UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

COEFICIENTE DE BALASTO RELACIONADO CON EL NUMERO DE GOLPES DEL ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR EN SUELO DIATOMITICO DE PIURAYPAMPA DEL DISTRITO DE CHINCHERO, PROVINCIA DE URUBAMBA Y DEPARTAMENTO DE CUSCO

PRESENTADO POR:

Bach. ANDERSON QUISPE ALARCON

Bach. JHONDER QUISPE LLANOS

PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

ASESOR:

Mgtr Ing. MIJAIL ELIO ROZAS GÓMEZ

CUSCO-PERÚ

2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, **Asesor** del trabajo de investigación/tesis titulada: COEFICIENTE DE BALASTO RELACIONADO CON EL NUMERO DE GOLPES DEL ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR EN SUELO DIATOMITICO DE PIURAYPAMPA DEL DISTRITO DE CHINCHERO, PROVINCIA DE URUBAMBA Y DEPARTAMENTO DE CUSCO

Presentado por: ANDERSON QUISPE ALARCON DNI N° 73506206

presentado por: JHONDER QUISPE LLANOS DNI N°: 77085518

Para optar el título profesional/grado académico de INGENIERO CIVIL

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 02 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del ***Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC*** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 6 %.

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 se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica 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 Antiplagio.

Cusco, 09 de JULIO de 20 25

Firma

Post firma MISAIL ELIO ROZAS GOMEZ

Nro. de DNI 46035754

ORCID del Asesor 0000-0002-3582-2907

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: **oid:** 27259:472640592

QUISPE ALARCON ANDERSON QUISPE LLANOS JH...

COEFICIENTE DE BALASTO RELACIONADO CON EL NUMERO DE GOLPES DEL ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR EN S...

Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::27259:472640592

Fecha de entrega
8 jul 2025, 9:30 p.m. GMT-5

Fecha de descarga
8 jul 2025, 9:35 p.m. GMT-5

Nombre de archivo
COEFICIENTE DE BALASTO RELACIONADO CON EL NUMERO DE GOLPES DEL ENSAYO DE PENETRA....pdf

Tamaño de archivo
22.7 MB

167 Páginas

9563 Palabras

131.327 Caracteres

6% Similitud general

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

Fuentes principales

4% Fuentes de Internet

1% Publicaciones

3% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

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.

Dedicatoria

A mi papá Walter por su sacrificio y consejos de fortaleza, a mi mamá Yeny por darme la vida y esperanza, a mis papás grandes Santiago y Pilar por enseñarme el camino correcto y a mi esposa Noelia por darme la motivación constante. Este logro es tan mío como suyo, porque sin ustedes, nada de esto habría sido posible.

Con todo mi amor y gratitud eternos.

Jhonder Quispe Llanos

A mis amados padres,

Por enseñarme el valor del esfuerzo, la perseverancia y la humildad. Sus palabras de aliento en los momentos difíciles y su ejemplo de vida han sido mi mayor motivación. Este trabajo es una pequeña muestra de cuánto les debo, y está dedicado a ustedes con todo mi corazón.

Gracias por ser mi fuerza y mi refugio.

Anderson Quispe Alarcon

Agradecimientos

A la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, nuestra alma máter, por ser el espacio donde no solo se forjaron nuestros conocimientos, sino también nuestros valores como profesional. Es un honor haber sido parte de esta prestigiosa institución que ha guiado nuestra formación académica y personal.

A la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por brindarnos las herramientas necesarias para enfrentar los desafíos de esta carrera con responsabilidad, dedicación y compromiso. Su exigencia y calidad académica han sido fundamentales para nuestro crecimiento.

Al Ing. Mijail Elio Rozas Gómez, nuestro asesor, por su guía, paciencia y constante apoyo durante el desarrollo de esta tesis. Sus conocimientos, consejos y dedicación marcaron la diferencia en cada etapa de este trabajo, impulsándome a dar siempre lo mejor de mí.

A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, quienes, con su esfuerzo y compromiso, no solo compartieron sus conocimientos, sino que también inspiraron en nosotros el amor por esta profesión y la responsabilidad de contribuir al desarrollo de nuestra sociedad.

Finalmente, a nuestros amigos y familiares, quienes fueron el sostén emocional en este arduo camino. A nuestros amigos, gracias por su compañía, motivación y palabras de aliento. A nuestras familias, por ser mi refugio, mi fuerza y mi mayor inspiración. Este logro también les pertenece, porque su amor y apoyo incondicional fueron el motor que me permitió llegar hasta aquí.

A todos ustedes, nuestro más sincero agradecimiento.

LOS TESISTAS.

Presentación

Señor Decano, de la facultad de Arquitectura e ingeniería civil y Sr. director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco"

En cumplimiento con las disposiciones vigentes en el reglamento de grados y título de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco ponemos a vuestra consideración la presente investigación titulada "COEFICIENTE DE BALASTO RELACIONADO CON EL NÚMERO DE GOLPES DEL ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR EN SUELO DIATOMITICO DE PIURAYPAMPA DEL DISTRITO DE CHINCHERO, PROVINCIA DE URUBAMBA Y DEPARTAMENTO DE CUSCO", con el propósito de optar al Título Profesional de Ingeniero Civil.

La presente investigación tuvo como objetivo general Determinar la relación del coeficiente de balasto con el número de golpes del ensayo de penetración estándar para suelos diatómicos de Piuraypampa del Distrito de Chinchero, Provincia de Urubamba y Departamento de Cusco, La necesidad de esta investigación radica en la creciente actividad constructiva en el distrito de Chinchero, particularmente por proyectos de gran envergadura como el aeropuerto internacional, que demandan un conocimiento profundo de las condiciones del suelo para garantizar la estabilidad y seguridad de las estructuras. Al correlacionar el coeficiente de balasto con el número de golpes del SPT, se busca proporcionar una herramienta práctica y económica para los profesionales de la ingeniería civil en la región, optimizando el diseño y ejecución de proyectos en suelos diatómicos y contribuyendo al desarrollo sostenible de infraestructuras en la zona.

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo general Determinar la relación del coeficiente de balasto con el número de golpes del ensayo de penetración estándar para suelos diatomiticos de Piuraypampa del Distrito de Chinchero, Provincia de Urubamba y Departamento de Cusco, a partir de un alcance descriptivo y correlacional con un diseño no experimental, el cual se aplicó para un tipo de suelo diatomítico, en la población de Piuraypampa, donde se arribó a las siguientes conclusiones: La relación entre el coeficiente de balasto (K) y el número de golpes del ensayo de penetración estándar (SPT) en sus diferentes interpretaciones (N, N60, (N1)60 y Nb) demuestra ser directa, positiva y significativa para los suelos diatomíticos de Piuraypampa del Distrito de Chinchero. Los resultados evidencian que, conforme incrementa el número de golpes del SPT, también incrementa el coeficiente de balasto. Este comportamiento se observa claramente en las gráficas, donde los coeficientes de balasto más altos, como 40.787 MPa/m, se asocian con valores elevados de SPT (N = 14), mientras que los valores más bajos de K (36.457 MPa/m) corresponden a SPT más reducidos (N = 6.75). Las correcciones propuestas por Bazaara (1967), Liao y Whitman (1986) y la propuesta por los tesistas refinan esta relación, ajustando las variaciones de los datos y proporcionando una interpretación más consistente, particularmente en los modelos basados en (N1)60 y Nb. Asimismo, los ajustes polinómicos de tercer orden confirman un mejor nivel de precisión para representar esta relación en comparación con los modelos lineales, destacándose la correlación entre (N1)60 según Liao y Whitman (1986) y K, con un coeficiente de determinación (R^2) de 0.7872, y la correlación entre Nb y K propuesta por los tesistas, con un coeficiente de determinación (R^2) de 0.8005, el más alto de todas las series analizadas, estos hallazgos permiten prever con mayor precisión la capacidad de soporte del suelo a partir de los ensayos SPT.

Palabras Claves: Coeficiente de balasto, Suelo Diatomítico, características físicas y mecánicas.

Abstract

The general objective of this research was to determine the relationship between the ballast coefficient and the number of blows of the standard penetration test for Piuraypampa diatomite soils in the District of Chinchero, Province of Urubamba and Department of Cusco, from a descriptive and correlational scope with a non-experimental, which was applied for a diatomite soil type, in the population of Piuraypampa, where the following conclusions were reached: The relationship between the ballast coefficient (K) and the number of blows of the standard penetration test (SPT) in its different interpretations (N, N60, (N1)60 and Nb) proves to be direct, positive and significant for the Piuraypampa diatomitic soils of the District of Chinchero. The results show that, as the number of SPT blows increases, the ballast coefficient also increases. This behaviour is clearly observed in the graphs, where higher ballast coefficients, such as 40.787 MPa/m, are associated with higher SPT values (N = 14), while lower K values (36.457 MPa/m) correspond to lower SPT (N = 6.75). The corrections proposed by Bazaara (1967), Liao and Whitman (1986) and the one proposed by the thesis students refine this relationship, adjusting for variations in the data and providing a more consistent interpretation, particularly in models based on (N1)60 and Nb. Likewise, the third order polynomial fits confirm a better level of accuracy in representing this relationship compared to linear models, highlighting the correlation between (N1)60 according to Liao and Whitman (1986) and K, with a coefficient of determination (R^2) of 0.7872, and the correlation between Nb and K proposed by the thesis students, with a coefficient of determination (R^2) of 0.8005, highest of all the series analysed, these findings allow a more accurate prediction of soil bearing capacity from SPT tests.

Key words: Ballast coefficient, Diatomaceous Soil, physical and mechanical characteristics.

INDICE

Dedicatoria i

Agradecimientos ii

Presentación iii

Resumen iv

Abstract v

Introducción 1

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 4

1.1. Planteamiento del problema 4

1.2. Formulación del problema. 8

1.2.1. Problema general 8

1.2.2. Problemas específicos. 8

1.3. Justificación de la investigación 8

1.3.1. Justificación Técnica 9

1.3.2. Justificación Metodológica. 9

1.4. Objetivos de la investigación. 9

1.4.1. Objetivo General 9

1.4.2. Objetivos específicos 10

1.5. Hipótesis 10

1.5.1. Hipótesis general 10

1.5.2. Hipótesis específicas 10

1.5.3. Variables 11

1.5.4. Operacionalización de variables. 11

1.5.5. Flujograma 12

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO 13

2.1. Antecedentes de la investigación 13

2.1.1. Antecedentes internacionales 13

2.1.2. Antecedentes nacionales. 15

2.1.3. Antecedentes locales 16

2.2. Bases Teóricas 16

2.2.1. Coeficiente de balasto 16

2.2.2. Ensayo placa de carga 20

2.2.3. Ensayo de penetración estándar (SPT) 21

2.2.4. CLASIFICACIÓN DE SUELOS 28

2.2.5. Límites de Atterberg (Norma ASTM D4318-17e1) 32

2.2.6. Diatomita 37

2.2.7. Piuraypampa 39

CAPITULO III: METODOLOGÍA 40

3.1 Ámbito de Estudio 40

3.2 Alcance de la Investigación 41

3.3 Diseño de Investigación 43

3.4 Enfoque de la investigación 43

3.5 Unidad de Análisis 44

3.6 Población y Muestra 45

3.6.1 Población 45

3.6.2 Muestra 45

3.7 Técnicas para la Recolección de Datos 45

3.8 Técnicas para el Procesamiento de la Información 46

CAPITULO IV: RESULTADOS 47

4.1. Presentación de resultados 47

CAPITULO V: DISCUSION DE RESULTADOS 106

CAPITULO VI: CONCLUSIONES 113

CAPITULO VII: RECOMENDACIONES 115

CAPITULO VIII. REFERENCIAS 117

Bibliografía 117

CAPITULO IX: ANEXO 119

PANEL FOTOGRÁFICO 120

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES 124

9.1. Cronograma de Actividades 125

PRESUPUESTO 126

9.2. Presupuesto 127

MATRIZ DE CONSISTENCIA 128

9.3. Matriz de Consistencia 129

FORMATO DE ENSAYOS UTILIZADOS 130

9.4. Formato de Ensayo SPT norma ASTM D1586M-18e1 131

9.5. Formato de Ensayo de Placa de Carga 132

9.6. Sistema de Clasificación de suelos norma ASTM D2487-17e1 133

9.7. Formato de Ensayo Granulométrico de Suelos norma ASTM D6913M-17 134

9.8. Formato para Determinación del Contenido de Humedad ASTM D2216-19 135

9.9. Formato para Determinación de los Límites de Consistencia ASTM D4318-17e1 136

OBSERVACIONES Y ACLARACIONES CON RESPECTO AL ENSAYO SPT 137

9.10. Observaciones y aclaraciones con respecto al ensayo SPT 138

PLANOS 143

9.11. Plano de Ubicación P-01 144

9.12. Plano Geológico Nacional P-02 145

9.13. Plano Geológico Regional P-03 146

9.14. Plano Geológico Local (Urubamba) P-04 147

9.15. Plano de Perfil Estratigráfico P-05 148

CERTIFICADO DE USO DE LABORATORIO 149

9.16. Certificado de Uso de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales para Tesis de Investigación 150

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. *Operacionalización de variables* 11

Tabla 2. *Flujograma de la investigación* 12

Tabla 3. *SPT Punto 01 (Ensayo 01 y Ensayo 02)* 47

Tabla 4. *SPT Punto 02 (Ensayo 01 y Ensayo 02)* 48

Tabla 5. *SPT Punto 03 (Ensayo 01 y Ensayo 02)* 49

Tabla 6. *SPT Punto 04 (Ensayo 01 y Ensayo 02)* 50

Tabla 7. *SPT Punto 05 (Ensayo 01 y Ensayo 02)* 51

Tabla 8. *Resumen de numero de Golpes N del ensayo SPT y Coeficiente de Balasto* 52

Tabla 9. *Coeficiente de balasto y el n, n60 y (n1)60 del ensayo spt en campo* 53

Tabla 10. *Promedio del n, n60 y (n1)60 del ensayo spt y el coeficiente de balasto* 55

Tabla 11. *Coeficiente de balasto y Nb del ensayo SPT de campo.* 59

Tabla 12. *Ecuación polinómica de tercer orden y lineal* 61

Tabla 13. *Análisis Granulométrico por Tamizado Calicata 01 Muestra 1* 64

Tabla 14. *Análisis Granulométrico por Tamizado Calicata 01 muestra 2* 65

Tabla 15. *Análisis Granulométrico por Tamizado Calicata 02 muestra 1* 66

Tabla 16. *Análisis Granulométrico por Tamizado Calicata 02 muestra 2* 67

Tabla 17. *Análisis Granulométrico por Tamizado Calicata 03 muestra 1* 68

Tabla 18. *Análisis Granulométrico por Tamizado Calicata 03 muestra 2* 69

Tabla 19. *Análisis Granulométrico por Tamizado Calicata 04 muestra 1* 70

Tabla 20. *Análisis Granulométrico por Tamizado Calicata 04 muestra 2* 71

Tabla 21. *Análisis Granulométrico por Tamizado Calicata 05 muestra 1* 72

Tabla 22. *Análisis Granulométrico por Tamizado Calicata 05 muestra 2* 73

Tabla 23. *Limite líquido y plástico* 75

Tabla 24. *Humedad del suelo 0.00-2.00m Calicata 01* 76

Tabla 25. *Humedad del suelo 0.00-2.00m Calicata 02* 76

Tabla 26. *Humedad del suelo 0.00-2.00m Calicata 03* 76

Tabla 27. *Humedad del suelo 0.00-2.00m Calicata 04* 77

Tabla 28. *Humedad del suelo 0.00-2.00m Calicata 05* 77

Tabla 29. *Humedad del suelo 2.00-3.35m Calicata 01* 77

Tabla 30. *Humedad del suelo 2.00-3.35m Calicata 02* 78

Tabla 31. *Humedad del suelo 2.00-3.35m Calicata 03* 78

Tabla 32. *Humedad del suelo 2.00-3.35m Calicata 04* 78

Tabla 33. *Humedad del suelo 2.00-3.35m Calicata 05* 79

Tabla 34. *Humedad del suelo 3.35-5.15m Calicata 01* 79

Tabla 35. *Humedad del suelo 3.35-5.15m Calicata 02* 79

Tabla 36. *Humedad del suelo 3.35-5.15m Calicata 03* 80

Tabla 37. *Humedad del suelo 3.35-5.15m Calicata 04* 80

Tabla 38. *Humedad del suelo 3.35-5.15m Calicata 05* 80

Tabla 39. *Peso volumétrico Punto 01: M-1; 0.20 – 1.10m* 82

Tabla 40. *Peso volumétrico Punto 01: M-2; 1.10 – 2.00m* 82

Tabla 41. *Peso volumétrico Punto 01: M-3; 2.00 – 2.90m* 82

Tabla 42. *Peso volumétrico Punto 01: M-4; 2.90 – 5.15m* 83

Tabla 43. *Peso volumétrico Punto 02: M-1; 0.20 – 1.10m* 83

Tabla 44. *Peso volumétrico Punto 02: M-2; 1.10 – 2.00m* 83

Tabla 45. *Peso volumétrico Punto 02: M-3; 2.00 – 2.90m* 84

Tabla 46. *Peso volumétrico Punto 02: M-4; 2.90 – 5.15m* 84

Tabla 47. *Peso volumétrico Punto 03: M-1; 0.20 – 1.10m* 84

Tabla 48. *Peso volumétrico Punto 03: M-2; 1.10 – 2.00m* 85

Tabla 49. *Peso volumétrico Punto 03: M-3; 2.00 – 2.90m* 85

Tabla 50. *Peso volumétrico Punto 03: M-4; 2.90 – 5.15m* 85

Tabla 51. *Peso volumétrico Punto 04: M-1; 0.20 – 1.10m* 86

Tabla 52. *Peso volumétrico Punto 04: M-2; 1.10 – 2.00m* 86

Tabla 53. *Peso volumétrico Punto 04: M-3; 2.00 – 2.90m* 86

Tabla 54. *Peso volumétrico Punto 04: M-4; 2.90 – 5.15m* 87

Tabla 55. *Peso volumétrico Punto 05: M-1; 0.20 – 1.10m* 87

Tabla 56. *Peso volumétrico Punto 05: M-2; 1.10 – 2.00m* 87

Tabla 57. *Peso volumétrico Punto 05: M-3; 2.00 – 2.90m* 88

Tabla 58. *Peso volumétrico Punto 05: M-4; 2.90 – 5.15m* 88

Tabla 59. *Corte directo ASTM d3080 punto 01* 89

Tabla 60. *Corte directo ASTM d3080 punto 02* 91

Tabla 61. *Corte directo ASTM d3080 punto 03* 92

Tabla 62. *Corte directo ASTM d3080 punto 04* 94

Tabla 63. *Corte directo ASTM d3080 punto 05* 96

Tabla 64. *Carga vertical de suelos mediante placa estática Ensayo 01* 99

Tabla 65. *Carga vertical de suelos mediante placa estática Ensayo 02* 100

Tabla 66. *Carga vertical de suelos mediante placa estática Ensayo 03* 101

Tabla 67. *Carga vertical de suelos mediante placa estática Ensayo 04* 102

Tabla 68. *Carga vertical de suelos mediante placa estática Ensayo 05* 104

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. *Ensayo placa de carga* 17

Ilustración 2. *Gráfico del coeficiente de balasto "k"* 18

Ilustración 3. *Esquema general del ensayo SPT* 25

Ilustración 4. *factor de corrección* 27

Ilustración 5. *Límites de Atterberg* 32

Ilustración 6. *Prueba de límite líquido.* 34

Ilustración 7. *Curva de flujo del límite líquido de una arcilla limosa* 34

Ilustración 8. *Limite plástico* 35

Ilustración 9. *Mapa geográfico de la laguna de Piuray* 40

Ilustración 10. *Esquema de ensayos de campo a realizar* 45

Ilustración 11. *Gráfica de número de Golpes SPT de Campo Punto 01* 47

Ilustración 12. *Gráfica de número de Golpes SPT de Campo Punto 02* 48

Ilustración 13. *Gráfica de número de Golpes SPT de Campo Punto 03* 49

Ilustración 14. *Gráfica de número de Golpes SPT de Campo Punto 04* 50

Ilustración 15. *Gráfica de número de Golpes SPT de Campo Punto 05* 51

Ilustración 16. *Correlación polinómica entre coeficiente de balasto y el NSPT* 56

Ilustración 17. *Correlación lineal entre coeficiente de balasto y el NSPT* 58

Ilustración 18. Correlación polinómica entre Coeficiente de balasto y el Nb del ensayo SPT de campo 60

Ilustración 19. Correlación lineal entre coeficiente de balasto y el Nb del ensayo SPT de campo 61

Ilustración 20. *Análisis Granulométrico por Tamizado Calicata 01 muestra 1* 64

Ilustración 21. *Análisis Granulométrico por Tamizado Calicata 01 muestra 2* 65

Ilustración 22. *Análisis Granulométrico por Tamizado Calicata 02 muestra 1* 66

Ilustración 23. *Análisis Granulométrico por Tamizado Calicata 02 muestra 2* 67

Ilustración 24. *Análisis Granulométrico por Tamizado Calicata 03 muestra 1* 68

Ilustración 25. *Análisis Granulométrico por Tamizado Calicata 03 muestra 2* 69

Ilustración 26. *Análisis Granulométrico por Tamizado Calicata 04 muestra 1* 70

Ilustración 27. *Análisis Granulométrico por Tamizado Calicata 04 muestra 2* 71

Ilustración 28. *Análisis Granulométrico por Tamizado Calicata 05 muestra 1* 72

Ilustración 29. *Análisis Granulométrico por Tamizado Calicata 05 muestra 2* 73

Ilustración 30. *Ensayo de corte directo ASTM d3080* 89

Ilustración 31. *Ensayo de corte directo ASTM d3080 punto 02* 91

Ilustración 32. *Ensayo de corte directo ASTM d3080 punto 03* 93

Ilustración 33. *Ensayo de corte directo ASTM d3080 punto 04* 95

Ilustración 34. *Ensayo de corte directo ASTM d3080 punto 05* 97

Ilustración 35. *Ensayo de carga vertical mediante placa estática Ensayo 01* 99

Ilustración 36. *Ensayo de carga vertical mediante placa estática Ensayo 02* 101

Ilustración 37. *Ensayo de carga vertical mediante placa estática Ensayo 03* 102

Ilustración 38. *Ensayo de carga vertical mediante placa estática Ensayo 04* 103

Ilustración 39. *Ensayo de carga vertical mediante placa estática Ensayo 05* 105

INDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1: Armado del ensayo de penetración estándar. 121

Fotografía 2: Toma de datos del ensayo de penetración estándar. 121

Fotografía 3: Extracción de muestra (SPT) 121

Fotografía 4: Marcado y replanteo de calicatas. 121

Fotografía 5: Armado del ensayo placa de carga 121

Fotografía 6: Toma de datos del ensayo placa de carga. 121

Fotografía 7: Cantidad de material fino que pasa por el tamiz Nº200 122

Fotografía 8: Análisis Granulométrico de suelos por Tamizado 122

Fotografía 9: Determinación del contenido de humedad. 122

Fotografía 10: Determinación de la densidad. 122

Fotografía 11: Determinación del límite líquido. 122

Fotografía 12: Determinación del límite plástico (LP). 122

Fotografía 13: Muestras del ensayo de Corte Directo (Consolidado Drenado). 123

Fotografía 14: Moldeado para el ensayo de Corte Directo 123

Fotografía 15: Ensayo de Corte Directo (Consolidado Drenado). 123

Fotografía 16: Determinación del ángulo de fricción 123

Introducción

El conocimiento de las propiedades y características del suelo es esencial en la ingeniería geotécnica, ya que constituye el medio sobre el cual se cimentan las estructuras. Dentro de las diversas metodologías utilizadas para analizar el comportamiento de los suelos, destacan el ensayo de penetración estándar (SPT) y el ensayo de placa de carga, cada uno con sus particularidades y aplicaciones. En el caso del suelo diatómico, presente en la comunidad de Piuraypampa, distrito de Chinchero, provincia de Urubamba, región Cusco, el estudio de estos parámetros adquiere especial relevancia debido a la complejidad de sus propiedades y su impacto en el diseño estructural. (Pérez, 2023)

La presente investigación titulada "Coeficiente de balasto relacionado con el número de golpes del ensayo de penetración estándar en suelo diatomítico de Piuraypampa del distrito de Chinchero, provincia de Urubamba y departamento de Cusco" busca establecer una correlación entre estos dos parámetros fundamentales en la ingeniería geotécnica. La relación entre el coeficiente de balasto (K) y el número de golpes del SPT (Nspt) permitiría optimizar los estudios de suelos, facilitando la obtención de datos confiables de manera más eficiente y económica.

La presente investigación cobra especial importancia al considerar las condiciones locales de Piuraypampa, situada en las laderas de la laguna Piuray a 3710 m.s.n.m., en la parte alta del Valle Sagrado de los Incas. En esta región, caracterizada por la presencia de suelos diatomíticos, establecer correlaciones prácticas y precisas entre el SPT y el ensayo de placa de carga no solo permitirá mejorar la calidad de los diseños de cimentaciones y pavimentos, sino también fomentar la utilización de métodos más accesibles y económicos para proyectos de infraestructura. (SUNASS, 2014)

La estructura de esta investigación (Gómez, 2019) comprende ocho capítulos:

Capítulo I: Se presenta el planteamiento del problema, comenzando con un análisis desde el contexto histórico y local, identificando las principales características del suelo diatómico en Piuraypampa y los desafíos asociados a su estudio. Se delimita el objeto de investigación y se definen los objetivos específicos que orientarán el desarrollo del estudio, finalmente se establecen las hipótesis de la investigación.

Capítulo II: En este apartado se desarrolla el marco teórico. Se abordan los antecedentes históricos y técnicos del ensayo SPT y del ensayo de placa de carga, incluyendo su evolución, fundamentos teóricos y aplicaciones prácticas. Además, se presentan los cimientos conceptuales y las definiciones clave que sustentan la investigación.

Capítulo III: En este apartado se desarrolla la metodología para analizar su relación y se precisan los parámetros que serán evaluados. Este capítulo detalla el diseño metodológico, incluyendo el enfoque cuantitativo y el alcance correlacional del estudio. Se detallan los métodos de recoilacion de datos, los equipos empleados y los métodos estadísticos que garantizarán la validez y consistencia de los resultados.

Capítulo IV: Se presentan los resultados obtenidos y su discusión. Se analiza la correlación entre los parámetros estudiados, contrastando los hallazgos con la teoría existente y las condiciones locales. A partir de ello, se proponen conclusiones y recomendaciones orientadas a optimizar el diseño geotécnico en suelos diatomiticos, promoviendo prácticas más eficientes y accesibles.

Capítulo V: En este capítulo se desarrolla la discusión de los resultados obtenidos. Se analiza los resultados contrastando con los hallazgos de investigaciones preexistente al estudio.

Capítulo VI y VII: En este capítulo se proponen conclusiones y recomendaciones orientadas a optimizar el diseño geotécnico en suelos diatomíticos, promoviendo prácticas más eficientes y accesibles.

Capítulo VIII; En este capítulo se detalla la Bibliografía empleada en el sustento teórico abordado en la presente investigación

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

El suelo diatomítico, presente en diversas regiones del Perú, particularmente en zonas altoandinas como el distrito de Chinchero en Cusco, presenta características físicas particulares que dificultan su evaluación geotécnica y diseño estructural. Según Campaña (2014), este tipo de suelo, compuesto predominantemente por restos fosilizados de diatomeas, se caracteriza por una alta porosidad y una baja densidad aparente, lo que lo hace susceptible a deformaciones bajo cargas aplicadas. Estudios realizados en el departamento de Cusco han señalado que más del 40% de los proyectos de infraestructura presentan problemas de asentamientos diferenciales debido a las propiedades únicas de este suelo, lo que evidencia la necesidad de establecer parámetros más precisos para su caracterización y diseño. (CENEPRED, 2020)

En cuanto a las características mecánicas, los suelos diatomíticos presentan una baja resistencia al corte y un comportamiento altamente compresible. Pérez (2023) sostiene que la resistencia al esfuerzo cortante de estos suelos varía entre 10 y 30 kPa, dependiendo de su grado de saturación, lo que los hace críticos para estructuras sometidas a cargas concentradas. Además, la compresibilidad elevada de estos suelos puede provocar asentamientos significativos, especialmente en proyectos que involucran cimentaciones superficiales. En este contexto, establecer una correlación entre el coeficiente de balasto y el número de golpes del ensayo de penetración estándar (SPT) permitiría una evaluación más práctica y rápida de sus propiedades mecánicas, especialmente en áreas de difícil acceso.

El coeficiente de balasto, que mide la rigidez de un suelo ante cargas aplicadas, es un parámetro crucial en el diseño geotécnico. Sin embargo, en el Perú, no existen suficientes datos que permitan generalizar estos valores, y los ingenieros frecuentemente se enfrentan a la incertidumbre al diseñar cimentaciones en suelos diatomíticos, lo que puede comprometer la seguridad y sostenibilidad de las estructuras.

En la provincia del Cusco, particularmente en zonas altoandinas como Chinchero, los suelos diatomíticos constituyen un reto considerable para la ingeniería geotécnica debido a sus particulares características físicas. Según Campaña (2014), estos suelos están compuestos principalmente por diatomeas fosilizadas, lo que les confiere una alta porosidad, baja densidad aparente y gran capacidad de retención de agua. En estudios realizados en el distrito de Chinchero, se ha identificado que más del 35% de los problemas estructurales en edificaciones y pavimentos se deben a asentamientos irregulares causados por la naturaleza compresible de este tipo de suelo. (Quilli Apaza, 2016). Este contexto evidencia la demanda de un análisis preciso de las propiedades físicas del suelo diatomítico para mitigar riesgos y optimizar los diseños geotécnicos.

En cuanto a las características mecánicas, los suelos diatomíticos muestran una baja resistencia al esfuerzo cortante y un comportamiento altamente compresible, lo que los hace críticos para proyectos de cimentación. Pérez (2023) señala que la resistencia al corte en estos suelos, en condiciones parcialmente saturadas, varía entre 12 y 25 kPa, dependiendo de factores como la densidad y el contenido de humedad. Asimismo, Según Ramírez y Ponce (2022) señalan que estudios geotécnicos en Cusco han determinado que su índice de compresibilidad puede alcanzar valores de hasta 0.4, lo que los convierte en suelos altamente deformables bajo cargas aplicadas. Este comportamiento mecánico pone en riesgo la estabilidad de estructuras y resalta la necesidad

de utilizar herramientas prácticas, como el ensayo SPT, para caracterizar de manera más eficiente estas propiedades.

El coeficiente de balasto es un parámetro crucial en el diseño de cimentaciones, ya que mide la rigidez del suelo frente a cargas aplicadas. En suelos diatomíticos, determinar este coeficiente para profundidades de 2.00m es fundamental, dado que es una profundidad común en cimentaciones superficiales en regiones como Chinchero. Braja (2013) destaca que, en suelos de naturaleza similar, el coeficiente de balasto puede variar entre 30 y 50 MPa/m, dependiendo de las condiciones locales. Sin embargo, en Cusco, el coeficiente de balasto no ha sido ampliamente estudiado, y los valores utilizados en el diseño suelen basarse en aproximaciones empíricas que no siempre reflejan las condiciones reales del suelo diatomítico, lo que puede comprometer la estabilidad y sostenibilidad de las estructuras.

En el distrito de Chinchero y en varias otras áreas del Cusco y del Perú, los valores del coeficiente de balasto (K) suelen obtenerse a partir de tablas derivadas en su mayoría de análisis teóricos y empíricos, en ocasiones basadas en experiencias de investigadores. Estas tablas se centran principalmente en suelos finos (como arcillas) y gruesos (como arenas), muchas de ellas datan de la mitad del siglo pasado, lo que representa una limitación en la ingeniería geotécnica, particularmente con lo que respecta a la vigencia de la información y los estudios recientes. En la zona de Piuraypampa, así como en otras áreas de Cusco, el suelo está compuesto por una combinación de arcillas, limos y arenas finas en proporciones variables, abundando también las diatomitas en proporciones variables, lo que provoca que las ecuaciones y los valores asignados a los módulos de balasto se desvíen de lo que realmente deberían reflejar. Esta situación obliga a los ingenieros de suelos y estructurales a utilizar valores basados en experiencias externas, lo que puede llevar a obtener parámetros del coeficiente de balasto (K) de manera directa o asumirlos a

partir de la revisión bibliográfica. Además, la realización del ensayo de placa de carga, que permite obtener directamente los parámetros del módulo de balasto, debe hacerse en el punto exacto y desde la cota de desplante de la fundación hasta la profundidad activa. Debido a que estas cimentaciones son de gran profundidad, su ejecución se vuelve inaccesible, considerando los requisitos de espacio y las partes que necesita el ensayo, lo que limita aún más el diseño. Cualquier cambio en el proyecto (como modificaciones en la cota de desplante o en la estructura) puede llevar al diseñador a enfrentar una nueva imprecisión en la magnitud del parámetro K. Por lo tanto, dado que el ensayo de penetración estándar (SPT) puede realizarse a diferentes profundidades y en diversos lugares del proyecto de manera económica y versátil, esta investigación busca establecer una correlación analítica y deductiva entre el coeficiente de balasto (K) y el número de golpes (N) corregido para suelos diatomíticos, reconociendo las diferencias entre ambos ensayos: el primero es de tipo pseudoestático y superficial, mientras que el segundo es dinámico y profundo. Los procedimientos investigativos en el ámbito de la ingeniería, y especialmente en geotecnia, involucran numerosas abstracciones matemáticas y prácticas con el objetivo de modelar el objeto de estudio de manera comprensible y obtener resultados que sean válidos. En este sentido la presente investigación tiene como propósito desarrollar un modelo analítico del módulo de balasto (K) del ensayo de placa de carga basado en la relación con el número de golpes (N) del SPT para suelos diatómicos de Piuraypampa del Distrito de Chinchero, Provincia de Urubamba y Departamento de Cusco. Es importante señalar que, aunque se espera obtener resultados válidos y verificables, cualquier resultado negativo en cuanto a los valores a correlacionar también constituye un aporte valioso para la ingeniería y la investigación, para lo cual, planteó las siguientes interrogantes:

1.2. Formulación del problema.

1.2.1. Problema general

- ¿Qué relación existe del coeficiente de balasto con el número de golpes del ensayo de penetración estándar en suelo diatomitico de Piuraypampa del Distrito de Chinchero, Provincia de Urubamba y Departamento de Cusco?

1.2.2. Problemas específicos.

- ¿Cómo varía el número de golpes del ensayo SPT en función de la profundidad en el suelo diatomitico?
- ¿Cuál es el valor del coeficiente de balasto a una profundidad de 2.0 m en el suelo diatomitico?
- ¿Cuál es el valor promedio del coeficiente de balasto en el perfil de suelo diatomitico estudiado?

1.3. Justificación de la investigación

Esta investigación se enfoca en ajustar la correlación existente para suelos diatomíticos mediante ecuaciones matemáticas, analizando la posible relación entre el coeficiente de balasto (K) del ensayo de placa de carga y el número de golpes (N) del ensayo SPT. Al establecer una correlación entre el número de golpes del SPT y el coeficiente de balasto (K), se podrán determinar los valores correspondientes de (K) para un tipo específico de suelo como la diatomita. Esto permitirá evitar el uso de tablas existentes, que se basan en resultados obtenidos en suelos de otros países y en épocas pasadas, los cuales no comparten el mismo procedimiento de formación ni las mismas características físicas y mecánicas. Por lo tanto, los valores proporcionados por estas tablas

suelen ser muy amplios y aleatorios, lo que no proporciona la precisión necesaria para un diseño adecuado. Pantoja & Suárez, (2015).

1.3.1. Justificación Técnica

Al finalizar la investigación, será posible determinar el coeficiente de balasto (K) en función del número de golpes (N) del ensayo SPT de forma rápida, utilizando una correlación y evitando el ensayo de placa de carga, que requiere un presupuesto elevado para el tipo de suelo en cuestión. Los resultados de este trabajo serán beneficiosas para los profesionales que se dedican al diseño de cimentaciones en este tipo de suelos.

1.3.2. Justificación Metodológica.

El enfoque metodológico incluye ensayos de laboratorio y pruebas in situ para determinar el coeficiente de balasto, el número de golpes del SPT y otros parámetros necesarios para definir el ámbito de aplicación de la relación entre el coeficiente de balasto y el número de golpes del ensayo SPT en suelos diatomíticos.

Este estudio es aplicable únicamente a suelos que posean características similares a aquellos donde se ajusta la correlación; por lo tanto, en el caso de los suelos diatomíticos, la investigación debe llevarse a cabo en suelos de este tipo. Por lo tanto, el trabajo está justificado.

1.4. Objetivos de la investigación.

1.4.1. Objetivo General

- Determinar la relación del coeficiente de balasto con el número de golpes del ensayo de penetración estándar para suelos diatomiticos de Piuraypampa del Distrito de Chinchero, Provincia de Urubamba y Departamento de Cusco.

1.4.2. Objetivos específicos

- Analizar la variación del número de golpes del ensayo SPT en diferentes profundidades del suelo diatomítico.
- Determinar el valor del coeficiente de balasto a una profundidad de 2.0m en el suelo diatomitico de piuraypampa.
- Calcular el valor promedio del coeficiente de balasto en el perfil de suelo diatomitico estudiado.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

- Existe una relación del coeficiente de balasto con el número de golpes del ensayo de penetración estándar en suelos diatomiticos de Piuraypampa del Distrito de Chinchero, Provincia de Urubamba y Departamento de Cusco.

1.5.2. Hipótesis específicas

- El número de golpes del ensayo SPT varia con la profundidad en el suelo diatomitico de piuraypampa.
- El valor del coeficiente de balasto a 2.0 m de profundidad en el suelo diatomitico es representativo del comportamiento mecánico del terreno.
- El valor promedio del coeficiente de balasto del perfil diatomitico permite establecer parámetros de diseño geotécnico confiables para la zona.

1.5.3. Variables

- Variables independientes:

  Numero de golpes del ensayo SPT.

- Variables dependientes:

  Coeficiente de balasto.

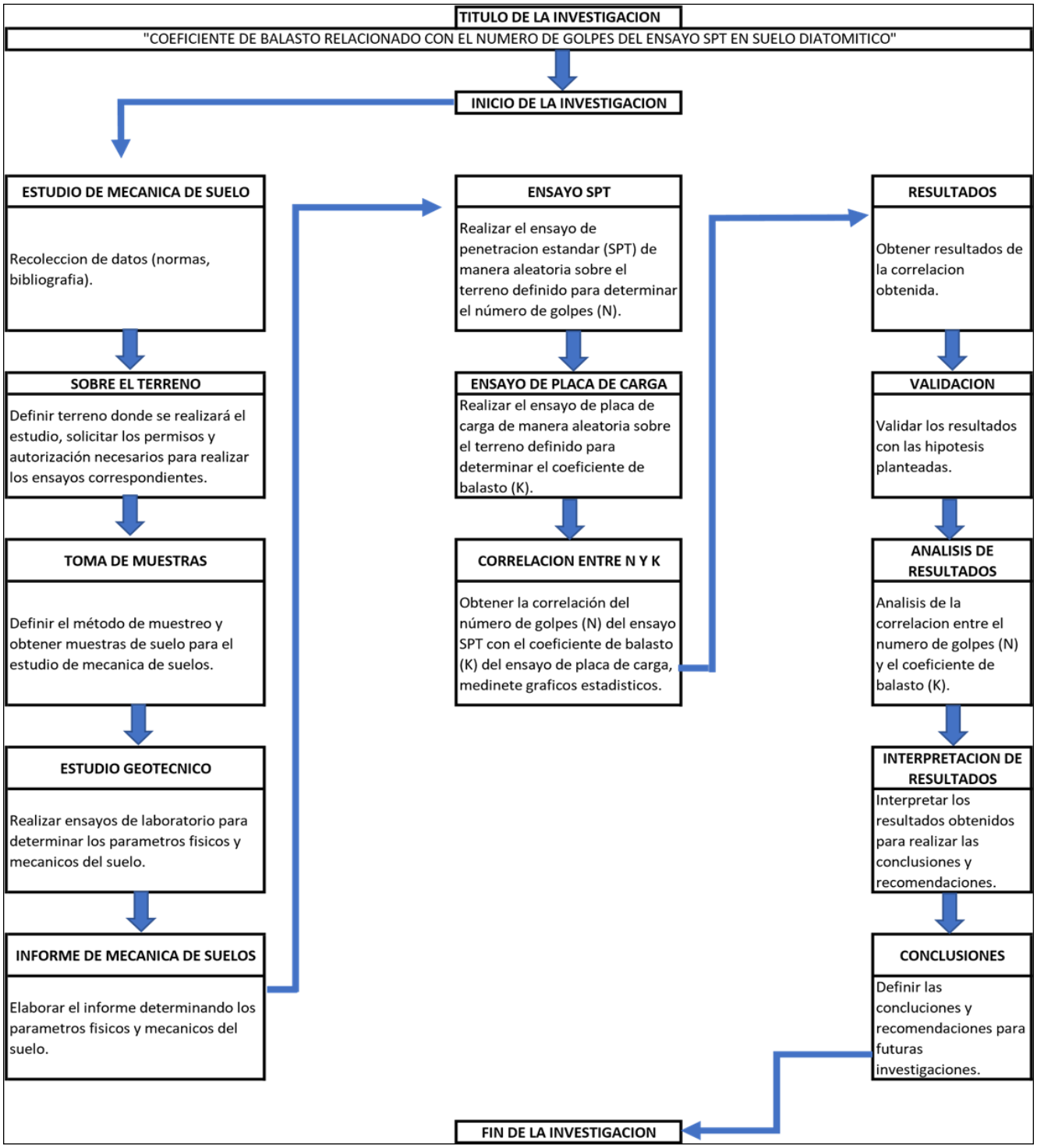
1.5.4. Operacionalización de variables.

Tabla 1. *Operacionalización de variables*

VARIABLES	TIPO	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSION	SUB DIMENSION	INDICADORES	TECNICA E INSTRUMENTOS	ESCALA
NUMERO DE GOLPES DEL ENSAYO SPT	Variable independiente:	Es un parámetro crucial que se utiliza para evaluar la resistencia del suelo mediante el ensayo SPT. Este ensayo consiste en la introduccion en el fondo de un sondeo geotecnico de un tomamuestra normalizado unido a un tren de varillas. (Ventayol & Fernandez, s.f.)	Resistencia del suelo	Parametros de resistencia	N N: Numero de golpes del ensayo SPT	Mide la resistencia del suelo	Calculo y medicion según "ASTM-D1586m-18e1, prueba de penetracion estandar (SPT)".	Razón
COEFICIENTE DE BALASTO	Variable dependiente:	Es la relación entre las presiones de contacto suelo-estructura de una viga de fundación, como la relación entre las presiones de contacto suelo-fundación, y las deflexiones correspondientes del elemento. (delgado, 1993)	Rigidez del suelo	Parametro de Rigidez del suelo	K K: Coeficiente de balasto	Mide la rigidez del suelo	Calculo y medicion según "ASTM-D1194-94, pEnsayo de placa de carga"	Razón
				Asentamiento	ΔS ΔS: Asentamiento del suelo	mide el asentamiento del suelo		
				Carga Aplicada	Q Q: Carga aplicada	Sirve para producir el asentamiento del suelo		

1.5.5. Flujograma

Tabla 2. *Flujograma de la investigación*



CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1.Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

- Pantoja & Suarez (2015), tesis “Estudio Sobre la Relación entre el Ensayo de Penetración Estándar y el Coeficiente de Balasto (K) para Suelos Derivados de Cenizas Volcánicas en la Zona de Expansión Urbana de Cerritos-Pereira”, Con el propósito de identificar una posible correlación entre el ensayo de penetración estándar (SPT) y el coeficiente de balasto (K) en suelos formados a partir de ceniza volcánica en la zona de expansión urbana de Pereira. Este estudio busca desarrollar un modelo analítico para el ensayo de placa (módulo de balasto K) utilizando una relación basada en el ensayo de penetración estándar (SPT). La investigación de campo, que incluyó 5 ensayos de placa de carga, 10 perforaciones y 10 muestras de tubos Shelby a diferentes profundidades (SPT), revela que el suelo predominante en esta área de estudio es limoso. Según la clasificación AASHTO, es de tipo A-4, y según el SUCS, es de tipo ML. Este suelo presenta alta consistencia y rigidez, y probablemente está preconsolidado debido a su bajo índice de liquidez. Además, tiene características de plasticidad media-baja, es muy susceptible a cambios en el contenido de humedad y muestra baja compresibilidad y deformación. La comparación de los resultados de los ensayos de campo (SPT y placa de carga) sugirió una posible correlación a través de una ecuación polinómica de tercer grado, basada en el N45 corregido según la fórmula de Peck-Hansen-Thornburn. Esta

relación sería inicialmente aplicable a suelos con las características descritas en esta investigación y a una profundidad de 2.0 metros.

- El estudio realizado por Delgado (2013), titulado "El Coeficiente de Balasto", tiene como objetivo principal analizar y cuantificar el coeficiente de balasto o módulo de reacción del suelo para mejorar la predicción de asentamientos en sistemas de fundación y suelo. La metodología utilizada incluye una revisión exhaustiva de la literatura existente, análisis de correlaciones empíricas y simulaciones numéricas aplicadas a casos reales de suelos en Bogotá. Se emplearon técnicas de ensayo de laboratorio y caracterización del suelo, utilizando instrumentos de medición de asentamientos y propiedades físicas del terreno. La población objeto de estudio abarca suelos arcillosos sobre consolidados del norte de Bogotá, de los cuales se seleccionó una muestra representativa para el análisis. Para lo cual se arribaron a Las conclusiones: El coeficiente de balasto promedio para los suelos analizados se encuentra en un rango de 0.67 a 0.79, segundo, Existe una variabilidad significativa en el coeficiente de balasto dependiendo de la relación de Poisson y de los tipos de suelo considerados, tercero, El uso de métodos basados en el coeficiente de balasto sigue siendo relevante y efectivo, generando ahorros de tiempo y recursos en comparación con metodologías más complejas, cuarto, Se logró una predicción de asentamientos con un índice de confiabilidad estadística del 85%, quinto, Las correlaciones empíricas proporcionadas en el estudio pueden servir como herramientas útiles para futuras investigaciones en geotecnia y finalmente, Es esencial la validación de los modelos teóricos para adaptar los análisis a las condiciones geológicas locales.

