | 202 | 878.14 | 45.38 | 64.55 | 280 | 1210.87 | 62.58 | 89.00 |
| .810 | 0.150 | 174 | 758.70 | 39.21 | | 266 | 1151.15 | 59.49 | | 321 | 1385.77 | 71.62 | |
| .080 | 0.200 | 221 | 959.19 | 49.57 | 47.00 | 310 | 1338.85 | 69.19 | 65.61 | 420 | 1808.08 | 93.44 | 88.60 |
| .350 | 0.250 | 288 | 1245.00 | 64.34 | | 331 | 1428.43 | 73.82 | | 516 | 2217.60 | 114.60 | |
| .620 | 0.300 | 341 | 1471.09 | 76.03 | | 362 | 1560.67 | 80.65 | | 591 | 2537.54 | 131.14 | |
| .160 | 0.400 | 382 | 1645.98 | 85.06 | | 433 | 1863.54 | 96.31 | | 710 | 3045.17 | 157.37 | |
| .700 | 0.500 | 402 | 1731.30 | 89.47 | | 484 | 2081.09 | 107.55 | | 801 | 3433.35 | 177.43 | |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 98**

*Datos del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de la cantera de Patapata con adición de 1% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas*

UNSAAC
Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

**CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)**

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 09 de julio del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 1 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

**DATOS GENERALES**

| INFORMACIÓN GENERAL DE LA MUESTRA | | INFORMACIÓN GENERAL DE LOS EQUIPOS | | INFORMACIÓN GENERAL DEL MOLDE | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Contenido Óptimo de Humedad** | 7.8 % | **Peso del martillo** | 4.54 kg | **Diametro** | 15.24 cm |
| **Contenido Natural de Humedad** | 2.7 % | **Altura de Caída del martillo** | 45.72 cm | **Altura** | 17.78 cm |
| **Densidad Seca Máxima** | 2.27 cm3 | **Altura del disco espaciador** | 6.14 cm | **Altura de muestra** | 11.64 cm |
| **Número de Capas** | 5 | **Area del pistón** | 19.35 cm2 | **Volumen** | 2123.31 cm3 |

| DESCRIPCIÓN | UND | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Número de golpes** | **Und** | **12** | | | **26** | | | **55** | | |
| **Peso del molde más base** | **gr** | 7041.00 | | | 6864.00 | | | 6752.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra húmeda** | **gr** | 11796.00 | | | 11856.00 | | | 11951.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra sumergida** | **gr** | 12342.00 | | | 12430.00 | | | 12396.00 | | |
| **Peso muestra húmeda** | **gr** | **4755.00** | | | **4992.00** | | | **5199.00** | | |
| **Densidad Húmeda** | **cm3** | **2.24** | | | **2.35** | | | **2.45** | | |
| **CONTENIDO DE HUMEDAD POST INMERSIÓN** | | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** |
| **Peso de la muestra húmeda + tara** | **gr** | 166.89 | 150.09 | 133.87 | 152.14 | 153.03 | 139.14 | 131.15 | 161.86 | 147.99 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 161.64 | 144.84 | 129.33 | 148.04 | 147.24 | 133.91 | 127.00 | 152.56 | 140.72 |
| **Peso del agua** | **gr** | 5.25 | 5.25 | 4.54 | 4.10 | 5.79 | 5.23 | 4.15 | 9.30 | 7.27 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 63.73 | 63.75 | 58.81 | 59.95 | 59.92 | 62.06 | 59.51 | 58.81 | 62.51 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 97.91 | 81.09 | 70.52 | 88.09 | 87.32 | 71.85 | 67.49 | 93.75 | 78.21 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 5.36 | 6.47 | 6.44 | 4.65 | 6.63 | 7.28 | 6.15 | 9.92 | 9.30 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | | **6.09** | | | **6.19** | | | **8.45** | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | | **2.11** | | | **2.21** | | | **2.26** | |

| | |
|---|---|
| **Ecuación de ajuste para valores en kgf:** | y = 4,2658x + 16,4476 |
| x : | Lectura del dial |
| y : | Fuerza promedio (kgf) |

| | |
|---|---|
| **Carga unitaria patrón** | 70.31 kg/cm2 |
| | 105.46 kg/cm2 |

| Datos del ensayo de penetración (CBR) | | ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESIÓN | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | | MUESTRA 2 | | | | MUESTRA 3 | | | |
| penetración (mm) | Dial | Dial | (12 GOLPES) Fuerza (kg) | (12 GOLPES) Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) | Dial | (26 GOLPES) Fuerza (kg) | (26 GOLPES) Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) | Dial | (55 GOLPES) Fuerza (kg) | (55 GOLPES) Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) |
| **0.000** | **0.000** | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | |
| **0.640** | **0.025** | **12** | 67.64 | 3.50 | | **18** | 93.23 | 4.82 | | **28** | 135.89 | 7.02 | |
| **1.270** | **0.050** | **25** | 123.09 | 6.36 | | **35** | 165.75 | 8.57 | | **58** | 263.86 | 13.64 | |
| **1.910** | **0.075** | **31** | 148.69 | 7.68 | | **46** | 212.67 | 10.99 | | **88** | 391.84 | 20.25 | |
| **2.540** | **0.100** | **34** | 161.48 | 8.35 | 11.87 | **72** | 323.59 | 16.72 | 23.78 | **120** | 528.34 | 27.30 | 38.83 |
| **3.810** | **0.150** | **45** | 208.41 | 10.77 | | **95** | 421.70 | 21.79 | | **190** | 826.95 | 42.74 | |
| **5.080** | **0.200** | **49** | 225.47 | 11.65 | 11.05 | **148** | 647.79 | 33.48 | 31.74 | **235** | 1018.91 | 52.66 | 49.93 |
| **6.350** | **0.250** | **55** | 251.07 | 12.98 | | **205** | 890.94 | 46.04 | | **315** | 1360.17 | 70.29 | |
| **7.620** | **0.300** | **58** | 263.86 | 13.64 | | **290** | 1253.53 | 64.78 | | **385** | 1658.78 | 85.73 | |
| **10.160** | **0.400** | **64** | 289.46 | 14.96 | | **355** | 1530.81 | 79.11 | | **495** | 2128.02 | 109.98 | |
| **12.700** | **0.500** | **67** | 302.26 | 15.62 | | **410** | 1765.43 | 91.24 | | **540** | 2319.98 | 119.90 | |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 99**

*Datos del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de la cantera de Patapata con adición de 1% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas*

UNSAAC
Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

**CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)**

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 09 de julio del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 1 | **% Tierra de Diatomeas** | 1 |

**DATOS GENERALES**

| INFORMACIÓN GENERAL DE LA MUESTRA | | INFORMACIÓN GENERAL DE LOS EQUIPOS | | INFORMACIÓN GENERAL DEL MOLDE | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Contenido Óptimo de Humedad** | 8.2 % | **Peso del martillo** | 4.54 kg | **Diametro** | 15.24 cm |
| **Contenido Natural de Humedad** | 2.7 % | **Altura de Caída del martillo** | 45.72 cm | **Altura** | 17.78 cm |
| **Densidad Seca Máxima** | 2.30 cm3 | **Altura del disco espaciador** | 6.14 cm | **Altura de muestra** | 11.64 cm |
| **Número de Capas** | 5 | **Area del pistón** | 19.35 cm2 | **Volumen** | 2123.31 cm3 |

| DESCRIPCIÓN | UND | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Número de golpes** | **Und** | **12** | | | **26** | | | **55** | | |
| **Peso del molde más base** | **gr** | 6867.00 | | | 7140.00 | | | 7041.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra húmeda** | **gr** | 11718.00 | | | 12348.00 | | | 12230.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra sumergida** | **gr** | 11983.00 | | | 12498.00 | | | 12342.00 | | |
| **Peso muestra húmeda** | **gr** | **4851.00** | | | **5208.00** | | | **5189.00** | | |
| **Densidad Húmeda** | **cm3** | **2.28** | | | **2.45** | | | **2.44** | | |
| **CONTENIDO DE HUMEDAD POST INMERSIÓN** | | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** |
| **Peso de la muestra húmeda + tara** | **gr** | 156.36 | 200.03 | 136.29 | 142.88 | 95.30 | 151.74 | 166.89 | 150.09 | 133.87 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 149.93 | 191.65 | 132.55 | 137.20 | 91.85 | 144.67 | 161.64 | 144.84 | 129.33 |
| **Peso del agua** | **gr** | 6.43 | 8.38 | 3.74 | 5.68 | 3.45 | 7.07 | 5.25 | 5.25 | 4.54 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 63.13 | 57.88 | 60.19 | 56.98 | 60.82 | 57.87 | 63.73 | 63.75 | 58.81 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 86.80 | 133.77 | 72.36 | 80.22 | 31.04 | 86.80 | 97.91 | 81.09 | 70.52 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 7.41 | 6.26 | 5.17 | 7.08 | 11.12 | 8.15 | 5.36 | 6.47 | 6.44 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | | **6.28** | | | **8.78** | | | **6.09** | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | | **2.15** | | | **2.25** | | | **2.30** | |

| | |
|---|---|
| **Ecuación de ajuste para valores en kgf:** | y = 4,2658x + 16,4476 |
| x : | Lectura del dial |
| y : | Fuerza promedio (kgf) |

| | |
|---|---|
| **Carga unitaria patrón** | 70.31 kg/cm2 |
| | 105.46 kg/cm2 |

| Datos del ensayo de penetración (CBR) | | ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESIÓN | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | | MUESTRA 2 | | | | MUESTRA 3 | | | |
| penetración (mm) | Dial | Dial | (12 GOLPES) Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) | Dial | (26 GOLPES) Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) | Dial | (55 GOLPES) Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) |
| **0.000** | **0.000** | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | |
| **0.640** | **0.025** | **10** | 59.11 | 3.05 | | **25** | 123.09 | 6.36 | | **35** | 165.75 | 8.57 | |
| **1.270** | **0.050** | **27** | 131.62 | 6.80 | | **58** | 263.86 | 13.64 | | **92** | 408.90 | 21.13 | |
| **1.910** | **0.075** | **38** | 178.55 | 9.23 | | **81** | 361.98 | 18.71 | | **142** | 622.19 | 32.15 | |
| **2.540** | **0.100** | **49** | 225.47 | 11.65 | 16.57 | **120** | 528.34 | 27.30 | 38.83 | **221** | 959.19 | 49.57 | 70.50 |
| **3.810** | **0.150** | **59** | 268.13 | 13.86 | | **198** | 861.08 | 44.50 | | **274** | 1185.28 | 61.25 | |
| **5.080** | **0.200** | **67** | 302.26 | 15.62 | 14.81 | **255** | 1104.23 | 57.07 | 54.11 | **313** | 1351.64 | 69.85 | 66.24 |
| **6.350** | **0.250** | **71** | 319.32 | 16.50 | | **287** | 1240.73 | 64.12 | | **431** | 1855.01 | 95.87 | |
| **7.620** | **0.300** | **72** | 323.59 | 16.72 | | **319** | 1377.24 | 71.18 | | **518** | 2226.13 | 115.05 | |
| **10.160** | **0.400** | **75** | 336.38 | 17.38 | | **341** | 1471.09 | 76.03 | | **584** | 2507.67 | 129.60 | |
| **12.700** | **0.500** | **82** | 366.24 | 18.93 | | **362** | 1560.67 | 80.65 | | **642** | 2755.09 | 142.38 | |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 100**

*Datos del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de la cantera de Patapata con adición de 1% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas*

UNSAAC
Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

**CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)**

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 09 de julio del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 1 | **% Tierra de Diatomeas** | 2 |

**DATOS GENERALES**

| INFORMACIÓN GENERAL DE LA MUESTRA | | INFORMACIÓN GENERAL DE LOS EQUIPOS | | INFORMACIÓN GENERAL DEL MOLDE | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Contenido Óptimo de Humedad** | 8.6 % | **Peso del martillo** | 4.54 kg | **Diametro** | 15.24 cm |
| **Contenido Natural de Humedad** | 2.7 % | **Altura de Caída del martillo** | 45.72 cm | **Altura** | 17.78 cm |
| **Densidad Seca Máxima** | 2.40 cm3 | **Altura del disco espaciador** | 6.14 cm | **Altura de muestra** | 11.64 cm |
| **Número de Capas** | 5 | **Area del pistón** | 19.35 cm2 | **Volumen** | 2123.31 cm3 |

| DESCRIPCIÓN | UND | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Número de golpes** | **Und** | **12** | | | **26** | | | **55** | | |
| **Peso del molde más base** | **gr** | 7038.00 | | | 6116.00 | | | 7142.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra húmeda** | **gr** | 12153.00 | | | 11456.00 | | | 12608.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra sumergida** | **gr** | 12120.00 | | | 11762.00 | | | 12665.00 | | |
| **Peso muestra húmeda** | **gr** | **5115.00** | | | **5340.00** | | | **5466.00** | | |
| **Densidad Húmeda** | **cm3** | **2.41** | | | **2.51** | | | **2.57** | | |
| **CONTENIDO DE HUMEDAD POST INMERSIÓN** | | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** |
| **Peso de la muestra húmeda + tara** | **gr** | 131.56 | 171.32 | 128.06 | 106.39 | 158.29 | 173.72 | 155.04 | 156.17 | 123.79 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 124.98 | 163.48 | 122.26 | 101.31 | 151.75 | 164.00 | 148.17 | 149.75 | 120.06 |
| **Peso del agua** | **gr** | 6.58 | 7.84 | 5.80 | 5.08 | 6.54 | 9.72 | 6.87 | 6.42 | 3.73 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 56.98 | 56.98 | 63.14 | 57.90 | 57.85 | 60.13 | 58.15 | 62.00 | 62.01 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 68.00 | 106.50 | 59.12 | 43.41 | 93.90 | 103.87 | 90.02 | 87.75 | 58.05 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 9.68 | 7.36 | 9.81 | 11.70 | 6.96 | 9.36 | 7.63 | 7.32 | 6.43 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | | **8.95** | | | **9.34** | | | **7.12** | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | | **2.21** | | | **2.30** | | | **2.40** | |

| | |
|---|---|
| **Ecuación de ajuste para valores en kgf:** | y = 4,2658x + 16,4476 |
| x : | Lectura del dial |
| y : | Fuerza promedio (kgf) |

| | |
|---|---|
| **Carga unitaria patrón** | 70.31 kg/cm2 |
| | 105.46 kg/cm2 |

| Datos del ensayo de penetración (CBR) | | ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESIÓN | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | | MUESTRA 2 | | | | MUESTRA 3 | | | |
| penetración (mm) | Dial | Dial | (12 GOLPES) Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) | Dial | (26 GOLPES) Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) | Dial | (55 GOLPES) Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) |
| **0.000** | **0.000** | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | |
| **0.640** | **0.025** | **4** | 33.51 | 1.73 | | **60** | 272.40 | 14.08 | | **92** | 408.90 | 21.13 | |
| **1.270** | **0.050** | **12** | 67.64 | 3.50 | | **98** | 434.50 | 22.45 | | **182** | 792.82 | 40.97 | |
| **1.910** | **0.075** | **24** | 118.83 | 6.14 | | **145** | 634.99 | 32.82 | | **335** | 1445.49 | 74.70 | |
| **2.540** | **0.100** | **36** | 170.02 | 8.79 | 12.50 | **186** | 809.89 | 41.85 | 59.53 | **448** | 1927.53 | 99.61 | 141.68 |
| **3.810** | **0.150** | **50** | 229.74 | 11.87 | | **232** | 1006.11 | 52.00 | | **632** | 2712.43 | 140.18 | |
| **5.080** | **0.200** | **64** | 289.46 | 14.96 | 14.18 | **276** | 1193.81 | 61.70 | 58.50 | **665** | 2853.20 | 147.45 | 139.82 |
| **6.350** | **0.250** | **71** | 319.32 | 16.50 | | **312** | 1347.38 | 69.63 | | **714** | 3062.23 | 158.25 | |
| **7.620** | **0.300** | **83** | 370.51 | 19.15 | | **335** | 1445.49 | 74.70 | | **740** | 3173.14 | 163.99 | |
| **10.160** | **0.400** | **101** | 447.29 | 23.12 | | **381** | 1641.72 | 84.84 | | **750** | 3215.80 | 166.19 | |
| **12.700** | **0.500** | **105** | 464.36 | 24.00 | | **430** | 1850.74 | 95.65 | | **760** | 3258.46 | 168.40 | |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 101**

*Datos del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de la cantera de Patapata con adición de 1% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas*

UNSAAC
Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

**CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)**

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 15 de julio del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 1 | **% Tierra de Diatomeas** | 3 |

**DATOS GENERALES**

| INFORMACIÓN GENERAL DE LA MUESTRA | | INFORMACIÓN GENERAL DE LOS EQUIPOS | | INFORMACIÓN GENERAL DEL MOLDE | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Contenido Óptimo de Humedad** | 8.3 % | **Peso del martillo** | 4.54 kg | **Diametro** | 15.24 cm |
| **Contenido Natural de Humedad** | 2.7 % | **Altura de Caída del martillo** | 45.72 cm | **Altura** | 17.78 cm |
| **Densidad Seca Máxima** | 2.37 cm3 | **Altura del disco espaciador** | 6.14 cm | **Altura de muestra** | 11.64 cm |
| **Número de Capas** | 5 | **Area del pistón** | 19.35 cm2 | **Volumen** | 2123.31 cm3 |

| DESCRIPCIÓN | UND | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Número de golpes** | **Und** | **12** | | | **26** | | | **55** | | |
| **Peso del molde más base** | **gr** | 7042.00 | | | 6118.00 | | | 6864.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra húmeda** | **gr** | 12020.00 | | | 11153.00 | | | 12216.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra sumergida** | **gr** | 11618.00 | | | 10806.00 | | | 12430.00 | | |
| **Peso muestra húmeda** | **gr** | **4978.00** | | | **5035.00** | | | **5352.00** | | |
| **Densidad Húmeda** | **cm3** | **2.34** | | | **2.37** | | | **2.52** | | |
| **CONTENIDO DE HUMEDAD POST INMERSIÓN** | | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** |
| **Peso de la muestra húmeda + tara** | **gr** | 109.91 | 114.94 | 106.93 | 103.08 | 96.35 | 101.21 | 148.40 | 155.70 | 135.25 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 104.80 | 110.83 | 103.82 | 98.80 | 93.07 | 98.95 | 144.30 | 149.91 | 130.02 |
| **Peso del agua** | **gr** | 5.11 | 4.11 | 3.11 | 4.28 | 3.28 | 2.26 | 4.10 | 5.79 | 5.23 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 43.23 | 57.25 | 49.25 | 45.19 | 53.79 | 58.14 | 59.20 | 58.80 | 59.19 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 61.57 | 53.58 | 54.57 | 53.61 | 39.28 | 40.81 | 85.10 | 91.11 | 70.83 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 8.30 | 7.67 | 5.70 | 7.98 | 8.35 | 5.54 | 4.82 | 6.35 | 7.38 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | | **7.22** | | | **7.29** | | | **6.19** | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | | **2.19** | | | **2.21** | | | **2.37** | |

| | |
|---|---|
| **Ecuación de ajuste para valores en kgf:** | y = 4,2658x + 16,4476 |
| x : | Lectura del dial |
| y : | Fuerza promedio (kgf) |

| | |
|---|---|
| **Carga unitaria patrón** | 70.31 kg/cm2 |
| | 105.46 kg/cm2 |

| Datos del ensayo de penetración (CBR) | | ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESIÓN | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | | MUESTRA 2 | | | | MUESTRA 3 | | | |
| penetración (mm) | Dial | Dial | (12 GOLPES) Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) | Dial | (26 GOLPES) Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) | Dial | (55 GOLPES) Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) |
| .000 | 0.000 | 0 | 0.00 | 0.00 | | 0 | 0.00 | 0.00 | | 0 | 0.00 | 0.00 | |
| .640 | 0.025 | 15 | 80.43 | 4.16 | | 54 | 246.80 | 12.75 | | 142 | 622.19 | 32.15 | |
| .270 | 0.050 | 31 | 148.69 | 7.68 | | 96 | 425.96 | 22.01 | | 207 | 899.47 | 46.48 | |
| .910 | 0.075 | 51 | 234.00 | 12.09 | | 143 | 626.46 | 32.38 | | 312 | 1347.38 | 69.63 | |
| .540 | 0.100 | 81 | 361.98 | 18.71 | 26.61 | 165 | 720.30 | 37.23 | 52.94 | 381 | 1641.72 | 84.84 | 120.67 |
| .810 | 0.150 | 102 | 451.56 | 23.34 | | 221 | 959.19 | 49.57 | | 438 | 1884.87 | 97.41 | |
| .080 | 0.200 | 119 | 524.08 | 27.08 | 25.68 | 244 | 1057.30 | 54.64 | 51.81 | 546 | 2345.57 | 121.22 | 114.94 |
| .350 | 0.250 | 140 | 613.66 | 31.71 | | 300 | 1296.19 | 66.99 | | 650 | 2789.22 | 144.15 | |
| .620 | 0.300 | 153 | 669.12 | 34.58 | | 323 | 1394.30 | 72.06 | | 712 | 3053.70 | 157.81 | |
| .160 | 0.400 | 178 | 775.76 | 40.09 | | 380 | 1637.45 | 84.62 | | 796 | 3412.02 | 176.33 | |
| .700 | 0.500 | 201 | 873.87 | 45.16 | | 431 | 1855.01 | 95.87 | | 796 | 3412.02 | 176.33 | |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 102**

*Datos del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de la cantera de Patapata con adición de 2% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas*

UNSAAC
Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

**CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)**

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 15 de julio del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 2 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

**DATOS GENERALES**

| INFORMACIÓN GENERAL DE LA MUESTRA | | INFORMACIÓN GENERAL DE LOS EQUIPOS | | INFORMACIÓN GENERAL DEL MOLDE | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Contenido Óptimo de Humedad** | 7.6 % | **Peso del martillo** | 4.54 kg | **Diametro** | 15.24 cm |
| **Contenido Natural de Humedad** | 2.7 % | **Altura de Caída del martillo** | 45.72 cm | **Altura** | 17.78 cm |
| **Densidad Seca Máxima** | 2.32 cm3 | **Altura del disco espaciador** | 6.14 cm | **Altura de muestra** | 11.64 cm |
| **Número de Capas** | 5 | **Area del pistón** | 19.35 cm2 | **Volumen** | 2123.31 cm3 |

| DESCRIPCIÓN | UND | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Número de golpes** | **Und** | **12** | | | **26** | | | **55** | | |
| **Peso del molde más base** | **gr** | 7042.00 | | | 6118.00 | | | 7145.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra húmeda** | **gr** | 11840.00 | | | 11123.00 | | | 12478.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra sumergida** | **gr** | 11618.00 | | | 10806.00 | | | 12175.00 | | |
| **Peso muestra húmeda** | **gr** | **4798.00** | | | **5005.00** | | | **5333.00** | | |
| **Densidad Húmeda** | **cm3** | **2.26** | | | **2.36** | | | **2.51** | | |
| **CONTENIDO DE HUMEDAD POST INMERSIÓN** | | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** |
| **Peso de la muestra húmeda + tara** | **gr** | 108.50 | 117.80 | 105.50 | 105.00 | 95.50 | 101.00 | 93.50 | 103.00 | 95.50 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 104.15 | 112.10 | 102.25 | 101.10 | 91.35 | 98.20 | 90.61 | 99.65 | 93.00 |
| **Peso del agua** | **gr** | 4.35 | 5.70 | 3.25 | 3.90 | 4.15 | 2.80 | 2.89 | 3.35 | 2.50 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 55.25 | 57.25 | 59.25 | 51.79 | 53.79 | 55.79 | 56.80 | 58.80 | 60.80 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 48.90 | 54.85 | 43.00 | 49.31 | 37.56 | 42.41 | 33.81 | 40.85 | 32.20 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 8.90 | 10.39 | 7.56 | 7.91 | 11.05 | 6.60 | 8.55 | 8.20 | 7.76 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | **8.95** | | | **8.52** | | | **8.17** | | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | **2.07** | | | **2.17** | | | **2.32** | | |

| | |
|---|---|
| **Ecuación de ajuste para valores en kgf:** | y = 4,2658x + 16,4476 |
| x : | Lectura del dial |
| y : | Fuerza promedio (kgf) |

| | |
|---|---|
| **Carga unitaria patrón** | 70.31 kg/cm2 |
| | 105.46 kg/cm2 |

| Datos del ensayo de penetración (CBR) | | ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESIÓN | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | | MUESTRA 2 | | | | MUESTRA 3 | | | |
| | | | (12 GOLPES) | | | | (26 GOLPES) | | | | (55 GOLPES) | | |
| penetración (mm) | Dial | Dial | Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) | Dial | Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) | Dial | Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) |
| **0.000** | **0.000** | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | |
| **0.640** | **0.025** | **15** | 80.43 | 4.16 | | **36** | 170.02 | 8.79 | | **75** | 336.38 | 17.38 | |
| **1.270** | **0.050** | **40** | 187.08 | 9.67 | | **52** | 238.27 | 12.31 | | **112** | 494.22 | 25.54 | |
| **1.910** | **0.075** | **52** | 238.27 | 12.31 | | **96** | 425.96 | 22.01 | | **130** | 571.00 | 29.51 | |
| **2.540** | **0.100** | **59** | 268.13 | 13.86 | 19.71 | **115** | 507.01 | 26.20 | 37.27 | **168** | 733.10 | 37.89 | 53.88 |
| **3.810** | **0.150** | **78** | 349.18 | 18.05 | | **148** | 647.79 | 33.48 | | **245** | 1061.57 | 54.86 | |
| **5.080** | **0.200** | **92** | 408.90 | 21.13 | 20.04 | **195** | 848.28 | 43.84 | 41.57 | **280** | 1210.87 | 62.58 | 59.34 |
| **6.350** | **0.250** | **104** | 460.09 | 23.78 | | **247** | 1070.10 | 55.30 | | **330** | 1424.16 | 73.60 | |
| **7.620** | **0.300** | **120** | 528.34 | 27.30 | | **290** | 1253.53 | 64.78 | | **395** | 1701.44 | 87.93 | |
| **10.160** | **0.400** | **135** | 592.33 | 30.61 | | **350** | 1509.48 | 78.01 | | **455** | 1957.39 | 101.16 | |
| **12.700** | **0.500** | **156** | 681.91 | 35.24 | | **410** | 1765.43 | 91.24 | | **520** | 2234.66 | 115.49 | |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 103**

*Datos del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de la cantera de Patapata con adición de 2% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas*

UNSAAC
Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

**CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)**

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 22 de julio del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 2 | **% Tierra de Diatomeas** | 1 |

**DATOS GENERALES**

| INFORMACIÓN GENERAL DE LA MUESTRA | | INFORMACIÓN GENERAL DE LOS EQUIPOS | | INFORMACIÓN GENERAL DEL MOLDE | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Contenido Óptimo de Humedad** | 7.7 % | **Peso del martillo** | 4.54 kg | **Diametro** | 15.24 cm |
| **Contenido Natural de Humedad** | 2.7 % | **Altura de Caída del martillo** | 45.72 cm | **Altura** | 17.78 cm |
| **Densidad Seca Máxima** | 2.34 cm3 | **Altura del disco espaciador** | 6.14 cm | **Altura de muestra** | 11.64 cm |
| **Número de Capas** | 5 | **Area del pistón** | 19.35 cm2 | **Volumen** | 2123.31 cm3 |

| DESCRIPCIÓN | UND | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Número de golpes** | **Und** | **12** | | | **26** | | | **55** | | |
| **Peso del molde más base** | **gr** | 7042.00 | | | 6118.00 | | | 7145.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra húmeda** | **gr** | 11870.00 | | | 11196.00 | | | 12526.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra sumergida** | **gr** | 11910.00 | | | 11050.00 | | | 12328.00 | | |
| **Peso muestra húmeda** | **gr** | **4828.00** | | | **5078.00** | | | **5381.00** | | |
| **Densidad Húmeda** | **cm3** | **2.27** | | | **2.39** | | | **2.53** | | |
| **CONTENIDO DE HUMEDAD POST INMERSIÓN** | | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** |
| **Peso de la muestra húmeda + tara** | **gr** | 111.27 | 112.27 | 113.27 | 96.67 | 97.67 | 98.67 | 98.10 | 99.10 | 100.10 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 106.16 | 108.16 | 110.16 | 92.39 | 94.39 | 96.39 | 94.08 | 96.08 | 98.08 |
| **Peso del agua** | **gr** | 5.10 | 4.11 | 3.15 | 4.26 | 3.28 | 2.30 | 4.06 | 3.02 | 2.07 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 55.25 | 57.25 | 59.25 | 51.79 | 53.79 | 55.79 | 56.80 | 58.80 | 60.80 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 50.91 | 50.91 | 50.91 | 40.60 | 40.60 | 40.60 | 37.28 | 37.28 | 37.28 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 10.02 | 8.07 | 6.19 | 10.49 | 8.08 | 5.67 | 10.89 | 8.10 | 5.55 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | **8.09** | | | **8.08** | | | **8.18** | | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | **2.10** | | | **2.21** | | | **2.34** | | |

| | |
|---|---|
| **Ecuación de ajuste para valores en kgf:** | y = 4,2658x + 16,4476 |
| x : | Lectura del dial |
| y : | Fuerza promedio (kgf) |

| | |
|---|---|
| **Carga unitaria patrón** | 70.31 kg/cm2<br>105.46 kg/cm2 |

| Datos del ensayo de penetración (CBR) | | ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESIÓN | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | | MUESTRA 2 | | | | MUESTRA 3 | | | |
| penetración (mm) | Dial | Dial | (12 GOLPES) Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) | Dial | (26 GOLPES) Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) | Dial | (55 GOLPES) Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) |
| .000 | 0.000 | 0 | 0.00 | 0.00 | | 0 | 0.00 | 0.00 | | 0 | 0.00 | 0.00 | |
| .640 | 0.025 | 10 | 59.11 | 3.05 | | 25 | 123.09 | 6.36 | | 58 | 263.86 | 13.64 | |
| .270 | 0.050 | 28 | 135.89 | 7.02 | | 82 | 366.24 | 18.93 | | 115 | 507.01 | 26.20 | |
| .910 | 0.075 | 44 | 204.14 | 10.55 | | 105 | 464.36 | 24.00 | | 198 | 861.08 | 44.50 | |
| .540 | 0.100 | 55 | 251.07 | 12.98 | 18.45 | 130 | 571.00 | 29.51 | 41.97 | 290 | 1253.53 | 64.78 | 92.14 |
| .810 | 0.150 | 78 | 349.18 | 18.05 | | 170 | 741.63 | 38.33 | | 395 | 1701.44 | 87.93 | |
| .080 | 0.200 | 89 | 396.10 | 20.47 | 19.41 | 210 | 912.27 | 47.15 | 44.70 | 465 | 2000.04 | 103.36 | 98.01 |
| .350 | 0.250 | 96 | 425.96 | 22.01 | | 248 | 1074.37 | 55.52 | | 595 | 2554.60 | 132.02 | |
| .620 | 0.300 | 110 | 485.69 | 25.10 | | 275 | 1189.54 | 61.48 | | 670 | 2874.53 | 148.55 | |
| ).160 | 0.400 | 118 | 519.81 | 26.86 | | 315 | 1360.17 | 70.29 | | 750 | 3215.80 | 166.19 | |
| ).700 | 0.500 | 122 | 536.88 | 27.75 | | 355 | 1530.81 | 79.11 | | 815 | 3493.07 | 180.52 | |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 104**

*Datos del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de la cantera de Patapata con adición de 2% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas*

UNSAAC
Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

**CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)**

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 22 de julio del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 2 | **% Tierra de Diatomeas** | 2 |

**DATOS GENERALES**

| INFORMACIÓN GENERAL DE LA MUESTRA | | INFORMACIÓN GENERAL DE LOS EQUIPOS | | INFORMACIÓN GENERAL DEL MOLDE | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Contenido Óptimo de Humedad** | 9 % | **Peso del martillo** | 4.54 kg | **Diametro** | 15.24 cm |
| **Contenido Natural de Humedad** | 2.7 % | **Altura de Caída del martillo** | 45.72 cm | **Altura** | 17.78 cm |
| **Densidad Seca Máxima** | 2.41 cm3 | **Altura del disco espaciador** | 6.14 cm | **Altura de muestra** | 11.64 cm |
| **Número de Capas** | 5 | **Area del pistón** | 19.35 cm2 | **Volumen** | 2123.31 cm3 |

| DESCRIPCIÓN | UND | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Número de golpes** | **Und** | **12** | | | **26** | | | **55** | | |
| **Peso del molde más base** | **gr** | 7038.00 | | | 6116.00 | | | 7142.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra húmeda** | **gr** | 11883.00 | | | 11226.00 | | | 12692.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra sumergida** | **gr** | 12120.00 | | | 11762.00 | | | 12665.00 | | |
| **Peso muestra húmeda** | **gr** | **4845.00** | | | **5110.00** | | | **5550.00** | | |
| **Densidad Húmeda** | **cm3** | **2.28** | | | **2.41** | | | **2.61** | | |
| **CONTENIDO DE HUMEDAD POST INMERSIÓN** | | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** |
| **Peso de la muestra húmeda + tara** | **gr** | 110.50 | 114.00 | 116.00 | 97.50 | 98.50 | 99.50 | 97.50 | 101.50 | 99.50 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 105.65 | 110.35 | 110.60 | 94.25 | 93.80 | 97.15 | 93.60 | 97.35 | 96.55 |
| **Peso del agua** | **gr** | 4.85 | 3.65 | 5.40 | 3.25 | 4.70 | 2.35 | 3.90 | 4.15 | 2.95 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 43.23 | 57.25 | 49.25 | 45.19 | 53.79 | 58.14 | 49.25 | 45.19 | 53.79 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 62.42 | 53.10 | 61.35 | 49.06 | 40.01 | 39.01 | 44.35 | 52.16 | 42.76 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 7.77 | 6.87 | 8.80 | 6.62 | 11.75 | 6.02 | 8.79 | 7.96 | 6.90 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | **7.82** | | | **8.13** | | | **7.88** | | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | **2.12** | | | **2.23** | | | **2.42** | | |

| | |
|---|---|
| **Ecuación de ajuste para valores en kgf:** | y = 4,2658x + 16,4476 |
| x : | Lectura del dial |
| y : | Fuerza promedio (kgf) |

| | |
|---|---|
| **Carga unitaria patrón** | 70.31 kg/cm2<br>105.46 kg/cm2 |

| Datos del ensayo de penetración (CBR) | | ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESIÓN | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | | MUESTRA 2 | | | | MUESTRA 3 | | | |
| penetración (mm) | Dial | Dial | (12 GOLPES) Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) | Dial | (26 GOLPES) Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) | Dial | (55 GOLPES) Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) |
| **00** | **0.000** | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | |
| **40** | **0.025** | **17** | 88.97 | 4.60 | | **40** | 187.08 | 9.67 | | **124** | 545.41 | 28.19 | |
| **70** | **0.050** | **39** | 182.81 | 9.45 | | **72** | 323.59 | 16.72 | | **214** | 929.33 | 48.03 | |
| **10** | **0.075** | **62** | 280.93 | 14.52 | | **137** | 600.86 | 31.05 | | **380** | 1637.45 | 84.62 | |
| **40** | **0.100** | **76** | 340.65 | 17.60 | 25.04 | **200** | 869.61 | 44.94 | 63.92 | **470** | 2021.37 | 104.46 | 148.58 |
| **10** | **0.150** | **106** | 468.62 | 24.22 | | **259** | 1121.29 | 57.95 | | **581** | 2494.88 | 128.93 | |
| **80** | **0.200** | **126** | 553.94 | 28.63 | 27.15 | **311** | 1343.11 | 69.41 | 65.82 | **659** | 2827.61 | 146.13 | 138.56 |
| **50** | **0.250** | **148** | 647.79 | 33.48 | | **405** | 1744.10 | 90.13 | | **738** | 3164.61 | 163.55 | |
| **20** | **0.300** | **170** | 741.63 | 38.33 | | **501** | 2153.61 | 111.30 | | **802** | 3437.62 | 177.65 | |
| **60** | **0.400** | **193** | 839.75 | 43.40 | | **582** | 2499.14 | 129.15 | | **916** | 3923.92 | 202.79 | |
| **00** | **0.500** | **214** | 929.33 | 48.03 | | **632** | 2712.43 | 140.18 | | **1000** | 4282.25 | 221.30 | |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 105**

*Datos del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de la cantera de Patapata con adición de 2% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas*

**CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)**

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 05 de agosto del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 2 | **% Tierra de Diatomeas** | 3 |

**DATOS GENERALES**

| INFORMACIÓN GENERAL DE LA MUESTRA | | INFORMACIÓN GENERAL DE LOS EQUIPOS | | INFORMACIÓN GENERAL DEL MOLDE | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Contenido Óptimo de Humedad** | 8.8 % | **Peso del martillo** | 4.54 kg | **Diametro** | 15.24 cm |
| **Contenido Natural de Humedad** | 2.7 % | **Altura de Caída del martillo** | 45.72 cm | **Altura** | 17.78 cm |
| **Densidad Seca Máxima** | 2.38 cm3 | **Altura del disco espaciador** | 6.14 cm | **Altura de muestra** | 11.64 cm |
| **Número de Capas** | 5 | **Area del pistón** | 19.35 cm2 | **Volumen** | 2123.31 cm3 |

| DESCRIPCIÓN | UND | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Número de golpes** | **Und** | **12** | | | **26** | | | **55** | | |
| **Peso del molde más base** | **gr** | 7042.00 | | | 6118.00 | | | 7145.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra húmeda** | **gr** | 11890.00 | | | 11145.00 | | | 12652.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra sumergida** | **gr** | 11618.00 | | | 10806.00 | | | 12175.00 | | |
| **Peso muestra húmeda** | **gr** | **4848.00** | | | **5027.00** | | | **5507.00** | | |
| **Densidad Húmeda** | **cm3** | **2.28** | | | **2.37** | | | **2.59** | | |
| **CONTENIDO DE HUMEDAD POST INMERSIÓN** | | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** |
| **Peso de la muestra húmeda + tara** | **gr** | 109.12 | 115.99 | 108.38 | 102.30 | 95.80 | 101.01 | 94.65 | 102.01 | 96.98 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 104.01 | 112.27 | 103.49 | 97.02 | 92.93 | 98.35 | 92.20 | 98.92 | 93.86 |
| **Peso del agua** | **gr** | 5.11 | 3.72 | 4.89 | 5.28 | 2.87 | 2.66 | 2.45 | 3.09 | 3.12 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 55.25 | 57.25 | 59.25 | 51.79 | 53.79 | 55.79 | 56.80 | 58.80 | 60.80 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 48.76 | 55.02 | 44.24 | 45.23 | 39.14 | 42.56 | 35.40 | 40.12 | 33.06 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 10.48 | 6.76 | 11.05 | 11.67 | 7.33 | 6.25 | 6.92 | 7.70 | 9.44 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | **9.43** | | | **8.42** | | | **8.02** | | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | **2.09** | | | **2.18** | | | **2.40** | | |

| | |
|---|---|
| **Ecuación de ajuste para valores en kgf:** | y = 4,2658x + 16,4476 |
| x : | Lectura del dial |
| y : | Fuerza promedio (kgf) |

| | |
|---|---|
| **Carga unitaria patrón** | 70.31 kg/cm2 |
| | 105.46 kg/cm2 |

| Datos del ensayo de penetración (CBR) | | ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESIÓN | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | | MUESTRA 2 | | | | MUESTRA 3 | | | |
| penetración (mm) | Dial | Dial | (12 GOLPES) Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) | Dial | (26 GOLPES) Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) | Dial | (55 GOLPES) Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) |
| **0** | **0.000** | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | |
| **0** | **0.025** | **12** | 67.64 | 3.50 | | **32** | 152.95 | 7.90 | | **102** | 451.56 | 23.34 | |
| **0** | **0.050** | **24** | 118.83 | 6.14 | | **71** | 319.32 | 16.50 | | **201** | 873.87 | 45.16 | |
| **0** | **0.075** | **39** | 182.81 | 9.45 | | **100** | 443.03 | 22.90 | | **323** | 1394.30 | 72.06 | |
| **0** | **0.100** | **59** | 268.13 | 13.86 | 19.71 | **136** | 596.60 | 30.83 | 43.85 | **406** | 1748.36 | 90.35 | 128.51 |
| **0** | **0.150** | **73** | 327.85 | 16.94 | | **176** | 767.23 | 39.65 | | **522** | 2243.20 | 115.93 | |
| **0** | **0.200** | **82** | 366.24 | 18.93 | 17.95 | **216** | 937.86 | 48.47 | 45.96 | **576** | 2473.55 | 127.83 | 121.21 |
| **0** | **0.250** | **90** | 400.37 | 20.69 | | **242** | 1048.77 | 54.20 | | **611** | 2622.85 | 135.55 | |
| **0** | **0.300** | **105** | 464.36 | 24.00 | | **270** | 1168.21 | 60.37 | | **666** | 2857.47 | 147.67 | |
| **0** | **0.400** | **116** | 511.28 | 26.42 | | **309** | 1334.58 | 68.97 | | **778** | 3335.24 | 172.36 | |
| **0** | **0.500** | **124** | 545.41 | 28.19 | | **349** | 1505.21 | 77.79 | | **802** | 3437.62 | 177.65 | |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 106**

*Datos del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de la cantera de Patapata con adición de 3% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas*

UNSAAC
Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

**CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)**

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 05 de agosto del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 3 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

**DATOS GENERALES**

| INFORMACIÓN GENERAL DE LA MUESTRA | | INFORMACIÓN GENERAL DE LOS EQUIPOS | | INFORMACIÓN GENERAL DEL MOLDE | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Contenido Óptimo de Humedad** | 8 % | **Peso del martillo** | 4.54 kg | **Diametro** | 15.24 cm |
| **Contenido Natural de Humedad** | 2.7 % | **Altura de Caída del martillo** | 45.72 cm | **Altura** | 17.78 cm |
| **Densidad Seca Máxima** | 2.29 cm3 | **Altura del disco espaciador** | 6.14 cm | **Altura de muestra** | 11.64 cm |
| **Número de Capas** | 5 | **Area del pistón** | 19.35 cm2 | **Volumen** | 2123.31 cm3 |

| DESCRIPCIÓN | UND | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Número de golpes** | **Und** | **12** | | | **26** | | | **55** | | |
| **Peso del molde más base** | **gr** | 7042.00 | | | 6118.00 | | | 7145.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra húmeda** | **gr** | 11890.00 | | | 11100.00 | | | 12374.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra sumergida** | **gr** | 11618.00 | | | 10806.00 | | | 12175.00 | | |
| **Peso muestra húmeda** | **gr** | **4848.00** | | | **4982.00** | | | **5229.00** | | |
| **Densidad Húmeda** | **cm3** | **2.28** | | | **2.35** | | | **2.46** | | |
| **CONTENIDO DE HUMEDAD POST INMERSIÓN** | | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** |
| **Peso de la muestra húmeda + tara** | **gr** | 108.84 | 115.42 | 108.55 | 102.05 | 95.98 | 101.54 | 94.26 | 102.05 | 95.84 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 103.73 | 112.27 | 103.83 | 96.67 | 94.29 | 98.67 | 91.42 | 99.10 | 92.87 |
| **Peso del agua** | **gr** | 5.11 | 3.15 | 4.72 | 5.38 | 1.69 | 2.87 | 2.84 | 2.95 | 2.97 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 53.53 | 60.73 | 55.10 | 56.99 | 51.46 | 58.40 | 53.53 | 61.64 | 56.71 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 50.20 | 51.54 | 48.73 | 39.68 | 42.83 | 40.27 | 37.89 | 37.46 | 36.16 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 10.18 | 6.11 | 9.69 | 13.56 | 3.95 | 7.13 | 7.50 | 7.88 | 8.21 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | | **8.66** | | | **8.21** | | | **7.86** | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | | **2.10** | | | **2.17** | | | **2.28** | |

| | |
|---|---|
| **Ecuación de ajuste para valores en kgf:** | y = 4,2658x + 16,4476 |
| x : | Lectura del dial |
| y : | Fuerza promedio (kgf) |

| | |
|---|---|
| **Carga unitaria patrón** | 70.31 kg/cm2 |
| | 105.46 kg/cm2 |

| Datos del ensayo de penetración (CBR) | | ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESIÓN | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | | MUESTRA 2 | | | | MUESTRA 3 | | | |
| | | | (12 GOLPES) | | | | (26 GOLPES) | | | | (55 GOLPES) | | |
| **penetración (mm)** | **Dial** | **Dial** | **Fuerza (kg)** | **Esfuerzo (kg/cm2)** | **CBR (%)** | **Dial** | **Fuerza (kg)** | **Esfuerzo (kg/cm2)** | **CBR (%)** | **Dial** | **Fuerza (kg)** | **Esfuerzo (kg/cm2)** | **CBR (%)** |
| **0.000** | **0.000** | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | |
| **0.640** | **0.025** | **7** | 46.31 | 2.39 | | **10** | 59.11 | 3.05 | | **32** | 152.95 | 7.90 | |
| **1.270** | **0.050** | **10** | 59.11 | 3.05 | | **35** | 165.75 | 8.57 | | **75** | 336.38 | 17.38 | |
| **1.910** | **0.075** | **18** | 93.23 | 4.82 | | **62** | 280.93 | 14.52 | | **135** | 592.33 | 30.61 | |
| **2.540** | **0.100** | **20** | 101.76 | 5.26 | 7.48 | **80** | 357.71 | 18.49 | 26.29 | **148** | 647.79 | 33.48 | 47.61 |
| **3.810** | **0.150** | **25** | 123.09 | 6.36 | | **105** | 464.36 | 24.00 | | **200** | 869.61 | 44.94 | |
| **5.080** | **0.200** | **35** | 165.75 | 8.57 | 8.12 | **135** | 592.33 | 30.61 | 29.03 | **247** | 1070.10 | 55.30 | 52.44 |
| **6.350** | **0.250** | **38** | 178.55 | 9.23 | | **145** | 634.99 | 32.82 | | **260** | 1125.56 | 58.17 | |
| **7.620** | **0.300** | **45** | 208.41 | 10.77 | | **150** | 656.32 | 33.92 | | **290** | 1253.53 | 64.78 | |
| **10.160** | **0.400** | **50** | 229.74 | 11.87 | | **155** | 677.65 | 35.02 | | **320** | 1381.50 | 71.40 | |
| **12.700** | **0.500** | **55** | 251.07 | 12.98 | | **162** | 707.51 | 36.56 | | **348** | 1500.95 | 77.57 | |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 107**

*Datos del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de la cantera de Patapata con adición de 3% de ARD y 1% de Tierra de Diatomeas*

**CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)**

MTC E 132 - ASTMD1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024 | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 09 de agosto del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 3 | **% Tierra de Diatomeas** | 1 |

**DATOS GENERALES**

| INFORMACIÓN GENERAL DE LA MUESTRA | | INFORMACIÓN GENERAL DE LOS EQUIPOS | | INFORMACIÓN GENERAL DEL MOLDE | |
|---|---|---|---|---|---|
| Contenido Óptimo de Humedad | 8.2 % | Peso del martillo | 4.54 kg | Diametro | 15.24 cm |
| Contenido Natural de Humedad | 2.7 % | Altura de Caida del martillo | 45.72 cm | Altura | 17.78 cm |
| Densidad Seca Máxima | 2.31 cm3 | Altura del disco espaciador | 6.14 cm | Altura de muestra | 11.64 cm |
| Número de Capas | 5 | Area del pistón | 19.35 cm2 | Volumen | 2123.31 cm3 |

| DESCRIPCIÓN | UND | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Número de golpes | Und | 12 | | | 26 | | | 55 | | |
| Peso del molde más base | gr | 7042.00 | | | 6118.00 | | | 7145.00 | | |
| Peso del molde + base + muestra húmeda | gr | 11890.00 | | | 11003.00 | | | 12467.00 | | |
| Peso del molde + base + muestra sumergida | gr | 11618.00 | | | 10806.00 | | | 12175.00 | | |
| Peso muestra húmeda | gr | 4848.00 | | | 4885.00 | | | 5322.00 | | |
| Densidad Húmeda | cm3 | 2.28 | | | 2.30 | | | 2.51 | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD POST INMERSIÓN | | Arriba | Medio | Abajo | Arriba | Medio | Abajo | Arriba | Medio | Abajo |
| Peso de la muestra húmeda + tara | gr | 109.44 | 114.73 | 109.48 | 101.52 | 95.40 | 100.59 | 94.55 | 101.81 | 95.92 |
| Peso de la muestra seca + tara | gr | 104.33 | 112.27 | 105.69 | 98.67 | 93.13 | 98.67 | 92.06 | 99.10 | 92.74 |
| Peso del agua | gr | 5.11 | 2.46 | 3.79 | 2.85 | 2.27 | 1.92 | 2.49 | 2.71 | 3.18 |
| Peso de la tara | gr | 55.25 | 57.25 | 59.25 | 51.79 | 53.79 | 55.79 | 56.80 | 58.80 | 60.80 |
| Peso muestra seca | gr | 49.08 | 55.02 | 46.44 | 46.88 | 39.34 | 42.88 | 35.26 | 40.30 | 31.94 |
| Contenido de humedad | % | 10.41 | 4.47 | 8.16 | 6.08 | 5.77 | 4.48 | 7.06 | 6.72 | 9.96 |
| Contenido de humedad promedio | % | 7.68 | | | 5.44 | | | 7.91 | | |
| Densidad Seca | gr/cm3 | 2.12 | | | 2.18 | | | 2.32 | | |

| | |
|---|---|
| **Ecuación de ajuste para valores en kgf:** | y = 4,2658x + 16,4476 |
| x : | Lectura del dial |
| y : | Fuerza promedio (kgf) |

| | |
|---|---|
| **Carga unitaria patrón** | 70.31 kg/cm2<br>105.46 kg/cm2 |

| Datos del ensayo de penetración (CBR) | | ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESIÓN | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | | MUESTRA 2 | | | | MUESTRA 3 | | | |
| penetración (mm) | Dial | Dial | (12 GOLPES) Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) | Dial | (26 GOLPES) Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) | Dial | (55 GOLPES) Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) |
| 0.000 | 0.000 | 0 | 0.00 | 0.00 | | 0 | 0.00 | 0.00 | | 0 | 0.00 | 0.00 | |
| 0.640 | 0.025 | 14 | 76.17 | 3.94 | | 12 | 67.64 | 3.50 | | 88 | 391.84 | 20.25 | |
| 1.270 | 0.050 | 20 | 101.76 | 5.26 | | 32 | 152.95 | 7.90 | | 147 | 643.52 | 33.26 | |
| 1.910 | 0.075 | 26 | 127.36 | 6.58 | | 58 | 263.86 | 13.64 | | 179 | 780.03 | 40.31 | |
| 2.540 | 0.100 | 30 | 144.42 | 7.46 | 10.62 | 76 | 340.65 | 17.60 | 25.04 | 226 | 980.52 | 50.67 | 72.07 |
| 3.810 | 0.150 | 35 | 165.75 | 8.57 | | 106 | 468.62 | 24.22 | | 258 | 1117.02 | 57.73 | |
| 5.080 | 0.200 | 41 | 191.35 | 9.89 | 9.38 | 130 | 571.00 | 29.51 | 27.98 | 299 | 1291.92 | 66.77 | 63.31 |
| 6.350 | 0.250 | 43 | 199.88 | 10.33 | | 141 | 617.93 | 31.93 | | 331 | 1428.43 | 73.82 | |
| 7.620 | 0.300 | 46 | 212.67 | 10.99 | | 146 | 639.25 | 33.04 | | 364 | 1569.20 | 81.10 | |
| 10.160 | 0.400 | 52 | 238.27 | 12.31 | | 151 | 660.58 | 34.14 | | 391 | 1684.38 | 87.05 | |
| 12.700 | 0.500 | 61 | 276.66 | 14.30 | | 157 | 686.18 | 35.46 | | 420 | 1808.08 | 93.44 | |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 108**

*Datos del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de la cantera de Patapata con adición de 3% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas*

UNSAAC
Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

**CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)**

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 15 de agosto del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 3 | **% Tierra de Diatomeas** | 2 |

**DATOS GENERALES**

| INFORMACIÓN GENERAL DE LA MUESTRA | | INFORMACIÓN GENERAL DE LOS EQUIPOS | | INFORMACIÓN GENERAL DEL MOLDE | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Contenido Óptimo de Humedad** | 8.6 % | **Peso del martillo** | 4.54 kg | **Diametro** | 15.24 cm |
| **Contenido Natural de Humedad** | 2.7 % | **Altura de Caída del martillo** | 45.72 cm | **Altura** | 17.78 cm |
| **Densidad Seca Máxima** | 2.40 cm3 | **Altura del disco espaciador** | 6.14 cm | **Altura de muestra** | 11.64 cm |
| **Número de Capas** | 5 | **Area del pistón** | 19.35 cm2 | **Volumen** | 2123.31 cm3 |

| DESCRIPCIÓN | UND | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Número de golpes** | **Und** | **12** | | | **26** | | | **55** | | |
| **Peso del molde más base** | **gr** | 7042.00 | | | 6118.00 | | | 7145.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra húmeda** | **gr** | 11890.00 | | | 11003.00 | | | 12653.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra sumergida** | **gr** | 11618.00 | | | 10806.00 | | | 12175.00 | | |
| **Peso muestra húmeda** | **gr** | **4848.00** | | | **4885.00** | | | **5508.00** | | |
| **Densidad Húmeda** | **cm3** | **2.28** | | | **2.30** | | | **2.59** | | |
| **CONTENIDO DE HUMEDAD POST INMERSIÓN** | | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** |
| **Peso de la muestra húmeda + tara** | **gr** | 109.55 | 115.75 | 109.12 | 101.88 | 95.34 | 101.28 | 94.83 | 101.94 | 95.91 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 104.44 | 112.27 | 104.97 | 99.65 | 93.01 | 98.67 | 91.56 | 99.10 | 93.06 |
| **Peso del agua** | **gr** | 5.11 | 3.48 | 4.15 | 2.23 | 2.33 | 2.61 | 3.27 | 2.84 | 2.85 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 58.40 | 53.53 | 61.64 | 60.73 | 55.10 | 56.99 | 53.13 | 61.64 | 60.23 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 46.04 | 58.74 | 43.33 | 38.92 | 37.91 | 41.68 | 38.43 | 37.46 | 32.83 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 11.10 | 5.92 | 9.58 | 5.73 | 6.15 | 6.26 | 8.51 | 7.58 | 8.68 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | | **8.87** | | | **6.05** | | | **8.26** | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | | **2.10** | | | **2.17** | | | **2.40** | |

| | |
|---|---|
| **Ecuación de ajuste para valores en kgf:** | y = 4,2658x + 16,4476 |
| x : | Lectura del dial |
| y : | Fuerza promedio (kgf) |

| | |
|---|---|
| **Carga unitaria patrón** | 70.31 kg/cm2<br>105.46 kg/cm2 |

| Datos del ensayo de penetración (CBR) | | ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESIÓN | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | | MUESTRA 2 | | | | MUESTRA 3 | | | |
| penetración (mm) | Dial | Dial | (12 GOLPES) Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) | Dial | (26 GOLPES) Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) | Dial | (55 GOLPES) Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) |
| **0.000** | **0.000** | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | |
| **0.640** | **0.025** | **12** | 67.64 | 3.50 | | **52** | 238.27 | 12.31 | | **80** | 357.71 | 18.49 | |
| **1.270** | **0.050** | **34** | 161.48 | 8.35 | | **95** | 421.70 | 21.79 | | **205** | 890.94 | 46.04 | |
| **1.910** | **0.075** | **45** | 208.41 | 10.77 | | **118** | 519.81 | 26.86 | | **320** | 1381.50 | 71.40 | |
| **2.540** | **0.100** | **55** | 251.07 | 12.98 | 18.45 | **195** | 848.28 | 43.84 | 62.35 | **438** | 1884.87 | 97.41 | 138.54 |
| **3.810** | **0.150** | **72** | 323.59 | 16.72 | | **240** | 1040.24 | 53.76 | | **555** | 2383.97 | 123.20 | |
| **5.080** | **0.200** | **88** | 391.84 | 20.25 | 19.20 | **275** | 1189.54 | 61.48 | 58.29 | **667** | 2861.74 | 147.89 | 140.24 |
| **6.350** | **0.250** | **97** | 430.23 | 22.23 | | **300** | 1296.19 | 66.99 | | **725** | 3109.15 | 160.68 | |
| **7.620** | **0.300** | **110** | 485.69 | 25.10 | | **330** | 1424.16 | 73.60 | | **805** | 3450.42 | 178.32 | |
| **10.160** | **0.400** | **125** | 549.67 | 28.41 | | **358** | 1543.60 | 79.77 | | **845** | 3621.05 | 187.13 | |
| **12.700** | **0.500** | **134** | 588.06 | 30.39 | | **370** | 1594.79 | 82.42 | | **910** | 3898.33 | 201.46 | |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 109**

*Datos del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de la cantera de Patapata con adición de 3% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas*

UNSAAC
Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

**CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)**

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 15 de agosto del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 3 | **% Tierra de Diatomeas** | 3 |

**DATOS GENERALES**

| INFORMACIÓN GENERAL DE LA MUESTRA | | INFORMACIÓN GENERAL DE LOS EQUIPOS | | INFORMACIÓN GENERAL DEL MOLDE | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Contenido Óptimo de Humedad** | 8.15 % | **Peso del martillo** | 4.54 kg | **Diametro** | 15.24 cm |
| **Contenido Natural de Humedad** | 2.7 % | **Altura de Caída del martillo** | 45.72 cm | **Altura** | 17.78 cm |
| **Densidad Seca Máxima** | 2.34 cm3 | **Altura del disco espaciador** | 6.14 cm | **Altura de muestra** | 11.64 cm |
| **Número de Capas** | 5 | **Area del pistón** | 19.35 cm2 | **Volumen** | 2123.31 cm3 |

| DESCRIPCIÓN | UND | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Número de golpes** | **Und** | **12** | | | **26** | | | **55** | | |
| **Peso del molde más base** | **gr** | 7042.00 | | | 6118.00 | | | 7145.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra húmeda** | **gr** | 11890.00 | | | 11003.00 | | | 12522.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra sumergida** | **gr** | 11618.00 | | | 10806.00 | | | 12175.00 | | |
| **Peso muestra húmeda** | **gr** | **4848.00** | | | **4885.00** | | | **5377.00** | | |
| **Densidad Húmeda** | **cm3** | **2.28** | | | **2.30** | | | **2.53** | | |
| **CONTENIDO DE HUMEDAD POST INMERSIÓN** | | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** |
| **Peso de la muestra húmeda + tara** | **gr** | 109.32 | 115.10 | 109.63 | 100.94 | 95.59 | 100.46 | 94.78 | 101.66 | 95.69 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 104.21 | 112.27 | 105.99 | 98.34 | 93.51 | 98.67 | 90.46 | 99.10 | 93.01 |
| **Peso del agua** | **gr** | 5.11 | 2.83 | 3.64 | 2.60 | 2.08 | 1.79 | 4.32 | 2.56 | 2.68 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 57.21 | 51.83 | 58.53 | 53.12 | 61.39 | 56.43 | 53.10 | 60.52 | 54.42 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 47.00 | 60.44 | 47.46 | 45.22 | 32.12 | 42.24 | 37.36 | 38.58 | 38.59 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 10.87 | 4.68 | 7.67 | 5.75 | 6.48 | 4.24 | 11.56 | 6.64 | 6.94 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | | **7.74** | | | **5.49** | | | **8.38** | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | | **2.12** | | | **2.18** | | | **2.34** | |

| | |
|---|---|
| **Ecuación de ajuste para valores en kgf:** | y = 4,2658x + 16,4476 |
| x : | Lectura del dial |
| y : | Fuerza promedio (kgf) |

| | |
|---|---|
| **Carga unitaria patrón** | 70.31 kg/cm2 |
| | 105.46 kg/cm2 |

| Datos del ensayo de penetración (CBR) | | ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESIÓN | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | | MUESTRA 2 | | | | MUESTRA 3 | | | |
| penetración (mm) | Dial | Dial | (12 GOLPES) Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) | Dial | (26 GOLPES) Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) | Dial | (55 GOLPES) Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) |
| .000 | 0.000 | 0 | 0.00 | 0.00 | | 0 | 0.00 | 0.00 | | 0 | 0.00 | 0.00 | |
| .640 | 0.025 | 3 | 29.25 | 1.51 | | 66 | 297.99 | 15.40 | | 117 | 515.55 | 26.64 | |
| .270 | 0.050 | 10 | 59.11 | 3.05 | | 113 | 498.48 | 25.76 | | 183 | 797.09 | 41.19 | |
| .910 | 0.075 | 20 | 101.76 | 5.26 | | 143 | 626.46 | 32.38 | | 249 | 1078.63 | 55.74 | |
| .540 | 0.100 | 30 | 144.42 | 7.46 | 10.62 | 191 | 831.22 | 42.96 | 61.10 | 361 | 1556.40 | 80.43 | 114.40 |
| .810 | 0.150 | 48 | 221.21 | 11.43 | | 235 | 1018.91 | 52.66 | | 442 | 1901.93 | 98.29 | |
| .080 | 0.200 | 63 | 285.19 | 14.74 | 13.98 | 270 | 1168.21 | 60.37 | 57.25 | 532 | 2285.85 | 118.13 | 112.02 |
| .350 | 0.250 | 73 | 327.85 | 16.94 | | 293 | 1266.33 | 65.44 | | 654 | 2806.28 | 145.03 | |
| .620 | 0.300 | 83 | 370.51 | 19.15 | | 350 | 1509.48 | 78.01 | | 716 | 3070.76 | 158.70 | |
| .160 | 0.400 | 102 | 451.56 | 23.34 | | 401 | 1727.03 | 89.25 | | 800 | 3429.09 | 177.21 | |
| .700 | 0.500 | 111 | 489.95 | 25.32 | | 454 | 1953.12 | 100.94 | | 920 | 3940.98 | 203.67 | |

Fuente: Elaboración propia

### *5.3.8 Determinación del Módulo de Resiliencia mediante ensayo Triaxial dinámico*

Se realizaron ensayos de triaxial dinámico para determinar el módulo de resiliencia o módulo elástico dinámico, siguiendo la norma AASHTO T 307. Este ensayo se realizó en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil de la UNSAAC. El módulo de resiliencia representa la capacidad del material para deformarse elásticamente y recuperar su forma original cuando es sometido a cargas repetidas, simulando las condiciones de tránsito que experimenta un pavimento durante su vida útil. Este parámetro es ampliamente utilizado en el diseño y evaluación de pavimentos, ya que permite estimar la rigidez y el comportamiento mecánico de los materiales granulares frente a solicitaciones cíclicas. En la presente investigación, los resultados obtenidos permitieron analizar el efecto de la incorporación de Aceite Residual Degradado (ARD) y tierra de diatomeas sobre la respuesta resiliente del material, comparando su comportamiento con el material en estado natural y evaluando su potencial aplicación como capa de afirmado.

**Fotografía 23**

*Compactación de la muestra para el ensayo de MR*



Fuente: Elaboración propia

**Fotografía 24**
*Ensayo de Módulo Resiliente*



Fuente: Elaboración propia

### 5.3.8.1 Equipos y materiales:

- Cámara de Presión Triaxial.
- Dos transductores diferenciales variables lineales o también llamados (LVDT).
- Dispositivo de carga que puede ser electrohidráulica o electroneumática.
- Molde Hexagonal para compactar las muestras de 10 cm de diámetro y 20 cm de altura.
- Expansor de membrana.
- Membranas de caucho de 0,25 a 0,79 mm de espesor.
- Equipo de medición de respuesta de carga y muestra.
- Una línea de suministro de presión de aire.
- Una laptop para poder sacar los datos de la máquina.
- Disco de bronce poroso.

- Tapa superior de aluminio.
- Pistón pequeño para compactar. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 189)

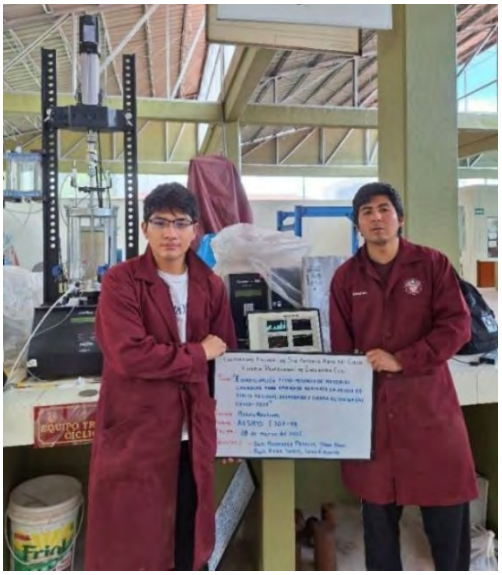
**5.3.8.2 Procedimiento:**

- Primero debemos preparar nuestra muestra para el ensayo para lo cual veremos primero cual es el diámetro adecuado si de 7 cm o el de 10 cm, posteriormente debemos compactar en 5 capas usando nuestro contenido optimo que hallamos del ensayo de Proctor para así llegar a un valor similar a la densidad húmeda.
- Colocamos la muestra retirando la cámara triaxial de forma cuidadosa pero antes de eso ponemos la piedra porosa y luego el papel filtro, consecuentemente ponemos el expansor de membrana con la membrana, aspiramos aire para que la muestra quede pegada a la membrana de caucho, y con cuidado retiramos el expansor de la membrana para luego posteriormente poner las ligas para ajustar la membrana a la muestra.
- Introducimos en la parte superior la otra piedra porosa, el papel filtro y lo tapamos con la tapa herméticamente mediante las ligas, posteriormente ponemos la cámara triaxial y los soportes para que la muestra este fijo.
- Aseguramos los LVDT en la parte superior levantamos todo el molde cercano a la celda de carga posteriormente introducimos el soporte de los LVDT a la celda de carga y aseguramos con la llave hexagonal.
- Conectamos la manguera que llevara la presión de confinamiento. Paralelamente abrimos el programa en la PC, prendemos la máquina de MR y verificamos las lecturas de los LVDT y la presión de confinamiento.

- Verificamos si nuestros datos son los correctos en el programa, así como el diámetro, que este en el tipo de suelo, en este caso base.
- Se verificó que los sensores, la celda de carga y los LVDT presentaran lecturas estables antes de iniciar el ensayo, asegurando la correcta adquisición de datos.
- Iniciamos con 1000 ciclos de acondicionamiento de la muestra bajo una presión de confinamiento definida en la tabla; posteriormente, en cada etapa se mantiene constante la presión y se aplican 100 ciclos por nivel de esfuerzo desviador.
- Durante el ensayo se aplicaron las diferentes combinaciones de presión de confinamiento y esfuerzo desviador establecidas por la norma, registrándose automáticamente las deformaciones recuperables de la muestra.
- El software registró continuamente los valores de carga, deformación y presión de confinamiento durante cada etapa del ensayo.
- Finalmente, se exportaron los datos para determinar la curva y el módulo de resiliencia (MR). (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 204)

**Fotografía 25**

*Desarrollo del Ensayo de Módulo Resiliente*



Fuente: Elaboración propia

# CAPÍTULO VI: RESULTADOS Y DISCUSIONES

## 6.1 Resultados de los ensayos

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos en la investigación; los ensayos se llevaron a cabo utilizando las muestras extraídas de las canteras de Saylla y Patapata.

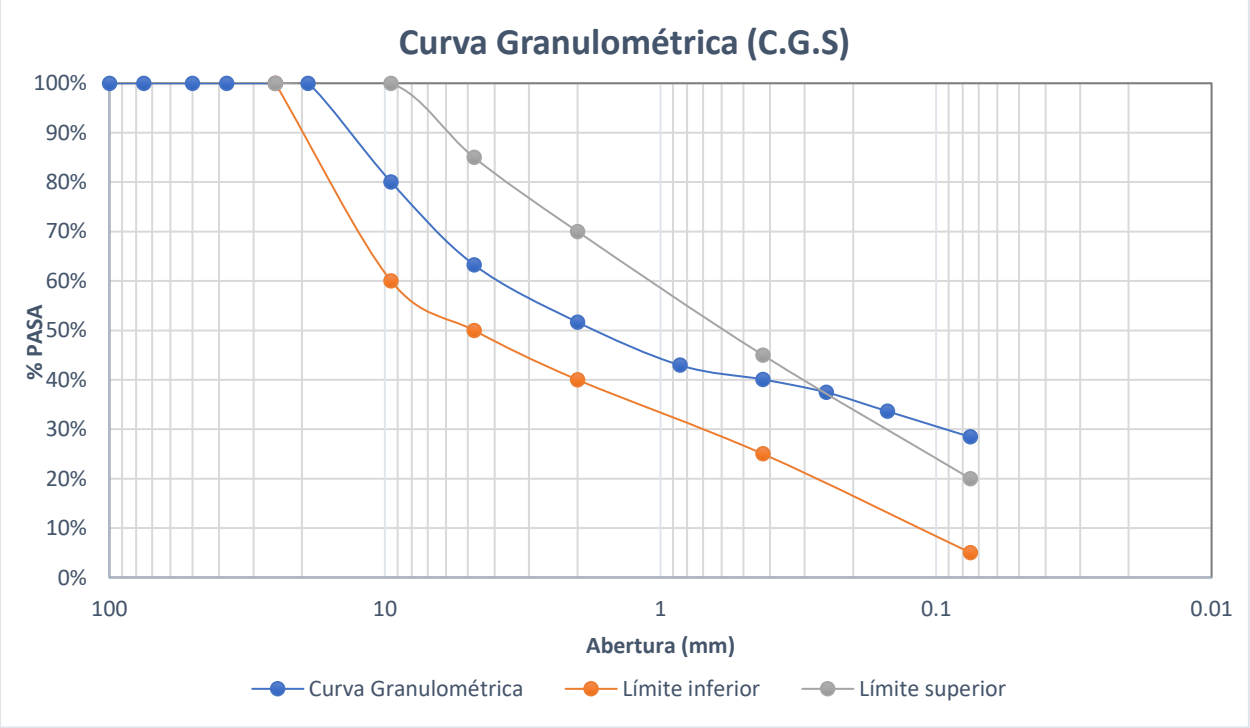
### *6.1.1 Caracterización del material granular de afirmado de las canteras de Saylla y Patapata según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC)*

#### 6.1.1.1 Análisis granulométrico por tamizado de la Cantera de Saylla.

En esta sección se muestran los resultados del material analizado extraído de la cantera de Saylla. La descripción del proceso de ensayo y la aplicación del método se detallan en el capítulo V (5.3.1 Análisis granulométrico). Asimismo, los resultados permitieron evaluar la distribución granulométrica del material para su posterior clasificación y análisis.

**Gráfica 72**

*Curva granulométrica de la cantera de Saylla*




Fuente: Elaboración propia

Nota: En la Gráfica 72 se observa que la curva granulométrica del material de la cantera de Saylla se mantiene dentro de los límites superior e inferior establecidos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) para una gradación tipo C. Esto indica que la distribución del tamaño de las partículas cumple con las especificaciones requeridas para materiales de afirmado, evidenciando una adecuada proporción de agregados gruesos y finos que favorece su desempeño como capa de afirmado. Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 110**

*Porcentajes granulométricos de la cantera de Saylla*

| Tipo de Suelo | | Grava (%) | Arena (%) | Finos (%) |
|---|---|---|---|---|
| Muestra Patron | | | | |
| 0% Tierra de Diatomeas | 0% de Aceite Residual Degradado | 36.73% | 34.83% | 28.45% |

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 110 se muestran los porcentajes del material granular para afirmado de la muestra patrón de la cantera de Saylla, la cual presentó un 36.73% de grava, 34.83% de arena y 28.45% de finos. Se aprecia que la mayor proporción corresponde a las fracciones gruesas (grava y arena), mientras que los finos representan una menor cantidad del material. Esta distribución granulométrica influye directamente en las propiedades de compactación y resistencia del afirmado.

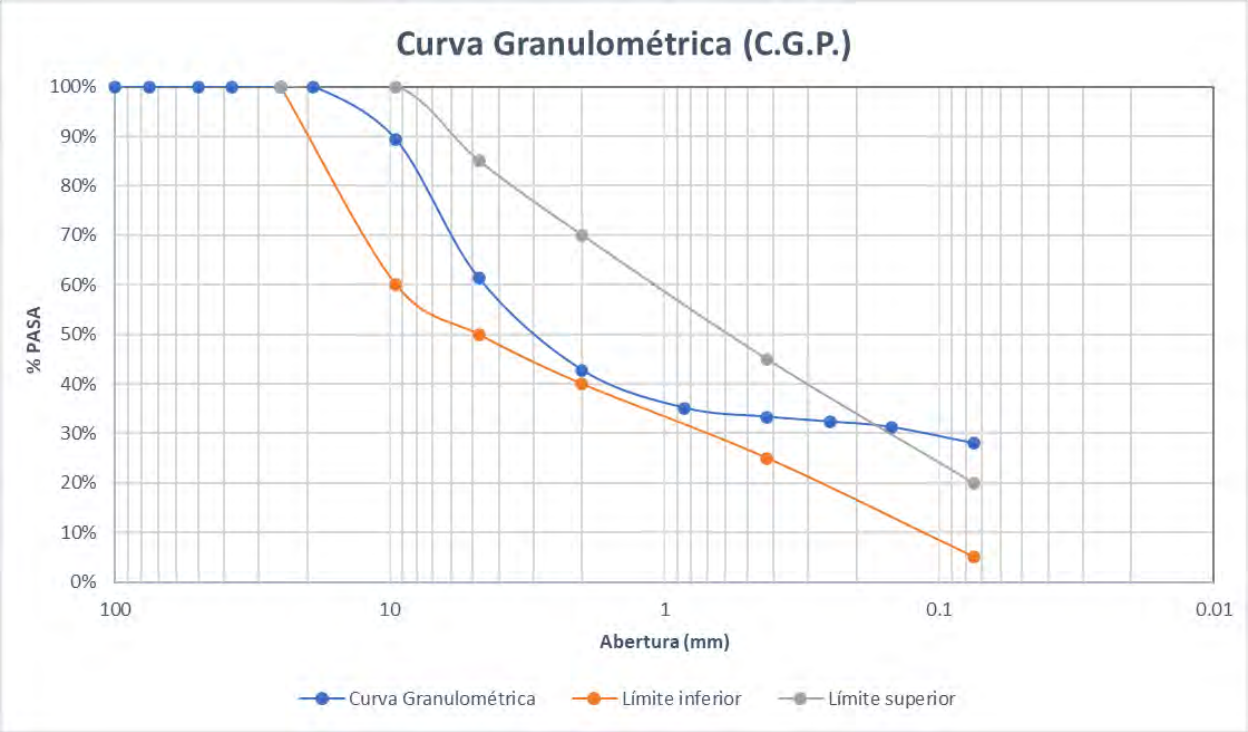
#### 6.1.1.2 Análisis granulométrico por tamizado de la Cantera de Patapata

En esta sección se muestran los resultados del material analizado extraído de la cantera de Patapata. La descripción del proceso de ensayo y la aplicación del método se detallan en el capítulo V (5.3.1 Análisis granulométrico). Los resultados obtenidos permitieron determinar la distribución del tamaño de las partículas y verificar el cumplimiento de las especificaciones granulométricas

establecidas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) para materiales de afirmado.

**Gráfica 73**

*Curva granulométrica de la cantera de Patapata*




Fuente: Elaboración propia

Nota: En la Gráfica 73 se observa que la curva granulométrica del material de la cantera de Patapata se encuentra dentro de los límites superior e inferior establecidos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) para una gradación tipo C. Esto demuestra que la distribución del tamaño de las partículas cumple con las especificaciones granulométricas requeridas para materiales de afirmado.

**Tabla 111**

*Porcentajes granulométricos de la cantera de Patapata*

| Tipo de Suelo | | Grava (%) | Arena (%) | Finos (%) |
|---|---|---|---|---|
| Muestra Patron | | | | |
| 0% Tierra de Diatomeas | 0% de Aceite Residual Degradado | 38.67% | 33.33% | 28.03% |

Fuente: Elaboración propia

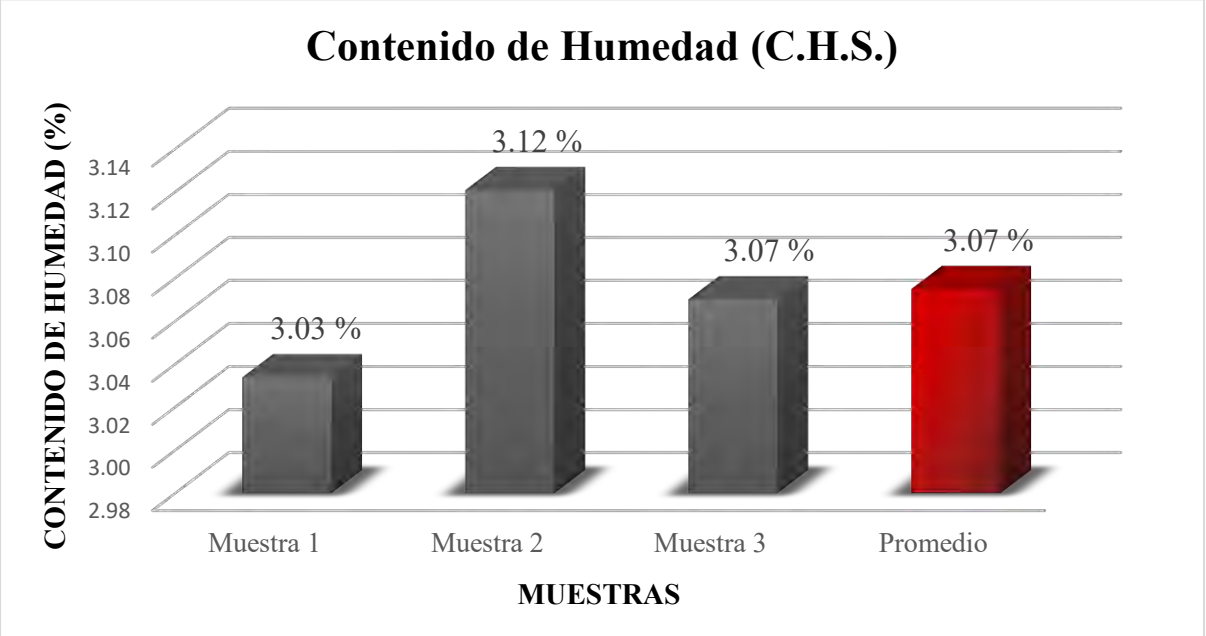
En la Tabla 111: Porcentajes granulométricos de la cantera de Patapata, se muestra los porcentajes del material granular para afirmado de la muestra patrón, el cual presentó 38.67% de grava, 33.33 % de arena y 28.03% de finos.

#### 6.1.1.3 Contenido de humedad de la Cantera de Saylla

En la Gráfica 74 se muestra los resultados obtenidos en laboratorio del ensayo de Contenido de Humedad del material extraído de la cantera de Saylla

**Gráfica 74**

*Contenido de Humedad de la cantera de Saylla*



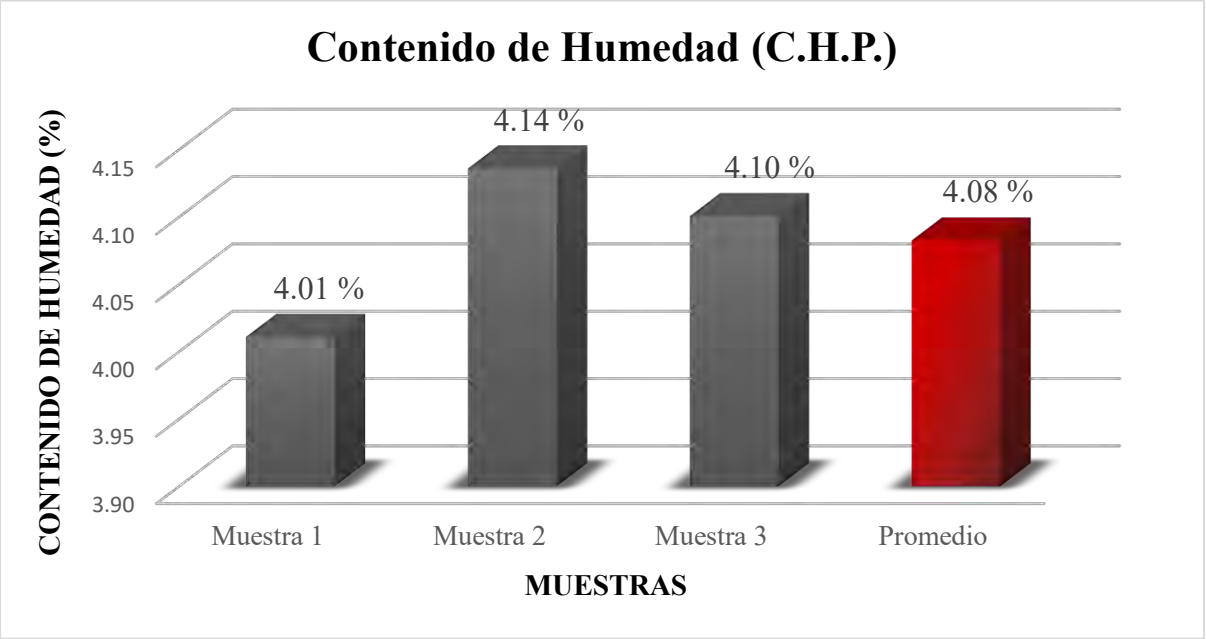

Fuente: Elaboración propia

Se extrajeron tres muestras representativas del material de la cantera de Saylla, obteniéndose valores de contenido de humedad de 3.03 %, 3.12 % y 3.07 %. A partir de estos resultados se calculó el promedio, determinándose una humedad natural de 3.07 %. La variación mínima entre las muestras evidencia una distribución uniforme de humedad en el material evaluado, por lo que este valor fue considerado como referencia para los ensayos posteriores.

#### 6.1.1.4 Contenido de humedad de la Cantera de Patapata

En la Gráfica 75 se muestra los resultados obtenidos en laboratorio del ensayo de Contenido de Humedad del material extraído de la cantera de Patapata

**Gráfica 75**
*Contenido de Humedad de la cantera de Patapata*




Fuente: Elaboración propia

Se extrajeron tres muestras representativas de la cantera de Patapata, obteniéndose un contenido de humedad promedio de 4.08 %, valor considerado como referencia para los ensayos posteriores debido a la baja variabilidad entre muestras.

#### 6.1.1.5 Caracterización granulométrica y Límites de consistencia de las canteras de Saylla y Patapata

En el laboratorio se llevaron a cabo los ensayos correspondientes para caracterizar los afirmados en función de su contenido de gravas, arenas, limos y arcillas. La tabla 112 presenta tanto las propiedades granulométricas como las características plásticas de los afirmados analizados.

**Tabla 112**

*Porcentajes granulométricos y Límites de Consistencia de las canteras de Saylla y Patapata*

| Cantera | Característica | Símbolo | Porcentaje (%) |
|---|---|---|---|
| Saylla | **Tamaño de las particulas** | | |
| | Grava | G | 36.73 |
| | Arena | S | 34.83 |
| | Limo y Arcilla | M y C | 28.45 |
| | **Límites de Atterberg** | | |
| | Límite Líquido | LL | 21.68 |
| | Límite Plástico | LP | 14.67 |
| | Indice de Plasticidad | IP | 6.91 |
| Patapata | **Tamaño de las particulas** | | |
| | Grava | G | 38.67 |
| | Arena | S | 33.33 |
| | Limo y Arcilla | M y C | 28.03 |
| | **Límites de Atterberg** | | |
| | Límite Líquido | LL | 22.12 |
| | Límite Plástico | LP | 13.89 |
| | Índice de Plasticidad | IP | 8.23 |

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 112 se observa que el afirmado de la Cantera de Saylla está compuesto por un 36.73% de grava, un 34.83% de arena y un 28.45% de limo y arcilla. Estas características indican que el material contiene grava y arenas con presencia de limo o arcilla, presentando un índice de plasticidad del 6.91%.

Por su parte, el afirmado de la Cantera de Patapata muestra una composición del 38.67% de grava, 33.33% de arena y 28.03% de limo y arcilla. Según estas características, el material también contiene grava y arenas limosas o arcillosas, con un índice de plasticidad de 8.23%, lo que corresponde a un material de baja plasticidad conformado por grava y arena con presencia de limo o arcilla, apto para su evaluación como material de afirmado.

#### 6.1.1.6 Clasificación de los afirmados de las canteras de Saylla y Patapata

Observando los datos anteriores se realizó la clasificación para los suelos de las canteras de Saylla y Patapata.

**Tabla 113**
*Clasificación de los suelos de las canteras de Saylla y Patapata*

| Cantera | CLASIFICACIÓN | | | |
|---|---|---|---|---|
| | AASHTO | | SUCS | |
| | Tipo | Descripción | Tipo | Descripción |
| **Saylla** | A-2-4 | Mezcla de suelo granular con una cantidad moderada de finos limosos | GC-GM | Grava limosa arcillosa |
| **Patapata** | A-2-4 | Mezcla de suelo granular con una cantidad moderada de finos limosos | GC | Grava arcillosa |

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 113, correspondiente a la clasificación por cantera, se detalla que el afirmado de la Cantera de Saylla se clasifica como GC-GM según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y como A-2-4 de acuerdo con AASHTO.

Asimismo, se indica que el afirmado de la Cantera de Patapata está clasificado como GC según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y también como A-2-4 según AASHTO.

En conjunto, ambas clasificaciones evidencian el predominio de partículas gruesas con una proporción moderada de finos, características adecuadas para su uso como material de afirmado.

#### 6.1.1.7 Gravedad especifica de las canteras de Saylla y Patapata

Según los ensayos de laboratorio realizados, tenemos la Tabla 114 Gravedad Específica y Absorción de las canteras de Saylla y Patapata, que muestra los resultados relacionados entre las dos canteras.

**Tabla 114**
*Ensayo de Gravedad Específica de las canteras de Saylla y Patapata*

| DESCRIPCIÓN | CANTERA | |
|---|---|---|
| | Saylla | Patapata |
| Gravedad Específica (%) | 2.61 | 2.72 |

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 114, correspondiente a los resultados del ensayo de Gravedad Especifica, en la cantera de Saylla nos salió un valor de 2.61 menor al de la cantera de Patapata que nos salió un valor de 2.72.

#### 6.1.1.8 Ensayo de Abrasión los Ángeles de las canteras de Saylla y Patapata

En el laboratorio se llevaron a cabo el ensayo de abrasión para determinar la resistencia a la degradación haciendo uso de la máquina de los Ángeles. La tabla 115 presenta tanto los resultados de la resistencia del material para cada cantera.

**Tabla 115**

*Ensayo de Abrasión de los Ángeles de las canteras de Saylla y Patapata*

| DESCRIPCIÓN | CANTERA | |
|---|---|---|
| | Saylla | Patapata |
| Abrasión (%) | 50 | 47.17 |

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 115, correspondiente a la clasificación por cantera, se detalla que porcentaje de material desgastado de la Cantera de Saylla es de 50.00%, siendo este porcentaje menor que el valor máximo establecido en la norma EG-2013.

Asimismo, se indica que el porcentaje de material desgastado de la Cantera de Patapata es de 47.17%, siendo también este porcentaje menor que el valor máximo establecido en la norma EG-2013.

En ambos casos, los resultados cumplen con el límite establecido por la norma EG-2013, evidenciando una adecuada resistencia al desgaste del material.

#### 6.1.1.9 Proctor Modificado de las canteras de Saylla y Patapata

En el laboratorio se llevaron a cabo los ensayos de Proctor modificado para determinar el contenido óptimo de humedad, así como su máxima densidad seca. La tabla 116 presenta tanto los resultados de densidad para cada cantera.

**Tabla 116**

*Ensayo de Proctor Modificado de las canteras de Saylla y Patapata*

| DESCRIPCIÓN | CANTERA | |
|---|---|---|
| | Saylla | Patapata |
| Máxima densidad seca (gr/cm3) | 2.27 | 2.24 |
| Contenido Óptimo de Humedad (%) | 5.90 | 7.00 |

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 116, correspondiente a la clasificación por cantera, se detalla que la máxima densidad seca de la Cantera de Saylla es de 2.27 gr/cm3 y un contenido óptimo de humedad de 5.90 %. Asimismo, en la Cantera de Patapata la máxima densidad seca es de 2.24 g/cm3, y su contenido óptimo de humedad de 7.00 %.

#### 6.1.1.10 CBR de las canteras de Saylla y Patapata

En el laboratorio se llevaron a cabo los ensayos de California Bearing Ratio para determinar su porcentaje de CBR a una penetración de carga de 2.54 milímetros. La tabla 117 presenta tanto los resultados de los porcentajes de CBR alcanzados para cada cantera.

**Tabla 117**

*Ensayo de CBR de las canteras de Saylla y Patapata*

| DESCRIPCIÓN | CANTERA | |
|---|---|---|
| | Saylla | Patapata |
| CBR al 100 % de la Máxima Densidad Seca (%) y 0.1"(2.54 mm) de pentración | 44.16 | 39.15 |

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 117 se detalla que el material granular para afirmado de la cantera de Saylla presenta un CBR de 44.16 %, referido al 100 % de la Máxima Densidad Seca y con una penetración de carga de 0.1" (2.54 mm). Asimismo, el material de la cantera de Patapata presenta un CBR de 39.15 %, referido al 100 % de la Máxima Densidad Seca y con una penetración de carga de 0.1" (2.54 mm). En ambos casos, los valores obtenidos evidencian una adecuada capacidad de soporte del material para su uso como afirmado.

### *6.1.2 Resultados de las propiedades físico-mecánicas del material granular de las canteras de Saylla y Patapata usando la mezcla de Aceite Residual Degradado (ARD) y Tierra de Diatomeas*

#### 6.1.2.1 Cuantificación de la mezcla de Aceite Residual Degradado y Tierra de Diatomeas de la cantera de Saylla

En laboratorio se realizó la mezcla de Aceite Residual Degradado (ARD) y tierra de Diatomeas, para determinar la cantidad de mezcla se utilizó porcentajes en base al contenido óptimo de humedad para el ARD y el peso total del material a usarse para la Tierra de Diatomeas, los porcentajes de la mezcla se detallan en la tabla 118.

**Tabla 118**

*Cuantificación de la mezcla de ARD y Tierra de Diatomeas*

| Cantera | Tierra de Diatomeas (%) | Contenido Óptimo de Humedad (%) | Aceite Residual Degradado (ARD) |
|---|---|---|---|
| **Saylla** | 0 | 5.90 | 1% - OCH |
| | 1 | | 2% - OCH |
| | 2 | | 3% - OCH |
| | 3 | | 4% - OCH |
| **Patapata** | 0 | 7.00 | 1% - OCH |
| | 1 | | 2% - OCH |
| | 2 | | 3% - OCH |
| | 3 | | 4% - OCH |

Fuente: Elaboración propia

#### 6.1.2.2 Límites de consistencia de la cantera de Saylla usando la mezcla de Aceite Residual Degradado (ARD) y Tierra de diatomeas

Los ensayos de laboratorio para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad se realizaron utilizando mezclas de ARD y tierra de diatomeas en porcentajes de 0 %, 1 %, 2 % y 3 %, con el propósito de evaluar la influencia de estos estabilizantes sobre las propiedades de consistencia del material granular para afirmado. Estos ensayos permitieron identificar las variaciones en los límites de Atterberg y el comportamiento del índice de plasticidad

en función de las diferentes dosificaciones empleadas. La Tabla 119 presenta los resultados obtenidos para la cantera de Saylla.

**Tabla 119**

*Límites de consistencia de la cantera de Saylla usando la mezcla de Aceite Residual Degradado (ARD) y Tierra de diatomeas*

| Cantera | Tierra de Diatomeas (%) | Aceite Residual Degradado (ARD) | LL | LP | IP |
|---|---|---|---|---|---|
| Saylla | 0 | 0 | 21.68% | 14.77% | 6.91 |
| | | 1 | 21.18% | 11.58% | 9.60 |
| | | 2 | 20.02% | 13.27% | 6.75 |
| | | 3 | 19.42% | 13.28% | 6.14 |
| | 1 | 0 | 22.50% | 12.42% | 10.08 |
| | | 1 | 22.65% | 13.39% | 9.27 |
| | | 2 | 21.79% | 15.09% | 6.70 |
| | | 3 | 20.15% | 16.37% | 3.78 |
| | 2 | 0 | 22.88% | 13.92% | 8.96 |
| | | 1 | 22.54% | 13.91% | 8.63 |
| | | 2 | 22.16% | 15.22% | 6.95 |
| | | 3 | 22.04% | 15.65% | 6.39 |
| | 3 | 0 | 23.50% | 15.16% | 8.34 |
| | | 1 | 23.17% | 15.57% | 7.60 |
| | | 2 | 22.07% | 17.88% | 4.19 |
| | | 3 | 21.18% | 15.92% | 5.26 |

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 119, correspondiente a la clasificación por cantera, se detalla los límites de consistencia alcanzados para cada mezcla usados en la cantera de Saylla, donde se puede apreciar que la mayoría de las combinaciones obtuvieron un límite liquido menor al 35% con un valor máximo 23.50% y un índice de plasticidad mayoritario en un rango de 4 a 9 obtenidos que cumplen con los parámetros establecidos según el MTC en la tabla 1 el cual se muestra en el capítulo II (2.2.2 Afirmados).

La combinación de 1% de Tierra de Diatomeas y 3% de ARD nos sale un índice de plasticidad de 3.78 el cual no cumple ya que debe estar en un rango de 4 a 9 según la norma del MTC para carreteras del tipo afirmado.

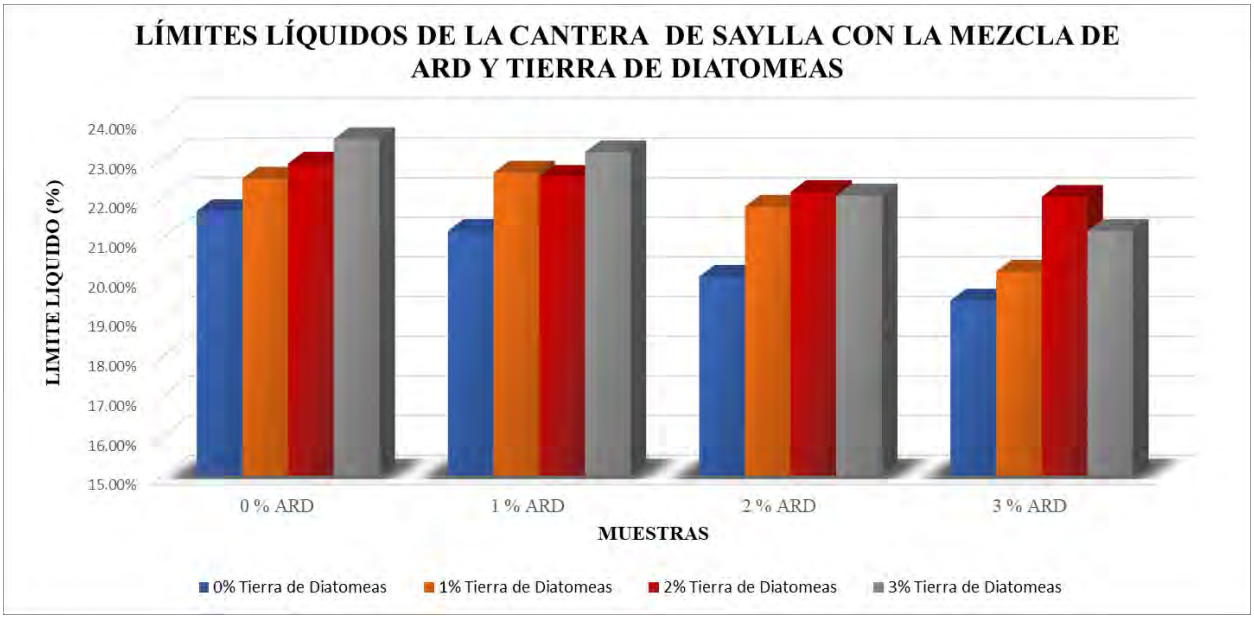
La combinación de 1% de Tierra de Diatomeas y 0% de ARD nos sale un índice de plasticidad de 10.08 el cual no cumple ya que debe estar en un rango de 4 a 9 según la norma del MTC para carreteras del tipo afirmado.

#### *6.1.2.2.1 Límites líquidos de la cantera de Saylla usando la mezcla de Aceite Residual Degradado (ARD) y Tierra de diatomeas*

En la Gráfica 76 se muestra los resultados para el límite líquido obtenidos en las mezclas de 0%, 1%, 2% y 3% de tierra de Diatomeas y sus variaciones con 0%, 1%, 2% y 3% de Aceite Residual Degradado (ARD).

**Gráfica 76**

*Límites líquidos de la cantera de Saylla usando la mezcla de ARD y Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar que los parámetros cumplen con lo establecido en el Manual de Carreteras: Pavimentos del MTC, el cual exige un límite líquido menor al 35 % para la gradación C. Además, se observa una reducción máxima de 2.52 % en el límite líquido del material granular conforme aumenta la cantidad de Aceite Residual Degradado, lo que evidencia una ligera disminución de la plasticidad del material.

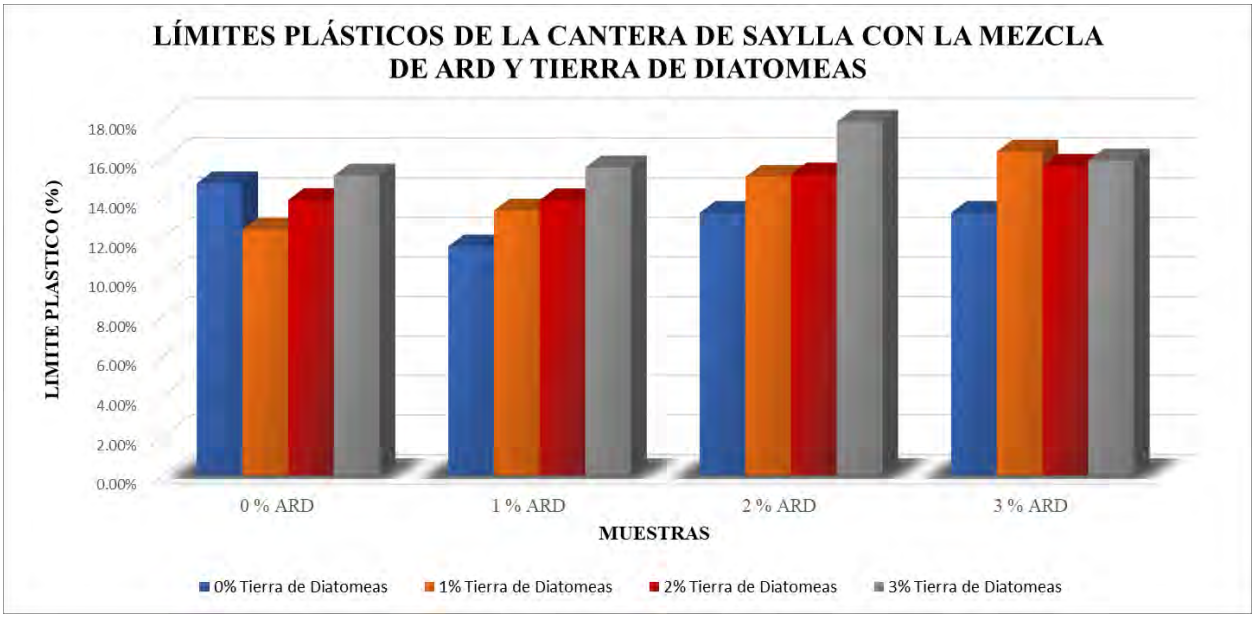
Tenemos un valor máximo de 23.50 para la combinación de 3% de tierra de diatomeas y 0% de ARD; el valor mínimo es de 19.42 para la combinación de 0% de tierra de diatomeas y 3% de ARD.

#### *6.1.2.2.2 Límites Plásticos de la cantera de Saylla usando la mezcla de Aceite Residual Degradado (ARD) y Tierra de diatomeas*

En la Gráfica 77 se muestra los resultados para el límite plástico obtenidos en las mezclas de 0%, 1%, 2% y 3% de tierra de Diatomeas y sus variaciones con 0%, 1%, 2% y 3% de Aceite Residual Degradado (ARD).

**Gráfica 77**

*Límites plásticos de la cantera de Saylla usando la mezcla de ARD y Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

Se obtuvo un valor mínimo de 11.58 para la combinación de 0% de tierra de diatomeas y 1% de ARD, mientras que el valor máximo alcanzó 17.88 con 3% de tierra de diatomeas y 2% de ARD. En términos generales, los datos de laboratorio muestran un incremento progresivo del límite plástico conforme aumenta el contenido de ARD, siendo más notorio cuando se combina con 1% de tierra de diatomeas, donde el aumento fue de 3.95.

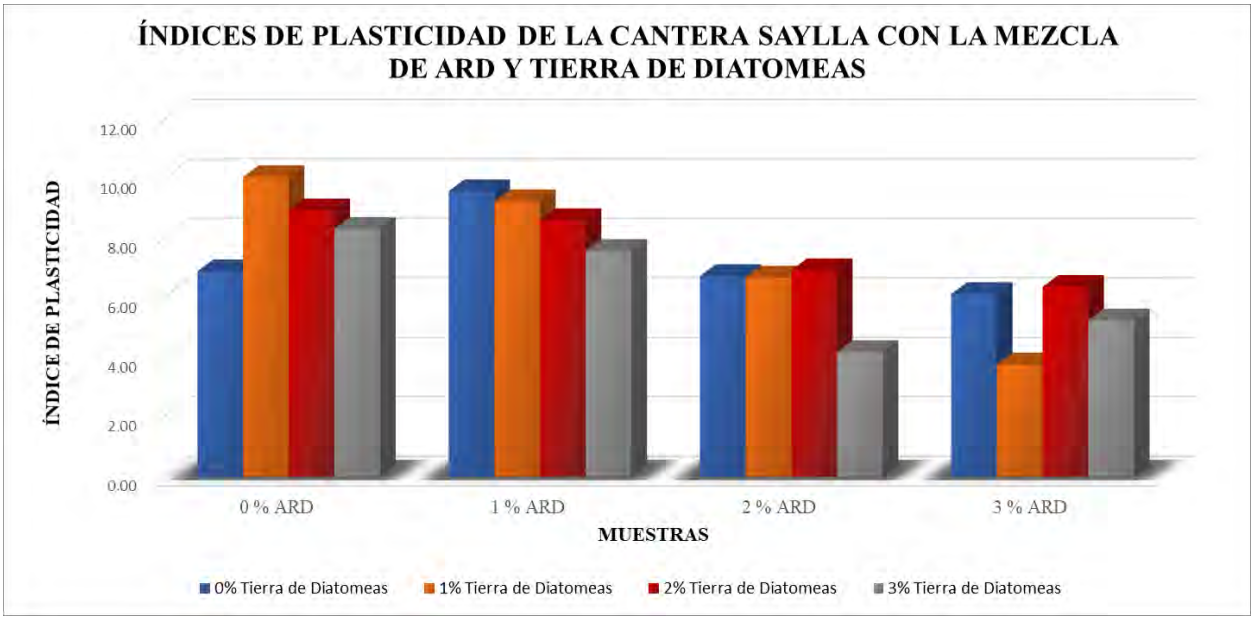
Este comportamiento evidencia que la adición de ARD y tierra de diatomeas modifica la plasticidad del material, generando una mayor capacidad de deformación antes de la ruptura.

#### *6.1.2.2.3 Índices de Plasticidad de la cantera de Saylla usando la mezcla de Aceite Residual Degradado (ARD) y Tierra de diatomeas*

En la Gráfica 78 se muestra los resultados para los índices de plasticidad obtenidos en las mezclas de 0%, 1%, 2% y 3% de tierra de Diatomeas y sus variaciones con 0%, 1%, 2% y 3% de Aceite Residual Degradado (ARD).

**Gráfica 78**

*Índices de Plasticidad de la cantera de Saylla usando la mezcla de ARD y Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar que los parámetros cumplen con lo establecido en el manual de pavimentos del MTC el cual exige un Índice de Plasticidad en un rango de 4 a 9 para la gradación C, además que se aprecia una pequeña pérdida en el índice de plasticidad del material granular a mayor cantidad de Aceite Residual Degradado.

Podemos apreciar que hay 4 valores que se salen de la norma del MTC que nos exige para carreteras del tipo afirmado y son:

- Un IP de 10.08 para la mezcla de 1% de tierra de diatomeas y 0% de ARD.
- Un IP de 9.60 para la mezcla de 0% de tierra de diatomeas y 1% de ARD.
- Un IP de 9.27 para la mezcla de 1% de tierra de diatomeas y 1% de ARD.
- Un IP de 3.78 para la mezcla de 1% de tierra de diatomeas y 3% de ARD.

#### 6.1.2.3 Límites de consistencia de la cantera de Patapata usando la mezcla de Aceite Residual Degradado (ARD) y Tierra de diatomeas

Los ensayos realizados en el laboratorio para determinar el límites líquido y plástico, así como el índice de plasticidad usando la mezcla de ARD y tierra de diatomeas en porcentajes de 0%, 1%, 2%, 3% respectivamente. La tabla 120 presenta los resultados de los límites e índices alcanzados para la cantera de Saylla.

**Tabla 120**

*Límites de consistencia de la cantera de Patapata usando la mezcla de Aceite Residual Degradado (ARD) y Tierra de diatomeas*

| Cantera | Tierra de Diatomeas (%) | Aceite Residual Degradado (ARD) | LL | LP | IP |
|---|---|---|---|---|---|
| Patapata | 0 | 0 | 22.12% | 13.89% | 8.23 |
| | | 1 | 21.69% | 14.96% | 6.73 |
| | | 2 | 19.98% | 13.23% | 6.75 |
| | | 3 | 19.04% | 13.10% | 5.95 |
| | 1 | 0 | 23.52% | 16.25% | 7.27 |
| | | 1 | 22.95% | 15.83% | 7.12 |
| | | 2 | 22.83% | 16.99% | 5.85 |
| | | 3 | 21.48% | 15.46% | 6.02 |
| | 2 | 0 | 24.75% | 15.66% | 9.09 |
| | | 1 | 24.56% | 17.09% | 7.47 |
| | | 2 | 24.18% | 17.72% | 6.46 |
| | | 3 | 24.03% | 16.09% | 7.94 |
| | 3 | 0 | 25.70% | 17.05% | 8.64 |
| | | 1 | 24.89% | 16.58% | 8.31 |
| | | 2 | 23.74% | 17.68% | 6.06 |
| | | 3 | 23.34% | 16.91% | 6.43 |

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 120, correspondiente a la clasificación por cantera, se detalla los límites de consistencia alcanzados para cada mezcla usados en la cantera de Patapata, donde se puede

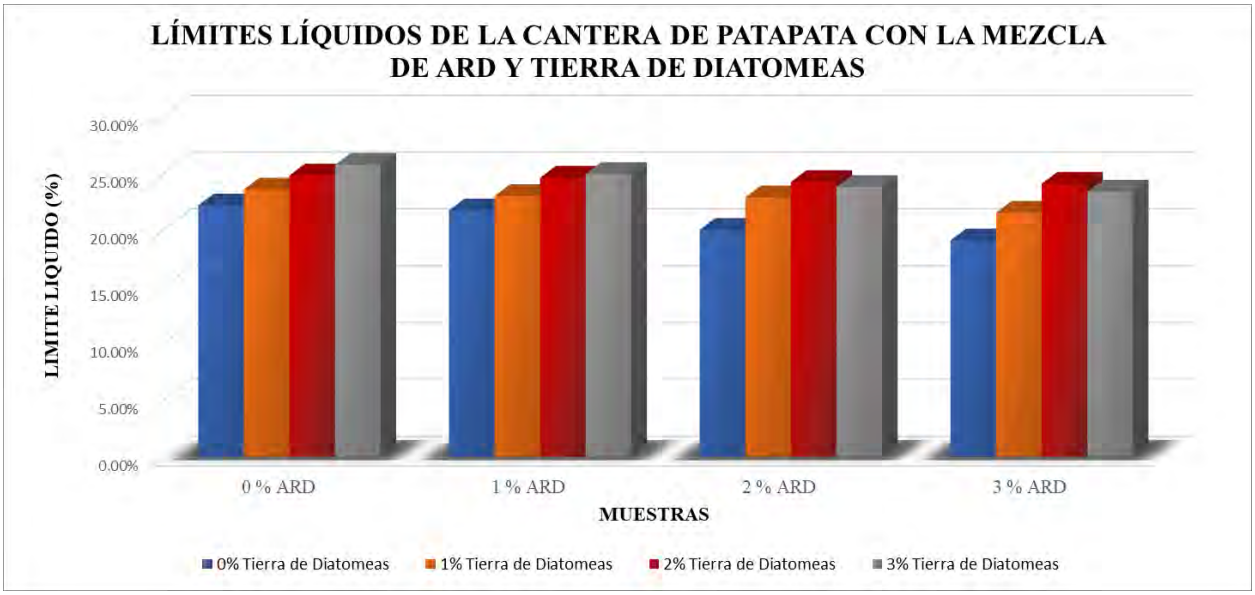
apreciar que todas las combinaciones obtuvieron un límite liquido menor al 35% y un índice de plasticidad en un rango de 4 a 9 obtenidos cumplen con los parámetros establecidos según el MTC en la tabla 1 el cual se muestra en el capítulo II (2.2.2 Afirmados).

#### *6.1.2.3.1 Límites líquidos de la cantera de Patapata usando la mezcla de Aceite Residual Degradado (ARD) y Tierra de diatomeas*

En la Gráfica 79 se muestra los resultados para el límite líquido obtenidos en las mezclas de 0%, 1%, 2% y 3% de tierra de Diatomeas y sus variaciones con 0%, 1%, 2% y 3% de Aceite Residual Degradado (ARD)

**Gráfica 79**

*Límites líquidos de la cantera de Patapata usando la mezcla de ARD y Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar que los parámetros cumplen con lo establecido en el manual de pavimentos del MTC el cual exige un Límite Líquido menor a 35% para la gradación C, además que se aprecia una reducción máxima de 3.08% en límite líquido del material granular a mayor cantidad de Aceite Residual Degradado y cuando la tierra de diatomeas se mantiene en 0%.

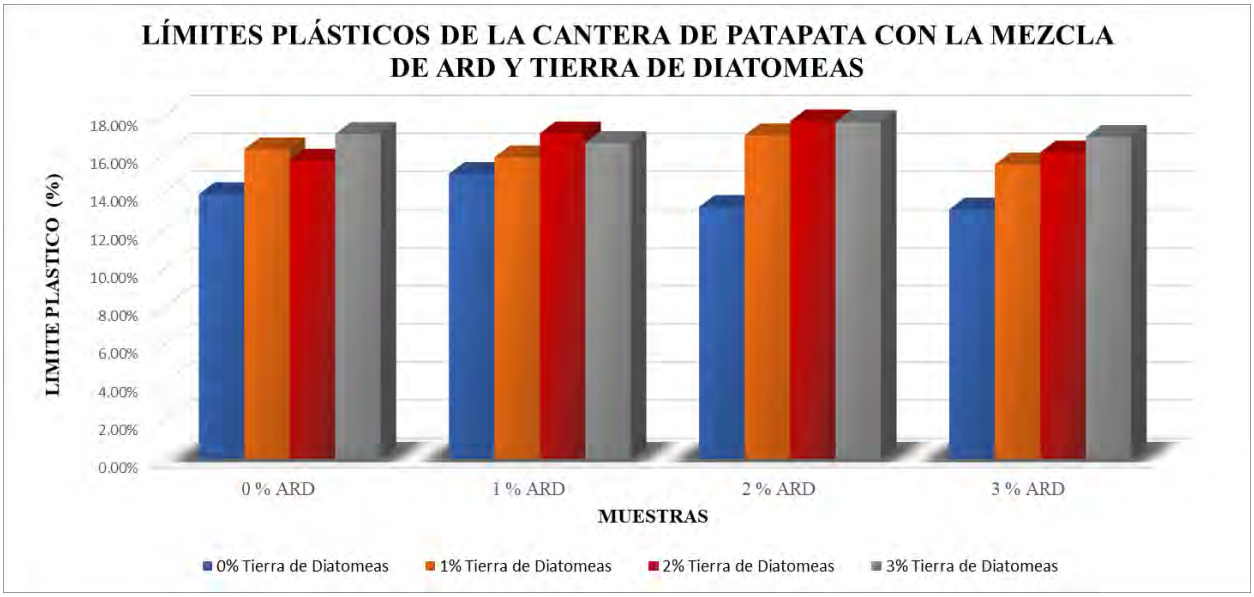
Se puede apreciar que si aumentamos el porcentaje de tierra de diatomeas podemos apreciar un aumento ligero en los valores de los límites líquidos.

#### *6.1.2.3.2 Límites Plásticos de la cantera de Patapata usando la mezcla de Aceite Residual Degradado (ARD) y Tierra de diatomeas*

En la Gráfica 80 se muestra los resultados para el límite plástico obtenidos en las mezclas de 0%, 1%, 2% y 3% de tierra de Diatomeas y sus variaciones con 0%, 1%, 2% y 3% de Aceite Residual Degradado (ARD)

**Gráfica 80**

*Límites plásticos de la cantera de Patapata usando la mezcla de ARD y Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

Según los datos obtenidos en laboratorio se aprecia que aumentando cantidad de ARD se puede apreciar una disminución ligera cuando tenemos porcentajes de 0% y 1% de tierra de diatomeas y un ligero aumento cuando tenemos porcentajes de 2% y 3% en los valores en el límite plástico, en cambio sí se aumenta los porcentajes de tierras diatomeas podemos ver un aumento en el valor, el máximo valor obtenido es de 17.72% con la combinación de 2% de diatomeas y 2% de aceite.

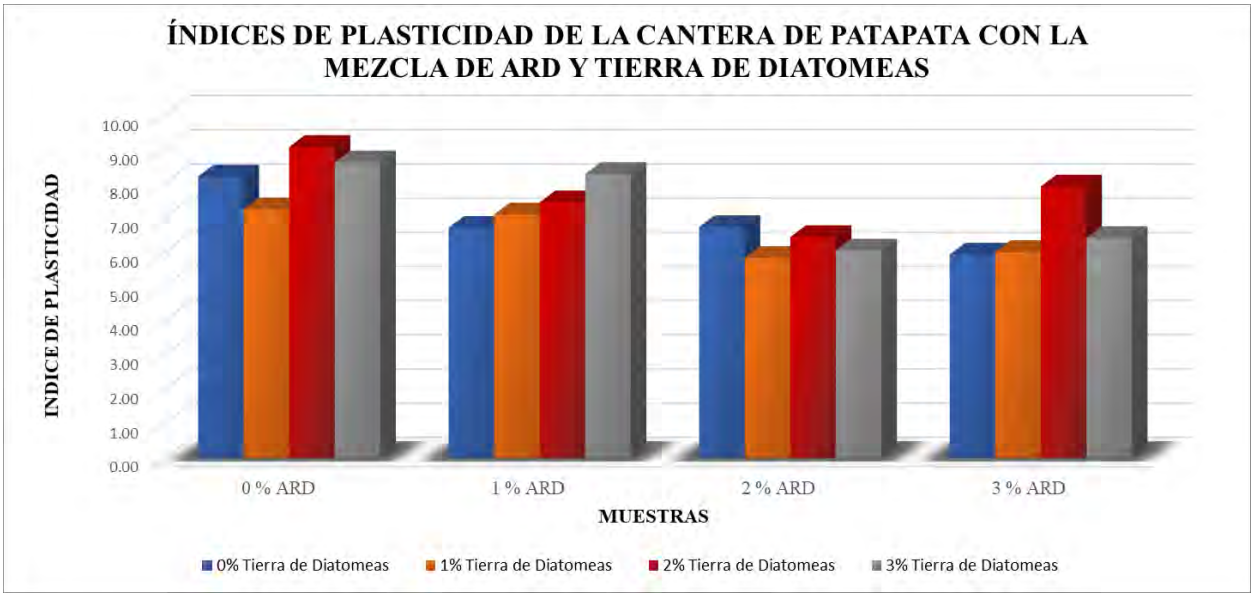
A medida que aumenta el porcentaje de tierra de diatomeas, los límites plásticos tienden a incrementarse para la mezcla con 0% ARD, pero esto no es una tendencia uniforme para todas las concentraciones de ARD.

#### *6.1.2.3.3 Índices de Plasticidad de la cantera de Patapata usando la mezcla de Aceite Residual Degradado (ARD) y Tierra de diatomeas*

En la Gráfica 81 se muestra los resultados para los índices de plasticidad obtenidos en las mezclas de 0%, 1%, 2% y 3% de tierra de Diatomeas y sus variaciones con 0%, 1%, 2% y 3% de Aceite Residual Degradado (ARD).

**Gráfica 81**

*Índices de Plasticidad de la cantera de Patapata usando la mezcla de ARD y Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar que los parámetros cumplen con lo establecido en el manual de pavimentos del MTC el cual exige un Índice de Plasticidad en un rango de 4 a 9 para la gradación C, además que se aprecia una reducción máxima de 2.28% en índice de plasticidad del material granular a mayor cantidad de Aceite Residual Degradado cuando el porcentaje se mantiene en 0% de tierra de diatomeas.

### 6.1.2.4 Resultados del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Saylla usando la mezcla de Aceite Residual Degradado (ARD) y Tierra de diatomeas

Los ensayos realizados en el laboratorio para determinar la máxima densidad seca, así como el Contenido Óptimo de Humedad usando la mezcla de ARD y tierra de diatomeas en porcentajes de 0%, 1%, 2%, 3% respectivamente. La tabla 121 presenta los resultados del ensayo Proctor Modificado para la cantera de Saylla.

