

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA



TESIS

**ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL
DEL PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO EL MÉTODO NAASRA, TRAMO
DV. RUINAS – CHAHUAYTIRE, (KM 06+720 AL KM 18+480). DISTRITO DE
PISAC, PROVINCIA DE CALCA DEL DEPARTAMENTO DEL CUSCO**

PRESENTADO POR:

BACH. HERBERT ATAULLUCO RAMOS

BACH. NOEMI YAHAIRA QUILLAS PILARES

**PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL
DE INGENIERO GEÓLOGO**

ASESORA:

DRA. JOSEFINA ESCALANTE GUTIERREZ

CUSCO – PERÚ

2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

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

El que suscribe, Asesor del trabajo de investigación/tesis titulada: "ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO EL MÉTODO NAASRA, TRAMO DV. RUINAS-CHAHUAYTIRE, (KM 06+720 AL KM 18+480). DISTRITO DE PISAC, PROVINCIA DE CALCA DEL DEPARTAMENTO DEL CUSCO"

presentado por: HERBERT ATAULLUCO RAMOS con DNI Nro.: 44492247 presentado por: NOEMI YAHAIRA QUILLAS PILARES con DNI Nro.: 47682351 para optar el título profesional/grado académico de INGENIERO GEOLOGO

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 2 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 10%.

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 la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 12 de DICIEMBRE de 2024



Firma

Post firma Dra. JOSEFINA ESCALANTE GUTIERREZ

Nro. de DNI 23809533

ORCID del Asesor 0000 0001 9359 0481

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid: 27259:415650951

Ataulluco, H.-Quillas, N.

Estudio Geológico y Geotécnico para el Diseño Estructural del Pavimento

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:415650951

Fecha de entrega

12 dic 2024, 9:30 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

12 dic 2024, 9:40 p.m. GMT-5

Nombre de archivo

Tesis Herberth-Noemí.pdf

Tamaño de archivo

13.0 MB

249 Páginas

44,954 Palabras

253,015 Caracteres

10% Similitud general

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




Filtrado desde el informe

- ▶ Coincidencias menores (menos de 25 palabras)
- ▶ Fuentes de Internet
- ▶ Base de datos de Crossref
- ▶ Base de datos de contenido publicado de Crossref

Exclusiones


- ▶ N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 0%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 10%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

-  **Texto oculto**
461 caracteres sospechosos en N.º de páginas
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

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 Dios, a mis adorables padres; Agustín Quillas, Fanny Pilares y mi hermana Keicy Yesenia por apoyarme en los momentos más difíciles y por haberme brindado todo su apoyo necesario para poder concluir con este trabajo.

Br. Noemi Yahaira Quillas Pilares

DEDICATORIA

Este trabajo de tesis va con todo amor a mis padres ERASMO ATAULLUCO Y CERAFINA RAMOS quienes son mi fuente de inspiración, mi orgullo, mis sabios consejeros y mi pilar fundamental para seguir adelante y escalar peldaño a peldaño en todas las metas que tengo trazado. Me han apoyado incondicionalmente durante este proceso y soy conciente de todo el sacrificio que hicieron para poder conseguir este sueño.

A mis hermanos EDITH, YESHICA, YOMELY, CRISBEL Y JAMIL, quienes me brindaron su amor incondicional, su aliento, su motivación y depositaron su confianza y apoyo incondicional en mi persona, para seguir adelante.

Br. Herbert Ataulluco Ramos

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por todo lo que me ha brindado hasta ahora y por lo que procede en mi destino, por haberme dado fortaleza, perseverancia y paciencia en todo este largo tiempo de trabajo.

Así mismo agradecer a nuestra casa de estudios, la Universidad Nacional de san Antonio Abad del Cusco, por haberme brindado la formación profesional que necesito, a la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica y a todos los ingenieros docentes, muchas gracias.

Br. Noemi Yahaira Quillas Pilares

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a nuestro creador Dios por darme fe, sabiduría, salud fuerza para seguir adelante este proceso de mi formación profesional personal y profesional.

Así mismo agradecer a nuestra primera casa de estudios, la Universidad Nacional de san Antonio Abad del Cusco, por haberme brindado la formación profesional, a la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica y a todos los ingenieros docentes quienes me impartieron su experiencia y conocimiento durante este proceso de mi formación universitaria.

Br. Herbert Atauluco Ramos

INDICE

CAPÍTULO I	1
1. ASPECTOS GENERALES	1
1.1 Introducción	1
1.2 Ubicación	2
1.2.1 Ubicación Política	2
1.2.2 Ubicación Geográfica	3
1.3 Accesibilidad	3
1.4 Planteamiento de Problema	4
1.4.1 Descripción del Problema	4
1.4.2 Formulación del Problema	6
1.4.2.1 Problema General	6
1.4.2.2 Problemas Específicos	6
1.5 Justificación de la Investigación	6
1.5.1 Impacto Económico	8
1.5.2.- Impacto Social	8
1.6 Objetivos de Estudio	8
1.6.1 Objetivo General	8
1.6.2 Objetivos Específicos	8
1.7 Hipótesis y Variables	9
1.7.1 Hipótesis	9
1.7.1.1 Hipótesis General	9
1.7.1.2 Hipótesis Específica	9
1.7.2 Variables	10
1.7.2.1 Variable independiente:	10
1.7.2.2 Variable Dependiente:	10
CAPITULO II	11
2. METODOLOGÍA	11
2.1 Tipo de Investigación	11
2.2 Diseño de la Investigación	11
2.3 Unidad de Análisis	11
2.4 Población de Estudio	12
2.5 Selección de Muestra	12

2.6 Tamaño de la Muestra	12
2.7 Método de Trabajo.....	12
2.7.1 Etapa de Pre Campo.....	12
2.7.2 Etapa de Campo.....	13
2.7.3 Etapa Post Campo.....	13
2.7.4 Etapa Final.....	13
2.8 Instrumentos utilizados.....	14
CAPITULO III.....	15
3. MARCO TEÓRICO	15
3.1 Antecedentes.....	15
3.2 La ingeniería geológica	20
3.3 La Ingeniería Geotécnica	21
3.4 Provias Descentralizado	22
3.5 Afirmado.....	22
3.6 Material de Cantera	22
3.7 Bases Granulares	23
3.8 Camino Vecinal.....	23
3.9 Erosion	23
3.10 Mejoramiento de Suelos	23
3.11 Mejoramiento de Caminos:	24
3.13 Estudio Geotécnico	25
3.14 Caminos de bajo Volumen de Tránsito.....	26
3.14.1 Pavimentos flexibles:.....	27
3.14.2 Pavimentos semirrígidos:	27
3.14.3 Pavimentos rígidos:	27
3.15 Metodología de Diseño:	27
3.16 Método Guía AASHTO 93 diseño.....	31
3.17 Método NAASRA	36
3.18 Indicadores Cinemáticos.....	38
CAPÍTULO IV	40
4. GEOMORFOLOGÍA	40
4.1 Geomorfología Regional.....	40

4.1.1 Cordillera oriental.....	42
4.1.1.1 Valle del Vilcanota – Urubamba.....	42
4.1.1.2 Valle del río Paucartambo	43
4.1.1.3 Meseta de Colquepata.	44
4.2 Geomorfología Local.....	45
4.2.1 Geformas de Carácter tectónico degradacional y Erosional.....	46
4.2.1.1 Montañas en Rocas Vulcano Sedimentaria (RM-rvs).....	46
4.2.1.2 Montañas en Rocas Metamórficos (RM-rm)	47
4.2.2 Geformas de Carácter Depositional y Agradacional.	48
4.2.2.1 Vertiente Coluvio - Deluvial (V-cd).....	48
4.2.2.2 Fondo de valle fluvio-glaciar (V-fgl).....	49
4.2.3 Quebradas.....	50
4.2.4 Valles	52
CAPÍTULO V.....	54
5. GEOLOGÍA.	54
5.1 Geología Regional.....	54
5.1.1 Unidades Geológicas Regionales	54
5.1.1.1 Grupo Mitu (PsT-mi).....	54
5.1.1.2 Grupo Cabanillas. (D-ca)	56
5.1.1.3 Depósitos Cuaternarios.	57
5.2. Geología Local.....	60
5.2.1 Formación Pachatusan	61
5.2.2 Formación Paucartambo: Siluro Devoniano (SD-p)	64
5.2.3 Depósitos Cuaternarios.	68
5.2.3.1 Depósito Coluvial (D-co)	68
5.2.3.2 Depósitos Fluvio-glaciar (Q-fgl)	71
5.2.3.3. Depósitos glaciares (D-g).....	73
CAPÍTULO VI.....	75
6. GEOLOGIA ESTRUCTURAL.....	75
6.1 Generalidades.....	75
6.2 Geología Estructural Regional	75
6.2.1 Pliegues Regionales.	76

6.2.1.1. Anticlinal del Vilcanota.....	76
6.2.1.2. Anticlinal de Colquepata.....	78
6.2.1.3. Anticlinal de Paucartambo.....	78
6.2.2. Fallas Regionales.....	78
SISTEMA DE FALLAS ZURITE – CUSCO – URCOS – SICUANI.....	78
6.2.2.1 Falla Chuecamayo.....	79
6.2.2.2 Falla Colquepata.....	79
6.2.2.3 Falla Chahuaytire.....	80
6.2.2.4 Falla Cuyo Chico.....	81
6.2.2.5 Falla Lamay.....	83
6.3 Geología Estructural Local.....	83
6.3.1 Fallas del cerro Morro Huicsa.....	83
6.3.2 Diaclasas y Fracturas.....	84
CAPÍTULO VII.....	86
7. GEODINAMICA.....	86
7.1 Geodinámica Interna.....	86
7.1.1 Peligro Sísmico.....	87
7.1.2 Factor de Zona.....	89
7.1.3 Perfiles de Suelo.....	89
7.1.4 Condiciones Geotécnicas.....	90
7.1.4. Parámetros de Sitio (S, TP y TL).....	91
7.1.5. Factor de Amplificación Sísmica.....	92
7.1.6 Antecedentes Sísmicos de la Región del Cusco.....	92
7.1.7 Mapa de Intensidad Sísmica en el Área del Proyecto.....	93
7.2 Geodinámica Externa.....	95
7.2.1 Movimientos en Masa:.....	95
7.2.2 Tipos de Movimiento.....	96
7.2.2.1 Remoción en Masa.....	96
7.2.2.2 Deslizamiento de Quello Quello, Cuyo Chico y Cuyo Grande.....	97
7.2.2.3 Caídas de Rocas:.....	101
7.2.2.4 Caída de Suelo:.....	102
7.2.2.5 Erosión en Surcos:.....	102

CAPITULO VIII	105
8. GEOTECNIA	105
8.1 Introducción	105
8.2 Marco Normativo	105
8.3 Estudio de Suelos de la Subrasante	106
8.3.1 Exploración de campo	106
8.3.2 Excavación de Calicatas	107
8.3.3 Toma de Muestra	109
8.3.4 Perfil Geotécnico	109
8.3.5 Ensayos en Laboratorio	133
8.3.5.1 Granulometría	134
8.3.5.2 Límites de Atterberg	135
8.3.5.2.1 Límite Líquido	136
8.3.5.2.2 Límite Plástico	136
8.3.5.3 Humedad Natural	137
8.3.6 Sistema de Clasificación de Suelos	138
8.3.6.1 Sistema AASHTO	139
8.3.6.2 Sistema Unificado de Clasificación- SUCS	141
8.3.7 Descripción de los Estratos Según su Clasificación	144
8.3.8 Caracterización de suelos de la subrasante	147
8.3.9 CBR: (MTC E 132)	151
8.3.10 Materiales Inadecuados	153
8.3.10.1 Mejoramiento de suelos	154
8.4 Estudio de Macizo Rocoso	157
8.4.1 Clasificación Geomecánica de Bieniawsky o RMR	157
8.4.1.1 Resistencia a la compresión uniaxial de la roca intacta	160
8.4.1.2 Rock Quality Designation (RQD)	161
8.4.1.3 Espaciamiento de discontinuidades	162
8.4.1.4 Condición de discontinuidades	163
8.4.1.5 Condición de agua subterránea o filtración	166
8.4.1.6 Orientación de las discontinuidades (Rumbo y Buzamiento)	167
8.4.2 Resumen de resultados para hallar el RMR de Bieniawski	169

8.5 Estudio de Canteras	173
8.5.1 Cantera Para Subbase Granular	173
6.5.1.1 Identificación de Posibles Canteras.....	173
8.5.2.2 Exploración de Cantera	173
8.5.2.3 Ensayos de Laboratorio	174
8.5.2.4 Uso y Explotación de Cantera	175
8.5.2.5 Evaluación de Canteras.....	175
8.5.2.6 Cantera Chahuaytire Km 21+780	175
8.5.2.6.1 Resultados del estudio de Canteras para Subbase.....	181
8.5.2 Base Granular	183
8.5.2.1 Cantera Pisac.	184
8.5.3 Ensayos de Cantera para Materiales de Base Granular	184
8.5.3.1 Agregado Grueso.....	186
8.5.3.2 Agregados Fino	188
8.5.3.3 Resultados del estudio de Canteras para Base	191
CAPITULO IX	193
9. ESTUDIO DE TRÁFICO.....	193
9.1 Características Generales del Conteo y Clasificación	193
9.1.1 Cobertura del Estudio de Tráfico	193
9.1.2 Metodologías del Conteo	194
9.1.3 Recopilación de la Información.....	194
9.1.4 Factores de Corrección Estacional	195
9.2 Trabajos de Gabinete.....	196
9.2.1 Procesamiento de la Información	196
9.2.2 Análisis de la Información y Resultados Obtenidos	197
9.3 Conteos de Tráfico Vehicular	197
9.3.1 Estación Quello Quello	197
9.3.1.1 Análisis de la Variación Diaria E-1 Quello Quello	199
9.3.1.2 Análisis de la Variación Horaria E-1 Quello Quello	200
9.3.1.5 Análisis de la Composición de los tipos de Vehículos E-1 Quello Quello	201
9.4 Demanda Proyectada	203
9.4.1 Factor direccional y factor carril.....	203

9.4.2 Tasa de Crecimiento.	204
9.4.2.1 Tasas de Crecimiento del Tráfico	205
9.4.3 Número de repeticiones de ejes equivalentes	207
9.5 Cálculo DE ESSAL.	209
9.5.1 Estación de Quello Quello	209
CAPITULO X	212
10. DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO	212
10.1 Metodología a emplear	212
10.2 Identificación y descripción de los parámetros de diseño AUSTROADS	213
10.3 El tránsito	213
10.4 CBR de diseño	214
10.5 Estructuración del Pavimento.	215
CONCLUSIONES:	216
RECOMENDACIONES:	220

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Ubicación Política</i>	2
Tabla 2 <i>Coordenadas UTM de la zona de estudio</i>	3
Tabla 3 <i>Número de repeticiones acumulados de ejes equivalentes de 8.2 t, en el carril de Diseño</i>	28
Tabla 4 <i>Número de repeticiones Acumuladas de ejes equivalentes de 8.2 t, en el carril de diseño</i>	29
Tabla 5 <i>Número de repeticiones acumuladas de ejes equivalentes de 8.2 t, en el carril de diseño</i>	30
Tabla 6 <i>Categorías de Sub rasante</i>	30
Tabla 7 <i>Modulo resiliente obtenido por correlación con CBR</i>	33
Tabla 8 <i>Valores recomendados a nivel de confiabilidad para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) según el rango de tráfico.</i>	35
Tabla 9 <i>Valores recomendados a nivel de confiabilidad para dos etapas de diseño de 10 años según el rango de tráfico.</i>	36
Tabla 10 <i>Factores de zona</i>	89
Tabla 11 <i>Clasificación de los perfiles de Suelo.</i>	90
Tabla 12 <i>Parámetros de sitio.</i>	91
Tabla 13 <i>Número de calicatas para exploración de suelos.</i>	108
Tabla 14 <i>Ensayos de laboratorio con su respectiva norma.</i>	133
Tabla 15 <i>Tamices utilizados para ensayos de laboratorio.</i>	134
Tabla 16 <i>Tipo de material por el tamaño de partículas según NTP.</i>	135
Tabla 17 <i>Índice de Plasticidad.</i>	137
Tabla 18 <i>Clasificación de suelos, método AASHTO material granular</i>	140
Tabla 19 <i>Clasificación de suelos método AASHTO material limo arcilloso</i>	140
Tabla 20 <i>Símbolo de grupo SUCS.</i>	142
Tabla 21 <i>Tipología de suelos (SUCS).</i>	142
Tabla 22 <i>Resumen de clasificación de suelos</i>	150
Tabla 23 <i>Categorías de subrasante.</i>	152
Tabla 24 <i>Resultados de clasificación según los CBR obtenidos.</i>	152
Tabla 25 <i>Sistema de Clasificación de masa rocosa (Bieniawski, 1989).</i>	159
Tabla 26 <i>Resultados de ensayo de compresión simple</i>	160
Tabla 27 <i>Parámetros de resistencia de la roca.</i>	161
Tabla 28 <i>Clasificación de índice de calidad de roca.</i>	162
Tabla 29 <i>Parámetros del espaciado de las discontinuidades.</i>	163
Tabla 30 <i>Clasificación según la discontinuidad de las discontinuidades.</i>	163
Tabla 31 <i>Clasificación según la abertura de las discontinuidades.</i>	164
Tabla 32 <i>Clasificación según la rugosidad de las discontinuidades.</i>	164

Tabla 33 <i>Clasificación según relleno de las discontinuidades.</i>	165
Tabla 34 <i>Clasificación según la meteorización de las discontinuidades.</i>	166
Tabla 35 <i>Rango RMR según el parámetro de presencia de agua.</i>	166
Tabla 36 <i>Condición de discontinuidades.</i>	167
Tabla 37 <i>Clasificación para la determinación de los buzamientos con respecto al eje de la obra.</i>	168
Tabla 38 <i>Rango RMR para obras de tipo taludes.</i>	168
Tabla 39 <i>Calidad de macizo rocoso con relación al índice de RMR.</i>	168
Tabla 40 <i>Estación N°1, Clasificación geomecánica RMR de Bieniawski km 9+480.</i>	169
Tabla 41 <i>Estación 2, clasificación geomecánica RMR de Bieniawski km 8+960.</i>	170
Tabla 42 <i>Estación 3, clasificación geomecánica RMR de Bieniawski km 8+720.</i>	171
Tabla 43 <i>Estación 4, clasificación geomecánica RMR de Bieniawski km 7+335.</i>	172
Tabla 44 <i>Ensayos Estandar</i>	174
Tabla 45 <i>Ensayos Especiales</i>	174
Tabla 46 <i>Cantera Seleccionada.</i>	175
Tabla 47 <i>Eficiencia de cantera</i>	175
Tabla 48 <i>Coordenadas de calicatas - Cantera km 21+780.</i>	177
Tabla 49 <i>Distribución porcentual de los materiales de Cantera km 21+780</i>	178
Tabla 50 <i>Distribución de materiales de cantera Chahuaytire km 21+780 con tamaño menor a 3"</i>	178
Tabla 51 <i>Resultados de estudio de cantera km 21+780 para material de relleno.</i>	179
Tabla 52 <i>Resultado para el estudio de cantera km 21+780 para material sub base</i>	
Tabla 53 <i>Usos Granulométricos para subbase granular.</i>	180
Tabla 54 <i>Ensayo de frecuencias.</i>	181
Tabla 55 <i>Resultados de estudio de cantera Chahuaytire km 21+780.</i>	182
Tabla 56 <i>Requerimiento Granulométrico para base granular.</i>	185
Tabla 57 <i>Requerimiento de Agregado Grueso</i>	186
Tabla 58 <i>Requerimiento de Agregado Fino</i>	188
Tabla 59 <i>Ensayos de frecuencia</i>	190
Tabla 60 <i>Requerimiento de uso granulométrico para base granular</i>	191
Tabla 61 <i>Resultados de estudio de cantera Chahuaytire km 21+780</i>	192
Tabla 62 <i>Estación de conteo</i>	193
Tabla 63 <i>Ubicación de estaciones de conteo.</i>	194
Tabla 64 <i>Clasificación de tipos de vehículos.</i>	195
Tabla 65 <i>Factores de corrección estacional, Peaje Ccasacancha (Cusco).</i>	196
Tabla 66 <i>Conteo de Vehículos E-1 Quello Quello</i>	198
Tabla 67 <i>Variación horaria del Promedio Vehicular E-1 Quello Quello</i>	200
Tabla 68 <i>Distribución direccional y de carril.</i>	204

Tabla 69 <i>Tasas de crecimiento región Cusco.</i>	206
Tabla 70 <i>Tasas de crecimiento de la demanda</i>	207
Tabla 71 <i>Relación de cargas por eje para determinar ejes equivalentes</i>	209
Tabla 72 <i>Datos de tasa de crecimiento.</i>	209
Tabla 73 <i>Número de vehículos proyectados para 2022</i>	210
Tabla 74 <i>Cálculo de relación de carga por eje</i>	210
Tabla 75 <i>Cálculo de número de ejes equivalentes</i>	211
Tabla 76 <i>Resultados de Ejes Equivalentes (EE)</i>	214
Tabla 77 <i>Caracterización del CBR para el diseño estructural del pavimento.</i>	214
Tabla 78 <i>Cálculo de espesor para Subbase Granular</i>	215

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Determinación de espesor de capa de revestimiento granular.</i>	37
Figura 2 <i>Unidades Geomorfológicas regionales y ubicación del cuadrángulo de Cusco.</i>	41
Figura 3 <i>Mapa Geomorfológico del Cuadrángulo del Cuadrángulo de Calca (Boletín Urubamba - Calca)</i>	45
Figura 4 <i>Cerro cruzqaqa, montaña moldeada en rocas vulcano sedimentarias perteneciente al grupo Mitu, vista tomada al oeste de la localidad de Cuyo Grande.</i>	47
Figura 5 <i>Montaña moldeada en rocas metamórficas pertenecientes a la formación Paucartambo, vista tomada al este de la localidad de chahuaytire.</i>	48
Figura 6 <i>Vertiente Coluvio Deluvial, vista tomada hacia el sureste de la localidad de cuyo grande.</i>	49
Figura 7 <i>Fondo de valle fluvioglaciario, vista tomada desde el oeste de la localidad de Chahuaytire.</i>	50
Figura 8 <i>Quebrada pascana Cancha</i>	51
Figura 9 <i>Quebrada afluyente</i>	51
Figura 10 <i>Valles en U, parte alta de la quebrada de chahuay.</i>	52
Figura 11 <i>Valles en V, parte baja de la quebrada Chahuay.</i>	53
Figura 12 <i>Columna estratigráfica de la región del Cusco</i>	59
Figura 13 <i>Afloramiento de rocas del Grupo Mitu (PET-m), pertenecen a la formación pachatusan que están compuestos de brechas volcánicas de riolita km 7+090.</i>	62
Figura 14 <i>Afloramiento de rocas del Grupo Mitu (PET-m) conformado por estratos de areniscas intercaladas con limolitas en la progresiva 7+782 lado izquierdo de la vía.</i>	63
Figura 15 <i>Contacto, entre la formación pachatusan en donde se aprecia las arenisca de color concho de vino y la formación Paucartambo con secuencias de rocas metamórficas de esquistos y pizarras km 09+560.</i>	63
Figura 16 <i>Afloramiento de pizarras calcáreas con buzamiento 78°NE vertical en dirección N130.</i>	65
Figura 17 <i>Afloramiento de la formación Paucartambo (pizarras grises en el km 09+560 – km 10+280) al lado izquierdo de la vía.</i>	66
Figura 18 <i>Barras de cuarcitas plegadas pertenecientes a la Formación Paucartambo, en el cerro Morro Huicsa.</i>	67
Figura 19 <i>Cuarcitas plegadas de la Formación Paucartambo.</i>	67
Figura 20 <i>Vista macroscópica de cuarcita perteneciente a la formación Paucartambo.</i>	68
Figura 21 <i>Depósitos Coluviales, provenientes de la parte alta del grupo mitu Km 08+360</i>	69
Figura 22 <i>Depósitos Coluviales Km 12+500</i>	70
Figura 23 <i>Depósito Fluvioglaciario compuesto por bloques y clastos angulosos a subangulosos sustentados en una matriz arcillo limosa en la progresiva 11+460, lado izquierdo de la vía.</i> .72	72

Figura 24 <i>Depósito Fluvioglaciario, en donde se emplaza la localidad de Quello Quello, vista tomada al oeste de Cuyo Grande.</i>	72
Figura 25 <i>Depósitos glaciario - material que será usado como cantera, parte alta de chahuaytire</i>	73
Figura 26	74
Figura 27 <i>Anticlinal del Vilcanota y sistema de fallas asociadas.</i>	77
Figura 28 <i>Falla chuecamayo.</i>	79
Figura 29 <i>Desplazamiento del deslizamiento de Cuyo Chico en las componentes X y Z.</i>	82
Figura 30 <i>Cuadro de rumbo y buzamiento de los diferentes sistemas de fallas.</i>	84
Figura 31 <i>Fallas del cerro Morro Huicsa, presentes en bancos de cuarcita pertenecientes a la formación Paucartambo.</i>	84
Figura 32 <i>Vista de sistema de fracturamiento del macizo rocoso de Grupo Mitu.</i>	85
Figura 33 <i>Mapa de zonas sísmicas (Norma E-030)</i>	88
Figura 34 <i>Se observa el mapa de intensidad sísmica Mercalli modificada, por ende, en la zona del proyecto se pueden producir sismos con intensidad Máxima de VII grados en la Escala Modificada de Mercalli. (Jorge Alva Hurtado Et Al-1984).</i>	94
Figura 35 <i>Mapa de distribución de aceleraciones sísmicas, a nivel nacional (Bolaños 2004).</i>	94
Figura 36 <i>Vista de las grietas que se presentan en las viviendas de la localidad de Quello Quello, como consecuencia del deslizamiento que existe en la zona, progresiva 10+720.</i>	99
Figura 37 <i>Vista de las grietas que se presentan en las viviendas de la localidad de Cuyo Grande, como consecuencia del deslizamiento que existe en la zona, progresiva Km 14+960.</i>	99
Figura 38 <i>Vista de las grietas que se presentan en las viviendas de la localidad de Cuyo Grande, como consecuencia del deslizamiento que existe en la zona, en la progresiva Km15+220.</i>	100
Figura 39 <i>Vista de las fisuras que existe en las plataformas ubicadas en la localidad de Cuyo Grande, progresiva Km 13+860.</i>	100
Figura 40 <i>Caída de rocas y suelos Km 08+940 al Km 09+020, pertenecientes al Grupo Mitu.</i> 101	
Figura 41 <i>Erosión en surco, originada por lluvias torrenciales Km 08+220 al Km 08+360.</i>	103
Figura 42 <i>Zona de socavamiento más activo por erosión en surcos, margen derecho de la quebrada de Chahuay.</i>	104
Figura 43 <i>Columna estratigráfica de la calicata N° 01, km 07+000.</i>	110
Figura 44 <i>Columna estratigráfica de la calicata N°02, km 07+500</i>	111
Figura 45 <i>Columna estratigráfica de la calicata N° 03, km 08+000</i>	112
Figura 46 <i>Columna estratigráfica de la calicata N° 04, km 08+500</i>	113
Figura 47 <i>Columna estratigráfica de la calicata N° 05, km 09+000</i>	114
Figura 48 <i>Columna estratigráfica de la calicata N° 06, km 09+500</i>	115
Figura 49 <i>Columna estratigráfica de la calicata N° 07, km 10+000</i>	116
Figura 50 <i>Columna estratigráfica de la calicata N°08, km 10+500</i>	117
Figura 51 <i>Columna estratigráfica de la calicata N°09, km 11+000</i>	118
Figura 52 <i>Columna estratigráfica de la calicata N°10, km 11+500.</i>	119