2.1.2. Antecedentes nacionales.

- Alarcón (2020), tesis “Relación de la Caracterización de los Suelos con el Coeficiente de Balasto en el Distrito de Pilcomayo”, El objetivo es determinar la relación entre la caracterización de los suelos y el coeficiente de balasto en el distrito de Pilcomayo, utilizando una metodología cuantitativa. La investigación es de tipo aplicada y de nivel descriptivo-correlacional, con un diseño pre-experimental. La población estudiada corresponde al área accesible de la urbanización WAYRA en el distrito de Pilcomayo, que abarca una superficie de 0.80 km². La muestra es no probabilística y se seleccionó por conveniencia, realizando 3 calicatas de observación. Se concluyó que la caracterización de los suelos tiene una relación directa con la obtención del coeficiente de balasto, ya que este varía según las características físicas y mecánicas del suelo, así como el método de estimación utilizado, lo cual influye en el comportamiento de la cimentación superficial, tanto en las presiones sobre las zapatas como en las deformaciones o asentamientos
- Rojas y Zamora (2015), tesis “Correlación de los Valores N_{SPT} con N_{DPL} en los Suelos Arenosos de la Asociación Agropecuaria Sumac Pacha-Lurín”, El objetivo fue correlacionar el número de golpes del ensayo SPT con el número de golpes del ensayo DPL. Para ello, se realizaron dos ensayos SPT, cinco ensayos DPL y cuatro calicatas de exploración en un terreno arenoso de 25x40 m (1000 m²) en la Asociación Agropecuaria Sumac Pacha, ubicada en el distrito de Lurín. El ensayo SPT es un método estandarizado para determinar la resistencia a la penetración del suelo, realizado dentro de una perforación desde la superficie hasta una profundidad

definida. El ensayo DPL también mide la resistencia a la penetración del suelo, aplicado en terrenos arenosos hasta profundidades de 8 m. Se llevó a cabo un estudio no experimental transversal en un depósito arenoso con poca presencia de finos. Las caracterizaciones incluyeron ensayos de granulometría, límites de Atterberg, corte directo, humedad natural y densidad natural. Los ensayos de penetración se realizaron principalmente en suelos con características SP y SM, con densidades que varían de 1.483 g/cm³ a 2.182 g/cm³. Los resultados mostraron una correlación entre los valores de N_{SPT} y N_{DPL} mediante dos ecuaciones obtenidas por diferentes métodos estadísticos. Se concluyó que estas correlaciones son válidas hasta una profundidad de 1.80 m y son exclusivas para la zona de estudio (terreno de 1000 m² en la Asociación Agropecuaria Sumac Pacha), indicando que el número de golpes N_{SPT} y N_{DPL} son directamente proporcionales.

2.1.3. Antecedentes locales

2.2.Bases Teóricas

2.2.1. Coeficiente de balasto

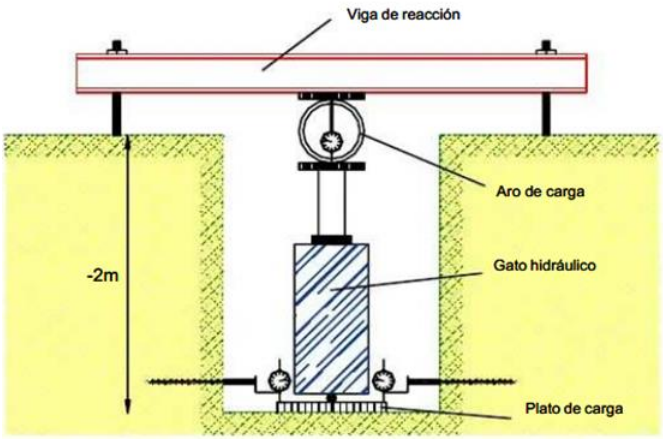
En toda interacción suelo-estructura la predicción o predicción de las deformaciones en el suelo de cimentación, en interacción con las cargas aplicadas que se transmite al suelo, es uno de los desafíos importantes en los proyectos de ingeniería. Esto da referencia a asentamientos que pueden suscitarse por deformaciones elásticas, plásticas, o por ambas. El valor determinado de estos asentamientos generalmente se le denomina “coeficiente de balasto” o “módulo de reacción del suelo” igualmente identificado como “coeficiente de Sulzberger”, estudiado ampliamente por Terzaghi. Pantoja y Suárez (2015)

El coeficiente de balasto es una relación conceptual entre la presión aplicada al suelo y la deformación o asentamiento que se genera, las cuales son utilizados ampliamente en el análisis estructural de las cimentaciones. Reza (2006)

La cuantificación del coeficiente de balasto, depende de la deformación o asentamiento de la interacción suelo estructura, la cual constituye uno de los temas más amplios y complejos en la geotecnia. El módulo de reacción del suelo asocia la tensión transferida al suelo mediante una placa rígida “q” con la deformación o asentamiento de la misma en el terreno “y”. Comúnmente se la identifica con la letra “k”. Pantoja y Suárez (2015)

El coeficiente de balasto se obtiene mediante el ensayo de placa de carga sobre el suelo de cimentación.

Ilustración 1. *Ensayo placa de carga*



Fuente: Leoni, 2009

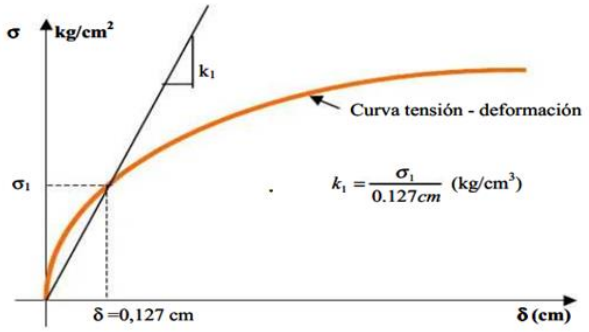
El coeficiente de balasto o módulo de reacción del suelo se conceptualiza como la relación entre la tensión capaz de generar deformaciones en el terreno, dicho coeficiente se

determinará como la pendiente de la recta que une el origen de coordenadas con el punto en la curva “tensión - deformación” que ocasiona un asentamiento de la placa.

Los resultados obtenidos del ensayo se representan con la letra “k”al cual se adosa el número 1 “k1”, esto da a entender que el valor representa a una placa rígida de 1 pie2.

Como ejemplo se tiene una penetración de placa en el suelo de 0.05”, que equivale a una deformación de 0.127 cm, la cual genera un asentamiento de la placa 0.127 cm.

Ilustración 2. *Gráfico del coeficiente de balasto “k”*



Fuente: Leoni, 2009

Ecuaciones para calcular el coeficiente de balasto

En la superficie de una masa de suelo bajo un área cargada, el esfuerzo normal externo “q” que actúa sobre un punto, produce un asentamiento o deflexión “y”. el cual el coeficiente de balasto “Ks”, es la relación entre dicho esfuerzo “q” y la deflexión vertical “y” correspondiente:

1.0 Ecuación básica que define el coeficiente de balasto

$$K_s = \frac{q}{y} \qquad (1)$$

De la ecuación se deduce también que Ks es el esfuerzo normal que produce un asentamiento unitario. Si los esfuerzos normales son adecuadamente razonales, en el sentido de estar debajo del umbral a partir del cual inician a presentarse deformaciones plásticas en el suelo, se puede inferir con cierta dosis de idealización que manifiesta proporcionalidad entre esfuerzos y deflexiones, y el coeficiente de balasto sería la constante de proporcionalidad.

El asentamiento inmediato de una cimentación puede determinarse por medio de la siguiente ecuación que es una aplicación de la teoría de la elasticidad de suelos.

2.0 Ecuación de asentamiento inmediato según Terzaghi

$$\Delta H = q \cdot B\left(1 - \frac{\nu^2}{E_s}\right) \cdot C_1 \qquad (2)$$

En donde:

ΔH: Asentamiento

q: Presión de contacto

Es: Modulo de deformación

C1: Factor de forma y rigidez

ν: Relación de Poison

De esta ecuación es posible despejar (ΔH/q), dicha expresión es equivalente al coeficiente de balasto quedando de la siguiente manera:

3.0 Ecuación que relaciona el K_0 con el asentamiento inmediato

$$\frac{\Delta H}{q} = \frac{E_s}{B \cdot (1 - \nu^2) \cdot C_1} \qquad (3)$$

Mediante esta ecuación se puede establecer una relación aproximada entre Ks y el módulo de deformación del suelo Es. Su aplicación requiere obtener valores aproximados de Es que se pueden consultar en intervalos de valores de la relación (Es/C1), obtenidos empíricamente para suelos arcillosos y vinculados a condiciones de composición e intervalos de resistencia al corte.

2.2.2. Ensayo placa de carga

El ensayo de placa de carga nos ayuda conocer las características de resistencia - deformación de un suelo. Este ensayo se basa en colocar una placa sobre el suelo natural y aplicar una serie de cargas específicas para luego poder medir las deformaciones. Los resultados del ensayo se grafican mediante un diagrama tensión - deformación.

Este ensayo consiste en medir al asentamiento, ΔH, de una placa circular rígida de Radio R, soportada por un suelo, y relacionar la presión, q, ejercida por la placa con el asentamiento correspondiente.

El coeficiente de balasto, K, o módulo de reacción es por definición la relación q/ΔH, que tiene las dimensiones de un peso específico.

A partir de este ensayo se obtiene los datos siguientes:

- Capacidad de carga del suelo para un asentamiento determinado.
- Módulo de reacción o coeficiente de balasto (k).
- Características de la curva tensión - deformación del suelo.
- Coeficiente de elasticidad del suelo (e).

Por motivo de los inevitables efectos de escala en la mecánica de suelos, en general, no está bien obtener valores de Es de los resultados de ensayos de carga para un suelo cualquiera. El error por defecto es muy importante para los suelos granulares sin cohesión cuya resistencia al punzonamiento es casi nula en superficie. Ciertamente al ser pequeña la presión límite de resistencia al deslizamiento en la superficie de los suelos, se produce un deslizamiento de material bajo los bordes de la placa, cuando esta presión ha sido alcanzada. Delgado, (1993).

2.2.3. Ensayo de penetración estándar (SPT)

Los inicios del ensayo SPT datan del año 1902, donde el coronel Charles R. Gow desarrolló un muestreador de 25mm de diámetro, esta se introducía al suelo por medio de un martillo de 50 kg en la base del sondaje. El muestreador de cuchara partida, parecido al usado hoy en día, se debe al progreso de los trabajos efectuados por H.A. Mohr, Gerente del Distrito de Gow División en Nueva Inglaterra (USA) y a G.F.A. Fletcher de la Raymond Concrete Pile Company en 1927. Fletcher y Mohr "estandarizaron" en 1930 el método de hincar una cuchara partida de 50 mm de diámetro utilizando un martillo de 62.5 kg de peso que cae desde una altura de 760 mm, como lo detalla Mohr en 1937. Es necesario mencionar que Mohr en 1943 mencionó que el ensayo ayuda tener "una gruesa idea de las condiciones del suelo". El uso del ensayo SPT en el diseño de zapatas superficiales y profundas se propagó con rapidez después de 1948, cuando la primera edición del libro "Soil Mechanics in Engineering Practice" de Terzaghi & Peck fue publicado; ya que ahí indicaba una correlación entre el número de golpes para penetrar 30 cm (Nspt) y la densidad relativa. Velozmente el método fue adoptado por el US Corps of Engineers y el US Bureau of Reclamation. En el año 1958 la American Standard Testing

Method (ASTM) publicó el documento denominado “Tentative method for penetration test and split barrel sampling of soils”. Sólo en el año 1967 alcanzó la categoría de norma (ASTM D1586). Mediante este ensayo se puede obtener la resistencia del suelo a la penetración. Campaña, (2014)

La ASTM D1586/D1586M-18e1, menciona que este método de ensayo describe el procedimiento, generalmente conocido como Prueba de Penetración Estándar, de sus siglas en inglés (SPT), para hincar un muestreador de cilindro partido con un martillo de 140 libras (63,5 kg) que se deja caer desde 30 pies (750 mm) de altura para obtener una muestra de suelo para su análisis y mida la resistencia del suelo a la penetración del muestreador estándar de dos pulgadas (50 mm) de diámetro. El valor “N” del SPT es el número de golpes del martillo requeridos para hincar el muestreador en el rango de profundidad de 0,5 a 1,5 pies (0,15 a 0,45 m) de un rango de accionamiento de 1,5 pies (0,45 m).

Ventayol y Fernandez, (s.f.) mencionan que el ensayo SPT consiste en la penetración a fondo de un sondeo geotécnico del toma muestras normalizado acoplado a una serie de varillas, mediante golpes en la parte superior o cabeza del tren de varillas con un martillo de 63.5kg de peso, soltado desde una altura de 76cm. El golpeo se contabiliza en tres o cuatro secciones de 15 cm de avance cada uno, denominándose valor N a la suma de los datos segundo y tercero. Este ensayo es uno de los más viejos en geotecnia, y es de uso general durante décadas, en todo tipo de suelos, ha permitido establecer numerosas correlaciones con otros parámetros geotécnicos, así como la transmisión de fórmulas empíricas para cálculos directos de capacidad portante y asentamientos, etc.

Para realizar el ensayo, se limpia inicialmente la zona donde se hincará el muestreador. Seguidamente, se ajusta cuidadosamente el muestreador al suelo y a la barra

guía del peso. A continuación, se golpea la cabeza de la barra con el martillo de 63.5 kg desde una altura de 76 cm, haciendo que el sacamuestras se introduzca 15 cm en el suelo. A partir de este punto, se cuenta el número de golpes (N) sufucientes para que el sacamuestras entre 30 cm adicionales. Finalizada la prueba, se extrae el muestreador y se recupera la muestra de suelo para su posterior análisis en laboratorio. (ASTM D1586, 2024)

Este ensayo en sus inicios, y en la actualidad en algunos lugares se sigue realizando el procedimiento de elevación y caída de la masa de tipo manual utilizando poleas y cuerdas. Por ende, es evidente que la energía que suministra esta técnica no corresponde al 100% de energía teórica de una caída totalmente libre, pues existen pérdidas de energía por rozamiento y por otros factores hacen que disminuya la energía teórica.

Debido a las pérdidas de energía, existen los factores de corrección de energía teórica de referencia Er y el valor de N de campo debe corregirse de la siguiente forma:

4.0 Ecuación que determina el N corregido del ensayo SPT

$$\mathrm{N_{crr}} = \mathrm{N} \cdot \mathrm{C_N} \cdot \mathrm{C}_E \cdot \mathrm{C}_R \cdot \mathrm{C}_S \cdot \mathrm{C}_B \qquad (4)$$

Ncrr= valor de N corregido

N = valor de N de campo

$\mathrm{C_N}$= factor de corrección por confinamiento efectivo

C_E= factor por energía del martillo ($0.45 \leq 1$)

C_R= factor por longitud de la varilla ($0.75 \leq 1$)

C_S= factor por revestimiento interno de tomamuestras ($0.8 \leq 1$)

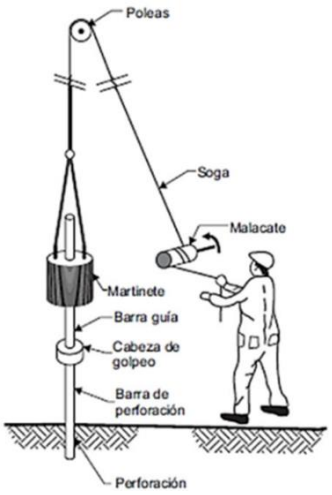
C_B= factor por diámetro de la perforación (>1 para D>5”, = 1.15 para D=8”)

Este ensayo se efectúa en depósitos de suelo arenoso y de arcilla blanda; no se sugiere llevarlo a cabo en depósitos de grava, roca o arcilla consolidada, por los daños que sufriría el equipo de perforación al penetrarlo dentro de estos estratos.

Equipos necesarios para el ensayo SPT

- Pesa 63.5kg con una altura de caída de 76.2cm
- Toma muestra o tubo partido con las siguientes dimensiones:
    - ✓ Largo: 50cm
    - ✓ Diámetro exterior: 51mm
    - ✓ Diámetro interior: 35mm
- Trípode de carga.
- Flexómetro.
- Fundas de plástico.

Ilustración 3. *Esquema general del ensayo SPT*



Nota: Extraído del portal Geotecnica (2024)

Factor de corrección

El factor de corrección Cn del ensayo SPT se define como la relación de resistencia calculada por una presión vertical efectiva dada en un nivel Sv y la presión medida a un nivel de presión estándar (Sv), generalmente representada por 1 kg/cm2. En la práctica, el número de golpes N del ensayo SPT es calculado y luego corregido a Ncrr utilizando la ecuación:

5.0 Ecuación de corrección del SPT

$$N_{crr} = N \times C_N \qquad (5)$$

En 1982 la normalización del ensayo SPT va por un curso bastante drástico, por esa razón plantean una norma de interpretación general de factores de corrección.

Correcciones al Número de Golpes del SPT

1. **Número de Golpes sin Corregir (N)**

   Es el número de golpes medido directamente en campo, correspondiente a la cantidad de impactos requeridos para que el muestreador se introduzca 30 cm en el suelo.

2. **Número de Golpes Normalizado por Energía (N_{60})**

   Se obtiene al corregir N en función de la eficiencia del sistema de ensayo. Esta normalización permite comparar ensayos realizados con diferentes equipos y condiciones. Se calcula mediante la ecuación:

   6.0 Ecuación de corrección 60 SPT

$$\mathrm{N}_{60} = N \times \frac{Em}{60} \qquad (6)$$

   Donde:

- Em = Eficiencia del sistema de impacto expresada en porcentaje.
- 60% es la eficiencia estándar del sistema de referencia (según ASTM D1586).

En la práctica, E_m varía dependiendo del equipo utilizado:

- Sistema de martinete de seguridad: 60% - 70%
- Sistema de martinete automático: 80% - 100%
- Sistema manual: 30% - 50%

3. **Número de Golpes Normalizado por Energía y Presión de Confinamiento (N1)60**

   Además de la corrección por eficiencia energética, es imprescindible corregir el número de

golpes en función de la presión vertical efectiva (σ'v), dado que la resistencia del suelo varía con la profundidad. La ecuación es:

7.0 Ecuación de corrección N_1 60 SPT

$$N1_{60} = N_{60} \times C_N \qquad (7)$$

Donde Cn es el factor de corrección por confinamiento, que se calcula con la ecuación de Liao y Whitman (1986):

8.0 Ecuación de corrección por confinamiento SPT

$$C_N = \left(\frac{1}{\sigma'v}\right)^{0.5} \qquad (8)$$

Con la restricción de que $C_N \leq 2.0$, para evitar sobreestimaciones.

En la siguiente gráfica el factor de corrección propuesto por diferentes autores:

Ilustración 4. *factor de corrección*

Referencia	Factor de corrección (C_N)		Unidades de los esfuerzos por sobrecarga (σ'_V)
Gibbs y Holtz (1959) Teng (1967)	$C_N = \frac{50}{10+\sigma'_V}$		psi
Bazaraa (1967)	$C_N = \frac{4}{1+2\sigma'_V}$ $cuando\ \sigma'_V \leq 1.5$		ksf
	$C_N = \frac{4}{3.25+0.5\sigma'_V}$ $cuando\ \sigma'_V > 1.5$		
Peck, Hanson, y Thornburn (1974)	$C_N = 0.77 \log \frac{20}{\sigma'_V}$		$kg/cm^2.tsf$
Seed (1976)	$C_N = 1 - 1.25 \log \sigma'_V$		$kg/cm^2.tsf$
Tokimatsu y Yoshimi (1983)	$C_N = \frac{1.7}{0.7+\sigma'_V}$		$kg/cm^2.tsf$
Liao y Whitman (1986)	$C_N = \sqrt{\frac{1}{\sigma'_V}}$		$kg/cm^2.tsf$ (Nota $C_N \leq 2$)*
Skempton (1986)	$C_N = \frac{2}{1+\sigma'_V}$	Arena fina de mediana densidad relativa	$kg/cm^2.tsf$
	$C_N = \frac{3}{2+\sigma'_V}$	Arenas normalmente consolidadas gruesas	
	$C_N = \frac{1.7}{0.7+\sigma'_V}$	Arenas finas consolidadas	
Youd et. al (2001) NCERR/NSF (1996-1998)	$C_N = \frac{2.2}{1.2+\sigma'_{VO}/P_a}$; $C_N \leq 1.7$		kg/cm^2
Boulanger and Idriss (2004)	$C_N = \left(\frac{Pa}{\sigma'_V}\right)^{0.784-0.0768\sqrt{(N_S)_{14}}}$; $C_N \leq 1.7$		kg/cm^2

Nota: Rojas y Zamora (2015)

2.2.4. CLASIFICACIÓN DE SUELOS

Crespo Villalas (2004), menciona que dada la diversidad de suelos que se encuentran en la naturaleza, la mecánica de suelos ha generado algunos métodos para la clasificación de los suelos. Cada uno de estos métodos tienen su propio plano de aplicación según la necesidad y uso. Se tiene una variedad de sistemas de clasificación de suelos, según el tamaño de sus partículas, como podemos mencionar a la asociación americana de funcionarios de caminos públicos (American association State High-way Officials), la clasificación de la administración de aeronáutica civil (C.A.A.), el sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.), etc. La existencia de la diversidad de sistemas de clasificación de suelos es debido, probablemente, al hecho de que tanto el ingeniero civil, geólogo y agrónomo, estudian el suelo desde diferentes puntos de vista. Sin embargo, toda clasificación dirigida a estudiar las necesidades respectivas debe fundamentarse en las propiedades mecánicas del suelo, ya que estas son primordiales en las múltiples aplicaciones de la ingeniería.

2.2.4.1.Sistema unificado de clasificación de suelos

Das, (2013) indica que la forma primigenia de este sistema fue propuesta por Casagrande en 1948 para la aplicación en la construcción del aeródromo trabajado por el equipo técnico del Ejército durante la Segunda Guerra Mundial. En cooperación con la U.S. Bureau of Reclamation, este sistema fue verificado en 1952. En la actualidad, es comúnmente utilizado por los ingenieros (Norma ASTM D-2487). El Sistema Unificado de Clasificación se muestra en el anexo 12.4 y clasifica los suelos en dos grandes grupos:

1) Suelos de grano grueso que son de grava y arena en estado natural con menos del 50% que pasa a través del tamiz número 200. Los símbolos de este grupo inician con un prefijo G o S. G es para el suelo gravoso o grava, y S para suelo arenoso o arena.

2) Suelos de grano fino con el 50% o más que pasa por el tamiz número 200. Los símbolos de este grupo inician con un prefijo M, que es sinónimo de limo inorgánico, C para la arcilla inorgánica y O para limos orgánicos y arcillas. El símbolo Pt se usa para la turba, lodo y otros suelos altamente orgánicos.

Otros símbolos que también se utilizan para la clasificación de suelos son:

- W: bien graduado o clasificado
- P: mal graduado o clasificado
- L: baja plasticidad (límite líquido menor de 50%).
- H: alta plasticidad (límite líquido mayor de 50%).

Para clasificar correctamente el suelo según este sistema, es necesario conocer antes la siguiente información:

1) El porcentaje de grava, es decir, la porción que atraviesa el tamiz de 76.2 mm y queda retenida en el tamiz número 4 (con una abertura de 4.75 mm).
2) El porcentaje de arena, es decir, la porción que atraviesa el tamiz número 4 (con una abertura de 4.75 mm) y queda retenida en el tamiz número 200 (con una abertura de 0.075 mm)
3) El porcentaje de limo y arcilla, es decir, la porción más fina que atraviesa el tamiz número 200 (con una abertura de 0.075 mm).
4) El coeficiente de uniformidad (Cu) y el coeficiente de gradación (Cc)

Donde el coeficiente de uniformidad (Cu) es una medida que determina la distribución del tamaño de las partículas en el suelo, y el coeficiente de gradación (Cc) describe la forma de la curva de distribución granulométrica.

5) El límite líquido y el índice de plasticidad de la fracción de suelo que atraviesa el tamiz núm. 40

Los símbolos de los grupos de suelos de grava de grano grueso son:

GW: grava bien graduada.

GP: grava mal graduada.

GM: grava limosa.

GC: grava arcillosa.

SW: arena bien graduada.

SP: arena mal graduada.

SM: arena limosa.

SC: arena arcillosa.

De manera similar, los símbolos de los grupos de suelos de grano fino son:

ML: limo inorgánico de baja plasticidad y arena muy fina.

CL: arcilla inorgánica de plasticidad baja a media.

OL: limo orgánico y arcilla orgánica limosa de baja plasticidad.

MH: limo inorgánico.

CH: arcilla inorgánica de plasticidad alta.

OH: arcilla orgánica de plasticidad elevada.

PT: turba y otros suelos de alto contenido orgánico.

Símbolos dobles para suelos entre 5 – 12% de finos:

GW-GM: Grava limosa bien graduada.

GW-GC: Grava arcillosa bien graduada

GP-GM: Grava limosa mal graduado.

GP-GC: Grava arcillosa mal graduado.

SW-SM: Arena limosa bien graduado.

SW-SC: Arena arcillosa bien graduado.

SP-SM: Arena limosa mal graduado.

SP-SC: Arena arcillosa mal graduado.

Símbolos dobles para suelos con índice de plasticidad (IP) entre 4 – 7%:

CL-ML: Suelo limoso – arcilloso.

Símbolos dobles para suelos entre 5 – 12% de finos e IP entre 4 – 7%:

GM-GC: Grava limo arcillosa.

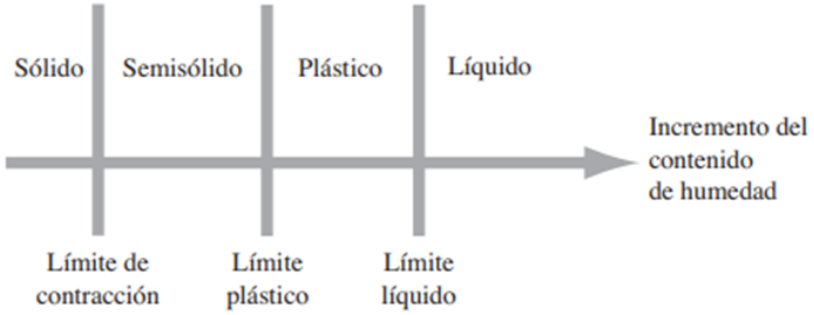
SM-SC: Arena limo arcillosa.

2.2.5. Límites de Atterberg (Norma ASTM D4318-17e1)

2.2.5.1.Consistencia del suelo.

En suelos de grano fino que contienen minerales de arcilla, estos se pueden excluir sin desmoronarse si hay una cantidad adecuada de humedad. Esta cohesión es debido a la presencia de agua adsorbida que rodea las partículas de arcilla. En el año 1900, el científico sueco Albert Mauritz Atterberg creó un método para clasificar la consistencia de estos suelos en función a su humedad. Cuando el suelo tiene poca humedad, se comporta como un sólido quebradizo, en tanto que, con una humedad alta, el suelo se mezcla con el agua y fluye como un líquido. Así, el comportamiento del suelo puede categorizarse en cuatro estados básicos según la humedad: sólido, semisólido, plástico y líquido, como se ilustra en la Figura 4. Das, (2013).

Ilustración 5. *Límites de Atterberg*



Fuente: Das, (2013)

La humedad, expresado en porcentaje, en el cual un suelo transita del estado sólido al estado semisólido se denomina límite de contracción. El contenido de agua en el punto de cambio del estado semisólido al estado plástico es conocido como límite plástico, y el contenido de agua

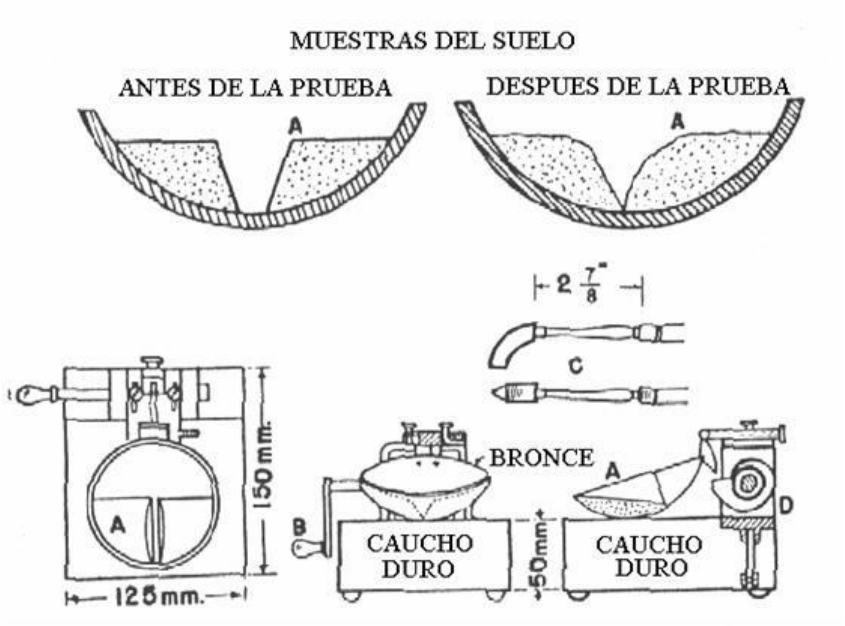
en la transición del estado plástico al estado líquido se designa como límite líquido. Estos parámetros se conocen comúnmente como límites de Atterberg. Das, (2013).

2.2.5.2.Límite Líquido (LL)

La ilustración 6a muestra una gráfica lateral de un dispositivo para medir el límite líquido, compuesto por una copa de latón y una base de goma dura. La copa se suelta sobre la base mediante una leva operada por una manivela. Para realizar la prueba, se pone una pasta de suelo en la copa y se hace un corte en el centro con una herramienta de ranurado estándar (ilustración 6b). Luego, la copa sube con la leva y se deja caer desde una altura de 10 mm. El límite líquido se define como el contenido de agua, en porcentaje, suficientes para cerrar una distancia de 0.5 mm en la parte inferior y 2 mm en la parte superior de la ranura (ver ilustración 6) después de 25 golpes se define como el límite líquido. Das, (2013).

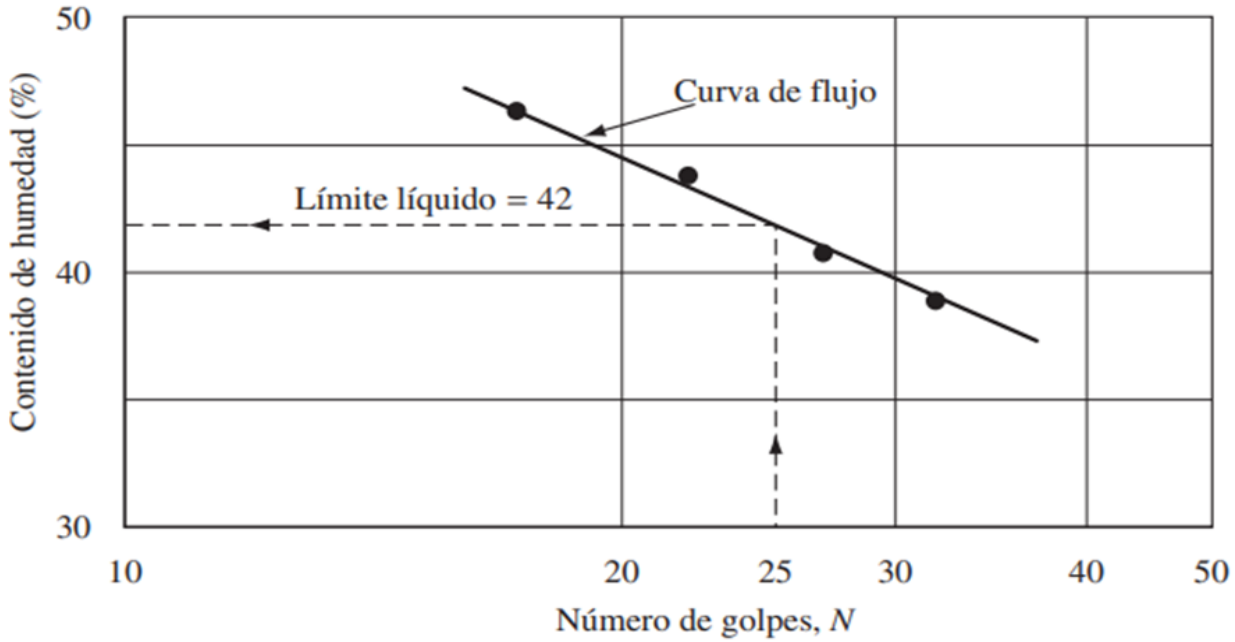
El desarrollo para el ensayo de límite líquido, consiste en ajustar el contenido de agua del suelo para lograr el cierre de 0.5 mm en la parte inferior y 2 mm en la parte superior de la ranura con 25 golpes puede ser difícil. Por ello, se realizan por lo menos cuatro pruebas con diferentes contenidos de agua para determinar el número de golpes N, que varía entre 15 y 35, necesarios para el cierre. El contenido de agua y el número de golpes se grafican en papel semilogarítmico (figura 6). La relación entre el contenido de agua y log(N) forma una línea recta, conocida como curva de flujo. El contenido de agua equivalente a N = 25, obtenido de la curva de flujo, define el límite líquido del suelo. ASTM D4318, como se citó en Das, (2013).

Ilustración 6. *Prueba de límite líquido.*



Fuente: Das, (2013)

Ilustración 7.*Curva de flujo del límite líquido de una arcilla limosa*



Nota: partir del desarrollo de Das, (2013)

2.2.5.3.Límite Plástico (LP).

El límite plástico alude al contenido de agua, en porcentaje, en el cual el suelo se desintegra al formarse en hilos de 3.2 mm de diámetro. Este límite indica el extremo inferior del estado plástico del suelo. La prueba es simple y se desarrolla enrollando repetidamente una masa de suelo en forma elipsoidal sobre una placa de vidrio esmerilado como se puede apreciar en la ilustración 8. Das, (2013).

Ilustración 8. *Limite plástico*

Fuente: Das, (2013)

Ensayo de Corte Directo

El ensayo de corte directo es un ensayo experimental utilizado en la mecánica de suelos para determinar la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones controladas de carga y desplazamiento. Este ensayo consiste en aplicar una fuerza horizontal sobre una muestra de suelo contenida en una caja de corte, mientras se mantiene una carga vertical constante (Das, 2013). La resistencia al corte se obtiene mediante la relación entre la fuerza aplicada y el área de corte de la

muestra. Este ensayo es ampliamente utilizado debido a su simplicidad, aunque presenta limitaciones como la posible alteración de la estructura del suelo durante el proceso de prueba (Bowles, 2012).

Ángulo de Fricción Interna

El ángulo de fricción interna (ϕ) es un parámetro esencial en la mecánica de suelos que explica la resistencia al deslizamiento entre las partículas de suelo debido a la fricción. Se obtiene a partir de ensayos de corte directo, triaxiales o de compresión simple (Coduto, 2010). Su valor depende de la granulometría, la forma de las partículas y el contenido de agua del suelo. En suelos granulares, la fricción interna es el principal mecanismo de resistencia al corte, mientras que en suelos cohesivos su influencia es menor (Terzaghi, Peck, & Mesri, 2010).

Cohesión

La cohesión (‘c’) representa la fuerza de atracción entre las partículas del suelo que ayuda en su resistencia al corte, especialmente en suelos arcillosos. Este parámetro puede deberse a fuerzas electrostáticas, enlaces químicos o la presencia de agua en la película de adsorción (Holtz, Kovacs, & Sheahan, 2011). La cohesión es un factor determinante en el comportamiento mecánico del suelo y se obtiene mediante ensayos de corte directo o triaxiales. Su valor puede variar en función del contenido de humedad y el grado de consolidación del suelo (Lambe & Whitman, 2009).

Humedad

La humedad (ω) es la relación entre el peso del agua y el peso seco del suelo, expresado en porcentaje. Es un factor determinante en la resistencia y deformabilidad del suelo, afectando parámetros como la cohesión y el ángulo de fricción interna (Fredlund & Rahardjo, 1993). Su

determinación se realiza mediante el método del horno, el método del alcohol o el método del hígrometro de carburo de calcio. La humedad influye directamente en la capacidad de carga y en la estabilidad de estructuras cimentadas sobre suelos naturales (Das, 2013).

Análisis Granulométrico

El análisis granulométrico es una técnica utilizada para determinar la distribución del tamaño de partículas en una muestra de suelo, lo que permite clasificarlo según el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS) o el sistema AASHTO (Bowles, 2012). Se realiza mediante tamizado para suelos gruesos y sedimentación para suelos finos, utilizando la ecuación de Stokes para determinar la velocidad de asentamiento de las partículas en suspensión. La granulometría influye en la permeabilidad, la compactación y el comportamiento mecánico del suelo (Lambe & Whitman, 1979).

Peso Volumétrico

El peso volumétrico (γ) es la relación entre el peso de un volumen de suelo y su volumen total, incluyendo sólidos, agua y aire. Existen tres tipos principales de peso específico: el peso volumétrico seco (γd), el peso volumétrico saturado (γsat) y el peso volumétrico sumergido (γsub) (Coduto, 2010). Se determina mediante el uso de picnómetros, cilindros de compactación o ensayos de inmersión en agua. Su valor es crucial para el diseño de cimentaciones y estructuras de contención, ya que influye en la estabilidad de taludes y la capacidad portante del suelo (Holtz, Kovacs, & Sheahan, 2011).

2.2.6. Diatomita

Ninanya, (2021). En su investigación de tesis menciona que este suelo es como una roca sedimentaria silícea de grano fino parecida a la tiza, suave, friable, terrosa,

eventualmente de color claro (blanca si es pura, generalmente de color beige a gris in situ y rara vez negra), compuesto generalmente por la acumulación de frústulas de organismos unicelulares denominadas diatomeas, están forman una roca permeable y ligera. Es muy finamente poroso, tiene muy baja densidad (no se hunde en el agua por lo menos hasta su saturación) y es químicamente inerte en gran parte de los líquidos y gases. También tiene una baja conductividad térmica y un punto de fusión bastante alto. En la actualidad la diatomita se usa principalmente como coadyuvante de filtración; pero tiene bastantes otras aplicaciones, como absorbente para derrames industriales y como arena para gatos, aditivo en diferentes de productos, desde pinturas hasta productos químicos secos, material aislante en formas aserradas y moldeadas, también granulados sueltos, un abrasivo suave en abrillantadores y un aditivo de sílice en cemento y varios otros compuestos.

En el Perú recién se comienza con la explotación de este material, debido a la falta de conocimiento e información para su procesamiento, en la actualidad su extracción se realiza de forma manual, utilizado mayormente en el sector del aislante. Ninanya, (2021).

Las diatomitas son rocas sedimentarias silíceas de grano fino, la cual está compuesta por hacinamiento de frústulas de diatomeas. Estas frústulas están compuestas de sílice amorfa (ópalo). Ramírez. (s.f.).

Características de la diatomita. –

Las diatomitas presentan las siguientes características y propiedades:

- Comúnmente presenta un color blanco, aunque también podría estar de otro color.
- Presenta baja densidad.

- Posee una alta porosidad.
- Capacidad abrasiva suave.
- Conductividad térmica bastante baja.
- Buena resistencia a la temperatura.
- Área superficial de 10 a 30 m2/g (la calcinación la reduce a 0.5 a 5 m2/g).
- Químicamente inerte.

Cerda Gómez, M. (2019).

2.2.7. Piuraypampa

Piuraypampa se encuentra en las faldas de la laguna Piuray. Está ubicado en el distrito de Chinchero, a 31 kilómetros por carretera desde la ciudad del Cusco.

El lugar de estudio de Piuraypampa está localizado en la parte alta del valle Sagrado de los Incas a 3710 m.s.n.m; teniendo como coordenadas de referencia al este con 819155.32 y al norte 8515061.45 en la zona 18L.

Para llegar al sitio de trabajo de la tesis se puede optar por los siguientes pasos:

- Ir al paradero de buses que salen del Cusco a Urubamba, este se encuentra ubicado en la calle Belén Pampa.
- Segundo abordar el bus aproximadamente 1 hora, el cual los llevará hasta el mismo pueblo de Chinchero.

Finalmente estando en el pueblo de Chinchero, tomar mototaxi hacia Piuraypampa. El trayecto es de aproximadamente 10 minutos.

CAPITULO III: METODOLOGÍA

3.1 Ámbito de Estudio

El sector Piuraypampa, ubicado en las coordenadas al este con 819155.32 y al norte 8515061.45 en la zona 18L. en el Distrito de Chinchero, Provincia de Urubamba, dentro de la Región Cusco, se caracteriza por su ubicación estratégica en la cuenca del Lago Piuray, una de las primordiales fuentes de agua potable para la ciudad del Cusco. Este lugar, situado a una altitud promedio de 3,750 m.s.n.m, presenta un clima frío típico de la región andina, con estaciones de lluvias y sequías bien definidas. Este sector se caracteriza por un clima frío andino con temperaturas promedio de 8°C y precipitaciones anuales de alrededor de 700 a 1,200 mm. Su ubicación estratégica lo convierte en un espacio clave para el análisis del manejo de recursos hídricos, la sostenibilidad ambiental y la interacción socioeconómica de las comunidades.

Ilustración 9.*Mapa geográfico de la laguna de Piuray*

Nota: Extraído del Boletín Cuencas Naturales, realizado por Pgirh (2020)

En términos económicos, cerca del 70% de la población local se ocupa de la agricultura, con cultivos predominantes de papa (60% de la producción agrícola), maíz (25%) y quinua (10%), destinados tanto al consumo interno como a la venta en mercados regionales. La ganadería representa el 20% de la actividad económica, destacando la crianza de alpacas y ovejas, que generan ingresos adicionales por la venta de lana y carne. Además, el turismo, que ha crecido un 15% anual en la última década en Chinchero, tiene un impacto indirecto en Piuraypampa a través de la comercialización de textiles y la participación en iniciativas de turismo vivencial, beneficiando a un 30% de las familias. (Municipalidad Distrital de Chinchero , 2016)

Socialmente, Piuraypampa alberga una población predominantemente quechua, con un 85% de sus habitantes utilizando esta lengua como principal medio de comunicación. La organización comunal sigue siendo central, con un 90% de las familias participando activamente en trabajos colectivos o mingas. En cuanto al uso del suelo, el 60% se destina a la agricultura, el 25% a pastizales y el 15% restante a actividades turísticas y residenciales. Sin embargo, la fertilidad del suelo, con un promedio de 3.5% de materia orgánica, enfrenta desafíos relacionados con la erosión y la sobreexplotación, lo que resalta la necesidad de estrategias sostenibles en el manejo de estos recursos. Este contexto refleja la importancia de Piuraypampa como un espacio de interacción entre tradición, recursos naturales y desarrollo socioeconómico. (Municipalidad Distrital de Chinchero , 2016)

3.2 Alcance de la Investigación

El alcance de la investigación se refiere al nivel de profundidad y el enfoque que adopta un estudio para abordar su problema de investigación. Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), el alcance está determinado por el grado de saberes previos que se tiene sobre el tema, los objetivos

planteados y las preguntas de investigación. Este concepto delimita el tipo de resultados esperados, pudiendo clasificarse en exploratorio, descriptivo, correlacional o explicativo. Así, el alcance orienta la manera en que se desarrollará el proceso de investigación y define si se busca describir fenómenos, identificar relaciones o establecer causalidades.

El alcance descriptivo tiene como objetivo primordial analizar y describir fenómenos tal como son, sin manipular variables ni formar relaciones causales. Según Sampieri, Collado y Lucio (2014), este tipo de investigación responde a preguntas como ¿qué es?, ¿cómo es? o ¿cuánto hay?, buscando precisar las características o comportamientos de una población, grupo o fenómeno en particular. Por ejemplo, un estudio descriptivo podría enfocarse en analizar las características demográficas de una comunidad, como la edad, ocupación, nivel educativo o idioma predominante.

El alcance correlacional busca precisar la relación o grado de agrupamiento entre dos o más variables, sin llegar a establecer relaciones causales directas. Hernández, Fernández y Baptista (2014) destacan que este tipo de investigación es ideal para determinar cómo una variable puede influir en otra o cómo se comportan juntas.

En este sentido, el alcance de la presente investigación fue descriptiva y correlacional, porque necesita de un análisis y entendimiento profundo de las condiciones actuales en la que se encuentra el suelo diatómico, mediante recolección de datos y correlacional porque las variables del coeficiente de balasto y el número de golpes del ensayo SPT se medirán de forma numérica y cómo estas se relacionan.

3.3 Diseño de Investigación

El diseño de investigación es la estrategia que guía el proceso de un estudio para contestar a las preguntas planteadas y llegar a los objetivos propuestos. Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), el diseño establece las etapas, métodos, procedimientos y técnicas que seguirán para recopilar y examinar los datos. Este elemento es esencial, ya que asegura la coherencia y la veracidad de los resultados conseguidos, permitiendo al investigador estructurar y organizar su trabajo de manera lógica. Asimismo, El diseño no experimental de corte transversal se distingue por observar y examinar fenómenos tal como ocurren en su entorno natural, sin alterar deliberadamente las variables. Hernández et al. (2014) lo definen como un diseño en el que los datos se recolectan en un solo momento en el tiempo, lo que permite analizar la relación entre variables o describir su estado en un punto específico. Este diseño es particularmente útil para investigaciones descriptivas y correlacionales.

En este sentido, la presente investigación fue de diseño no experimental, puesto que se realizó ensayo sin alterar el estado natural del suelo para correlacionar los valores del coeficiente de balasto en función del número de golpes del ensayo SPT.

3.4 Enfoque de la investigación

El enfoque de la investigación es la perspectiva metodológica que orienta la manera en que se tratará el problema de estudio, determinando cómo se recopilarán, examinarán e interpretarán los datos. Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), existen tres enfoques primordiales en la investigación: cuantitativo, cualitativo y mixto.

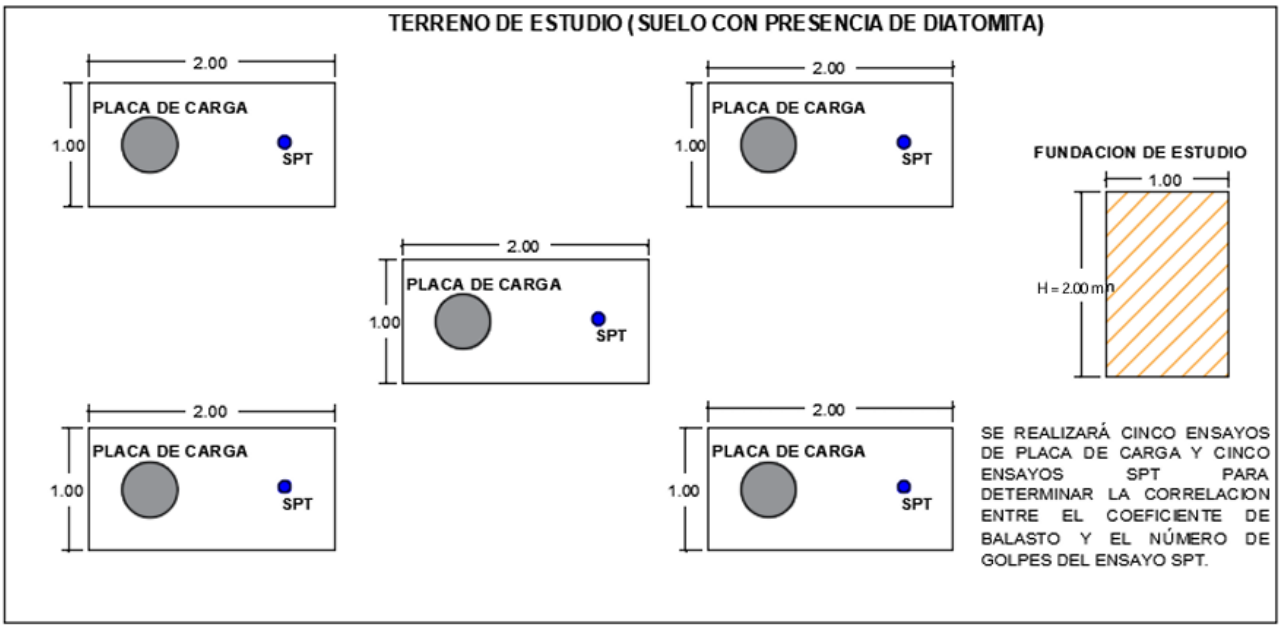
El enfoque cuantitativo está basado en la recolección y análisis de datos numéricos, con la meta de describir fenómenos, identificar relaciones entre variables o probar hipótesis mediante procedimientos estadísticos. Hernández et al. (2014) destacan que este enfoque es riguroso, estructurado y se apoya en mediciones objetivas para generalizar resultados a partir de muestras representativas. Este enfoque es común en investigaciones que requieren medir variables como frecuencias, porcentajes, promedios o correlaciones.