**Tabla 121**

*Resultados del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Saylla usando la mezcla de Aceite Residual Degradado (ARD) y Tierra de diatomeas*

| Cantera | Aceite Residual Degradado (ARD) | Tierra de Diatomeas (%) | Contenido Óptimo de Humedad(%) | Máxima Densidad Seca (gr/ cm3) |
|---|---|---|---|---|
| Saylla | 0 | 0 | 5.90 | 2.27 |
| | | 1 | 6.90 | 2.29 |
| | | 2 | 7.50 | 2.35 |
| | | 3 | 9.20 | 2.39 |
| | 1 | 0 | 5.80 | 2.29 |
| | | 1 | 6.20 | 2.32 |
| | | 2 | 7.10 | 2.38 |
| | | 3 | 8.60 | 2.40 |
| | 2 | 0 | 5.70 | 2.31 |
| | | 1 | 6.10 | 2.35 |
| | | 2 | 6.50 | 2.43 |
| | | 3 | 7.00 | 2.41 |
| | 3 | 0 | 5.30 | 2.28 |
| | | 1 | 5.60 | 2.31 |
| | | 2 | 5.70 | 2.38 |
| | | 3 | 5.90 | 2.36 |

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 121, correspondiente a la clasificación por cantera, se detalla la máxima densidad seca y el contenido óptimo de humedad alcanzados para cada mezcla utilizada en la cantera de Saylla. Los resultados muestran que, a medida que se incrementa el porcentaje de tierra de diatomeas y ARD, se producen variaciones tanto en la densidad como en la humedad óptima.

En particular, se observa que el contenido óptimo de humedad tiende a aumentar con la incorporación de tierra de diatomeas, alcanzando un máximo de 9.20% cuando se emplea 3% de

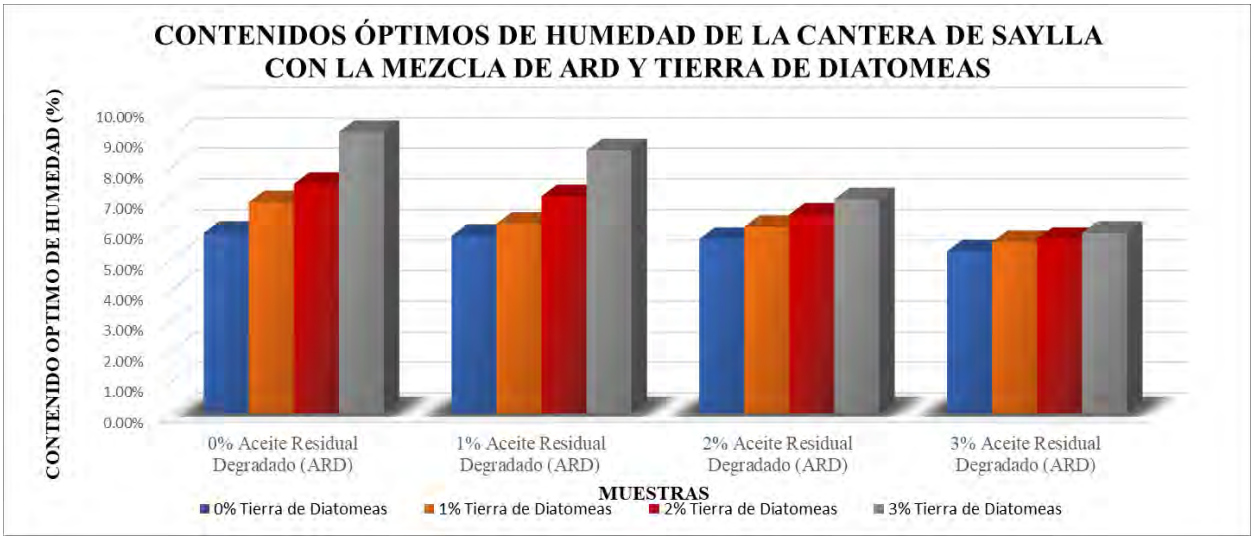
diatomeas sin ARD. Por otro lado, la máxima densidad seca presenta valores crecientes hasta llegar a 2.43 gr/cm³ con la combinación de 2% de ARD y 2% de tierra de diatomeas, lo que evidencia una mejora en la compactación del suelo.

#### *6.1.2.4.1 Contenidos Óptimos de Humedad de la cantera de Saylla usando la mezcla de Aceite Residual Degradado (ARD) y Tierra de diatomeas*

En la Gráfica 82 se muestra los resultados para los contenidos óptimos de humedad obtenidos en las mezclas de 0%, 1%, 2% y 3% de tierra de Diatomeas y sus variaciones con 0%, 1%, 2% y 3% de Aceite Residual Degradado (ARD).

**Gráfica 82**

*Contenido Óptimos de Humedad de la cantera de Saylla usando la mezcla de ARD y Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

Apreciando los datos obtenidos se puede deducir que, a mayor porcentaje de tierra de diatomeas añadido a la mezcla, el contenido óptimo de humedad tiende a incrementarse, mientras que con mayores cantidades de ARD se aprecia una disminución progresiva de dicho contenido. Esta relación inversa evidencia que la tierra de diatomeas actúa como un material absorbente que

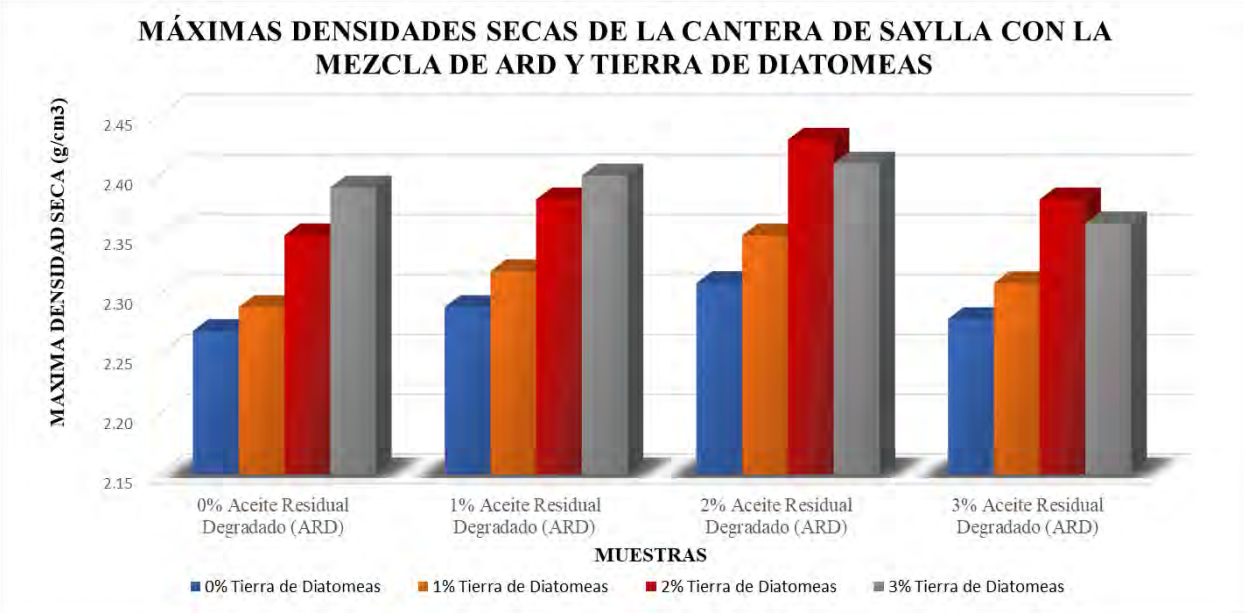
demanda más agua para alcanzar su estado óptimo de compactación, en contraste con el ARD, que reduce la necesidad de humedad al modificar la estructura del suelo.

#### *6.1.2.4.2 Máximas Densidades Secas de la cantera de Saylla usando la mezcla de Aceite Residual Degradado (ARD) y Tierra de diatomeas*

En la Gráfica 83 se muestra los resultados para la máxima densidad seca obtenidos en las mezclas de 0%, 1%, 2% y 3% de tierra de Diatomeas y sus variaciones con 0%, 1%, 2% y 3% de Aceite Residual Degradado (ARD)

**Gráfica 83**

*Máximas densidades secas de la cantera de Saylla usando la mezcla de ARD y Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

Apreciando los datos obtenidos se puede deducir que, mientras se incrementa el porcentaje de tierra de diatomeas, la máxima densidad seca tiende a aumentar, alcanzando valores cercanos a 2.43 g/cm³ con 2% de diatomeas. Sin embargo, al superar este porcentaje y combinarlo con Aceite Residual Degradado (ARD), se observa una ligera disminución en la densidad, lo que indica un límite en la capacidad de mejora que ofrecen las diatomeas.

De manera similar, al aumentar el porcentaje de ARD, la densidad seca máxima se incrementa hasta el 2 %; sin embargo, al combinarse con mayores proporciones de diatomeas, se observa una disminución. Esto indica que existe una proporción óptima de ambos aditivos que favorece la compactación del suelo.

#### 6.1.2.5 Resultados del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Patapata usando la mezcla de Aceite Residual Degradado (ARD) y Tierra de diatomeas

Los ensayos realizados en el laboratorio para determinar las máximas densidades secas, así como el Contenido Óptimo de Humedad usando la mezcla de ARD y tierra de diatomeas en porcentajes de 0%, 1%, 2%, 3% respectivamente. La tabla 122 presenta los resultados del ensayo Proctor Modificado para la cantera de Patapata.

**Tabla 122**

*Resultados del ensayo de Proctor Modificado de la cantera de Patapata usando la mezcla de Aceite Residual Degradado (ARD) y Tierra de diatomeas*

| Cantera | Aceite Residual Degradado (ARD) | Tierra de Diatomeas (%) | Contenido Óptimo de Humedad(%) | Máxima Densidad Seca (gr/ cm3) |
|---|---|---|---|---|
| Patapata | 0 | 0 | 7.00 | 2.24 |
| | | 1 | 7.50 | 2.29 |
| | | 2 | 8.20 | 2.34 |
| | | 3 | 9.60 | 2.36 |
| | 1 | 0 | 7.80 | 2.27 |
| | | 1 | 8.20 | 2.30 |
| | | 2 | 8.60 | 2.40 |
| | | 3 | 8.30 | 2.37 |
| | 2 | 0 | 7.60 | 2.32 |
| | | 1 | 7.70 | 2.34 |
| | | 2 | 9.00 | 2.41 |
| | | 3 | 8.80 | 2.38 |
| | 3 | 0 | 8.00 | 2.29 |
| | | 1 | 8.20 | 2.31 |
| | | 2 | 8.60 | 2.40 |
| | | 3 | 8.15 | 2.34 |

Fuente: Elaboración propia

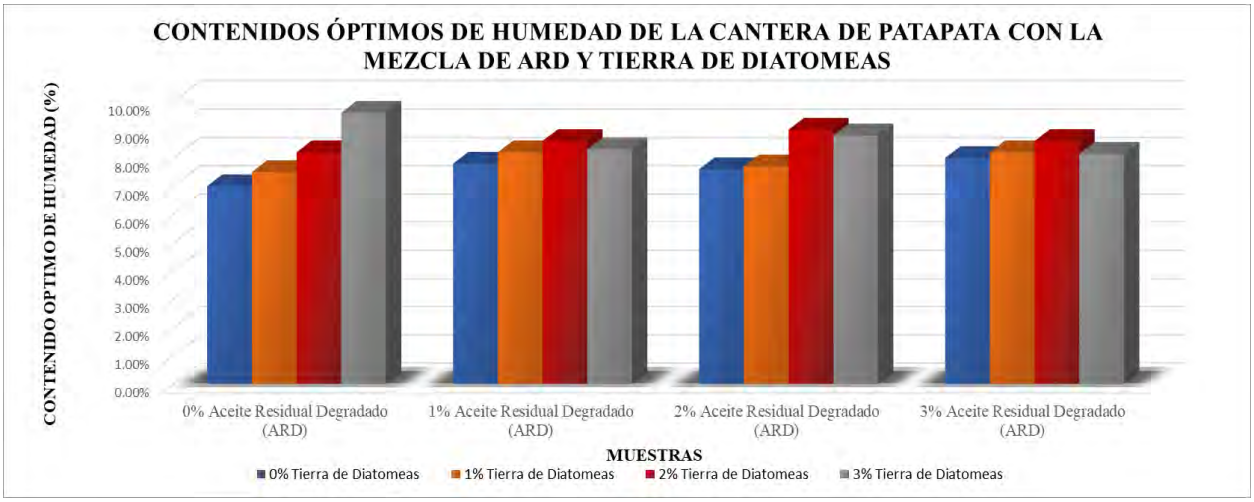
En la Tabla 122, correspondiente a la clasificación por cantera, se detalla la máxima densidad seca, así como el Contenido Óptimo de Humedad alcanzados para cada mezcla usados en la cantera de Patapata.

#### *6.1.2.5.1 Contenidos Óptimos de Humedad de la cantera de Patapata usando la mezcla de Aceite Residual Degradado (ARD) y Tierra de diatomeas*

En la Gráfica 84 se muestra los resultados para los contenidos óptimos de humedad obtenidos en las mezclas de 0%, 1%, 2% y 3% de tierra de Diatomeas y sus variaciones con 0%, 1%, 2% y 3% de Aceite Residual Degradado (ARD)

**Gráfica 84**

*Contenidos Óptimos de Humedad de la cantera de Patapata usando la mezcla de ARD y Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

Apreciando los datos obtenidos se puede deducir que, cuando aumentamos la cantidad de tierra de diatomeas sin la presencia de ARD, los porcentajes de los contenidos óptimos de humedad se incrementan de manera progresiva, alcanzando valores más altos conforme aumenta la proporción de diatomeas. Sin embargo, al mezclar con ARD, se observa un incremento hasta el 2% de tierra de diatomeas, seguido de una ligera reducción al llegar al 3%, lo que sugiere un límite en la capacidad de absorción del material.

Por otro lado, al aumentar el porcentaje de ARD, el comportamiento del contenido óptimo de humedad resulta irregular, sin un patrón definido, lo que indica que este aditivo introduce variaciones en la estructura del suelo que no siguen una tendencia lineal. Este fenómeno puede

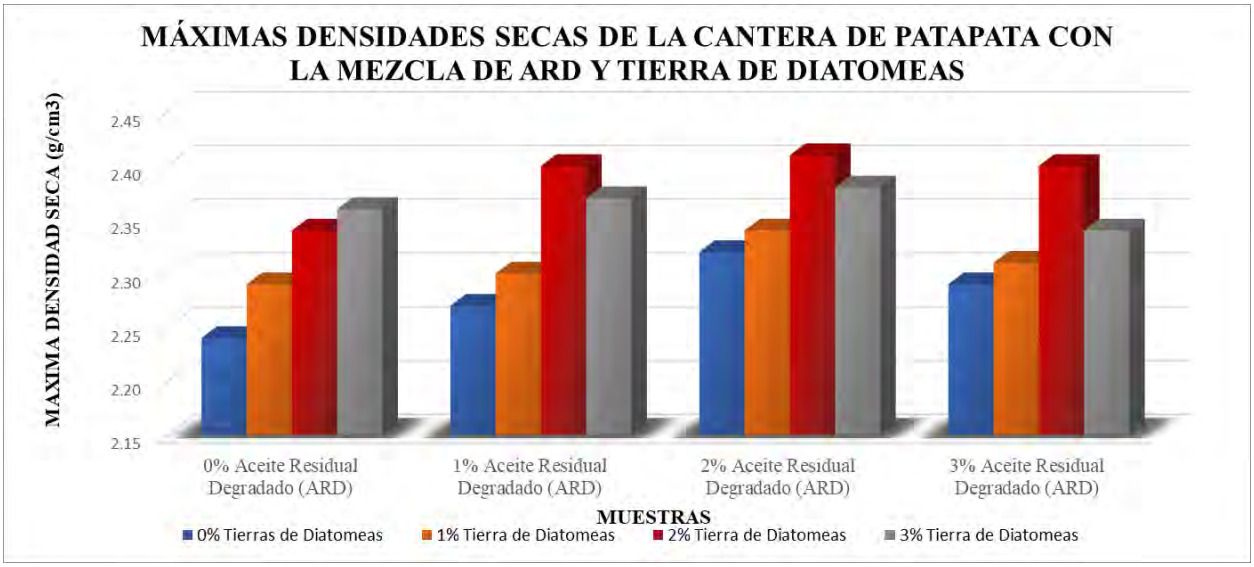
estar asociado a la interacción química y física del ARD con las partículas del suelo, generando cambios en la retención de agua.

#### *6.1.2.5.2 Máximas Densidades Secas de la cantera de Patapata usando la mezcla de Aceite Residual Degradado (ARD) y Tierra de diatomeas*

En la Gráfica 85 se muestra los resultados para las máximas densidades secas obtenidos en las mezclas de 0%, 1%, 2% y 3% de tierra de Diatomeas y sus variaciones con 0%, 1%, 2% y 3% de Aceite Residual Degradado (ARD)

**Gráfica 85**

*Máximas Densidades Secas de la cantera de Patapata usando la mezcla de ARD y Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

Apreciando los datos obtenidos se puede deducir que mientras se incrementa el porcentaje de diatomeas la máxima densidad seca incrementa, pero luego del 2% empieza a disminuir cuando es mezclado con Aceite Residual Degradado.

Cuando aumentamos el porcentaje de ARD, aumenta hasta llegar al 2% de ARD, pero cuando llegamos al 3% de ARD podemos apreciar una ligera disminución en la máxima densidad seca.

### 6.1.2.6 Resultados del ensayo de CBR de la cantera de Saylla usando la mezcla de Aceite Residual Degradado (ARD) y Tierra de diatomeas

Los ensayos realizados en el laboratorio para determinar el porcentaje de CBR, así como la expansión del material granular usando la mezcla de ARD y tierra de diatomeas en porcentajes de 0%, 1%, 2%, 3% respectivamente. La tabla 123 presenta los resultados de los valores de CBR alcanzados para la cantera de Saylla.

**Tabla 123**

*Resultados del Ensayo de CBR de la cantera de Saylla usando la mezcla de Aceite Residual Degradado (ARD) y Tierra de Diatomeas*

| Cantera | Aceite Residual Degradado (ARD) | Tierra de Diatomeas (%) | CBR al 100% de Máxima Densidad Seca (%) y penetración de 1" | Expansión |
|---|---|---|---|---|
| Saylla | 0 | 0 | 44.16 | 0.2 |
| | | 1 | 55.45 | 0.18 |
| | | 2 | 78.00 | 0.18 |
| | | 3 | 89.86 | 0.14 |
| | 1 | 0 | 47.30 | 0.18 |
| | | 1 | 67.00 | 0.16 |
| | | 2 | 112.83 | 0.14 |
| | | 3 | 99.66 | 0.12 |
| | 2 | 0 | 55.16 | 0.16 |
| | | 1 | 92.99 | 0.14 |
| | | 2 | 147.01 | 0.12 |
| | | 3 | 124.98 | 0.1 |
| | 3 | 0 | 93.20 | 0.12 |
| | | 1 | 120.98 | 0.1 |
| | | 2 | 139.17 | 0.1 |
| | | 3 | 121.63 | 0.08 |

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 123, podemos apreciar que aumentando tierra de diatomeas hasta un porcentaje de 2% se mejoran los porcentajes de CBR, pero aplicando el porcentaje de 3% se reduce ligeramente el porcentaje de CBR esto solo sucede cuando se mezcla con ARD.

Cuando tenemos un porcentaje de 0% y 1% de tierra de diatomeas y aumentamos los porcentajes de ARD podemos apreciar que aumenta el valor de los porcentajes de CBR, pero

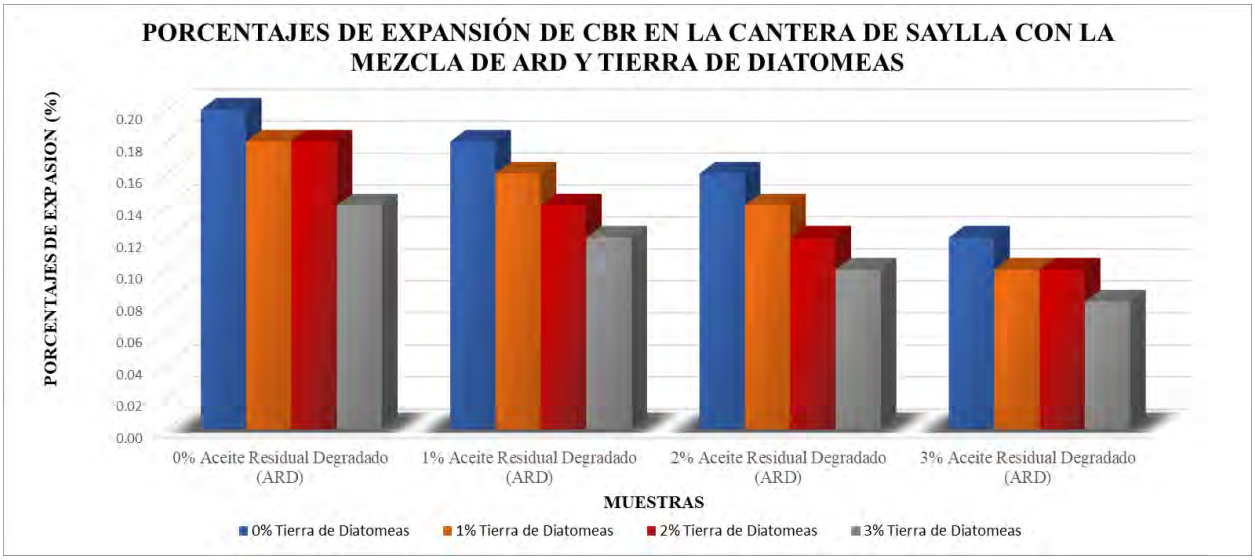
cuando tenemos 2% y 3% de tierra de diatomeas y aumentamos el porcentaje de ARD se aprecia una ligera reducción a partir de 3% de ARD en el valor de CBR.

#### *6.1.2.6.1 Porcentajes de expansión de la cantera de Saylla usando la mezcla de Aceite Residual Degradado (ARD) y Tierra de diatomeas*

En la Gráfica 86 se muestra los resultados para los porcentajes de expansión obtenidos en las mezclas de 0%, 1%, 2% y 3% de tierra de Diatomeas y sus variaciones con 0%, 1%, 2% y 3% de Aceite Residual Degradado (ARD).

**Gráfica 86**

*Porcentajes de expansión de la cantera de Saylla usando la mezcla de ARD y Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

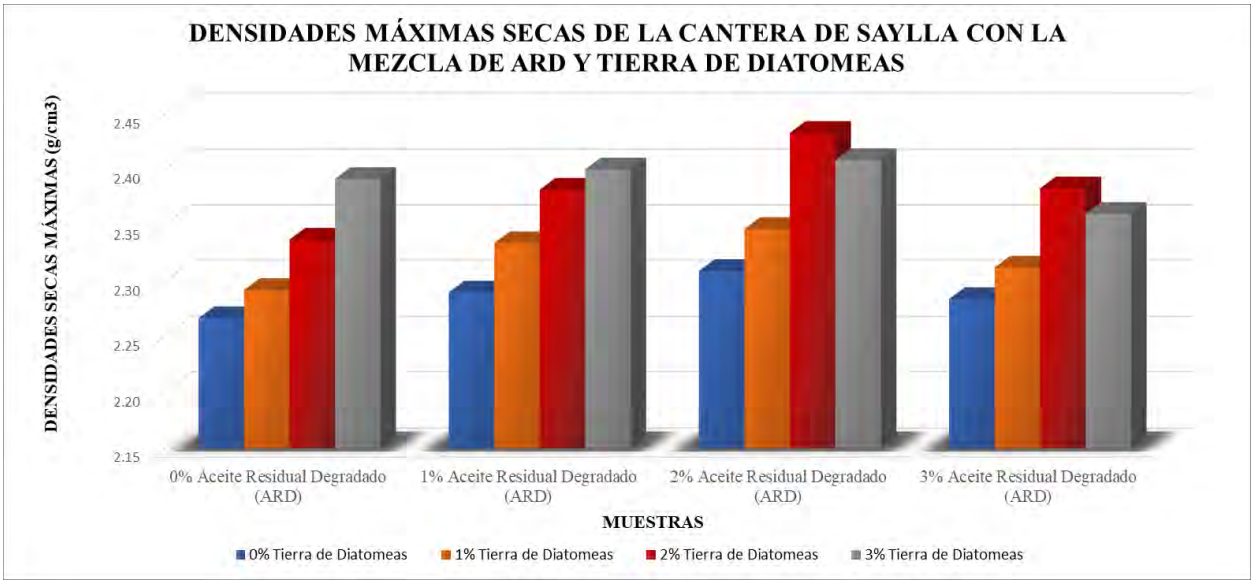
Apreciando los datos obtenidos se puede deducir que, al aumentar el porcentaje de tierra de diatomeas, se aprecia una disminución en los porcentajes de expansión del CBR, comportamiento que también se repite al incrementar los porcentajes de ARD. Esta reducción indica que ambos aditivos contribuyen a mejorar la estabilidad del suelo, disminuyendo su tendencia a expandirse frente a la presencia de agua.

#### *6.1.2.6.2 Máximas Densidades Secas halladas en CBR de la cantera de Saylla usando la mezcla de Aceite Residual Degradado (ARD) y Tierra de diatomeas*

En la Gráfica 87 se muestra los resultados para las máximas densidades secas obtenidos en las mezclas de 0%, 1%, 2% y 3% de tierra de Diatomeas y sus variaciones con 0%, 1%, 2% y 3% de Aceite Residual Degradado (ARD)

**Gráfica 87**

*Máximas Densidades Secas de la cantera de Saylla usando la mezcla de ARD y Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

Apreciando los datos obtenidos se puede deducir que mientras se incrementa el porcentaje de diatomeas y mantenemos con 0% y 1% de ARD podemos ver un aumento en las máximas densidades secas, pero cuando mantenemos 2% y 3% de ARD podemos ver una pequeña reducción cuando tenemos un porcentaje de 3% de tierra de diatomeas.

#### **6.1.2.7 Resultados del ensayo de CBR de la cantera de Patapata usando la mezcla de Aceite Residual Degradado (ARD) y Tierra de diatomeas**

Los ensayos realizados en el laboratorio para determinar el porcentaje de CBR, así como la expansión del material granular usando la mezcla de ARD y tierra de diatomeas en porcentajes

de 0%, 1%, 2%, 3% respectivamente. La tabla 124 presenta los resultados de los valores de CBR alcanzados para la cantera de Patapata.

**Tabla 124**

*Resultados del Ensayo de CBR de la cantera de Patapata usando la mezcla de Aceite Residual Degradado (ARD) y Tierra de Diatomeas*

| Cantera | Aceite Residual Degradado (ARD) | Tierra de Diatomeas (%) | CBR al 100% de Máxima Densidad Seca (%) y penetración de 1" | Expansión |
|---|---|---|---|---|
| Patapata | 0 | 0 | 39.15 | 0.22 |
| | | 1 | 52.44 | 0.20 |
| | | 2 | 72.38 | 0.20 |
| | | 3 | 89.00 | 0.16 |
| | 1 | 0 | 55.00 | 0.20 |
| | | 1 | 70.50 | 0.18 |
| | | 2 | 141.68 | 0.16 |
| | | 3 | 120.67 | 0.14 |
| | 2 | 0 | 57.67 | 0.18 |
| | | 1 | 98.01 | 0.16 |
| | | 2 | 143.00 | 0.14 |
| | | 3 | 121.00 | 0.12 |
| | 3 | 0 | 54.00 | 0.14 |
| | | 1 | 72.07 | 0.12 |
| | | 2 | 140.24 | 0.12 |
| | | 3 | 114.40 | 0.10 |

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 124, podemos apreciar que al aumentar la proporción de tierra de diatomeas hasta un 2% se logra una mejora significativa en los valores de CBR, alcanzando incluso incrementos superiores al 100% respecto a las mezclas sin aditivos. Sin embargo, al aplicar un 3% de diatomeas en combinación con ARD, se observa una ligera reducción en el CBR, lo que evidencia un límite en la capacidad de mejora que este material puede aportar.

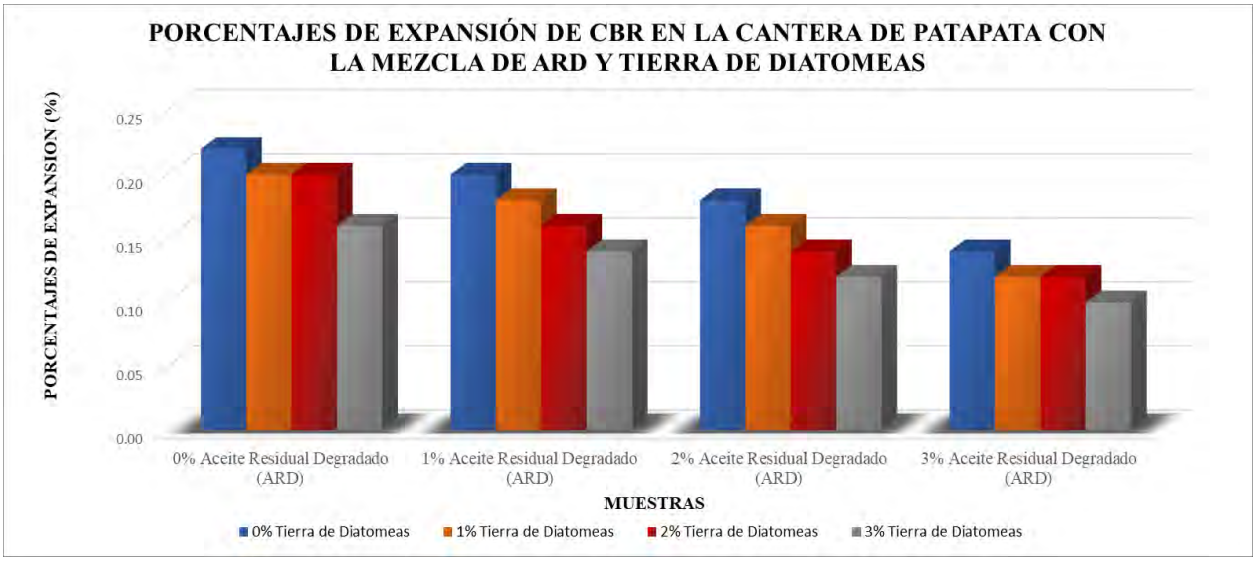
De manera similar, al incrementar la cantidad de ARD se aprecia una mejora progresiva en los valores de CBR hasta alcanzar el 2%, pero al llegar al 3% se produce una leve disminución. Este comportamiento sugiere que tanto la tierra de diatomeas como el ARD presentan un umbral óptimo de aplicación, más allá del cual los beneficios tienden a estabilizarse o incluso decrecer.

#### *6.1.2.7.1 Porcentajes de expansión de la cantera de Patapata usando la mezcla de Aceite Residual Degradado (ARD) y Tierra de diatomeas*

En la Gráfica 88 se muestra los resultados para los porcentajes de expansión obtenidos en las mezclas de 0%, 1%, 2% y 3% de tierra de Diatomeas y sus variaciones con 0%, 1%, 2% y 3% de Aceite Residual Degradado (ARD).

**Gráfica 88**

*Porcentajes de expansión de la cantera de Patapata usando la mezcla de ARD y Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

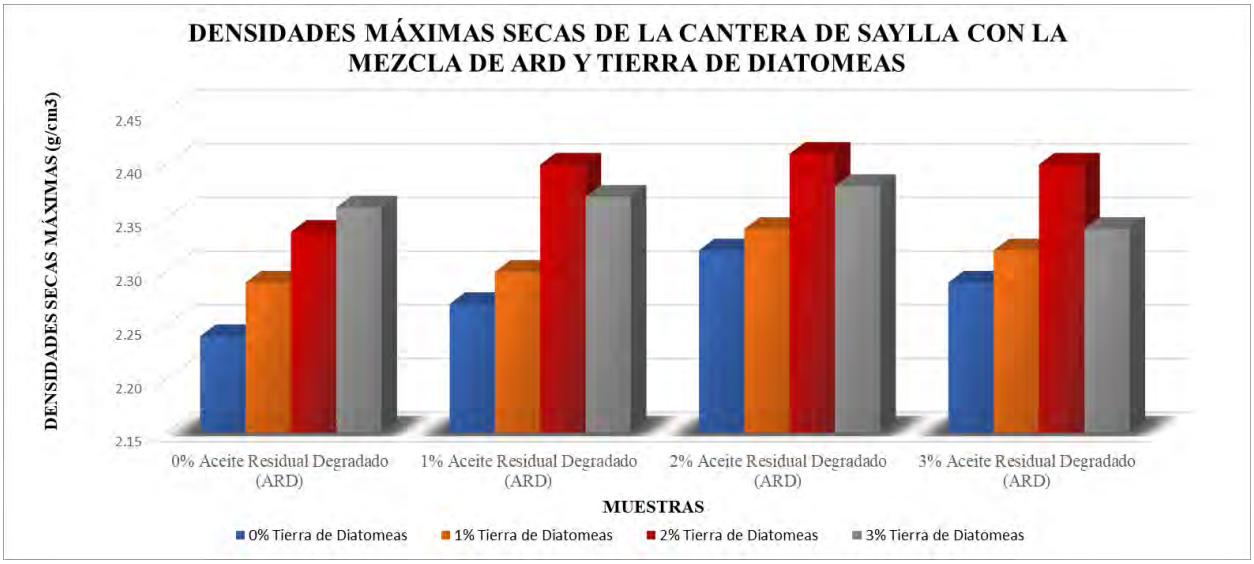
Apreciando los datos obtenidos se puede deducir que cuando aumentamos el porcentaje de tierra de diatomeas apreciamos una disminución en los porcentajes de expansión al igual si aumentamos los porcentajes de ARD.

#### *6.1.2.7.2 Máximas Densidades Secas halladas en CBR de la cantera de Patapata usando la mezcla de Aceite Residual Degradado (ARD) y Tierra de diatomeas*

En la Gráfica 89 se muestra los resultados para las máximas densidades secas obtenidos en las mezclas de 0%, 1%, 2% y 3% de tierra de Diatomeas y sus variaciones con 0%, 1%, 2% y 3% de Aceite Residual Degradado (ARD).

**Gráfica 89**

*Máximas Densidades Secas de la cantera de Patapata usando la mezcla de ARD y Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

Apreciando los datos obtenidos se puede deducir que, mientras se incrementa el porcentaje de diatomeas y mantenemos 0% de ARD, se observa un aumento en las máximas densidades secas, alcanzando valores más altos de compactación. Sin embargo, cuando se mantiene 1%, 2% y 3% de ARD, se aprecia una ligera reducción al llegar al 3% de tierra de diatomeas, lo que sugiere un límite en la capacidad de mejora.

La mezcla de ARD y diatomeas tiene un umbral óptimo, pues más allá de cierto porcentaje los beneficios en compactación y estabilidad del suelo se reducen.

#### 6.1.2.8 Resultados del ensayo de Módulo Resiliente de la cantera de Patapata usando la mezcla de Aceite Residual Degradado (ARD) y Tierra de diatomeas

La tabla 125 nos indica el resumen del ensayo de Módulo Resiliente para la cantera de Patapata para los mejores valores obtenidos en el ensayo de CBR. El porcentaje analizado es 0% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas.

**Tabla 125**

*Resumen de Datos del ensayo MR para 0% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas de la cantera de Patapata*

| Secuencia N° | Presión de Confinamiento S3 kPa | Esfuerzo desviador máximo Teórico kPa | Esfuerzo desviador máximo aplicado kPa | Des. Estándar Esfuerzo desviador | Suma de esfuerzos principales kPa | Media de la Tensión resiliente % | Des. Estándar de Tensión resiliente | Módulo resiliente medio kPa | Des. Estándar de Módulo resiliente | Módulo Resiliente Modelo Kpa |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 20.7 | 20.7 | 85.92 | 1.14 | 148.02 | 0.014 | 0.003 | 121737 | 17994 | 206285 |
| 2 | 20.7 | 41.4 | 106.26 | 2.69 | 168.36 | 0.013 | 0.003 | 260649 | 35913 | 190136 |
| 3 | 20.7 | 62.1 | 129.98 | 5.10 | 192.08 | 0.031 | 0.004 | 187888 | 16546 | 176693 |
| 4 | 34.5 | 34.5 | 101.06 | 2.45 | 204.56 | 0.016 | 0.003 | 201882 | 51888 | 212574 |
| 5 | 34.5 | 68.9 | 131.78 | 0.49 | 235.28 | 0.022 | 0.003 | 260977 | 34817 | 190353 |
| 6 | 34.5 | 103.4 | 158.06 | 0.24 | 261.56 | 0.050 | 0.000 | 157908 | 1385 | 177212 |
| 7 | 68.9 | 68.9 | 139.60 | 5.65 | 346.30 | 0.029 | 0.003 | 216893 | 15666 | 215054 |
| 8 | 68.9 | 137.9 | 180.92 | 7.95 | 387.62 | 0.060 | 0.006 | 164447 | 8631 | 191180 |
| 9 | 68.9 | 206.8 | 237.46 | 13.98 | 444.16 | 0.107 | 0.006 | 159020 | 8635 | 170229 |
| 10 | 103.4 | 68.9 | 125.20 | 5.65 | 435.40 | 0.023 | 0.003 | 288155 | 28777 | 253043 |
| 11 | 103.4 | 103.4 | 140.58 | 6.39 | 450.78 | 0.039 | 0.005 | 197758 | 15432 | 238544 |
| 12 | 103.4 | 206.8 | 252.84 | 12.34 | 563.04 | 0.098 | 0.003 | 177344 | 12321 | 180313 |
| 13 | 137.9 | 103.4 | 160.18 | 8.02 | 573.88 | 0.032 | 0.006 | 261063 | 28935 | 242506 |
| 14 | 137.9 | 137.9 | 186.66 | 9.94 | 600.36 | 0.047 | 0.003 | 220008 | 8632 | 224263 |
| 15 | 137.9 | 275.8 | 277.45 | 1.50 | 691.15 | 0.114 | 0.010 | 178253 | 14065 | 184938 |

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 126 nos muestra la ecuación constitutiva del Módulo Resiliente.

**Tabla 126**

*Parámetros de la Ecuación Constitutiva de Módulo Resiliente 0% de ARD Y 0% de Tierra de Diatomeas de la cantera de Patapata*

| CALIBRACIÓN | | |
|---|---|---|
| Presión Atmosferica | 68.4 | |
| k1 | 2538.501537 | |
| k2 | 0.409924111 | |
| k3 | -0.632073307 | |
| $\sigma_3$: | Presion de Confinamiento | |
| $\sigma_1$: | Esfuerzo Desviador | |
| **DATOS DE LA MUESTRA** | | |
| Diametro: | 100 | mm |
| Altura: | 200 | mm |

Fuente: Elaboración propia

**Ecuación 16:**

*Fórmula general para el Módulo Resiliente para 0% de ARD Y 0% de Tierra de Diatomeas de la cantera de Patapata:*

$$Mr = 2538.50 * Pa * (\frac{\theta}{Pa})^{0.410} * (\frac{\sigma_d}{Pa})^{-0.632}$$

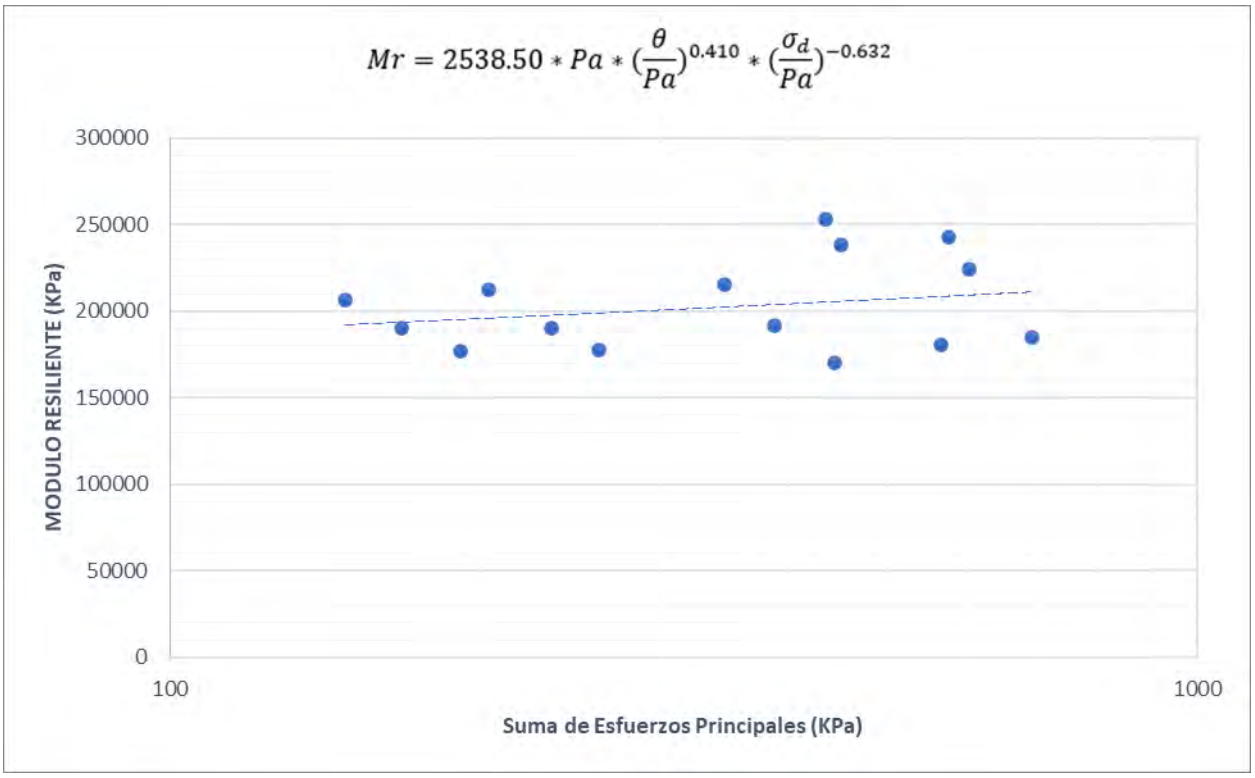
Donde:

- $\theta$: $Suma\ de\ esfuerzos\ principales$
- $Pa$: $Presión\ Atmosferica\ en\ Cusco$
- $\sigma_d$: $Esfuerzo\ Desviador$
- $K_1; K_2; K_3$: $Constantes\ de\ Regresion$

En la Gráfica 90 nos muestra la gráfica del Módulo Resiliente vs Suma de Esfuerzos Principales. Podemos apreciar que cuando la Suma de Esfuerzos Principales aumenta el módulo resiliente aumenta ligeramente lo cual tendría una pendiente positiva, esto nos indicaría que se comporta como un suelo grueso granular.

**Gráfica 90**

*Módulo Resiliente 0% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas de la cantera de Patapata*




Fuente: Elaboración propia

La tabla 127 nos indica el resumen del ensayo de Módulo Resiliente para la cantera de Patapata para los mejores valores obtenidos en el ensayo de CBR. El porcentaje analizado es 1% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas.

**Tabla 127**

*Resumen de Datos del ensayo MR para 1% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas de la cantera de Patapata*

| Secuencia N° | Presión de Confinamiento S3 kPa | Esfuerzo desviador máximo Teorico kPa | Esfuerzo desviador máximo aplicado kPa | Des. Estándar Esfuerzo desviador | Suma de esfuerzos principales kPa | Media de la Tensión resiliente % | Des. Estándar de Tensión resiliente | Módulo resiliente medio kPa | Des. Estándar de Módulo resiliente | Módulo Resiliente Modelo Kpa |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 20.7 | 20.7 | 93.70 | 1.28 | 155.80 | 0.006 | 0.000 | 404172 | 29620 | 611880 |
| 2 | 20.7 | 41.4 | 110.68 | 2.91 | 172.78 | 0.006 | 0.000 | 715949 | 33996 | 502287 |
| 3 | 20.7 | 62.1 | 136.60 | 4.68 | 198.70 | 0.018 | 0.005 | 423741 | 88870 | 393497 |
| 4 | 34.5 | 34.5 | 104.68 | 2.16 | 208.18 | 0.007 | 0.000 | 596923 | 25272 | 609749 |
| 5 | 34.5 | 68.9 | 137.70 | 0.51 | 241.20 | 0.013 | 0.000 | 580209 | 12013 | 434762 |
| 6 | 34.5 | 103.4 | 165.86 | 5.28 | 269.36 | 0.032 | 0.000 | 274048 | 15846 | 347694 |
| 7 | 68.9 | 68.9 | 158.44 | 7.12 | 365.14 | 0.015 | 0.003 | 560049 | 70434 | 444953 |
| 8 | 68.9 | 137.9 | 197.86 | 7.53 | 404.56 | 0.043 | 0.005 | 267699 | 15521 | 335005 |
| 9 | 68.9 | 206.8 | 242.76 | 15.35 | 449.46 | 0.099 | 0.011 | 175473 | 10243 | 259612 |
| 10 | 103.4 | 68.9 | 142.76 | 0.76 | 452.96 | 0.013 | 0.000 | 630769 | 9718 | 592032 |
| 11 | 103.4 | 103.4 | 156.70 | 0.82 | 466.90 | 0.026 | 0.000 | 366982 | 4567 | 521762 |
| 12 | 103.4 | 206.8 | 259.90 | 13.03 | 570.10 | 0.088 | 0.005 | 211952 | 6428 | 268097 |
| 13 | 137.9 | 103.4 | 158.30 | 2.63 | 572.00 | 0.013 | 0.000 | 723399 | 34228 | 577641 |
| 14 | 137.9 | 137.9 | 184.74 | 9.58 | 598.44 | 0.034 | 0.005 | 350991 | 20658 | 467107 |
| 15 | 137.9 | 275.8 | 369.36 | 1.57 | 783.06 | 0.102 | 0.000 | 262874 | 2089 | 187194 |

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 128 nos muestra los parámetros que forman la ecuación constitutiva del Módulo Resiliente.

**Tabla 128**

*Parámetros de la Ecuación Constitutiva de Modulo Resiliente 1% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas de la cantera de Patapata*

| CALIBRACIÓN | | |
|---|---|---|
| Presión Atmosferica | 68.4 | |
| k1 | 9034.589714 | |
| k2 | 0.578396966 | |
| k3 | -1.544311341 | |
| $\sigma_3$: | Presion de Confinamiento | |
| $\sigma_1$: | Esfuerzo Desviador | |
| **DATOS DE LA MUESTRA** | | |
| Diametro: | 100 | mm |
| Altura: | 200 | mm |

Fuente: Elaboración propia

**Ecuación 17:**

*Fórmula general para el Módulo Resiliente para 1% de ARD Y 2% de Tierra de Diatomeas de la cantera de Patapata:*

$$Mr = 9034.59 * Pa * (\frac{\theta}{Pa})^{0.578} * (\frac{\sigma_d}{Pa})^{-1.544}$$

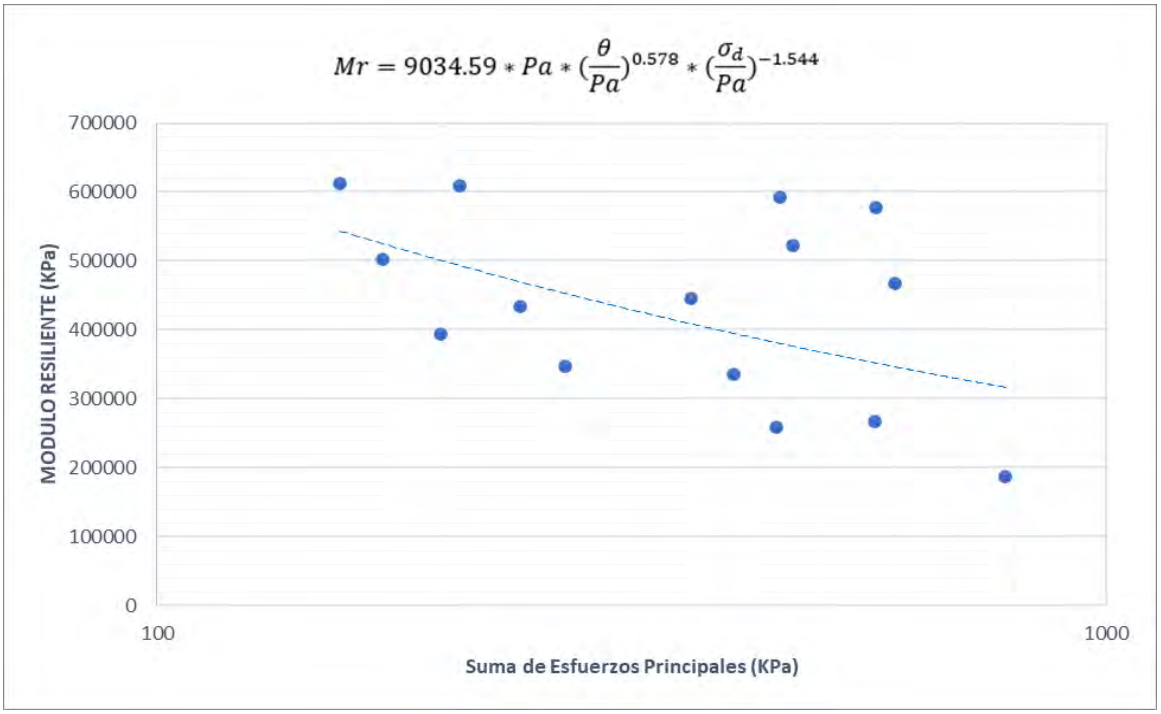
Donde:

- $\theta$: $Suma\ de\ esfuerzos\ principales$
- $Pa$: $Presión\ Atmosferica\ en\ Cusco$
- $\sigma_d$: $Esfuerzo\ Desviador$
- $K_1; K_2; K_3$: $Constantes\ de\ Regresion$

En la Gráfica 91 nos muestra la gráfica del Módulo Resiliente vs Suma de Esfuerzos Principales. Podemos apreciar que cuando el Suma de Esfuerzos Principales aumenta el módulo resiliente disminuye ligeramente lo cual tendría una pendiente negativa, esto nos indicaría que se comporta como un suelo fino granular debido a la cohesión que le entrega la diatomea y ARD.

**Gráfica 91**

*Módulo Resiliente 1% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas de la cantera de Patapata*




Fuente: Elaboración propia

La tabla 129 nos indica el resumen del ensayo de Módulo Resiliente para la cantera de Patapata para los mejores valores obtenidos en el ensayo de CBR. El porcentaje analizado es 2% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas.

**Tabla 129**

*Resumen de Datos del Ensayo MR para 2% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas de la cantera de Patapata*

| Secuencia N° | Presión de Confinamiento S3 | Esfuerzo desviador máximo Teorico | Esfuerzo desviador máximo aplicado | Des. Estándar Esfuerzo desviador | Suma de esfuerzos principales | Media de la Tensión resiliente | Des. Estándar de Tensión resiliente | Módulo resiliente medio | Des. Estándar de Módulo resiliente | Módulo Resiliente Modelo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | kPa | kPa | kPa | | kPa | % | | kPa | | Kpa |
| 1 | 20.7 | 20.7 | 91.50 | 2.32 | 153.60 | 0.007 | 0.000 | 344214 | 21434 | 551634 |
| 2 | 20.7 | 41.4 | 110.36 | 3.85 | 172.46 | 0.006 | 0.000 | 728000 | 56362 | 473399 |
| 3 | 20.7 | 62.1 | 137.64 | 4.30 | 199.74 | 0.019 | 0.001 | 379910 | 24903 | 395804 |
| 4 | 34.5 | 34.5 | 101.08 | 2.78 | 204.58 | 0.007 | 0.000 | 593824 | 24573 | 522618 |
| 5 | 34.5 | 68.9 | 148.90 | 5.37 | 252.40 | 0.024 | 0.002 | 361294 | 17084 | 379622 |
| 6 | 34.5 | 103.4 | 150.52 | 0.73 | 254.02 | 0.026 | 0.000 | 324299 | 2696 | 376271 |
| 7 | 68.9 | 68.9 | 144.60 | 6.26 | 351.30 | 0.019 | 0.000 | 432715 | 28802 | 405565 |
| 8 | 68.9 | 137.9 | 175.08 | 8.76 | 381.78 | 0.033 | 0.001 | 336209 | 15907 | 345485 |
| 9 | 68.9 | 206.8 | 250.98 | 1.33 | 457.68 | 0.081 | 0.003 | 199079 | 5418 | 256226 |
| 10 | 103.4 | 68.9 | 157.62 | 6.74 | 467.82 | 0.019 | 0.000 | 433141 | 28162 | 388824 |
| 11 | 103.4 | 103.4 | 173.14 | 7.37 | 483.34 | 0.032 | 0.001 | 293335 | 25255 | 359032 |
| 12 | 103.4 | 206.8 | 258.74 | 20.39 | 568.94 | 0.091 | 0.009 | 201922 | 6675 | 256020 |
| 13 | 137.9 | 103.4 | 163.36 | 8.32 | 577.06 | 0.025 | 0.000 | 380040 | 23862 | 386314 |
| 14 | 137.9 | 137.9 | 197.90 | 9.21 | 611.60 | 0.034 | 0.002 | 341269 | 2191 | 327933 |
| 15 | 137.9 | 275.8 | 344.22 | 29.63 | 757.92 | 0.099 | 0.003 | 276461 | 35531 | 205542 |

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 130 nos muestra los parámetros que forman la ecuación constitutiva del Módulo Resiliente.

**Tabla 130**

*Parámetros de la Ecuación Constitutiva de Módulo Resiliente 2% de ARD Y 2% de Tierra de Diatomeas de la cantera de Patapata*

| CALIBRACIÓN | | |
|---|---|---|
| Presión Atmosferica | 68.4 | |
| k1 | 9476.870725 | |
| k2 | 0.120978073 | |
| k3 | -0.890863975 | |
| $\sigma_3$: | Presion de Confinamiento | |
| $\sigma_1$: | Esfuerzo Desviador | |
| **DATOS DE LA MUESTRA** | | |
| Diametro: | 100 | mm |
| Altura: | 200 | mm |

Fuente: Elaboración propia

**Ecuación 18:**

*Fórmula general para el Módulo Resiliente para 2% de ARD Y 2% de Tierra de Diatomeas de la cantera de Patapata:*

$$Mr = 9476.87 * Pa * (\frac{\theta}{Pa})^{0.121} * (\frac{\sigma_d}{Pa})^{-0.891}$$

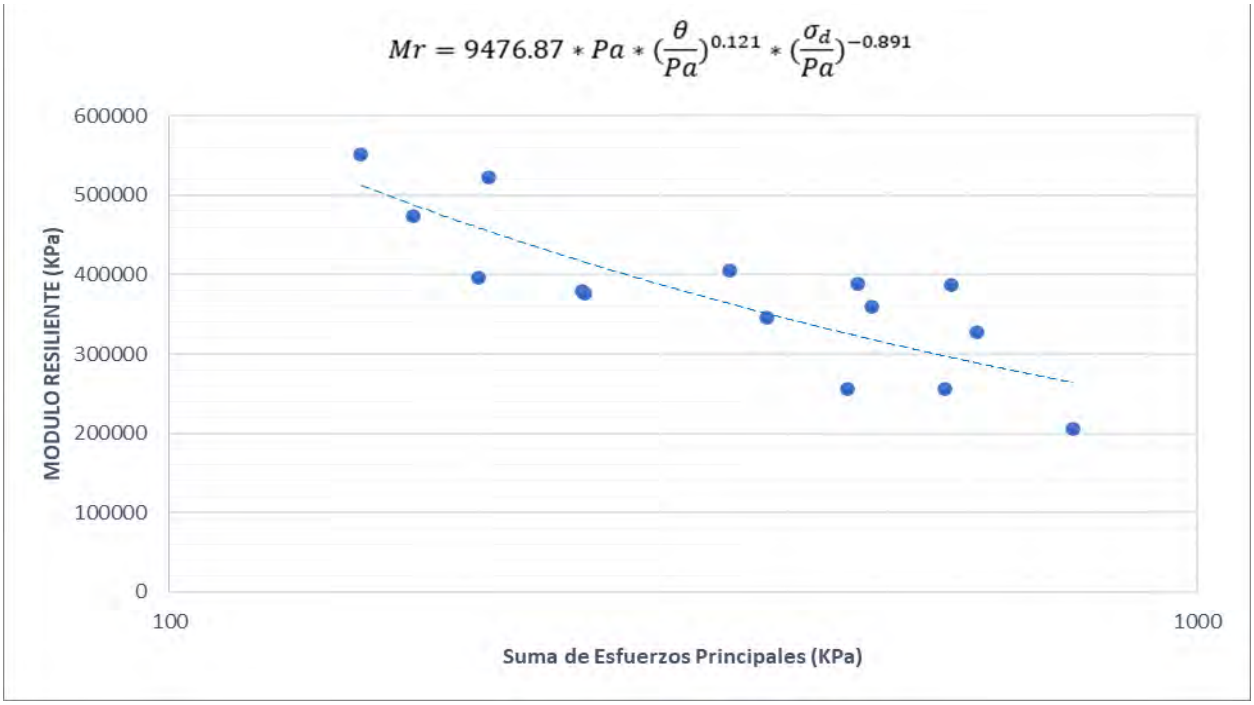
Donde:

- $\theta$: $Suma\ de\ esfuerzos\ principales$
- $Pa$: $Presión\ Atmosferica\ en\ Cusco$
- $\sigma_d$: $Esfuerzo\ Desviador$
- $K_1; K_2; K_3$: $Constantes\ de\ Regresion$

En la Gráfica 92 nos muestra la gráfica del Módulo Resiliente vs Suma de Esfuerzos Principales. Podemos apreciar que cuando el Suma de Esfuerzos Principales aumenta el módulo resiliente disminuye lo cual tendría una pendiente negativa, esto nos indicaría que se comporta como un suelo fino granular debido a la cohesión que le entrega la diatomea y ARD.

**Gráfica 92**

*Módulo Resiliente 2% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas de la cantera de Patapata*




Fuente: Elaboración propia

La Tabla 131 nos muestra la comparación de los Módulos Resilientes realizados en la cantera de Patapata. Podemos apreciar que los valores más altos se obtuvieron con la mezcla de 1% de ARD y 2% de tierra de diatomeas, alcanzando un módulo resiliente superior a 600,000 kPa. Este resultado evidencia que la combinación de ambos aditivos genera una mejora significativa en la capacidad del suelo para resistir cargas repetitivas, lo cual es fundamental en el diseño de pavimentos y estructuras sometidas a esfuerzos dinámicos.

Asimismo, se observa que al pasar a 2% de ARD y 2% de diatomeas los valores tienden a disminuir ligeramente, lo que sugiere la existencia de un umbral óptimo de aplicación. Este hallazgo permite definir proporciones adecuadas de aditivos para maximizar la durabilidad del suelo, mejorar su comportamiento resiliente y evitar un uso excesivo que no aporte beneficios adicionales.

**Tabla 131**

*Comparación de Módulos Resilientes en la cantera de Patapata*

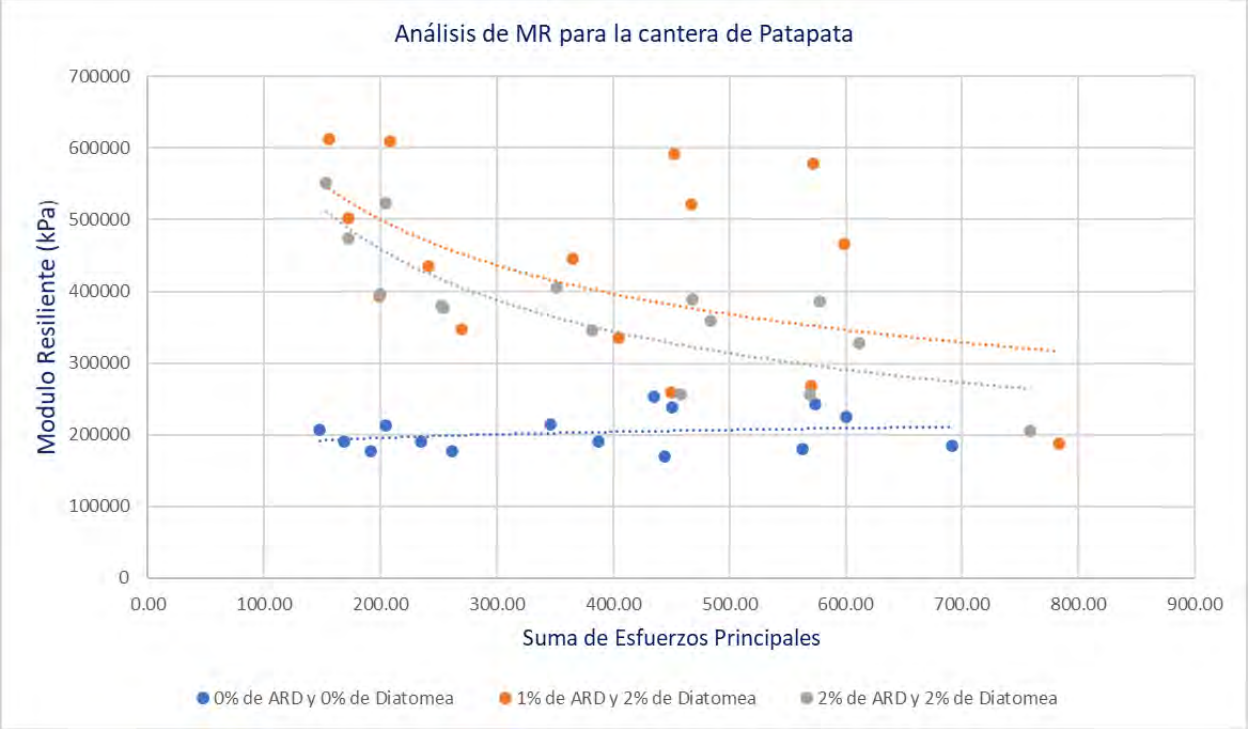
| 0% de ARD Y 0% de Diatomea | | 1% de ARD Y 2% de Diatomea | | 2% de ARD Y 2% de Diatomea | |
|---|---|---|---|---|---|
| Suma de esfuerzos principales | Módulo Resiliente Modelo | Suma de esfuerzos principales | Módulo Resiliente Modelo | Suma de esfuerzos principales | Módulo Resiliente Modelo |
| kPa | kPa | kPa | kPa | kPa | kPa |
| 148.02 | 206285 | 155.80 | 611880 | 153.60 | 551634 |
| 168.36 | 190136 | 172.78 | 502287 | 172.46 | 473399 |
| 192.08 | 176693 | 198.70 | 393497 | 199.74 | 395804 |
| 204.56 | 212574 | 208.18 | 609749 | 204.58 | 522618 |
| 235.28 | 190353 | 241.20 | 434762 | 252.40 | 379622 |
| 261.56 | 177212 | 269.36 | 347694 | 254.02 | 376271 |
| 346.30 | 215054 | 365.14 | 444953 | 351.30 | 405565 |
| 387.62 | 191180 | 404.56 | 335005 | 381.78 | 345485 |
| 444.16 | 170229 | 449.46 | 259612 | 457.68 | 256226 |
| 435.40 | 253043 | 452.96 | 592032 | 467.82 | 388824 |
| 450.78 | 238544 | 466.90 | 521762 | 483.34 | 359032 |
| 563.04 | 180313 | 570.10 | 268097 | 568.94 | 256020 |
| 573.88 | 242506 | 572.00 | 577641 | 577.06 | 386314 |
| 600.36 | 224263 | 598.44 | 467107 | 611.60 | 327933 |
| 691.15 | 184938 | 783.06 | 187194 | 757.92 | 205542 |

Fuente: Elaboración propia

En la Gráfica 93 nos muestra la comparación de los Módulos Resilientes realizados en la cantera de Patapata con los porcentajes de 0%, 0%; 1%; 2% y 2%, 2% de ARD y tierra de Diatomeas respectivamente.

**Gráfica 93**

*Comparación de los Módulos Resilientes en la cantera de Patapata*




Fuente: Elaboración propia

### 6.1.2.9 Resultados del ensayo de Módulo Resiliente de la cantera de Saylla usando la mezcla de Aceite Residual Degradado (ARD) y Tierra de diatomeas

La Tabla 132 nos indica el resumen del ensayo de Módulo Resiliente para la cantera de Saylla, considerando los mejores valores obtenidos en el ensayo de CBR. El porcentaje analizado corresponde a 0% de ARD y 0% de tierra de diatomeas, lo que permite establecer una referencia base frente a las mezclas con aditivos. Este valor inicial es importante porque sirve como punto de comparación para evaluar la eficiencia de las modificaciones posteriores y determinar el impacto real de los aditivos en el comportamiento resiliente del suelo.

**Tabla 132**

*Resumen de Datos del Ensayo MR para 0% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas de la cantera de Saylla*

| Secuencia N° | Presión de Confinamiento S3 | Esfuerzo desviador máximo Teórico | Esfuerzo desviador máximo aplicado | Des. Estándar Esfuerzo desviador | Suma de esfuerzos principales | Media de la Tensión resiliente | Des. Estándar de Tensión resiliente | Módulo resiliente medio | Des. Estándar de Módulo resiliente | Módulo Resiliente Modelo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | kPa | kPa | kPa | | kPa | % | | kPa | | kPa |
| 1 | 20.7 | 20.7 | 88.66 | 1.40 | 150.76 | 0.014 | 0.005 | 154329 | 65770 | 200186 |
| 2 | 20.7 | 41.4 | 104.98 | 2.76 | 167.08 | 0.016 | 0.003 | 251124 | 34750 | 199947 |
| 3 | 20.7 | 62.1 | 123.50 | 4.92 | 185.60 | 0.033 | 0.002 | 181836 | 14001 | 199716 |
| 4 | 34.5 | 34.5 | 95.36 | 2.46 | 198.86 | 0.019 | 0.004 | 148933 | 78271 | 200074 |
| 5 | 34.5 | 68.9 | 128.34 | 5.50 | 231.84 | 0.025 | 0.000 | 273680 | 21482 | 199655 |
| 6 | 34.5 | 103.4 | 138.32 | 1.29 | 241.82 | 0.034 | 0.003 | 217293 | 23756 | 199549 |
| 7 | 68.9 | 68.9 | 131.58 | 5.88 | 338.28 | 0.038 | 0.004 | 188221 | 12909 | 199606 |
| 8 | 68.9 | 137.9 | 170.44 | 7.61 | 377.14 | 0.060 | 0.005 | 168441 | 11485 | 199242 |
| 9 | 68.9 | 206.8 | 240.00 | 17.21 | 446.70 | 0.097 | 0.010 | 177825 | 4169 | 198761 |
| 10 | 103.4 | 68.9 | 119.24 | 4.49 | 429.44 | 0.023 | 0.005 | 296140 | 49511 | 199735 |
| 11 | 103.4 | 103.4 | 137.68 | 0.87 | 447.88 | 0.042 | 0.003 | 181065 | 12437 | 199533 |
| 12 | 103.4 | 206.8 | 246.58 | 18.65 | 556.78 | 0.100 | 0.010 | 178590 | 8163 | 198716 |
| 13 | 137.9 | 103.4 | 138.18 | 4.95 | 551.88 | 0.047 | 0.003 | 170584 | 7428 | 199520 |
| 14 | 137.9 | 137.9 | 159.04 | 8.50 | 572.74 | 0.057 | 0.000 | 175701 | 14701 | 199323 |
| 15 | 137.9 | 275.8 | 316.84 | 22.96 | 730.54 | 0.114 | 0.004 | 228170 | 14672 | 198359 |

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 133 nos muestra los parámetros que forman la ecuación constitutiva del Módulo Resiliente.

**Tabla 133**

*Parámetros de la Ecuación Constitutiva de Módulo Resiliente 0% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas de la cantera de Saylla*

| CALIBRACIÓN | | |
|---|---|---|
| Presión Atmosférica | 68.4 | |
| k1 | 2932.418638 | |
| k2 | -0.000181928 | |
| k3 | -0.0069742 | |
| $\sigma_3$: | Presion de Confinamiento | |
| $\sigma_1$: | Esfuerzo Desviador | |
| **DATOS DE LA MUESTRA** | | |
| Diametro: | 100 | mm |
| Altura: | 200 | mm |

Fuente: Elaboración propia

**Ecuación 19:**

*Fórmula general para el Módulo Resiliente para 0% de ARD Y 0% de Tierra de Diatomeas de la cantera de Saylla:*

$$Mr = 2932.41 * Pa * (\frac{\theta}{Pa})^{-0.0002} * (\frac{\sigma_d}{Pa})^{-0.0070}$$

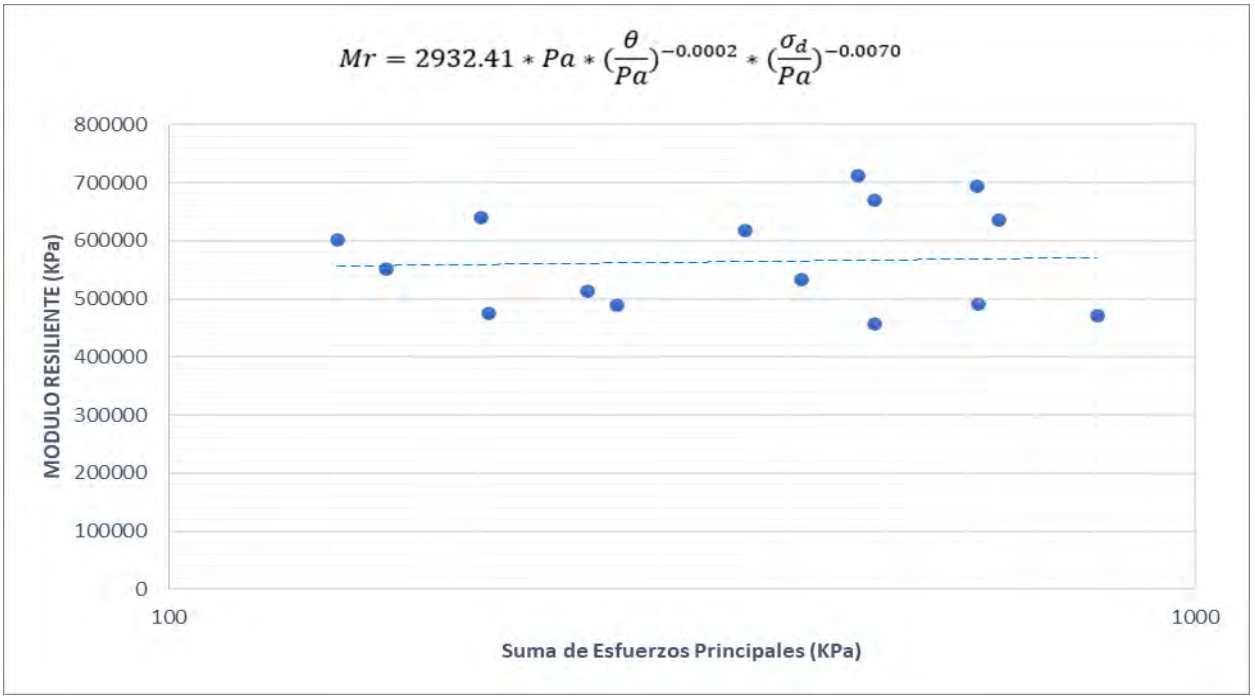
Donde:

- $\theta$: $Suma\ de\ esfuerzos\ principales$
- $Pa$: $Presión\ Atmosferica\ en\ Cusco$
- $\sigma_d$: $Esfuerzo\ Desviador$
- $K_1; K_2; K_3$: $Constantes\ de\ Regresion$

En la Gráfica 94 se presenta la relación entre el Módulo Resiliente y la Suma de Esfuerzos Principales. Se observa que, a medida que aumenta la Suma de Esfuerzos Principales, el módulo resiliente disminuye ligeramente, mostrando una pendiente negativa y un comportamiento propio de un material con ligera tendencia hacia un suelo fino granular.

**Gráfica 94**

*Módulo Resiliente 0% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas de la cantera de Saylla*




Fuente: Elaboración propia

La tabla 134 nos indica el resumen del ensayo de Módulo Resiliente para la cantera de Saylla para los mejores valores obtenidos en el ensayo de CBR. El porcentaje analizado es 2% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas.

**Tabla 134**

*Resumen de Datos del Ensayo MR para 2% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas de la cantera de Saylla*

| Secuencia N° | Presión de Confinamiento S3 kPa | Esfuerzo desviador máximo Teórico kPa | Esfuerzo desviador máximo aplicado kPa | Des. Estándar Esfuerzo desviador | Suma de esfuerzos principales kPa | Media de la Tensión resiliente % | Des. Estándar de Tensión resiliente | Módulo resiliente medio kPa | Des. Estándar de Módulo resiliente | Módulo Resiliente Modelo Kpa |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 20.7 | 20.7 | 83.66 | 4.40 | 145.76 | 0.008 | 0.003 | 317231 | 107681 | 600746 |
| 2 | 20.7 | 41.4 | 100.70 | 10.87 | 162.80 | 0.008 | 0.002 | 667163 | 244620 | 551164 |
| 3 | 20.7 | 62.1 | 142.82 | 6.88 | 204.92 | 0.018 | 0.008 | 653422 | 346215 | 474677 |
| 4 | 34.5 | 34.5 | 98.06 | 8.67 | 201.56 | 0.013 | 0.000 | 326880 | 74879 | 640031 |
| 5 | 34.5 | 68.9 | 152.48 | 8.87 | 255.98 | 0.014 | 0.005 | 826211 | 328055 | 513828 |
| 6 | 34.5 | 103.4 | 169.82 | 0.31 | 273.32 | 0.016 | 0.003 | 689461 | 145526 | 489129 |
| 7 | 68.9 | 68.9 | 157.96 | 10.16 | 364.66 | 0.013 | 0.004 | 896149 | 309535 | 616732 |
| 8 | 68.9 | 137.9 | 206.30 | 8.91 | 413.00 | 0.032 | 0.004 | 449573 | 44988 | 533579 |
| 9 | 68.9 | 206.8 | 280.92 | 15.78 | 487.62 | 0.085 | 0.011 | 251032 | 16427 | 457313 |
| 10 | 103.4 | 68.9 | 159.24 | 10.22 | 469.44 | 0.018 | 0.002 | 600632 | 129066 | 712511 |
| 11 | 103.4 | 103.4 | 176.50 | 7.04 | 486.70 | 0.016 | 0.003 | 812299 | 138187 | 669061 |
| 12 | 103.4 | 206.8 | 305.00 | 1.60 | 615.20 | 0.077 | 0.003 | 279202 | 7292 | 491159 |
| 13 | 137.9 | 103.4 | 199.58 | 7.37 | 613.28 | 0.016 | 0.005 | 824772 | 222351 | 694473 |
| 14 | 137.9 | 137.9 | 229.98 | 9.33 | 643.68 | 0.024 | 0.005 | 633843 | 108458 | 636289 |
| 15 | 137.9 | 275.8 | 389.16 | 2.20 | 802.86 | 0.095 | 0.006 | 321607 | 16772 | 471453 |

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 135 nos muestra los parámetros que forman la ecuación constitutiva del Módulo Resiliente.

**Tabla 135**

*Parámetros de la Ecuación Constitutiva de Módulo Resiliente 2% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas de la cantera de Saylla*

| CALIBRACIÓN | | |
|---|---|---|
| Presión Atmosferica | 68.4 | |
| k1 | 6592.191894 | |
| k2 | 0.597797194 | |
| k3 | -0.821168909 | |
| $\sigma_3$: | Presion de Confinamiento | |
| $\sigma_1$: | Esfuerzo Desviador | |
| **DATOS DE LA MUESTRA** | | |
| Diametro: | 100 | mm |
| Altura: | 200 | mm |

Fuente: Elaboración propia

**Ecuación 20:**

*Fórmula general para el Módulo Resiliente para 2% de ARD Y 2% de Tierra de Diatomeas de la cantera de Saylla:*

$$Mr = 6592.19 * Pa * (\frac{\theta}{Pa})^{0.598} * (\frac{\sigma_d}{Pa})^{-0.821}$$

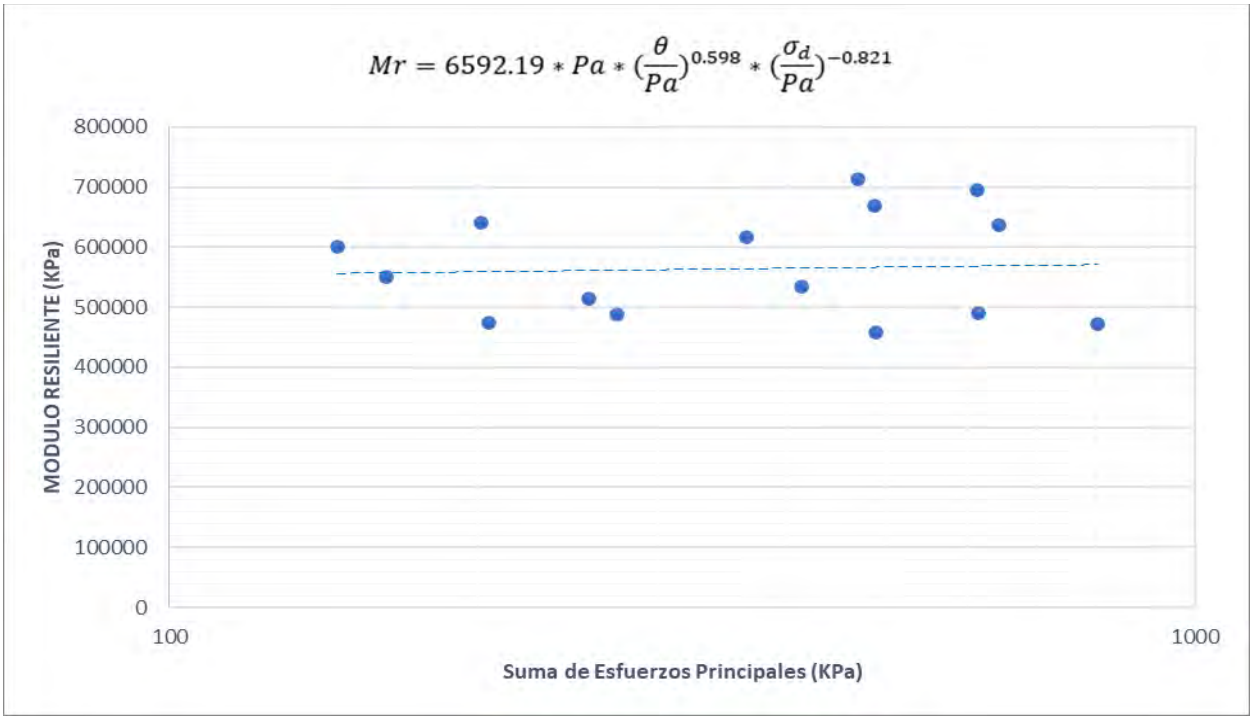
Donde:

- $\theta$: $Suma\ de\ esfuerzos\ principales$
- $Pa$: $Presión\ Atmosferica\ en\ Cusco$
- $\sigma_d$: $Esfuerzo\ Desviador$
- $K_1; K_2; K_3$: $Constantes\ de\ Regresion$

En la Gráfica 95 se presenta la relación entre el Módulo Resiliente y la Suma de Esfuerzos Principales. Se observa que, a medida que aumenta la Suma de Esfuerzos Principales, el módulo resiliente disminuye ligeramente, mostrando un comportamiento característico de un suelo fino granular estabilizado con la mezcla de Tierra de Diatomeas y ARD.

**Gráfica 95**

*Módulo Resiliente 2% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas de la cantera de Saylla*




Fuente: Elaboración propia

La tabla 136 nos indica el resumen del ensayo de Módulo Resiliente para la cantera de Saylla para los mejores valores obtenidos en el ensayo de CBR. El porcentaje analizado es 3% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas.

**Tabla 136**

*Resumen de Datos del Ensayo MR para 3% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas de la cantera de Saylla*

| Secuencia N° | Presión de Confinamiento S3 kPa | Esfuerzo desviador máximo Teórico kPa | Esfuerzo desviador máximo aplicado kPa | Des. Estándar Esfuerzo desviador | Suma de esfuerzos principales kPa | Media de la Tensión resiliente % | Des. Estándar de Tensión resiliente | Módulo resiliente medio kPa | Des. Estándar de Módulo resiliente | Módulo Resiliente Modelo Kpa |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 20.7 | 20.7 | 91.62 | 1.69 | 153.72 | 0.006 | 0.000 | 411872 | 30738 | 723921 |
| 2 | 20.7 | 41.4 | 113.58 | 3.54 | 175.68 | 0.006 | 0.000 | 872667 | 56525 | 623554 |
| 3 | 20.7 | 62.1 | 143.10 | 6.02 | 205.20 | 0.013 | 0.000 | 660052 | 49999 | 535468 |
| 4 | 34.5 | 34.5 | 103.48 | 3.51 | 206.98 | 0.013 | 0.010 | 490821 | 206297 | 776632 |
| 5 | 34.5 | 68.9 | 154.30 | 6.40 | 257.80 | 0.012 | 0.003 | 886425 | 267694 | 576739 |
| 6 | 34.5 | 103.4 | 181.48 | 9.91 | 284.98 | 0.028 | 0.006 | 386363 | 54486 | 515053 |
| 7 | 68.9 | 68.9 | 152.82 | 7.68 | 359.52 | 0.008 | 0.003 | 1316154 | 277015 | 735397 |
| 8 | 68.9 | 137.9 | 206.52 | 7.48 | 413.22 | 0.024 | 0.008 | 606586 | 176664 | 576957 |
| 9 | 68.9 | 206.8 | 268.08 | 17.04 | 474.78 | 0.079 | 0.009 | 270332 | 10740 | 473573 |
| 10 | 103.4 | 68.9 | 133.44 | 0.94 | 443.64 | 0.010 | 0.003 | 968062 | 316982 | 992458 |
| 11 | 103.4 | 103.4 | 164.00 | 7.43 | 474.20 | 0.018 | 0.005 | 689492 | 156622 | 823847 |
| 12 | 103.4 | 206.8 | 296.58 | 19.35 | 606.78 | 0.070 | 0.004 | 330960 | 22865 | 501462 |
| 13 | 137.9 | 103.4 | 173.18 | 10.75 | 586.88 | 0.012 | 0.003 | 1082923 | 297386 | 899043 |
| 14 | 137.9 | 137.9 | 194.98 | 1.33 | 608.68 | 0.024 | 0.005 | 599395 | 111641 | 806736 |
| 15 | 137.9 | 275.8 | 403.44 | 23.56 | 817.14 | 0.079 | 0.010 | 408507 | 45717 | 436180 |

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 137 nos muestra los parámetros que forman la ecuación constitutiva del Módulo Resiliente.

**Tabla 137**

*Parámetros de la Ecuación Constitutiva de Módulo Resiliente 3% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas de la cantera de Saylla*

| CALIBRACIÓN | | |
|---|---|---|
| Presión Atmosferica | 68.4 | |
| k1 | 8363.790432 | |
| k2 | 0.697997956 | |
| k3 | -1.128428212 | |
| $\sigma_3$: | Presion de Confinamiento | |
| $\sigma_i$: | Esfuerzo Desviador | |
| **DATOS DE LA MUESTRA** | | |
| Diametro: | 100 | mm |
| Altura: | 200 | mm |

Fuente: Elaboración propia

**Ecuación 21:**

*Fórmula general para el Módulo Resiliente para 3% de ARD Y 2% de Tierra de Diatomeas de la cantera de Saylla:*

$$Mr = 8363.79 * Pa * (\frac{\theta}{Pa})^{0.698} * (\frac{\sigma_d}{Pa})^{-1.128}$$

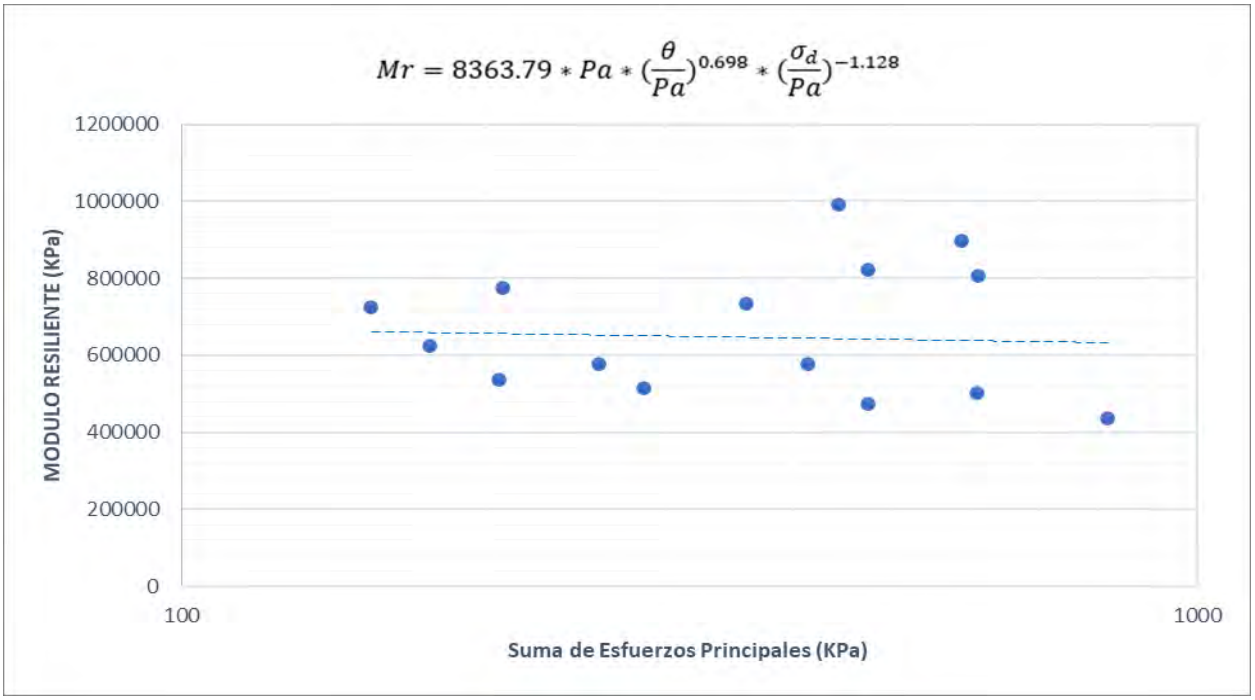
Donde:

- $\theta$: $Suma\ de\ esfuerzos\ principales$
- $Pa$: $Presión\ Atmosferica\ en\ Cusco$
- $\sigma_d$: $Esfuerzo\ Desviador$
- $K_1; K_2; K_3$: $Constantes\ de\ Regresion$

En la Gráfica 96 se presenta la relación entre el Módulo Resiliente y la Suma de Esfuerzos Principales. Se observa que, al aumentar la Suma de Esfuerzos Principales, el módulo resiliente disminuye ligeramente, evidenciando un comportamiento propio de un suelo fino granular estabilizado con Tierra de Diatomeas y ARD.

**Gráfica 96**

*Módulo Resiliente 3% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas de la cantera de Saylla*




Fuente: Elaboración propia

La Tabla 138 nos muestra la comparación de los Módulos Resilientes realizados en la cantera de Saylla. Podemos apreciar que los valores más altos se obtuvieron con la mezcla de 3% de ARD y 2% de tierra de diatomeas, alcanzando módulos superiores a 700,000 kPa. Este resultado evidencia que dicha combinación ofrece una mayor capacidad de resistencia frente a cargas repetitivas, lo que la convierte en una proporción óptima para mejorar el desempeño del suelo en aplicaciones de pavimentos y obras civiles.

**Tabla 138**

*Comparación de los Módulos Resilientes en la Cantera de Saylla*

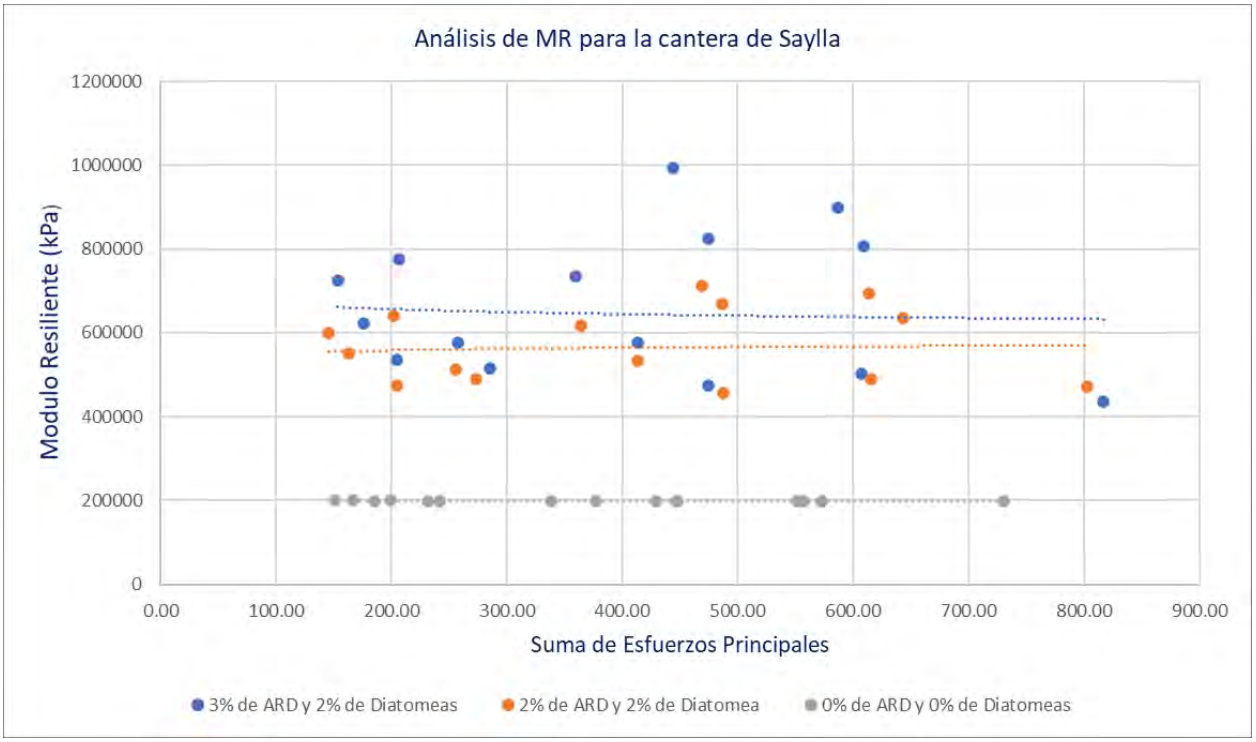
| 0% de ARD Y 0% de Diatomea | | 2% de ARD Y 2% de Diatomea | | 3% de ARD Y 2% de Diatomea | |
|---|---|---|---|---|---|
| Suma de esfuerzos principales | Módulo Resiliente Modelo | Suma de esfuerzos principales | Módulo Resiliente Modelo | Suma de esfuerzos principales | Módulo Resiliente Modelo |
| kPa | Kpa | kPa | Kpa | kPa | Kpa |
| 150.76 | 200186 | 145.76 | 600746 | 153.72 | 723921 |
| 167.08 | 199947 | 162.80 | 551164 | 175.68 | 623554 |
| 185.60 | 199716 | 204.92 | 474677 | 205.20 | 535468 |
| 198.86 | 200074 | 201.56 | 640031 | 206.98 | 776632 |
| 231.84 | 199655 | 255.98 | 513828 | 257.80 | 576739 |
| 241.82 | 199549 | 273.32 | 489129 | 284.98 | 515053 |
| 338.28 | 199606 | 364.66 | 616732 | 359.52 | 735397 |
| 377.14 | 199242 | 413.00 | 533579 | 413.22 | 576957 |
| 446.70 | 198761 | 487.62 | 457313 | 474.78 | 473573 |
| 429.44 | 199735 | 469.44 | 712511 | 443.64 | 992458 |
| 447.88 | 199533 | 486.70 | 669061 | 474.20 | 823847 |
| 556.78 | 198716 | 615.20 | 491159 | 606.78 | 501462 |
| 551.88 | 199520 | 613.28 | 694473 | 586.88 | 899043 |
| 572.74 | 199323 | 643.68 | 636289 | 608.68 | 806736 |
| 730.54 | 198359 | 802.86 | 471453 | 817.14 | 436180 |

Fuente: Elaboración propia

En la Gráfica 97 nos muestra la comparación de los Módulos Resilientes realizados en la cantera de Saylla con los porcentajes de 0%, 0%; 2%;2% y 3%,2% de ARD y tierra de Diatomeas Respectivamente.

**Gráfica 97**

*Comparación de los Módulos Resilientes de la cantera de Saylla*




Fuente: Elaboración propia

## 6.2 Discusión de Resultados

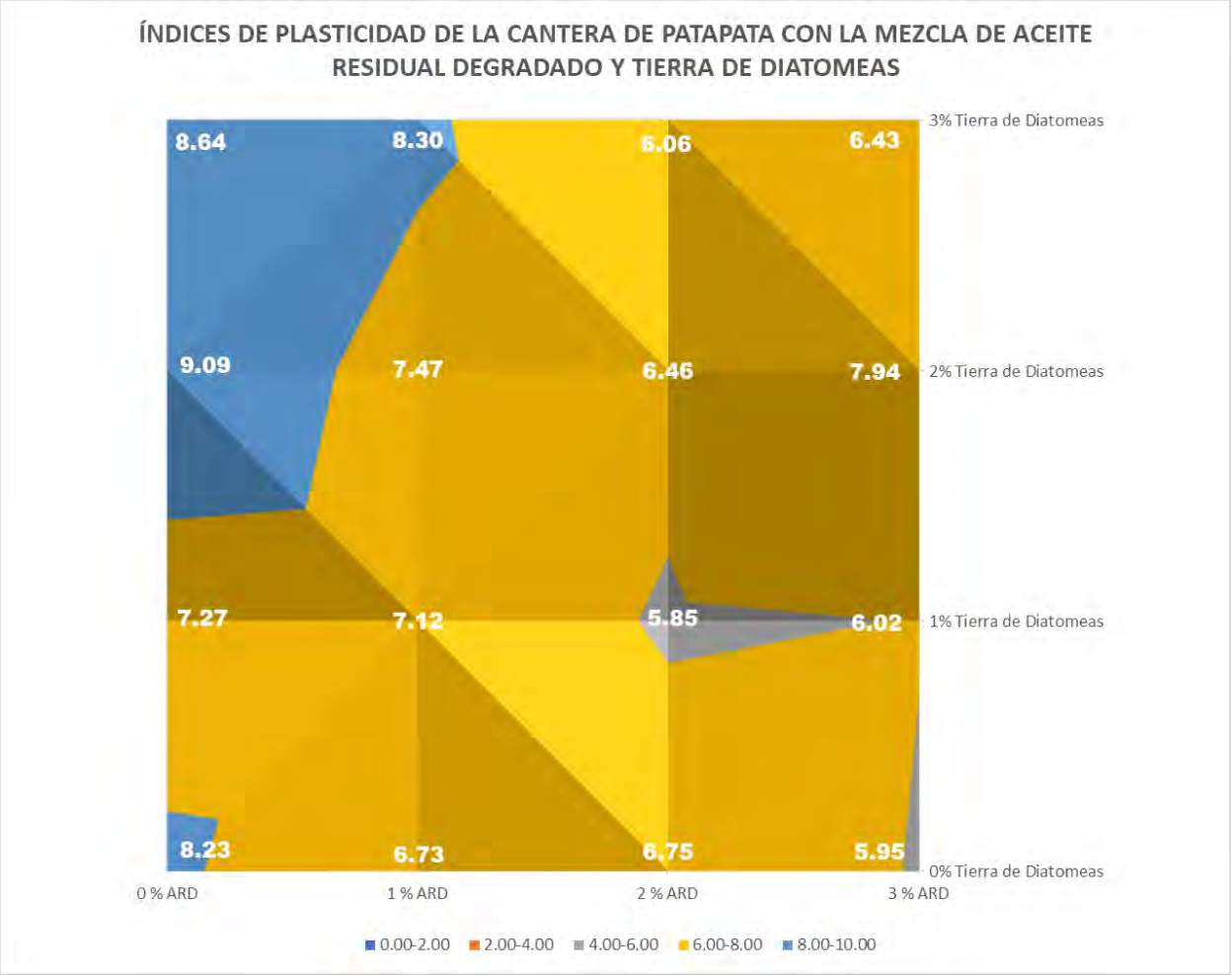
Analizando los ensayos granulométricos, se determinó que la gradación para las canteras de Patapata y Saylla es de tipo C, este tipo de gradación cumple con las especificaciones según la norma del MTC para carreteras del tipo afirmado.

Respecto al Índice de Plasticidad podemos apreciar que cumplen con lo establecido en el manual de pavimentos del MTC el cual exige un Índice de Plasticidad en un rango de 4 a 9 para la gradación C, aparte podemos ver una mayor tendencia de pérdida del Índice de Plasticidad al aumentar los valores de ARD. Tenemos un valor de 8.23 y 6.91 para las canteras de Patapata y Saylla respectivamente, pero al añadir ARD sin tierra Diatomeas disminuía desde 1% de ARD (6.73), 2% de ARD (6.75) y 3% de ARD (5.95) para la cantera de Patapata; pero al añadir ARD

sin Tierra Diatomeas disminuía desde 1% de ARD (9.60), 2% de ARD (6.75) y 3% de ARD (6.14) para la cantera de Saylla. Lo cual discrepa ligeramente según Cusi (2022) que; con las adiciones del aceite residual quemado generaron incrementos del indicador; el 3% adicionado incrementa 22.98%, el 6% adicionado incrementa 35.71% y el 9% adicionado incrementa 50.54%, todo esto en referencia al Índice de plasticidad del suelo patrón. Podemos apreciar que, si hay un aumento en una de las canteras ligeramente en 1% de ARD, pero los demás valores pudieron podemos apreciar una significante reducción lo cual puede deberse al diferente tipo de suelo y que los porcentajes son muy diferentes.

**Gráfica 98**

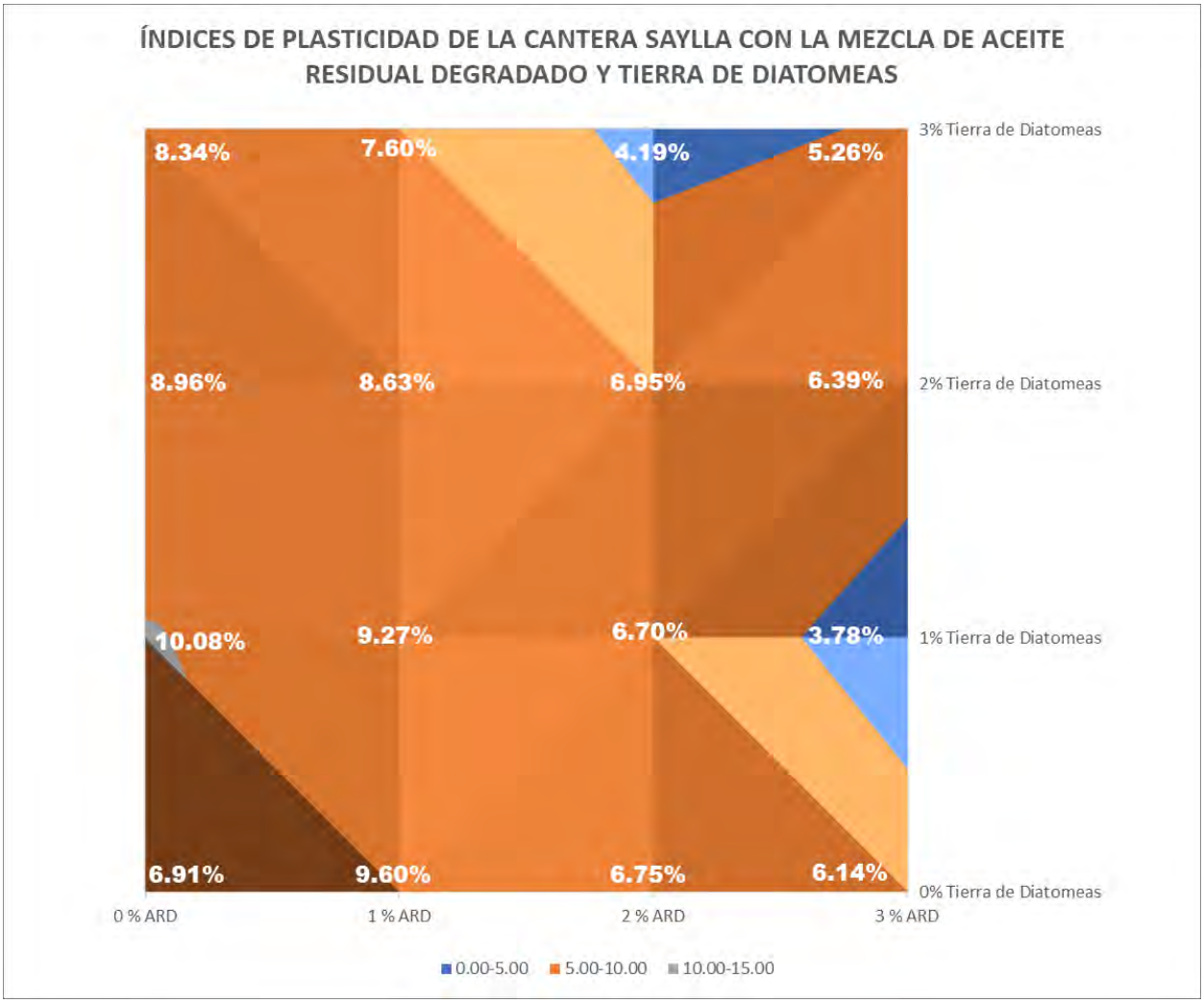
*Índices de Plasticidad de la Cantera de Patapata con la mezcla de ARD y Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

**Gráfica 99**

*Índices de Plasticidad de la Cantera de Saylla con la mezcla de ARD y Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

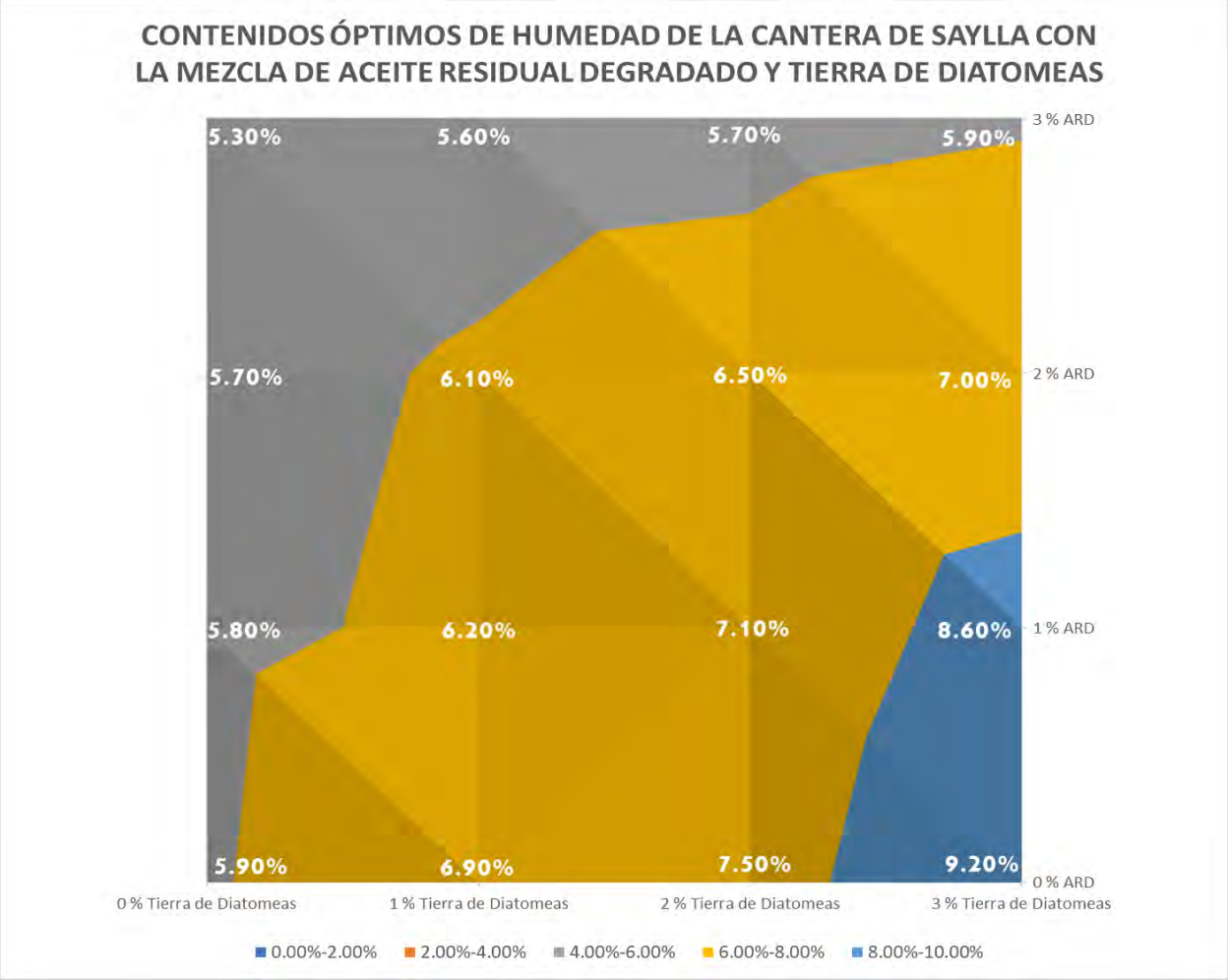
Se realizaron ensayos para determinar las características físicas de los afirmados de las canteras Patapata y Saylla, siguiendo las normas de clasificación SUCS y AASHTO, así como las normas ASTM y MTC. Los resultados mostraron para la cantera de Patapata está clasificada como GC (Grava Arcillosa) según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y también como A-2-4 (Mezcla de suelo granular con una cantidad moderada de finos limosos) según AASHTO y la cantera de Saylla está clasificada como GC-GM (Grava Limosa Arcillosa) según el

Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y también como A-2-4 (Mezcla de suelo granular con una cantidad moderada de finos limosos) según AASHTO.

Se realizó el estudio mecánico para la cantera de Patapata en su condición natural aplicando el ensayo de compactación Proctor Modificado, conforme a las normas ASTM D1557 y MTC E 116. Como resultado, se determinó que la densidad seca máxima es de 2.24 g/cm³ y la humedad óptima alcanza el 7.00%, de la misma manera la cantera de Saylla se obtuvo que la densidad seca máxima es de 2.27 g/cm³ y la humedad optima alcanzada fue de 5.90%.

**Gráfica 100**

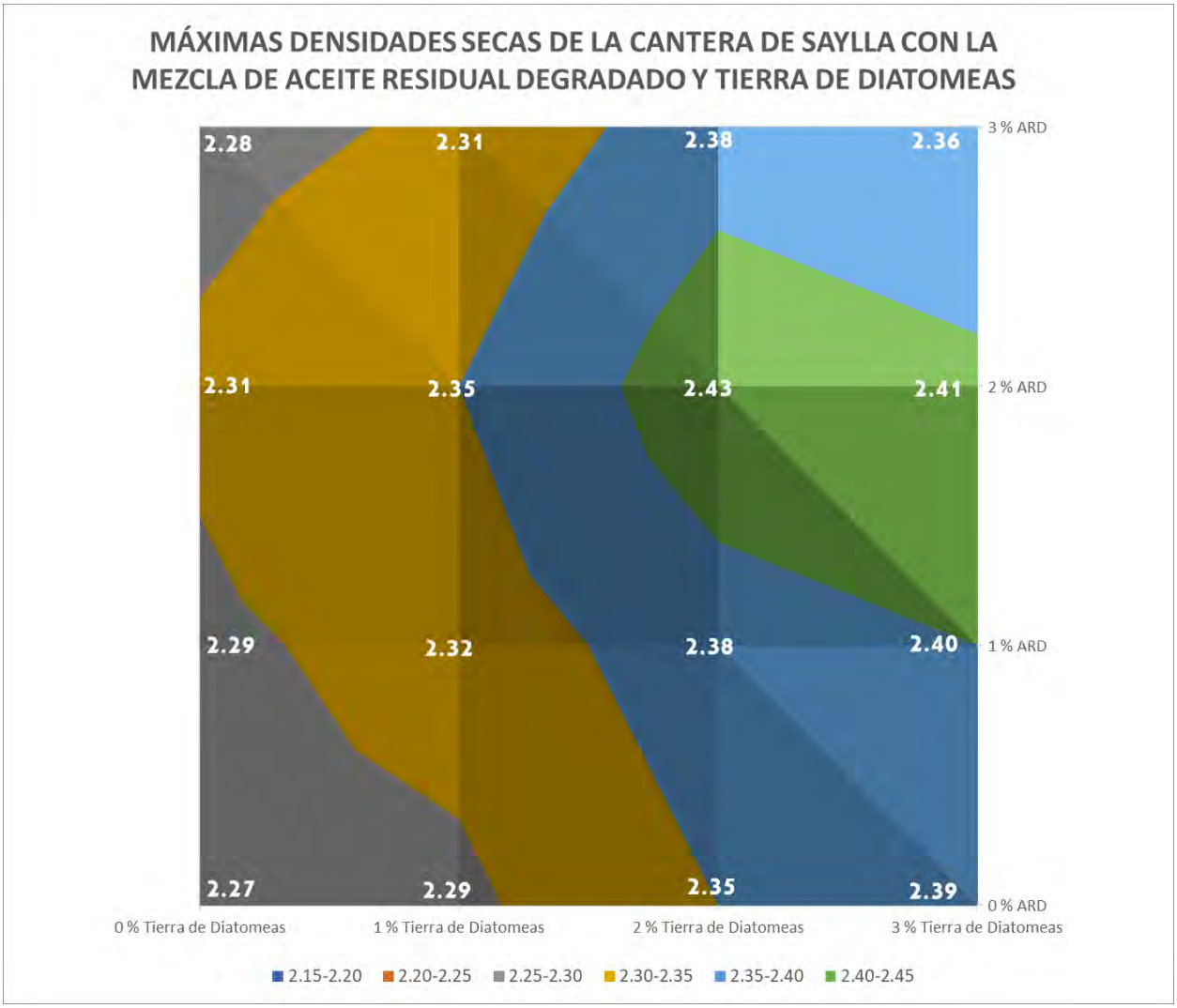
*Contenidos Óptimos de Humedad de la cantera de Saylla con la mezcla de ARD y Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

**Gráfica 101**

*Máximas Densidades secas de la cantera de Saylla con la mezcla de ARD y Tierra de Diatomeas*

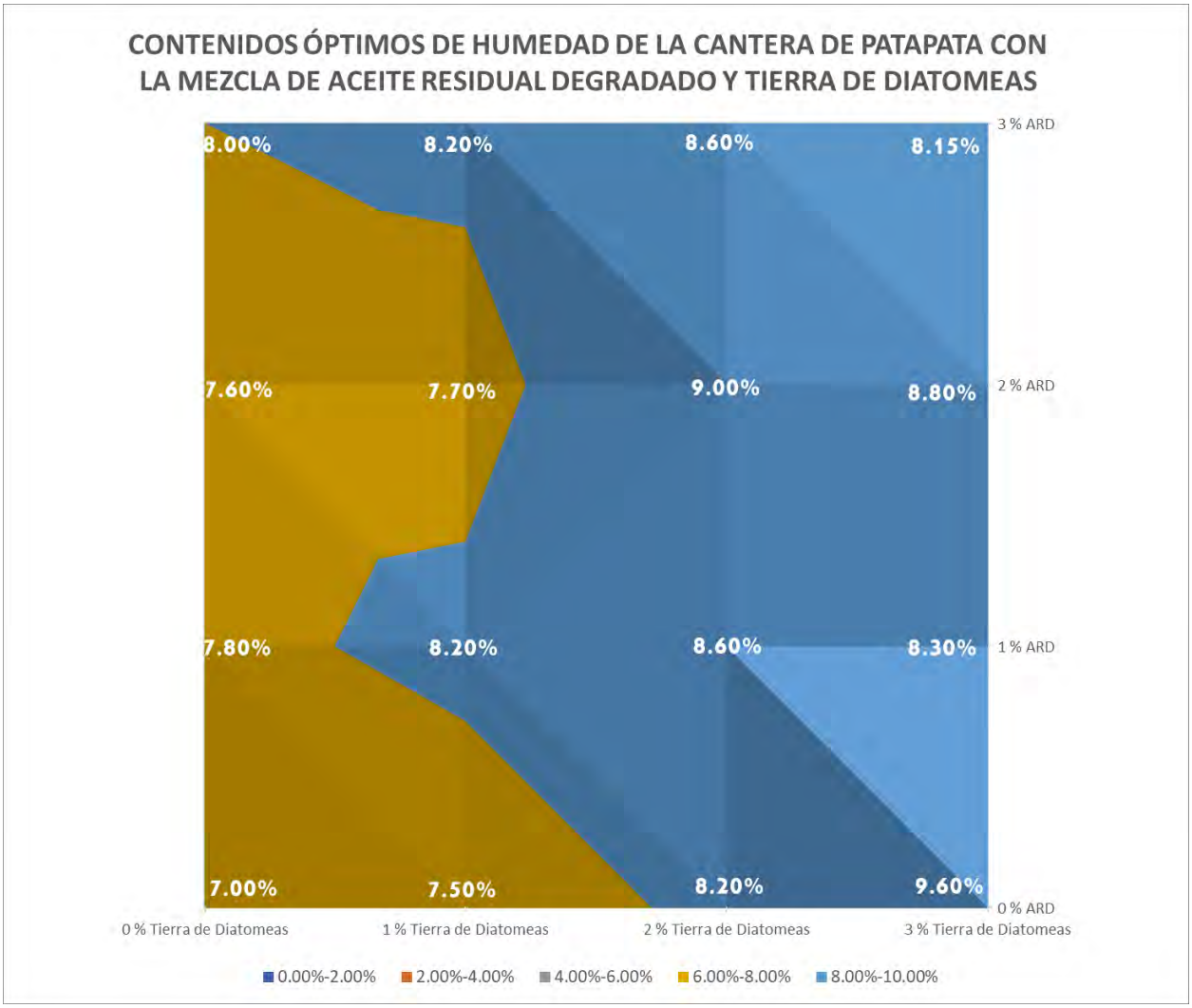



Fuente: Elaboración propia

La gráfica muestra que al aumentar el porcentaje de diatomeas con 0% de ARD se logra un incremento en las densidades secas máximas. Sin embargo, al combinar con ARD, el valor óptimo se alcanza alrededor de 2% de diatomeas, y con 3% los beneficios tienden a disminuir ligeramente. Esto confirma la existencia de un umbral óptimo de aplicación para garantizar mejor compactación y estabilidad del suelo en la cantera de Saylla.

**Gráfica 102**

*Contenidos Óptimos de Humedad de la cantera de Patapata con la mezcla de ARD y Tierra de Diatomeas*

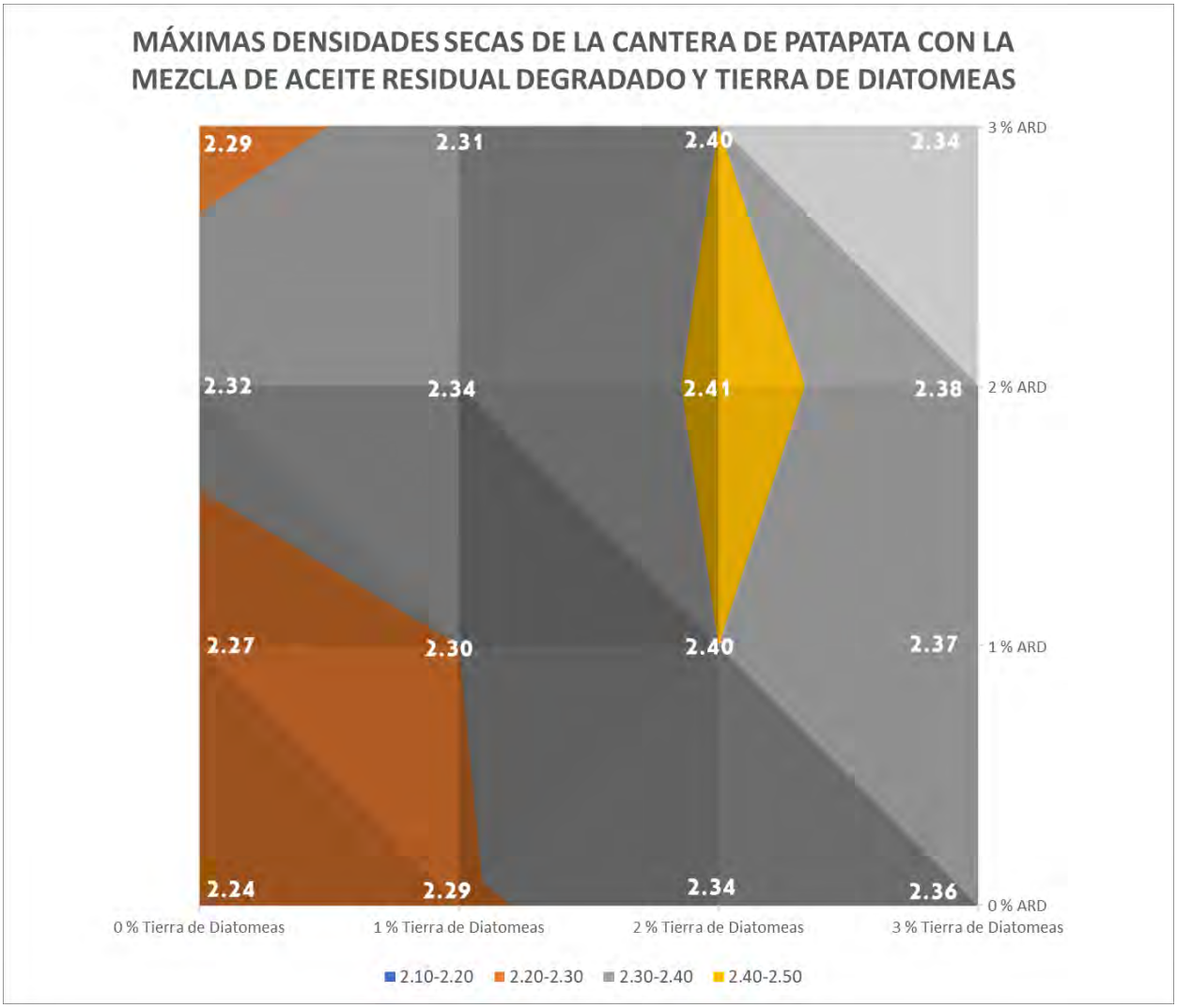



Fuente: Elaboración propia

La gráfica de la cantera de Patapata muestra que al aumentar el porcentaje de tierra de diatomeas los contenidos óptimos de humedad tienden a incrementarse, alcanzando valores más altos cerca del 3%. Sin embargo, al combinar con ARD el comportamiento se vuelve menos uniforme, con incrementos hasta cierto punto y luego ligeras reducciones, lo que evidencia la existencia de un umbral de aplicación para lograr mezclas más eficientes.