Figura 53 <i>Columna estratigráfica de la calicata N°11, km 12+000</i>	120
Figura 54 <i>Columna estratigráfica de la calicata N°12, km 12+500</i>	121
Figura 55 <i>Columna estratigráfica de la calicata N°12, km 13+000</i>	122
Figura 56 <i>Columna estratigráfica de la calicata N°14, km 13+500</i>	123
Figura 57 <i>Columna estratigráfica de la calicata N°15, km 14+000</i>	124
Figura 58 <i>Columna estratigráfica de la calicata N° 16, km 14+500</i>	125
Figura 59 <i>Columna estratigráfica de la calicata N° 17, km 15+000</i>	126
Figura 60 <i>Columna estratigráfica de la calicata N° 18, km 15+500</i>	127
Figura 61 <i>Columna estratigráfica de la calicata N° 19, km 16+000</i>	128
Figura 62 <i>Columna estratigráfica de la calicata N° 20, km 16+500</i>	129
Figura 63 <i>Columna estratigráfica de la calicata N° 21, km 17+000</i>	130
Figura 64 <i>Columna estratigráfica de la calicata N° 22, km 17+500</i>	131
Figura 65 <i>Columna estratigráfica de la calicata N° 23, km 18+000</i>	132
Figura 66 <i>Carta de Casagrande</i>	144
Figura 67 <i>Porcentaje de incidencia de los suelos del primer estrato (SUCS)</i>	145
Figura 68 <i>Porcentaje de incidencia de los suelos del primer estrato (AASHTO)</i>	145
Figura 69 <i>Porcentaje de incidencia de los suelos del segundo estrato (SUCS)</i>	146
Figura 70 <i>Porcentaje de incidencia de los suelos del segundo estrato (AASHTO)</i>	146
Figura 71 <i>Porcentaje de Incidencia de los suelos del tercer estrato (SUCS)</i>	147
Figura 72 <i>Porcentaje de incidencia de los suelos para el tercer estrato(AASHTO)</i>	147
Figura 73 <i>Ubicación de cantera Chahuaytire, km 21+780</i>	176
Figura 74 <i>Conteo Vehicular Semanal en E-1 Quello Quello</i>	199
Figura 75 <i>Variación Diaria Total de Vehiculos E-1 Quello Quello</i>	199
Figura 76 <i>Variación horaria del Promedio vehicular E-1 Quello Quello</i>	201
Figura 77 <i>Clasificación vehicular del promedio E-1 Quello Quello</i>	202
Figura 78 <i>Distribución Porcentual por tipo de vehículos E-1 Quello Quello</i>	202
Figura 79 <i>Número de repeticiones de ejes equivalentes</i>	208

RESUMEN

La presente tesis tuvo por objetivo hacer un estudio geológico- geotécnico y determinar las características geotécnicas de la subrasante en el tramo de carretera Dv. Ruinas – Chahuaytire, para el diseño de pavimento flexible usando el método NAASRA. La zona de estudio se encuentra al noreste del distrito de Pisac, a una distancia aproximada de 6 km, en la Provincia de Calca del departamento de Cusco.

Las unidades geomorfológicas encontradas están demarcadas dentro de la cordillera Oriental, representada en la meseta de Colquepata, con presencia de montañas altas a medias, también encontramos valle glaciar en forma de U, que está relacionada a los procesos físicos de arranque y abrasión por la acción erosiva del glaciar, entre otras unidades geomorfológicas.

La geología por donde se emplaza la vía se encuentra dentro del grupo Mitu, Formación Pachatusan la cual se caracteriza por presentar rocas vulcano-sedimentarias de composición riolítica con algunas pequeñas alternancias de areniscas de color “concho de vino” que se encuentra en contacto con la formación Paucartambo en los primeros kilómetros de la vía. Por otra parte, se encuentra la formación Paucartambo que aloja en si a dos miembros característicos, un primer miembro de pizarras bituminosas y un segundo miembro de bancos de Cuarcitas depositados sobre estas. También encontramos depósitos cuaternarios de tipo coluvial y fluvio - glaciares.

Estructuralmente el tramo de vía se encuentra dentro del flanco derecho del anticlinal del Vilcanota. El sistema de fallas Zurite – Cusco – Urcos – Sicuani (SFZCUS) de dirección SE o N 140° se encuentra aledaña a la carretera, dentro de este sistema de fallas encontramos la falla de

Chuecamayo que es perpendicular al sistema de falla ya mencionada. Por otra parte la falla de cuyo chico se ubica en las alturas de Pisac, es una falla dextral que afecta depósitos coluviales y fluvio-glaciares, esta se extiende a lo largo de 8 km con un escarpe de 8 metros y la falla de Colquepata que es una reactivación de una antigua que se extiende a lo largo de 8 km donde el escarpe mayor mide 15 metros y el menor 1 metro, la falla de Chahuaytire se ubica adyacente al poblado del mismo nombre y paralela a la falla Colquepata, es una estructura que se extiende con dirección N 120° E a lo largo de 12 kilómetros.

Geotecnia, se realizaron 2 calicatas para el estudio de canteras y 23 calicatas en toda la vía cada 500 m, con profundidad de hasta 1.5 m de las cuales se clasificaron con los métodos de SUCS, gravas arcillosas con presencia de limos, arenas arcillosas con limos y AASHTO se determinaron materiales de los tipos A-1-a (0), A-1-b (0), A-2-4(0) y A-2-6(0). Seguidamente se caracterizó la subrasante en función a los resultados de CBR los cuales varían desde 4% hasta 14.6% al 95% de su máxima densidad seca. Por otro lado, se realizaron 4 ventanas estructurales en los primeros km de vía, pertenecientes al grupo Mitu, de estas 4 ventanas, 3 se clasificaron en clase III y calidad MEDIA y 1 de ellos en clase IV de calidad MALA según la clasificación RMR de Bieniawski. Finalmente se realizaron estudios de cantera para determinar las propiedades físico- mecánicas para ser utilizados como material de subbase y base, cumpliendo con los estándares que exige la norma.

Para el estudio de tráfico, se instaló una estación de conteo en la localidad de Quello Quello, Y en cuanto al tipo de flujo vehicular actual en el tramo, está conformado por vehículos ligeros con 89.24%, los vehículos pesados representan el 10.76%, en este rubro se detectan los

vehículos de 2 ejes con 8.34%, y los vehículos de 3 ejes con 1.99%, lo cual nos dio resultados de 401001 ejes equivalentes, dato que posteriormente será usado para el diseño del pavimento.

En el capítulo de diseño de pavimento, se utilizó el método NAASRA el cual cuenta con una ecuación empírica, con lo que se determinó la estructura del pavimento, teniendo como resultado un espesor de la sub base de 15 cm, base de 10 cm y carpeta asfáltica de 5.08 cm.

Palabras clave: Geología, Geotecnia, falla regional, diseño de pavimento por el método NAASRA.

ABSTRACT

The objective of this thesis was to carry out a geological-geotechnical study and determine the geotechnical characteristics of the subgrade in the Dv road section. Ruins – Chahuaytire, for the design of flexible pavement using the NAASRA method. The study area is located northeast of the Pisac district, at a distance of approximately 6 km, in the Calca Province of the Cusco department.

The geomorphological units found are demarcated within the Eastern Mountain range, represented in the Colquepata plateau, with the presence of high to medium mountains, we also find a U-shaped glacial valley, which is related to the physical processes of tearing and abrasion by the action erosion of the glacier, among other geomorphological units.

The geology where the road is located is within the Mitu group, Pachatusan Formation, which is characterized by presenting volcano-sedimentary rocks of rhyolitic composition with some small alternations of “wine concho” colored sandstones that are in contact with the Paucartambo formation in the first kilometers of the road. On the other hand, there is the Paucartambo formation that houses two characteristic members, a first member of bituminous shale and a second member of Quartzite banks deposited on them. We also find Quaternary deposits of colluvial and fluvio-glacial type.

Structurally, the section of road is located within the right flank of the Vilcanota anticline. The Zurite – Cusco – Urcos – Sicuani (SFZCUS) fault system with a SE or N direction of 140° is located adjacent to the highway. Within this fault system we find the Chuecamayo fault, which is

perpendicular to the aforementioned fault system. On the other hand, the Chico fault is located in the heights of Pisac, it is a dextral fault that affects colluvial and fluvio-glacial deposits, it extends along 8 km with a scarp of 8 meters and the Colquepata fault, which is a reactivation of an ancient one that extends along 8 km where the largest scarp measures 15 meters and the smallest 1 meter, the Chahuaytire fault is located adjacent to the town of the same name and parallel to the Colquepata fault, it is a structure that It extends in a N direction 120° E for 12 kilometers.

Geotechnics, 2 pits were made for the study of quarries and 23 pits along the entire road every 500 m, with a depth of up to 1.5 m, of which they were classified with SUCS methods, clayey gravel with the presence of silt, clayey sand with silt. and AASHTO, materials of types A-1-a (0), A-1-b (0), A-2-4(0) and A-2-6(0). The subgrade was then characterized based on the CBR results, which vary from 4% to 14.6% at 95% of its maximum dry density. On the other hand, 4 structural windows were made in the first km of track, belonging to the Mitu group, of these 4 windows, 3 were classified in class III and MEDIUM quality and 1 of them in class IV of POOR quality according to the RMR classification of Bieniawski. Finally, quarry studies were carried out to determine the physical-mechanical properties to be used as subbase and base material, complying with the standards required by the norm.

For the traffic study, a counting station was installed in the town of Quello Quello, and regarding the type of current vehicular flow in the section, it is made up of light vehicles with 89.24%, heavy vehicles represent 10.76%, in In this area, 2-axle vehicles are detected with 8.34%, and 3-axle vehicles with 1.99%, which gave us results of 401001. equivalent axes, data that will later be used for the design of the pavement.

In the pavement design chapter, the NAASRA method was used, which has an empirical equation, with which the structure of the pavement was determined, resulting in a thickness of the sub-base of 15 cm, base of 10 cm and folder. 5.08 cm asphalt.

Keywords: Geology, Geotechnics, regional fault, pavement design by the NAASRA method.

INTRODUCCIÓN

El presente estudio se realizó entre las localidades de Quello Quello – Cuyo Grande y Chahuaytire, del distrito de Pisac de la provincia de Calca de la Región del Cusco, con el objetivo de realizar un estudio geológico y geotécnico para el mejoramiento de la carretera Dv. Ruinas – Chahuaytire, con una longitud total de 11.760 Km a nivel de una vía definitiva, que permitirá mejorar las condiciones socioeconómicas de los pobladores del área de influencia.

Con el paso del tiempo y las continuas lluvias, la superficie de rodadura de la vía se encuentra desgastada y erosionada, por ende, el tránsito liviano y semi pesado se ve limitado, por ello se ha optado hacer estudios que servirán para el desarrollo y realización del proyecto, mejorar la capacidad portante de la subrasante que son susceptibles a deformaciones. En lo general para diseñar una carretera hay que tener ciertos parámetros y/o antecedentes que nos ayudarán a una mejor construcción y en el Perú existen entidades encargadas en la ejecución de obras viales los cuales nos sirven como ejemplo y poder desarrollar el proyecto de tesis. La zona de estudio según el clasificador (Ruta N° CU-112 Trayectoria: Emp. PE-28 B) (Pisac – Quello Quello – Chahuaytiri - Colquepata) perteneciente a la RED VIAL DEPARTAMENTAL O REGIONAL, por lo tanto, requiere atención inmediata.

En los últimos años el país ha atravesado por una situación económica muy buena a comparación de los años anteriores, utilizando recursos provenientes de las exportaciones, tales como la minería, la agricultura, la pesca, el turismo; y para mejorar la actividad productiva, es menester mejorar la situación de las carreteras y caminos vecinales que posibilitan su articulación con las zonas de mayor dinamismo, y en consecuencia mejorar la calidad de vida.

Según Provias Nacional (MTC-Perú), la red vial en el Perú está compuesta por más de 140,000 km de carreteras, organizada en tres grandes grupos: las carreteras longitudinales, las carreteras de penetración y las carreteras de enlace. La categorización de las carreteras corre a cargo del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (MTC); La mayoría de las rutas están a cargo de PROVIAS, organismo descentralizado del mismo Ministerio que se encarga de mantener y ampliar las vías. Por la calidad y el tipo de vehículos que las recorre podemos clasificar las vías peruanas en 3 categorías: autopistas, carreteras asfaltadas y caminos afirmados:

Las carreteras asfaltadas sólo cuentan con un carril principal y una berma de seguridad en cada sentido de circulación, separadas por un interlineado. En este tipo de vía la señalización y los servicios básicos varían en relación a la cercanía de las ciudades principales.

El diseño de los espesores se realizará según los ejes equivalentes proyectados: Para ejes equivalentes inferiores o iguales a 10^6 , se empleará los métodos USACE y NAASRA y Para ejes equivalentes superiores a 10^6 se empleará el método AASHTO 1993, que establece el empleo de Número Estructural.”

Basado en lo anterior y verificando que el ESAL de diseño para el tramo es inferior a 10^6 , se ha planteado el diseño de la estructura de pavimento empleando la metodología NAASRA (National Association of Australian State Road Authorities, hoy AUSTROADS). El propósito del proyecto es diseñar con este método la estructura del pavimento a nivel de una vía definitiva que tendrá en cuenta principalmente el estudio del IMD procediendo al conteo de vehículos motorizados que pasan por día y al estudio de Mecánica de suelos, que se realizó mediante calicatas en todo el tramo del proyecto.

El desarrollo del presente trabajo de Tesis, se realiza en base a los trabajos de campo y gabinete respaldados por los fundamentos teóricos que intervienen en el proyecto como son: Topografía, Geología, geomorfología, geomecánica, Geodinámica, Diseño del Pavimento entre otros.

CAPÍTULO I

1. ASPECTOS GENERALES

1.1 Introducción

En los últimos años el país ha atravesado por una situación económica muy buena a comparación de años anteriores, utilizando recursos provenientes de las exportaciones, tales como minería, agricultura, pesca y turismo para mejorar la actividad productiva, es menester mejorar la situación de carreteras y caminos vecinales que posibilitan su articulación con las zonas de mayor dinamismo, y en consecuencia mejorar la calidad de vida.

En el desarrollo del proyecto de Estudio Geológico, Geotécnico para el diseño estructural del pavimento flexible utilizando el método NAASRA tramo DV. Ruinas – Chahuaytire, (km 06+720 al km 18+480) distrito de Pisac, provincia de Calca del departamento del Cusco. Se aplicó el método NAASRA para determinar el espesor de la estructura del pavimento, para lo cual se debe tener en cuenta los estudios técnicos preliminares como estudio geológico, geotécnico, y el estudio de tráfico, entre otros.

El propósito de este estudio es identificar las características geológicas y geotécnicas para determinar la estructura del pavimento utilizando el método NAASRA, para su posterior planteamiento de soluciones técnicas frente a problemas geológicos y geotécnicos que se identificaron en la vía y de esta forma optimizar los materiales por ende reducción de costos.

Durante el estudio se realizaron 23 calicatas a cielo abierto cada 500 metros como indica la NTP, seguidamente se tomaron muestras representativas para los ensayos en laboratorio para la

caracterización de la subrasante a lo largo del tramo, también se realizaron estudios de roca mediante estaciones estructurales para determinar la calidad de esta.

En el Perú existen entidades encargadas de la ejecución de obras viales las cuales nos sirven como ejemplo para desarrollar el estudio de tesis.

Según Provias Nacional (MTC-Perú), la red vial en el Perú está compuesta por más de 140, 000 km de carreteras, organizada en tres grandes grupos: carreteras longitudinales, carreteras de penetración y carreteras de enlace. La categorización de las carreteras corre a cargo del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (MTC); la mayoría de las rutas están a cargo de PROVIAS, organismo descentralizado del mismo Ministerio que se encarga de mantener y ampliar las vías. Por la calidad y el tipo de vehículos que las recorre podemos clasificar las vías peruanas en 3 categorías: autopistas, carreteras asfaltadas y caminos afirmados.

1.2 Ubicación

1.2.1 Ubicación Política

La zona de estudio está ubicada en el Distrito de Pisac, Provincia de Calca, del Departamento de Cusco (Ver Tabla N°1), el inicio y fin del tramo se encuentran entre las altitudes de 3280 msnm – 3810 msnm respectivamente.

Tabla 1

Ubicación Política

Departamento	Cusco
Provincia	Calca
Distrito	Pisac

1.2.2 Ubicación Geográfica

La zona de estudio se encuentra en las siguientes coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator) como se muestra en la tabla N°02.

Tabla 2

Coordenadas UTM de la zona de estudio

TRAMOS	ZONA	LOCALIDAD	COORDENADAS UTM WGS 84		
			NORTE	ESTE	ALTITUD
Inicio de Tramo	19L	Dv. Ruinas	8516377.5	193404.36	3280 msnm.
	19L	Quello Quello	8518347	195238.31	3460 msnm.
	19L	Cuyo Grande	8517620	196622.53	3620 msnm.
Final de Tramo	19L	Chahuaytire	8518056.1	199608.83	3810 msnm.

1.3 Accesibilidad

La accesibilidad a la zona de estudio es mediante dos ejes viales que a continuación detallamos:

- a) **Ruta 1.** El acceso a la zona de estudio desde la ciudad del cusco es, a través de la vía Cusco – Huambutío – San Salvador – Pisac, luego se toma el desvío hasta Dv. Ruinas, es una vía asfaltada con una distancia aproximada 67+000 Km, con un tiempo de recorrido de 1h 20min.
- b) **Ruta 2.** Se toma la vía asfaltada Cusco – Pisac. Para después continuar hasta el desvío Dv. Ruinas. Es una vía asfaltada que constituye el principal medio de comunicación entre Cusco - Pisac, con una distancia Aproximada de 40 Km, el tiempo de recorrido es de 50 min. Aproximadamente.

1.4 Planteamiento de Problema

1.4.1 Descripción del Problema

A nivel mundial las vías terrestres son fundamentales en el desarrollo de los países, pero lamentablemente muchas de ellas están en deterioro, causando preocupación y dificultades a los gobiernos de los países, provincias y distritos. Debido a la falta de financiamiento en muchos países, deben ser establecidos métodos de construcción y mantenimiento viables desde el punto de vista costo-efectividad. De ahí que nace la necesidad de realizar proyectos viales acorde a los requerimientos de seguridad en la red de carreteras, optimizar el flujo de tránsito en las redes arteriales y de autopistas, gestionar eficazmente los trabajos de mantenimiento y construcción sin dejar de lado la estética.

En el Perú las vías de comunicación más utilizadas son las terrestres. Dentro de las cuales se encuentran los caminos y carreteras. Según el clasificador de rutas del Decreto Supremo 011-2016-MTC, actualizado el 31 de diciembre del 2019, la red vial existente cuenta con el 17.03% de carreteras pavimentadas, clasificadas según el manual del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) en pavimentos flexible, rígido y semirrígido; y el 82.97% de carreteras no pavimentadas, clasificadas según el mismo manual en: afirmada, sin afirmar y trocha.

La zona de estudio según el clasificador (Ruta N° CU-112 Trayectoria: Emp. PE-28 B) (Pisac – Quello Quello – Chahuaytiri - Colquepata) perteneciente a la RED VIAL DEPARTAMENTAL O REGIONAL, por lo tanto, requiere atención inmediata. Y siguiendo con la premisa de observar el patrimonio vial, encontramos que, en el Manual de Suelos, Geología y Pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), clasifica las carreteras según el volumen de tránsito en: alto, medio, bajo. Para esta problemática solo consideraremos las carreteras de bajo volumen, que tiene como alternativa de solución a los afirmados, además en el

capítulo XI: Afirmados, se menciona lo siguiente: “Para el dimensionamiento de espesores de afirmado, en el presente Manual, se adoptó como representativa la ecuación 1 extraída del método NAASRA, (*National Association of Australian State Road Authorities*, hoy AUSTRROADS) que relaciona el valor del soporte del suelo (CBR) y la carga actuante sobre el afirmado, expresada en número de repeticiones de EE.”

El suelo predominante en el tramo Dv. Ruinas- Chahuaytire (km 6+720-km 18+480) son los suelos arcillosos y se sabe de estos que son los más peligrosos para cimentar tanto en viviendas como en carreteras. El funcionamiento a largo plazo de cualquier proyecto de construcción depende de la calidad de los suelos subyacentes. En ese entender, si el suelo va a ser empleado para soportar la cimentación de un pavimento, las principales características indeseables de una arcilla plástica son: un índice plástico demasiado alto que significa un alto valor de expansión o contracción, así como la baja capacidad portante que tiene la estructura, el cual es un fenómeno que siempre ocurre en un proyecto de campo y es muy difícil de controlar ya que no se puede impermeabilizar el suelo en su totalidad. Los suelos expansivos resultan ser un gran problema para la construcción, porque los incrementos de volumen no se presentan de manera uniforme, sino todo lo contrario y al contraerse en distintas zonas generan asentamientos que dañan severamente las estructuras.

1.4.2 Formulación del Problema

1.4.2.1 Problema General

1.- ¿Cómo contribuirá el estudio geológico y geotécnicos en el diseño estructural del pavimento flexible utilizando el método NAASRA, tramo Dv. Ruinas – Chahuaytire (km 6+720 - km 18+480)?

1.4.2.2 Problemas Específicos

1. ¿Cuáles son las formaciones geológicas que corta el tramo, Dv Ruinas – Chahuaytire (km 6+720-km 18+480)?
2. ¿Cuáles serán las características geotécnicas, tanto de suelo como de roca a lo largo de la vía?
3. ¿Cuál será el espesor de la estructura del pavimento?
4. ¿Qué características físico-mecánicas debe cumplir la cantera que será usada en el diseño estructural del pavimento?

1.5 Justificación de la Investigación

Con el paso del tiempo y las continuas lluvias, la superficie de rodadura de la vía se desgasta y erosionan a consecuencia de las lluvias, y el tránsito liviano y semi pesado se ve limitado, por ello se ha optado hacer estudios que servirán para el desarrollo y realización del proyecto, mejorar la subrasante en ciertos tramos que presentaron mínima capacidad portante que son susceptibles a deformaciones.

El presente estudio geológico y geotécnico nos brindará una mejor información de los horizontes del suelo y del macizo rocoso, con la finalidad de mejorar las condiciones

socioeconómicas de la población beneficiada que según el INEI son 2714 e incorporarse al sistema de caminos vecinales de la Red Vial Regional y Nacional, a fin de solucionar el acceso y traslado de la producción agrícola hacia los mercados y fomentar la integración en la zona.

La metodología a desarrollarse permitirá diseñar de manera técnica el espesor de la estructura del pavimento, teniendo en cuenta la resistencia de la subrasante y el tránsito estimado para un periodo de diseño. En el funcionamiento estructural del pavimento influye el tipo de suelo encontrado en la subrasante y el número total de vehículos pesados durante el periodo de diseño, expresado en ejes equivalentes (EE) y los materiales granulares cuyas propiedades físico-mecánicas y comportamiento son conocidos. Esta metodología establece el espesor del diseño en función a los siguientes parámetros: características de la sub rasante y nivel de tránsito.

Para el dimensionamiento de espesores del pavimento se adoptó la ecuación del método NAASRA, que relaciona el valor del CBR y la carga actuante sobre la estructura.

Mediante el estudio geológico y geotécnico se hizo el reconocimiento del área de estudio, mapeo geológico, geomorfológico y estructural. También se identificó problemas geodinámicos con la finalidad de proponer medidas de solución.

El incremento poblacional de los sectores más altos de Pisac en especial de las comunidades: Quello Quello, Amaru, Sacaca, Cuyo Grande, Percca, Yauripamapa, Mosoq Llaqta y Chahuaytire hace que los gobiernos locales, regionales y nacionales inviertan en la mejora de sus distritos. Además, el mejoramiento de la carretera generará los siguientes impactos:

1.5.1 Impacto Económico

- ❖ Crecimiento de la producción agrícola, ganadera y artesanal.
- ❖ Elevación de los ingresos provenientes de la actividad artesana y otras fuentes.
- ❖ Mayor aprovechamiento del potencial económico de la zona (recursos agrícolas, pecuarios y artesanales).
- ❖ Incremento de micro y pequeñas empresas en el sector artesano, agrícola y ganadero.
- ❖ Mayor participación en ferias artesanales tanto nacionales como internacionales.
- ❖ Integración entre los mercados locales, regionales, nacionales e internacionales.

1.5.2.- Impacto Social

- ❖ Mejoramiento de los servicios de salud y educación.
- ❖ Mejoramiento en el desenvolvimiento de la población por la visita del sector turismo.
- ❖ Implementación de proyectos por parte del distrito de Pisac.

1.6 Objetivos de Estudio

1.6.1 Objetivo General

Realizar el estudio Geológico- Geotécnico para el diseño estructural del pavimento flexible usando el método NAASRA en el tramo Dv. Ruinas - Chahuaytire (km 6+720-km 18+480).

1.6.2 Objetivos Específicos

1.- Identificar las formaciones geológicas que corta el tramo Dv. Ruinas - Chahuaytire (km 6+720-km 18+480).