3.5 Unidad de Análisis

Se realizarán cinco ensayos de placa de carga para obtener el coeficiente de balasto y diez ensayos SPT para obtener el número de golpes requeridos en una cimentación a 2.0 m de profundidad. El estudio de correlación entre el coeficiente de balasto y el número de golpes se llevará a cabo a esta profundidad.

En el ensayo SPT, se ha decidido descartar los primeros 20 cm de suelo, ya que corresponden a una capa orgánica altamente intemperizada debido a la exposición climática a lo largo del tiempo. Por ello, el análisis se centrará en los 1.80 m restantes, compuestos por suelo diatomítico, que es el material de estudio en esta investigación.

Ilustración 10. *Esquema de ensayos de campo a realizar*



3.6 Población y Muestra

3.6.1 Población

Suelos diatómicos del distrito de Chinchero, Provincia de Urubamba y Región de Cusco.

3.6.2 Muestra

Se realizará cinco ensayos de placa de carga y diez ensayos de SPT para una fundación de cimentación de 2.0m, en Suelos del Sector Piuraypampa del distrito Chinchero, Provincia de Urubamba y Región de Cusco.

3.7 Técnicas para la Recolección de Datos

Para la recolección de datos se realizará de la siguiente forma:

a) Reconocimiento de área de estudio.

b) Preparación y/o adecuación del terreno en el área de estudio.

c) Toma de muestra y realización del ensayo de penetración estándar (SPT) utilizando el formato ubicado en el anexo 12.2

d) Realización del ensayo de placa de carga in situ, utilizando el formato ubicado en el anexo 12.3

e) Ensayos de clasificación de suelos (SUCS), utilizando el formato que se indica en el anexo 12.4

f) Ensayos de laboratorio necesarios para obtener las características físicas y mecánicas del suelo, utilizando los formatos que indican en los anexos 12.5, 12.6, 12.7

g) Trabajo de gabinete para la obtención del número de golpes corregido (N corregido) y el coeficiente de balasto (K).

h) Cálculo de la correlación más adecuada del coeficiente de balasto en función del número de golpes del ensayo SPT.

3.8 Técnicas para el Procesamiento de la Información

Para el procesamiento de la información se utilizará el siguiente software:

a) Software de imágenes satelitales Google Earth.

b) Maquinaria y herramientas manuales.

c) Mediante el ensayo SPT y calicatas.

d) Norma ASTM D1194-94 (ensayo de placa de carga)

e) Norma ASTM D2487-17e1

f) Norma ASTM D6913-D6913M-17

g) Software office para los cálculos y reportes de resultados.

CAPITULO IV: RESULTADOS

4.1.Presentación de resultados

Tabla 3. *SPT Punto 01 (Ensayo 01 y Ensayo 02)*

SPT PUNTO 01 (ENSAYO 01 Y ENSAYO 02)

$H_{cabezal}$ 0.95 m CE = 0.6

h_{ensayo} 0.20 m CS = 1

$L_{barra} = H_{cabezal} + Prof + h_{ensayo}$

Prof. (cm)	N-SPT Ensayo 01	N-SPT Ensayo 02	Prom. N-SPT	Peso Unitario total (kg/cm3)	Espesor de estrato (cm)	Esfuerzo en sitio por estrato (kg/cm2)	Esfuerzo en sitio acumulado (kg/cm2)	CN Bazaara (1967)	CN Liao and Whitman (1986)	L barra (m)	CR (tabla)	CB (tabla)	N60	(N1)60 Bazaara (1967)	(N1)60 Liao and Whitman (1986)
45	19	18	18.50	0.00173	45	0.078	0.08	3.46	3.58	1.6	0.75	1	8.33	28.81	29.84
90	17	18	17.50	0.00173	45	0.078	0.16	3.05	2.53	2.05	0.75	1	7.88	24.02	19.96
135	12	13	12.50	0.00177	45	0.080	0.24	2.72	2.06	2.5	0.75	1	5.63	15.30	11.59
180	10	10	10.00	0.00177	45	0.080	0.32	2.45	1.78	2.95	0.75	1	4.50	11.04	8.02
225	13	15	14.00	0.00180	45	0.081	0.40	2.23	1.59	3.4	0.75	1	6.30	14.06	10.01
270	14	14	14.00	0.00180	45	0.081	0.48	2.05	1.45	3.85	0.75	1	6.30	12.90	9.12
315	13	15	14.00	0.00184	45	0.083	0.56	1.89	1.34	4.3	0.85	1	7.14	13.47	9.54
360	13	12	12.50	0.00184	45	0.083	0.64	1.75	1.25	4.75	0.85	1	6.38	11.16	7.95
405	17	16	16.50	0.00184	45	0.083	0.73	1.63	1.17	5.2	0.85	1	8.42	13.73	9.88
450	21	19	20.00	0.00184	45	0.083	0.81	1.53	1.11	5.65	0.85	1	10.20	15.59	11.35
495	23	19	21.00	0.00184	45	0.083	0.89	1.44	1.06	6.1	0.95	1	11.97	17.21	12.68

Ilustración 11. *Gráfica de número de Golpes SPT de Campo Punto 01*

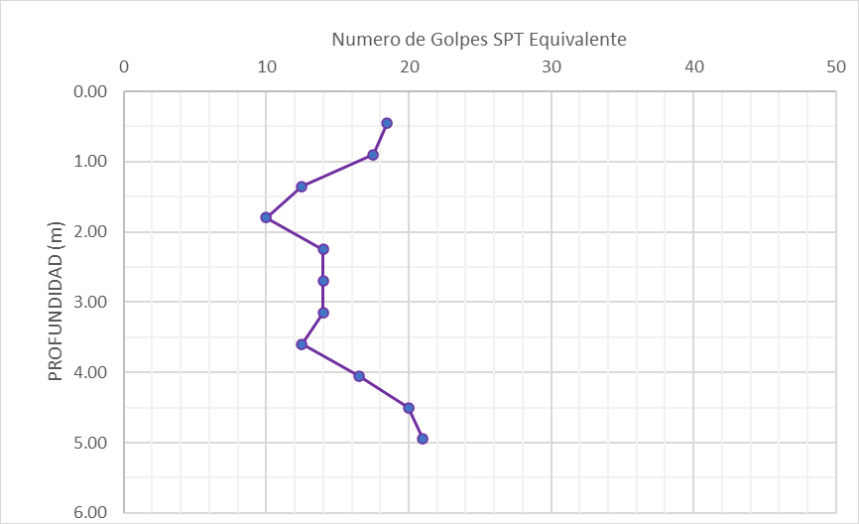


Tabla 4. *SPT Punto 02 (Ensayo 01 y Ensayo 02)*

SPT PUNTO 02 (ENSAYO 01 Y ENSAYO 02)

$H_{cabezal}$ 0.95 m CE = 0.6

h_{ensayo} 0.20 m CS = 1

$L_{barra} = H_{cabezal} + Prof + h_{ensayo}$

Prof. (cm)	N-SPT Ensayo 01	N-SPT Ensayo 02	Prom. N-SPT	Peso Unitario total (kg/cm3)	Espesor de estrato (cm)	Esfuerzo en sitio po estrato (kg/cm2)	Esfuerzo en sitio acumulado (kg/cm2)	CN Bazaara (1967)	CN Liao and Whitman (1986)	L barra	CR tabla	CB (tabla)	N60	(N1)60 Bazaara (1967)	(N1)60 Liao and Whitman (1986)
45	19	19	19.00	0.00174	45	0.078	0.08	3.458	3.574	1.60	0.75	1	8.55	29.57	30.56
90	11	12	11.50	0.00174	45	0.078	0.16	3.046	2.527	2.05	0.75	1	5.18	15.76	13.08
135	7	8	7.50	0.00177	45	0.080	0.24	2.716	2.057	2.50	0.75	1	3.38	9.17	6.94
180	8	10	9.00	0.00177	45	0.080	0.32	2.451	1.779	2.95	0.75	1	4.05	9.93	7.21
225	10	12	11.00	0.00180	45	0.081	0.40	2.230	1.587	3.40	0.75	1	4.95	11.04	7.86
270	13	12	12.50	0.00180	45	0.081	0.48	2.045	1.447	3.85	0.75	1	5.63	11.50	8.14
315	16	17	16.50	0.00184	45	0.083	0.56	1.886	1.335	4.30	0.85	1	8.42	15.87	11.24
360	23	20	21.50	0.00184	45	0.083	0.64	1.749	1.247	4.75	0.85	1	10.97	19.18	13.67
405	26	25	25.50	0.00184	45	0.083	0.73	1.631	1.173	5.20	0.85	1	13.01	21.21	15.26
450	22	22	22.00	0.00184	45	0.083	0.81	1.528	1.112	5.65	0.85	1	11.22	17.14	12.47
495	21	22	21.50	0.00184	45	0.083	0.89	1.437	1.059	6.10	0.95	1	12.26	17.61	12.98

Ilustración 12. *Gráfica de número de Golpes SPT de Campo Punto 02*

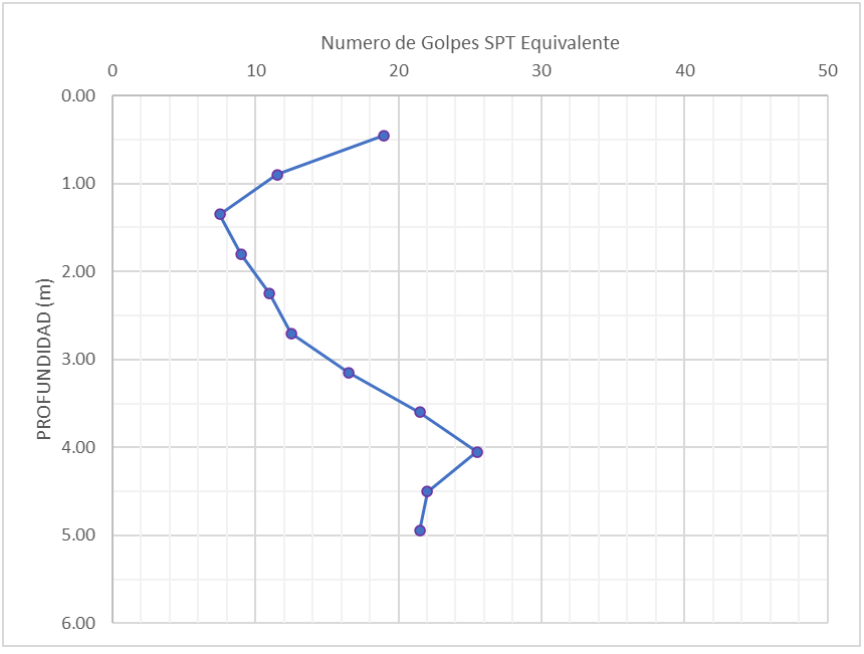


Tabla 5. *SPT Punto 03 (Ensayo 01 y Ensayo 02)*

SPT PUNTO 03 (ENSAYO 01 Y ENSAYO 02)

$H_{cabezal}$ 0.95 m CE = 0.6

h_{ensayo} 0.20 m CS = 1

$L_{barra} = H_{cabezal} + Prof + h_{ensayo}$

Prof. (cm)	N-SPT Ensayo 01	N-SPT Ensayo 02	Prom. N-SPT	Peso Unitario total (kg/cm3)	Espesor de estrato (cm)	Esfuerzo en sitio po estrato (kg/cm2)	Esfuerzo en sitio acumulado (kg/cm2)	CN Bazaara (1967)	CN Liao and Whitman (1986)	L barra	CR tabla	CB (tabla)	N60	(N1)60 Bazaara (1967)	(N1)60 Liao and Whitman (1986)
45	16	16	16.00	0.00174	45	0.078	0.08	3.458	3.574	1.60	0.75	1	7.20	24.90	25.73
90	19	20	19.50	0.00174	45	0.078	0.16	3.046	2.527	2.05	0.75	1	8.78	26.73	22.17
135	16	17	16.50	0.00178	45	0.080	0.24	2.715	2.055	2.50	0.75	1	7.43	20.16	15.26
180	11	9	10.00	0.00178	45	0.080	0.32	2.449	1.777	2.95	0.75	1	4.50	11.02	8.00
225	7	8	7.50	0.00180	45	0.081	0.40	2.228	1.586	3.40	0.75	1	3.38	7.52	5.35
270	8	7	7.50	0.00180	45	0.081	0.48	2.043	1.445	3.85	0.75	1	3.38	6.90	4.88
315	9	8	8.50	0.00184	45	0.083	0.56	1.884	1.334	4.30	0.85	1	4.34	8.17	5.78
360	10	11	10.50	0.00184	45	0.083	0.64	1.748	1.246	4.75	0.85	1	5.36	9.36	6.67
405	11	9	10.00	0.00184	45	0.083	0.73	1.630	1.173	5.20	0.85	1	5.10	8.31	5.98
450	12	10	11.00	0.00184	45	0.083	0.81	1.527	1.111	5.65	0.85	1	5.61	8.56	6.23
495	11	12	11.50	0.00184	45	0.083	0.89	1.436	1.058	6.10	0.95	1	6.56	9.41	6.94

Ilustración 13. *Gráfica de número de Golpes SPT de Campo Punto 03*

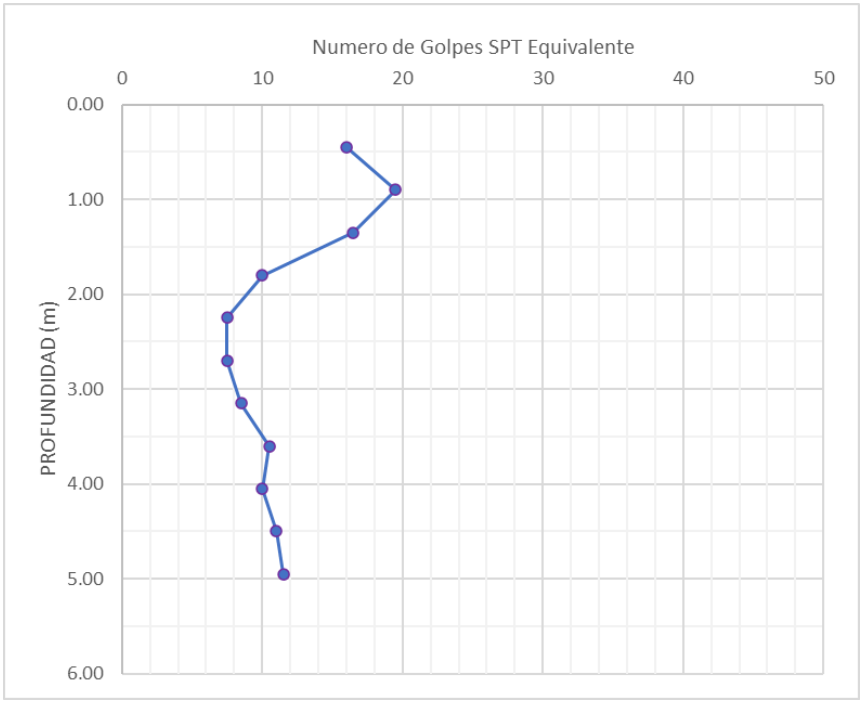


Tabla 6. *SPT Punto 04 (Ensayo 01 y Ensayo 02)*

SPT PUNTO 04 (ENSAYO 01 Y ENSAYO 02)

$H_{cabezal}$ 0.95 m CE = 0.6

h_{ensayo} 0.20 m Cs = 1

$L_{barra} = H_{cabezal} + Prof + h_{ensayo}$

Prof. (cm)	N-SPT Ensayo 01	N-SPT Ensayo 02	Prom. N-SPT	Peso Unitario total (kg/cm3)	Peso Unitario Sumergido (kg/cm3)	Espesor de estrato (cm)	Esfuerzo en sitio por estrato (kg/cm2)	Esfuerzo en sitio acumulado (kg/cm2)	CN Bazaara (1967)	CN Liao and Whitman (1986)	L barra	CR tabla	CB (tabla)	N60	(N1)60 Bazaara (1967)	(N'1)60 Bazaara (1967)	(N1)60 Liao and Whitman (1986)	(N'1)60 Liao and Whitman (1986)
45	17	16	16.50	0.00175		45	0.079	0.08	3.456	3.563	1.60	0.75	1	7.43	25.66	25.66	26.46	26.46
90	14	16	15.00	0.00175		45	0.079	0.16	3.042	2.520	2.05	0.75	1	6.75	20.53	20.53	17.01	17.01
135	7	8	7.50	0.00180		45	0.081	0.24	2.708	2.048	2.50	0.75	1	3.38	9.14	9.14	6.91	6.91
180	10	9	9.50	0.00180		45	0.081	0.32	2.441	1.769	2.95	0.75	1	4.28	10.43	10.43	7.56	7.56
225	8	8	8.00	0.00181		45	0.081	0.40	2.220	1.579	3.40	0.75	1	3.60	7.99	7.99	5.69	5.69
270	8	9	8.50	0.00181		45	0.081	0.48	2.036	1.440	3.85	0.75	1	3.83	7.79	7.79	5.51	5.51
315	13	13	13.00	0.00185		45	0.083	0.57	1.877	1.330	4.30	0.85	1	6.63	12.44	12.44	8.82	8.82
360	15	15	15.00	0.00185		45	0.083	0.65	1.741	1.241	4.75	0.85	1	7.65	13.32	13.32	9.50	9.50
405	17	17	17.00	0.00185		45	0.083	0.73	1.623	1.169	5.20	0.85	1	8.67	14.07	14.54	10.13	12.57
450	24	25	24.50	0.00185	0.00085	45	0.038	0.77	1.574	1.139	5.65	0.85	1	12.50	19.67	17.34	14.24	14.62
495	22	22	22.00	0.00185	0.00085	45	0.038	0.81	1.528	1.112	6.10	0.95	1	12.54	19.16	17.08	13.94	14.47

Ilustración 14. *Gráfica de número de Golpes SPT de Campo Punto 04*

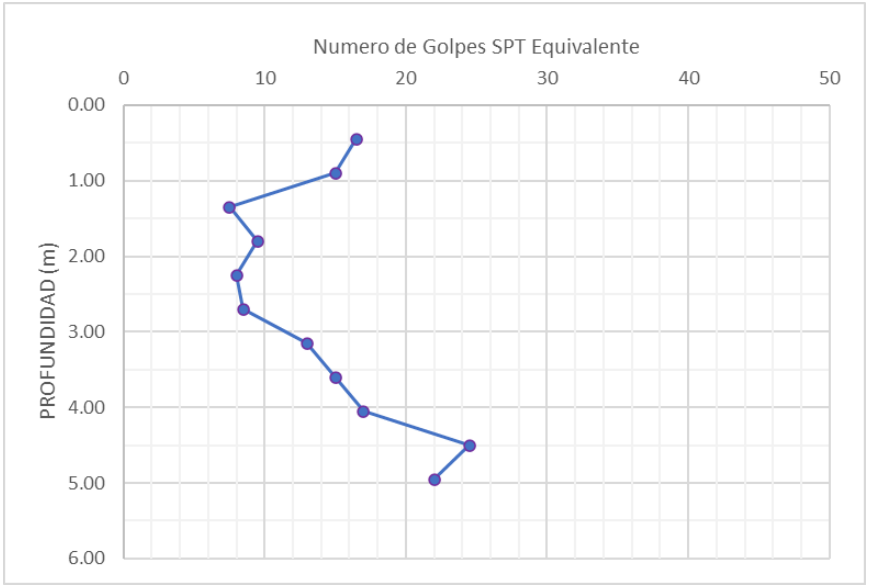


Tabla 7. *SPT Punto 05 (Ensayo 01 y Ensayo 02)*

SPT PUNTO 05 (ENSAYO 01 Y ENSAYO 02)

$H_{cabezal}$ 0.95 m CE = 0.6

h_{ensayo} 0.20 m Cs = 1

$L_{barra} = H_{cabezal} + Prof + h_{ensayo}$

Prof. (cm)	N-SPT Ensayo 01	N-SPT Ensayo 02	Prom. N-SPT	Peso Unitario total (kg/cm3)	Peso Unitario Sumergido (kg/cm3)	Espesor de estrato (cm)	Esfuerzo en sitio por estrato (kg/cm2)	Esfuerzo en sitio acumulado (kg/cm2)	CN Bazaara (1967)	CN Liao and Whitman (1986)	L barra	CR tabla	CB (tabla)	N60	(N1)60 Bazaara (1967)	(N'1)60 Bazaara (1967)	(N1)60 Liao and Whitman (1986)	(N'1)60 Liao and Whitman (1986)
45	13	12	12.50	0.00175		45	0.079	0.08	3.456	3.563	1.60	0.75	1	5.63	19.44	19.44	20.04	20.04
90	9	10	9.50	0.00175		45	0.079	0.16	3.042	2.520	2.05	0.75	1	4.28	13.00	13.00	10.77	10.77
135	6	7	6.50	0.00180		45	0.081	0.24	2.708	2.048	2.50	0.75	1	2.93	7.92	7.92	5.99	5.99
180	7	7	7.00	0.00180		45	0.081	0.32	2.441	1.769	2.95	0.75	1	3.15	7.69	7.69	5.57	5.57
225	5	6	5.50	0.00181		45	0.081	0.40	2.220	1.579	3.40	0.75	1	2.48	5.49	5.49	3.91	3.91
270	8	8	8.00	0.00181		45	0.081	0.48	2.036	1.440	3.85	0.75	1	3.60	7.33	7.33	5.18	5.18
315	7	8	7.50	0.00185		45	0.083	0.57	1.877	1.330	4.30	0.85	1	3.83	7.18	7.18	5.09	5.09
360	9	8	8.50	0.00185		45	0.083	0.65	1.741	1.241	4.75	0.85	1	4.34	7.55	11.27	5.38	10.19
405	10	10	10.00	0.00185	0.00085	45	0.038	0.69	1.685	1.206	5.20	0.85	1	5.10	8.59	11.80	6.15	10.58
450	9	11	10.00	0.00185	0.00085	45	0.038	0.73	1.632	1.174	5.65	0.85	1	5.10	8.32	11.66	5.99	10.49
495	12	13	12.50	0.00185	0.00085	45	0.038	0.76	1.583	1.144	6.10	0.95	1	7.13	11.28	13.14	8.15	11.58

Ilustración 15. *Gráfica de número de Golpes SPT de Campo Punto 05*

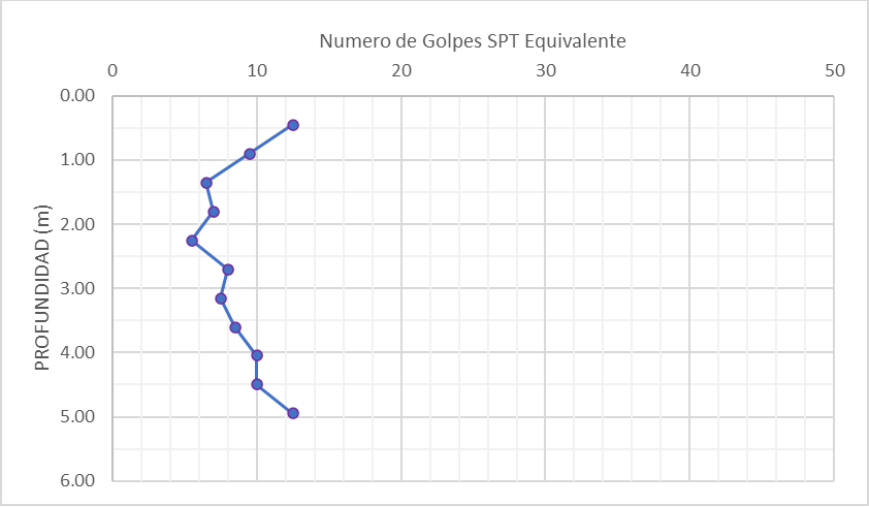


Tabla 8. *Resumen de numero de Golpes N del ensayo SPT y Coeficiente de Balasto*

RESUMEN DE NUMERO DE GOLPES N DEL ENSAYO SPT Y COEFICIENTE DE BALASTO																				
	ENSAYO DE SPT (N)															ENSAYO DE PLACA DE CARGA				
	PUNTO 01			PUNTO 02			PUNTO 03			PUNTO 04			PUNTO 05			COEFICIENTE DE BALASTO (Mpa/m)				
PROF. (m)	E-01	E-02	PROMEDIO	E-01	E-02	PROMEDIO	E-01	E-02	PROMEDIO	E-01	E-02	PROMEDIO	E-01	E-02	PROMEDIO	PUNTO 01	PUNTO 02	PUNTO 03	PUNTO 04	PUNTO 05
0.00-0.45	19	18	18.50	19	19	19.00	16	16	16.00	17	16	16.50	13	12	12.50					
0.45-0.90	17	18	17.50	11	12	11.50	19	20	19.50	14	16	15.00	9	10	9.50					
0.90-1.35	12	13	12.50	7	8	7.50	16	17	16.50	7	8	7.50	6	7	6.50					
1.35-1.80	10	10	10.00	8	10	9.00	11	9	10.00	10	9	9.50	7	7	7.00					
1.80-2.25	13	15	14.00	10	12	11.00	7	8	7.50	8	8	8.00	5	6	5.50	40.787	39.685	39.213	37.795	36.457
2.25-2.70	14	14	14.00	13	12	12.50	8	7	7.50	8	9	8.50	8	8	8.00					
2.70-3.15	13	15	14.00	16	17	16.50	9	8	8.50	13	13	13.00	7	8	7.50					
3.15-3.60	13	12	12.50	23	20	21.50	10	11	10.50	15	15	15.00	9	8	8.50					
3.60-4.05	17	16	16.50	26	25	25.50	11	9	10.00	17	17	17.00	10	10	10.00					
4.05-4.50	21	19	20.00	22	22	22.00	12	10	11.00	24	25	24.50	9	11	10.00					
4.50-4.95	23	19	21.00	21	22	21.50	11	12	11.50	22	22	22.00	12	13	12.50					

En la tabla presentada se aprecia que los ensayos realizados para medir el coeficiente de balasto y el número de golpes del ensayo de penetración estándar (SPT) muestran una variación significativa a lo largo de las diferentes profundidades analizadas en los puntos estudiados. En el punto 01, los valores del ensayo SPT (N) promedian entre 18.50 y 21.00, mientras que el coeficiente de balasto varía desde 40.787 MPa/m a 39.685 MPa/m. A medida que se profundiza, se observa una disminución en los promedios del SPT y del coeficiente de balasto, indicando una correlación entre ambas variables. En contraste, en puntos como el 05, los valores de SPT son menores, oscilando entre 12.50 y 10.00, con un coeficiente de balasto que decrece progresivamente desde 40.787 MPa/m a 36.457 MPa/m. Este comportamiento refleja diferencias en la resistencia del suelo, influenciadas por sus características físicas, como la compactación y composición, propias de los suelos diatomíticos de Piuraypampa.

El análisis de la relación entre el coeficiente de balasto y el número de golpes del ensayo SPT para los suelos diatomíticos de Piuraypampa evidencia una correlación directa entre ambas variables, donde mayores valores de golpes (N) tienden a estar asociados con coeficientes de balasto más

altos, y viceversa. Este patrón sugiere que los suelos con mayor resistencia al impacto (reflejado en mayores valores de SPT) presentan también una mayor capacidad para soportar cargas (mayor coeficiente de balasto). En particular, a profundidades mayores (por ejemplo, 4.50-4.95 m), donde los valores promedio de SPT disminuyen (10.00-12.50), se observa una caída concomitante en el coeficiente de balasto, lo cual podría deberse a la reducción de la compactación o la presencia de estratos más blandos. Este análisis es crucial para la caracterización geotécnica de los suelos y sugiere que las condiciones de soporte mejoran en estratos superficiales y disminuyen a mayores profundidades, influenciando directamente el diseño de cimentaciones en la región.

Tabla 9. *Coeficiente de balasto y el n, n60 y (n1)60 del ensayo spt en campo*

SONDEO	RANGO DE ENSAYO SPT	PROFUNDIDAD	SPT CAMPO N	N60	(N1)60 Bazaara (1967)	(N1)60 Liao and Whitman (1986)	K (Mpa/m)
1	1.80-2.25	1.8	14.00	6.30	14.06	10.01	40.787
	2.25-2.70		14.00	6.30	12.90	9.12	
2	1.80-2.25	1.8	11.00	4.95	11.04	7.86	39.685
	2.25-2.70		12.50	5.63	11.50	8.14	
3	1.80-2.25	1.8	7.50	3.38	7.52	5.35	39.213
	2.25-2.70		7.50	3.38	6.90	4.88	
4	1.80-2.25	1.8	8.00	3.60	7.99	5.69	37.795
	2.25-2.70		8.50	3.83	7.79	5.51	
5	1.80-2.25	1.8	5.50	2.48	5.49	3.91	36.457
	2.25-2.70		8.00	3.60	7.33	5.18	

En la tabla de muestra el rango de ensayo SPT (N) en diferentes profundidades, el cual se determina mediante el promedio aritmético entre los ensayos 01 y 02 de un mismo Sondeo. Por ejemplo, en el Sondeo 1(Punto 01), para una profundidad de 180-2.25 m, de la tabla 3 se tiene que, el valor de SPT en campo del ensayo 01 es 13.00 y del ensayo 02 es 15.00, al aplicar el promedio aritmético

entre ambos ensayos se obtiene el SPT (N) el cual sería 14.00, de igual manera se realiza para las demás profundidades y Sondeos.

En la tabla se aprecia que el análisis del sondeo y el rango de ensayo SPT (N) en diferentes profundidades muestra una disminución progresiva de los valores promedio de resistencia a la penetración N60 y (N1)60, según las correlaciones de Bazaara (1967) y Liao y Whitman (1986). Por ejemplo, en el Sondeo 1, para una profundidad de 1.80-2.25 m, el valor de SPT en campo es 14.00, y al aplicar las correcciones propuestas, se obtiene un (N1)60 promedio de 14.06 según Bazaara, y un valor de 10.01 según Liao y Whitman. A medida que se incrementa la profundidad (2.25-2.70 m), los valores corregidos tienden a disminuir levemente, reflejando las variaciones en la densidad y consistencia del suelo. En general, se observa que el coeficiente de balasto (K) presenta un comportamiento decreciente en todos los sondeos, pasando de 40.787 MPa/m en el Sondeo 1 a 36.457 MPa/m en el Sondeo 5, lo que indica un descenso en la capacidad de soporte del suelo con la profundidad y entre ubicaciones.

El análisis revela una relación directa entre los valores de SPT corregidos y el coeficiente de balasto (K), sugiriendo que los estratos más densos y compactos, representados por mayores valores de (N1)60, están asociados con mayores coeficientes de balasto. En el Sondeo 1, donde el SPT en campo y los valores corregidos son mayores ((N1)60 promedio de 10.01), el coeficiente de balasto es también el más alto (40.787 MPa/m). Por otro lado, en el Sondeo 5, los valores de SPT corregidos son considerablemente menores ((N1)60 promedio de 5.18) y el coeficiente de balasto alcanza su valor más bajo (36.457 MPa/m). Este comportamiento es consistente con la naturaleza de los suelos diatomíticos de Piuraypampa, que presentan una disminución en la capacidad de carga con la profundidad debido a una menor densidad relativa y compactación en los estratos inferiores. Esta información es crucial para el diseño y construcción de cimentaciones

en la región, ya que identifica la capacidad de soporte en función de la profundidad y las propiedades geotécnicas locales.

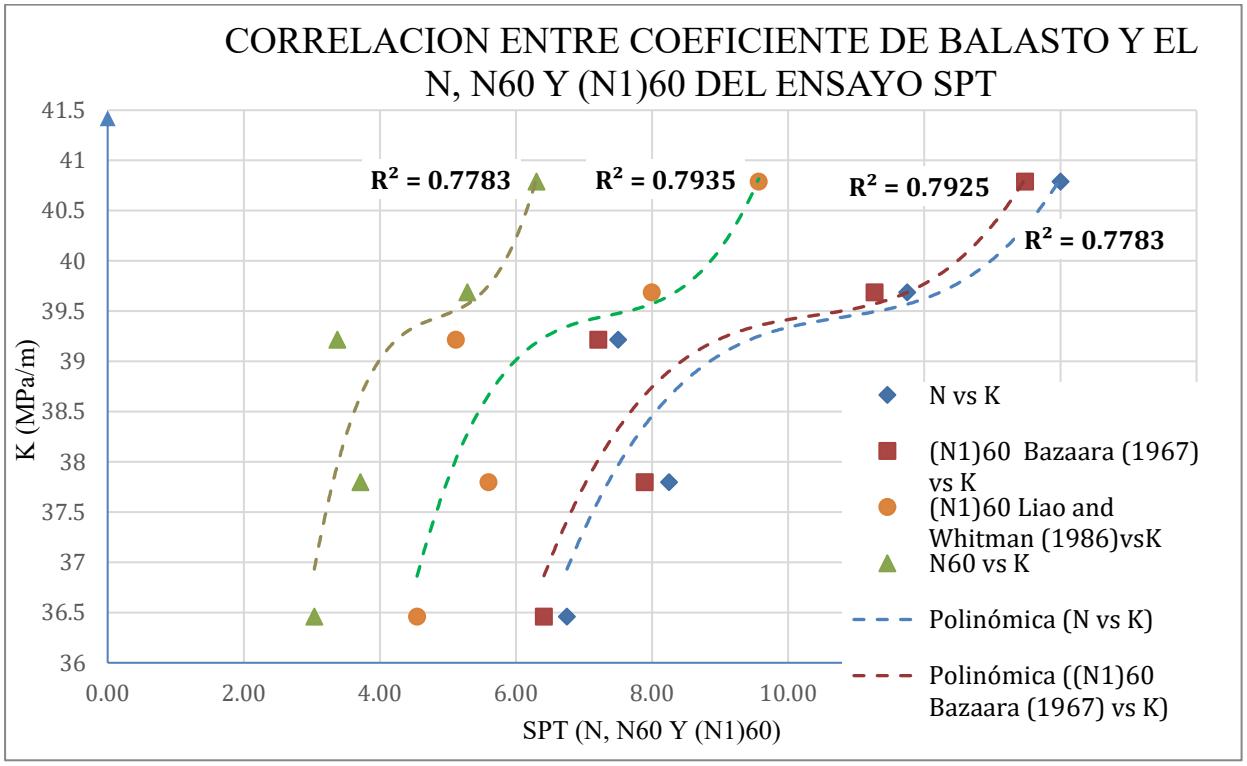
Tabla 10. *Promedio del n, n60 y (n1)60 del ensayo spt y el coeficiente de balasto*

SONDEO	RANGO DE ENSAYO SPT	PROFUNDIDAD	SPT CAMPO N	N60	(N1)60 Bazaara (1967)	(N1)60 Liao and Whitman (1986)	K (Mpa/m)
1	1.80-2.70	1.8	14.00	6.30	13.48	9.57	40.787
2	1.80-2.70	1.8	11.75	5.29	11.27	8.00	39.685
3	1.80-2.70	1.8	7.50	3.38	7.21	5.11	39.213
4	1.80-2.70	1.8	8.25	3.71	7.89	5.60	37.795
5	1.80-2.70	1.8	6.75	3.04	6.41	4.55	36.457

En la tabla se aprecia que, para el rango de profundidad de 1.80-2.70 m, los valores del SPT en campo (N) y sus correspondientes correcciones muestran una tendencia decreciente en los cinco sondeos analizados. En el Sondeo 1, el valor de SPT en campo es de 14.00, con un N60 de 6.30 y un (N1)60 corregido según Bazaara (1967) de 13.48, mientras que el promedio (N1)60 según Liao y Whitman (1986) es de 9.57. En contraste, en el Sondeo 5, el valor de SPT en campo desciende a 6.75, con un N60 de 3.04, un (N1)60 corregido según Bazaara (1967) de 6.41 y mientras que el promedio (N1)60 según Liao y Whitman (1986) es de 4.55. De manera similar, el coeficiente de balasto (K) disminuye gradualmente desde 40.787 MPa/m en el Sondeo 1 hasta 36.457 MPa/m en el Sondeo 5, lo que evidencia una reducción de la capacidad de soporte del suelo conforme disminuyen los valores corregidos de resistencia a la penetración.

El análisis de la relación entre el número de golpes del SPT (N) y el coeficiente de balasto (K) pone de manifiesto una correlación directa entre ambas variables. A mayor resistencia a la penetración en campo y mayores valores corregidos ((N1)60), se observa un coeficiente de balasto más elevado, indicando una mayor capacidad del suelo para soportar cargas. Por ejemplo, en el Sondeo 1, el mayor valor de SPT en campo (14.00) se corresponde con el coeficiente de balasto más alto (40.787 MPa/m). Por el contrario, en el Sondeo 5, donde el SPT en campo es menor (6.75), el coeficiente de balasto alcanza su valor más bajo (36.457 MPa/m). Este comportamiento refleja las características físicas de los suelos diatomíticos de la zona, donde la disminución en la densidad relativa y la compactación a profundidades mayores influye en la capacidad de soporte. Estos resultados son esenciales para comprender las propiedades mecánicas de los suelos y para el diseño de cimentaciones en la región de Piuraypampa.

Ilustración 16. *Correlación polinómica entre coeficiente de balasto y el N_{SPT}*



En la ilustración 16 se observa la relación entre el coeficiente de balasto (K) y los valores del ensayo SPT (N, N60, y (N1)60) para suelos diatomíticos de Piuraypampa, incorporando ajustes polinómicos para las diferentes series. Se puede identificar que el coeficiente de balasto (K) aumenta de forma no estrictamente lineal con los valores de SPT, reflejado en las curvas polinómicas ajustadas para cada conjunto de datos.

1. **Serie N y K:** La relación entre el número de golpes del ensayo SPT en campo (N) y el coeficiente de balasto muestra un patrón de incremento gradual, con una curva polinómica que describe este comportamiento ascendente. Los valores más altos de SPT se corresponden con los valores más altos de K, alcanzando un máximo cercano a 41 MPa/m.

2. **Series corregidas ((N1)60):** Tanto los valores de (N1)60 según Bazaara (1967) como Liao y Whitman (1986) presentan tendencias similares, pero con ligeras variaciones en sus pendientes. Las correcciones aplicadas suavizan las variaciones y reflejan un crecimiento más consistente en K a medida que aumentan los valores corregidos de SPT.

3. **Serie N60 y K:** Esta serie muestra un patrón más moderado de crecimiento en comparación con los valores de (N1)60, pero mantiene la misma tendencia de incremento. La curva polinómica asociada indica que los valores más altos de N60 también se corresponden con mayores valores de K, aunque la tasa de crecimiento es ligeramente menor.

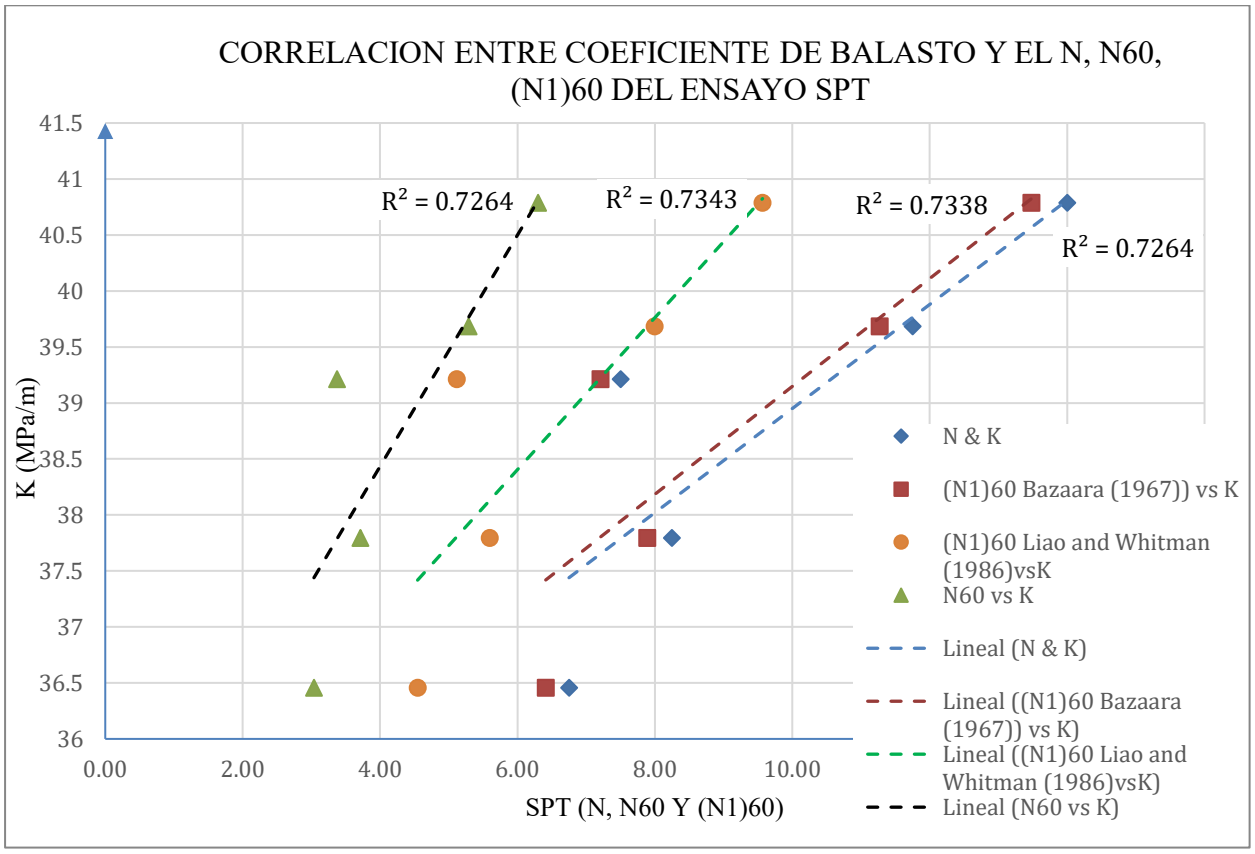
En general, la gráfica refleja una correlación positiva entre el coeficiente de balasto (K) y los diferentes valores interpretados del SPT, con patrones de crecimiento más evidentes en las series corregidas.

De acuerdo con el objetivo de determinar la relación entre el coeficiente de balasto y el número de golpes del ensayo de penetración estándar (SPT) para los suelos diatomíticos de Piuraypampa, se

concluye que existe una relación positiva y significativa. El coeficiente de balasto aumenta a medida que se incrementa la resistencia del suelo, representada por los valores de SPT (N, N60 y (N1)60). Las correcciones aplicadas (Bazaara, 1967; Liao y Whitman, 1986) refinan la relación, mostrando curvas más suaves y consistentes, lo que facilita una mejor interpretación de la capacidad de soporte del suelo.

Este análisis es crucial para el diseño de cimentaciones en la región, ya que permite predecir la capacidad de carga del suelo a partir de los resultados del ensayo SPT y sus correcciones, optimizando las decisiones geotécnicas en función de las características locales del suelo diatomítico. La inclusión de ajustes polinómicos respalda la validez de estas relaciones y su aplicación en proyectos de ingeniería civil.

Ilustración 17. *Correlación lineal entre coeficiente de balasto y el N_{SPT}*



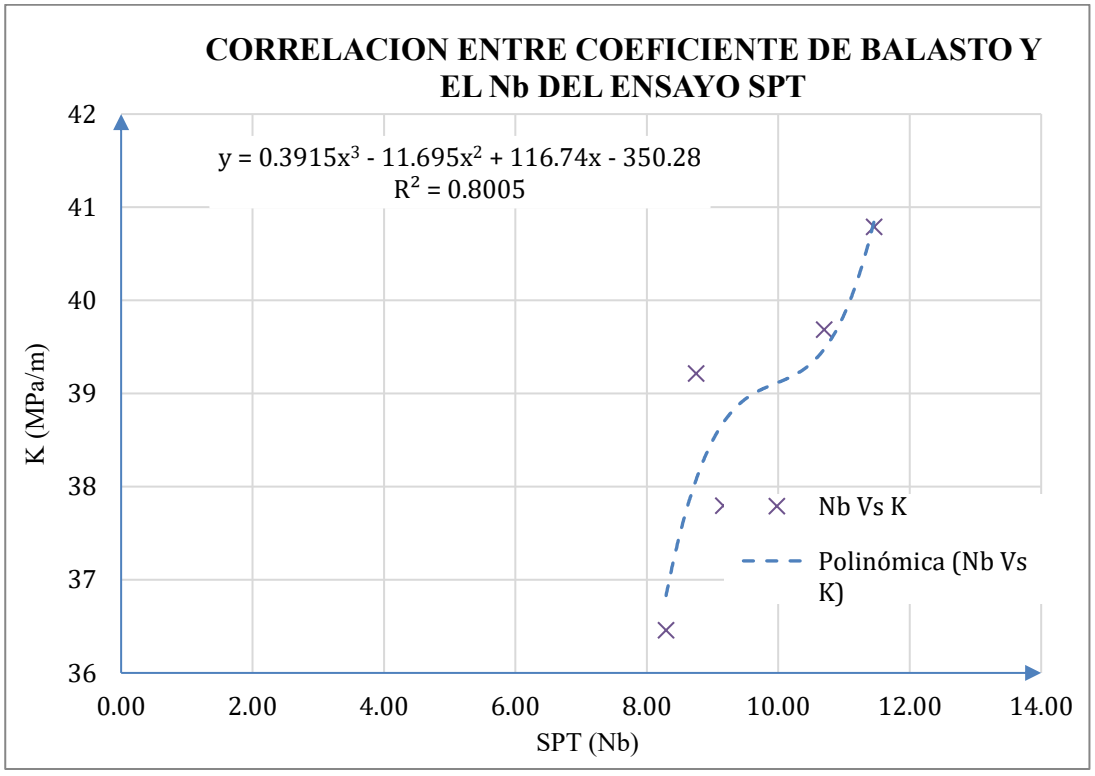
La gráfica muestra la correlación entre el coeficiente de balasto (K, en MPa/m) y los valores del ensayo de penetración estándar (SPT) en sus diferentes interpretaciones: SPT en campo (N), N60, y las correcciones (N1)60 según Bazaara (1967) y Liao y Whitman (1986). Se observa una tendencia lineal positiva en todas las series, indicando que a medida que aumentan los valores de SPT (N, N60 y (N1)60), también lo hace el coeficiente de balasto (K). La relación más pronunciada se aprecia en la serie correspondiente a N60 y K, donde el aumento de los golpes está directamente asociado a incrementos significativos en el coeficiente de balasto, evidenciado por una pendiente más marcada en su línea de tendencia. Por otro lado, las correcciones (N1)60 de Bazaara (1967) y Liao y Whitman (1986) presentan patrones similares, pero con pendientes ligeramente menos pronunciadas, lo que sugiere que las correcciones reducen las variaciones en los datos, pero conservan la relación positiva. El coeficiente de balasto más alto K (40.787 MPa/m) se asocia con los valores más altos de SPT, mientras que los valores más bajos de K (36.457 MPa/m) corresponden a los menores valores de SPT. La distribución de los datos en la gráfica respalda la relación lineal entre las variables, con una correlación fuerte y consistente en todas las interpretaciones.