**Gráfica 103**

*Máximas Densidades secas de la cantera de Patapata con la mezcla de ARD y Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

Al analizar la calidad del suelo determinamos el valor de CBR mediante las normas ASTM D1883 y MTC E132, para la cantera de Patapata donde pudimos obtener el valor de CBR al 100% de la Máxima Densidad Seca en estado natural a 0.1" de penetración es de 39.15% y para la cantera de Saylla donde pudimos obtener el valor de CBR al 100% de la Máxima Densidad Seca en estado natural a 0.1" de penetración es de 44.16%.

De nuestra investigación nos indica que, a partir de los datos obtenidos, se puede inferir que, al incrementar el porcentaje de Tierra de Diatomeas en la mezcla, el Contenido Óptimo de

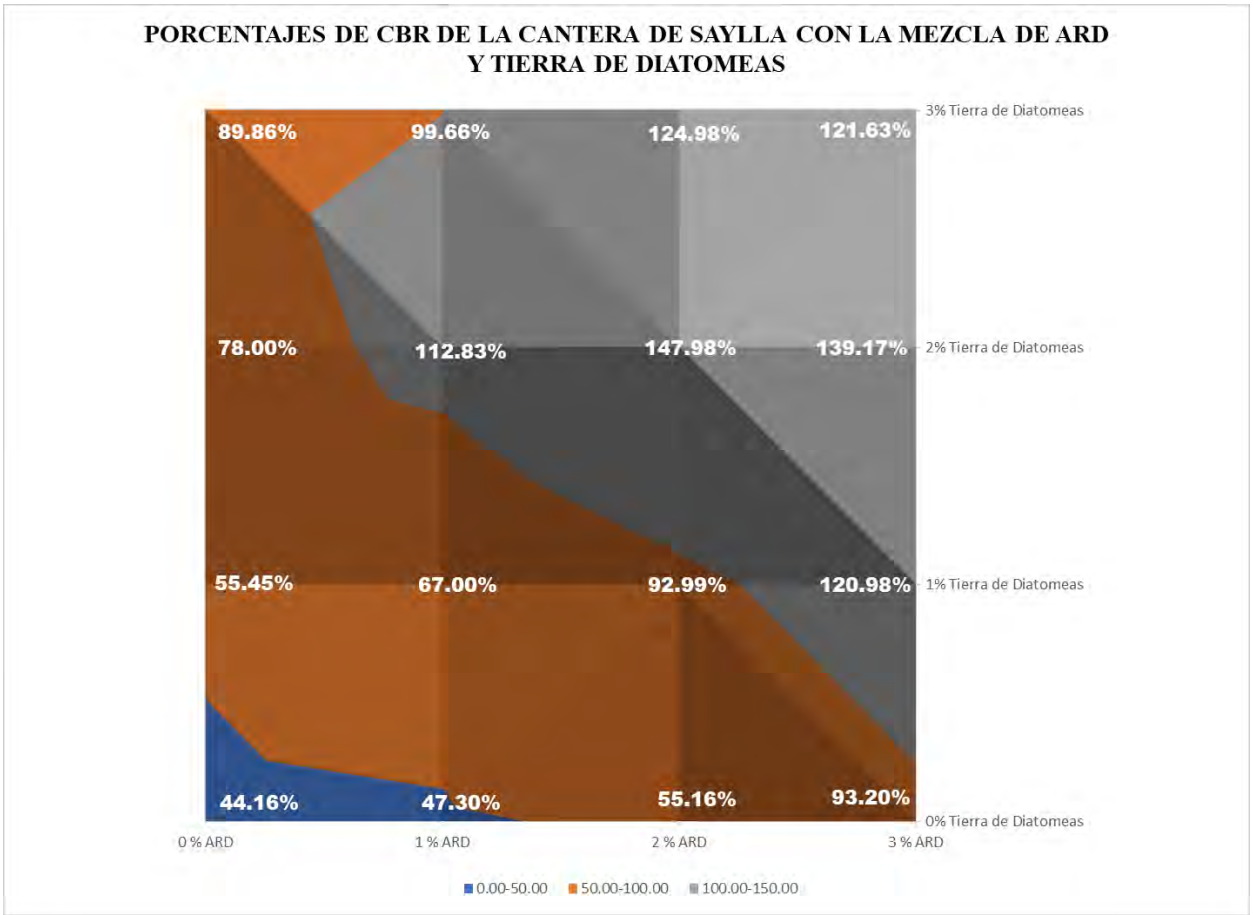
Humedad aumenta, mientras que al aumentar la cantidad de ARD, se observa una disminución en el Contenido Óptimo de Humedad. Podemos ver que al añadir solo ARD sin tierra diatomeas, al 1% de ARD (5.80%), 2% de ARD (5.70%), 3% de ARD (5.30%) disminuye los Contenidos Óptimos de Humedad en la cantera de Saylla respecto al patrón sin añadir nada, algo similar ocurrió en la cantera de Patapata cuando tenemos 1% de ARD (7.80%), 2% de ARD (7.60%), 3% de ARD (8.00%). Lo cual concuerda según Cusi (2022) se observa que, en función del tipo de suelo patrón analizado, las adiciones de aceite residual quemado provocaron reducciones en los valores de este indicador. Con un 3% de adición, se registra una disminución del 29.30%; con un 6%, la disminución es del 43.59%; y con un 9%, la reducción alcanza el 59.61%. Estas variaciones se refieren al Contenido Óptimo de Humedad del suelo patrón.

Después de evaluar las combinaciones de aceite residual degradado (ARD) y tierra de diatomeas considerando las siguientes proporciones 0%, 1%, 2% y 3% para cada uno respectivamente se logró mejorar satisfactoriamente las propiedades físicas y mecánicas del afirmado, se concluyó que la combinación de 2% ARD y 2% de Tierra de Diatomeas obtuvo los mejores valores en el cual se aumentó la densidad máxima en la cantera de Patapata de 2.24-2.41 $g/cm^3$ y en la cantera de Saylla de 2.27-2.43 $g/cm^3$; para los valores de CBR se puede apreciar un aumento para la cantera de Patapata de 39.15% a un valor de 143.00% y para la cantera de Saylla de 44.16% a 147.01%. Según Cabrejos y Murga (2021), en su tesis, llegaron a la conclusión que el porcentaje más optimo fue de 3% de aceite quemado sobre el uso de residuos de aceite de lubricante vehicular como un aditivo no convencional para estabilizar afirmados en el Centro Poblado de Cambio Puente. En la prueba con una dosificación del 3%, se alcanzaron los mayores valores de CBR, con 87.45% en la cantera La Víbora y 156.42% en la cantera Guadalupito teniendo un CBR en su estado natural de 48.04% para la cantera la Víbora y de 86.67% para la

cantera de Guadalupito lo cual nos muestra un gran incremento con este porcentaje, así como mejores densidades secas máximas, lo cual difiere ligeramente con nuestra dosificación adecuada que fue de 2% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas, esto puede ser debido a que mezclamos con Tierras diatomeas y en la tesis mencionada solo fue Aceite quemado.

**Gráfica 104**

*Porcentajes de CBR de la cantera de Saylla con la mezcla de ARD y Tierra de Diatomeas*



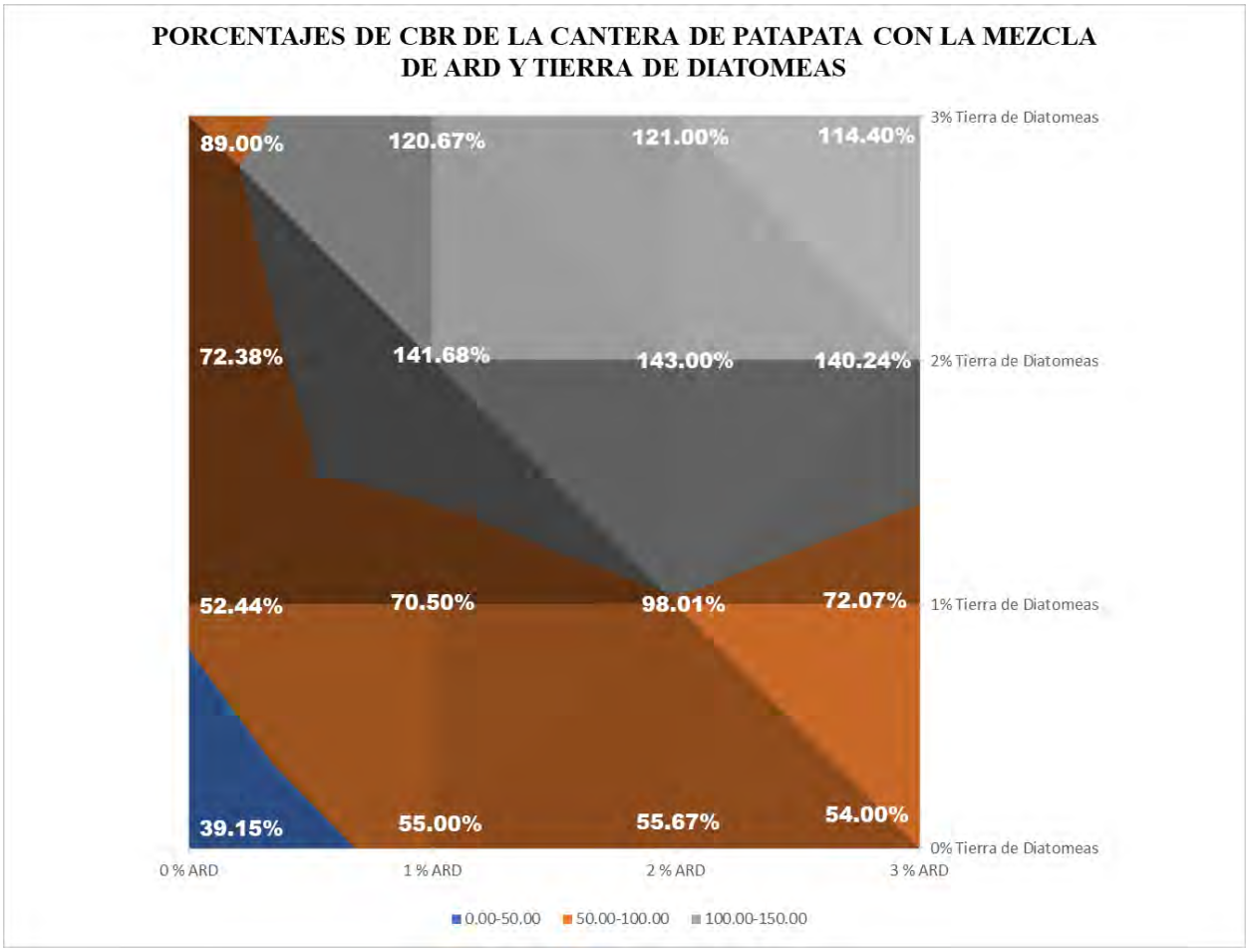

Fuente: Elaboración propia

El análisis de la gráfica de porcentajes de CBR de la cantera de Saylla evidencia que la incorporación de ARD y tierra de diatomeas mejora significativamente la capacidad portante del suelo. Se observa un incremento progresivo del CBR conforme aumenta el contenido de ambas mezclas, alcanzando su valor máximo (147.98 %) con una combinación de 2 % de ARD y 2 % de tierra de diatomeas. Este comportamiento indica una sinergia positiva entre los componentes,

donde la tierra de diatomeas actúa como agente estabilizador y el ARD contribuye a la compactación y resistencia del material. En conjunto, los resultados confirman el potencial de esta mezcla para la estabilización de suelos y el mejoramiento de bases viales en proyectos de ingeniería civil.

**Gráfica 105**

*Porcentajes de CBR de la cantera de Patapata con la mezcla de ARD y Tierra de Diatomeas*




Fuente: Elaboración propia

La gráfica de porcentajes de CBR de la cantera de Patapata muestra una clara mejora en la capacidad portante del suelo al incorporar ARD y tierra de diatomeas en distintas proporciones. Se observa que el CBR aumenta progresivamente con el incremento de ambos componentes, alcanzando su valor máximo (143.00 %) con una mezcla de 2 % de ARD y 2 % de tierra de diatomeas. Este resultado evidencia una interacción favorable entre los materiales, donde la tierra

de diatomeas actúa como agente estabilizador y el ARD contribuye a la compactación y resistencia del suelo. En conjunto, los datos confirman que la combinación óptima de estos aditivos mejora significativamente las propiedades mecánicas del material, siendo una alternativa viable para la estabilización de suelos y el mejoramiento de bases viales en obras de infraestructura civil.

Al analizar el ensayo de Módulo Resiliente para los mejores valores que nos salieron en el ensayo de CBR los cuales son para Saylla son: 0%, 0%; 2%;2% y 3%,2% de ARD y tierra de Diatomeas Respectivamente. Para la cantera de Patapata son 0%, 0%; 1%;2% y 2%,2% de ARD y tierra de Diatomeas Respectivamente. Se observó que para la cantera de Saylla para un porcentaje de 0% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas podemos apreciar que cuando el Suma de Esfuerzos Principales aumenta el módulo resiliente disminuye muy ligeramente lo cual tendría una pendiente negativa, esto nos indicaría que se comporta como un suelo que tiende un poco más a un suelo fino granular debido a que la variación de módulo resiliente es muy mínima; los valores que varía son desde 198358 Kpa a 200186 Kpa. Para la cantera de Saylla para un porcentaje de 2% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas podemos apreciar que cuando el Suma de Esfuerzos Principales aumenta el módulo resiliente disminuye ligeramente lo cual tendría una pendiente negativa, esto nos indicaría que se comporta como un suelo fino granular debido a que es un suelo estabilizado por la mezcla de Tierra de Diatomeas y ARD; los valores que varía son desde 457312 Kpa a 712511 Kpa. Para la cantera de Saylla para un porcentaje de 3% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas podemos apreciar que cuando el Suma de Esfuerzos Principales aumenta el módulo resiliente disminuye ligeramente lo cual tendría una pendiente negativa, esto nos indicaría que se comporta como un suelo fino granular debido a que es un suelo estabilizado por la mezcla de Tierra de Diatomeas y ARD; los valores que varía son desde 436179 Kpa a 992458 Kpa. Se observó que para la cantera de Patapata para un porcentaje de 0% de ARD y 0% de Tierra de Diatomeas

podemos apreciar que cuando el Suma de Esfuerzos Principales aumenta el módulo resiliente aumenta ligeramente lo cual tendría una pendiente positiva, esto nos indicaría que se comporta como un suelo grueso granular; los valores que varía son desde 170228 Kpa a 253042 Kpa. Para la cantera de Patapata para un porcentaje de 1% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas podemos apreciar que cuando el Suma de Esfuerzos Principales aumenta el módulo resiliente disminuye ligeramente lo cual tendría una pendiente negativa, esto nos indicaría que se comporta como un suelo fino granular debido a la cohesión que le entrega la diatomea y ARD; los valores que varía son desde 187194 Kpa a 611879 Kpa. Para la cantera de Patapata para un porcentaje de 2% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas podemos apreciar que cuando el Suma de Esfuerzos Principales aumenta el módulo resiliente disminuye lo cual tendría una pendiente negativa, esto nos indicaría que se comporta como un suelo fino granular debido a la cohesión que le entrega la diatomea y ARD; los valores que varía son desde 205541 Kpa a 551663 Kpa. Fernández Muñoz y Rodriguez Rubio (2015) explican del ensayo MR a partir de las distintas dosificaciones y en particular la dosificación D1 compuesta por 45% de material original, 20% de grava de trituración y 35% de arena de trituración, presentó un aumento de tres veces el MR con respecto al material original. Este aumento del MR se evidencia para las dosificaciones de concreto hidráulicos restantes, pero en menor proporción; lo cual concuerda con nuestra investigación ya que para la cantera de Patapata se obtuvo los valores más altos obtenidos los cuales fueron cuando se mezcló 1% de ARD y 2% de Tierra de Diatomea lo cual le gana significativamente al patrón. Para la cantera de Saylla se obtuvo valores más altos obtenidos los cuales fueron cuando se mezcló 3% de ARD y 2% de Tierra de Diatomea lo cual le gana significativamente al patrón.

# CAPÍTULO VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## 7.1 Conclusiones

- Comparando nuestras dosificaciones nuestros resultados muestran que se logró un mayor valor de Densidad Seca Máxima, CBR aparte que cumplía con los requerimientos que nos indica El Manual de Carreteras con la dosificación de 2% de ARD respecto al Óptimo Contenido de Humedad y 2% de Tierra de Diatomeas, con respecto a la Densidad seca Máxima se obtuvo los valores 2.43 g/cm³ y 2.41g/cm³ para las canteras de Saylla y Patapata respectivamente. De la misma forma podemos apreciar los valores de CBR al 100% de la Máxima Densidad Seca en estado natural a 0.1" de penetración es de 147.01 para la cantera de Saylla y 143.00 para la cantera de Patapata.
- La cantera Saylla presenta un Índice de Plasticidad de 6.91 y un Contenido de Humedad Óptimo de 5.90%; así mismo la cantera de Patapata presenta un Índice de Plasticidad de 8.23 y un Contenido de Humedad Óptimo de 7.00%. Podemos ver que la cantera de Patapata tiene mayores valores tanto en el IP y en el Contenido Óptimo de Humedad. La densidad máxima seca de la cantera de Patapata es de 2.24 g/cm³ y el valor de CBR al 100% de la Máxima Densidad Seca en estado natural a 0.1" de penetración es de 39.15%. Para la cantera de Saylla es de 2.27 g/cm³ y el valor de CBR al 100% de la Máxima Densidad Seca en estado natural a 0.1" de penetración es de 44.16%.
- Los porcentajes que obtuvieron los mejores resultados evaluados mezclando nuestros materiales son (2%, 2%) ;(3%, 2%) y (2%,3%) de ARD y de Tierra de Diatomea respectivamente, los cuales aumentaron los valores de las Densidades

Secas Máximas a 2.43 g/cm³, 2.38 g/cm³ y 2.41 g/cm³ respectivamente para la cantera de Saylla. Para la cantera de Patapata los porcentajes fueron (2%, 2%) ;(1%, 2%) y (3%,2%) de ARD y de Tierra de Diatomea respectivamente; los cuales aumentaron los valores de las Densidades Secas Máximas a 2.41 g/cm³, 2.40 g/cm³ y 2.40 g/cm³ respectivamente. Los valores del CBR al 100% de la Máxima Densidad Seca en estado natural a 0.1" de penetración añadiendo (2%, 2%) ;(3%, 2%) y (2%,3%) de ARD y de Tierra de Diatomea respectivamente dieron valores de 147.01, 139.17, 124.98 respectivamente para la cantera de Saylla y los valores del CBR al 100% de la Máxima Densidad Seca en estado natural a 0.1" de penetración añadiendo (2%, 2%) ;(1%, 2%) y (3%,2%) de ARD y de Tierra de Diatomea respectivamente dieron valores de 143.00, 141.68, 140.24 respectivamente para la cantera de Patapata.

- Analizando nuestros resultados nos muestran que hay un aumento significativo de los valores de MR cuando añadimos ARD y Tierra de Diatomeas respecto al patrón. De la cantera de Saylla para 0% ARD y 0% de Tierra de Diatomeas los valores que varía son desde 198358 Kpa a 200186 Kpa lo cual aumenta el rango a los valores que varía son desde 436179 Kpa a 992458 Kpa en 3% ARD y 2% de Tierra de Diatomeas. De la cantera de Patapata para 0% ARD y 0% de Tierra de Diatomeas los valores que varía son desde 170228 Kpa a 253042 Kpa lo cual aumenta el rango a los valores que varía son desde 187194 Kpa a 611879 Kpa en 1% ARD y 2% de Tierra de Diatomeas. Además de que cuando mezclamos ARD y Tierra de Diatomeas tienen a tener una pendiente negativa lo que nos indicaría que tendría

una pendiente negativa, esto nos indicaría que se comporta como un suelo fino granular debido a la cohesión que le entrega la diatomea y ARD.

- Se concluyó de acuerdo a los Gráficas de las curvas granulométricas corresponden a un tipo de afirmado del tipo C según la norma ASTM D 1241, en ambas canteras. Los porcentajes de Grava, Arena y los Finos son de 38.67%, 33.33% y 28.03% respectivamente, para la Cantera Patapata y de 36.73%, 34.83% y 28.45% respectivamente para la Cantera de Saylla.
- Se realizó la caracterización del tipo de suelo de las muestras de afirmado mediante los sistemas SUCS y AASHTO. La cantera de Saylla presenta un suelo GC-GM es decir es una Grava Limosa Arcillosa según el sistema SUCS; y según el sistema AASHTO es un suelo A-2-4 es decir una mezcla de suelo granular con una cantidad moderada de finos limosos. Para la cantera de Patapata es un suelo GC es decir es una Grava Arcillosa según el sistema SUCS; y según el sistema AASHTO es un suelo A-2-4 es decir una mezcla de suelo granular con una cantidad moderada de finos limosos.
- Respecto al ensayo de Ensayo de Abrasión los Ángeles se detalla que porcentaje de material desgastado de la Cantera de Saylla es de 50.00%, siendo este porcentaje menor que el valor máximo establecido en la norma EG-2013. De igual manera para la cantera de Patapata obtuvimos un valor de 47.17% lo cual es menor a lo establecido en la norma, por ende, son materiales que si se puede utilizar para afirmados. Asimismo, se indica que el porcentaje de material desgastado de la Cantera de Patapata es de 47.17%, siendo también este porcentaje menor que el valor máximo establecido en la norma EG-2013.

## 7.2 Recomendaciones

- Se recomienda usar el porcentaje de dosificación de 2% de ARD y 2% de Tierra de Diatomeas para bases granulares de pavimentos ya que alcanza los límites que nos exige la Norma CE. 010 de Pavimentos Urbanos.
- Debido a que el ARD a mayores porcentajes tiende a hacer disminuir el valor del Indicé Plástico lo cual las Tierra de Diatomeas hacen aumentar ligeramente los valores del IP. Se sugiere realizar investigaciones con porcentajes mayores a 3% de ARD y 3% de Tierra de Diatomeas, ya que los Índices Plásticos pueden variar.
- Con la adición de ARD y las Tierras de diatomeas podemos apreciar un gran aumento en los valores del CBR respecto al suelo natural sin agregar nada, por ende, se sugiere a posteriores investigadores ver como varia el CBR con porcentajes superiores al 3% de ARD mezclando con valores superiores a 3% de Tierra de Diatomeas.
- Se recomienda que las autoridades competentes implementen este tipo de estabilizaciones mediante el uso de ARD y Tierra de Diatomeas, ya que mejoran notablemente las propiedades físico-mecánicas del suelo. Esto contribuiría a prolongar la vida útil del afirmado, beneficiando a las comunidades cercanas a la carretera.
- Se recomienda hacer el modelamiento de la superficie de rodadura mediante un software ya sea de una vía pavimentada o no pavimentada para realizar un ensayo más preciso y significativo debido a que el material extraído tiene diferentes propiedades mecánicas por el cambio de lugar y condiciones.

- Se recomienda tener mucho cuidado en la realización del ensayo de MR con los siguientes factores; ruido de los ldvt, tipo de material, tamaño del espécimen, tipo de compactación, peso específico, granulometría magnitud del esfuerzo aplicado y contenido de agua ya que hay que pueden alterar los datos significativamente.
- En el Perú se usa las correlaciones con el CBR debido a que es más fácil realizar ya que para realizar el ensayo de Modulo Resiliente se necesita equipos especializados, personal capacitado, más gasto y tiempo de ejecución. Se recomienda realizas los ensayos de MR con mayor frecuencia ya que nos indicarán un comportamiento más real de las carreteras pavimentadas y no pavimentadas además de evitar desgastes y fallos en la vía por usar valores que no corresponden al usar el CBR.
- Además de los resultados obtenidos, se recomienda realizar un análisis económico comparativo entre el uso de ARD y tierra de diatomeas frente a otros métodos de estabilización de suelos. Este enfoque permitiría determinar la viabilidad financiera de la propuesta, considerando la disponibilidad local de materiales y su impacto en la reducción de costos de mantenimiento vial. La incorporación de un estudio de costo-beneficio fortalecería la aplicabilidad práctica de la investigación.
- Finalmente, se recomienda impulsar proyectos piloto que validen en campo el uso de ARD y tierra de diatomeas, considerando tanto su aporte a la resistencia mecánica como su impacto ambiental en la extracción y aplicación. Asimismo, sería conveniente actualizar la Norma CE.010 para incorporar parámetros específicos de este tipo de estabilización, garantizando un uso regulado y sostenible que prolongue la vida útil de las vías.

# CAPÍTULO VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y VIRTUALES

## WEBGRAFÍA Y BIBLIOGRAFÍA


- Amakye, S. Y., Abbey, S. J., Booth, C. A., & Mahamadu, A. M. (2021). *Enhancing the engineering properties of subgrade materials using processed waste: A review*. *Geotechnics*, *1*(2), 307-329.
- Auccapure Humpire, L. A. (2019). Impermeabilización de la base de pavimentos rígidos con aceite quemado de motor, utilizando material de cantera de Yanaoca provincia de Canas-2018.
- Cabrejos García, J. J., & Murga Rivera, J. W. D. (2021). Estabilización de afirmados con residuos de lubricantes vehicular en el camino rural del Centro Poblado de Cambio Puente–Chimbote.
- Carrión, K. (2016). Capacidad portante (CBR) de un suelo a ser utilizado como material de base adicionando diatomita, Cajamarca 2016.
- Chumpitaz Colán, P. E. (2007). Estudio experimental del uso de tierras diatomáceas en la producción de concretos de alta resistencia.
- Conarsac. (2024). *Estabilización de suelo*.
- Construneic. (2023). Estabilización de suelos. https://construneic.com/mecanica-de-suelos/estabilizacion-de-suelos/
- Cruz Bejar, J. E., & Gutierrez Orccotoma, R. (2021). Evaluación de estabilizantes para el mejoramiento de afirmado del camino vecinal tramo: MP. PE-28B, distrito San Salvador, provincia Calca, región Cusco.

- Cusi Puma, D. R. (2022). Estabilización de suelos plásticos en terreno de fundación, con aceite residual quemado, para la pavimentación de la Av. Industrial, Juliaca–2022.
- Del Castillo, R. D., & Orobio, A. (2020). Investigación exploratoria sobre el efecto del aceite de motor usado en un suelo fino de subrasante. *Informes de la Construcción*, *72*(558), e336-e336.
- Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EE.UU., Servicio de Salud Pública, Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (1997). *Resumen de salud pública: Aceite usado de cárter (CAS#: 8002-05-9)*.
- Edenred. (2022). *Contaminación vehicular: índices, causas y cómo resarcirla.* Edenred.
- Eleconomista. (2020). El 78,7% de la Red Vial Regional o Departamental en la Macro Región Sur no está pavimentado. Recuperado de https://www.eleconomista.es/economia-eAm-peru/noticias/10943018/12/20/-El-792-de-carreteras-en-la-Macro-Region-Sur-no-esta-pavimentado.html
- Fernández Muñoz, A. E., & Rodriguez Rubio, O. O. (2015). Evaluación del módulo resiliente en un material granular (sub-base) con adición de concreto hidráulico reciclado.
- Gutiérrez Soto, Marco Antonio (2017). *Gestión de carreteras no pavimentadas.* Tesis (Master).
- Huayllaccahua Silvera, V. A. (2022). Estabilización de la subrasante mediante la adición de aceite sulfonado en la carretera Pedro Ruiz Gallo, Pichari-Cusco 2022.

- Khamehchiyan, M., Charkhabi, A. H., & Tajik, M. (2007). Effects of crude oil contamination on geotechnical properties of clayey and sandy soils. *Engineering geology*, *89*(3-4), 220-229.
- León-Ordoñez, L. A., & Mosquera-Falla, A. A. (2018). Comparación del comportamiento físico-mecánico de las arcillas bentoníticas provenientes de Bugalagrande, Valle del Cauca, Colombia con adición de diatomeas de la ciudad de México, México.
- Leandro Espinoza, J. L. (2010). Evaluación del uso de la diatomita como adición mineral en el concreto de alta resistencia.
- Llopis-Castelló, D., García-Segura, T., Montalbán-Domingo, L., Sanz-Benlloch, A., & Pellicer, E. (2020). Influence of pavement structure, traffic, and weather on urban flexible pavement deterioration. Sustainability, 12(22), 9717.
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2015). Pautas metodológicas para el desarrollo de alternativas de pavimentos en la formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública de carreteras. Dirección General de Inversión Pública.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). Manual de Carreteras – Conservación Vial. Dirección General de Caminos y Ferrocarriles.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). Especificaciones técnicas generales para construcción [Manual de Carreteras]. Lima, Perú: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). Manual de carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos.

- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). *Manual de ensayo de materiales* (R.D. N° 18-2014-MTC/14). Lima, Perú.
- Nazir, A. K. (2011). Effect of motor oil contamination on geotechnical properties of over consolidated clay. *Alexandria Engineering Journal*, *50*(4), 331-335.
- Ninanya Sánchez, Y. (2021). Efectos de la Diatomita en la Estabilización de Suelos Finos para Subrasante.
- Parque automotor del Cusco es uno de los más importantes del país. (2016). Correo. https://diariocorreo.pe/edicion/cusco/parque-automotor-del-cusco-es-uno-de-los-mas-importantes-del-pais-708666/
- Peña Pinedo, O. D., & Ramos Fernández, N. J. (2015). Análisis comparativo de la estabilización de limos de baja plasticidad (Ccontay) con cal, cemento y aceites sulfonados para subrasantes en la APV República de Francia en el sector del alto Qosqo para pavimentos urbanos.
- Rubiños Dávila, M. E. (2024). *Estabilización de suelos arenosos en subrasante adicionando reciclado de aceite quemado de vehículos*. Universidad Señor de Sipán.
- SerCampo. (s.f.). Riesgos. SerCampo.
- Zuluaga-Astudillo, D., Ruge, J. C., Camacho-Tauta, J., Reyes-Ortiz, O., & Caicedo-Hormaza, B. (2022). Diatomaceous soils and advances in geotechnical engineering—Part I. *Applied Sciences*, *13*(1), 549.

# CAPÍTULO IX. ANEXOS

## ANEXO A: PANEL FOTOGRÁFICO

**Fotografía 26**

*Elaboración de nuestro cerco para guardar nuestras cosas*



.

**Fotografía 27**

*Extracción de material para afirmado de la cantera de Patapata- San Jerónimo*



**Fotografía 28**

*Extracción de material para afirmado de la cantera de Patapata- San Jerónimo*



**Fotografía 29**

*Extracción de material para afirmado de la cantera de Saylla*





**Fotografía 30**

*Cuarteo de la muestra para realizar el ensayo de Granulometría por tamizado*



**Fotografía 31**

*Lavado de la muestra para realizar el ensayo de granulometría por tamizado*



**Fotografía 32**

*Análisis granulométrico mediante el proceso de tamizado para las dos canteras: Patapata y Saylla*




**Fotografía 33**

*Resultados de realizar el Análisis Granulométrico para cada cantera*



**Fotografía 34**

*Desarrollo de los límites de consistencia o limites e Atterberg para cada porcentaje de ARD y Tierra de Diatomeas con 0%,1%,2% y 3% para cada uno respectivamente*



**Fotografía 35**

*Desarrollo de los límites de consistencia*



**Fotografía 36**
*Límite Líquido (Cuchara de Casagrande)*



**Fotografía 37**
*Límite Plástico*



**Fotografía 38**

*Pesado de las capsulas para determinar la humedad de los límites líquidos y plásticos*




**Fotografía 39**

*Pesado de las capsulas para determinar la humedad*



**Fotografía 40**

*Resultados de los límites líquidos y límites plásticos para la mezcla de los diferentes porcentajes*



**Fotografía 41**

*Desarrollo del ensayo de Proctor Modificado para determinar el contenido óptimo de humedad, así como la densidad máxima*



**Fotografía 42**

*Mezclado de las muestras con los aditivos en diferentes porcentajes*




**Fotografía 43**

*Compactación de la muestra ensayo Proctor*



**Fotografía 44**

*Resultados del ensayo de Proctor Modificado*




**Fotografía 45**

*Pesado de las capsulas para determinar la humedad optima*



**Fotografía 46**

*Desarrollo del ensayo de CBR*



**Fotografía 47**

*Preparación de la tierra para mezclar con el aditivo*



**Fotografía 48**

*Preparación de los aditivos*



**Fotografía 49**

*Armado del molde de CBR*



**Fotografía 50**

*Compactación por capas de cada molde CBR*




**Fotografía 51**

*Enrasado de los moldes de CBR*



**Fotografía 52**

*Armado del molde de CBR después de la compactación*



**Fotografía 53**

*Pesado del molde CBR*



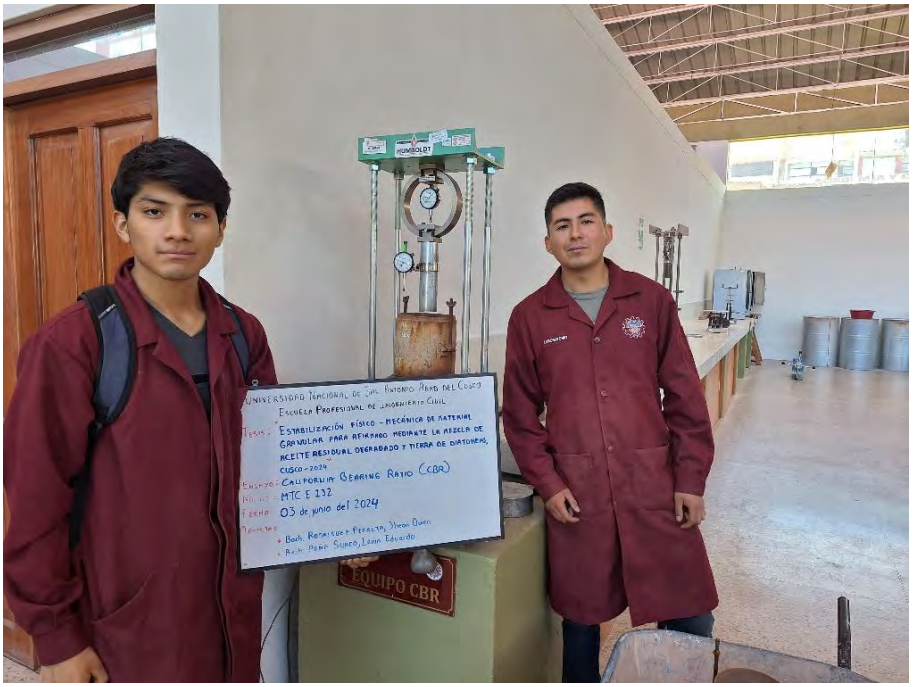
**Fotografía 54**
*Sumergido de las muestras a ensayar*



**Fotografía 55**
*Extracción de las muestras de CBR*



**Fotografía 56**
*Desarrollo del ensayo de penetración CBR*




**Fotografía 57**
*Medidores de deformación y esfuerzo*



**Fotografía 58**

*Muestra posteriormente ensayada*



**Fotografía 59**

*Ensayo de gravedad específica para las dos canteras*



**Fotografía 60**

*Pesado del picnómetro*




**Fotografía 61**

*Extracción de aire del picnómetro*



**Fotografía 62**

*Pesado del agregado retenido y que se queda en la malla N°12 (Cantera Saylla)*




**Fotografía 63**

*Pesado del agregado retenido y que se queda en la malla N°12 (Cantera Patapata)*



**Fotografía 64**

*Elaboración del ensayo de Abrasión los Ángeles*






# ANEXO 2: ENSAYOS DE LABORATORIO

## CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN AASHTO

AASHTO M-145

Standart specification for Classification Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purpose

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:**<br>**N° de hoja:** | 15 de marzo del 2024<br>1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | | |
| **Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de determinación del contenido de humedad del suelo** | | | |
| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

| **DATOS PARA LA CLASIFICACION** | |
|---|---|
| De la Granulometría | **De Límites de Consistencia** |
| %que pasa el tamiz Nº10 = 51.61% | LL= 21.68 |
| %que pasa el tamiz Nº40 = 40.07% | LP= 14.67 |
| %que pasa el tamiz Nº200 = 28.43% | IP= 6.91 |

| Índice de Grupo: | 0 |
|---|---|

$$IG = (F_{200} - 35)\cdot[0.2 + 0.005\cdot(LL - 40)] + 0.01\cdot(F_{200} - 15)\cdot(IP - 10)$$

| **CLASIFICACIÓN GENERAL** | **MATERIALES GRANULARES (35% o menos pasa el tamiz Nº 200)** | | | | | | | **MATERIALES LIMO- ARCILLOSOS (mas del 35% pasa el tamiz Nº 200)** | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **GRUPOS** | **A-1** | | **A-3** | **A-2** | | | | **A-4** | **A-5** | **A-6** | **A-7** |
| **SUB- GRUPOS** | **A-1-a** | **A-1-b** | | **A-2-4** | **A-2-5** | **A-2-6** | **A-2-7** | | | | **A-7-5**<br>**A-7-6** |
| **% que pasa el tamiz:** | | | | | | | | | | | |
| **N° 10** | 50 max. | | | | | | | | | | |
| **N° 40** | 30 max. | 50 max. | 51 min. | | | | | | | | |
| **N° 200** | 15 max. | 25 max. | 10 max. | 35 max. | 35 max. | 35 max. | 35 max. | 36 min. | 36 min. | 36 min. | 36 min. |
| **Caracteristicas del material que pasa el tamiz N° 40** | | | | | | | | | | | |
| **Límite Líquido** | | | | 40 max. | 41 min. | 40 max. | 41 min. | 40 max. | 41 min. | 40 max. | 41 min. |
| **Índice de Plasticidad** | 6 max. | 6 max. | No Plastico | 10 max. | 10 max. | 11 min. | 11 min. | 10 max. | 10 max. | 11 min. | 11 min. |
| **Índice de Grupo** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 max. | 4 max. | 8 max. | 12 max. | 16 max. | 20 max. |
| **Tipos de Material** | Fragmentos de piedra grava y arena | | Arena fina | Gravas, arenas limosas y arcillosas | | | | Suelos limosos | | Suelos arcillosos | |

**A-2-4 (0) : Mezcla de suelo granular con cantidad moderada de finos limosos**

## CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN AASHTO

AASHTO M-145

Standart specification for Classification Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purpose

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:**<br>**N° de hoja:** | 15 de marzo del 2024<br>1 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |
| **Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de determinación del contenido de humedad del suelo** | | | |
| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

| **DATOS PARA LA CLASIFICACION** | |
|---|---|
| De la Granulometría | **De Limites de Consistencia** |
| %que pasa el tamiz Nº10 = 42.78% | LL= 22.12 |
| %que pasa el tamiz Nº40 = 33.36% | LP= 13.89 |
| %que pasa el tamiz Nº200 = 28.01% | IP= 8.23 |

| | |
|---|---|
| Índice de Grupo: | 0 |

$$IG = (F_{200} - 35)\cdot[0.2 + 0.005\cdot(LL - 40)] + 0.01\cdot(F_{200} - 15)\cdot(IP - 10)$$

| **CLASIFICACION GENERAL** | **MATERIALES GRANULARES (35% o menos pasa el tamiz Nº 200)** | | | | | | | **MATERIALES LIMO- ARCILLOSOS (mas del 35% pasa el tamiz Nº 200)** | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **GRUPOS** | **A-1** | | **A-3** | **A-2** | | | | **A-4** | **A-5** | **A-6** | **A-7** |
| **SUB- GRUPOS** | **A-1-a** | **A-1-b** | | **A-2-4** | **A-2-5** | **A-2-6** | **A-2-7** | | | | **A-7-5**<br>**A-7-6** |
| **% que pasa el tamiz:** | | | | | | | | | | | |
| **N° 10** | 50 max. | | | | | | | | | | |
| **N° 40** | 30 max. | 50 max. | 51 min. | | | | | | | | |
| **N° 200** | 15 max. | 25 max. | 10 max. | 35 max. | 35 max. | 35 max. | 35 max. | 36 min. | 36 min. | 36 min. | 36 min. |
| **Caracteristicas del material que pasa el tamiz Nº 40** | | | | | | | | | | | |
| **Límite Líquido** | | | | 40 max. | 41 min. | 40 max. | 41 min. | 40 max. | 41 min. | 40 max. | 41 min. |
| **Índice de Plasticidad** | 6 max. | 6 max. | No Plastico | 10 max. | 10 max. | 11 min. | 11 min. | 10 max. | 10 max. | 11 min. | 11 min. |
| **Índice de Grupo** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 max. | 4 max. | 8 max. | 12 max. | 16 max. | 20 max. |
| **Tipos de Material** | Fragmentos de piedra grava y arena | | Arena fina | Gravas, arenas limosas y arcillosas | | | | Suelos limosos | | Suelos arcillosos | |

**A-2-4 (0) : Mezcla de suelo granular con cantidad moderada de finos limosos**

## SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)

ASTM D 2487 - NTP 339.134

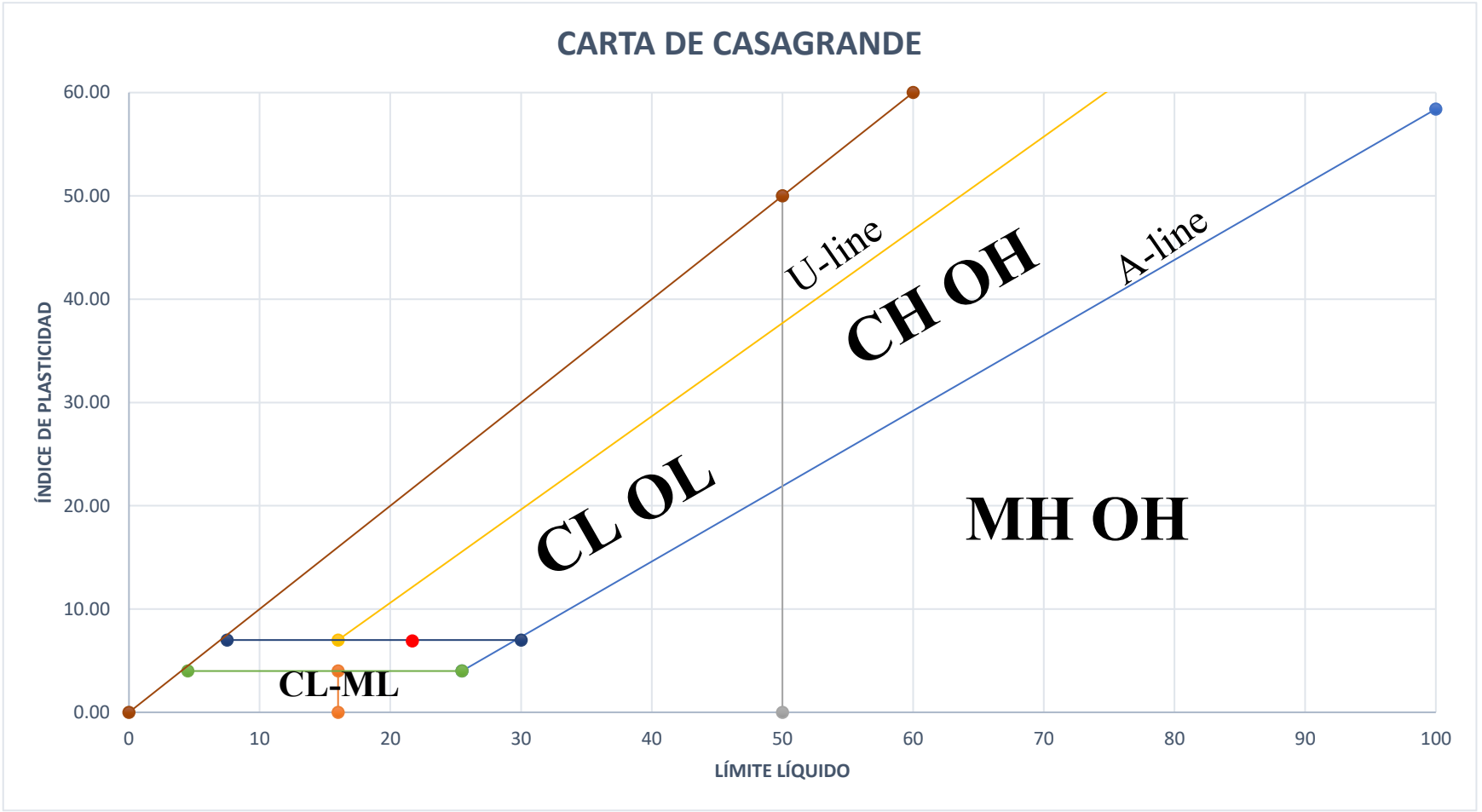
Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:**<br>**N° de hoja:** | 11 de abril del 2024<br>1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | | |
| **Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de determinación del contenido de humedad del suelo** | | | |
| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

| **DATOS PARA LA CLASIFICACIÓN** |
|---|
| **De Granulometria** |
| % de Gruesos =71.57 % |
| % de Finos =28.43 % |
| Total = 100% |
| % de Grava = 37.68 % |
| % de Arena =33.89 % |
| Total = 71.57% |
| **Fracción Gruesa** |
| % de Grava = 52.65% |
| % de Arena = 47.35% |
| Total = 100% |
| **Coeficientes** |
| Cu= NO APLICA |
| Cc= NO APLICA |
| **De Límites de consistencia** |
| LL= 21.68 |
| LP= 14.77 |
| IP= 6.91 |

**GC - GM = Grava limosa arcillosa**

| CRITERIOS PARA LA ASIGNACIÓN DE SÍMBOLOS DE GRUPO Y NOMBRE DE GRUPO CON EL USO DE ENSAYOS DE LABORATORIO | | | | SÍMBOLO | NOMBRE DEL GRUPO |
|---|---|---|---|---|---|
| **SUELOS DE PARTÍCULAS GRUESAS** Mas del 50% es retenido en la malla N°200 | **GRAVAS** Mas del 50% de la fracción gruesa es retenida en la malla N° 4 | **GRAVAS LIMPIAS** Menos del 5% pasa la malla N°200 | Cu≥ 4 y 1 ≤Cc≤ 3 | GW | Grava bien graduada |
| | | | Cu <4 o 1 >Cc> 3 | GP | Grava mal graduada |
| | | **GRAVAS CON FINOS** Mas del 12% pasa la malla N°200 | IP<4 o abajo de la linea "A" en la carta de plasticidad | GM | Grava limosa |
| | | | IP>7 y arriba de la linea "A" en la carta de plasticidad | GC | Grava arcillosa |
| | | | 4≤IP≤7 y arriba de la linea "A" en la carta de plasticidad | GC-GM | Grava limosa arcillosa |
| | | **GRAVAS LIMPIAS Y CON FINOS** Entre 5 y 12% pasa malla N°200 | Cumple con los criterios para GW y GM | GW-GM | Grava bien gradada con limo |
| | | | Cumple con los criterios para GW y GC o para GW y GC-GM | GW-GC | Grava bien gradada con arcilla |
| | | | Cumple con los criterios para GP y GM | GP-GM | Grava mal gradada con limo |
| | | | Cumple con los criterios para GP y GC o para GP y GC-GM | GP-GC | Grava mal gradada con arcilla |
| | **ARENAS** El 50% o mas de la fracción gruesa pasa la mala N° 4 | **ARENAS LIMPIAS** Menos del 5% pasa la malla N°200 | Cu≥ 6 y 1 ≤Cc≤ 3 | SW | Arena bien gradada |
| | | | Cu <6 o 1 >Cc> 3 | SP | Arena mal gradada |
| | | **ARENAS CON FINOS** Mas del 12% pasa la malla N°200 | IP<4 o abajo de la linea "A" en la carta de plasticidad | SM | Arena limosa |
| | | | IP>7 y arriba de la linea "A" en la carta de plasticidad | SC | Arena arcillosa |
| | | | 4≤IP≤7 y arriba de la linea "A" en la carta de plasticidad | SC-SM | Arena limosa arcillosa |
| | | **ARENAS LIMPIAS Y CON FINOS** Entre el 5 y 12% pasa la malla N°200 | Cumple con los criterios para SW y SM | SW-SM | Arena bien gradada con limo |
| | | | Cumple con los criterios para SW y SC o para SW y SC-SM | SW-SC | Arena bien gradada con arcilla |
| | | | Cumple con los criterios para SP y SM | SP-SM | Arena mal gradada con limo |
| | | | Cumple con los criterios para SP y SC o para SP y SC-SM | SP-SC | Arena mal gradada con arcilla |
| **SUELOS DE PARTÍCULAS FINAS** El 50% o mas pasa la malla 200% | **LIMOS Y ARCILLAS** Límite líquido menor que 50 | Inorgánicos | IP<4 o abajo de la linea "A" en la carta de plasticidad | ML | Limo de baja plasticidad |
| | | | IP>7 y arriba de la linea "A" en la carta de plasticidad | CL | Arcilla de baja plasticidad |
| | | | 4≤IP≤7 y arriba de la linea "A" en la carta de plasticidad | CL-ML | Arcilla limosa |
| | | Orgánicos | $\frac{Límite\ Líquido\ secado\ al\ Horno}{Límite\ Líquido\ secado\ No\ secado} < 0.75$ | OL | Limo Orgánico / Arcilla Orgánica |
| | **LIMOS Y ARCILLAS** Límite Líquido 50 o mayor | Inorgánicos | Se grafica en la carta de plasticidad abajo de la linea "A" | MH | Limo de alta plasticidad |
| | | | Se grafica en la carta de plasticidad arriba de la linea "A" | CH | Arcilla de baja plasticidad |
| | | Orgánicos | $\frac{Límite\ Líquido\ secado\ al\ Horno}{Límite\ Líquido\ secado\ No\ secado} < 0.75$ | OH | Limo Orgánico / Arcilla Orgánica |
| **SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS** | | | Principalmente materia orgánica de color oscuro | Pt | Turba |


CARTA DE CASAGRANDE
ÍNDICE DE PLASTICIDAD
LÍMITE LÍQUIDO
60.00
50.00
40.00
30.00
20.00
10.00
0.00
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
U-line
A-line
CH OH
CL OL
MH OH
CL-ML

## SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)

ASTM D 2487 - NTP 339.134

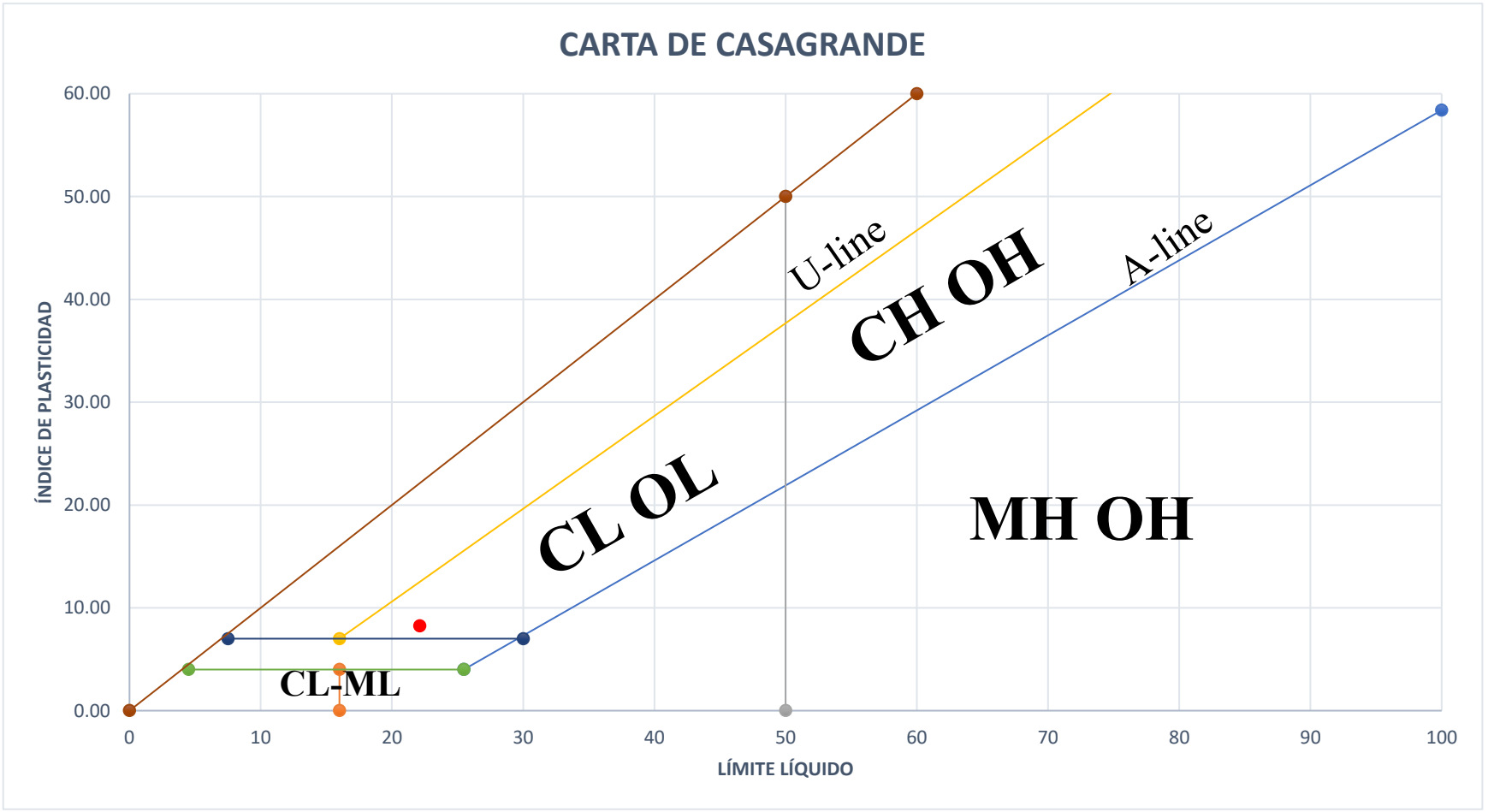
Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 11 de abril del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | |
| **Provincia:** | Cusco | | |
| **Región:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Patapata |
| **Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de determinación del contenido de humedad del suelo** | | | |
| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

| DATOS PARA LA CLASIFICACIÓN |
|---|
| **De Granulometría** |
| % de Gruesos =71.99 % |
| % de Finos =28.01 % |
| Total = 100% |
| % de Grava =38.67 % |
| % de Arena =33.33 % |
| Total = 71.99% |
| **Fracción Gruesa** |
| % de Grava = 53.71% |
| % de Arena = 46.29% |
| Total = 100% |
| **Coeficientes** |
| Cu= NO APLICA |
| Cc= NO APLICA |
| **De Límites de consistencia** |
| LL= 22.12 |
| LP= 13.89 |
| IP= 8.23 |

**GC = Grava arcillosa**

| CRITERIOS PARA LA ASIGNACIÓN DE SÍMBOLOS DE GRUPO Y NOMBRE DE GRUPO CON EL USO DE ENSAYOS DE LABORATORIO | | | | SÍMBOLO | NOMBRE DEL GRUPO |
|---|---|---|---|---|---|
| **SUELOS DE PARTÍCULAS GRUESAS** Mas del 50% es retenido en la malla Nº200 | **GRAVAS** Mas del 50% de la fracción gruesa es retenida en la malla Nº 4 | **GRAVAS LIMPIAS** Menos del 5% pasa la malla Nº200 | Cu≥ 4 y 1 ≤Cc≤ 3 | GW | Grava bien graduada |
| | | | Cu <4 o 1 >Cc> 3 | GP | Grava mal graduada |
| | | **GRAVAS CON FINOS** Mas del 12% pasa la malla Nº200 | IP<4 o abajo de la linea "A" en la carta de plasticidad | GM | Grava limosa |
| | | | IP>7 y arriba de la linea "A" en la carta de plasticidad | GC | Grava arcillosa |
| | | | 4≤IP≤7 y arriba de la linea "A" en la carta de plasticidad | GC-GM | Grava limosa arcillosa |
| | | **GRAVAS LIMPIAS Y CON FINOS** Entre 5 y 12% pasa malla Nº200 | Cumple con los criterios para GW y GM | GW-GM | Grava bien gradada con limo |
| | | | Cumple con los criterios para GW y GC o para GW y GC-GM | GW-GC | Grava bien gradada con arcilla |
| | | | Cumple con los criterios para GP y GM | GP-GM | Grava mal gradada con limo |
| | | | Cumple con los criterios para GP y GC o para GP y GC-GM | GP-GC | Grava mal gradada con arcilla |
| | **ARENAS** El 50% o mas de la fracción gruesa pasa la mala Nº 4 | **ARENAS LIMPIAS** Menos del 5% pasa la malla Nº200 | Cu≥ 6 y 1 ≤Cc≤ 3 | SW | Arena bien gradada |
| | | | Cu <6 o 1 >Cc> 3 | SP | Arena mal gradada |
| | | **ARENAS CON FINOS** Mas del 12% pasa la malla Nº200 | IP<4 o abajo de la linea "A" en la carta de plasticidad | SM | Arena limosa |
| | | | IP>7 y arriba de la linea "A" en la carta de plasticidad | SC | Arena arcillosa |
| | | | 4≤IP≤7 y arriba de la linea "A" en la carta de plasticidad | SC-SM | Arena limosa arcillosa |
| | | **ARENAS LIMPIAS Y CON FINOS** Entre el 5 y 12% pasa la malla Nº200 | Cumple con los criterios para SW y SM | SW-SM | Arena bien gradada con limo |
| | | | Cumple con los criterios para SW y SC o para SW y SC-SM | SW-SC | Arena bien gradada con arcilla |
| | | | Cumple con los criterios para SP y SM | SP-SM | Arena mal gradada con limo |
| | | | Cumple con los criterios para SP y SC o para SP y SC-SM | SP-SC | Arena mal gradada con arcilla |
| **SUELOS DE PARTÍCULAS FINAS** El 50% o mas pasa la malla 200% | **LIMOS Y ARCILLAS** Límite líquido menor que 50 | Inorgánicos | IP<4 o abajo de la linea "A" en la carta de plasticidad | ML | Limo de baja plasticidad |
| | | | IP>7 y arriba de la linea "A" en la carta de plasticidad | CL | Arcilla de baja plasticidad |
| | | | 4≤IP≤7 y arriba de la linea "A" en la carta de plasticidad | CL-ML | Arcilla limosa |
| | | Orgánicos | $\frac{Limite\ Liquido\ secado\ al\ Horno}{Limite\ Liquido\ secado\ No\ secado} < 0.75$ | OL | Limo Orgánico / Arcilla Orgánica |
| | **LIMOS Y ARCILLAS** Límite Líquido 50 o mayor | Inorgánicos | Se grafica en la carta de plasticidad abajo de la linea "A" | MH | Limo de alta plasticidad |
| | | | Se grafica en la carta de plasticidad arriba de la linea "A" | CH | Arcilla de baja plasticidad |
| | | Orgánicos | $\frac{Limite\ Liquido\ secado\ al\ Horno}{Limite\ Liquido\ secado\ No\ secado} < 0.75$ | OH | Limo Orgánico / Arcilla Orgánica |
| **SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS** | | | Principalmente materia orgánica de color oscuro | Pt | Turba |


CARTA DE CASAGRANDE
ÍNDICE DE PLASTICIDAD
LÍMITE LÍQUIDO
60.00
50.00
40.00
30.00
20.00
10.00
0.00
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
U-line
A-line
CH OH
CL OL
MH OH
CL-ML

# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

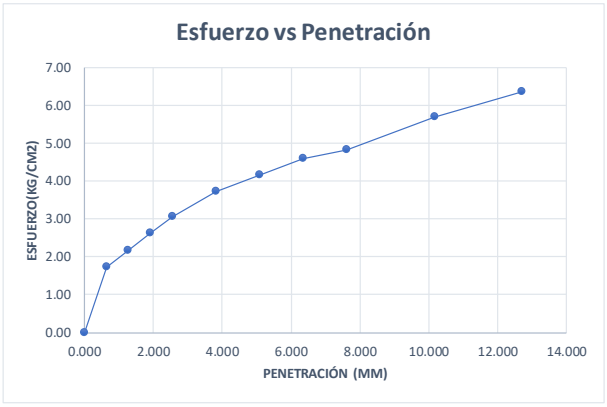
MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:**<br>**N° de hoja:** | 17 de mayo del 2024<br>2 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | **ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |
| **Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)** | | | |
| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

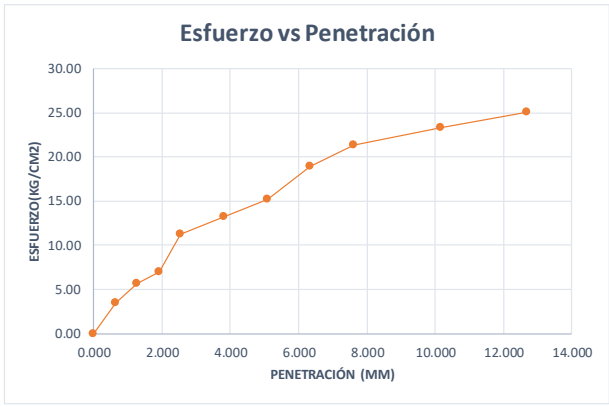
**RELACIÓN DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**



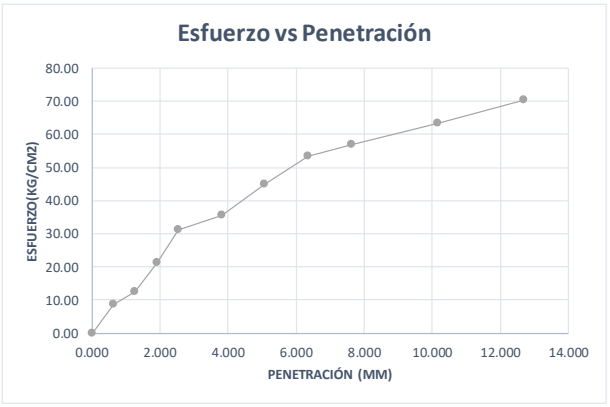

**RELACIÓN DE CBR**

**MUESTRA 2 (26 GOLPES)**



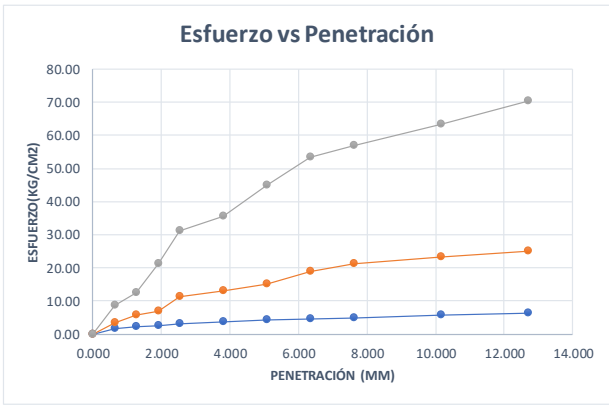

**RELACIÓN DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**




**RELACIÓN DE CBR**

**TODAS LAS MUESTRAS**




| TIEMPO POST COMPACTACIÓN | | ETAPA DE EXPANSIÓN | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
| Dias | Horas | Dial *0.001" | (12 GOLPES) Deformación (mm) | (12 GOLPES) Expansión (%) | Dial *0.001" | (26 GOLPES) Deformación (mm) | (26 GOLPES) Expansión (%) | Dial *0.001" | (55 GOLPES) Deformación (mm) | (55 GOLPES) Expansión (%) |
| Dia 0 | 0 | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% |
| Dia 1 | 24 | 5 | 0.127 | 0.10% | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 2 | 48 | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 3 | 72 | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% |
| Dia 4 | 96 | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% | 7 | 0.178 | 0.14% |

# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

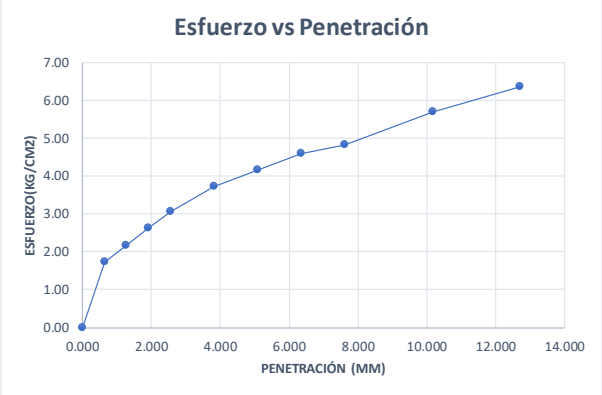
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:**<br>**N° de hoja:** | 17 de mayo del 2024<br>2 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | **ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

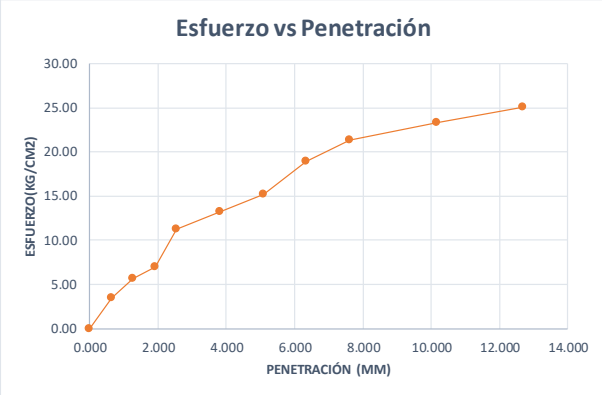
**RELACIÓN DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**



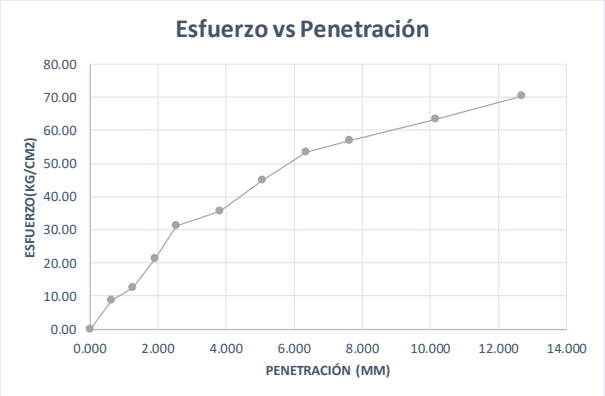

**RELACIÓN DE CBR**

**MUESTRA 2 (26 GOLPES)**



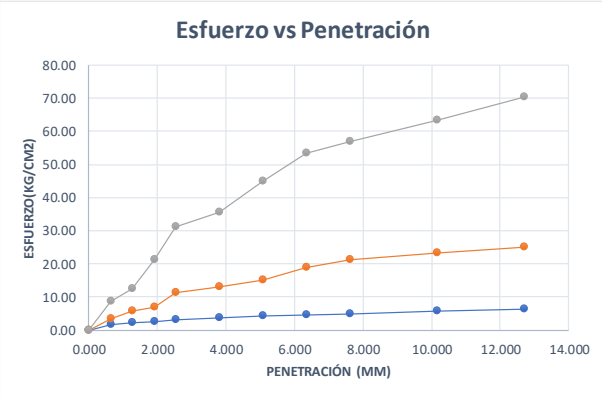

**RELACIÓN DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**




**RELACIÓN DE CBR**

**TODAS LAS MUESTRAS**




| **TIEMPO POST COMPACTACIÓN** | | **ETAPA DE EXPANSIÓN** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **MUESTRA 1** | | | **MUESTRA 2** | | | **MUESTRA 3** | | |
| **Dias** | **Horas** | **Dial *0.001"** | **(12 GOLPES)** Deformación (mm) | Expansión (%) | **Dial *0.001"** | **(26 GOLPES)** Deformación (mm) | Expansión (%) | **Dial *0.001"** | **(55 GOLPES)** Deformación (mm) | Expansión (%) |
| Dia 0 | 0 | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% |
| Dia 1 | 24 | 5 | 0.127 | 0.10% | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 2 | 48 | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 3 | 72 | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% |
| Dia 4 | 96 | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% | 7 | 0.178 | 0.14% |

# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

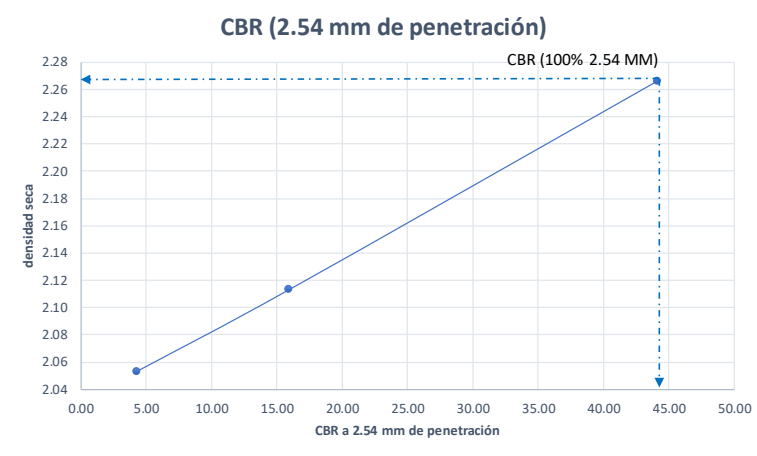
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 17 de mayo del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 3 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | **ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) |
| 12 | 4.34 | 2.05 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 15.95 | 2.11 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 44.16 | 2.27 gr/cm3 | 70.31 | **2.540** | **3.05** | **4.34** | **2.540** | **11.21** | **15.95** | **2.540** | **31.05** | **44.16** |

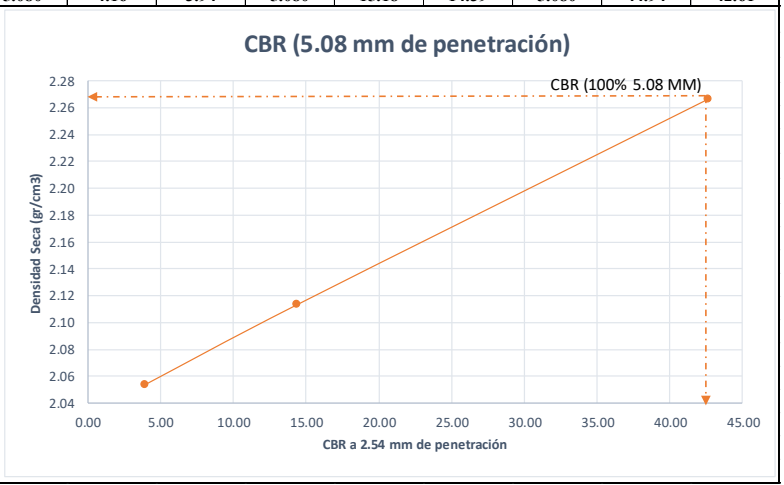
| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.27 cm3 |
| **CBR (100% 2.54 MM)** | 44 % ok |




| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) |
| 12 | 3.94 | 2.05 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 14.39 | 2.11 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 42.61 | 2.27 gr/cm3 | 105.46 | **5.080** | **4.16** | **3.94** | **5.080** | **15.18** | **14.39** | **5.080** | **44.94** | **42.61** |

0.21

| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.27 cm3 |
| **CBR (100% 5.08 MM)** | 43 % |



# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

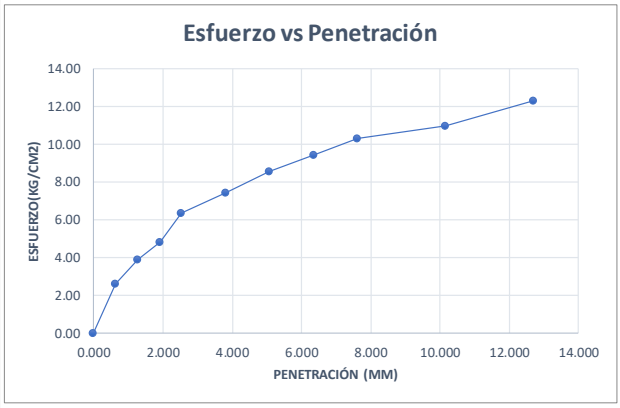
MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:**<br>**N° de hoja:** | 17 de mayo del 2024<br>2 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | **ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |
| **Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)** | | | |
| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 1 |

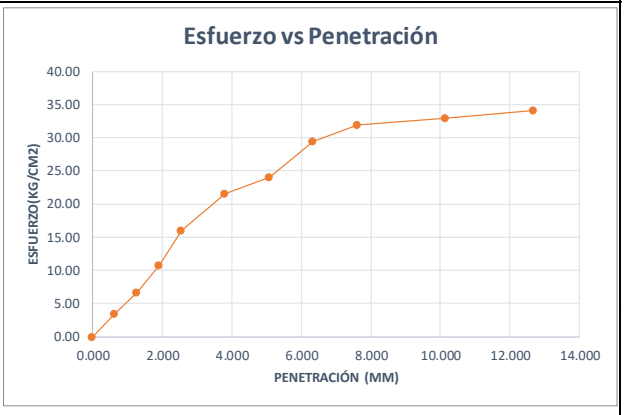
**RELACIÓN DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**



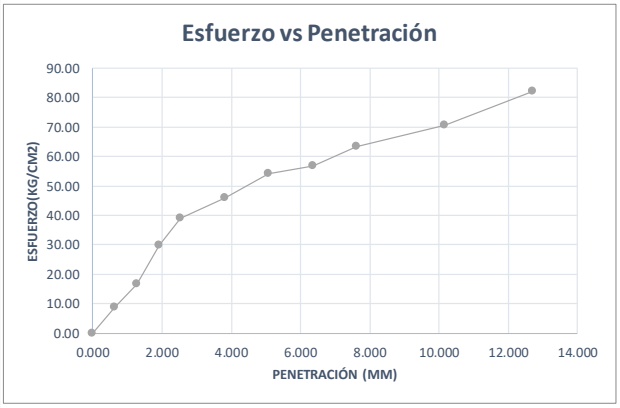

**RELACIÓN DE CBR**

**MUESTRA 2 (26 GOLPES)**



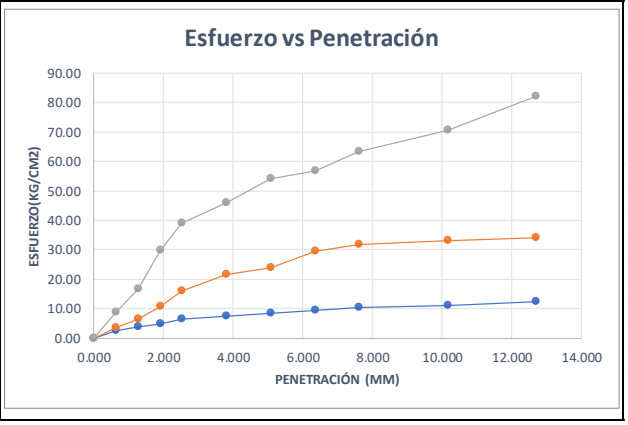

**RELACIÓN DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**




**RELACIÓN DE CBR**

**TODAS LAS MUESTRAS**




| TIEMPO POST COMPACTACIÓN | | ETAPA DE EXPANSIÓN | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
| Dias | Horas | Dial *0.001" | (12 GOLPES) Deformación (mm) | (12 GOLPES) Expansión (%) | Dial *0.001" | (26 GOLPES) Deformación (mm) | (26 GOLPES) Expansión (%) | Dial *0.001" | (55 GOLPES) Deformación (mm) | (55 GOLPES) Expansión (%) |
| Dia 0 | 0 | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% |
| Dia 1 | 24 | 5 | 0.127 | 0.10% | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 2 | 48 | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 3 | 72 | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% |
| Dia 4 | 96 | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% | 7 | 0.178 | 0.14% |

# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

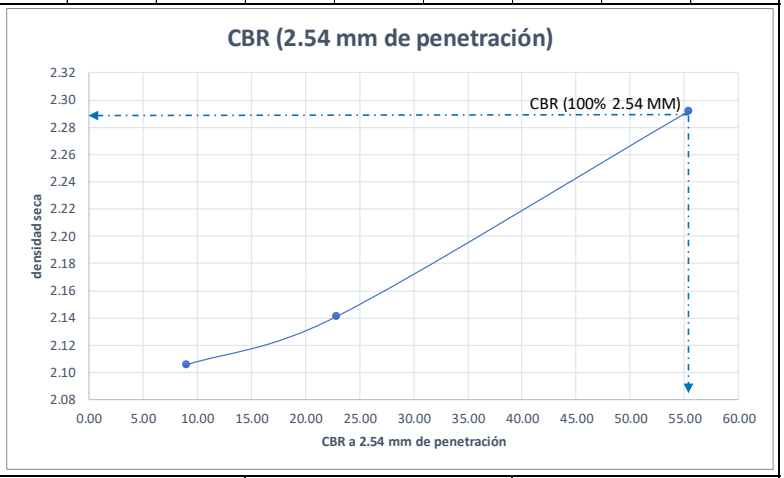
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 17 de mayo del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 3 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | **ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 1 |

| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) |
| 12 | 9.05 | 2.11 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 22.84 | 2.14 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 55.45 | 2.29 gr/cm3 | 70.31 | **2.540** | **6.36** | **9.05** | **2.540** | **16.06** | **22.84** | **2.540** | **38.99** | **55.45** |

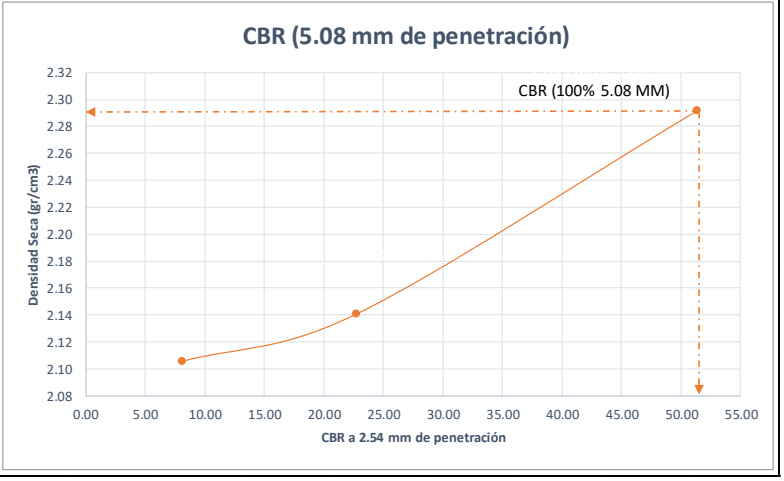
| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.29 cm3 |
| **CBR (100% 2.54 MM)** | **55 %** ok |




| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) |
| 12 | 8.12 | 2.11 | gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 22.76 | 2.14 | gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 51.39 | 2.29 | gr/cm3 | 105.46 | **5.080** | **8.57** | **8.12** | **5.080** | **24.00** | **22.76** | **5.080** | **54.20** | **51.39** |

0.19

| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.29 cm3 |
| **CBR (100% 5.08 MM)** | 52 % |



# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

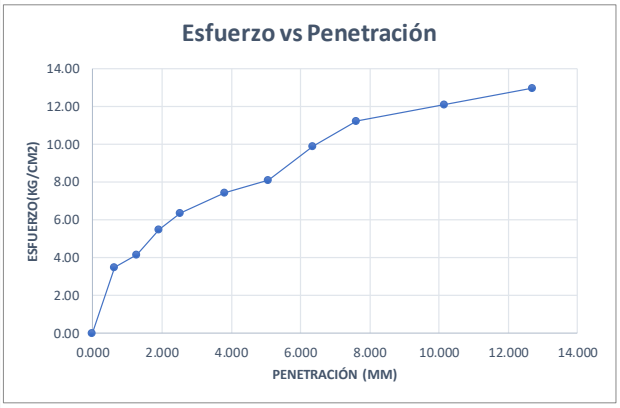
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:**<br>**N° de hoja:** | 21 de mayo del 2024<br>2 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | **ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 2 |

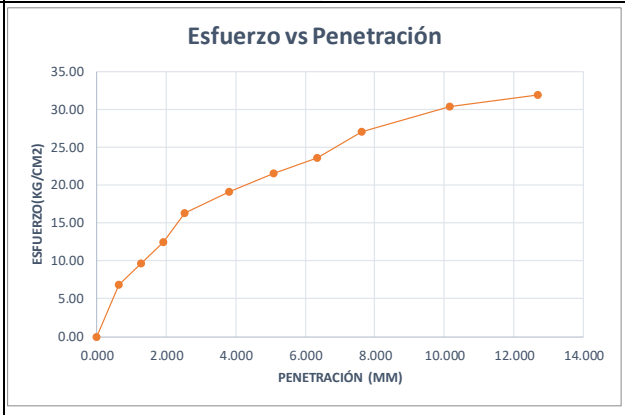
**RELACIÓN DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**



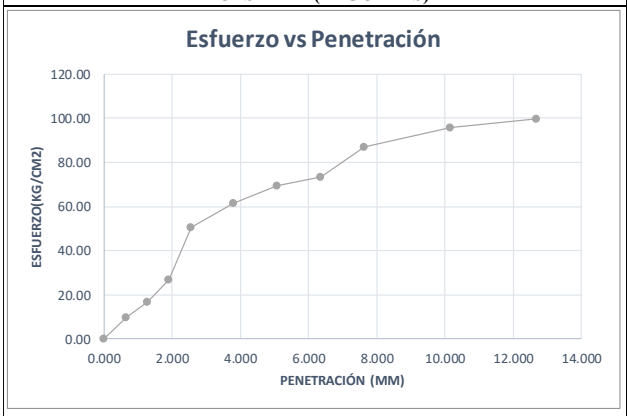

**RELACIÓN DE CBR**

**MUESTRA 2 (26 GOLPES)**



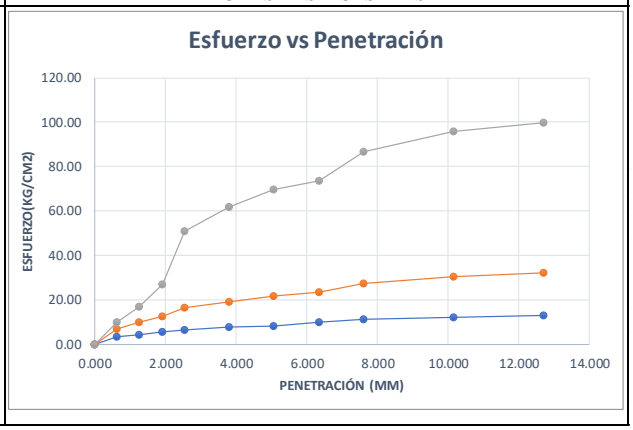

**RELACIÓN DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**




**RELACIÓN DE CBR**

**TODAS LAS MUESTRAS**




| **TIEMPO POST COMPACTACIÓN** | | **ETAPA DE EXPANSIÓN** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **MUESTRA 1** | | | **MUESTRA 2** | | | **MUESTRA 3** | | |
| **Dias** | **Horas** | **Dial *0.001"** | **(12 GOLPES)** Deformación (mm) | Expansión (%) | **Dial *0.001"** | **(26 GOLPES)** Deformación (mm) | Expansión (%) | **Dial *0.001"** | **(55 GOLPES)** Deformación (mm) | Expansión (%) |
| Dia 0 | 0 | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% |
| Dia 1 | 24 | 5 | 0.127 | 0.10% | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 2 | 48 | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 3 | 72 | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% |
| Dia 4 | 96 | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% | 7 | 0.178 | 0.14% |

# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

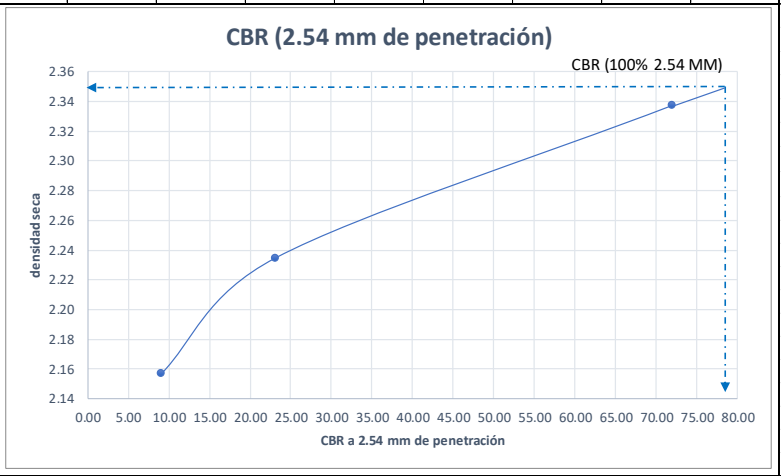
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 21 de mayo del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 3 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | **ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 2 |

| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) |
| 12 | 9.05 | 2.16 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 23.16 | 2.23 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 72.07 | 2.34 gr/cm3 | 70.31 | **2.540** | **6.36** | **9.05** | **2.540** | **16.28** | **23.16** | **2.540** | **50.67** | **72.07** |

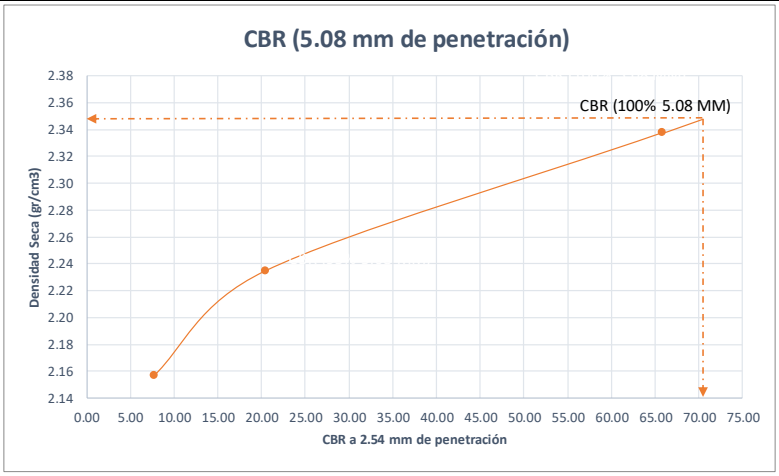
| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.35 cm3 |
| **CBR (100% 2.54 MM)** | 78 % ok |




| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) |
| 12 | 7.70 | 2.16 | gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 20.46 | 2.23 | gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 65.82 | 2.34 | gr/cm3 | 105.46 | **5.080** | **8.13** | **7.70** | **5.080** | **21.57** | **20.46** | **5.080** | **69.41** | **65.82** |

0.18

| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.35 cm3 |
| **CBR (100% 5.08 MM)** | 71 % |



# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 21 de mayo del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 3 |

**DATOS GENERALES**

| INFORMACIÓN GENERAL DE LA MUESTRA | | INFORMACIÓN GENERAL DE LOS EQUIPOS | | INFORMACIÓN GENERAL DEL MOLDE | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Contenido Óptimo de Humedad** | 9.2 % | **Peso del martillo** | 4.54 kg | **Diámetro** | 15.24 cm |
| **Contenido Natural de Humedad** | 2.7 % | **Altura de Caída del martillo** | 45.72 cm | **Altura** | 17.78 cm |
| **Densidad Seca Máxima** | 2.39 cm3 | **Altura del disco espaciador** | 6.14 cm | **Altura de muestra** | 11.64 cm |
| **Número de Capas** | 5 | **Area del pistón** | 19.35 cm2 | **Volumen** | 2123.31 cm3 |

| DESCRIPCIÓN | UND | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Número de golpes** | **Und** | **12** | | | **26** | | | **55** | | |
| **Peso del molde más base** | **gr** | 7040.00 | | | 7145.00 | | | 6118.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra húmeda** | **gr** | 12118.00 | | | 12483.00 | | | 11575.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra sumergida** | **gr** | 12037.00 | | | 12585.00 | | | 11843.00 | | |
| **Peso muestra húmeda** | **gr** | **5078.00** | | | **5338.00** | | | **5457.00** | | |
| **Densidad Húmeda** | **cm3** | **2.39** | | | **2.51** | | | **2.57** | | |
| **CONTENIDO DE HUMEDAD POST INMERSIÓN** | | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** |
| **Peso de la muestra húmeda + tara** | **gr** | 100.19 | 133.48 | 119.84 | 113.44 | 151.76 | 50.17 | 90.29 | 98.86 | 92.23 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 95.65 | 126.24 | 114.00 | 107.72 | 146.39 | 47.06 | 86.48 | 96.08 | 90.48 |
| **Peso del agua** | **gr** | 4.54 | 7.24 | 5.84 | 5.72 | 5.37 | 3.11 | 3.81 | 2.78 | 1.75 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 56.99 | 56.96 | 57.89 | 53.77 | 53.77 | 21.93 | 49.20 | 58.80 | 53.20 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 38.66 | 69.28 | 56.11 | 53.95 | 92.62 | 25.13 | 37.28 | 37.28 | 37.28 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 11.74 | 10.45 | 10.41 | 10.60 | 5.80 | 12.38 | 10.22 | 7.46 | 4.69 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | | **10.87** | | | **9.59** | | | **7.46** | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | | **2.16** | | | **2.29** | | | **2.39** | |

| | |
|---|---|
| **Ecuación de ajuste para valores en kgf:** | y = 4,2658x + 16,4476 |
| x : | Lectura del dial |
| y : | Fuerza promedio (kgf) |

| | |
|---|---|
| **Carga unitaria patrón** | 70.31 kg/cm2 |
| | 105.46 kg/cm2 |

| Datos del ensayo de Penetración (CBR) | | ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESIÓN | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | | MUESTRA 2 | | | | MUESTRA 3 | | | |
| Penetración (mm) | Dial | Dial | (12 GOLPES) | | | Dial | (26 GOLPES) | | | Dial | (55 GOLPES) | | |
| | | | Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) | | Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) | | Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) |
| **0.000** | **0.000** | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | |
| **0.640** | **0.025** | **17** | 88.97 | 4.60 | | **26** | 127.36 | 6.58 | | **78** | 349.18 | 18.05 | |
| **1.270** | **0.050** | **32** | 152.95 | 7.90 | | **52** | 238.27 | 12.31 | | **120** | 528.34 | 27.30 | |
| **1.910** | **0.075** | **57** | 259.60 | 13.42 | | **89** | 396.10 | 20.47 | | **166** | 724.57 | 37.45 | |
| **2.540** | **0.100** | **97** | 430.23 | 22.23 | 31.62 | **156** | 681.91 | 35.24 | 50.12 | **231** | 1001.85 | 51.78 | 73.64 |
| **3.810** | **0.150** | **123** | 541.14 | 27.97 | | **266** | 1151.15 | 59.49 | | **321** | 1385.77 | 71.62 | |
| **5.080** | **0.200** | **184** | 801.35 | 41.41 | 39.27 | **310** | 1338.85 | 69.19 | 65.61 | **420** | 1808.08 | 93.44 | 88.60 |
| **6.350** | **0.250** | **258** | 1117.02 | 57.73 | | **331** | 1428.43 | 73.82 | | **516** | 2217.60 | 114.60 | |
| **7.620** | **0.300** | **288** | 1245.00 | 64.34 | | **362** | 1560.67 | 80.65 | | **568** | 2439.42 | 126.07 | |
| **10.160** | **0.400** | **312** | 1347.38 | 69.63 | | **433** | 1863.54 | 96.31 | | **621** | 2665.51 | 137.75 | |
| **12.700** | **0.500** | **341** | 1471.09 | 76.03 | | **484** | 2081.09 | 107.55 | | **710** | 3045.17 | 157.37 | |

# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

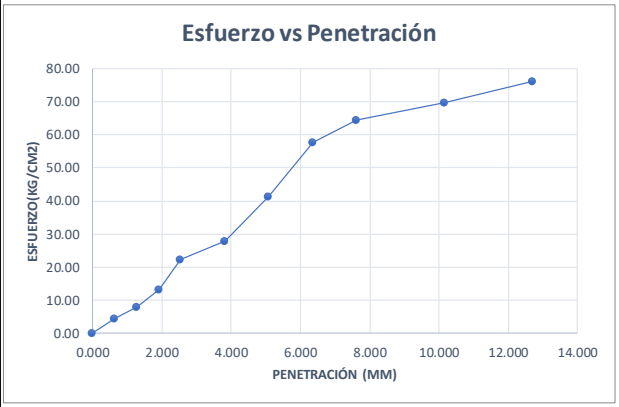
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:**<br>**N° de hoja:** | 21 de mayo del 2024<br>2 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | **ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 3 |

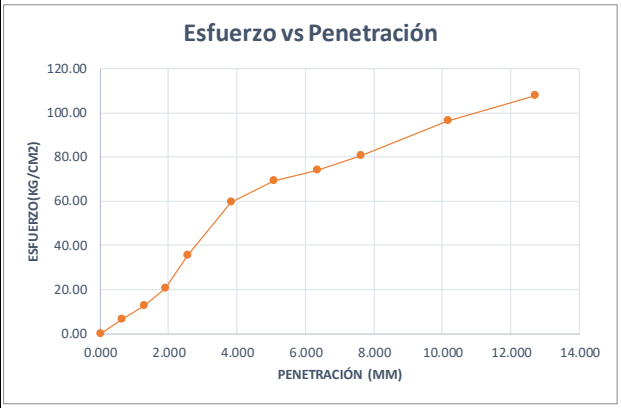
**RELACIÓN DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**



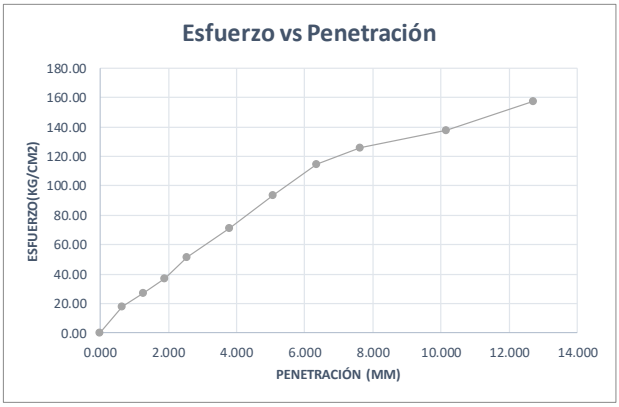

**RELACIÓN DE CBR**

**MUESTRA 2 (26 GOLPES)**



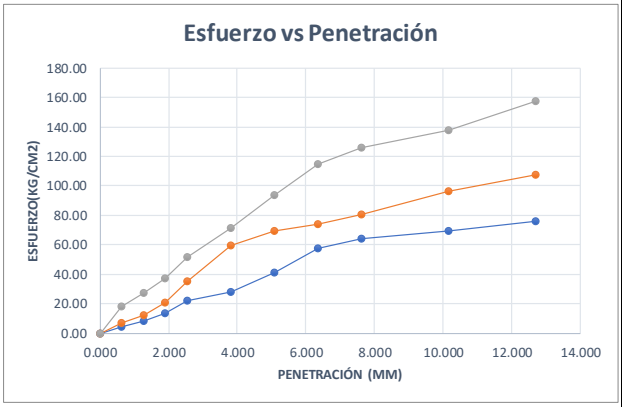

**RELACIÓN DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**




**RELACIÓN DE CBR**

**TODAS LAS MUESTRAS**




| **TIEMPO POST COMPACTACIÓN** | | **ETAPA DE EXPANSIÓN** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **MUESTRA 1** | | | **MUESTRA 2** | | | **MUESTRA 3** | | |
| **Dias** | **Horas** | **Dial *0.001"** | **(12 GOLPES)** | | **Dial *0.001"** | **(26 GOLPES)** | | **Dial *0.001"** | **(55 GOLPES)** | |
| | | | **Deformación (mm)** | **Expansión (%)** | | **Deformación (mm)** | **Expansión (%)** | | **Deformación (mm)** | **Expansión (%)** |
| Dia 0 | 0 | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% |
| Dia 1 | 24 | 5 | 0.127 | 0.10% | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 2 | 48 | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 3 | 72 | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% |
| Dia 4 | 96 | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% | 7 | 0.178 | 0.14% |

# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

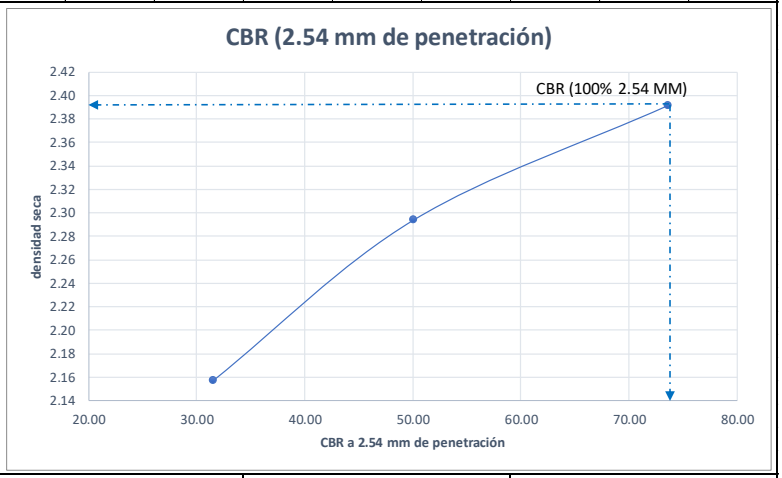
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 21 de mayo del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 3 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | **ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 3 |

| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 Penetración Corregida (mm) | MUESTRA 1 Esfuerzo corregido (kg/cm2) | MUESTRA 1 CBR Corregido (%) | MUESTRA 2 Penetración Corregida (mm) | MUESTRA 2 Esfuerzo corregido (kg/cm2) | MUESTRA 2 CBR Corregido (%) | MUESTRA 3 Penetración Corregida (mm) | MUESTRA 3 Esfuerzo corregido (kg/cm2) | MUESTRA 3 CBR Corregido (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12 | 31.62 | 2.16 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 50.12 | 2.29 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 73.64 | 2.39 gr/cm3 | 70.31 | **2.540** | **22.23** | **31.62** | **2.540** | **35.24** | **50.12** | **2.540** | **51.78** | **73.64** |

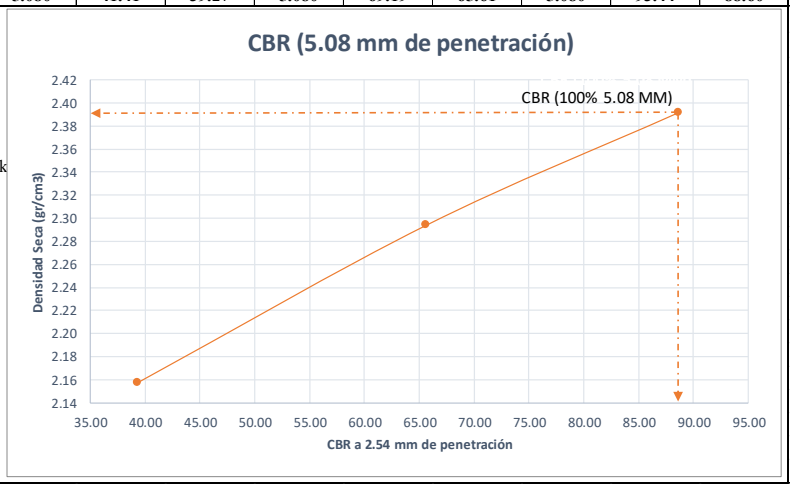
| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.39 cm3 |
| **CBR (100% 2.54 MM)** | 74 % |




| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 Penetración Corregida (mm) | MUESTRA 1 Esfuerzo corregido (kg/cm2) | MUESTRA 1 CBR Corregido (%) | MUESTRA 2 Penetración Corregida (mm) | MUESTRA 2 Esfuerzo corregido (kg/cm2) | MUESTRA 2 CBR Corregido (%) | MUESTRA 3 Penetración Corregida (mm) | MUESTRA 3 Esfuerzo corregido (kg/cm2) | MUESTRA 3 CBR Corregido (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12 | 39.27 | 2.16 | gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 65.61 | 2.29 | gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 88.60 | 2.39 | gr/cm3 | 105.46 | **5.080** | **41.41** | **39.27** | **5.080** | **69.19** | **65.61** | **5.080** | **93.44** | **88.60** |

0.23

| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.39 cm3 |
| **CBR (100% 5.08 MM)** | 89 % ok |



# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

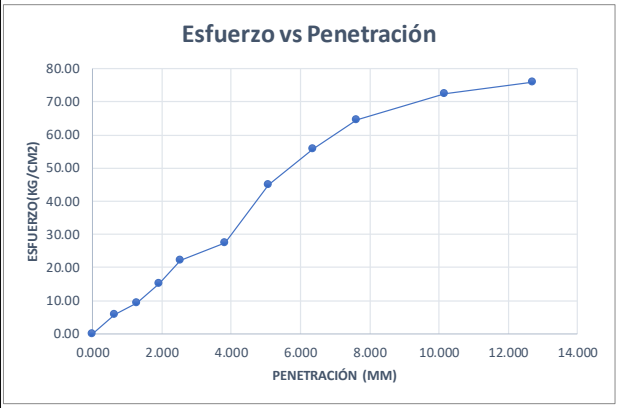
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:**<br>**N° de hoja:** | 24 de mayo del 2024<br>2 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°2 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | **ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 3 |

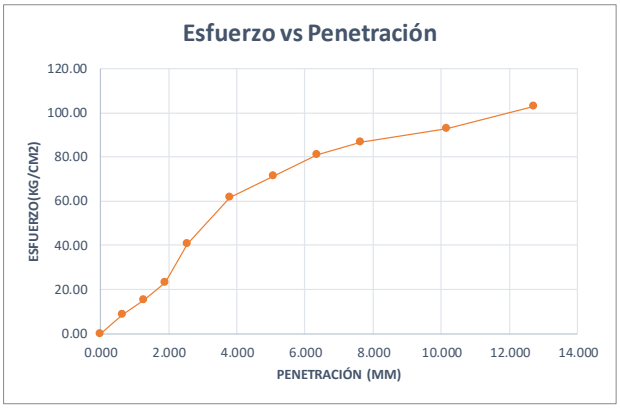
**RELACIÓN DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**



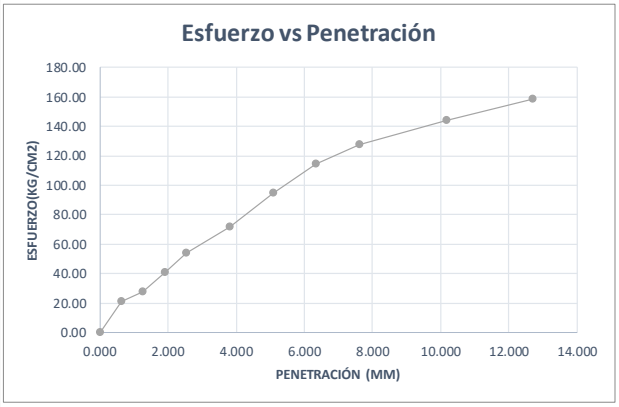

**RELACIÓN DE CBR**

**MUESTRA 2 (26 GOLPES)**



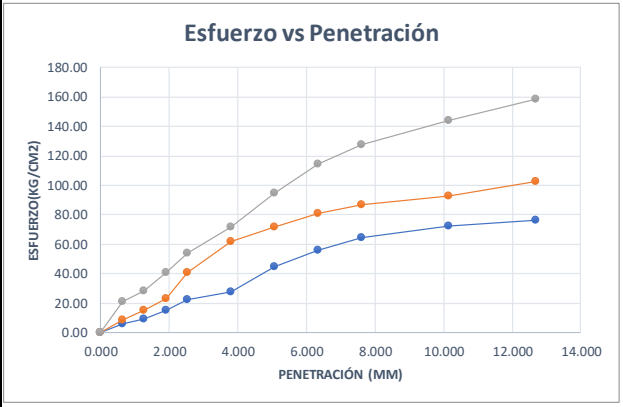

**RELACIÓN DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**




**RELACIÓN DE CBR**

**TODAS LAS MUESTRAS**




| **TIEMPO POST COMPACTACIÓN** | | **ETAPA DE EXPANSIÓN** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **MUESTRA 1** | | | **MUESTRA 2** | | | **MUESTRA 3** | | |
| **Dias** | **Horas** | **Dial *0.001"** | **(12 GOLPES)** | | **Dial *0.001"** | **(26 GOLPES)** | | **Dial *0.001"** | **(55 GOLPES)** | |
| | | | **Deformación (mm)** | **Expansión (%)** | | **Deformación (mm)** | **Expansión (%)** | | **Deformación (mm)** | **Expansión (%)** |
| Dia 0 | 0 | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% |
| Dia 1 | 24 | 5 | 0.127 | 0.10% | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 2 | 48 | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 3 | 72 | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% |
| Dia 4 | 96 | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% | 7 | 0.178 | 0.14% |

# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

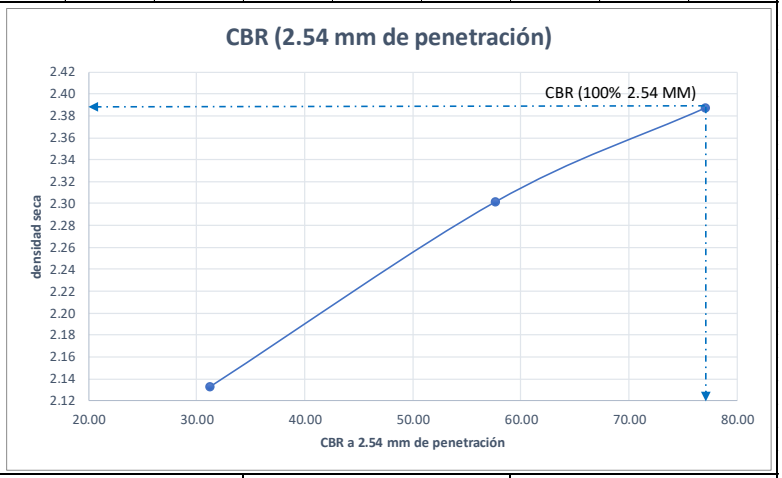
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 24 de mayo del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 3 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°2 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | **ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 3 |

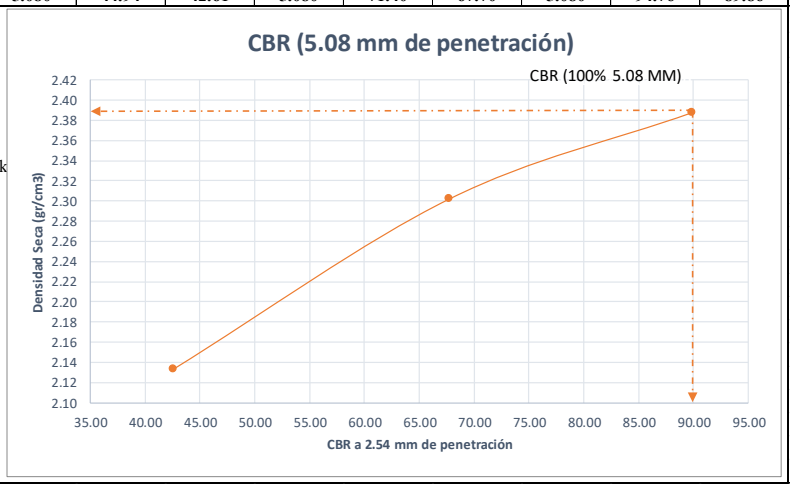
| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) |
| 12 | 31.31 | 2.13 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 57.65 | 2.30 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 77.09 | 2.39 gr/cm3 | 70.31 | **2.540** | **22.01** | **31.31** | **2.540** | **40.53** | **57.65** | **2.540** | **54.20** | **77.09** |

| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.39 cm3 |
| **CBR (100% 2.54 MM)** | **76 %** |




| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) |
| 12 | 42.61 | 2.13 | gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 67.70 | 2.30 | gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 89.86 | 2.39 | gr/cm3 | 105.46 | **5.080** | **44.94** | **42.61** | **5.080** | **71.40** | **67.70** | **5.080** | **94.76** | **89.86** |

| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.39 cm3 |
| **CBR (100% 5.08 MM)** | **90 %** ok |



# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

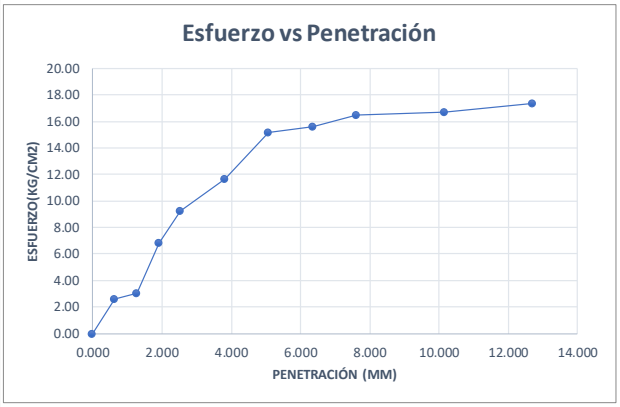
MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:**<br>**N° de hoja:** | 28 de mayo del 2024<br>2 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | **ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |
| **Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)** | | | |
| **% Aceite Residual Degradado** | 1 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

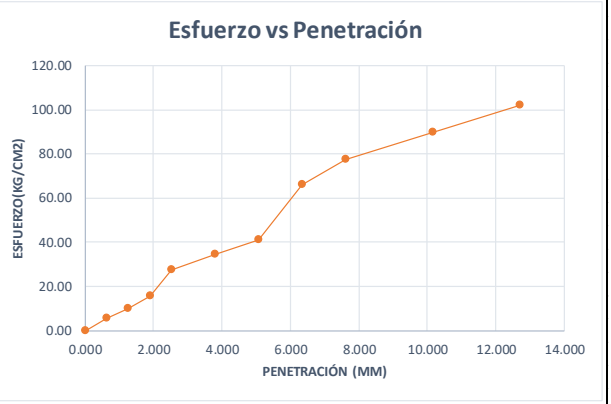
**RELACIÓN DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**



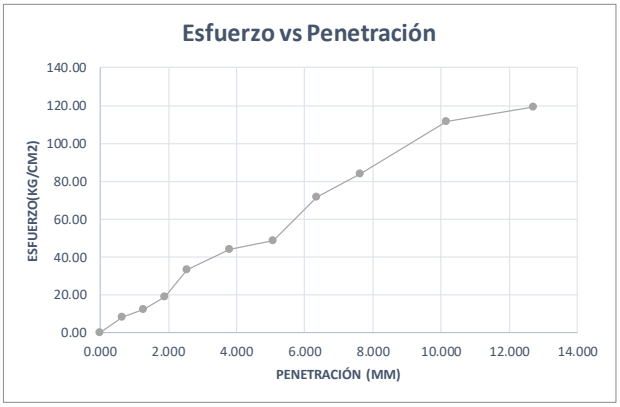

**RELACIÓN DE CBR**

**MUESTRA 2 (26 GOLPES)**



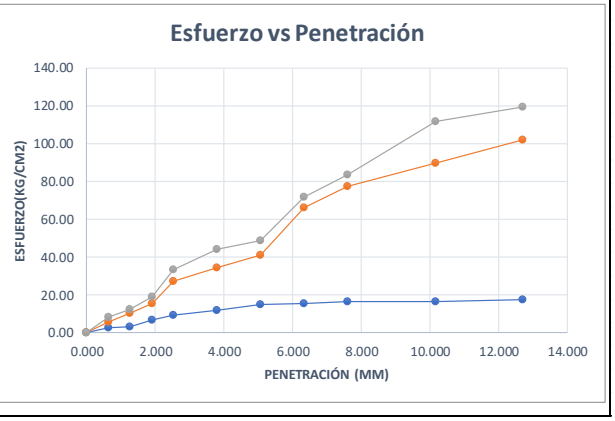

**RELACIÓN DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**




**RELACIÓN DE CBR**

**TODAS LAS MUESTRAS**




| TIEMPO POST COMPACTACIÓN | | ETAPA DE EXPANSIÓN | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
| Dias | Horas | Dial *0.001" | (12 GOLPES) Deformación (mm) | (12 GOLPES) Expansión (%) | Dial *0.001" | (26 GOLPES) Deformación (mm) | (26 GOLPES) Expansión (%) | Dial *0.001" | (55 GOLPES) Deformación (mm) | (55 GOLPES) Expansión (%) |
| Dia 0 | 0 | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% |
| Dia 1 | 24 | 5 | 0.127 | 0.10% | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 2 | 48 | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 3 | 72 | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% |
| Dia 4 | 96 | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% | 7 | 0.178 | 0.14% |

# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

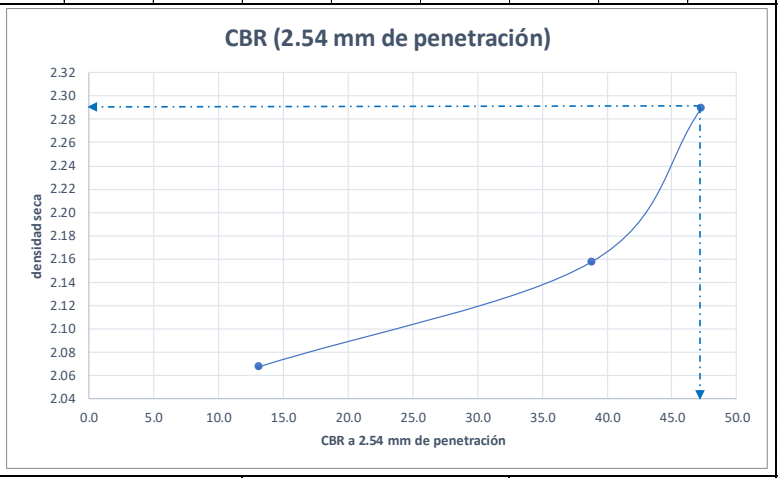
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 28 de mayo del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 3 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | **ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 1 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

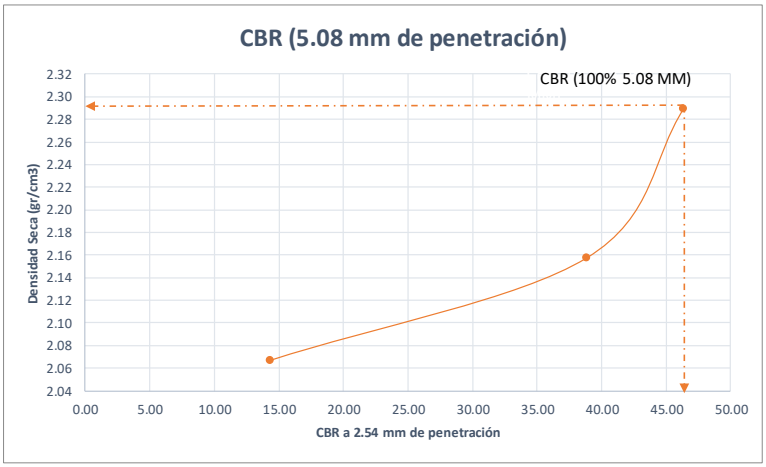
| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) |
| 12 | 13.12 | 2.07 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 38.83 | 2.16 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 47.30 | 2.29 gr/cm3 | 70.31 | **2.540** | **9.23** | **13.12** | **2.540** | **27.30** | **38.83** | **2.540** | **33.26** | **47.30** |

| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.29 cm3 |
| **CBR (100% 2.54 MM)** | 47 % |




| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) |
| 12 | 14.39 | 2.07 | gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 38.85 | 2.16 | gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 46.38 | 2.29 | gr/cm3 | 105.46 | **5.080** | **15.18** | **14.39** | **5.080** | **40.97** | **38.85** | **5.080** | **48.91** | **46.38** |

| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.29 cm3 |
| **CBR (100% 5.08 MM)** | 46 % |



# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

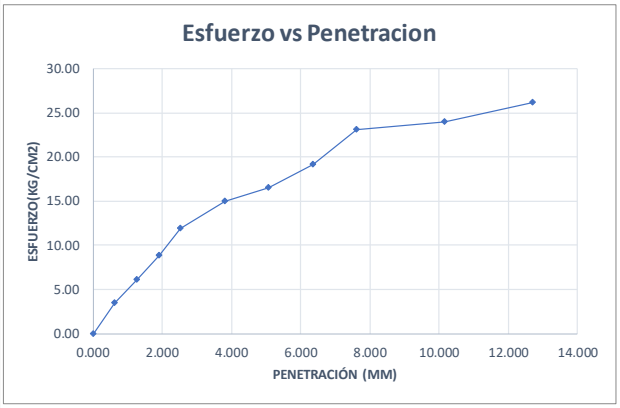
MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:**<br>**N° de hoja:** | 28 de mayo del 2024<br>2 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | **ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |
| **Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)** | | | |
| **% Aceite Residual Degradado** | 1 | **% Tierra de Diatomeas** | 1 |

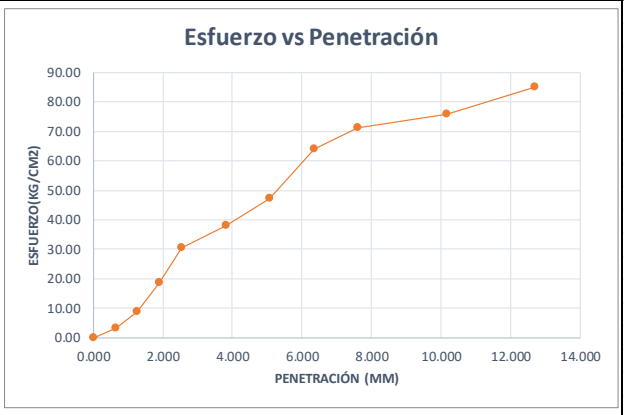
**RELACIÓN DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**