2.- Determinar las características geotécnicas tanto de suelo como de roca a lo largo de la vía.

3.- Determinar el espesor de la estructura del pavimento flexible mediante el método NAASRA.

4.- Determinar las características físico-mecánicas de la cantera que será utilizada en el diseño estructural del pavimento.

1.7 Hipótesis y Variables

1.7.1 Hipótesis

1.7.1.1 Hipótesis General

El estudio geológico- geotécnico nos permitirán diseñar tomando en cuenta problemas geológicos y geotécnicos que se determinen en la vía, utilizando el método NAASRA tramo Dv. Ruinas - Chahuaytire (km 6+720-km 18+480).

1.7.1.2 Hipótesis Específica

1.-Mediante el estudio geológico identificaremos las formaciones del grupo Mitu del tramo Dv. Ruinas - Chahuaytire (km 6+720-km 18+480).

2.- Las características geotécnicas de la subrasante nos determina que el CBR es alto y los macizos rocosos son buenos según la clasificación RMR a lo largo de la vía.

3.-El espesor de la estructura del pavimento flexible serán cercanos a 15 cm.

4.- El tipo de suelo que encontraremos en la cantera a usarse en el diseño estructural del pavimento es GW-GC de acuerdo con la clasificación SUCS, A-1-a según la clasificación AASHTO, limite liquido 15%, índice de plasticidad de 4%, abrasión 30%.

1.7.2 Variables

1.7.2.1 Variable independiente: Geología y geotecnia.

1.7.2.2 Variable Dependiente: Diseño estructural del pavimento flexible utilizando el método NAASRA.

Ver anexo 1: matriz de consistencia

1.7.3 Operacionalización de variables

Tabla 3

Operacionalización de variables

Operacionalización de Variables						
Variables Independientes	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores		
Geología	Rivera (2011) sostiene que la geología trata de todo lo referente a la Tierra, por lo que se deduce que la geología consta de varias ciencias que se interrelacionan unas a otras para el mejor conocimiento del origen, composición, evolución y continentes a través del tiempo.	La geología será estudiada mediante mapeos geológicos, ya que aporta información sobre la tectónica y los materiales geológicos de la zona. Por ende en estos mapas se representan la distribución, naturaleza y edad de las rocas así como la presencia de rasgos estructurales de la corteza terrestre así como fallas y pliegues, Ibañez (2011).	Formación Geológica	Potencia de los estratos		
				Estratificación		
			Falla Geológica	Tipo de roca		
				Espejos de falla		
Geotecnia	Según el Dr. Mesri (1992) la geotecnia es la rama más joven de la ingeniería geológica y la ingeniería civil, por lo que continúa evolucionando activamente.	Los suelos encontrados serán descritos y clasificados de acuerdo a la metodología para construcción de vías, la clasificación se efectuará obligatoriamente por AASHTO y SUCS según el Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos Sección: Suelos y Pavimentos Versión abril 2014.	Suelo	Tipo de Suelos		
				Humedad Óptima y Densidad Máxima Seca		
				CBR		
			Macizo Rocoso	La clasificación de masa rocosa llamada clasificación geomecánica o Rock Mass Rating. Este sistema tiene como objetivo clasificar un macizo rocoso mediante ventanas estructurales estimando su resistencia, para ello se basan en 6 parámetros para clasificar la masa rocosa haciendo uso del sistema rock mass rating. Bienaswki, (1989).	Macizo Rocoso	RQD
						Espaciamiento de Discontinuidades
						Persistencia
				Abertura		
				Relleno		
				Aleteración		
Variables Dependientes	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores		
Diseño estructural del pavimento flexible utilizando el método NAASRA.	Según Blackman (2022) define los pavimentos como toda estructura de la carretera formada por una o más capas de material granular, lo cual posteriormente es protegido por una capa asfáltica de rodamiento o una de concreto de cemento Portland.	La ecuación del método NAASRA relaciona el valor soporte del suelo (CBR) y la carga actuante sobre el Pavimento, expresada en número de repeticiones de ejes equivalentes (EE) según el Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos Sección: Suelos y Pavimentos Versión abril 2014.	Subrasante	Capacidad Portante		
			Trafico	Número de Ejes Equivalentes		

CAPITULO II

2. METODOLOGÍA

2.1 Tipo de Investigación

Descriptivo-Correlacional

Según (Hernandez, 2014) “este tipo de estudios tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en una muestra o contexto en particular” por ende este trabajo de tipo correlacional, porque usaremos parámetros de geología y geotecnia para finalmente poder diseñar el pavimento.

Es descriptivo porque describiremos las condiciones geológicas y geotécnicas tomando en cuenta ensayos y trabajos realizados anteriormente.

2.2 Diseño de la Investigación

No experimental

El presente trabajo sigue una metodología ya establecida para determinar los diferentes parámetros geológicos, y geotécnicos a fin de plantear las mejores condiciones para garantizar el diseño del pavimento.

Lo que hacemos en la investigación no experimental es observar fenómenos tal como se dan en su contexto natural, para analizarlos (The SAGE Glossary of the Social and Behavioral Sciences, 2009b).

2.3 Unidad de Análisis

Las Características geológicas y geotécnicas del tramo Dv. Ruinas - Chahuaytire (km 6+720- km 18+480).

2.4 Población de Estudio

En este caso nuestra población en estudio serán los 11.720 km, que abarca el tramo.

2.5 Selección de Muestra

Las muestras de nuestra investigación serán las calicatas que se realizarán in situ cada 500 metros a lo largo de nuestra población para determinar las características geotécnicas.

2.6 Tamaño de la Muestra

Las muestras serán tomadas de las calicatas seleccionadas de nuestra población, con un peso de hasta 45 kg para realizar los ensayos correspondientes en laboratorio como: Granulometría, contenido de humedad, límites de consistencia, Peso unitario suelto, peso unitario compactado, Peso Específico, Densidad Máxima, Densidad mínima y CBR.

2.7 Método de Trabajo.

2.7.1 Etapa de Pre Campo.

- ❖ Se ha realizado una exhaustiva revisión de la información existente relacionado con el área de estudio, así como, la revisión de las investigaciones geológicas, estructurales, geotécnicas y el Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia
- ❖ y Pavimentos, entre Dv. Ruinas – Quello Quello – Chahuaytire.
- ❖ Reconocimiento de la zona de estudio en donde se realizará la evolución geológica geotécnica para el diseño del pavimento flexible, para la obtención de resultados preliminares.
- ❖ La planificación de los trabajos de campo es un aspecto crucial para llevar a cabo la investigación.

2.7.2 Etapa de Campo.

- ❖ Para dirigirnos al campo debemos asegurar la preparación de los equipos e instrumentos necesarios que utilizaremos.
- ❖ Para tener una idea general de la zona de estudio, se generará un mapa topográfico y el cartografiado de geología, geomorfología y estructural local a detalle.
- ❖ La evaluación de los factores geotécnicos pertenecientes a lo largo del eje de vía, donde se realizará los trabajos de investigación.
- ❖ La realización de las calicatas a cielo abierto a cada 500 m, con dimensiones de 1x1x1.50, como establece el, Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos.
- ❖ La realización de las calicatas a cielo abierto, para la prospección de las posibles canteras a utilizarse en el proyecto.
- ❖ Finalmente, la toma de muestras representativas inalteradas y alteradas para sus respectivos ensayos en laboratorio.

2.7.3 Etapa Post Campo.

- ❖ Como primer paso consiste en la preparación de los equipos de laboratorio
- ❖ La realización de los ensayos especializados en laboratorio.
- ❖ Elaboración de Mapas.
- ❖ Elaboración y redacción de la tesis.

2.7.4 Etapa Final.

- ❖ Sustentación de Tesis.

2.8 Equipos e Instrumentos.

Para el trabajo del presente trabajo de investigación se utilizaron equipos y materiales.

Equipos.

- Una retroexcavadora, para la realización de calicatas a cielo abierto.
- Equipos de laboratorio de mecánica de rocas y suelos.

Instrumentos.

- GPS Garmin 62S, que se utiliza para la posición geográfica de los puntos de calicatas realizadas tanto en la vía como en las canteras, contactos geológicos y características resaltantes en la zona de estudio.
- Picota de Geólogo, para fracturar rocas y extraer muestras durante el trabajo de campo.
- Wincha o flexómetro, para medir la altura de los estratos del suelo presentes en las calicatas a cielo abierto y las dimensiones de las mismas.
- Rayador, para rallar los minerales de las muestras extraídas de las rocas y diferenciar e interpretar los minerales por su dureza y el color de la raya.
- Cámara fotográfica, con el fin de tomar evidencias fotográficas durante los trabajos realizados en el campo.

Materiales.

- Bolsa y Saquillos, Para la toma de muestras de suelos y roca.
- Ácido Clorhídrico, para caracterizar rocas con contenido de carbonatos.
- Chaleco del geólogo, Para cargará objetos como, cuadernos lapiceros, lápices, colores, regla, GPS, escalímetro, planos, mapas, lupa, ácido clorhídrico, etc.

CAPITULO III

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes

3.1.1 Antecedentes Nacionales

1. Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC); “MANUAL DE CARRETERAS: Diseño Geométrico (DG-2014)” En el numeral 201.06.03 GEOLOGÍA Y GEOTECNIA; indica: en la etapa de identificación de rutas posibles, la oportuna detección de zonas conflictivas desde el punto de vista geotécnico puede justificar el abandono de una ruta, que pudiera parecer atrayente en condiciones de trazado.

El aporte a nuestro trabajo de tesis es que nos sirve de guía según las normas técnicas de diseño, construcción y mantenimiento de carreteras, caminos y vías urbanas. Por otro lado, se precisa que este manual es de carácter normativo y de cumplimiento obligatorio que sirven como instrumentos técnicos a las diferentes fases de gestión de la infraestructura vial. Dicho manual está conformado por dos secciones: I) Suelos y pavimentos y II) Geología y Geotecnia.

2. Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC); “MANUAL PARA EL DISEÑO DE CAMINOS NO PAVIMENTADOS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO - 2005” indica que la aplicación de este Manual, respecto de los volúmenes de la demanda del tránsito, se extiende hasta los límites de los volúmenes de demanda que justificaría el cambio de superficie granular a rodadura pavimentada. El límite real es específico de cada caso y dependerá de la cantidad y tipo de los vehículos; y puede calcularse mediante un análisis técnico-económico para establecer para que caso específico, aproximadamente en el rango entre 200 y 400 vehículos por día, es justificable; el cambio de superficie de rodadura.

Sintetiza las características de la superficie de rodadura, que la experiencia peruana ha definido como la práctica adecuada en términos técnico-económico, para los caminos No Pavimentados de Bajo Volumen de tránsito.

El aporte hacia nuestro trabajo de tesis es por la naturaleza del manual, las incorporaciones de normas de diseño se superficies de rodadura, estudios de hidrología y drenaje, así como guías para el diseño de elementos de protección que otorguen estabilidad a la plataforma de la carretera y a su estructura de rodadura. Por otro lado, el uso de este manual es de uso simple que nos proporciona criterios técnicos sólidos y coherentes para hacer posible el diseño de carreteras eficientes y optimizadas en el costo.

3. Ministerio de Transportes y comunicaciones (MTC); “MANUAL DE CARRETERAS: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos” (2013); sección suelos y pavimentos, donde el manual proporciona criterios homogéneos en materia de suelos y pavimentos que faciliten la aplicación en el diseño de las capas superiores y de la superficie de rodadura en carreteras no pavimentadas y pavimentadas, dotándolas de estabilidad estructural para lograr su mejor desempeño posible en términos de eficiencia técnico-económicos.

El aporte a nuestro trabajo de tesis, son las pautas para identificar las características y la clasificación de suelos que se utilizaran en la construcción de los pavimentos de las carreteras del Perú, la exploración e investigación de suelo tanto para la determinación de las características del suelo como para el correcto diseño de la estructura del de pavimento. Si la información registrada y las muestras enviadas al laboratorio no son representativos, los resultados de las pruebas no tendrán mayor sentido para los fines propuestos.

4. Pérez, 2020 en su trabajo de tesis titulado “CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PARA EL TRAZO DEL CAMINO VECINAL SALAMANCA HUAYTAPAMPA EN LA PROVINCIA DE CONDESUYOS – AREQUIPA” tuvo por objetivo hacer la caracterización geológico-geotécnico para el trazo del camino vecinal salamanca huaytapampa en la provincia de condesuyos – Arequipa, la metodología que se uso fue la recopilación y síntesis de la información bibliográfica existente recogiendo teorías que merezcan su revisión, considerando aspectos similares a la zona en evaluación, en espacio y tiempo, finalmente los datos obtenidos en campo y análisis de los resultados obtenidos en laboratorio son plasmados en un documento que sintetice los trabajos realizados en campo, gabinete y el análisis de los resultados obtenidos como objeto del presente trabajo (Gabinete).

La falta de comunicación en el distrito de Salamanca es un problema social por el cual surge la necesidad de construir la carretera hacia Huaytapampa. Para lo cual es necesario tener una base sólida de las propiedades físicas mecánicas de los materiales que conforman el trazo del camino Salamanca-Huaytapampa. La caracterización geotécnica fue realizada sobre la base de información levantada en campo y resultado de análisis de laboratorio (muestras de suelo) adquirida en 93 calicatas de exploración.

Las muestras obtenidas de calicatas se enviaron al laboratorio de suelos (Secconsar SRL). Los estudios realizados y ensayos de laboratorio permitieron determinar la caracterización geotécnica de los materiales granulares que conforman el trazado del camino Salamanca-Huaytapampa. Sobre el conocimiento de las propiedades físico- mecánicos similares. Los materiales presentes sobre la línea de estudio se encuentran principalmente constituidos por suelos tipo A-1-a, A-1-b, A-2-4 y A-4 (gravas arenosas y gravas limosas con contenido de humedad promedio de 7%, suelos semi compactos con capacidad de soporte al 95% de la máxima densidad seca $\geq 20\%$).

El aporte a nuestro trabajo es la guía de cómo se recopilaron datos de geología, geotecnia, ejecución de calicatas a lo largo del trazo de la carretera, toma de muestras de los diferentes materiales In Situ para el análisis en laboratorio y posterior análisis e interpretación de resultados obtenidos en laboratorio.

3.1.2 Antecedente Regional

1.- Geología del cuadrángulo de Urubamba y Calca Hoja 27-r y 27-s (Victor Carlotto, Jose Cardenas Roque, Willy Gil y Richard Chavez, 1996). Dicha información fue descargada del INGEMMET, con el objetivo de usar esta información como guía para realizar el mapeo geológico regional.

El área de estudio se encuentra en espacios correspondientes a la Cordillera Oriental, el altiplano y el borde noreste de la cordillera Occidental. La zona de estudio ha sido dividida en 4 dominios estructurales: Cordillera oriental, zona intermedia altiplano, Cordillera, altiplano y borde noreste de la cordillera occidental, cada una de estas tiene una geología propia, una deformación particular, así como una evolución diferente lo que permite una concentración de recursos geológicos.

La formación Pachatusan (Gregory, 1916) está compuesta por brechas, aglomerados y coladas volcánicas de basaltos, riolitas e ignimbritas. Estas rocas volcánicas se intercalan con rocas sedimentarias, caracterizándose por su color rojo violáceo o llamado también “concho de vino” lo que permite que lo reconozcamos fácilmente.

Los afloramientos volcánicos de esta formación se le considera del Permiano medio al triásico inferior según Marocco corresponde al triásico superior.

El aporte a nuestro trabajo de tesis de estos boletines geológicos, nos brindan información sobre los dominios morfoestructurales limitados por un dominio intermedio que en parte corresponde a la valle del Vilcanota – Urubamba, por otra parte nos indica que en la cordillera oriental afloran rocas que van del cámbrico hasta el devónico, en el altiplano rocas meso-cenozoicas, mientras que en el dominio intermedio rocas paleozoicas y meso-cenozoicas, también nos brindan información sobre la identificación de unidades geomorfológicas regionales y dentro de estas como las unidades locales, las que han sido descritos tomando en consideración su morfología, litología y tectónica.

3.1.3 Antecedente Local

1. (Curse & Huaman, 2019) en su trabajo de tesis titulado “ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PARA LA FACTIBILIDAD DEL ASFALTADO DE LA CARRETERA SAN SALVADOR - OCCORURO – PROGRESIVAS 0+000 AL 18+440 DISTRITO DE CALCA-DEPARTAMENTO DEL CUSCO”, tuvo por objetivo hacer un estudio geológico-geotécnico y determinar las características favorables y desfavorables en la carretera San Salvador - Occoruro, para dar la factibilidad para su asfaltado. La metodología de este trabajo de investigación fue del tipo descriptivo correlacional – explicativo y entre sus resultados obtuvo que en la zona de estudio se encuentran zonas donde predominan arcillas limosas (CL), gravas limo arcillosas (GM-GC) y depósitos coluvio-aluviales que están representadas por arenas arcillosas (SC) y arcillas limosas (CL). Por otro lado, se hicieron ventanas estructurales en afloramientos rocosos, los cuales según Bieniawski se clasificaron como **Clase III y de calidad Media**, los que dieron los siguientes GSI: 50;52;51;50 los cuales se insertaron en el software SLIDE 6.1 obteniendo factores de seguridad de

FS=1.974, FS=1.409 y FS=1.00 lo cual estos datos son de medios a bajos para la factibilidad del asfaltado de la carretera san salvador occururo.

El aporte a nuestro trabajo de tesis es que los estudios geotécnicos nos indican valores que nos ayudan a entender el comportamiento de los suelos.

3.2 La ingeniería geológica

La ingeniería geológica es la ciencia aplicada al estudio de los problemas de la ingeniería y del medio ambiente producidos como consecuencia de la interacción entre las actividades humanas y el medio geológico. El fin de la ingeniería geológica es asegurar que los factores geológicos condicionantes de las obras de ingeniería sean tenidos en cuenta e interpretados adecuadamente, así como evitar o mitigar las consecuencias de los riesgos geológicos. (vallejo, 2004).

La ingeniería geológica; además del fundamento geológico es necesario conocer los problemas del terreno que sustentan las obras de ingeniería, los métodos de investigación in situ, la clasificación, el comportamiento de los suelos y rocas en relación a la Ingeniería Civil, incluye además el conocimiento Práctico de la mecánica de suelos, mecánica de roca e Hidrología. (Mantilla, 2011).

El desarrollo de las técnicas como la mecánica de rocas y mecánica de suelos configuraron los principios de la moderna geotecnia, dentro de la cual, la Ingeniería Geológica representa la visión más geológica a la solución de los problemas constructivos. La importancia de la ingeniería geológica se manifiesta en dos grandes campos: El terreno y los Riesgos geológicos y ambiente. (Mantilla, 2011).

3.3 La Ingeniería Geotécnica

La Ingeniería Geotécnica, como su nombre lo indica, se refiere a la aplicación de la tecnología de la Ingeniería Civil al manejo de los materiales térreos de la corteza del planeta. Usualmente, el ingeniero geotécnico se ocupa de estudiar sólo los materiales naturales que se encuentran en o cerca de la superficie de la tierra. Los ingenieros denominan a estos materiales térreos como suelo y roca.

El suelo, en el sentido ingenieril, es un aglomerado de minerales, materia orgánica y sedimentos, relativamente sin cohesión depositado sobre el lecho de roca. Los suelos se pueden romper o disgregar fácilmente, debido a sus constituyentes minerales o partículas orgánicas. Las rocas, por el contrario, tienen alta resistencia debido a cohesión interna y fuerzas moleculares, que mantienen unidos a sus granos minerales constituyentes. Esto es cierto, tanto si la roca constituye una estructura masiva firme, como aquella que forma una partícula de grava embebida en un suelo arcilloso. (Holtz, 1981).

La Ingeniería Geotécnica es una componente especializada de la Ingeniería Civil. Comprende la *Mecánica de Suelos*, la *Mecánica de Rocas* y la *Ingeniería Geológica*. Como tal, reúne bajo un solo término los principios de estas disciplinas, dedicadas al comportamiento de los materiales que forman la corteza terrestre.

La Ingeniería Geotécnica se ocupa de las propiedades de ingeniería de los materiales de la tierra. En las actividades geotécnicas se centran en los materiales de la tierra y su interacción con proyectos de transporte. La Sección Geotécnica conduce la superficie y el subsuelo investigaciones para recopilar información sobre los materiales de la tierra y luego realiza pruebas y análisis para llegar a soluciones apropiadas para proyectos de construcción o mantenimiento. (Minnesota Department of Transportation (MnDOT), 2017).

3.4 Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

El ministerio de transportes y comunicaciones (MTC), es el órgano de poder ejecutivo, responsables del desarrollo de los sistemas de transporte y de la infraestructura vial del país. Dentro de esta institución existen dos unidades ejecutoras.

a) Provias Nacional.

Está encargado de la ejecución de proyectos de construcción, mejoramiento, rehabilitación y mantenimiento de la Red Vial Nacional, con el fin de brindar a los usuarios un medio de transporte eficiente y seguro, que contribuya a la integración económica y social del país

b) Provias Descentralizado

Es una unidad ejecutora, que tiene a su cargo actividades de preparación, gestión, administración, y de ser el caso la ejecución de proyectos y programas de infraestructura de transporte departamental y vecinal o rural, con la finalidad de contribuir a la superación de la pobreza y al desarrollo del país.

3.5 Afirmado

Capa de material natural selecto procesado o semiprocado de acuerdo a diseño, que se coloca sobre la subrasante de un camino. Funciona como capa de rodadura y de soporte al tráfico en carreteras no pavimentadas. Estas capas pueden tener tratamiento para su estabilización. (DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS Y FERROCARRILES - DGCF, 2005).

3.6 Material de Cantera

Es aquel material de características apropiadas para su utilización en las diferentes partidas de construcción de obra, que deben estar económicamente cercanas a las obras y en los volúmenes significativos de necesidad de la misma. (DIRECCION GENERAL DE CAMINOS Y FERROCARRILES - DGCF, 2005).

3.7 Bases Granulares

Este trabajo consiste en la construcción de una o más capas de materiales granulares, que pueden ser obtenidos en forma natural o procesados, con inclusión o no de algún tipo de estabilizador o ligante, debidamente aprobados, que se colocan sobre una subbase, afirmado o subrasante. (ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA LA CONSTRUCCIÓN, EG 2013).

3.8 Camino Vecinal

Camino rural destinado fundamentalmente para acceso a las poblaciones pequeñas y a chacras de predios rurales. (DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS Y FERROCARRILES - DGCF, 2005)

3.9 Erosión

Es un proceso geológico destructivo que tiende a nivelar la superficie de la corteza terrestre. La erosión implica los siguientes procesos: Fracturamiento, fisuramiento, alteración física y/o química, arranque y transporte de los materiales, por agentes geológicos como el agua, viento, hielo, olas, etc. Erosión es sinónimo de degradación, gliptogénesis. (Mantilla, 2011).

3.10 Mejoramiento de Suelos

Este trabajo consiste en excavar el terreno por debajo de la subrasante o de fundación de terraplenes y su reemplazo parcial o total con materiales aprobados debidamente conformados, acomodados y compactados, de acuerdo con las especificaciones del proyecto como son alineamientos, pendientes, dimensiones señaladas en los planos del proyecto. (ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA LA CONSTRUCCION, EG 2013).

3.11 Mejoramiento de Caminos:

Mejoras o modificaciones de la geometría horizontal y vertical del camino, relacionados con el ancho, alineamiento, la curvatura o la pendiente longitudinal, a fin de incrementar la capacidad de la vía, la velocidad de circulación y aumentar la seguridad de los vehículos. También se incluyen dentro de esta categoría, la ampliación de la calzada, la elevación del estándar del tipo de superficie entre otros, y la construcción de estructuras tales como alcantarillas grandes, puentes o interoceánicas. (DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS Y FERROCARRILES – DGCF, 2005).

3.12. PLIEGUES: Se definen a los pliegues como una flexión u ondulación en las rocas de la corteza, que alcanzan su mayor desarrollo en formaciones estratigráficas tales como las rocas sedimentarias, volcánicas y metamórficas. (Mantilla, 2011).

VALLE ALUVIAL: Según Zinck, (1980) los valles aluviales son paisajes geográficos y se cree que están relacionados con áreas estrechas y alargadas que presentan arroyos a lo largo del eje.

Es un relieve característico que puede formarse en paisajes montañosos, mesetas o laderas. La formación de un valle está relacionada al proceso de sedimentación y erosión producida por el caudal de un río.

ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS REGIONALES: Según (Fossen, 2010) “la geología estructural es la rama de la geología que estudia la geometría, distribución y formación de las estructuras geológicas”.

Las deformaciones se dan por factores como temperatura y presión hidrostática en la medida que se apliquen esfuerzos. Por consiguiente, las deformaciones estructurales en los bloques de roca forman estructuras geológicas locales.

Se tienen como estructuras regionales a fallas y mantos de corrimiento considerando como un nivel mayor en geomorfología en comparación a una estructura local como pliegues, fracturas y unidades de desplazamiento.

3.13 Estudio Geotécnico

Se define como todas las actividades que comprenden el reconocimiento de campo, la investigación del subsuelo, los análisis y recomendaciones de ingeniería necesarios para el diseño y construcción de las obras en contacto con el suelo, de tal forma que se garantice un comportamiento adecuado de las estructuras (superestructura y subestructura) para edificaciones, puentes, torres, silos y demás obras, que preserve la vida humana, así como también evite la afectación o daño a construcciones vecinas. (Valencia,2014).

Clasificación de Bieniawski (1973, 1975, 1989): Fue una clasificación desarrollada por Bieniawski en 1973, para realizar la caracterización geomecánica de los macizos rocosos a partir de los datos obtenidos en áreas o tramos de afloramientos y sondeos que presenten características geológicas uniformes. Considerando los siguientes parámetros:

- La Resistencia uniaxial
- Grado de fracturamiento RQD
- Espaciado entre discontinuidades
- Condición de discontinuidades
- Condiciones hidrológicas
- Orientación de discontinuidades.

La acción de estos parámetros sobre el comportamiento geomecánica es expresado mediante el índice de calidad de macizo rocoso RMR el cual varía de 0 a 100. (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño, & Oteo, 2002).

Para obtener el índice de RMR. Primero se divide en algunos dominios estructurales, para ello se delimitan zonas de acuerdo a las discontinuidades, con ello tenemos estructuras homogéneas. El macizo rocoso contiene estructuras geológicas como fallas, diaclasas y pliegues. La clasificación RMR evalúa la calidad de un macizo rocoso a partir de parámetros.