Tabla 11. *Coeficiente de balasto y Nb del ensayo SPT de campo.*

SONDEO	RANGO DE ENSAYO SPT	PROFUNDIDAD	SPT CAMPO N	N_b Propio	K (MPa/m)
1	1.80-2.70	1.8	14.00	13.74	40.787
2	1.80-2.70	1.8	11.75	6.24	39.685
3	1.80-2.70	1.8	7.50	6.60	39.213
4	1.80-2.70	1.8	8.25	7.02	37.795
5	1.80-2.70	1.8	6.75	1.37	36.457

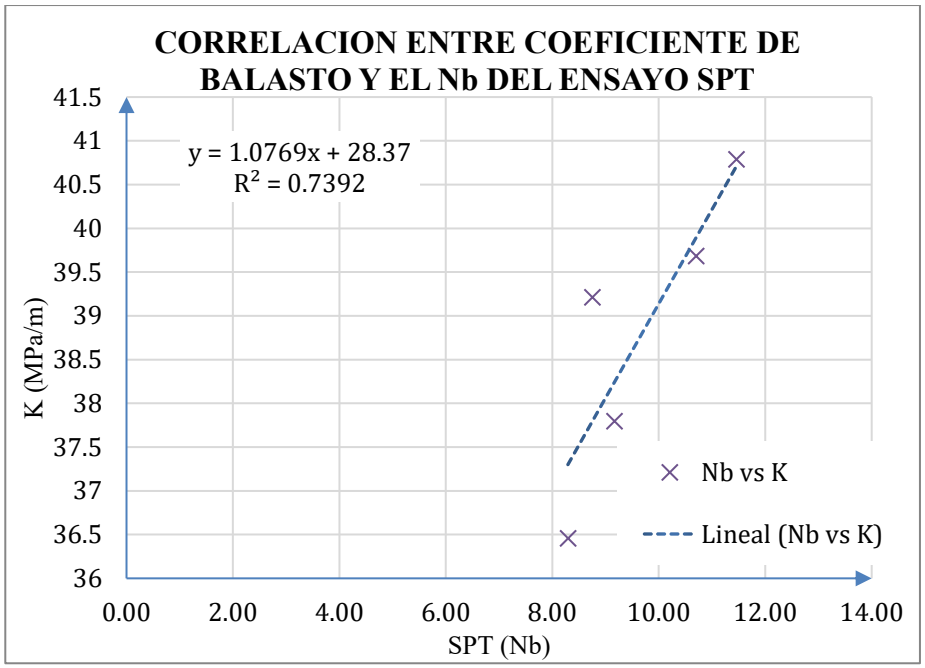
En la tabla se aprecia que N_b, para el cual los resultados que se mencionan se obtienen mediante la operación matemática de diez veces del logaritmo de Nspt de campo (N_b= 10* LOG(N)), este nuevo Nb corregido planteado se realizó con la finalidad de encontrar una ecuación que el coeficiente de determinación sea lo más perfecto, es decir que el R^2 se aproxime a la unidad.

Ilustración 18. Correlación polinómica entre Coeficiente de balasto y el N_b del ensayo SPT de campo



En la gráfica se observa la relación entre el coeficiente de balasto (K) y el nuevo valor del N de SPT (N_b), en suelo diatomitico de piuraypampa, el cual esta gráfica refleja una correlación positiva entre el coeficiente de balasto (K) y el valor N_b. Esta correlación sugiere que los valores determinados del N_b pueden utilizarse como un buen estimador del valor de K en las condiciones estudiadas.

Ilustración 19. Correlación lineal entre coeficiente de balasto y el N_b del ensayo SPT de campo



La grafica muestra la relación entre el coeficiente de balasto (K, en MPa/m) y el valor N_b propuesto. Se observa una tendencia lineal positiva, lo que indica que a medida que aumentan los valores de N_b, también lo hace el coeficiente de balasto (K).

Tabla 12. *Ecuación polinómica de tercer orden y lineal*

ECUACION	POLINOMICA DE TERCER ORDEN	LINEAL
SPT N vs K	y = 0.0314x3 - 1.0166x2 + 11.079x - 1.1865 R² = 0.7783	y = 0.4649x + 34.302 R² = 0.7264
N60 vs K	y = 0.3446x3 - 5.0203x2 + 24.619x - 1.1865 R² = 0.7783	y = 1.033x + 34.302 R² = 0.7264
(N1)60 Bazaara (1967) vs K	y = 0.035x3 - 1.0904x2 + 11.419x - 0.7514 R² = 0.7925	y = 0.4817x + 34.331 R² = 0.7338
(N1)60 Liao and Whitman (1986) vs K	y = 0.0979x3 - 2.1629x2 + 16.073x - 0.7023 R² = 0.7935	y = 0.6786x + 34.333 R² = 0.7343
Nb vs K	y = 0.3915x3 – 11.695x2 + 116.74x – 350.28 R² = 0.8005	y = 1.0769x + 28.37 R² = 0.7392

Donde:

- (N1)60 P. y B. vs K : (N1)60 Bazaara (1967) vs K
- (N1)60 L. and W. vs K : (N1)60 Liao and Whitman (1986) vs K
- X: representa al número de golpes (N, N60, N1(60), Nb) del ensayo SPT
- Y: representa al coeficiente de balasto (K)

La tabla muestra las ecuaciones obtenidas para las relaciones entre el coeficiente de balasto (K) y las distintas interpretaciones del ensayo de penetración estándar (SPT), incluyendo ajustes polinómicos de tercer orden y lineales. También se presentan los coeficientes de determinación (R^2), que indican el grado de ajuste de las ecuaciones a los datos observados.

- **SPT (N) vs. K:**
  - ✓ Polinómica de tercer orden: La ecuación tiene un R^2 de 0.7783, lo que indica un ajuste aceptable y sugiere que esta relación captura una mayor variabilidad de los datos comparada con el modelo lineal.
  - ✓ Lineal: La ecuación presenta un R^2 de 0.7264, ligeramente menor que el modelo polinómico, lo que muestra que una relación lineal es menos precisa para describir la variación del coeficiente de balasto en función de los valores de SPT (N).
- **N60 vs. K:**
  - ✓ Polinómica de tercer orden: Con un R^2 de 0.7783, el ajuste es similar al caso anterior, lo que sugiere que el modelo describe adecuadamente la relación entre N60 y K.
  - ✓ Lineal: El modelo lineal tiene un R^2 de 0.7264, similar al caso de SPT (N), confirmando que las relaciones lineales son menos precisas para esta interpretación.

- **(N1)60 Bazaara (1967) vs. K:**
  - ✓ Polinómica de tercer orden: Este modelo tiene un R^2 de 0.7925, ligeramente superior a las otras series, lo que indica una mayor capacidad para describir la variabilidad de los datos, aunque sigue siendo aceptable.
  - ✓ Lineal: El modelo lineal tiene un R^2 de 0.7338, ligeramente superior a las otras series indicadas anteriormente.
- **(N1)60 Liao y Whitman (1986) vs. K:**
  - ✓ Polinómica de tercer orden: Este modelo tiene un R^2 de 0.7935, ligeramente superior a las series, pero inferior a la serie propuesta (N_b y K), lo que indica que es el ajuste preciso para describir la relación entre (N1)60 y K
  - ✓ Lineal: El modelo lineal tiene un R^2 de 0.7343, también el más alto entre los ajustes lineales, pero aún inferior al modelo polinómico y a la serie propuesta (N_b y K).
- **N_b y. K:**
  - ✓ Polinómica de tercer orden: Este modelo tiene el mayor R^2 (0.8005) de toda la tabla y próximo a 1, lo que indica un alto grado de ajuste y el más preciso para describir la relación entre N_b y K.
  - ✓ Lineal: El modelo lineal tiene un R^2 de 0.7453, también el más alto entre los ajustes lineales, pero aún inferior al modelo polinómico.

PARÁMETROS FÍSICOS

ANÁLISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 88

Tabla 13. *Análisis Granulométrico por Tamizado Calicata 01 Muestra 1*

Lugar:	**C.P. Piuraypampa, Distrito de Chincheros, Provincia de Urubamba, Departamento del Cusco**		
Profundidad:	0.00-2.00 m	SUCS:	**ML**
Calicata :	01		
Muestra	M-1		
Peso de la Muestra		**Fracciones de Grava, Arena, Finos**	
Peso Total Seco (gr.)	235.81	% de Grava (Ret. Tamiz N°4)	0.00%
Peso Después de lavar (gr.)	54.57	% de Arena (Pasa N° 4 y Ret. N° 200)	21.80%
Pérdida por Lavado (gr.)	181.24	% de Finos (Pasa Tamiz N° 200)	78.20%
Datos Generales		**Cálculo de parámetros Granulométricos**	
% de Gruesos	21.80%	D60 = NP	Cu = NP
% de Finos	78.20%	D30 = NP	Cc = NP
Total	100.00%	D10 = NP	

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
N°4	4.760		0.00	0.00	100.00
N°8	2.000		0.00	0.00	100.00
N°16	0.840		0.00	0.00	100.00
N°30	0.425		0.00	0.00	100.00
N°50	0.260	0.00	0.00	0.00	100.00
N°100	0.106	21.41	9.08	9.08	90.92
N°200	0.075	29.99	12.72	21.80	78.20
<N°200	Cazuela	3.12	1.32	23.12	-
Lavado	-	181.24	76.86	99.98	-
	Peso total	235.76	99.98	**Error**	0.02

Ilustración 20. *Análisis Granulométrico por Tamizado Calicata 01 muestra 1*

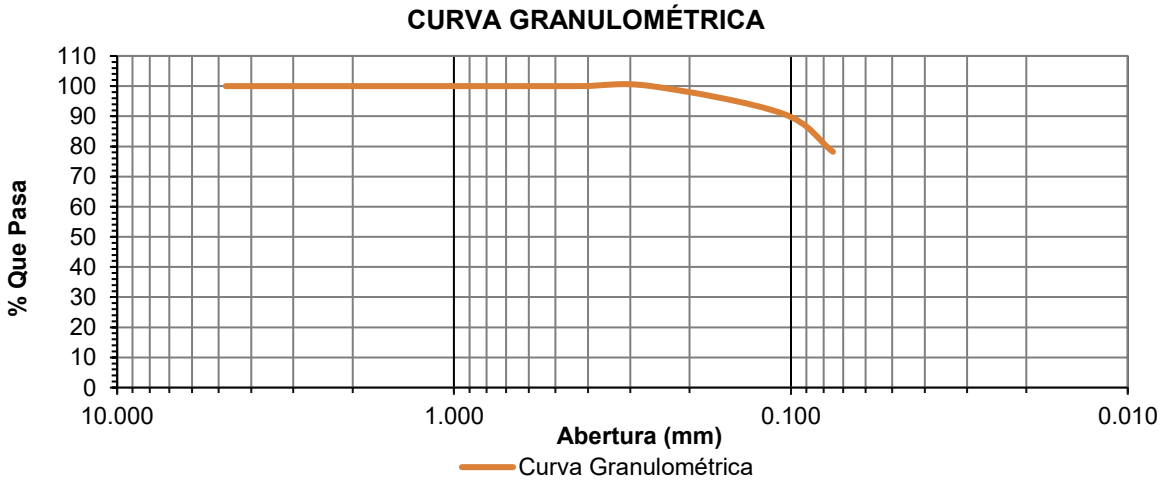


Tabla 14. *Análisis Granulométrico por Tamizado Calicata 01 muestra 2*

Lugar:	**C.P. Piuraypampa, Distrito de Chincheros, Provincia de Urubamba, Departamento del Cusco**		
Profundidad:	2.00-3.50 m	SUCS:	**ML**
Calicata :	01		
Muestra	M-2		

Peso de la Muestra		**Fracciones de Grava, Arena, Finos**	
Peso Total Seco (gr.)	320.44	% de Grava (Ret. Tamiz N°4)	0.00%
Peso Después de lavar (gr.)	56.9	% de Arena (Pasa N° 4 y Ret. N° 200)	16.90%
Pérdida por Lavado (gr.)	263.54	% de Finos (Pasa Tamiz N° 200)	83.10%
Datos Generales		**Cálculo de parámetros Granulométricos**	
% de Gruesos	16.90%	D60 = NP	Cu = NP
% de Finos	83.10%	D30 = NP	Cc = NP
Total	100.00%	D10 = NP	

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
N°4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00
N°8	2.000	0.00	0.00	0.00	100.00
N°16	0.840	0.00	0.00	0.00	100.00
N°30	0.425	0.00	0.00	0.00	100.00
N°50	0.260	0.00	0.00	0.00	100.00
N°100	0.106	22.47	7.01	7.01	100.00
N°200	0.075	31.69	9.89	16.90	92.99
<N°200	Cazuela	2.70	0.84	17.74	83.10
Lavado	-	263.54	82.24	99.99	-
	Peso total	320.40	99.99	**Error**	0.01

Ilustración 21. *Análisis Granulométrico por Tamizado Calicata 01 muestra 2*

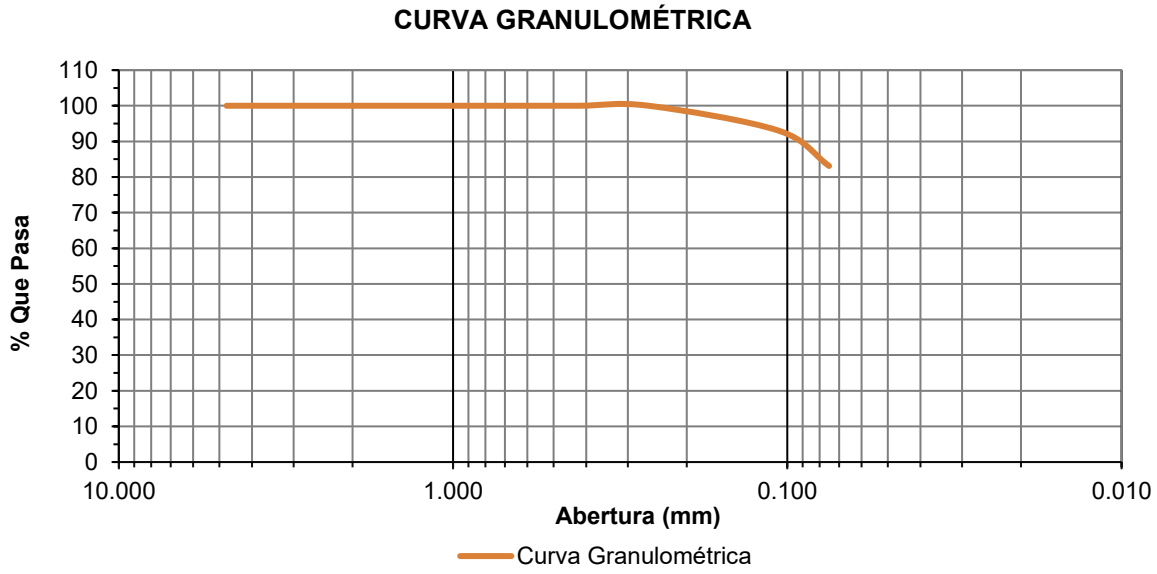


Tabla 15. *Análisis Granulométrico por Tamizado Calicata 02 muestra 1*

Lugar:	**C.P. Piuraypampa, Distrito de Chincheros, Provincia de Urubamba, Departamento del Cusco**		
Profundidad:	0.00-2.00 m	SUCS:	**ML**
Calicata :	02		
Muestra	M-01		
Peso de la Muestra		**Fracciones de Grava, Arena, Finos**	
Peso Total Seco (gr.)	260.74	% de Grava (Ret. Tamiz N°4)	0.00%
Peso Después de lavar (gr.)	49.91	% de Arena (Pasa N° 4 y Ret. N° 200)	17.45%
Pérdida por Lavado (gr.)	210.83	% de Finos (Pasa Tamiz N° 200)	82.55%
Datos Generales		**Cálculo de parámetros Granulométricos**	
% de Gruesos	17.45%	D60 = NP	Cu = NP
% de Finos	82.55%	D30 = NP	Cc = NP
Total	100.00%	D10 = NP	

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
N°4	4.760		0.00	0.00	100.00
N°8	2.000		0.00	0.00	100.00
N°16	0.840		0.00	0.00	100.00
N°30	0.425		0.00	0.00	100.00
N°50	0.260	0.00	0.00	0.00	100.00
N°100	0.106	19.00	7.29	7.29	92.71
N°200	0.075	26.50	10.16	17.45	82.55
<N°200	Cazuela	4.02	1.54	18.99	-
Lavado	-	210.83	80.86	99.85	-
	Peso total	260.35	99.85	**Error**	0.15

Ilustración 22. *Análisis Granulométrico por Tamizado Calicata 02 muestra 1*

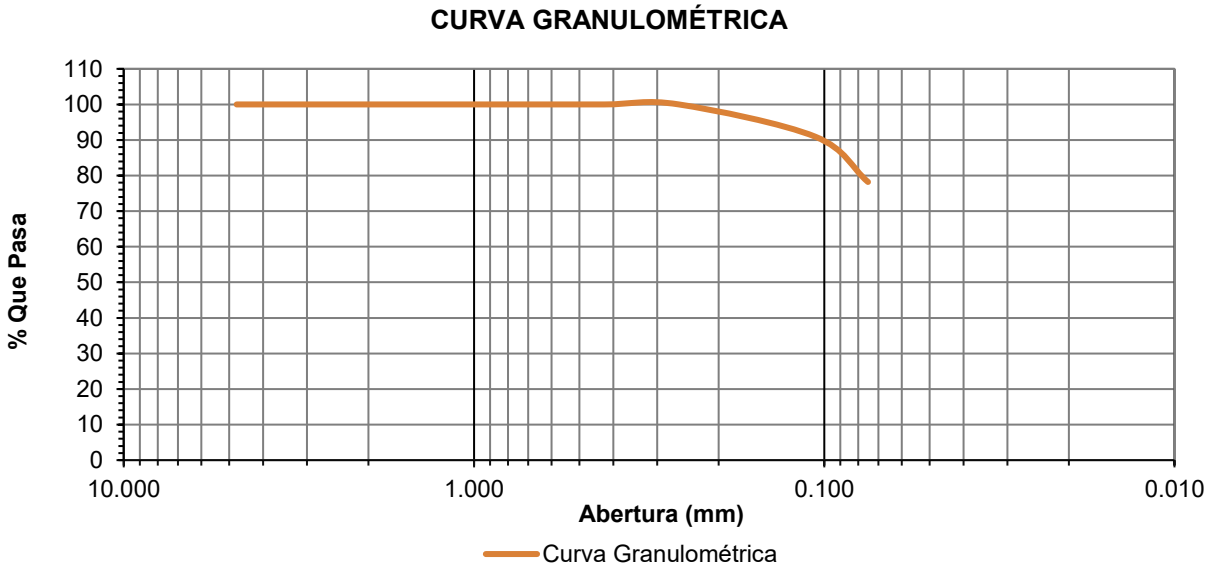


Tabla 16. *Análisis Granulométrico por Tamizado Calicata 02 muestra 2*

Lugar:	**C.P. Piuraypampa, Distrito de Chincheros, Provincia de Urubamba, Departamento del Cusco**		
Profundidad:	2.00-3.50 m	SUCS:	**ML**
Calicata :	02		
Muestra	M-02		

Peso de la Muestra		**Fracciones de Grava, Arena,Finos**	
Peso Total Seco (gr.)	290.22	% de Grava (Ret. Tamiz N°4)	0.00%
Peso Después de lavar (gr.)	57.94	% de Arena (Pasa N° 4 y Ret. N° 200)	16.88%
Pérdida por Lavado (gr.)	232.28	% de Finos (Pasa Tamiz N° 200)	83.12%
Datos Generales		**Cálculo de Parametros Granulométricos**	
% de Gruesos	16.88%	D60 = NP	Cu = NP
% de Finos	83.12%	D30 = NP	Cc = NP
Total	100.00%	D10 = NP	

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
N°4	4.760		0.00	0.00	100.00
N°8	2.000		0.00	0.00	100.00
N°16	0.840		0.00	0.00	100.00
N°30	0.425		0.00	0.00	100.00
N°50	0.260	0.00	0.00	0.00	100.00
N°100	0.106	19.22	6.62	6.62	93.38
N°200	0.075	29.78	10.26	16.88	83.12
<N°200	Cazuela	7.81	2.69	19.57	-
Lavado	-	232.28	80.04	99.61	-
	Peso total	289.09	99.61	**Error**	0.39

Ilustración 23. *Análisis Granulométrico por Tamizado Calicata 02 muestra 2*

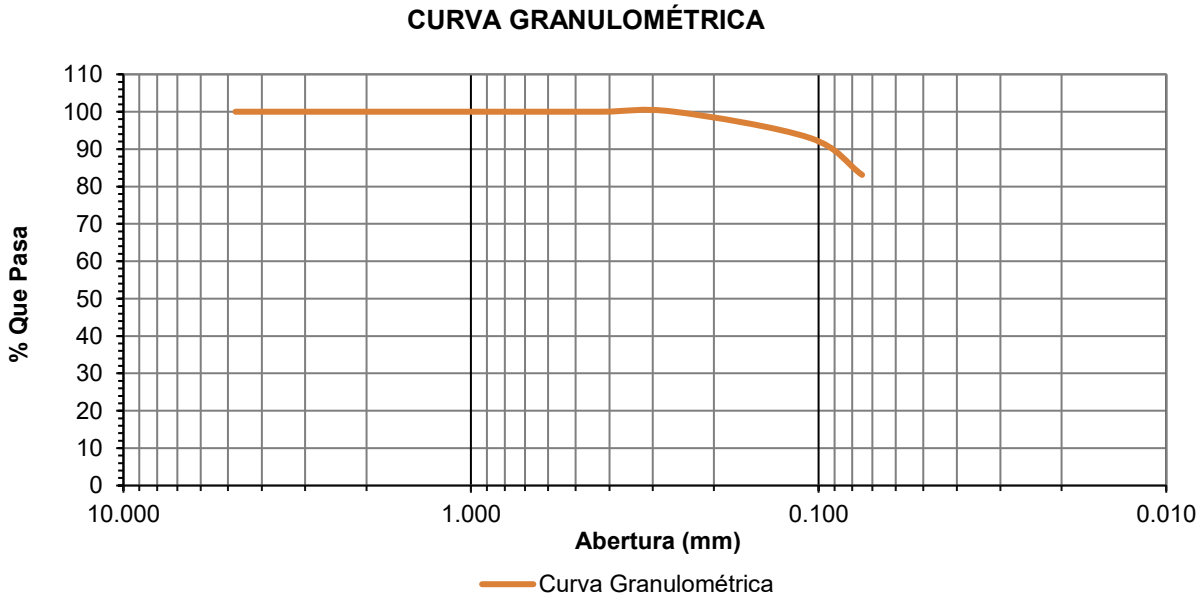


Tabla 17. *Análisis Granulométrico por Tamizado Calicata 03 muestra 1*

Lugar:	**C.P. Piuraypampa, Distrito de Chincheros, Provincia de Urubamba, Departamento del Cusco**			
Profundidad:	0.00-2.00 m	SUCS:	**ML**	
Calicata :	03			
Muestra	M-01			
Peso de la Muestra		**Fracciones de Grava, Arena, Finos**		
Peso Total Seco (gr.)	270.56	% de Grava (Ret. Tamiz N°4)		0.00%
Peso Después de lavar (gr.)	62.36	% de Arena (Pasa N° 4 y Ret. N° 200)		20.10%
Pérdida por Lavado (gr.)	208.2	% de Finos (Pasa Tamiz N° 200)		79.90%
Datos Generales		**Cálculo de parámetros Granulométricos**		
% de Gruesos	20.10%	D60 = NP	Cu = NP	
% de Finos	79.90%	D30 = NP	Cc = NP	
Total	100.00%	D10 = NP		

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
N°4	4.760		0.00	0.00	100.00
N°8	2.000		0.00	0.00	100.00
N°16	0.840		0.00	0.00	100.00
N°30	0.425		0.00	0.00	100.00
N°50	0.260	0.00	0.00	0.00	100.00
N°100	0.106	21.48	7.94	7.94	92.06
N°200	0.075	32.89	12.16	20.10	79.90
<N°200	Cazuela	6.57	2.43	22.52	-
Lavado	-	208.20	76.95	99.48	-
	Peso total	269.14	99.48	**Error**	0.52

Ilustración 24. *Análisis Granulométrico por Tamizado Calicata 03 muestra 1*

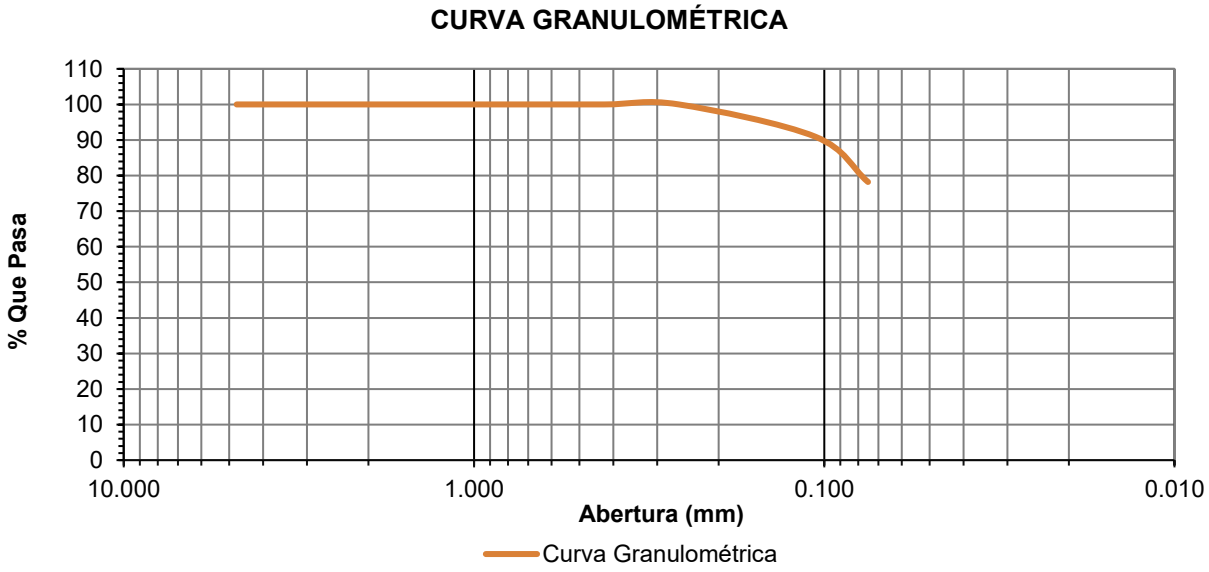


Tabla 18. *Análisis Granulométrico por Tamizado Calicata 03 muestra 2*

Lugar:	**C.P. Piuraypampa, Distrito de Chincheros, Provincia de Urubamba, Departamento del Cusco**		
Profundidad:	2.00-3.50 m	SUCS:	**ML**
Calicata :	03		
Muestra	M-02		

Peso de la Muestra		**Fracciones de Grava, Arena,Finos**	
Peso Total Seco (gr.)	243.47	% de Grava (Ret. Tamiz N°4)	0.00%
Peso Después de lavar (gr.)	51.3	% de Arena (Pasa N° 4 y Ret. N° 200)	19.55%
Pérdida por Lavado (gr.)	192.17	% de Finos (Pasa Tamiz N° 200)	80.45%
Datos Generales		**Cálculo de Parametros Granulométricos**	
% de Gruesos	19.55%	D60 = NP	Cu = NP
% de Finos	80.45%	D30 = NP	Cc = NP
Total	100.00%	D10 = NP	

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
N°4	4.760		0.00	0.00	100.00
N°8	2.000		0.00	0.00	100.00
N°16	0.840		0.00	0.00	100.00
N°30	0.425		0.00	0.00	100.00
N°50	0.260	0.00	0.00	0.00	100.00
N°100	0.106	19.27	7.91	7.91	92.09
N°200	0.075	28.33	11.64	19.55	80.45
<N°200	Cazuela	3.54	1.45	21.00	-
Lavado	-	192.17	78.93	99.93	-
	Peso total	243.31	99.93	**Error**	0.07

Ilustración 25. *Análisis Granulométrico por Tamizado Calicata 03 muestra 2*

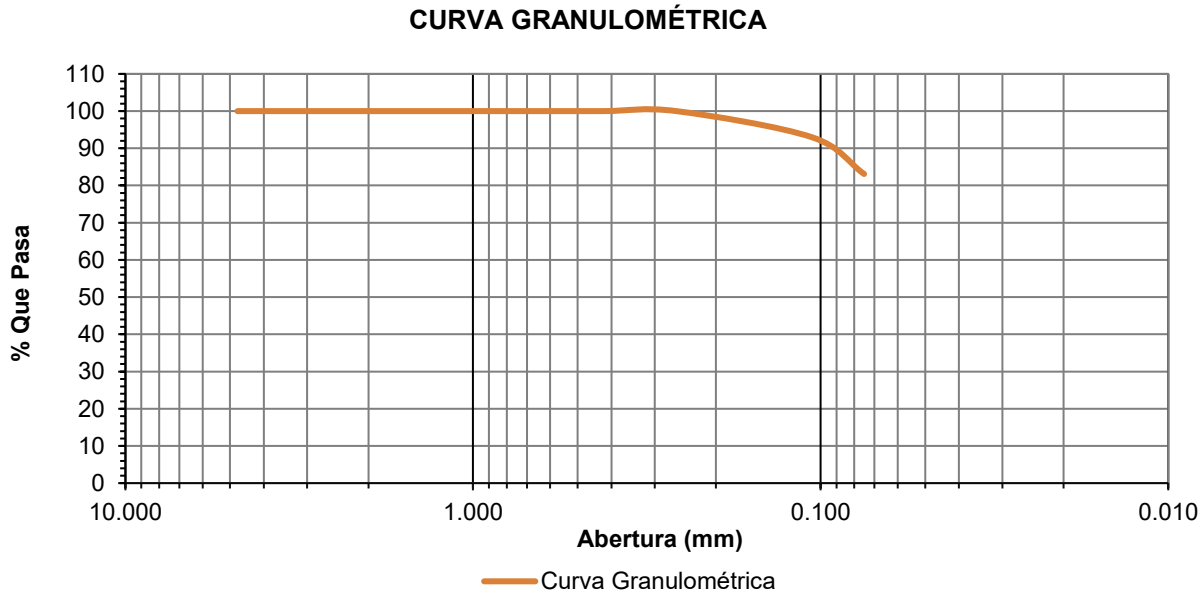


Tabla 19. *Análisis Granulométrico por Tamizado Calicata 04 muestra 1*

Lugar:	**C.P. Piuraypampa, Distrito de Chincheros, Provincia de Urubamba, Departamento del Cusco**		
Profundidad:	0.00-2.00 m	SUCS:	**ML**
Calicata:	04		
Muestra	M-01		
Peso de la Muestra		**Fracciones de Grava, Arena, Finos**	
Peso Total Seco (gr.)	218.18	% de Grava (Ret. Tamiz N°4)	0.00%
Peso Después de lavar (gr.)	57.12	% de Arena (Pasa N° 4 y Ret. N° 200)	23.05%
Pérdida por Lavado (gr.)	161.06	% de Finos (Pasa Tamiz N° 200)	76.95%
Datos Generales		**Cálculo de parámetros Granulométricos**	
% de Gruesos	23.05%	D60 = NP	Cu = NP
% de Finos	76.95%	D30 = NP	Cc = NP
Total	100.00%	D10 = NP	

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
N°4	4.760		0.00	0.00	100.00
N°8	2.000		0.00	0.00	100.00
N°16	0.840		0.00	0.00	100.00
N°30	0.425		0.00	0.00	100.00
N°50	0.260	0.00	0.00	0.00	100.00
N°100	0.106	21.41	9.81	9.81	90.19
N°200	0.075	28.88	13.24	23.05	76.95
<N°200	Cazuela	6.29	2.88	25.93	-
Lavado	-	161.06	73.82	99.75	-
	Peso total	217.64	99.75	**Error**	0.25

Ilustración 26. *Análisis Granulométrico por Tamizado Calicata 04 muestra 1*

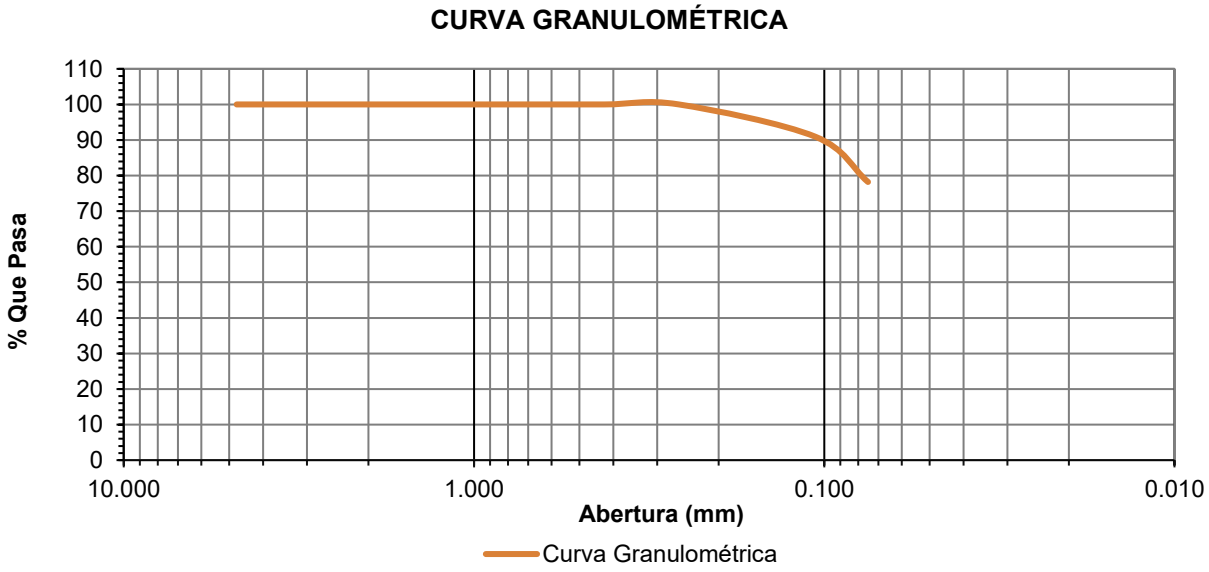


Tabla 20. *Análisis Granulométrico por Tamizado Calicata 04 muestra 2*

Lugar:	**C.P. Piuraypampa, Distrito de Chincheros, Provincia de Urubamba, Departamento del Cusco**		
Profundidad:	2.00-3.50 m	SUCS:	**ML**
Calicata :	04		
Muestra	M-02		

Peso de la Muestra		**Fracciones de Grava, Arena,Finos**	
Peso Total Seco (gr.)	238.64	% de Grava (Ret. Tamiz N°4)	0.00%
Peso Después de lavar (gr.)	52.81	% de Arena (Pasa N° 4 y Ret. N° 200)	20.51%
Pérdida por Lavado (gr.)	185.83	% de Finos (Pasa Tamiz N° 200)	79.49%
Datos Generales		**Cálculo de Parametros Granulométricos**	
% de Gruesos	20.51%	D60 = NP	Cu = NP
% de Finos	79.49%	D30 = NP	Cc = NP
Total	100.00%	D10 = NP	

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
N°4	4.760		0.00	0.00	100.00
N°8	2.000		0.00	0.00	100.00
N°16	0.840		0.00	0.00	100.00
N°30	0.425		0.00	0.00	100.00
N°50	0.260	0.00	0.00	0.00	100.00
N°100	0.106	19.33	8.10	8.10	91.90
N°200	0.075	29.62	12.41	20.51	79.49
<N°200	Cazuela	3.08	1.29	21.80	-
Lavado	-	185.83	77.87	99.67	-
	Peso total	237.86	99.67	**Error**	0.33

Ilustración 27. *Análisis Granulométrico por Tamizado Calicata 04 muestra 2*

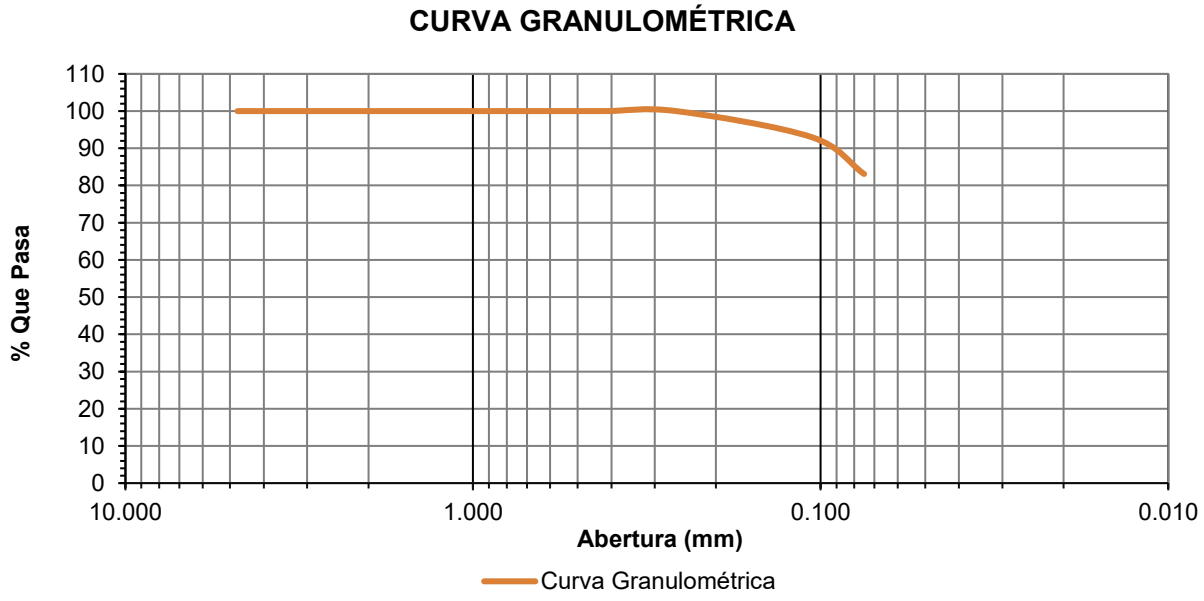


Tabla 21. *Análisis Granulométrico por Tamizado Calicata 05 muestra 1*

Lugar:	**C.P. Piuraypampa, Distrito de Chincheros, Provincia de Urubamba, Departamento del Cusco**			
Profundidad:	0.00-2.00 m	SUCS:	**ML**	
Calicata :	05			
Muestra	M-01			
Peso de la Muestra		**Fracciones de Grava, Arena, Finos**		
Peso Total Seco (gr.)	267.94	% de Grava (Ret. Tamiz N°4)		0.00%
Peso Después de lavar (gr.)	62.28	% de Arena (Pasa N° 4 y Ret. N° 200)		19.68%
Pérdida por Lavado (gr.)	205.66	% de Finos (Pasa Tamiz N° 200)		80.32%
Datos Generales		**Cálculo de parámetros Granulométricos**		
% de Gruesos	19.68%	D60 = NP	Cu = NP	
% de Finos	80.32%	D30 = NP	Cc = NP	
Total	100.00%	D10 = NP		

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
N°4	4.760		0.00	0.00	100.00
N°8	2.000		0.00	0.00	100.00
N°16	0.840		0.00	0.00	100.00
N°30	0.425		0.00	0.00	100.00
N°50	0.260	0.00	0.00	0.00	100.00
N°100	0.106	21.99	8.21	8.21	91.79
N°200	0.075	30.74	11.47	19.68	80.32
<N°200	Cazuela	8.64	3.22	22.90	-
Lavado	-	205.66	76.76	99.66	-
	Peso total	267.03	99.66	**Error**	0.34

Ilustración 28. *Análisis Granulométrico por Tamizado Calicata 05 muestra 1*

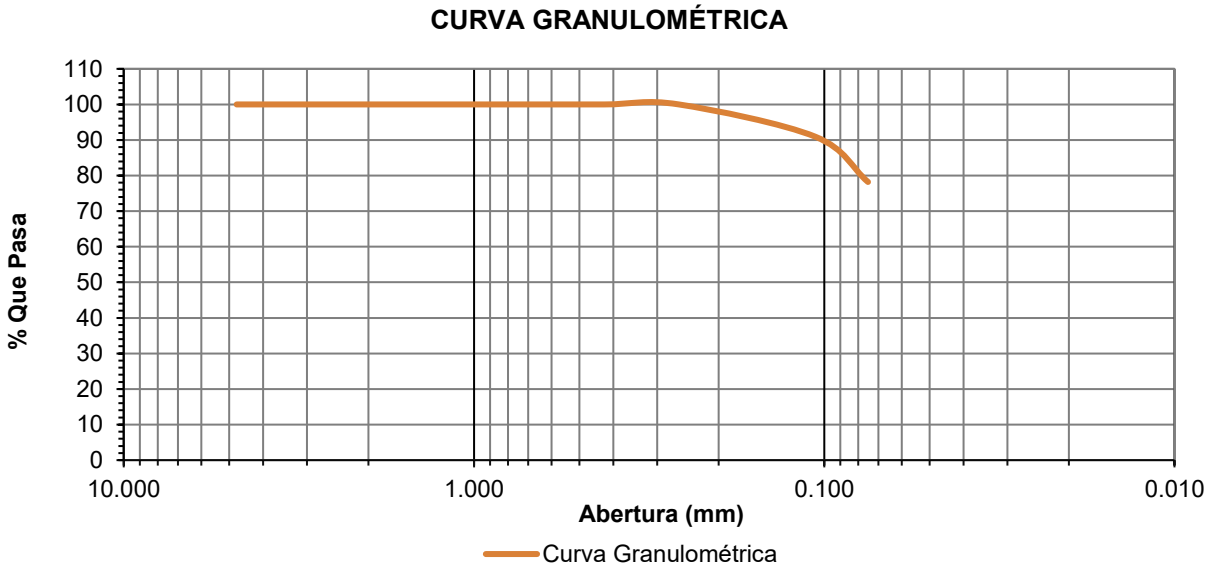


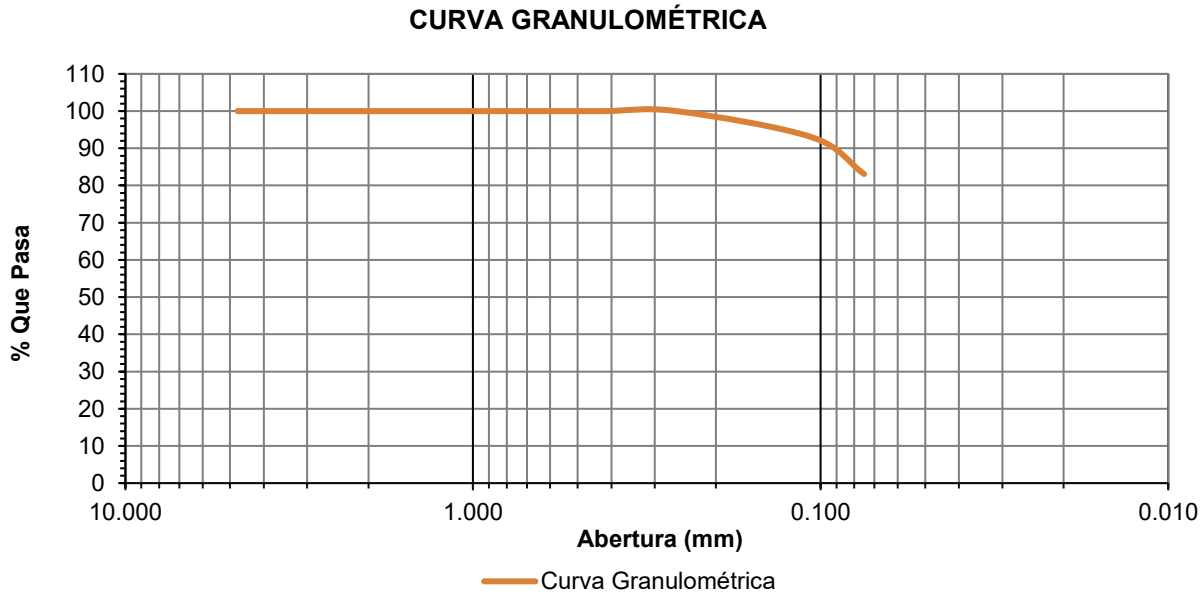
Tabla 22. *Análisis Granulométrico por Tamizado Calicata 05 muestra 2*

Lugar:	**C.P. Piuraypampa, Distrito de Chincheros, Provincia de Urubamba, Departamento del Cusco**		
Profundidad:	2.00-3.50 m	SUCS:	**ML**
Calicata :	05		
Muestra	M-02		

Peso de la Muestra		**Fracciones de Grava, Arena,Finos**	
Peso Total Seco (gr.)	312.5	% de Grava (Ret. Tamiz N°4)	0.00%
Peso Después de lavar (gr.)	62.13	% de Arena (Pasa N° 4 y Ret. N° 200)	17.81%
Pérdida por Lavado (gr.)	250.37	% de Finos (Pasa Tamiz N° 200)	82.19%
Datos Generales		**Cálculo de Parametros Granulométricos**	
% de Gruesos	17.81%	D60 = NP	Cu = NP
% de Finos	82.19%	D30 = NP	Cc = NP
Total	100.00%	D10 = NP	

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
N°4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00
N°8	2.000	0.00	0.00	0.00	100.00
N°16	0.840	0.00	0.00	0.00	100.00
N°30	0.425	0.00	0.00	0.00	100.00
N°50	0.260	0.00	0.00	0.00	100.00
N°100	0.106	22.87	7.32	7.32	92.68
N°200	0.075	32.78	10.49	17.81	82.19
<N°200	Cazuela	5.97	1.91	19.72	-
Lavado	-	250.37	80.12	99.84	-
	Peso total	311.99	99.84	**Error**	0.16

Ilustración 29. *Análisis Granulométrico por Tamizado Calicata 05 muestra 2*



El análisis granulométrico realizado bajo las normas MTC E 107, ASTM D 422 y AASHTO T 88 permitió clasificar las fracciones de los suelos recolectados en las calicatas de Piuraypampa. De los datos obtenidos, se observa que las muestras analizadas poseen una mayor proporción de finos (entre 76.95% y 83.12%) en comparación con las fracciones de arena (16.88% a 23.05%). Estas características indican que los suelos pertenecen a la clasificación ML (limos de baja plasticidad) según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). Este predominio de partículas finas sugiere suelos con menor permeabilidad y mayor capacidad de retención de agua, características críticas para aplicaciones en ingeniería civil, como cimentaciones o terraplenes.