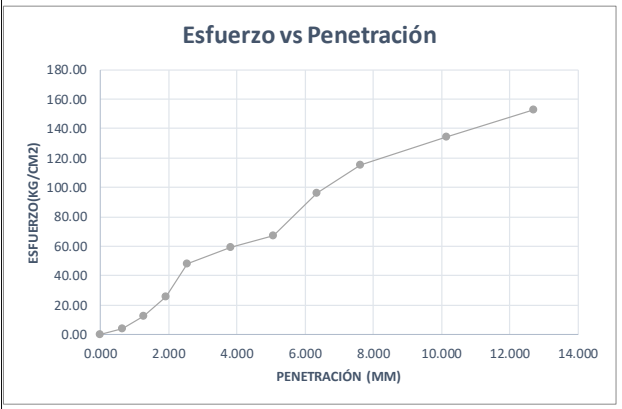

**RELACIÓN DE CBR**

**MUESTRA 2 (26 GOLPES)**



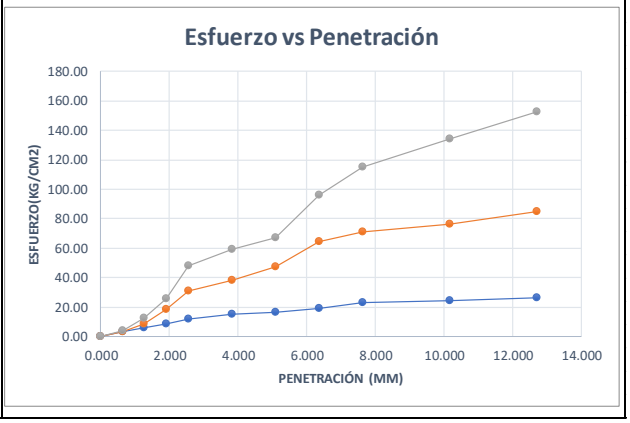

**RELACIÓN DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**




**RELACIÓN DE CBR**

**TODAS LAS MUESTRAS**




| TIEMPO POST COMPACTACIÓN | | ETAPA DE EXPANSIÓN | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
| Dias | Horas | Dial *0.001" | (12 GOLPES) Deformación (mm) | (12 GOLPES) Expansión (%) | Dial *0.001" | (26 GOLPES) Deformación (mm) | (26 GOLPES) Expansión (%) | Dial *0.001" | (55 GOLPES) Deformación (mm) | (55 GOLPES) Expansión (%) |
| Dia 0 | 0 | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% |
| Dia 1 | 24 | 5 | 0.127 | 0.10% | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 2 | 48 | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 3 | 72 | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% |
| Dia 4 | 96 | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% | 7 | 0.178 | 0.14% |

# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

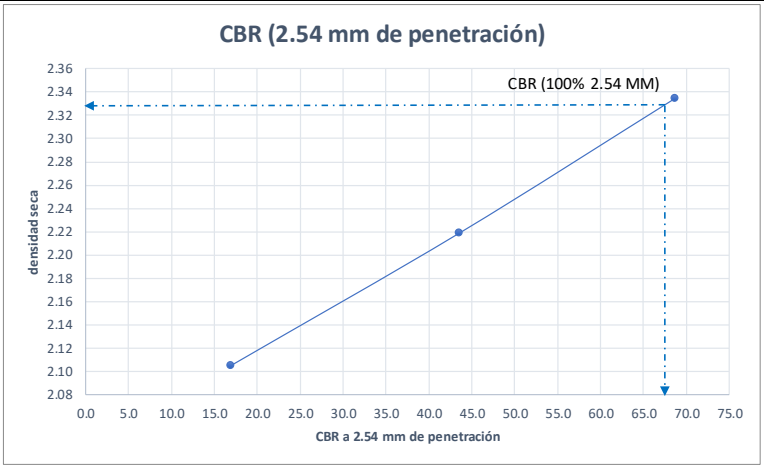
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 28 de mayo del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 3 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | **ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 1 | **% Tierra de Diatomeas** | 1 |

| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) |
| 12 | 16.89 | 2.11 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 43.54 | 2.22 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 68.62 | 2.33 gr/cm3 | 70.31 | **2.540** | **11.87** | **16.89** | **2.540** | **30.61** | **43.54** | **2.540** | **48.25** | **68.62** |

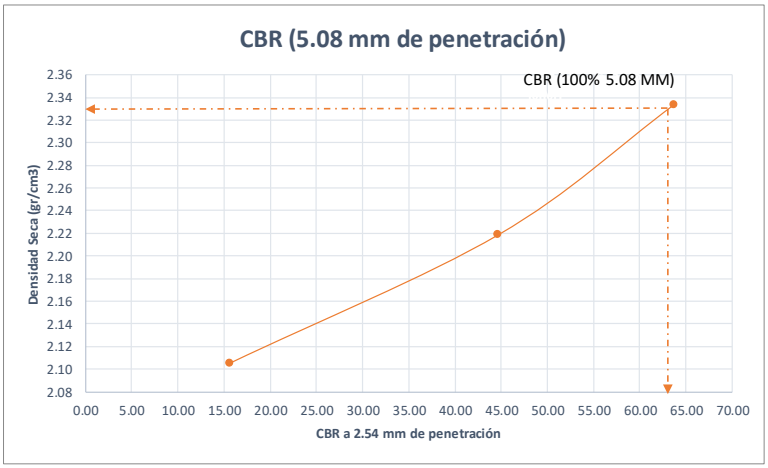
| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.32 cm3 |
| **CBR (100% 2.54 MM)** | **67 %** |




| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) |
| 12 | 15.65 | 2.11 | gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 44.70 | 2.22 | gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 63.73 | 2.33 | gr/cm3 | 105.46 | **5.080** | **16.50** | **15.65** | **5.080** | **47.15** | **44.70** | **5.080** | **67.21** | **63.73** |

0.23

| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.32 cm3 |
| **CBR (100% 5.08 MM)** | 64 % |



## CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

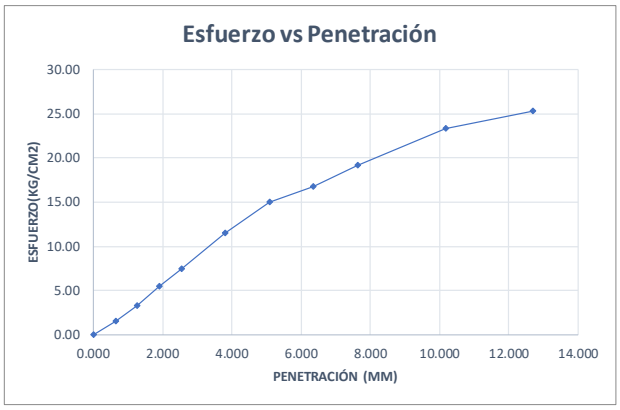
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:**<br>**N° de hoja:** | 04 de junio del 2024<br>2 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | **ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 1 | **% Tierra de Diatomeas** | 2 |

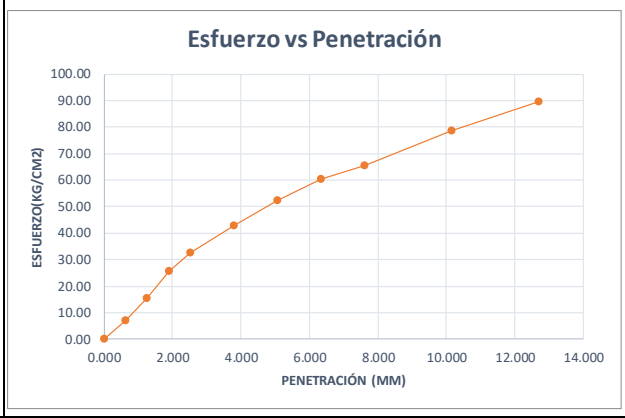
**RELACIÓN DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**



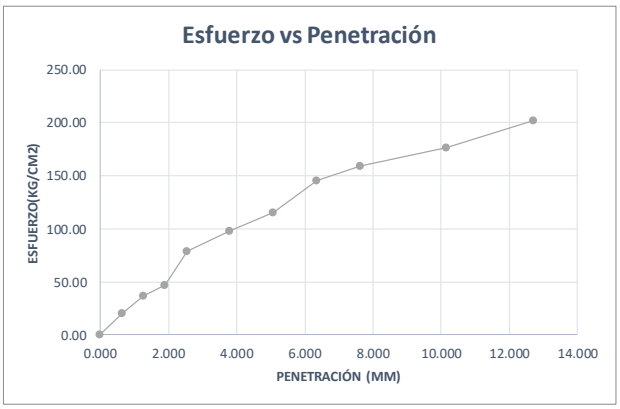

**RELACIÓN DE CBR**

**MUESTRA 2 (26 GOLPES)**



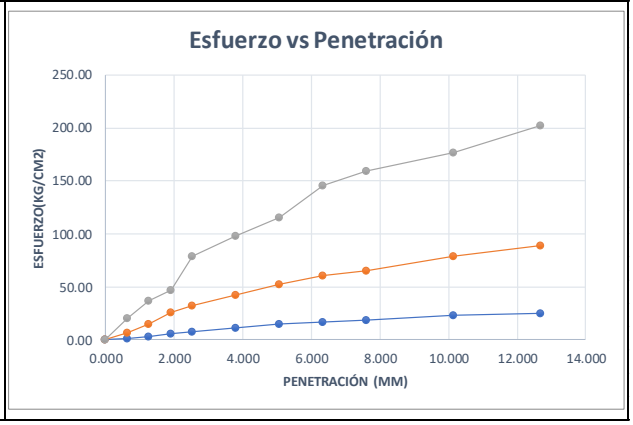

**RELACIÓN DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**




**RELACIÓN DE CBR**

**TODAS LAS MUESTRAS**




| TIEMPO POST COMPACTACIÓN | | ETAPA DE EXPANSIÓN | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
| Dias | Horas | Dial *0.001" | (12 GOLPES) Deformación (mm) | (12 GOLPES) Expansión (%) | Dial *0.001" | (26 GOLPES) Deformación (mm) | (26 GOLPES) Expansión (%) | Dial *0.001" | (55 GOLPES) Deformación (mm) | (55 GOLPES) Expansión (%) |
| Dia 0 | 0 | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% |
| Dia 1 | 24 | 5 | 0.127 | 0.10% | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 2 | 48 | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 3 | 72 | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% |
| Dia 4 | 96 | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% | 7 | 0.178 | 0.14% |

# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

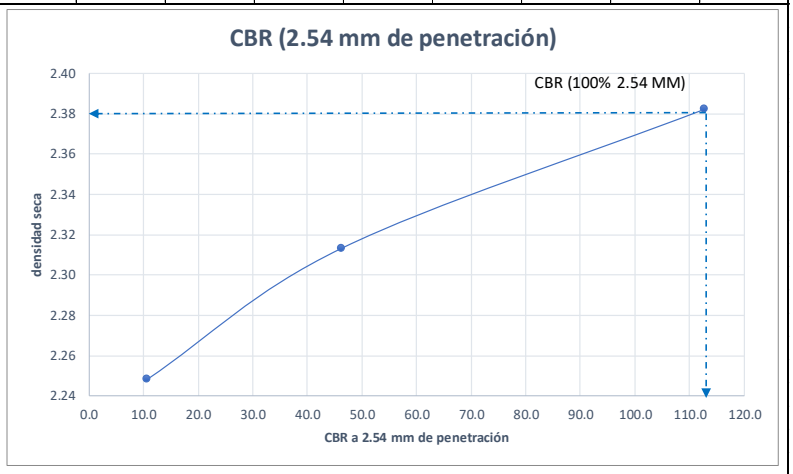
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 04 de junio del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 3 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | **ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 1 | **% Tierra de Diatomeas** | 2 |

| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) |
| 12 | 10.62 | 2.25 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 46.36 | 2.31 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 112.83 | 2.38 gr/cm3 | 70.31 | **2.540** | **7.46** | **10.62** | **2.540** | **32.60** | **46.36** | **2.540** | **79.33** | **112.83** |

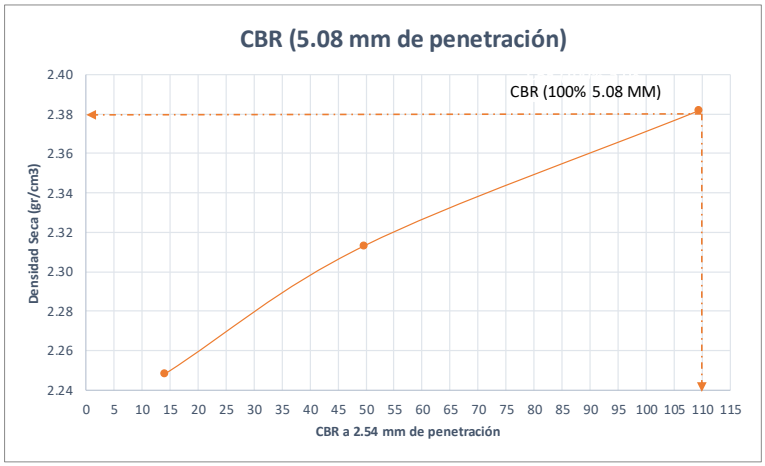
| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.38 cm3 |
| **CBR (100% 2.54 MM)** | **113 %** |




| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) |
| 12 | 14.18 | 2.25 | gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 49.72 | 2.31 | gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 109.51 | 2.38 | gr/cm3 | 105.46 | **5.080** | **14.96** | **14.18** | **5.080** | **52.44** | **49.72** | **5.080** | **115.49** | **109.51** |

0.13

| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.38 cm3 |
| **CBR (100% 5.08 MM)** | 52 % |



## CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

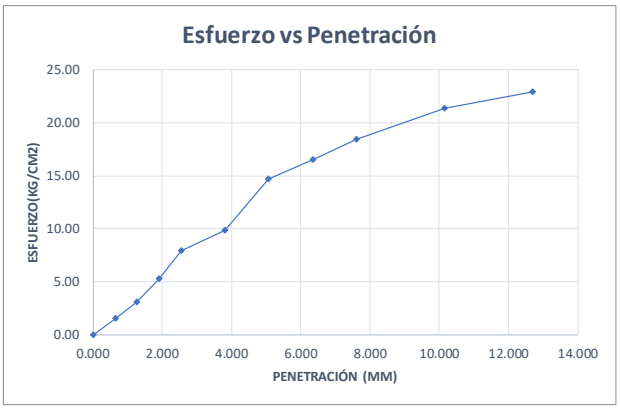
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:**<br>**N° de hoja:** | 04 de junio del 2024<br>2 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | **ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 1 | **% Tierra de Diatomeas** | 3 |

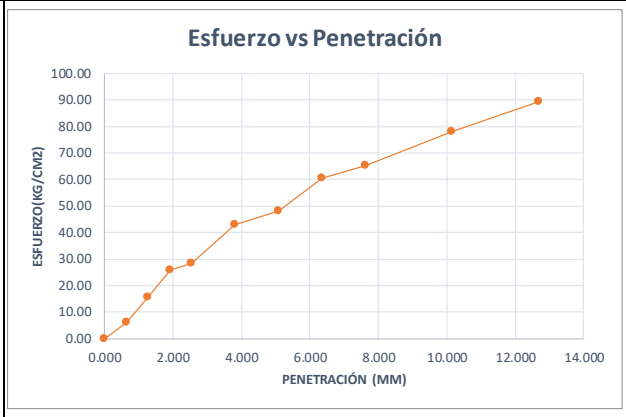
**RELACIÓN DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**



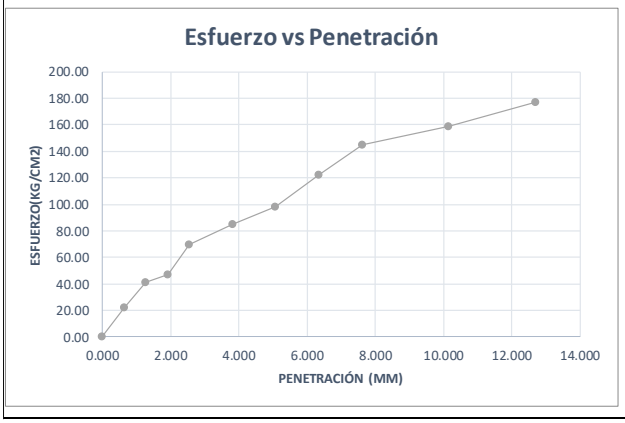

**RELACIÓN DE CBR**

**MUESTRA 2 (26 GOLPES)**



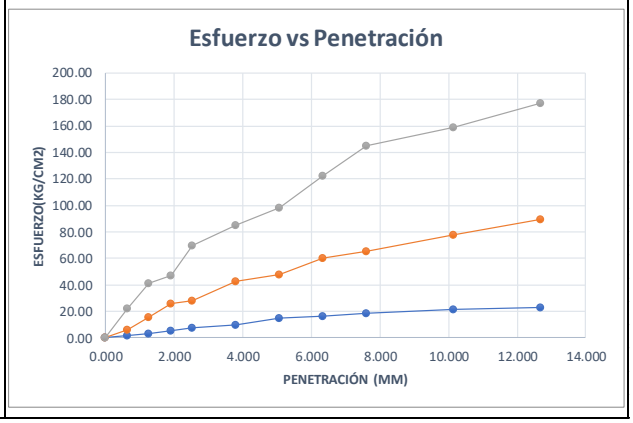

**RELACIÓN DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**




**RELACIÓN DE CBR**

**TODAS LAS MUESTRAS**




| **TIEMPO POST COMPACTACIÓN** | | **ETAPA DE EXPANSIÓN** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **MUESTRA 1** | | | **MUESTRA 2** | | | **MUESTRA 3** | | |
| **Dias** | **Horas** | **Dial *0.001"** | **(12 GOLPES)** | | **Dial *0.001"** | **(26 GOLPES)** | | **Dial *0.001"** | **(55 GOLPES)** | |
| | | | **Deformación (mm)** | **Expansión (%)** | | **Deformación (mm)** | **Expansión (%)** | | **Deformación (mm)** | **Expansión (%)** |
| Dia 0 | 0 | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% |
| Dia 1 | 24 | 5 | 0.127 | 0.10% | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 2 | 48 | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 3 | 72 | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% |
| Dia 4 | 96 | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% | 7 | 0.178 | 0.14% |

# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

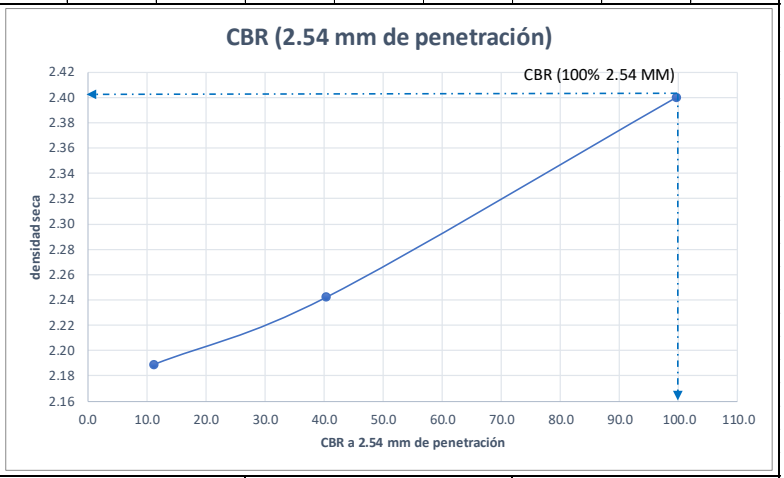
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 04 de junio del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 3 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | **ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 1 | **% Tierra de Diatomeas** | 3 |

| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) |
| 12 | 11.24 | 2.19 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 40.40 | 2.24 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 99.66 | 2.40 gr/cm3 | 70.31 | **2.540** | **7.90** | **11.24** | **2.540** | **28.41** | **40.40** | **2.540** | **70.07** | **99.66** |

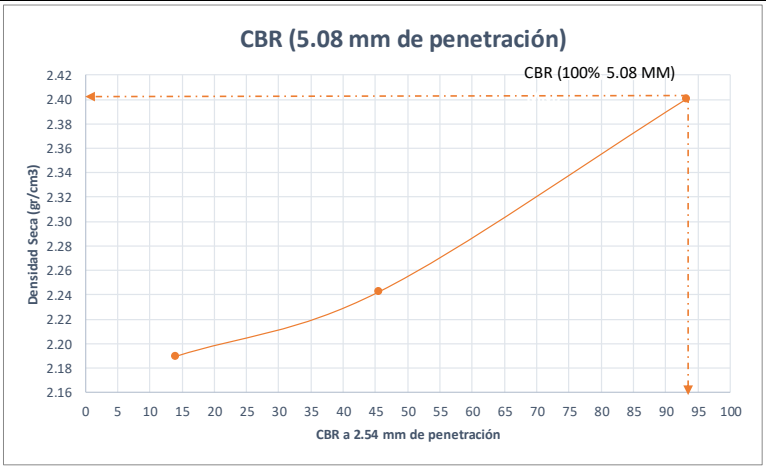
| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.4 cm3 |
| **CBR (100% 2.54 MM)** | **100 %** |




| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) |
| 12 | 13.98 | 2.19 | gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 45.54 | 2.24 | gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 93.20 | 2.40 | gr/cm3 | 105.46 | **5.080** | **14.74** | **13.98** | **5.080** | **48.03** | **45.54** | **5.080** | **98.29** | **93.20** |

0.21

| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.4 cm3 |
| **CBR (100% 5.08 MM)** | 93 % |



# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 07 de junio del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 2 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

**DATOS GENERALES**

| INFORMACIÓN GENERAL DE LA MUESTRA | | INFORMACIÓN GENERAL DE LOS EQUIPOS | | INFORMACIÓN GENERAL DEL MOLDE | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Contenido Óptimo de Humedad** | 5.7 % | **Peso del martillo** | 4.54 kg | **Diámetro** | 15.24 cm |
| **Contenido Natural de Humedad** | 2.7 % | **Altura de Caída del martillo** | 45.72 cm | **Altura** | 17.78 cm |
| **Densidad Seca Máxima** | 2.31 cm3 | **Altura del disco espaciador** | 6.14 cm | **Altura de muestra** | 11.64 cm |
| **Número de Capas** | 5 | **Area del pistón** | 19.35 cm2 | **Volumen** | 2123.31 cm3 |

| DESCRIPCIÓN | UND | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Número de golpes** | **Und** | | **12** | | | **26** | | | **55** | |
| **Peso del molde más base** | **gr** | | 7042.00 | | | 6118.00 | | | 7145.00 | |
| **Peso del molde + base + muestra húmeda** | **gr** | | 11840.00 | | | 11123.00 | | | 12448.00 | |
| **Peso del molde + base + muestra sumergida** | **gr** | | 11618.00 | | | 10806.00 | | | 12175.00 | |
| **Peso muestra húmeda** | **gr** | | **4798.00** | | | **5005.00** | | | **5303.00** | |
| **Densidad Húmeda** | **cm3** | | **2.26** | | | **2.36** | | | **2.50** | |
| **CONTENIDO DE HUMEDAD POST INMERSIÓN** | | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** |
| **Peso de la muestra húmeda + tara** | **gr** | 110.15 | 113.40 | 112.10 | 97.80 | 96.50 | 99.80 | 99.20 | 97.90 | 101.30 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 105.80 | 109.30 | 108.90 | 93.50 | 93.20 | 97.50 | 95.20 | 94.90 | 99.90 |
| **Peso del agua** | **gr** | 5.10 | 4.15 | 4.02 | 4.26 | 3.30 | 2.18 | 4.10 | 3.00 | 2.15 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 55.25 | 57.25 | 59.25 | 51.79 | 53.79 | 55.79 | 56.80 | 58.80 | 60.80 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 50.55 | 52.05 | 49.65 | 41.71 | 39.41 | 41.71 | 38.40 | 36.10 | 39.10 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 10.09 | 7.97 | 8.10 | 10.21 | 8.37 | 5.23 | 10.68 | 8.31 | 5.50 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | | **8.72** | | | **7.94** | | | **8.16** | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | | **2.08** | | | **2.18** | | | **2.31** | |

| | |
|---|---|
| **Ecuación de ajuste para valores en kgf:** | y = 4,2658x + 16,4476 |
| x : | Lectura del dial |
| y : | Fuerza promedio (kgf) |

| | |
|---|---|
| **Carga unitaria patrón** | 70.31 kg/cm2 |
| | 105.46 kg/cm2 |

| Datos del ensayo de Penetración (CBR) | | ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESIÓN | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | | MUESTRA 2 | | | | MUESTRA 3 | | | |
| Penetración (mm) | Dial | Dial | (12 GOLPES) | | | Dial | (26 GOLPES) | | | Dial | (55 GOLPES) | | |
| | | | Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) | | Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) | | Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) |
| **0.000** | **0.000** | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | |
| **0.640** | **0.025** | **8** | 50.57 | 2.61 | | **12** | 67.64 | 3.50 | | **36** | 170.02 | 8.79 | |
| **1.270** | **0.050** | **14** | 76.17 | 3.94 | | **32** | 152.95 | 7.90 | | **72** | 323.59 | 16.72 | |
| **1.910** | **0.075** | **16** | 84.70 | 4.38 | | **58** | 263.86 | 13.64 | | **131** | 575.27 | 29.73 | |
| **2.540** | **0.100** | **20** | 101.76 | 5.26 | 7.48 | **76** | 340.65 | 17.60 | 25.04 | **143** | 626.46 | 32.38 | 46.05 |
| **3.810** | **0.150** | **30** | 144.42 | 7.46 | | **91** | 404.64 | 20.91 | | **205** | 890.94 | 46.04 | |
| **5.080** | **0.200** | **35** | 165.75 | 8.57 | 8.12 | **130** | 571.00 | 29.51 | 27.98 | **242** | 1048.77 | 54.20 | 51.39 |
| **6.350** | **0.250** | **39** | 182.81 | 9.45 | | **141** | 617.93 | 31.93 | | **254** | 1099.96 | 56.85 | |
| **7.620** | **0.300** | **43** | 199.88 | 10.33 | | **146** | 639.25 | 33.04 | | **283** | 1223.67 | 63.24 | |
| **10.160** | **0.400** | **46** | 212.67 | 10.99 | | **151** | 660.58 | 34.14 | | **315** | 1360.17 | 70.29 | |
| **12.700** | **0.500** | **52** | 238.27 | 12.31 | | **157** | 686.18 | 35.46 | | **368** | 1586.26 | 81.98 | |

# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

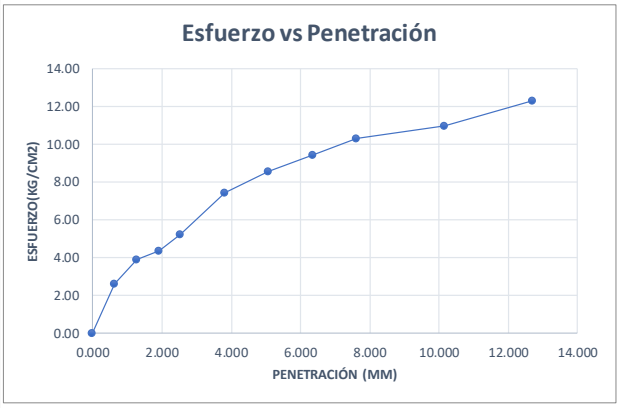
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:**<br>**N° de hoja:** | 07 de junio del 2024<br>2 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | **ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 2 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

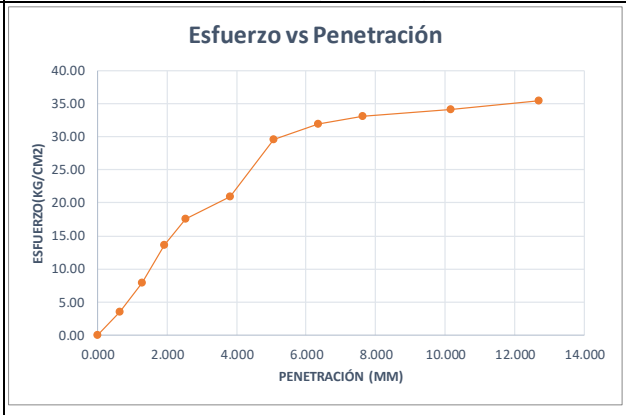
**RELACIÓN DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**



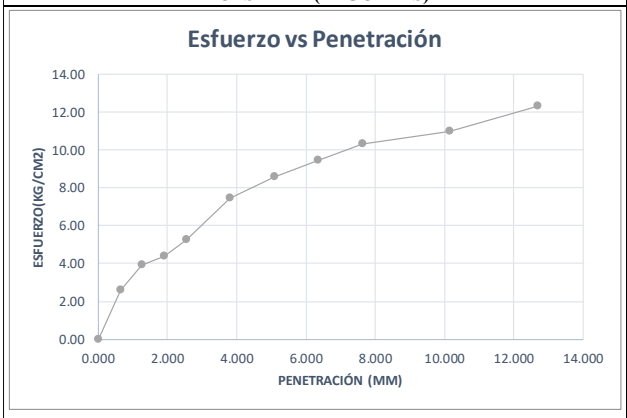

**RELACIÓN DE CBR**

**MUESTRA 2 (26 GOLPES)**



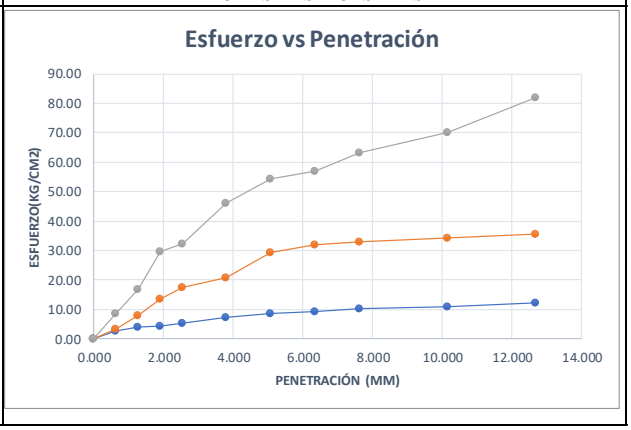

**RELACIÓN DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**




**RELACIÓN DE CBR**

**TODAS LAS MUESTRAS**




| **TIEMPO POST COMPACTACIÓN** | | **ETAPA DE EXPANSIÓN** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **MUESTRA 1** | | | **MUESTRA 2** | | | **MUESTRA 3** | | |
| **Dias** | **Horas** | **Dial *0.001"** | **(12 GOLPES)** | | **Dial *0.001"** | **(26 GOLPES)** | | **Dial *0.001"** | **(55 GOLPES)** | |
| | | | **Deformación (mm)** | **Expansión (%)** | | **Deformación (mm)** | **Expansión (%)** | | **Deformación (mm)** | **Expansión (%)** |
| Dia 0 | 0 | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% |
| Dia 1 | 24 | 5 | 0.127 | 0.10% | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 2 | 48 | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 3 | 72 | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% |
| Dia 4 | 96 | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% | 7 | 0.178 | 0.14% |

# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

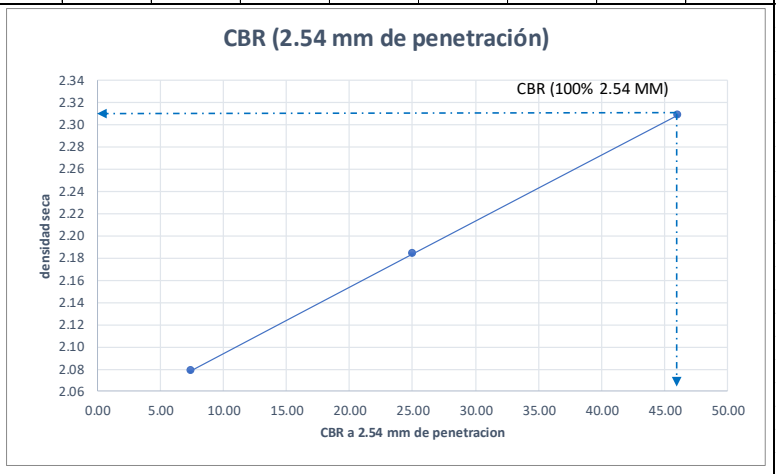
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 07 de junio del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 3 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | **ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 2 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) |
| 12 | 7.48 | 2.08 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 25.04 | 2.18 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 46.05 | 2.31 gr/cm3 | 70.31 | **2.540** | **5.26** | **7.48** | **2.540** | **17.60** | **25.04** | **2.540** | **32.38** | **46.05** |

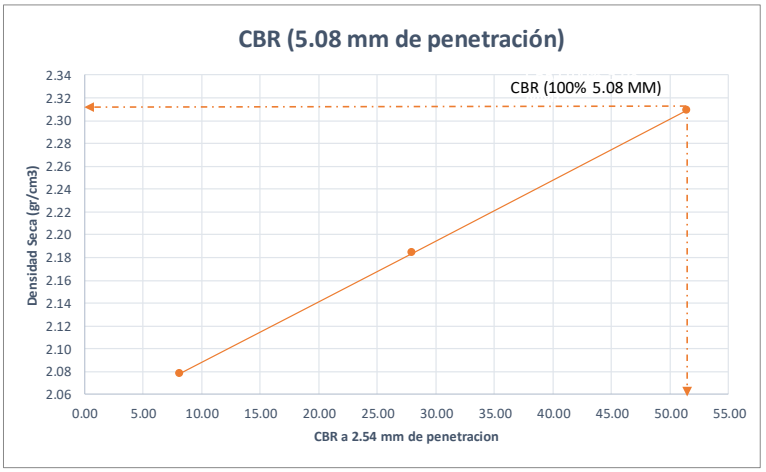
| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.31 cm3 |
| **CBR (100% 2.54 MM)** | **46 %** |




| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) |
| 12 | 8.12 | 2.08 | gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 27.98 | 2.18 | gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 51.39 | 2.31 | gr/cm3 | 105.46 | **5.080** | **8.57** | **8.12** | **5.080** | **29.51** | **27.98** | **5.080** | **54.20** | **51.39** |

0.23

| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.31 cm3 |
| **CBR (100% 5.08 MM)** | **52 %** |



## CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

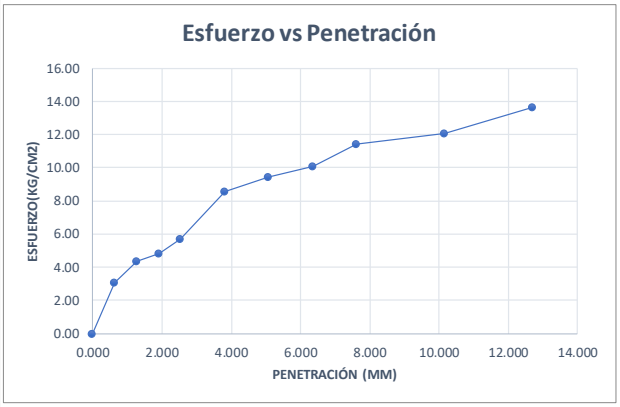
MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:**<br>**N° de hoja:** | 14 de junio del 2024<br>2 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°2 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | **ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |
| **Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)** | | | |
| **% Aceite Residual Degradado** | 2 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

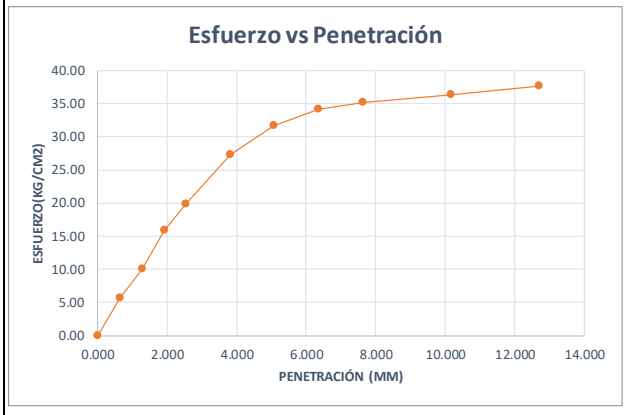
**RELACIÓN DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**



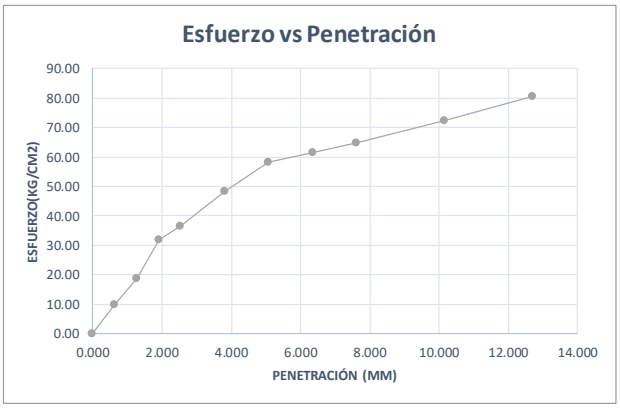

**RELACIÓN DE CBR**

**MUESTRA 2 (26 GOLPES)**



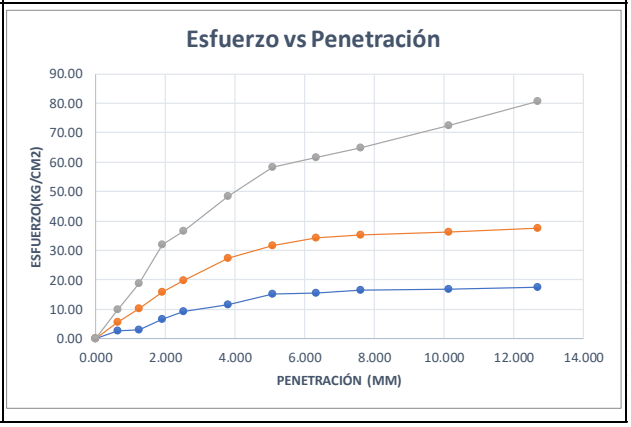

**RELACIÓN DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**




**RELACIÓN DE CBR**

**TODAS LAS MUESTRAS**




| TIEMPO POST COMPACTACIÓN | | ETAPA DE EXPANSIÓN | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
| Dias | Horas | Dial *0.001" | (12 GOLPES) Deformación (mm) | (12 GOLPES) Expansión (%) | Dial *0.001" | (26 GOLPES) Deformación (mm) | (26 GOLPES) Expansión (%) | Dial *0.001" | (55 GOLPES) Deformación (mm) | (55 GOLPES) Expansión (%) |
| Dia 0 | 0 | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% |
| Dia 1 | 24 | 5 | 0.127 | 0.10% | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 2 | 48 | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 3 | 72 | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% |
| Dia 4 | 96 | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% | 7 | 0.178 | 0.14% |

# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

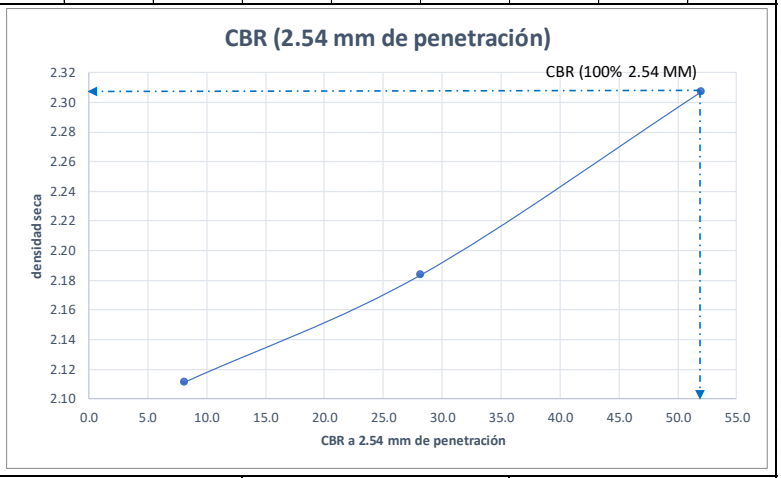
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 14 de junio del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 3 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°2 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | **ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 2 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

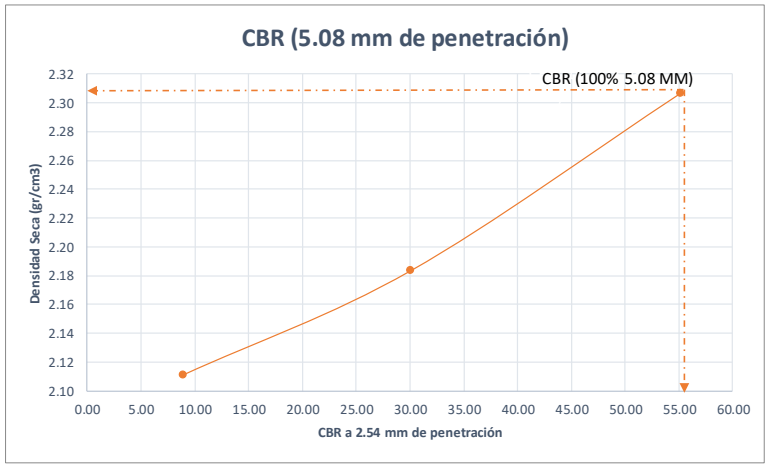
| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) |
| 12 | 8.11 | 2.11 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 28.17 | 2.18 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 52.00 | 2.31 gr/cm3 | 70.31 | **2.540** | **5.70** | **8.11** | **2.540** | **19.81** | **28.17** | **2.540** | **36.56** | **52.00** |

| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.31 cm3 |
| **CBR (100% 2.54 MM)** | **52 %** |




| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) |
| 12 | 8.96 | 2.11 | gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 30.07 | 2.18 | gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 55.16 | 2.31 | gr/cm3 | 105.46 | **5.080** | **9.45** | **8.96** | **5.080** | **31.71** | **30.07** | **5.080** | **58.17** | **55.16** |

| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.31 cm3 |
| **CBR (100% 5.08 MM)** | **55 %** |



MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 07 de junio del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 2 | **% Tierra de Diatomeas** | 1 |

**DATOS GENERALES**

| INFORMACIÓN GENERAL DE LA MUESTRA | | INFORMACIÓN GENERAL DE LOS EQUIPOS | | INFORMACIÓN GENERAL DEL MOLDE | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Contenido Óptimo de Humedad** | 6.1 % | **Peso del martillo** | 4.54 kg | **Diámetro** | 15.24 cm |
| **Contenido Natural de Humedad** | 2.7 % | **Altura de Caída del martillo** | 45.72 cm | **Altura** | 17.78 cm |
| **Densidad Seca Máxima** | 2.35 cm3 | **Altura del disco espaciador** | 6.14 cm | **Altura de muestra** | 11.64 cm |
| **Número de Capas** | 5 | **Area del pistón** | 19.35 cm2 | **Volumen** | 2123.31 cm3 |

| DESCRIPCIÓN | UND | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Número de golpes** | **Und** | **12** | | | **26** | | | **55** | | |
| **Peso del molde más base** | **gr** | 7042.00 | | | 6118.00 | | | 7145.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra húmeda** | **gr** | 11870.00 | | | 11196.00 | | | 12538.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra sumergida** | **gr** | 11910.00 | | | 11050.00 | | | 12328.00 | | |
| **Peso muestra húmeda** | **gr** | **4828.00** | | | **5078.00** | | | **5393.00** | | |
| **Densidad Húmeda** | **cm3** | **2.27** | | | **2.39** | | | **2.54** | | |
| **CONTENIDO DE HUMEDAD POST INMERSIÓN** | | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** |
| **Peso de la muestra húmeda + tara** | **gr** | 111.80 | 110.90 | 114.50 | 95.20 | 99.10 | 97.30 | 99.60 | 97.80 | 102.35 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 107.40 | 106.80 | 111.90 | 91.80 | 95.60 | 95.10 | 96.30 | 94.50 | 99.60 |
| **Peso del agua** | **gr** | 4.40 | 4.10 | 2.60 | 3.40 | 3.50 | 2.20 | 3.30 | 3.30 | 2.75 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 55.25 | 57.25 | 59.25 | 51.79 | 53.79 | 55.79 | 56.80 | 58.80 | 60.80 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 52.15 | 49.55 | 52.65 | 40.01 | 41.81 | 39.31 | 39.50 | 35.70 | 38.80 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 8.44 | 8.27 | 4.94 | 8.50 | 8.37 | 5.60 | 8.35 | 9.24 | 7.09 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | | **7.22** | | | **7.49** | | | **8.23** | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | | **2.12** | | | **2.22** | | | **2.35** | |

| | |
|---|---|
| **Ecuación de ajuste para valores en kgf:** | y = 4,2658x + 16,4476 |
| x : | Lectura del dial |
| y : | Fuerza promedio (kgf) |

| | |
|---|---|
| **Carga unitaria patrón** | 70.31 kg/cm2 |
| | 105.46 kg/cm2 |

| Datos del ensayo de Penetración (CBR) | | ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESIÓN | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | | MUESTRA 2 | | | | MUESTRA 3 | | | |
| Penetración (mm) | Dial | Dial | (12 GOLPES) Fuerza (kg) | (12 GOLPES) Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) | Dial | (26 GOLPES) Fuerza (kg) | (26 GOLPES) Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) | Dial | (55 GOLPES) Fuerza (kg) | (55 GOLPES) Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) |
| **0.000** | **0.000** | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | |
| **0.640** | **0.025** | **8** | 50.57 | 2.61 | | **12** | 67.64 | 3.50 | | **119** | 524.08 | 27.08 | |
| **1.270** | **0.050** | **14** | 76.17 | 3.94 | | **32** | 152.95 | 7.90 | | **178** | 775.76 | 40.09 | |
| **1.910** | **0.075** | **16** | 84.70 | 4.38 | | **58** | 263.86 | 13.64 | | **190** | 826.95 | 42.74 | |
| **2.540** | **0.100** | **20** | 101.76 | 5.26 | 7.48 | **76** | 340.65 | 17.60 | 25.04 | **252** | 1091.43 | 56.40 | 80.22 |
| **3.810** | **0.150** | **30** | 144.42 | 7.46 | | **91** | 404.64 | 20.91 | | **362** | 1560.67 | 80.65 | |
| **5.080** | **0.200** | **35** | 165.75 | 8.57 | 8.12 | **130** | 571.00 | 29.51 | 27.98 | **436** | 1876.34 | 96.97 | 91.95 |
| **6.350** | **0.250** | **39** | 182.81 | 9.45 | | **141** | 617.93 | 31.93 | | **494** | 2123.75 | 109.75 | |
| **7.620** | **0.300** | **43** | 199.88 | 10.33 | | **146** | 639.25 | 33.04 | | **523** | 2247.46 | 116.15 | |
| **10.160** | **0.400** | **46** | 212.67 | 10.99 | | **151** | 660.58 | 34.14 | | **555** | 2383.97 | 123.20 | |
| **12.700** | **0.500** | **52** | 238.27 | 12.31 | | **157** | 686.18 | 35.46 | | **610** | 2618.59 | 135.33 | |

# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

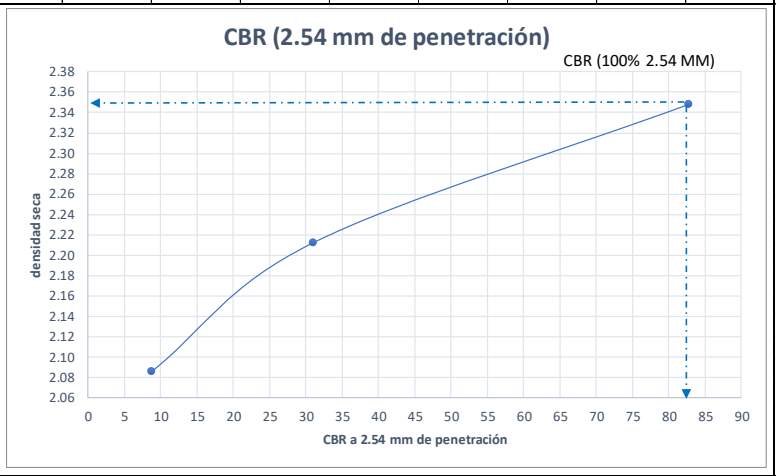
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 14 de junio del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 3 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°2 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | **ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 2 | **% Tierra de Diatomeas** | 1 |

| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) |
| 12 | 8.73 | 2.09 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 31.00 | 2.21 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 82.73 | 2.35 gr/cm3 | 70.31 | **2.540** | **6.14** | **8.73** | **2.540** | **21.79** | **31.00** | **2.540** | **58.17** | **82.73** |

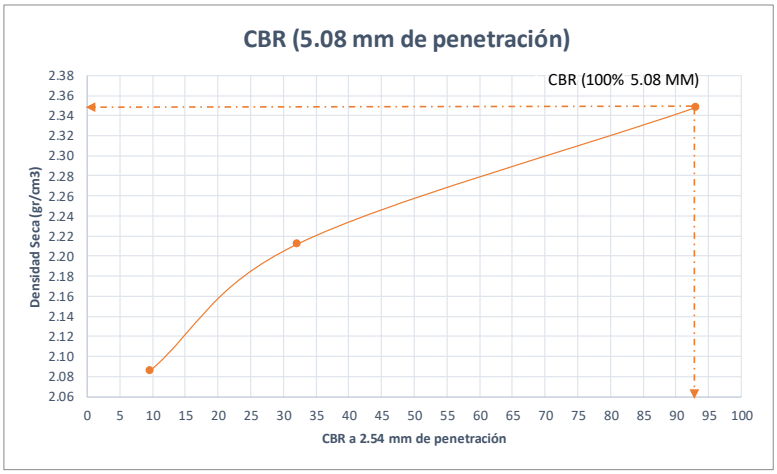
| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.35 cm3 |
| **CBR (100% 2.54 MM)** | 83 % |




| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) |
| 12 | 9.59 | 2.09 | gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 32.16 | 2.21 | gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 92.99 | 2.35 | gr/cm3 | 105.46 | **5.080** | **10.11** | **9.59** | **5.080** | **33.92** | **32.16** | **5.080** | **98.07** | **92.99** |

0.26

| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.35 cm3 |
| **CBR (100% 5.08 MM)** | **93 %** |



# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

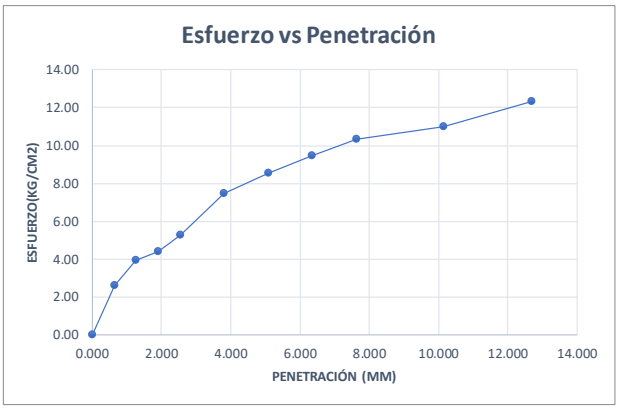
MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:**<br>**N° de hoja:** | 07 de junio del 2024<br>2 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | **ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |
| **Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)** | | | |
| **% Aceite Residual Degradado** | 2 | **% Tierra de Diatomeas** | 1 |

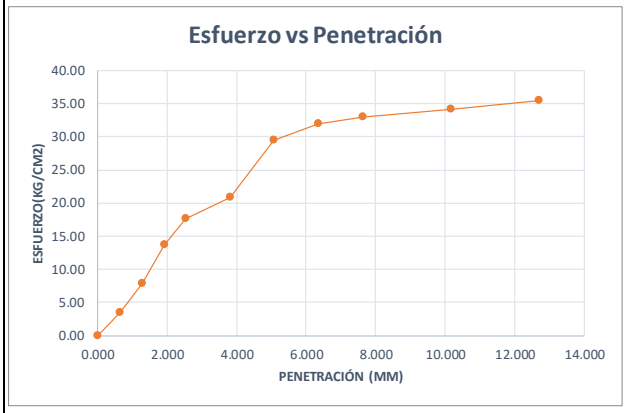
**RELACIÓN DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**



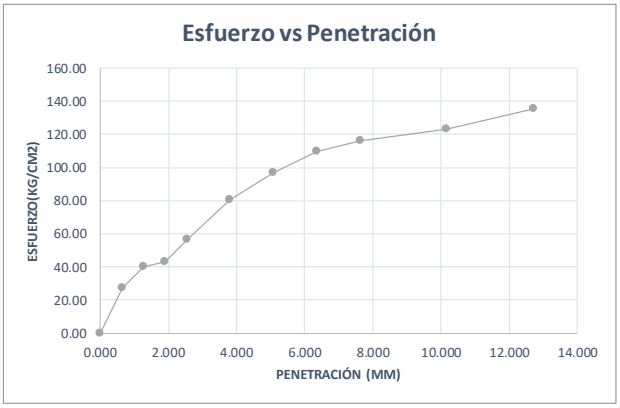

**RELACIÓN DE CBR**

**MUESTRA 2 (26 GOLPES)**



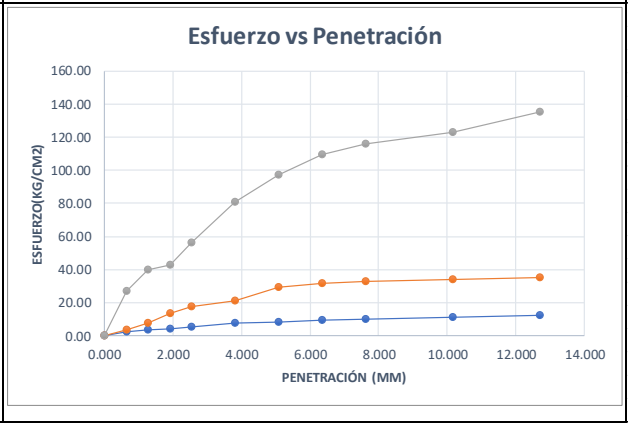

**RELACIÓN DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**




**RELACIÓN DE CBR**

**TODAS LAS MUESTRAS**




| TIEMPO POST COMPACTACIÓN | | ETAPA DE EXPANSIÓN | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
| Dias | Horas | Dial *0.001" | (12 GOLPES) Deformación (mm) | (12 GOLPES) Expansión (%) | Dial *0.001" | (26 GOLPES) Deformación (mm) | (26 GOLPES) Expansión (%) | Dial *0.001" | (55 GOLPES) Deformación (mm) | (55 GOLPES) Expansión (%) |
| Dia 0 | 0 | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% |
| Dia 1 | 24 | 5 | 0.127 | 0.10% | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 2 | 48 | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 3 | 72 | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% |
| Dia 4 | 96 | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% | 7 | 0.178 | 0.14% |

## CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

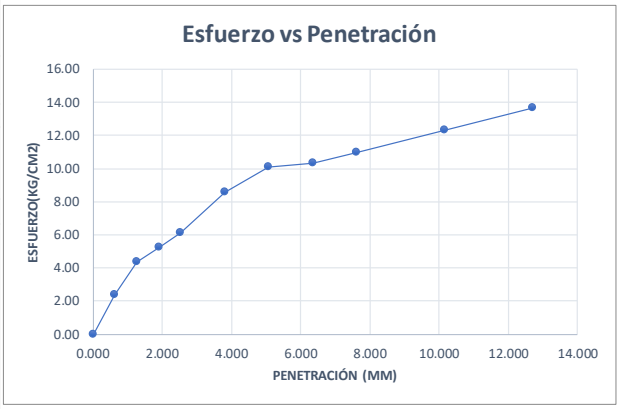
Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta | **Fecha de ensayo:** | 07 de junio del 2024 |
| | Lenin Eduardo Peña Surco | **N° de hoja:** | 2 |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta | **Fecha de ensayo:** | 14 de junio del 2024 |
| | Lenin Eduardo Peña Surco | **N° de hoja:** | 2 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°2 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | **ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |
| **% Aceite Residual Degradado** | 2 | **% Tierra de Diatomeas** | 1 |
| **% Aceite Residual Degradado** | 2 | **% Tierra de Diatomeas** | 1 |

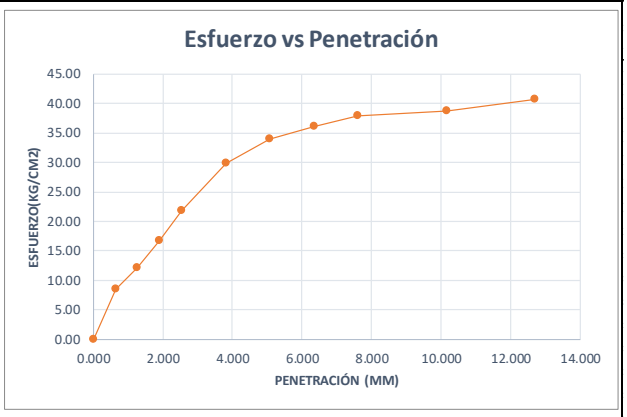
**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| Número | CBR | Densidad Seca | Carga | MUESTRA 1 | MUESTRA 2 | MUESTRA 3 |
|---|---|---|---|---|---|---|

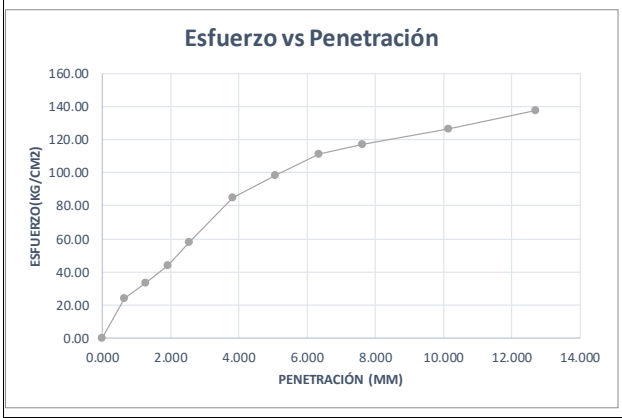
### RELACIÓN DE CBR
**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**



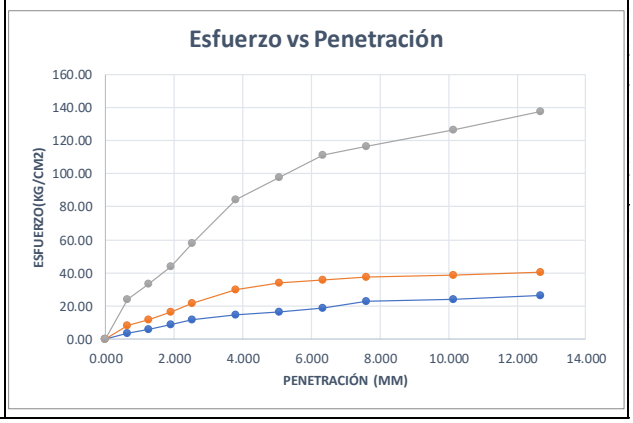

### RELACIÓN DE CBR
**MUESTRA 2 (26 GOLPES)**




### RELACIÓN DE CBR
**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**




### RELACIÓN DE CBR
**TODAS LAS MUESTRAS**




| TIEMPO POST COMPACTACIÓN | | ETAPA DE EXPANSIÓN | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 (12 GOLPES) | | | MUESTRA 2 (26 GOLPES) | | | MUESTRA 3 (55 GOLPES) | | |
| **Dias** | **Horas** | **Dial *0.001"** | **Deformación (mm)** | **Expansión (%)** | **Dial *0.001"** | **Deformación (mm)** | **Expansión (%)** | **Dial *0.001"** | **Deformación (mm)** | **Expansión (%)** |
| Dia 0 | 0 | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% |
| Dia 1 | 24 | 5 | 0.127 | 0.10% | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 2 | 48 | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 3 | 72 | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% |
| Dia 4 | 96 | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% | 7 | 0.178 | 0.14% |

# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

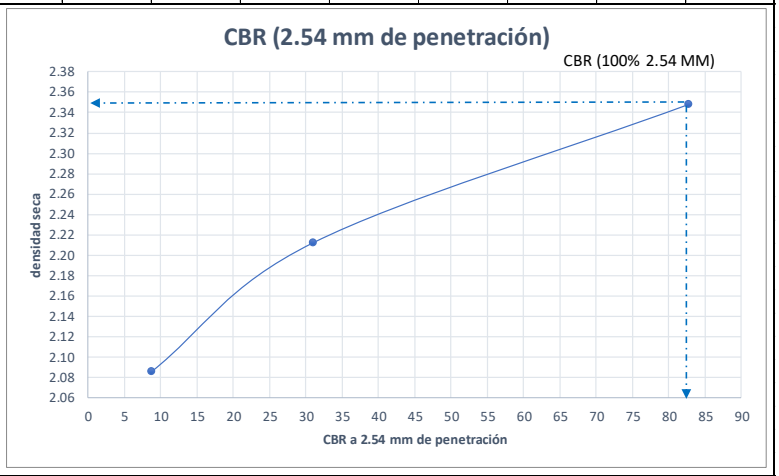
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 14 de junio del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 3 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°2 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | **ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 2 | **% Tierra de Diatomeas** | 1 |

| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) |
| 12 | 8.73 | 2.09 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 31.00 | 2.21 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 82.73 | 2.35 gr/cm3 | 70.31 | **2.540** | **6.14** | **8.73** | **2.540** | **21.79** | **31.00** | **2.540** | **58.17** | **82.73** |

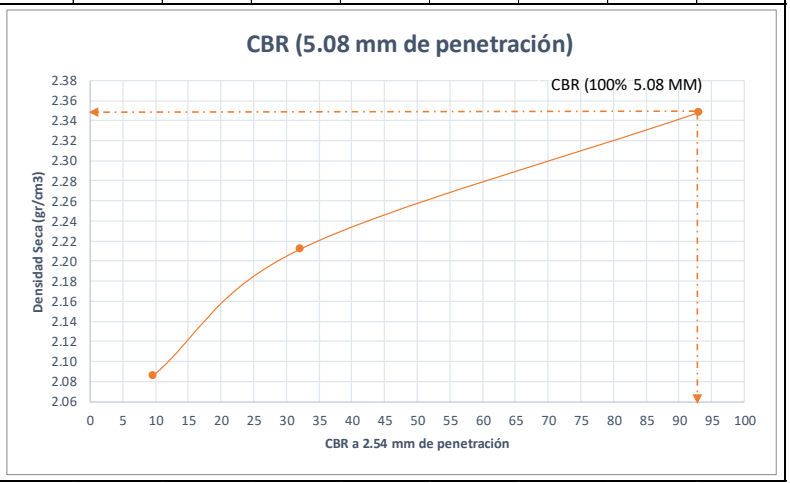
| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.35 cm3 |
| **CBR (100% 2.54 MM)** | 83 % |




| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) |
| 12 | 9.59 | 2.09 | gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 32.16 | 2.21 | gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 92.99 | 2.35 | gr/cm3 | 105.46 | **5.080** | **10.11** | **9.59** | **5.080** | **33.92** | **32.16** | **5.080** | **98.07** | **92.99** |

0.26

| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.35 cm3 |
| **CBR (100% 5.08 MM)** | **93 %** |



# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

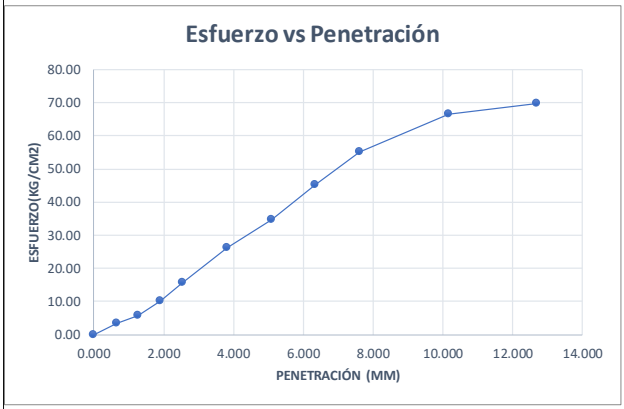
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:**<br>**N° de hoja:** | 10 de junio del 2024<br>2 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | **ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 2 | **% Tierra de Diatomeas** | 2 |

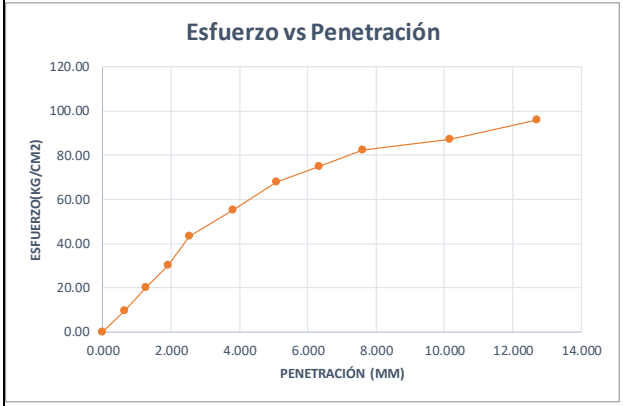
**RELACIÓN DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**



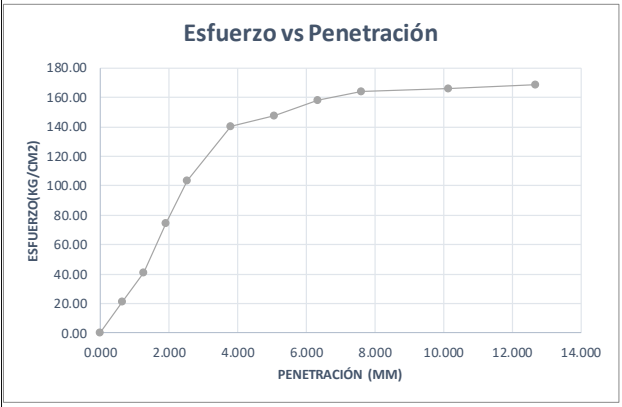

**RELACIÓN DE CBR**

**MUESTRA 2 (26 GOLPES)**



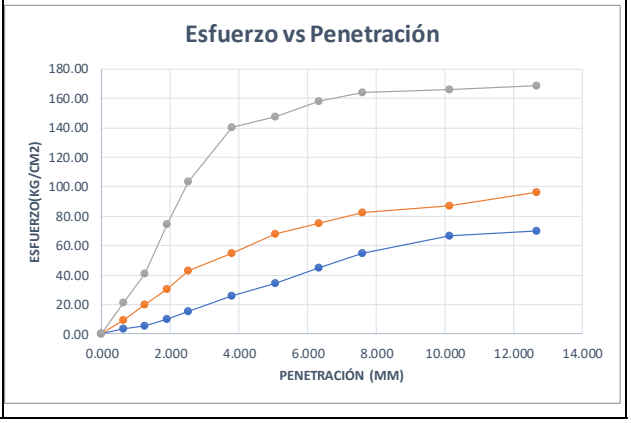

**RELACIÓN DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**




**RELACIÓN DE CBR**

**TODAS LAS MUESTRAS**




| **TIEMPO POST COMPACTACIÓN** | | **ETAPA DE EXPANSIÓN** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **MUESTRA 1** | | | **MUESTRA 2** | | | **MUESTRA 3** | | |
| **Dias** | **Horas** | **Dial *0.001"** | **(12 GOLPES)** | | **Dial *0.001"** | **(26 GOLPES)** | | **Dial *0.001"** | **(55 GOLPES)** | |
| | | | **Deformación (mm)** | **Expansión (%)** | | **Deformación (mm)** | **Expansión (%)** | | **Deformación (mm)** | **Expansión (%)** |
| Dia 0 | 0 | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% |
| Dia 1 | 24 | 5 | 0.127 | 0.10% | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 2 | 48 | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 3 | 72 | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% |
| Dia 4 | 96 | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% | 7 | 0.178 | 0.14% |

# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

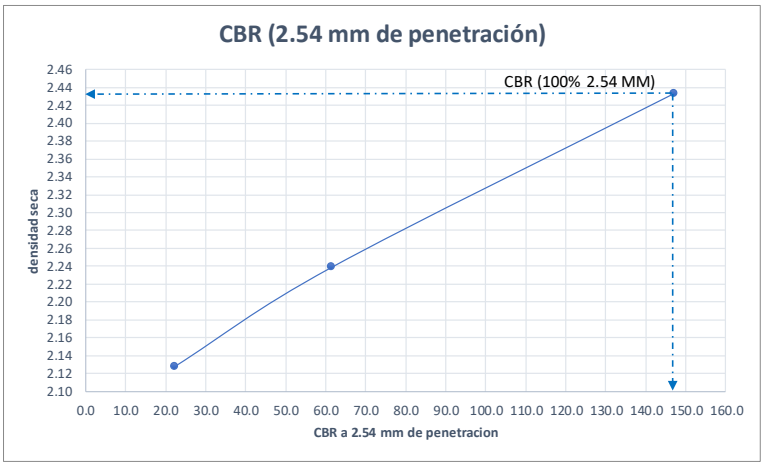
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 10 de junio del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 3 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | **ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 2 | **% Tierra de Diatomeas** | 2 |

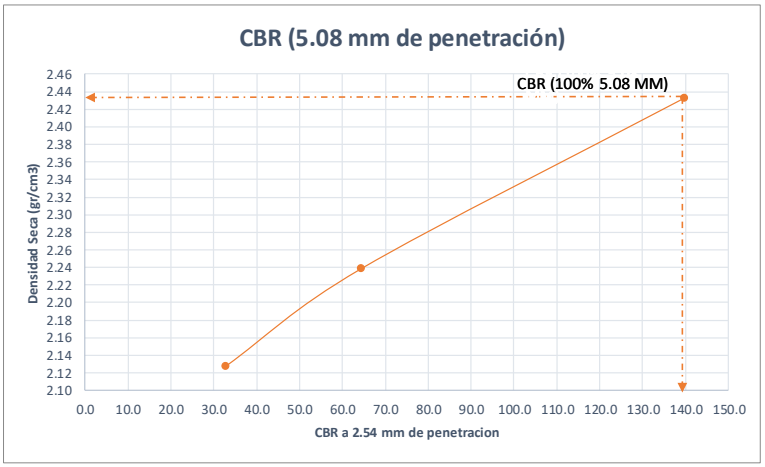
| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) |
| 12 | 22.22 | 2.13 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 61.41 | 2.24 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 147.01 | 2.43 gr/cm3 | 70.31 | **2.540** | **15.62** | **22.22** | **2.540** | **43.18** | **61.41** | **2.540** | **103.36** | **147.01** |

| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.43 cm3 |
| **CBR (100% 2.54 MM)** | **147 %** |




| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) |
| 12 | 32.79 | 2.13 | gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 64.35 | 2.24 | gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 139.82 | 2.43 | gr/cm3 | 105.46 | **5.080** | **34.58** | **32.79** | **5.080** | **67.87** | **64.35** | **5.080** | **147.45** | **139.82** |

| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.43 cm3 |
| **CBR (100% 5.08 MM)** | 140 % |



# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

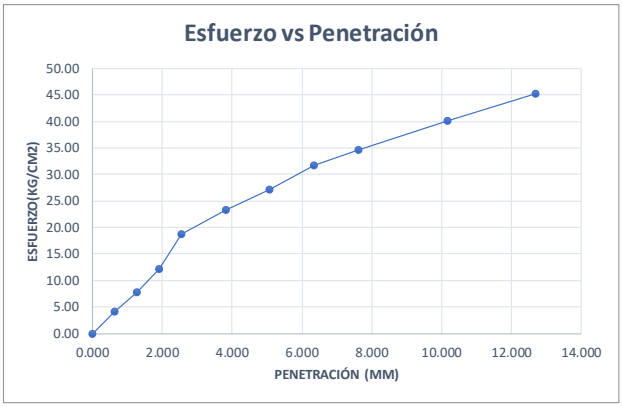
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:**<br>**N° de hoja:** | 10 de junio del 2024<br>2 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | **ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 2 | **% Tierra de Diatomeas** | 3 |

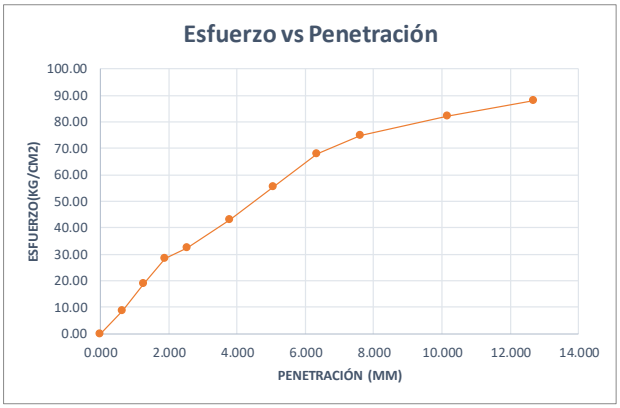
**RELACIÓN DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**



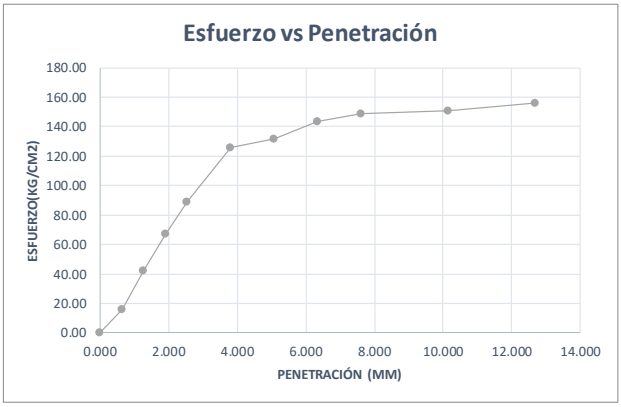

**RELACIÓN DE CBR**

**MUESTRA 2 (26 GOLPES)**



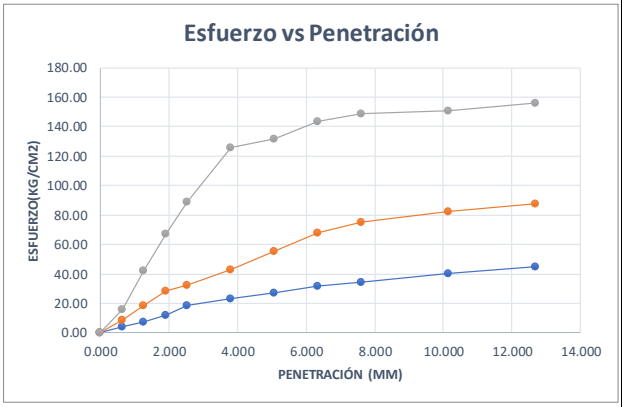

**RELACIÓN DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**




**RELACIÓN DE CBR**

**TODAS LAS MUESTRAS**




| **TIEMPO POST COMPACTACIÓN** | | **ETAPA DE EXPANSIÓN** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **MUESTRA 1** | | | **MUESTRA 2** | | | **MUESTRA 3** | | |
| **Dias** | **Horas** | **Dial *0.001"** | **(12 GOLPES)** | | **Dial *0.001"** | **(26 GOLPES)** | | **Dial *0.001"** | **(55 GOLPES)** | |
| | | | **Deformación (mm)** | **Expansión (%)** | | **Deformación (mm)** | **Expansión (%)** | | **Deformación (mm)** | **Expansión (%)** |
| Dia 0 | 0 | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% |
| Dia 1 | 24 | 5 | 0.127 | 0.10% | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 2 | 48 | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 3 | 72 | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% |
| Dia 4 | 96 | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% | 7 | 0.178 | 0.14% |

# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

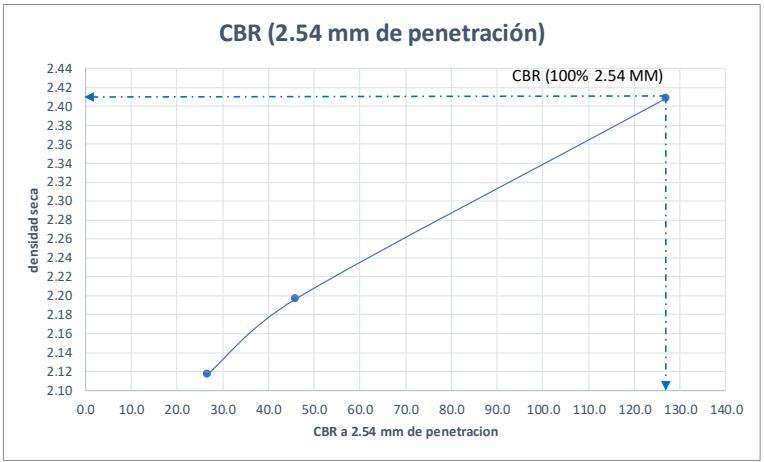
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 10 de junio del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 3 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | **ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 2 | **% Tierra de Diatomeas** | 3 |

| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) |
| 12 | 26.61 | 2.12 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 46.05 | 2.20 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 126.94 | 2.41 gr/cm3 | 70.31 | **2.540** | **18.71** | **26.61** | **2.540** | **32.38** | **46.05** | **2.540** | **89.25** | **126.94** |

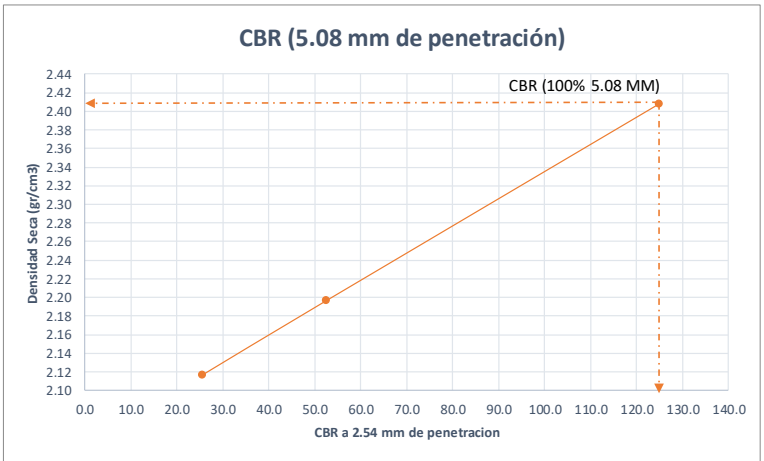
| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.41 cm3 |
| **CBR (100% 2.54 MM)** | **131 %** |




| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) |
| 12 | 25.68 | 2.12 | gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 52.65 | 2.20 | gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 124.98 | 2.41 | gr/cm3 | 105.46 | **5.080** | **27.08** | **25.68** | **5.080** | **55.52** | **52.65** | **5.080** | **131.80** | **124.98** |

0.29

| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.41 cm3 |
| **CBR (100% 5.08 MM)** | 129 % |



# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 19 de junio del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 3 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

**DATOS GENERALES**

| INFORMACIÓN GENERAL DE LA MUESTRA | | INFORMACIÓN GENERAL DE LOS EQUIPOS | | INFORMACIÓN GENERAL DEL MOLDE | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Contenido Óptimo de Humedad** | 5.3 % | **Peso del martillo** | 4.54 kg | **Diámetro** | 15.24 cm |
| **Contenido Natural de Humedad** | 2.7 % | **Altura de Caída del martillo** | 45.72 cm | **Altura** | 17.78 cm |
| **Densidad Seca Máxima** | 2.28 cm3 | **Altura del disco espaciador** | 6.14 cm | **Altura de muestra** | 11.64 cm |
| **Número de Capas** | 5 | **Area del pistón** | 19.35 cm2 | **Volumen** | 2123.31 cm3 |

| DESCRIPCIÓN | UND | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Número de golpes** | **Und** | | **12** | | | **26** | | | **55** | |
| **Peso del molde más base** | **gr** | | 7042.00 | | | 6118.00 | | | 7145.00 | |
| **Peso del molde + base + muestra húmeda** | **gr** | | 11890.00 | | | 11003.00 | | | 12374.00 | |
| **Peso del molde + base + muestra sumergida** | **gr** | | 11618.00 | | | 10806.00 | | | 12175.00 | |
| **Peso muestra húmeda** | **gr** | | **4848.00** | | | **4885.00** | | | **5229.00** | |
| **Densidad Húmeda** | **cm3** | | **2.28** | | | **2.30** | | | **2.46** | |
| **CONTENIDO DE HUMEDAD POST INMERSIÓN** | | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** |
| **Peso de la muestra húmeda + tara** | **gr** | 111.07 | 112.47 | 113.55 | 96.87 | 97.27 | 98.99 | 97.90 | 99.70 | 100.62 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 106.36 | 107.96 | 110.64 | 93.82 | 94.79 | 96.19 | 93.88 | 96.48 | 99.05 |
| **Peso del agua** | **gr** | 4.71 | 4.51 | 2.91 | 3.05 | 2.48 | 2.80 | 4.02 | 3.22 | 1.57 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 55.25 | 57.25 | 59.25 | 51.79 | 53.79 | 55.79 | 56.80 | 58.80 | 60.80 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 51.11 | 50.71 | 51.39 | 42.03 | 41.00 | 40.40 | 37.08 | 37.68 | 38.25 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 9.22 | 8.89 | 5.66 | 7.26 | 6.05 | 6.93 | 10.84 | 8.55 | 4.10 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | | **7.92** | | | **6.75** | | | **7.83** | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | | **2.12** | | | **2.16** | | | **2.28** | |

| | |
|---|---|
| **Ecuación de ajuste para valores en kgf:** | y = 4,2658x + 16,4476 |
| x : | Lectura del dial |
| y : | Fuerza promedio (kgf) |

| | |
|---|---|
| **Carga unitaria patrón** | 70.31 kg/cm2 |
| | 105.46 kg/cm2 |

| Datos del ensayo de Penetración (CBR) | | ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESIÓN | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | | MUESTRA 2 | | | | MUESTRA 3 | | | |
| Penetración (mm) | Dial | Dial | (12 GOLPES) | | | Dial | (26 GOLPES) | | | Dial | (55 GOLPES) | | |
| | | | Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) | | Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) | | Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) |
| **0.000** | **0.000** | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | |
| **0.640** | **0.025** | **4** | 33.51 | 1.73 | | **10** | 59.11 | 3.05 | | **15** | 80.43 | 4.16 | |
| **1.270** | **0.050** | **12** | 67.64 | 3.50 | | **48** | 221.21 | 11.43 | | **52** | 238.27 | 12.31 | |
| **1.910** | **0.075** | **24** | 118.83 | 6.14 | | **100** | 443.03 | 22.90 | | **112** | 494.22 | 25.54 | |
| **2.540** | **0.100** | **39** | 182.81 | 9.45 | 13.44 | **136** | 596.60 | 30.83 | 43.85 | **205** | 890.94 | 46.04 | 65.49 |
| **3.810** | **0.150** | **59** | 268.13 | 13.86 | | **176** | 767.23 | 39.65 | | **313** | 1351.64 | 69.85 | |
| **5.080** | **0.200** | **73** | 327.85 | 16.94 | 16.07 | **216** | 937.86 | 48.47 | 45.96 | **431** | 1855.01 | 95.87 | 90.90 |
| **6.350** | **0.250** | **82** | 366.24 | 18.93 | | **242** | 1048.77 | 54.20 | | **518** | 2226.13 | 115.05 | |
| **7.620** | **0.300** | **90** | 400.37 | 20.69 | | **270** | 1168.21 | 60.37 | | **604** | 2592.99 | 134.00 | |
| **10.160** | **0.400** | **105** | 464.36 | 24.00 | | **309** | 1334.58 | 68.97 | | **739** | 3168.87 | 163.77 | |
| **12.700** | **0.500** | **116** | 511.28 | 26.42 | | **349** | 1505.21 | 77.79 | | **855** | 3663.71 | 189.34 | |

# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

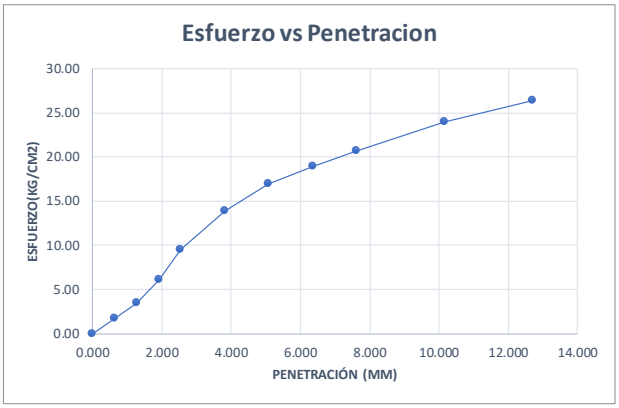
MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:**<br>**N° de hoja:** | 19 de junio del 2024<br>2 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | **ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |
| **Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)** | | | |
| **% Aceite Residual Degradado** | 3 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

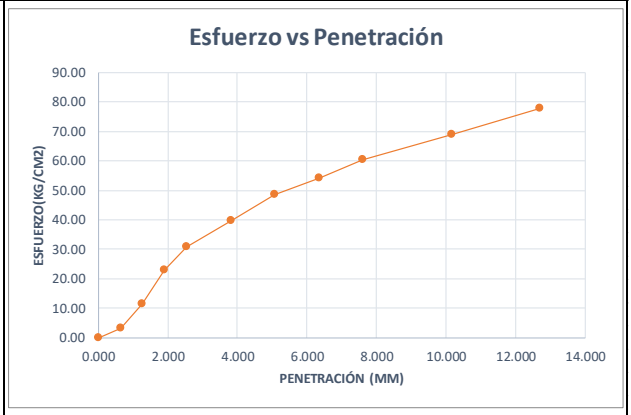
**RELACIÓN DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**



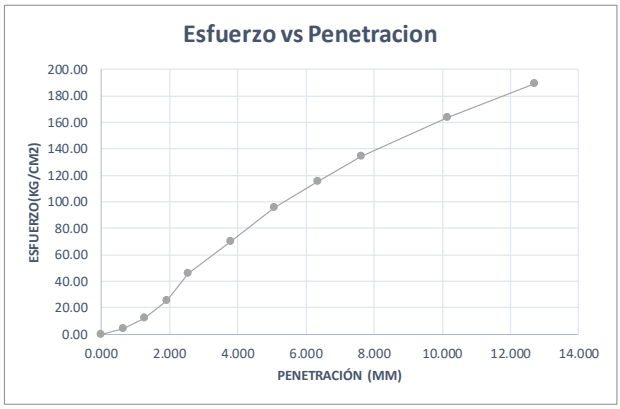

**RELACIÓN DE CBR**

**MUESTRA 2 (26 GOLPES)**



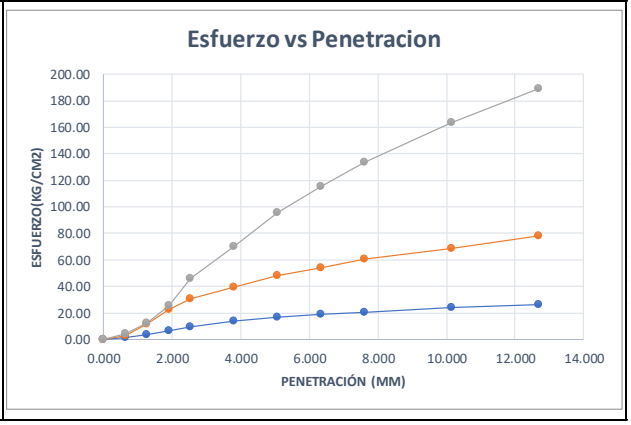

**RELACIÓN DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**




**RELACIÓN DE CBR**

**TODAS LAS MUESTRAS**




| **TIEMPO POST COMPACTACIÓN** | | **ETAPA DE EXPANSIÓN** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **MUESTRA 1** | | | **MUESTRA 2** | | | **MUESTRA 3** | | |
| **Dias** | **Horas** | **Dial *0.001"** | **(12 GOLPES)** | | **Dial *0.001"** | **(26 GOLPES)** | | **Dial *0.001"** | **(55 GOLPES)** | |
| | | | **Deformación (mm)** | **Expansión (%)** | | **Deformación (mm)** | **Expansión (%)** | | **Deformación (mm)** | **Expansión (%)** |
| Dia 0 | 0 | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% |
| Dia 1 | 24 | 5 | 0.127 | 0.10% | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 2 | 48 | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 3 | 72 | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% |
| Dia 4 | 96 | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% | 7 | 0.178 | 0.14% |

# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

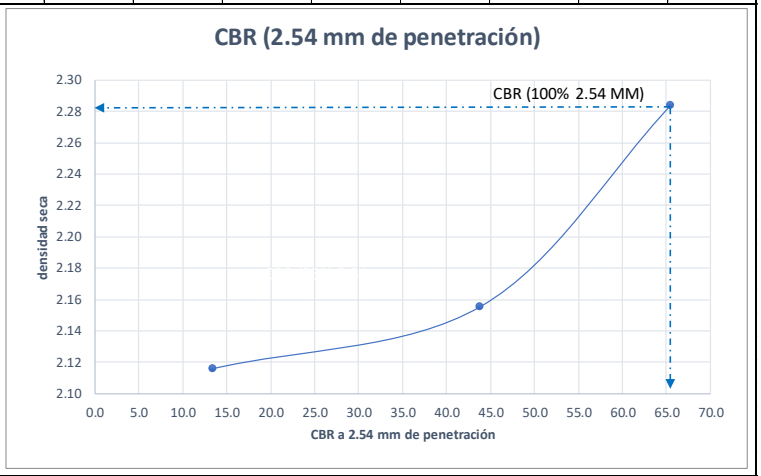
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 19 de junio del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 3 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | **ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 3 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) |
| 12 | 13.44 | 2.12 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 43.85 | 2.16 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 65.49 | 2.28 gr/cm3 | 70.31 | **2.540** | **9.45** | **13.44** | **2.540** | **30.83** | **43.85** | **2.540** | **46.04** | **65.49** |

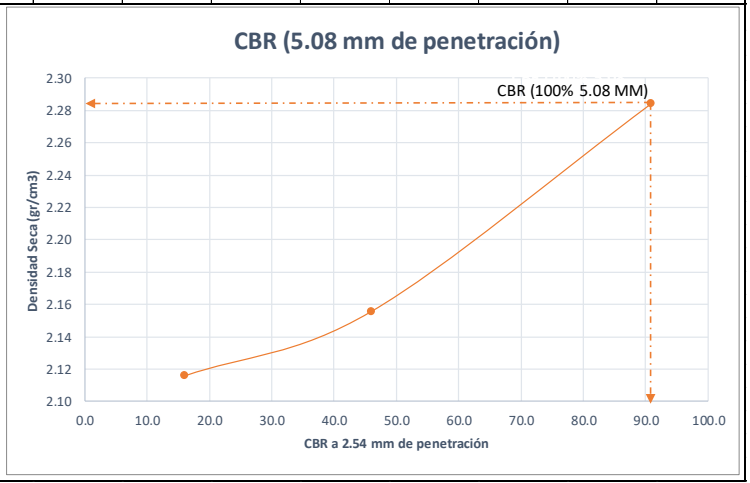
| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.28 cm3 |
| **CBR (100% 2.54 MM)** | **65 %** |




| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) |
| 12 | 16.07 | 2.12 | gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 45.96 | 2.16 | gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 90.90 | 2.28 | gr/cm3 | 105.46 | **5.080** | **16.94** | **16.07** | **5.080** | **48.47** | **45.96** | **5.080** | **95.87** | **90.90** |

0.17

| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.28 cm3 |
| **CBR (100% 5.08 MM)** | **91 %** |



# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

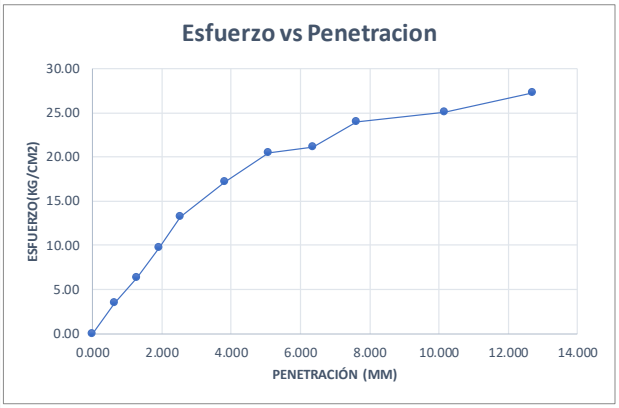
MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:**<br>**N° de hoja:** | 19 de junio del 2024<br>2 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | **ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |
| **Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)** | | | |
| **% Aceite Residual Degradado** | 3 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

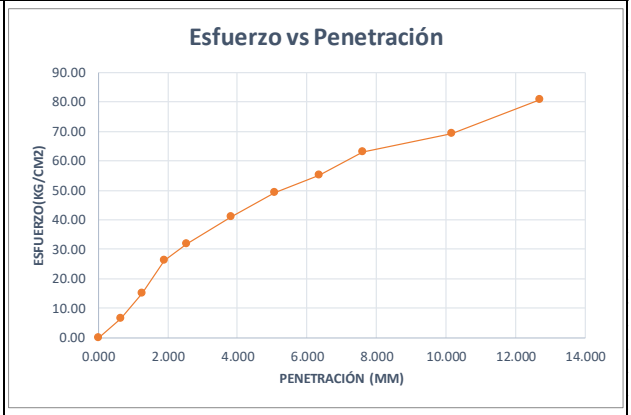
**RELACIÓN DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**



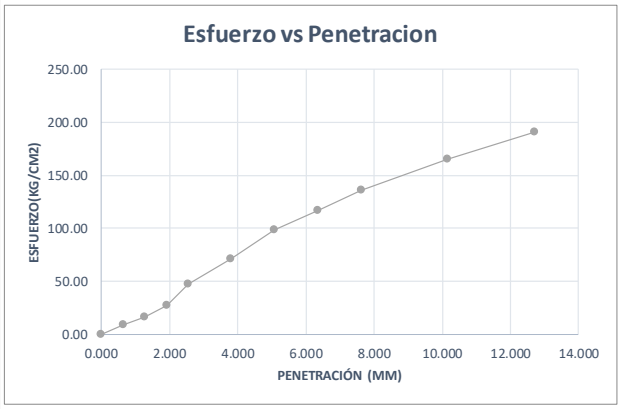

**RELACIÓN DE CBR**

**MUESTRA 2 (26 GOLPES)**



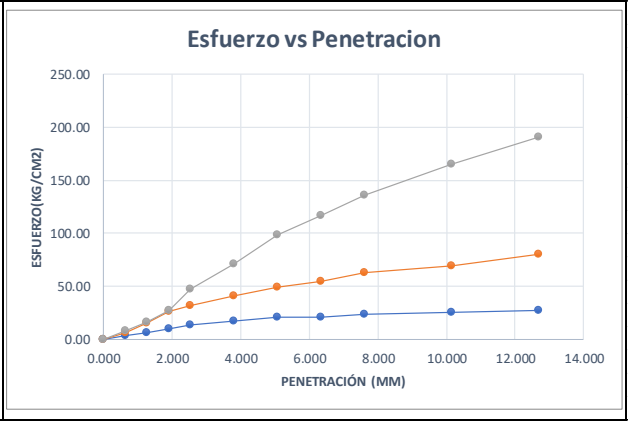

**RELACIÓN DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**




**RELACIÓN DE CBR**

**TODAS LAS MUESTRAS**




| TIEMPO POST COMPACTACIÓN | | ETAPA DE EXPANSIÓN | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
| Dias | Horas | Dial *0.001" | (12 GOLPES) Deformación (mm) | (12 GOLPES) Expansión (%) | Dial *0.001" | (26 GOLPES) Deformación (mm) | (26 GOLPES) Expansión (%) | Dial *0.001" | (55 GOLPES) Deformación (mm) | (55 GOLPES) Expansión (%) |
| Dia 0 | 0 | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% |
| Dia 1 | 24 | 5 | 0.127 | 0.10% | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 2 | 48 | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 3 | 72 | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% |
| Dia 4 | 96 | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% | 7 | 0.178 | 0.14% |

# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

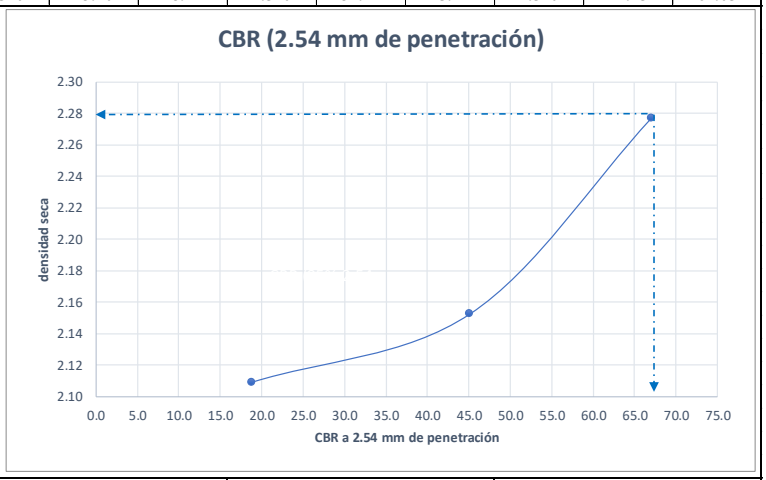
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 19 de junio del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 3 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | **ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 3 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) |
| 12 | 18.77 | 2.11 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 45.11 | 2.15 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 67.05 | 2.28 gr/cm3 | 70.31 | **2.540** | **13.20** | **18.77** | **2.540** | **31.71** | **45.11** | **2.540** | **47.15** | **67.05** |

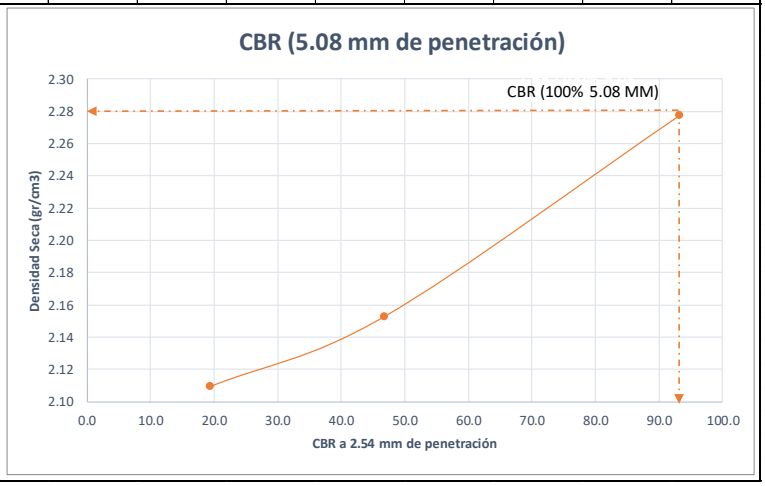
| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.28 cm3 |
| **CBR (100% 2.54 MM)** | **67 %** |




| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) |
| 12 | 19.41 | 2.11 | gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 46.80 | 2.15 | gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 93.20 | 2.28 | gr/cm3 | 105.46 | **5.080** | **20.47** | **19.41** | **5.080** | **49.35** | **46.80** | **5.080** | **98.29** | **93.20** |

0.17

| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.28 cm3 |
| **CBR (100% 5.08 MM)** | **92 %** |



# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

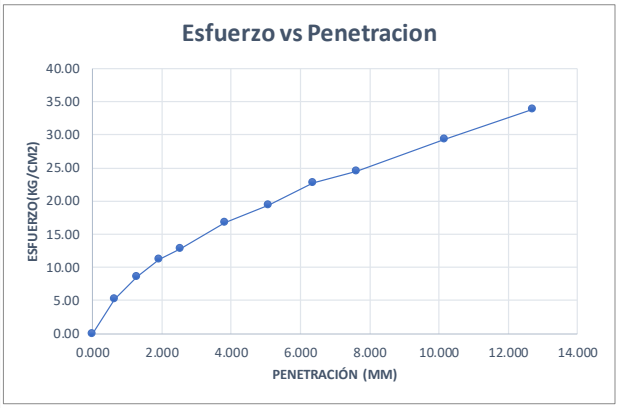
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:**<br>**N° de hoja:** | 21 de junio del 2024<br>2 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | **ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 3 | **% Tierra de Diatomeas** | 1 |

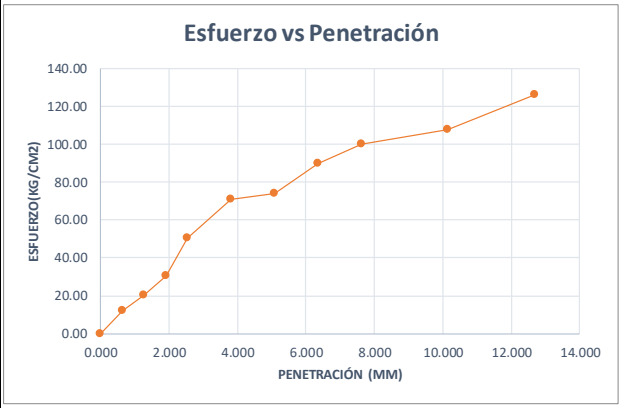
**RELACIÓN DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**



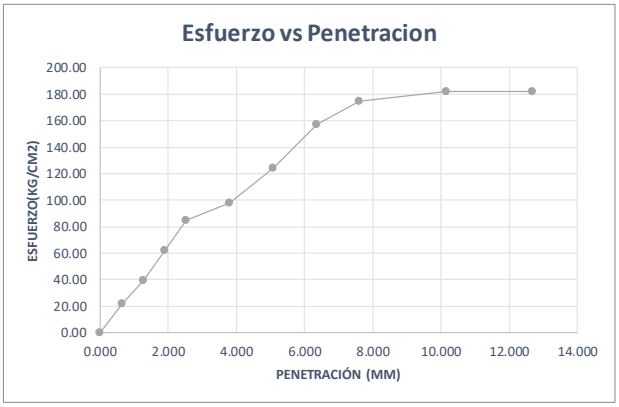

**RELACIÓN DE CBR**

**MUESTRA 2 (26 GOLPES)**



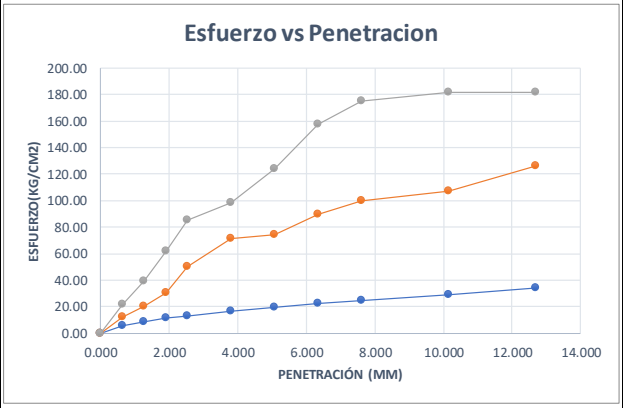

**RELACIÓN DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**




**RELACIÓN DE CBR**

**TODAS LAS MUESTRAS**




| **TIEMPO POST COMPACTACIÓN** | | **ETAPA DE EXPANSIÓN** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **MUESTRA 1** | | | **MUESTRA 2** | | | **MUESTRA 3** | | |
| **Dias** | **Horas** | **Dial *0.001"** | **(12 GOLPES)** | | **Dial *0.001"** | **(26 GOLPES)** | | **Dial *0.001"** | **(55 GOLPES)** | |
| | | | **Deformación (mm)** | **Expansión (%)** | | **Deformación (mm)** | **Expansión (%)** | | **Deformación (mm)** | **Expansión (%)** |
| Dia 0 | 0 | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% |
| Dia 1 | 24 | 5 | 0.127 | 0.10% | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 2 | 48 | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 3 | 72 | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% |
| Dia 4 | 96 | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% | 7 | 0.178 | 0.14% |

# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

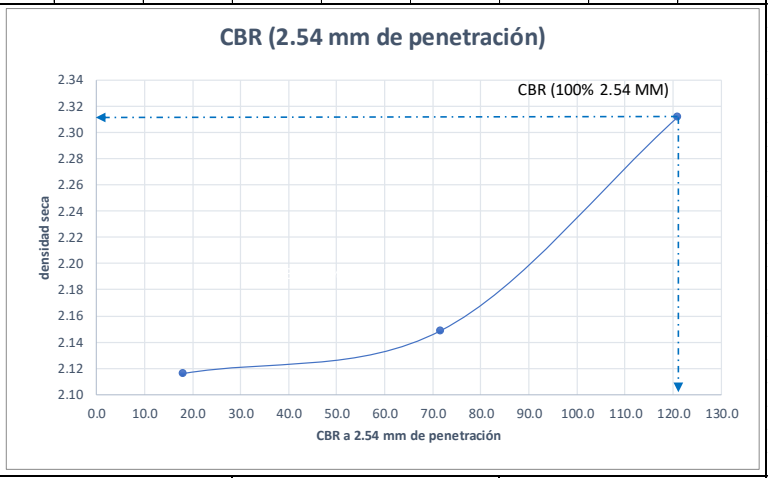
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 21 de junio del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 3 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | **ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 3 | **% Tierra de Diatomeas** | 1 |

| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) |
| 12 | 18.14 | 2.12 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 71.76 | 2.15 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 120.98 | 2.31 gr/cm3 | 70.31 | **2.540** | **12.75** | **18.14** | **2.540** | **50.45** | **71.76** | **2.540** | **85.06** | **120.98** |

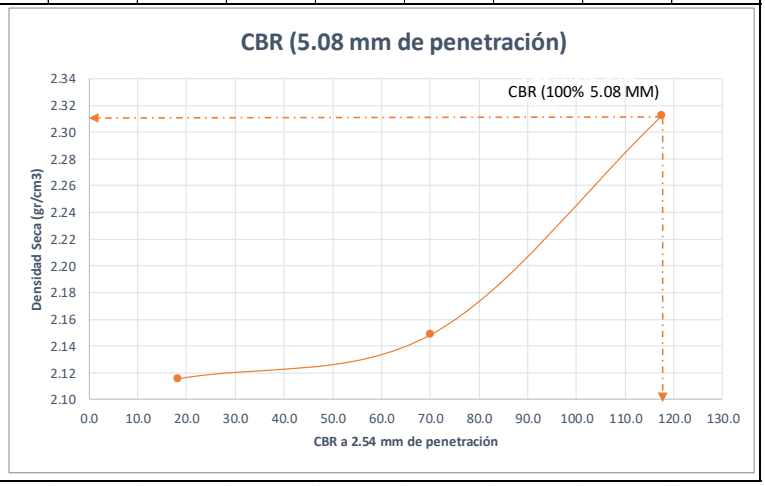
| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.31 cm3 |
| **CBR (100% 2.54 MM)** | **121 %** |




| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) |
| 12 | 18.37 | 2.12 | gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 70.21 | 2.15 | gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 117.66 | 2.31 | gr/cm3 | 105.46 | **5.080** | **19.37** | **18.37** | **5.080** | **74.04** | **70.21** | **5.080** | **124.08** | **117.66** |

0.20

| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.31 cm3 |
| **CBR (100% 5.08 MM)** | **118 %** |



## CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

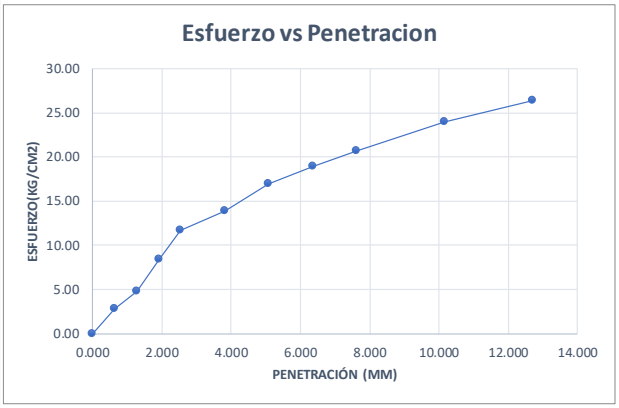
MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:**<br>**N° de hoja:** | 25 de junio del 2024<br>2 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | **ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |
| **Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)** | | | |
| **% Aceite Residual Degradado** | 3 | **% Tierra de Diatomeas** | 2 |

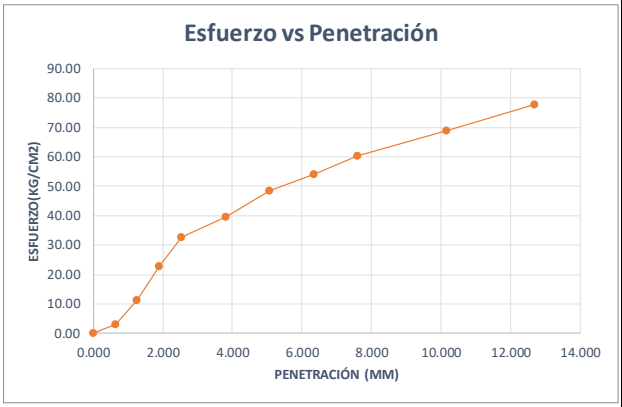
**RELACIÓN DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**



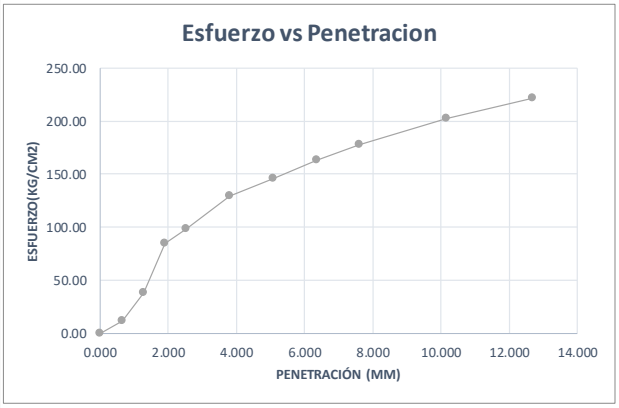

**RELACIÓN DE CBR**

**MUESTRA 2 (26 GOLPES)**



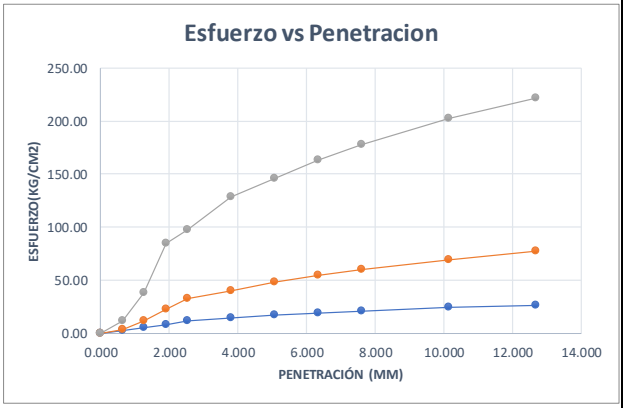

**RELACIÓN DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**




**RELACIÓN DE CBR**

**TODAS LAS MUESTRAS**




| TIEMPO POST COMPACTACIÓN | | ETAPA DE EXPANSIÓN | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
| Dias | Horas | Dial *0.001" | (12 GOLPES) Deformación (mm) | (12 GOLPES) Expansión (%) | Dial *0.001" | (26 GOLPES) Deformación (mm) | (26 GOLPES) Expansión (%) | Dial *0.001" | (55 GOLPES) Deformación (mm) | (55 GOLPES) Expansión (%) |
| Dia 0 | 0 | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% |
| Dia 1 | 24 | 5 | 0.127 | 0.10% | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 2 | 48 | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 3 | 72 | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% |
| Dia 4 | 96 | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% | 7 | 0.178 | 0.14% |

# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 25 de junio del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 3 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | **ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

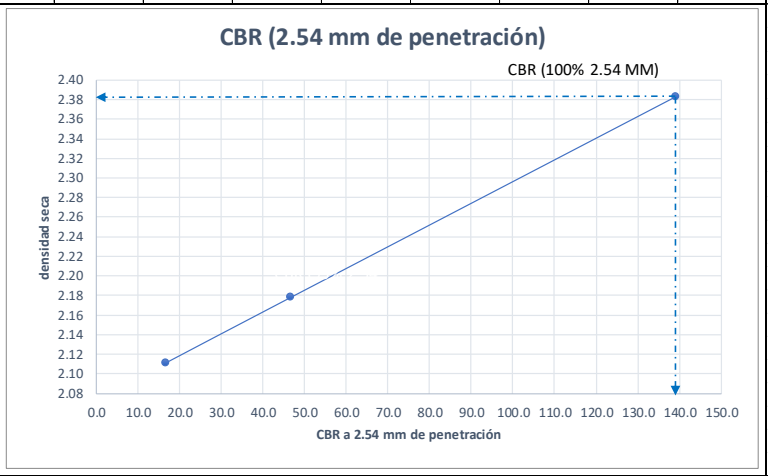
| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 3 | **% Tierra de Diatomeas** | 2 |

| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) |
| 12 | 16.57 | 2.11 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 46.67 | 2.18 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 139.17 | 2.38 gr/cm3 | 70.31 | **2.540** | **11.65** | **16.57** | **2.540** | **32.82** | **46.67** | **2.540** | **97.85** | **139.17** |

| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.38 cm3 |

95% de DSM

| | |
|---|---|
| **CBR (100% 2.54 MM)** | **139 %** |

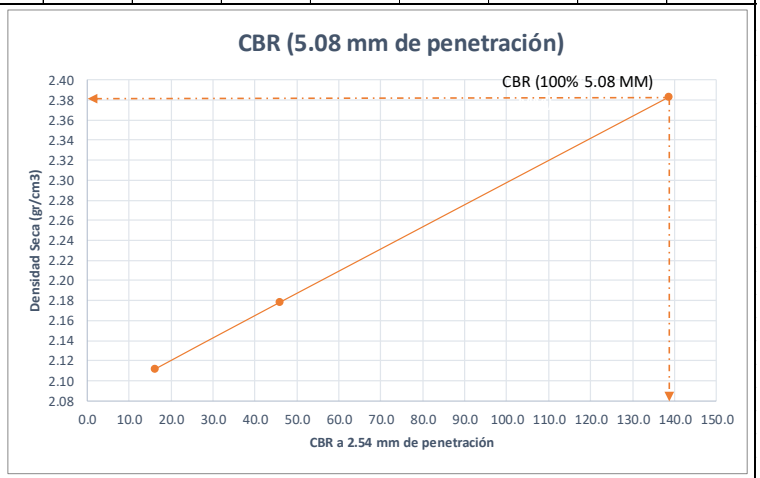



| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) |
| 12 | 16.07 | 2.11 | gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 45.96 | 2.18 | gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 138.56 | 2.38 | gr/cm3 | 105.46 | **5.080** | **16.94** | **16.07** | **5.080** | **48.47** | **45.96** | **5.080** | **146.13** | **138.56** |

0.27

| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.38 cm3 |

| | |
|---|---|
| **CBR (100% 5.08 MM)** | 138 % |



# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 25 de junio del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 3 | **% Tierra de Diatomeas** | 3 |

**DATOS GENERALES**

| INFORMACIÓN GENERAL DE LA MUESTRA | | INFORMACIÓN GENERAL DE LOS EQUIPOS | | INFORMACIÓN GENERAL DEL MOLDE | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Contenido Óptimo de Humedad** | 5.9 % | **Peso del martillo** | 4.54 kg | **Diámetro** | 15.24 cm |
| **Contenido Natural de Humedad** | 2.7 % | **Altura de Caída del martillo** | 45.72 cm | **Altura** | 17.78 cm |
| **Densidad Seca Máxima** | 2.36 cm3 | **Altura del disco espaciador** | 6.14 cm | **Altura de muestra** | 11.64 cm |
| **Número de Capas** | 5 | **Area del pistón** | 19.35 cm2 | **Volumen** | 2123.31 cm3 |

| DESCRIPCIÓN | UND | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Número de golpes** | **Und** | | **12** | | | **26** | | | **55** | |
| **Peso del molde más base** | **gr** | | 7042.00 | | | 6118.00 | | | 7145.00 | |
| **Peso del molde + base + muestra húmeda** | **gr** | | 11890.00 | | | 11003.00 | | | 12562.00 | |
| **Peso del molde + base + muestra sumergida** | **gr** | | 11618.00 | | | 10806.00 | | | 12175.00 | |
| **Peso muestra húmeda** | **gr** | | **4848.00** | | | **4885.00** | | | **5417.00** | |
| **Densidad Húmeda** | **cm3** | | **2.28** | | | **2.30** | | | **2.55** | |
| **CONTENIDO DE HUMEDAD POST INMERSIÓN** | | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** |
| **Peso de la muestra húmeda + tara** | **gr** | 111.19 | 112.45 | 113.92 | 96.59 | 97.32 | 98.99 | 98.02 | 99.75 | 100.65 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 106.24 | 107.98 | 109.51 | 94.25 | 94.74 | 96.04 | 95.35 | 96.53 | 97.43 |
| **Peso del agua** | **gr** | 4.95 | 4.47 | 4.41 | 2.34 | 2.58 | 2.95 | 2.67 | 3.22 | 3.22 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 55.25 | 57.25 | 59.25 | 51.79 | 53.79 | 55.79 | 56.80 | 58.80 | 60.80 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 50.99 | 50.73 | 50.26 | 42.46 | 40.95 | 40.25 | 38.55 | 37.73 | 36.63 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 9.71 | 8.81 | 8.77 | 5.51 | 6.30 | 7.33 | 6.93 | 8.53 | 8.79 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | | **9.10** | | | **6.38** | | | **8.08** | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | | **2.09** | | | **2.16** | | | **2.36** | |

| | |
|---|---|
| **Ecuación de ajuste para valores en kgf:** | y = 4,2658x + 16,4476 |
| x : | Lectura del dial |
| y : | Fuerza promedio (kgf) |

| | |
|---|---|
| **Carga unitaria patrón** | 70.31 kg/cm2 |
| | 105.46 kg/cm2 |

| Datos del ensayo de Penetración (CBR) | | ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESIÓN | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | | MUESTRA 2 | | | | MUESTRA 3 | | | |
| Penetración (mm) | Dial | Dial | (12 GOLPES) Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) | Dial | (26 GOLPES) Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) | Dial | (55 GOLPES) Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) |
| **000** | **0.000** | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | |
| **640** | **0.025** | **7** | 46.31 | 2.39 | | **23** | 114.56 | 5.92 | | **93** | 413.17 | 21.35 | |
| **270** | **0.050** | **29** | 140.16 | 7.24 | | **40** | 187.08 | 9.67 | | **110** | 485.69 | 25.10 | |
| **910** | **0.075** | **55** | 251.07 | 12.98 | | **72** | 323.59 | 16.72 | | **142** | 622.19 | 32.15 | |
| **540** | **0.100** | **76** | 340.65 | 17.60 | 25.04 | **137** | 600.86 | 31.05 | 44.16 | **297** | 1283.39 | 66.33 | 94.33 |
| **810** | **0.150** | **106** | 468.62 | 24.22 | | **200** | 869.61 | 44.94 | | **387** | 1667.31 | 86.17 | |
| **080** | **0.200** | **126** | 553.94 | 28.63 | 27.15 | **259** | 1121.29 | 57.95 | 54.95 | **562** | 2413.83 | 124.75 | 118.29 |
| **350** | **0.250** | **148** | 647.79 | 33.48 | | **311** | 1343.11 | 69.41 | | **617** | 2648.45 | 136.87 | |
| **620** | **0.300** | **170** | 741.63 | 38.33 | | **405** | 1744.10 | 90.13 | | **655** | 2810.55 | 145.25 | |
| **.160** | **0.400** | **193** | 839.75 | 43.40 | | **517** | 2221.87 | 114.83 | | **691** | 2964.12 | 153.18 | |
| **.700** | **0.500** | **214** | 929.33 | 48.03 | | **578** | 2482.08 | 128.27 | | **728** | 3121.95 | 161.34 | |

# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

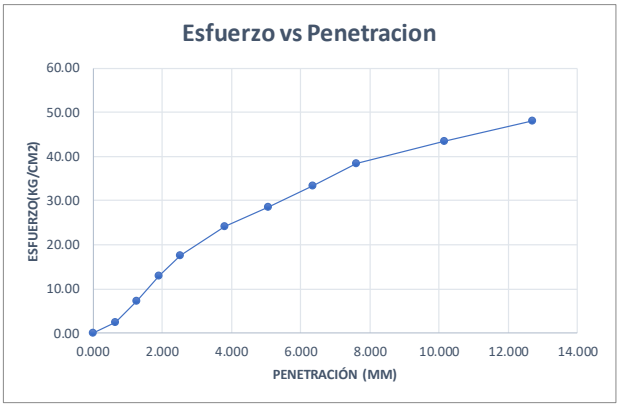
MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:**<br>**N° de hoja:** | 25 de junio del 2024<br>2 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | **ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |
| **Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)** | | | |
| **% Aceite Residual Degradado** | 3 | **% Tierra de Diatomeas** | 3 |

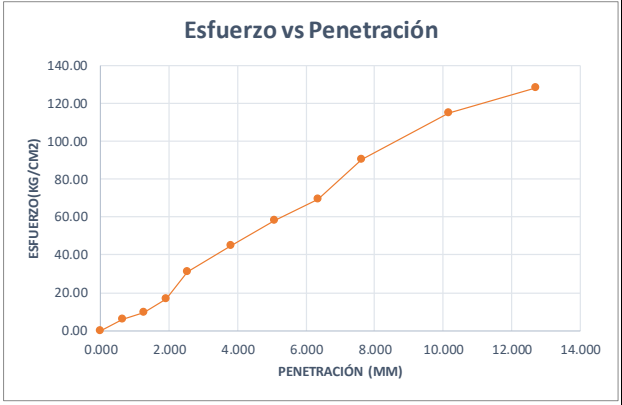
**RELACIÓN DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**



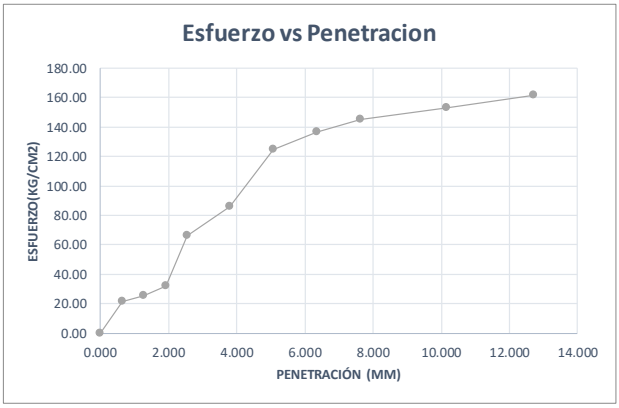

**RELACIÓN DE CBR**

**MUESTRA 2 (26 GOLPES)**



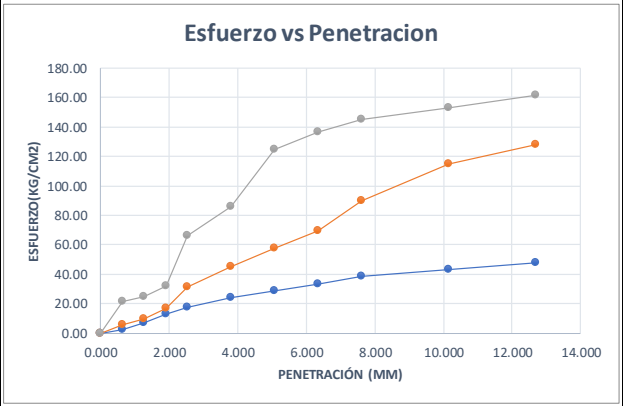

**RELACIÓN DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**




**RELACIÓN DE CBR**

**TODAS LAS MUESTRAS**




| TIEMPO POST COMPACTACIÓN | | ETAPA DE EXPANSIÓN | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
| Dias | Horas | Dial *0.001" | (12 GOLPES) Deformación (mm) | (12 GOLPES) Expansión (%) | Dial *0.001" | (26 GOLPES) Deformación (mm) | (26 GOLPES) Expansión (%) | Dial *0.001" | (55 GOLPES) Deformación (mm) | (55 GOLPES) Expansión (%) |
| Dia 0 | 0 | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% |
| Dia 1 | 24 | 5 | 0.127 | 0.10% | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 2 | 48 | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 3 | 72 | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% |
| Dia 4 | 96 | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% | 7 | 0.178 | 0.14% |

# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

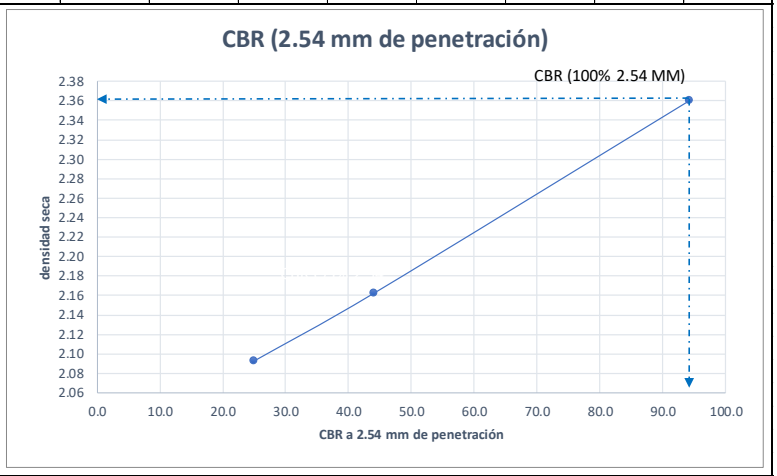
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 25 de junio del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 3 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | **ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 3 | **% Tierra de Diatomeas** | 3 |

| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) |
| 12 | 25.04 | 2.09 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 44.16 | 2.16 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 94.33 | 2.36 gr/cm3 | 70.31 | **2.540** | **17.60** | **25.04** | **2.540** | **31.05** | **44.16** | **2.540** | **66.33** | **94.33** |

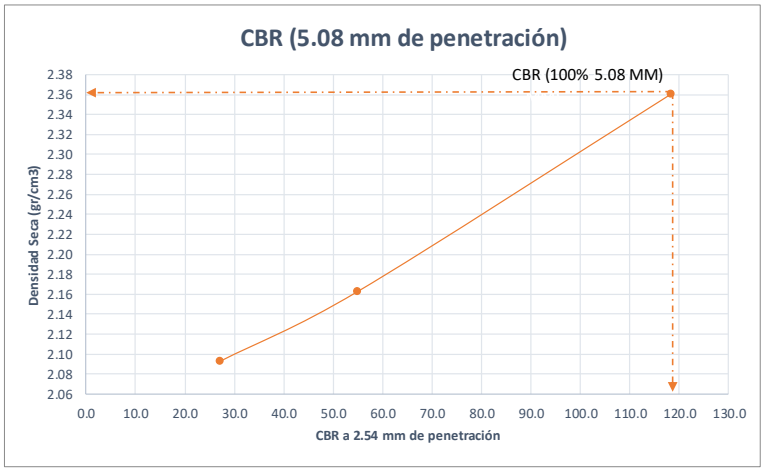
| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.36 cm3 |
| **CBR (100% 2.54 MM)** | **95 %** |




| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) |
| 12 | 27.15 | 2.09 | gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 54.95 | 2.16 | gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 118.29 | 2.36 | gr/cm3 | 105.46 | **5.080** | **28.63** | **27.15** | **5.080** | **57.95** | **54.95** | **5.080** | **124.75** | **118.29** |

0.27

| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.36 cm3 |
| **CBR (100% 5.08 MM)** | **118 %** |



# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

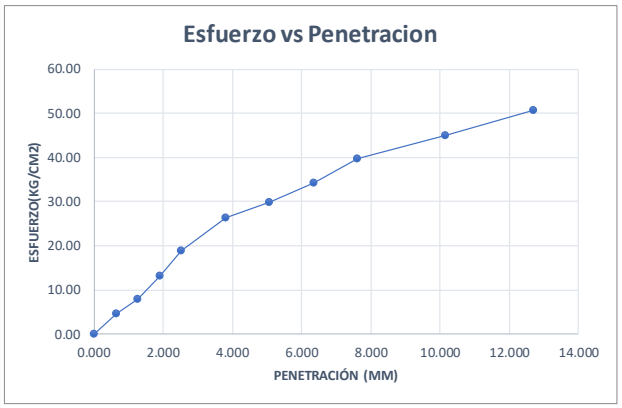
MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:**<br>**N° de hoja:** | 25 de junio del 2024<br>2 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | **ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |
| **Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)** | | | |
| **% Aceite Residual Degradado** | 3 | **% Tierra de Diatomeas** | 3 |

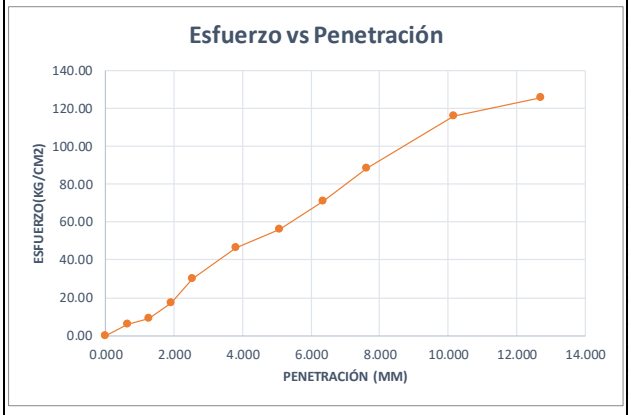
**RELACIÓN DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**



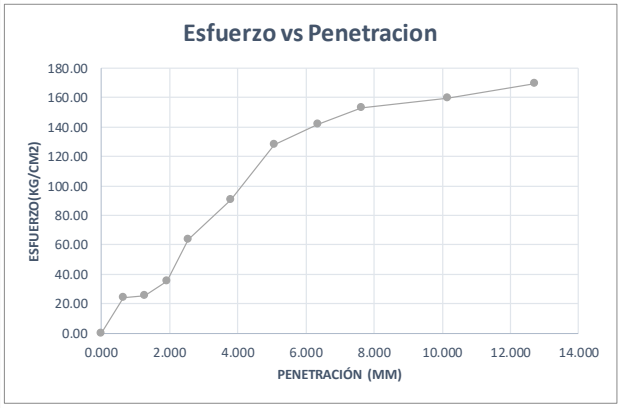

**RELACIÓN DE CBR**

**MUESTRA 2 (26 GOLPES)**



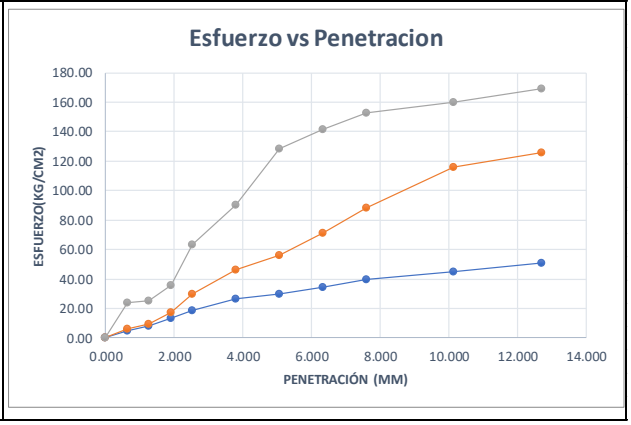

**RELACIÓN DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**




**RELACIÓN DE CBR**

**TODAS LAS MUESTRAS**




| TIEMPO POST COMPACTACIÓN | | ETAPA DE EXPANSIÓN | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
| Dias | Horas | Dial *0.001" | (12 GOLPES) Deformación (mm) | (12 GOLPES) Expansión (%) | Dial *0.001" | (26 GOLPES) Deformación (mm) | (26 GOLPES) Expansión (%) | Dial *0.001" | (55 GOLPES) Deformación (mm) | (55 GOLPES) Expansión (%) |
| Dia 0 | 0 | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% |
| Dia 1 | 24 | 5 | 0.127 | 0.10% | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 2 | 48 | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 3 | 72 | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% |
| Dia 4 | 96 | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% | 7 | 0.178 | 0.14% |

# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

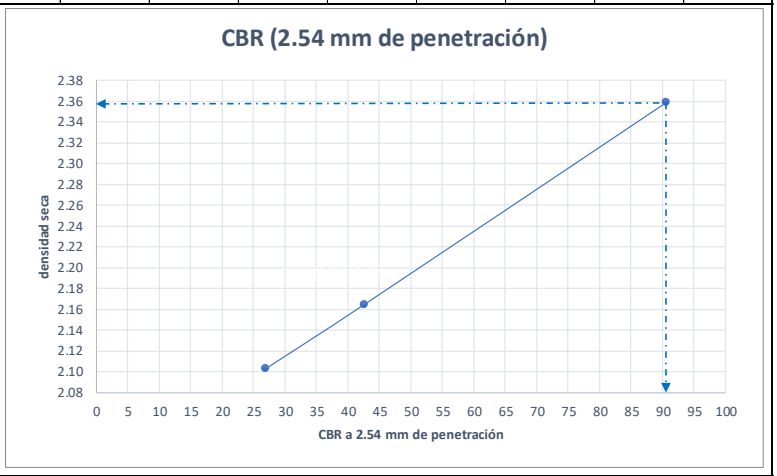
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 25 de junio del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 3 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | **ensayo:** | Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 3 | **% Tierra de Diatomeas** | 3 |

| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) |
| 12 | 26.92 | 2.10 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 42.60 | 2.16 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 90.57 | 2.36 gr/cm3 | 70.31 | **2.540** | **18.93** | **26.92** | **2.540** | **29.95** | **42.60** | **2.540** | **63.68** | **90.57** |

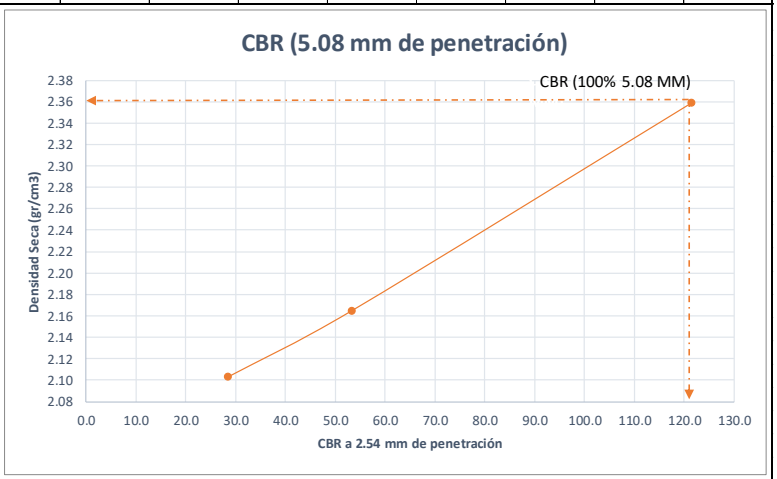
| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.36 cm3 |
| **CBR (100% 2.54 MM)** | **91 %** |




| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | Penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) |
| 12 | 28.40 | 2.10 | gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 53.28 | 2.16 | gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 121.63 | 2.36 | gr/cm3 | 105.46 | **5.080** | **29.95** | **28.40** | **5.080** | **56.18** | **53.28** | **5.080** | **128.27** | **121.63** |

0.26

| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.36 cm3 |
| **CBR (100% 5.08 MM)** | **121 %** |



## CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

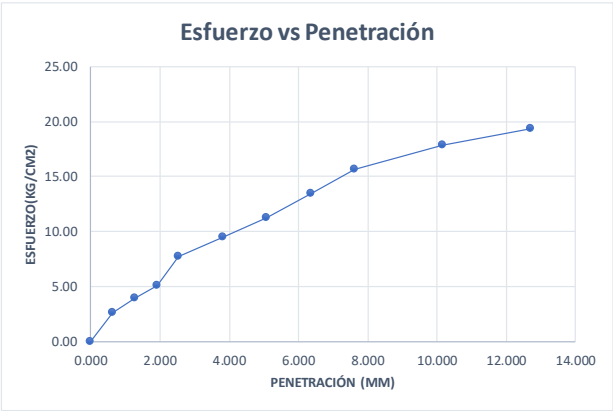
MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:**<br>**N° de hoja:** | 01 de julio del 2024<br>2 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |
| **Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)** | | | |
| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

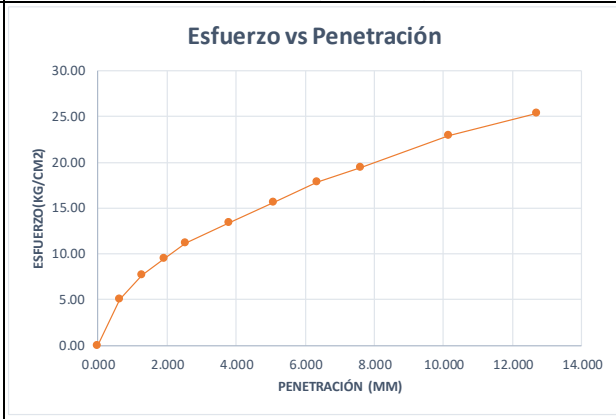
**RELACION DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**



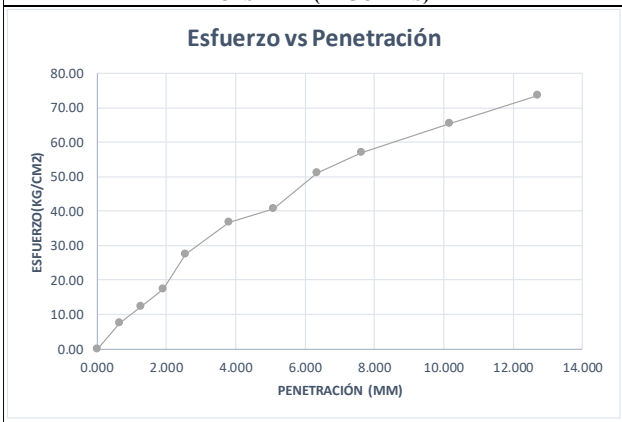

**RELACION DE CBR**

**MUESTRA 2 (26 GOLPES)**



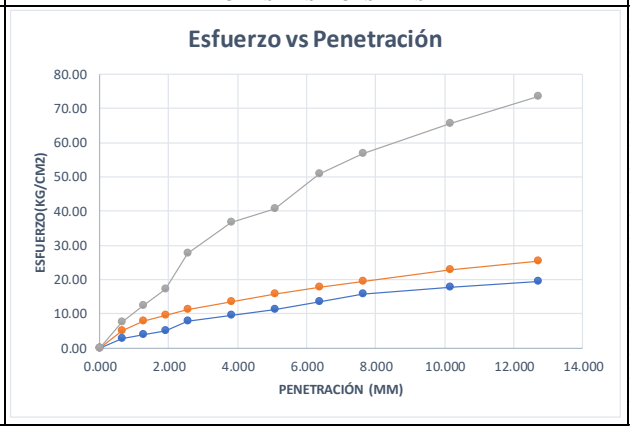

**RELACION DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**




**RELACION DE CBR**

**TODAS LAS MUESTRAS**




| TIEMPO POST COMPACTACIÓN | | ETAPA DE EXPANSIÓN | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
| Dias | Horas | Dial *0.001" | (12 GOLPES) Deformación (mm) | (12 GOLPES) Expansión (%) | Dial *0.001" | (26 GOLPES) Deformación (mm) | (26 GOLPES) Expansión (%) | Dial *0.001" | (55 GOLPES) Deformación (mm) | (55 GOLPES) Expansión (%) |
| Dia 0 | 0 | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% |
| Dia 1 | 24 | 5 | 0.127 | 0.10% | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 2 | 48 | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 3 | 72 | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% |
| Dia 4 | 96 | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% | 7 | 0.178 | 0.14% |

# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

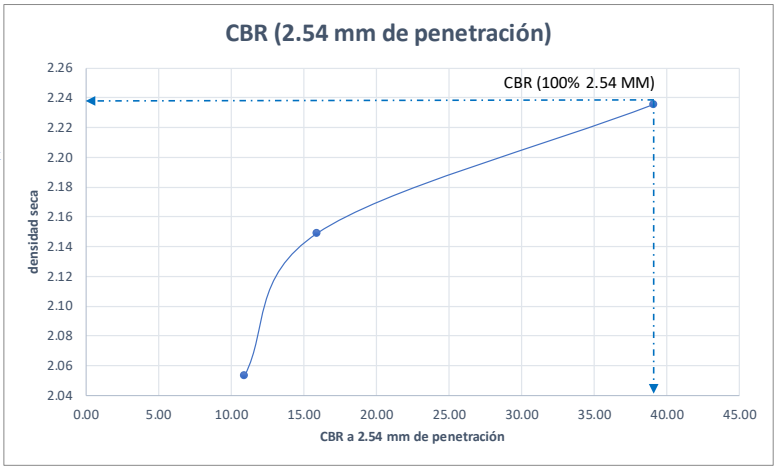
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 01 de julio del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 3 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

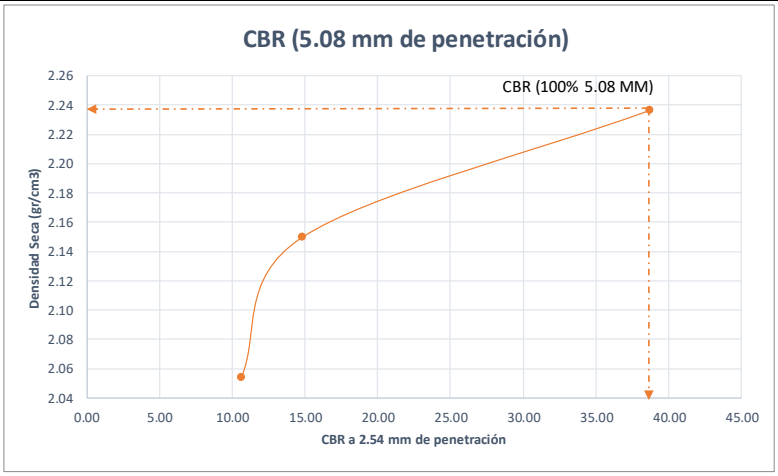
| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) |
| 12 | 10.93 | 2.05 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 15.95 | 2.15 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 39.15 | 2.24 gr/cm3 | 70.31 | **2.540** | **7.68** | **10.93** | **2.540** | **11.21** | **15.95** | **2.540** | **27.53** | **39.15** |

| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.24 cm3 |
| **CBR (100% 2.54 MM)** | **39 %** ok |




| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) |
| 12 | 10.63 | 2.05 | gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 14.81 | 2.15 | gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 38.64 | 2.24 | gr/cm3 | 105.46 | **5.080** | **11.21** | **10.63** | **5.080** | **15.62** | **14.81** | **5.080** | **40.75** | **38.64** |

| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.24 cm3 |
| **CBR (100% 5.08 MM)** | 38 % |



# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 01 de julio del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 1 |

**DATOS GENERALES**

| INFORMACIÓN GENERAL DE LA MUESTRA | | INFORMACIÓN GENERAL DE LOS EQUIPOS | | INFORMACIÓN GENERAL DEL MOLDE | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Contenido Óptimo de Humedad** | 7.5 % | **Peso del martillo** | 4.54 kg | **Diametro** | 15.24 cm |
| **Contenido Natural de Humedad** | 2.7 % | **Altura de Caída del martillo** | 45.72 cm | **Altura** | 17.78 cm |
| **Densidad Seca Máxima** | 2.29 g/cm3 | **Altura del disco espaciador** | 6.14 cm | **Altura de muestra** | 11.64 cm |
| **Número de Capas** | 5 | **Area del pistón** | 19.35 cm2 | **Volumen** | 2123.31 cm3 |

| DESCRIPCIÓN | UND | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Número de golpes** | **Und** | **12** | | | **26** | | | **55** | | |
| **Peso del molde más base** | **gr** | 7042.00 | | | 6118.00 | | | 7145.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra húmeda** | **gr** | 11890.00 | | | 11033.00 | | | 12408.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra sumergida** | **gr** | 11618.00 | | | 10806.00 | | | 12175.00 | | |
| **Peso muestra húmeda** | **gr** | **4848.00** | | | **4915.00** | | | **5263.00** | | |
| **Densidad Húmeda** | **cm3** | **2.28** | | | **2.31** | | | **2.48** | | |
| **CONTENIDO DE HUMEDAD POST INMERSIÓN** | | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** |
| **Peso de la muestra húmeda + tara** | **gr** | 111.29 | 112.27 | 93.25 | 90.15 | 97.67 | 101.12 | 100.53 | 99.10 | 98.47 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 106.17 | 108.16 | 90.01 | 85.89 | 94.39 | 98.76 | 96.48 | 96.08 | 96.43 |
| **Peso del agua** | **gr** | 5.12 | 4.11 | 3.24 | 4.26 | 3.28 | 2.36 | 4.05 | 3.02 | 2.04 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 43.23 | 57.25 | 49.25 | 45.19 | 53.79 | 58.14 | 59.20 | 58.80 | 59.19 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 62.94 | 50.91 | 40.76 | 40.70 | 40.60 | 40.62 | 37.28 | 37.28 | 37.24 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 8.13 | 8.07 | 7.95 | 10.47 | 8.08 | 5.81 | 10.86 | 8.10 | 5.48 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | | **8.05** | | | **8.12** | | | **8.15** | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | | **2.11** | | | **2.14** | | | **2.29** | |

| | |
|---|---|
| **Ecuación de ajuste para valores en kgf:** | y = 4,2658x + 16,4476 |
| x : | Lectura del dial |
| y : | Fuerza promedio (kgf) |

| | |
|---|---|
| **Carga unitaria patrón** | 70.31 kg/cm2 |
| | 105.46 kg/cm2 |

| Datos del ensayo de penetración (CBR) | | ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESIÓN | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | | MUESTRA 2 | | | | MUESTRA 3 | | | |
| penetración (mm) | Dial | Dial | (12 GOLPES) | | | Dial | (26 GOLPES) | | | Dial | (55 GOLPES) | | |
| | | | Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) | | Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) | | Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) |
| **0.000** | **0.000** | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | |
| **0.640** | **0.025** | **8** | 50.57 | 2.61 | | **12** | 67.64 | 3.50 | | **36** | 170.02 | 8.79 | |
| **1.270** | **0.050** | **14** | 76.17 | 3.94 | | **26** | 127.36 | 6.58 | | **72** | 323.59 | 16.72 | |
| **1.910** | **0.075** | **16** | 84.70 | 4.38 | | **32** | 152.95 | 7.90 | | **131** | 575.27 | 29.73 | |
| **2.540** | **0.100** | **20** | 101.76 | 5.26 | 7.48 | **58** | 263.86 | 13.64 | 19.39 | **143** | 626.46 | 32.38 | 46.05 |
| **3.810** | **0.150** | **30** | 144.42 | 7.46 | | **76** | 340.65 | 17.60 | | **205** | 890.94 | 46.04 | |
| **5.080** | **0.200** | **35** | 165.75 | 8.57 | 8.12 | **105** | 464.36 | 24.00 | 22.76 | **242** | 1048.77 | 54.20 | 51.39 |
| **6.350** | **0.250** | **39** | 182.81 | 9.45 | | **130** | 571.00 | 29.51 | | **254** | 1099.96 | 56.85 | |
| **7.620** | **0.300** | **43** | 199.88 | 10.33 | | **141** | 617.93 | 31.93 | | **283** | 1223.67 | 63.24 | |
| **10.160** | **0.400** | **46** | 212.67 | 10.99 | | **146** | 639.25 | 33.04 | | **315** | 1360.17 | 70.29 | |
| **12.700** | **0.500** | **52** | 238.27 | 12.31 | | **151** | 660.58 | 34.14 | | **368** | 1586.26 | 81.98 | |

## CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

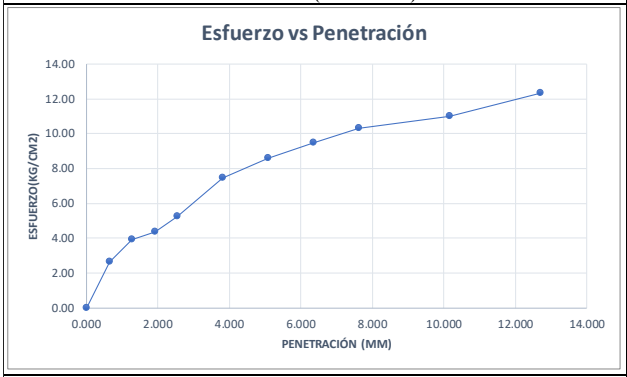
MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:**<br>**N° de hoja:** | 01 de julio del 2024<br>2 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |
| **Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)** | | | |
| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 1 |

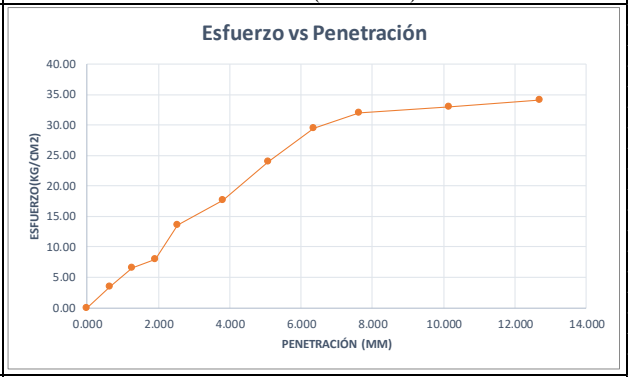
**RELACION DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**



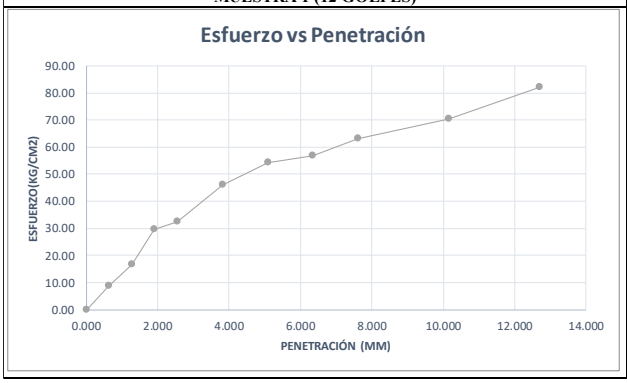

**RELACION DE CBR**

**MUESTRA 2 (26 GOLPES)**



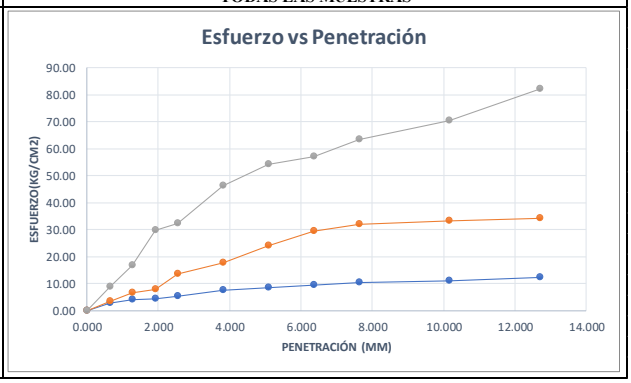

**RELACION DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**




**RELACION DE CBR**

**TODAS LAS MUESTRAS**




| TIEMPO POST COMPACTACIÓN | | ETAPA DE EXPANSIÓN | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
| Dias | Horas | Dial *0.001" | (12 GOLPES) Deformación (mm) | (12 GOLPES) Expansión(%) | Dial *0.001" | (26 GOLPES) Deformación (mm) | (26 GOLPES) Expansión(%) | Dial *0.001" | (55 GOLPES) Deformación (mm) | (55 GOLPES) Expansión(%) |
| Dia 0 | 0 | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% |
| Dia 1 | 24 | 5 | 0.127 | 0.10% | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 2 | 48 | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 3 | 72 | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% |
| Dia 4 | 96 | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% | 7 | 0.178 | 0.14% |

## CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

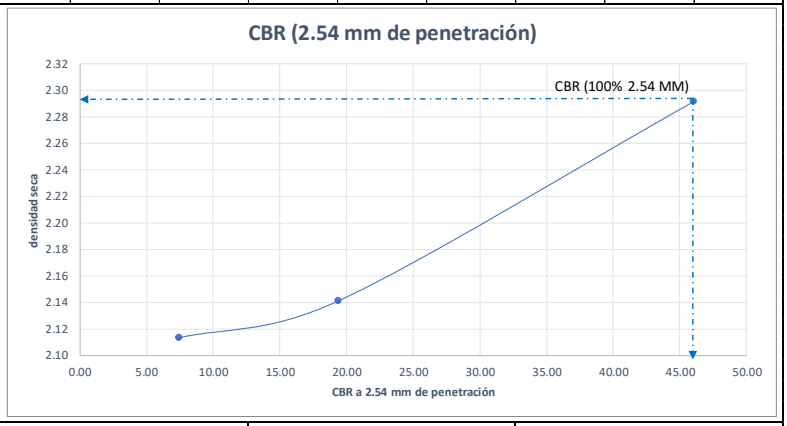
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:**<br>**N° de hoja:** | 01 de julio del 2024<br>3 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 1 |

| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) |
| 12 | 7.48 | 2.11 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 19.39 | 2.14 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 46.05 | 2.29 gr/cm3 | 70.31 | **2.540** | **5.26** | **7.48** | **2.540** | **13.64** | **19.39** | **2.540** | **32.38** | **46.05** |

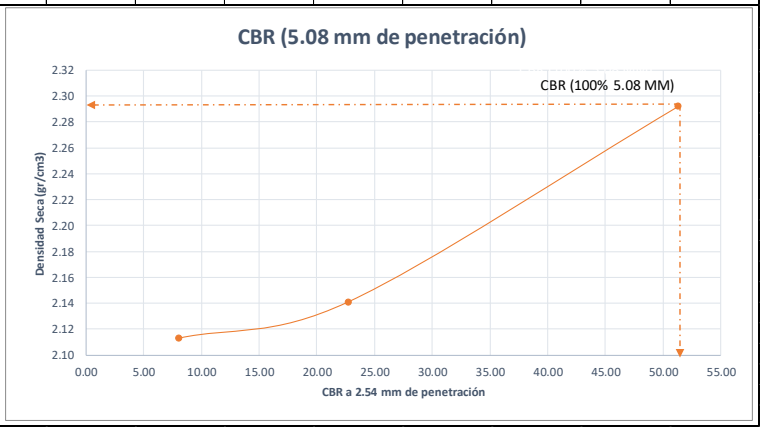
| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.29 cm3 |
| **CBR (100% 2.54 MM)** | **46 %** |




| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) |
| 12 | 8.12 | 2.11 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 22.76 | 2.14 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 51.39 | 2.29 gr/cm3 | 105.46 | **5.080** | **8.57** | **8.12** | **5.080** | **24.00** | **22.76** | **5.080** | **54.20** | **51.39** |

0.18

| | | |
|---|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.29 cm3 | |
| **CBR (100% 5.08 MM)** | **52 %** | ok |



# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

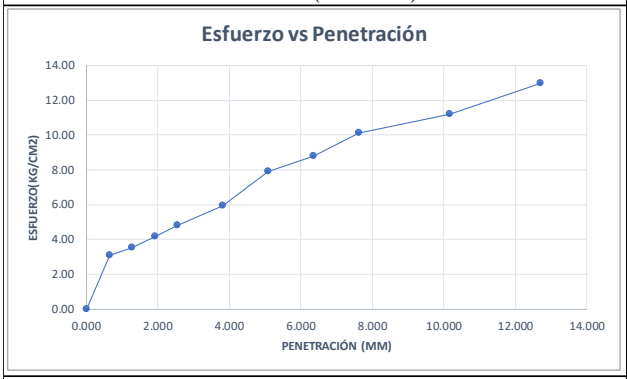
MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:**<br>**N° de hoja:** | 01 de julio del 2024<br>2 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |
| **Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)** | | | |
| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 1 |

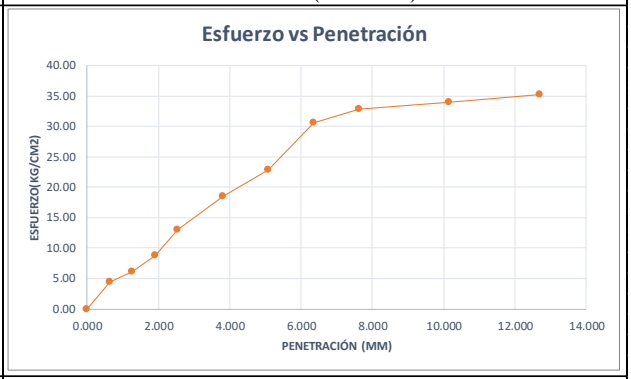
**RELACION DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**



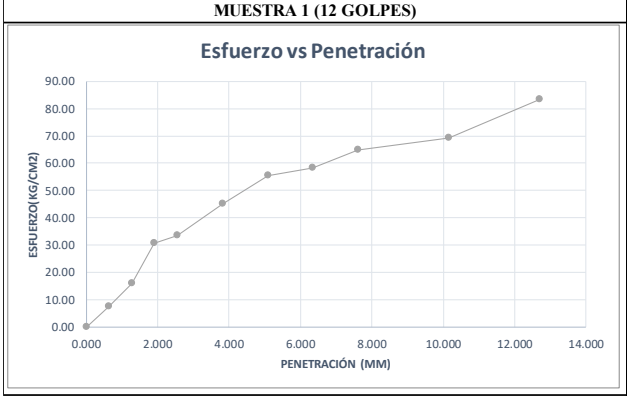

**RELACION DE CBR**

**MUESTRA 2 (26 GOLPES)**



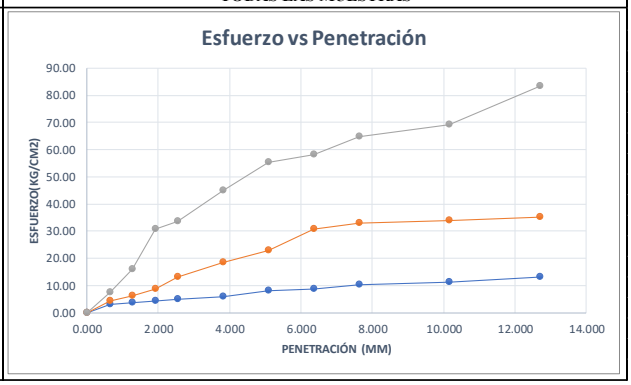

**RELACION DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**




**RELACION DE CBR**

**TODAS LAS MUESTRAS**




| TIEMPO POST COMPACTACIÓN | | ETAPA DE EXPANSIÓN | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
| Dias | Horas | Dial *0.001" | (12 GOLPES) Deformación (mm) | Expansión( %) | Dial *0.001" | (26 GOLPES) Deformación (mm) | Expansión( %) | Dial *0.001" | (55 GOLPES) Deformación (mm) | Expansión( %) |
| Dia 0 | 0 | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% |
| Dia 1 | 24 | 5 | 0.127 | 0.10% | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 2 | 48 | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 3 | 72 | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% |
| Dia 4 | 96 | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% | 7 | 0.178 | 0.14% |

## CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

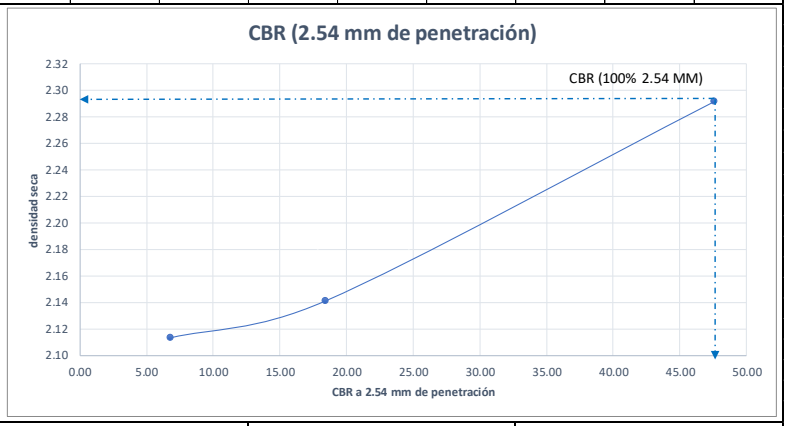
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:**<br>**N° de hoja:** | 01 de julio del 2024<br>3 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 1 |

| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) |
| 12 | 6.85 | 2.11 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 18.45 | 2.14 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 47.61 | 2.29 gr/cm3 | 70.31 | **2.540** | **4.82** | **6.85** | **2.540** | **12.98** | **18.45** | **2.540** | **33.48** | **47.61** |

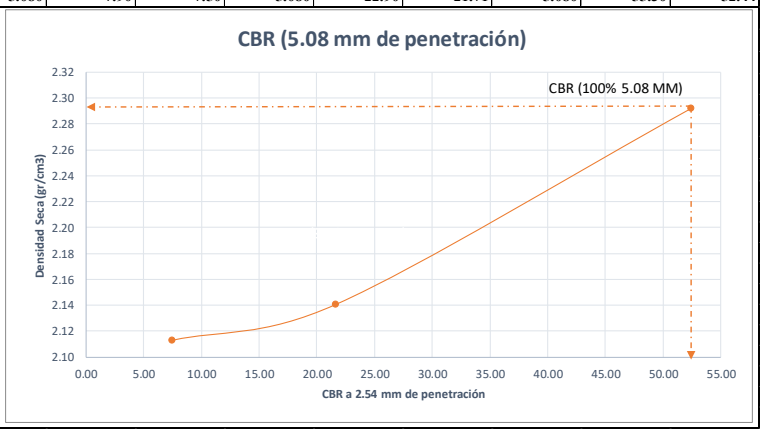
| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.29 cm3 |
| **CBR (100% 2.54 MM)** | **46 %** |




| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) |
| 12 | 7.50 | 2.11 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 21.71 | 2.14 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 52.44 | 2.29 gr/cm3 | 105.46 | **5.080** | **7.90** | **7.50** | **5.080** | **22.90** | **21.71** | **5.080** | **55.30** | **52.44** |

0.18

| | | |
|---|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.29 cm3 | |
| **CBR (100% 5.08 MM)** | **52 %** | ok |



# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

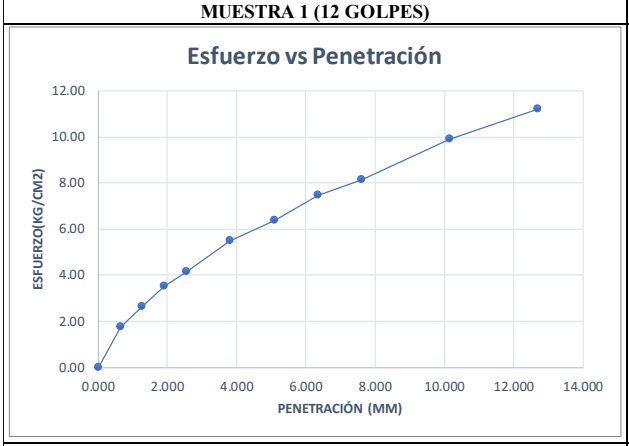
MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:**<br>**N° de hoja:** | 05 de julio del 2024<br>2 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |
| **Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)** | | | |
| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 2 |

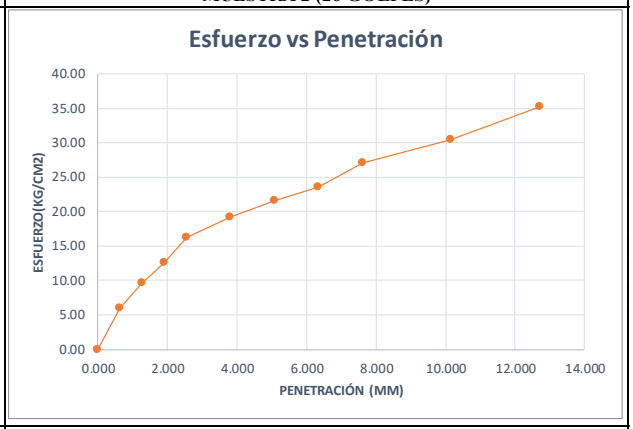
**RELACION DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**



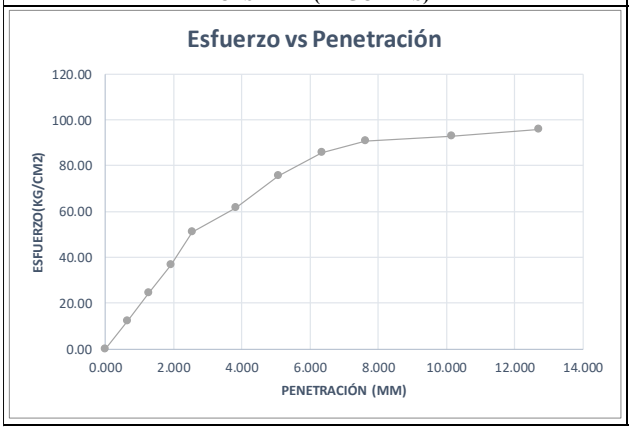

**RELACION DE CBR**

**MUESTRA 2 (26 GOLPES)**



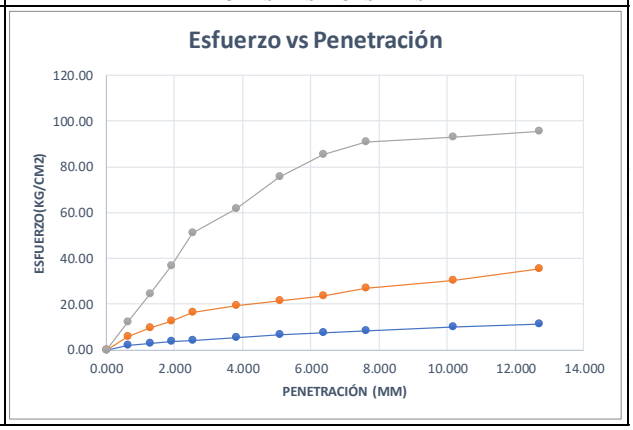

**RELACION DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**




**RELACION DE CBR**

**TODAS LAS MUESTRAS**




| TIEMPO POST COMPACTACIÓN | | ETAPA DE EXPANSIÓN | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
| Dias | Horas | Dial *0.001" | (12 GOLPES) Deformación (mm) | (12 GOLPES) Expansión (%) | Dial *0.001" | (26 GOLPES) Deformación (mm) | (26 GOLPES) Expansión (%) | Dial *0.001" | (55 GOLPES) Deformación (mm) | (55 GOLPES) Expansión (%) |
| Dia 0 | 0 | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% |
| Dia 1 | 24 | 5 | 0.127 | 0.10% | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 2 | 48 | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 3 | 72 | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% |
| Dia 4 | 96 | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% | 7 | 0.178 | 0.14% |

# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

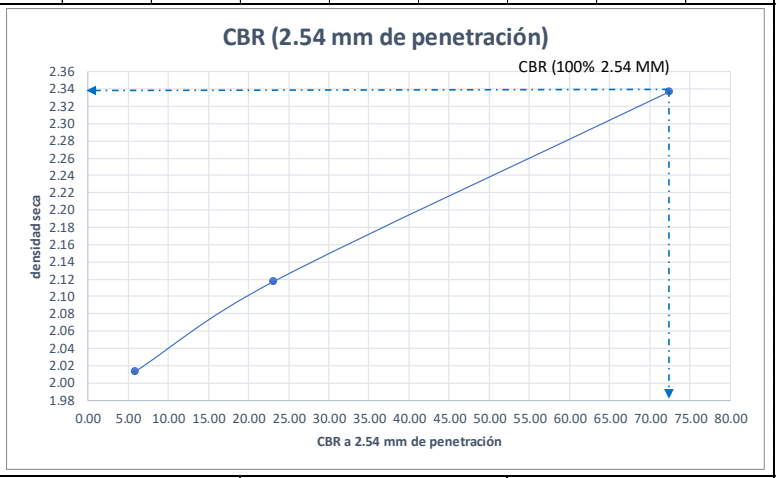
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 05 de julio del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 3 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 2 |

| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) |
| 12 | 5.91 | 2.01 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 23.16 | 2.12 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 72.38 | 2.34 gr/cm3 | 70.31 | **2.540** | **4.16** | **5.91** | **2.540** | **16.28** | **23.16** | **2.540** | **50.89** | **72.38** |

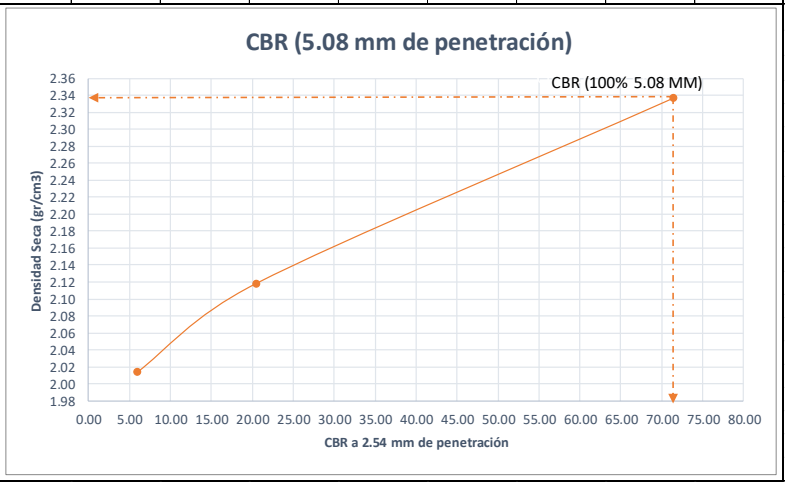
| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.34 cm3 |
| **CBR (100% 2.54 MM)** | 73 % ok |




| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) |
| 12 | 6.03 | 2.01 | gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 20.46 | 2.12 | gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 71.46 | 2.34 | gr/cm3 | 105.46 | **5.080** | **6.36** | **6.03** | **5.080** | **21.57** | **20.46** | **5.080** | **75.36** | **71.46** |

0.32

| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.3372554 cm3 |
| **CBR (100% 5.08 MM)** | 72 % |



# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

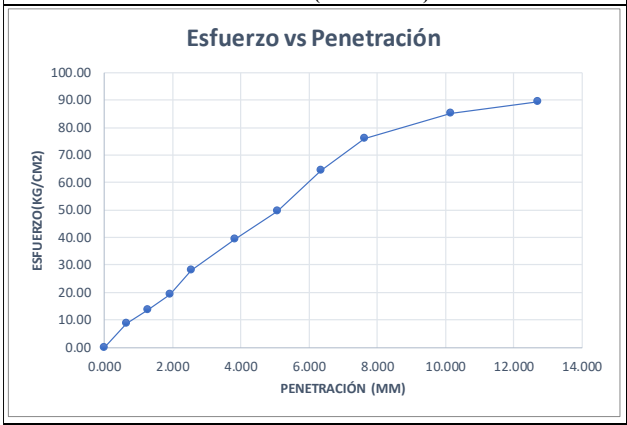
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:**<br>**N° de hoja:** | 05 de julio del 2024<br>2 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 3 |

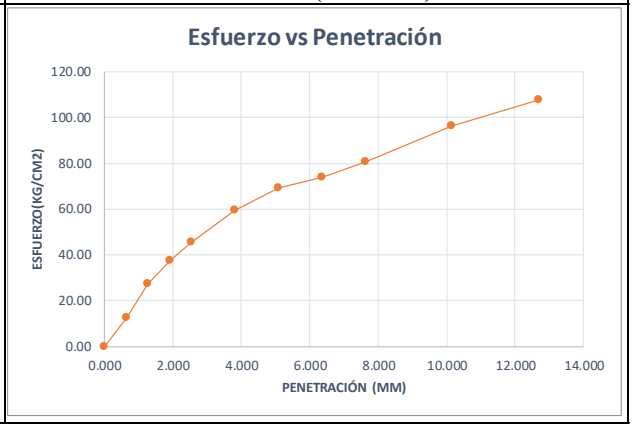
**RELACION DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**



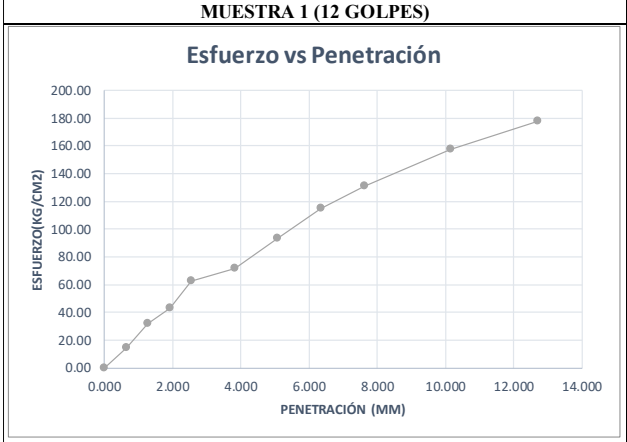

**RELACION DE CBR**

**MUESTRA 2 (26 GOLPES)**



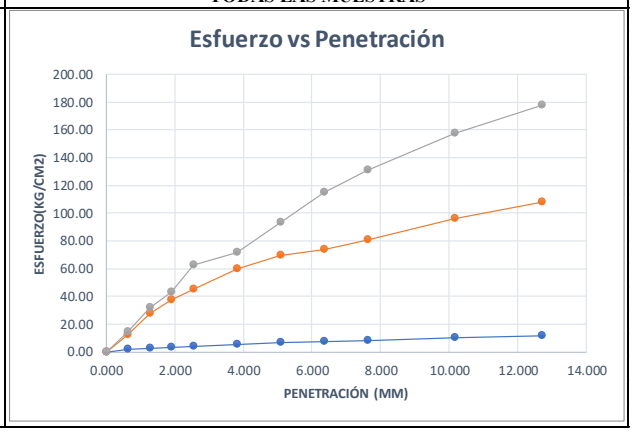

**RELACION DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**




**RELACION DE CBR**

**TODAS LAS MUESTRAS**




| TIEMPO POST COMPACTACIÓN | | ETAPA DE EXPANSIÓN | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
| Dias | Horas | Dial *0.001" | (12 GOLPES) Deformación (mm) | (12 GOLPES) Expansión (%) | Dial *0.001" | (26 GOLPES) Deformación (mm) | (26 GOLPES) Expansión (%) | Dial *0.001" | (55 GOLPES) Deformación (mm) | (55 GOLPES) Expansión (%) |
| Dia 0 | 0 | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% |
| Dia 1 | 24 | 5 | 0.127 | 0.10% | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 2 | 48 | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 3 | 72 | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% |
| Dia 4 | 96 | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% | 7 | 0.178 | 0.14% |

# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

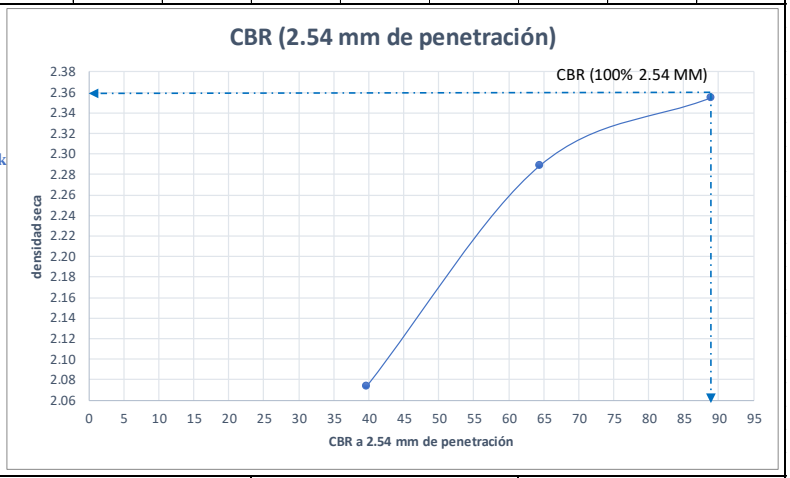
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 05 de julio del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 3 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 3 |

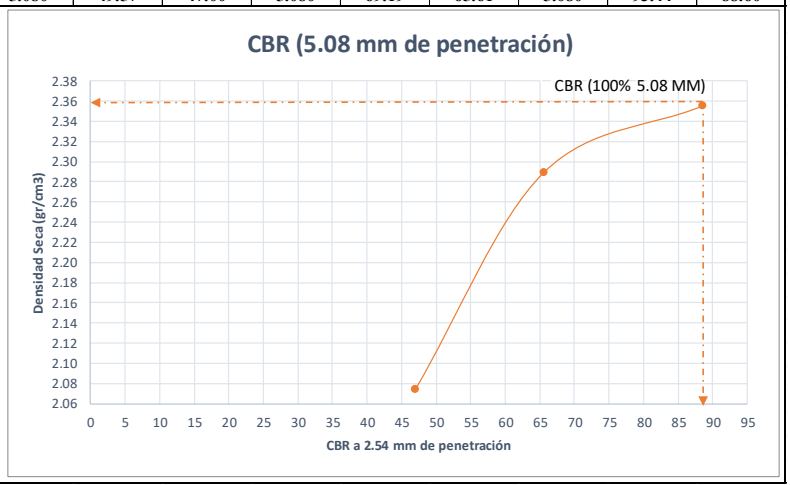
| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 penetración Corregida (mm) | MUESTRA 1 Esfuerzo corregido (kg/cm2) | MUESTRA 1 CBR Corregido (%) | MUESTRA 2 penetración Corregida (mm) | MUESTRA 2 Esfuerzo corregido (kg/cm2) | MUESTRA 2 CBR Corregido (%) | MUESTRA 3 penetración Corregida (mm) | MUESTRA 3 Esfuerzo corregido (kg/cm2) | MUESTRA 3 CBR Corregido (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12 | 39.78 | 2.07 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 64.55 | 2.29 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 89.00 | 2.36 gr/cm3 | 70.31 | **2.540** | **27.97** | **39.78** | **2.540** | **45.38** | **64.55** | **2.540** | **62.58** | **89.00** |

| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.36 cm3 |
| **CBR (100% 2.54 MM)** | **89 %** ok |




| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 penetración Corregida (mm) | MUESTRA 1 Esfuerzo corregido (kg/cm2) | MUESTRA 1 CBR Corregido (%) | MUESTRA 2 penetración Corregida (mm) | MUESTRA 2 Esfuerzo corregido (kg/cm2) | MUESTRA 2 CBR Corregido (%) | MUESTRA 3 penetración Corregida (mm) | MUESTRA 3 Esfuerzo corregido (kg/cm2) | MUESTRA 3 CBR Corregido (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12 | 47.00 | 2.07 | gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 65.61 | 2.29 | gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 88.60 | 2.36 | gr/cm3 | 105.46 | **5.080** | **49.57** | **47.00** | **5.080** | **69.19** | **65.61** | **5.080** | **93.44** | **88.60** |

| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.36 cm3 |
| **CBR (100% 5.08 MM)** | 89 % |



# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:**<br>**N° de hoja:** | 05 de julio del 2024<br>1 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 1 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

**DATOS GENERALES**

| INFORMACIÓN GENERAL DE LA MUESTRA | | INFORMACIÓN GENERAL DE LOS EQUIPOS | | INFORMACIÓN GENERAL DEL MOLDE | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Contenido Óptimo de Humedad** | 7.8 % | **Peso del martillo** | 4.54 kg | **Diametro** | 15.24 cm |
| **Contenido Natural de Humedad** | 2.7 % | **Altura de Caída del martillo** | 45.72 cm | **Altura** | 17.78 cm |
| **Densidad Seca Máxima** | 2.27 cm3 | **Altura del disco espaciador** | 6.14 cm | **Altura de muestra** | 11.64 cm |
| **Número de Capas** | 5 | **Area del pistón** | 19.35 cm2 | **Volumen** | 2123.31 cm3 |

| DESCRIPCIÓN | UND | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Número de golpes** | **Und** | **12** | | | **26** | | | **55** | | |
| **Peso del molde más base** | **gr** | 7041.00 | | | 6864.00 | | | 6752.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra húmeda** | **gr** | 11796.00 | | | 11856.00 | | | 11951.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra sumergida** | **gr** | 12342.00 | | | 12430.00 | | | 12396.00 | | |
| **Peso muestra húmeda** | **gr** | **4755.00** | | | **4992.00** | | | **5199.00** | | |
| **Densidad Húmeda** | **cm3** | **2.24** | | | **2.35** | | | **2.45** | | |
| **CONTENIDO DE HUMEDAD POST INMERSIÓN** | | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** |
| **Peso de la muestra húmeda + tara** | **gr** | 166.89 | 150.09 | 133.87 | 152.14 | 153.03 | 139.14 | 131.15 | 161.86 | 147.99 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 161.64 | 144.84 | 129.33 | 148.04 | 147.24 | 133.91 | 127.00 | 152.56 | 140.72 |
| **Peso del agua** | **gr** | 5.25 | 5.25 | 4.54 | 4.10 | 5.79 | 5.23 | 4.15 | 9.30 | 7.27 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 63.73 | 63.75 | 58.81 | 59.95 | 59.92 | 62.06 | 59.51 | 58.81 | 62.51 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 97.91 | 81.09 | 70.52 | 88.09 | 87.32 | 71.85 | 67.49 | 93.75 | 78.21 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 5.36 | 6.47 | 6.44 | 4.65 | 6.63 | 7.28 | 6.15 | 9.92 | 9.30 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | | **6.09** | | | **6.19** | | | **8.45** | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | | **2.11** | | | **2.21** | | | **2.26** | |

| | |
|---|---|
| **Ecuación de ajuste para valores en kgf:** | y = 4,2658x + 16,4476 |
| x : | Lectura del dial |
| y : | Fuerza promedio (kgf) |

| | |
|---|---|
| **Carga unitaria patrón** | 70.31 kg/cm2 |
| | 105.46 kg/cm2 |

| Datos del ensayo de penetración (CBR) | | ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESIÓN | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | | MUESTRA 2 | | | | MUESTRA 3 | | | |
| penetración (mm) | Dial | Dial | (12 GOLPES) Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) | Dial | (26 GOLPES) Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) | Dial | (55 GOLPES) Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) |
| **0.000** | **0.000** | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | |
| **0.640** | **0.025** | **16** | 84.70 | 4.38 | | **22** | 110.30 | 5.70 | | **34** | 161.48 | 8.35 | |
| **1.270** | **0.050** | **23** | 114.56 | 5.92 | | **31** | 148.69 | 7.68 | | **52** | 238.27 | 12.31 | |
| **1.910** | **0.075** | **27** | 131.62 | 6.80 | | **42** | 195.61 | 10.11 | | **83** | 370.51 | 19.15 | |
| **2.540** | **0.100** | **37** | 174.28 | 9.01 | 12.81 | **67** | 302.26 | 15.62 | 22.22 | **127** | 558.20 | 28.85 | 41.03 |
| **3.810** | **0.150** | **42** | 195.61 | 10.11 | | **100** | 443.03 | 22.90 | | **196** | 852.54 | 44.06 | |
| **5.080** | **0.200** | **46** | 212.67 | 10.99 | 10.42 | **153** | 669.12 | 34.58 | 32.79 | **228** | 989.05 | 51.11 | 48.47 |
| **6.350** | **0.250** | **50** | 229.74 | 11.87 | | **210** | 912.27 | 47.15 | | **321** | 1385.77 | 71.62 | |
| **7.620** | **0.300** | **53** | 242.54 | 12.53 | | **296** | 1279.12 | 66.10 | | **376** | 1620.39 | 83.74 | |
| **10.160** | **0.400** | **59** | 268.13 | 13.86 | | **348** | 1500.95 | 77.57 | | **502** | 2157.88 | 111.52 | |
| **12.700** | **0.500** | **62** | 280.93 | 14.52 | | **403** | 1735.57 | 89.69 | | **546** | 2345.57 | 121.22 | |

# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

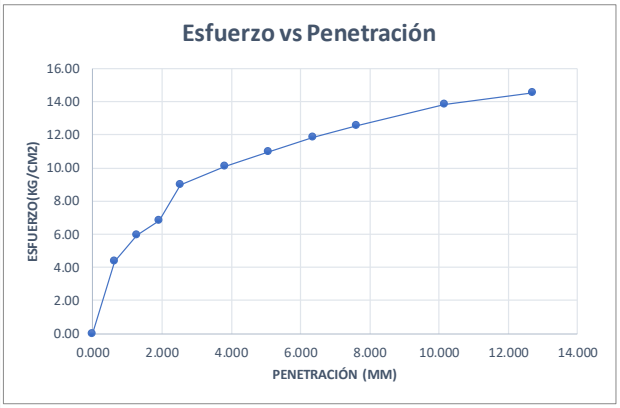
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:**<br>**N° de hoja:** | 05 de julio del 2024<br>2 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 1 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

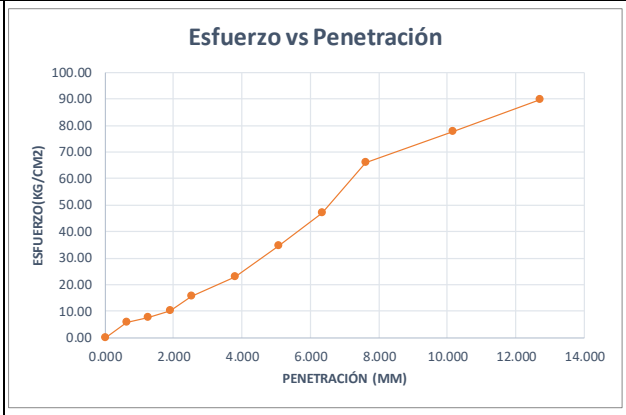
**RELACION DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**



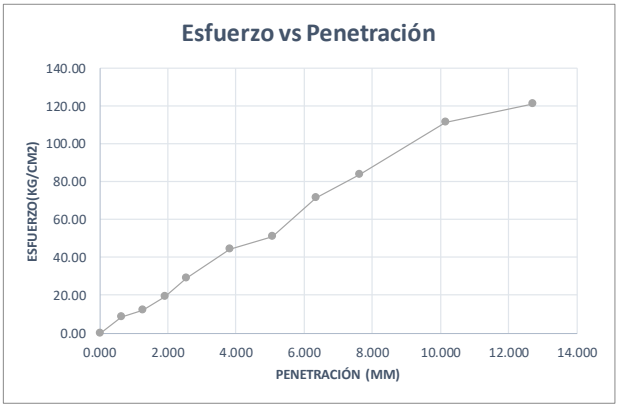

**RELACION DE CBR**

**MUESTRA 2 (26 GOLPES)**



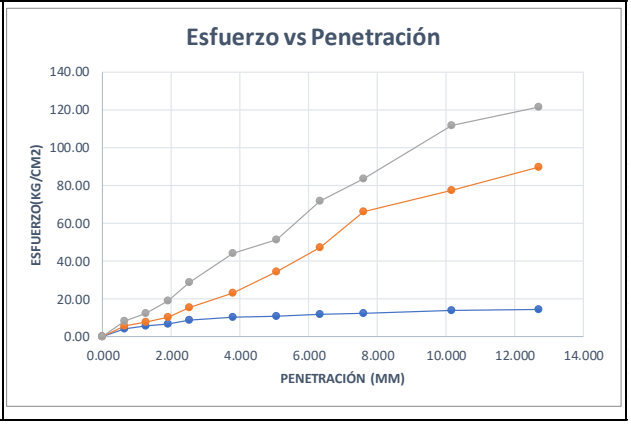

**RELACION DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**




**RELACION DE CBR**

**TODAS LAS MUESTRAS**




| TIEMPO POST COMPACTACIÓN | | ETAPA DE EXPANSIÓN | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
| Dias | Horas | Dial *0.001" | (12 GOLPES) Deformación (mm) | (12 GOLPES) Expansión (%) | Dial *0.001" | (26 GOLPES) Deformación (mm) | (26 GOLPES) Expansión (%) | Dial *0.001" | (55 GOLPES) Deformación (mm) | (55 GOLPES) Expansión (%) |
| Dia 0 | 0 | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% |
| Dia 1 | 24 | 5 | 0.127 | 0.10% | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 2 | 48 | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 3 | 72 | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% |
| Dia 4 | 96 | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% | 7 | 0.178 | 0.14% |

# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

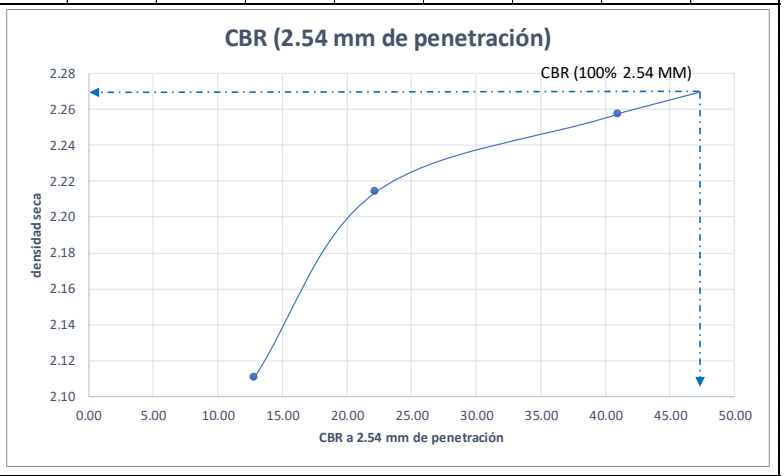
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 05 de julio del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 3 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 1 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

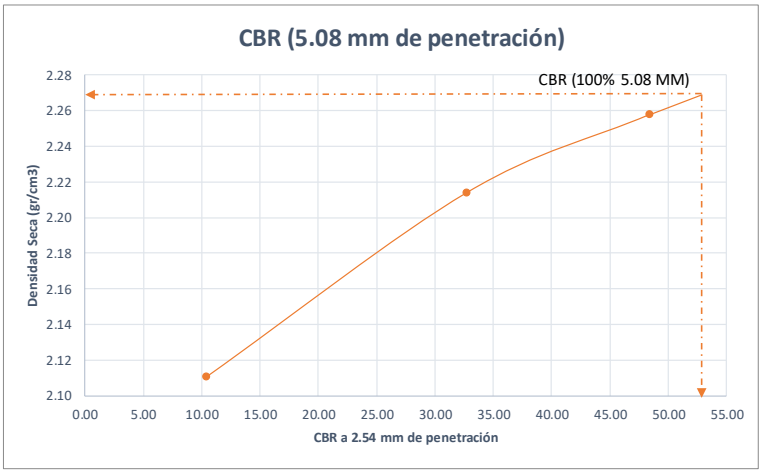
| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 penetración Corregida (mm) | MUESTRA 1 Esfuerzo corregido (kg/cm2) | MUESTRA 1 CBR Corregido (%) | MUESTRA 2 penetración Corregida (mm) | MUESTRA 2 Esfuerzo corregido (kg/cm2) | MUESTRA 2 CBR Corregido (%) | MUESTRA 3 penetración Corregida (mm) | MUESTRA 3 Esfuerzo corregido (kg/cm2) | MUESTRA 3 CBR Corregido (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12 | 12.81 | 2.11 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 22.22 | 2.21 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 41.03 | 2.26 gr/cm3 | 70.31 | **2.540** | **9.01** | **12.81** | **2.540** | **15.62** | **22.22** | **2.540** | **28.85** | **41.03** |

| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.27 cm3 |
| **CBR (100% 2.54 MM)** | **47 %** ok |




| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 penetración Corregida (mm) | MUESTRA 1 Esfuerzo corregido (kg/cm2) | MUESTRA 1 CBR Corregido (%) | MUESTRA 2 penetración Corregida (mm) | MUESTRA 2 Esfuerzo corregido (kg/cm2) | MUESTRA 2 CBR Corregido (%) | MUESTRA 3 penetración Corregida (mm) | MUESTRA 3 Esfuerzo corregido (kg/cm2) | MUESTRA 3 CBR Corregido (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12 | 10.42 | 2.11 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 32.79 | 2.21 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 48.47 | 2.26 gr/cm3 | 105.46 | **5.080** | **10.99** | **10.42** | **5.080** | **34.58** | **32.79** | **5.080** | **51.11** | **48.47** |

| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.27 cm3 |
| **CBR (100% 5.08 MM)** | 53 % |



# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

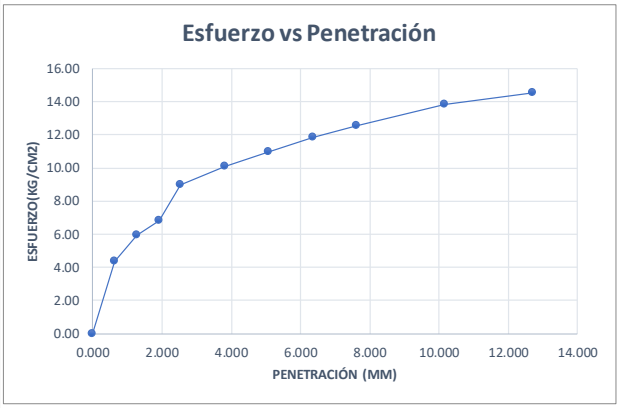
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:**<br>**N° de hoja:** | 09 de julio del 2024<br>2 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 1 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

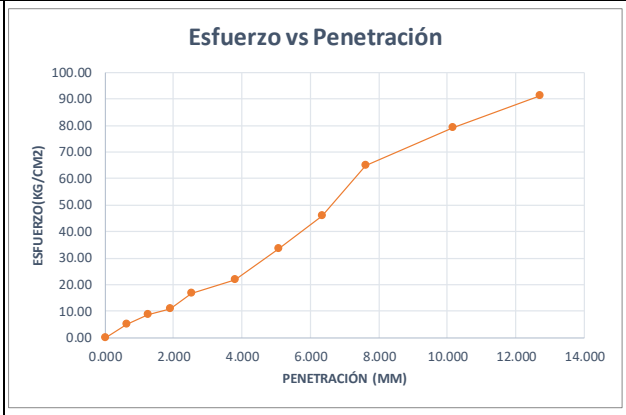
**RELACION DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**



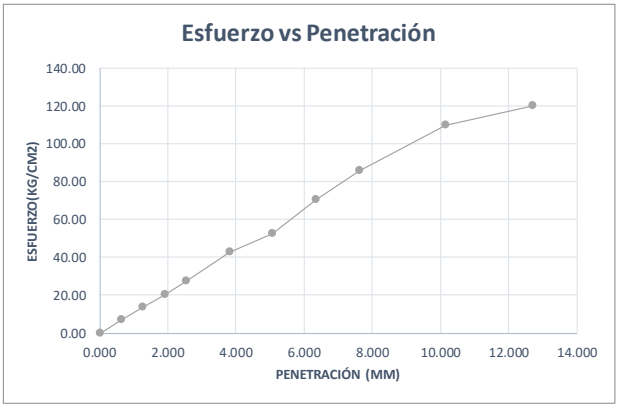

**RELACION DE CBR**

**MUESTRA 2 (26 GOLPES)**



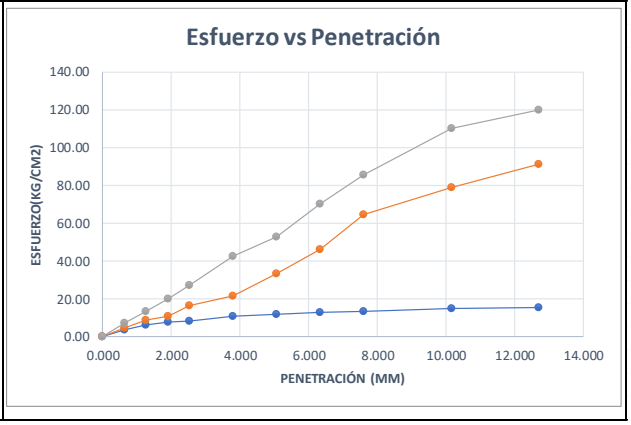

**RELACION DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**




**RELACION DE CBR**

**TODAS LAS MUESTRAS**




| **TIEMPO POST COMPACTACIÓN** | | **ETAPA DE EXPANSIÓN** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **MUESTRA 1** | | | **MUESTRA 2** | | | **MUESTRA 3** | | |
| **Dias** | **Horas** | **Dial *0.001"** | **(12 GOLPES)** | | **Dial *0.001"** | **(26 GOLPES)** | | **Dial *0.001"** | **(55 GOLPES)** | |
| | | | **Deformación (mm)** | **Expansión (%)** | | **Deformación (mm)** | **Expansión (%)** | | **Deformación (mm)** | **Expansión (%)** |
| Dia 0 | 0 | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% |
| Dia 1 | 24 | 5 | 0.127 | 0.10% | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 2 | 48 | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 3 | 72 | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% |
| Dia 4 | 96 | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% | 7 | 0.178 | 0.14% |

# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

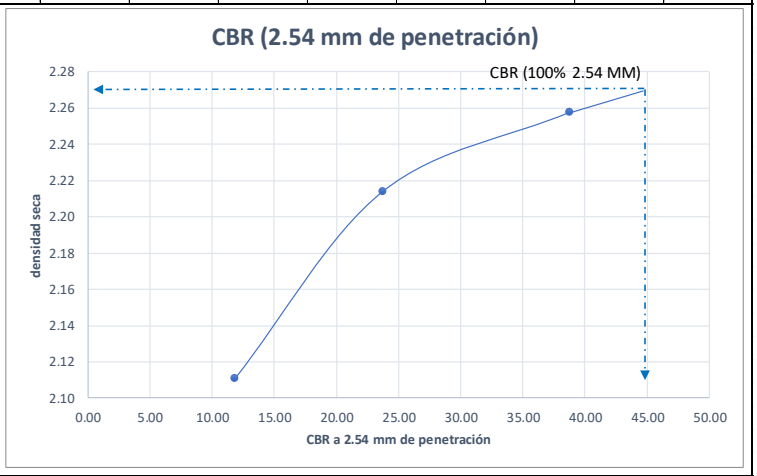
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 09 de julio del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 3 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 1 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

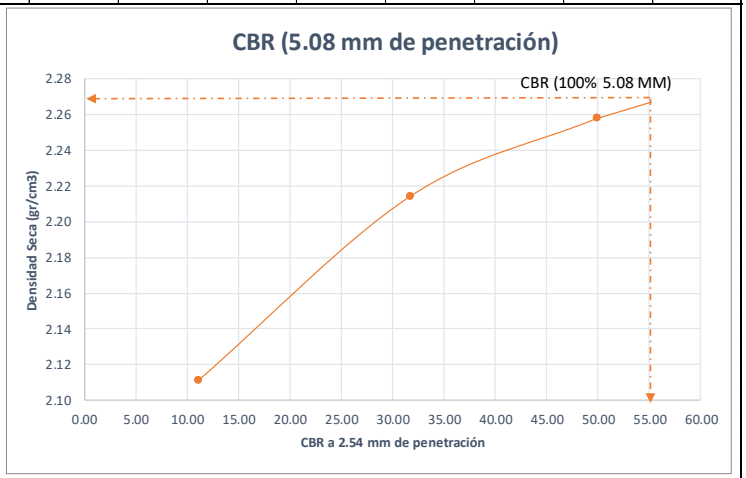
| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 penetración Corregida (mm) | MUESTRA 1 Esfuerzo corregido (kg/cm2) | MUESTRA 1 CBR Corregido (%) | MUESTRA 2 penetración Corregida (mm) | MUESTRA 2 Esfuerzo corregido (kg/cm2) | MUESTRA 2 CBR Corregido (%) | MUESTRA 3 penetración Corregida (mm) | MUESTRA 3 Esfuerzo corregido (kg/cm2) | MUESTRA 3 CBR Corregido (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12 | 11.87 | 2.11 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 23.78 | 2.21 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 38.83 | 2.26 gr/cm3 | 70.31 | **2.540** | **8.35** | **11.87** | **2.540** | **16.72** | **23.78** | **2.540** | **27.30** | **38.83** |

| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.27 cm3 |
| **CBR (100% 2.54 MM)** | 47 % |




| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 penetración Corregida (mm) | MUESTRA 1 Esfuerzo corregido (kg/cm2) | MUESTRA 1 CBR Corregido (%) | MUESTRA 2 penetración Corregida (mm) | MUESTRA 2 Esfuerzo corregido (kg/cm2) | MUESTRA 2 CBR Corregido (%) | MUESTRA 3 penetración Corregida (mm) | MUESTRA 3 Esfuerzo corregido (kg/cm2) | MUESTRA 3 CBR Corregido (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12 | 11.05 | 2.11 | gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 31.74 | 2.21 | gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 49.93 | 2.26 | gr/cm3 | 105.46 | **5.080** | **11.65** | **11.05** | **5.080** | **33.48** | **31.74** | **5.080** | **52.66** | **49.93** |

| | | |
|---|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.27 cm3 | |
| **CBR (100% 5.08 MM)** | **55 %** | **Ok!** |



# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

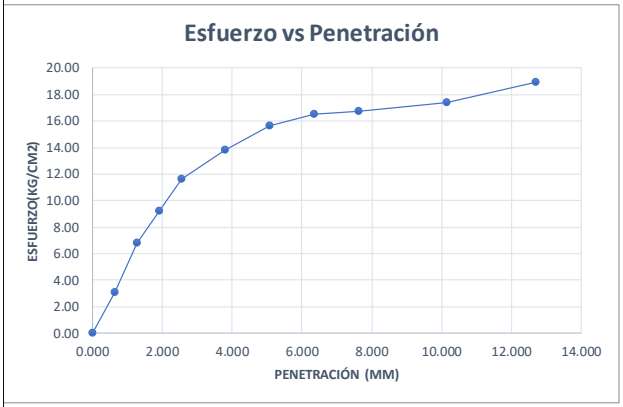
MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:**<br>**N° de hoja:** | 09 de julio del 2024<br>2 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |
| **Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)** | | | |
| **% Aceite Residual Degradado** | 1 | **% Tierra de Diatomeas** | 1 |

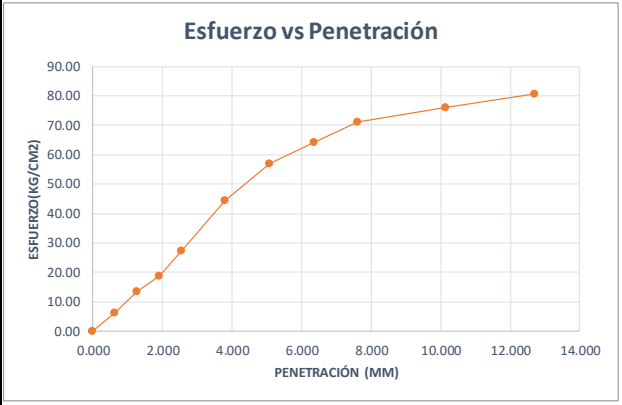
**RELACION DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**



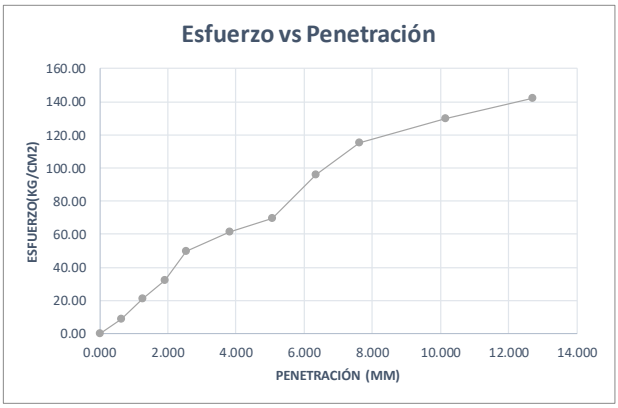

**RELACION DE CBR**

**MUESTRA 2 (26 GOLPES)**



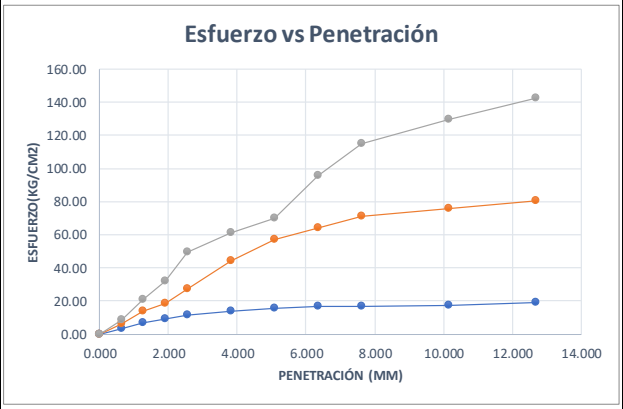

**RELACION DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**




**RELACION DE CBR**

**TODAS LAS MUESTRAS**




| TIEMPO POST COMPACTACIÓN | | ETAPA DE EXPANSIÓN | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
| Dias | Horas | Dial *0.001" | (12 GOLPES) Deformación (mm) | (12 GOLPES) Expansión (%) | Dial *0.001" | (26 GOLPES) Deformación (mm) | (26 GOLPES) Expansión (%) | Dial *0.001" | (55 GOLPES) Deformación (mm) | (55 GOLPES) Expansión (%) |
| Dia 0 | 0 | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% |
| Dia 1 | 24 | 5 | 0.127 | 0.10% | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 2 | 48 | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 3 | 72 | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% |
| Dia 4 | 96 | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% | 7 | 0.178 | 0.14% |

# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

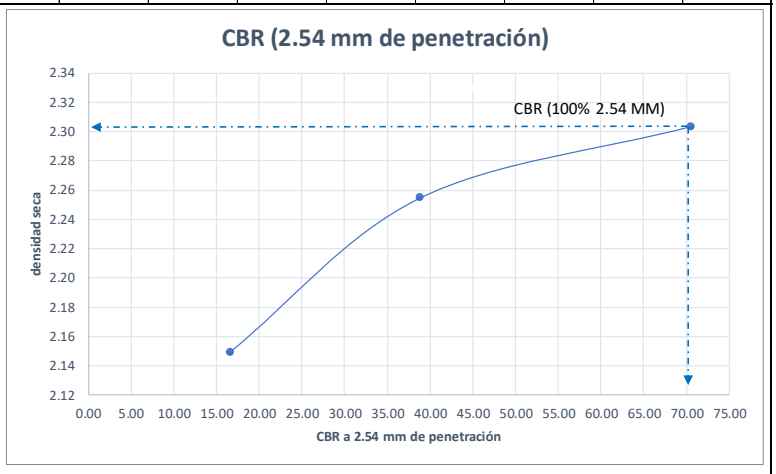
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 09 de julio del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 3 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 1 | **% Tierra de Diatomeas** | 1 |

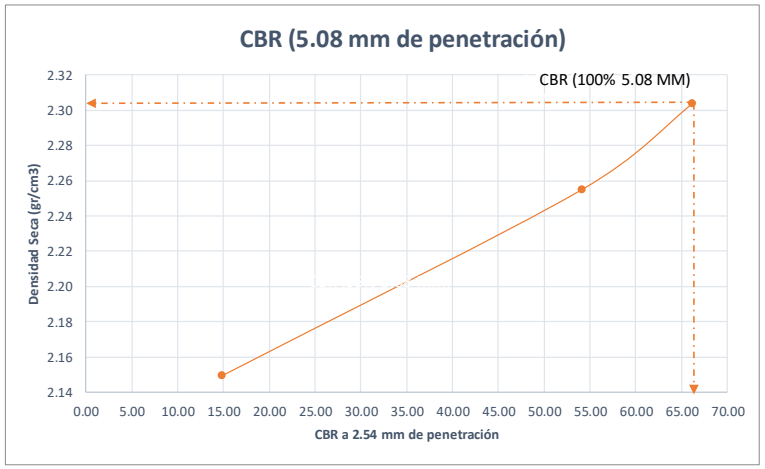
| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) |
| 12 | 16.57 | 2.15 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 38.83 | 2.25 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 70.50 | 2.30 gr/cm3 | 70.31 | **2.540** | **11.65** | **16.57** | **2.540** | **27.30** | **38.83** | **2.540** | **49.57** | **70.50** |

| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.3 cm3 |
| **CBR (100% 2.54 MM)** | **70 %** ok |




| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) |
| 12 | 14.81 | 2.15 | gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 54.11 | 2.25 | gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 66.24 | 2.30 | gr/cm3 | 105.46 | **5.080** | **15.62** | **14.81** | **5.080** | **57.07** | **54.11** | **5.080** | **69.85** | **66.24** |

| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.3 cm3 |
| **CBR (100% 5.08 MM)** | 66 % |



# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

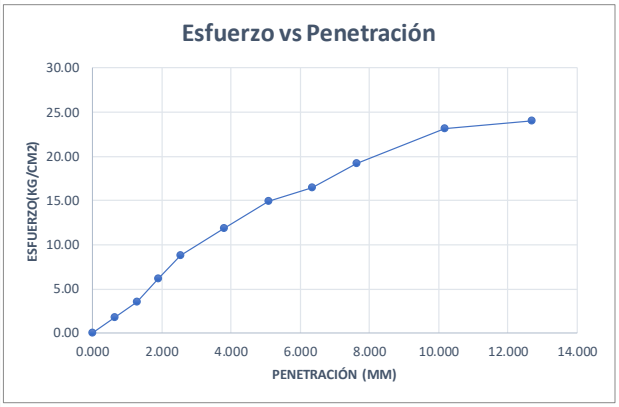
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:**<br>**N° de hoja:** | 09 de julio del 2024<br>2 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 1 | **% Tierra de Diatomeas** | 2 |

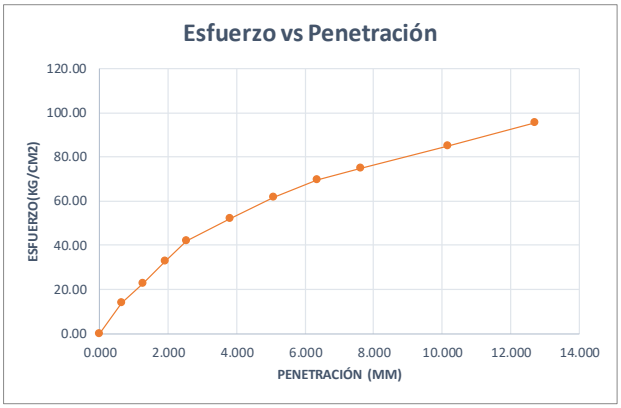
**RELACION DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**



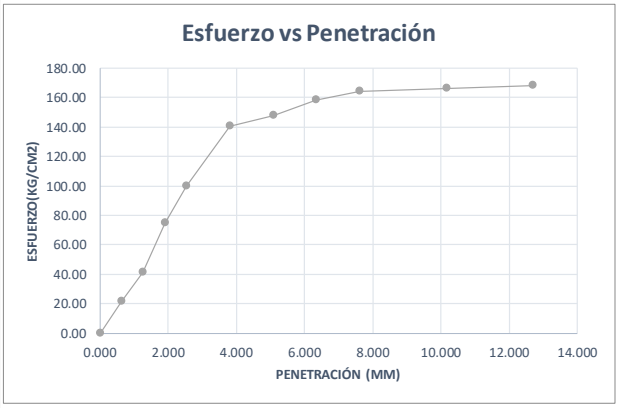

**RELACION DE CBR**

**MUESTRA 2 (26 GOLPES)**



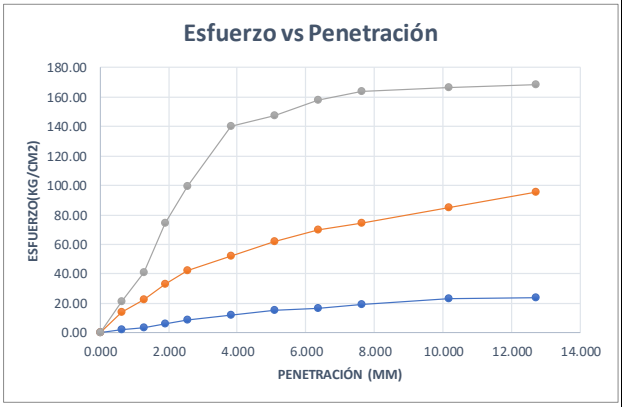

**RELACION DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**




**RELACION DE CBR**

**TODAS LAS MUESTRAS**




| TIEMPO POST COMPACTACIÓN | | ETAPA DE EXPANSIÓN | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
| Dias | Horas | Dial *0.001" | (12 GOLPES) Deformación (mm) | (12 GOLPES) Expansión (%) | Dial *0.001" | (26 GOLPES) Deformación (mm) | (26 GOLPES) Expansión (%) | Dial *0.001" | (55 GOLPES) Deformación (mm) | (55 GOLPES) Expansión (%) |
| Dia 0 | 0 | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% |
| Dia 1 | 24 | 5 | 0.127 | 0.10% | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 2 | 48 | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 3 | 72 | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% |
| Dia 4 | 96 | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% | 7 | 0.178 | 0.14% |

# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

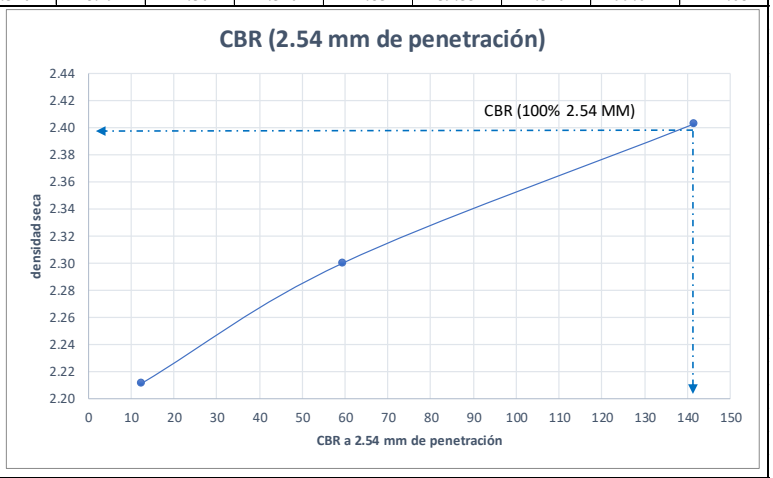
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 09 de julio del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 3 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 1 | **% Tierra de Diatomeas** | 2 |

| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 penetración Corregida (mm) | MUESTRA 1 Esfuerzo corregido (kg/cm2) | MUESTRA 1 CBR Corregido (%) | MUESTRA 2 penetración Corregida (mm) | MUESTRA 2 Esfuerzo corregido (kg/cm2) | MUESTRA 2 CBR Corregido (%) | MUESTRA 3 penetración Corregida (mm) | MUESTRA 3 Esfuerzo corregido (kg/cm2) | MUESTRA 3 CBR Corregido (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12 | 12.50 | 2.21 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 59.53 | 2.30 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 141.68 | 2.40 gr/cm3 | 70.31 | **2.540** | **8.79** | **12.50** | **2.540** | **41.85** | **59.53** | **2.540** | **99.61** | **141.68** |

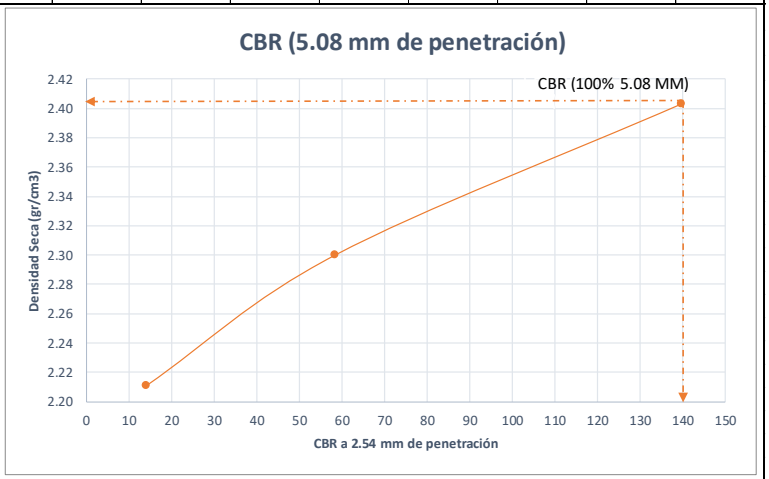
| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.40 cm3 |
| **CBR (100% 2.54 MM)** | **142 %** |




| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 penetración Corregida (mm) | MUESTRA 1 Esfuerzo corregido (kg/cm2) | MUESTRA 1 CBR Corregido (%) | MUESTRA 2 penetración Corregida (mm) | MUESTRA 2 Esfuerzo corregido (kg/cm2) | MUESTRA 2 CBR Corregido (%) | MUESTRA 3 penetración Corregida (mm) | MUESTRA 3 Esfuerzo corregido (kg/cm2) | MUESTRA 3 CBR Corregido (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12 | 14.18 | 2.21 | gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 58.50 | 2.30 | gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 139.82 | 2.40 | gr/cm3 | 105.46 | **5.080** | **14.96** | **14.18** | **5.080** | **61.70** | **58.50** | **5.080** | **147.45** | **139.82** |

0.19

| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.40 cm3 |
| **CBR (100% 5.08 MM)** | 140 % |



## CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

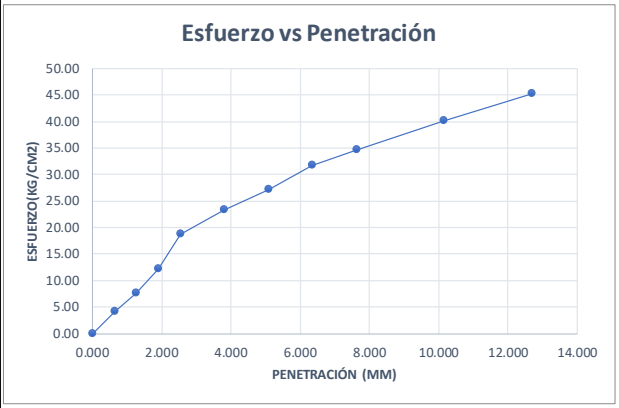
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:**<br>**N° de hoja:** | 15 de julio del 2024<br>2 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 1 | **% Tierra de Diatomeas** | 3 |

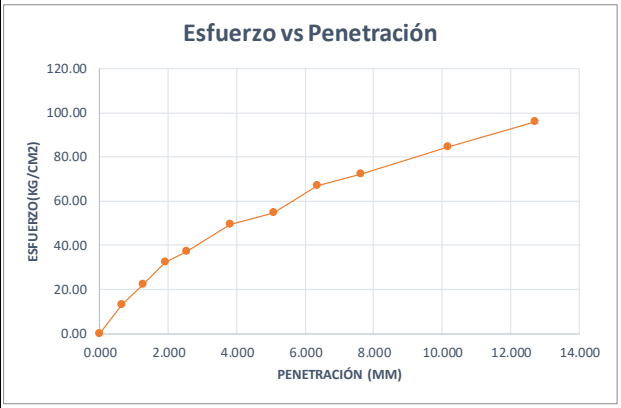
**RELACION DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**



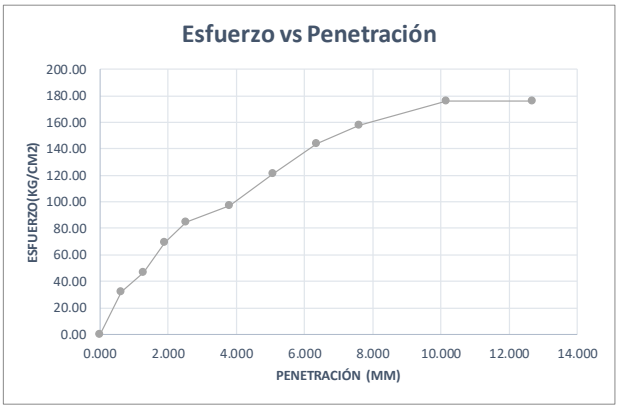

**RELACION DE CBR**

**MUESTRA 2 (26 GOLPES)**



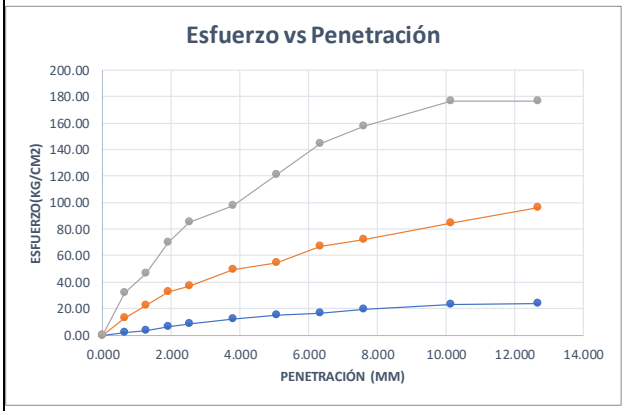

**RELACION DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**




**RELACION DE CBR**

**TODAS LAS MUESTRAS**




| **TIEMPO POST COMPACTACIÓN** | | **ETAPA DE EXPANSIÓN** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **MUESTRA 1** | | | **MUESTRA 2** | | | **MUESTRA 3** | | |
| **Dias** | **Horas** | **Dial *0.001"** | **(12 GOLPES)** Deformación (mm) | Expansión (%) | **Dial *0.001"** | **(26 GOLPES)** Deformación (mm) | Expansión (%) | **Dial *0.001"** | **(55 GOLPES)** Deformación (mm) | Expansión (%) |
| Dia 0 | 0 | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% |
| Dia 1 | 24 | 5 | 0.127 | 0.10% | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 2 | 48 | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 3 | 72 | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% |
| Dia 4 | 96 | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% | 7 | 0.178 | 0.14% |

# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

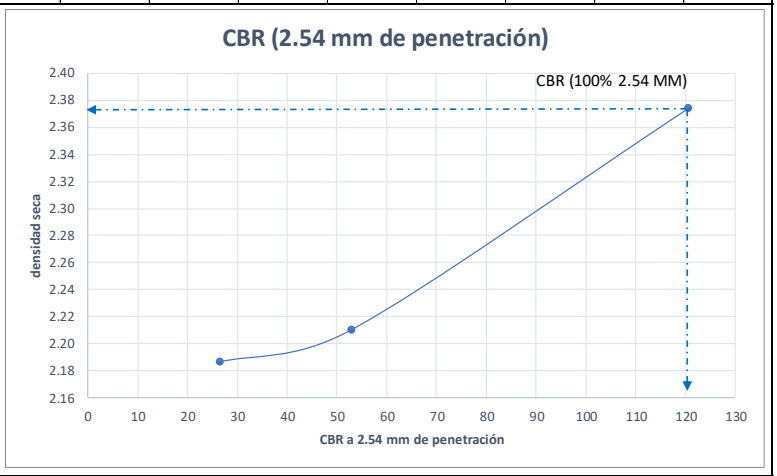
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 15 de julio del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 3 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 1 | **% Tierra de Diatomeas** | 3 |

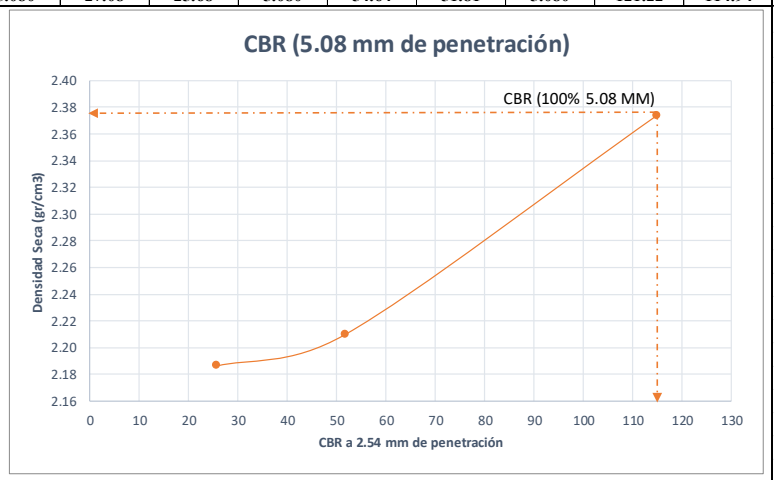
| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) |
| 12 | 26.61 | 2.19 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 52.94 | 2.21 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 120.67 | 2.37 gr/cm3 | 70.31 | **2.540** | **18.71** | **26.61** | **2.540** | **37.23** | **52.94** | **2.540** | **84.84** | **120.67** |

| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.37 cm3 |
| **CBR (100% 2.54 MM)** | **120 %** ok |




| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) |
| 12 | 25.68 | 2.19 | gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 51.81 | 2.21 | gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 114.94 | 2.37 | gr/cm3 | 105.46 | **5.080** | **27.08** | **25.68** | **5.080** | **54.64** | **51.81** | **5.080** | **121.22** | **114.94** |
| | | 0.19 | | | | | | | | | | | |

| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.37 cm3 |
| **CBR (100% 5.08 MM)** | 115 % |



# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 15 de julio del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 2 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

**DATOS GENERALES**

| INFORMACIÓN GENERAL DE LA MUESTRA | | INFORMACIÓN GENERAL DE LOS EQUIPOS | | INFORMACIÓN GENERAL DEL MOLDE | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Contenido Óptimo de Humedad** | 7.6 % | **Peso del martillo** | 4.54 kg | **Diametro** | 15.24 cm |
| **Contenido Natural de Humedad** | 2.7 % | **Altura de Caída del martillo** | 45.72 cm | **Altura** | 17.78 cm |
| **Densidad Seca Máxima** | 2.32 cm3 | **Altura del disco espaciador** | 6.14 cm | **Altura de muestra** | 11.64 cm |
| **Número de Capas** | 5 | **Area del pistón** | 19.35 cm2 | **Volumen** | 2123.31 cm3 |

| DESCRIPCIÓN | UND | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Número de golpes** | **Und** | **12** | | | **26** | | | **55** | | |
| **Peso del molde más base** | **gr** | 7042.00 | | | 6118.00 | | | 7145.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra húmeda** | **gr** | 11840.00 | | | 11123.00 | | | 12478.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra sumergida** | **gr** | 11618.00 | | | 10806.00 | | | 12175.00 | | |
| **Peso muestra húmeda** | **gr** | **4798.00** | | | **5005.00** | | | **5333.00** | | |
| **Densidad Húmeda** | **cm3** | **2.26** | | | **2.36** | | | **2.51** | | |
| **CONTENIDO DE HUMEDAD POST INMERSIÓN** | | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** |
| **Peso de la muestra húmeda + tara** | **gr** | 108.50 | 117.80 | 105.50 | 105.00 | 95.50 | 101.00 | 93.50 | 103.00 | 95.50 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 104.15 | 112.10 | 102.25 | 101.10 | 91.35 | 98.20 | 90.62 | 99.55 | 93.00 |
| **Peso del agua** | **gr** | 4.35 | 5.70 | 3.25 | 3.90 | 4.15 | 2.80 | 2.88 | 3.45 | 2.50 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 43.23 | 57.25 | 49.25 | 45.19 | 53.79 | 58.14 | 59.20 | 58.80 | 59.19 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 60.92 | 54.85 | 53.00 | 55.91 | 37.56 | 40.06 | 31.42 | 40.75 | 33.81 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 7.14 | 10.39 | 6.13 | 6.98 | 11.05 | 6.99 | 9.17 | 8.47 | 7.39 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | | **7.89** | | | **8.34** | | | **8.34** | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | | **2.09** | | | **2.18** | | | **2.32** | |

| | |
|---|---|
| **Ecuación de ajuste para valores en kgf:** | y = 4,2658x + 16,4476 |
| x : | Lectura del dial |
| y : | Fuerza promedio (kgf) |

| | |
|---|---|
| **Carga unitaria patrón** | 70.31 kg/cm2 |
| | 105.46 kg/cm2 |

| Datos del ensayo de penetración (CBR) | | ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESIÓN | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | | MUESTRA 2 | | | | MUESTRA 3 | | | |
| penetración (mm) | Dial | Dial | (12 GOLPES) | | | Dial | (26 GOLPES) | | | Dial | (55 GOLPES) | | |
| | | | Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) | | Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) | | Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) |
| **0.000** | **0.000** | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | |
| **0.640** | **0.025** | **20** | 101.76 | 5.26 | | **39** | 182.81 | 9.45 | | **82** | 366.24 | 18.93 | |
| **1.270** | **0.050** | **35** | 165.75 | 8.57 | | **58** | 263.86 | 13.64 | | **108** | 477.15 | 24.66 | |
| **1.910** | **0.075** | **47** | 216.94 | 11.21 | | **92** | 408.90 | 21.13 | | **124** | 545.41 | 28.19 | |
| **2.540** | **0.100** | **54** | 246.80 | 12.75 | 18.14 | **111** | 489.95 | 25.32 | 36.01 | **174** | 758.70 | 39.21 | 55.77 |
| **3.810** | **0.150** | **72** | 323.59 | 16.72 | | **152** | 664.85 | 34.36 | | **250** | 1082.90 | 55.96 | |
| **5.080** | **0.200** | **91** | 404.64 | 20.91 | 19.83 | **202** | 878.14 | 45.38 | 43.03 | **272** | 1176.75 | 60.81 | 57.67 |
| **6.350** | **0.250** | **99** | 438.76 | 22.68 | | **241** | 1044.51 | 53.98 | | **324** | 1398.57 | 72.28 | |
| **7.620** | **0.300** | **107** | 472.89 | 24.44 | | **284** | 1227.93 | 63.46 | | **386** | 1663.05 | 85.95 | |
| **10.160** | **0.400** | **129** | 566.74 | 29.29 | | **343** | 1479.62 | 76.47 | | **461** | 1982.98 | 102.48 | |
| **12.700** | **0.500** | **150** | 656.32 | 33.92 | | **403** | 1735.57 | 89.69 | | **528** | 2268.79 | 117.25 | |

## CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

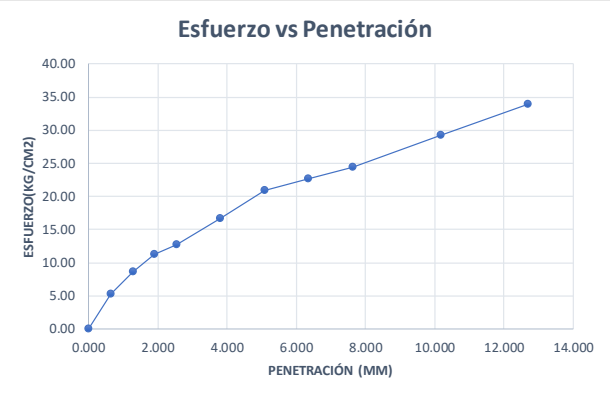
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:**<br>**N° de hoja:** | 15 de julio del 2024<br>2 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 2 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

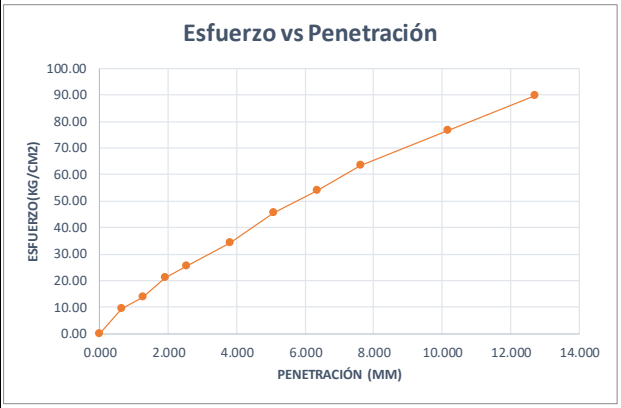
**RELACION DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**



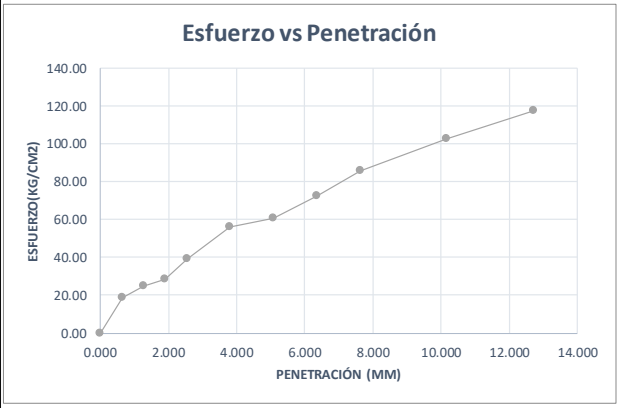

**RELACION DE CBR**

**MUESTRA 2 (26 GOLPES)**



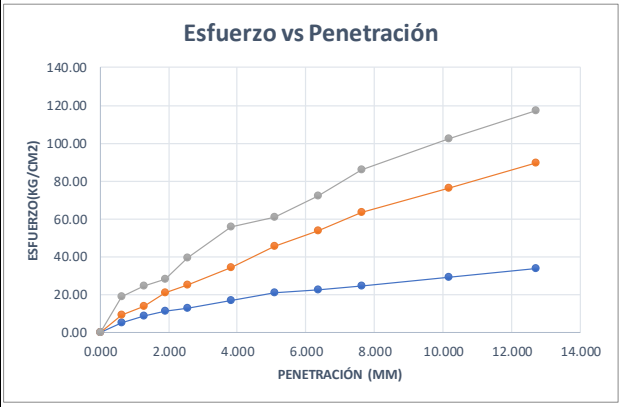

**RELACION DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**




**RELACION DE CBR**

**TODAS LAS MUESTRAS**




| TIEMPO POST COMPACTACIÓN | | ETAPA DE EXPANSIÓN | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
| Dias | Horas | Dial *0.001" | (12 GOLPES) Deformación (mm) | (12 GOLPES) Expansión (%) | Dial *0.001" | (26 GOLPES) Deformación (mm) | (26 GOLPES) Expansión (%) | Dial *0.001" | (55 GOLPES) Deformación (mm) | (55 GOLPES) Expansión (%) |
| Dia 0 | 0 | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% |
| Dia 1 | 24 | 5 | 0.127 | 0.10% | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 2 | 48 | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 3 | 72 | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% |
| Dia 4 | 96 | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% | 7 | 0.178 | 0.14% |

# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

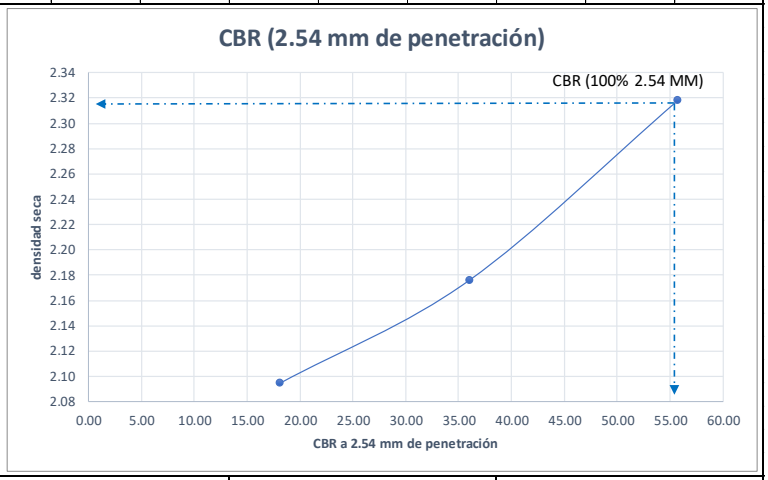
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 15 de julio del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 3 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 2 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 penetración Corregida (mm) | MUESTRA 1 Esfuerzo corregido (kg/cm2) | MUESTRA 1 CBR Corregido (%) | MUESTRA 2 penetración Corregida (mm) | MUESTRA 2 Esfuerzo corregido (kg/cm2) | MUESTRA 2 CBR Corregido (%) | MUESTRA 3 penetración Corregida (mm) | MUESTRA 3 Esfuerzo corregido (kg/cm2) | MUESTRA 3 CBR Corregido (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12 | 18.14 | 2.09 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 36.01 | 2.18 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 55.77 | 2.32 gr/cm3 | 70.31 | **2.540** | **12.75** | **18.14** | **2.540** | **25.32** | **36.01** | **2.540** | **39.21** | **55.77** |

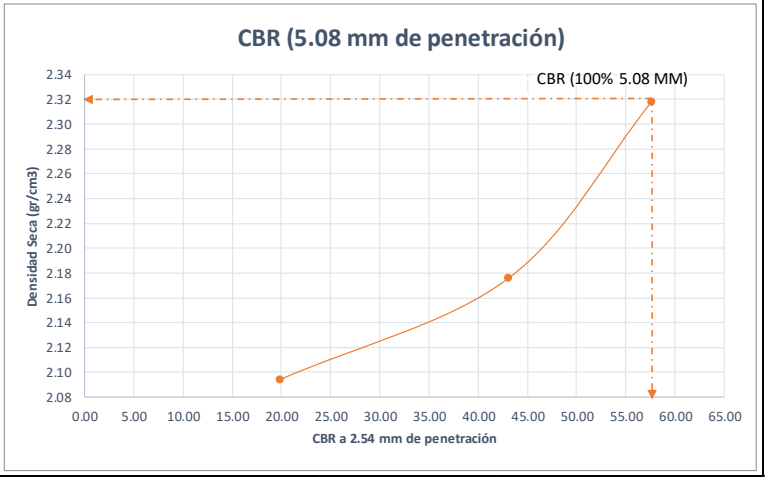
| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.32 cm3 |
| **CBR (100% 2.54 MM)** | 56 % |




| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 penetración Corregida (mm) | MUESTRA 1 Esfuerzo corregido (kg/cm2) | MUESTRA 1 CBR Corregido (%) | MUESTRA 2 penetración Corregida (mm) | MUESTRA 2 Esfuerzo corregido (kg/cm2) | MUESTRA 2 CBR Corregido (%) | MUESTRA 3 penetración Corregida (mm) | MUESTRA 3 Esfuerzo corregido (kg/cm2) | MUESTRA 3 CBR Corregido (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12 | 19.83 | 2.09 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 43.03 | 2.18 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 57.67 | 2.32 gr/cm3 | 105.46 | **5.080** | **20.91** | **19.83** | **5.080** | **45.38** | **43.03** | **5.080** | **60.81** | **57.67** |