(Ramírez P., 2004)

Índice RQD: El RQD (Rock Quality Designation) es muy útil, pero tiene una gran limitación que no toma en cuenta aspectos como rellenos, separación y otras condiciones de las discontinuidades, por lo que es necesario describir en forma completa las características de fracturación de los macizos rocosos en el campo o participando en sesiones de sondeo o perforación. (Palmstrom, 1975).

El RQD en macizos rocosos se puede determinar mediante correlaciones empíricas como las de Palmstrom, 1975 (en ISRM, 1981) que se detallan a continuación:

Donde S_i es el espaciado medio de cada familia (I) de las discontinuidades y J_v es el número de discontinuidades por m^3 de macizo. A partir del parámetro J_v se puede calcular el valor de RQD. (Palmstrom, 1975).

3.14 Caminos de bajo Volumen de Tránsito.

Se estructuran como caminos de bajo costo. Consecuentemente tienen alineamientos de diseño que evitan excesivos movimientos de tierra; considerando estructuras y obras de arte, por lo general diseñadas para periodos de vida útil, de corto y mediano plazo; con capas de revestimiento

granular afirmados y en general con características que disturban lo menos posible la naturaleza del terreno. (DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS Y FERROCARRILES - DGCF, 2005).

3.14.1 Pavimentos flexibles:

a.1. Compuestos por capas granulares (subbase y base drenantes) y una superficie de rodadura bituminosa en frío como: tratamiento superficial bicapa, lechada asfáltica o mortero asfáltico, micropavimento en frío, macadam asfáltico, carpetas de mezclas asfálticas en frío, etc.

a.2. Compuestos por capas granulares (subbase y base drenantes) y una capa de rodadura bituminosa de mezcla asfáltica en caliente de espesor variable según sea necesario. (Manual de Carreteras, 2014, p.17)

3.14.2 Pavimentos semirrígidos:

Conformados por capas asfálticas (base asfáltica y carpeta asfáltica en caliente); también se considera como pavimento semirrígido, la estructura compuesta por carpeta asfáltica en caliente sobre base tratada con cemento o base tratada con cal. Dentro del tipo de pavimento semirrígido, se ha incluido también los pavimentos adoquinados. (Manual de Carreteras, 2014, p.17)

3.14.3 Pavimentos rígidos:

Conformados por losas de concreto de cemento hidráulico y una subbase granular para uniformizar las características de cimentación de la losa. (Manual de Carreteras, 2014, p.18).

3.15 Metodología de Diseño:

En el manual de carreteras del 2007 se ha optado el dimensionamiento de las secciones del pavimento, por los procedimientos más generalizados de uso actual en el país. Los procedimientos adoptados son:

a. Método AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993

b. Análisis de la Performance o Comportamiento del Pavimento durante el período de diseño.

Típicamente el diseño de los pavimentos es mayormente influenciado por dos parámetros básicos:

- Las cargas de tráfico vehicular impuestas al pavimento.
- Las características de la subrasante sobre la que se asienta el pavimento.

La forma como se consideran estos dos parámetros dependerá de la metodología que se emplee para el diseño.

1) Las cargas de tráfico vehicular impuestas al pavimento, están expresadas en ESALs, Equivalent Single Axle Loads 18-kip o 80-kN o 8.2 t, que en el Manual de carreteras se denominan Ejes Equivalentes (EE). La sumatorias de ESALs durante el período de diseño es referida como (W18) o ESALD, en el presente Manual se denominan Número de Repeticiones de EE de 8.2 t.

Para el caso del tráfico y del diseño de pavimentos flexibles, en el manual, se definen tres categorías:

a) **Caminos de 75,000 hasta 1'000,000 EE**, en el carril y período de diseño. Ver tabla 3.

Tabla 4

Número de repeticiones acumulados de ejes equivalentes de 8.2 t, en el carril de Diseño

TIPOS DE GRAFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RANGOS DE TRAFICO PESADO EN EE
T _{P0}	>75,000 EE ≤ 150,000 EE
T _{P1}	>150,000 EE ≤ 300,000 EE
T _{P2}	>300,000 EE ≤ 150,000 EE
T _{P3}	>500,000 EE ≤ 750,000 EE
T _{P4}	>750,000 EE ≤ 1'000,000 EE

Nota: TPX: T=Tráfico pesado expresado en EE en el carril de diseño

PX= Pavimentada, X= número de rango (1,2,3,4).

b) Caminos que tienen un tránsito, de 1'000,001 EE hasta 30'000,000 EE, en el carril y período de diseño. Ver tabla 4.

Tabla 5

Número de repeticiones Acumuladas de ejes equivalentes de 8.2 t, en el carril de diseño

TIPOS DE GRAFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RANGOS DE TRAFICO PESADO EN EE
T _{P5}	>1'000,000 EE ≤ 1'500,000 EE
T _{P6}	>1'500,000 EE ≤ 3'000,000 EE
T _{P7}	>3'000,000 EE ≤ 5'000,000 EE
T _{P8}	>5'000,000 EE ≤ 7'500,000 EE
T _{P9}	>7'500,000 EE ≤ 10'000,000 EE
T _{P10}	>10'000,000 EE ≤ 12'500,000 EE
T _{P11}	>12'500,000 EE ≤ 15'000,000 EE
T _{P12}	>15'000,000 EE ≤ 20'000,000 EE
T _{P13}	>20'000,000 EE ≤ 25'000,000 EE
T _{P14}	>25'000,000 EE ≤ 30'000,000 EE

Fuente: Manual de carreteras suelos geología y pavimentos, sección suelos y pavimentos MTC/ 2014.

Nota: TPX: T=Tráfico pesado expresado en EE en el carril de diseño y PX= Pavimentada, X= número de rango (5,6,7,8,9,10,11,12,13).

C) Caminos que tienen un tránsito mayor a 30 '000,000 EE, en el carril y período de diseño. Esta categoría de caminos, no está incluida en el presente manual, el diseño de pavimentos será materia de Estudio Especial por el Ingeniero Proyectista, analizando diversas alternativas de pavimento equivalentes y justificando la solución adoptada. Ver tabla 5.

Tabla 6

Número de repeticiones acumuladas de ejes equivalentes de 8.2 t, en el carril de diseño

TIPOS DE GRAFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RANGOS DE TRAFICO PESADO EN EE
T _{P15}	>30'000,000 EE

Fuente: Manual de carreteras suelos geología y pavimentos, sección suelos y pavimentos MTC/ 2014.

Nota: TPX: T=Tráfico pesado expresado en EE en el carril de diseño y PX= Pavimentada, X= número de rango (14).

- 2) Las características de la sub rasante sobre las que se asienta el pavimento, están definidas en seis (06) categorías de subrasante, en base a su capacidad de soporte CBR, se muestra a continuación en la tabla N°6.

Tabla 7

Categorías de Sub rasante

CATEGORIAS DE SUBRASANTE	CBR
S ₀ : Sub rasante Inadecuada	CBR <3%
S ₁ : Sub rasante Insuficiente	De CBR ≥ 3% a CBR < 6 %
S ₂ : Sub rasante Regular	De CBR ≥ 6% a CBR < 10 %
S ₃ : Sub rasante Buena	De CBR ≥ 10% a CBR < 20 %
S ₄ : Sub rasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% a CBR < 30 %
S ₅ : Sub rasante Excelente	CBR ≥ 30

Fuente: Manual de carreteras suelos geología y pavimentos, sección suelos y pavimentos MTC/ 2014.

Se considerarán como materiales aptos para las capas de la subrasante suelos con CBR igual o mayor de 6%. En caso de ser menor (sub rasante insuficiente o subrasante inadecuada), se procederá a la estabilización de los suelos, para lo cual se analizarán alternativas de solución, como la estabilización mecánica, estabilización con geosintéticos u otros productos aprobados por la entidad contratante o administradora, elevación de la rasante, cambiar el trazo vial, eligiendo la más conveniente técnica y económica.

Con base en estos dos parámetros, tránsito expresado en ejes equivalentes (EE) y CBR de subrasante correlacionado con módulo resiliente, se definirán las secciones de pavimento que se encuentren especificadas en los catálogos de estructuras de pavimento.

3.16 Método Guía AASHTO 93 diseño

Este procedimiento está basado en modelos que fueron desarrollados en función de la performance del pavimento, las cargas vehiculares y resistencia de las sub rasantes para el cálculo de espesores.

El propósito del modelo es el cálculo del número Estructural Requerido (SNr), en base al cual se identifican y determinan un conjunto de espesores de cada capa de la estructura del pavimento, que deben ser construidas sobre la subrasante para soportar las cargas vehiculares con aceptable serviciabilidad durante el periodo de diseño establecido en el proyecto.

I. Período de Diseño:

El Período de Diseño a ser empleado para el presente manual de diseño para pavimentos flexibles será hasta 10 años para caminos de bajo volumen de tránsito, período de diseños por dos etapas de 10 años y período de diseño en una etapa de 20 años. El Ingeniero de diseño de pavimentos

puede ajustar el período de diseño según las condiciones específicas del proyecto y lo requerido por la Entidad.

II. Variables: La ecuación básica para el diseño de la estructura de un pavimento flexible es la siguiente:

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R S_O + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07$$

A partir de esta ecuación se desprenden las siguientes definiciones:

a) Ejes equivalentes (W18)

W18, es Número Acumulado de Ejes Simples Equivalentes a 18000 lb (80 kN) para el período de diseño, corresponde al Número de Repeticiones de EE de 8.2t; el cual se establece con base en la información del estudio de tráfico (ver capítulo 6).

b) Módulo de Resiliencia (MR)

El Módulo de Resiliencia (MR) es una medida de la rigidez del suelo de subrasante, el cuál para su cálculo, deberá determinarse mediante el ensayo de Resiliencia determinado de acuerdo a las recomendaciones del AASHTO.

Para el presente Manual, sólo con fines ilustrativos se muestran los valores MR, y CBR en la tabla N° 7.

Tabla 8*Modulo resiliente obtenido por correlación con CBR*

CBR % SUB RASANTE	MODULO RESILENTE SUB RASANTE (M _R) (PSI)	MODULO RESILENTE SUB RASANTE (M _R) (MPA)	CBR % SUB RASANTE	MODULO RESILENTE SUB RASANTE (M _R) (PSI)	MODULO RESILENTE SUB RASANTE (M _R) (MPA)
6	8043.00	55.45	19	16819.00	115.96
7	8877.00	61.2	20	17380.00	199.83
8	9669.00	66.67	21	17931.00	123.63
9	10426.00	71.88	22	18473.00	127.37
10	11153.00	76.9	23	19006.00	131.04
11	11854.00	81.73	24	19531.00	134.66
12	12533.00	86.41	25	20048.00	138.23
13	13192.00	90.96	26	20558.00	141.74
14	13833.00	95.38	27	21060.00	145.2
15	14457.00	99.68	28	21556.00	148.62
16	15067.00	103.88	29	22046.00	152.00
17	15663.00	107.99	30	22529.00	155.33
18	16247.00	112.02			

Fuente: Manual de carreteras suelos geología y pavimentos, sección suelos y pavimentos

MTC/ 2014.

c) Confiabilidad (% R)

El método AASHTO incorpora el criterio de la confiabilidad (%R) que representa la probabilidad que una determinada estructura se comporte, durante su período de diseño, de acuerdo con lo previsto. Esta probabilidad está en función de la variabilidad de los factores que influyen sobre la estructura del pavimento y su comportamiento; sin embargo, solicitudes diferentes a las esperadas como, por ejemplo, calidad de la construcción, condiciones climáticas extraordinarias, crecimiento excepcional del tráfico pesado mayor a lo previsto y otros factores, pueden reducir la vida útil prevista de un pavimento.

De acuerdo a la guía AASHTO es suficientemente aproximado considerar que el comportamiento del pavimento con el tráfico, sigue una ley de distribución normal, en consecuencia pueden aplicarse conceptos estadísticos para lograr una confiabilidad determinada; por ejemplo, 90% o 95%, significa que solamente un 10% o 5% del tramo pavimentado, se encontrará con un índice de serviciabilidad inferior al previsto; es decir que el modelo de comportamiento está basado en criterios de serviciabilidad y no en un determinado mecanismo de falla. En consecuencia, a mayor nivel de confiabilidad se incrementará el espesor de la estructura del pavimento a diseñar. La confiabilidad no es un parámetro de ingreso directo en la Ecuación de Diseño, para ello debe usarse el coeficiente estadístico conocido como Desviación Normal Estándar (Z_R).

A continuación, en la tabla N° 9, se especifican los valores recomendados de niveles de confiabilidad para los diferentes rangos de tráfico:

Tabla 9

Valores recomendados a nivel de confiabilidad para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) según el rango de tráfico.

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP0	75,000	150,000	65%
	TP1	150,001	300,000	70%
	TP2	300,001	500,000	75%
	TP3	500,001	750,000	80%
	TP4	750,001	1'000,000	80%
	TP5	1'000,001	1'500,000	85%
	TP6	1'500,001	3'000,000	85%
	TP7	3'000,001	5'000,000	85%
	TP8	5'000,001	7'500,000	90%
	TP9	7'500,001	10'000,000	90%
Resto de Caminos	TP10	10'000,001	12'000,000	90%
	TP11	12'500,001	15'000,000	90%
	TP12	15'000,001	20'000,000	95%
	TP13	20'000,001	25'000,000	95%
	TP14	25'000,001	30'000,000	95%
	TP15		>30'000,00	95%

Fuente: Manual de carreteras suelos geología y pavimentos, sección suelos y pavimentos MTC/ 2014.

Para un diseño por etapas, según AASHTO, se deben determinar las confiabilidades de cada etapa, teniendo en cuenta la confiabilidad total correspondiente a todo el período de diseño, que, para el presente Manual, corresponde a los valores indicados en la tabla N°09 elevado a la potencia inversa del número de etapas. Así se tiene la relación siguiente:

$R_{\text{Etapa}} = \text{Confiabilidad de cada etapa}$

$R_{\text{Total}} = \text{Confiabilidad total para el período total de diseño}$

$n = \text{Número de etapas}$

Tabla 10

Valores recomendados a nivel de confiabilidad para dos etapas de diseño de 10 años según el rango de tráfico.

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)		
				1ERA ETAPA (1)	2DA ETAPA (2)	TOTAL (1) x (2)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP0	75,000	150,000	81%	81%	65%
	TP1	150,001	300,000	84%	84%	70%
	TP2	300,001	500,000	87%	87%	75%
	TP3	500,001	750,000	89%	89%	80%
	TP4	750,001	1'000,000	89%	89%	80%
Resto de Caminos	TP5	1'000,001	1'500,000	92%	92%	85%
	TP6	1'500,001	3'000,000	92%	92%	85%
	TP7	3'000,001	5'000,000	92%	92%	85%
	TP8	5'000,001	7'500,000	95%	95%	90%
	TP9	7'500,001	10'000,000	95%	95%	90%
	TP10	10'000,001	12'000,000	95%	95%	90%
	TP11	12'500,001	15'000,000	95%	95%	90%
	TP12	15'000,001	20'000,000	97%	97%	95%
	TP13	20'000,001	25'000,000	97%	97%	95%
	TP14	25'000,001	30'000,000	97%	97%	95%
	TP15		>30'000,00	97%	97%	95%

Fuente: Manual de carreteras suelos geología y pavimentos, sección suelos y pavimentos

MTC/ 2014 (en base a datos de la guía AATHO).

3.17 Método NAASRA

Según NAASRA- 1979, MTC para el diseño de pavimentos “afirmados” se presenta una ecuación, la referencia data de 1979. NAASRA posee procedimientos de diseños actualizados, que contempla límite de deformaciones a nivel de subrasante, deflexiones y pérdida de la capa de afirmado por efecto de clima y perfilados propios de mantenimiento.

La ecuación del método NAASRA que relaciona el valor soporte del suelo (CBR) y la carga actuante sobre el afirmado, expresada en número de repeticiones de ejes equivalentes (EE).

Donde

$$e = [219 - 211 \times (\log_{10} \text{CBR}) + 58 \times (\log_{10} \text{CBR})^2] \times \log_{10} \times (\text{Nrep}/120)$$

Donde:

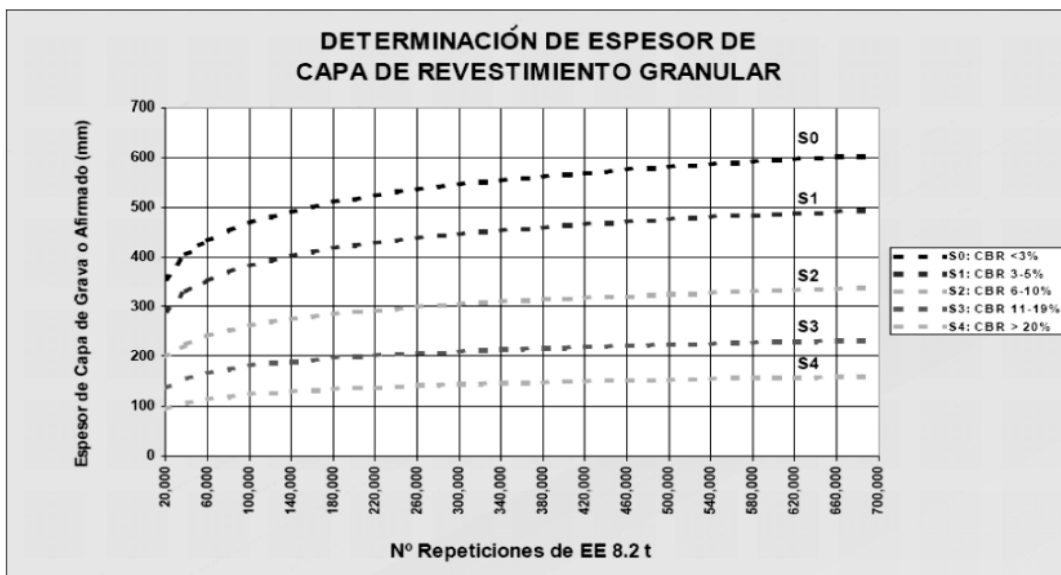
e = espesor de la capa de afirmado en mm.

CBR = valor del CBR de la subrasante.

Nrep = número de repeticiones de EE para el carril de diseño.

Figura 1

Determinación de espesor de capa de revestimiento granular.



Fuente: Manual de carreteras suelos geología y pavimentos, sección suelos y pavimentos MTC/ 2014 (en base a datos a la ecuación de diseño del método NAASRA).

- El espesor total determinado del afirmado por la granulometría del material y aspectos constructivos, el espesor de la capa de afirmado no será menor de 150 mm o 15 cm.

- Se analizará las condiciones de la subrasante natural, la calidad de los materiales de las canteras, la demanda específica de tráfico en el tramo y se decidirá el espesor necesario de la nueva estructura de la capa granular de rodadura.
- En caso de que el tramo tenga ya una capa de afirmado, se aprovechará el aporte estructural de la capa existente. Solo se colocará el espesor de afirmado necesario para completar el espesor total obtenido según la metodología de diseño empleada. Este espesor complementario no será menor a 100 mm. El nuevo material de afirmado se mezclará con el existente hasta homogeneizar y conformar la nueva capa de afirmado, debidamente perfilada y compactada.
- En caso de que se requiriese proteger la superficie de las carreteras afirmadas para retardar su deterioro por razones de erosión y pérdidas de material, debido al tránsito y/o para evitar la presencia de polvo levantado por el tránsito que crea riesgos y deteriora el ambiente agrícola, podrá colocarse una capa protectora que podría ser una imprimación reforzada bituminosa o una capa superficial de afirmado con mayor índice de plasticidad que reemplazaría un espesor similar del afirmado diseñado o una estabilización con cloruros de sodio, de magnesio, u otros estabilizadores químicos.

3.18 Indicadores Cinemáticos.

Los indicadores cinemáticos son rasgos de origen tectónico que permiten determinar el sentido del desplazamiento en zonas de cizalle y fallas. Estos rasgos son visibles desde escala microscópica hasta megascópica.

Para saber la dirección de esfuerzos resultado del llenado de datos de los indicadores cinemáticos usaremos el método de los diedros interpretado según Anderson Darling. Este es un método

cinemático que trabaja con el datum completo perteneciente a cada una de las fallas de la población a analizar. Fue desarrollado por Marrett y Allmendinger (1990) y se basa en el mecanismo de solución de los focos sísmicos, ideado por Stauder (1962) y perfeccionado por Sykes (1967).

Establecer la naturaleza de un foco sísmico significa determinar si a lo largo de la falla asociada a ese sismo ha ocurrido una compresión, extensión o transcurrencia. Esto es, si se trata de una falla inversa, normal o de rumbo. Los diedros resultan de trazar un plano auxiliar perpendicular a la falla en consideración. Como a lo largo de un plano de falla el movimiento es de cizalle, se generan dos diedros opuestos por el vértice, en los cuales ocurre acortamiento, y dos diedros en los cuales ocurre extensión. La mejor manera de representar la orientación de los diedros en el espacio es mediante la red de Schmidt.

CAPÍTULO IV

4. GEOMORFOLOGÍA

La presencia de diferentes pisos altitudinales, que presentan fuertes pendientes, desniveles y presencia de formaciones geológicas heterogéneas, determinan complejos patrones de geomorfología en distancias muy cortas, las cuales atravesaron diversos eventos o procesos geológicos (proceso de orogénesis) de la cordillera occidental, oriental y la faja sub andina.

El origen y las características que forman parte del relieve del sector en estudio se debe a diversos modelamientos tectónicos y levantamiento de cadena montañosa de los andes, así como también la presencia de diversos procesos erosivos y denudaciones que originaron las diversas variedades de geoformas en el sector.

La zona de estudio se encuentra principalmente dentro de la cordillera oriental, y también forma parte de la meseta de Colquepata que está marcada claramente con presencia de relieves relativamente suave.

4.1 Geomorfología Regional

Dentro de la ubicación geomorfológica a escala macro de las 13 unidades morfoestructurales definidas por el INGEMMET, la zona de estudio se encuentra ubicada en la parte SO de la cordillera oriental con diversos relieves, modelamientos tectónicos y climáticos que han dado forma a los distintos paisajes que lo constituyen (ver Fig. 2). (Ver mapa geomorfológico regional en Anexos).

Las unidades morfoestructurales presentes son la Cordillera Occidental, la Cordillera Oriental, las cuales han modelado el relieve, donde se aprecian diferentes paisajes:

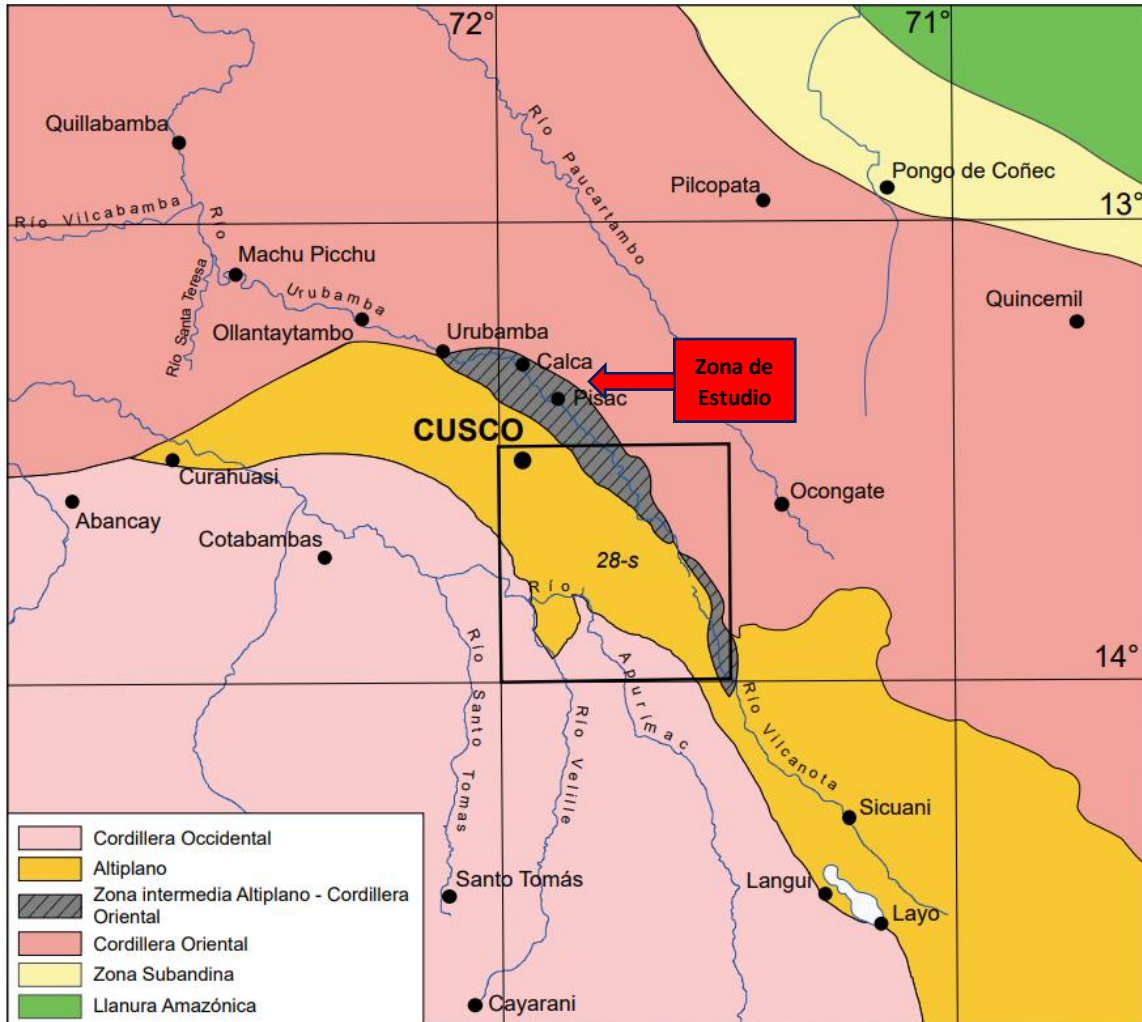
-Altiplanicies

-Paisajes montañosos

- Mesetas

Figura 2

Unidades Geomorfológicas regionales y ubicación del cuadrángulo de Cusco.



Fuente: Boletín N°138 Serie A-INGEMMET, (Lima, 2011).