El porcentaje de finos por lavado refleja una alta retención en el tamiz N°200, lo que confirma la predominancia de partículas de tamaño limoso. Sin embargo, la ausencia de parámetros granulométricos como D10, D30 y D60 limita el cálculo de los coeficientes de uniformidad (Cu) y curvatura (Cc), esenciales para una evaluación más detallada de la distribución de partículas. Los resultados muestran suelos homogéneos y con baja resistencia al corte, lo que podría implicar desafíos en proyectos de construcción, especialmente en condiciones de saturación.

DETERMINACIÓN DE LIMITE LIQUIDO Y PLÁSTICO DE LOS SUELOS

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 110 Y MTC E 111 RESPECTIVAMENTE, ASTM D4318

Tabla 23. *Limite líquido y plástico*

Lugar:	**C.P. Piuraypampa, Distrito de Chincheros, Provincia de Urubamba, Departamento del Cusco**		
Profundidad :	0.00-2.00 m	**Profundidad:**	2.00-3.50 m

LIMITE LIQUIDO	
	E-1
CALICATA 01	NP
CALICATA 02	NP
CALICATA 03	NP
CALICATA 04	NP
CALICATA 05	NP

LIMITE LIQUIDO	
	E-2
CALICATA 01	NP
CALICATA 02	NP
CALICATA 03	NP
CALICATA 04	NP
CALICATA 05	NP

LIMITE PLÁSTICO	
	E-1
CALICATA 01	NP
CALICATA 02	NP
CALICATA 03	NP
CALICATA 04	NP
CALICATA 05	NP

LIMITE PLÁSTICO	
	E-2
CALICATA 01	NP
CALICATA 02	NP
CALICATA 03	NP
CALICATA 04	NP
CALICATA 05	NP

En la determinación de los límites líquido y plástico, se encontró que las muestras de suelo recolectadas en las distintas profundidades y calicatas no presentan plasticidad (NP). Esto es consistente con la clasificación de suelos tipo ML según SUCS, donde los limos suelen mostrar baja o nula plasticidad. La ausencia de plasticidad refleja un comportamiento frágil ante esfuerzos mecánicos, sugiriendo que estos suelos podrían ser más propensos a fracturas y deformaciones bajo cargas significativas. El no plástico observado indica una baja capacidad de los suelos para cambiar de forma con la adición de agua, característica que puede influir en su capacidad de compactación y estabilidad. Para aplicaciones prácticas, como pavimentación o estructuras de soporte, la ausencia de plasticidad limita la capacidad del suelo para deformarse de manera controlada, aumentando el riesgo de fisuras o asentamientos diferenciales en estructuras construidas sobre ellos.

DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD DEL SUELO

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 108, ASTM D 2216

Tabla 24. *Humedad del suelo 0.00-2.00m Calicata 01*

Lugar:	**C.P. Piuraypampa, Distrito de Chincheros, Provincia de Urubamba, Departamento del Cusco**		
Profundidad:	1.50 m		
Calicata N°:	01		
MUESTRA M-1 PROF: 1.50 m	F-1	F-2	F-3
MASA DEL FRASCO	57.93	58.37	58.32
MASA DEL FRASCO + MUESTRA HUMEDA	129.12	127.81	121.49
MASA DEL FRASCO + MUESTRA SECA	110.57	109.22	104.01
PESO DEL AGUA	18.55	18.59	17.48
PESO DEL SUELO SECO	52.64	50.85	45.69
HUMEDAD (%)	35.24%	36.56%	38.26%
PROMEDIO DE LA HUMEDAD		36.69%	

Tabla 25. *Humedad del suelo 0.00-2.00m Calicata 02*

Calicata N°:	**02**		
MUESTRA M-2 PROF: 1.50 m	F-3	F-4	F-5
MASA DEL FRASCO	58.35	57.78	60.04
MASA DEL FRASCO + MUESTRA HUMEDA	151.86	142.39	145.57
MASA DEL FRASCO + MUESTRA SECA	127.07	119.91	122.06
PESO DEL AGUA	24.79	22.48	23.51
PESO DEL SUELO SECO	68.72	62.13	62.02
HUMEDAD (%)	36.07%	36.18%	37.91%
PROMEDIO DE LA HUMEDAD		36.72%	

Tabla 26. *Humedad del suelo 0.00-2.00m Calicata 03*

Calicata N°:	**03**		
MUESTRA M-3 PROF: 1.50 m	F-6	F-7	F-8
MASA DEL FRASCO	60.20	56.44	54.56
MASA DEL FRASCO + MUESTRA HUMEDA	149.00	157.61	160.41
MASA DEL FRASCO + MUESTRA SECA	125.09	129.48	131.53
PESO DEL AGUA	23.91	28.13	28.88
PESO DEL SUELO SECO	64.89	73.04	76.97
HUMEDAD (%)	36.85%	38.51%	37.52%
PROMEDIO DE LA HUMEDAD		37.63%	

Tabla 27. *Humedad del suelo 0.00-2.00m Calicata 04*

Calicata N°:	**04**		
MUESTRA M-4 PROF: 1.50 m	F-9	F-10	F-11
MASA DEL FRASCO	59.98	58.04	60.98
MASA DEL FRASCO + MUESTRA HUMEDA	149.67	165.44	178.83
MASA DEL FRASCO + MUESTRA SECA	124.41	134.89	146.39
PESO DEL AGUA	25.26	30.55	32.44
PESO DEL SUELO SECO	64.43	76.85	85.41
HUMEDAD (%)	39.21%	39.75%	37.98%
PROMEDIO DE LA HUMEDAD		38.98%	

Tabla 28. *Humedad del suelo 0.00-2.00m Calicata 05*

Calicata N°:	**05**		
MUESTRA M-5 PROF: 1.50 m	F-12	F-13	F-14
MASA DEL FRASCO	54.34	58.49	56.51
MASA DEL FRASCO + MUESTRA HUMEDA	157.29	159.94	152.00
MASA DEL FRASCO + MUESTRA SECA	128.55	130.30	124.32
PESO DEL AGUA	28.74	29.64	27.68
PESO DEL SUELO SECO	74.21	71.81	67.81
HUMEDAD (%)	38.73%	41.28%	40.82%
PROMEDIO DE LA HUMEDAD		40.27%	

Tabla 29. *Humedad del suelo 2.00-3.35m Calicata 01*

Lugar:	**C.P. Piuraypampa, Distrito de Chincheros, Provincia de Urubamba, Departamento del Cusco**		
Profundidad:	2.50m		
Calicata N°:	01		
MUESTRA M-1 PROF: 2.50 m	F-3	F-4	F-5
MASA DEL FRASCO	60.21	56.43	54.57
MASA DEL FRASCO + MUESTRA HUMEDA	141.23	139.68	139.72
MASA DEL FRASCO + MUESTRA SECA	120.27	117.97	116.68
PESO DEL AGUA	20.96	21.71	23.04
PESO DEL SUELO SECO	60.06	61.54	62.11
HUMEDAD (%)	34.90%	35.28%	37.10%
PROMEDIO DE LA HUMEDAD		35.76%	

Tabla 30. *Humedad del suelo 2.00-3.35m Calicata 02*

Calicata N°:	**02**		
MUESTRA M-2 PROF: 2.50 m	F-3	F-4	F-5
MASA DEL FRASCO	57.43	56.38	60.02
MASA DEL FRASCO + MUESTRA HUMEDA	149.51	143.57	145.53
MASA DEL FRASCO + MUESTRA SECA	125.19	120.71	122.79
PESO DEL AGUA	24.32	22.86	22.74
PESO DEL SUELO SECO	67.76	64.33	62.77
HUMEDAD (%)	35.89%	35.54%	36.23%
PROMEDIO DE LA HUMEDAD		35.88%	

Tabla 31. *Humedad del suelo 2.00-3.35m Calicata 03*

Calicata N°:	**03**		
MUESTRA M-3 PROF: 2.50 m	F-6	F-7	F-8
MASA DEL FRASCO	59.98	58.04	60.98
MASA DEL FRASCO + MUESTRA HUMEDA	149.13	156.63	160.38
MASA DEL FRASCO + MUESTRA SECA	124.83	129.13	132.70
PESO DEL AGUA	24.3	27.5	27.68
PESO DEL SUELO SECO	64.85	71.09	71.72
HUMEDAD (%)	37.47%	38.68%	38.59%
PROMEDIO DE LA HUMEDAD		38.25%	

Tabla 32. *Humedad del suelo 2.00-3.35m Calicata 04*

Calicata N°:	**04**		
MUESTRA M-4 PROF: 2.50 m	F-9	F-10	F-11
MASA DEL FRASCO	57.93	58.37	58.32
MASA DEL FRASCO + MUESTRA HUMEDA	156.07	160.01	151.93
MASA DEL FRASCO + MUESTRA SECA	128.31	130.97	123.69
PESO DEL AGUA	27.76	29.04	28.24
PESO DEL SUELO SECO	70.38	72.6	65.37
HUMEDAD (%)	39.44%	40.00%	43.20%
PROMEDIO DE LA HUMEDAD		40.88%	

Tabla 33. *Humedad del suelo 2.00-3.35m Calicata 05*

Calicata N°: 05			
MUESTRA M-5 PROF: 2.50 m	F-12	F-13	F-14
MASA DEL FRASCO	58.35	57.78	60.04
MASA DEL FRASCO + MUESTRA HUMEDA	153.42	154.19	153.17
MASA DEL FRASCO + MUESTRA SECA	125.03	125.96	125.12
PESO DEL AGUA	28.39	28.23	28.05
PESO DEL SUELO SECO	66.68	68.18	65.08
HUMEDAD (%)	42.58%	41.41%	43.10%
PROMEDIO DE LA HUMEDAD		42.36%	

Tabla 34. *Humedad del suelo 3.35-5.15m Calicata 01*

Calicata N°: 01			
MUESTRA M-1 PROF: 3.50 m	F-1	F-2	F-3
MASA DEL FRASCO	54.34	58.37	56.51
MASA DEL FRASCO + MUESTRA HUMEDA	142.56	138.75	137.67
MASA DEL FRASCO + MUESTRA SECA	120.13	117.93	116.59
PESO DEL AGUA	22.43	20.82	21.08
PESO DEL SUELO SECO	65.79	59.56	60.08
HUMEDAD (%)	34.09%	34.96%	35.09%
PROMEDIO DE LA HUMEDAD		34.71%	

Tabla 35. *Humedad del suelo 3.35-5.15m Calicata 02*

Calicata N°: 02			
MUESTRA M-2 PROF: 3.50 m	F-3	F-4	F-5
MASA DEL FRASCO	59.98	57.78	60.98
MASA DEL FRASCO + MUESTRA HUMEDA	147.37	142.76	144.50
MASA DEL FRASCO + MUESTRA SECA	124.71	120.71	122.79
PESO DEL AGUA	22.66	22.05	21.71
PESO DEL SUELO SECO	64.73	62.93	61.81
HUMEDAD (%)	35.01%	35.04%	35.12%
PROMEDIO DE LA HUMEDAD		35.06%	

Tabla 36. *Humedad del suelo 3.35-5.15m Calicata 03*

Calicata N°:	**03**		
MUESTRA M-3 PROF: 3.50 m	F-6	F-7	F-8
MASA DEL FRASCO	58.35	58.05	60.04
MASA DEL FRASCO + MUESTRA HUMEDA	155.62	154.39	158.76
MASA DEL FRASCO + MUESTRA SECA	129.13	127.55	131.31
PESO DEL AGUA	26.49	26.84	27.45
PESO DEL SUELO SECO	70.78	69.5	71.27
HUMEDAD (%)	37.43%	38.62%	38.52%
PROMEDIO DE LA HUMEDAD		38.19%	

Tabla 37. *Humedad del suelo 3.35-5.15m Calicata 04*

Calicata N°:	**04**		
MUESTRA M-4 PROF: 3.50 m	F-9	F-10	F-11
MASA DEL FRASCO	60.20	56.44	54.56
MASA DEL FRASCO + MUESTRA HUMEDA	159.57	160.73	158.59
MASA DEL FRASCO + MUESTRA SECA	131.51	131.02	127.24
PESO DEL AGUA	28.06	29.71	31.35
PESO DEL SUELO SECO	71.31	74.58	72.68
HUMEDAD (%)	39.35%	39.84%	43.13%
PROMEDIO DE LA HUMEDAD		40.77%	

Tabla 38. *Humedad del suelo 3.35-5.15m Calicata 05*

Calicata N°:	**05**		
MUESTRA M-5 PROF: 3.50 m	F-12	F-13	F-14
MASA DEL FRASCO	57.93	58.49	58.32
MASA DEL FRASCO + MUESTRA HUMEDA	153.67	154.36	154.68
MASA DEL FRASCO + MUESTRA SECA	125.09	126.32	125.74
PESO DEL AGUA	28.58	28.04	28.94
PESO DEL SUELO SECO	67.16	67.83	67.42
HUMEDAD (%)	42.56%	41.34%	42.92%
PROMEDIO DE LA HUMEDAD		42.27%	

Los valores obtenidos para la humedad de las muestras oscilan entre 34.71% y 42.36% dependiendo de la profundidad y ubicación de las calicatas. Los resultados indican que los suelos con mayor proporción de finos tienden a retener más agua, lo que se relaciona con la mayor superficie específica de las partículas limosas. Esta alta humedad podría afectar negativamente la capacidad portante del suelo y aumentar la posibilidad de problemas como licuación o asentamientos en estructuras.

El análisis muestra que la humedad promedio incrementa ligeramente con la profundidad, lo que podría explicarse por la menor exposición a procesos de evaporación. Este comportamiento es crucial en el diseño geotécnico, ya que los suelos con alta humedad suelen presentar una resistencia reducida y pueden requerir medidas especiales de estabilización o drenaje en proyectos de ingeniería civil.

ENSAYO DE PESO VOLUMÉTRICO DE SUELO DIATOMITICO

NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.139, ASTM D 4254

Tabla 39. *Peso volumétrico Punto 01: M-1; 0.20 – 1.10m*

Lugar:	**C.P. Piuraypampa, Distrito de Chincheros, Provincia de Urubamba, Departamento del Cusco**		
Punto :	01		
Muestra :	M-1		
Profundidad :	0.90 m		
	F-1	F-2	F-3
MASA DE LA MUESTRA	124.32	125.12	123.26
AREA (cm2)	36.00	36.00	36.00
ALTURA (cm)	2.00	2.000	2.000
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm3)	72.00	72.00	72.00
DENSIDAD DEL SUELO(g/cm3)	1.73	1.74	1.71
DENSIDAD DEL SUELO PROMEDIO (g/cm3)		1.73	

Tabla 40. *Peso volumétrico Punto 01: M-2; 1.10 – 2.00m*

Muestra :	**M-2**		
Profundidad :	1.50 m		
	F-1	F-2	F-3
MASA DE LA MUESTRA	127.51	126.43	128.70
AREA (cm2)	36.00	36.00	36.00
ALTURA (cm)	2.00	2.000	2.000
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm3)	72.00	72.00	72.00
DENSIDAD DEL SUELO(g/cm3)	1.77	1.76	1.79
DENSIDAD DEL SUELO PROMEDIO (g/cm3)		1.77	

Tabla 41. *Peso volumétrico Punto 01: M-3; 2.00 – 2.90m*

Muestra :	**M-3**		
Profundidad :	2.50 m		
	F-1	F-2	F-3
MASA DE LA MUESTRA	128.61	130.93	128.84
AREA (cm2)	36.00	36.00	36.00
ALTURA (cm)	2.00	2.000	2.000
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm3)	72.00	72.00	72.00
DENSIDAD DEL SUELO(g/cm3)	1.79	1.82	1.79
DENSIDAD DEL SUELO PROMEDIO (g/cm3)		1.80	

Tabla 42. *Peso volumétrico Punto 01: M-4; 2.90 – 5.15m*

Muestra :	**M-4**		
Profundidad :	3.50 m		
	F-1	F-2	F-3
MASA DE LA MUESTRA	167.83	164.40	163.62
AREA (cm2)	11.52	11.52	11.52
ALTURA (cm)	7.80	7.79	7.78
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm3)	89.86	89.75	89.63
DENSIDAD DEL SUELO(g/cm3)	1.87	1.83	1.83
DENSIDAD DEL SUELO PROMEDIO (g/cm3)		1.84	

Tabla 43. *Peso volumétrico Punto 02: M-1; 0.20 – 1.10m*

Lugar:	**C.P. Piuraypampa, Distrito de Chincheros, Provincia de Urubamba, Departamento del Cusco**		
Punto :	02		
Muestra :	M-1		
Profundidad :	0.90 m		
	F-1	F-2	F-3
MASA DE LA MUESTRA	124.88	123.80	126.74
AREA (cm2)	36.00	36.00	36.00
ALTURA (cm)	2.00	2.000	2.000
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm3)	72.00	72.00	72.00
DENSIDAD DEL SUELO(g/cm3)	1.73	1.72	1.76
DENSIDAD DEL SUELO PROMEDIO (g/cm3)		1.74	

Tabla 44. *Peso volumétrico Punto 02: M-2; 1.10 – 2.00m*

Muestra :	**M-2**		
Profundidad :	1.50 m		
	F-1	F-2	F-3
MASA DE LA MUESTRA	128.30	126.45	128.46
AREA (cm2)	36.00	36.00	36.00
ALTURA (cm)	2.00	2.000	2.000
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm3)	72.00	72.00	72.00
DENSIDAD DEL SUELO(g/cm3)	1.78	1.76	1.78
DENSIDAD DEL SUELO PROMEDIO (g/cm3)		1.77	

Tabla 45. *Peso volumétrico Punto 02: M-3; 2.00 – 2.90m*

Muestra :	**M-3**		
Profundidad :	2.50 m		
	F-1	F-2	F-3
MASA DE LA MUESTRA	129.70	130.20	129.41
AREA (cm2)	36.00	36.00	36.00
ALTURA (cm)	2.00	2.000	2.000
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm3)	72.00	72.00	72.00
DENSIDAD DEL SUELO(g/cm3)	1.80	1.81	1.80
DENSIDAD DEL SUELO PROMEDIO (g/cm3)		1.80	

Tabla 46. *Peso volumétrico Punto 02: M-4; 2.90 – 5.15m*

Muestra :	**M-4**		
Profundidad :	3.50 m		
	F-1	F-2	F-3
MASA DE LA MUESTRA	166.20	163.10	165.24
AREA (cm2)	11.52	11.52	11.52
ALTURA (cm)	7.80	7.79	7.78
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm3)	89.86	89.75	89.63
DENSIDAD DEL SUELO(g/cm3)	1.85	1.82	1.84
DENSIDAD DEL SUELO PROMEDIO (g/cm3)		1.84	

Tabla 47. *Peso volumétrico Punto 03: M-1; 0.20 – 1.10m*

Lugar:	**C.P. Piuraypampa, Distrito de Chincheros, Provincia de Urubamba, Departamento del Cusco**		
Punto :	03		
Muestra :	M-1		
Profundidad :	0.90 m		
	F-1	F-2	F-3
MASA DE LA MUESTRA	125.60	125.31	124.12
AREA (cm2)	36.00	36.00	36.00
ALTURA (cm)	2.00	2.000	2.000
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm3)	72.00	72.00	72.00
DENSIDAD DEL SUELO(g/cm3)	1.74	1.74	1.72
DENSIDAD DEL SUELO PROMEDIO (g/cm3)		1.74	

Tabla 48. *Peso volumétrico Punto 03: M-2; 1.10 – 2.00m*

Muestra :	**M-2**		
Profundidad :	1.50 m		
	F-1	F-2	F-3
MASA DE LA MUESTRA	126.84	129.30	127.74
AREA (cm2)	36.00	36.00	36.00
ALTURA (cm)	2.00	2.000	2.000
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm3)	72.00	72.00	72.00
DENSIDAD DEL SUELO(g/cm3)	1.76	1.80	1.77
DENSIDAD DEL SUELO PROMEDIO (g/cm3)		1.78	

Tabla 49. *Peso volumétrico Punto 03: M-3; 2.00 – 2.90m*

Muestra :	**M-3**		
Profundidad :	2.50 m		
	F-1	F-2	F-3
MASA DE LA MUESTRA	129.41	131.02	128.06
AREA (cm2)	36.00	36.00	36.00
ALTURA (cm)	2.00	2.000	2.000
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm3)	72.00	72.00	72.00
DENSIDAD DEL SUELO(g/cm3)	1.80	1.82	1.78
DENSIDAD DEL SUELO PROMEDIO (g/cm3)		1.80	

Tabla 50. *Peso volumétrico Punto 03: M-4; 2.90 – 5.15m*

Muestra :	**M-4**		
Profundidad :	3.50 m		
	F-1	F-2	F-3
MASA DE LA MUESTRA	165.40	166.78	162.41
AREA (cm2)	11.52	11.52	11.52
ALTURA (cm)	7.80	7.79	7.78
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm3)	89.86	89.75	89.63
DENSIDAD DEL SUELO(g/cm3)	1.84	1.86	1.81
DENSIDAD DEL SUELO PROMEDIO (g/cm3)		1.84	

Tabla 51. *Peso volumétrico Punto 04: M-1; 0.20 – 1.10m*

Lugar:	**C.P. Piuraypampa, Distrito de Chincheros, Provincia de Urubamba, Departamento del Cusco**		
Punto :	04		
Muestra :	M-1		
Profundidad :	0.90 m		
	F-1	F-2	F-3
MASA DE LA MUESTRA	125.40	127.48	125.89
AREA (cm2)	36.00	36.00	36.00
ALTURA (cm)	2.00	2.000	2.000
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm3)	72.00	72.00	72.00
DENSIDAD DEL SUELO(g/cm3)	1.74	1.77	1.75
DENSIDAD DEL SUELO PROMEDIO (g/cm3)		1.75	

Tabla 52. *Peso volumétrico Punto 04: M-2; 1.10 – 2.00m*

Muestra :	**M-2**		
Profundidad :	1.50 m		
	F-1	F-2	F-3
MASA DE LA MUESTRA	128.02	130.13	129.76
AREA (cm2)	36.00	36.00	36.00
ALTURA (cm)	2.00	2.000	2.000
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm3)	72.00	72.00	72.00
DENSIDAD DEL SUELO(g/cm3)	1.78	1.81	1.80
DENSIDAD DEL SUELO PROMEDIO (g/cm3)		1.80	

Tabla 53. *Peso volumétrico Punto 04: M-3; 2.00 – 2.90m*

Muestra :	**M-3**		
Profundidad :	2.50m		
	F-1	F-2	F-3
MASA DE LA MUESTRA	130.20	130.93	129.17
AREA (cm2)	36.00	36.00	36.00
ALTURA (cm)	2.00	2.000	2.000
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm3)	72.00	72.00	72.00
DENSIDAD DEL SUELO(g/cm3)	1.81	1.82	1.79
DENSIDAD DEL SUELO PROMEDIO (g/cm3)		1.81	

Tabla 54. *Peso volumétrico Punto 04: M-4; 2.90 – 5.15m*

Muestra :	**M-4**		
Profundidad :	3.50 m		
	F-1	F-2	F-3
MASA DE LA MUESTRA	166.98	167.12	163.45
AREA (cm2)	11.52	11.52	11.52
ALTURA (cm)	7.80	7.79	7.78
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm3)	89.86	89.75	89.63
DENSIDAD DEL SUELO(g/cm3)	1.86	1.86	1.82
DENSIDAD DEL SUELO PROMEDIO (g/cm3)		1.85	

Tabla 55. *Peso volumétrico Punto 05: M-1; 0.20 – 1.10m*

Lugar:	**C.P. Piuraypampa, Distrito de Chincheros, Provincia de Urubamba, Departamento del Cusco**		
Punto :	05		
Muestra :	M-1		
Profundidad :	0.90 m		
	F-1	F-2	F-3
MASA DE LA MUESTRA	127.12	128.77	122.92
AREA (cm2)	36.00	36.00	36.00
ALTURA (cm)	2.00	2.000	2.000
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm3)	72.00	72.00	72.00
DENSIDAD DEL SUELO(g/cm3)	1.77	1.79	1.71
DENSIDAD DEL SUELO PROMEDIO (g/cm3)		1.75	

Tabla 56. *Peso volumétrico Punto 05: M-2; 1.10 – 2.00m*

Muestra:	**M-2**		
Profundidad :	1.50 m		
	F-1	F-2	F-3
MASA DE LA MUESTRA	129.83	128.91	131.02
AREA (cm2)	36.00	36.00	36.00
ALTURA (cm)	2.00	2.000	2.000
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm3)	72.00	72.00	72.00
DENSIDAD DEL SUELO(g/cm3)	1.80	1.79	1.82
DENSIDAD DEL SUELO PROMEDIO (g/cm3)		1.80	

Tabla 57. *Peso volumétrico Punto 05: M-3; 2.00 – 2.90m*

Muestra :	**M-3**		
Profundidad :	2.50 m		
	F-1	F-2	F-3
MASA DE LA MUESTRA	132.23	130.42	129.30
AREA (cm2)	36.00	36.00	36.00
ALTURA (cm)	2.00	2.000	2.000
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm3)	72.00	72.00	72.00
DENSIDAD DEL SUELO(g/cm3)	1.84	1.81	1.80
DENSIDAD DEL SUELO PROMEDIO (g/cm3)		1.81	

Tabla 58. *Peso volumétrico Punto 05: M-4; 2.90 – 5.15m*

Muestra :	**M-4**		
Profundidad :	3.50 m		
	F-1	F-2	F-3
MASA DE LA MUESTRA	170.14	168.18	161.12
AREA (cm2)	11.52	11.52	11.52
ALTURA (cm)	7.80	7.79	7.78
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm3)	89.86	89.75	89.63
DENSIDAD DEL SUELO(g/cm3)	1.89	1.87	1.80
DENSIDAD DEL SUELO PROMEDIO (g/cm3)		1.85	

El peso volumétrico promedio de los suelos diatomíticos analizados varió entre 1.73 g/cm³ y 1.85 g/cm³ dependiendo de la profundidad y el punto de muestreo. Estos valores reflejan la estructura porosa y ligera típica de los suelos diatomíticos, que pueden ser beneficiosos para ciertas aplicaciones, como materiales de relleno ligero. Sin embargo, la baja densidad también implica una menor resistencia mecánica, lo que limita su uso en proyectos donde se requieren altos niveles de carga.

La variación del peso volumétrico con la profundidad puede atribuirse a cambios en la compactación natural del suelo debido a las cargas suprayacentes. En profundidades mayores, la

densidad incrementa ligeramente, lo que podría asociarse con un aumento en el grado de consolidación. Este comportamiento es importante para evaluar la estabilidad de estructuras, especialmente en condiciones de carga prolongada, como edificios o caminos.

COMPONENTES MECÁNICOS

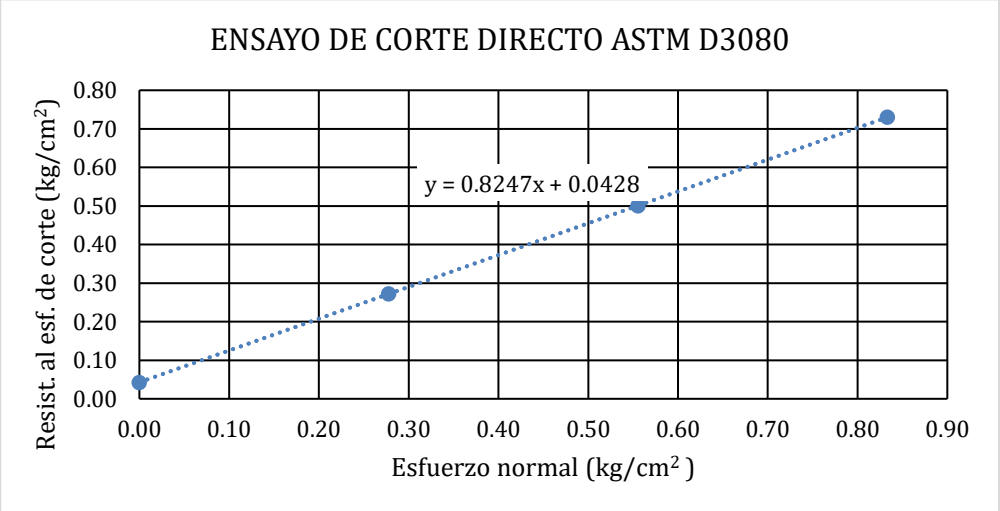
Tabla 59. *Corte directo ASTM d3080 punto 01*

ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080		
Altura inicial:	20	mm
Lado de caja:	60	mm
área inicial:	36	cm2
ecuación de calibración:	**Y = 0.4107(X) + 0.4739**	
Punto de exploración	**01**	

Esfuerzo normal (kg/cm2)	Resistencia al esfuerzo de corte (kg/cm2)
0.28	0.27
0.56	0.50
0.83	0.73

tang (Φ) =	0.82	
Φ =	39.51	°
C =	0.0428	kg/cm2

Ilustración 30. *Ensayo de corte directo ASTM d3080*



El ensayo de corte directo proporciona la relación entre el esfuerzo normal y la resistencia al esfuerzo de corte del suelo. Los resultados obtenidos indican que el suelo presenta un ángulo de fricción interna (Φ) de 39.51°, lo que sugiere un suelo granular con una estructura relativamente estable y alta resistencia al esfuerzo cortante. Además, la cohesión (c) de 0.0428 kg/cm² indica que, aunque es predominantemente granular, posee una ligera cohesión, posiblemente debido a la presencia de finos en su composición.

La ecuación obtenida para la relación entre el esfuerzo normal y la resistencia al corte es:

$$Y = 0.8247 \cdot X + 0.0428 \quad (6)$$

donde X representa el esfuerzo normal aplicado y Y la resistencia al esfuerzo cortante. Esta ecuación muestra que el suelo tiene un comportamiento lineal en la relación esfuerzo-resistencia, con una pendiente de 0.4107, lo que indica una respuesta progresiva del material a los aumentos en el esfuerzo normal.

En conclusión, el suelo diatomítico de la zona estudiada muestra buenas características de estabilidad debido a su elevado ángulo de fricción interna y a la relación lineal entre el esfuerzo normal y la resistencia al esfuerzo cortante. Sin embargo, al poseer baja cohesión, puede presentar vulnerabilidad a la erosión o pérdida de estabilidad en presencia de agua, por lo que su comportamiento en condiciones de saturación debe evaluarse con mayor detalle para aplicaciones en ingeniería civil.

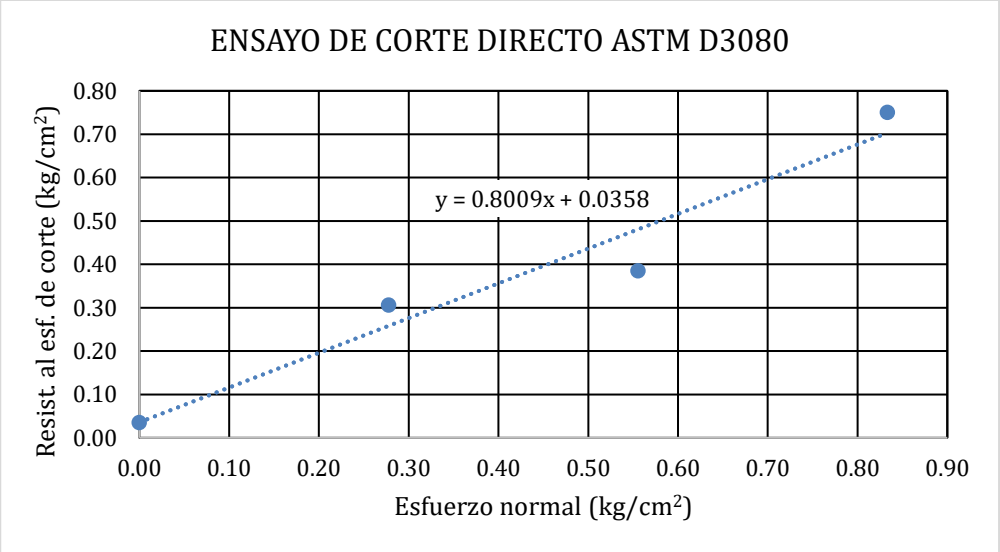
Tabla 60. *Corte directo ASTM d3080 punto 02*

ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080		
Altura inicial:	20	mm
Lado de caja:	60	mm
Área inicial:	36	cm2
Ecuación de calibración: Y = 0.4107(X) + 0.4739		
Punto de exploración	02	

Esfuerzo normal (kg/cm2)	Resistencia al esfuerzo de corte (kg/cm2)
0.28	0.31
0.56	0.39
0.83	0.75

tang (Φ) =	**0.80**	
Φ =	38.69	°
C =	0.0358	kg/cm2

Ilustración 31. *Ensayo de corte directo ASTM d3080 punto 02*



El suelo evaluado presentó un ángulo de fricción interna (Φ) de 38.69°, lo que indica un material granular con alta capacidad de resistencia al esfuerzo cortante. Este valor es ligeramente menor que en ensayos previos (Φ ≈ 39.51°), lo que puede deberse a diferencias en la compactación o en

la granulometría del suelo. La cohesión (c) de 0.0358 kg/cm² muestra que el suelo posee una baja resistencia inherente cuando no está sometido a esfuerzos normales, lo que es típico en materiales diatomíticos con alta porosidad.

La ecuación de regresión obtenida para la relación esfuerzo normal-resistencia al corte es:

$$Y = 0.8009 \cdot X + 0.0358 \qquad (7)$$

donde X representa el esfuerzo normal aplicado y Y la resistencia al esfuerzo cortante. La pendiente de la ecuación (0.8009) sugiere que el suelo tiene una respuesta favorable al incremento de carga normal, con un comportamiento mecánico alineado con materiales de fricción elevada.

En conclusión, El suelo diatomítico de la zona de Piuraypampa presenta buenas propiedades mecánicas, caracterizadas por un alto ángulo de fricción interna y una respuesta progresiva a la carga aplicada. La baja cohesión sugiere que en condiciones de saturación el suelo podría experimentar una reducción en su capacidad portante, lo que podría requerir técnicas de estabilización si se usa en cimentaciones o estructuras de carga. Además, su alta fricción interna indica que tiene buena estabilidad en condiciones secas y compactadas, lo que lo hace adecuado para aplicaciones en geotécnica y construcción.

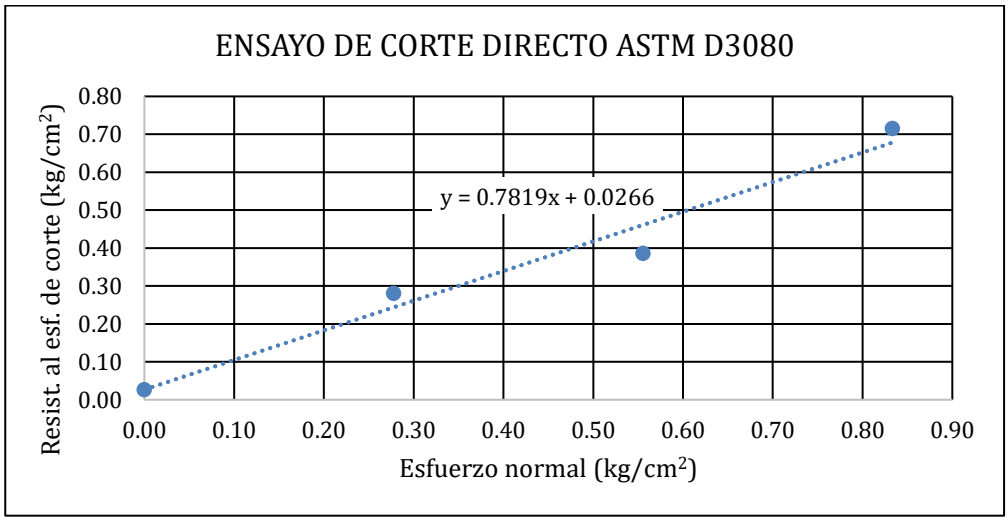
Tabla 61. *Corte directo ASTM d3080 punto 03*

ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080		
Altura inicial:	20	mm
Lado de caja:	60	mm
Área inicial:	36	cm2
Ecuación de calibración : Y = 0.4107(X) + 0.4739		
Punto de exploración	**03**	

Esfuerzo normal (kg/cm2)	Resistencia al esfuerzo de corte (kg/cm2)
0.28	0.28
0.56	0.39
0.83	0.72

tang (Φ) =	**0.78**	
Φ =	38.02	°
C =	0.0266	kg/cm2

Ilustración 32. *Ensayo de corte directo ASTM d3080 punto 03*



El análisis muestra que el suelo presenta un ángulo de fricción interna (Φ) de 38.02°, lo que indica una respuesta estructural fuerte y granular. Esta ligera disminución con respecto a ensayos previos (Φ ≈ 38.69° - 39.51°) puede estar relacionada con variaciones en la compactación y contenido de humedad del suelo. Por otro lado, la cohesión (c) de 0.0266 kg/cm² es la más baja entre los ensayos comparados, lo que sugiere una menor resistencia al esfuerzo cortante en ausencia de cargas normales, lo cual es típico en suelos de baja plasticidad y alta porosidad.

La ecuación obtenida en este ensayo es:

$$Y = 0.7819 \cdot X + 0.0266 \qquad (8)$$

donde X representa el esfuerzo normal y Y la resistencia al esfuerzo cortante.

- La pendiente 0.7819 indica que el suelo responde de manera estable a los incrementos en carga normal, pero con un comportamiento ligeramente menos resistente en comparación con ensayos previos (donde la pendiente superaba 0.80).
- La ordenada al origen (0.0266 kg/cm²) confirma la baja cohesión del suelo, reflejando su menor capacidad de resistir esfuerzos cortantes sin aplicación de carga normal

En conclusión, El suelo diatomítico de Piuraypampa presenta una buena estabilidad mecánica gracias a su alto ángulo de fricción interna (Φ = 38.02°), lo que indica una elevada resistencia al esfuerzo cortante bajo carga. Sin embargo, su baja cohesión (c = 0.0266 kg/cm²) sugiere que podría ser más vulnerable en condiciones de saturación o cuando no se aplica suficiente confinamiento. Para su uso en proyectos geotécnicos, se recomienda evaluar la humedad natural del suelo y considerar técnicas de estabilización en caso de que el suelo se exponga a niveles altos de humedad o esfuerzos dinámicos prolongados.

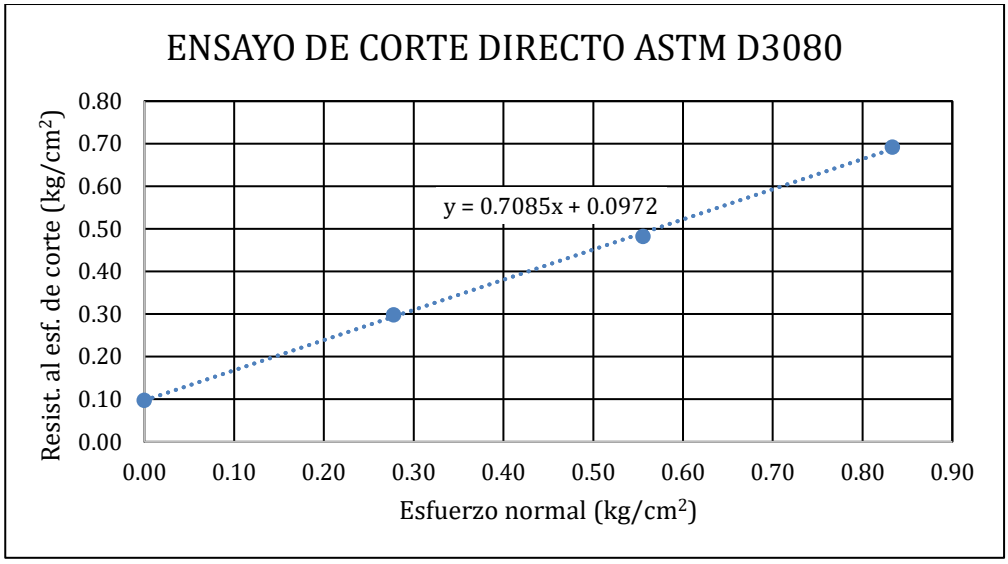
Tabla 62. *Corte directo ASTM d3080 punto 04*

ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080		
Altura inicial:	20	mm
Lado de caja:	60	mm
Área inicial:	36	cm2
Ecuación de calibración : Y = 0.4107(X) + 0.4739		
Punto de exploración	**04**	

Esfuerzo normal (kg/cm2)	Resistencia al esfuerzo de corte (kg/cm2)
0.28	0.30
0.56	0.48
0.83	0.69

ang (Φ) =	**0.71**	
Φ =	35.32	°
C =	0.0972	kg/cm2

Ilustración 33. *Ensayo de corte directo ASTM d3080 punto 04*



El ángulo de fricción interna (Φ) obtenido es 35.32°, lo que indica una leve reducción en comparación con ensayos previos (donde superaba los 38°). Esto sugiere que el suelo podría presentar menor resistencia al esfuerzo cortante y una mayor tendencia al deslizamiento bajo carga, lo que podría estar influenciado por factores como humedad o compactación.

La cohesión (c) es 0.0972 kg/cm², un valor superior en comparación con otros ensayos en el mismo tipo de suelo. Este aumento en cohesión indica que el material podría contener más finos cohesivos o estar parcialmente cementado, lo que mejora su resistencia inicial sin carga normal.

La ecuación de la recta obtenida en este ensayo es:

$$Y = 0.7085 \cdot X + 0.0972 \qquad (9)$$

donde X representa el esfuerzo normal y Y la resistencia al esfuerzo cortante.

- La pendiente 0.7085 es menor que en ensayos anteriores, lo que implica que el suelo tiene una menor capacidad de aumentar su resistencia con el incremento de carga normal.

- La ordenada al origen 0.0972 kg/cm² confirma que el suelo tiene mayor cohesión, lo que significa que, incluso sin carga normal, presenta cierta resistencia al esfuerzo cortante.

En conclusión, El suelo diatomítico de Piuraypampa en este ensayo muestra una menor fricción interna (Φ = 35.32°) pero una mayor cohesión (c = 0.0972 kg/cm²) en comparación con otras muestras. Esto sugiere que el suelo tiene mayor resistencia en ausencia de carga, pero menor capacidad de incrementar su resistencia con carga normal, lo que podría ser relevante en aplicaciones como cimentaciones superficiales o estabilidad de taludes. Para proyectos geotécnicos, es recomendable realizar pruebas adicionales de humedad y compactación, ya que la disminución del ángulo de fricción podría afectar la estabilidad del suelo en condiciones de carga elevada o saturación.

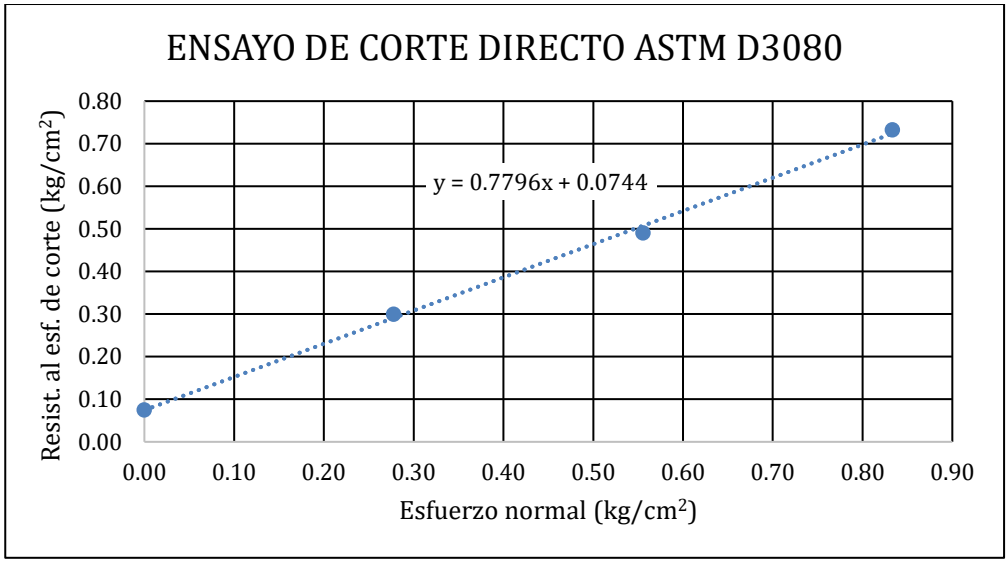
Tabla 63. *Corte directo ASTM d3080 punto 05*

ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080		
Altura inicial:	20	mm
Lado de caja:	60	mm
Área inicial:	36	cm2
Ecuación de calibración: Y = 0.4107(X) + 0.4739		
Punto de exploración	**05**	

Esfuerzo normal (kg/cm2)	Resistencia al esfuerzo de corte (kg/cm2)
0.28	0.30
0.56	0.49
0.83	0.73

tang (Φ) =	**0.78**	
Φ =	37.94	°
C =	0.0744	kg/cm2

Ilustración 34. *Ensayo de corte directo ASTM d3080 punto 05*



El ángulo de fricción interna (Φ) es de 37.94°, lo que indica que el suelo presenta una elevada resistencia al esfuerzo cortante, característica de los suelos granulares con poca plasticidad.

La cohesión (c) es de 0.0744 kg/cm², lo que sugiere que el suelo posee una cierta capacidad de mantenerse unido en ausencia de cargas normales, aunque sigue siendo predominantemente granular. Este valor es superior a otras pruebas donde la cohesión se encontraba en rangos más bajos, lo que podría deberse a la compactación del material o a una leve presencia de finos cohesivos.

La ecuación obtenida en este ensayo es:

$$Y = 0.778 \cdot X + 0.0744 \qquad (10)$$

donde X representa el esfuerzo normal y Y la resistencia al esfuerzo cortante.

- La pendiente 0.78 indica que el suelo responde de manera estable y progresiva al incremento del esfuerzo normal, mostrando un buen comportamiento estructural ante cargas.
- La ordenada al origen 0.0744 kg/cm² confirma una moderada cohesión, lo que significa que el suelo presenta cierta resistencia al corte incluso en ausencia de esfuerzo normal.

En conclusión, El suelo diatomítico de Piuraypampa presenta buenas propiedades mecánicas con un alto ángulo de fricción interna ($\Phi = 37.94°$) y una cohesión moderada ($c = 0.0744$ kg/cm²). Esto sugiere que es un suelo estable y con una capacidad considerable para resistir esfuerzos cortantes cuando se somete a carga normal.

Sin embargo, su comportamiento en condiciones de humedad y compactación debe evaluarse con mayor detalle, ya que la presencia de partículas finas puede influir en la estabilidad del suelo. Para aplicaciones geotécnicas como cimentaciones, estabilidad de taludes y pavimentación, este tipo de suelo podría funcionar bien en condiciones secas y compactadas, pero requeriría evaluaciones adicionales si se expone a humedad o carga dinámica.