0.22

| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.32 cm3 |
| **CBR (100% 5.08 MM)** | **58 %** ok |



# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

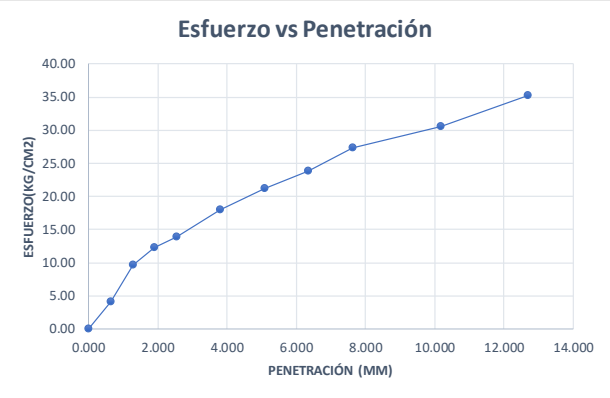
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:**<br>**N° de hoja:** | 15 de julio del 2024<br>2 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 2 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

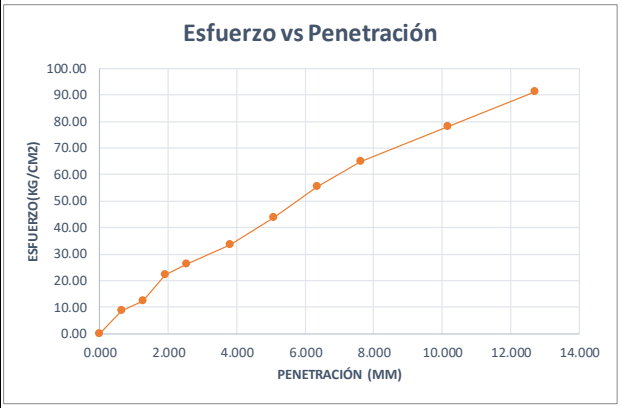
**RELACION DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**



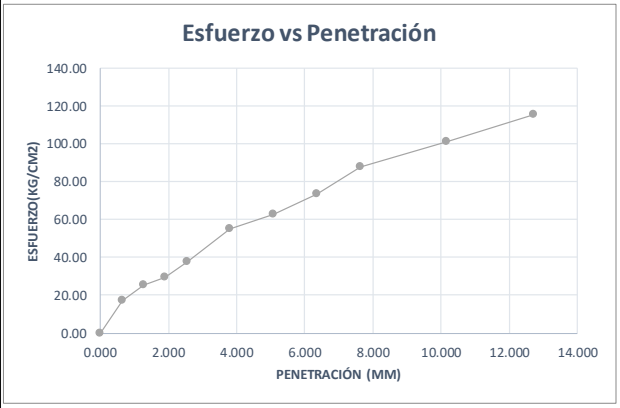

**RELACION DE CBR**

**MUESTRA 2 (26 GOLPES)**



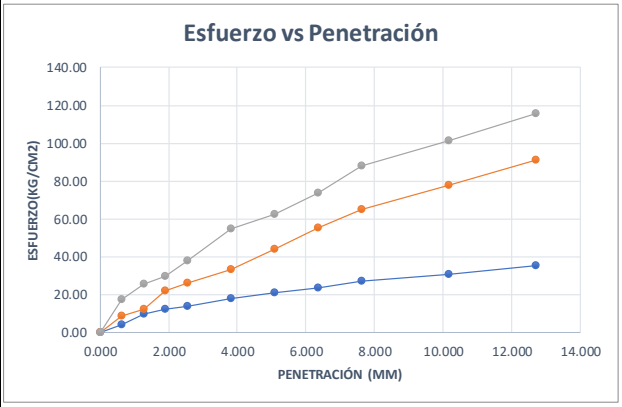

**RELACION DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**




**RELACION DE CBR**

**TODAS LAS MUESTRAS**




| TIEMPO POST COMPACTACIÓN | | ETAPA DE EXPANSIÓN | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
| Dias | Horas | Dial *0.001" | (12 GOLPES) Deformación (mm) | (12 GOLPES) Expansión (%) | Dial *0.001" | (26 GOLPES) Deformación (mm) | (26 GOLPES) Expansión (%) | Dial *0.001" | (55 GOLPES) Deformación (mm) | (55 GOLPES) Expansión (%) |
| Dia 0 | 0 | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% |
| Dia 1 | 24 | 5 | 0.127 | 0.10% | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 2 | 48 | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 3 | 72 | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% |
| Dia 4 | 96 | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% | 7 | 0.178 | 0.14% |

# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

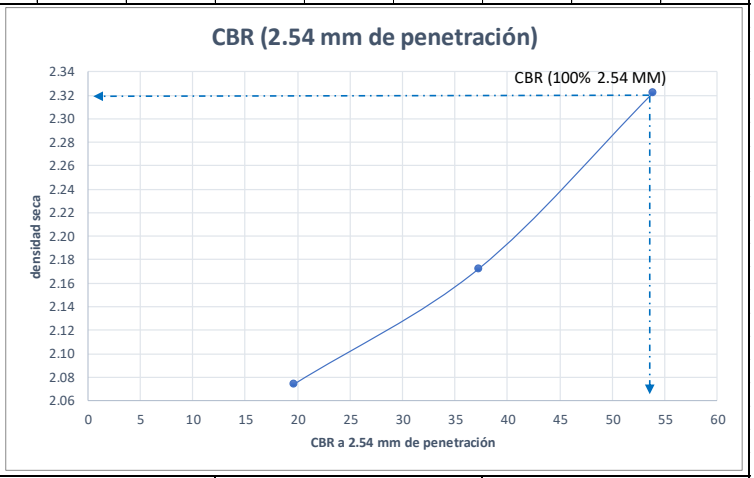
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 15 de julio del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 3 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 2 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 penetración Corregida (mm) | MUESTRA 1 Esfuerzo corregido (kg/cm2) | MUESTRA 1 CBR Corregido (%) | MUESTRA 2 penetración Corregida (mm) | MUESTRA 2 Esfuerzo corregido (kg/cm2) | MUESTRA 2 CBR Corregido (%) | MUESTRA 3 penetración Corregida (mm) | MUESTRA 3 Esfuerzo corregido (kg/cm2) | MUESTRA 3 CBR Corregido (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12 | 19.71 | 2.07 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 37.27 | 2.17 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 53.88 | 2.32 gr/cm3 | 70.31 | **2.540** | **13.86** | **19.71** | **2.540** | **26.20** | **37.27** | **2.540** | **37.89** | **53.88** |

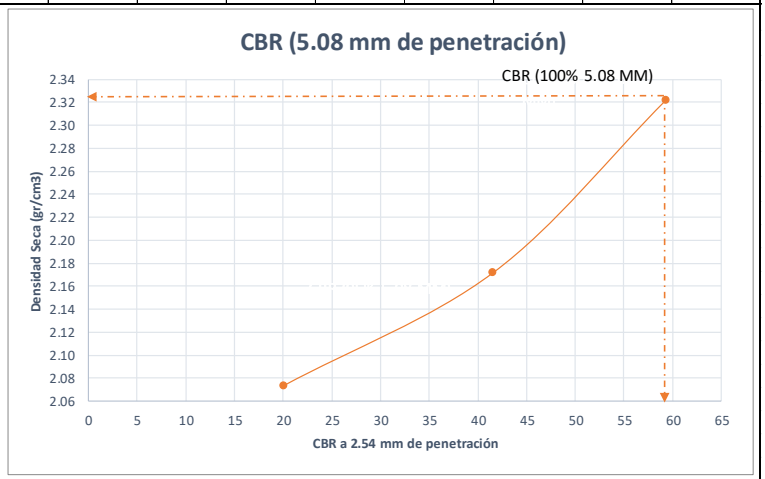
| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.32 cm3 |
| **CBR (100% 2.54 MM)** | 54 % |




| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 penetración Corregida (mm) | MUESTRA 1 Esfuerzo corregido (kg/cm2) | MUESTRA 1 CBR Corregido (%) | MUESTRA 2 penetración Corregida (mm) | MUESTRA 2 Esfuerzo corregido (kg/cm2) | MUESTRA 2 CBR Corregido (%) | MUESTRA 3 penetración Corregida (mm) | MUESTRA 3 Esfuerzo corregido (kg/cm2) | MUESTRA 3 CBR Corregido (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12 | 20.04 | 2.07 | gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 41.57 | 2.17 | gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 59.34 | 2.32 | gr/cm3 | 105.46 | **5.080** | **21.13** | **20.04** | **5.080** | **43.84** | **41.57** | **5.080** | **62.58** | **59.34** |

0.25

| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.32 cm3 |
| **CBR (100% 5.08 MM)** | **59 %** ok |



# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:**<br>**N° de hoja:** | 22 de julio del 2024<br>1 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 2 | **% Tierra de Diatomeas** | 1 |

**DATOS GENERALES**

| INFORMACIÓN GENERAL DE LA MUESTRA | | INFORMACIÓN GENERAL DE LOS EQUIPOS | | INFORMACIÓN GENERAL DEL MOLDE | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Contenido Óptimo de Humedad** | 7.7 % | **Peso del martillo** | 4.54 kg | **Diametro** | 15.24 cm |
| **Contenido Natural de Humedad** | 2.7 % | **Altura de Caída del martillo** | 45.72 cm | **Altura** | 17.78 cm |
| **Densidad Seca Máxima** | 2.34 cm3 | **Altura del disco espaciador** | 6.14 cm | **Altura de muestra** | 11.64 cm |
| **Número de Capas** | 5 | **Area del pistón** | 19.35 cm2 | **Volumen** | 2123.31 cm3 |

| DESCRIPCIÓN | UND | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Número de golpes** | **Und** | | **12** | | | **26** | | | **55** | |
| **Peso del molde más base** | **gr** | | 7042.00 | | | 6118.00 | | | 7145.00 | |
| **Peso del molde + base + muestra húmeda** | **gr** | | 11870.00 | | | 11196.00 | | | 12526.00 | |
| **Peso del molde + base + muestra sumergida** | **gr** | | 11910.00 | | | 11050.00 | | | 12328.00 | |
| **Peso muestra húmeda** | **gr** | | **4828.00** | | | **5078.00** | | | **5381.00** | |
| **Densidad Húmeda** | **cm3** | | **2.27** | | | **2.39** | | | **2.53** | |
| **CONTENIDO DE HUMEDAD POST INMERSIÓN** | | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** |
| **Peso de la muestra húmeda + tara** | **gr** | 110.50 | 115.70 | 109.80 | 100.42 | 99.80 | 99.82 | 96.40 | 100.47 | 99.80 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 106.89 | 112.50 | 106.00 | 96.67 | 97.65 | 97.67 | 92.00 | 97.62 | 96.20 |
| **Peso del agua** | **gr** | 3.61 | 3.20 | 3.80 | 3.75 | 2.15 | 2.15 | 4.40 | 2.85 | 3.60 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 59.20 | 58.80 | 59.19 | 43.23 | 57.25 | 49.25 | 45.19 | 53.79 | 58.14 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 47.69 | 53.70 | 46.81 | 53.44 | 40.40 | 48.42 | 46.81 | 43.83 | 38.06 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 7.57 | 5.96 | 8.12 | 7.02 | 5.32 | 4.44 | 9.40 | 6.50 | 9.46 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | | **7.22** | | | **5.59** | | | **8.45** | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | | **2.12** | | | **2.26** | | | **2.34** | |

| | |
|---|---|
| **Ecuación de ajuste para valores en kgf:** | y = 4,2658x + 16,4476 |
| x : | Lectura del dial |
| y : | Fuerza promedio (kgf) |

| | |
|---|---|
| **Carga unitaria patrón** | 70.31 kg/cm2 |
| | 105.46 kg/cm2 |

| Datos del ensayo de penetración (CBR) | | ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESIÓN | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | | MUESTRA 2 | | | | MUESTRA 3 | | | |
| penetración (mm) | Dial | Dial | (12 GOLPES) Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) | Dial | (26 GOLPES) Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) | Dial | (55 GOLPES) Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) |
| **.000** | **0.000** | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | |
| **.640** | **0.025** | **4** | 33.51 | 1.73 | | **30** | 144.42 | 7.46 | | **62** | 280.93 | 14.52 | |
| **.270** | **0.050** | **12** | 67.64 | 3.50 | | **78** | 349.18 | 18.05 | | **111** | 489.95 | 25.32 | |
| **.910** | **0.075** | **24** | 118.83 | 6.14 | | **100** | 443.03 | 22.90 | | **192** | 835.48 | 43.18 | |
| **.540** | **0.100** | **39** | 182.81 | 9.45 | 13.44 | **136** | 596.60 | 30.83 | 43.85 | **282** | 1219.40 | 63.02 | 89.63 |
| **.810** | **0.150** | **59** | 268.13 | 13.86 | | **176** | 767.23 | 39.65 | | **385** | 1658.78 | 85.73 | |
| **.080** | **0.200** | **73** | 327.85 | 16.94 | 16.07 | **216** | 937.86 | 48.47 | 45.96 | **458** | 1970.18 | 101.82 | 96.55 |
| **.350** | **0.250** | **82** | 366.24 | 18.93 | | **242** | 1048.77 | 54.20 | | **586** | 2516.21 | 130.04 | |
| **.620** | **0.300** | **90** | 400.37 | 20.69 | | **270** | 1168.21 | 60.37 | | **664** | 2848.94 | 147.23 | |
| **).160** | **0.400** | **105** | 464.36 | 24.00 | | **309** | 1334.58 | 68.97 | | **743** | 3185.94 | 164.65 | |
| **:.700** | **0.500** | **116** | 511.28 | 26.42 | | **349** | 1505.21 | 77.79 | | **807** | 3458.95 | 178.76 | |

# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

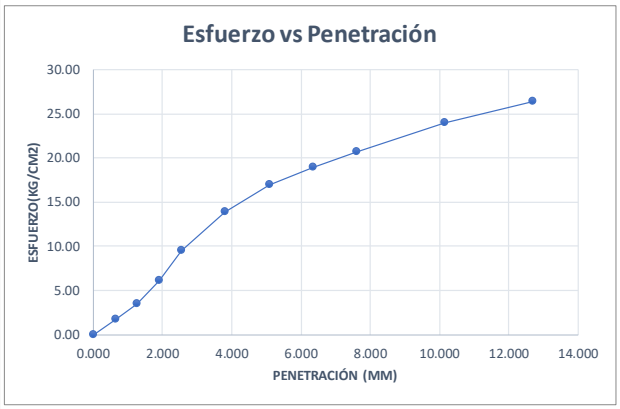
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:**<br>**N° de hoja:** | 22 de julio del 2024<br>2 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 2 | **% Tierra de Diatomeas** | 1 |

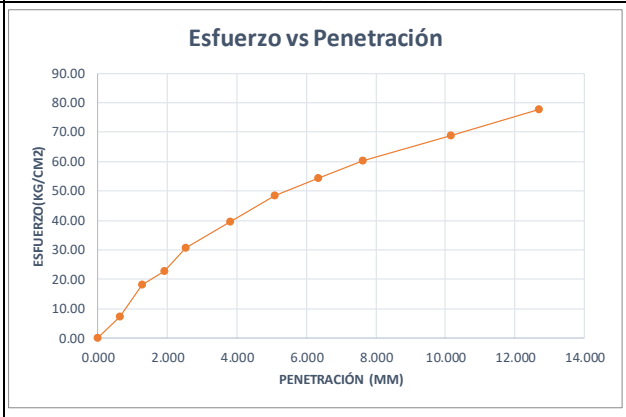
**RELACION DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**



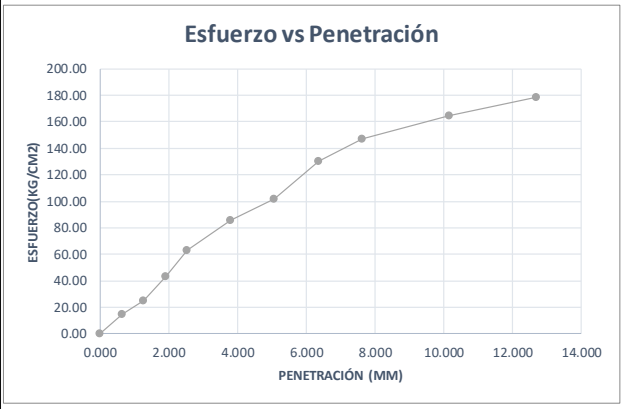

**RELACION DE CBR**

**MUESTRA 2 (26 GOLPES)**



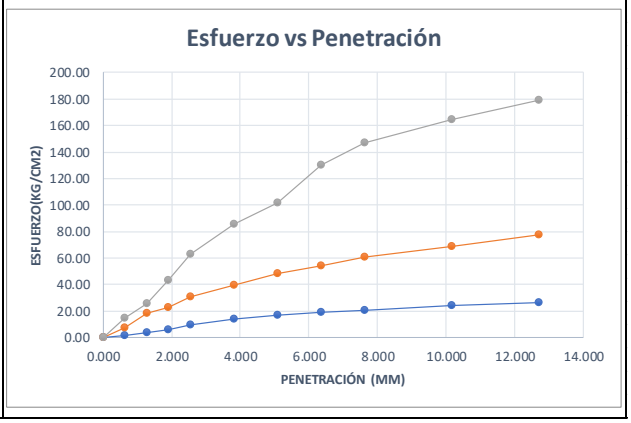

**RELACION DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**




**RELACION DE CBR**

**TODAS LAS MUESTRAS**




| **TIEMPO POST COMPACTACIÓN** | | **ETAPA DE EXPANSIÓN** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **MUESTRA 1** | | | **MUESTRA 2** | | | **MUESTRA 3** | | |
| **Dias** | **Horas** | **Dial *0.001"** | **(12 GOLPES)** | | **Dial *0.001"** | **(26 GOLPES)** | | **Dial *0.001"** | **(55 GOLPES)** | |
| | | | **Deformación (mm)** | **Expansión (%)** | | **Deformación (mm)** | **Expansión (%)** | | **Deformación (mm)** | **Expansión (%)** |
| Dia 0 | 0 | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% |
| Dia 1 | 24 | 5 | 0.127 | 0.10% | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 2 | 48 | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 3 | 72 | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% |
| Dia 4 | 96 | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% | 7 | 0.178 | 0.14% |

# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

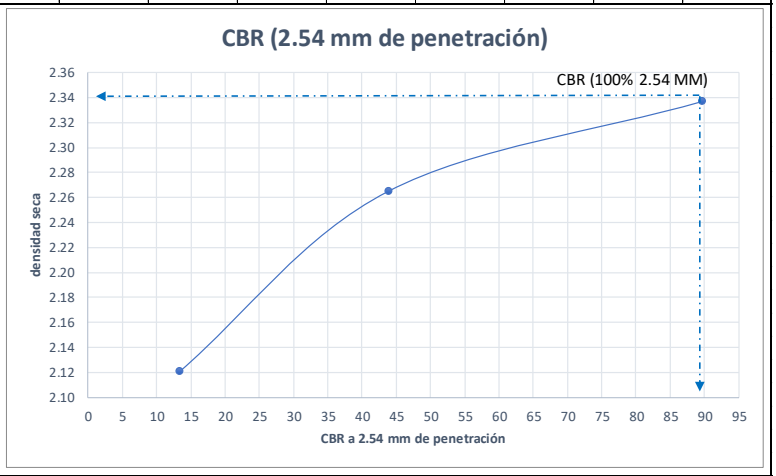
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 22 de julio del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 3 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 2 | **% Tierra de Diatomeas** | 1 |

| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 penetración Corregida (mm) | MUESTRA 1 Esfuerzo corregido (kg/cm2) | MUESTRA 1 CBR Corregido (%) | MUESTRA 2 penetración Corregida (mm) | MUESTRA 2 Esfuerzo corregido (kg/cm2) | MUESTRA 2 CBR Corregido (%) | MUESTRA 3 penetración Corregida (mm) | MUESTRA 3 Esfuerzo corregido (kg/cm2) | MUESTRA 3 CBR Corregido (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12 | 13.44 | 2.12 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 43.85 | 2.26 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 89.63 | 2.34 gr/cm3 | 70.31 | **2.540** | **9.45** | **13.44** | **2.540** | **30.83** | **43.85** | **2.540** | **63.02** | **89.63** |

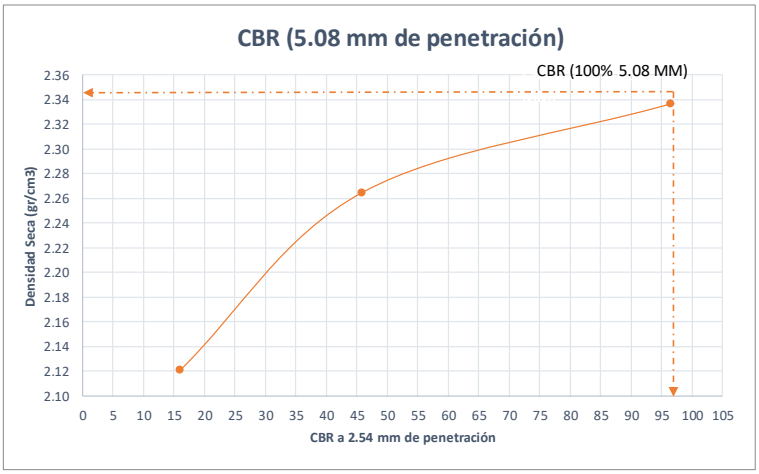
| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.34 cm3 |
| **CBR (100% 2.54 MM)** | **89 %** |




| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 penetración Corregida (mm) | MUESTRA 1 Esfuerzo corregido (kg/cm2) | MUESTRA 1 CBR Corregido (%) | MUESTRA 2 penetración Corregida (mm) | MUESTRA 2 Esfuerzo corregido (kg/cm2) | MUESTRA 2 CBR Corregido (%) | MUESTRA 3 penetración Corregida (mm) | MUESTRA 3 Esfuerzo corregido (kg/cm2) | MUESTRA 3 CBR Corregido (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12 | 16.07 | 2.12 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 45.96 | 2.26 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 96.55 | 2.34 gr/cm3 | 105.46 | **5.080** | **16.94** | **16.07** | **5.080** | **48.47** | **45.96** | **5.080** | **101.82** | **96.55** |

0.22

| | | |
|---|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.34 cm3 | |
| **CBR (100% 5.08 MM)** | 97 % | ok |



# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

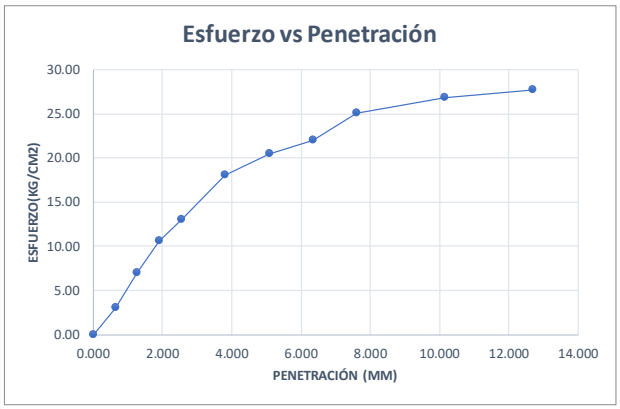
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:**<br>**N° de hoja:** | 22 de julio del 2024<br>2 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 2 | **% Tierra de Diatomeas** | 1 |

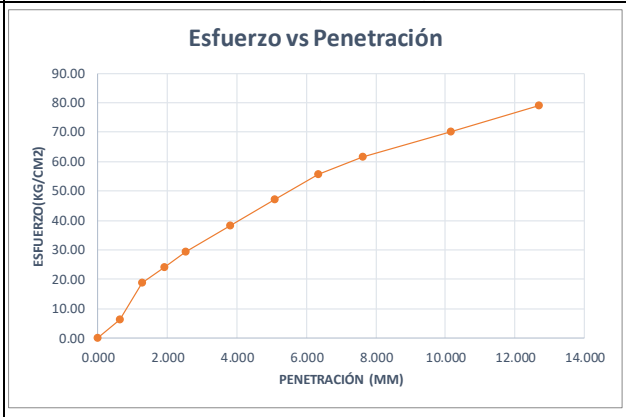
**RELACION DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**



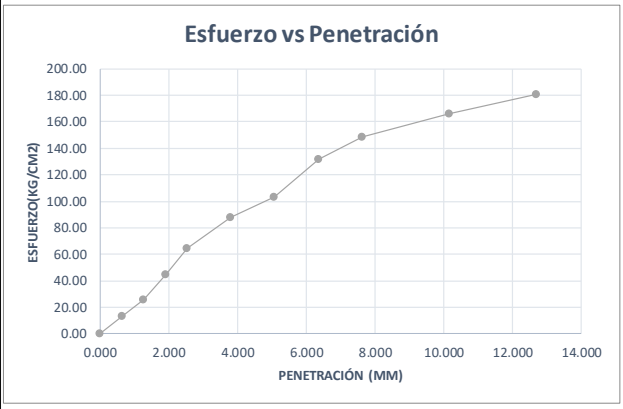

**RELACION DE CBR**

**MUESTRA 2 (26 GOLPES)**



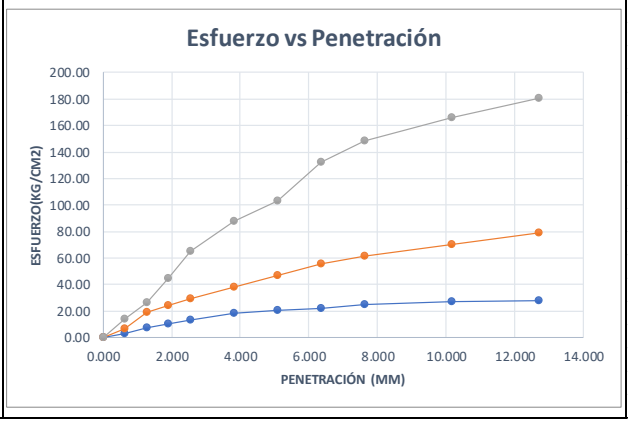

**RELACION DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**




**RELACION DE CBR**

**TODAS LAS MUESTRAS**




| TIEMPO POST COMPACTACIÓN | | ETAPA DE EXPANSIÓN | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
| Dias | Horas | Dial *0.001" | (12 GOLPES) Deformación (mm) | (12 GOLPES) Expansión (%) | Dial *0.001" | (26 GOLPES) Deformación (mm) | (26 GOLPES) Expansión (%) | Dial *0.001" | (55 GOLPES) Deformación (mm) | (55 GOLPES) Expansión (%) |
| Dia 0 | 0 | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% |
| Dia 1 | 24 | 5 | 0.127 | 0.10% | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 2 | 48 | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 3 | 72 | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% |
| Dia 4 | 96 | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% | 7 | 0.178 | 0.14% |

# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

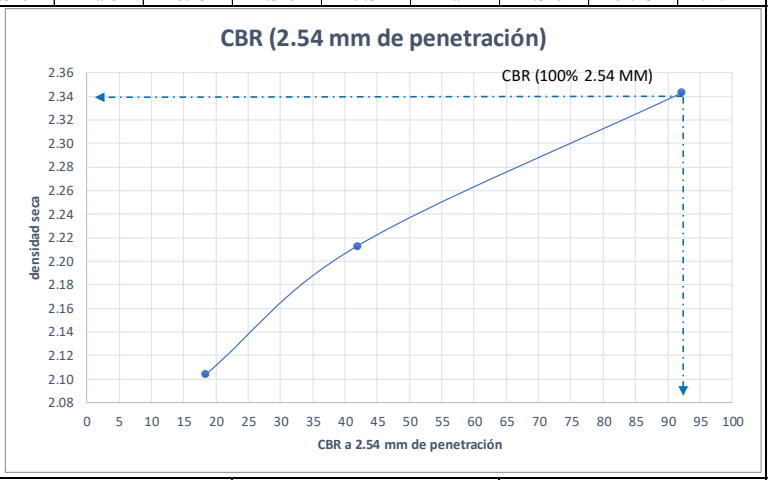
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 22 de julio del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 3 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 2 | **% Tierra de Diatomeas** | 1 |

| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 penetración Corregida (mm) | MUESTRA 1 Esfuerzo corregido (kg/cm2) | MUESTRA 1 CBR Corregido (%) | MUESTRA 2 penetración Corregida (mm) | MUESTRA 2 Esfuerzo corregido (kg/cm2) | MUESTRA 2 CBR Corregido (%) | MUESTRA 3 penetración Corregida (mm) | MUESTRA 3 Esfuerzo corregido (kg/cm2) | MUESTRA 3 CBR Corregido (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12 | 18.45 | 2.10 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 41.97 | 2.21 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 92.14 | 2.34 gr/cm3 | 70.31 | **2.540** | **12.98** | **18.45** | **2.540** | **29.51** | **41.97** | **2.540** | **64.78** | **92.14** |

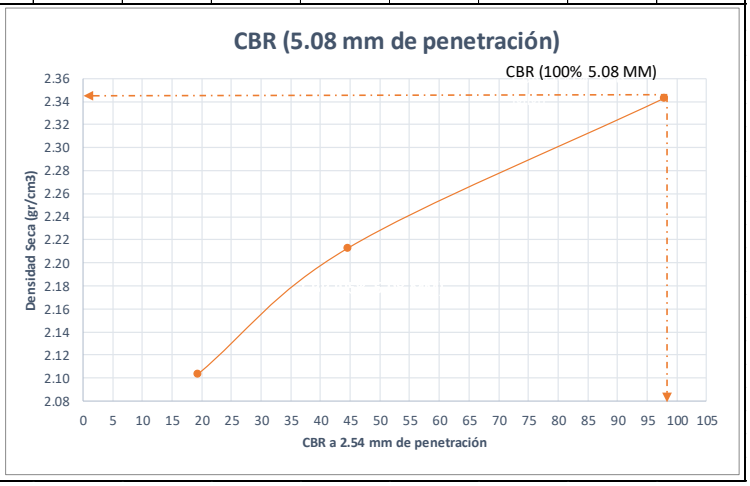
| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.34 cm3 |
| **CBR (100% 2.54 MM)** | **92 %** |




| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 penetración Corregida (mm) | MUESTRA 1 Esfuerzo corregido (kg/cm2) | MUESTRA 1 CBR Corregido (%) | MUESTRA 2 penetración Corregida (mm) | MUESTRA 2 Esfuerzo corregido (kg/cm2) | MUESTRA 2 CBR Corregido (%) | MUESTRA 3 penetración Corregida (mm) | MUESTRA 3 Esfuerzo corregido (kg/cm2) | MUESTRA 3 CBR Corregido (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12 | 19.41 | 2.10 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 44.70 | 2.21 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 98.01 | 2.34 gr/cm3 | 105.46 | **5.080** | **20.47** | **19.41** | **5.080** | **47.15** | **44.70** | **5.080** | **103.36** | **98.01** |

0.24

| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.34 cm3 |
| **CBR (100% 5.08 MM)** | **98 %** ok |



UNSAAC
Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

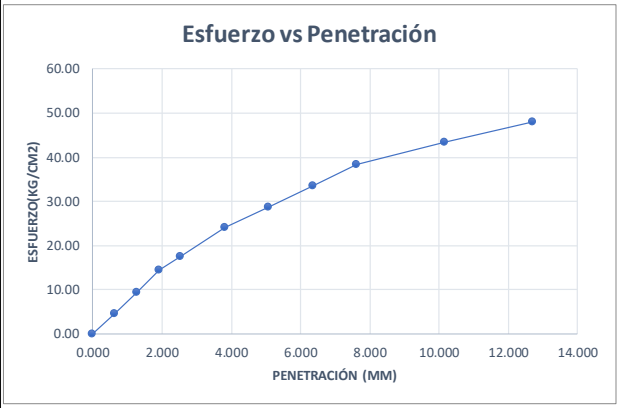
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:**<br>**N° de hoja:** | 22 de julio del 2024<br>2 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 2 | **% Tierra de Diatomeas** | 2 |

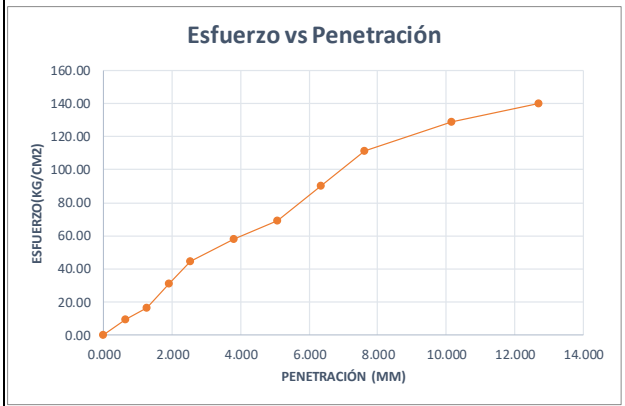
**RELACION DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**



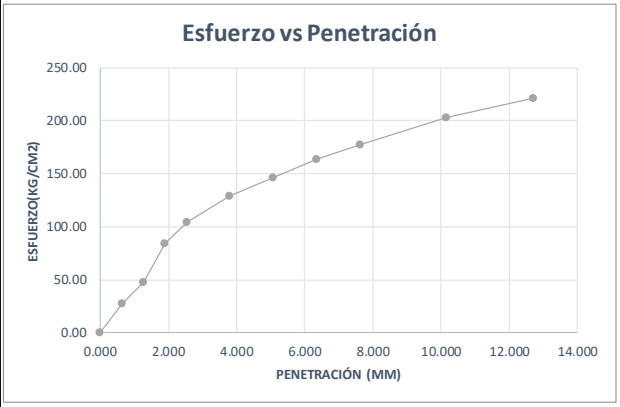

**RELACION DE CBR**

**MUESTRA 2 (26 GOLPES)**



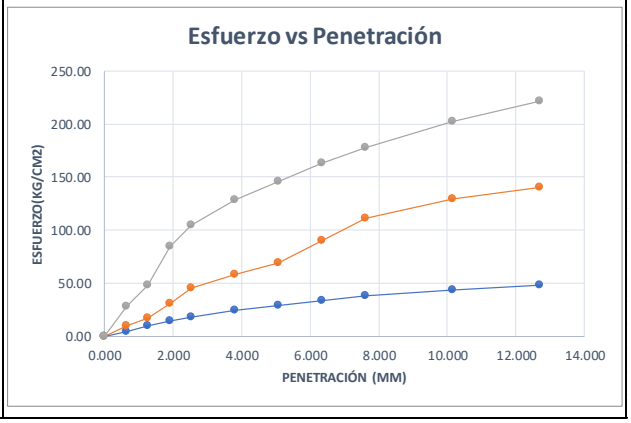

**RELACION DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**




**RELACION DE CBR**

**TODAS LAS MUESTRAS**




| TIEMPO POST COMPACTACIÓN | | ETAPA DE EXPANSIÓN | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
| Dias | Horas | Dial *0.001" | (12 GOLPES) Deformación (mm) | (12 GOLPES) Expansión (%) | Dial *0.001" | (26 GOLPES) Deformación (mm) | (26 GOLPES) Expansión (%) | Dial *0.001" | (55 GOLPES) Deformación (mm) | (55 GOLPES) Expansión (%) |
| Dia 0 | 0 | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% |
| Dia 1 | 24 | 5 | 0.127 | 0.10% | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 2 | 48 | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 3 | 72 | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% |
| Dia 4 | 96 | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% | 7 | 0.178 | 0.14% |

# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

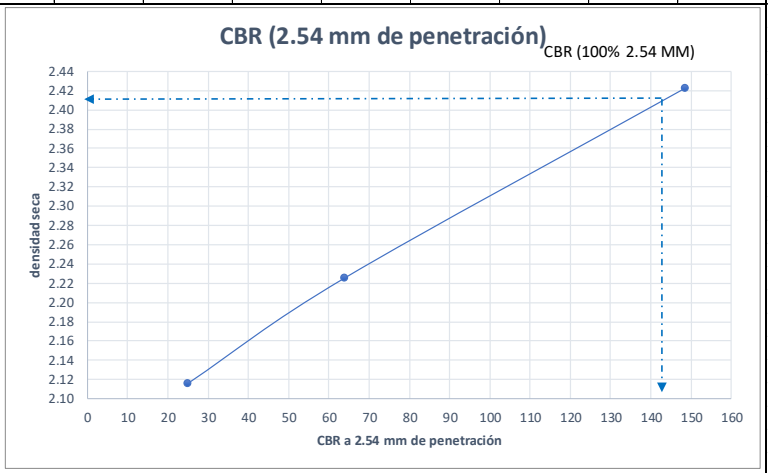
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 22 de julio del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 3 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 2 | **% Tierra de Diatomeas** | 2 |

| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) |
| 12 | 25.04 | 2.12 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 63.92 | 2.23 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 148.58 | 2.42 gr/cm3 | 70.31 | **2.540** | **17.60** | **25.04** | **2.540** | **44.94** | **63.92** | **2.540** | **104.46** | **148.58** |

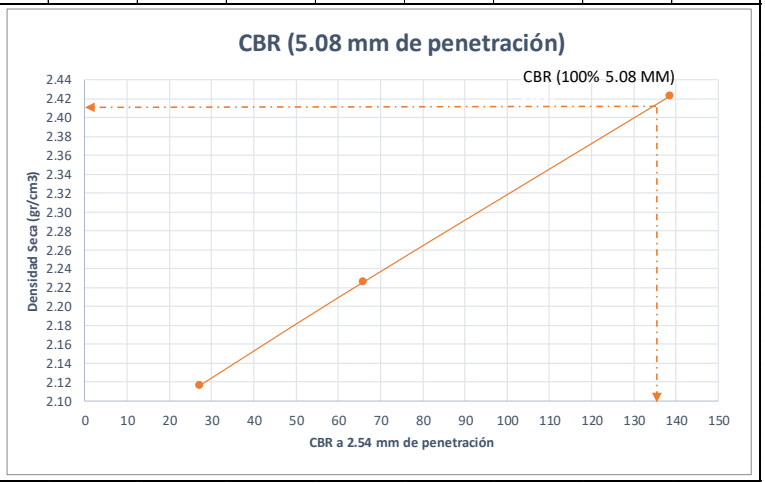
| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.41 cm3 |
| **CBR (100% 2.54 MM)** | **143 %** ok |




| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) |
| 12 | 27.15 | 2.12 | gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 65.82 | 2.23 | gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 138.56 | 2.42 | gr/cm3 | 105.46 | **5.080** | **28.63** | **27.15** | **5.080** | **69.41** | **65.82** | **5.080** | **146.13** | **138.56** |

0.31

| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.41 cm3 |
| **CBR (100% 5.08 MM)** | 135 % |



## CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

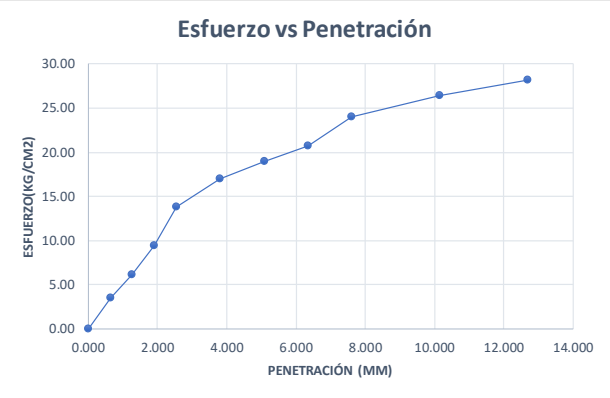
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:**<br>**N° de hoja:** | 05 de agosto del 2024<br>2 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 2 | **% Tierra de Diatomeas** | 3 |

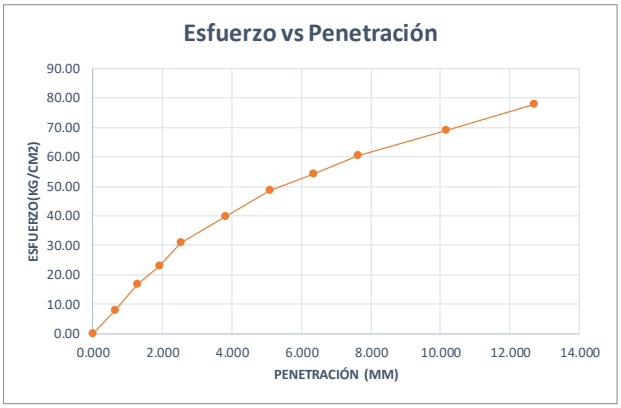
**RELACION DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**



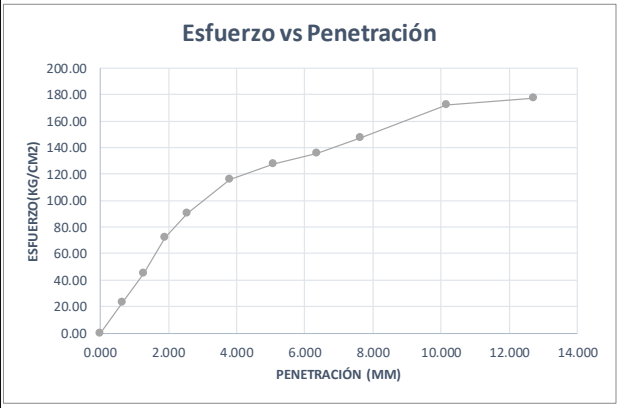

**RELACION DE CBR**

**MUESTRA 2 (26 GOLPES)**



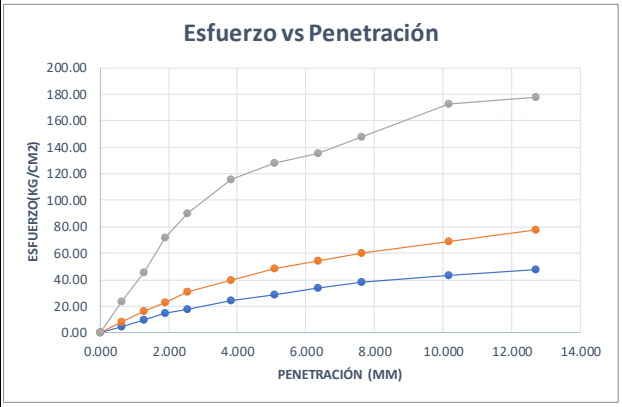

**RELACION DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**




**RELACION DE CBR**

**TODAS LAS MUESTRAS**




| TIEMPO POST COMPACTACIÓN | | ETAPA DE EXPANSIÓN | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
| Dias | Horas | Dial *0.001" | (12 GOLPES) Deformación (mm) | (12 GOLPES) Expansión (%) | Dial *0.001" | (26 GOLPES) Deformación (mm) | (26 GOLPES) Expansión (%) | Dial *0.001" | (55 GOLPES) Deformación (mm) | (55 GOLPES) Expansión (%) |
| Dia 0 | 0 | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% |
| Dia 1 | 24 | 5 | 0.127 | 0.10% | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 2 | 48 | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 3 | 72 | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% |
| Dia 4 | 96 | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% | 7 | 0.178 | 0.14% |

# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

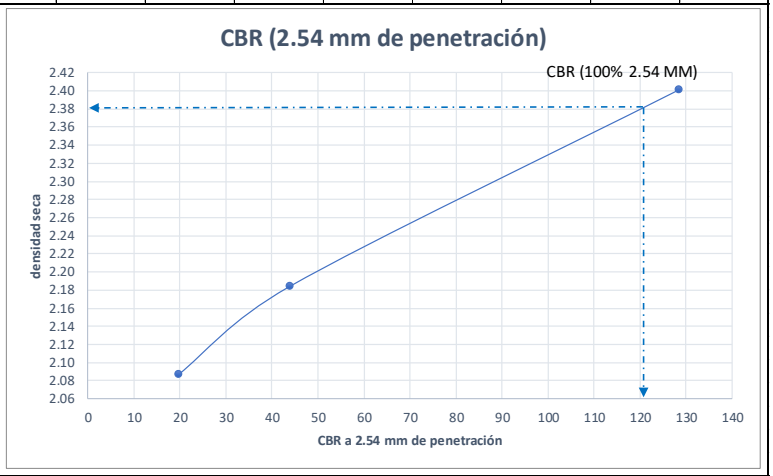
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 05 de agosto del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 3 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 2 | **% Tierra de Diatomeas** | 3 |

| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) |
| 12 | 19.71 | 2.09 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 43.85 | 2.18 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 128.51 | 2.40 gr/cm3 | 70.31 | **2.540** | **13.86** | **19.71** | **2.540** | **30.83** | **43.85** | **2.540** | **90.35** | **128.51** |

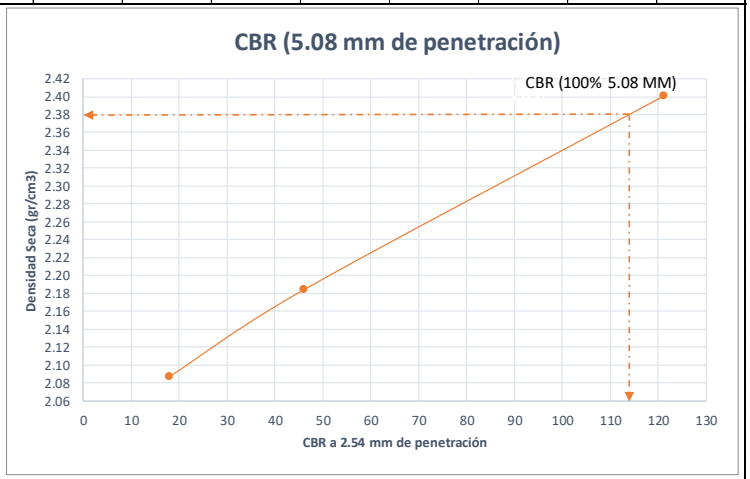
| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.38 cm3 |
| **CBR (100% 2.54 MM)** | **121 %** |




| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) |
| 12 | 17.95 | 2.09 | gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 45.96 | 2.18 | gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 121.21 | 2.40 | gr/cm3 | 105.46 | **5.080** | **18.93** | **17.95** | **5.080** | **48.47** | **45.96** | **5.080** | **127.83** | **121.21** |

0.31

| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.38 cm3 |
| **CBR (100% 5.08 MM)** | 114 % |



# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 05 de agosto del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 3 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

**DATOS GENERALES**

| INFORMACIÓN GENERAL DE LA MUESTRA | | INFORMACIÓN GENERAL DE LOS EQUIPOS | | INFORMACIÓN GENERAL DEL MOLDE | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Contenido Óptimo de Humedad** | 8 % | **Peso del martillo** | 4.54 kg | **Diametro** | 15.24 cm |
| **Contenido Natural de Humedad** | 2.7 % | **Altura de Caída del martillo** | 45.72 cm | **Altura** | 17.78 cm |
| **Densidad Seca Máxima** | 2.29 cm3 | **Altura del disco espaciador** | 6.14 cm | **Altura de muestra** | 11.64 cm |
| **Número de Capas** | 5 | **Area del pistón** | 19.35 cm2 | **Volumen** | 2123.31 cm3 |

| DESCRIPCIÓN | UND | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Número de golpes** | **Und** | **12** | | | **26** | | | **55** | | |
| **Peso del molde más base** | **gr** | 7042.00 | | | 6118.00 | | | 7145.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra húmeda** | **gr** | 11890.00 | | | 11003.00 | | | 12374.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra sumergida** | **gr** | 11618.00 | | | 10806.00 | | | 12175.00 | | |
| **Peso muestra húmeda** | **gr** | **4848.00** | | | **4885.00** | | | **5229.00** | | |
| **Densidad Húmeda** | **cm3** | **2.28** | | | **2.30** | | | **2.46** | | |
| **CONTENIDO DE HUMEDAD POST INMERSIÓN** | | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** |
| **Peso de la muestra húmeda + tara** | **gr** | 108.92 | 116.08 | 109.00 | 101.79 | 95.74 | 101.31 | 94.92 | 101.99 | 96.05 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 104.57 | 112.27 | 104.73 | 98.34 | 93.81 | 98.67 | 91.74 | 99.10 | 93.03 |
| **Peso del agua** | **gr** | 4.35 | 3.81 | 4.27 | 3.45 | 1.93 | 2.64 | 3.18 | 2.89 | 3.02 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 53.53 | 60.73 | 55.10 | 56.99 | 51.46 | 58.40 | 53.53 | 61.64 | 56.71 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 51.04 | 51.54 | 49.63 | 41.35 | 42.35 | 40.27 | 38.21 | 37.46 | 36.32 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 8.52 | 7.39 | 8.60 | 8.34 | 4.56 | 6.56 | 8.32 | 7.71 | 8.31 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | | **8.17** | | | **6.49** | | | **8.12** | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | | **2.11** | | | **2.16** | | | **2.28** | |

| | |
|---|---|
| **Ecuación de ajuste para valores en kgf:** | y = 4,2658x + 16,4476 |
| x : | Lectura del dial |
| y : | Fuerza promedio (kgf) |

| | |
|---|---|
| **Carga unitaria patrón** | 70.31 kg/cm2 |
| | 105.46 kg/cm2 |

| Datos del ensayo de penetración (CBR) | | ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESIÓN | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | | MUESTRA 2 | | | | MUESTRA 3 | | | |
| penetración (mm) | Dial | Dial | (12 GOLPES) | | | Dial | (26 GOLPES) | | | Dial | (55 GOLPES) | | |
| | | | Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) | | Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) | | Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) |
| **0.000** | **0.000** | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | |
| **0.640** | **0.025** | **8** | 50.57 | 2.61 | | **12** | 67.64 | 3.50 | | **36** | 170.02 | 8.79 | |
| **1.270** | **0.050** | **14** | 76.17 | 3.94 | | **32** | 152.95 | 7.90 | | **72** | 323.59 | 16.72 | |
| **1.910** | **0.075** | **16** | 84.70 | 4.38 | | **58** | 263.86 | 13.64 | | **131** | 575.27 | 29.73 | |
| **2.540** | **0.100** | **20** | 101.76 | 5.26 | 7.48 | **76** | 340.65 | 17.60 | 25.04 | **143** | 626.46 | 32.38 | 46.05 |
| **3.810** | **0.150** | **30** | 144.42 | 7.46 | | **102** | 451.56 | 23.34 | | **205** | 890.94 | 46.04 | |
| **5.080** | **0.200** | **35** | 165.75 | 8.57 | 8.12 | **130** | 571.00 | 29.51 | 27.98 | **242** | 1048.77 | 54.20 | 51.39 |
| **6.350** | **0.250** | **39** | 182.81 | 9.45 | | **141** | 617.93 | 31.93 | | **254** | 1099.96 | 56.85 | |
| **7.620** | **0.300** | **43** | 199.88 | 10.33 | | **146** | 639.25 | 33.04 | | **283** | 1223.67 | 63.24 | |
| **10.160** | **0.400** | **46** | 212.67 | 10.99 | | **151** | 660.58 | 34.14 | | **315** | 1360.17 | 70.29 | |
| **12.700** | **0.500** | **52** | 238.27 | 12.31 | | **157** | 686.18 | 35.46 | | **368** | 1586.26 | 81.98 | |

# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

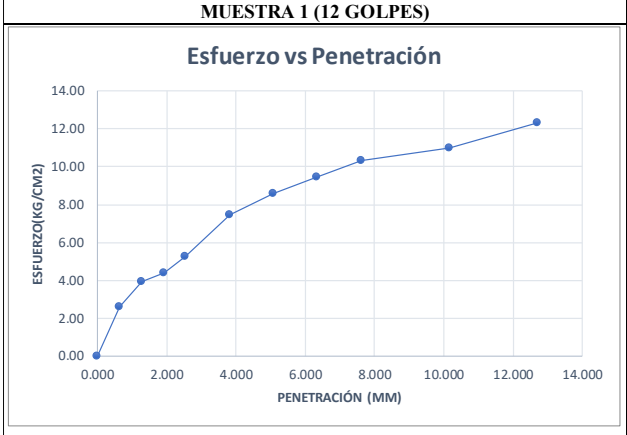
MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:**<br>**N° de hoja:** | 05 de agosto del 2024<br>2 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |
| **Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)** | | | |
| **% Aceite Residual Degradado** | 3 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

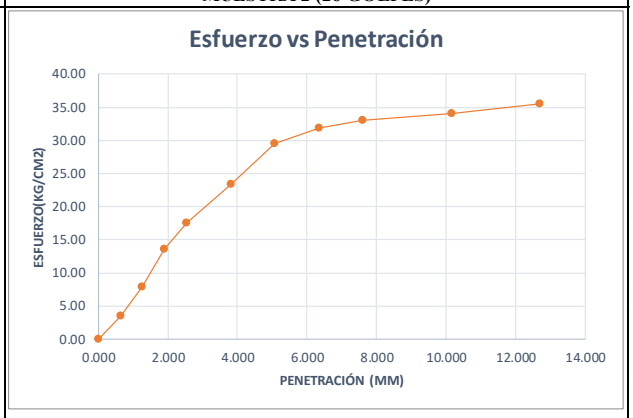
**RELACION DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**



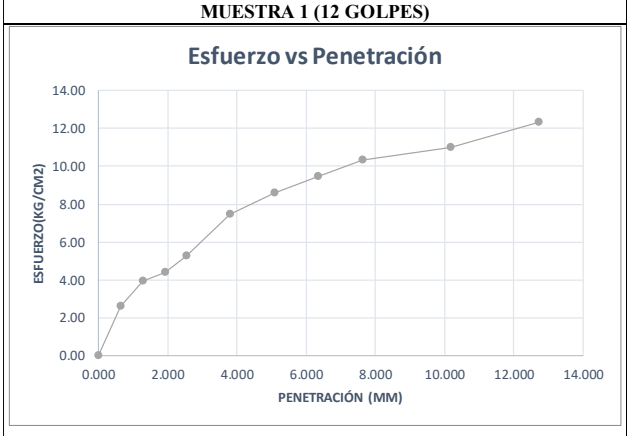

**RELACION DE CBR**

**MUESTRA 2 (26 GOLPES)**



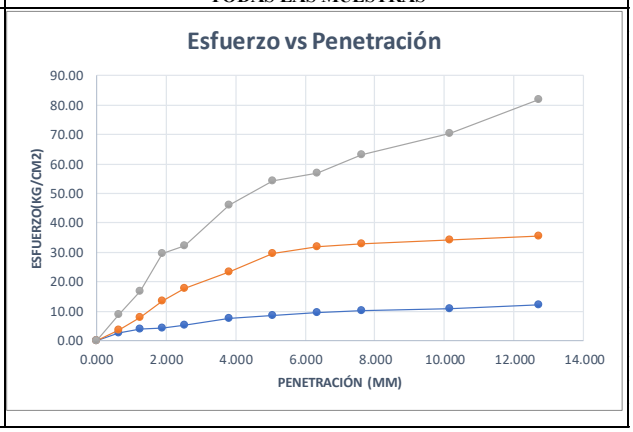

**RELACION DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**




**RELACION DE CBR**

**TODAS LAS MUESTRAS**




| TIEMPO POST COMPACTACIÓN | | ETAPA DE EXPANSIÓN | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
| Dias | Horas | Dial *0.001" | (12 GOLPES) Deformación (mm) | (12 GOLPES) Expansión (%) | Dial *0.001" | (26 GOLPES) Deformación (mm) | (26 GOLPES) Expansión (%) | Dial *0.001" | (55 GOLPES) Deformación (mm) | (55 GOLPES) Expansión (%) |
| Dia 0 | 0 | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% |
| Dia 1 | 24 | 5 | 0.127 | 0.10% | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 2 | 48 | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 3 | 72 | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% |
| Dia 4 | 96 | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% | 7 | 0.178 | 0.14% |

# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

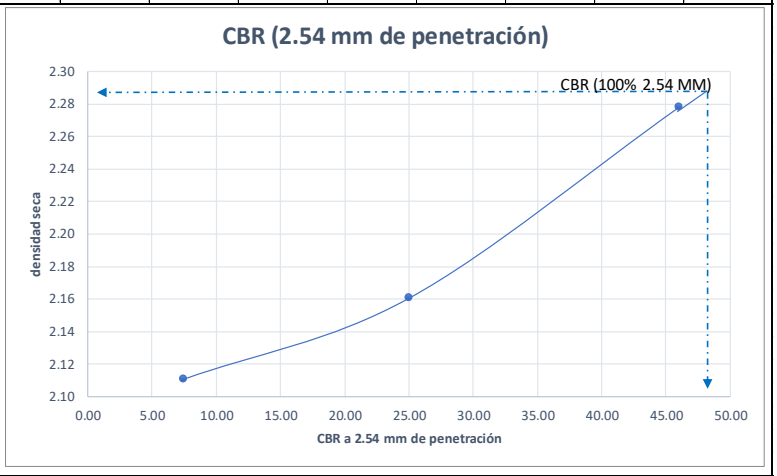
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 05 de agosto del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 3 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 3 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 penetración Corregida (mm) | MUESTRA 1 Esfuerzo corregido (kg/cm2) | MUESTRA 1 CBR Corregido (%) | MUESTRA 2 penetración Corregida (mm) | MUESTRA 2 Esfuerzo corregido (kg/cm2) | MUESTRA 2 CBR Corregido (%) | MUESTRA 3 penetración Corregida (mm) | MUESTRA 3 Esfuerzo corregido (kg/cm2) | MUESTRA 3 CBR Corregido (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12 | 7.48 | 2.11 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 25.04 | 2.16 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 46.05 | 2.28 gr/cm3 | 70.31 | **2.540** | **5.26** | **7.48** | **2.540** | **17.60** | **25.04** | **2.540** | **32.38** | **46.05** |

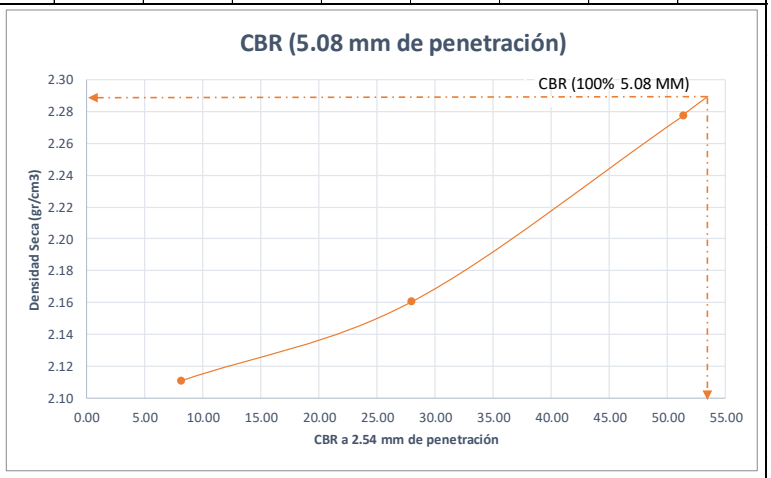
| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.29 cm3 |
| **CBR (100% 2.54 MM)** | **48 %** |




| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 penetración Corregida (mm) | MUESTRA 1 Esfuerzo corregido (kg/cm2) | MUESTRA 1 CBR Corregido (%) | MUESTRA 2 penetración Corregida (mm) | MUESTRA 2 Esfuerzo corregido (kg/cm2) | MUESTRA 2 CBR Corregido (%) | MUESTRA 3 penetración Corregida (mm) | MUESTRA 3 Esfuerzo corregido (kg/cm2) | MUESTRA 3 CBR Corregido (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12 | 8.12 | 2.11 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 27.98 | 2.16 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 51.39 | 2.28 gr/cm3 | 105.46 | **5.080** | **8.57** | **8.12** | **5.080** | **29.51** | **27.98** | **5.080** | **54.20** | **51.39** |

0.17

| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.29 cm3 |
| **CBR (100% 5.08 MM)** | 54 % ok |



# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

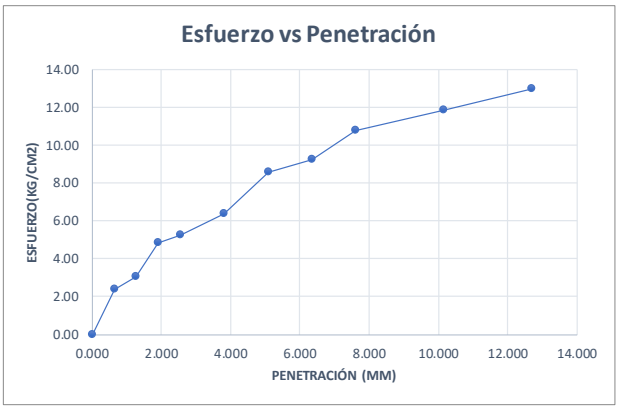
MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:**<br>**N° de hoja:** | 05 de agosto del 2024<br>2 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |
| **Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)** | | | |
| **% Aceite Residual Degradado** | 3 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

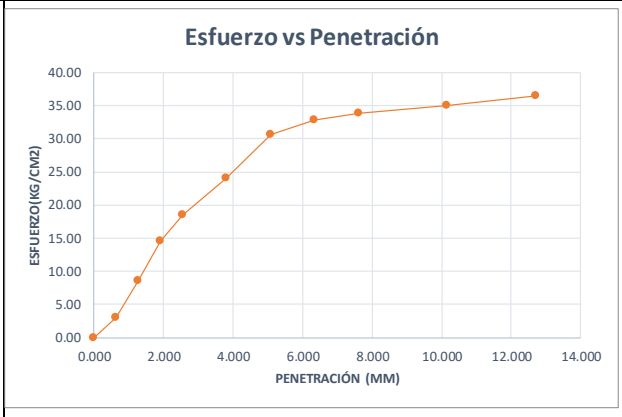
**RELACION DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**



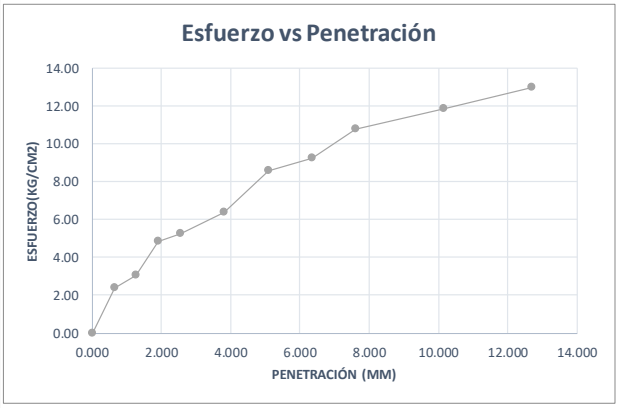

**RELACION DE CBR**

**MUESTRA 2 (26 GOLPES)**



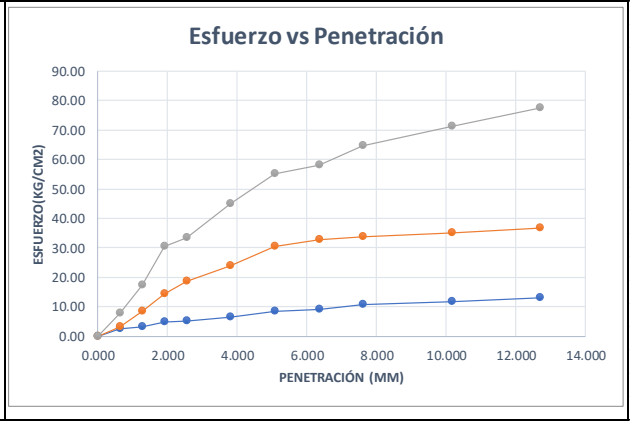

**RELACION DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**




**RELACION DE CBR**

**TODAS LAS MUESTRAS**




| TIEMPO POST COMPACTACIÓN | | ETAPA DE EXPANSIÓN | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
| Dias | Horas | Dial *0.001" | (12 GOLPES) Deformación (mm) | (12 GOLPES) Expansión (%) | Dial *0.001" | (26 GOLPES) Deformación (mm) | (26 GOLPES) Expansión (%) | Dial *0.001" | (55 GOLPES) Deformación (mm) | (55 GOLPES) Expansión (%) |
| Dia 0 | 0 | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% |
| Dia 1 | 24 | 5 | 0.127 | 0.10% | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 2 | 48 | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 3 | 72 | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% |
| Dia 4 | 96 | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% | 7 | 0.178 | 0.14% |

# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

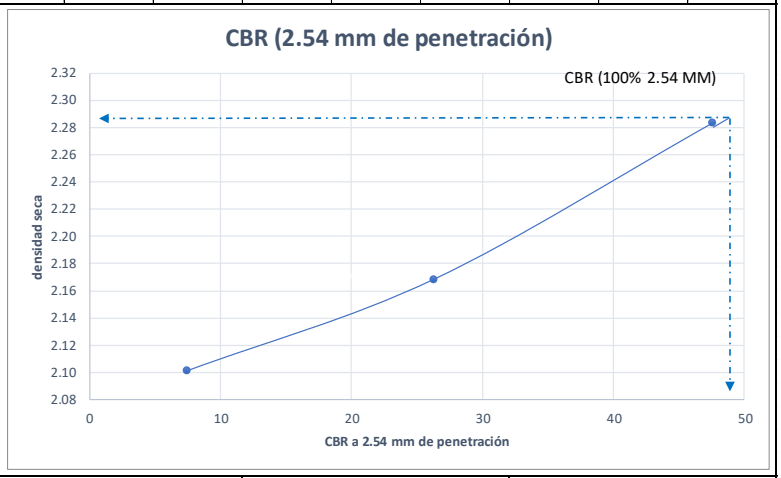
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 05 de agosto del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 3 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 3 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

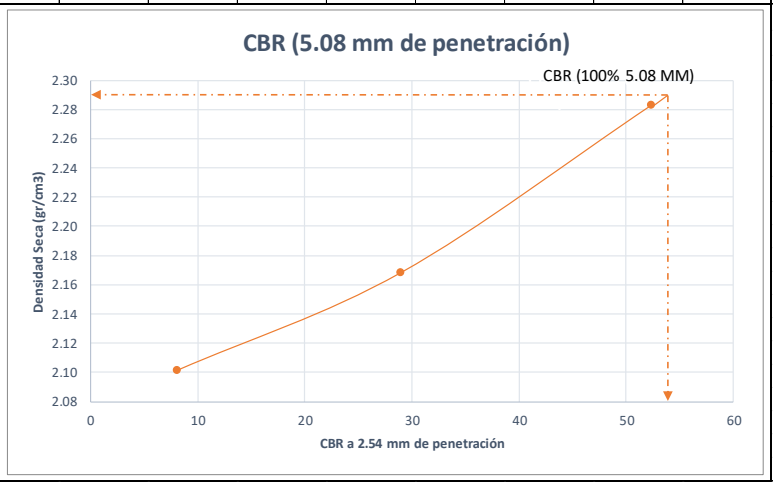
| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) |
| 12 | 7.48 | 2.10 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 26.29 | 2.17 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 47.61 | 2.28 gr/cm3 | 70.31 | **2.540** | **5.26** | **7.48** | **2.540** | **18.49** | **26.29** | **2.540** | **33.48** | **47.61** |

| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.29 cm3 |
| **CBR (100% 2.54 MM)** | **50 %** |




| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) |
| 12 | 8.12 | 2.10 | gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 29.03 | 2.17 | gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 52.44 | 2.28 | gr/cm3 | 105.46 | **5.080** | **8.57** | **8.12** | **5.080** | **30.61** | **29.03** | **5.080** | **55.30** | **52.44** |

| | | |
|---|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.29 cm3 | |
| **CBR (100% 5.08 MM)** | 54 % | ok |



UNSAAC
Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

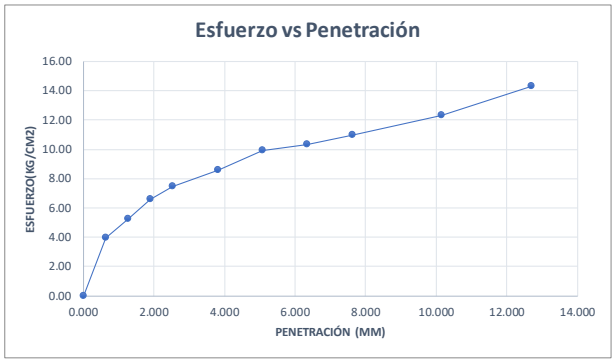
# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

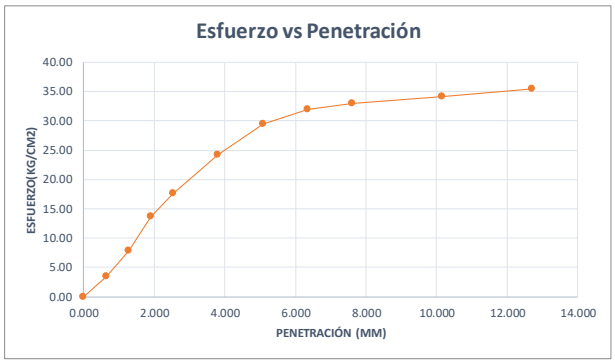
Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:**<br>**N° de hoja:** | 09 de agosto del 2024<br>2 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |
| **Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)** | | | |
| **% Aceite Residual Degradado** | 3 | **% Tierra de Diatomeas** | 1 |

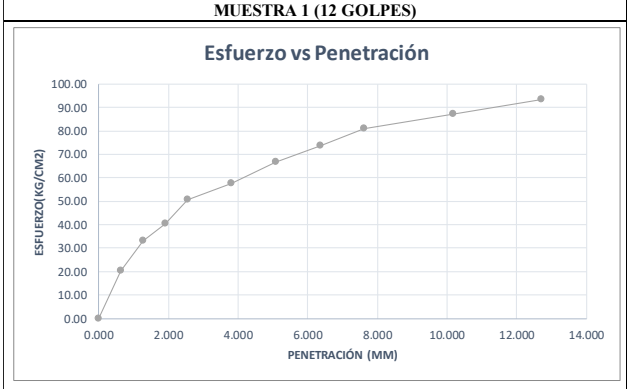
**RELACION DE CBR**
**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**



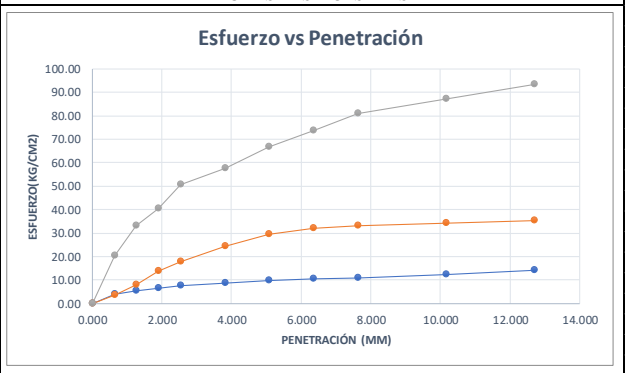

**RELACION DE CBR**
**MUESTRA 2 (26 GOLPES)**




**RELACION DE CBR**
**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**




**RELACION DE CBR**
**TODAS LAS MUESTRAS**




| TIEMPO POST COMPACTACIÓN | | ETAPA DE EXPANSIÓN | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
| Dias | Horas | Dial *0.001" | (12 GOLPES) Deformación (mm) | (12 GOLPES) Expansión(%) | Dial *0.001" | (26 GOLPES) Deformación (mm) | (26 GOLPES) Expansión(%) | Dial *0.001" | (55 GOLPES) Deformación (mm) | (55 GOLPES) Expansión(%) |
| Dia 0 | 0 | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% |
| Dia 1 | 24 | 5 | 0.127 | 0.10% | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 2 | 48 | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 3 | 72 | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% |
| Dia 4 | 96 | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% | 7 | 0.178 | 0.14% |

## CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

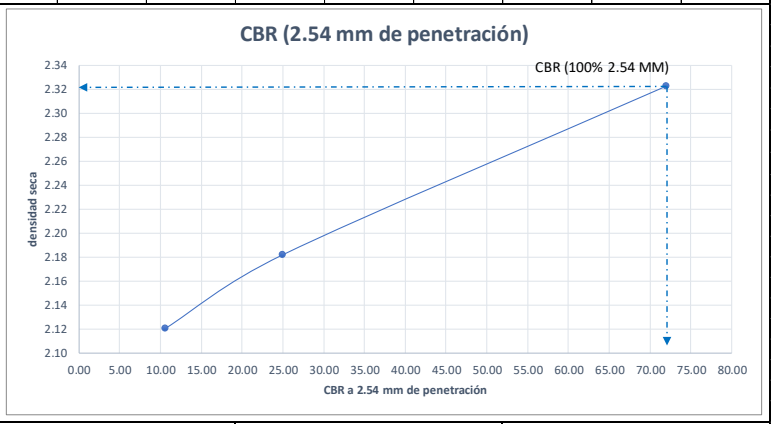
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:**<br>**N° de hoja:** | 09 de agosto del 2024<br>3 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 3 | **% Tierra de Diatomeas** | 1 |

| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) |
| 12 | 10.62 | 2.12 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 25.04 | 2.18 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 72.07 | 2.32 gr/cm3 | 70.31 | **2.540** | **7.46** | **10.62** | **2.540** | **17.60** | **25.04** | **2.540** | **50.67** | **72.07** |

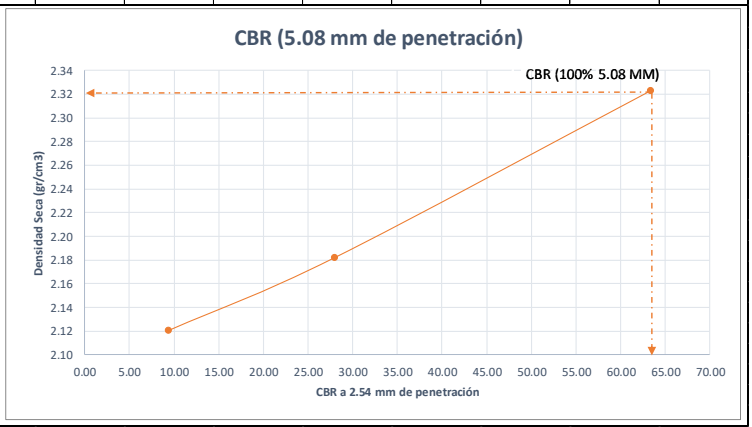
| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.31 cm3 |
| **CBR (100% 2.54 MM)** | **72 %** ok |




| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) |
| 12 | 9.38 | 2.12 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 27.98 | 2.18 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 63.31 | 2.32 gr/cm3 | 105.46 | **5.080** | **9.89** | **9.38** | **5.080** | **29.51** | **27.98** | **5.080** | **66.77** | **63.31** |

0.20

| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.31 cm3 |
| **CBR (100% 5.08 MM)** | **64 %** ok |



# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 09 de agosto del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 3 | **% Tierra de Diatomeas** | 2 |

**DATOS GENERALES**

| INFORMACIÓN GENERAL DE LA MUESTRA | | INFORMACIÓN GENERAL DE LOS EQUIPOS | | INFORMACIÓN GENERAL DEL MOLDE | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Contenido Óptimo de Humedad** | 8.6 % | **Peso del martillo** | 4.54 kg | **Diametro** | 15.24 cm |
| **Contenido Natural de Humedad** | 2.7 % | **Altura de Caída del martillo** | 45.72 cm | **Altura** | 17.78 cm |
| **Densidad Seca Máxima** | 2.40 cm3 | **Altura del disco espaciador** | 6.14 cm | **Altura de muestra** | 11.64 cm |
| **Número de Capas** | 5 | **Area del pistón** | 19.35 cm2 | **Volumen** | 2123.31 cm3 |

| DESCRIPCIÓN | UND | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Número de golpes** | **Und** | **12** | | | **26** | | | **55** | | |
| **Peso del molde más base** | **gr** | 7042.00 | | | 6118.00 | | | 7145.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra húmeda** | **gr** | 11890.00 | | | 11003.00 | | | 12653.00 | | |
| **Peso del molde + base + muestra sumergida** | **gr** | 11618.00 | | | 10806.00 | | | 12175.00 | | |
| **Peso muestra húmeda** | **gr** | **4848.00** | | | **4885.00** | | | **5508.00** | | |
| **Densidad Húmeda** | **cm3** | **2.28** | | | **2.30** | | | **2.59** | | |
| **CONTENIDO DE HUMEDAD POST INMERSIÓN** | | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** | **Arriba** | **Medio** | **Abajo** |
| **Peso de la muestra húmeda + tara** | **gr** | 109.12 | 115.99 | 108.38 | 102.30 | 95.80 | 101.01 | 94.65 | 102.01 | 95.98 |
| **Peso de la muestra seca + tara** | **gr** | 105.01 | 112.27 | 103.49 | 100.36 | 93.93 | 99.67 | 92.20 | 99.10 | 92.16 |
| **Peso del agua** | **gr** | 4.11 | 3.72 | 4.89 | 1.94 | 1.87 | 1.34 | 2.45 | 2.91 | 3.82 |
| **Peso de la tara** | **gr** | 53.10 | 60.52 | 54.42 | 57.21 | 51.83 | 58.53 | 53.12 | 61.39 | 56.43 |
| **Peso muestra seca** | **gr** | 51.91 | 51.75 | 49.07 | 43.15 | 42.10 | 41.14 | 39.08 | 37.71 | 35.73 |
| **Contenido de humedad** | **%** | 7.92 | 7.19 | 9.97 | 4.50 | 4.44 | 3.26 | 6.27 | 7.72 | 10.69 |
| **Contenido de humedad promedio** | **%** | | **8.36** | | | **4.06** | | | **8.23** | |
| **Densidad Seca** | **gr/cm3** | | **2.11** | | | **2.21** | | | **2.40** | |

| | |
|---|---|
| **Ecuación de ajuste para valores en kgf:** | y = 4,2658x + 16,4476 |
| x : | Lectura del dial |
| y : | Fuerza promedio (kgf) |

| | |
|---|---|
| **Carga unitaria patrón** | 70.31 kg/cm2 |
| | 105.46 kg/cm2 |

| Datos del ensayo de penetración (CBR) | | ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESIÓN | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | | MUESTRA 2 | | | | MUESTRA 3 | | | |
| penetración (mm) | Dial | Dial | (12 GOLPES) Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) | Dial | (26 GOLPES) Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) | Dial | (55 GOLPES) Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm2) | CBR (%) |
| **0.000** | **0.000** | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | | **0** | 0.00 | 0.00 | |
| **0.640** | **0.025** | **16** | 84.70 | 4.38 | | **56** | 255.33 | 13.20 | | **84** | 374.77 | 19.37 | |
| **1.270** | **0.050** | **31** | 148.69 | 7.68 | | **91** | 404.64 | 20.91 | | **209** | 908.00 | 46.93 | |
| **1.910** | **0.075** | **41** | 191.35 | 9.89 | | **113** | 498.48 | 25.76 | | **315** | 1360.17 | 70.29 | |
| **2.540** | **0.100** | **50** | 229.74 | 11.87 | 16.89 | **144** | 630.72 | 32.60 | 46.36 | **423** | 1820.88 | 94.10 | 133.84 |
| **3.810** | **0.150** | **68** | 306.52 | 15.84 | | **190** | 826.95 | 42.74 | | **551** | 2366.90 | 122.32 | |
| **5.080** | **0.200** | **84** | 374.77 | 19.37 | 18.37 | **234** | 1014.64 | 52.44 | 49.72 | **655** | 2810.55 | 145.25 | 137.73 |
| **6.350** | **0.250** | **92** | 408.90 | 21.13 | | **270** | 1168.21 | 60.37 | | **718** | 3079.29 | 159.14 | |
| **7.620** | **0.300** | **103** | 455.83 | 23.56 | | **293** | 1266.33 | 65.44 | | **798** | 3420.56 | 176.77 | |
| **10.160** | **0.400** | **122** | 536.88 | 27.75 | | **323** | 1394.30 | 72.06 | | **839** | 3595.45 | 185.81 | |
| **12.700** | **0.500** | **130** | 571.00 | 29.51 | | **352** | 1518.01 | 78.45 | | **915** | 3919.65 | 202.57 | |

## CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

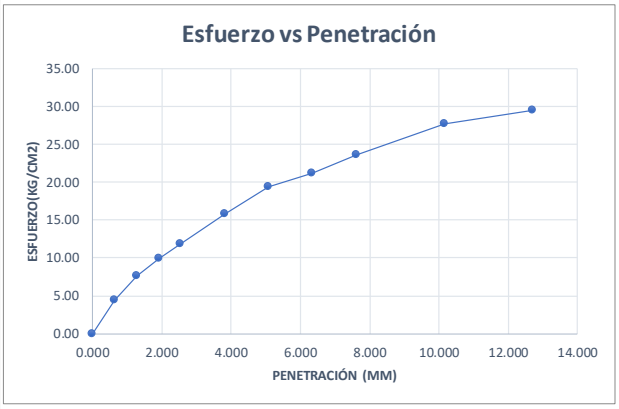
MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:**<br>**N° de hoja:** | 09 de agosto del 2024<br>2 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |
| **Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)** | | | |
| **% Aceite Residual Degradado** | 3 | **% Tierra de Diatomeas** | 2 |

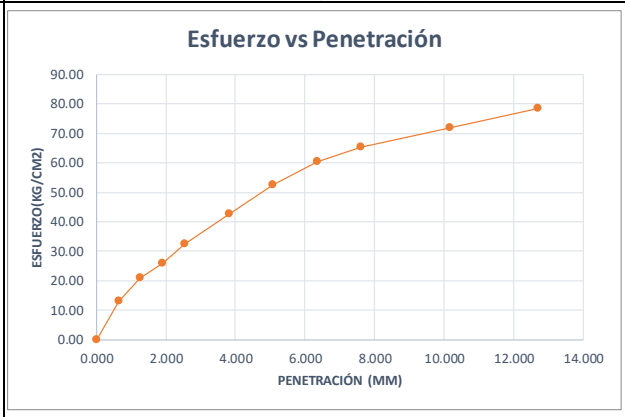
**RELACION DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**



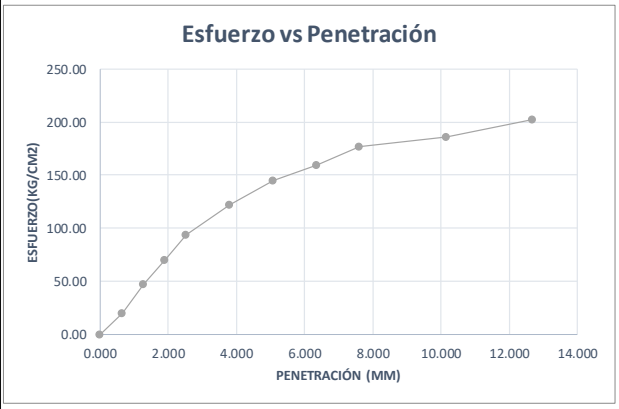

**RELACION DE CBR**

**MUESTRA 2 (26 GOLPES)**



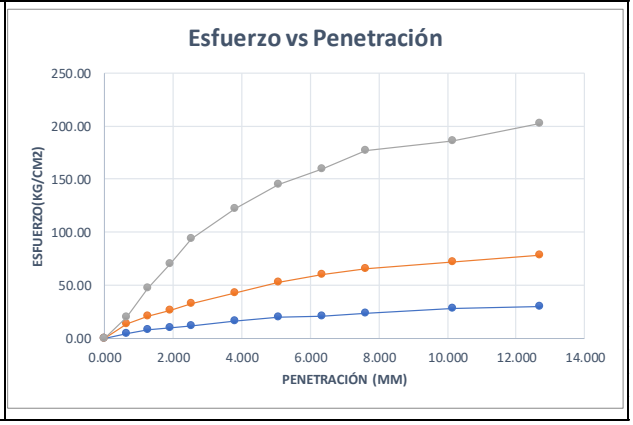

**RELACION DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**




**RELACION DE CBR**

**TODAS LAS MUESTRAS**




| TIEMPO POST COMPACTACIÓN | | ETAPA DE EXPANSIÓN | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
| Dias | Horas | Dial *0.001" | (12 GOLPES) Deformación (mm) | (12 GOLPES) Expansión (%) | Dial *0.001" | (26 GOLPES) Deformación (mm) | (26 GOLPES) Expansión (%) | Dial *0.001" | (55 GOLPES) Deformación (mm) | (55 GOLPES) Expansión (%) |
| Dia 0 | 0 | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% |
| Dia 1 | 24 | 5 | 0.127 | 0.10% | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 2 | 48 | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 3 | 72 | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% |
| Dia 4 | 96 | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% | 7 | 0.178 | 0.14% |

# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

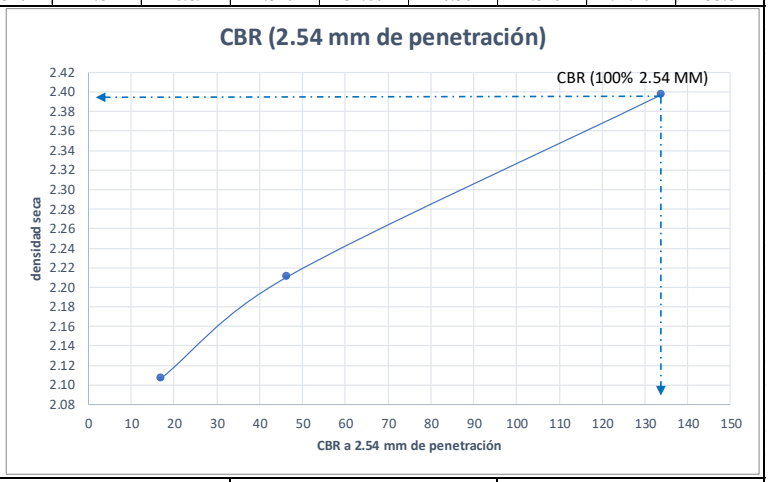
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 09 de agosto del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 3 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 3 | **% Tierra de Diatomeas** | 2 |

| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) |
| 12 | 16.89 | 2.11 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 46.36 | 2.21 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 133.84 | 2.40 gr/cm3 | 70.31 | **2.540** | **11.87** | **16.89** | **2.540** | **32.60** | **46.36** | **2.540** | **94.10** | **133.84** |

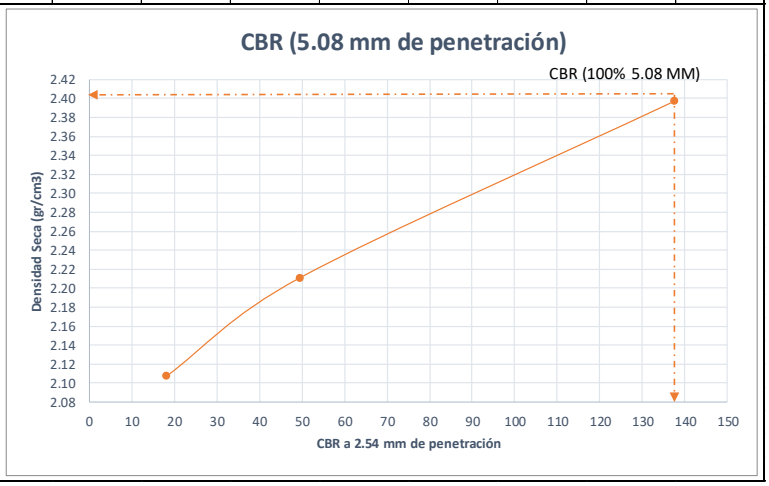
| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.4 cm3 |
| **CBR (100% 2.54 MM)** | **134 %** |




| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) |
| 12 | 18.37 | 2.11 | gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 49.72 | 2.21 | gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 137.73 | 2.40 | gr/cm3 | 105.46 | **5.080** | **19.37** | **18.37** | **5.080** | **52.44** | **49.72** | **5.080** | **145.25** | **137.73** |

0.29

| | | |
|---|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.4 cm3 | |
| **CBR (100% 5.08 MM)** | 138 % | ok |



# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

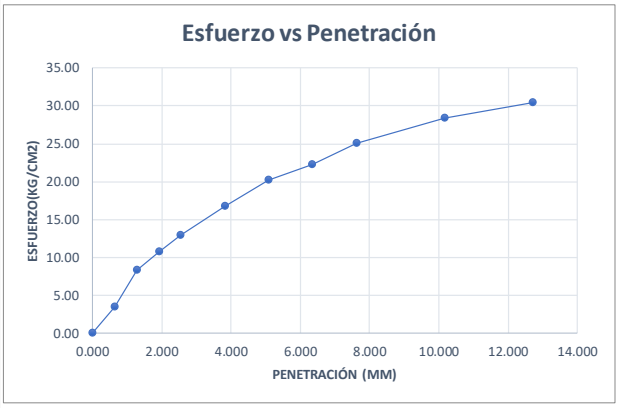
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:**<br>**N° de hoja:** | 15 de agosto del 2024<br>2 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 3 | **% Tierra de Diatomeas** | 2 |

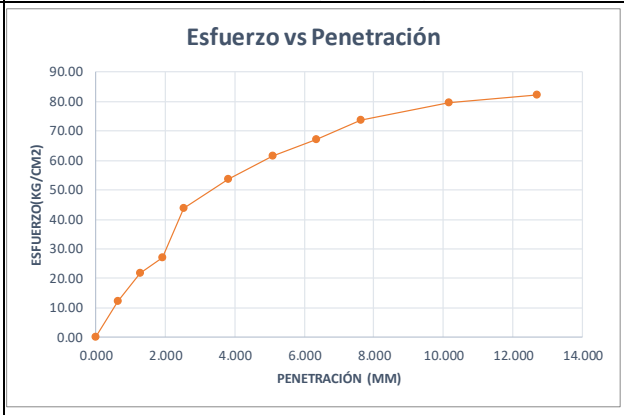
**RELACION DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**



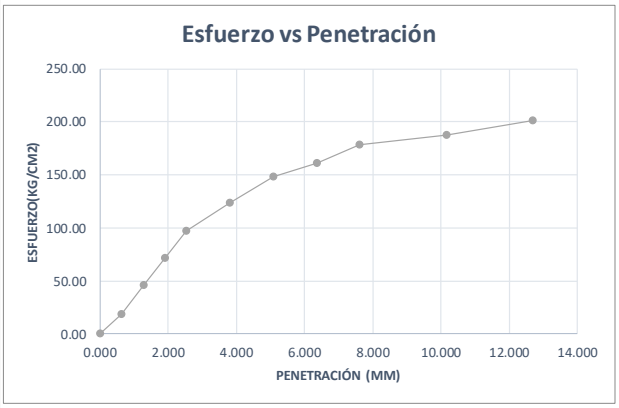

**RELACION DE CBR**

**MUESTRA 2 (26 GOLPES)**



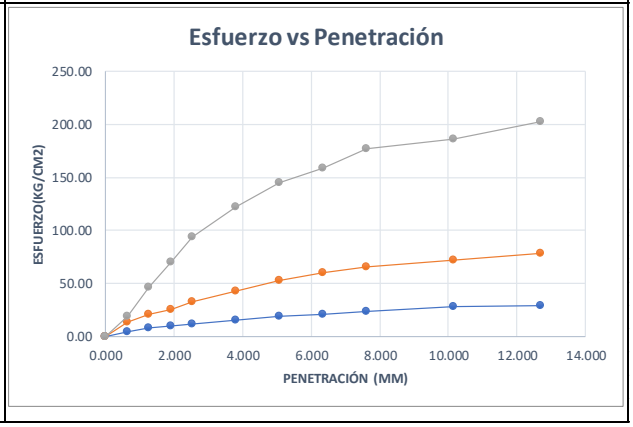

**RELACION DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**




**RELACION DE CBR**

**TODAS LAS MUESTRAS**




| TIEMPO POST COMPACTACIÓN | | ETAPA DE EXPANSIÓN | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
| Dias | Horas | Dial *0.001" | (12 GOLPES) Deformación (mm) | (12 GOLPES) Expansión (%) | Dial *0.001" | (26 GOLPES) Deformación (mm) | (26 GOLPES) Expansión (%) | Dial *0.001" | (55 GOLPES) Deformación (mm) | (55 GOLPES) Expansión (%) |
| Dia 0 | 0 | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% |
| Dia 1 | 24 | 5 | 0.127 | 0.10% | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 2 | 48 | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 3 | 72 | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% |
| Dia 4 | 96 | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% | 7 | 0.178 | 0.14% |

# CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

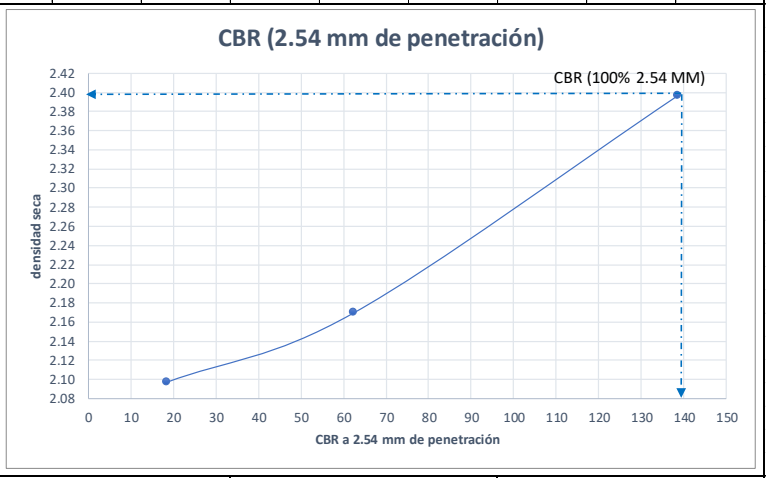
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 15 de agosto del 2024 |
| | | **N° de hoja:** | 3 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 3 | **% Tierra de Diatomeas** | 2 |

| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) |
| 12 | 18.45 | 2.10 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 62.35 | 2.17 gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 138.54 | 2.40 gr/cm3 | 70.31 | **2.540** | **12.98** | **18.45** | **2.540** | **43.84** | **62.35** | **2.540** | **97.41** | **138.54** |

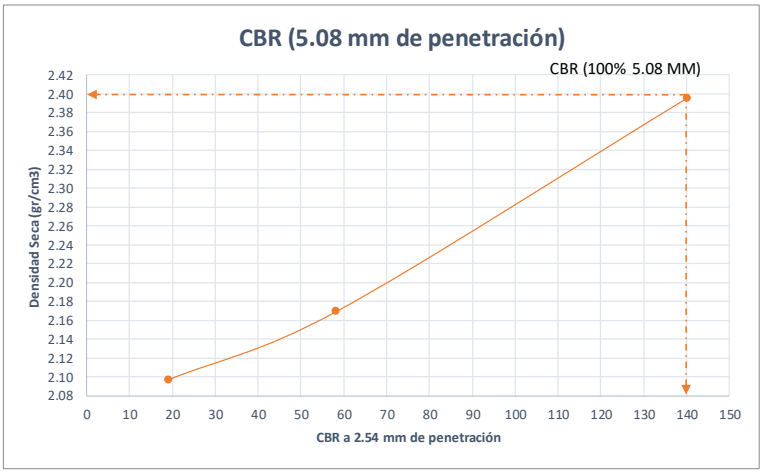
| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.4 cm3 |
| **CBR (100% 2.54 MM)** | **140 %** |




| Número de Golpes | CBR 5.08 mm | Densidad Seca | | Carga unitaria patrón (kg/cm2) | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) | penetración Corregida (mm) | Esfuerzo corregido (kg/cm2) | CBR Corregido (%) |
| 12 | 19.20 | 2.10 | gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 26 | 58.29 | 2.17 | gr/cm3 | | | | | | | | | | |
| 55 | 140.24 | 2.40 | gr/cm3 | 105.46 | **5.080** | **20.25** | **19.20** | **5.080** | **61.48** | **58.29** | **5.080** | **147.89** | **140.24** |

0.30

| | |
|---|---|
| **Densidad Seca Máxima** | 2.4 cm3 |
| **CBR (100% 5.08 MM)** | 138 % ok |



## CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

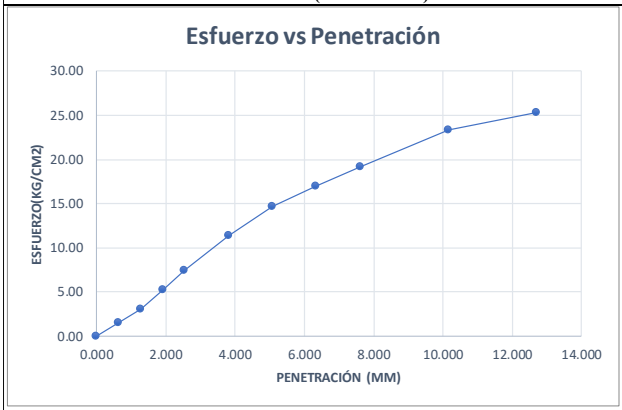
MTC E 132 - ASTM D1883-21 - NTP 339.145

Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:**<br>**N° de hoja:** | 15 de agosto del 2024<br>2 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |
| **Hoja de registro de datos y calculos - Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)** | | | |
| **% Aceite Residual Degradado** | 3 | **% Tierra de Diatomeas** | 3 |

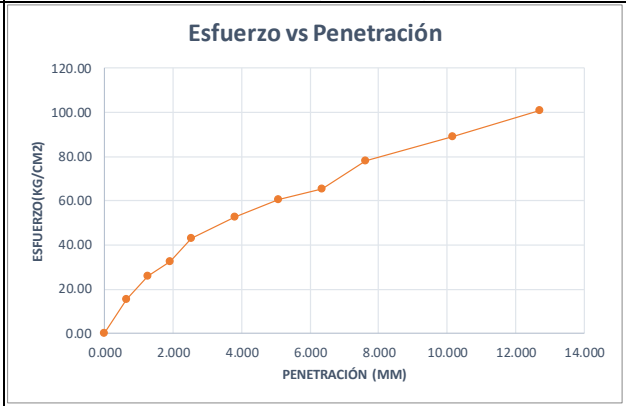
**RELACION DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**



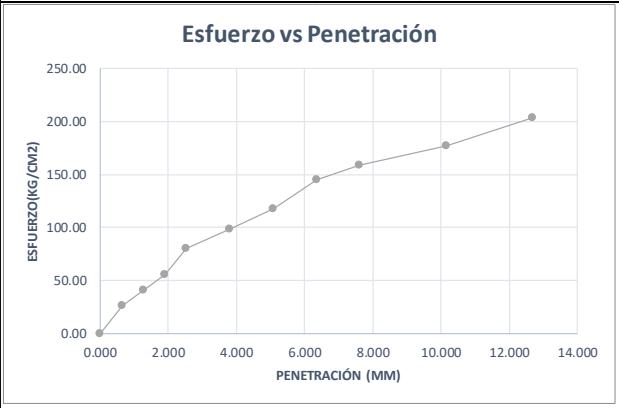

**RELACION DE CBR**

**MUESTRA 2 (26 GOLPES)**



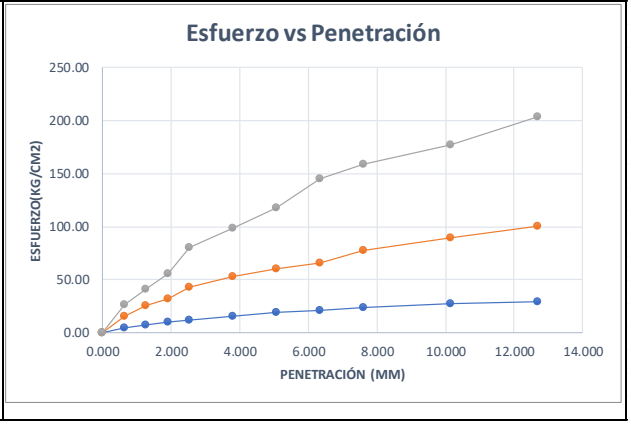

**RELACION DE CBR**

**MUESTRA 1 (12 GOLPES)**




**RELACION DE CBR**

**TODAS LAS MUESTRAS**




| TIEMPO POST COMPACTACIÓN | | ETAPA DE EXPANSIÓN | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUESTRA 1 | | | MUESTRA 2 | | | MUESTRA 3 | | |
| Dias | Horas | Dial *0.001" | (12 GOLPES) Deformación (mm) | (12 GOLPES) Expansión (%) | Dial *0.001" | (26 GOLPES) Deformación (mm) | (26 GOLPES) Expansión (%) | Dial *0.001" | (55 GOLPES) Deformación (mm) | (55 GOLPES) Expansión (%) |
| Dia 0 | 0 | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0.000 | 0.00% |
| Dia 1 | 24 | 5 | 0.127 | 0.10% | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 2 | 48 | 5 | 0.127 | 0.10% | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% |
| Dia 3 | 72 | 6 | 0.152 | 0.12% | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% |
| Dia 4 | 96 | 6 | 0.152 | 0.12% | 7 | 0.178 | 0.14% | 7 | 0.178 | 0.14% |

UNSAAC
Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

## MÓDULO RESILIENTE

MTC E 108 - ASTM D 2216 - NTP 339.127

Standard Test Method of Laboratory Determination of Water Content of Soil and Rock

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 9 de abril del 2025 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de determinación del Módulo Resiliente**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

**secuencia 1 de 16**

**Presión de confinamiento: 103.4 kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 103.4 kpa**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | Esfuerzo desviador máximo aplicado ($\sigma_{1\,max}$) | Esfuerzo desviador cíclico aplicado ($\sigma_{1\,cyclic}$) | Esfuerzo desviador de contacto aplicado ($0.1(\sigma_{1\,max})$) | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 496 | 1.16 | 0.61 | 0.54 | 147.30 | 78.00 | 69.30 | 11.125 | 11.049 | 0.076 | 0.0380 | 205263 | 0.005405 |
| 497 | 1.27 | 0.73 | 0.54 | 161.70 | 93.20 | 68.50 | 11.138 | 11.036 | 0.102 | 0.0510 | 182745 | 0.00534 |
| 498 | 1.15 | 0.60 | 0.54 | 146.00 | 76.70 | 69.30 | 11.112 | 11.036 | 0.076 | 0.0380 | 201842 | 0.00534 |
| 499 | 1.28 | 0.75 | 0.52 | 162.40 | 96.10 | 66.30 | 11.138 | 11.036 | 0.102 | 0.0510 | 188431 | 0.00534 |
| 500 | 1.13 | 0.57 | 0.56 | 143.30 | 72.60 | 70.70 | 11.112 | 11.036 | 0.076 | 0.0380 | 191053 | 0.00534 |
| **Promedio** | 1.195 | 0.65 | 0.5405 | 152.140 | 83.3200 | 68.82000 | | | 0.0864 | 0.0432000 | 193867 | 0.005353 |
| **Des. Estándar** | 0.064377 | 0.074343 | 0.011353 | 8.196731 | 9.465601 | 1.445545 | | | 0.012737 | 0.006369 | 8421.854158 | 0.000026 |

**secuencia 2 de 16**

**Presión de confinamiento: 20.7 kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 20.7 kpa**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | Esfuerzo desviador máximo aplicado ($\sigma_{1\,max}$) | Esfuerzo desviador cíclico aplicado ($\sigma_{1\,cyclic}$) | Esfuerzo desviador de contacto aplicado ($0.1(\sigma_{1\,max})$) | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 496 | 0.69 | 0.14 | 0.55 | 87.60 | 17.90 | 69.70 | 10.998 | 10.96 | 0.038 | 0.0190 | 94211 | 0.00496 |
| 497 | 0.69 | 0.14 | 0.55 | 87.30 | 17.70 | 69.60 | 10.998 | 10.972 | 0.026 | 0.0130 | 136154 | 0.00502 |
| 498 | 0.71 | 0.16 | 0.55 | 90.10 | 20.30 | 69.80 | 10.998 | 10.972 | 0.026 | 0.0130 | 156154 | 0.00502 |
| 499 | 0.71 | 0.16 | 0.55 | 90.60 | 20.80 | 69.80 | 11.011 | 10.972 | 0.039 | 0.0195 | 106667 | 0.00502 |
| 500 | 0.69 | 0.14 | 0.55 | 87.70 | 18.10 | 69.60 | 10.985 | 10.972 | 0.013 | 0.0065 | 278462 | 0.00502 |
| **Promedio** | 0.696 | 0.15 | 0.5474 | 88.660 | 18.9600 | 69.70000 | | | 0.0284 | 0.0142000 | 154329 | 0.005008 |
| **Des. Estándar** | 0.010957 | 0.010320 | 0.000702 | 1.395134 | 1.313925 | 0.089443 | | | 0.009521 | 0.004760 | 65770.027037 | 0.000024 |

**secuencia 3 de 16**

**Presión de confinamiento: 20.7 psi**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 41.4 psi**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | Esfuerzo desviador máximo aplicado ($\sigma_{1\,max}$) | Esfuerzo desviador cíclico aplicado ($\sigma_{1\,cyclic}$) | Esfuerzo desviador de contacto aplicado ($0.1(\sigma_{1\,max})$) | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 496 | 0.84 | 0.33 | 0.51 | 107.20 | 41.80 | 65.40 | 10.985 | 10.947 | 0.038 | 0.0190 | 220000 | 0.004895 |
| 497 | 0.80 | 0.29 | 0.51 | 101.70 | 36.40 | 65.30 | 10.985 | 10.96 | 0.025 | 0.0125 | 291200 | 0.00496 |
| 498 | 0.80 | 0.29 | 0.51 | 101.50 | 37.00 | 64.50 | 10.985 | 10.96 | 0.025 | 0.0125 | 296000 | 0.00496 |
| 499 | 0.84 | 0.33 | 0.51 | 107.30 | 42.50 | 64.80 | 10.998 | 10.96 | 0.038 | 0.0190 | 223684 | 0.00496 |
| 500 | 0.84 | 0.34 | 0.51 | 107.20 | 42.70 | 64.50 | 10.998 | 10.96 | 0.038 | 0.0190 | 224737 | 0.00496 |
| **Promedio** | 0.825 | 0.31 | 0.5097 | 104.980 | 40.0800 | 64.90000 | | | 0.0328 | 0.0164000 | 251124 | 0.004947 |
| **Des. Estándar** | 0.021683 | 0.021853 | 0.003021 | 2.760725 | 2.782373 | 0.384708 | | | 0.006369 | 0.003184 | 34750.161657 | 0.000026 |

**secuencia 4 de 16**

**Presión de confinamiento: 20.7 psi**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 62.1 psi**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | Esfuerzo desviador máximo aplicado ($\sigma_{1\,max}$) | Esfuerzo desviador cíclico aplicado ($\sigma_{1\,cyclic}$) | Esfuerzo desviador de contacto aplicado ($0.1(\sigma_{1\,max})$) | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 496 | 0.94 | 0.44 | 0.50 | 119.20 | 55.90 | 63.30 | 11.049 | 10.985 | 0.064 | 0.0320 | 174688 | 0.005085 |
| 497 | 0.94 | 0.44 | 0.50 | 119.50 | 56.00 | 63.50 | 11.049 | 10.985 | 0.064 | 0.0320 | 175000 | 0.005085 |
| 498 | 0.94 | 0.45 | 0.49 | 119.80 | 57.30 | 62.50 | 11.049 | 10.985 | 0.064 | 0.0320 | 179063 | 0.005085 |
| 499 | 1.01 | 0.51 | 0.50 | 128.80 | 65.00 | 63.80 | 11.061 | 10.985 | 0.076 | 0.0380 | 171053 | 0.005085 |
| 500 | 1.02 | 0.53 | 0.50 | 130.20 | 67.00 | 63.20 | 11.049 | 10.985 | 0.064 | 0.0320 | 209375 | 0.005085 |
| **Promedio** | 0.970 | 0.47 | 0.4968 | 123.500 | 60.2400 | 63.26000 | | | 0.0664 | 0.0332000 | 181836 | 0.005085 |
| **Des. Estándar** | 0.038662 | 0.037471 | 0.003391 | 4.922601 | 4.770996 | 0.431741 | | | 0.004800 | 0.002400 | 14001.441389 | 0.000000 |

UNSAAC
Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

## MÓDULO RESILIENTE

MTC E 108 - ASTM D 2216 - NTP 339.127

Standard Test Method of Laboratory Determination of Water Content of Soil and Rock

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:**<br>**N° de hoja:** | 9 de abril del 2025<br>1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de determinación del Módulo Resiliente**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

**secuencia 5 de 16**

**Presión de confinamiento:** **34.5** **psi**

**Esfuerzo desviador máximo nominal:** **34.5** **psi**

| | | | | $\sigma_{1\,max}$ | $\sigma_{1\,cyclic}$ | $0.1(\sigma_{1\,max})$ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Ciclo** | **Carga máxima desviadora aplicada** | **Carga cíclica desviadora aplicada** | **Carga desviadora de contacto aplicada** | **Esfuerzo desviador máximo aplicado** | **Esfuerzo desviador cíclico aplicado** | **Esfuerzo desviador de contacto aplicado** | **D Max** | **D min** | **Deformación Recuperable** | **Tensión resiliente** | **Módulo resiliente** | **Tensión permanente** |
| | **KN** | **KN** | **KN** | **kpa** | **kpa** | **kpa** | **mm** | **mm** | **mm** | **%** | **kPa** | **%** |
| 496 | 0.74 | 0.01 | 0.72 | 93.80 | 1.60 | 92.20 | 11.036 | 10.998 | 0.038 | 0.0190 | 8421 | 0.00515 |
| 497 | 0.77 | 0.28 | 0.49 | 98.20 | 35.30 | 62.90 | 11.049 | 11.011 | 0.038 | 0.0190 | 185789 | 0.005215 |
| 498 | 0.73 | 0.24 | 0.49 | 92.80 | 30.60 | 62.20 | 11.036 | 11.011 | 0.025 | 0.0125 | 244800 | 0.005215 |
| 499 | 0.77 | 0.28 | 0.49 | 98.50 | 35.80 | 62.70 | 11.049 | 10.998 | 0.051 | 0.0255 | 140392 | 0.00515 |
| 500 | 0.73 | 0.25 | 0.49 | 93.50 | 31.40 | 62.10 | 11.036 | 10.998 | 0.038 | 0.0190 | 165263 | 0.00515 |
| **Promedio** | 0.749 | 0.21 | 0.5374 | 95.360 | 26.9400 | 68.42000 | | | 0.038 | 0.0190000 | 148933 | 0.005176 |
| **Des. Estándar** | 0.019357 | 0.100812 | 0.093413 | 2.464630 | 12.835825 | 11.893763 | | | 0.008222 | 0.004111 | 78271.461917 | 0.000032 |

**secuencia 6 de 16**

**Presión de confinamiento:** **34.5** **psi**

**Esfuerzo desviador máximo nominal:** **68.9** **psi**

| | | | | $\sigma_{1\,max}$ | $\sigma_{1\,cyclic}$ | $0.1(\sigma_{1\,max})$ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Ciclo** | **Carga máxima desviadora aplicada** | **Carga cíclica desviadora aplicada** | **Carga desviadora de contacto aplicada** | **Esfuerzo desviador máximo aplicado** | **Esfuerzo desviador cíclico aplicado** | **Esfuerzo desviador de contacto aplicado** | **D Max** | **D min** | **Deformación Recuperable** | **Tensión resiliente** | **Módulo resiliente** | **Tensión permanente** |
| | **KN** | **KN** | **KN** | **kpa** | **kpa** | **kpa** | **mm** | **mm** | **mm** | **%** | **kPa** | **%** |
| 496 | 1.06 | 0.58 | 0.48 | 134.90 | 74.20 | 60.70 | 11.061 | 11.011 | 0.05 | 0.0250 | 296800 | 0.005215 |
| 497 | 0.98 | 0.51 | 0.47 | 124.60 | 64.40 | 60.20 | 11.061 | 11.011 | 0.05 | 0.0250 | 257600 | 0.005215 |
| 498 | 0.97 | 0.51 | 0.46 | 124.00 | 65.20 | 58.80 | 11.061 | 11.011 | 0.05 | 0.0250 | 260800 | 0.005215 |
| 499 | 0.97 | 0.49 | 0.47 | 123.00 | 62.70 | 60.30 | 11.061 | 11.011 | 0.05 | 0.0250 | 250800 | 0.005215 |
| 500 | 1.06 | 0.59 | 0.47 | 135.20 | 75.60 | 59.60 | 11.061 | 11.011 | 0.05 | 0.0250 | 302400 | 0.005215 |
| **Promedio** | 1.008 | 0.54 | 0.4706 | 128.340 | 68.4200 | 59.92000 | | | 0.05 | 0.0250000 | 273680 | 0.005215 |
| **Des. Estándar** | 0.043223 | 0.042179 | 0.005196 | 5.503308 | 5.370438 | 0.661513 | | | 0.000000 | 0.000000 | 21481.750394 | 0.000000 |

**secuencia 7 de 16**

**Presión de confinamiento:** **34.5** **psi**

**Esfuerzo desviador máximo nominal:** **103.4** **psi**

| | | | | $\sigma_{1\,max}$ | $\sigma_{1\,cyclic}$ | $0.1(\sigma_{1\,max})$ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Ciclo** | **Carga máxima desviadora aplicada** | **Carga cíclica desviadora aplicada** | **Carga desviadora de contacto aplicada** | **Esfuerzo desviador máximo aplicado** | **Esfuerzo desviador cíclico aplicado** | **Esfuerzo desviador de contacto aplicado** | **D Max** | **D min** | **Deformación Recuperable** | **Tensión resiliente** | **Módulo resiliente** | **Tensión permanente** |
| | **KN** | **KN** | **KN** | **kpa** | **kpa** | **kpa** | **mm** | **mm** | **mm** | **%** | **kPa** | **%** |
| 496 | 1.09 | 0.55 | 0.53 | 138.50 | 70.40 | 68.10 | 11.112 | 11.036 | 0.076 | 0.0380 | 185263 | 0.00534 |
| 497 | 1.10 | 0.60 | 0.50 | 139.60 | 76.30 | 63.30 | 11.112 | 11.049 | 0.063 | 0.0315 | 242222 | 0.005405 |
| 498 | 1.07 | 0.56 | 0.50 | 135.90 | 71.70 | 64.20 | 11.112 | 11.049 | 0.063 | 0.0315 | 227619 | 0.005405 |
| 499 | 1.09 | 0.59 | 0.50 | 139.20 | 75.20 | 64.00 | 11.112 | 11.049 | 0.063 | 0.0315 | 238730 | 0.005405 |
| 500 | 1.09 | 0.57 | 0.51 | 138.40 | 73.20 | 65.20 | 11.112 | 11.036 | 0.076 | 0.0380 | 192632 | 0.00534 |
| **Promedio** | 1.086 | 0.58 | 0.5102 | 138.320 | 73.3600 | 64.96000 | | | 0.0682 | 0.0341000 | 217293 | 0.005379 |
| **Des. Estándar** | 0.010124 | 0.017053 | 0.013223 | 1.289031 | 2.171267 | 1.683568 | | | 0.006369 | 0.003184 | 23756.016618 | 0.000032 |

**secuencia 8 de 16**

**Presión de confinamiento:** **68.9** **psi**

**Esfuerzo desviador máximo nominal:** **68.9** **psi**

| | | | | $\sigma_{1\,max}$ | $\sigma_{1\,cyclic}$ | $0.1(\sigma_{1\,max})$ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Ciclo** | **Carga máxima desviadora aplicada** | **Carga cíclica desviadora aplicada** | **Carga desviadora de contacto aplicada** | **Esfuerzo desviador máximo aplicado** | **Esfuerzo desviador cíclico aplicado** | **Esfuerzo desviador de contacto aplicado** | **D Max** | **D min** | **Deformación Recuperable** | **Tensión resiliente** | **Módulo resiliente** | **Tensión permanente** |
| | **KN** | **KN** | **KN** | **kpa** | **kpa** | **kpa** | **mm** | **mm** | **mm** | **%** | **kPa** | **%** |
| 496 | 1.09 | 0.61 | 0.49 | 139.20 | 77.40 | 61.80 | 11.138 | 11.061 | 0.077 | 0.0385 | 201039 | 0.005465 |
| 497 | 1.00 | 0.53 | 0.47 | 127.50 | 67.40 | 60.10 | 11.125 | 11.049 | 0.076 | 0.0380 | 177368 | 0.005405 |
| 498 | 0.99 | 0.52 | 0.47 | 126.10 | 66.00 | 60.10 | 11.125 | 11.061 | 0.064 | 0.0320 | 206250 | 0.005465 |
| 499 | 1.09 | 0.61 | 0.48 | 138.30 | 77.70 | 60.60 | 11.138 | 11.049 | 0.089 | 0.0445 | 174607 | 0.005405 |
| 500 | 1.00 | 0.54 | 0.45 | 126.80 | 69.10 | 57.70 | 11.125 | 11.049 | 0.076 | 0.0380 | 181842 | 0.005405 |
| **Promedio** | 1.033 | 0.56 | 0.4717 | 131.580 | 71.5200 | 60.06000 | | | 0.0764 | 0.0382000 | 188221 | 0.005429 |
| **Des. Estándar** | 0.046165 | 0.039437 | 0.010474 | 5.877891 | 5.021315 | 1.333567 | | | 0.007915 | 0.003957 | 12908.615466 | 0.000029 |

UNSAAC
Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

## MÓDULO RESILIENTE

MTC E 108 - ASTM D 2216 - NTP 339.127

Standard Test Method of Laboratory Determination of Water Content of Soil and Rock

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 9 de abril del 2025 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de determinación del Módulo Resiliente**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

**secuencia 9 de 16**

**Presión de confinamiento: 68.9 psi**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 137.9 psi**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 496 | 1.42 | 0.86 | 0.57 | 181.00 | 108.90 | 72.10 | 11.265 | 11.138 | 0.127 | 0.0635 | 171496 | 0.00585 |
| 497 | 1.30 | 0.74 | 0.56 | 165.80 | 94.10 | 71.70 | 11.252 | 11.15 | 0.102 | 0.0510 | 184510 | 0.00591 |
| 498 | 1.29 | 0.75 | 0.53 | 163.70 | 95.90 | 67.80 | 11.252 | 11.138 | 0.114 | 0.0570 | 168246 | 0.00585 |
| 499 | 1.40 | 0.84 | 0.56 | 178.30 | 107.50 | 70.80 | 11.265 | 11.138 | 0.127 | 0.0635 | 169291 | 0.00585 |
| 500 | 1.28 | 0.74 | 0.54 | 163.40 | 94.40 | 69.00 | 11.265 | 11.138 | 0.127 | 0.0635 | 148661 | 0.00585 |
| **Promedio** | 1.339 | 0.79 | 0.5520 | 170.440 | 100.1600 | 70.28000 | | | 0.1194 | 0.0597000 | 168441 | 0.005862 |
| **Des. Estándar** | 0.059795 | 0.051897 | 0.012852 | 7.613304 | 6.607753 | 1.636337 | | | 0.010052 | 0.005026 | 11485.059961 | 0.000024 |