4.1.1 Cordillera oriental

Es una unidad geomorfológica fuertemente individualizada, que se caracteriza por la presencia de una extensa cadena montañosa que se encuentra en una orientación de NO-SE con laderas de pendientes fuertes, con altitudes que oscilan entre 3000 msnm hasta 4800 msnm aproximadamente, además de los glaciares se aprecian circos, valles en U y morrenas.

Esta unidad geomorfológica tiene de sur a norte del Perú un rumbo paralelo a la cordillera Occidental teniendo un fuerte arqueamiento este-oeste conocido como la deflexión de Abancay. La cordillera Oriental por causa de la deflexión de Huancabamba desaparece debajo de la cobertura mesozoica reapareciendo al norte en territorio ecuatoriano. Esta unidad morfo-estructural está fuertemente individualizada, ubicada en el marco local en la región de Calca-Pisac-San Salvador, se extiende longitudinalmente de noroeste a sureste paralelo al río Vilcanota, en la zona suroeste, está enmarcada por fallas noroeste – sureste y por el anticlinal del Vilcanota que es la estructura geológica dominante.

Las rocas que afloran en la cordillera Oriental son metamórficas del paleozoico inferior y rocas volcánicas del grupo Mitu (Permo-Triásico), las que se hallan cortadas por rocas intrusivas del permiano inferior. La tectónica se manifiesta por pliegues asociados a un metamorfismo, fallas inversas y cabalgamientos. La formación de la cordillera Oriental se inicia durante el tectonismo Hercínico (Devónico) sobre un basamento o núcleo precambriano. El levantamiento fue controlado por fallas regionales. longitudinales.

4.1.1.1 Valle del Vilcanota – Urubamba.

Considerado como un valle interandino que, en la zona de estudio, se puede dividir en dos segmentos: el primero que va de San Salvador a Pachar, donde constituye el límite

entre las Altiplanicies y la Cordillera Oriental; en tanto, el segundo que va de Pachar a Machu Picchu, corta la Cordillera Oriental separando la Cadena de Huayanay-Paljay de la Cadena Verónica-Bonanta.

En el primer tramo el valle presenta una dirección preferencial SEE a NOO. El inicio del valle en los cuadrángulos lo hace a una altitud de 3,000 msnm, con terrazas amplias, como las de Pisac, Lamay, Arín, Huarán, Huayllabamba y Yucay; mientras que el segundo tramo aparece a una altitud de 2,262 msnm.

El primer tramo corresponde a un valle ancho, que en algunos sectores sobrepasa los 1,000 m, mostrando una evolución madura cuyo cauce forma canales entrelazados. Las vertientes son moderadamente suaves a empinadas. En los bordes se observan importantes conos aluviales, como el de las quebradas Pumahuanca, Chicón, Calca, etc.

A partir de la localidad de Chilca hasta Santa Teresa (Cuadrángulo de Santa Teresa) se desarrolla el Cañón de Urubamba, por donde el río atraviesa rocas muy resistentes de la Formación Ollantaytambo y el Batolito de Machu Picchu. Aquí las paredes del valle son empinadas y elevadas.

Los principales afluentes del río Urubamba lo constituyen los ríos Jochoc, Huaynapata, Carmen, Patacancha en su parte septentrional, mientras que en su parte meridional lo constituyen los ríos Pahuayoc, Huarcondo, Silque y Cusichaca, los que presentan un drenaje subparalelo. Los afluentes de estos ríos secundarios, presentan un drenaje dendrítico. (Carlotto V. Gil, Cárdenas, & Chávez, 1996)

4.1.1.2 Valle del río Paucartambo

Este valle se desarrolla dentro la Cordillera Oriental, atravesándola en una dirección NO-SE. Este valle tiene un piso algo plano y amplio. En las cabeceras de este valle, que resulta de la

confluencia de los ríos Mapacho y Quencomayo, la morfología es más encajonada. Las terrazas de este valle son algo amplias a partir de la localidad de Paucartambo, en tanto que hacia la parte superior tienden a desaparecer. Las terrazas están compuestas por gravas en una matriz limo-arenosa.

El valle de Paucartambo se ubica entre los 2,900 y 2,600 msnm, en la zona de estudio, y se ha desarrollado sobre pizarras y esquistos del Paleozoico inferior, a lo largo del eje de un anticlinal. El valle del río Paucartambo en el Cuadrángulo de Calca tiene una evolución juvenil en las cabeceras y madura en la parte baja (cuadrángulo de calca y Urubamba).

4.1.1.3 Meseta de Colquepata.

Se trata de una zona con relieve algo suave en comparación con la Cordillera Oriental propiamente dicha. Presenta lomas las que han resultado de la erosión glaciaria, lo que ha dado una penillanura entre 4,000 y 4,300 msnm. Esta meseta ha sido erosionada, formando quebradas como las de Quesqamayo, Quencomayo y otras, separándolas de zonas más altas. (Carlotto V. Gil, Cárdenas, & Chávez, 1996).

Figura 3

Mapa Geomorfológico del Cuadrángulo del Cuadrángulo de Calca (Boletín Urubamba - Calca)



Fuente: Boletín N°138 Serie A-INGEMMET 2011.

4.2 Geomorfología Local

La geomorfología local de la zona de estudio, está demarcada dentro de la cordillera Oriental, representada en la meseta de Colquepata, con presencia de montañas altas a medias, entre otras unidades geomorfológicas menores reconocidas en el campo que son características de esta zona. (Ver Mapa 03 en Anexos).

Unidades Geomorfológicas.

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas en el área de estudio se han considerado criterios control como: (Vilchez et al., 2020)

4.2.1 Geformas de Carácter tectónico degradacional y Erosional

Están representadas por las formas de terreno resultados del efecto progresivo de procesos morfodinámicos degradacionales sobre los relieves iniciales originados por la tectónica, estos procesos conducen a la modificación parcial de estos a través de tiempo geológico y bajo condiciones climáticas cambiantes (Villota, 2005).

Las unidades montañosas tienen una altura de 300m con respecto al nivel de la base local diferenciándose las unidades según el tipo de roca que las conforma y los procesos que han dado su forma actual.

4.2.1.1 Montañas en Rocas Vulcano Sedimentaria (RM-rvs)

Las montañas de este tipo cubren gran parte una parte de la zona de estudio, cuyas laderas de pendientes tienen de moderada a empinada, que varían de 20° a 50° aproximadamente con algunas cimas de montaña subredondeada. Las montañas vulcano sedimentarias van desde los 3300 msnm hasta los 4200 msnm, donde se marca el inicio del afloramiento del Grupo Mitú, que se encuentran en los primeros kilómetros, en ambos flancos de nuestra zona de estudio.

Figura 4

Cerro cruzqaqa, montaña moldeada en rocas vulcano sedimentarias perteneciente al grupo Mitu, vista tomada al oeste de la localidad de Cuyo Grande.



4.2.1.2 Montañas en Rocas Metamórficos (RM-rm)

Las montañas en rocas sedimentarias están representadas por secuencia de la formación Paucartambo, litológicamente compuestas por pizarras, esquistos, cuarcitas y niveles de arenisca y a la vez están en contacto con el grupo Mitu, estas se exponen principalmente en las comunidades de Quello Quello, Amaru y Cuyo Grande y Chahuaytire, donde sus laderas presentan de 10° hasta 45° de pendiente.

Figura 5

Montaña moldeada en rocas metamórficas pertenecientes a la formación Paucartambo, vista tomada al este de la localidad de chahuaytire.



4.2.2 Geoformas de Carácter Depositional y Agradacional.

Estas geoformas están representadas por formas de terreno resultado de la acumulación de materiales provenientes de los procesos denudativos y erosionales que afectan las geoformas originales o anteriores.

4.2.2.1 Vertiente Coluvio - Deluvial (V-cd).

En geomorfología, la interpretación de ladera está referido al declive de una montaña en este sentido, la ladera sería uno de los lados de una montaña. Son aquellos depósitos inconsolidados, que están localizados al pie de las laderas a consecuencia del material caído desde las partes más altas por la acción de la gravedad, estos tipos de vertientes coluviales más representativos, se encuentran en la ladera que circunscriben la comunidad de cuyo grande y a la quebrada de chahuay.

Figura 6

Vertiente Coluvio Deluvial, vista tomada hacia el sureste de la localidad de cuyo grande.



4.2.2.2 Fondo de valle fluvio-glaciario (V-fgl)

El fondo de valle presenta una pendiente baja debido a que se encuentra en una altiplanicie y una meseta regional. Este fondo de valle tuvo su origen debido a la erosión de las cadenas de montañas que rodean a la quebrada Chahuaytire, que están conformadas con materiales fluvio-glaciares ligados a la erosión en zonas altas, ubicado por encima de los 3850 msnm con pendiente de 4% a 30 %.

Figura 7

Fondo de valle fluvioglacial, vista tomada desde el oeste de la localidad de Chahuaytire.



4.2.3 Quebradas

Podemos entender por quebradas, a valles estrechos encajonados por montañas cuyas laderas “caen” abruptamente en él, estas quebradas pueden tener distintas fuentes de formación como erosión fluvial, erosión eólica y tectónica.

Entonces dentro de un ámbito de formas de erosión fluvial tendríamos que la quebrada es una etapa antes de la formación de un valle, y es etapa después de una cárcava.

En la zona de estudio tenemos la quebradas pascana cancha que se encuentran dentro de la formación de Paucartambo cortando afloramientos de barras de cuarcitas, que se encuentra próximo a la cantera proyectada, como se puede evidenciar en la figura N° 8.

Figura 8

Quebrada pascana Cancha



Figura 9

Quebrada afluyente



4.2.4 Valles

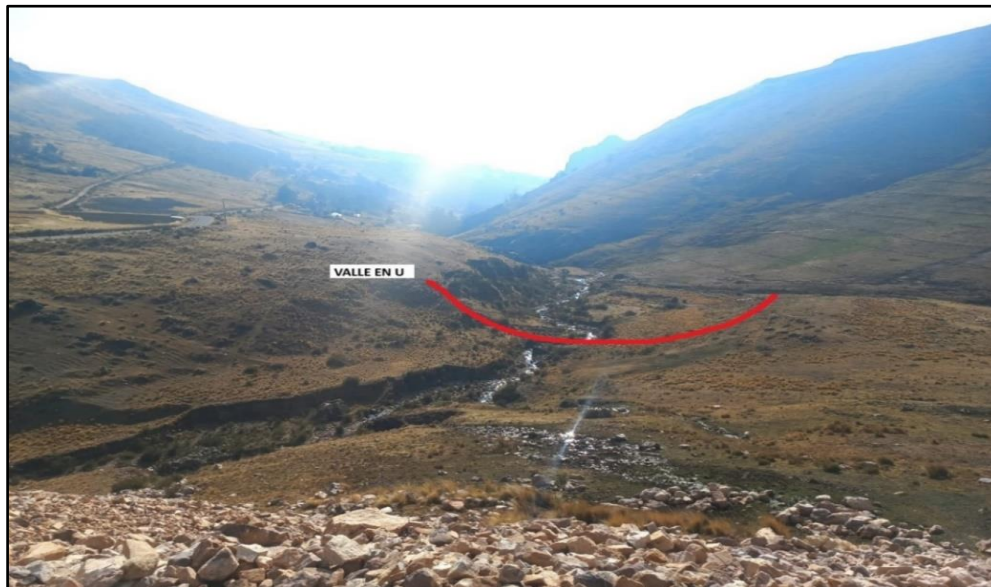
Podemos entender que un valle es aquella llanura que se encontrara entre 2 montañas, o aquella llanura que se encontrara entre dos laderas, presentan formas alargadas y generalmente en el fondo presenta un río.

Los valles pueden clasificarse en 2 tipos:

- a) **Valles en forma de U**, que son los valles de relieves más antiguos, formados por movimientos de glaciares o que se dan en sectores con litologías fáciles a erosionarse, suelos sueltos y friables, no compactos. Se le llama valles en U por la forma abierta que presentan, esta forma se debe a la antigüedad que tendrá o a la composición litológica presente. En nuestra zona de estudio se observa la parte alta de la quebrada de chahuay, según se puede observar en la figura N° 10, que está próximo a la localidad de Chahuaytire, este sector cuenta con estas geoformas en forma de U.

Figura 10

Valles en U, parte alta de la quebrada de chahuay.



b) **Valles en forma de V**, son valles de relieves jóvenes, típicos de ambientes fluviales jóvenes, donde las laderas toman pendientes abruptas a muy fuertes, y convergen en un fondo estrecho, se puede dar en lugares donde la litología sea muy compacta dura y difícil de erosionar. En nuestro tramo de estudio contamos con estos relieves al SO del poblado de Quello Quello, denominado quebrada de chahuay.

Figura 11

Valles en V, parte baja de la quebrada Chahuay.



CAPÍTULO V

5. GEOLOGÍA.

5.1 Geología Regional.

Regionalmente el sector de Quello Quello, Cuyo Grande y Chahuaytire, están ubicados dentro de la cordillera Oriental caracterizada por la presencia de rocas paleozoicas altamente deformadas por la tectónica Herciniana y Andina.

Las unidades litológicas aflorantes en los sectores de Quello Quello, Cuyo Grande y Chahuaytire, incluyen rocas metasedimentarias en dirección SE, que han sido estudiadas y descritas en el boletín N-065 de los cuadrángulos de Urubamba y Calca, hojas 27-r y 27-s por Víctor Carlotto. Concretando una secuencia estratigráfica regional que comienza con el paleozoico inferior compuesto por pizarras y bancos de cuarcitas, hasta el cuaternario representada por depósitos coluviales, fluviales y fluvioglaciares.

A continuación, se resumen las características geológicas de las diferentes unidades litoestratigráficas de los sectores de Quello Quello, Cuyo Grande y Chahuaytire (ver Gráfico N°07) (Ver mapa geológico regional en Anexos).

5.1.1 Unidades Geológicas Regionales

5.1.1.1 Grupo Mitu (PsT-mi)

El Grupo Mitu (Mc Laughlin, 1924) sobreyace en discordancia erosional al Grupo Copacabana. Aflora ampliamente en la porción nor-oriental del Cuadrángulo de Urubamba, y en el extremo occidental del Cuadrángulo de Calca.

En el Cuadrángulo de Calca, aflora a lo largo del Anticlinal del Vilcanota, desde San Salvador hasta Calca y en el Cuadrángulo de Urubamba entre Arín y Patacancha, donde desaparece

bruscamente en contacto con un accidente N-S. En el Grupo Mitu se diferencian dos unidades litoestratigráficas, bien reconocidas entre San Salvador y Lamay, en tanto que, a partir de Calca hasta el valle de Patacancha, aparece en forma casi masiva y exclusivamente como paquetes volcánicos de gran espesor. Las unidades litoestratigráficas del Grupo Mitu definidas en el Cuadrángulo de Calca, son las formaciones Pisac y Pachatusan (Candia & Carlotto, 1985; Carlotto et al., 1988).

a) Formación Pisac (Triásico- Superior).

La Formación Pisac (Gabelman & Jordan, 1964), aflora en el Anticlinal de Vilcanota, descansando en discordancia sobre el Grupo Copacabana, por intermedio, o no, de un nivel volcánico. Posteriormente se tienen secuencias grano-estrato crecientes de brechas y conglomerados, intercalados con areniscas y limolitas rojas. Los conglomerados contienen clastos de calizas con fusulinas, volcánicos y cuarcitas, estas secuencias han sido interpretadas como conos aluviales, relacionadas a una tectónica sinsedimentaria intra Mitu (Carlotto et al., 1988).

La edad regionalmente aproximada de la base del grupo Mitu y en este caso de la formación Pisac se halla aproximadamente en 230 Ma. Es decir, la sedimentación y vulcanismo en un contexto de rift continental comenzó en la región Triásico superior y no en el Pérmico superior, como se consideraba anteriormente. (Victor Carlotto, 1996)

b) Formación Pachatusan (Jurásico – Inferior)

Esta formación está constituida por brechas, aglomerados y coladas volcánicas de basaltos y riolitas e ignimbritas. Estas rocas volcánicas se intercalan con rocas sedimentarias, caracterizándose por su color rojo violáceo (concho de vino) que permite reconocerlas rápidamente. Esta formación

se caracteriza por la presencia de conglomerados de conos aluviales y areniscas cuarzosas fluviales intercalados en las rocas volcánicas.

La edad que se determinó en muestras de zircones en una secuencia de areniscas cerca de Pisac, en el límite sur del cuadrángulo de Calca, dan una edad de 177 Ma. En consecuencia, la parte superior de esta unidad y por lo tanto del grupo Mitu, llega hasta el final del Jurásico inferior y tal vez al Jurásico medio. (Victor Carlotto, 1996)

El alto grosor del grupo Mitu parece deberse a la repetición tectónica, ya que se han reconocido fallas inversas, que sufrieron inversiones tectónicas y que parecen haber controlado la sedimentación y el volcanismo Permo-Triásico. (Victor Carlotto Caillaux, 2011).

5.1.1.2 Grupo Cabanillas. (Devónico - Cámbrico)

Fue descrito por NEWEL N.D. (1994) en el caserío de Cabanillas al sur oeste de Juliaca como una gruesa secuencia de lutitas grises a negras y delgados estratos de cuarcita.

Litología y ambiente de sedimentación: La parte inferior aguas abajo del puente de Pilcopata donde está constituido por pelitas limo – arcillosas gris oscuras micáceas y con pirita diseminada, la parte superior aflora en el pongo de Coñec donde consiste de 120 m. de pizarras negras, micáceas, grises claros de gran fino.

Edad: El grupo Cabanillas se correlaciona con las secciones devonianas de la región de Cabanillas y Lampa del sur de Perú y con las series esquisto – arenosa, siluro – devoniana de la cordillera oriental y en la faja sub andina.

5.1.1.3 Depósitos Cuaternarios.

a) Depósitos Glaciares (Q-g)

En la Cordillera Oriental de la zona de estudio. Se ha cartografiado las morrenas de mayores dimensiones, no así las pequeñas por razones de escala. Kalafatovich (1956) hace una descripción de la glaciación pleistocénica del norte de Urubamba, basado en el estudio de las quebradas Yucay, Chicón, Pumahuanca y Yanahuara, las que son definidas desde el punto de vista fisiográfico como “quebradas de glaciación” porque han sido modelados por la acción erosiva de los antiguos glaciares pleistocenos, habiendo quedado las impresiones en las rocas *in situ* y en el modelado topográfico de dichas quebradas.

En Urubamba, los glaciares colgantes de la zona cordillerana tienen su límite inferior a altitudes que oscilan entre 4,700 a 4,800 metros. Todos ellos enclavados en pequeños circos glaciares alargados.

a) Depósitos Fluviales (Q-f)

Estos depósitos han sido reconocidos en el fondo de los valles particularmente del Vilcanota-Urubamba, de los ríos Lucumayo, Ocobamba y Lares (Cuadrángulo de Urubamba) y los ríos Paucartambo y Yanatile. (Cuadrángulo de Calca), donde están constituidos por bancos de gravas y arenas, formando una o varias terrazas. En el mapa geológico, no se han considerado muchos de los depósitos fluviales pequeños, debido a razones de escala.

b) Depósitos Aluviales (Qr-al)

Se depositan mayormente en forma de mesetas, los clastos tienen una tendencia grano creciente, depositándose los granos más finos en las partes bajas, pendientes llanas.

c) Depósitos Coluviales (Qr- col)

Corresponden a acumulaciones locales sin mucho transporte, a lo largo de la carretera estos depósitos estarán conformados por limos, arenas y gravas en las calicatas más profundas, con clastos angulosos a subangulosos de areniscas color rojizo, lo que hace suponer que por las litologías provienen de la erosión de la parte alta donde aflora el grupo Mitu, se caracteriza por presentarse en laderas de pendientes inclinadas.

d) Depósitos Fluvio – glaciares

Son acumulaciones de gravas, arenas y arcillas que pueden localizarse en un rango amplio de sitios geográficos relacionados a la caída de nieve y climas secos. Su formación depende directamente de la erosión de la superficie topográfica por abrasión que da lugar al transporte local y captación de sedimentos por glaciación. Si bien estos depósitos tienen cierto parecido con los depósitos aluviales en secciones estratigráficas, estos depósitos afloran en las partes altas del poblado de Chahuaytire.

e) Depósitos Morrénicos

Denominados también como cuaternario morrénico. Es un conjunto sedimentario caótico donde se observan clastos de diferentes tamaños y su litología es mayormente de areniscas envueltas en brechas, limolitas y arcillas. Su edad es de fines del pleistoceno (desglaciación); la parte alta de la carretera está conformada por estos depósitos.

COLUMNA ESTRATIGRAFICA REGIONAL DEL CUSCO

Figura 12

Columna estratigrafica de la región del Cusco

EON	ERA	PERIODO	SERIE	PISO / EDAD	UNIDAD LITOSTRATIGRAFICA		
Fanerozoico	Cenozoico	Cuaternario	Holoceno		Cohivial		
			Pleistoceno	Superior	Fm. Rumicolca		
				Medio	Fm. San Sebastian		
				Calabriano			
			Gelasiano				
		Plioceno	Piacenziano	Fm. Chincheros			
			Zancliano				
		Neogeno	Mioceno	Messiniano	Fm. Paruro	Miembro I	
				Tortoniano		Miembro II	
				Sarravaliano			
				Langhiano	Fm. Paccaritambo		
				Burdigaliano			
				Aquitaniano	Fm. Pumacancha	Miembro IV	
				Miembro III			
			Miembro II				
	Oligoceno	Chatiano		Miembro I			
		Rupeliano	Grupo San Jeronimo	Fm. Soncco	Miembro inferior		
	Eoceno	Primboniano			Miembro superior		
		Bartoniano					
	Lutetiano	Fm. Kayra					
	Ypresiano						
	Paleoceno	Thanetiano	Series Capas Rojas	Fm. Chilca			
		Selandiano		Fm. Quilque			
		Daniano					
	Superior	Maastrichtiano	Grupo Yuncaypan	Superior	Fm. Paqum	M3	
		Campaniano				M2	BM2
		Santoniano				BM1	
		Coniaciano		M1			
		Turoniano		Fm. Ayabacas			
		Cenomaniano		Fm. Maras			
		Albiano		Fm. Paucarbamba			
	Aptiano	Inferior	Fm. Huancane		Mb. Superior		
Inferior	Barremiano		Fm. Huambutio		Mb. inferior		
	Hauteriviense						
	Valanginiense		Mb. Superior				
Berriasiense	Mb. Medio						
Superior	Tritoniano	Fm. Caycay		Mb. inferior			
	Kimmeridgiano						
Medio	Oxfordiano						
	Calloviano						
	Bathoniano						
	Bajociano						
	Aaleniano						
Inferior	Toarciano	Gr. Mifa	Fm. Pachatusan				
	Plesitubachiano						
	Sinemuriano						
	Hettangiano						
Superior	Rhaetiano						
Mezozoico	Cretacico	Superior					
		Inferior					
	Jurásico						

Paleozoico	Permico		Noriano	Fm. Pisaac		
		Medio	Carniano			
		Inferior	Landiniano			
	Permico	Lopingiano		Anisiano	Fm. Ene	
				Olenekiano		
				Induano		
		Guadalupiano		Changhsingiano		
				Wuchiapingiano		
				Capitaniano		
		Cisuraliano		Wordiano		Gr. Copacabana
				Roadiano		
				Kunguriano		
			Artinskiano			
	Carbonifero	Pensilvaniano	Superior	Sakmariano	Unidad Superior Formacion Paucartambo	
			Medio	Asseliano		
			Inferior	Gzheliano		
		Mississioiano	Superior	Kasimoviano		Fm. Ccatca
			Medio	Moscoviano		
			Inferior	Bashkiriano		
	Devonico	Superior	Superior	Serpukhoviano	Fm. Ananea	
			Medio	Viseano		
			Inferior	Tournaisiano		
		Medio		Famenniano		
				Frasniano		
				Givetiano		
	Silurico	Inferior		Eifeliano	Fm. Zapla	
				Emsiano		
				Pragian		
	Ordovicio	Pridoliano		Lochkoviano	Secuencia 3	
			Ludloviano			
Ludloviano			Indfordiano	Secuencia 2		
			Gorstiano			
			Wenlockiano			
Llandoveriano			Homeriano	Secuencia 1		
			Sheinwoodiano			
			Telvchiano			
			Aeroniano			
Cambrico	Superior		Rhuddaniano	Serie Ollantaytambo		
			Hiranantiano			
			Katiano			
	Medio		Sandhiano			
			Darriwiliano			
			Danniano			
Terreneuviano	Inferior		Floiano	U Basal F. Veronica		
			Tremadociano			
	Furongiano		Piso 10	Serie Ollantaytambo		
			Jianoshaniano			
	Serie 3		Paibiano			
			Guzhanniano			
	Serie 2		Drumiano			
			Piso 5			
Terreneuviano		Piso 4				
		Piso 3				
	Piso 2					
	Fortuniano					

Fuente: INGEMMET

5.2. Geología Local

Según la división morfoestructural durante los meses de Julio y agosto del año 2020 se realizó la inspección de campo para identificar la geología que se manifiesta en el área de estudio donde se emplaza la carretera, la cual se complementa con la información de los boletines geológicos del INGEMMET pertenecientes a las hojas de los cuadrángulos de Calca 27-S, se pudo establecer las formaciones geológicas existentes, así como sus características y edades correspondientes.

La carretera atraviesa por rocas vulcano sedimentarias y rocas metamórficas (Grupo Mitu y la formación Paucartambo) respectivamente y depósitos cuaternarios recientes (depósitos coluviales y fluvioglaciares).

El tramo de estudio empieza en Dv. Ruinas con progresiva Km 6+720 llegando finalmente hasta la progresiva Km 18+480 en la localidad de Chahuaytire.

A continuación, se describe la geología local identificada para cada tramo de la carretera en estudio:

5.2.1 Formación Pachatusan

La Formación Pachatusan (Gregory, 1916). está constituida por brechas, aglomerados y coladas volcánicas de basaltos, riolitas e ignimbritas. Estas rocas volcánicas se intercalan con rocas sedimentarias, caracterizándose por su color rojo violáceo “concho de vino” que permite reconocerlas rápidamente en el campo.

En la carretera Dv. Ruinas – Chahuaytire, la formación pachatusan perteneciente al grupo Mitu, esta representadas por brechas volcánicas de basalto y riolita, con rocas sedimentarias de areniscas cuarzosas el algún sector puntual, este afloramiento de roca aparece desde el km 7+088 hasta el km 7+980, Km 08+620 hasta el Km 09+060 y Km 09+300 hasta Km 09+560.