COEFICIENTE DE BALASTO

ENSAYO DE CARGA VERTICAL DE SUELOS MEDIANTE PLACA ESTATICA

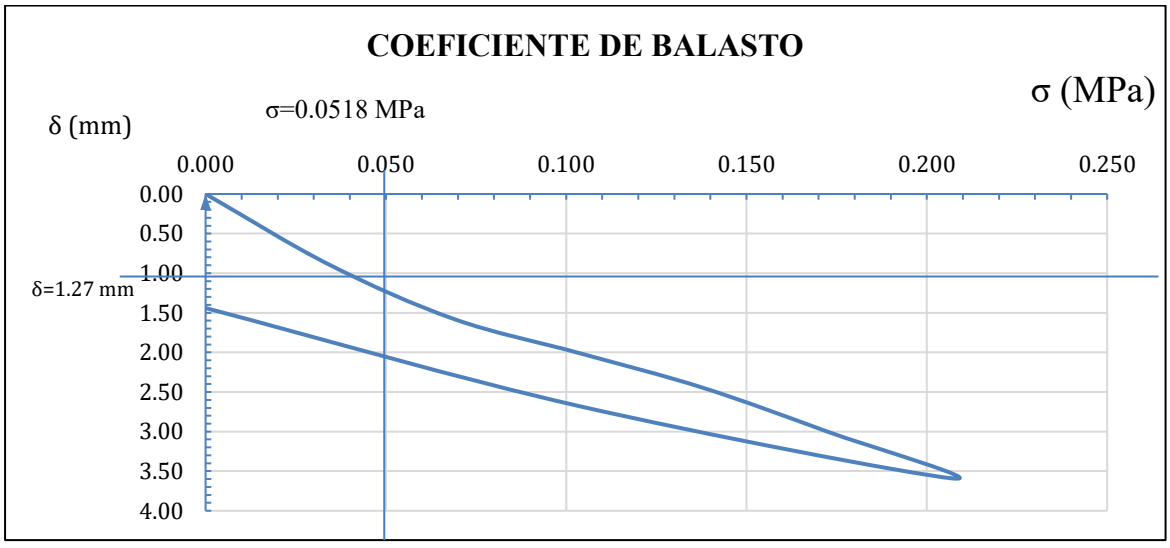
ENSAYO :	01	CLASE DE SUELO:	Suelo diatomitico
DIAMETRO DE LA PLAC	60 cm	HORA COMIENZO :	09:15 AM
FECHA :	1/11/2024	HORA TERMINACION :	11:45 AM

Tabla 64. *Carga vertical de suelos mediante placa estática Ensayo 01*

N°	Carga (TON)	Tension normal σ(MPA)	Asiento en el centro de la placa δ (mm)
0	0	0	0.00
1	0.99	0.034	0.90
2	1.99	0.069	1.58
3	2.98	0.103	2.01
4	3.98	0.138	2.45
5	4.97	0.172	3.00
6	5.96	0.207	3.59
7	2.98	0.103	2.68
8	0	0	1.44

Con leoni,2009 K = 40.787 MPa/m

Ilustración 35. *Ensayo de carga vertical mediante placa estática Ensayo 01*



- El valor determinado gráficamente para el coeficiente de balasto en suelos diatomíticos a 2.0 m de profundidad es 40.787 MPa/m.
- La variabilidad de K en las distintas cargas indica una respuesta progresiva del suelo al incremento de esfuerzos, sugiriendo un comportamiento no completamente elástico.

ENSAYO DE CARGA VERTICAL DE SUELOS MEDIANTE PLACA ESTATICA

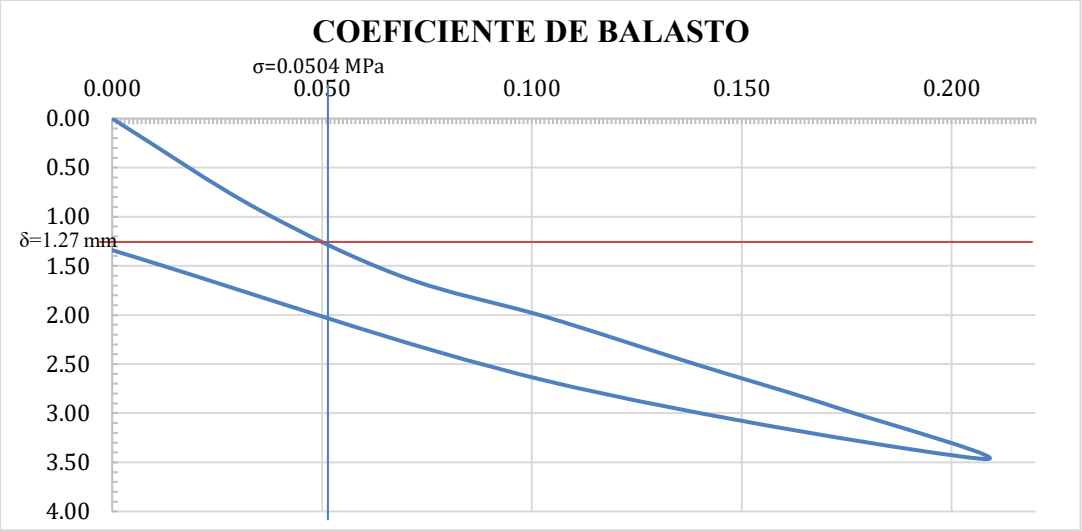
ENSAYO :	02	CLASE DE SUELO:	Suelo diatomitico
DIAMETRO DE LA PLA(	60 cm	HORA COMIENZO :	08:10 AM
FECHA :	2/11/2024	HORA TERMINACION :	11:05 AM

Tabla 65. *Carga vertical de suelos mediante placa estática Ensayo 02*

N°	Carga (TON)	Tension normal σ(MPa)	Asiento en el centro de la placa δ (mm)
0	0	0	0.00
1	0.994	0.034	0.92
2	1.988	0.069	1.61
3	2.982	0.103	2.02
4	3.976	0.138	2.49
5	4.970	0.172	2.94
6	5.964	0.207	3.46
7	2.982	0.103	2.67
8	0	0	1.34

Con leoni,2009 K = 39.685 Mpa/m

Ilustración 36. *Ensayo de carga vertical mediante placa estática Ensayo 02*



- El valor determinado gráficamente para el coeficiente de balasto en suelos diatomíticos a 2.0 m de profundidad es 39.685 MPa/m.
- El coeficiente de balasto muestra valores consistentes con el ensayo previo, lo que confirma la estabilidad estructural del suelo bajo carga vertical
- Variaciones en K pueden deberse a la humedad y compactación del suelo

ENSAYO DE CARGA VERTICAL DE SUELOS MEDIANTE PLACA ESTATICA

ENSAYO :	03	CLASE DE SUELO:	Suelo diatomitico
DIAMETRO DE LA PLA(	60 cm	HORA COMIENZO :	11:50 AM
FECHA :	2/11/2024	HORA TERMINACION :	02:25 PM

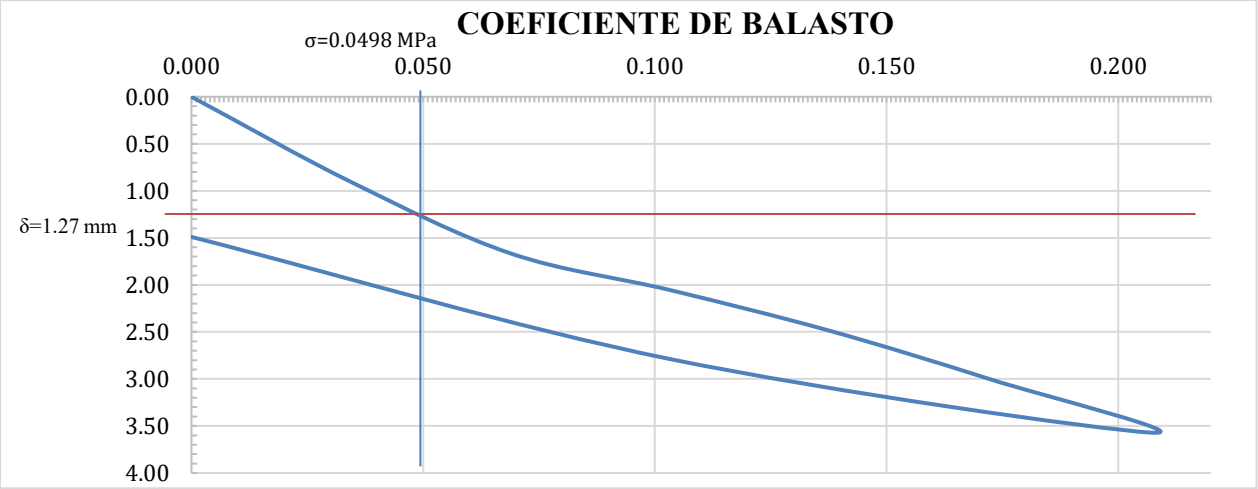
Tabla 66. *Carga vertical de suelos mediante placa estática Ensayo 03*

N°	Carga (TON)	Tensión **normal σ(MPa)**	**Asiento en el centro de la placa δ (mm)**
0	0	0	0.00
1	0.99	0.034	0.91
2	1.99	0.069	1.67
3	2.98	0.103	2.06
4	3.98	0.138	2.49
5	4.97	0.172	3.00
6	5.96	0.207	3.57

7	2.98	0.103	2.79
8	0	0	1.49

Con leoni,2009 K = 39.213 Mpa/m

Ilustración 37. *Ensayo de carga vertical mediante placa estática Ensayo 03*



- El valor determinado gráficamente para el coeficiente de balasto en suelos diatomíticos a 2.0 m de profundidad es 39.213 MPa/m.
- El coeficiente de balasto muestra valores consistentes con el ensayo previo, lo que confirma la estabilidad estructural del suelo bajo carga vertical.
- Variaciones en K pueden deberse a la humedad y compactación del suelo

ENSAYO DE CARGA VERTICAL DE SUELOS MEDIANTE PLACA ESTATICA

ENSAYO :	04	**CLASE DE SUELO:**	Suelo diatomitico
DIAMETRO DE LA PLA	60 cm	**HORA COMIENZO :**	12:45 PM
FECHA :	1/11/2024	**HORA TERMINACION :**	03:20 PM

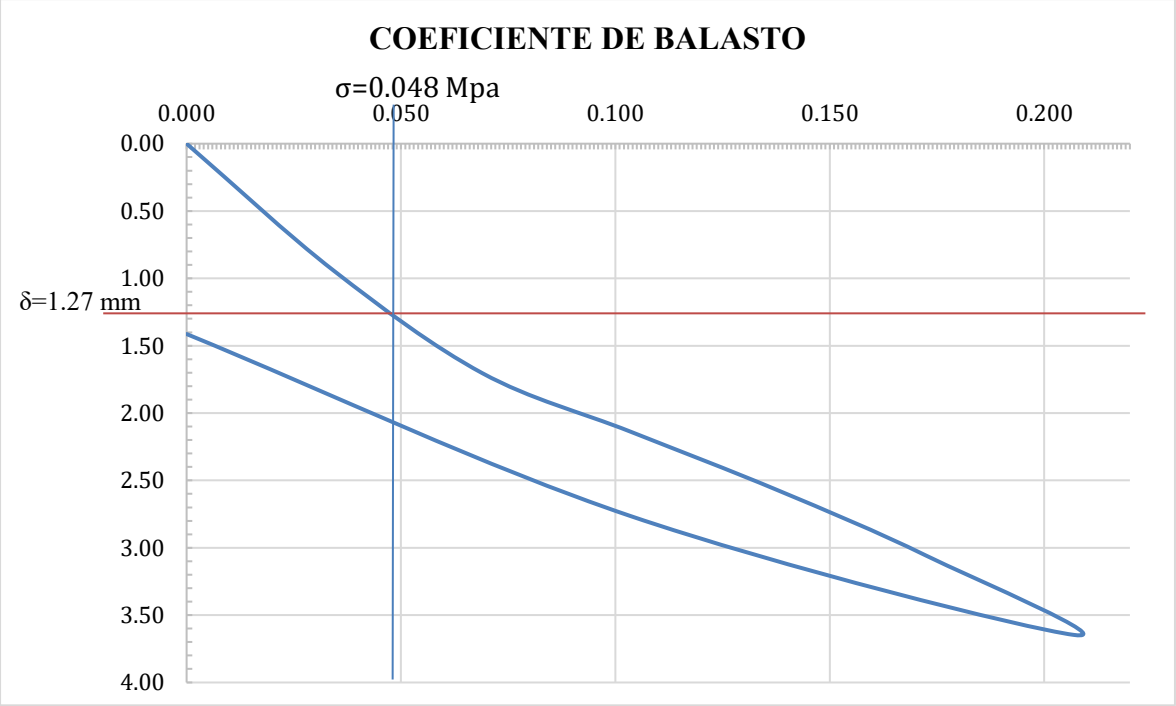
Tabla 67. *Carga vertical de suelos mediante placa estática Ensayo 04*

N°	Carga (TON)	Tension normal σ(MPa)	Asiento en el centro de la placa δ (mm)
0	0	0	0.00

2	97.47237314	0.0344738	0.95
3	194.9447463	0.0689476	1.70
4	292.4171194	0.1034214	2.14
5	389.8894926	0.1378952	2.57
6	487.3618657	0.172369	3.06
7	584.8342388	0.2068428	3.65
8	292.4171194	0.1034214	2.76
7	0	0	1.41

Con leoni,2009 K = 37.795 Mpa/m

Ilustración 38. *Ensayo de carga vertical mediante placa estática Ensayo 04*



- El valor determinado gráficamente para el coeficiente de balasto en suelos diatomíticos a 2.0 m de profundidad es 37.795 MPa/m.
- El valor de K es similar a los ensayos anteriores, lo que confirma la estabilidad estructural del suelo bajo carga.

- Para aplicaciones geotécnicas como cimientos superficiales, estabilidad de pavimentos y estructuras rígidas, este valor de K es adecuado para diseñar elementos de cimentación en suelos diatomíticos de la zona.

ENSAYO DE CARGA VERTICAL DE SUELOS MEDIANTE PLACA ESTATICA

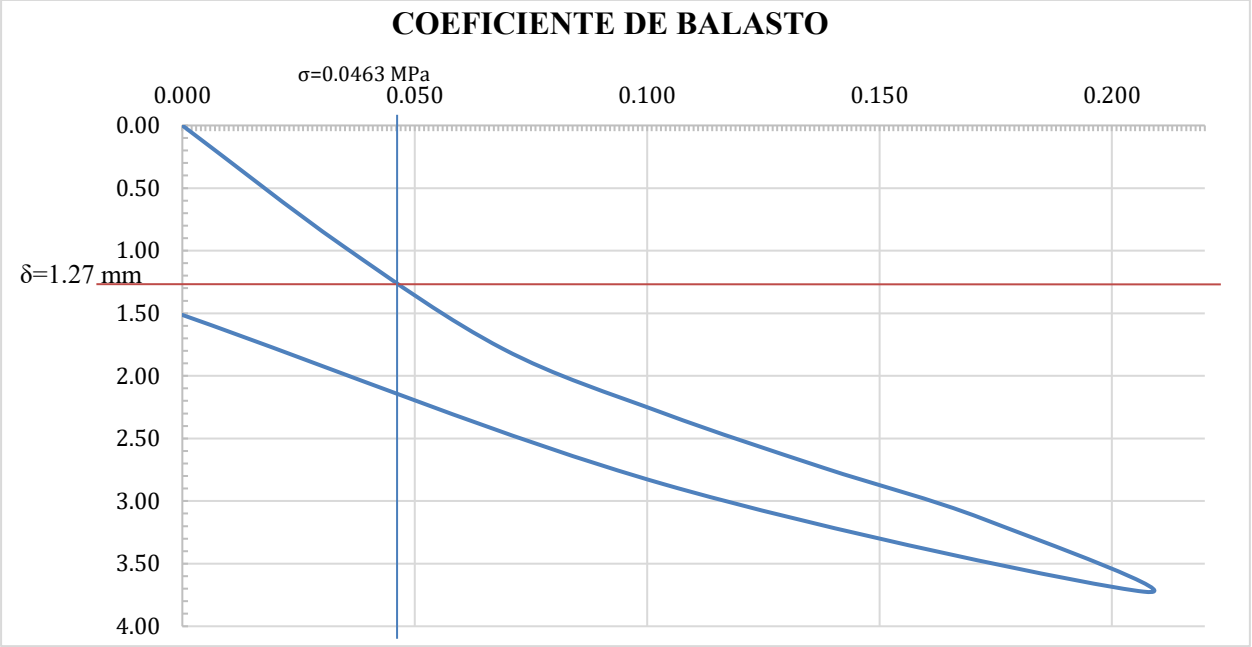
ENSAYO :	05	**CLASE DE SUELO:**	Suelo diatomitico
DIAMETRO DE LA PLA	60 cm	**HORA COMIENZO :**	03:55 PM
FECHA :	1/11/2024	**HORA TERMINACION :**	06:15 PM

Tabla 68. *Carga vertical de suelos mediante placa estática Ensayo 05*

N°	**Carga (TON)**	tensión **normal σ(MPa)**	**Asiento en el centro de la placa δ (mm)**
0	0	0	0.00
1	0.994	0.034	0.96
2	1.988	0.069	1.78
3	2.982	0.103	2.30
4	3.976	0.138	2.73
5	4.970	0.172	3.14
6	5.964	0.207	3.72
7	2.982	0.103	2.86
8	0	0	1.51

Con leoni,2009 K = 36.457 MPa/m

Ilustración 39. *Ensayo de carga vertical mediante placa estática Ensayo 05*



- El valor determinado gráficamente para el coeficiente de balasto en suelos diatomíticos a 2.0 m de profundidad es 36.457 MPa/m.
- Los valores obtenidos son consistentes con ensayos anteriores, lo que refuerza la estabilidad de las mediciones y la confiabilidad de los resultados.
- Variaciones en el valor del coeficiente de balasto (K_s) pueden estar asociadas a la distribución de finos y humedad en el suelo.
- Para aplicaciones geotécnicas como cimientos superficiales, pavimentos rígidos y estabilidad de estructuras, este valor de K proporciona un parámetro confiable para el diseño estructural en suelos diatomíticos de la zona.

CAPITULO V: DISCUSION DE RESULTADOS

A partir de los resultados arribados en la presente investigación, la relación entre el coeficiente de balasto (K) y el número de golpes del ensayo de penetración estándar (SPT) en sus diferentes interpretaciones N, N60 y (N1)60 demuestra ser directa, positiva y significativa para los suelos diatomíticos de Piuraypampa del Distrito de Chinchero. Los resultados evidencian que, a medida que aumenta el número de golpes del SPT, también incrementa el coeficiente de balasto, reflejando que los suelos con mayor resistencia a la penetración poseen una mayor capacidad de carga. Este comportamiento se observa claramente en las gráficas, donde los coeficientes de balasto más altos, como 40.787 MPa/m, se asocian con valores elevados de SPT (N = 14), mientras que los valores más bajos de K (36.457 MPa/m) corresponden a SPT más reducidos (N = 6.75). Las correcciones propuestas por Bazaara (1967) y Liao y Whitman (1986) refinan esta relación, ajustando las variaciones de los datos y proporcionando una interpretación más consistente, particularmente en los modelos basados en (N1)60. Asimismo, los ajustes polinómicos de tercer orden confirman un mejor nivel de precisión para representar esta relación en comparación con los modelos lineales, destacándose la correlación entre (N1)60 según Liao y Whitman (1986) y K, con un coeficiente de determinación (R^2) de 0.7935, el más alto de todas las series analizadas hasta ese punto. Como parte del presente estudio se propuso una nueva formulación propia para corregir el valor de N, desarrollada por los tesistas, con el objetivo de lograr una mejor correlación con el coeficiente de balasto; esta propuesta original evidenció un ajuste significativamente superior, alcanzando un coeficiente de determinación (R^2) de 0.8005, el más alto entre todos los modelos considerados. Este resultado no solo valida la efectividad del valor N corregido propuesto (N_b), sino que también demuestra su potencial como herramienta confiable para estimar el coeficiente de balasto en suelos

diatomiticos de la zona de piuraypampa. En términos prácticos, estos hallazgos permiten prever con mayor precisión la capacidad de soporte del suelo a partir de los ensayos SPT, facilitando decisiones más informadas en proyectos de ingeniería civil y mejorando la seguridad estructural en un entorno complejo y variable como Piuraypampa.

En este sentido, según Pantoja & Suarez (2015), tesis "Estudio sobre la relación entre el Ensayo de Penetración Estándar y el Coeficiente de Balasto (k) para suelos derivados de cenizas volcánicas en la zona de expansión urbana de Cerritos-Pereira", Con el propósito de identificar una posible correlación entre el ensayo de penetración estándar (SPT) y el coeficiente de balasto (k) en suelos formados a partir de ceniza volcánica en la zona de expansión urbana de Pereira. Este estudio busca desarrollar un modelo analítico para el ensayo de placa (módulo de balasto k) utilizando una relación basada en el ensayo de penetración estándar (SPT). La investigación de campo, que incluyó 5 ensayos de placa de carga, 10 perforaciones a diferentes profundidades (SPT), revela que el suelo predominante en esta área de estudio es limoso. Según la clasificación AASHTO, es de tipo A-4, y según el SUCS, es de tipo ML. Este suelo presenta alta consistencia y rigidez, y probablemente está preconsolidados debido a su bajo índice de liquidez. Además, tiene características de plasticidad media-baja, es muy susceptible a cambios en el contenido de humedad y muestra baja compresibilidad y deformación. La comparación de los resultados de los ensayos de campo (SPT y placa de carga) sugirió una posible correlación a través de una ecuación polinómica de tercer grado, basada en el N_{45} corregido según la fórmula de Peck-Hansen-Thornburn. Esta relación sería inicialmente aplicable a suelos con las características descritas en esta investigación y a una profundidad de 2.0 metros.

El presente análisis se centra en la comparación de los resultados obtenidos en la investigación sobre la relación entre el coeficiente de balasto (K) y el número de golpes del ensayo de penetración

estándar (SPT) en suelos diatomíticos de Piuraypampa, con los hallazgos reportados en la investigación de Pantoja y Suárez (2015), quienes analizaron la misma relación en suelos derivados de cenizas volcánicas en la zona de expansión urbana de Cerritos-Pereira.

Ambos estudios evidencian una correlación positiva y significativa entre el coeficiente de balasto y el número de golpes del SPT, lo que sugiere que a medida que la resistencia del suelo aumenta, también lo hace su capacidad de carga. En el caso de Piuraypampa, esta relación fue particularmente fuerte al emplear las correcciones propuestas por Liao y Whitman (1986), alcanzando un coeficiente de determinación (R^2) de 0.7935.

De manera similar, en la investigación de Pantoja y Suárez, la relación entre ambos parámetros se modeló con una ecuación polinómica de tercer grado, basada en el N45 corregido según la metodología de Peck-Hansen-Thornburn, lo que también enfatiza la importancia de ajustes matemáticos para mejorar la precisión en la estimación del coeficiente de balasto. No obstante, se identifican diferencias notables en las características geotécnicas de los suelos analizados. Mientras que los suelos diatomíticos de Piuraypampa exhiben variaciones en la rigidez y capacidad de carga en función del número de golpes del SPT, los suelos derivados de ceniza volcánica en Cerritos-Pereira son predominantemente limosos, con plasticidad media-baja y alta susceptibilidad a los cambios en el contenido de humedad. Además, los suelos de Pereira muestran baja compresibilidad y deformación, lo que indica que las condiciones de consolidación y estabilidad difieren significativamente entre ambas regiones.

En términos metodológicos, ambos estudios utilizaron enfoques complementarios, combinando ensayos de campo con análisis matemáticos para establecer modelos de correlación. En la investigación de Piuraypampa, la aplicación de modelos polinómicos de tercer orden demostró mayor precisión en la predicción del coeficiente de balasto, lo que coincide con la metodología de

Pantoja y Suárez, quienes también encontraron que una relación polinómica era la mejor representación de los datos. Desde una perspectiva crítica, si bien ambas investigaciones aportan evidencia sólida sobre la correlación entre el coeficiente de balasto y el SPT, las diferencias en la naturaleza de los suelos pueden influir en la aplicabilidad de los modelos a otros entornos geotécnicos. En este sentido, la investigación en Piuraypampa destaca la necesidad de considerar ajustes específicos en función del tipo de suelo, lo que se ve reflejado en la superioridad del modelo basado en (N1)60 según Liao y Whitman (1986), con un (R^2) de 0.7935. De manera similar, el estudio de Pantoja y Suárez resalta que sus ecuaciones son aplicables exclusivamente a suelos limosos con las características particulares de Cerritos-Pereira.

Sin embargo, como aporte principal de la presente investigación, se desarrolló y aplicó una nueva propuesta de corrección del número de golpes del ensayo SPT (N_b), formulada por los tesistas, específicamente adaptada a las condiciones geotécnicas de los suelos diatomíticos de Piuraypampa con el objetivo de encontrar una mejor correlación con el coeficiente de balasto. Esta corrección permitió establecer una relación aún más precisa con el coeficiente de balasto, alcanzando un coeficiente de determinación R^2 de 0.8005, el valor más alto entre todas las series analizadas. Este resultado no solo evidencia la capacidad predictiva del nuevo modelo propuesto, sino que también refuerza la importancia de desarrollar correlaciones locales ajustadas a la geología y propiedades particulares del suelo, en lugar de aplicar directamente modelos existentes formulados para otros contextos geotécnicos.

En conclusión, los resultados de ambas investigaciones coinciden en establecer una relación positiva y significativa entre el coeficiente de balasto y el número de golpes del SPT, con modelos polinómicos de tercer grado como la representación más precisa. Sin embargo, las diferencias en la naturaleza de los suelos analizados sugieren que la aplicabilidad de estas relaciones debe ser

cuidadosamente evaluada en función de las condiciones geotécnicas específicas de cada región. Estos hallazgos refuerzan la importancia de la caracterización detallada del suelo en proyectos de ingeniería civil y la adaptación de modelos analíticos a las particularidades geomecánicas de cada zona de estudio.

Con respecto al objetivo específico 1, el cual fue Determinar la variación del número de golpes del ensayo SPT en distintas profundidades del suelo diatomíticos, donde se arribó que, el número de golpes del ensayo SPT en distintas profundidades es variable, las cuales se muestran en las tablas 3, 4, 5, 6 y 7 para los puntos de ensayo 01, 02, 03, 04 y 05 respectivamente. Por ejemplo, en la tabla 3 para el punto de ensayo 01 tenemos que, a la profundidad de 0.45 m el valor promedio del número de golpes del ensayo SPT (N) es de 18.50, a la profundidad de 0.90 m el valor promedio del número de golpes del ensayo SPT (N) es de 17.50, a la profundidad de 1.35 m el valor promedio del número de golpes del ensayo SPT (N) es de 12.50, a la profundidad de 1.80 m el valor promedio del número de golpes del ensayo SPT (N) es de 10.00, a la profundidad de 2.25 m el valor promedio del número de golpes del ensayo SPT (N) es de 14.00, a la profundidad de 2.70 m el valor promedio del número de golpes del ensayo SPT (N) es de 14.00, a la profundidad de 3.15 m el valor promedio del número de golpes del ensayo SPT (N) es de 14.00, a la profundidad de 3.60 m el valor promedio del número de golpes del ensayo SPT (N) es de 12.50, a la profundidad de 4.05 m el valor promedio del número de golpes del ensayo SPT (N) es de 16.50, a la profundidad de 4.50 m el valor promedio del número de golpes del ensayo SPT (N) es de 20.00 y a la profundidad de 4.95 m el valor promedio del número de golpes del ensayo SPT (N) es de 21.00, lo cual confirma que existe cierta variabilidad en los valores del número de golpes del ensayo SPT en distintas profundidades del suelo, debido a la heterogeneidad del suelo diatomítico, y sus características físicas y mecánicas.

Con respecto al objetivo específico 2, el cual fue Determinar el coeficiente de balasto en suelos diatomiticos para profundidades de 2.0m, donde se arribó que, Con respecto a la Obtención del coeficiente de balasto y su variabilidad según las características específicas del suelo en el sitio de estudio, la profundidad de 2.0 m, influye en el valor del coeficiente de balasto, considerando factores como el nivel de compactación y las propiedades intrínsecas del suelo, en este sentido se aprecia, que de los datos obtenidos mediante ensayo de placa de carga, el valor de K_S varía entre 36.457 MPa/m y 40.787 MPa/m, la variabilidad puede atribuirse a diferencias en la compactación del suelo y su heterogeneidad. En suelos diatomíticos, esta variabilidad es notable debido a su estructura porosa y baja densidad. Por otra parte, a profundidades mayores, como 2.0 m, el suelo tiende a estar más compactado debido a la sobrecarga de las capas superiores. Un mayor nivel de compactación generalmente aumenta el valor del coeficiente de balasto, ya que el suelo es menos compresible y puede soportar cargas mayores con menores asientos. Los suelos diatomíticos a mayor profundidad pueden mostrar una menor porosidad y mayor densidad, lo que aumenta su rigidez. Las propiedades como el contenido de agua, la cohesión y la fricción interna también influirán en el valor del coeficiente de balasto a esta profundidad.

Con respecto al objetivo específico 3, El valor promedio del coeficiente de balasto obtenido mediante los ensayos de placa de carga fue de aproximadamente 38.79 MPa/m. Este valor se calculó a partir de los resultados obtenidos en suelos diatomíticos a 2.0 m de profundidad, donde los valores individuales de los puntos de sondeos 01, 02, 03, 04 y 05 tubo los resultados de 40.79, 39.69, 39.21, 37.80 y 36.46 MPa/m respectivamente. Esta dispersión moderada refleja una relativa uniformidad del suelo en el sitio, influenciada por factores como la densidad, el contenido de humedad y la compactación natural del terreno. A nivel geotécnico, el valor promedio representa

adecuadamente la rigidez del suelo bajo carga vertical, y es útil como parámetro de entrada en el diseño de cimentaciones superficiales.

CAPITULO VI: CONCLUSIONES

A partir de los siguientes resultados, se arribaron a las siguientes conclusiones:

Primero: La relación entre el coeficiente de balasto (K) y el número de golpes del ensayo de penetración estándar (SPT) en sus diferentes interpretaciones N, N60 y (N1)60 demuestra ser directa, positiva y significativa para los suelos diatomíticos de Piuraypampa del Distrito de Chinchero. Los resultados evidencian que, a medida que aumenta el número de golpes del SPT, también incrementa el coeficiente de balasto, reflejando que los suelos con mayor resistencia a la penetración poseen una mayor capacidad de carga. Este comportamiento se observa claramente en las gráficas, donde los coeficientes de balasto más altos, como 40.787 MPa/m, se asocian con valores elevados de SPT (N = 14), mientras que los valores más bajos de K (36.457 MPa/m) corresponden a SPT más reducidos (N = 6.75). Los ajustes polinómicos de tercer orden confirman un mejor nivel de precisión, destacándose la correlación entre (N1)60 según Liao y Whitman (1986) y K, con un coeficiente de determinación (R^2) de 0.7935, con una ecuación de $y = 0.0979x3 - 2.1629x2 + 16.073x - 0.7023$. Sin embargo, en el presente estudio, se propone una nueva ecuación de $y = 0.3915x3 – 11.695x2 + 116.74x – 350.28$ con coeficiente de determinación (R^2) de 0.8005.

Segundo: Con respecto a la variación del número de golpes del ensayo SPT en distintas profundidades, las cuales se muestran en las tablas 3, 4, 5, 6 y 7 para los puntos de ensayo 01, 02, 03, 04 y 05 respectivamente, se concluye que, existe cierta variabilidad en los valores del número de golpes del ensayo SPT en distintas profundidades del suelo, debido a la heterogeneidad del suelo diatomítico, y sus características físicas y mecánicas. Estos resultados destacan la naturaleza particular de este suelo, lo que puede influir significativamente en su comportamiento en aplicaciones geotécnicas.

Tercero: Con respecto a la Obtención del coeficiente de balasto y su variabilidad según las características específicas del suelo en el sitio de estudio, la profundidad de 2.0 m influye en el valor del coeficiente de balasto, considerando factores como el nivel de compactación y las propiedades intrínsecas del suelo, en este sentido se aprecia, que, de los datos obtenidos mediante ensayo de placa de carga, el valor de K varía entre 36.457 MPa/m y 40.787 MPa/m, dependiendo de la carga aplicada. La variabilidad puede atribuirse a diferencias en la compactación del suelo y su heterogeneidad. En suelos diatomíticos, esta variabilidad es notable debido a su estructura porosa y baja densidad. Por otra parte, a profundidades mayores, como 2.0 m, el suelo tiende a estar más compactado debido a la sobrecarga de las capas superiores. Un mayor nivel de compactación generalmente aumenta el valor del coeficiente de balasto, ya que el suelo es menos compresible y puede soportar cargas mayores con menores asientos. Los suelos diatomíticos a mayor profundidad pueden mostrar una menor porosidad y mayor densidad, lo que aumenta su rigidez. Las propiedades como el contenido de agua, la cohesión y la fricción interna también influirán en el valor del coeficiente de balasto a esta profundidad.

Cuarto: Se concluye que el valor promedio del coeficiente de balasto en el suelo diatomítico de Piuraypampa, a una profundidad de 2.0 m, fue de 38.79 MPa/m, obtenido a partir de cinco ensayos de placa de carga en diferentes puntos del terreno. Los valores oscilaron entre 36.46 MPa/m y 40.79 MPa/m, lo cual refleja una moderada variabilidad atribuida a las características intrínsecas del suelo, como su porosidad, grado de compactación y contenido de humedad. Este valor promedio representa de forma adecuada la rigidez general del terreno frente a cargas verticales y puede ser utilizado como parámetro de diseño preliminar para cimentaciones superficiales en suelos diatomíticos con características similares.

CAPITULO VII: RECOMENDACIONES

En primer lugar, la relación directa, positiva y significativa entre el coeficiente de balasto (K) y el número de golpes del ensayo de penetración estándar (SPT) subraya la importancia de utilizar modelos de correlación que contemplen las particularidades de los suelos diatomíticos de Piuraypampa. Si bien las correcciones propuestas por Bazaara (1967) y, especialmente, por Liao y Whitman (1986) han demostrado mejorar la estimación de K, en el presente estudio se ha desarrollado una nueva formulación ajustadas a las condiciones locales, la cual presenta un coeficiente de determinación significativamente superior ($R^2 = 0.8005$). En este sentido, se recomienda priorizar el uso del modelo propuesto por los tesistas en el análisis de suelos diatomíticos en Piuraypampa, debido a su mayor capacidad predictiva y precisión. Asimismo, se sugiere validar esta ecuación mediante una mayor cantidad de ensayos de carga in situ.

Segundo: La variabilidad del número de golpes del ensayo SPT en distintas profundidades del suelo diatomitico, es debido a la heterogeneidad del suelo diatomítico, y sus características físicas y mecánicas. Estos resultados destacan la naturaleza particular de este suelo, lo que puede influir significativamente en su comportamiento en aplicaciones geotécnicas. Para afrontar estos desafíos, se recomienda realizar más ensayos y a mayores profundidades, de modo que se cuente con parámetros más completos al momento de definir las soluciones geotécnicas.

Tercero: La variabilidad del coeficiente de balasto (K) entre 36.457 MPa/m y 40.787 MPa/m obedece tanto a la heterogeneidad del propio suelo diatomítico como a la influencia de la profundidad. Un mayor nivel de compactación a 2.0 m, se traduce en valores más altos de K, brindando al suelo una rigidez incrementada. En consecuencia, se recomienda no solo profundizar lo suficiente en la fase de cimentación para aprovechar estas mejores propiedades mecánicas, sino

también realizar ensayos de placa de carga o métodos de prueba equivalentes que confirmen los valores de diseño. Este tipo de estrategias, sumadas a un adecuado control de compactación en capas superficiales, permitirá obtener un coeficiente de balasto más estable y, por ende, cimentaciones más seguras y confiables.

Cuarto: Por último, se recomienda utilizar el promedio del coeficiente de balasto obtenido en este estudio (38.79 MPa/m) como parámetro de referencia únicamente en etapas preliminares de diseño geotécnico para cimentaciones superficiales en suelos diatomíticos con características fisicas similares a las de Piuraypampa. Para proyectos de mayor exigencia estructural o sensibilidad a asentamientos, se sugiere complementar esta información con estudios adicionales que incluyan un mayor número de ensayos de placa de carga y análisis de laboratorio que consideren la variabilidad espacial del suelo, a fin de mejorar la precisión en la modelación del comportamiento mecánico del terreno.

CAPITULO VIII. REFERENCIAS

Bibliografía

ASTM D1586. (2024). *Standard Test Method for Standard Penetration Test (SPT) and Split-Barrel Sampling of Soils.*

Bowles, J. (2012). *Ingeniería de suelos y cimentaciones.* McGraw-Hill.

Braja, M. (213). Principles of geotechnical engineering. *Cengage Learning*.

Campaña, C. (2014). *Geotecnia avanzada para ingenieros.* Lima: Editorial Técnica.

CENEPRED. (2020). *Evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en Alto Qosqo.* Cusco.

Coduto, D. (2010). *Geotechnical Engineering: Principles and Practices.* Prentice Hall.

Das, B. (2013). Principles of Geotechnical Engineering . *Cengage Learning*.

Delgado Vargas, M. (2013). El coeficiente de Balasto. *Encuentro Nacional de Ingenieros de Suelos y estructuras*.

Gabriel, R. P., & Mckevin, Z. O. (2015). Correlación de los valores N SPT con N DPL en los suelos arenosos de la asociación agropecuaria Sumac Pacha - Lurin. *Universidad Ricardo Palma*.

Geotecninca . (13 de Noviembre de 2024). *Ensayo de penetración estándar SPT (Standard Penetration Test)*. Obtenido de https://geotecniafacil.com/ensayo-de-penetracion-estandar-spt/

Holtz, R. D., Kovacs, W., & Sheahan, T. (2011). *An Introduction to Geotechnical Engineering.* Chicago: Pearson.

Lambe, T., & Whitman, R. (2009). Soil Mechanics. *John Wiley & Sons*.

Municipalidad Distrital de Chinchero . (2016). Plan De Desarrollo Local Concertado Chinchero Al 2021. *Municipalidad Distrital de Chinchero* .

Pérez, J. (2023). Evaluación de propiedades mecánicas de suelos diatomíticos en regiones altoandinas. *Revista Peruana de Ingeniería Civil*.

Pérez, J. (2023). Evaluación de propiedades mecánicas de suelos diatomíticos en regiones altoandinas. *Revista Peruana de Ingeniería Civil*, 123-135.

Pgirh, A. (2020). ESTUDIO DE BATIMETRÍA DE LA PIURAY – CUSCO. *Cuencias Naturales*.

Quilli Apaza, M. E. (2016). comparación mediante análisis numérico de métodos de tratamiento de suelo blando bajo un terraplén en chinchero, cusco. . *Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco* .

Ramirez Oyola, R., & Ponce Centeno, R. D. (2022). “estudio geologico, geotecnico para la construccion de la presa hayculli en la comunidad campesina de quehuincha del distrito de livitaca chumbivilcas - CUSCO”. *Universidad Nacional de San Antonio Abad delCusco*.

SUNASS. (2014). Valor de la conservación de la fuente de agua y de los atributos del servicio de abastecimiento de agua de sedacusco: una aproximación empleando experimentos de elección. *cies*

Terzaghi, K., Peck, R., & Mesri, G. (2010). *Soil Mechanics in Engineering Practice.* John Wiley & Sons.

CAPITULO IX: ANEXO

PANEL FOTOGRÁFICO

Fotografía 1: Armado del ensayo de penetración estándar.
Fecha: 03/10/2024

Fotografía 2: Toma de datos del ensayo de penetración estándar.
Fecha: 03/10/2024

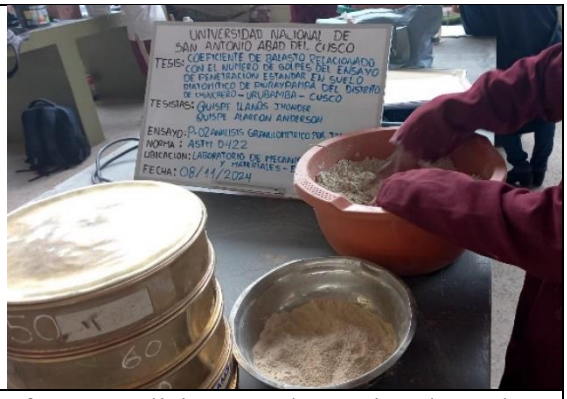
Fotografía 3: Extracción de muestra (SPT)
Fecha: 03/10/2024

Fotografía 4: Marcado y replanteo de calicatas.
Fecha: 31/10/2024

Fotografía 5: Armado del ensayo placa de carga
Fecha: 02/11/2024

Fotografía 6: Toma de datos del ensayo placa de carga.
Fecha: 02/11/2024

Fotografía 7: Cantidad de material fino que pasa por el tamiz Nº200
Fecha: 08/11/2024



Fotografía 8: Análisis Granulométrico de suelos por Tamizado
Fecha: 08/11/2024

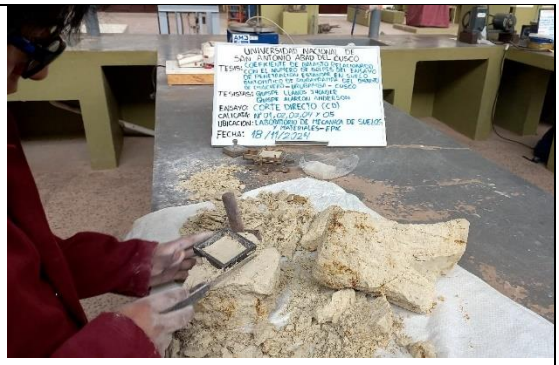
Fotografía 9: Determinación del contenido de humedad.
Fecha: 07/11/2024

Fotografía 10: Determinación de la densidad.
Fecha: 06/11/2024

Fotografía 11: Determinación del límite líquido.
Fecha: 14/11/2024

Fotografía 12: Determinación del límite plástico (LP).
Fecha: 14/11/2024

Fotografía 13: Muestras del ensayo de Corte Directo (Consolidado Drenado).
Fecha: 07/11/2024



Fotografía 14: Moldeado para el ensayo de Corte Directo
Fecha: 06/11/2024

Fotografía 15: Ensayo de Corte Directo (Consolidado Drenado).
Fecha: 07/11/2024

Fotografía 16: Determinación del ángulo de fricción
Fecha: 06/11/2024

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

9.1. Cronograma de Actividades

ACTIVIDADES	AÑO: 2024					AÑO: 2025			
	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL
PLAN DE TESIS									
ASIGNACIÓN DE ASESOR DE TESIS									
APROBACION DE TEMA CON RESOLUCION									
PREPARACION DEL TERRENO PARA LOS ENSAYOS									
REALIZACIÓN DE ENSAYOS SPT Y PLACA DE CARGA									
TOMA DE MUESTRAS MEDIANTE EL ENSAYO SPT									
REALIZACIÓN DE ENSAYOS EN LABORATORIO									
TRABAJOS DE GABINETE, ORDENAMIENTO DE DATOS									
PROCESAMIENTO DE DATOS									
ANÁLISIS Y REPORTE DE RESULTADOS									
TRAMITE DE APTO AL TITULO									
REDACCIÓN DEL INFORME FINAL DE TESIS									
TRÁMITE PARA LA SUSTENTACIÓN DE TESIS									
SUSTENTACIÓN DE TESIS									

***Tabla 1**: cronograma de actividades*

PRESUPUESTO

9.2.Presupuesto

PRESUPUESTO						
ITEMS	**DESCRIPCIÓN**	**CANTIDAD**	**UNIDAD**	**C/UNITARIO**	**C/SUBTOTAL**	**C/TOTAL**
1	**MATERIALES DE ENSAYO**					**S/ 470.00**
1.1	PALA CON MANGO	2	UND	S/ 25.00	S/ 50.00	
1.2	PICO CON MANGO	2	UND	S/ 30.00	S/ 60.00	
1.3	GUANTES DE LONA	6	PAR	S/ 15.00	S/ 90.00	
1.4	GUARDAPOLVOS	2	UND	S/ 80.00	S/ 160.00	
1.5	PIZARRA Y PLUMONES	1	GLB	S/ 50.00	S/ 50.00	
1.6	USB Y OTROS	1	GLB	S/ 60.00	S/ 60.00	
2	**PAGO DE SERVICIOS**					**S/ 5,300.00**
2.1	PAGO MANO DE OBRA PARA ENSAYO SPT	1	GLB	S/ 1,500.00	S/ 1,500.00	
2.2	PAGO DE SERVICIO DE ALQUILER DE CAMION	1	GLB	S/ 3,000.00	S/ 3,000.00	
2.3	PAGO POR SERVICIO DE EXCAVACIÓN (RETROEXCAVADORA)	1	GLB	S/ 300.00	S/ 300.00	
2.4	PAGO POR MANTENIMIENTO (PLACA DE CARGA)	1	GLB	S/ 500.00	S/ 500.00	
3	**LIBROS**					**S/ 200.00**
3.1	MANUAL DE ENSAYO DE PLACA DE CARGA Y SPT	2	UND	S/ 50.00	S/ 100.00	
3.2	OTROS MATERIALES	1	UND	S/ 100.00	S/ 100.00	
4	**VIÁTICOS**					**S/ 2,350.00**
4.1	PASAJES Y MOVILIDAD EN LA CIUDAD	1	GLB	S/ 300.00	S/ 300.00	
4.2	TRANSPORTE DE EQUIPOS AL LUGAR DE EXPLORACIÓN	1	GLB	S/ 500.00	S/ 500.00	
4.3	BORRADORES	2	GLB	S/ 25.00	S/ 50.00	
4.4	LIBRO DE TESIS	5	GLB	S/ 60.00	S/ 300.00	
4.5	TRÁMITE PARA LA TESIS	1	GLB	S/ 1,200.00	S/ 1,200.00	
COSTO TOTAL						**S/ 8,320.00**

Tabla 2:*presupuesto tentativo*

MATRIZ DE CONSISTENCIA

9.3.Matriz de Consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	SUB DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
Problema General	**Objetivo General**	**Hipótesis general**	**Independiente**				a) Reconocimiento de área de estudio. b) Preparación y/o adecuación del terreno en el área de estudio. c) Toma de muestra y realización del ensayo de penetración estándar (SPT). d) Realización del ensayo de placa de carga in situ. e) Ensayos de clasificación de suelos (SUCS). f) Ensayos de laboratorio necesarios para determinar las características físicas y mecánicas del suelo. g) Trabajo de gabinete para la obtención del número de golpes corregido (N corregido) y el coeficiente de balasto (K). h) Cálculo de la relación más adecuada del coeficiente de balasto en función del número de golpes del ensayo SPT.
¿Qué relación existe del coeficiente de balasto con el número de golpes del ensayo SPT en suelo diatomíticos?	Determinar la relación del coeficiente de balasto con el número de golpes del ensayo SPT para suelos diatomíticos.	Existe una relación del coeficiente de balasto con el número de golpes del ensayo SPT en suelos diatomíticos.	X = Numero de golpes del ensayo SPT	Parámetros de resistencia	N	mide la resistencia del suelo	
Problemas Específicos	**Objetivos Específicos**	**Hipótesis específicas**	**Dependientes**				
● ¿Como varia el numero de golpes del ensayo SPT en función de la profundidad en suelos diatomiticos?	● Analizar la variación del número de golpes del ensayo SPT en diferentes profundidades del suelo diatomitico.	● El numero de golpes del ensayo SPT varia con la profundidad en el suelo diatomitico de piuraypampa.	Y = Coeficiente de balasto	Parámetro de rigidez del suelo	K	mide la rigidez del suelo	
● ¿Cuál es el valor del coeficiente de balasto a una profundidad de 2.0 m en el suelo diatomitico?	● Determinar el valor del coeficiente de balasto a una profundidad de 2.0 m en el suelo diatomitico de piuraypampa.	● El valor del coeficiente de balasto a 2.0 m de profundidad en el suelo diatomitico es representativo del comportamiento mecánico del terreno.					
● ¿Cuál es el valor promedio del coeficiente de balasto en el perfil de suelo diatomitico estudiado?	● Calcular el valor promedio del coeficiente de balasto en el perfil de suelo diatomitico estudiado.	● El valor promedio del coeficiente de balasto del perfil diatomitico permite establecer parámetros de diseño geotécnico confiables para la zona.		Asentamiento	ΔS	mide el asentamiento del suelo	
				Carga aplicada	Q	Sirve para producir el asentamiento del suelo	

***Tabla 3**:Matriz de consistencia*

FORMATO DE ENSAYOS UTILIZADOS

9.4.Formato de Ensayo SPT norma ASTM D1586M-18e1

PENETRATION RESISTANCE DAILY DATA

PROJECT: Example	FEATURE: Example	HOLE NO.: DH-502	
GROUND ELEVATION: 6750.5 ft.	LOCATION: 200' D/S Sta. 9•50		
FOREMAN	DRILLER	LOGGED BY	DATE
DRILLING METHOD: Rotary, NX casing, 3–inch rockbit, Bentonite			

	TEST 1	TEST 2
CLEANOUT DEPTH	40.3 ft.	43.3 ft.
SEATING PENETRATION (0.5 ft. maximum)		
DEPTH TO SAMPLER TIP	40.1 ft.	43.2 ft.
NO. OF BLOWS FOR STANDARD 0.5 ft. SEATING PENETRATION (50 blows max.-)	NO. OF BLOWS: 6 / PENETRATION-: 0.5	NO. OF BLOWS: 15 / PENETRATION-: 0.5
TEST PENETRATION (1.0 ft. maximum)		
NO. OF BLOWS FOR STANDARD 0.5 ft. SEATING PENETRATION (50 blows max.-)	NO. OF BLOWS: 0.5 - 1.0 ft: 8; 1.0 - 1.5 ft: 11; N: 19 / PENETRATION-: 1.0	NO. OF BLOWS: 0.5 - 1.0 ft: 5; 1.0 - 1.5 ft: 50; N: N/A / PENETRATION-: 0.8
DEPTH TO SAMPLER TIP	41.8 ft.	44.5 ft.
DRIVE LENGTH (1) / RECOVERY LENGTH (2) / RECOVERY {RECOVERY / DRIVE} (%) (3)	(1): 1.5 / (2): 1.2 / (3): 80%	(1): 1.3 / (2): 0.9 / (3): 69%
VISUAL CLASSIFICATION AND DESCRIPTION OF SAMPLE	POORLY GRADED SAND' About 90% fine sand; about 10% nonplastic fines, moist, grey, organic material; maximum size, medium sand, no reaction with HCL. [SP]	TOP' SP, Same as 40.3–41.8 BOTTOM' SANDY SILT' About 60% low plasticity fines; quick; dilalancy; about 35% fine sand; 5% fine subangular gravel.
ROLL / PHOTO NO.		
MOISTURE SAMPLE	JAR #48	JAR #4C (from ML)

REMARKS: Test 1' : 0.2 ft. slough prior to test. Only 2 blows for 0.4 ft. penetration in 0.5–1.0 ft. intervals.