**secuencia 10 de 16**

**Presión de confinamiento: 68.9 psi**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 206.8 psi**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 496 | 1.76 | 1.22 | 0.54 | 223.70 | 155.00 | 68.70 | 11.671 | 11.493 | 0.178 | 0.0890 | 174157 | 0.007625 |
| 497 | 1.80 | 1.27 | 0.52 | 228.70 | 162.10 | 66.60 | 11.671 | 11.493 | 0.178 | 0.0890 | 182135 | 0.007625 |
| 498 | 1.77 | 1.25 | 0.52 | 225.70 | 159.40 | 66.30 | 11.671 | 11.493 | 0.178 | 0.0890 | 179101 | 0.007625 |
| 499 | 2.04 | 1.46 | 0.57 | 259.30 | 186.40 | 72.90 | 11.71 | 11.493 | 0.217 | 0.1085 | 171797 | 0.007625 |
| 500 | 2.06 | 1.55 | 0.51 | 262.60 | 197.40 | 65.20 | 11.71 | 11.493 | 0.217 | 0.1085 | 181935 | 0.007625 |
| **Promedio** | 1.885 | 1.35 | 0.5336 | 240.000 | 172.0600 | 67.94000 | | | 0.1936 | 0.0968000 | 177825 | 0.007625 |
| **Des. Estándar** | 0.135176 | 0.131341 | 0.021415 | 17.211159 | 16.722871 | 2.726610 | | | 0.019106 | 0.009553 | 4168.576863 | 0.000000 |

**secuencia 11 de 16**

**Presión de confinamiento: 103.4 psi**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 68.9 psi**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 496 | 0.92 | 0.51 | 0.41 | 117.20 | 65.00 | 52.20 | 11.532 | 11.493 | 0.039 | 0.0195 | 333333 | 0.007625 |
| 497 | 1.01 | 0.58 | 0.42 | 128.20 | 74.10 | 54.10 | 11.532 | 11.481 | 0.051 | 0.0255 | 290588 | 0.007565 |
| 498 | 0.92 | 0.50 | 0.42 | 117.30 | 64.10 | 53.20 | 11.532 | 11.493 | 0.039 | 0.0195 | 328718 | 0.007625 |
| 499 | 0.92 | 0.50 | 0.42 | 116.80 | 63.60 | 53.20 | 11.532 | 11.493 | 0.039 | 0.0195 | 326154 | 0.007625 |
| 500 | 0.92 | 0.50 | 0.42 | 116.70 | 63.60 | 53.10 | 11.544 | 11.481 | 0.063 | 0.0315 | 201905 | 0.007565 |
| **Promedio** | 0.937 | 0.52 | 0.4175 | 119.240 | 66.0800 | 53.16000 | | | 0.0462 | 0.0231000 | 296140 | 0.007601 |
| **Des. Estándar** | 0.035231 | 0.031750 | 0.004728 | 4.485800 | 4.042474 | 0.601997 | | | 0.009600 | 0.004800 | 49510.806775 | 0.000029 |

**secuencia 12 de 16**

**Presión de confinamiento: 103.4 psi**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 103.4 psi**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 496 | 1.08 | 0.59 | 0.49 | 137.60 | 75.00 | 62.60 | 11.582 | 11.506 | 0.076 | 0.0380 | 197368 | 0.00769 |
| 497 | 1.08 | 0.58 | 0.50 | 137.70 | 74.20 | 63.50 | 11.582 | 11.493 | 0.089 | 0.0445 | 166742 | 0.007625 |
| 498 | 1.08 | 0.60 | 0.48 | 137.40 | 76.50 | 60.90 | 11.582 | 11.493 | 0.089 | 0.0445 | 171910 | 0.007625 |
| 499 | 1.07 | 0.58 | 0.49 | 136.50 | 73.90 | 62.60 | 11.582 | 11.506 | 0.076 | 0.0380 | 194474 | 0.00769 |
| 500 | 1.09 | 0.61 | 0.48 | 139.20 | 77.80 | 61.40 | 11.582 | 11.493 | 0.089 | 0.0445 | 174831 | 0.007625 |
| **Promedio** | 1.081 | 0.59 | 0.4885 | 137.680 | 75.4800 | 62.20000 | | | 0.0838 | 0.0419000 | 181065 | 0.007651 |
| **Des. Estándar** | 0.006836 | 0.011537 | 0.007317 | 0.870402 | 1.468877 | 0.931665 | | | 0.006369 | 0.003184 | 12437.233539 | 0.000032 |

## MÓDULO RESILIENTE

MTC E 108 - ASTM D 2216 - NTP 339.127

Standard Test Method of Laboratory Determination of Water Content of Soil and Rock

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 9 de abril del 2025 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de determinación del Módulo Resiliente**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

**secuencia 13 de 16**

**Presión de confinamiento: 103.4 psi**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 206.8 psi**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 496 | 1.93 | 1.38 | 0.55 | 246.20 | 175.80 | 70.40 | 11.824 | 11.633 | 0.191 | 0.0955 | 184084 | 0.008325 |
| 497 | 2.20 | 1.72 | 0.48 | 280.40 | 219.40 | 61.00 | 11.837 | 11.608 | 0.229 | 0.1145 | 191616 | 0.0082 |
| 498 | 1.76 | 1.22 | 0.54 | 224.20 | 155.40 | 68.80 | 11.798 | 11.621 | 0.177 | 0.0885 | 175593 | 0.008265 |
| 499 | 1.86 | 1.28 | 0.58 | 237.00 | 163.60 | 73.40 | 11.811 | 11.621 | 0.19 | 0.0950 | 172211 | 0.008265 |
| 500 | 1.93 | 1.44 | 0.49 | 245.10 | 183.00 | 62.10 | 11.824 | 11.608 | 0.216 | 0.1080 | 169444 | 0.0082 |
| **Promedio** | 1.937 | 1.41 | 0.5273 | 246.580 | 179.4400 | 67.14000 | | | 0.2006 | 0.1003000 | 178590 | 0.008251 |
| **Des. Estándar** | 0.146462 | 0.173910 | 0.037776 | 18.648153 | 22.142954 | 4.809823 | | | 0.019001 | 0.009501 | 8162.970760 | 0.000047 |

**secuencia 14 de 16**

**Presión de confinamiento: 137.9 psi**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 103.4 psi**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 496 | 1.06 | 0.59 | 0.46 | 134.50 | 75.30 | 59.20 | 11.71 | 11.621 | 0.089 | 0.0445 | 169213 | 0.008265 |
| 497 | 1.06 | 0.60 | 0.46 | 135.10 | 76.10 | 59.00 | 11.71 | 11.621 | 0.089 | 0.0445 | 171011 | 0.008265 |
| 498 | 1.08 | 0.62 | 0.46 | 137.20 | 78.70 | 58.50 | 11.71 | 11.621 | 0.089 | 0.0445 | 176854 | 0.008265 |
| 499 | 1.07 | 0.62 | 0.45 | 136.20 | 79.50 | 56.70 | 11.722 | 11.621 | 0.101 | 0.0505 | 157426 | 0.008265 |
| 500 | 1.16 | 0.71 | 0.45 | 147.90 | 90.10 | 57.80 | 11.722 | 11.621 | 0.101 | 0.0505 | 178416 | 0.008265 |
| **Promedio** | 1.085 | 0.63 | 0.4574 | 138.180 | 79.9400 | 58.24000 | | | 0.0938 | 0.0469000 | 170584 | 0.008265 |
| **Des. Estándar** | 0.038857 | 0.041742 | 0.007140 | 4.947484 | 5.314734 | 0.909065 | | | 0.005879 | 0.002939 | 7427.656194 | 0.000000 |

**secuencia 15 de 16**

**Presión de confinamiento: 137.9 psi**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 137.9 psi**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 496 | 1.38 | 0.93 | 0.46 | 176.00 | 117.80 | 58.20 | 11.748 | 11.633 | 0.115 | 0.0575 | 204870 | 0.008325 |
| 497 | 1.21 | 0.75 | 0.47 | 154.60 | 95.20 | 59.40 | 11.748 | 11.633 | 0.115 | 0.0575 | 165565 | 0.008325 |
| 498 | 1.22 | 0.77 | 0.46 | 155.80 | 97.70 | 58.10 | 11.735 | 11.621 | 0.114 | 0.0570 | 171404 | 0.008265 |
| 499 | 1.21 | 0.75 | 0.46 | 154.00 | 96.00 | 58.00 | 11.735 | 11.621 | 0.114 | 0.0570 | 168421 | 0.008265 |
| 500 | 1.22 | 0.75 | 0.46 | 154.80 | 95.90 | 58.90 | 11.735 | 11.621 | 0.114 | 0.0570 | 168246 | 0.008265 |
| **Promedio** | 1.249 | 0.79 | 0.4596 | 159.040 | 100.5200 | 58.52000 | | | 0.1144 | 0.0572000 | 175701 | 0.008289 |
| **Des. Estándar** | 0.066757 | 0.068165 | 0.004256 | 8.499788 | 8.679032 | 0.541849 | | | 0.000490 | 0.000245 | 14700.939632 | 0.000029 |

**secuencia 16 de 16**

**Presión de confinamiento: 137.9 psi**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 275.8 psi**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 496 | 2.41 | 1.99 | 0.42 | 307.00 | 253.00 | 54.00 | 12.002 | 11.786 | 0.216 | 0.1080 | 234259 | 0.00909 |
| 497 | 2.39 | 1.96 | 0.43 | 304.40 | 249.80 | 54.60 | 12.002 | 11.773 | 0.229 | 0.1145 | 218166 | 0.009025 |
| 498 | 2.39 | 1.93 | 0.46 | 304.00 | 245.80 | 58.20 | 12.002 | 11.773 | 0.229 | 0.1145 | 214672 | 0.009025 |
| 499 | 2.85 | 2.41 | 0.44 | 362.70 | 306.40 | 56.30 | 12.027 | 11.786 | 0.241 | 0.1205 | 254274 | 0.00909 |
| 500 | 2.40 | 1.97 | 0.43 | 306.10 | 251.30 | 54.80 | 12.002 | 11.773 | 0.229 | 0.1145 | 219476 | 0.009025 |
| **Promedio** | 2.488 | 2.05 | 0.4365 | 316.840 | 261.2600 | 55.58000 | | | 0.2288 | 0.1144000 | 228170 | 0.009051 |
| **Des. Estándar** | 0.180297 | 0.178249 | 0.011884 | 22.956184 | 22.695339 | 1.513142 | | | 0.007909 | 0.003955 | 14672.017636 | 0.000032 |

UNSAAC
Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

## MÓDULO RESILIENTE

MTC E 108 - ASTM D 2216 - NTP 339.127

Standard Test Method of Laboratory Determination of Water Content of Soil and Rock

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 27 de marzo del 2025 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de determinación del Módulo Resiliente**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 2 | **% Tierra de Diatomeas** | 2 |

**secuencia 1 de 16**

**Presión de confinamiento: 103.4 kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 103.4 kpa**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 496 | 1.33 | 0.93 | 0.40 | 169.00 | 117.90 | 51.10 | 11.43 | 11.392 | 0.038 | 0.0190 | 620526 | 0.00712 |
| 497 | 1.44 | 1.02 | 0.42 | 183.00 | 130.10 | 52.90 | 11.443 | 11.392 | 0.051 | 0.0255 | 510196 | 0.00712 |
| 498 | 1.31 | 0.89 | 0.42 | 167.10 | 113.90 | 53.20 | 11.43 | 11.392 | 0.038 | 0.0190 | 599474 | 0.00712 |
| 499 | 1.30 | 0.88 | 0.42 | 166.00 | 112.10 | 53.90 | 11.43 | 11.405 | 0.025 | 0.0125 | 896800 | 0.007185 |
| 500 | 1.46 | 1.04 | 0.42 | 186.50 | 132.90 | 53.60 | 11.443 | 11.392 | 0.051 | 0.0255 | 521176 | 0.00712 |
| **Promedio** | 1.369 | 0.95 | 0.4158 | 174.320 | 121.3800 | 52.94000 | | | 0.0406 | 0.0203000 | 629635 | 0.007133 |
| **Des. Estándar** | 0.067867 | 0.066914 | 0.007705 | 8.641157 | 8.519718 | 0.981020 | | | 0.009728 | 0.004864 | 140284.510128 | 0.000026 |

**secuencia 2 de 16**

**Presión de confinamiento: 20.7 kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 20.7 kpa**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 496 | 0.63 | 0.15 | 0.48 | 80.30 | 19.10 | 61.20 | 11.405 | 11.392 | 0.013 | 0.0065 | 293846 | 0.00712 |
| 497 | 0.68 | 0.20 | 0.48 | 86.70 | 25.80 | 60.90 | 11.405 | 11.392 | 0.013 | 0.0065 | 396923 | 0.00712 |
| 498 | 0.71 | 0.24 | 0.48 | 90.90 | 30.10 | 60.80 | 11.405 | 11.392 | 0.013 | 0.0065 | 463077 | 0.00712 |
| 499 | 0.63 | 0.15 | 0.48 | 80.40 | 19.20 | 61.20 | 11.405 | 11.379 | 0.026 | 0.0130 | 147692 | 0.007055 |
| 500 | 0.63 | 0.15 | 0.48 | 80.00 | 18.50 | 61.50 | 11.405 | 11.392 | 0.013 | 0.0065 | 284615 | 0.00712 |
| **Promedio** | 0.657 | 0.18 | 0.4800 | 83.660 | 22.5400 | 61.12000 | | | 0.0156 | 0.0078000 | 317231 | 0.007107 |
| **Des. Estándar** | 0.034588 | 0.036348 | 0.001949 | 4.403907 | 4.628002 | 0.248193 | | | 0.005200 | 0.002600 | 107680.878514 | 0.000026 |

**secuencia 3 de 16**

**Presión de confinamiento: 20.7 psi**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 41.4 psi**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 496 | 0.89 | 0.48 | 0.42 | 113.60 | 60.70 | 52.90 | 11.405 | 11.392 | 0.013 | 0.0065 | 933846 | 0.00712 |
| 497 | 0.72 | 0.30 | 0.42 | 92.10 | 38.10 | 54.00 | 11.405 | 11.392 | 0.013 | 0.0065 | 586154 | 0.00712 |
| 498 | 0.72 | 0.30 | 0.43 | 92.30 | 38.10 | 54.20 | 11.405 | 11.392 | 0.013 | 0.0065 | 586154 | 0.00712 |
| 499 | 0.90 | 0.48 | 0.42 | 114.40 | 61.00 | 53.40 | 11.405 | 11.392 | 0.013 | 0.0065 | 938462 | 0.00712 |
| 500 | 0.72 | 0.29 | 0.43 | 91.10 | 36.40 | 54.70 | 11.417 | 11.392 | 0.025 | 0.0125 | 291200 | 0.00712 |
| **Promedio** | 0.791 | 0.37 | 0.4229 | 100.700 | 46.8600 | 53.84000 | | | 0.0154 | 0.0077000 | 667163 | 0.00712 |
| **Des. Estándar** | 0.085372 | 0.089850 | 0.004932 | 10.869959 | 11.440035 | 0.628013 | | | 0.004800 | 0.002400 | 244620.499917 | 0.000000 |

**secuencia 4 de 16**

**Presión de confinamiento: 20.7 psi**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 62.1 psi**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 496 | 1.09 | 0.67 | 0.42 | 138.30 | 85.40 | 52.90 | 11.43 | 11.405 | 0.025 | 0.0125 | 683200 | 0.007185 |
| 497 | 1.19 | 0.76 | 0.43 | 151.60 | 97.20 | 54.40 | 11.443 | 11.405 | 0.038 | 0.0190 | 511579 | 0.007185 |
| 498 | 1.08 | 0.66 | 0.42 | 137.20 | 84.00 | 53.20 | 11.43 | 11.417 | 0.013 | 0.0065 | 1292308 | 0.007245 |
| 499 | 1.18 | 0.77 | 0.42 | 150.80 | 97.90 | 52.90 | 11.443 | 11.405 | 0.038 | 0.0190 | 515263 | 0.007185 |
| 500 | 1.07 | 0.66 | 0.41 | 136.20 | 83.40 | 52.80 | 11.455 | 11.392 | 0.063 | 0.0315 | 264762 | 0.00712 |
| **Promedio** | 1.122 | 0.70 | 0.4181 | 142.820 | 89.5800 | 53.24000 | | | 0.0354 | 0.0177000 | 653422 | 0.007184 |
| **Des. Estándar** | 0.054028 | 0.051393 | 0.004676 | 6.879070 | 6.543516 | 0.595315 | | | 0.016645 | 0.008322 | 346215.436970 | 0.000040 |

## MÓDULO RESILIENTE

MTC E 108 - ASTM D 2216 - NTP 339.127

Standard Test Method of Laboratory Determination of Water Content of Soil and Rock

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:**<br>**N° de hoja:** | 27 de marzo del 2025<br>1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | | |
| **Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de determinación del Módulo Resiliente** | | | |
| **% Aceite Residual Degradado** | 2 | **% Tierra de Diatomeas** | 2 |

**secuencia 5 de 16**

**Presión de confinamiento:** **34.5** **psi**

**Esfuerzo desviador máximo nominal:** **34.5** **psi**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | Esfuerzo desviador máximo aplicado $\sigma_{1\,max}$ | Esfuerzo desviador cíclico aplicado $\sigma_{1\,cyclic}$ | Esfuerzo desviador de contacto aplicado $0.1(\sigma_{1\,max})$ | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 496 | 0.83 | 0.38 | 0.45 | 105.20 | 48.30 | 56.90 | 11.43 | 11.405 | 0.025 | 0.0125 | 386400 | 0.007185 |
| 497 | 0.68 | 0.23 | 0.45 | 86.90 | 29.10 | 57.80 | 11.43 | 11.405 | 0.025 | 0.0125 | 232800 | 0.007185 |
| 498 | 0.83 | 0.38 | 0.44 | 105.20 | 48.70 | 56.50 | 11.43 | 11.405 | 0.025 | 0.0125 | 389600 | 0.007185 |
| 499 | 0.69 | 0.23 | 0.46 | 88.00 | 29.70 | 58.30 | 11.43 | 11.405 | 0.025 | 0.0125 | 237600 | 0.007185 |
| 500 | 0.82 | 0.38 | 0.44 | 105.00 | 48.50 | 56.50 | 11.43 | 11.405 | 0.025 | 0.0125 | 388000 | 0.007185 |
| **Promedio** | 0.770 | 0.32 | 0.4492 | 98.060 | 40.8600 | 57.20000 | | | 0.025 | 0.0125000 | 326880 | 0.007185 |
| **Des. Estándar** | 0.068097 | 0.073512 | 0.005707 | 8.670317 | 9.359829 | 0.726636 | | | 0.000000 | 0.000000 | 74878.632466 | 0.000000 |

**secuencia 6 de 16**

**Presión de confinamiento:** **34.5** **psi**

**Esfuerzo desviador máximo nominal:** **68.9** **psi**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | Esfuerzo desviador máximo aplicado $\sigma_{1\,max}$ | Esfuerzo desviador cíclico aplicado $\sigma_{1\,cyclic}$ | Esfuerzo desviador de contacto aplicado $0.1(\sigma_{1\,max})$ | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 496 | 1.13 | 0.72 | 0.41 | 143.70 | 91.40 | 52.30 | 11.455 | 11.417 | 0.038 | 0.0190 | 481053 | 0.007245 |
| 497 | 1.28 | 0.86 | 0.42 | 163.50 | 109.80 | 53.70 | 11.455 | 11.43 | 0.025 | 0.0125 | 878400 | 0.00731 |
| 498 | 1.16 | 0.75 | 0.41 | 147.20 | 95.60 | 51.60 | 11.455 | 11.43 | 0.025 | 0.0125 | 764800 | 0.00731 |
| 499 | 1.14 | 0.73 | 0.41 | 145.00 | 92.40 | 52.60 | 11.443 | 11.43 | 0.013 | 0.0065 | 1421538 | 0.00731 |
| 500 | 1.28 | 0.87 | 0.41 | 163.00 | 111.20 | 51.80 | 11.455 | 11.417 | 0.038 | 0.0190 | 585263 | 0.007245 |
| **Promedio** | 1.198 | 0.79 | 0.4115 | 152.480 | 100.0800 | 52.40000 | | | 0.0278 | 0.0139000 | 826211 | 0.007284 |
| **Des. Estándar** | 0.069633 | 0.067793 | 0.005814 | 8.865980 | 8.631663 | 0.740270 | | | 0.009411 | 0.004705 | 328054.858525 | 0.000032 |

**secuencia 7 de 16**

**Presión de confinamiento:** **34.5** **psi**

**Esfuerzo desviador máximo nominal:** **103.4** **psi**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | Esfuerzo desviador máximo aplicado $\sigma_{1\,max}$ | Esfuerzo desviador cíclico aplicado $\sigma_{1\,cyclic}$ | Esfuerzo desviador de contacto aplicado $0.1(\sigma_{1\,max})$ | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 496 | 1.33 | 0.85 | 0.48 | 169.50 | 108.20 | 61.30 | 11.544 | 11.519 | 0.025 | 0.0125 | 865600 | 0.007755 |
| 497 | 1.33 | 0.85 | 0.49 | 169.80 | 107.80 | 62.00 | 11.544 | 11.506 | 0.038 | 0.0190 | 567368 | 0.00769 |
| 498 | 1.33 | 0.85 | 0.48 | 169.60 | 108.70 | 60.90 | 11.544 | 11.519 | 0.025 | 0.0125 | 869600 | 0.007755 |
| 499 | 1.34 | 0.86 | 0.47 | 170.40 | 110.00 | 60.40 | 11.544 | 11.506 | 0.038 | 0.0190 | 578947 | 0.00769 |
| 500 | 1.33 | 0.84 | 0.49 | 169.80 | 107.50 | 62.30 | 11.544 | 11.506 | 0.038 | 0.0190 | 565789 | 0.00769 |
| **Promedio** | 1.334 | 0.85 | 0.4821 | 169.820 | 108.4400 | 61.38000 | | | 0.0328 | 0.0164000 | 689461 | 0.007716 |
| **Des. Estándar** | 0.002454 | 0.006894 | 0.005473 | 0.312410 | 0.877724 | 0.696850 | | | 0.006369 | 0.003184 | 145526.295673 | 0.000032 |

**secuencia 8 de 16**

**Presión de confinamiento:** **68.9** **psi**

**Esfuerzo desviador máximo nominal:** **68.9** **psi**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | Esfuerzo desviador máximo aplicado $\sigma_{1\,max}$ | Esfuerzo desviador cíclico aplicado $\sigma_{1\,cyclic}$ | Esfuerzo desviador de contacto aplicado $0.1(\sigma_{1\,max})$ | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 496 | 1.18 | 0.73 | 0.45 | 150.30 | 92.70 | 57.60 | 11.532 | 11.519 | 0.013 | 0.0065 | 1426154 | 0.007755 |
| 497 | 1.34 | 0.90 | 0.44 | 170.90 | 115.00 | 55.90 | 11.544 | 11.519 | 0.025 | 0.0125 | 920000 | 0.007755 |
| 498 | 1.18 | 0.72 | 0.46 | 150.60 | 92.30 | 58.30 | 11.544 | 11.506 | 0.038 | 0.0190 | 485789 | 0.00769 |
| 499 | 1.33 | 0.90 | 0.43 | 169.80 | 115.20 | 54.60 | 11.544 | 11.519 | 0.025 | 0.0125 | 921600 | 0.007755 |
| 500 | 1.16 | 0.71 | 0.45 | 148.20 | 90.90 | 57.30 | 11.544 | 11.519 | 0.025 | 0.0125 | 727200 | 0.007755 |
| **Promedio** | 1.241 | 0.79 | 0.4456 | 157.960 | 101.2200 | 56.74000 | | | 0.0252 | 0.0126000 | 896149 | 0.007742 |
| **Des. Estándar** | 0.079766 | 0.089134 | 0.010403 | 10.156102 | 11.348903 | 1.324538 | | | 0.007909 | 0.003955 | 309535.285868 | 0.000026 |

## MÓDULO RESILIENTE

MTC E 108 - ASTM D 2216 - NTP 339.127

Standard Test Method of Laboratory Determination of Water Content of Soil and Rock

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:**<br>**N° de hoja:** | 27 de marzo del 2025<br>1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | | |
| **Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de determinación del Módulo Resiliente** | | | |
| **% Aceite Residual Degradado** | 2 | **% Tierra de Diatomeas** | 2 |

**secuencia 9 de 16**

**Presión de confinamiento: 68.9 psi**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 137.9 psi**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | Esfuerzo desviador máximo aplicado ($\sigma_{1\,max}$) | Esfuerzo desviador cíclico aplicado ($\sigma_{1\,cyclic}$) | Esfuerzo desviador de contacto aplicado ($0.1(\sigma_{1\,max})$) | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 496 | 1.76 | 1.26 | 0.51 | 224.10 | 159.80 | 64.30 | 11.722 | 11.646 | 0.076 | 0.0380 | 420526 | 0.00839 |
| 497 | 1.58 | 1.09 | 0.49 | 201.10 | 138.20 | 62.90 | 11.71 | 11.646 | 0.064 | 0.0320 | 431875 | 0.00839 |
| 498 | 1.58 | 1.08 | 0.51 | 201.80 | 137.50 | 64.30 | 11.71 | 11.659 | 0.051 | 0.0255 | 539216 | 0.008455 |
| 499 | 1.59 | 1.07 | 0.52 | 202.20 | 136.40 | 65.80 | 11.71 | 11.646 | 0.064 | 0.0320 | 426250 | 0.00839 |
| 500 | 1.59 | 1.08 | 0.51 | 202.30 | 137.60 | 64.70 | 11.71 | 11.646 | 0.064 | 0.0320 | 430000 | 0.00839 |
| **Promedio** | 1.620 | 1.11 | 0.5058 | 206.300 | 141.9000 | 64.40000 | | | 0.0638 | 0.0319000 | 449573 | 0.008403 |
| **Des. Estándar** | 0.069979 | 0.070441 | 0.007300 | 8.909994 | 8.968835 | 0.929516 | | | 0.007909 | 0.003955 | 44988.453913 | 0.000026 |

**secuencia 10 de 16**

**Presión de confinamiento: 68.9 psi**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 206.8 psi**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | Esfuerzo desviador máximo aplicado ($\sigma_{1\,max}$) | Esfuerzo desviador cíclico aplicado ($\sigma_{1\,cyclic}$) | Esfuerzo desviador de contacto aplicado ($0.1(\sigma_{1\,max})$) | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 496 | 2.29 | 1.75 | 0.54 | 292.10 | 223.30 | 68.80 | 12.612 | 12.421 | 0.191 | 0.0955 | 233822 | 0.012265 |
| 497 | 2.31 | 1.75 | 0.56 | 294.20 | 223.40 | 70.80 | 12.625 | 12.434 | 0.191 | 0.0955 | 233927 | 0.01233 |
| 498 | 2.06 | 1.54 | 0.52 | 262.70 | 196.10 | 66.60 | 12.586 | 12.434 | 0.152 | 0.0760 | 258026 | 0.01233 |
| 499 | 2.05 | 1.52 | 0.53 | 260.60 | 193.00 | 67.60 | 12.586 | 12.447 | 0.139 | 0.0695 | 277698 | 0.012395 |
| 500 | 2.32 | 1.76 | 0.56 | 295.00 | 224.00 | 71.00 | 12.625 | 12.447 | 0.178 | 0.0890 | 251685 | 0.012395 |
| **Promedio** | 2.206 | 1.66 | 0.5416 | 280.920 | 211.9600 | 68.96000 | | | 0.1702 | 0.0851000 | 251032 | 0.012343 |
| **Des. Estándar** | 0.123907 | 0.111927 | 0.013600 | 15.776362 | 14.250979 | 1.731589 | | | 0.021122 | 0.010561 | 16426.747610 | 0.000049 |

**secuencia 11 de 16**

**Presión de confinamiento: 103.4 psi**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 68.9 psi**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | Esfuerzo desviador máximo aplicado ($\sigma_{1\,max}$) | Esfuerzo desviador cíclico aplicado ($\sigma_{1\,cyclic}$) | Esfuerzo desviador de contacto aplicado ($0.1(\sigma_{1\,max})$) | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 496 | 1.31 | 0.89 | 0.42 | 167.10 | 113.80 | 53.30 | 12.459 | 12.421 | 0.038 | 0.0190 | 598947 | 0.012265 |
| 497 | 1.31 | 0.86 | 0.45 | 167.00 | 109.20 | 57.80 | 12.447 | 12.421 | 0.026 | 0.0130 | 840000 | 0.012265 |
| 498 | 1.32 | 0.88 | 0.44 | 168.50 | 112.10 | 56.40 | 12.459 | 12.421 | 0.038 | 0.0190 | 590000 | 0.012265 |
| 499 | 1.16 | 0.74 | 0.43 | 148.30 | 93.90 | 54.40 | 12.459 | 12.421 | 0.038 | 0.0190 | 494211 | 0.012265 |
| 500 | 1.14 | 0.72 | 0.42 | 145.30 | 91.20 | 54.10 | 12.459 | 12.421 | 0.038 | 0.0190 | 480000 | 0.012265 |
| **Promedio** | 1.251 | 0.82 | 0.4335 | 159.240 | 104.0400 | 55.20000 | | | 0.0356 | 0.0178000 | 600632 | 0.012265 |
| **Des. Estándar** | 0.080230 | 0.074884 | 0.012982 | 10.215204 | 9.534485 | 1.652876 | | | 0.004800 | 0.002400 | 129066.282441 | 0.000000 |

**secuencia 12 de 16**

**Presión de confinamiento: 103.4 psi**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 103.4 psi**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | Esfuerzo desviador máximo aplicado ($\sigma_{1\,max}$) | Esfuerzo desviador cíclico aplicado ($\sigma_{1\,cyclic}$) | Esfuerzo desviador de contacto aplicado ($0.1(\sigma_{1\,max})$) | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 496 | 1.50 | 1.04 | 0.46 | 190.50 | 132.10 | 58.40 | 12.485 | 12.447 | 0.038 | 0.0190 | 695263 | 0.012395 |
| 497 | 1.35 | 1.36 | 0.46 | 171.60 | 173.50 | 59.10 | 12.485 | 12.447 | 0.038 | 0.0190 | 913158 | 0.012395 |
| 498 | 1.36 | 0.89 | 0.47 | 173.50 | 113.90 | 59.60 | 12.485 | 12.447 | 0.038 | 0.0190 | 599474 | 0.012395 |
| 499 | 1.37 | 0.90 | 0.46 | 173.80 | 115.00 | 58.80 | 12.472 | 12.447 | 0.025 | 0.0125 | 920000 | 0.012395 |
| 500 | 1.36 | 0.92 | 0.44 | 173.10 | 116.70 | 56.40 | 12.472 | 12.447 | 0.025 | 0.0125 | 933600 | 0.012395 |
| **Promedio** | 1.386 | 1.02 | 0.4591 | 176.500 | 130.2400 | 58.46000 | | | 0.0328 | 0.0164000 | 812299 | 0.012395 |
| **Des. Estándar** | 0.055298 | 0.177628 | 0.008655 | 7.040739 | 22.616242 | 1.101998 | | | 0.006369 | 0.003184 | 138186.799679 | 0.000000 |

UNSAAC
Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

## MÓDULO RESILIENTE

MTC E 108 - ASTM D 2216 - NTP 339.127

Standard Test Method of Laboratory Determination of Water Content of Soil and Rock

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:**<br>**N° de hoja:** | 27 de marzo del 2025<br>1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de determinación del Módulo Resiliente**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 2 | **% Tierra de Diatomeas** | 2 |

**secuencia 13 de 16**

**Presión de confinamiento: 103.4 psi**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 206.8 psi**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 496 | 2.39 | 1.68 | 0.71 | 303.90 | 213.30 | 90.60 | 12.993 | 12.841 | 0.152 | 0.0760 | 280658 | 0.014365 |
| 497 | 2.40 | 1.71 | 0.70 | 306.10 | 217.40 | 88.70 | 12.993 | 12.841 | 0.152 | 0.0760 | 286053 | 0.014365 |
| 498 | 2.38 | 1.68 | 0.70 | 303.30 | 213.90 | 89.40 | 12.993 | 12.841 | 0.152 | 0.0760 | 281447 | 0.014365 |
| 499 | 2.39 | 1.69 | 0.70 | 304.10 | 214.90 | 89.20 | 12.993 | 12.841 | 0.152 | 0.0760 | 282763 | 0.014365 |
| 500 | 2.42 | 1.72 | 0.70 | 307.60 | 218.70 | 88.90 | 12.993 | 12.828 | 0.165 | 0.0825 | 265091 | 0.0143 |
| **Promedio** | 2.395 | 1.69 | 0.7018 | 305.000 | 215.6400 | 89.36000 | | | 0.1546 | 0.0773000 | 279202 | 0.014352 |
| **Des. Estándar** | 0.012606 | 0.016291 | 0.005224 | 1.604992 | 2.074223 | 0.665132 | | | 0.005200 | 0.002600 | 7292.423373 | 0.000026 |

**secuencia 14 de 16**

**Presión de confinamiento: 137.9 psi**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 103.4 psi**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 496 | 1.61 | 1.00 | 0.61 | 205.20 | 126.90 | 78.30 | 12.879 | 12.828 | 0.051 | 0.0255 | 497647 | 0.0143 |
| 497 | 1.50 | 0.95 | 0.55 | 190.80 | 120.50 | 70.30 | 12.866 | 12.828 | 0.038 | 0.0190 | 634211 | 0.0143 |
| 498 | 1.61 | 1.04 | 0.56 | 204.70 | 132.80 | 71.90 | 12.866 | 12.841 | 0.025 | 0.0125 | 1062400 | 0.014365 |
| 499 | 1.62 | 1.01 | 0.61 | 206.80 | 128.60 | 78.20 | 12.866 | 12.841 | 0.025 | 0.0125 | 1028800 | 0.014365 |
| 500 | 1.50 | 0.88 | 0.61 | 190.40 | 112.60 | 77.80 | 12.866 | 12.841 | 0.025 | 0.0125 | 900800 | 0.014365 |
| **Promedio** | 1.567 | 0.98 | 0.5914 | 199.580 | 124.2800 | 75.30000 | | | 0.0328 | 0.0164000 | 824772 | 0.014339 |
| **Des. Estándar** | 0.057852 | 0.055406 | 0.027257 | 7.365976 | 7.054474 | 3.470447 | | | 0.010400 | 0.005200 | 222350.691631 | 0.000032 |

**secuencia 15 de 16**

**Presión de confinamiento: 137.9 psi**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 137.9 psi**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 496 | 1.95 | 1.31 | 0.64 | 248.50 | 167.40 | 81.10 | 12.917 | 12.853 | 0.064 | 0.0320 | 523125 | 0.014425 |
| 497 | 1.76 | 1.11 | 0.65 | 223.90 | 141.70 | 82.20 | 12.904 | 12.853 | 0.051 | 0.0255 | 555686 | 0.014425 |
| 498 | 1.78 | 1.14 | 0.64 | 226.60 | 145.40 | 81.20 | 12.904 | 12.866 | 0.038 | 0.0190 | 765263 | 0.01449 |
| 499 | 1.76 | 1.12 | 0.64 | 224.20 | 142.50 | 81.70 | 12.904 | 12.853 | 0.051 | 0.0255 | 558824 | 0.014425 |
| 500 | 1.78 | 1.14 | 0.64 | 226.70 | 145.60 | 81.10 | 12.904 | 12.866 | 0.038 | 0.0190 | 766316 | 0.01449 |
| **Promedio** | 1.806 | 1.17 | 0.6398 | 229.980 | 148.5200 | 81.46000 | | | 0.0484 | 0.0242000 | 633843 | 0.014451 |
| **Des. Estándar** | 0.073303 | 0.075125 | 0.003391 | 9.333252 | 9.565229 | 0.431741 | | | 0.009728 | 0.004864 | 108457.519871 | 0.000032 |

**secuencia 16 de 16**

**Presión de confinamiento: 137.9 psi**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 275.8 psi**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 496 | 3.02 | 2.37 | 0.66 | 385.10 | 301.20 | 83.90 | 13.654 | 13.476 | 0.178 | 0.0890 | 338427 | 0.01754 |
| 497 | 3.07 | 2.42 | 0.65 | 391.10 | 308.50 | 82.60 | 13.667 | 13.463 | 0.204 | 0.1020 | 302451 | 0.017475 |
| 498 | 3.05 | 2.40 | 0.66 | 388.90 | 305.10 | 83.80 | 13.667 | 13.489 | 0.178 | 0.0890 | 342809 | 0.017605 |
| 499 | 3.06 | 2.40 | 0.66 | 389.60 | 305.80 | 83.80 | 13.667 | 13.476 | 0.191 | 0.0955 | 320209 | 0.01754 |
| 500 | 3.07 | 2.42 | 0.65 | 391.10 | 308.70 | 82.40 | 13.679 | 13.476 | 0.203 | 0.1015 | 304138 | 0.01754 |
| **Promedio** | 3.056 | 2.40 | 0.6542 | 389.160 | 305.8600 | 83.30000 | | | 0.1908 | 0.0954000 | 321607 | 0.01754 |
| **Des. Estándar** | 0.017304 | 0.021461 | 0.005162 | 2.203270 | 2.732471 | 0.657267 | | | 0.011409 | 0.005704 | 16772.061708 | 0.000041 |

## MÓDULO RESILIENTE

MTC E 108 - ASTM D 2216 - NTP 339.127

Standard Test Method of Laboratory Determination of Water Content of Soil and Rock

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 11 de abril del 2025 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material Extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de determinación del Módulo Resiliente**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 3 | **% Tierra de Diatomeas** | 2 |

**secuencia 1 de 16**

**Presión de confinamiento: 103.4 kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 103.4 kpa**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 496 | 1.32 | 0.83 | 0.49 | 168.40 | 105.50 | 62.90 | 11.188 | 11.163 | 0.025 | 0.0125 | 844000 | 0.005975 |
| 497 | 1.31 | 0.81 | 0.50 | 167.20 | 103.50 | 63.70 | 11.188 | 11.162 | 0.026 | 0.0130 | 796154 | 0.00597 |
| 498 | 1.32 | 0.83 | 0.50 | 168.50 | 105.30 | 63.20 | 11.188 | 11.163 | 0.025 | 0.0125 | 842400 | 0.005975 |
| 499 | 1.30 | 0.79 | 0.51 | 165.50 | 101.20 | 64.30 | 11.188 | 11.164 | 0.024 | 0.0120 | 843333 | 0.00598 |
| 500 | 1.32 | 0.83 | 0.50 | 168.30 | 105.10 | 63.20 | 11.188 | 11.163 | 0.025 | 0.0125 | 840800 | 0.005975 |
| **Promedio** | 1.316 | 0.82 | 0.4984 | 167.580 | 104.1200 | 63.46000 | | | 0.025 | 0.0125000 | 833337 | 0.005975 |
| **Des. Estándar** | 0.008960 | 0.012746 | 0.003867 | 1.140877 | 1.622837 | 0.492341 | | | 0.000632 | 0.000316 | 18622.822107 | 0.000003 |

**secuencia 2 de 16**

**Presión de confinamiento: 20.7 kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 20.7 kpa**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 496 | 0.71 | 0.20 | 0.51 | 90.80 | 25.90 | 64.90 | 11.061 | 11.048 | 0.013 | 0.0065 | 398462 | 0.0054 |
| 497 | 0.75 | 0.23 | 0.52 | 95.00 | 29.20 | 65.80 | 11.061 | 11.048 | 0.013 | 0.0065 | 449231 | 0.0054 |
| 498 | 0.71 | 0.20 | 0.51 | 90.90 | 25.90 | 65.00 | 11.061 | 11.049 | 0.012 | 0.0060 | 431667 | 0.005405 |
| 499 | 0.71 | 0.20 | 0.51 | 90.60 | 25.20 | 65.40 | 11.061 | 11.049 | 0.012 | 0.0060 | 420000 | 0.005405 |
| 500 | 0.71 | 0.20 | 0.52 | 90.80 | 25.20 | 65.60 | 11.061 | 11.047 | 0.014 | 0.0070 | 360000 | 0.005395 |
| **Promedio** | 0.720 | 0.21 | 0.5132 | 91.620 | 26.2800 | 65.34000 | | | 0.0128 | 0.0064000 | 411872 | 0.005401 |
| **Des. Estándar** | 0.013295 | 0.011727 | 0.002703 | 1.692808 | 1.493185 | 0.344093 | | | 0.000748 | 0.000374 | 30737.975579 | 0.000004 |

**secuencia 3 de 16**

**Presión de confinamiento: 20.7 psi**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 41.4 psi**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 496 | 0.88 | 0.40 | 0.48 | 112.40 | 51.10 | 61.30 | 11.061 | 11.049 | 0.012 | 0.0060 | 851667 | 0.005405 |
| 497 | 0.87 | 0.39 | 0.48 | 111.10 | 50.20 | 60.90 | 11.061 | 11.049 | 0.012 | 0.0060 | 836667 | 0.005405 |
| 498 | 0.95 | 0.46 | 0.48 | 120.60 | 59.10 | 61.50 | 11.061 | 11.049 | 0.012 | 0.0060 | 985000 | 0.005405 |
| 499 | 0.88 | 0.40 | 0.48 | 111.50 | 50.30 | 61.20 | 11.061 | 11.049 | 0.012 | 0.0060 | 838333 | 0.005405 |
| 500 | 0.88 | 0.40 | 0.48 | 112.30 | 51.10 | 61.20 | 11.061 | 11.049 | 0.012 | 0.0060 | 851667 | 0.005405 |
| **Promedio** | 0.892 | 0.41 | 0.4808 | 113.580 | 52.3600 | 61.22000 | | | 0.012 | 0.0060000 | 872667 | 0.005405 |
| **Des. Estándar** | 0.027832 | 0.026637 | 0.001523 | 3.543670 | 3.391519 | 0.193907 | | | 0.000000 | 0.000000 | 56525.313897 | 0.000000 |

**secuencia 4 de 16**

**Presión de confinamiento: 20.7 psi**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 62.1 psi**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 496 | 1.11 | 0.63 | 0.48 | 140.70 | 80.00 | 60.70 | 11.188 | 11.163 | 0.025 | 0.0125 | 640000 | 0.005975 |
| 497 | 1.10 | 0.63 | 0.47 | 140.60 | 80.40 | 60.20 | 11.188 | 11.162 | 0.026 | 0.0130 | 618462 | 0.00597 |
| 498 | 1.10 | 0.63 | 0.47 | 139.90 | 79.80 | 60.10 | 11.188 | 11.163 | 0.025 | 0.0125 | 638400 | 0.005975 |
| 499 | 1.09 | 0.61 | 0.49 | 139.20 | 77.40 | 61.80 | 11.188 | 11.164 | 0.024 | 0.0120 | 645000 | 0.00598 |
| 500 | 1.22 | 0.74 | 0.47 | 155.10 | 94.80 | 60.30 | 11.188 | 11.163 | 0.025 | 0.0125 | 758400 | 0.005975 |
| **Promedio** | 1.124 | 0.65 | 0.4761 | 143.100 | 82.4800 | 60.62000 | | | 0.025 | 0.0125000 | 660052 | 0.005975 |
| **Des. Estándar** | 0.047315 | 0.049079 | 0.004902 | 6.024284 | 6.248968 | 0.624179 | | | 0.000632 | 0.000316 | 49999.100205 | 0.000003 |

## MÓDULO RESILIENTE

MTC E 108 - ASTM D 2216 - NTP 339.127

Standard Test Method of Laboratory Determination of Water Content of Soil and Rock

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 11 de abril del 2025 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material Extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de determinación del Módulo Resiliente**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 3 | **% Tierra de Diatomeas** | 2 |

**secuencia 5 de 16**

**Presión de confinamiento: 34.5 psi**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 34.5 psi**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada KN | Carga cíclica desviadora aplicada KN | Carga desviadora de contacto aplicada KN | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado kpa | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado kpa | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado kpa | D Max mm | D min mm | Deformación Recuperable mm | Tensión resiliente % | Módulo resiliente kPa | Tensión permanente % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 496 | 0.80 | 0.33 | 0.47 | 101.70 | 42.10 | 59.60 | 11.1 | 11.087 | 0.013 | 0.0065 | 647692 | 0.005595 |
| 497 | 0.80 | 0.33 | 0.47 | 101.50 | 42.00 | 59.50 | 11.112 | 11.049 | 0.063 | 0.0315 | 133333 | 0.005405 |
| 498 | 0.80 | 0.33 | 0.47 | 101.70 | 41.80 | 59.90 | 11.1 | 11.087 | 0.013 | 0.0065 | 643077 | 0.005595 |
| 499 | 0.80 | 0.33 | 0.47 | 102.00 | 42.20 | 59.80 | 11.1 | 11.087 | 0.013 | 0.0065 | 649231 | 0.005595 |
| 500 | 0.87 | 0.39 | 0.48 | 110.50 | 49.50 | 61.00 | 11.1 | 11.074 | 0.026 | 0.0130 | 380769 | 0.00553 |
| **Promedio** | 0.813 | 0.34 | 0.4709 | 103.480 | 43.5200 | 59.96000 | | | 0.0256 | 0.0128000 | 490821 | 0.005544 |
| **Des. Estándar** | 0.027596 | 0.023506 | 0.004232 | 3.513631 | 2.992925 | 0.538888 | | | 0.019366 | 0.009683 | 206297.334934 | 0.000074 |

**secuencia 6 de 16**

**Presión de confinamiento: 34.5 psi**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 68.9 psi**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada KN | Carga cíclica desviadora aplicada KN | Carga desviadora de contacto aplicada KN | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado kpa | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado kpa | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado kpa | D Max mm | D min mm | Deformación Recuperable mm | Tensión resiliente % | Módulo resiliente kPa | Tensión permanente % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 496 | 1.28 | 0.81 | 0.47 | 162.90 | 102.60 | 60.30 | 11.138 | 11.112 | 0.026 | 0.0130 | 789231 | 0.00572 |
| 497 | 1.17 | 0.71 | 0.47 | 149.60 | 90.00 | 59.60 | 11.138 | 11.112 | 0.026 | 0.0130 | 692308 | 0.00572 |
| 498 | 1.17 | 0.71 | 0.45 | 148.40 | 91.00 | 57.40 | 11.125 | 11.1 | 0.025 | 0.0125 | 728000 | 0.00566 |
| 499 | 1.27 | 0.79 | 0.47 | 161.30 | 100.90 | 60.40 | 11.125 | 11.1 | 0.025 | 0.0125 | 807200 | 0.00566 |
| 500 | 1.17 | 0.72 | 0.45 | 149.30 | 92.00 | 57.30 | 11.125 | 11.112 | 0.013 | 0.0065 | 1415385 | 0.00572 |
| **Promedio** | 1.212 | 0.75 | 0.4634 | 154.300 | 95.3000 | 59.00000 | | | 0.023 | 0.0115000 | 886425 | 0.005696 |
| **Des. Estándar** | 0.050273 | 0.041873 | 0.010803 | 6.400937 | 5.331416 | 1.375500 | | | 0.005020 | 0.002510 | 267694.454032 | 0.000029 |

**secuencia 7 de 16**

**Presión de confinamiento: 34.5 psi**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 103.4 psi**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada KN | Carga cíclica desviadora aplicada KN | Carga desviadora de contacto aplicada KN | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado kpa | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado kpa | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado kpa | D Max mm | D min mm | Deformación Recuperable mm | Tensión resiliente % | Módulo resiliente kPa | Tensión permanente % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 496 | 1.32 | 0.71 | 0.61 | 167.60 | 90.20 | 77.40 | 11.201 | 11.163 | 0.038 | 0.0190 | 474737 | 0.005975 |
| 497 | 1.51 | 0.91 | 0.60 | 192.50 | 115.80 | 76.70 | 11.239 | 11.163 | 0.076 | 0.0380 | 304737 | 0.005975 |
| 498 | 1.39 | 0.78 | 0.61 | 176.50 | 99.00 | 77.50 | 11.227 | 11.176 | 0.051 | 0.0255 | 388235 | 0.00604 |
| 499 | 1.52 | 0.91 | 0.60 | 193.20 | 116.30 | 76.90 | 11.239 | 11.176 | 0.063 | 0.0315 | 369206 | 0.00604 |
| 500 | 1.39 | 0.79 | 0.60 | 177.60 | 100.70 | 76.90 | 11.227 | 11.176 | 0.051 | 0.0255 | 394902 | 0.00604 |
| **Promedio** | 1.425 | 0.82 | 0.6054 | 181.480 | 104.4000 | 77.08000 | | | 0.0558 | 0.0279000 | 386363 | 0.006014 |
| **Des. Estándar** | 0.077854 | 0.079791 | 0.002454 | 9.912699 | 10.159331 | 0.312410 | | | 0.012828 | 0.006414 | 54485.843341 | 0.000032 |

**secuencia 8 de 16**

**Presión de confinamiento: 68.9 psi**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 68.9 psi**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada KN | Carga cíclica desviadora aplicada KN | Carga desviadora de contacto aplicada KN | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado kpa | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado kpa | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado kpa | D Max mm | D min mm | Deformación Recuperable mm | Tensión resiliente % | Módulo resiliente kPa | Tensión permanente % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 496 | 1.15 | 0.70 | 0.45 | 146.80 | 89.70 | 57.10 | 11.201 | 11.188 | 0.013 | 0.0065 | 1380000 | 0.0061 |
| 497 | 1.28 | 0.84 | 0.44 | 162.80 | 106.50 | 56.30 | 11.201 | 11.188 | 0.013 | 0.0065 | 1638462 | 0.0061 |
| 498 | 1.17 | 0.73 | 0.44 | 149.20 | 93.00 | 56.20 | 11.201 | 11.188 | 0.013 | 0.0065 | 1430769 | 0.0061 |
| 499 | 1.27 | 0.82 | 0.45 | 161.20 | 104.50 | 56.70 | 11.214 | 11.188 | 0.026 | 0.0130 | 803846 | 0.0061 |
| 500 | 1.13 | 0.68 | 0.45 | 144.10 | 86.30 | 57.80 | 11.201 | 11.188 | 0.013 | 0.0065 | 1327692 | 0.0061 |
| **Promedio** | 1.200 | 0.75 | 0.4463 | 152.820 | 96.0000 | 56.82000 | | | 0.0156 | 0.0078000 | 1316154 | 0.0061 |
| **Des. Estándar** | 0.060349 | 0.063348 | 0.004590 | 7.683853 | 8.065730 | 0.584466 | | | 0.005200 | 0.002600 | 277015.369236 | 0.000000 |

## MÓDULO RESILIENTE

MTC E 108 - ASTM D 2216 - NTP 339.127

Standard Test Method of Laboratory Determination of Water Content of Soil and Rock

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 11 de abril del 2025 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material Extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | | |
| **Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de determinación del Módulo Resiliente** | | | |
| **% Aceite Residual Degradado** | 3 | **% Tierra de Diatomeas** | 2 |

**secuencia 9 de 16**

**Presión de confinamiento: 68.9 psi**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 137.9 psi**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 496 | 1.66 | 1.03 | 0.63 | 211.80 | 131.00 | 80.80 | 11.303 | 11.252 | 0.051 | 0.0255 | 513725 | 0.00642 |
| 497 | 1.60 | 1.07 | 0.53 | 203.90 | 136.20 | 67.70 | 11.29 | 11.252 | 0.038 | 0.0190 | 716842 | 0.00642 |
| 498 | 1.68 | 1.16 | 0.52 | 213.80 | 147.10 | 66.70 | 11.303 | 11.239 | 0.064 | 0.0320 | 459688 | 0.006355 |
| 499 | 1.65 | 1.11 | 0.54 | 210.00 | 141.40 | 68.60 | 11.303 | 11.239 | 0.064 | 0.0320 | 441875 | 0.006355 |
| 500 | 1.52 | 0.88 | 0.63 | 193.10 | 112.60 | 80.50 | 11.277 | 11.252 | 0.025 | 0.0125 | 900800 | 0.00642 |
| **Promedio** | 1.622 | 1.05 | 0.5722 | 206.520 | 133.6600 | 72.86000 | | | 0.0484 | 0.0242000 | 606586 | 0.006394 |
| **Des. Estándar** | 0.058768 | 0.092770 | 0.050183 | 7.482620 | 11.811791 | 6.389554 | | | 0.015160 | 0.007580 | 176663.659901 | 0.000032 |

**secuencia 10 de 16**

**Presión de confinamiento: 68.9 psi**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 206.8 psi**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 496 | 2.01 | 1.58 | 0.43 | 256.30 | 201.00 | 55.30 | 11.659 | 11.519 | 0.14 | 0.0700 | 287143 | 0.007755 |
| 497 | 2.27 | 1.83 | 0.44 | 288.60 | 232.50 | 56.10 | 11.697 | 11.519 | 0.178 | 0.0890 | 261236 | 0.007755 |
| 498 | 2.00 | 1.57 | 0.43 | 255.00 | 200.00 | 55.00 | 11.671 | 11.519 | 0.152 | 0.0760 | 263158 | 0.007755 |
| 499 | 1.97 | 1.53 | 0.44 | 251.40 | 195.30 | 56.10 | 11.659 | 11.519 | 0.14 | 0.0700 | 279000 | 0.007755 |
| 500 | 2.27 | 1.83 | 0.45 | 289.10 | 232.40 | 56.70 | 11.697 | 11.519 | 0.178 | 0.0890 | 261124 | 0.007755 |
| **Promedio** | 2.105 | 1.67 | 0.4386 | 268.080 | 212.2400 | 55.84000 | | | 0.1576 | 0.0788000 | 270332 | 0.007755 |
| **Des. Estándar** | 0.133794 | 0.130481 | 0.004806 | 17.035187 | 16.613320 | 0.611882 | | | 0.017223 | 0.008612 | 10740.015597 | 0.000000 |

**secuencia 11 de 16**

**Presión de confinamiento: 103.4 psi**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 68.9 psi**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 496 | 1.03 | 0.68 | 0.35 | 131.60 | 86.90 | 44.70 | 11.557 | 11.532 | 0.025 | 0.0125 | 695200 | 0.00782 |
| 497 | 1.05 | 0.69 | 0.36 | 133.90 | 88.30 | 45.60 | 11.557 | 11.544 | 0.013 | 0.0065 | 1358462 | 0.00788 |
| 498 | 1.05 | 0.70 | 0.35 | 134.10 | 89.10 | 45.00 | 11.557 | 11.532 | 0.025 | 0.0125 | 712800 | 0.00782 |
| 499 | 1.05 | 0.69 | 0.36 | 133.60 | 88.00 | 45.60 | 11.557 | 11.544 | 0.013 | 0.0065 | 1353846 | 0.00788 |
| 500 | 1.05 | 0.71 | 0.35 | 134.00 | 90.00 | 44.00 | 11.557 | 11.532 | 0.025 | 0.0125 | 720000 | 0.00782 |
| **Promedio** | 1.048 | 0.69 | 0.3533 | 133.440 | 88.4600 | 44.98000 | | | 0.0202 | 0.0101000 | 968062 | 0.007844 |
| **Des. Estándar** | 0.007344 | 0.008201 | 0.004723 | 0.935094 | 1.044222 | 0.601332 | | | 0.005879 | 0.002939 | 316982.122058 | 0.000029 |

**secuencia 12 de 16**

**Presión de confinamiento: 103.4 psi**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 103.4 psi**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 496 | 1.36 | 0.96 | 0.40 | 173.60 | 122.20 | 51.40 | 11.595 | 11.557 | 0.038 | 0.0190 | 643158 | 0.007945 |
| 497 | 1.23 | 0.84 | 0.39 | 156.80 | 106.60 | 50.20 | 11.595 | 11.557 | 0.038 | 0.0190 | 561053 | 0.007945 |
| 498 | 1.24 | 0.86 | 0.39 | 158.30 | 109.00 | 49.30 | 11.595 | 11.57 | 0.025 | 0.0125 | 872000 | 0.00801 |
| 499 | 1.25 | 0.86 | 0.39 | 158.80 | 109.20 | 49.60 | 11.595 | 11.57 | 0.025 | 0.0125 | 873600 | 0.00801 |
| 500 | 1.35 | 1.00 | 0.36 | 172.50 | 126.90 | 45.60 | 11.608 | 11.557 | 0.051 | 0.0255 | 497647 | 0.007945 |
| **Promedio** | 1.288 | 0.90 | 0.3866 | 164.000 | 114.7800 | 49.22000 | | | 0.0354 | 0.0177000 | 689492 | 0.007971 |
| **Des. Estándar** | 0.058329 | 0.064135 | 0.015297 | 7.426709 | 8.165880 | 1.947717 | | | 0.009728 | 0.004864 | 156622.429973 | 0.000032 |

## MÓDULO RESILIENTE

MTC E 108 - ASTM D 2216 - NTP 339.127

Standard Test Method of Laboratory Determination of Water Content of Soil and Rock

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Titulo de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 11 de abril del 2025 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Saylla | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material Extraído de la cantera de Saylla |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de determinación del Módulo Resiliente**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 3 | **% Tierra de Diatomeas** | 2 |

**secuencia 13 de 16**

**Presión de confinamiento: 103.4 psi**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 206.8 psi**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 496 | 2.52 | 2.01 | 0.51 | 320.80 | 256.40 | 64.40 | 11.849 | 11.697 | 0.152 | 0.0760 | 337368 | 0.008645 |
| 497 | 2.20 | 1.68 | 0.53 | 280.60 | 213.60 | 67.00 | 11.837 | 11.71 | 0.127 | 0.0635 | 336378 | 0.00871 |
| 498 | 2.22 | 1.71 | 0.51 | 282.40 | 217.10 | 65.30 | 11.837 | 11.697 | 0.14 | 0.0700 | 310143 | 0.008645 |
| 499 | 2.51 | 2.01 | 0.50 | 319.70 | 255.50 | 64.20 | 11.849 | 11.71 | 0.139 | 0.0695 | 367626 | 0.00871 |
| 500 | 2.19 | 1.67 | 0.53 | 279.40 | 212.30 | 67.10 | 11.837 | 11.697 | 0.14 | 0.0700 | 303286 | 0.008645 |
| **Promedio** | 2.329 | 1.81 | 0.5152 | 296.580 | 230.9800 | 65.60000 | | | 0.1396 | 0.0698000 | 330960 | 0.008671 |
| **Des. Estándar** | 0.152000 | 0.160616 | 0.009747 | 19.353181 | 20.450271 | 1.240967 | | | 0.007915 | 0.003957 | 22864.950334 | 0.000032 |

**secuencia 14 de 16**

**Presión de confinamiento: 137.9 psi**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 103.4 psi**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 496 | 1.45 | 1.01 | 0.44 | 184.60 | 128.40 | 56.20 | 11.748 | 11.722 | 0.026 | 0.0130 | 987692 | 0.00877 |
| 497 | 1.48 | 1.06 | 0.42 | 187.90 | 135.00 | 52.90 | 11.748 | 11.722 | 0.026 | 0.0130 | 1038462 | 0.00877 |
| 498 | 1.28 | 0.85 | 0.43 | 163.30 | 108.00 | 55.30 | 11.735 | 11.722 | 0.013 | 0.0065 | 1661538 | 0.00877 |
| 499 | 1.30 | 0.88 | 0.42 | 165.70 | 111.80 | 53.90 | 11.748 | 11.722 | 0.026 | 0.0130 | 860000 | 0.00877 |
| 500 | 1.29 | 0.89 | 0.41 | 164.40 | 112.70 | 51.70 | 11.748 | 11.722 | 0.026 | 0.0130 | 866923 | 0.00877 |
| **Promedio** | 1.360 | 0.94 | 0.4241 | 173.180 | 119.1800 | 54.00000 | | | 0.0234 | 0.0117000 | 1082923 | 0.00877 |
| **Des. Estándar** | 0.084426 | 0.082876 | 0.012684 | 10.749400 | 10.552042 | 1.614930 | | | 0.005200 | 0.002600 | 297386.008194 | 0.000000 |

**secuencia 15 de 16**

**Presión de confinamiento: 137.9 psi**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 137.9 psi**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 496 | 1.54 | 1.09 | 0.44 | 195.60 | 139.10 | 56.50 | 11.773 | 11.71 | 0.063 | 0.0315 | 441587 | 0.00871 |
| 497 | 1.52 | 1.08 | 0.44 | 193.10 | 137.50 | 55.60 | 11.76 | 11.722 | 0.038 | 0.0190 | 723684 | 0.00877 |
| 498 | 1.53 | 1.09 | 0.44 | 194.60 | 138.80 | 55.80 | 11.76 | 11.722 | 0.038 | 0.0190 | 730526 | 0.00877 |
| 499 | 1.55 | 1.11 | 0.44 | 197.10 | 140.90 | 56.20 | 11.773 | 11.722 | 0.051 | 0.0255 | 552549 | 0.00877 |
| 500 | 1.53 | 1.10 | 0.43 | 194.50 | 139.90 | 54.60 | 11.773 | 11.722 | 0.051 | 0.0255 | 548627 | 0.00877 |
| **Promedio** | 1.531 | 1.09 | 0.4378 | 194.980 | 139.2400 | 55.74000 | | | 0.0482 | 0.0241000 | 599395 | 0.008758 |
| **Des. Estándar** | 0.010412 | 0.008908 | 0.005104 | 1.325745 | 1.134196 | 0.649923 | | | 0.009411 | 0.004705 | 111640.843265 | 0.000024 |

**secuencia 16 de 16**

**Presión de confinamiento: 137.9 psi**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 275.8 psi**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 496 | 3.05 | 2.45 | 0.60 | 388.90 | 312.00 | 76.90 | 12.18 | 12.053 | 0.127 | 0.0635 | 491339 | 0.010425 |
| 497 | 3.52 | 2.91 | 0.61 | 448.80 | 370.70 | 78.10 | 12.231 | 12.053 | 0.178 | 0.0890 | 416517 | 0.010425 |
| 498 | 3.01 | 2.31 | 0.70 | 382.70 | 293.90 | 88.80 | 12.205 | 12.053 | 0.152 | 0.0760 | 386711 | 0.010425 |
| 499 | 3.16 | 2.49 | 0.67 | 401.90 | 316.60 | 85.30 | 12.218 | 12.04 | 0.178 | 0.0890 | 355730 | 0.01036 |
| 500 | 3.10 | 2.34 | 0.76 | 394.90 | 298.10 | 96.80 | 12.205 | 12.053 | 0.152 | 0.0760 | 392237 | 0.010425 |
| **Promedio** | 3.169 | 2.50 | 0.6690 | 403.440 | 318.2600 | 85.18000 | | | 0.1574 | 0.0787000 | 408507 | 0.010412 |
| **Des. Estándar** | 0.185007 | 0.216284 | 0.057375 | 23.555857 | 27.538090 | 7.305176 | | | 0.019137 | 0.009569 | 45717.413094 | 0.000026 |

## MÓDULO RESILIENTE

MTC E 108 - ASTM D 2216 - NTP 339.127

Standard Test Method of Laboratory Determination of Water Content of Soil and Rock

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 18 de febrero del 2025 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de determinación del Módulo Resiliente**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

**secuencia 1 de 16**

**Presión de confinamiento: 103.4 kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 103.4 kpa**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 746 | 1.30 | 0.70 | 0.61 | 165.80 | 88.70 | 77.10 | 9.983 | 9.894 | 0.089 | 0.0445 | 199326 | 0.005575 |
| 747 | 1.28 | 0.68 | 0.60 | 163.30 | 86.60 | 76.70 | 9.996 | 9.907 | 0.089 | 0.0445 | 194607 | 0.00564 |
| 748 | 1.17 | 0.56 | 0.60 | 148.40 | 71.50 | 76.90 | 9.983 | 9.907 | 0.076 | 0.0380 | 188158 | 0.00564 |
| 749 | 1.16 | 0.56 | 0.61 | 148.20 | 70.80 | 77.40 | 9.971 | 9.894 | 0.077 | 0.0385 | 183896 | 0.005575 |
| 750 | 1.18 | 0.58 | 0.61 | 150.80 | 73.70 | 77.10 | 9.983 | 9.894 | 0.089 | 0.0445 | 165618 | 0.005575 |
| **Promedio** | 1.220 | 0.61 | 0.6051 | 155.300 | 78.2600 | 77.04000 | | | 0.084 | 0.0420000 | 186321 | 0.005601 |
| **Des. Estándar** | 0.060073 | 0.060907 | 0.001832 | 7.648791 | 7.754895 | 0.233238 | | | 0.006132 | 0.003066 | 11624.533451 | 0.000032 |

**secuencia 2 de 16**

**Presión de confinamiento: 20.7 kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 20.7 kpa**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 96 | 0.67 | 0.13 | 0.55 | 85.90 | 16.50 | 69.40 | 9.856 | 9.831 | 0.025 | 0.0125 | 132000 | 0.00526 |
| 97 | 0.67 | 0.14 | 0.53 | 85.30 | 17.30 | 68.00 | 9.869 | 9.83 | 0.039 | 0.0195 | 88718 | 0.005255 |
| 98 | 0.66 | 0.12 | 0.55 | 84.60 | 14.80 | 69.80 | 9.856 | 9.831 | 0.025 | 0.0125 | 118400 | 0.00526 |
| 99 | 0.67 | 0.13 | 0.55 | 85.80 | 16.10 | 69.70 | 9.856 | 9.831 | 0.025 | 0.0125 | 128800 | 0.00526 |
| 100 | 0.69 | 0.14 | 0.55 | 88.00 | 18.30 | 69.70 | 9.856 | 9.83 | 0.026 | 0.0130 | 140769 | 0.005255 |
| **Promedio** | 0.675 | 0.13 | 0.5444 | 85.920 | 16.6000 | 69.32000 | | | 0.028 | 0.0140000 | 121737 | 0.005258 |
| **Des. Estándar** | 0.008933 | 0.009213 | 0.005290 | 1.137365 | 1.173030 | 0.673498 | | | 0.005514 | 0.002757 | 17993.522510 | 0.000002 |

**secuencia 3 de 16**

**Presión de confinamiento: 20.7 kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 41.4 kpa**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 96 | 0.86 | 0.30 | 0.56 | 109.50 | 37.90 | 71.60 | 9.869 | 9.844 | 0.025 | 0.0125 | 303200 | 0.005325 |
| 97 | 0.82 | 0.25 | 0.57 | 104.00 | 32.00 | 72.00 | 9.869 | 9.845 | 0.024 | 0.0120 | 266667 | 0.00533 |
| 98 | 0.82 | 0.26 | 0.56 | 104.40 | 32.80 | 71.60 | 9.869 | 9.845 | 0.024 | 0.0120 | 273333 | 0.00533 |
| 99 | 0.82 | 0.25 | 0.56 | 103.80 | 31.90 | 71.90 | 9.869 | 9.845 | 0.024 | 0.0120 | 265833 | 0.00533 |
| 100 | 0.86 | 0.29 | 0.57 | 109.60 | 36.90 | 72.70 | 9.882 | 9.844 | 0.038 | 0.0190 | 194211 | 0.005325 |
| **Promedio** | 0.835 | 0.27 | 0.5652 | 106.260 | 34.3000 | 71.96000 | | | 0.027 | 0.0135000 | 260649 | 0.005328 |
| **Des. Estándar** | 0.021154 | 0.020183 | 0.003165 | 2.693399 | 2.569825 | 0.402989 | | | 0.005514 | 0.002757 | 35912.784138 | 0.000002 |

**secuencia 4 de 16**

**Presión de confinamiento: 20.7 kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 62.1 kpa**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 96 | 1.06 | 0.46 | 0.59 | 134.60 | 59.20 | 75.40 | 9.932 | 9.869 | 0.063 | 0.0315 | 187937 | 0.00545 |
| 97 | 1.05 | 0.46 | 0.59 | 133.70 | 58.60 | 75.10 | 9.932 | 9.869 | 0.063 | 0.0315 | 186032 | 0.00545 |
| 98 | 1.05 | 0.47 | 0.59 | 134.10 | 59.60 | 74.50 | 9.945 | 9.87 | 0.075 | 0.0375 | 158933 | 0.005455 |
| 99 | 0.97 | 0.40 | 0.57 | 124.10 | 51.50 | 72.60 | 9.92 | 9.868 | 0.052 | 0.0260 | 198077 | 0.005445 |
| 100 | 0.97 | 0.43 | 0.54 | 123.40 | 54.20 | 69.20 | 9.92 | 9.868 | 0.052 | 0.0260 | 208462 | 0.005445 |
| **Promedio** | 1.021 | 0.44 | 0.5762 | 129.980 | 56.6200 | 73.36000 | | | 0.061 | 0.0305000 | 187888 | 0.005449 |
| **Des. Estándar** | 0.040052 | 0.025213 | 0.018038 | 5.099569 | 3.210234 | 2.296606 | | | 0.008556 | 0.004278 | 16546.331266 | 0.000004 |

UNSAAC
Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

## MÓDULO RESILIENTE

MTC E 108 - ASTM D 2216 - NTP 339.127

Standard Test Method of Laboratory Determination of Water Content of Soil and Rock

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 18 de febrero del 2025 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de determinación del Módulo Resiliente**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

**secuencia 5 de 16**

**Presión de confinamiento: 34.5 kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 34.5 kpa**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada KN | Carga cíclica desviadora aplicada KN | Carga desviadora de contacto aplicada KN | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado kpa | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado kpa | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado kpa | D Max mm | D min mm | Deformación Recuperable mm | Tensión resiliente % | Módulo resiliente kPa | Tensión permanente % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 96 | 0.80 | 0.25 | 0.55 | 102.00 | 31.60 | 70.40 | 9.92 | 9.882 | 0.038 | 0.0190 | 166316 | 0.005515 |
| 97 | 0.80 | 0.31 | 0.49 | 102.20 | 39.20 | 63.00 | 9.907 | 9.881 | 0.026 | 0.0130 | 301538 | 0.00551 |
| 98 | 0.76 | 0.20 | 0.55 | 96.20 | 25.60 | 70.60 | 9.907 | 9.882 | 0.025 | 0.0125 | 204800 | 0.005515 |
| 99 | 0.80 | 0.24 | 0.56 | 102.10 | 30.70 | 71.40 | 9.92 | 9.883 | 0.037 | 0.0185 | 165946 | 0.00552 |
| 100 | 0.81 | 0.25 | 0.56 | 102.80 | 31.60 | 71.20 | 9.92 | 9.883 | 0.037 | 0.0185 | 170811 | 0.00552 |
| **Promedio** | 0.794 | 0.25 | 0.5444 | 101.060 | 31.7400 | 69.32000 | | | 0.0326 | 0.0163000 | 201882 | 0.005516 |
| **Des. Estándar** | 0.019210 | 0.034139 | 0.024987 | 2.445895 | 4.346769 | 3.181446 | | | 0.005817 | 0.002909 | 51887.761871 | 0.000004 |

**secuencia 6 de 16**

**Presión de confinamiento: 34.5 kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 68.9 kpa**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada KN | Carga cíclica desviadora aplicada KN | Carga desviadora de contacto aplicada KN | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado kpa | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado kpa | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado kpa | D Max mm | D min mm | Deformación Recuperable mm | Tensión resiliente % | Módulo resiliente kPa | Tensión permanente % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 96 | 1.03 | 0.44 | 0.59 | 131.60 | 56.00 | 75.60 | 9.945 | 9.894 | 0.051 | 0.0255 | 219608 | 0.005575 |
| 97 | 1.04 | 0.44 | 0.59 | 132.20 | 56.60 | 75.60 | 9.945 | 9.893 | 0.052 | 0.0260 | 217692 | 0.00557 |
| 98 | 1.03 | 0.44 | 0.59 | 131.00 | 56.20 | 74.80 | 9.932 | 9.894 | 0.038 | 0.0190 | 295789 | 0.005575 |
| 99 | 1.03 | 0.43 | 0.60 | 131.70 | 55.10 | 76.60 | 9.932 | 9.893 | 0.039 | 0.0195 | 282564 | 0.00557 |
| 100 | 1.04 | 0.44 | 0.60 | 132.40 | 56.40 | 76.00 | 9.932 | 9.893 | 0.039 | 0.0195 | 289231 | 0.00557 |
| **Promedio** | 1.035 | 0.44 | 0.5947 | 131.780 | 56.0600 | 75.72000 | | | 0.0438 | 0.0219000 | 260977 | 0.005572 |
| **Des. Estándar** | 0.003860 | 0.004084 | 0.004617 | 0.491528 | 0.520000 | 0.587878 | | | 0.006306 | 0.003153 | 34817.117987 | 0.000002 |

**secuencia 7 de 16**

**Presión de confinamiento: 34.5 kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 103.4 kpa**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada KN | Carga cíclica desviadora aplicada KN | Carga desviadora de contacto aplicada KN | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado kpa | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado kpa | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado kpa | D Max mm | D min mm | Deformación Recuperable mm | Tensión resiliente % | Módulo resiliente kPa | Tensión permanente % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 96 | 1.24 | 0.63 | 0.61 | 158.00 | 79.80 | 78.20 | 10.072 | 9.97 | 0.102 | 0.0510 | 156471 | 0.005955 |
| 97 | 1.24 | 0.62 | 0.62 | 157.90 | 79.00 | 78.90 | 10.072 | 9.971 | 0.101 | 0.0505 | 156436 | 0.00596 |
| 98 | 1.24 | 0.63 | 0.61 | 158.50 | 80.40 | 78.10 | 10.072 | 9.971 | 0.101 | 0.0505 | 159208 | 0.00596 |
| 99 | 1.24 | 0.63 | 0.61 | 157.80 | 79.60 | 78.20 | 10.072 | 9.971 | 0.101 | 0.0505 | 157624 | 0.00596 |
| 100 | 1.24 | 0.63 | 0.61 | 158.10 | 79.90 | 78.20 | 10.072 | 9.972 | 0.1 | 0.0500 | 159800 | 0.005965 |
| **Promedio** | 1.241 | 0.63 | 0.6151 | 158.060 | 79.7400 | 78.32000 | | | 0.101 | 0.0505000 | 157908 | 0.00596 |
| **Des. Estándar** | 0.001898 | 0.003568 | 0.002298 | 0.241661 | 0.454313 | 0.292575 | | | 0.000632 | 0.000316 | 1384.502386 | 0.000003 |

**secuencia 8 de 16**

**Presión de confinamiento: 68.9 kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 68.9 kpa**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada KN | Carga cíclica desviadora aplicada KN | Carga desviadora de contacto aplicada KN | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado kpa | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado kpa | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado kpa | D Max mm | D min mm | Deformación Recuperable mm | Tensión resiliente % | Módulo resiliente kPa | Tensión permanente % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 96 | 1.15 | 0.55 | 0.60 | 146.60 | 70.50 | 76.10 | 10.059 | 9.996 | 0.063 | 0.0315 | 223810 | 0.006085 |
| 97 | 1.15 | 0.56 | 0.59 | 146.40 | 71.60 | 74.80 | 10.059 | 9.996 | 0.063 | 0.0315 | 227302 | 0.006085 |
| 98 | 1.06 | 0.46 | 0.60 | 135.00 | 59.00 | 76.00 | 10.047 | 9.994 | 0.053 | 0.0265 | 222642 | 0.006075 |
| 99 | 1.06 | 0.46 | 0.60 | 134.40 | 58.50 | 75.90 | 10.047 | 9.995 | 0.052 | 0.0260 | 225000 | 0.00608 |
| 100 | 1.06 | 0.46 | 0.61 | 135.60 | 58.50 | 77.10 | 10.059 | 9.996 | 0.063 | 0.0315 | 185714 | 0.006085 |
| **Promedio** | 1.096 | 0.50 | 0.5967 | 139.600 | 63.6200 | 75.98000 | | | 0.0588 | 0.0294000 | 216893 | 0.006082 |
| **Des. Estándar** | 0.044351 | 0.047747 | 0.005737 | 5.646946 | 6.079276 | 0.730479 | | | 0.005154 | 0.002577 | 15665.618562 | 0.000004 |

## MÓDULO RESILIENTE

MTC E 108 - ASTM D 2216 - NTP 339.127

Standard Test Method of Laboratory Determination of Water Content of Soil and Rock

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:**<br>**N° de hoja:** | 18 de febrero del 2025<br>1 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |
| **Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de determinación del Módulo Resiliente** | | | |
| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

**secuencia 9 de 16**

**Presión de confinamiento: 68.9 kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 137.9 kpa**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | Esfuerzo desviador máximo aplicado ($\sigma_{1\,max}$) | Esfuerzo desviador cíclico aplicado ($\sigma_{1\,cyclic}$) | Esfuerzo desviador de contacto aplicado ($0.1(\sigma_{1\,max})$) | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 96 | 1.47 | 0.82 | 0.65 | 187.20 | 104.90 | 82.30 | 10.211 | 10.085 | 0.126 | 0.0630 | 166508 | 0.00653 |
| 97 | 1.34 | 0.69 | 0.65 | 170.50 | 88.20 | 82.30 | 10.186 | 10.086 | 0.1 | 0.0500 | 176400 | 0.006535 |
| 98 | 1.47 | 0.83 | 0.64 | 187.20 | 105.90 | 81.30 | 10.211 | 10.086 | 0.125 | 0.0625 | 169440 | 0.006535 |
| 99 | 1.47 | 0.83 | 0.65 | 187.80 | 105.50 | 82.30 | 10.224 | 10.085 | 0.139 | 0.0695 | 151799 | 0.00653 |
| 100 | 1.35 | 0.71 | 0.64 | 171.90 | 90.90 | 81.00 | 10.199 | 10.084 | 0.115 | 0.0575 | 158087 | 0.006525 |
| **Promedio** | 1.421 | 0.78 | 0.6428 | 180.920 | 99.0800 | 81.84000 | | | 0.121 | 0.0605000 | 164447 | 0.006531 |
| **Des. Estándar** | 0.062453 | 0.061531 | 0.004487 | 7.951704 | 7.834386 | 0.571314 | | | 0.012977 | 0.006488 | 8631.163017 | 0.000004 |

**secuencia 10 de 16**

**Presión de confinamiento: 68.9 kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 206.8 kpa**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | Esfuerzo desviador máximo aplicado ($\sigma_{1\,max}$) | Esfuerzo desviador cíclico aplicado ($\sigma_{1\,cyclic}$) | Esfuerzo desviador de contacto aplicado ($0.1(\sigma_{1\,max})$) | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 96 | 1.96 | 1.41 | 0.55 | 249.10 | 179.30 | 69.80 | 10.769 | 10.541 | 0.228 | 0.1140 | 157281 | 0.00881 |
| 97 | 1.97 | 1.43 | 0.54 | 250.40 | 182.00 | 68.40 | 10.769 | 10.541 | 0.228 | 0.1140 | 159649 | 0.00881 |
| 98 | 1.74 | 1.22 | 0.52 | 221.30 | 154.70 | 66.60 | 10.744 | 10.54 | 0.204 | 0.1020 | 151667 | 0.008805 |
| 99 | 1.94 | 1.40 | 0.54 | 247.00 | 177.70 | 69.30 | 10.757 | 10.554 | 0.203 | 0.1015 | 175074 | 0.008875 |
| 100 | 1.72 | 1.21 | 0.52 | 219.50 | 153.70 | 65.80 | 10.757 | 10.554 | 0.203 | 0.1015 | 151429 | 0.008875 |
| **Promedio** | 1.865 | 1.33 | 0.5339 | 237.460 | 169.4800 | 67.98000 | | | 0.2132 | 0.1066000 | 159020 | 0.008835 |
| **Des. Estándar** | 0.109824 | 0.098611 | 0.012110 | 13.983219 | 12.555541 | 1.541947 | | | 0.012090 | 0.006045 | 8635.388687 | 0.000033 |

**secuencia 11 de 16**

**Presión de confinamiento: 103.4 kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 68.9 kpa**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | Esfuerzo desviador máximo aplicado ($\sigma_{1\,max}$) | Esfuerzo desviador cíclico aplicado ($\sigma_{1\,cyclic}$) | Esfuerzo desviador de contacto aplicado ($0.1(\sigma_{1\,max})$) | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 96 | 0.94 | 0.48 | 0.46 | 120.30 | 61.40 | 58.90 | 10.579 | 10.541 | 0.038 | 0.0190 | 323158 | 0.00881 |
| 97 | 1.03 | 0.56 | 0.48 | 131.40 | 70.80 | 60.60 | 10.592 | 10.541 | 0.051 | 0.0255 | 277647 | 0.00881 |
| 98 | 1.04 | 0.56 | 0.48 | 132.70 | 71.80 | 60.90 | 10.592 | 10.541 | 0.051 | 0.0255 | 281569 | 0.00881 |
| 99 | 0.96 | 0.49 | 0.47 | 121.80 | 62.00 | 59.80 | 10.592 | 10.541 | 0.051 | 0.0255 | 243137 | 0.00881 |
| 100 | 0.94 | 0.47 | 0.47 | 119.80 | 59.90 | 59.90 | 10.579 | 10.541 | 0.038 | 0.0190 | 315263 | 0.00881 |
| **Promedio** | 0.983 | 0.51 | 0.4714 | 125.200 | 65.1800 | 60.02000 | | | 0.0458 | 0.0229000 | 288155 | 0.00881 |
| **Des. Estándar** | 0.044348 | 0.039690 | 0.005473 | 5.646592 | 5.053474 | 0.696850 | | | 0.006369 | 0.003184 | 28776.550763 | 0.000000 |

**secuencia 12 de 16**

**Presión de confinamiento: 103.4 kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 103.4 kpa**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | Esfuerzo desviador máximo aplicado ($\sigma_{1\,max}$) | Esfuerzo desviador cíclico aplicado ($\sigma_{1\,cyclic}$) | Esfuerzo desviador de contacto aplicado ($0.1(\sigma_{1\,max})$) | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 96 | 1.16 | 0.67 | 0.50 | 148.30 | 84.90 | 63.40 | 10.643 | 10.554 | 0.089 | 0.0445 | 190787 | 0.008875 |
| 97 | 1.17 | 0.67 | 0.50 | 148.50 | 85.10 | 63.40 | 10.643 | 10.554 | 0.089 | 0.0445 | 191236 | 0.008875 |
| 98 | 1.06 | 0.56 | 0.50 | 135.40 | 71.90 | 63.50 | 10.617 | 10.554 | 0.063 | 0.0315 | 228254 | 0.008875 |
| 99 | 1.06 | 0.56 | 0.50 | 135.10 | 71.50 | 63.60 | 10.63 | 10.553 | 0.077 | 0.0385 | 185714 | 0.00887 |
| 100 | 1.06 | 0.57 | 0.50 | 135.60 | 72.30 | 63.30 | 10.63 | 10.555 | 0.075 | 0.0375 | 192800 | 0.00888 |
| **Promedio** | 1.104 | 0.61 | 0.4983 | 140.580 | 77.1400 | 63.44000 | | | 0.0786 | 0.0393000 | 197758 | 0.008875 |
| **Des. Estándar** | 0.050166 | 0.050446 | 0.000801 | 6.387300 | 6.422959 | 0.101980 | | | 0.009749 | 0.004874 | 15432.274913 | 0.000003 |

## MÓDULO RESILIENTE

MTC E 108 - ASTM D 2216 - NTP 339.127

Standard Test Method of Laboratory Determination of Water Content of Soil and Rock

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:**<br>**N° de hoja:** | 18 de febrero del 2025<br>1 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de determinación del Módulo Resiliente**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

**secuencia 13 de 16**

**Presión de confinamiento:** **103.4** **kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal:** **206.8** **kpa**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 96 | 1.91 | 1.31 | 0.60 | 243.70 | 167.40 | 76.30 | 11.036 | 10.833 | 0.203 | 0.1015 | 164926 | 0.01027 |
| 97 | 1.90 | 1.30 | 0.60 | 242.20 | 166.10 | 76.10 | 11.036 | 10.832 | 0.204 | 0.1020 | 162843 | 0.010265 |
| 98 | 2.17 | 1.46 | 0.70 | 275.80 | 186.40 | 89.40 | 11.048 | 10.857 | 0.191 | 0.0955 | 195183 | 0.01039 |
| 99 | 2.01 | 1.40 | 0.61 | 255.30 | 177.70 | 77.60 | 11.036 | 10.845 | 0.191 | 0.0955 | 186073 | 0.01033 |
| 100 | 1.94 | 1.33 | 0.61 | 247.20 | 169.70 | 77.50 | 11.036 | 10.845 | 0.191 | 0.0955 | 177696 | 0.01033 |
| **Promedio** | 1.986 | 1.36 | 0.6234 | 252.840 | 173.4600 | 79.38000 | | | 0.196 | 0.0980000 | 177344 | 0.010317 |
| **Des. Estándar** | 0.096943 | 0.059861 | 0.039637 | 12.343192 | 7.621706 | 5.046742 | | | 0.006132 | 0.003066 | 12321.059560 | 0.000046 |

**secuencia 14 de 16**

**Presión de confinamiento:** **137.9** **kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal:** **103.4** **kpa**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 96 | 1.34 | 0.72 | 0.61 | 170.10 | 92.10 | 78.00 | 10.934 | 10.857 | 0.077 | 0.0385 | 239221 | 0.01039 |
| 97 | 1.33 | 0.72 | 0.62 | 169.70 | 91.10 | 78.60 | 10.934 | 10.858 | 0.076 | 0.0380 | 239737 | 0.010395 |
| 98 | 1.19 | 0.59 | 0.60 | 151.90 | 75.00 | 76.90 | 10.921 | 10.857 | 0.064 | 0.0320 | 234375 | 0.01039 |
| 99 | 1.21 | 0.59 | 0.62 | 153.60 | 75.10 | 78.50 | 10.909 | 10.857 | 0.052 | 0.0260 | 288846 | 0.01039 |
| 100 | 1.22 | 0.61 | 0.61 | 155.60 | 77.30 | 78.30 | 10.909 | 10.858 | 0.051 | 0.0255 | 303137 | 0.010395 |
| **Promedio** | 1.258 | 0.64 | 0.6131 | 160.180 | 82.1200 | 78.06000 | | | 0.064 | 0.0320000 | 261063 | 0.010392 |
| **Des. Estándar** | 0.063015 | 0.061185 | 0.004831 | 8.023316 | 7.790353 | 0.615142 | | | 0.011189 | 0.005595 | 28935.388458 | 0.000002 |

**secuencia 15 de 16**

**Presión de confinamiento:** **137.9** **kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal:** **137.9** **kpa**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 96 | 1.40 | 0.75 | 0.65 | 178.30 | 95.90 | 82.40 | 10.96 | 10.871 | 0.089 | 0.0445 | 215506 | 0.01046 |
| 97 | 1.40 | 0.76 | 0.64 | 178.40 | 96.60 | 81.80 | 10.96 | 10.87 | 0.09 | 0.0450 | 214667 | 0.010455 |
| 98 | 1.55 | 0.90 | 0.65 | 197.80 | 114.90 | 82.90 | 10.972 | 10.871 | 0.101 | 0.0505 | 227525 | 0.01046 |
| 99 | 1.57 | 0.92 | 0.65 | 199.80 | 117.50 | 82.30 | 10.972 | 10.871 | 0.101 | 0.0505 | 232673 | 0.01046 |
| 100 | 1.41 | 0.75 | 0.66 | 179.00 | 95.40 | 83.60 | 10.96 | 10.869 | 0.091 | 0.0455 | 209670 | 0.01045 |
| **Promedio** | 1.466 | 0.82 | 0.6487 | 186.660 | 104.0600 | 82.60000 | | | 0.0944 | 0.0472000 | 220008 | 0.010457 |
| **Des. Estándar** | 0.078032 | 0.078175 | 0.004790 | 9.935311 | 9.953612 | 0.609918 | | | 0.005426 | 0.002713 | 8632.256688 | 0.000004 |

**secuencia 16 de 16**

**Presión de confinamiento:** **137.9** **kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal:** **275.8** **kpa**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 96 | 2.16 | 1.57 | 0.59 | 274.80 | 199.60 | 75.20 | 11.593 | 11.365 | 0.228 | 0.1140 | 175088 | 0.01293 |
| 97 | 2.18 | 1.58 | 0.59 | 277.20 | 201.50 | 75.70 | 11.593 | 11.378 | 0.215 | 0.1075 | 187442 | 0.012995 |
| 98 | 2.19 | 1.59 | 0.60 | 278.25 | 202.15 | 76.10 | 11.644 | 11.378 | 0.266 | 0.1330 | 151992 | 0.012995 |
| 99 | 2.19 | 1.59 | 0.60 | 279.30 | 202.90 | 76.40 | 11.606 | 11.391 | 0.215 | 0.1075 | 188744 | 0.01306 |
| 100 | 2.18 | 1.59 | 0.59 | 277.70 | 202.10 | 75.60 | 11.606 | 11.391 | 0.215 | 0.1075 | 188000 | 0.01306 |
| **Promedio** | 2.179 | 1.58 | 0.5953 | 277.450 | 201.6500 | 75.80000 | | | 0.2278 | 0.1139000 | 178253 | 0.013008 |
| **Des. Estándar** | 0.011760 | 0.008774 | 0.003257 | 1.497331 | 1.117139 | 0.414729 | | | 0.019752 | 0.009876 | 14065.119974 | 0.000049 |

## MÓDULO RESILIENTE

MTC E 108 - ASTM D 2216 - NTP 339.127

Standard Test Method of Laboratory Determination of Water Content of Soil and Rock

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 18 de febrero del 2025 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de determinación del Módulo Resiliente**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

**secuencia 1 de 16**

**Presión de confinamiento: 103.4 kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 103.4 kpa**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | Esfuerzo desviador máximo aplicado ($\sigma_{1\,max}$) | Esfuerzo desviador cíclico aplicado ($\sigma_{1\,cyclic}$) | Esfuerzo desviador de contacto aplicado ($0.1(\sigma_{1\,max})$) | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 746 | 1.30 | 0.70 | 0.61 | 165.80 | 88.70 | 77.10 | 9.983 | 9.894 | 0.089 | 0.0445 | 199326 | 0.005575 |
| 747 | 1.28 | 0.68 | 0.60 | 163.30 | 86.60 | 76.70 | 9.996 | 9.907 | 0.089 | 0.0445 | 194607 | 0.00564 |
| 748 | 1.17 | 0.56 | 0.60 | 148.40 | 71.50 | 76.90 | 9.983 | 9.907 | 0.076 | 0.0380 | 188158 | 0.00564 |
| 749 | 1.16 | 0.56 | 0.61 | 148.20 | 70.80 | 77.40 | 9.971 | 9.894 | 0.077 | 0.0385 | 183896 | 0.005575 |
| 750 | 1.18 | 0.58 | 0.61 | 150.80 | 73.70 | 77.10 | 9.983 | 9.894 | 0.089 | 0.0445 | 165618 | 0.005575 |
| **Promedio** | 1.220 | 0.61 | 0.6051 | 155.300 | 78.2600 | 77.04000 | | | 0.084 | 0.0420000 | 186321 | 0.005601 |
| **Des. Estándar** | 0.060073 | 0.060907 | 0.001832 | 7.648791 | 7.754895 | 0.233238 | | | 0.006132 | 0.003066 | 11624.533451 | 0.000032 |

**secuencia 2 de 16**

**Presión de confinamiento: 20.7 kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 20.7 kpa**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | Esfuerzo desviador máximo aplicado ($\sigma_{1\,max}$) | Esfuerzo desviador cíclico aplicado ($\sigma_{1\,cyclic}$) | Esfuerzo desviador de contacto aplicado ($0.1(\sigma_{1\,max})$) | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 96 | 0.67 | 0.13 | 0.55 | 85.90 | 16.50 | 69.40 | 9.856 | 9.831 | 0.025 | 0.0125 | 132000 | 0.00526 |
| 97 | 0.67 | 0.14 | 0.53 | 85.30 | 17.30 | 68.00 | 9.869 | 9.83 | 0.039 | 0.0195 | 88718 | 0.005255 |
| 98 | 0.66 | 0.12 | 0.55 | 84.60 | 14.80 | 69.80 | 9.856 | 9.831 | 0.025 | 0.0125 | 118400 | 0.00526 |
| 99 | 0.67 | 0.13 | 0.55 | 85.80 | 16.10 | 69.70 | 9.856 | 9.831 | 0.025 | 0.0125 | 128800 | 0.00526 |
| 100 | 0.69 | 0.14 | 0.55 | 88.00 | 18.30 | 69.70 | 9.856 | 9.83 | 0.026 | 0.0130 | 140769 | 0.005255 |
| **Promedio** | 0.675 | 0.13 | 0.5444 | 85.920 | 16.6000 | 69.32000 | | | 0.028 | 0.0140000 | 121737 | 0.005258 |
| **Des. Estándar** | 0.008933 | 0.009213 | 0.005290 | 1.137365 | 1.173030 | 0.673498 | | | 0.005514 | 0.002757 | 17993.522510 | 0.000002 |

**secuencia 3 de 16**

**Presión de confinamiento: 20.7 kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 41.4 kpa**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | Esfuerzo desviador máximo aplicado ($\sigma_{1\,max}$) | Esfuerzo desviador cíclico aplicado ($\sigma_{1\,cyclic}$) | Esfuerzo desviador de contacto aplicado ($0.1(\sigma_{1\,max})$) | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 96 | 0.86 | 0.30 | 0.56 | 109.50 | 37.90 | 71.60 | 9.869 | 9.844 | 0.025 | 0.0125 | 303200 | 0.005325 |
| 97 | 0.82 | 0.25 | 0.57 | 104.00 | 32.00 | 72.00 | 9.869 | 9.845 | 0.024 | 0.0120 | 266667 | 0.00533 |
| 98 | 0.82 | 0.26 | 0.56 | 104.40 | 32.80 | 71.60 | 9.869 | 9.845 | 0.024 | 0.0120 | 273333 | 0.00533 |
| 99 | 0.82 | 0.25 | 0.56 | 103.80 | 31.90 | 71.90 | 9.869 | 9.845 | 0.024 | 0.0120 | 265833 | 0.00533 |
| 100 | 0.86 | 0.29 | 0.57 | 109.60 | 36.90 | 72.70 | 9.882 | 9.844 | 0.038 | 0.0190 | 194211 | 0.005325 |
| **Promedio** | 0.835 | 0.27 | 0.5652 | 106.260 | 34.3000 | 71.96000 | | | 0.027 | 0.0135000 | 260649 | 0.005328 |
| **Des. Estándar** | 0.021154 | 0.020183 | 0.003165 | 2.693399 | 2.569825 | 0.402989 | | | 0.005514 | 0.002757 | 35912.784138 | 0.000002 |

**secuencia 4 de 16**

**Presión de confinamiento: 20.7 kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 62.1 kpa**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | Esfuerzo desviador máximo aplicado ($\sigma_{1\,max}$) | Esfuerzo desviador cíclico aplicado ($\sigma_{1\,cyclic}$) | Esfuerzo desviador de contacto aplicado ($0.1(\sigma_{1\,max})$) | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 96 | 1.06 | 0.46 | 0.59 | 134.60 | 59.20 | 75.40 | 9.932 | 9.869 | 0.063 | 0.0315 | 187937 | 0.00545 |
| 97 | 1.05 | 0.46 | 0.59 | 133.70 | 58.60 | 75.10 | 9.932 | 9.869 | 0.063 | 0.0315 | 186032 | 0.00545 |
| 98 | 1.05 | 0.47 | 0.59 | 134.10 | 59.60 | 74.50 | 9.945 | 9.87 | 0.075 | 0.0375 | 158933 | 0.005455 |
| 99 | 0.97 | 0.40 | 0.57 | 124.10 | 51.50 | 72.60 | 9.92 | 9.868 | 0.052 | 0.0260 | 198077 | 0.005445 |
| 100 | 0.97 | 0.43 | 0.54 | 123.40 | 54.20 | 69.20 | 9.92 | 9.868 | 0.052 | 0.0260 | 208462 | 0.005445 |
| **Promedio** | 1.021 | 0.44 | 0.5762 | 129.980 | 56.6200 | 73.36000 | | | 0.061 | 0.0305000 | 187888 | 0.005449 |
| **Des. Estándar** | 0.040052 | 0.025213 | 0.018038 | 5.099569 | 3.210234 | 2.296606 | | | 0.008556 | 0.004278 | 16546.331266 | 0.000004 |

## MÓDULO RESILIENTE

MTC E 108 - ASTM D 2216 - NTP 339.127

Standard Test Method of Laboratory Determination of Water Content of Soil and Rock

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 18 de febrero del 2025 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |
| **Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de determinación del Módulo Resiliente** | | | |
| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

**secuencia 5 de 16**

**Presión de confinamiento:** **34.5** **kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal:** **34.5** **kpa**

| | | | | $\sigma_{1\,max}$ | $\sigma_{1\,cyclic}$ | $0.1(\sigma_{1\,max})$ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Ciclo** | **Carga máxima desviadora aplicada** | **Carga cíclica desviadora aplicada** | **Carga desviadora de contacto aplicada** | **Esfuerzo desviador máximo aplicado** | **Esfuerzo desviador cíclico aplicado** | **Esfuerzo desviador de contacto aplicado** | **D Max** | **D min** | **Deformación Recuperable** | **Tensión resiliente** | **Módulo resiliente** | **Tensión permanente** |
| | **KN** | **KN** | **KN** | **kpa** | **kpa** | **kpa** | **mm** | **mm** | **mm** | **%** | **kPa** | **%** |
| 96 | 0.80 | 0.25 | 0.55 | 102.00 | 31.60 | 70.40 | 9.92 | 9.882 | 0.038 | 0.0190 | 166316 | 0.005515 |
| 97 | 0.80 | 0.31 | 0.49 | 102.20 | 39.20 | 63.00 | 9.907 | 9.881 | 0.026 | 0.0130 | 301538 | 0.00551 |
| 98 | 0.76 | 0.20 | 0.55 | 96.20 | 25.60 | 70.60 | 9.907 | 9.882 | 0.025 | 0.0125 | 204800 | 0.005515 |
| 99 | 0.80 | 0.24 | 0.56 | 102.10 | 30.70 | 71.40 | 9.92 | 9.883 | 0.037 | 0.0185 | 165946 | 0.00552 |
| 100 | 0.81 | 0.25 | 0.56 | 102.80 | 31.60 | 71.20 | 9.92 | 9.883 | 0.037 | 0.0185 | 170811 | 0.00552 |
| **Promedio** | 0.794 | 0.25 | 0.5444 | 101.060 | 31.7400 | 69.32000 | | | 0.0326 | 0.0163000 | 201882 | 0.005516 |
| **Des. Estándar** | 0.019210 | 0.034139 | 0.024987 | 2.445895 | 4.346769 | 3.181446 | | | 0.005817 | 0.002909 | 51887.761871 | 0.000004 |

**secuencia 6 de 16**

**Presión de confinamiento:** **34.5** **kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal:** **68.9** **kpa**

| | | | | $\sigma_{1\,max}$ | $\sigma_{1\,cyclic}$ | $0.1(\sigma_{1\,max})$ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Ciclo** | **Carga máxima desviadora aplicada** | **Carga cíclica desviadora aplicada** | **Carga desviadora de contacto aplicada** | **Esfuerzo desviador máximo aplicado** | **Esfuerzo desviador cíclico aplicado** | **Esfuerzo desviador de contacto aplicado** | **D Max** | **D min** | **Deformación Recuperable** | **Tensión resiliente** | **Módulo resiliente** | **Tensión permanente** |
| | **KN** | **KN** | **KN** | **kpa** | **kpa** | **kpa** | **mm** | **mm** | **mm** | **%** | **kPa** | **%** |
| 96 | 1.03 | 0.44 | 0.59 | 131.60 | 56.00 | 75.60 | 9.945 | 9.894 | 0.051 | 0.0255 | 219608 | 0.005575 |
| 97 | 1.04 | 0.44 | 0.59 | 132.20 | 56.60 | 75.60 | 9.945 | 9.893 | 0.052 | 0.0260 | 217692 | 0.00557 |
| 98 | 1.03 | 0.44 | 0.59 | 131.00 | 56.20 | 74.80 | 9.932 | 9.894 | 0.038 | 0.0190 | 295789 | 0.005575 |
| 99 | 1.03 | 0.43 | 0.60 | 131.70 | 55.10 | 76.60 | 9.932 | 9.893 | 0.039 | 0.0195 | 282564 | 0.00557 |
| 100 | 1.04 | 0.44 | 0.60 | 132.40 | 56.40 | 76.00 | 9.932 | 9.893 | 0.039 | 0.0195 | 289231 | 0.00557 |
| **Promedio** | 1.035 | 0.44 | 0.5947 | 131.780 | 56.0600 | 75.72000 | | | 0.0438 | 0.0219000 | 260977 | 0.005572 |
| **Des. Estándar** | 0.003860 | 0.004084 | 0.004617 | 0.491528 | 0.520000 | 0.587878 | | | 0.006306 | 0.003153 | 34817.117987 | 0.000002 |

**secuencia 7 de 16**

**Presión de confinamiento:** **34.5** **kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal:** **103.4** **kpa**

| | | | | $\sigma_{1\,max}$ | $\sigma_{1\,cyclic}$ | $0.1(\sigma_{1\,max})$ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Ciclo** | **Carga máxima desviadora aplicada** | **Carga cíclica desviadora aplicada** | **Carga desviadora de contacto aplicada** | **Esfuerzo desviador máximo aplicado** | **Esfuerzo desviador cíclico aplicado** | **Esfuerzo desviador de contacto aplicado** | **D Max** | **D min** | **Deformación Recuperable** | **Tensión resiliente** | **Módulo resiliente** | **Tensión permanente** |
| | **KN** | **KN** | **KN** | **kpa** | **kpa** | **kpa** | **mm** | **mm** | **mm** | **%** | **kPa** | **%** |
| 96 | 1.24 | 0.63 | 0.61 | 158.00 | 79.80 | 78.20 | 10.072 | 9.97 | 0.102 | 0.0510 | 156471 | 0.005955 |
| 97 | 1.24 | 0.62 | 0.62 | 157.90 | 79.00 | 78.90 | 10.072 | 9.971 | 0.101 | 0.0505 | 156436 | 0.00596 |
| 98 | 1.24 | 0.63 | 0.61 | 158.50 | 80.40 | 78.10 | 10.072 | 9.971 | 0.101 | 0.0505 | 159208 | 0.00596 |
| 99 | 1.24 | 0.63 | 0.61 | 157.80 | 79.60 | 78.20 | 10.072 | 9.971 | 0.101 | 0.0505 | 157624 | 0.00596 |
| 100 | 1.24 | 0.63 | 0.61 | 158.10 | 79.90 | 78.20 | 10.072 | 9.972 | 0.1 | 0.0500 | 159800 | 0.005965 |
| **Promedio** | 1.241 | 0.63 | 0.6151 | 158.060 | 79.7400 | 78.32000 | | | 0.101 | 0.0505000 | 157908 | 0.00596 |
| **Des. Estándar** | 0.001898 | 0.003568 | 0.002298 | 0.241661 | 0.454313 | 0.292575 | | | 0.000632 | 0.000316 | 1384.502386 | 0.000003 |

**secuencia 8 de 16**

**Presión de confinamiento:** **68.9** **kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal:** **68.9** **kpa**

| | | | | $\sigma_{1\,max}$ | $\sigma_{1\,cyclic}$ | $0.1(\sigma_{1\,max})$ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Ciclo** | **Carga máxima desviadora aplicada** | **Carga cíclica desviadora aplicada** | **Carga desviadora de contacto aplicada** | **Esfuerzo desviador máximo aplicado** | **Esfuerzo desviador cíclico aplicado** | **Esfuerzo desviador de contacto aplicado** | **D Max** | **D min** | **Deformación Recuperable** | **Tensión resiliente** | **Módulo resiliente** | **Tensión permanente** |
| | **KN** | **KN** | **KN** | **kpa** | **kpa** | **kpa** | **mm** | **mm** | **mm** | **%** | **kPa** | **%** |
| 96 | 1.15 | 0.55 | 0.60 | 146.60 | 70.50 | 76.10 | 10.059 | 9.996 | 0.063 | 0.0315 | 223810 | 0.006085 |
| 97 | 1.15 | 0.56 | 0.59 | 146.40 | 71.60 | 74.80 | 10.059 | 9.996 | 0.063 | 0.0315 | 227302 | 0.006085 |
| 98 | 1.06 | 0.46 | 0.60 | 135.00 | 59.00 | 76.00 | 10.047 | 9.994 | 0.053 | 0.0265 | 222642 | 0.006075 |
| 99 | 1.06 | 0.46 | 0.60 | 134.40 | 58.50 | 75.90 | 10.047 | 9.995 | 0.052 | 0.0260 | 225000 | 0.00608 |
| 100 | 1.06 | 0.46 | 0.61 | 135.60 | 58.50 | 77.10 | 10.059 | 9.996 | 0.063 | 0.0315 | 185714 | 0.006085 |
| **Promedio** | 1.096 | 0.50 | 0.5967 | 139.600 | 63.6200 | 75.98000 | | | 0.0588 | 0.0294000 | 216893 | 0.006082 |
| **Des. Estándar** | 0.044351 | 0.047747 | 0.005737 | 5.646946 | 6.079276 | 0.730479 | | | 0.005154 | 0.002577 | 15665.618562 | 0.000004 |

UNSAAC
Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

## MÓDULO RESILIENTE

MTC E 108 - ASTM D 2216 - NTP 339.127

Standard Test Method of Laboratory Determination of Water Content of Soil and Rock

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 18 de febrero del 2025 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de determinación del Módulo Resiliente**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

**secuencia 9 de 16**

**Presión de confinamiento: 68.9 kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 137.9 kpa**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 96 | 1.47 | 0.82 | 0.65 | 187.20 | 104.90 | 82.30 | 10.211 | 10.085 | 0.126 | 0.0630 | 166508 | 0.00653 |
| 97 | 1.34 | 0.69 | 0.65 | 170.50 | 88.20 | 82.30 | 10.186 | 10.086 | 0.1 | 0.0500 | 176400 | 0.006535 |
| 98 | 1.47 | 0.83 | 0.64 | 187.20 | 105.90 | 81.30 | 10.211 | 10.086 | 0.125 | 0.0625 | 169440 | 0.006535 |
| 99 | 1.47 | 0.83 | 0.65 | 187.80 | 105.50 | 82.30 | 10.224 | 10.085 | 0.139 | 0.0695 | 151799 | 0.00653 |
| 100 | 1.35 | 0.71 | 0.64 | 171.90 | 90.90 | 81.00 | 10.199 | 10.084 | 0.115 | 0.0575 | 158087 | 0.006525 |
| **Promedio** | 1.421 | 0.78 | 0.6428 | 180.920 | 99.0800 | 81.84000 | | | 0.121 | 0.0605000 | 164447 | 0.006531 |
| **Des. Estándar** | 0.062453 | 0.061531 | 0.004487 | 7.951704 | 7.834386 | 0.571314 | | | 0.012977 | 0.006488 | 8631.163017 | 0.000004 |

**secuencia 10 de 16**

**Presión de confinamiento: 68.9 kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 206.8 kpa**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 96 | 1.96 | 1.41 | 0.55 | 249.10 | 179.30 | 69.80 | 10.769 | 10.541 | 0.228 | 0.1140 | 157281 | 0.00881 |
| 97 | 1.97 | 1.43 | 0.54 | 250.40 | 182.00 | 68.40 | 10.769 | 10.541 | 0.228 | 0.1140 | 159649 | 0.00881 |
| 98 | 1.74 | 1.22 | 0.52 | 221.30 | 154.70 | 66.60 | 10.744 | 10.54 | 0.204 | 0.1020 | 151667 | 0.008805 |
| 99 | 1.94 | 1.40 | 0.54 | 247.00 | 177.70 | 69.30 | 10.757 | 10.554 | 0.203 | 0.1015 | 175074 | 0.008875 |
| 100 | 1.72 | 1.21 | 0.52 | 219.50 | 153.70 | 65.80 | 10.757 | 10.554 | 0.203 | 0.1015 | 151429 | 0.008875 |
| **Promedio** | 1.865 | 1.33 | 0.5339 | 237.460 | 169.4800 | 67.98000 | | | 0.2132 | 0.1066000 | 159020 | 0.008835 |
| **Des. Estándar** | 0.109824 | 0.098611 | 0.012110 | 13.983219 | 12.555541 | 1.541947 | | | 0.012090 | 0.006045 | 8635.388687 | 0.000033 |

**secuencia 11 de 16**

**Presión de confinamiento: 103.4 kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 68.9 kpa**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 96 | 0.94 | 0.48 | 0.46 | 120.30 | 61.40 | 58.90 | 10.579 | 10.541 | 0.038 | 0.0190 | 323158 | 0.00881 |
| 97 | 1.03 | 0.56 | 0.48 | 131.40 | 70.80 | 60.60 | 10.592 | 10.541 | 0.051 | 0.0255 | 277647 | 0.00881 |
| 98 | 1.04 | 0.56 | 0.48 | 132.70 | 71.80 | 60.90 | 10.592 | 10.541 | 0.051 | 0.0255 | 281569 | 0.00881 |
| 99 | 0.96 | 0.49 | 0.47 | 121.80 | 62.00 | 59.80 | 10.592 | 10.541 | 0.051 | 0.0255 | 243137 | 0.00881 |
| 100 | 0.94 | 0.47 | 0.47 | 119.80 | 59.90 | 59.90 | 10.579 | 10.541 | 0.038 | 0.0190 | 315263 | 0.00881 |
| **Promedio** | 0.983 | 0.51 | 0.4714 | 125.200 | 65.1800 | 60.02000 | | | 0.0458 | 0.0229000 | 288155 | 0.00881 |
| **Des. Estándar** | 0.044348 | 0.039690 | 0.005473 | 5.646592 | 5.053474 | 0.696850 | | | 0.006369 | 0.003184 | 28776.550763 | 0.000000 |

**secuencia 12 de 16**

**Presión de confinamiento: 103.4 kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 103.4 kpa**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 96 | 1.16 | 0.67 | 0.50 | 148.30 | 84.90 | 63.40 | 10.643 | 10.554 | 0.089 | 0.0445 | 190787 | 0.008875 |
| 97 | 1.17 | 0.67 | 0.50 | 148.50 | 85.10 | 63.40 | 10.643 | 10.554 | 0.089 | 0.0445 | 191236 | 0.008875 |
| 98 | 1.06 | 0.56 | 0.50 | 135.40 | 71.90 | 63.50 | 10.617 | 10.554 | 0.063 | 0.0315 | 228254 | 0.008875 |
| 99 | 1.06 | 0.56 | 0.50 | 135.10 | 71.50 | 63.60 | 10.63 | 10.553 | 0.077 | 0.0385 | 185714 | 0.00887 |
| 100 | 1.06 | 0.57 | 0.50 | 135.60 | 72.30 | 63.30 | 10.63 | 10.555 | 0.075 | 0.0375 | 192800 | 0.00888 |
| **Promedio** | 1.104 | 0.61 | 0.4983 | 140.580 | 77.1400 | 63.44000 | | | 0.0786 | 0.0393000 | 197758 | 0.008875 |
| **Des. Estándar** | 0.050166 | 0.050446 | 0.000801 | 6.387300 | 6.422959 | 0.101980 | | | 0.009749 | 0.004874 | 15432.274913 | 0.000003 |

UNSAAC
Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

## MÓDULO RESILIENTE

MTC E 108 - ASTM D 2216 - NTP 339.127

Standard Test Method of Laboratory Determination of Water Content of Soil and Rock

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:**<br>**N° de hoja:** | 18 de febrero del 2025<br>1 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de determinación del Módulo Resiliente**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 0 | **% Tierra de Diatomeas** | 0 |

**secuencia 13 de 16**

**Presión de confinamiento: 103.4 kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 206.8 kpa**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 96 | 1.91 | 1.31 | 0.60 | 243.70 | 167.40 | 76.30 | 11.036 | 10.833 | 0.203 | 0.1015 | 164926 | 0.01027 |
| 97 | 1.90 | 1.30 | 0.60 | 242.20 | 166.10 | 76.10 | 11.036 | 10.832 | 0.204 | 0.1020 | 162843 | 0.010265 |
| 98 | 2.17 | 1.46 | 0.70 | 275.80 | 186.40 | 89.40 | 11.048 | 10.857 | 0.191 | 0.0955 | 195183 | 0.01039 |
| 99 | 2.01 | 1.40 | 0.61 | 255.30 | 177.70 | 77.60 | 11.036 | 10.845 | 0.191 | 0.0955 | 186073 | 0.01033 |
| 100 | 1.94 | 1.33 | 0.61 | 247.20 | 169.70 | 77.50 | 11.036 | 10.845 | 0.191 | 0.0955 | 177696 | 0.01033 |
| **Promedio** | 1.986 | 1.36 | 0.6234 | 252.840 | 173.4600 | 79.38000 | | | 0.196 | 0.0980000 | 177344 | 0.010317 |
| **Des. Estándar** | 0.096943 | 0.059861 | 0.039637 | 12.343192 | 7.621706 | 5.046742 | | | 0.006132 | 0.003066 | 12321.059560 | 0.000046 |

**secuencia 14 de 16**

**Presión de confinamiento: 137.9 kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 103.4 kpa**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 96 | 1.34 | 0.72 | 0.61 | 170.10 | 92.10 | 78.00 | 10.934 | 10.857 | 0.077 | 0.0385 | 239221 | 0.01039 |
| 97 | 1.33 | 0.72 | 0.62 | 169.70 | 91.10 | 78.60 | 10.934 | 10.858 | 0.076 | 0.0380 | 239737 | 0.010395 |
| 98 | 1.19 | 0.59 | 0.60 | 151.90 | 75.00 | 76.90 | 10.921 | 10.857 | 0.064 | 0.0320 | 234375 | 0.01039 |
| 99 | 1.21 | 0.59 | 0.62 | 153.60 | 75.10 | 78.50 | 10.909 | 10.857 | 0.052 | 0.0260 | 288846 | 0.01039 |
| 100 | 1.22 | 0.61 | 0.61 | 155.60 | 77.30 | 78.30 | 10.909 | 10.858 | 0.051 | 0.0255 | 303137 | 0.010395 |
| **Promedio** | 1.258 | 0.64 | 0.6131 | 160.180 | 82.1200 | 78.06000 | | | 0.064 | 0.0320000 | 261063 | 0.010392 |
| **Des. Estándar** | 0.063015 | 0.061185 | 0.004831 | 8.023316 | 7.790353 | 0.615142 | | | 0.011189 | 0.005595 | 28935.388458 | 0.000002 |

**secuencia 15 de 16**

**Presión de confinamiento: 137.9 kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 137.9 kpa**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 96 | 1.40 | 0.75 | 0.65 | 178.30 | 95.90 | 82.40 | 10.96 | 10.871 | 0.089 | 0.0445 | 215506 | 0.01046 |
| 97 | 1.40 | 0.76 | 0.64 | 178.40 | 96.60 | 81.80 | 10.96 | 10.87 | 0.09 | 0.0450 | 214667 | 0.010455 |
| 98 | 1.55 | 0.90 | 0.65 | 197.80 | 114.90 | 82.90 | 10.972 | 10.871 | 0.101 | 0.0505 | 227525 | 0.01046 |
| 99 | 1.57 | 0.92 | 0.65 | 199.80 | 117.50 | 82.30 | 10.972 | 10.871 | 0.101 | 0.0505 | 232673 | 0.01046 |
| 100 | 1.41 | 0.75 | 0.66 | 179.00 | 95.40 | 83.60 | 10.96 | 10.869 | 0.091 | 0.0455 | 209670 | 0.01045 |
| **Promedio** | 1.466 | 0.82 | 0.6487 | 186.660 | 104.0600 | 82.60000 | | | 0.0944 | 0.0472000 | 220008 | 0.010457 |
| **Des. Estándar** | 0.078032 | 0.078175 | 0.004790 | 9.935311 | 9.953612 | 0.609918 | | | 0.005426 | 0.002713 | 8632.256688 | 0.000004 |

**secuencia 16 de 16**

**Presión de confinamiento: 137.9 kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 275.8 kpa**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 96 | 2.16 | 1.57 | 0.59 | 274.80 | 199.60 | 75.20 | 11.593 | 11.365 | 0.228 | 0.1140 | 175088 | 0.01293 |
| 97 | 2.18 | 1.58 | 0.59 | 277.20 | 201.50 | 75.70 | 11.593 | 11.378 | 0.215 | 0.1075 | 187442 | 0.012995 |
| 98 | 2.19 | 1.59 | 0.60 | 278.25 | 202.15 | 76.10 | 11.644 | 11.378 | 0.266 | 0.1330 | 151992 | 0.012995 |
| 99 | 2.19 | 1.59 | 0.60 | 279.30 | 202.90 | 76.40 | 11.606 | 11.391 | 0.215 | 0.1075 | 188744 | 0.01306 |
| 100 | 2.18 | 1.59 | 0.59 | 277.70 | 202.10 | 75.60 | 11.606 | 11.391 | 0.215 | 0.1075 | 188000 | 0.01306 |
| **Promedio** | 2.179 | 1.58 | 0.5953 | 277.450 | 201.6500 | 75.80000 | | | 0.2278 | 0.1139000 | 178253 | 0.013008 |
| **Des. Estándar** | 0.011760 | 0.008774 | 0.003257 | 1.497331 | 1.117139 | 0.414729 | | | 0.019752 | 0.009876 | 14065.119974 | 0.000049 |

## MÓDULO RESILIENTE

MTC E 108 - ASTM D 2216 - NTP 339.127

Standard Test Method of Laboratory Determination of Water Content of Soil and Rock

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 20 de marzo del 2025 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de determinación del Módulo Resiliente**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 1 | **% Tierra de Diatomeas** | 2 |