Se pueden evidenciar las areniscas cuarzosas de color concho de vino, en el contacto con la formación Paucartambo.

Figura 13

Afloramiento de rocas del Grupo Mitu (PET-m), pertenecen a la formación pachatusan que están compuestos de brechas volcánicas de riolita km 7+090.



Figura 14

Afloramiento de rocas del Grupo Mitu (PET-m) conformado por estratos de areniscas intercaladas con limolitas en la progresiva 7+782 lado izquierdo de la vía.



Figura 15

Contacto, entre la formación pachatusan en donde se aprecia las arenisca de color concho de vino y la formación Paucartambo con secuencias de rocas metamórficas de esquistos y pizarras km 09+560.



5.2.2 Formación Paucartambo: Siluro Devoniano (SD-p)

Perteneciente a la edad del siluro devoniano, aflora en el anticlinal de Paucartambo y en el anticlinal de Colquepata, constituida por una secuencia estratigráfica uniforme de pizarras con intercalaciones de cuarcitas, aflora en el tramo de estudio bastante deformada hacia el NE, debido a que estas rocas son relativamente antiguas pertenecientes al paleozoico y que han sufrido dos ciclos tectónicos (herciniana y Andina). Las rocas de esta formación se encuentran bastante fracturadas y diaclasas por lo que sería un factor para la intrusión de fluidos mineralizantes de origen orogénico.

Carlotto, V. (1996) indica que el grupo Cabanillas corresponde a los niveles superiores de la formación Paucartambo.

Constituida por una secuencia estratigráfica uniforme de pizarras con intercalaciones de bancos de cuarcitas, aflora en la zona estudio bastante deformada hacia la parte NE, debido a que estas rocas son relativamente muy antiguas pertenecientes al paleozoico y que han sufrido dos ciclos tectónicos (herciniana y Andino). las rocas de esta formación se encuentran bastante fracturadas y diaclasadas por lo que sería un factor para la intrusión de fluidos mineralizantes de origen orogénico.

Este conjunto metamórfico son secuencias de pizarras y esquistos, grises a negros que no presentan una estratificación visible en algunas zonas, intercalados con algunos bancos de cuarcita en la parte inferior. Hacia la parte superior se presentan areniscas con bancos espesos de cuarcitas blancas.

Esta formación será dividida en dos miembros convenientemente diferenciados por su litología

En la zona de estudio dado que en la zona es evidente diferenciarlos en los afloramientos presentes.

Miembro 1. Afloran intercalaciones de pizarras y cuarcitas, estas pizarras se presentan en secuencias bastantes uniformes, por sectores con una composición calcárea junto con esquistos. Tiene una potencia de 200 a 250 m aproximadamente.

En la parte sur de la localidad de Quello Quello y noreste Cuyo Grande se pueden apreciar el afloramiento de pizarras que se muestra con fuertes plegamientos producto de un ambiente dúctil ocasionado por los dos ciclos tectónicos que ha sufrido (herciniana y Andina). con bajo contenido de óxidos de hierro, por esta razón los colores varían de pardos a negros.

Figura 16

Afloramiento de pizarras calcáreas con buzamiento $78^{\circ}NE$ vertical en dirección N130.



Litológicamente en esta formación encontramos diferentes materiales como roca cuarcita en pizarras de color gris a negro en el km 9+560 hasta el km 10+280, más adelante en el km 11+460 hasta el km 12+360 encontramos pizarras grises, en el km 13+060 hasta el km 13+560 encontramos pizarras grises con intercalación de cuarcitas, en el km 14+540 hasta el km 14+880 encontramos pizarras grises, finalmente encontramos afloraciones de pizarras grises en los km 16+240 hasta el km 16+680.

Figura 17

Afloramiento de la formación Paucartambo (pizarras grises en el km 09+560 – km 10+280) al lado izquierdo de la vía.



Miembro 2. Hacia la parte superior se presentan areniscas con presencia de bancos de cuarcitas fuertemente silificadas, con potencias probables de 200 metros aproximadamente, estos afloramientos se encuentran distribuidos en ambos márgenes de la quebrada de pascana cancha y que formarían los niveles inferiores de los flancos del anticlinal de collquepata.

La litología basada en la descripción de muestra de mano de este afloramiento, destaca que nos encontramos con un espécimen de grano medio de origen metasedimentario que se habría originado por el fuerte metamorfismo regional que sufrió esta zona del país durante las tectónicas herciniana y andina.

Figura 18

Barras de cuarcitas plegadas pertenecientes a la Formación Paucartambo, en el cerro Morro Huicsa.



Figura 19

Cuarcitas plegadas de la Formación Paucartambo.



Figura 20

Vista macroscópica de cuarcita perteneciente a la formación Paucartambo.



Las características físico mecánicas de estas rocas son débiles a la compresión cuando son perpendiculares a la esquistosidad y más resistentes cuando son paralelas. Son proclives a procesos de deslizamientos por el fuerte tetanismo que fueron afectados,

5.2.3 Depósitos Cuaternarios.

Los depósitos cuaternarios se describen considerando su génesis, morfología, factores climáticos y medios de depósito, dado que la mayoría son sedimentos inconsolidados unos más que otros.

5.2.3.1 Depósito Coluvial (D-co)

Se caracterizan por tener un origen predominantemente de intemperismo y gravitacional, de manera que son escombreras, flujos de detritos, caídas de rocas y bloques los que originan estos depósitos. Los clastos son de formas angulosas y de tamaños heterogéneos en una matriz limosa-arcillosa que se van acumulando, clasificados por el tamaño según la distancia recorrida, así los

mayores tienden a acumularse en las zonas de cabecera y los finos hacia los bordes del medio de depósito.

Los depósitos Coluviales pertenecen al periodo cuaternario de la era cenozoica, presentes en climas áridos y secos, en este caso en climas secos, tienen apariencia de conos o pequeños abanicos los que no cuentan con espesores importantes porque son acumulaciones locales sin mucho transporte.

A lo largo del primer tramo de la carretera encontramos estos depósitos que están conformados por limos, arenas y gravas, en calicatas más profundas, con clastos angulosos a subangulosos de areniscas color rojizas, lo que hace suponer que por las litologías provienen de la erosión de la parte alta donde aflora en grupo Mitu, se caracteriza por presentarse en laderas de pendientes inclinadas, estos depósitos de material coluvial encontramos en los km 6+720 hasta el km 7+080, km 7+980 hasta el km 8+620 y km 09+060 hasta el km 09+300.

Figura 21

Depósitos Coluviales, provenientes de la parte alta del grupo mitu Km 08+360



Continuando hacia la progresivas mayores encontramos también materiales coluviales que probablemente sean las mezclas de la formación Paucartambo que toman un color gris amarillento con algunos clastos de rocas provenientes del grupo Mitu, que se encuentra en la parte alta de la zona de estudio, este tipo de material está compuesto con una matriz limo arcillosas con un pequeño porcentaje de grava, se aprecia en el Km 12+360 hasta el Km 13+560.

Figura 22

Depósitos Coluviales Km 12+500



5.2.3.2 Depósitos Fluvioglacial (Q-fgl)

Estos depósitos se encuentran en la parte bajas que fueron arrastrados por el deshielo y flujos de escorrentías menores. Su origen está ligada a la erosión de la superficie topográfica de la zona de estudio por abrasión que dio lugar a u transporte local de estos sedimentos, estos depósitos se ubican en la parte baja de lo que alguna vez fueron picos de hielo, Litológicamente estos bancos están formados por fragmentos de pizarras y cuarcitas que fueron meteorizadas de los picos más altos de la zona de estudio, las localidades de Quello Quello, Cuyo Grande y Chahuaytire están emplazados sobre este tipo de material.

Esta unidad encontramos en el km 10+280 hasta 11+460, km 13+560 hasta el km 14+540, km 14+880 hasta el km 16+240 y finalmente en el km 16+680 al km 18+480.

Figura 23

Depósito Fluvioglacial compuesto por bloques y clastos angulosos a subangulosos sustentados en una matriz arcillo limosa en la progresiva 11+460, lado izquierdo de la vía.



Figura 24

Depósito Fluvioglacial, en donde se emplaza la localidad de Quello Quello, vista tomada al oeste de Cuyo Grande.



5.2.3.3. Depósitos glaciares (D-g).

Los depósitos glaciares son morrenas que se encuentran a pie de la cadena de los nevados y algunos picos que actualmente están sin nieve. Se trata de gravas, con bolones y bloques englobados en una matriz limo arenoso y arcilloso que tiene un carácter semi consolidado, estos depósitos pertenecen al pleistoceno y otras recientes que no tienen consolidación.

Las características físicas mecánicas de estos depósitos son heterogéneas, se les encuentra como diques naturales de las lagunas glaciares y actúan eficientemente, sin embargo, si es que están inconsolidados pueden generar aluviones por sobresaturación de agua.

En el área de estudio, este tipo de depósito se observan al pie las montañas de cerro Morro Huicsa y Moqo Chayoc.

Figura 25

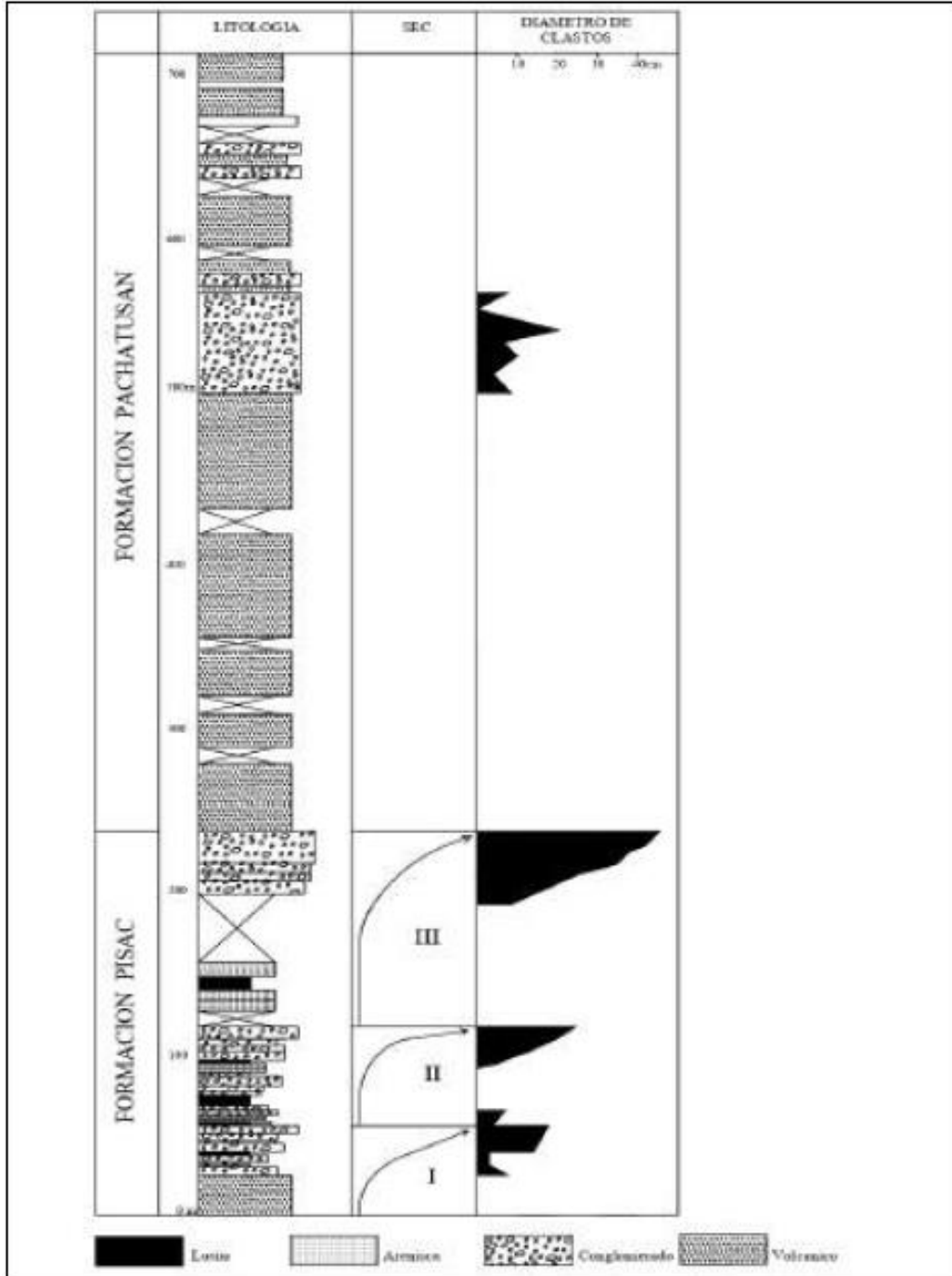
Depósitos glaciario - material que será usado como cantera, parte alta de Chahuaytire



COLUMNA ESTRATIGRAFICA LOCAL

Figura 26

Columna estratigrafica local de las formaciones Pisac y Pachatusan pertenecientes al grupo Mitu.



Fuente: INGEMMET

CAPÍTULO VI

6. GEOLOGIA ESTRUCTURAL

6.1 Generalidades.

Toda la geología estructural tiene una relación con los análisis de actividades tectónicas que modifico los estratos de los sedimentos encontrados, considerando que es indispensable tener conocimiento sobre dichas deformaciones y las secuencias sedimentarias.

Mediante el siguiente resumen conoceremos de qué manera están dispuestas las formaciones geológicas para conocer en cuanto es la magnitud de cambio de las discontinuidades con respecto a la disposición original.

Todo el método técnico que se empleó para la toma de datos de rumbos y buzamientos, efectuado en el campo mediante el manejo de la brújula Brunton y efectuando la regla de la mano derecha, que los diferentes programas tácitamente, procesan la data de información con el método de la mano derecha.

6.2 Geología Estructural Regional

Según la división morfoestructural tradicional, la región Cusco forma parte de oeste a este de la cordillera Occidental, el Altiplano, la cordillera Oriental y el frente orogénico o zona subandina, cada una de estas zonas limitadas por grandes sistemas de fallas con orientaciones paralelas a la cadena andina y con características estructurales propias. Existen estudios (Carlotto, 1998; Sempere et al., 2005; Carlier et al., 2005, entre otros) que señalan sobre la actividad de fallas regionales desde épocas paleozoicas hasta neógenas y que estuvieron asociadas a magmatismo durante su actividad. La actividad tectónica Plio-cuaternaria a lo largo de estos sistemas de fallas

regionales y antiguas, han generado desniveles que cortan depósitos cuaternarios que llegan hasta los 100 metros en la componente vertical, en algunos casos se encuentran de manera discontinua.

Estudios realizados en la década de los ochenta (Suárez et al., 1983; Sébrier et al., 1985; Cabrera, 1988) ponen en evidencia de norte a sur las fallas cuaternarias y activas de Zurite, Chinchero, Tambomachay, Tamboray, Qoricocha, Pachatusan, Ocongate, Langui-Layo.

Principalmente observamos fallas normales relacionadas a compensaciones topográficas o relacionadas a cadenas en fase de exhumación, o simplemente dispuestas paralelas a la dirección del esfuerzo máximo horizontal. Asimismo, se ponen en evidencia fallas inversas y transcurrentes vinculadas al máximo esfuerzo principal que genera la convergencia de la placa de Nazca por debajo de la placa Sudamericana. A continuación, se describen las fallas cuaternarias y activas teniendo en cuenta su morfología, cinemática y geometría.

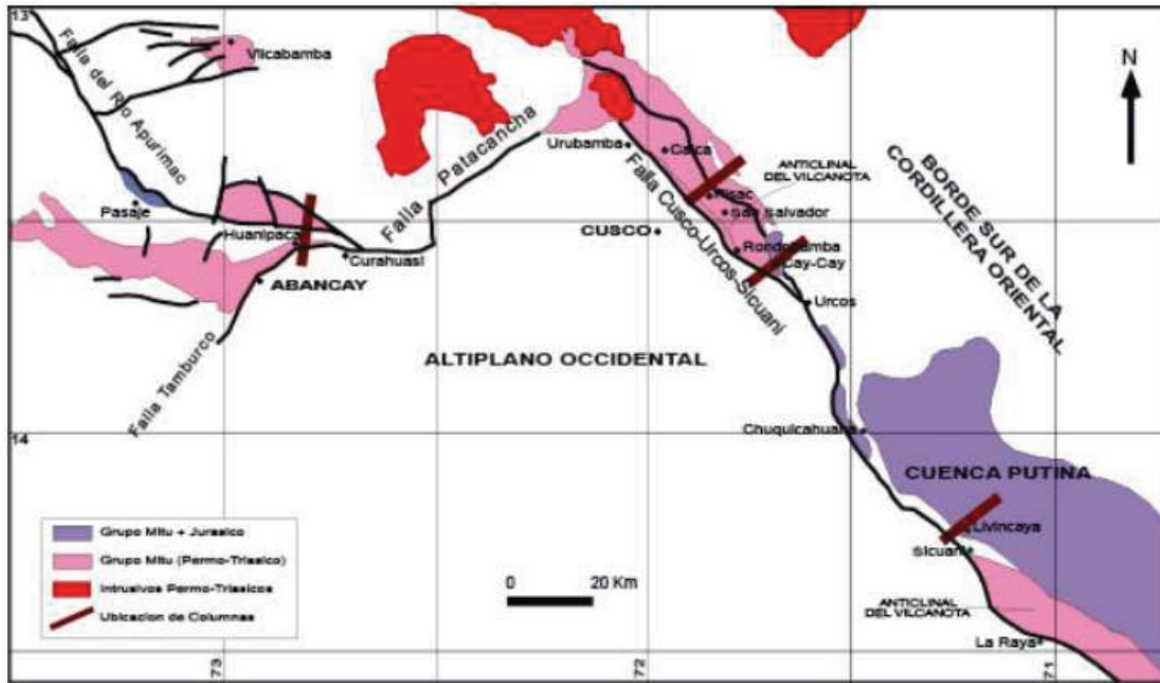
6.2.1 Pliegues Regionales.

6.2.1.1. Anticlinal del Vilcanota.

Las deformaciones de las calizas del grupo Copacabana y de las areniscas del grupo Mitu se deben a la fase tectónica Andina del Eoceno medio y a Deslizamientos Sin sedimentarios del albiano turoniano, dando origen a la formación del anticlinal del Vilcanota, que a la vez viene a ser el límite entre el Altiplano y la Cordillera Oriental en Cusco y Abancay, y el límite Altiplano Oriental y altiplano Occidental en Sicuani (Carlotto et al., 2000). (Ver Figura N°27)

Figura 27

Anticlinal del Vilcanota y sistema de fallas asociadas.



Fuente: Cuadrángulo de Cusco 28-s.

La carretera, Dv. Ruinas - Chahuaytire, se encuentra dentro de la cordillera oriental, y flanco derecho del anticlinal del Vilcanota, la dirección del anticlinal es NO-SE, y esto se puede apreciar de gran manera, en los afloramientos del grupo Mitu y la formación Paucartambo respectivamente.

En campo se muestran evidencias de un gran periodo de tectonismo compresivo lo que dio lugar a plegamientos y por consiguiente lo que generó el fracturamiento de la formación Paucartambo y Grupo Mitu que fueron cubiertos por depósitos cuaternarios.

El eje del anticlinal tiene una dirección que va de nor-oeste a sur-este, la misma que está integrada por las secuencias paleozoicas mesozoicas en donde esta estructura figura en gran parte de la zona con un abrupto relieve en la cordillera oriental por lo tanto establece el extremo terminal de la sedimentación del grupo San Jerónimo.

6.2.1.2. Anticlinal de Colquepata.

Este plegamiento anticlinal va con una dirección de nor-oeste a sur-este, semejante al plegamiento anticlinal de Paucartambo, que está formado en el cimientado por rocas de la formación San José y revestidas por la formación Paucartambo que se encuentran en el cuadrángulo de Calca.

6.2.1.3. Anticlinal de Paucartambo.

Este plegamiento anticlinal va con dirección de nor-oeste a sur-este, cuyo núcleo está establecido por la formación Sandía y los costados por la formación Paucartambo, donde descansa en discordancia al Ordovícico.

6.2.2. Fallas Regionales.

Este sistema de fallas activas en la región del Cusco se caracteriza por tener una zona angosta de 10 km y más de 200 km de largo con direccionamientos que se diferencian entre NO-SE y E-O. Por lo tanto, estas fallas están señaladas en algunas zonas por tener una presencia de escarpas considerables que corta la superficie terrestre

Regionalmente la carretera se encuentra dentro de sistema de fallas Zurite – Cusco – Urcos – Sicuani, definido por Benavente, en 2014.

SISTEMA DE FALLAS ZURITE – CUSCO – URCOS – SICUANI

El sistema de fallas Zurite – Cusco – Urcos - Sicuani se desarrolla en una longitud aproximada de 220 kilómetros con una dirección N 140°, limita hacia el oeste con el Altiplano oriental y hacia el este con la cordillera Oriental, en su prolongación hacia el norte presenta una notable deflexión, adoptando una dirección aproximada este-oeste. (Benavente, 2014).

6.2.2.1 Falla Chuecamayo

La falla chuecamayo catalogado por el INGEMMET como falla sinestral que tuvo un movimiento inverso tiene una dirección perpendicular al sistema de fallas Zurite- Cusco-Urcos-Sicuani, esta falla está localizada en la parte central de la cuenca Chuecamayo que está ubicado al norte de la localidad de San Salvador (Ver Fig. N° 28), siendo esta la zona de debilidad para que los ríos discurran, generando socavación en las partes bajas de la cuenca. La falla se encuentra cubierta por depósitos cuaternarios lo que hace difícil la ubicación de estrías y otros indicadores cinemáticos.

Figura 28

Falla chuecamayo



Nota: Imagen modificada de SASPlanet.

6.2.2.2 Falla Colquepata

Es la reactivación de una antigua falla y se extiende a lo largo de 8 kilómetros donde el escarpe mayor mide 15 metros y el menor 1 metro. Esta diferencia de escarpes nos indica que esta falla se reactiva generando rupturas en la superficie de 1 metro como mínimo, y que existe una acumulación de eventos sísmicos en el caso del escarpe de 15 metros.

La falla tiene una dirección preferencial de N140°E con una inclinación de 68° hacia el este, aunque también se identifican pequeños segmentos de fallas con buzamientos contrarios y que afectan mayormente depósitos fluvio-glaciares con movimientos de tipo normal, aunque se pudieron identificar movimientos de tipo siniestrales normales anteriores.

La última reactivación de la falla Colquepata desplaza a una morrena, 1 metro verticalmente, con movimiento de tipo normal. El escarpe se encuentra conservado sugiriendo a una edad Pleistocena Superior a Holocena.

Finalmente, las personas del lugar afirman haber sentido movimientos del terreno continuos en los últimos 20 años, aunque no existen reportes de sismos de magnitud significativa en este sector.

6.2.2.3 Falla Chahuaytire

La falla de Chahuaytire se ubica adyacente al poblado del mismo nombre y paralela a la falla Colquepata, es una estructura que se extiende con dirección N 120° E a lo largo de 12 kilómetros. Atraviesa por el lado noroeste de la localidad de cuyo grande, cruza morrenas y depósitos fluvio-glaciares de los cerros Jespe Orjo, Abrancuyo y Jalpillo. (Benavente et al, 2013), en esta zona el sustrato rocoso se encuentra muy fractura por encontrarse en una zona de falla.

Los escarpes tienen 5 metros de altitud y a lo largo de su traza se pueden observar facetas triangulares, charcas alineadas y lagunas, como es el caso de la laguna Yanacocha. El análisis del sistema de drenaje sugiere desplazamientos de tipo siniestral de los cursos de ríos y de las morrenas.

El IGP reporta un sismo superficial de magnitud 3.9 (MI o magnitud local) y adyacente a la falla. Podría tratarse de una reactivación de la estructura.

6.2.2.4 Falla Cuyo Chico

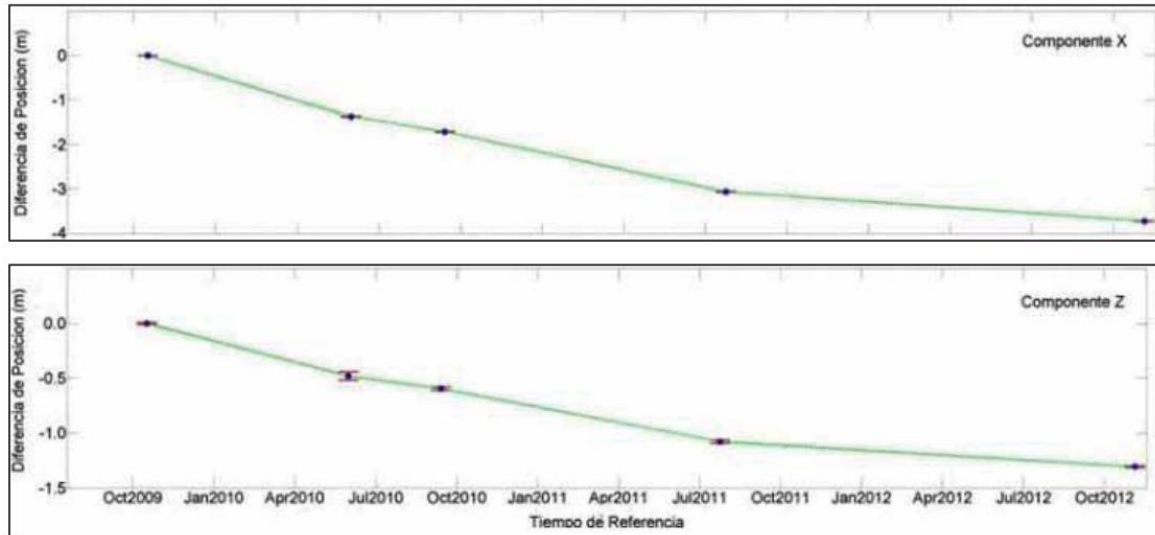
Se ubica en las alturas del poblado de Pisac, exactamente frente al resto arqueológico de Pisac. Se trata de una falla dextral con componente normal que afecta depósitos coluviales y fluvio-glaciares de edad pleistocena. Tiene un escarpe de 8 metros, en donde se pudo reconocer el último movimiento de tipo dextral normal. La dirección preferencial es de N 165° E y buzamiento hacia el oeste. A lo largo de la traza de falla, con una longitud de 8 Km, se pudieron observar deslizamientos y caídas de rocas que estarían asociados a la actividad de esta estructura. En la prolongación este, de la estructura se observan pequeños escarpes generando saltos de 1.5 metros y afectando depósitos fluvio-glaciares, esta geometría está relacionada a un estilo de deformación de tipo cola de caballo o echelón.