TEST 2' : 0.3 ft. slough, drove on coarse gravels or cobbles. Gravels must have fell out. Had to stop test at 0.5 ft. penetration and remark rods.

-IF 50 BLOWS DO NOT YIELD MAXIMUM PENETRATION, RECORD PENETRATION FOR 50 BLOWS AND DISCONTINUE TEST.

DRILLER _____ (Signature) FOREMAN _____ (Signature)

FIG. X3.1 Example Data Sheet

9.5.Formato de Ensayo de Placa de Carga

FORMATO 02

ENSAYO DE PLACA DE CARGA

TESIS:

LOCALIZACION DE LA TESIS:

DESCRIPCION DEL SUELO:

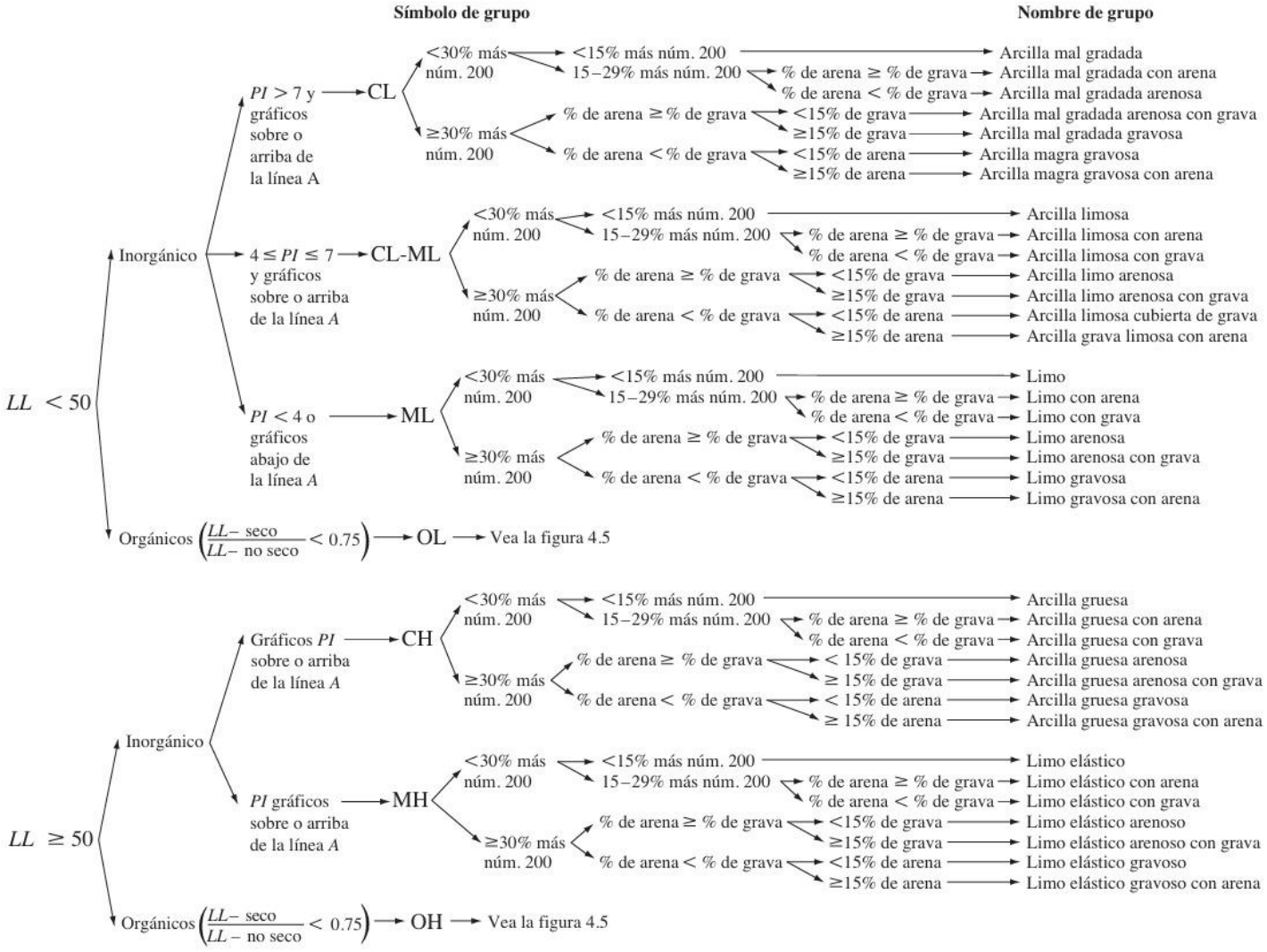
REALIZADO POR: FECHA:

Lectura anillo (0.0001")	Esfuerzo (lb/pulg2)	Lectura dial deformacion			Deflexiones			Deflexion promedio (0.001")
		Def. # 1 (0.001")	Def. # 2 (0.001")	Def. # 3 (0.001")	1 (0.001")	2 (0.001")	3 (0.001")	
80	0.0							
150	1.7							
200	2.9							
250	4.2							
300	5.4							
350	6.6							
400	7.9							
450	9.1							
500	10.3							
550	11.6							
600	12.8							
650	14.0							
700	15.3							
750	16.5							
800	17.7							
850	19.0							
900	20.2							
80	0.0							

DEFLEXION (0.001")	
MODULO DE REACCION Ku (lb/pl2)/pl	
MODULO DE REACCION CORREGIDO DEFLEX. PLACA Ku (lb/pl2)/pl	
MODULO DE REACCION CORREGIDO DEFLEX. PLACA Ku (MPa)/m	

Observaciones:

9.6.Sistema de Clasificación de suelos norma ASTM D2487-17e1



9.7.Formato de Ensayo Granulométrico de Suelos norma ASTM D6913M-17

Project Number: _____ Boring No.: _____ Test Method: ☐ Method A; or ☐ Method B File Name: _____

Project Name: _____ Sample No. _____ Mfr./Model of Large Sieve Shaker: _____

Project Engineer: _____ Depth (ft) : _____ Mfr./Model of 8" Sieve Shaker: _____

Initial Visual Classification: _____

SPECIMEN: **Selected From:** **Selection Method(s) & Sieve Range:** **State of Material When**

Selection: Bulk Sample: ☐ Thin-Walled Tube: ☐ Composite Sieving Used: ☐ No; ☐ Yes **Specimen Selected**

SPT Sample: ☐ Engr. Property Test Designated Separating Sieve Size given below [2]: Method(s) Moist Air-Dry Oven

Mod Calif. Sample: ☐ Specimen's WC: ☐ _____ Whole specimen used: N/A ☐ ☐ ☐

Other: _____ _____ First Subspecimen, selec. by: ___ & ___ ☐ ☐ ☐

Second Subspecimen, selec. by: ___ & ___ ☐ ☐ ☐

Selection Methods: (a) Splitter (use only on dry soils and do not repeat the process more than a couple of times) or (b) Quartering (moist soils only); or (c) Representative scoop after mixing, or slice of intact sample; (use for moist soils or those which will not segregate)

Preparation: **Oven-Dried Soil Broken Up Before:** **By:** Remarks: _____

Sieve Specimen: Selecting Partial Sample: ☐ No; ☐ Yes Mortar & Pestle ☐

Oven-Dried: ☐ Sieving 1st Coarser Sieve Set: ☐ No; ☐ Yes Pulverizer ☐

Air-Dried: ☐ Sieving 2nd Coarser Sieve Set: ☐ No; ☐ Yes Hand ☐

As-Received State: ☐ Sieving Finer Sieve Set: ☐ No; ☐ Yes Other _____

Washing:	N/A	Yes	No	Soaked For:	Dispersent Used:		Dispersion Appratus Used & Type (Ultrasonic/Shaken):		
Test Specimen:	☐	☐	☐	____(min)	☐ No;	☐ Yes	☐ No;	☐ Yes	_____
Coarse Portion:	☐	☐	☐	____(min)	☐ No;	☐ Yes	☐ No;	☐ Yes	_____
SubS or 2nd CP:	☐	☐	☐	____(min)	☐ No;	☐ Yes	☐ No;	☐ Yes	_____
2nd Subspecimen:	☐	☐	☐	____(min)	☐ No;	☐ Yes	☐ No;	☐ Yes	_____

Used coarser sieve over No. 200 Washing Sieve: ☐ No; ☐ Yes

If Yes, Sieve Size: _____

MASS OF TEST SPECIMEN				**Washed Specimen**			**Water Content (*W*)**	
	Total Test Specimen	Subspecimen First	Subspecimen Second	Retained Washed Soil (after washing)			☐ As Received or Subspecimen (First)	
Min. sieve size in sieving sequence[1]				Coarse Portion	SubS / 2nd CP	2nd Subspec.	Container No.:	
Container Number							Moist+Cont.(g):	
Mass Dry Soil + Container, (g)							Dry+Cont.(g):	
Mass Container, (g)							Cont.(g):	
Mass Dry Soil, M_d (g)							***W*, %**	
Percent Loss on Washing, (%):								

SIEVING RESULTS

Size of Large Sieves at:

See (2)	Sieve No.	Cumulative Mass Retained, CMR_N (g)	% Passing Sieve	Percent Passing, PP_N
	3"			
	2"			
	1 1/2"			
	1"			
	3/4"			
	1/2"			
	3/8"			
	4			
	1st Pan		2nd Pan (g):	

Req. Mass of Test Spec. for 1% (kg)	See (2)
3" = 50	
1 1/2" = 10	
3/4" = 1.1	
3/8"=0.15-0.25	
#4 = 0.50-0.1	
#10 = 0.05-0.1	

Sieve Time (min):

Large = _____

Small = _____

Size of Small Sieves at: 8" Dia. or

Sieve No. /(3)	Cumulative Mass Retained, CMR_N (g)	% Passing Sieve	Percent Passing, PP_N
1"/1,100			
3/4"/900			
1/2"/570			
3/8"/550			
4 /325			
10 /180			
20 /115			
40 /75			
60 / 60			
100 / 40			
140 / 30			
200 / 20			
1st Pan		2nd Pan (a):	

Notes : [1] Sieve size given, denotes min. sieve size used in the appropriate sieve set.

[2] X in box denotes designated separating sieve size

[3] Allowable amount of soil retained on 8" sieve.

SUMMARY: Shape, Filter, & etc. Parameters

%COBBLES N/A D_{60} _____ D_{85} _____

% GRAVEL _____ D_{30} _____ D_{15} _____

% SAND _____ D_{10} _____ D_{50} _____

% FINES _____ C_u = _____ C_c = _____

Mica Noted: ☐ No; ☐ Yes Amount Adjective: _____

Remarks: _____

The above D_x values denotes particle size (mm) at the corresponding TPP_n.

Coefficient of Curvature, $C_C = (D_{30})^2 / (D_{60} \times D_{10})$

Coefficient of Uniformity, $C_U = D_{60} / D_9$

N/A - not applicable. CP - coarser portion

SubS - subspecimen

	Set-Up By:	Dry Mass By:	Washed By:	
Test Specimen:	_____	_____	_____	Calculated By: _____
Coarse Portion:	_____	_____	_____	Checked By: _____
Fine Portion:	_____	_____	_____	Spot Checked By: _____
Date:	_____	_____	_____	Reviewed By: _____

9.8.Formato para Determinación del Contenido de Humedad ASTM D2216-19

X1. WATER CONTENT OF SOIL AND ROCK SAMPLE DATA SHEET

Project Name: _____ Project Number: _____ | Date:

Test Method: X Method A / ____ Method B

Laboratory Number	04-725-S	04-726-S	04-727-S		
Boring Number	B-1	B-2	B-2		
Field Number	SPT-1	SPT-2	SPT-2a		
Container / Lid Number	725	726	727		
Container Mass, g M_c	770.1	731.7	770.6		
Container+Moist Specimen Mass, g M_{cms}	1895.3	2008.4	1827.9		
Initial Container Dry Specimen Mass, g	1721.4	1872.1	1707.6		
Secondary Container Dry Specimen Mass, g	1721.4	1801.2	1660.8		
Final Container Dry Specimen Mass, g, M_{cds}	1721.4	1801.2	1660.8		
Mass of Water, g, $M_w = M_{cms} - M_{cds}$	173.9	207.2	167.1		
Mass of Solids, g, $M_s = M_{cds} - M_c$	951.3	1069.5	890.2		
Water Content, %, $w = (M_w/M_s) \times 100$	18	19	19		
Unified Soil Classification Group Symbol (Visual)	GC	GC	GC		
Approximate Maximum Particle Size (Visual)					
Oven Temperature if Other Than 110 ± 5°C	—	—	—		

Remarks: _____

_____

Tested By: _____ Date: _____ Checked By: _____

Dry Mass By: _____ Date: _____ Spot Checked: _____

Calculated By: _____ Date: _____ Reviewed By: _____

9.9.Formato para Determinación de los Límites de Consistencia ASTM D4318-17e1

Laboratory Name: Example | Project Name: Example | Project Number: Example
Soil Type: CH-1 | Boring Number: N/A | Depth (m or ft): N/A
Initial Visual Description: CH, brown, highly plastic clay
Sample Number: N/A

INITIAL VISUAL USCS GROUP SYMBOL:	CH

SPECIMEN PREPARATION			
Wet:	X	Washed on #40 Sieve	
Dry (Air):		Dry Sieved on #40 Sieve	
Dry (Oven):		Mechanically Pushed Through #40 sieve	
		Mixed on Glass Plate and Removed Medium Plus Sand Particles	X
Mixing Water: Distilled	X	Demineralized:	Other:

TESTING EQUIPMENT USED		
Plastic Limit:	Hand Rolled	X
	Mechanical Rolling Device	
Liquid Limit:	Manual	X
Apparatus No. ( )	Mechanical	
Casagrande/ASTM	Metal	
Grooving Tool:	Plastic	X

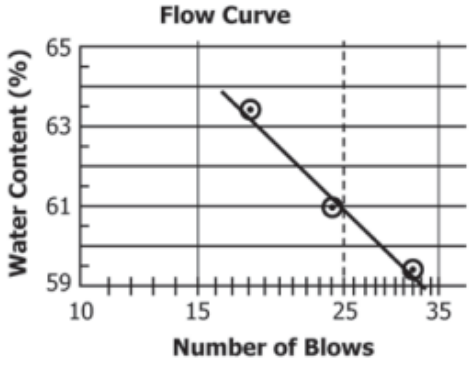
AS-RECEIVED WATER CONTENT (OVEN DRIED)

Container No.	example	example	
Mass Moist Soil + Container, M1(g)	n/a	n/a	
Mass Dry Soil + Container, M2(g)			
Mass Container, M3(g)			Average
WATER CONTENT, w. (%)			

Circle Approximate Max. Grain Size in Sample 3" 1-1/2" 3/4" 3/8" #4 #10 <#10

PLASTIC LIMIT

Container No.	151	s-110	
Mass Moist Soil + Container, M1(g)	24.44	23.75	
Mass Dry Soil + Container, M2(g)	22.96	22.13	
Mass Container, M3(g)	16.76	15.32	Average
WATER CONTENT, w. (%)	23.9	23.8	23.9



LIQUID LIMIT

Container No.	147	232	152	
Mass Moist Soil + Container, M1(g)	35.24	37.79	35.88	
Mass Dry Soil + Container, M2(g)	28.52	30.50	28.46	
Mass Container, M3(g)	17.19	18.55	16.75	
WATER CONTENT, w. (%)	59.3	61.0	63.4	
NUMBER OF BLOWS, N	32	24	18	Average
LIQUID LIMIT, ASTM SINGLE POINT	n/a	n/a	n/a	n/a

LINEAR REGRESSION ANALYSIS	
w at N = 25 Blows	
Coef. Of Determination, r^2	

Recommended range of Blow Count for Multiple Point Method A: SUMMARY
15 to 25, 25 to 30 and 25 to 35
Recommended range of Blow Count for Single Point Method B:
20 to 30
wo or w = ((M1–M2)/(M2–M3))x100
LL = Water Content a N=25 blows, from Flow Curve
LL by Single Point = w x (N/25)0.121
PI = LL–PL
LI =(wo–PL)/(LL–PL)

TEST METHOD	A	X	B		Wet	X	Dry	
AS-RECEIVED WATER CONTENT, w.(%)							n/a	
LIQUID LIMIT, LL							61	
PLASTIC LIMIT, PL							24	
PLASTICITY INDEX, PI							37	
LIQUIDITY INDEX, LI							n/a	
PERCENTAGE POINTS ABOVE/BELOW A-LINE							n/a	
PLASTICITY CHART CLASSIFICATION							CH	

PREPARED BY: _____ DATE: _____ DRY MASS BY: _____ CHECKED BY: _____
TESTED BY: _____ DATE: _____ CALCULATED BY: _____ SPOT CHECKED BY: _____
REVIEWED BY: _____

FIG. X1.1 Sample Data Sheet

OBSERVACIONES Y ACLARACIONES CON RESPECTO AL ENSAYO SPT

9.10. Observaciones y aclaraciones con respecto al ensayo SPT

OBSERVACION: TODOS LOS ENSAYOS DEL SPT SE REALIZO A PARTIR DE 0.20M, LA PROFUNDIDAD QUE SE MENCIONA A 0.45M, SI LO CONSIDERAMOS DE LA SUPERFICIE ESTARIAMOS HABLANDO DE UNA PROFUNDIDAD DE 0.65M

TESIS: "COEFICIENTE DE BALASTO RELACIONADO CON EL NUMERO DE GOLPES DEL ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR EN SUELO DIATOMITICO DE PIURAYPAMPA DEL DISTRITO DE CHINCHERO, PROVINCIA DE URUBAMBA Y DEPARTAMENTO DE CUSCO"

PUNTO : 01

ENSAYO: 01

PROF (m)	GOLPES/ 45(cm) 0 - 15	15 - 30	30 - 45	N SPT	DESCRIPCION DEL SUELO (color, tipo, durezas, fisuras)
0.45	9	10	9	19	color blanco hueso, suelo diatomitico
0.9	9	9	8	17	color blanco hueso, suelo diatomitico
1.35	8	7	5	12	color blanco hueso, suelo diatomitico
1.8	4	5	5	10	color blanco hueso, suelo diatomitico
2.25	4	3	10	13	color blanco hueso, suelo diatomitico
2.7	7	5	9	14	color blanco hueso, suelo diatomitico
3.15	9	6	7	13	color blanco hueso, suelo diatomitico
3.6	6	7	6	13	color blanco hueso, suelo diatomitico
4.05	7	7	10	17	color blanco hueso, suelo diatomitico
4.5	8	12	9	21	color blanco hueso, suelo diatomitico
4.95	10	11	12	23	color blanco hueso, suelo diatomitico

OBSERVACION: TODOS LOS ENSAYOS DEL SPT SE REALIZO A PARTIR DE 0.20M, LA PROFUNDIDAD QUE SE MENCIONA A 0.45M, SI LO CONSIDERAMOS DE LA SUPERFICIE ESTARIAMOS HABLANDO DE UNA PROFUNDIDAD DE 0.65M

TESIS: "COEFICIENTE DE BALASTO RELACIONADO CON EL NUMERO DE GOLPES DEL ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR EN SUELO DIATOMITICO DE PIURAYPAMPA DEL DISTRITO DE CHINCHERO, PROVINCIA DE URUBAMBA Y DEPARTAMENTO DE CUSCO"

PUNTO : 01

ENSAYO: 02

PROF (m)	GOLPES/ 45(cm) 0 - 15	15 - 30	30 - 45	N SPT	DESCRIPCION DEL SUELO (color, tipo, durezas, fisuras)
0.45	9	9	9	18	color blanco hueso, suelo diatomitico
0.9	9	9	9	18	color blanco hueso, suelo diatomitico
1.35	7	7	6	13	color blanco hueso, suelo diatomitico
1.8	4	4	6	10	color blanco hueso, suelo diatomitico
2.25	4	6	9	15	color blanco hueso, suelo diatomitico
2.7	6	5	9	14	color blanco hueso, suelo diatomitico
3.15	9	6	9	15	color blanco hueso, suelo diatomitico
3.6	7	7	5	12	color blanco hueso, suelo diatomitico
4.05	7	8	8	16	color blanco hueso, suelo diatomitico
4.5	9	9	10	19	color blanco hueso, suelo diatomitico
4.95	9	9	10	19	color blanco hueso, suelo diatomitico

OBSERVACION: TODOS LOS ENSAYOS DEL SPT SE REALIZO A PARTIR DE 0.20M, LA PROFUNDIDAD QUE SE MENCIONA A 0.45M, SI LO CONSIDERAMOS DE LA SUPERFICIE ESTARIAMOS HABLANDO DE UNA PROFUNDIDAD DE 0.65M

TESIS: "COEFICIENTE DE BALASTO RELACIONADO CON EL NUMERO DE GOLPES DEL ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR EN SUELO DIATOMITICO DE PIURAYPAMPA DEL DISTRITO DE CHINCHERO, PROVINCIA DE URUBAMBA Y DEPARTAMENTO DE CUSCO"

PUNTO : 02

ENSAYO: 01

PROF (m)	GOLPES/ 45(cm) 0 - 15	15 - 30	30 - 45	N	DESCRIPCION DEL SUELO (color, tipo, durezas, fisuras)
0.45	9	9	10	19	color blanco hueso, suelo diatomitico
0.9	9	5	6	11	color blanco hueso, suelo diatomitico
1.35	5	4	3	7	color blanco hueso, suelo diatomitico
1.8	4	4	4	8	color blanco hueso, suelo diatomitico
2.25	4	5	5	10	color blanco hueso, suelo diatomitico
2.7	6	6	7	13	color blanco hueso, suelo diatomitico
3.15	8	8	8	16	color blanco hueso, suelo diatomitico
3.6	8	11	12	23	color blanco hueso, suelo diatomitico
4.05	11	12	14	26	color blanco hueso, suelo diatomitico
4.5	13	12	10	22	color blanco hueso, suelo diatomitico
4.95	11	10	11	21	color blanco hueso, suelo diatomitico

TESIS: "COEFICIENTE DE BALASTO RELACIONADO CON EL NUMERO DE GOLPES DEL ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR EN SUELO DIATOMITICO DE PIURAYPAMPA DEL DISTRITO DE CHINCHERO, PROVINCIA DE URUBAMBA Y DEPARTAMENTO DE CUSCO"

PUNTO : 02

ENSAYO: 02

PROF (m)	GOLPES/ 45(cm) 0 - 15	15 - 30	30 - 45	N	DESCRIPCION DEL SUELO (color, tipo, durezas, fisuras)
0.45	9	9	10	19	color blanco hueso, suelo diatomitico
0.9	8	5	7	12	color blanco hueso, suelo diatomitico
1.35	4	4	4	8	color blanco hueso, suelo diatomitico
1.8	4	4	6	10	color blanco hueso, suelo diatomitico
2.25	5	5	7	12	color blanco hueso, suelo diatomitico
2.7	7	6	6	12	color blanco hueso, suelo diatomitico
3.15	7	8	9	17	color blanco hueso, suelo diatomitico
3.6	9	10	10	20	color blanco hueso, suelo diatomitico
4.05	10	12	13	25	color blanco hueso, suelo diatomitico
4.5	9	11	11	22	color blanco hueso, suelo diatomitico
4.95	12	12	10	22	color blanco hueso, suelo diatomitico

OBSERVACION: TODOS LOS ENSAYOS DEL SPT SE REALIZO A PARTIR DE 0.20M, LA PROFUNDIDAD QUE SE MENCIONA A 0.45M, SI LO CONSIDERAMOS DE LA SUPERFICIE ESTARIAMOS HABLANDO DE UNA PROFUNDIDAD DE 0.65M

OBSERVACION: TODOS LOS ENSAYOS DEL SPT SE REALIZO A PARTIR DE 0.20M, LA PROFUNDIDAD QUE SE MENCIONA A 0.45M, SI LO CONSIDERAMOS DE LA SUPERFICIE ESTARIAMOS HABLANDO DE UNA PROFUNDIDAD DE 0.65M

TESIS: "COEFICIENTE DE BALASTO RELACIONADO CON EL NUMERO DE GOLPES DEL ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR EN SUELO DIATOMITICO DE PIURAYPAMPA DEL DISTRITO DE CHINCHERO, PROVINCIA DE URUBAMBA Y DEPARTAMENTO DE CUSCO"

PUNTO : 03

ENSAYO: 01

PROF (m)	GOLPES/ 45(cm) 0 - 15	15 - 30	30 - 45	N	DESCRIPCION DEL SUELO (color, tipo, durezas, fisuras)
0.45	8	7	9	16	color blanco hueso, suelo diatomitico
0.9	9	9	10	19	color blanco hueso, suelo diatomitico
1.35	9	11	5	16	color blanco hueso, suelo diatomitico
1.8	4	5	6	11	color blanco hueso, suelo diatomitico
2.25	5	3	4	7	color blanco hueso, suelo diatomitico
2.7	4	4	4	8	color blanco hueso, suelo diatomitico
3.15	4	4	5	9	color blanco hueso, suelo diatomitico
3.6	5	4	6	10	color blanco hueso, suelo diatomitico
4.05	5	5	6	11	color blanco hueso, suelo diatomitico
4.5	5	6	6	12	color blanco hueso, suelo diatomitico
4.95	5	5	6	11	color blanco hueso, suelo diatomitico

TESIS: "COEFICIENTE DE BALASTO RELACIONADO CON EL NUMERO DE GOLPES DEL ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR EN SUELO DIATOMITICO DE PIURAYPAMPA DEL DISTRITO DE CHINCHERO, PROVINCIA DE URUBAMBA Y DEPARTAMENTO DE CUSCO"

PUNTO : 03

ENSAYO: 02

PROF (m)	GOLPES/ 45(cm) 0 - 15	15 - 30	30 - 45	N	DESCRIPCION DEL SUELO (color, tipo, durezas, fisuras)
0.45	8	7	9	16	color blanco hueso, suelo diatomitico
0.9	9	10	10	20	color blanco hueso, suelo diatomitico
1.35	9	11	6	17	color blanco hueso, suelo diatomitico
1.8	3	4	5	9	color blanco hueso, suelo diatomitico
2.25	4	5	3	8	color blanco hueso, suelo diatomitico
2.7	3	3	4	7	color blanco hueso, suelo diatomitico
3.15	3	4	4	8	color blanco hueso, suelo diatomitico
3.6	4	6	5	11	color blanco hueso, suelo diatomitico
4.05	4	5	4	9	color blanco hueso, suelo diatomitico
4.5	5	5	5	10	color blanco hueso, suelo diatomitico
4.95	6	6	6	12	color blanco hueso, suelo diatomitico

OBSERVACION: TODOS LOS ENSAYOS DEL SPT SE REALIZO A PARTIR DE 0.20M, LA PROFUNDIDAD QUE SE MENCIONA A 0.45M, SI LO CONSIDERAMOS DE LA SUPERFICIE ESTARIAMOS HABLANDO DE UNA PROFUNDIDAD DE 0.65M

OBSERVACION: TODOS LOS ENSAYOS DEL SPT SE REALIZO A PARTIR DE 0.20M, LA PROFUNDIDAD QUE SE MENCIONA A 0.45M, SI LO CONSIDERAMOS DE LA SUPERFICIE ESTARIAMOS HABLANDO DE UNA PROFUNDIDAD DE 0.65M

TESIS: "COEFICIENTE DE BALASTO RELACIONADO CON EL NUMERO DE GOLPES DEL ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR EN SUELO DIATOMITICO DE PIURAYPAMPA DEL DISTRITO DE CHINCHERO, PROVINCIA DE URUBAMBA Y DEPARTAMENTO DE CUSCO"

PUNTO : 04

ENSAYO: 01

PROF (m)	GOLPES/ 45(cm) 0 - 15	15 - 30	30 - 45	N	DESCRIPCION DEL SUELO (color, tipo, durezas, fisuras)
0.45	12	10	7	17	color blanco hueso, suelo diatomitico
0.9	6	6	8	14	color blanco hueso, suelo diatomitico
1.35	5	4	3	7	color blanco hueso, suelo diatomitico
1.8	3	7	3	10	color blanco hueso, suelo diatomitico
2.25	3	3	5	8	color blanco hueso, suelo diatomitico
2.7	5	4	4	8	color blanco hueso, suelo diatomitico
3.15	6	7	6	13	color blanco hueso, suelo diatomitico
3.6	8	8	7	15	color blanco hueso, suelo diatomitico
4.05	7	7	10	17	color blanco hueso, suelo diatomitico
4.5	11	13	11	24	color blanco hueso, suelo diatomitico
4.95	10	10	12	22	color blanco hueso, suelo diatomitico

TESIS: "COEFICIENTE DE BALASTO RELACIONADO CON EL NUMERO DE GOLPES DEL ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR EN SUELO DIATOMITICO DE PIURAYPAMPA DEL DISTRITO DE CHINCHERO, PROVINCIA DE URUBAMBA Y DEPARTAMENTO DE CUSCO"

PUNTO : 04

ENSAYO: 02

PROF (m)	GOLPES/ 45(cm) 0 - 15	15 - 30	30 - 45	N	DESCRIPCION DEL SUELO (color, tipo, durezas, fisuras)
0.45	11	10	6	16	color blanco hueso, suelo diatomitico
0.9	6	6	10	16	color blanco hueso, suelo diatomitico
1.35	5	4	4	8	color blanco hueso, suelo diatomitico
1.8	4	7	2	9	color blanco hueso, suelo diatomitico
2.25	4	3	5	8	color blanco hueso, suelo diatomitico
2.7	4	4	5	9	color blanco hueso, suelo diatomitico
3.15	6	7	6	13	color blanco hueso, suelo diatomitico
3.6	7	8	7	15	color blanco hueso, suelo diatomitico
4.05	8	7	10	17	color blanco hueso, suelo diatomitico
4.5	10	12	13	25	color blanco hueso, suelo diatomitico
4.95	11	10	12	22	color blanco hueso, suelo diatomitico

OBSERVACION: TODOS LOS ENSAYOS DEL SPT SE REALIZO A PARTIR DE 0.20M, LA PROFUNDIDAD QUE SE MENCIONA A 0.45M, SI LO CONSIDERAMOS DE LA SUPERFICIE ESTARIAMOS HABLANDO DE UNA PROFUNDIDAD DE 0.65M

OBSERVACION: TODOS LOS ENSAYOS DEL SPT SE REALIZO A PARTIR DE 0.20M, LA PROFUNDIDAD QUE SE MENCIONA A 0.45M, SI LO CONSIDERAMOS DE LA SUPERFICIE ESTARIAMOS HABLANDO DE UNA PROFUNDIDAD DE 0.65M

TESIS: "COEFICIENTE DE BALASTO RELACIONADO CON EL NUMERO DE GOLPES DEL ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR EN SUELO DIATOMITICO DE PIURAYPAMPA DEL DISTRITO DE CHINCHERO, PROVINCIA DE URUBAMBA Y DEPARTAMENTO DE CUSCO"

PUNTO : 05

ENSAYO: 01

PROF (m)	GOLPES/ 45(cm) 0 - 15	15 - 30	30 - 45	N	DESCRIPCION DEL SUELO (color, tipo, durezas, fisuras)
0.45	7	7	6	13	color blanco hueso, suelo diatomitico
0.9	5	5	4	9	color blanco hueso, suelo diatomitico
1.35	2	3	3	6	color blanco hueso, suelo diatomitico
1.8	3	3	4	7	color blanco hueso, suelo diatomitico
2.25	3	3	2	5	color blanco hueso, suelo diatomitico
2.7	2	3	5	8	color blanco hueso, suelo diatomitico
3.15	4	3	4	7	color blanco hueso, suelo diatomitico
3.6	3	3	6	9	color blanco hueso, suelo diatomitico
4.05	8	5	5	10	color blanco hueso, suelo diatomitico
4.5	3	5	4	9	color blanco hueso, suelo diatomitico
4.95	5	6	6	12	color blanco hueso, suelo diatomitico

TESIS: "COEFICIENTE DE BALASTO RELACIONADO CON EL NUMERO DE GOLPES DEL ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR EN SUELO DIATOMITICO DE PIURAYPAMPA DEL DISTRITO DE CHINCHERO, PROVINCIA DE URUBAMBA Y DEPARTAMENTO DE CUSCO"

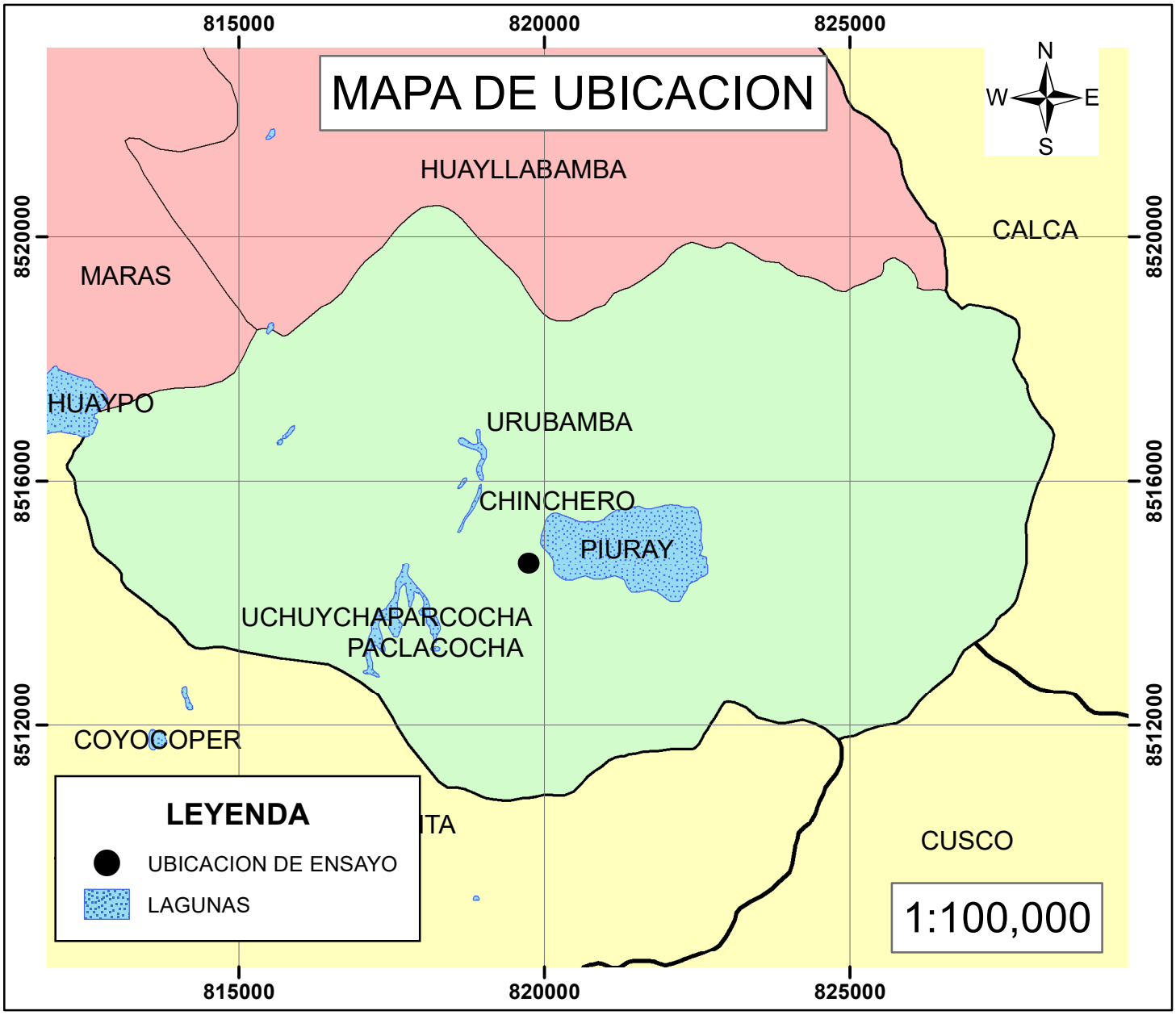
PUNTO : 05

ENSAYO: 02

PROF (m)	GOLPES/ 45(cm) 0 - 15	15 - 30	30 - 45	N	DESCRIPCION DEL SUELO (color, tipo, durezas, fisuras)
0.45	8	6	6	12	color blanco hueso, suelo diatomitico
0.9	4	5	5	10	color blanco hueso, suelo diatomitico
1.35	4	3	4	7	color blanco hueso, suelo diatomitico
1.8	3	4	3	7	color blanco hueso, suelo diatomitico
2.25	2	3	3	6	color blanco hueso, suelo diatomitico
2.7	3	4	4	8	color blanco hueso, suelo diatomitico
3.15	4	4	4	8	color blanco hueso, suelo diatomitico
3.6	5	3	5	8	color blanco hueso, suelo diatomitico
4.05	6	6	4	10	color blanco hueso, suelo diatomitico
4.5	3	5	6	11	color blanco hueso, suelo diatomitico
4.95	6	6	7	13	color blanco hueso, suelo diatomitico

OBSERVACION: TODOS LOS ENSAYOS DEL SPT SE REALIZO A PARTIR DE 0.20M, LA PROFUNDIDAD QUE SE MENCIONA A 0.45M, SI LO CONSIDERAMOS DE LA SUPERFICIE ESTARIAMOS HABLANDO DE UNA PROFUNDIDAD DE 0.65M

PLANOS



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

NOMBRE DEL TESIS: "COEFICIENTE DE BALASTO RELACIONADO CON EL NUMERO DE GOLPES DEL ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR EN SUELO DIATOMITICO DE PIURAYPAMPA DEL DISTRITO DE CHINCHERO, PROVINCIA DE URUBAMBA Y DEPARTAMENTO DE CUSCO"	**UBICACIÓN** DISTRITO : CHINCHERO PROVINCIA : URUBAMBA REGIÓN : CUSCO	**TESISTAS:** 1) JHONDER QUISPE LLANOS 2) ANDERSON QUISPE ALARCON	PLANO DE UBICACIÓN P-01	**SISTEMA DE COORDENADAS** PROYECCIÓN : UTM ZONA : 18 Sur COORDENADAS : UTM-84	**ESCALA** 1/100000 **FECHA:** MARZO- 2025

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

MAPA GEOLÓGICO DEL PERÚ A ESCALA 1: 1 000 000

VERSIÓN OCTUBRE 2020

N

ECUADOR
COLOMBIA
BRASIL
BOLIVIA
CHILE
OCÉANO PACÍFICO

TUMBES
PIURA
LAMBAYEQUE
CAJAMARCA
AMAZONAS
LORETO
SAN MARTIN
LA LIBERTAD
ANCASH
HUANUCO
UCAYALI
PASCO
JUNIN
LIMA
HUANCAVELICA
ICA
AYACUCHO
APURIMAC
CUSCO
MADRE DE DIOS
PUNO
AREQUIPA
MOQUEGUA
TACNA

SÍMBOLOS

- Falla normal
- Falla normal inferida
- Falla inversa
- Falla inversa inferida
- Sobreescurrimiento
- Sobreescurrimiento inferido
- Lineamiento
- Falla de rumbo diestra
- Falla de rumbo sinistra
- Capital de provincia
- Límite departamental
- Lago / Laguna
- Domos de Sal

TABLA DE LAS UNIDADES CRONOESTRATIGRÁFICAS MODIFICADA DE CCGM (2014)

EON	ERATEMA	SISTEMA	SERIE	CÓDIGO ESTANDARIZADO	NUMERACIÓN
FANEROZOICO	CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO	Q	2
			PLEISTOCENO		1
		NEÓGENO	PLIOCENO	N	2
			MIOCENO		1
		PALEÓGENO	OLIGOCENO	P	3
			EOCENO		2
			PALEOCENO		1
	MESOZOICO	CRETÁCICO	SUPERIOR	K	2
			INFERIOR		1
		JURÁSICO	SUPERIOR	J	3
			MEDIO		SUPERIOR
			INFERIOR		MEDIO
		TRIÁSICO		T	INFERIOR
					2
					1
	PALEOZOICO	PÉRMICO	LOPINGIANO	PE	3
			GUADALUPIANO		2
			CISURALIANO		1
		CARBONÍFERO	PENSILVANIANO	C	2
			MISISIPIANO		1
		DEVÓNICO	SUPERIOR	D	3
			MEDIO		2
			INFERIOR		1
		SILÚRICO	PRIDOLIANO	S	4
			LUDWLOLIANO		3
			WENLOCKIANO		2
			LLANDOVERIANO		1
		ORDOVÍCICO	SUPERIOR	O	3
			MEDIO		2
			INFERIOR		1
		CÁMBRICO	FURONGIANO	E	4
			SERIE3		3
			SERIE2		2
			TERRENEUVIANO		1
	Neoproterozoico			co	
PROTEROZOICO	Mesoproterozoico				
	Paleoproterozoi				

A. Clases de Roca

- Ígnea (letras griegas: α, γ, δ)
- Vulcano-sedimentaria (V)
- Sedimentaria (S)
- Metamórfica (M)

B. Subclases

El número que esta a la der

Letra	Naturaleza
α	Vulcanismo félsico
γ	Plutonismo félsi
δ	Plutonismo máfico.
vs	Vulcano sedimentaria
pc	Piroclást

C. Rocas metamórficas

esquist

C. Rocas sedimentarias

D. Contexto general

ms	metasedi

E. Numeración

La secuenciade la edad relat va litológica de un mismo hecho se le asigna una numeración:1 para el mas antiguo y n para el más joven.

NP	DEVÓNICO	SUPERIOR	D	3
MP		MEDIO		2
PP		INFERIOR		1

LEYENDA

UNIDADES CRONO-LITOESTRATIGRÁFICAS

COSTA | CORDILLERAS OCCIDENTAL Y ORIENTAL | FAJA SUBANDINA Y LLANURA AMAZÓNI

CCGM | CMGP | UNIDADES INTRUSIVAS

HOLOCENO — Q2 Sc | Qh c — Depósitos aluviales recientes, eólicos, coluviales.
PLEISTOCENO — Q1 Sm Sc | Qp m c — Formación Talara. Formación Cañete. Depósitos aluviales antiguos.
PLIOCENO — N2 Sc | NQ c — Formación Changuillo.
N2 Sc Sm Vs | Np c m vs — Formación Mal Paso. Formación Pisco.
MIOCENO — N1 Sm Sc | Nm m v — Formaciones: Pisco, Zorritos, Cardalitos y Tumbes. Formaciones Nazca y Huaylillas.
OLIGOCENO — P3 Sm Vpc | Po m c — Formación Mirador. Formación Mirgueya.
EOCENO — P2 Sm | Pe m — Formaciones: Salinas, Talara, Chira y Verdún.
PALEOCENO — P1 Sm Sc | Pp m c — Formación Palegreda. Formación Socota.
SUPERIOR — K2 Sc Sm | Ks c m — Formación Tablones. Grupo Copa Sombrero. Formación Redondo.
INFERIOR — K1 Sm Sc Vpc | Ki m mc c — Grupo Lima. Formaciones: Pamplona, Atocongo, Pariatambo. Grupo Morro Solar. Formaciones: Gigantal y Huallhuani. Formación Pucusana.
SUPERIOR — J3 Sm Vv s | Js m vs mc — Formaciones: Chicama y Sándia. Formación Guaneros.
MEDIO — J2 Sm Vv s | Jm vs m — Formación Oyotún.
INFERIOR — J1 Sm Vv s | Ji m vs — Formación Socosani. Formación Pelado. Formación Chocolate.
SUPERIOR — T3 J1 Sm | Ts Ji m — Grupo Pucará. Formación La Leche.
MEDIO — PE3 T Sc | PEi c — Grupo Mitu. Formación Palcaus.
INFERIOR — LOPINGIANO, GUADALUPIANO, CISURALIANO
PENSILVANIANO — C2 P1 Sm | CpPE m — Grupo Tarma. Formación Cerro Prieto.
MISISIPIANO — C1 Sc | Cm c — Grupo Ambo. Formación Chaucoco de Pallo.
SUPERIOR — D Sm | D m — Formación Cerro Negro, Toñán.
MEDIO, INFERIOR
SILÚRICO, ORDOVÍCICO, CÁMBRICO
NEOPROTEROZOICO — NP Mgn Mxt gn | NP gn es q gn — Complejo Olmos. Formación Chiqueto y San Juan.
MESOPROTEROZOICO — MNP Mgn | MNP gn — Complejo Basal de la Costa.