**secuencia 1 de 16**

**Presión de confinamiento: 103.4 kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 103.4 kpa**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 746 | 1.33 | 0.71 | 0.62 | 169.30 | 90.80 | 78.50 | 10.414 | 10.376 | 0.038 | 0.0190 | 477895 | 0.00615 |
| 747 | 1.44 | 0.82 | 0.61 | 183.00 | 105.00 | 78.00 | 10.427 | 10.375 | 0.052 | 0.0260 | 403846 | 0.006145 |
| 748 | 1.44 | 0.83 | 0.61 | 183.10 | 105.20 | 77.90 | 10.44 | 10.376 | 0.064 | 0.0320 | 328750 | 0.00615 |
| 749 | 1.43 | 0.83 | 0.61 | 182.60 | 105.50 | 77.10 | 10.427 | 10.376 | 0.051 | 0.0255 | 413725 | 0.00615 |
| 750 | 1.43 | 0.82 | 0.61 | 182.30 | 104.00 | 78.30 | 10.44 | 10.376 | 0.064 | 0.0320 | 325000 | 0.00615 |
| **Promedio** | 1.414 | 0.80 | 0.6123 | 180.060 | 102.1000 | 77.96000 | | | 0.0538 | 0.0269000 | 389843 | 0.006149 |
| **Des. Estándar** | 0.042314 | 0.044551 | 0.003770 | 5.387615 | 5.672389 | 0.480000 | | | 0.009683 | 0.004841 | 57369.921238 | 0.000002 |

**secuencia 2 de 16**

**Presión de confinamiento: 20.7 kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 20.7 kpa**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 96 | 0.72 | 0.18 | 0.53 | 91.50 | 23.50 | 68.00 | 10.338 | 10.326 | 0.012 | 0.0060 | 391667 | 0.0059 |
| 97 | 0.73 | 0.18 | 0.55 | 93.00 | 23.20 | 69.80 | 10.339 | 10.326 | 0.013 | 0.0065 | 356923 | 0.0059 |
| 98 | 0.74 | 0.19 | 0.55 | 94.60 | 24.80 | 69.80 | 10.338 | 10.326 | 0.012 | 0.0060 | 413333 | 0.0059 |
| 99 | 0.74 | 0.19 | 0.55 | 94.60 | 24.60 | 70.00 | 10.337 | 10.326 | 0.011 | 0.0055 | 447273 | 0.0059 |
| 100 | 0.74 | 0.19 | 0.55 | 94.80 | 24.70 | 70.10 | 10.338 | 10.326 | 0.012 | 0.0060 | 411667 | 0.0059 |
| **Promedio** | 0.736 | 0.19 | 0.5462 | 93.700 | 24.1600 | 69.54000 | | | 0.012 | 0.0060000 | 404172 | 0.0059 |
| **Des. Estándar** | 0.010033 | 0.005271 | 0.006116 | 1.277498 | 0.671118 | 0.778717 | | | 0.000632 | 0.000316 | 29619.644970 | 0.000000 |

**secuencia 3 de 16**

**Presión de confinamiento: 20.7 kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 41.4 kpa**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 96 | 0.86 | 0.34 | 0.52 | 109.30 | 42.70 | 66.60 | 10.338 | 10.326 | 0.012 | 0.0060 | 711667 | 0.0059 |
| 97 | 0.91 | 0.39 | 0.52 | 116.50 | 49.70 | 66.80 | 10.339 | 10.326 | 0.013 | 0.0065 | 764615 | 0.0059 |
| 98 | 0.86 | 0.34 | 0.52 | 109.10 | 42.80 | 66.30 | 10.338 | 10.325 | 0.013 | 0.0065 | 658462 | 0.005895 |
| 99 | 0.86 | 0.34 | 0.52 | 109.30 | 43.40 | 65.90 | 10.338 | 10.326 | 0.012 | 0.0060 | 723333 | 0.0059 |
| 100 | 0.86 | 0.34 | 0.52 | 109.20 | 43.30 | 65.90 | 10.338 | 10.326 | 0.012 | 0.0060 | 721667 | 0.0059 |
| **Promedio** | 0.869 | 0.35 | 0.5207 | 110.680 | 44.3800 | 66.30000 | | | 0.0124 | 0.0062000 | 715949 | 0.005899 |
| **Des. Estándar** | 0.022863 | 0.021001 | 0.002853 | 2.910945 | 2.673874 | 0.363318 | | | 0.000490 | 0.000245 | 33996.422444 | 0.000002 |

**secuencia 4 de 16**

**Presión de confinamiento: 20.7 kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 62.1 kpa**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 96 | 1.08 | 0.56 | 0.52 | 138.00 | 71.50 | 66.50 | 10.427 | 10.389 | 0.038 | 0.0190 | 376316 | 0.006215 |
| 97 | 1.11 | 0.58 | 0.53 | 141.50 | 74.40 | 67.10 | 10.427 | 10.389 | 0.038 | 0.0190 | 391579 | 0.006215 |
| 98 | 1.03 | 0.52 | 0.51 | 131.70 | 66.30 | 65.40 | 10.414 | 10.389 | 0.025 | 0.0125 | 530400 | 0.006215 |
| 99 | 1.02 | 0.51 | 0.51 | 130.50 | 65.10 | 65.40 | 10.414 | 10.389 | 0.025 | 0.0125 | 520800 | 0.006215 |
| 100 | 1.11 | 0.60 | 0.51 | 141.30 | 76.40 | 64.90 | 10.427 | 10.376 | 0.051 | 0.0255 | 299608 | 0.00615 |
| **Promedio** | 1.073 | 0.56 | 0.5173 | 136.600 | 70.7400 | 65.86000 | | | 0.0354 | 0.0177000 | 423741 | 0.006202 |
| **Des. Estándar** | 0.036718 | 0.034688 | 0.006373 | 4.675040 | 4.416605 | 0.811419 | | | 0.009728 | 0.004864 | 88869.770582 | 0.000026 |

UNSAAC
Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

## MÓDULO RESILIENTE

MTC E 108 - ASTM D 2216 - NTP 339.127

Standard Test Method of Laboratory Determination of Water Content of Soil and Rock

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 20 de marzo del 2025 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de determinación del Módulo Resiliente**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 1 | **% Tierra de Diatomeas** | 2 |

**secuencia 5 de 16**

**Presión de confinamiento: 34.5 kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 34.5 kpa**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada KN | Carga cíclica desviadora aplicada KN | Carga desviadora de contacto aplicada KN | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado kpa | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado kpa | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado kpa | D Max mm | D min mm | Deformación Recuperable mm | Tensión resiliente % | Módulo resiliente kPa | Tensión permanente % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 96 | 0.83 | 0.32 | 0.52 | 106.00 | 40.40 | 65.60 | 10.389 | 10.375 | 0.014 | 0.0070 | 577143 | 0.006145 |
| 97 | 0.81 | 0.30 | 0.51 | 103.10 | 38.60 | 64.50 | 10.389 | 10.376 | 0.013 | 0.0065 | 593846 | 0.00615 |
| 98 | 0.84 | 0.33 | 0.51 | 106.40 | 41.70 | 64.70 | 10.389 | 10.376 | 0.013 | 0.0065 | 641538 | 0.00615 |
| 99 | 0.84 | 0.33 | 0.51 | 106.70 | 42.20 | 64.50 | 10.389 | 10.375 | 0.014 | 0.0070 | 602857 | 0.006145 |
| 100 | 0.79 | 0.29 | 0.50 | 101.20 | 37.00 | 64.20 | 10.389 | 10.376 | 0.013 | 0.0065 | 569231 | 0.00615 |
| **Promedio** | 0.822 | 0.31 | 0.5082 | 104.680 | 39.9800 | 64.70000 | | | 0.0134 | 0.0067000 | 596923 | 0.006148 |
| **Des. Estándar** | 0.016986 | 0.015249 | 0.003750 | 2.162776 | 1.941546 | 0.477493 | | | 0.000490 | 0.000245 | 25271.858414 | 0.000002 |

**secuencia 6 de 16**

**Presión de confinamiento: 34.5 kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 68.9 kpa**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada KN | Carga cíclica desviadora aplicada KN | Carga desviadora de contacto aplicada KN | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado kpa | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado kpa | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado kpa | D Max mm | D min mm | Deformación Recuperable mm | Tensión resiliente % | Módulo resiliente kPa | Tensión permanente % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 96 | 1.08 | 0.58 | 0.51 | 137.80 | 73.50 | 64.30 | 10.415 | 10.389 | 0.026 | 0.0130 | 565385 | 0.006215 |
| 97 | 1.07 | 0.57 | 0.51 | 136.80 | 72.50 | 64.30 | 10.414 | 10.389 | 0.025 | 0.0125 | 580000 | 0.006215 |
| 98 | 1.08 | 0.58 | 0.50 | 138.00 | 74.00 | 64.00 | 10.414 | 10.389 | 0.025 | 0.0125 | 592000 | 0.006215 |
| 99 | 1.09 | 0.58 | 0.50 | 138.30 | 74.40 | 63.90 | 10.414 | 10.389 | 0.025 | 0.0125 | 595200 | 0.006215 |
| 100 | 1.08 | 0.58 | 0.50 | 137.60 | 73.90 | 63.70 | 10.415 | 10.389 | 0.026 | 0.0130 | 568462 | 0.006215 |
| **Promedio** | 1.081 | 0.58 | 0.5030 | 137.700 | 73.6600 | 64.04000 | | | 0.0254 | 0.0127000 | 580209 | 0.006215 |
| **Des. Estándar** | 0.003974 | 0.005080 | 0.001832 | 0.505964 | 0.646838 | 0.233238 | | | 0.000490 | 0.000245 | 12013.048527 | 0.000000 |

**secuencia 7 de 16**

**Presión de confinamiento: 34.5 kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 103.4 kpa**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada KN | Carga cíclica desviadora aplicada KN | Carga desviadora de contacto aplicada KN | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado kpa | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado kpa | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado kpa | D Max mm | D min mm | Deformación Recuperable mm | Tensión resiliente % | Módulo resiliente kPa | Tensión permanente % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 96 | 1.39 | 0.77 | 0.62 | 176.40 | 97.80 | 78.60 | 10.554 | 10.49 | 0.064 | 0.0320 | 305625 | 0.00672 |
| 97 | 1.28 | 0.68 | 0.61 | 163.40 | 86.00 | 77.40 | 10.554 | 10.489 | 0.065 | 0.0325 | 264615 | 0.006715 |
| 98 | 1.28 | 0.67 | 0.61 | 162.80 | 84.80 | 78.00 | 10.554 | 10.49 | 0.064 | 0.0320 | 265000 | 0.00672 |
| 99 | 1.29 | 0.67 | 0.61 | 163.80 | 85.90 | 77.90 | 10.554 | 10.49 | 0.064 | 0.0320 | 268438 | 0.00672 |
| 100 | 1.28 | 0.67 | 0.61 | 162.90 | 85.30 | 77.60 | 10.554 | 10.49 | 0.064 | 0.0320 | 266563 | 0.00672 |
| **Promedio** | 1.303 | 0.69 | 0.6118 | 165.860 | 87.9600 | 77.90000 | | | 0.0642 | 0.0321000 | 274048 | 0.006719 |
| **Des. Estándar** | 0.041487 | 0.038791 | 0.003219 | 5.282272 | 4.939069 | 0.409878 | | | 0.000400 | 0.000200 | 15845.869408 | 0.000002 |

**secuencia 8 de 16**

**Presión de confinamiento: 68.9 kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 68.9 kpa**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada KN | Carga cíclica desviadora aplicada KN | Carga desviadora de contacto aplicada KN | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado kpa | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado kpa | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado kpa | D Max mm | D min mm | Deformación Recuperable mm | Tensión resiliente % | Módulo resiliente kPa | Tensión permanente % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 96 | 1.20 | 0.60 | 0.60 | 152.30 | 76.40 | 75.90 | 10.528 | 10.503 | 0.025 | 0.0125 | 611200 | 0.006785 |
| 97 | 1.31 | 0.72 | 0.59 | 166.90 | 91.50 | 75.40 | 10.541 | 10.503 | 0.038 | 0.0190 | 481579 | 0.006785 |
| 98 | 1.31 | 0.71 | 0.60 | 167.40 | 91.00 | 76.40 | 10.541 | 10.502 | 0.039 | 0.0195 | 466667 | 0.00678 |
| 99 | 1.20 | 0.61 | 0.59 | 153.30 | 78.00 | 75.30 | 10.528 | 10.503 | 0.025 | 0.0125 | 624000 | 0.006785 |
| 100 | 1.20 | 0.61 | 0.59 | 152.30 | 77.10 | 75.20 | 10.528 | 10.503 | 0.025 | 0.0125 | 616800 | 0.006785 |
| **Promedio** | 1.244 | 0.65 | 0.5941 | 158.440 | 82.8000 | 75.64000 | | | 0.0304 | 0.0152000 | 560049 | 0.006784 |
| **Des. Estándar** | 0.055942 | 0.054348 | 0.003533 | 7.122808 | 6.919827 | 0.449889 | | | 0.006621 | 0.003311 | 70433.856265 | 0.000002 |

## MÓDULO RESILIENTE

MTC E 108 - ASTM D 2216 - NTP 339.127

Standard Test Method of Laboratory Determination of Water Content of Soil and Rock

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:**<br>**N° de hoja:** | 20 de marzo del 2025<br>1 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de determinación del Módulo Resiliente**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 1 | **% Tierra de Diatomeas** | 2 |

**secuencia 9 de 16**

**Presión de confinamiento: 68.9 kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 137.9 kpa**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada KN | Carga cíclica desviadora aplicada KN | Carga desviadora de contacto aplicada KN | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado kpa | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado kpa | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado kpa | D Max mm | D min mm | Deformación Recuperable mm | Tensión resiliente % | Módulo resiliente kPa | Tensión permanente % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 96 | 1.49 | 0.85 | 0.64 | 189.60 | 108.10 | 81.50 | 10.681 | 10.604 | 0.077 | 0.0385 | 280779 | 0.00729 |
| 97 | 1.61 | 0.97 | 0.64 | 205.10 | 123.30 | 81.80 | 10.693 | 10.604 | 0.089 | 0.0445 | 277079 | 0.00729 |
| 98 | 1.60 | 0.95 | 0.65 | 203.20 | 120.70 | 82.50 | 10.693 | 10.604 | 0.089 | 0.0445 | 271236 | 0.00729 |
| 99 | 1.60 | 0.95 | 0.65 | 203.60 | 121.10 | 82.50 | 10.706 | 10.604 | 0.102 | 0.0510 | 237451 | 0.00729 |
| 100 | 1.47 | 0.82 | 0.65 | 187.80 | 104.70 | 83.10 | 10.681 | 10.604 | 0.077 | 0.0385 | 271948 | 0.00729 |
| **Promedio** | 1.554 | 0.91 | 0.6462 | 197.860 | 115.5800 | 82.28000 | | | 0.0868 | 0.0434000 | 267699 | 0.00729 |
| **Des. Estándar** | 0.059120 | 0.059877 | 0.004454 | 7.527443 | 7.623752 | 0.567098 | | | 0.009304 | 0.004652 | 15521.451119 | 0.000000 |

**secuencia 10 de 16**

**Presión de confinamiento: 68.9 kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 206.8 kpa**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada KN | Carga cíclica desviadora aplicada KN | Carga desviadora de contacto aplicada KN | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado kpa | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado kpa | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado kpa | D Max mm | D min mm | Deformación Recuperable mm | Tensión resiliente % | Módulo resiliente kPa | Tensión permanente % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 96 | 2.06 | 1.52 | 0.54 | 262.00 | 193.10 | 68.90 | 11.454 | 11.238 | 0.216 | 0.1080 | 178796 | 0.01046 |
| 97 | 1.80 | 1.26 | 0.55 | 229.60 | 160.10 | 69.50 | 11.403 | 11.238 | 0.165 | 0.0825 | 194061 | 0.01046 |
| 98 | 1.81 | 1.27 | 0.54 | 230.10 | 161.90 | 68.20 | 11.429 | 11.239 | 0.19 | 0.0950 | 170421 | 0.010465 |
| 99 | 2.05 | 1.50 | 0.55 | 261.10 | 190.70 | 70.40 | 11.467 | 11.238 | 0.229 | 0.1145 | 166550 | 0.01046 |
| 100 | 1.81 | 1.26 | 0.56 | 231.00 | 160.00 | 71.00 | 11.429 | 11.238 | 0.191 | 0.0955 | 167539 | 0.01046 |
| **Promedio** | 1.907 | 1.36 | 0.5466 | 242.760 | 173.1600 | 69.60000 | | | 0.1982 | 0.0991000 | 175473 | 0.010461 |
| **Des. Estándar** | 0.120568 | 0.120440 | 0.007901 | 15.351169 | 15.334875 | 1.005982 | | | 0.022302 | 0.011151 | 10243.297516 | 0.000002 |

**secuencia 11 de 16**

**Presión de confinamiento: 103.4 kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 68.9 kpa**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada KN | Carga cíclica desviadora aplicada KN | Carga desviadora de contacto aplicada KN | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado kpa | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado kpa | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado kpa | D Max mm | D min mm | Deformación Recuperable mm | Tensión resiliente % | Módulo resiliente kPa | Tensión permanente % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 96 | 1.12 | 0.63 | 0.48 | 142.00 | 80.60 | 61.40 | 11.264 | 11.238 | 0.026 | 0.0130 | 620000 | 0.01046 |
| 97 | 1.13 | 0.66 | 0.47 | 143.80 | 83.90 | 59.90 | 11.264 | 11.238 | 0.026 | 0.0130 | 645385 | 0.01046 |
| 98 | 1.13 | 0.66 | 0.47 | 143.50 | 83.70 | 59.80 | 11.265 | 11.238 | 0.027 | 0.0135 | 620000 | 0.01046 |
| 99 | 1.12 | 0.65 | 0.47 | 142.50 | 82.60 | 59.90 | 11.264 | 11.238 | 0.026 | 0.0130 | 635385 | 0.01046 |
| 100 | 1.12 | 0.65 | 0.47 | 142.00 | 82.30 | 59.70 | 11.264 | 11.238 | 0.026 | 0.0130 | 633077 | 0.01046 |
| **Promedio** | 1.121 | 0.65 | 0.4723 | 142.760 | 82.6200 | 60.14000 | | | 0.0262 | 0.0131000 | 630769 | 0.01046 |
| **Des. Estándar** | 0.005932 | 0.009285 | 0.004982 | 0.755248 | 1.182201 | 0.634350 | | | 0.000400 | 0.000200 | 9717.914891 | 0.000000 |

**secuencia 12 de 16**

**Presión de confinamiento: 103.4 kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 103.4 kpa**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada KN | Carga cíclica desviadora aplicada KN | Carga desviadora de contacto aplicada KN | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado kpa | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado kpa | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado kpa | D Max mm | D min mm | Deformación Recuperable mm | Tensión resiliente % | Módulo resiliente kPa | Tensión permanente % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 96 | 1.24 | 0.75 | 0.49 | 158.20 | 95.30 | 62.90 | 11.302 | 11.251 | 0.051 | 0.0255 | 373725 | 0.010525 |
| 97 | 1.23 | 0.73 | 0.50 | 156.90 | 93.50 | 63.40 | 11.302 | 11.25 | 0.052 | 0.0260 | 359615 | 0.01052 |
| 98 | 1.22 | 0.73 | 0.49 | 155.90 | 93.20 | 62.70 | 11.302 | 11.251 | 0.051 | 0.0255 | 365490 | 0.010525 |
| 99 | 1.23 | 0.74 | 0.49 | 156.30 | 93.80 | 62.50 | 11.302 | 11.251 | 0.051 | 0.0255 | 367843 | 0.010525 |
| 100 | 1.23 | 0.74 | 0.49 | 156.20 | 93.90 | 62.30 | 11.302 | 11.251 | 0.051 | 0.0255 | 368235 | 0.010525 |
| **Promedio** | 1.231 | 0.74 | 0.4929 | 156.700 | 93.9400 | 62.76000 | | | 0.0512 | 0.0256000 | 366982 | 0.010524 |
| **Des. Estándar** | 0.006419 | 0.005677 | 0.002964 | 0.817313 | 0.722772 | 0.377359 | | | 0.000400 | 0.000200 | 4566.825257 | 0.000002 |

## MÓDULO RESILIENTE

MTC E 108 - ASTM D 2216 - NTP 339.127

Standard Test Method of Laboratory Determination of Water Content of Soil and Rock

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:**<br>**N° de hoja:** | 20 de marzo del 2025<br>1 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraido de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de determinación del Módulo Resiliente**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 1 | **% Tierra de Diatomeas** | 2 |

**secuencia 13 de 16**

**Presión de confinamiento:** **103.4** **kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal:** **206.8** **kpa**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 96 | 1.98 | 1.41 | 0.57 | 252.50 | 179.30 | 73.20 | 11.644 | 11.479 | 0.165 | 0.0825 | 217333 | 0.011665 |
| 97 | 2.24 | 1.63 | 0.62 | 285.70 | 207.10 | 78.60 | 11.67 | 11.479 | 0.191 | 0.0955 | 216859 | 0.011665 |
| 98 | 2.01 | 1.41 | 0.59 | 255.70 | 180.10 | 75.60 | 11.657 | 11.479 | 0.178 | 0.0890 | 202360 | 0.011665 |
| 99 | 2.00 | 1.44 | 0.56 | 255.00 | 183.40 | 71.60 | 11.657 | 11.479 | 0.178 | 0.0890 | 206067 | 0.011665 |
| 100 | 1.97 | 1.41 | 0.56 | 250.60 | 179.14 | 71.46 | 11.644 | 11.479 | 0.165 | 0.0825 | 217139 | 0.011665 |
| **Promedio** | 2.041 | 1.46 | 0.5819 | 259.900 | 185.8080 | 74.09200 | | | 0.1754 | 0.0877000 | 211952 | 0.011665 |
| **Des. Estándar** | 0.102315 | 0.084484 | 0.021229 | 13.027202 | 10.756814 | 2.702935 | | | 0.009728 | 0.004864 | 6427.850742 | 0.000000 |

**secuencia 14 de 16**

**Presión de confinamiento:** **137.9** **kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal:** **103.4** **kpa**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 96 | 1.26 | 0.76 | 0.50 | 160.30 | 97.00 | 63.30 | 11.505 | 11.48 | 0.025 | 0.0125 | 776000 | 0.01167 |
| 97 | 1.22 | 0.73 | 0.49 | 155.20 | 92.80 | 62.40 | 11.505 | 11.479 | 0.026 | 0.0130 | 713846 | 0.011665 |
| 98 | 1.22 | 0.71 | 0.51 | 155.50 | 91.00 | 64.50 | 11.505 | 11.478 | 0.027 | 0.0135 | 674074 | 0.01166 |
| 99 | 1.25 | 0.72 | 0.52 | 158.60 | 92.30 | 66.30 | 11.505 | 11.479 | 0.026 | 0.0130 | 710000 | 0.011665 |
| 100 | 1.27 | 0.76 | 0.51 | 161.90 | 96.60 | 65.30 | 11.505 | 11.479 | 0.026 | 0.0130 | 743077 | 0.011665 |
| **Promedio** | 1.243 | 0.74 | 0.5055 | 158.300 | 93.9400 | 64.36000 | | | 0.026 | 0.0130000 | 723399 | 0.011665 |
| **Des. Estándar** | 0.020631 | 0.018938 | 0.010901 | 2.626785 | 2.411307 | 1.387948 | | | 0.000632 | 0.000316 | 34228.129499 | 0.000003 |

**secuencia 15 de 16**

**Presión de confinamiento:** **137.9** **kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal:** **137.9** **kpa**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 96 | 1.39 | 0.87 | 0.51 | 176.90 | 111.40 | 65.50 | 11.555 | 11.492 | 0.063 | 0.0315 | 353651 | 0.01173 |
| 97 | 1.42 | 0.89 | 0.52 | 180.20 | 113.90 | 66.30 | 11.555 | 11.492 | 0.063 | 0.0315 | 361587 | 0.01173 |
| 98 | 1.44 | 0.92 | 0.52 | 183.10 | 117.00 | 66.10 | 11.555 | 11.492 | 0.063 | 0.0315 | 371429 | 0.01173 |
| 99 | 1.60 | 1.09 | 0.51 | 203.50 | 138.60 | 64.90 | 11.581 | 11.492 | 0.089 | 0.0445 | 311461 | 0.01173 |
| 100 | 1.41 | 0.88 | 0.53 | 180.00 | 112.40 | 67.60 | 11.555 | 11.492 | 0.063 | 0.0315 | 356825 | 0.01173 |
| **Promedio** | 1.451 | 0.93 | 0.5190 | 184.740 | 118.6600 | 66.08000 | | | 0.0682 | 0.0341000 | 350991 | 0.01173 |
| **Des. Estándar** | 0.075265 | 0.079702 | 0.007102 | 9.583027 | 10.148024 | 0.904212 | | | 0.010400 | 0.005200 | 20657.866695 | 0.000000 |

**secuencia 16 de 16**

**Presión de confinamiento:** **137.9** **kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal:** **275.8** **kpa**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 96 | 2.92 | 2.12 | 0.80 | 371.90 | 270.40 | 101.50 | 12.164 | 11.961 | 0.203 | 0.1015 | 266404 | 0.014075 |
| 97 | 2.89 | 2.08 | 0.80 | 367.70 | 265.40 | 102.30 | 12.164 | 11.961 | 0.203 | 0.1015 | 261478 | 0.014075 |
| 98 | 2.90 | 2.10 | 0.80 | 369.60 | 267.30 | 102.30 | 12.164 | 11.961 | 0.203 | 0.1015 | 263350 | 0.014075 |
| 99 | 2.89 | 2.08 | 0.80 | 367.70 | 265.40 | 102.30 | 12.165 | 11.961 | 0.204 | 0.1020 | 260196 | 0.014075 |
| 100 | 2.91 | 2.11 | 0.80 | 369.90 | 268.20 | 101.70 | 12.165 | 11.961 | 0.204 | 0.1020 | 262941 | 0.014075 |
| **Promedio** | 2.901 | 2.10 | 0.8013 | 369.360 | 267.3400 | 102.02000 | | | 0.2034 | 0.1017000 | 262874 | 0.014075 |
| **Des. Estándar** | 0.012324 | 0.014749 | 0.002739 | 1.569204 | 1.877871 | 0.348712 | | | 0.000490 | 0.000245 | 2088.630374 | 0.000000 |

## MÓDULO RESILIENTE

MTC E 108 - ASTM D 2216 - NTP 339.127

Standard Test Method of Laboratory Determination of Water Content of Soil and Rock

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:**<br>**N° de hoja:** | 26 de marzo del 2025<br>1 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de determinación del Módulo Resiliente**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 2 | **% Tierra de Diatomeas** | 2 |

**secuencia 1 de 16**

**Presión de confinamiento: 103.4 kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 103.4 kpa**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | Esfuerzo desviador máximo aplicado ($\sigma_{1\,max}$) | Esfuerzo desviador cíclico aplicado ($\sigma_{1\,cyclic}$) | Esfuerzo desviador de contacto aplicado ($0.1(\sigma_{1\,max})$) | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 496 | 1.27 | 0.67 | 0.61 | 162.20 | 84.80 | 77.40 | 6.552 | 6.471 | 0.081 | 0.0405 | 209383 | 0.00729 |
| 497 | 1.29 | 0.68 | 0.61 | 164.80 | 86.60 | 78.20 | 6.552 | 6.472 | 0.08 | 0.0400 | 216500 | 0.007295 |
| 498 | 1.40 | 0.79 | 0.61 | 178.20 | 100.70 | 77.50 | 6.553 | 6.472 | 0.081 | 0.0405 | 248642 | 0.007295 |
| 499 | 1.27 | 0.65 | 0.62 | 161.50 | 83.00 | 78.50 | 6.552 | 6.472 | 0.08 | 0.0400 | 207500 | 0.007295 |
| 500 | 1.40 | 0.79 | 0.61 | 177.80 | 100.60 | 77.20 | 6.552 | 6.472 | 0.08 | 0.0400 | 251500 | 0.007295 |
| **Promedio** | 1.327 | 0.72 | 0.6107 | 168.900 | 91.1400 | 77.76000 | | | 0.0804 | 0.0402000 | 226705 | 0.007294 |
| **Des. Estándar** | 0.059000 | 0.061638 | 0.003930 | 7.512124 | 7.847955 | 0.500400 | | | 0.000490 | 0.000245 | 19334.210519 | 0.000002 |

**secuencia 2 de 16**

**Presión de confinamiento: 20.7 kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 20.7 kpa**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | Esfuerzo desviador máximo aplicado ($\sigma_{1\,max}$) | Esfuerzo desviador cíclico aplicado ($\sigma_{1\,cyclic}$) | Esfuerzo desviador de contacto aplicado ($0.1(\sigma_{1\,max})$) | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 96 | 0.72 | 0.20 | 0.52 | 91.50 | 25.00 | 66.50 | 6.446 | 6.433 | 0.013 | 0.0065 | 384615 | 0.0071 |
| 97 | 0.69 | 0.17 | 0.52 | 87.60 | 21.30 | 66.30 | 6.446 | 6.433 | 0.013 | 0.0065 | 327692 | 0.0071 |
| 98 | 0.72 | 0.19 | 0.53 | 91.10 | 24.20 | 66.90 | 6.447 | 6.433 | 0.014 | 0.0070 | 345714 | 0.0071 |
| 99 | 0.73 | 0.18 | 0.55 | 92.60 | 22.80 | 69.80 | 6.447 | 6.433 | 0.014 | 0.0070 | 325714 | 0.0071 |
| 100 | 0.74 | 0.20 | 0.55 | 94.70 | 25.30 | 69.40 | 6.448 | 6.433 | 0.015 | 0.0075 | 337333 | 0.0071 |
| **Promedio** | 0.719 | 0.19 | 0.5323 | 91.500 | 23.7200 | 67.78000 | | | 0.0138 | 0.0069000 | 344214 | 0.0071 |
| **Des. Estándar** | 0.018190 | 0.011685 | 0.011811 | 2.316031 | 1.487817 | 1.503862 | | | 0.000748 | 0.000374 | 21433.954629 | 0.000000 |

**secuencia 3 de 16**

**Presión de confinamiento: 20.7 kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 41.4 kpa**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | Esfuerzo desviador máximo aplicado ($\sigma_{1\,max}$) | Esfuerzo desviador cíclico aplicado ($\sigma_{1\,cyclic}$) | Esfuerzo desviador de contacto aplicado ($0.1(\sigma_{1\,max})$) | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 96 | 0.84 | 0.35 | 0.49 | 107.00 | 44.30 | 62.70 | 6.446 | 6.433 | 0.013 | 0.0065 | 681538 | 0.0071 |
| 97 | 0.90 | 0.40 | 0.50 | 114.60 | 51.20 | 63.40 | 6.446 | 6.433 | 0.013 | 0.0065 | 787692 | 0.0071 |
| 98 | 0.84 | 0.34 | 0.50 | 106.90 | 43.30 | 63.60 | 6.446 | 6.433 | 0.013 | 0.0065 | 666154 | 0.0071 |
| 99 | 0.85 | 0.36 | 0.49 | 107.80 | 45.60 | 62.20 | 6.446 | 6.433 | 0.013 | 0.0065 | 701538 | 0.0071 |
| 100 | 0.91 | 0.41 | 0.50 | 115.50 | 52.20 | 63.30 | 6.446 | 6.433 | 0.013 | 0.0065 | 803077 | 0.0071 |
| **Promedio** | 0.867 | 0.37 | 0.4951 | 110.360 | 47.3200 | 63.04000 | | | 0.013 | 0.0065000 | 728000 | 0.0071 |
| **Des. Estándar** | 0.030258 | 0.028773 | 0.004054 | 3.852584 | 3.663550 | 0.516140 | | | 0.000000 | 0.000000 | 56362.310627 | 0.000000 |

**secuencia 4 de 16**

**Presión de confinamiento: 20.7 kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 62.1 kpa**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | Esfuerzo desviador máximo aplicado ($\sigma_{1\,max}$) | Esfuerzo desviador cíclico aplicado ($\sigma_{1\,cyclic}$) | Esfuerzo desviador de contacto aplicado ($0.1(\sigma_{1\,max})$) | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 96 | 1.09 | 0.60 | 0.50 | 139.20 | 75.90 | 63.30 | 6.547 | 6.509 | 0.038 | 0.0190 | 399474 | 0.00748 |
| 97 | 1.10 | 0.52 | 0.58 | 139.60 | 65.80 | 73.80 | 6.547 | 6.511 | 0.036 | 0.0180 | 365556 | 0.00749 |
| 98 | 1.10 | 0.60 | 0.50 | 139.60 | 76.00 | 63.60 | 6.547 | 6.508 | 0.039 | 0.0195 | 389744 | 0.007475 |
| 99 | 1.11 | 0.61 | 0.50 | 140.70 | 77.20 | 63.50 | 6.547 | 6.509 | 0.038 | 0.0190 | 406316 | 0.00748 |
| 100 | 1.01 | 0.52 | 0.50 | 129.10 | 66.00 | 63.10 | 6.547 | 6.508 | 0.039 | 0.0195 | 338462 | 0.007475 |
| **Promedio** | 1.081 | 0.57 | 0.5141 | 137.640 | 72.1800 | 65.46000 | | | 0.038 | 0.0190000 | 379910 | 0.00748 |
| **Des. Estándar** | 0.033765 | 0.040435 | 0.032779 | 4.299116 | 5.148359 | 4.173536 | | | 0.001095 | 0.000548 | 24902.722679 | 0.000005 |

## MÓDULO RESILIENTE

MTC E 108 - ASTM D 2216 - NTP 339.127

Standard Test Method of Laboratory Determination of Water Content of Soil and Rock

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 26 de marzo del 2025 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de determinación del Módulo Resiliente**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 2 | **% Tierra de Diatomeas** | 2 |

**secuencia 5 de 16**

**Presión de confinamiento: 34.5 kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 34.5 kpa**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 96 | 0.84 | 0.35 | 0.48 | 106.60 | 44.90 | 61.70 | 6.509 | 6.495 | 0.014 | 0.0070 | 641429 | 0.00741 |
| 97 | 0.79 | 0.30 | 0.48 | 100.10 | 38.50 | 61.60 | 6.509 | 6.496 | 0.013 | 0.0065 | 592308 | 0.007415 |
| 98 | 0.78 | 0.29 | 0.49 | 99.10 | 37.30 | 61.80 | 6.509 | 6.496 | 0.013 | 0.0065 | 573846 | 0.007415 |
| 99 | 0.78 | 0.30 | 0.49 | 99.70 | 37.60 | 62.10 | 6.509 | 6.496 | 0.013 | 0.0065 | 578462 | 0.007415 |
| 100 | 0.78 | 0.30 | 0.49 | 99.90 | 37.90 | 62.00 | 6.509 | 6.496 | 0.013 | 0.0065 | 583077 | 0.007415 |
| **Promedio** | 0.794 | 0.31 | 0.4857 | 101.080 | 39.2400 | 61.84000 | | | 0.0132 | 0.0066000 | 593824 | 0.007414 |
| **Des. Estándar** | 0.021836 | 0.022444 | 0.001457 | 2.780216 | 2.857691 | 0.185472 | | | 0.000400 | 0.000200 | 24572.804617 | 0.000002 |

**secuencia 6 de 16**

**Presión de confinamiento: 34.5 kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 68.9 kpa**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 96 | 1.19 | 0.70 | 0.49 | 151.70 | 88.80 | 62.90 | 6.572 | 6.522 | 0.05 | 0.0250 | 355200 | 0.007545 |
| 97 | 1.09 | 0.60 | 0.48 | 138.30 | 77.00 | 61.30 | 6.56 | 6.521 | 0.039 | 0.0195 | 394872 | 0.00754 |
| 98 | 1.18 | 0.68 | 0.50 | 149.90 | 86.70 | 63.20 | 6.572 | 6.522 | 0.05 | 0.0250 | 346800 | 0.007545 |
| 99 | 1.20 | 0.70 | 0.50 | 152.30 | 88.80 | 63.50 | 6.572 | 6.522 | 0.05 | 0.0250 | 355200 | 0.007545 |
| 100 | 1.20 | 0.70 | 0.50 | 152.30 | 88.60 | 63.70 | 6.572 | 6.522 | 0.05 | 0.0250 | 354400 | 0.007545 |
| **Promedio** | 1.169 | 0.68 | 0.4942 | 148.900 | 85.9800 | 62.92000 | | | 0.0478 | 0.0239000 | 361294 | 0.007544 |
| **Des. Estándar** | 0.042196 | 0.035807 | 0.006709 | 5.372523 | 4.559123 | 0.854166 | | | 0.004400 | 0.002200 | 17084.175437 | 0.000002 |

**secuencia 7 de 16**

**Presión de confinamiento: 34.5 kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 103.4 kpa**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 96 | 1.18 | 0.65 | 0.53 | 150.10 | 82.40 | 67.70 | 6.661 | 6.61 | 0.051 | 0.0255 | 323137 | 0.007985 |
| 97 | 1.19 | 0.66 | 0.53 | 151.80 | 83.70 | 68.10 | 6.662 | 6.61 | 0.052 | 0.0260 | 321923 | 0.007985 |
| 98 | 1.18 | 0.66 | 0.53 | 150.80 | 83.90 | 66.90 | 6.661 | 6.61 | 0.051 | 0.0255 | 329020 | 0.007985 |
| 99 | 1.18 | 0.66 | 0.52 | 150.20 | 83.70 | 66.50 | 6.662 | 6.61 | 0.052 | 0.0260 | 321923 | 0.007985 |
| 100 | 1.18 | 0.65 | 0.52 | 149.70 | 83.00 | 66.70 | 6.661 | 6.61 | 0.051 | 0.0255 | 325490 | 0.007985 |
| **Promedio** | 1.182 | 0.65 | 0.5276 | 150.520 | 83.3400 | 67.18000 | | | 0.0514 | 0.0257000 | 324299 | 0.007985 |
| **Des. Estándar** | 0.005737 | 0.004404 | 0.004826 | 0.730479 | 0.560714 | 0.614492 | | | 0.000490 | 0.000245 | 2696.025166 | 0.000000 |

**secuencia 8 de 16**

**Presión de confinamiento: 68.9 kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 68.9 kpa**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 96 | 1.10 | 0.61 | 0.48 | 139.60 | 78.30 | 61.30 | 6.661 | 6.623 | 0.038 | 0.0190 | 412105 | 0.00805 |
| 97 | 1.09 | 0.61 | 0.48 | 139.10 | 78.20 | 60.90 | 6.661 | 6.622 | 0.039 | 0.0195 | 401026 | 0.008045 |
| 98 | 1.20 | 0.71 | 0.49 | 152.70 | 90.30 | 62.40 | 6.661 | 6.622 | 0.039 | 0.0195 | 463077 | 0.008045 |
| 99 | 1.10 | 0.62 | 0.48 | 139.80 | 79.00 | 60.80 | 6.661 | 6.623 | 0.038 | 0.0190 | 415789 | 0.00805 |
| 100 | 1.19 | 0.70 | 0.49 | 151.80 | 89.60 | 62.20 | 6.661 | 6.623 | 0.038 | 0.0190 | 471579 | 0.00805 |
| **Promedio** | 1.136 | 0.65 | 0.4832 | 144.600 | 83.0800 | 61.52000 | | | 0.0384 | 0.0192000 | 432715 | 0.008048 |
| **Des. Estándar** | 0.049141 | 0.044143 | 0.005196 | 6.256836 | 5.620463 | 0.661513 | | | 0.000490 | 0.000245 | 28801.746279 | 0.000002 |

## MÓDULO RESILIENTE

MTC E 108 - ASTM D 2216 - NTP 339.127

Standard Test Method of Laboratory Determination of Water Content of Soil and Rock

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 26 de marzo del 2025 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |
| **Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de determinación del Módulo Resiliente** | | | |
| **% Aceite Residual Degradado** | 2 | **% Tierra de Diatomeas** | 2 |

**secuencia 9 de 16**

**Presión de confinamiento: 68.9 kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 137.9 kpa**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 96 | 1.32 | 0.81 | 0.51 | 167.50 | 102.90 | 64.60 | 6.775 | 6.711 | 0.064 | 0.0320 | 321563 | 0.00849 |
| 97 | 1.32 | 0.80 | 0.51 | 167.60 | 102.30 | 65.30 | 6.775 | 6.711 | 0.064 | 0.0320 | 319688 | 0.00849 |
| 98 | 1.32 | 0.81 | 0.51 | 168.70 | 103.70 | 65.00 | 6.775 | 6.712 | 0.063 | 0.0315 | 329206 | 0.008495 |
| 99 | 1.46 | 0.95 | 0.51 | 186.00 | 120.70 | 65.30 | 6.78 | 6.712 | 0.068 | 0.0340 | 355000 | 0.008495 |
| 100 | 1.46 | 0.95 | 0.51 | 185.60 | 120.90 | 64.70 | 6.78 | 6.712 | 0.068 | 0.0340 | 355588 | 0.008495 |
| **Promedio** | 1.375 | 0.86 | 0.5104 | 175.080 | 110.1000 | 64.98000 | | | 0.0654 | 0.0327000 | 336209 | 0.008493 |
| **Des. Estándar** | 0.068831 | 0.068707 | 0.002298 | 8.763880 | 8.748028 | 0.292575 | | | 0.002154 | 0.001077 | 15907.064369 | 0.000002 |

**secuencia 10 de 16**

**Presión de confinamiento: 68.9 kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 206.8 kpa**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 96 | 1.98 | 1.28 | 0.71 | 252.50 | 162.50 | 90.00 | 7.498 | 7.333 | 0.165 | 0.0825 | 196970 | 0.0116 |
| 97 | 1.96 | 1.25 | 0.71 | 249.40 | 159.40 | 90.00 | 7.498 | 7.346 | 0.152 | 0.0760 | 209737 | 0.011665 |
| 98 | 1.97 | 1.27 | 0.70 | 250.80 | 161.10 | 89.70 | 7.511 | 7.346 | 0.165 | 0.0825 | 195273 | 0.011665 |
| 99 | 1.96 | 1.26 | 0.70 | 249.70 | 160.30 | 89.40 | 7.511 | 7.347 | 0.164 | 0.0820 | 195488 | 0.01167 |
| 100 | 1.98 | 1.27 | 0.71 | 252.50 | 162.30 | 90.20 | 7.523 | 7.359 | 0.164 | 0.0820 | 197927 | 0.01173 |
| **Promedio** | 1.971 | 1.27 | 0.7058 | 250.980 | 161.1200 | 89.86000 | | | 0.162 | 0.0810000 | 199079 | 0.011666 |
| **Des. Estándar** | 0.010412 | 0.009245 | 0.002199 | 1.325745 | 1.177115 | 0.280000 | | | 0.005020 | 0.002510 | 5417.576012 | 0.000041 |

**secuencia 11 de 16**

**Presión de confinamiento: 103.4 kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 68.9 kpa**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 96 | 1.28 | 0.68 | 0.60 | 163.00 | 86.90 | 76.10 | 7.384 | 7.346 | 0.038 | 0.0190 | 457368 | 0.011665 |
| 97 | 1.18 | 0.58 | 0.60 | 150.10 | 73.80 | 76.30 | 7.384 | 7.347 | 0.037 | 0.0185 | 398919 | 0.01167 |
| 98 | 1.29 | 0.69 | 0.60 | 163.90 | 87.50 | 76.40 | 7.384 | 7.346 | 0.038 | 0.0190 | 460526 | 0.011665 |
| 99 | 1.17 | 0.56 | 0.60 | 148.70 | 71.80 | 76.90 | 7.382 | 7.346 | 0.036 | 0.0180 | 398889 | 0.011665 |
| 100 | 1.28 | 0.67 | 0.60 | 162.40 | 85.50 | 76.90 | 7.384 | 7.346 | 0.038 | 0.0190 | 450000 | 0.011665 |
| **Promedio** | 1.238 | 0.64 | 0.6010 | 157.620 | 81.1000 | 76.52000 | | | 0.0374 | 0.0187000 | 433141 | 0.011666 |
| **Des. Estándar** | 0.052960 | 0.053700 | 0.002552 | 6.743115 | 6.837251 | 0.324962 | | | 0.000800 | 0.000400 | 28162.057029 | 0.000002 |

**secuencia 12 de 16**

**Presión de confinamiento: 103.4 kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 103.4 kpa**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 96 | 1.41 | 0.80 | 0.62 | 180.10 | 101.50 | 78.60 | 7.438 | 7.371 | 0.067 | 0.0335 | 302985 | 0.01179 |
| 97 | 1.29 | 0.67 | 0.62 | 164.40 | 85.80 | 78.60 | 7.435 | 7.37 | 0.065 | 0.0325 | 264000 | 0.011785 |
| 98 | 1.39 | 0.79 | 0.60 | 176.70 | 100.50 | 76.20 | 7.435 | 7.371 | 0.064 | 0.0320 | 314063 | 0.01179 |
| 99 | 1.29 | 0.67 | 0.62 | 164.10 | 85.40 | 78.70 | 7.435 | 7.37 | 0.065 | 0.0325 | 262769 | 0.011785 |
| 100 | 1.42 | 0.80 | 0.62 | 180.40 | 101.70 | 78.70 | 7.435 | 7.372 | 0.063 | 0.0315 | 322857 | 0.011795 |
| **Promedio** | 1.360 | 0.75 | 0.6139 | 173.140 | 94.9800 | 78.16000 | | | 0.0648 | 0.0324000 | 293335 | 0.011789 |
| **Des. Estándar** | 0.057921 | 0.060244 | 0.007705 | 7.374714 | 7.670567 | 0.981020 | | | 0.001327 | 0.000663 | 25255.172100 | 0.000004 |

## MÓDULO RESILIENTE

MTC E 108 - ASTM D 2216 - NTP 339.127

Standard Test Method of Laboratory Determination of Water Content of Soil and Rock

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Título de Tesis:** | **ESTABILIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO – 2024** | | |
| **Tesistas:** | Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Lenin Eduardo Peña Surco | **Fecha de ensayo:** | 26 de marzo del 2025 |
| | | **N° de hoja:** | 1 |
| **Cantera:** | Patapata | **Número de muestra:** | N°1 |
| **Provincia:** | Cusco | **Descripción de la muestra:** | Material extraído de la cantera de Patapata |
| **Región:** | Cusco | | |

**Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de determinación del Módulo Resiliente**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **% Aceite Residual Degradado** | 2 | **% Tierra de Diatomeas** | 2 |

**secuencia 13 de 16**

**Presión de confinamiento: 103.4 kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 206.8 kpa**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 96 | 2.28 | 1.71 | 0.57 | 290.10 | 217.80 | 72.30 | 8.069 | 7.866 | 0.203 | 0.1015 | 214581 | 0.014265 |
| 97 | 1.89 | 1.30 | 0.58 | 240.30 | 166.00 | 74.30 | 8.031 | 7.866 | 0.165 | 0.0825 | 201212 | 0.014265 |
| 98 | 1.89 | 1.28 | 0.60 | 240.20 | 163.50 | 76.70 | 8.031 | 7.866 | 0.165 | 0.0825 | 198182 | 0.014265 |
| 99 | 1.94 | 1.36 | 0.59 | 247.50 | 172.70 | 74.80 | 8.043 | 7.866 | 0.177 | 0.0885 | 195141 | 0.014265 |
| 100 | 2.16 | 1.60 | 0.57 | 275.60 | 203.50 | 72.10 | 8.069 | 7.866 | 0.203 | 0.1015 | 200493 | 0.014265 |
| **Promedio** | 2.032 | 1.45 | 0.5815 | 258.740 | 184.7000 | 74.04000 | | | 0.1826 | 0.0913000 | 201922 | 0.014265 |
| **Des. Estándar** | 0.160106 | 0.171792 | 0.013380 | 20.385348 | 21.873180 | 1.703643 | | | 0.017223 | 0.008612 | 6674.909700 | 0.000000 |

**secuencia 14 de 16**

**Presión de confinamiento: 137.9 kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 103.4 kpa**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 96 | 1.34 | 0.80 | 0.54 | 170.50 | 101.70 | 68.80 | 7.942 | 7.891 | 0.051 | 0.0255 | 398824 | 0.01439 |
| 97 | 1.34 | 0.82 | 0.52 | 171.20 | 104.40 | 66.80 | 7.942 | 7.89 | 0.052 | 0.0260 | 401538 | 0.014385 |
| 98 | 1.19 | 0.68 | 0.51 | 151.70 | 87.20 | 64.50 | 7.939 | 7.89 | 0.049 | 0.0245 | 355918 | 0.014385 |
| 99 | 1.32 | 0.80 | 0.53 | 168.50 | 101.40 | 67.10 | 7.942 | 7.891 | 0.051 | 0.0255 | 397647 | 0.01439 |
| 100 | 1.22 | 0.69 | 0.52 | 154.90 | 88.30 | 66.60 | 7.942 | 7.891 | 0.051 | 0.0255 | 346275 | 0.01439 |
| **Promedio** | 1.283 | 0.76 | 0.5243 | 163.360 | 96.6000 | 66.76000 | | | 0.0508 | 0.0254000 | 380040 | 0.014388 |
| **Des. Estándar** | 0.065372 | 0.057408 | 0.010776 | 8.323365 | 7.309446 | 1.372006 | | | 0.000980 | 0.000490 | 23861.998388 | 0.000002 |

**secuencia 15 de 16**

**Presión de confinamiento: 137.9 kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 137.9 kpa**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 96 | 1.65 | 1.00 | 0.65 | 210.00 | 127.80 | 82.20 | 7.99 | 7.916 | 0.074 | 0.0370 | 345405 | 0.014515 |
| 97 | 1.50 | 0.86 | 0.64 | 190.90 | 109.30 | 81.60 | 7.98 | 7.916 | 0.064 | 0.0320 | 341563 | 0.014515 |
| 98 | 1.49 | 0.85 | 0.64 | 189.80 | 108.80 | 81.00 | 7.98 | 7.916 | 0.064 | 0.0320 | 340000 | 0.014515 |
| 99 | 1.64 | 0.99 | 0.65 | 208.30 | 125.80 | 82.50 | 7.99 | 7.916 | 0.074 | 0.0370 | 340000 | 0.014515 |
| 100 | 1.50 | 0.85 | 0.64 | 190.50 | 108.60 | 81.90 | 7.98 | 7.916 | 0.064 | 0.0320 | 339375 | 0.014515 |
| **Promedio** | 1.554 | 0.91 | 0.6428 | 197.900 | 116.0600 | 81.84000 | | | 0.068 | 0.0340000 | 341269 | 0.014515 |
| **Des. Estándar** | 0.072320 | 0.069075 | 0.004054 | 9.208040 | 8.794908 | 0.516140 | | | 0.004899 | 0.002449 | 2191.070471 | 0.000000 |

**secuencia 16 de 16**

**Presión de confinamiento: 137.9 kpa**

**Esfuerzo desviador máximo nominal: 275.8 kpa**

| Ciclo | Carga máxima desviadora aplicada | Carga cíclica desviadora aplicada | Carga desviadora de contacto aplicada | $\sigma_{1\,max}$ Esfuerzo desviador máximo aplicado | $\sigma_{1\,cyclic}$ Esfuerzo desviador cíclico aplicado | $0.1(\sigma_{1\,max})$ Esfuerzo desviador de contacto aplicado | D Max | D min | Deformación Recuperable | Tensión resiliente | Módulo resiliente | Tensión permanente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KN | KN | KN | kpa | kpa | kpa | mm | mm | mm | % | kPa | % |
| 96 | 2.99 | 2.47 | 0.53 | 381.00 | 314.00 | 67.00 | 8.588 | 8.384 | 0.204 | 0.1020 | 307843 | -0.001975 |
| 97 | 2.49 | 1.92 | 0.58 | 317.60 | 244.00 | 73.60 | 8.601 | 8.398 | 0.203 | 0.1015 | 240394 | -0.001905 |
| 98 | 2.59 | 2.00 | 0.59 | 329.60 | 254.40 | 75.20 | 8.588 | 8.398 | 0.19 | 0.0950 | 267789 | -0.001905 |
| 99 | 2.98 | 2.47 | 0.51 | 378.90 | 314.00 | 64.90 | 8.588 | 8.396 | 0.192 | 0.0960 | 327083 | -0.001915 |
| 100 | 2.47 | 1.87 | 0.60 | 314.00 | 238.00 | 76.00 | 8.61 | 8.411 | 0.199 | 0.0995 | 239196 | -0.00184 |
| **Promedio** | 2.703 | 2.14 | 0.5603 | 344.220 | 272.8800 | 71.34000 | | | 0.1976 | 0.0988000 | 276461 | -0.001908 |
| **Des. Estándar** | 0.232751 | 0.266894 | 0.035479 | 29.634736 | 33.982019 | 4.517344 | | | 0.005678 | 0.002839 | 35530.714474 | 0.000043 |

## ANEXO C: MATRIZ DE CONSISTENCIA

MATRIZ DE CONSISTENCIA

| FORMULACIÓN DEL PROBLEMA | OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN | SISTEMA DE HIPOTESIS | DELIMITACION DEL ESTUDIO | VARIABLES DE ESTUDIO | METODOLOGÍA |
|---|---|---|---|---|---|
| **Problema General** | **Objetivo General** | **Hipótesis General** | **Delimitación espacial** | **Variables independientes** | **Enfoque de la investigación** |
| **PG:** ¿Cuál es la influencia de los efectos de la adición de aceite residual degradado (ARD) y tierra de diatomeas considerando las siguientes proporciones 0%, 1%, 2% y 3% para cada uno respectivamente, en las propiedades físico-mecánicas del material granular para afirmado en carreteras? | **OG:** Determinar la dosificación óptima de la mezcla de aceite residual degradado (ARD) y tierra de diatomeas, considerando las siguientes proporciones 0%, 1%, 2% y 3% para cada uno respectivamente, que tengan mejor influencia en las propiedades físico-mecánicas del material granular para afirmado en carreteras. | **HG:** La adición de aceite residual degradado (ARD) y tierra de diatomeas considerando las siguientes proporciones 0%, 1%, 2% y 3% para cada uno respectivamente, como agentes estabilizadores mejorarán las propiedades físico- mecánicas del material granular para afirmado en carreteras | Esta investigación será realizada en el material granular extraído de la canteras de Saylla y Patapata, en el cual se realizarán los ensayos de requeridos por la norma peruana y se medirán las diferentes propiedades del material | Porcentaje de mezcla de Aceite Residual Degradado y Tierra de Diatomeas | Se basa en recolectar datos y analizar para demostrar la hipótesis, por esto se determinó como enfoque CUANTITATIVO. |
| **Problemas especificos** | **Objetivos especificos** | **Hipótesis especificas** | **Delimitación temporal** | **Variables dependientes** | **Diseño de la investigación** |
| 1. ¿Cuál será la variación de la densidad máxima y la humedad óptima del material granular estabilizado con aceite residual degradado (ARD) y tierra de diatomeas considerando las siguientes proporciones 0%, 1%, 2% y 3% para cada uno respectivamente? | 1. Determinar la variación de la densidad máxima y la humedad óptima del material granular estabilizado con aceite residual degradado (ARD) y tierra de diatomeas considerando las siguientes proporciones 0%, 1%, 2% y 3% para cada uno respectivamente | 1. La estabilización físico- mecánica mediante la adición de aceite residual degradado (ARD) y tierra de diatomeas considerando las siguientes proporciones 0%, 1%, 2% y 3% para cada uno respectivamente, mejoran la densidad máxima y la humedad óptima del material granular | El estudio tuvo una duración de 1 año y medio aproximadamente | 1. Compactacion del suelo (Máxima Densidad Seca y Contenido Optimo de Húmedad) | Según las características de obtención de datos a través de experimentos se determinó un diseño EXPERIMENTAL. |
| | | | | | **Alcance de la investigación** |
| 2. ¿Cuál será la variación del porcentaje de CBR que puede alcanzar el material granular estabilizado con aceite residual degradado (ARD) y tierra de diatomeas considerando las siguientes proporciones 0%, 1%, 2% y 3% para cada uno respectivamente? | 2. Determinar la variación del porcentaje de CBR que puede alcanzar el material granular estabilizado con aceite residual degradado (ARD) y tierra de diatomeas considerando las siguientes proporciones 0%, 1%, 2% y 3% para cada uno respectivamente | 2. La estabilización físico- mecánica mediante la adición de aceite residual degradado (ARD) y tierra de diatomeas considerando las siguientes proporciones 0%, 1%, 2% y 3% para cada uno respectivamente, mejoran el porcentaje de CBR que puede alcanzar el material granular | | 2. Limites de Atterberg | Es especificar propiedades, características por lo tanto es una investigación EXPLICATIVO |
| | | | | | **Unidad de análisis** |
| 3. ¿Cuál será la variación de los límites de Atterberg y el Índice de Plasticidad del material granular estabilizado con aceite residual degradado (ARD) y tierra de diatomeas considerando las siguientes proporciones 0%, 1%, 2% y 3% para cada uno respectivamente? | 3. Determinar la variación de los límites de Atterberg y del Índice de Plasticidad del material granular estabilizado con aceite residual degradado (ARD) y tierra de diatomeas considerando las siguientes proporciones 0%, 1%, 2% y 3% para cada uno respectivamente | 3. La estabilización físico- mecánica mediante la adición de aceite residual degradado (ARD) y tierra de diatomeas considerando las siguientes proporciones 0%, 1%, 2% y 3% para cada uno respectivamente, reducen los Límites de Atterberg y el Índice de Plasticidad del material granular | | 3. Capacidad de soporte (CBR) | Indica quienes o que va ser medido por lo cual se determinó como unidad de análisis material granular para afirmado |
| | | | | | **Técnicas de recoleccion de datos** |
| 4. ¿Cuál será la variación del Módulo de Resiliencia del material granular estabilizado con aceite residual degradado (ARD) y tierra de diatomeas considerando las dos mejores dosificaciones de mezcla de los mayores valores de CBR de cada cantera? | 4. Determinar la variación del módulo de resiliencia del material granular estabilizado con aceite residual degradado (ARD) y tierra de diatomeas considerando las dos mejores dosificaciones de mezcla de los mayores valores de CBR de cada cantera | 4. La estabilización físico- mecánica mediante la adición de aceite residual degradado (ARD) y tierra de diatomeas considerando las siguientes proporciones 0%, 1%, 2% y 3% para cada uno respectivamente, aumenta el módulo de resiliencia del material granular | | 4. Módulo de Resiliencia | A través instrumentos que se utilizan en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco |
| | | | | | **Análisis e interpretación de datos** |
| | | | | | Computadora u ordenador. |

## ANEXO D: CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN

## ANEXO D 1

*Certificado de calibración del anillo de carga de prensa CBR*

Laboratorio PP

# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP-392-2024



**Expediente** : **T 213-2024**
Fecha de Emisión : 2024-04-19

**1. Solicitante** : **UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**
Dirección : AV. DE LA CULTURA NRO. 733 - CUSCO - CUSCO

**2. Descripción del Equipo** : **ANILLO DE CARGA DE PRENSA CBR**

| | |
|---|---|
| Marca de Prensa | : **HUMBOLDT** |
| Modelo de Prensa | : **NO INDICA** |
| Serie de Prensa | : **17-1575** |
| Código de Identificación | : **016745** |
| Marca de Anillo | : **HUMBOLDT** |
| Modelo de Anillo | : **H-4454** |
| Serie de Anillo | : **1004216** |
| Capacidad del Anillo | : **10000 lb** |
| Código de Identificación | : **NO INDICA** |
| Marca del Dial | : **HUMBOLDT** |
| Modelo del Dial | : **H4460** |
| Serie del Dial | : **171244906** |
| Procedencia | : **USA** |
| Código de Identificación | : **NO INDICA** |

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Punto de Precision S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

**3. Lugar y fecha de Calibración**
AV. DE LA CULTURA NRO. 733 - CUSCO - CUSCO
**17 - ABRIL - 2024**

**4. Método de Calibración**
La calibración se realizó por el método de comparación del dial del anillo y la lectura de celda patrón.

**5. Trazabilidad**

| INSTRUMENTO | MARCA | CERTIFICADO | TRAZABILIDAD |
|---|---|---|---|
| CELDA DE CARGA | ZEMIC | MT-8009-2023 | SISTEMA INTERNACIONAL |
| INDICADOR | AEP TRANSDUCERS | | |

**6. Condiciones Ambientales**

| | INICIAL | FINAL |
|---|---|---|
| Temperatura °C | 16,5 | 16,6 |
| Humedad % | 51 | 51 |

**7. Observaciones**
Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 698-9620
www.puntodeprecision.com E-mail: ventas@puntodeprecision.com.pe / puntodeprecision@hotmail.com
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

**TABLA Nº 1**

| SISTEMA ANALÓGICO "A" DIVISIONES | SERIES DE VERIFICACIÓN (kgf) | | | PROMEDIO "B" kgf |
|---|---|---|---|---|
| | SERIE 1 | SERIE 2 | SERIE 3 | |
| 100 | 438,20 | 438,00 | 438,10 | 438,10 |
| 200 | 869,20 | 868,90 | 868,90 | 869,00 |
| 300 | 1 297,30 | 1 297,40 | 1 297,70 | 1 297,47 |
| 400 | 1 726,80 | 1 726,70 | 1 727,30 | 1 726,93 |
| 500 | 2 154,00 | 2 154,70 | 2 154,50 | 2 154,40 |
| 600 | 2 580,10 | 2 580,90 | 2 580,60 | 2 580,53 |
| 700 | 2 992,60 | 2 992,90 | 2 992,90 | 2 992,80 |

NOTAS SOBRE LA CALIBRACIÓN

Coeficiente Correlación: $R^2 = 1,0000$

Ecuación de ajuste para valores en kgf : $y = 4,2658x + 16,4476$

Donde: x : Lectura del dial
y : Fuerza promedio (kgf)

Ecuación de ajuste para valoresen lbf : $y = 9,4044x + 36,2607$

Donde: x : Lectura del dial
y : Fuerza promedio (lbf)

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631


PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

Laboratorio PP

### CARTA DE CALIBRACIÓN EN kgf



| | | | |
|---|---|---|---|
| Marca de Prensa | HUMBOLDT | Marca del Dial | HUMBOLDT |
| Marca de Anillo | HUMBOLDT | Modelo del Dial | H4460 |
| Serie de Anillo | 1004216 | Serie del Dial | 171244906 |
| Capacidad del Anillo | 10000 lb | Código de Identificación | NO INDICA |

**y = 4,2658x + 16,4476**

| Divisiones del Dial | Valores Ajustados en kgf | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 100 | 443,03 | 447,29 | 451,56 | 455,83 | 460,09 | 464,36 | 468,62 | 472,89 | 477,15 | 481,42 |
| 110 | 485,69 | 489,95 | 494,22 | 498,48 | 502,75 | 507,01 | 511,28 | 515,55 | 519,81 | 524,08 |
| 120 | 528,34 | 532,61 | 536,88 | 541,14 | 545,41 | 549,67 | 553,94 | 558,20 | 562,47 | 566,74 |
| 130 | 571,00 | 575,27 | 579,53 | 583,80 | 588,06 | 592,33 | 596,60 | 600,86 | 605,13 | 609,39 |
| 140 | 613,66 | 617,93 | 622,19 | 626,46 | 630,72 | 634,99 | 639,25 | 643,52 | 647,79 | 652,05 |
| 150 | 656,32 | 660,58 | 664,85 | 669,12 | 673,38 | 677,65 | 681,91 | 686,18 | 690,44 | 694,71 |
| 160 | 698,98 | 703,24 | 707,51 | 711,77 | 716,04 | 720,30 | 724,57 | 728,84 | 733,10 | 737,37 |
| 170 | 741,63 | 745,90 | 750,17 | 754,43 | 758,70 | 762,96 | 767,23 | 771,49 | 775,76 | 780,03 |
| 180 | 784,29 | 788,56 | 792,82 | 797,09 | 801,35 | 805,62 | 809,89 | 814,15 | 818,42 | 822,68 |
| 190 | 826,95 | 831,22 | 835,48 | 839,75 | 844,01 | 848,28 | 852,54 | 856,81 | 861,08 | 865,34 |
| 200 | 869,61 | 873,87 | 878,14 | 882,41 | 886,67 | 890,94 | 895,20 | 899,47 | 903,73 | 908,00 |
| 210 | 912,27 | 916,53 | 920,80 | 925,06 | 929,33 | 933,59 | 937,86 | 942,13 | 946,39 | 950,66 |
| 220 | 954,92 | 959,19 | 963,46 | 967,72 | 971,99 | 976,25 | 980,52 | 984,78 | 989,05 | 993,32 |
| 230 | 997,58 | 1 001,85 | 1 006,11 | 1 010,38 | 1 014,64 | 1 018,91 | 1 023,18 | 1 027,44 | 1 031,71 | 1 035,97 |
| 240 | 1 040,24 | 1 044,51 | 1 048,77 | 1 053,04 | 1 057,30 | 1 061,57 | 1 065,83 | 1 070,10 | 1 074,37 | 1 078,63 |
| 250 | 1 082,90 | 1 087,16 | 1 091,43 | 1 095,70 | 1 099,96 | 1 104,23 | 1 108,49 | 1 112,76 | 1 117,02 | 1 121,29 |
| 260 | 1 125,56 | 1 129,82 | 1 134,09 | 1 138,35 | 1 142,62 | 1 146,88 | 1 151,15 | 1 155,42 | 1 159,68 | 1 163,95 |
| 270 | 1 168,21 | 1 172,48 | 1 176,75 | 1 181,01 | 1 185,28 | 1 189,54 | 1 193,81 | 1 198,07 | 1 202,34 | 1 206,61 |
| 280 | 1 210,87 | 1 215,14 | 1 219,40 | 1 223,67 | 1 227,93 | 1 232,20 | 1 236,47 | 1 240,73 | 1 245,00 | 1 249,26 |
| 290 | 1 253,53 | 1 257,80 | 1 262,06 | 1 266,33 | 1 270,59 | 1 274,86 | 1 279,12 | 1 283,39 | 1 287,66 | 1 291,92 |
| 300 | 1 296,19 | 1 300,45 | 1 304,72 | 1 308,99 | 1 313,25 | 1 317,52 | 1 321,78 | 1 326,05 | 1 330,31 | 1 334,58 |
| 310 | 1 338,85 | 1 343,11 | 1 347,38 | 1 351,64 | 1 355,91 | 1 360,17 | 1 364,44 | 1 368,71 | 1 372,97 | 1 377,24 |
| 320 | 1 381,50 | 1 385,77 | 1 390,04 | 1 394,30 | 1 398,57 | 1 402,83 | 1 407,10 | 1 411,36 | 1 415,63 | 1 419,90 |
| 330 | 1 424,16 | 1 428,43 | 1 432,69 | 1 436,96 | 1 441,22 | 1 445,49 | 1 449,76 | 1 454,02 | 1 458,29 | 1 462,55 |
| 340 | 1 466,82 | 1 471,09 | 1 475,35 | 1 479,62 | 1 483,88 | 1 488,15 | 1 492,41 | 1 496,68 | 1 500,95 | 1 505,21 |
| 350 | 1 509,48 | 1 513,74 | 1 518,01 | 1 522,28 | 1 526,54 | 1 530,81 | 1 535,07 | 1 539,34 | 1 543,60 | 1 547,87 |
| 360 | 1 552,14 | 1 556,40 | 1 560,67 | 1 564,93 | 1 569,20 | 1 573,46 | 1 577,73 | 1 582,00 | 1 586,26 | 1 590,53 |
| 370 | 1 594,79 | 1 599,06 | 1 603,33 | 1 607,59 | 1 611,86 | 1 616,12 | 1 620,39 | 1 624,65 | 1 628,92 | 1 633,19 |
| 380 | 1 637,45 | 1 641,72 | 1 645,98 | 1 650,25 | 1 654,51 | 1 658,78 | 1 663,05 | 1 667,31 | 1 671,58 | 1 675,84 |
| 390 | 1 680,11 | 1 684,38 | 1 688,64 | 1 692,91 | 1 697,17 | 1 701,44 | 1 705,70 | 1 709,97 | 1 714,24 | 1 718,50 |
| 400 | 1 722,77 | 1 727,03 | 1 731,30 | 1 735,57 | 1 739,83 | 1 744,10 | 1 748,36 | 1 752,63 | 1 756,89 | 1 761,16 |
| 410 | 1 765,43 | 1 769,69 | 1 773,96 | 1 778,22 | 1 782,49 | 1 786,75 | 1 791,02 | 1 795,29 | 1 799,55 | 1 803,82 |
| 420 | 1 808,08 | 1 812,35 | 1 816,62 | 1 820,88 | 1 825,15 | 1 829,41 | 1 833,68 | 1 837,94 | 1 842,21 | 1 846,48 |
| 430 | 1 850,74 | 1 855,01 | 1 859,27 | 1 863,54 | 1 867,80 | 1 872,07 | 1 876,34 | 1 880,60 | 1 884,87 | 1 889,13 |
| 440 | 1 893,40 | 1 897,67 | 1 901,93 | 1 906,20 | 1 910,46 | 1 914,73 | 1 918,99 | 1 923,26 | 1 927,53 | 1 931,79 |
| 450 | 1 936,06 | 1 940,32 | 1 944,59 | 1 948,86 | 1 953,12 | 1 957,39 | 1 961,65 | 1 965,92 | 1 970,18 | 1 974,45 |
| 460 | 1 978,72 | 1 982,98 | 1 987,25 | 1 991,51 | 1 995,78 | 2 000,04 | 2 004,31 | 2 008,58 | 2 012,84 | 2 017,11 |
| 470 | 2 021,37 | 2 025,64 | 2 029,91 | 2 034,17 | 2 038,44 | 2 042,70 | 2 046,97 | 2 051,23 | 2 055,50 | 2 059,77 |
| 480 | 2 064,03 | 2 068,30 | 2 072,56 | 2 076,83 | 2 081,09 | 2 085,36 | 2 089,63 | 2 093,89 | 2 098,16 | 2 102,42 |
| 490 | 2 106,69 | 2 110,96 | 2 115,22 | 2 119,49 | 2 123,75 | 2 128,02 | 2 132,28 | 2 136,55 | 2 140,82 | 2 145,08 |
| 500 | 2 149,35 | 2 153,61 | 2 157,88 | 2 162,15 | 2 166,41 | 2 170,68 | 2 174,94 | 2 179,21 | 2 183,47 | 2 187,74 |
| 510 | 2 192,01 | 2 196,27 | 2 200,54 | 2 204,80 | 2 209,07 | 2 213,33 | 2 217,60 | 2 221,87 | 2 226,13 | 2 230,40 |
| 520 | 2 234,66 | 2 238,93 | 2 243,20 | 2 247,46 | 2 251,73 | 2 255,99 | 2 260,26 | 2 264,52 | 2 268,79 | 2 273,06 |
| 530 | 2 277,32 | 2 281,59 | 2 285,85 | 2 290,12 | 2 294,38 | 2 298,65 | 2 302,92 | 2 307,18 | 2 311,45 | 2 315,71 |
| 540 | 2 319,98 | 2 324,25 | 2 328,51 | 2 332,78 | 2 337,04 | 2 341,31 | 2 345,57 | 2 349,84 | 2 354,11 | 2 358,37 |
| 550 | 2 362,64 | 2 366,90 | 2 371,17 | 2 375,44 | 2 379,70 | 2 383,97 | 2 388,23 | 2 392,50 | 2 396,76 | 2 401,03 |

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP/N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 698-9620
www.puntodeprecision.com E-mail: ventas@puntodeprecision.com.pe / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

| Divisiones del Dial | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 560 | 2 405,30 | 2 409,56 | 2 413,83 | 2 418,09 | 2 422,36 | 2 426,62 | 2 430,89 | 2 435,16 | 2 439,42 | 2 443,69 |
| 570 | 2 447,95 | 2 452,22 | 2 456,49 | 2 460,75 | 2 465,02 | 2 469,28 | 2 473,55 | 2 477,81 | 2 482,08 | 2 486,35 |
| 580 | 2 490,61 | 2 494,88 | 2 499,14 | 2 503,41 | 2 507,67 | 2 511,94 | 2 516,21 | 2 520,47 | 2 524,74 | 2 529,00 |
| 590 | 2 533,27 | 2 537,54 | 2 541,80 | 2 546,07 | 2 550,33 | 2 554,60 | 2 558,86 | 2 563,13 | 2 567,40 | 2 571,66 |
| 600 | 2 575,93 | 2 580,19 | 2 584,46 | 2 588,73 | 2 592,99 | 2 597,26 | 2 601,52 | 2 605,79 | 2 610,05 | 2 614,32 |
| 610 | 2 618,59 | 2 622,85 | 2 627,12 | 2 631,38 | 2 635,65 | 2 639,91 | 2 644,18 | 2 648,45 | 2 652,71 | 2 656,98 |
| 620 | 2 661,24 | 2 665,51 | 2 669,78 | 2 674,04 | 2 678,31 | 2 682,57 | 2 686,84 | 2 691,10 | 2 695,37 | 2 699,64 |
| 630 | 2 703,90 | 2 708,17 | 2 712,43 | 2 716,70 | 2 720,96 | 2 725,23 | 2 729,50 | 2 733,76 | 2 738,03 | 2 742,29 |
| 640 | 2 746,56 | 2 750,83 | 2 755,09 | 2 759,36 | 2 763,62 | 2 767,89 | 2 772,15 | 2 776,42 | 2 780,69 | 2 784,95 |
| 650 | 2 789,22 | 2 793,48 | 2 797,75 | 2 802,02 | 2 806,28 | 2 810,55 | 2 814,81 | 2 819,08 | 2 823,34 | 2 827,61 |
| 660 | 2 831,88 | 2 836,14 | 2 840,41 | 2 844,67 | 2 848,94 | 2 853,20 | 2 857,47 | 2 861,74 | 2 866,00 | 2 870,27 |
| 670 | 2 874,53 | 2 878,80 | 2 883,07 | 2 887,33 | 2 891,60 | 2 895,86 | 2 900,13 | 2 904,39 | 2 908,66 | 2 912,93 |
| 680 | 2 917,19 | 2 921,46 | 2 925,72 | 2 929,99 | 2 934,25 | 2 938,52 | 2 942,79 | 2 947,05 | 2 951,32 | 2 955,58 |
| 690 | 2 959,85 | 2 964,12 | 2 968,38 | 2 972,65 | 2 976,91 | 2 981,18 | 2 985,44 | 2 989,71 | 2 993,98 | 2 998,24 |
| 700 | 3 002,51 | 3 006,77 | 3 011,04 | 3 015,31 | 3 019,57 | 3 023,84 | 3 028,10 | 3 032,37 | 3 036,63 | 3 040,90 |
| 710 | 3 045,17 | 3 049,43 | 3 053,70 | 3 057,96 | 3 062,23 | 3 066,49 | 3 070,76 | 3 075,03 | 3 079,29 | 3 083,56 |
| 720 | 3 087,82 | 3 092,09 | 3 096,36 | 3 100,62 | 3 104,89 | 3 109,15 | 3 113,42 | 3 117,68 | 3 121,95 | 3 126,22 |
| 730 | 3 130,48 | 3 134,75 | 3 139,01 | 3 143,28 | 3 147,54 | 3 151,81 | 3 156,08 | 3 160,34 | 3 164,61 | 3 168,87 |
| 740 | 3 173,14 | 3 177,41 | 3 181,67 | 3 185,94 | 3 190,20 | 3 194,47 | 3 198,73 | 3 203,00 | 3 207,27 | 3 211,53 |
| 750 | 3 215,80 | 3 220,06 | 3 224,33 | 3 228,60 | 3 232,86 | 3 237,13 | 3 241,39 | 3 245,66 | 3 249,92 | 3 254,19 |
| 760 | 3 258,46 | 3 262,72 | 3 266,99 | 3 271,25 | 3 275,52 | 3 279,78 | 3 284,05 | 3 288,32 | 3 292,58 | 3 296,85 |
| 770 | 3 301,11 | 3 305,38 | 3 309,65 | 3 313,91 | 3 318,18 | 3 322,44 | 3 326,71 | 3 330,97 | 3 335,24 | 3 339,51 |
| 780 | 3 343,77 | 3 348,04 | 3 352,30 | 3 356,57 | 3 360,83 | 3 365,10 | 3 369,37 | 3 373,63 | 3 377,90 | 3 382,16 |
| 790 | 3 386,43 | 3 390,70 | 3 394,96 | 3 399,23 | 3 403,49 | 3 407,76 | 3 412,02 | 3 416,29 | 3 420,56 | 3 424,82 |
| 800 | 3 429,09 | 3 433,35 | 3 437,62 | 3 441,89 | 3 446,15 | 3 450,42 | 3 454,68 | 3 458,95 | 3 463,21 | 3 467,48 |
| 810 | 3 471,75 | 3 476,01 | 3 480,28 | 3 484,54 | 3 488,81 | 3 493,07 | 3 497,34 | 3 501,61 | 3 505,87 | 3 510,14 |
| 820 | 3 514,40 | 3 518,67 | 3 522,94 | 3 527,20 | 3 531,47 | 3 535,73 | 3 540,00 | 3 544,26 | 3 548,53 | 3 552,80 |
| 830 | 3 557,06 | 3 561,33 | 3 565,59 | 3 569,86 | 3 574,12 | 3 578,39 | 3 582,66 | 3 586,92 | 3 591,19 | 3 595,45 |
| 840 | 3 599,72 | 3 603,99 | 3 608,25 | 3 612,52 | 3 616,78 | 3 621,05 | 3 625,31 | 3 629,58 | 3 633,85 | 3 638,11 |
| 850 | 3 642,38 | 3 646,64 | 3 650,91 | 3 655,18 | 3 659,44 | 3 663,71 | 3 667,97 | 3 672,24 | 3 676,50 | 3 680,77 |
| 860 | 3 685,04 | 3 689,30 | 3 693,57 | 3 697,83 | 3 702,10 | 3 706,36 | 3 710,63 | 3 714,90 | 3 719,16 | 3 723,43 |
| 870 | 3 727,69 | 3 731,96 | 3 736,23 | 3 740,49 | 3 744,76 | 3 749,02 | 3 753,29 | 3 757,55 | 3 761,82 | 3 766,09 |
| 880 | 3 770,35 | 3 774,62 | 3 778,88 | 3 783,15 | 3 787,41 | 3 791,68 | 3 795,95 | 3 800,21 | 3 804,48 | 3 808,74 |
| 890 | 3 813,01 | 3 817,28 | 3 821,54 | 3 825,81 | 3 830,07 | 3 834,34 | 3 838,60 | 3 842,87 | 3 847,14 | 3 851,40 |
| 900 | 3 855,67 | 3 859,93 | 3 864,20 | 3 868,47 | 3 872,73 | 3 877,00 | 3 881,26 | 3 885,53 | 3 889,79 | 3 894,06 |
| 910 | 3 898,33 | 3 902,59 | 3 906,86 | 3 911,12 | 3 915,39 | 3 919,65 | 3 923,92 | 3 928,19 | 3 932,45 | 3 936,72 |
| 920 | 3 940,98 | 3 945,25 | 3 949,52 | 3 953,78 | 3 958,05 | 3 962,31 | 3 966,58 | 3 970,84 | 3 975,11 | 3 979,38 |
| 930 | 3 983,64 | 3 987,91 | 3 992,17 | 3 996,44 | 4 000,70 | 4 004,97 | 4 009,24 | 4 013,50 | 4 017,77 | 4 022,03 |
| 940 | 4 026,30 | 4 030,57 | 4 034,83 | 4 039,10 | 4 043,36 | 4 047,63 | 4 051,89 | 4 056,16 | 4 060,43 | 4 064,69 |
| 950 | 4 068,96 | 4 073,22 | 4 077,49 | 4 081,76 | 4 086,02 | 4 090,29 | 4 094,55 | 4 098,82 | 4 103,08 | 4 107,35 |
| 960 | 4 111,62 | 4 115,88 | 4 120,15 | 4 124,41 | 4 128,68 | 4 132,94 | 4 137,21 | 4 141,48 | 4 145,74 | 4 150,01 |
| 970 | 4 154,27 | 4 158,54 | 4 162,81 | 4 167,07 | 4 171,34 | 4 175,60 | 4 179,87 | 4 184,13 | 4 188,40 | 4 192,67 |
| 980 | 4 196,93 | 4 201,20 | 4 205,46 | 4 209,73 | 4 213,99 | 4 218,26 | 4 222,53 | 4 226,79 | 4 231,06 | 4 235,32 |
| 990 | 4 239,59 | 4 243,86 | 4 248,12 | 4 252,39 | 4 256,65 | 4 260,92 | 4 265,18 | 4 269,45 | 4 273,72 | 4 277,98 |
| 1000 | 4 282,25 | 4 286,51 | 4 290,78 | 4 295,05 | 4 299,31 | 4 303,58 | 4 307,84 | 4 312,11 | 4 316,37 | 4 320,64 |
| 1010 | 4 324,91 | 4 329,17 | 4 333,44 | 4 337,70 | 4 341,97 | 4 346,23 | 4 350,50 | 4 354,77 | 4 359,03 | 4 363,30 |
| 1020 | 4 367,56 | 4 371,83 | 4 376,10 | 4 380,36 | 4 384,63 | 4 388,89 | 4 393,16 | 4 397,42 | 4 401,69 | 4 405,96 |
| 1030 | 4 410,22 | 4 414,49 | 4 418,75 | 4 423,02 | 4 427,28 | 4 431,55 | 4 435,82 | 4 440,08 | 4 444,35 | 4 448,61 |
| 1040 | 4 452,88 | 4 457,15 | 4 461,41 | 4 465,68 | 4 469,94 | 4 474,21 | 4 478,47 | 4 482,74 | 4 487,01 | 4 491,27 |
| 1050 | 4 495,54 | 4 499,80 | 4 504,07 | 4 508,34 | 4 512,60 | 4 516,87 | 4 521,13 | 4 525,40 | 4 529,66 | 4 533,93 |

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631


PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

Laboratorio PP

### CARTA DE CALIBRACIÓN EN lbf



| | | | |
|---|---|---|---|
| Marca de Prensa | HUMBOLDT | Marca del Dial | HUMBOLDT |
| Marca de Anillo | HUMBOLDT | Modelo del Dial | H4460 |
| Serie de Anillo | 1004216 | Serie del Dial | 171244906 |
| Capacidad del Anillo | 10000 lb | Código de Identificación | NO INDICA |

**y = 9,4044x + 36,2607**

| Divisiones del Dial | Valores Ajustados en lbf | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 100 | 976,70 | 986,11 | 995,51 | 1 004,91 | 1 014,32 | 1 023,72 | 1 033,13 | 1 042,53 | 1 051,94 | 1 061,34 |
| 110 | 1 070,74 | 1 080,15 | 1 089,55 | 1 098,96 | 1 108,36 | 1 117,77 | 1 127,17 | 1 136,58 | 1 145,98 | 1 155,38 |
| 120 | 1 164,79 | 1 174,19 | 1 183,60 | 1 193,00 | 1 202,41 | 1 211,81 | 1 221,22 | 1 230,62 | 1 240,02 | 1 249,43 |
| 130 | 1 258,83 | 1 268,24 | 1 277,64 | 1 287,05 | 1 296,45 | 1 305,85 | 1 315,26 | 1 324,66 | 1 334,07 | 1 343,47 |
| 140 | 1 352,88 | 1 362,28 | 1 371,69 | 1 381,09 | 1 390,49 | 1 399,90 | 1 409,30 | 1 418,71 | 1 428,11 | 1 437,52 |
| 150 | 1 446,92 | 1 456,33 | 1 465,73 | 1 475,13 | 1 484,54 | 1 493,94 | 1 503,35 | 1 512,75 | 1 522,16 | 1 531,56 |
| 160 | 1 540,96 | 1 550,37 | 1 559,77 | 1 569,18 | 1 578,58 | 1 587,99 | 1 597,39 | 1 606,80 | 1 616,20 | 1 625,60 |
| 170 | 1 635,01 | 1 644,41 | 1 653,82 | 1 663,22 | 1 672,63 | 1 682,03 | 1 691,44 | 1 700,84 | 1 710,24 | 1 719,65 |
| 180 | 1 729,05 | 1 738,46 | 1 747,86 | 1 757,27 | 1 766,67 | 1 776,07 | 1 785,48 | 1 794,88 | 1 804,29 | 1 813,69 |
| 190 | 1 823,10 | 1 832,50 | 1 841,91 | 1 851,31 | 1 860,71 | 1 870,12 | 1 879,52 | 1 888,93 | 1 898,33 | 1 907,74 |
| 200 | 1 917,14 | 1 926,55 | 1 935,95 | 1 945,35 | 1 954,76 | 1 964,16 | 1 973,57 | 1 982,97 | 1 992,38 | 2 001,78 |
| 210 | 2 011,18 | 2 020,59 | 2 029,99 | 2 039,40 | 2 048,80 | 2 058,21 | 2 067,61 | 2 077,02 | 2 086,42 | 2 095,82 |
| 220 | 2 105,23 | 2 114,63 | 2 124,04 | 2 133,44 | 2 142,85 | 2 152,25 | 2 161,66 | 2 171,06 | 2 180,46 | 2 189,87 |
| 230 | 2 199,27 | 2 208,68 | 2 218,08 | 2 227,49 | 2 236,89 | 2 246,29 | 2 255,70 | 2 265,10 | 2 274,51 | 2 283,91 |
| 240 | 2 293,32 | 2 302,72 | 2 312,13 | 2 321,53 | 2 330,93 | 2 340,34 | 2 349,74 | 2 359,15 | 2 368,55 | 2 377,96 |
| 250 | 2 387,36 | 2 396,77 | 2 406,17 | 2 415,57 | 2 424,98 | 2 434,38 | 2 443,79 | 2 453,19 | 2 462,60 | 2 472,00 |
| 260 | 2 481,40 | 2 490,81 | 2 500,21 | 2 509,62 | 2 519,02 | 2 528,43 | 2 537,83 | 2 547,24 | 2 556,64 | 2 566,04 |
| 270 | 2 575,45 | 2 584,85 | 2 594,26 | 2 603,66 | 2 613,07 | 2 622,47 | 2 631,88 | 2 641,28 | 2 650,68 | 2 660,09 |
| 280 | 2 669,49 | 2 678,90 | 2 688,30 | 2 697,71 | 2 707,11 | 2 716,51 | 2 725,92 | 2 735,32 | 2 744,73 | 2 754,13 |
| 290 | 2 763,54 | 2 772,94 | 2 782,35 | 2 791,75 | 2 801,15 | 2 810,56 | 2 819,96 | 2 829,37 | 2 838,77 | 2 848,18 |
| 300 | 2 857,58 | 2 866,99 | 2 876,39 | 2 885,79 | 2 895,20 | 2 904,60 | 2 914,01 | 2 923,41 | 2 932,82 | 2 942,22 |
| 310 | 2 951,62 | 2 961,03 | 2 970,43 | 2 979,84 | 2 989,24 | 2 998,65 | 3 008,05 | 3 017,46 | 3 026,86 | 3 036,26 |
| 320 | 3 045,67 | 3 055,07 | 3 064,48 | 3 073,88 | 3 083,29 | 3 092,69 | 3 102,10 | 3 111,50 | 3 120,90 | 3 130,31 |
| 330 | 3 139,71 | 3 149,12 | 3 158,52 | 3 167,93 | 3 177,33 | 3 186,73 | 3 196,14 | 3 205,54 | 3 214,95 | 3 224,35 |
| 340 | 3 233,76 | 3 243,16 | 3 252,57 | 3 261,97 | 3 271,37 | 3 280,78 | 3 290,18 | 3 299,59 | 3 308,99 | 3 318,40 |
| 350 | 3 327,80 | 3 337,21 | 3 346,61 | 3 356,01 | 3 365,42 | 3 374,82 | 3 384,23 | 3 393,63 | 3 403,04 | 3 412,44 |
| 360 | 3 421,84 | 3 431,25 | 3 440,65 | 3 450,06 | 3 459,46 | 3 468,87 | 3 478,27 | 3 487,68 | 3 497,08 | 3 506,48 |
| 370 | 3 515,89 | 3 525,29 | 3 534,70 | 3 544,10 | 3 553,51 | 3 562,91 | 3 572,32 | 3 581,72 | 3 591,12 | 3 600,53 |
| 380 | 3 609,93 | 3 619,34 | 3 628,74 | 3 638,15 | 3 647,55 | 3 656,95 | 3 666,36 | 3 675,76 | 3 685,17 | 3 694,57 |
| 390 | 3 703,98 | 3 713,38 | 3 722,79 | 3 732,19 | 3 741,59 | 3 751,00 | 3 760,40 | 3 769,81 | 3 779,21 | 3 788,62 |
| 400 | 3 798,02 | 3 807,43 | 3 816,83 | 3 826,23 | 3 835,64 | 3 845,04 | 3 854,45 | 3 863,85 | 3 873,26 | 3 882,66 |
| 410 | 3 892,06 | 3 901,47 | 3 910,87 | 3 920,28 | 3 929,68 | 3 939,09 | 3 948,49 | 3 957,90 | 3 967,30 | 3 976,70 |
| 420 | 3 986,11 | 3 995,51 | 4 004,92 | 4 014,32 | 4 023,73 | 4 033,13 | 4 042,54 | 4 051,94 | 4 061,34 | 4 070,75 |
| 430 | 4 080,15 | 4 089,56 | 4 098,96 | 4 108,37 | 4 117,77 | 4 127,17 | 4 136,58 | 4 145,98 | 4 155,39 | 4 164,79 |
| 440 | 4 174,20 | 4 183,60 | 4 193,01 | 4 202,41 | 4 211,81 | 4 221,22 | 4 230,62 | 4 240,03 | 4 249,43 | 4 258,84 |
| 450 | 4 268,24 | 4 277,65 | 4 287,05 | 4 296,45 | 4 305,86 | 4 315,26 | 4 324,67 | 4 334,07 | 4 343,48 | 4 352,88 |
| 460 | 4 362,28 | 4 371,69 | 4 381,09 | 4 390,50 | 4 399,90 | 4 409,31 | 4 418,71 | 4 428,12 | 4 437,52 | 4 446,92 |
| 470 | 4 456,33 | 4 465,73 | 4 475,14 | 4 484,54 | 4 493,95 | 4 503,35 | 4 512,76 | 4 522,16 | 4 531,56 | 4 540,97 |
| 480 | 4 550,37 | 4 559,78 | 4 569,18 | 4 578,59 | 4 587,99 | 4 597,39 | 4 606,80 | 4 616,20 | 4 625,61 | 4 635,01 |
| 490 | 4 644,42 | 4 653,82 | 4 663,23 | 4 672,63 | 4 682,03 | 4 691,44 | 4 700,84 | 4 710,25 | 4 719,65 | 4 729,06 |
| 500 | 4 738,46 | 4 747,87 | 4 757,27 | 4 766,67 | 4 776,08 | 4 785,48 | 4 794,89 | 4 804,29 | 4 813,70 | 4 823,10 |
| 510 | 4 832,50 | 4 841,91 | 4 851,31 | 4 860,72 | 4 870,12 | 4 879,53 | 4 888,93 | 4 898,34 | 4 907,74 | 4 917,14 |
| 520 | 4 926,55 | 4 935,95 | 4 945,36 | 4 954,76 | 4 964,17 | 4 973,57 | 4 982,98 | 4 992,38 | 5 001,78 | 5 011,19 |
| 530 | 5 020,59 | 5 030,00 | 5 039,40 | 5 048,81 | 5 058,21 | 5 067,61 | 5 077,02 | 5 086,42 | 5 095,83 | 5 105,23 |
| 540 | 5 114,64 | 5 124,04 | 5 133,45 | 5 142,85 | 5 152,25 | 5 161,66 | 5 171,06 | 5 180,47 | 5 189,87 | 5 199,28 |
| 550 | 5 208,68 | 5 218,09 | 5 227,49 | 5 236,89 | 5 246,30 | 5 255,70 | 5 265,11 | 5 274,51 | 5 283,92 | 5 293,32 |

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 698-9620
www.puntodeprecision.com E-mail: ventas@puntodeprecision.com.pe / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN



| Divisiones del Dial | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 560 | 5 302,72 | 5 312,13 | 5 321,53 | 5 330,94 | 5 340,34 | 5 349,75 | 5 359,15 | 5 368,56 | 5 377,96 | 5 387,36 |
| 570 | 5 396,77 | 5 406,17 | 5 415,58 | 5 424,98 | 5 434,39 | 5 443,79 | 5 453,20 | 5 462,60 | 5 472,00 | 5 481,41 |
| 580 | 5 490,81 | 5 500,22 | 5 509,62 | 5 519,03 | 5 528,43 | 5 537,83 | 5 547,24 | 5 556,64 | 5 566,05 | 5 575,45 |
| 590 | 5 584,86 | 5 594,26 | 5 603,67 | 5 613,07 | 5 622,47 | 5 631,88 | 5 641,28 | 5 650,69 | 5 660,09 | 5 669,50 |
| 600 | 5 678,90 | 5 688,31 | 5 697,71 | 5 707,11 | 5 716,52 | 5 725,92 | 5 735,33 | 5 744,73 | 5 754,14 | 5 763,54 |
| 610 | 5 772,94 | 5 782,35 | 5 791,75 | 5 801,16 | 5 810,56 | 5 819,97 | 5 829,37 | 5 838,78 | 5 848,18 | 5 857,58 |
| 620 | 5 866,99 | 5 876,39 | 5 885,80 | 5 895,20 | 5 904,61 | 5 914,01 | 5 923,42 | 5 932,82 | 5 942,22 | 5 951,63 |
| 630 | 5 961,03 | 5 970,44 | 5 979,84 | 5 989,25 | 5 998,65 | 6 008,05 | 6 017,46 | 6 026,86 | 6 036,27 | 6 045,67 |
| 640 | 6 055,08 | 6 064,48 | 6 073,89 | 6 083,29 | 6 092,69 | 6 102,10 | 6 111,50 | 6 120,91 | 6 130,31 | 6 139,72 |
| 650 | 6 149,12 | 6 158,53 | 6 167,93 | 6 177,33 | 6 186,74 | 6 196,14 | 6 205,55 | 6 214,95 | 6 224,36 | 6 233,76 |
| 660 | 6 243,16 | 6 252,57 | 6 261,97 | 6 271,38 | 6 280,78 | 6 290,19 | 6 299,59 | 6 309,00 | 6 318,40 | 6 327,80 |
| 670 | 6 337,21 | 6 346,61 | 6 356,02 | 6 365,42 | 6 374,83 | 6 384,23 | 6 393,64 | 6 403,04 | 6 412,44 | 6 421,85 |
| 680 | 6 431,25 | 6 440,66 | 6 450,06 | 6 459,47 | 6 468,87 | 6 478,27 | 6 487,68 | 6 497,08 | 6 506,49 | 6 515,89 |
| 690 | 6 525,30 | 6 534,70 | 6 544,11 | 6 553,51 | 6 562,91 | 6 572,32 | 6 581,72 | 6 591,13 | 6 600,53 | 6 609,94 |
| 700 | 6 619,34 | 6 628,75 | 6 638,15 | 6 647,55 | 6 656,96 | 6 666,36 | 6 675,77 | 6 685,17 | 6 694,58 | 6 703,98 |
| 710 | 6 713,38 | 6 722,79 | 6 732,19 | 6 741,60 | 6 751,00 | 6 760,41 | 6 769,81 | 6 779,22 | 6 788,62 | 6 798,02 |
| 720 | 6 807,43 | 6 816,83 | 6 826,24 | 6 835,64 | 6 845,05 | 6 854,45 | 6 863,86 | 6 873,26 | 6 882,66 | 6 892,07 |
| 730 | 6 901,47 | 6 910,88 | 6 920,28 | 6 929,69 | 6 939,09 | 6 948,49 | 6 957,90 | 6 967,30 | 6 976,71 | 6 986,11 |
| 740 | 6 995,52 | 7 004,92 | 7 014,33 | 7 023,73 | 7 033,13 | 7 042,54 | 7 051,94 | 7 061,35 | 7 070,75 | 7 080,16 |
| 750 | 7 089,56 | 7 098,97 | 7 108,37 | 7 117,77 | 7 127,18 | 7 136,58 | 7 145,99 | 7 155,39 | 7 164,80 | 7 174,20 |
| 760 | 7 183,60 | 7 193,01 | 7 202,41 | 7 211,82 | 7 221,22 | 7 230,63 | 7 240,03 | 7 249,44 | 7 258,84 | 7 268,24 |
| 770 | 7 277,65 | 7 287,05 | 7 296,46 | 7 305,86 | 7 315,27 | 7 324,67 | 7 334,08 | 7 343,48 | 7 352,88 | 7 362,29 |
| 780 | 7 371,69 | 7 381,10 | 7 390,50 | 7 399,91 | 7 409,31 | 7 418,71 | 7 428,12 | 7 437,52 | 7 446,93 | 7 456,33 |
| 790 | 7 465,74 | 7 475,14 | 7 484,55 | 7 493,95 | 7 503,35 | 7 512,76 | 7 522,16 | 7 531,57 | 7 540,97 | 7 550,38 |
| 800 | 7 559,78 | 7 569,19 | 7 578,59 | 7 587,99 | 7 597,40 | 7 606,80 | 7 616,21 | 7 625,61 | 7 635,02 | 7 644,42 |
| 810 | 7 653,82 | 7 663,23 | 7 672,63 | 7 682,04 | 7 691,44 | 7 700,85 | 7 710,25 | 7 719,66 | 7 729,06 | 7 738,46 |
| 820 | 7 747,87 | 7 757,27 | 7 766,68 | 7 776,08 | 7 785,49 | 7 794,89 | 7 804,30 | 7 813,70 | 7 823,10 | 7 832,51 |
| 830 | 7 841,91 | 7 851,32 | 7 860,72 | 7 870,13 | 7 879,53 | 7 888,93 | 7 898,34 | 7 907,74 | 7 917,15 | 7 926,55 |
| 840 | 7 935,96 | 7 945,36 | 7 954,77 | 7 964,17 | 7 973,57 | 7 982,98 | 7 992,38 | 8 001,79 | 8 011,19 | 8 020,60 |
| 850 | 8 030,00 | 8 039,41 | 8 048,81 | 8 058,21 | 8 067,62 | 8 077,02 | 8 086,43 | 8 095,83 | 8 105,24 | 8 114,64 |
| 860 | 8 124,04 | 8 133,45 | 8 142,85 | 8 152,26 | 8 161,66 | 8 171,07 | 8 180,47 | 8 189,88 | 8 199,28 | 8 208,68 |
| 870 | 8 218,09 | 8 227,49 | 8 236,90 | 8 246,30 | 8 255,71 | 8 265,11 | 8 274,52 | 8 283,92 | 8 293,32 | 8 302,73 |
| 880 | 8 312,13 | 8 321,54 | 8 330,94 | 8 340,35 | 8 349,75 | 8 359,15 | 8 368,56 | 8 377,96 | 8 387,37 | 8 396,77 |
| 890 | 8 406,18 | 8 415,58 | 8 424,99 | 8 434,39 | 8 443,79 | 8 453,20 | 8 462,60 | 8 472,01 | 8 481,41 | 8 490,82 |
| 900 | 8 500,22 | 8 509,63 | 8 519,03 | 8 528,43 | 8 537,84 | 8 547,24 | 8 556,65 | 8 566,05 | 8 575,46 | 8 584,86 |
| 910 | 8 594,26 | 8 603,67 | 8 613,07 | 8 622,48 | 8 631,88 | 8 641,29 | 8 650,69 | 8 660,10 | 8 669,50 | 8 678,90 |
| 920 | 8 688,31 | 8 697,71 | 8 707,12 | 8 716,52 | 8 725,93 | 8 735,33 | 8 744,74 | 8 754,14 | 8 763,54 | 8 772,95 |
| 930 | 8 782,35 | 8 791,76 | 8 801,16 | 8 810,57 | 8 819,97 | 8 829,37 | 8 838,78 | 8 848,18 | 8 857,59 | 8 866,99 |
| 940 | 8 876,40 | 8 885,80 | 8 895,21 | 8 904,61 | 8 914,01 | 8 923,42 | 8 932,82 | 8 942,23 | 8 951,63 | 8 961,04 |
| 950 | 8 970,44 | 8 979,85 | 8 989,25 | 8 998,65 | 9 008,06 | 9 017,46 | 9 026,87 | 9 036,27 | 9 045,68 | 9 055,08 |
| 960 | 9 064,48 | 9 073,89 | 9 083,29 | 9 092,70 | 9 102,10 | 9 111,51 | 9 120,91 | 9 130,32 | 9 139,72 | 9 149,12 |
| 970 | 9 158,53 | 9 167,93 | 9 177,34 | 9 186,74 | 9 196,15 | 9 205,55 | 9 214,96 | 9 224,36 | 9 233,76 | 9 243,17 |
| 980 | 9 252,57 | 9 261,98 | 9 271,38 | 9 280,79 | 9 290,19 | 9 299,59 | 9 309,00 | 9 318,40 | 9 327,81 | 9 337,21 |
| 990 | 9 346,62 | 9 356,02 | 9 365,43 | 9 374,83 | 9 384,23 | 9 393,64 | 9 403,04 | 9 412,45 | 9 421,85 | 9 431,26 |
| 1000 | 9 440,66 | 9 450,07 | 9 459,47 | 9 468,87 | 9 478,28 | 9 487,68 | 9 497,09 | 9 506,49 | 9 515,90 | 9 525,30 |
| 1010 | 9 534,70 | 9 544,11 | 9 553,51 | 9 562,92 | 9 572,32 | 9 581,73 | 9 591,13 | 9 600,54 | 9 609,94 | 9 619,34 |
| 1020 | 9 628,75 | 9 638,15 | 9 647,56 | 9 656,96 | 9 666,37 | 9 675,77 | 9 685,18 | 9 694,58 | 9 703,98 | 9 713,39 |
| 1030 | 9 722,79 | 9 732,20 | 9 741,60 | 9 751,01 | 9 760,41 | 9 769,81 | 9 779,22 | 9 788,62 | 9 798,03 | 9 807,43 |
| 1040 | 9 816,84 | 9 826,24 | 9 835,65 | 9 845,05 | 9 854,45 | 9 863,86 | 9 873,26 | 9 882,67 | 9 892,07 | 9 901,48 |
| 1050 | 9 910,88 | 9 920,29 | 9 929,69 | 9 939,09 | 9 948,50 | 9 957,90 | 9 967,31 | 9 976,71 | 9 986,12 | 9 995,52 |

FIN DEL DOCUMENTO

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631


PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

**ANEXO D 2**

*Certificado de calibración del comparador digital (Dial) utilizado en el ensayo de Módulo Resiliente.*

CEM INDUSTRIAL

# CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

**CC-030-2025**

**Expediente:** 161-2024 **Página:** 1 de 2

| | |
|---|---|
| **Solicitante** | **FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO** |
| **Dirección** | **AV. DE LA CULTURA 733, DISTRITO CUSCO, PROVINCIA CUSCO** |

**Laboratorio de longitud**

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Los resultados del presente certificado son válidos sólo para el instrumento calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito de Cem Industrial.

Certificados sin firma y sello carecen de validez.

Cem Industrial no se responsabiliza de los perjuicios del uso inadecuado de este instrumento, ni de la incorrecta interpretación de los resultados aquí presentados.

| | |
|---|---|
| **Equipo** | **DIAL** |
| Marca / Fabricante | **NOVOTECHNIK** |
| Modelo | **TR50** |
| Serie | **0220TR50-01** |
| Identificación | **NO INDICA** |
| Tipo de indicación | **DIGITAL** |
| Alcance de indicación | **50 mm** |
| División de escala / resolución (d) | **0,001 mm** |
| Procedencia | **NO INDICA** |
| Instrumento patrón | **CLC-1622-001-24, CLC-0632-004-24** |

| | |
|---|---|
| **Ubicación del equipo** | **LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES** |
| **Lugar de calibración** | **AV. DE LA CULTURA 733 – DISTRITO DE CUSCO – PROVINCIA CUSCO** |
| **Fecha de calibración** | **2024-02-03** |

**Sello** | **Fecha de emisión** | **Jefe del laboratorio de calibración**

CENTRO ESPECIALIZADO EN METROLOGÍA INDUSTRIAL - CEM INDUSTRIAL - LABORATORIO

**2024-02-09**

**CEM INDUSTRIAL**

**JESUS QUINTO C.**
**JEFE DE LABORATORIO**

CENTRO ESPECIALIZADO EN METROLOGÍA INDUSTRIAL.
AV. LOS ALISOS 1727 - SAN MARTIN DE PORRES.
www.cemindustrial.pe jesus.quinto@cemind.com ventas1@cemindustrial.pe
Telef.: 958009778 / 95800977

# CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CC-032-2025

**Expediente** 161-2024 **Página:** 2 de 2

**Condiciones de calibración:**

| | INICIAL | FINAL |
|---|---|---|
| TEMPERATURA | 22,3 °C | 22,3 °C |
| HUMEDAD RELATIVA | 64 % | 64 % |

**Patrones usados**

| TRAZABILIDAD | PATRONES USADOS | CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN |
|---|---|---|
| ELICROM | MANÓMETRO DIGITAL CLASE 0.1% FS | CLC-2212-002-24 |
| ELICROM | TERMOHIGRÓMETRO DIGITAL | CLC-0632-004-24 |

## Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de "CALIBRADO"
- La incertidumbre de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura k=2 para una distribución normal de aproximadamente 95 %.

**Resultados de medición**

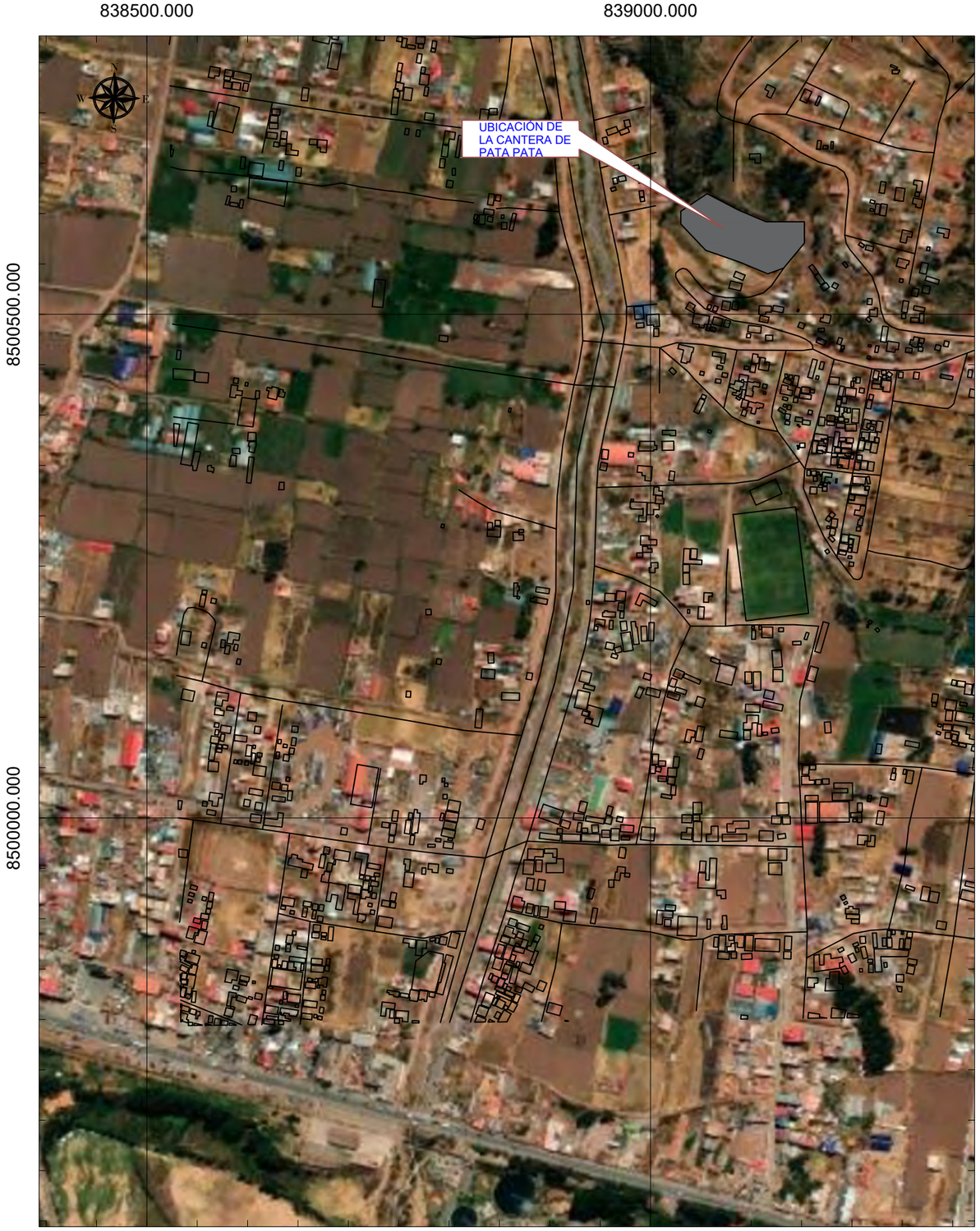
| Indicación de Instrumento a Calibrar | Indicación de Instrumento patrón corregido | | Error de indicación | | Error de Histéresis | Incertidumbre |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ascenso | Descenso | Ascenso | Descenso | | |
| % | % | % | % | % | % | % |
| 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 51,5 | 50,7 | 50,7 | 0,8 | 0,8 | 0,0 | 0,0 |
| 101,7 | 100,4 | 100,4 | 1,3 | 1,3 | 0,0 | 0,0 |
| 151,4 | 150,7 | 150,7 | 0,7 | 0,7 | 0,0 | 0,0 |
| 200,2 | 200,6 | 200,6 | -0,5 | -0,5 | 0,0 | 0,0 |

**Máximo error absoluto de Indicación:** **1,3 %**
**Máximo error absoluto de histéresis:** **0,0 %**

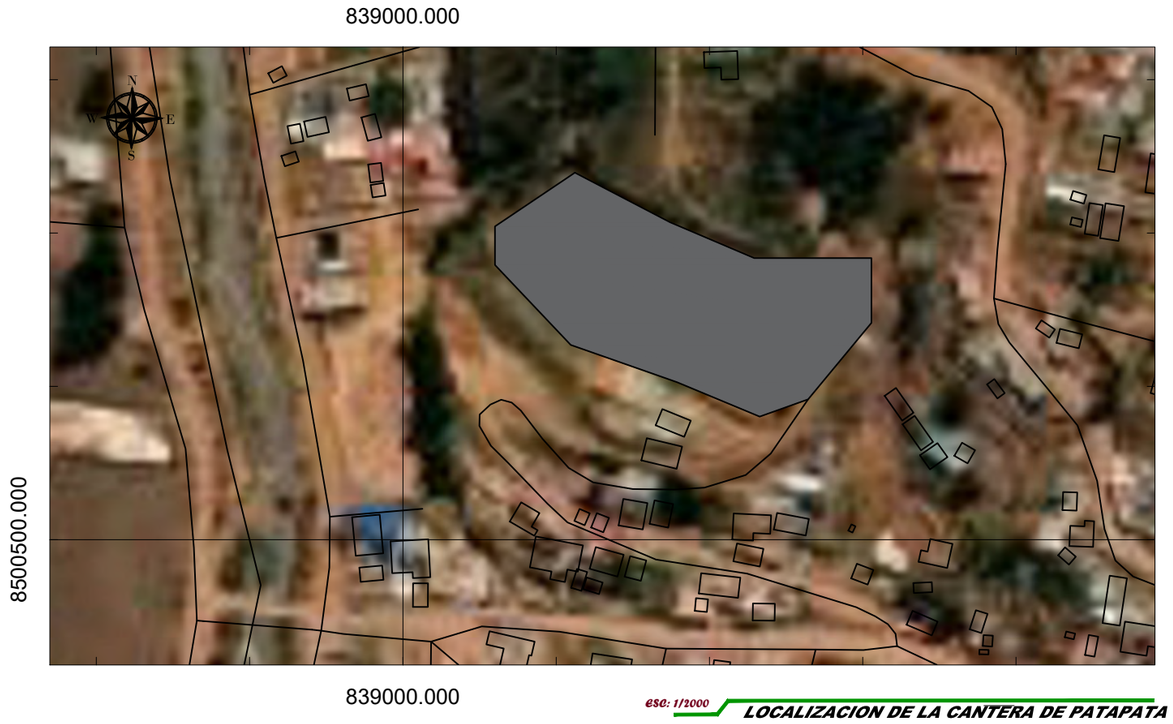
**Fin de documento.**

CENTRO ESPECIALIZADO EN METROLOGÍA INDUSTRIAL.
AV. LOS ALISOS 1727 - SAN MARTÍN DE PORRES.
www.cemindustrial.pe jesus.quinto@cemind.com ventas1@cemindustrial.pe
Telef.: 958009776 / 9580097

ANEXO E: PLANOS
ANEXO E 1
Plano de Ubicacion de la cantera de Patapata




ESC: 1/10000 UBICACION DE LA CANTERA DE PATAPATA




ESC: 1/2000 LOCALIZACION DE LA CANTERA DE PATAPATA

DEPARTAMENTO DE CUSCO
LOCALIZACION




PROVINCIA DE CUSCO
LOCALIZACION




DISTRITO DE SAN JERONIMO
LOCALIZACION

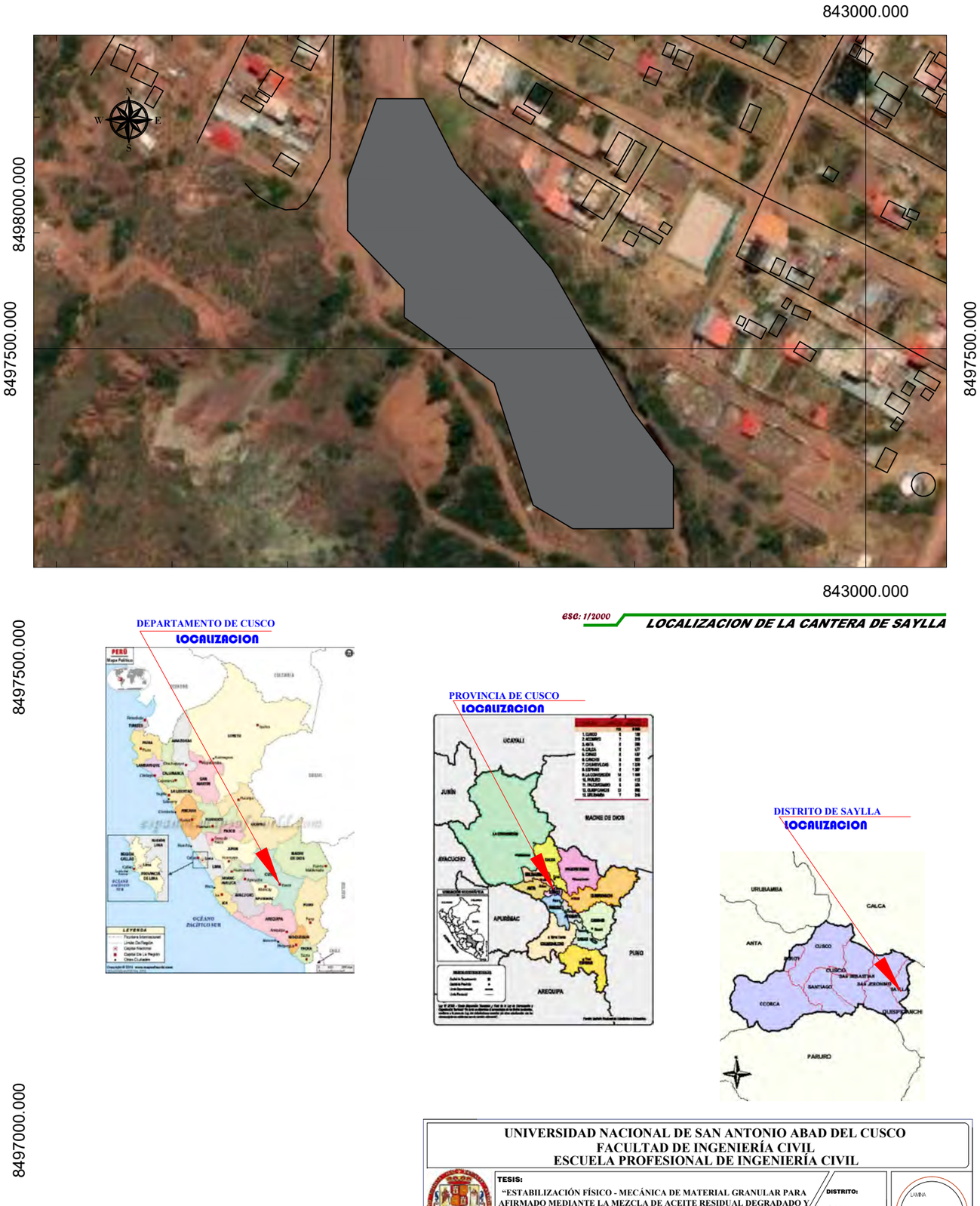



| | |
|---|---|
| UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO<br>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL | |
| TESIS: "ESTABILIZACIÓN FÍSICO - MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO - 2024" | DISTRITO: SAN JERÓNIMO |
| PLANO: PLANO UBICACIÓN DE LA CANTERA DE PATAPATA | PROVINCIA: CUSCO |
| Tesistas: Bach. Jhean Owen Rodriguez Peralta<br>Bach. Lenin Eduardo Peña Surco | REGIÓN: CUSCO |
| UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO | LAMINA P-01 |

ANEXO E 2
Plano de Ubicacion de la cantera de Saylla




esc: 1/10000 **UBICACION DE LA CANTERA DE SAYLLA**




esc: 1/2000 **LOCALIZACION DE LA CANTERA DE SAYLLA**

DEPARTAMENTO DE CUSCO
LOCALIZACION



PROVINCIA DE CUSCO
LOCALIZACION



DISTRITO DE SAYLLA
LOCALIZACION




**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

**TESIS:**
"ESTABILIZACIÓN FÍSICO - MECÁNICA DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO MEDIANTE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DEGRADADO Y TIERRA DE DIATOMEAS, CUSCO - 2024"

**PLANO:** PLANO UBICACIÓN DE LA CANTERA DE SAYLLA

**Tesistas:** Bach. Jhean Owen Rodríguez Peralta
Bach. Lenin Eduardo Peña Surco

**DISTRITO:** SAYLLA
**PROVINCIA** CUSCO
**REGIÓN:** CUSCO

LAMINA **P-02**