Por otro lado, también es necesario mencionar que, al pie del deslizamiento, existe la presencia de un deslizamiento-flujo activo que pone en peligro las viviendas de los poblados de Cuyo Chico, Cotataque y Ttio (Benavente, 2014).

El desplazamiento horizontal total es de 3.717 m. con una orientación suroeste y el hundimiento total fue de 1.3 m. Según las series temporales, para calcular la velocidad de desplazamiento, tenemos un movimiento de 1.2 m/año y según las tablas de (Cruden & Varnes 1996). este estaría clasificado como un deslizamiento lento. (Benavente, 2014).

Figura 29

Desplazamiento del deslizamiento de Cuyo Chico en las componentes X y Z.



Fuente: INGEMMET, Boletín C-55.

El deslizamiento producido por la falla Cuyo Chico no afectará ni influirá directamente en el tramo de la carretera Dv. Pisac- Chahuaytire, ya que se encuentra metros más abajo que intercepta con la vía Pisac - Ruinas. Se tienen que hacer estudios detallados de la falla para determinar periodos de posibles reactivaciones en ese sentido el movimiento de éste desencadenaría una serie de movimientos sísmicos que afectaran de manera directa al asfaltado y a las estructuras de la carretera, es necesario hacer los estudios ya que actualmente la vía está siendo afectada y con ello el turismo por ende la economía de población.

6.2.2.5 Falla Lamay

Se ubica en las alturas del poblado de Lamay, a 7 kilómetros hacia el noreste aproximadamente. Se caracteriza por ser un escarpe continuo que se extiende a lo largo de 7 kilómetros cruzando principalmente las laderas occidentales de los cerros Suracocha, Juyajoc, Marcasune y la quebrada Carmen.

Tiene una dirección N 130° E y buzamiento de 70° hacia el suroeste, el escarpe mejor conservado se ubica en el cerro Marcasune teniendo una altitud de 10 metros y desplazando depósitos coluviales, lacustres y aluviales de la quebrada Isillo con movimiento de tipo normal.

En el cerro Juyayoc, el escarpe de falla es mayor, tiene aproximadamente 30 metros y se observan cambios de pendiente en la cara libre o faz libre, sugiriendo estar relacionados a una acumulación de reactivaciones. No se pudieron encontrar estrías, ya que posiblemente fueron erosionadas por actividad climática o acción glaciaria. La falla Lamay constituye la parte central del sistema del río Vilcanota, siendo la prolongación sur la falla Colquepata y Cuyo Chico, y la proyección norte la falla Machacancha.

6.3 Geología Estructural Local

En la zona de estudio se constituyen un sistema de fallamientos inversos.

6.3.1 Fallas del cerro Morro Huicsa

Al norte de la fundación proyectada del pavimento, existen una serie de fallas inversas con alta inclinación de las estratificaciones que conforman el anticlinal, y con varias fallas que se encuentran en el cerro Morro Huicsa, dentro de los bancos de cuarcita pertenecientes a la formación Paucartambo, estos presentan una orientación NE-SW, dichos fallas tiene las siguientes direcciones.

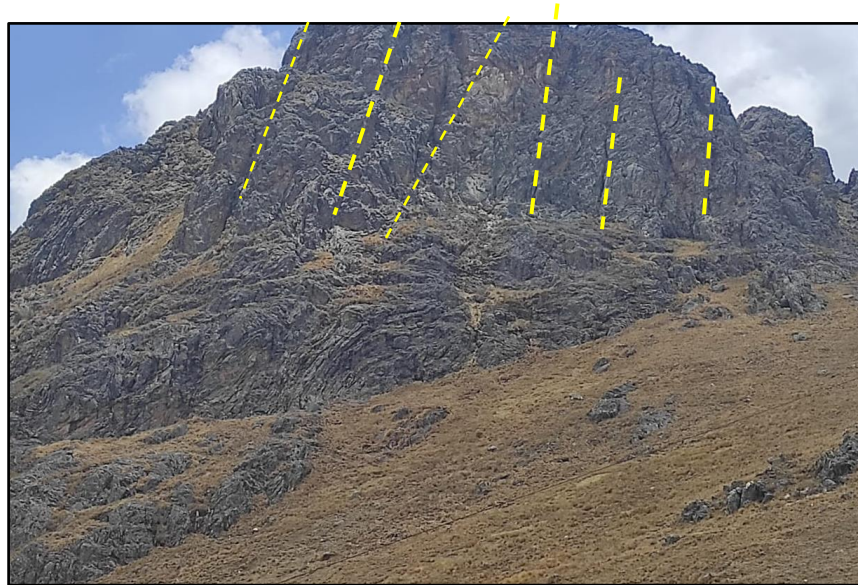
Figura 30

Cuadro de rumbo y buzamiento de los diferentes sistemas de fallas.

SISTEMA DE FALLAS	RUMBO	BUZAMIENTO
Falla 1	45°W	29°NW
Falla 2	52°W	28°NW
Falla 3	43°W	18°NW
Falla 4	41°W	22°NW
Falla 5	42°W	25°NW

Figura 31

Fallas del cerro Morro Huicsa, presentes en bancos de cuarcita pertenecientes a la formación Paucartambo.



6.3.2 Diaclasas y Fracturas.

El diaclasamiento y fracturamiento de los macizos rocosos aparecen en la superficie de la formación Pachatusan dentro del grupo Mitu, que son rocas vulcano sedimentarias, con formaciones por procesos de evolución tectónica, que se ha sometido en ambos flancos de la quebrada de chahuay, provocando una propagación de sistemas de fallas por fracturamiento de la corteza.

Figura 32

Vista de sistema de fracturamiento del macizo rocoso de Grupo Mitu.



CAPÍTULO VII.

7. GEODINAMICA

7.1 Geodinámica Interna

Para el Perú, de manera general, se pueden considerar dos fuentes sísmicas importantes, la “Fuente Sismogénica Marina”, que comprende la fosa y el zócalo continental, donde se originan los eventos más importantes y catastróficos, al estar ubicada en la línea de subducción de las dos placas tectónicas. Estos eventos catastróficos son de origen profundo (hipocentros), habiendo los de carácter intermedio y superficial (los más frecuentes).

La otra, es la “Fuente Sismogénica Continental” donde, por la lejanía a la convergencia de las dos placas tectónicas, los eventos sísmicos son menores en frecuencia y magnitud, aunque, con excepciones, conforme lo expresa la historia sísmica nacional, también se han producido terremotos con origen en el continente (Satipo, 1947, Ancash, 1946).

En el continente, los eventos sísmicos son tipificados por su profundidad, independientemente de su magnitud, como superficiales (de 0 a 60 Kms), intermedios (de 61 a 300 Kms.) y profundos (mayores de 301 Kms.). Los sismos de la región sur del Perú se enmarcan dentro de la sismicidad ocasionados por un sistema de fallas locales. Los epicentros en la zona sur son mayormente continentales.

La carretera Dv. Ruinas – Chahauytire, está ubicado en una zona sísmica producidos por los esfuerzos que fueron originados por la subducción de la placa de Nasca que está por debajo de la placa continental sudamericano, una de las fallas muy importantes activas que se encuentra ubicada en la cordillera oriental del sur del Perú.

La zona de estudios presenta estratos de roca fuertemente fracturadas indican que la zona está sometida a movimientos sísmicos moderados; Uno de los factores que influenció en el grado de

fracturación es debido a que estamos dentro del flanco derecho del Anticlinal del Vilcanota, partiendo de este principio nos da a pensar que en la zona de estudio primero se tuvieron esfuerzos compresivos generando el gran anticlinal y al pasar los millones estos esfuerzos cambiaron a ser distensivos generando fallas locales del tipo normal.

7.1.1 Peligro Sísmico.

El territorio nacional se ha dividido en cuatro zonas, esta zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como en la información neotectónica.

Para determinar la zona sísmica, Según la norma E.030 (Capítulo 2), del área de estudio, procederemos a ubicarlo dentro de las 4 zonas clasificadas por el ministerio de viviendas, donde la zona 1 es el sector con menor aceleración sísmica y la zona 4 es el sector con mayores aceleraciones sísmicas. (Ver Figura 33).

Figura 33

Mapa de zonas sísmicas (Norma E-030)



Fuente: Norma E-030 diseño sismorresistente.

Del mapa anterior se obtienen el valor de la zona sísmica, para nuestra zona del proyecto de la carreta Dv. Ruinas – Chahuaytire, corresponde la **ZONA 2**.

7.1.2 Factor de Zona

Para cada zona se asigna un factor “Z”, este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad.

Tabla 11

Factores de zona

TABLA N°1	
FACTORES DE ZONA	
"Z"	
ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Fuente: Norma E-030 diseño sismorresistente.

El factor “Z” que corresponde para nuestro proyecto de la carretera Dv. Ruinas – Chahuaytire es **0.25**.

7.1.3 Perfiles de Suelo

El perfil de suelo según la norma E.030 Capitulo 2.3.1, se clasifican tomando en cuenta, \bar{V} s Velocidad promedio de propagación de las ondas de corte. \bar{N}_{60} Promedio ponderado de los ensayos de penetración estándar y \bar{S}_u Promedio ponderado de la resistencia al corte en condición no drenada.

7.1.4 Condiciones Geotécnicas.

Perfil Tipo S1:

Roca o Suelos Muy Rígidos A este tipo corresponden las rocas con diferentes grados de fracturación, de macizos homogéneos y los suelos muy rígidos con velocidades de propagación de onda de corte \bar{v}_s , entre 500 m/s y 1500 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

- Roca fracturada, con una resistencia a la compresión no confinada q_u mayor o igual que 500 kPa (5 kg/cm²).
- Arena muy densa o grava arenosa densa, con \bar{N}_{60} mayor que 50.
- Arcilla muy compacta (de espesor menor que 20 m), con una resistencia al corte en condición no drenada \bar{s}_u mayor que 100 kPa (1 kg/cm²) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.

En función a los resultados de laboratorio (ver tabla n°14) la carretera, pertenecerá al perfil del **suelo tipo S1** En los depósitos cuaternarios. Ya que la resistencia al corte en estos materiales será mayor a 1kg/cm² Como indica la norma.

Tabla 12

Clasificación de los perfiles de Suelo.

TABLA N°12 CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELO			
Perfil	\bar{v}_s	\bar{N}_{60}	\bar{s}_u
S0	>1500 m/s	-	-
S1	500 m/s a 1500 m/s	> 50	> 100 kPa
S2	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S3	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
S4	Clasificación basada en el EMS		

Fuente: Norma E.030.

7.1.4. Parámetros de Sitio (S, TP y TL)

Los parámetros de Sitio estarán en función de la amplificación sísmica y el tipo de perfil de suelo (Capítulo 2.4 Norma E.030). (Ver las tablas N°15 y N°16).

Tabla 13

Parámetros de sitio.

TABLA N°15				
FACTOR DE SUELO "S"				
SUELO ZONA	S0	S1	S2	S3
Z4	0.80	1.00	1.05	1.10
Z3	0.80	1.00	1.15	1.20
Z2	0.80	1.00	1.2	1.40
Z1	0.80	1.00	1.6	2.00

Fuente: Norma E.030.

TABLA N°16				
Periodos "TP" Y "TL"				
	S0	S1	S2	S3
T_P(S)	0.3	0.4	0.6	1
T_L(S)	3.00	2.5	2	1.6

Fuente: Norma E.030.

Donde:

S. Factor de amplificación de Suelo

TP. Periodo que define la plataforma del factor C.

TL. Periodo que define el inicio de la zona del factor C con desplazamiento constante.

C. Factor de amplificación Sísmica

7.1.5. Factor de Amplificación Sísmica

El factor de Ampliación Sísmica estará en Función del periodo fundamental de la estructura para el análisis estático o periodo de un modo en el análisis dinámico (T), la altura de la edificación (hn), constante “CT” definida en el (Numeral 4.5.4. de la Norma E.030).

Para el Emplazamiento de la carretera Dv. Ruinas – Chahuaytire, el factor de amplificación sísmica (C) estará definido como $C= 2.5$, en vista de que $T < T_p$ (numeral 2.5 Norma E.030)

7.1.6 Antecedentes Sísmicos de la Región del Cusco.

A continuación, se detallan los principales eventos sísmicos que afectaron a la zona de interés:(fuente: Tesis para optar el Título de INGENIERO CIVIL, que presenta el bachiller: **Joel Arturo MENDOZA LOAYZA**; pontificia universidad católica del Perú, facultad de ciencias e ingeniería)

- ✓ Sismo del 21 de mayo de 1 950: en la ciudad de Cusco se destruyeron más del 50% de viviendas y murieron 120 personas. Después del terremoto en un sector de la ciudad se evidenció una figuración de 5km de extensión y tenía una abertura de algunos centímetros y una profundidad de hasta 2 metros, de intensidad VIII.
- ✓ Sismo del 03 de junio de 1 980: fuerte temblor en el Cusco. Intensidad V –VI en Limatambo, en Urubamba, Pisac y en Cusco IV.
- ✓ Sismo del 5 de abril de 1 986: sismo en Cusco, dejando gravemente dañadas las edificaciones de la ciudad. Murieron 7 personas, 80 heridos y 13000 damnificados. El hipocentro tuvo lugar en el sistema de fallas conocidas como Tambomacchay al NE de Cusco. La intensidad fue de VIII en Cusco; mientras que, VI y VII en las otras provincias cercanas.
- ✓ Sismo de 1 581: Intensidad de IX en Yanaoca, Cusco. Este terremoto produjo el hundimiento el pueblo de Yanaoca junto con todos sus habitantes.

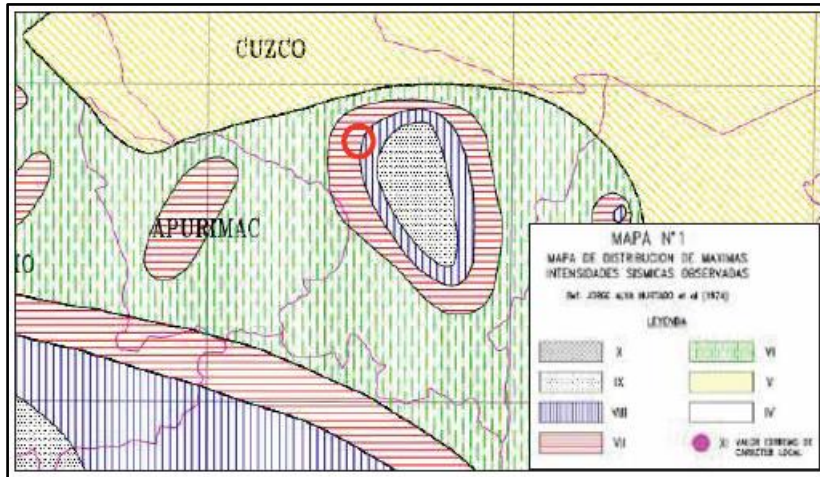
- ✓ El sismo del 24 de noviembre de 1604: Intensidad de 8.7. Afectó las ciudades de Arequipa, Moquegua y Tacna y Cusco. En Arica ocurrió un tsunami que destruyó la ciudad.
- ✓ Sismo del 13 de enero de 1960: en Arequipa, murieron 63 personas y centenares de heridos. Algunos pueblos quedaron en escombros y algunas estuvieron intransitables debido a los derrumbes.
- ✓ El sismo del 23 de junio de 2001: Conocido como el sismo de Ático, afectó el centro sur del Perú y Norte de Chile. La magnitud fue de 8.4 y las intensidades de VII y VIII principalmente en las ciudades de la costa sur. Este movimiento generó un tsunami en la ciudad de Camaná con olas de 4 a 7 m de altura. Se registró las aceleraciones pico de 0.3g en EW y 0.22g en NS.
- ✓ EL sismo de 15 de agosto de 2007: Se sintió casi en todo el centro y sur del Perú, resultando como más afectada la región de Ica, 596 muertos y miles de heridos. La intensidad fue de IX y la magnitud de 8.0.

7.1.7 Mapa de Intensidad Sísmica en el Área del Proyecto

Según la Historia Sísmica recabada de la zona de estudio las localidades de Quello Quello y Cuyo Grande, no fueron Epicentro de algún sismo, entonces como una guía se tomará de referencia el mapa de distribuciones de Máximas Intensidades Sísmicas observadas en el Perú dadas por Alva. Et en 1984. En donde determinamos que la zona tendrá una máxima intensidad sísmica de VII grados en la escala modificada de Mercalli. (Ver figura N°34)

Figura 34

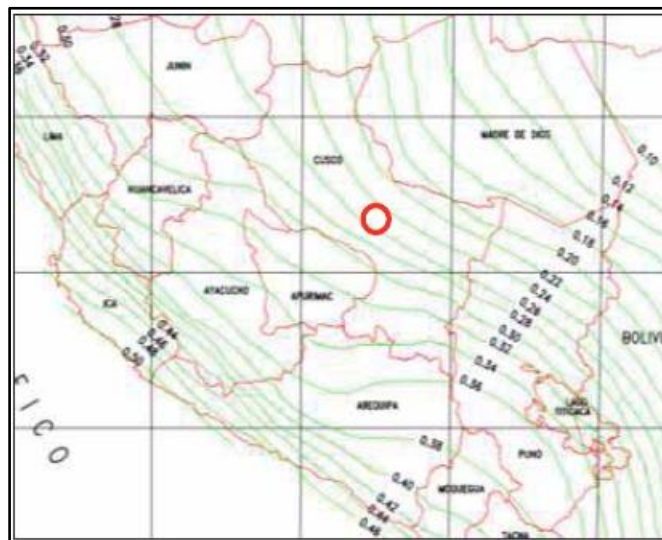
Se observa el mapa de intensidad sísmica Mercalli modificada, por ende, en la zona del proyecto se pueden producir sismos con intensidad Máxima de VII grados en la Escala Modificada de Mercalli. (Jorge Alva Hurtado Et Al-1984)



Nota: Imagen modificada de INGEMMET (Alva,1984).

Figura 35

Mapa de distribución de aceleraciones sísmicas, a nivel nacional (Bolaños 2004)



Nota: Imagen modificada de INGEMMET (Bolaños,1984).

Según la norma Sismorresistente E.030 para la carretera Dv. Ruinas – Chahuaytire, tendremos las siguientes características sísmicas.

De acuerdo al mapa de ordenadas espectrales – Isoaceleraciones, determinamos para la zona de estudio una aceleración sísmica de **0.24-0.26** gal =Cm/seg². correspondiente a un periodo de exposición de 50 años y una probabilidad de excedencia del 10 %. (Ver Figura N° 35)

7.2 Geodinámica Externa.

La geodinámica externa estudia la acción de los agentes atmosféricos externos como: Viento, aguas continentales, mares, océanos, hielos, glaciares y gravedad, sobre la capa superficial de la Tierra; estos fenómenos van originando una lenta destrucción y modelación del paisaje rocoso y del relieve, y en cuya actividad se desprenden materiales que una vez depositados forman las rocas sedimentarias. Igualmente, los efectos resultantes sobre las formas del relieve, evolución y proceso de modelado, es investigado por la geomorfología. (Guevara, 2008).

La carretera se encuentra dentro de un área geográfica de rasgos topográficos variables y heterogéneos, donde los fenómenos de geodinámica externa, se desarrollan ampliamente.

Las diferencias litológicas, más las características estructurales aunadas a la topografía, tienen injerencia en el rompimiento de la estabilidad de taludes. En esta parte describiremos los principales Fenómenos observados. (Ver Anexo N°02)

Los fenómenos de la geodinámica externa, observados en la zona de estudio son los siguientes:

7.2.1 Movimientos en Masa:

El término movimientos en masa incluye todos aquellos movimientos ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras por efectos de la gravedad (**Cruden, 1991**).

Las rocas metamórficas de las formaciones paleozoicas que afloran en el área del proyecto han sido y continúan siendo profundamente meteorizadas por las condiciones climáticas de la región y otros factores estructurales y texturales de las rocas como la intensidad de fracturas y diaclasas por

efectos de varias fases tectónicas. Estos procesos asociados y continuos en el tiempo, han originado en las vertientes, depósitos de suelos coluviales con espesores variables, cuyos componentes son desde bloques (varios metros cúbicos) hasta limos y arcillas.

En los procesos de geodinámica externa es común que los componentes finos sean eliminados y transportados por la corriente del agua, dejando descubierto la roca madre. Los procesos geodinámicos lentos y continuos son generalmente independientes de otros procesos geodinámicos, tales como deslizamientos y flujos de detritos, sin embargo, existen otros procesos que generan a su vez otros procesos, que juntos hacen un conjunto conjugado, y luego una secuencia de procesos que son muchas veces catastróficos.

7.2.2 Tipos de Movimiento

7.2.2.1 Remoción en Masa.

Este proceso geodinámico que es un tipo de deslizamiento, que viene ocurriendo en Cuyo Chico y Cuyo Grande incluido Quello Quello. En realidad, constituyen deslizamientos poco profundos conformados por suelos residuales afectados por factores estructurales de la falla regional y otra falla perpendicular que hace bascular al conjunto del macizo rocoso y pone el rumbo y buzamiento de los estratos conforme al movimiento de los deslizamientos. Este constituye un área de más de 10 km² que se viene moviendo, e incrementa su velocidad en temporadas de lluvias, evidenciado por los distintos fenómenos ocurridos en distintos períodos de lluvias. Se realizará un intento de demostrar esta hipótesis durante el desarrollo del presente trabajo, pues requiere de información de campo zonificada, que conlleva tiempo para compilación de información, que se aprovechará mientras se desarrolle las actividades de excavación de calicatas propuestas.

7.2.2.2 Deslizamiento de Quello Quello, Cuyo Chico y Cuyo Grande

Según el estudio realizado por INDECI titulado “**Proyecto INDECI - PNUD PER 02/051 00014426 MAPA DE PELIGROS, PLAN DE USOS DEL SUELO ANTE DESASTRES Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN DE LA CIUDAD DE PISAC REGIÓN CUSCO, 2012**”, que tuvo como objetivo, actualizar el Mapa de Peligros, elaborar el Plan de Usos del Suelo ante Desastres y formular las Medidas de Mitigación para la ciudad de Pisac, en base a la identificación, clasificación y evaluación de amenazas o peligros naturales y tecnológicos a los que se encuentra expuesta el área urbana, las zonas tendentes del crecimiento urbano espontáneo y las zonas de probable expansión urbana; así como, promover una cultura de gestión del riesgo de desastres participativa donde las autoridades, los profesionales, los medios de comunicación y la población participativamente impulsen el desarrollo sostenible de la ciudad, el cual tuvo por metodología de estudio la observación directa de la realidad existente.

La visita de campo y vista satelital sugiere que Quello Quello, Cuyo Chico y Cuyo Grande, en realidad constituyen un deslizamiento gigante que tiene una serie de deslizamientos secundarios, individualizados por otros factores y agentes predisponentes como los cursos de aguas y las actividades antrópicas (plataformas de carreteras, de canales hidráulicos, edificaciones y áreas de cultivo). Este deslizamiento es de tipo planar, desarrollado sobre rocas residuales de rocas metamórficas que tienen una inclinación concordante a la inclinación del deslizamiento, más propiamente una remoción en masa similar a una reptación profunda.

El origen de este deslizamiento, estaría dado por dos factores principales: primero la pre-existencia de un valle glaciar, que fue erosionado y modelado por un glaciar que descendía por esta zona y por procesos de gelifracción alteraron las rocas del substrato por el congelamiento a influencia del glaciar y segundo, la presencia de agua dentro de las rocas metamórficas (pizarras y

esquistos) presentes en el área del deslizamiento, por alteración y la fuerte presencia de agua, éstas rocas son convertidas en arcillas plásticas y semi plásticas proclives a la ocurrencia de deslizamientos. Claro está que los factores estructurales son concurrentes, es decir la inclinación favorable de los estratos para el movimiento en masas. Este deslizamiento evidentemente requiere de tratamiento para su estabilización, caso contrario continuará en actividad, considerándose desde luego un peligro y riesgo permanente más aun cuando esta zona está siendo habitada y el crecimiento poblacional va en incremento. Este deslizamiento es muy activo y debe ser preocupación de las autoridades regionales municipales.

La carretera se emplazará cortando las localidades de Quello Quello y Cuyo Grande, que están geodinámicamente activos, que presentan deslizamientos tipo planar, desarrollado sobre rocas metamórficas residuales de la formación Paucartambo, que presentan una inclinación concordante a la inclinación del deslizamiento, más propiamente una remoción en masa similar a una reptación profunda, en el caso de las localidades de Quello Quello y Cuyo Grande, las progresivas que se ven afectados por este tipo de movimiento son Km 09+640 hasta Km 10+980 y Km 13+560 hasta Km 16+020 respectivamente. (*ver Figuras N°36,37,38 y 39*)

Figura 36

Vista de las grietas que se presentan en las viviendas de la localidad de Quello Quello, como consecuencia del deslizamiento que existe en la zona, progresiva 10+720.



Figura 37

Vista de las grietas que se presentan en las viviendas de la localidad de Cuyo Grande, como consecuencia del deslizamiento que existe en la zona, progresiva Km 14+960.



Figura 38

Vista de las grietas que se presentan en las viviendas de la localidad de Cuyo Grande, como consecuencia del deslizamiento que existe en la zona, en la progresiva Km15+220.



Figura 39

Vista de las fisuras que existe en las plataformas ubicadas en la localidad de Cuyo Grande, progresiva Km 13+860.



7.2.2.3 Caídas de Rocas:

La caída es un tipo de movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido, el material cae desplazándose principalmente por el aire pudiendo efectuar golpes, rebotes y rodamiento (Varnes, 1978).

En el trayecto del emplazamiento de la carretera, se observó este tipo de fenómenos en las progresivas de Km 08+940 hasta Km 09+020, se trata de una litología pertenecientes al Grupo Mitu, producto de una falla regional antigua que corta la vía de manera transversal, estos son más activos en las épocas de lluvias (*Ver Foto N°40*).

Figura 40

Caída de rocas y suelos Km 08+940 al Km 09+020, pertenecientes al Grupo Mitu.