CORDILLERAS OCCIDENTAL Y ORIENTAL — UNIDADES INTRUSIVAS

HOLOCENO — Q2 Sc | Qh c — Depósitos aluviales recientes, glaciares, glaciar-fluvial, lacustrinos. Formación Pesca. Formaciones: San Sebastián Acarí-garro, La Unión. Grupo Caplina. Grupo Ambo. Formación Rumicolca. Estrato volcanes Ampato, Coropuna, Chachani, Misti y Sabancaya. Domos: Ayo-Arhuito, Acoquihuato y Uchos.
PLEISTOCENO — Q1 Sc Vpc | Qp c — Grupo Barroso.
PLIOCENO — N2 Q1 Sc Vv s | NQ c v vs — Formación Quechua Grande.
MIOCENO — N2 Sc Vpc | N1 Sm Sc Vv s | Np c v — Formación Capilluna, Coindebamba. Formación San cca.
N1 Sm Sc Vpc | Nmp v — Formaciones: Ayabamba, Pacococha. Formaciones: Quenamari, Yungay, Flotaciya y Huaylillay.
Nm c v — Formación Bellavista, Caqlabamba. Formaciones: Huaracchiri, Shimbe, Alpabamba, Castrovirreyna, Lamchacha, Andamarca.
OLIGOCENO — P3 Sm Vv s | PN m v — Formación Chilcatay. Grupo Caleguay. — Pm(...) — PN-tn, gd — Super Unidad Catahuasi. Unidad Tupe.
P3 Sm Vpc | Po m c — Formaciones: Máncora y Heath. Formación Mirgueya.
EOCENO — P2 Sm | Pe m — Formaciones: Salinas, Talara, Chira y Verdún.
PALEOCENO — P1 Sm Sc | Pp m c — Formación Palegreda. Formación Socota. — KP- v y — KP- and, ri — Cuerpos Subvolcánicos. Grupo Calipuy. Unidad Pucaybamba. — KP- δ γ — KP- mgr, gr tn, gd — Super Un idades: Pativilca, Sayán. Unidad Cayan. Granodiorita Ayacaca. Super Un idades: Pariacaca, San Jerónimo, Marcapomacocha. Unidad Yanahuanca.
K2 P1 Vv s | Ks P vs — Grupo Tinajones Inferior.
SUPERIOR — K2 Sc Sm | Ks c m — Formación Tablones. Grupo Copa Sombrero. Formación Redondo. — K2- α — Ks- and, ri — Cuerpos Subvolcánicos e intrusivos menores. — K2- γ — Ks- tn, gd — Super Unidad Humaya y Cochahuasi. — K2- δ γ — Ks- mgr, gr tn, gd — Super Un idades: Tablaya y Lunga. Plutones: Paredes y Lachay. — K2- vs — Ks- tn, gd — Super Un idades: Santa Rosa, Incahuasi y Pampahuasi. Plutón.
K2- pc — Ks- gb, di — Super Unidad Patap. Gabro Lancones.
INFERIOR — K1, 2 Vv s | Kis vs — Grupo Tinajones Inferior. — K1, 2 Sm | Kis m — Grupo Moho.
K1 Sm Sc Vpc | Ki m mc c — Grupo Lima. Formaciones: Pamplona, Atocongo, Pariatambo. Grupo Morro Solar. Formaciones: Gigantal y Huallhuani. Formación Pucusana. — K1 Sm Sc Vpc | Ki m mc c — Formaciones: Inca, Pariahuanca, Chulec, Pariatambo. Grupo Goyllarisquizga. Formaciones: Oyón, Hualhuani y Muroco. Formación Chúlec/Jacaltaca.
— Kin — Kin- and, ri — Cuerpos subvolcánicos e intrusivos menores.
— K1y — Kin- mgr, gb — Super Un idad Jecuán. Plutón Acarí.
— K1v — Kin- tn, gd — Super Un idad Ilo.
SUPERIOR — J3 K1 Smc Vv s | Js Ki vs mc — Grupo Yura. Formaciones: Muni y Huamputo.
J3 K1 Smc | Js Ki mc — Grupo Yura. Formaciones: Muni y Huamputo.
SUPERIOR — J3 Sm Vv s | Js m vs — Grupo Lagunillas. Formación Chicama. — J3s — Js- and, ri — Cuerpos subvolcánicos e intrusivos menores.
J3gd — Js- diq — Diorita, Granodiorita.
MEDIO — J2 Sm Vv s | Jm m vs — Formaciones: Socosani, Churumayo, Cenicaguclo, Ayabamba. Formación Oyotún. — J2gd — Jm- gr, di — Granodiorita Tarma y Limbani.
J2gr — Jm- mgr, gr — Granodiorita Huachón.
INFERIOR — J1 Sm Vv s | Ji m vs — Formación Pelado. Formación Socosani. Formación Chocolate. — J1gr — Ji- mgr, gr — Granodiorita Huachón.
J1gd — Ji- tn, gd — Granodiorita Tarma y Limbani.
SUPERIOR — T3 J1 Sm | Ts Ji m — Grupo Pucará. — T3J1- — TsJi- tn, gd — mgr al a - Granodiorita San Antonio y Cayash.
MEDIO — PE3 T Sc | PEi c — Grupo Mitu. — PEi- — PET- and, ri — Subvolcánico Yanacocha. Cuerpos subvolcánicos e intrusivos menores.
INFERIOR — LOPINGIANO, GUADALUPIANO, CISURALIANO — PE3T- — PEi- mgr, gr tn, gd — Batolito Machu Picchu, Villa Azul, Coma. Granitos Pacaritambo. Granodiorita Tarma y Limbani.
PENSILVANIANO — C2 P1 Sm | CpPE m — Grupo Tarma. Formación Cerro Prieto. — C2gr — Co — C- and, ri — Subvolcánico Uchiza. Cuerpos subvolcánicos e intrusivos menores.
MISISIPIANO — C1 Sc | Cm c — Formación Lavasén. Grupo Ambo. — C1gr — C — mgr, gr tn, gd — Batolito Gollán-Callangate, Palluz. Plutones: Balsas, Pampa Hermosa, Cashicsha. Plutones: Cerro Campana y Cosuel las San Andrés.
SUPERIOR — D Sm | D m — Grupo Cabanillas. Formaciones: Ucos y Costa. — Dgr — Granitos de Pacococha.
MEDIO, INFERIOR — SD ms | SD ms — Formación: Chagraj, Lampa, Ananeas y Excelsior. — m-cgr, m — Ds- gr, di — Batolito San Nicolás.
SILÚRICO, ORDOVÍCICO — O ms | O ms — Grupo San José. Formaciones: Sandia, Contaya y Cancaniri. — Oy — O- gd — Batolito Ático - Caraveli.
CÁMBRICO — E ms | E ms — Formación Marcona.
NEOPROTEROZOICO — NP Mgn Mxt gn | NP gn es q gn — Complejos: Marañón, Marayniyoc, Marañón. Huaytapallana, Pichem, Cleto Puno.
MESOPROTEROZOICO — MNP Mgn | MNP gn — Complejo Basal de la Costa. — NPy — NP- gr — Granito.

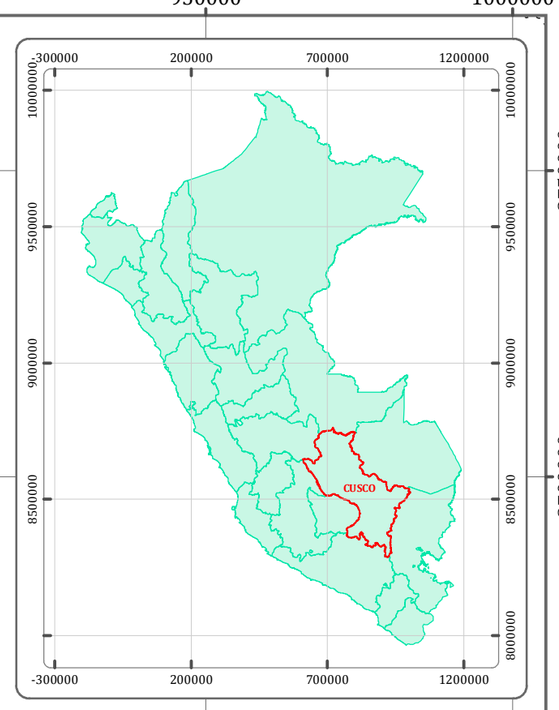
FAJA SUBANDINA Y LLANURA AMAZÓNICA — UNIDADES INTRUSIVAS

Q2 Sc | Qh c — Depósitos aluviales recientes, fluviales y coluviales.
Q1 Sc | Qp c — Formación Iquitos. Depósitos aluviales antiguos y coluviales.
N2 Q1 Sc | NQ c — Formaciones: Madre de Dios, Nauta, Pebas, Río Pichis, La Merced, Tambo rapa, Tulumayo, Juan Jui y Vicuyal.
N1, 2 Sc | Nmp c — Formaciones: Ipururo y Pebas. — Ny — N- ton — Fonolita.
P2 Sm | Pe m — Formación Pozo.
P Sc | P c — Formación Yahuarango. — KPy — KP- tn, gd — Batolito Coastal del Condor.
K2 Sc | Ks c — Formaciones: Vivian, Cachiyacu, Huchpayacu y Casa Blanca.
K1, 2 Sm | Kis m — Formación Chonta.
K1 Sc | Ki c — Grupo Oriente.
J3 Sc | Js c — Formación Sarayaquillo.
PE3T Sc | PEi c — Grupo Mitu. Formaciones: Ene y Mendiolaza. — PETy — PET- mgr, gr — Batolito La Merced-Ramón.
C2 P1 Sm | CpPE m — Grupo Tarma y Copacabana.
C1 Sc | Cm c — Grupo Ambo.
D Sm | D m — Grupo Cabanillas.
SD ms | SD ms — Formación Ananea.
O ms | O ms — Formación Contaya.
NP Mgn Mxt gn | NP gn es q gn — Complejos: Marañón, Arada (Icoaysamba) y Sira.

CCGM: Comisión para la Carta Geológica del Mundo

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO	
NOMBRE DE LA TESIS: "COEFICIENTE DE BALASTO RELACIONADO CON EL NÚMERO DE GOLPES DEL ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR EN SUELO DIATOMITICO DE PIURAYPAMPA DEL DISTRITO DE CHINCHERO, PROVINCIA DE URUBAMBA Y DEPARTAMENTO DE CUSCO"	UBICACIÓN: DISTRITO : CHINCHERO; PROVINCIA : URUBAMBA; REGIÓN : CUSCO
TESISTAS: 1) JHONDER QUISPE LLANOS; 2) ANDERSON QUISPE ALARCON	PLANO GEOLÓGICO NACIONAL: P-02
SISTEMA DE COORDENADAS: PROYECCIÓN : UTM; ZONA : 18 Sur; COORDENADAS : UTM-84	ESCALA: 1/100000; FECHA: MARZO-2025

MAPA GEOLOGICO - REGIÓN CUSCO



UCAYALI

JUNIN

MADRE DE DIOS

LA CONVENCION

Quillabamba

CALCA

URUBAMBA

Urubamba

Calca

PAUCARTAMBO

Paucartambo

CUSCO

ANTA

Anta

CUSCO

QUISPICANCHI

Urcos

Paruro

PARURO

Acomayo

ACOMAYO

CANCHIS

Yanaoca

Sicuani

Santo Tomas

CHUMBIVILCAS

CANAS

Yauri

ESPINAR

PUNO

MOQUEGUA

COLUMNA ESTRATIGRAFICA - REGION CUSCO

ERA	SISTEMA	SERIE	PISO	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS: ANDINA		SIMB	SUB ANDINA-AMAZONICA	SIMB	SIMB	UNIDAD
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO		Depósitos Aluviales		Qh-al				
				Depósitos Aluviales 1		Qh-al1				
				Depósitos Aluviales 2		Qh-al2				
				Depósitos Fluviales		Qh-fl				
				Depósitos Coluviales		Qh-co				
				Depósitos Eluviales		Qh-el				
				Volcanico Quinsachata		Qh-qui/an				
			CALABRIENSE	Depósitos de Travertino		Qh-tr				
		PLEISTOCENO	TARANTIENSE	Depósitos Fluvioglaciar		Qpl-flg				
				Depósitos Morrenicos		Qpl-mo			Cp-cot_cu/gb	Unidad Cotabambas, Pluton Curahuasi,gabro
			IONIENSE	Formación San Sebastian		Qpl-sa				
				Formación Santo Tomás		Qp-sto			PN-cot/dg,to	Unidad Cotabambas, Granodioritas,Tonalitas
			GELASIENSE	Formación Rumicolca		V Qpl-ru V			Qp-ru	Andesita y Shoshonita
							Formación Ucayali	Qpl-u	Cp-cot/gd,to	Unidad Cotabamba,granodioritas;Volcanico Quechua Grande
				Formación Casa Blanca			Formación Cancao	Qp-ca		
	NEOGENO	PLIOCENO	GELASIANO	Formación Chincheros		NQ-cb				
					Formacion Huaycha	Np-chi				
			ZANCLEANO	Grupo Barroso	Formacion Casanuma	QP-ha/hu			QPl-sh	Cuerpo volcanico Callocahua, Shoshonita
				Formación Pisquicocha	Volcanico Quechua grande	QP-ca/ca	Formación La Merced	NQ - lm		
				Formación Quenamari, Sapanuta - Yapamayo		NQ-pi				
		MIOCENO	MESSIANIANO			Np-sa/ya	Formación Rio Picha	NQ-rp		
			TORTONIANO	Formación Paruro			Formación Ipururo	Nm-i		
					Miembro I	Nm-pal			Nm/an	Andesita
			SERRAVALIANO		Miembro II	Nm-pall				
				Formación Ococruro		Nm-oc				
					Miembro I	Nm-maI				
				Grupo Maure	Miembro II	Nm-maII				
			LANGHIANO		Miembro III	Nm-maIII				
					Miembro IV	Nm-maIV				
				Grupo Sillapaca		Nm-si				
				Formación Alpabamba - miembro1		Nm-al1				
				Formacion Palca		Pm-pa				
			AQUITANIANO		Volcano Sedimentario	PN-Ta-vs				
					Lava Brecha	PN-Ta-lbr				
				Grupo Tacaza	Formación Orcopampa	PN-Ta-or				
					Formación Ichucollo	PN-Ta-ich				
							Formación Chambira	PN-ch	PN-ya/gr,an	Unidad Yanacocha
	PALEOGENO	OLIGOCENO	CHATTIANO						Po-cha/di	Pluton Charamuray
			RUPELIANO	Grupo Puno		P-pu			Pe-pi/to,dg	Pluton Pisurata, Colquemarca,Pluton Pampa,Unidad La Raya
			PRIABONIANO	Formacion Punacancha	MiembroI	Nom-puI				
					MiembroII	Nom-puII				
					MiembroIII	Nom-puIII				
					MiembroIV	Nom-puIV				
		EOCENO	BARTONIANO	Formación Anta	Miembro I	Peo-anI				
					Miembro II	Peo-anII				
					Formación Soncco Miembro I	Po-si-soI				
			LUTECIACO	Grupo San Jeronimo	Formación Soncco Miembro II	Po-si-soII				
					Formación Kayra	Pe-si-ky				
		PALEOCENO	YPRESIANO				Formación Yahuarango	P-y	Ppe-gr,mz,di	Carhuaso Punco,Chuchurumi,Unidad Ccello Coota,Unidad Choquechambe, bat Accha
			THANETIANO	Formación Muñani		Pp-mu				
			SELANDIANO	Formación Chilca		Pp-ch				
			MONTIANO	Formación Quilque		Pp-qc				
			DANIANO	Formación Ausangate		Ksp-au			Pp-gr	Intrusivos de granito
	MESOZOICO	CRETACICO	SUPERIOR	MAESTRICHTIANO	Formación Vilquechico	Ks-vi			Cc-cot_roc/gd	Unidad Cotabamba- Pluton Rocoto y pluton Huanoquite
				CAMPANIANO	Formación Puquín	Ks-pu				
				SANTONIANO			Formación Vivian	Ks-v		
				TURONIANO			Formación Chonta	Ks-ch		
				CENOMANIANO	Grupo Yuncaypata					
					Formacion Ayavacas, Arcurquina	Kis-ar-ar				
					Formacion Maras	Kis-ma				
			INFERIOR	ALBIANO	Formación Paucarbamba	Ki-pb				
				APTIANO			Grupo Oriente	Ki-o		
							Formación Rio Grande	Ki-rg		
				BARRENIANO	Formación Viluyo			Ki-vi		
					Formación Murco			Ki-mu		
				HAUTERIVIANO	Formación Huancane			Ki-hn		
					Formación Muni			ts/Ki-mu		
				VALANGIANO			Formacion Hualhuani	Ki-yu/hu		
							Formacion Gramadal	ls-yu/gr		
		JURASICO	SUPERIOR	TITONIANO	Grupo Yura (Huambutio)		Formacion Labra	ls-yu/la		
				OXFORDIANO			Formacion Cachios	Jm-yu/ca		
			MEDIO	CALOVIANO	Formacion Gaicay			Jms-cc		
				BAJOCIANO			Formacion Pachatusan	Ji-mi/pa		
			INFERIOR	PLIENSBACHIANO	Grupo Mitu		Formacion Pisac	Ts-mi/pi		
		TRIASICO	SUPERIOR	RHAETIANO					PsTi-gr	Machupiccchu, Pumasillo,Quilloc, Mesa Pelada, Alto Kiteni, Abuela, Hatun Quico, San Gaban, Santa Rosa, Yupanca, Apocollohuay, Huaynapata.
				INDUANO						
		PERMICO	SUPERIOR	LOPINGIANO	Grupo Copacabana			Pi-co	Formación Rio Tambo	Pis-rt
			INFERIOR	CISURALIANO	Formacion Tarma			Cs-ta		
		CARBONIFERO	SUPERIOR	PENSILVANIANO	Grupo Ambo			Ci-a		
			INFERIOR	MISSISIPIANO				D-ca		
	PALEOZOICO	DEVONICO	SUPERIOR	FAMENIANO	Grupo Cabanillas,				D-ca/gn	Cadenas - Granito gneisificado
				FRASNIANO					Dm-chu/md	Intrusivo Chucuito Taparayo, Granodiorita
			MEDIO	GIVETIANO						
			INFERIOR	EMSIANO	Formación Ananea			SD-a	FormaciónQuillabamba	SDi-q
				PRAGIANO						
		SILURICO	INFERIOR	LLANDOVERIANO	Formación San Gabán, Zapla			Os/Si-sg		
		ORDOVICICO	SUPERIOR	HIRNANTIANO	Formación Sandia			Os-s	Formación Sandia	Os-s
				KATIANO	Grupo San José			Os-sj		
				SANDBIANO					Formación Iparo	Om-i
			MEDIO	DAPINGIANO	Formación Veronica, Malaga			Oi-v_m		
			INFERIOR	FLOIANO	Formación Ollantaytambo			Ca/Oi-o		
				TREMADOCIANO	Complejo Iscaybamba			Pe-is		
NEOPROTEROZOICO	PRACAMBRICO				Complejo Metamorfico Pichari Cielo Punku			Pc-pcp	Complejo Marañon	Pc-m

LEYENDA

- Capital Provincial
- Via Asfaltada
- Via Afirmada
- Via Sin Afirmar
- Límite Provincial

Hidrografia

- Isla
- Playa
- Río
- Lagunas
- Límite Nacional

0 10 20 40 60 80 100 Km

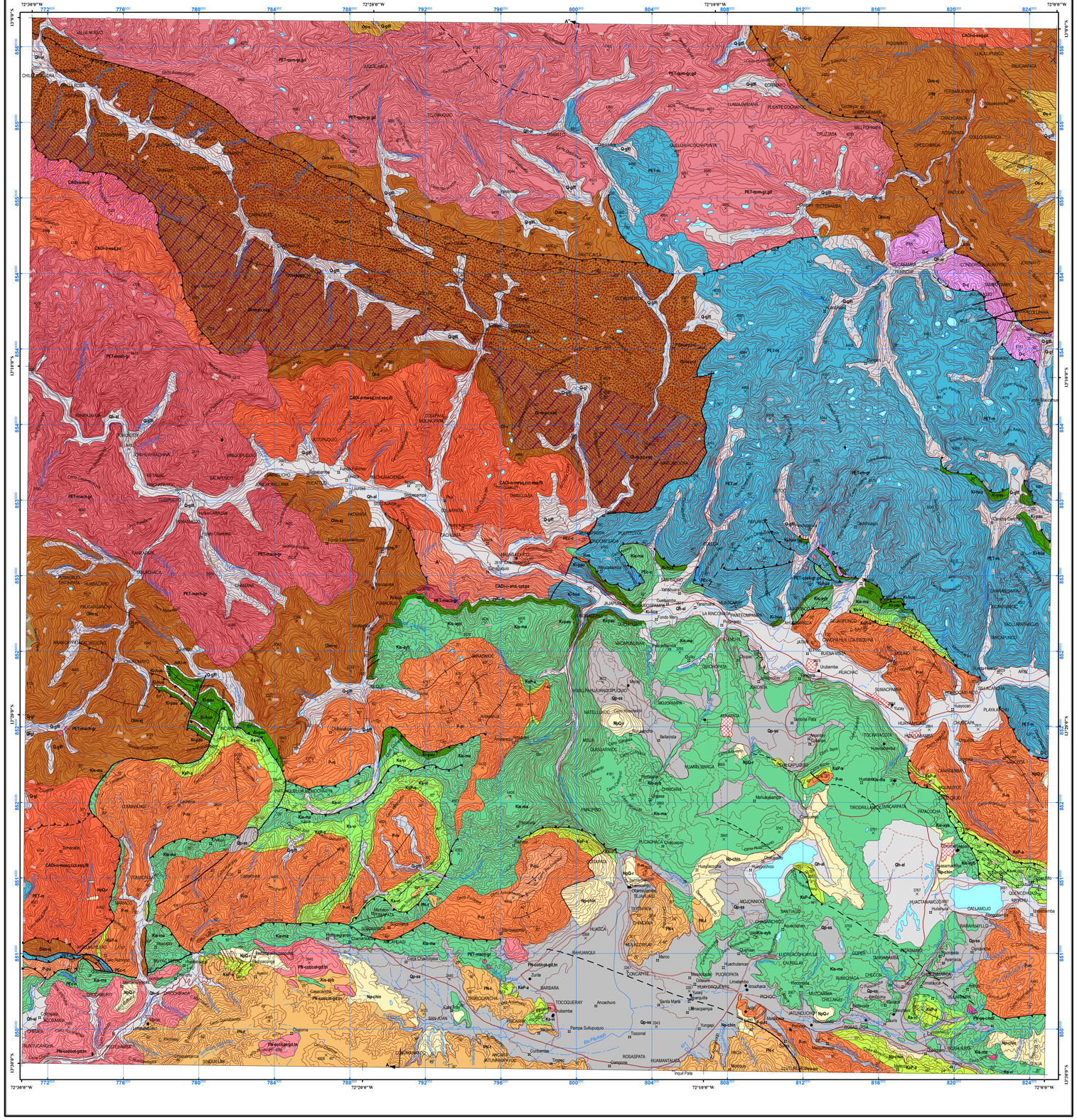
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

NOMBRE DE LA TESIS: "COEFICIENTE DE BALASTO RELACIONADO CON EL NÚMERO DE GOLPES DEL ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR EN SUELO DIATOMITICO DE PIURAYPAMPA DEL DISTRITO DE CHINCHERO, PROVINCIA DE URUBAMBA Y DEPARTAMENTO DE CUSCO"	UBICACIÓN DISTRITO : CHINCHERO PROVINCIA : URUBAMBA REGIÓN : CUSCO	TESISTAS: 1) JHONDER QUISPE LLANOS 2) ANDERSON QUISPE ALARCON	PLANO GEOLÓGICO REGIONAL P-03	SISTEMA DE COORDENADAS PROYECCIÓN : UTM ZONA : 18 Sur COORDENADAS : UTM-84	ESCALA: 1/100000 FECHA: MARZO-2025

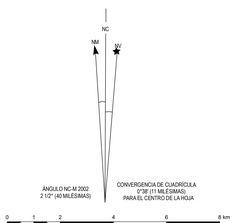
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO

MAPA GEOLÓGICO DEL CUADRÁNGULO DE URUBAMBA - HOJA 27r

ESCALA 1:100 000

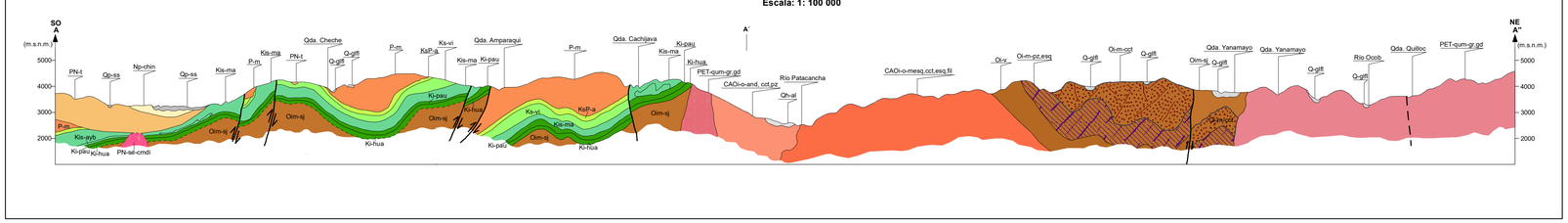


Base Topográfica IGN 1969, proyectada a WGS 1984.



Escala 1: 100 000
Equidistancia de curvas de nivel cada 50 m

PERFIL Y SECCIÓN GEOLÓGICA DEL CUADRÁNGULO DE URUBAMBA (27r)
Escala: 1: 100 000



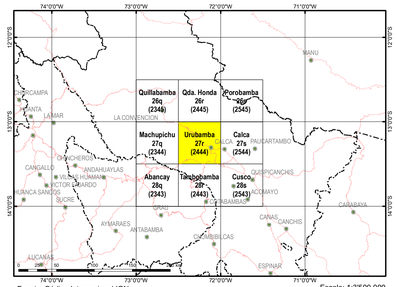
LEYENDA

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	EDAD (MA)	UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS			ROCAS INTRUSIVAS Y SUBVOLCÁNICAS		
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO	0.01	Depósito aluvial	Qh-al	Gravas y arenas mal seleccionadas en matriz limoarenosa y materiales residuales			
		PLEISTOCENO		Depósito glaciar, fluvial	Q-gfl	Gravas, arenas en matriz limoarenosa. Arenas y materiales residuales no consolidados			
				Depósito glaciar	Q-gl	Gravas ángulosas a subángulosas, diámetro variable en matriz arenolimosa			
	NEÓGENO	PLIOCENO	2.58	Formación San Sebastian	Qp-ss	Arcillas intercaladas con diatomitas y niveles de turba			
			5.33	Formación Rumicolca	NpQ-r	Shoshonitas, andesitas	Unidad Senja	PN-se-cmdi	Cuarzomonzodiorita
	PALEÓGENO	OLIGOCENO	23.03	Formación Chincheros	Np-chin	Arenas, gravas en matriz arcillo-arenosa	Unidad Cotabambas	PN-cot/cot-gd,tn	Granodiorita, tonalita
		EOCENO	33.9	Grupo Tacaza	PN-t	Flujos andesíticos, areniscas y limolitas gris violáceas, con conglomerados de composición volcánica			
			56.0	Formación Soncco	Peo-so	Pelitas y limolitas rojas y pardas, intercaladascon niveles de areniscas Grupo Puno P-pu Conglomerados polimícticos intercaladas con areniscas blancas y rojizas			
		PALEOCENO		Formación Muñani	P-m	Areniscas cuarzo-feldespáticas intercaladas con limoarcillitas rojas, verdes en estratos delgados			
MESOZOICO	CRETÁCICO	SUPERIOR	66.0	Formación Auzangate	Ks/P-a	Limoarcillitas y lodolitas rojas intercaladas en estratos medianos a gruesos			
				Formación Viluechico	Ks-vi	Areniscas cuarzosas blancas intercaladas con limoarcillitas y lodolitas de coloración gris verdosa			
				Formación Ayabacas	Kis-ayb	Calizas micríticas y bioclásticas replegadas con intercalaciones de areniscas			
		INFERIOR	100.5	Formación Maras	Kis-ma	Intercalación de arcillas, lutitas y algunos estratos de caliza y yeso			
				Formación Paucarbamba	Ki-pau	Areniscas intercaladas con limoarcillitas rojas y verdes			
			145	Formación Huancané	Ki-hua	Areniscas cuarzosas blancas a rojizas con estratificación sesgada a oblicua			
	JURÁSICO	SUPERIOR		Formación Munì	JsKi-m	Conglomerados, areniscas intercaladas con limoarcillitas lodolitas, calizas y lentes de yeso			
			163.5 201.3	Grupo Mitu	PET-m	Brechas y lavas andesíticas, conglomerados, intercaladas con areniscas, limolitas rojas y verdes con niveles de yeso	Unidad Quiloc Mesapelada	PET-qum-gr.gd	Granito
	TRÁSICO						Machupicchu	PET-mach-gr	Granito
	PÉRMICO	CISURALIANO	252.17 298.9 358.8	Grupo Copacabana	PEc-c	Calizas bioclásticas, areniscas intercaladas con lutitas negras	Choquezafra	PET-ch-gr	Granito
							Ccriale Concevidayoc Alto Kiteni	PET-ccak-gr.gd	Granito, granodiorita
PALEOZOICO	DEVÓNICO			Grupo Cabanillas	D-c	Intercalación de areniscas y lutitas micáceas en estratos medianos a delgados			
	ORDOVÍCICO	SUPERIOR	410.2 443.4	Formación Sandia	Os-s	Cuarcitas, metareniscas, lutitas y pizarras calcáreas			
		MEDIO	458.0 470.0	Grupo San José	Oim-sj	Pizarras grises con contenido de pirita y limolitas intercaladas			
		INFERIOR		Formación Malaga	Oi-m-cct	Cuarcitas, areniscas grises intercaladas con esquistos filitas en estratos gruesos a medianos			
					Oi-m-pz,esq	Pizarra, esquisto-sericita y arenisca gris verdosa			
				Formación Veronica	Oi-v	Conglomerados polimícticos con clastos subredondeados de cuarcitas y metavolcánicos			
			485.4	Grupo Ollantaytambo	CAOi-o-and,cct,pz	Pizarra			
					CAOi-o-ssq	Esquisto-sericita carbonosos, filitas grises			
					CAOi-o-esq,pz	Esquisto-sericita, cuarzo, pizarra limolíticas grises			
			541.0		CAOi-o-mesq,cct,esq,fil	Metavolcánicos, cuarcitas, esquistos y filitas			

DATACIONES RADIOMETRICAS

Edad_Ma	Método	Longitud	Latitud	UTM_E	UTM_N	Zona	Material	Tipo_de_ro	Unidad	Muestra	Referencia
43.3±1.9	K-Ar	-72.465562	-13.495283	774363	8506675	18s	Hornblenda	Granodiorita	Unidad Cotabamba	LIMA1	Carlotto (2002)
304.25±0.11	U-Pb	-72.1011	-13.201'2	814226	8538798	18s	Zircon	Granito alcalino	Choquezafra-granito	MR81	Reitsma et al. (201'1)
472.2±4.8	U-Pb	-72.4053	-13.201'1	78'231	8539'70	18s	Zircon	Granodiorita	Machu picchu - Granito	MR'09	Reitsma et al. (201'1)

MAPA DE UBICACIÓN REGIONAL



Fuente: Código Internacional IGN Escala: 1:3'500 000

SÍMBOLOS

- Rumbo y buzamiento de estratos
- Falla normal
- Falla inferida
- Falla inversa
- Falla inversa inferida
- Lineamiento
- Falla de rumbo dextral
- Sobreescurrimiento
- Sobreescurrimiento inferido
- Eje de anticlinal
- Eje de sinclinal
- Eje de sinclinal tumbado
- Eje de anticlinal tumbado
- Dataciones radiométricas
- Contacto geológico
- Línea de sección geológica
- Localidad común
- Capital de distrito
- Cota comprobada
- Carretera asfaltada dos o mas vias
- Carretera afirmada, transitable
- Camino de herradura
- Ferrocarril
- Contorno de ciudad
- Curva de Nivel Primaria
- Curva de Nivel Secundaria
- Nevado Secundario
- Río principal
- Río secundario
- Quebrada
- Quebrada seca e intermitente
- Quebrada seca una parte del año
- Laguna

CUADRÁNGULO DE URUBAMBA

REPÚBLICA DEL PERÚ
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO

SERIE: " A "

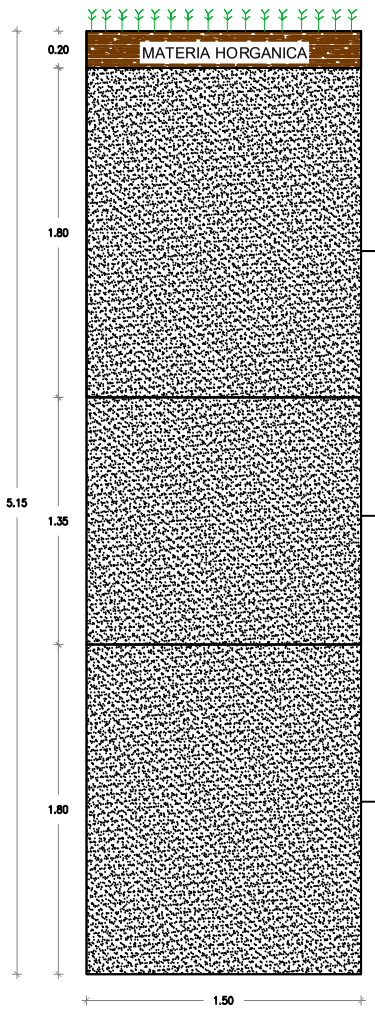
CARTA GEOLÓGICA DEL PERÚ 2015

CARTA NACIONAL
CUADRÍCULAS AL 1: 100 000

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

NOMBRE DE LA TISIS: "COEFICIENTE DE BALASTO RELACIONADO CON EL NÚMERO DE GOLPES DEL ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR EN SUELO DIATOMITICO DE PIURAYPAMPA DEL DISTRITO DE CHINCHERO, PROVINCIA DE URUBAMBA Y DEPARTAMENTO DE CUSCO"	UBICACIÓN	TESISTAS:	PLANO GEOLÓGICO LOCAL (URUBAMBA) P-04	SISTEMA DE COORDENADAS	ESCALA: 1/100000
	DISTRITO : CHINCHERO	1) JHONDER QUISPE LLANOS		PROYECCIÓN : UTM	
	PROVINCIA : URUBAMBA	2) ANDERSON QUISPE ALARCON		ZONA : 18 Sur	FECHA: MARZO-2025
	REGIÓN : CUSCO			COORDENADAS : UTM-84	

CALICATA N° 01

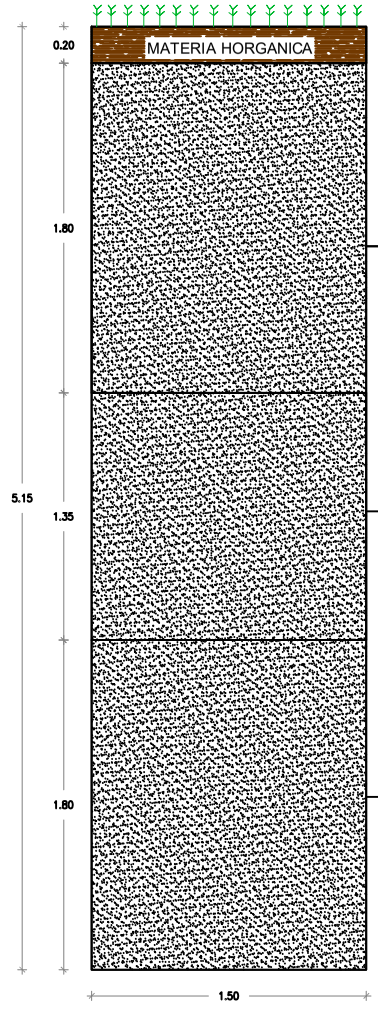


SUELO DIATOMÍTICO		
DESCRIPCION	**CANTIDAD**	**UNIDAD**
PORCENTAJE DE FINOS	73.82	%
CONTENIDO DE HUMEDAD	36.69	%
DESIDAD DEL SUELO	1.75	gr/cm3

SUELO DIATOMÍTICO		
DESCRIPCION	**CANTIDAD**	**UNIDAD**
PORCENTAJE DE FINOS	73.82	%
CONTENIDO DE HUMEDAD	35.76	%
DESIDAD DEL SUELO	1.80	gr/cm3

SUELO DIATOMÍTICO		
DESCRIPCION	**CANTIDAD**	**UNIDAD**
PORCENTAJE DE FINOS	73.82	%
CONTENIDO DE HUMEDAD	34.71	%
DESIDAD DEL SUELO	1.84	gr/cm3

CALICATA N° 02

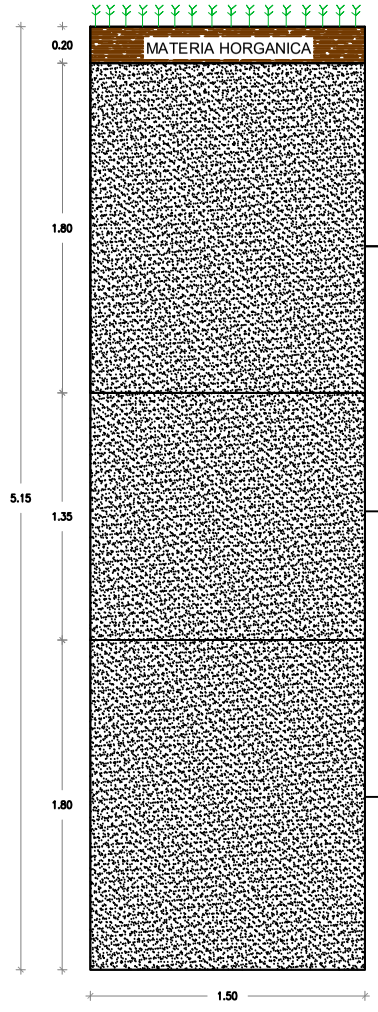


SUELO DIATOMÍTICO		
DESCRIPCION	**CANTIDAD**	**UNIDAD**
PORCENTAJE DE FINOS	73.82	%
CONTENIDO DE HUMEDAD	36.72	%
DESIDAD DEL SUELO	1.76	gr/cm3

SUELO DIATOMÍTICO		
DESCRIPCION	**CANTIDAD**	**UNIDAD**
PORCENTAJE DE FINOS	73.82	%
CONTENIDO DE HUMEDAD	35.88	%
DESIDAD DEL SUELO	1.80	gr/cm3

SUELO DIATOMÍTICO		
DESCRIPCION	**CANTIDAD**	**UNIDAD**
PORCENTAJE DE FINOS	73.82	%
CONTENIDO DE HUMEDAD	35.06	%
DESIDAD DEL SUELO	1.84	gr/cm3

CALICATA N° 03

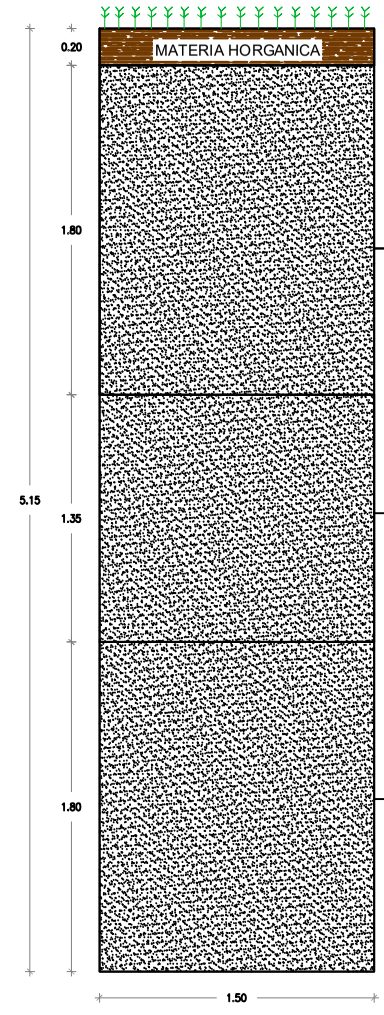


SUELO DIATOMÍTICO		
DESCRIPCION	**CANTIDAD**	**UNIDAD**
PORCENTAJE DE FINOS	73.82	%
CONTENIDO DE HUMEDAD	37.63	%
DESIDAD DEL SUELO	1.76	gr/cm3

SUELO DIATOMÍTICO		
DESCRIPCION	**CANTIDAD**	**UNIDAD**
PORCENTAJE DE FINOS	73.82	%
CONTENIDO DE HUMEDAD	38.25	%
DESIDAD DEL SUELO	1.80	gr/cm3

SUELO DIATOMÍTICO		
DESCRIPCION	**CANTIDAD**	**UNIDAD**
PORCENTAJE DE FINOS	73.82	%
CONTENIDO DE HUMEDAD	38.19	%
DESIDAD DEL SUELO	1.84	gr/cm3

CALICATA N° 04

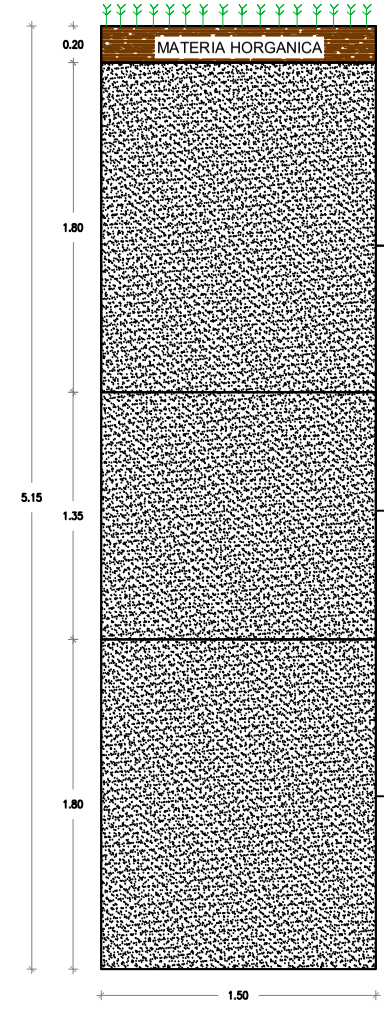


SUELO DIATOMÍTICO		
DESCRIPCION	**CANTIDAD**	**UNIDAD**
PORCENTAJE DE FINOS	73.82	%
CONTENIDO DE HUMEDAD	38.98	%
DESIDAD DEL SUELO	1.78	gr/cm3

SUELO DIATOMÍTICO		
DESCRIPCION	**CANTIDAD**	**UNIDAD**
PORCENTAJE DE FINOS	73.82	%
CONTENIDO DE HUMEDAD	40.88	%
DESIDAD DEL SUELO	1.81	gr/cm3

SUELO DIATOMÍTICO		
DESCRIPCION	**CANTIDAD**	**UNIDAD**
PORCENTAJE DE FINOS	73.82	%
CONTENIDO DE HUMEDAD	40.77	%
DESIDAD DEL SUELO	1.85	gr/cm3

CALICATA N° 05



SUELO DIATOMÍTICO		
DESCRIPCION	**CANTIDAD**	**UNIDAD**
PORCENTAJE DE FINOS	73.82	%
CONTENIDO DE HUMEDAD	40.27	%
DESIDAD DEL SUELO	1.78	gr/cm3

SUELO DIATOMÍTICO		
DESCRIPCION	**CANTIDAD**	**UNIDAD**
PORCENTAJE DE FINOS	73.82	%
CONTENIDO DE HUMEDAD	42.36	%
DESIDAD DEL SUELO	1.81	gr/cm3

SUELO DIATOMÍTICO		
DESCRIPCION	**CANTIDAD**	**UNIDAD**
PORCENTAJE DE FINOS	73.82	%
CONTENIDO DE HUMEDAD	42.27	%
DESIDAD DEL SUELO	1.85	gr/cm3

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

NOMBRE DE LA TESIS: "COEFICIENTE DE BALASTO RELACIONADO CON EL NÚMERO DE GOLPES DEL ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR EN SUELO DIATOMITICO DE PIURAYPAMPA DEL DISTRITO DE CHINCHERO, PROVINCIA DE URUBAMBA Y DEPARTAMENTO DE CUSO"	UBICACIÓN DISTRITO : CHINCHERO PROVINCIA : URUBAMBA REGIÓN : CUSCO	TESISTAS: 1) JHONDER QUISPE LLANOS 2) ANDERSON QUISPE ALARCON	PLANO DE PERFIL ESTRATIGRÁFICO P-05	SISTEMA DE COORDENADA PROYECCIÓN : UTM ZONA : 18 Sur COORDENADAS : UTM-84	ESCALA: 1/100 FECHA: MARZO-2025

CERTIFICADO DE USO DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
Av. de la cultura Nro. 733 – Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CERTIFICADO DE USO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES PARA TESIS DE INVESTIGACIÓN

EL QUE SUSCRIBE JEFE DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

HACE CONSTAR:

Que los tesistas; conducentes a la obtención del título profesional de Ingeniero Civil; Bach. **JHONDER QUISPE LLANOS** y Bach. **ANDERSON QUISPE ALARCON**, hizo uso del laboratorio para ejecución de la tesis de investigación: "**COEFICIENTE DE BALASTO RELACIONADO CON EL NUMERO DE GOLPES DEL ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR EN SUELO DIATOMICO DE PIURAYPAMPA DEL DISTRITO DE CHINCHERO, PROVINCIA DE URUBAMBA, DEPARTAMENTO DE CUSCO**".

Los ensayos que realizaron son los siguientes:

Nro	ENSAYO	NORMA	CANT.
01	Contenido de humedad total evaporable de un suelo	MTC E 108	45
02	Determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos	MTC E 110 y MTC E 111	20
03	Análisis granulométrico de suelos por tamizado	MTC E 107	10
04	Determinación de peso volumétrico de suelo cohesivo	NTP 339.139	60
05	Corte directo de suelos bajo condición consolidada y drenada.	ASTM D3080 MTC E 123	15
06	Ensayo de Penetración Estándar (SPT) de suelos	ASTM D 1586	10
07	Método de Ensayo Estándar Carga Estática para capacidad portante de Cuelo (Ensayo de Placa de Carga)	ASTM D 1194	05

Se le expide la presente constancia a solicitud escrita por los interesados; con fines académicos para la tesis de investigación.

Cusco, 12 de diciembre del 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
Facultad de Ingeniería Civil
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE MECANICA SUELOS Y MATERIALES JEFATURA

Ing. Luz Marlene Nieto Palomino
Jefe de Laboratorio