7.2.2.4 Caída de Suelo:

Es un tipo de movimiento en masa donde se desprenden varios bloques de suelo, esto se debe a la fuerte pendiente del talud, y a los fenómenos de licuefacción que afectan de forma directa al tipo de material originando la desestabilización y subsecuente caída.

A lo largo del emplazamiento de la carretera, Dv Ruinas – Chahuaytire, se observan este tipo de fenómenos principalmente en las zonas donde están geodinámicamente activos, en Km 09+640 hasta Km 10+980 y Km 13+560 hasta Km 16+020, originados por la pendiente fuerte del talud, el tipo de material de acuerdo a la clasificación de suelos pertenece (SM, SC y CL), y la ubicación de Cuneta, que fueron los factores desencadenantes para generar la licuefacción de suelos en las partes bajas del talud, su subsecuente desplazamiento y por último la caída del talud, depósitos cuaternarios del tipo Fluvio Glaciar, con pendientes moderadas.

7.2.2.5 Erosión en Surcos:

(Hudson, 1982) define la erosión como el proceso de separación, transporte y depósito de los materiales del suelo por los agentes causantes, tales como la lluvia, el viento y el hombre. Este último debe, a través de la educación y la adopción de tecnología apropiada, convertirse en un agente de conservación del suelo y del medio ambiente.

En la zona de estudio se forman en taludes de materiales coluviales limos arcillosos, en forma de surcos por la fuerte esorrentía superficial presente en este sector del Km 08+220 hasta 08+360 (Ver Figura N°41).

Figura 41

Erosión en surco, originada por lluvias torrenciales Km 08+220 al Km 08+360.



En la margen derecha de la quebrada Chahuay y al suroeste de la comunidad de Cuyo Grande existe mayor desarrollo de procesos por erosión de ladera en cárcavas. La zona de carcavamiento más activo, de prolongación sureste - noroeste, el flujo de aguas pluviales desemboca en el cauce de la quebrada referida.

Según su caracterización se le denomina como cárcava alargada de pendientes escarpadas, en su parte amplia presenta un ancho de 15 m y una profundidad de 10 m aproximadamente. Si bien, la parte media y alta muestra signos de actividad, la parte baja, se encuentra cubierta por vegetación, es importante mencionar que, si las cárcavas no son controladas, pueden ser futuras zonas de deslizamiento o de producción de materiales para flujo de detritos (huaicos).

Figura 42

Zona de socavamiento más activo por erosión en surcos, margen derecho de la quebrada de Chahuay.



CAPITULO VIII

8. GEOTECNIA

8.1 Introducción

Los estudios geotécnicos que se realizan en este capítulo son para determinar las características físico mecánicas y la clasificación de los suelos que serán utilizados en la construcción de los pavimentos de carretera.

La exploración e investigación de los suelos es muy importante para determinar las características físico mecánicas de un suelo, para el correcto diseño de un pavimento. Si la información obtenida y las muestras que se envían al laboratorio no son representativas, los resultados que se obtienen aun con exigencias de precisión, no serán buenos para fines propuestos.

Por lo tanto, este tipo de estudios son primordiales debido a que nos aseguramos de que la carretera no sufra fallas físicas, y para asegurar de que la obra cumpla con su periodo de vida útil, siempre ajustándose a los valores que nos exige la norma.

El estudio geológico y geotécnico se realiza con el fin de conocer las características físico mecánicas del terreno y determinar si este es apto o necesita algún tipo de tratamiento, y posteriormente realizar el diseño estructural pavimento flexible por el método NAASRA.

8.2 Marco Normativo

El estudio se basa en los siguientes documentos:

- Manual de Ensayos de Materiales para Carreteras EM-2016
- Manual De Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos 2013. Sección “Suelos y Pavimentos”
- Especificaciones Técnicas Generales Para la Construcción de Carreteras (EG-2013)
- Normas AASHTO, ASTM u otras normas internacionales pertinentes.

8.3 Estudio de Suelos de la Subrasante

Los estudios de suelos para él, “ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO EL MÉTODO NAASRA, TRAMO DV. RUINAS – CHAHUAYTIRE, (KM 06+720 AL KM 18+480). DISTRITO DE PISAC, PROVINCIA DE CALCA DEL DEPARTAMENTO DEL CUSCO”. Se realizará de la siguiente manera.

- ✓ La prospección in situ (campo)
- ✓ Toma de muestra (Campo)
- ✓ Ensayos en laboratorio.

8.3.1 Exploración de campo

Para la exploración de los suelos, primero se tiene que realizar un reconocimiento del terreno en campo y luego un programa de exploración e investigación de campo a lo largo del tramo en estudio, para de esta manera identificar los diferentes tipos de suelos que se presentan en la zona de estudio.

El reconocimiento de la zona de estudio nos permitirá identificar los principales estratos de los suelos superficiales para luego identificar y delimitar las zonas donde los suelos presentan características similares, y así mismo identificar las zonas de riesgo o poco recomendables que se presentan en la zona de estudio, para ello los trabajos en campo se procedió con las siguientes actividades.

- ❖ Reconocimiento del área
- ❖ Excavación de calicatas
- ❖ Descripción de las columnas litoestratigráficas en las calicatas realizadas

- ❖ Toma de muestras alteradas
- ❖ Toma de muestras inalteradas

8.3.2 Excavación de Calicatas

Los trabajos de exploración e investigación en campo incluirán la realización de calicatas o pozos de exploración, cuyo espaciamiento será de cada 500 m, pero también pueden ser más próximas dependiendo del tipo de vía, cambio topografía, zonas donde se detecten suelos inadecuados, etc.

En esta etapa empezamos con la elaboración de calicatas con una profundidad mínima de 1.5 m.

Tabla 14*Número de calicatas para exploración de suelos.*

TIPO DE CARRETERA	PROFUNDIDAD (m)	NÚMERO MÍNIMO DE CALICATAS	OBSERVACIÓN
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido. • Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido. • Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido. 	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA ENTRE 6000 Y 4001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido. • Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido. • Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido. 	
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	4 calicatas x km	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	3 calicatas x km	
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	2 calicatas x km	
Carreteras de Bajo volumen de tránsito: carreteras con un IMDA entre ≤ 200 veh/día, de una calzada.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	1 calicatas x km	

Fuente: Manual de carreteras suelos geología y pavimentos, sección suelos y pavimentos MTC/ 2014.

8.3.3 Toma de Muestra

Esto consiste en la toma de muestras representativas de los estratos en número y cantidades suficientes de suelos, de cada material que se considere importante, luego las muestras se colocarán en bolsas de polietileno para su traslado correspondiente al laboratorio. Así mismo durante la exploración en campo se anotaron los espesores de cada uno de los estratos del subsuelo, sus características de gradación, compacidad entre otros.

El tamaño y la cantidad de muestra dependerá de los ensayos que se vayan a efectuar y la presencia de porcentaje de partículas gruesas que se presentan en la muestra.

8.3.4 Perfil Geotécnico

Con las calicatas realizadas se realizó la elaboración del perfil litoestratigráfico del subsuelo (preliminar), para la investigación de suelos y rocas, se recomienda la aplicación de la norma ASTM D-420-69; se hará un análisis visual, y la clasificación de suelos según AASTHO y SUCS.

Figura 43

Columna estratigráfica de calicata N° 01, km 07+000.

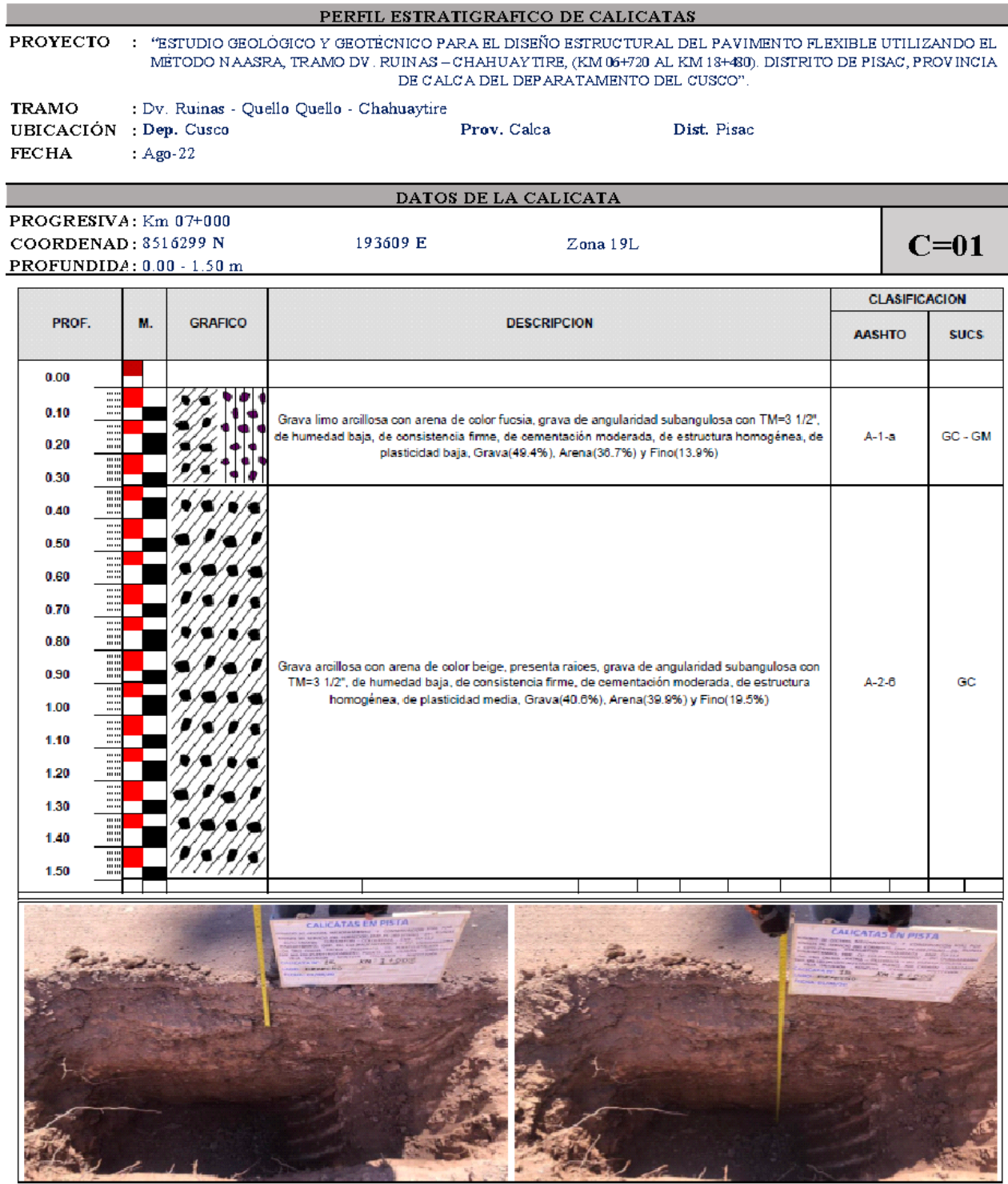


Figura 44

Columna estratigráfica de calicata N°02, km 07+500

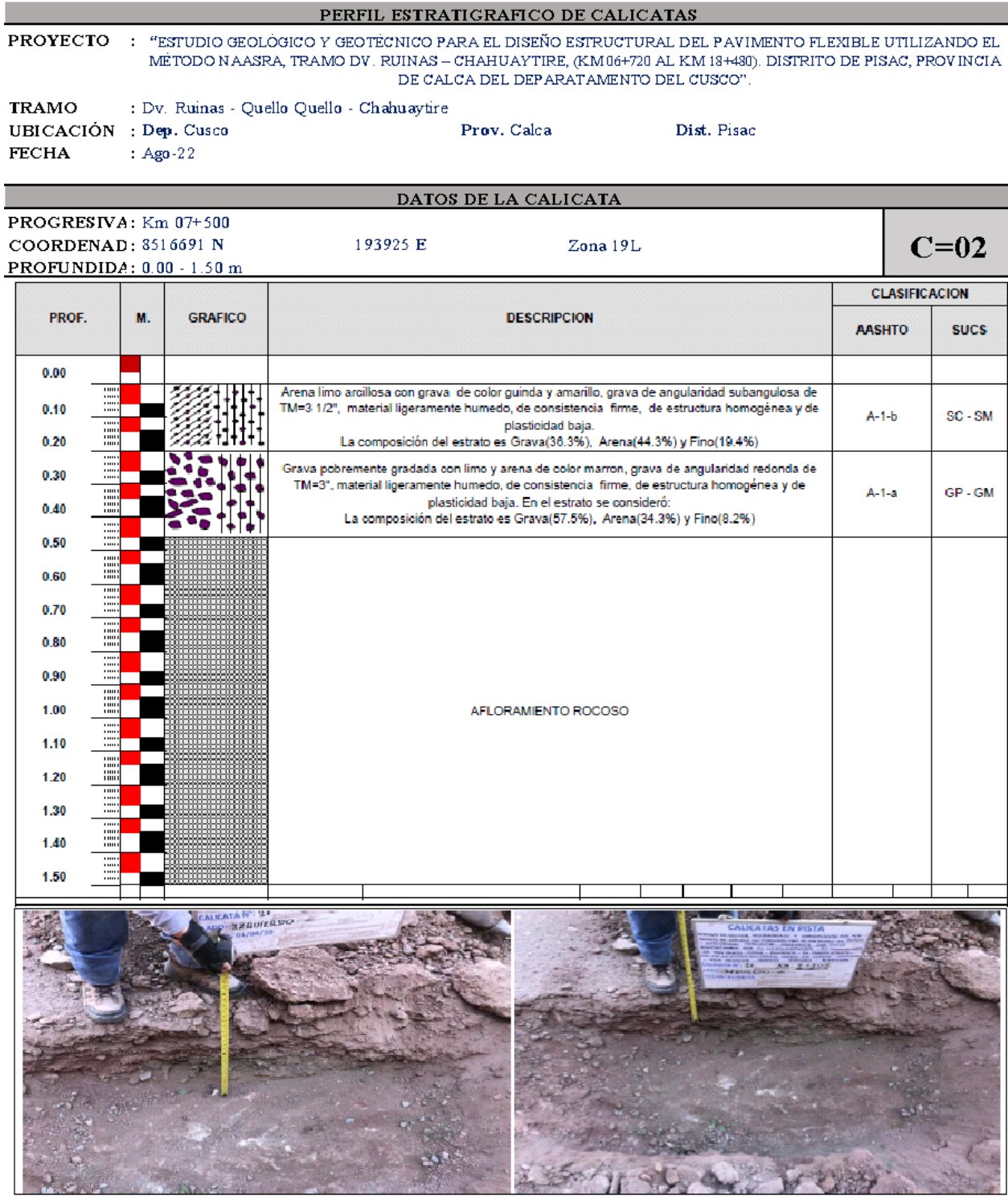


Figura 45

Columna estratigráfica de la calicata N° 03, km 08+000

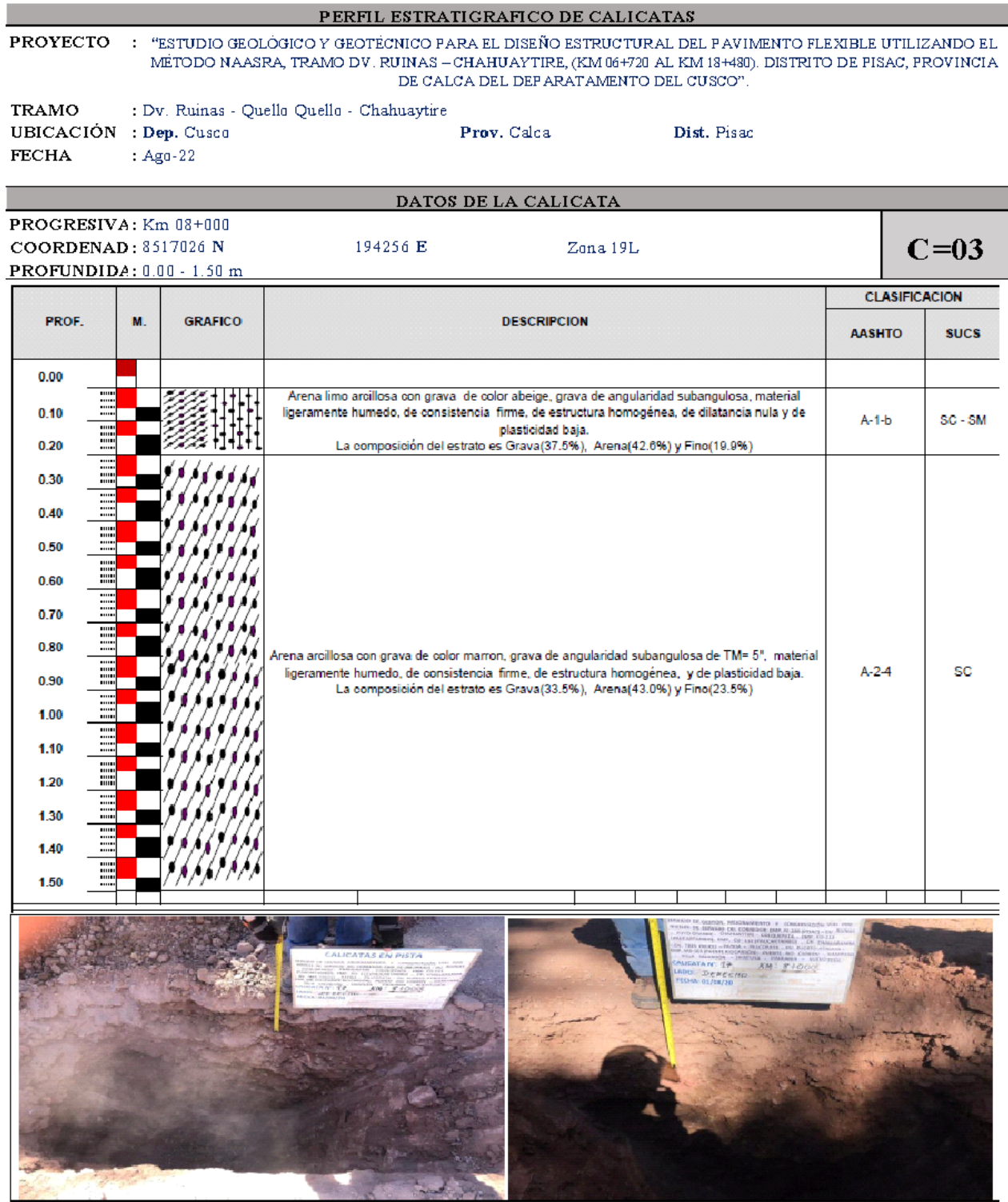


Figura 46

Columna estratigráfica de la calicata N° 04, km 08+500

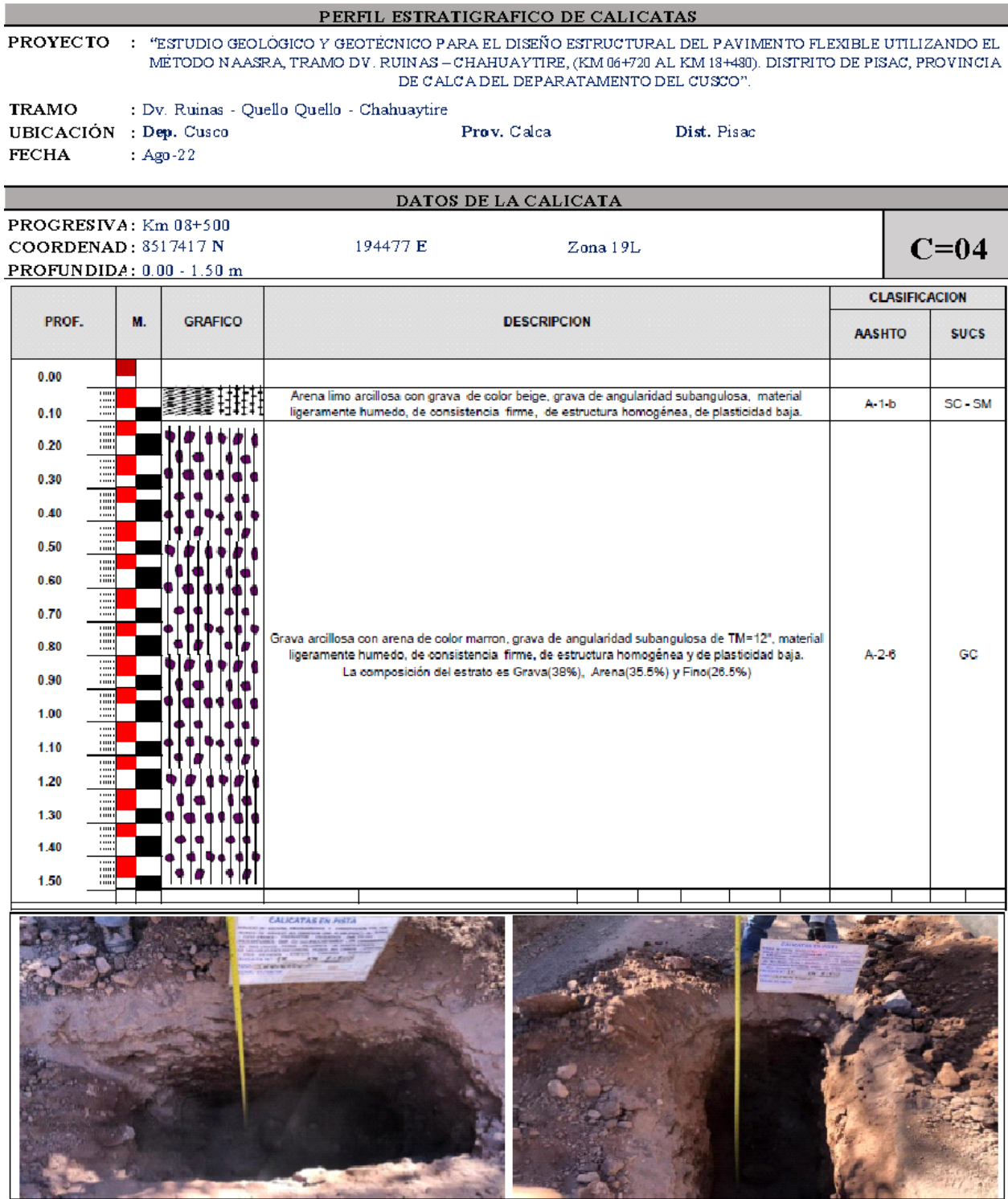


Figura 47

Columna estratigráfica de la calicata N° 05, km 09+000

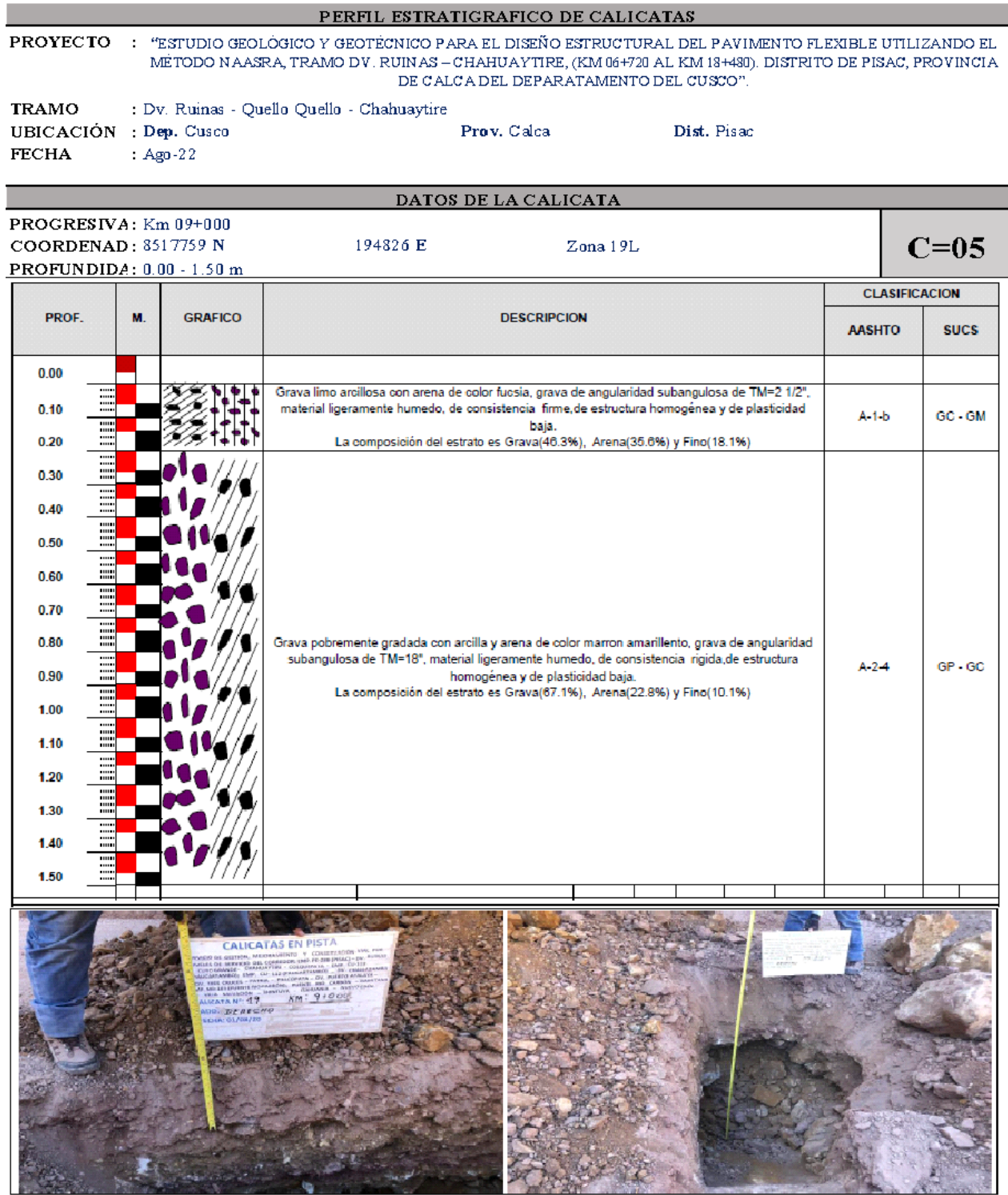


Figura 48

Columna estratigráfica de la calicata N° 06, km 09+500

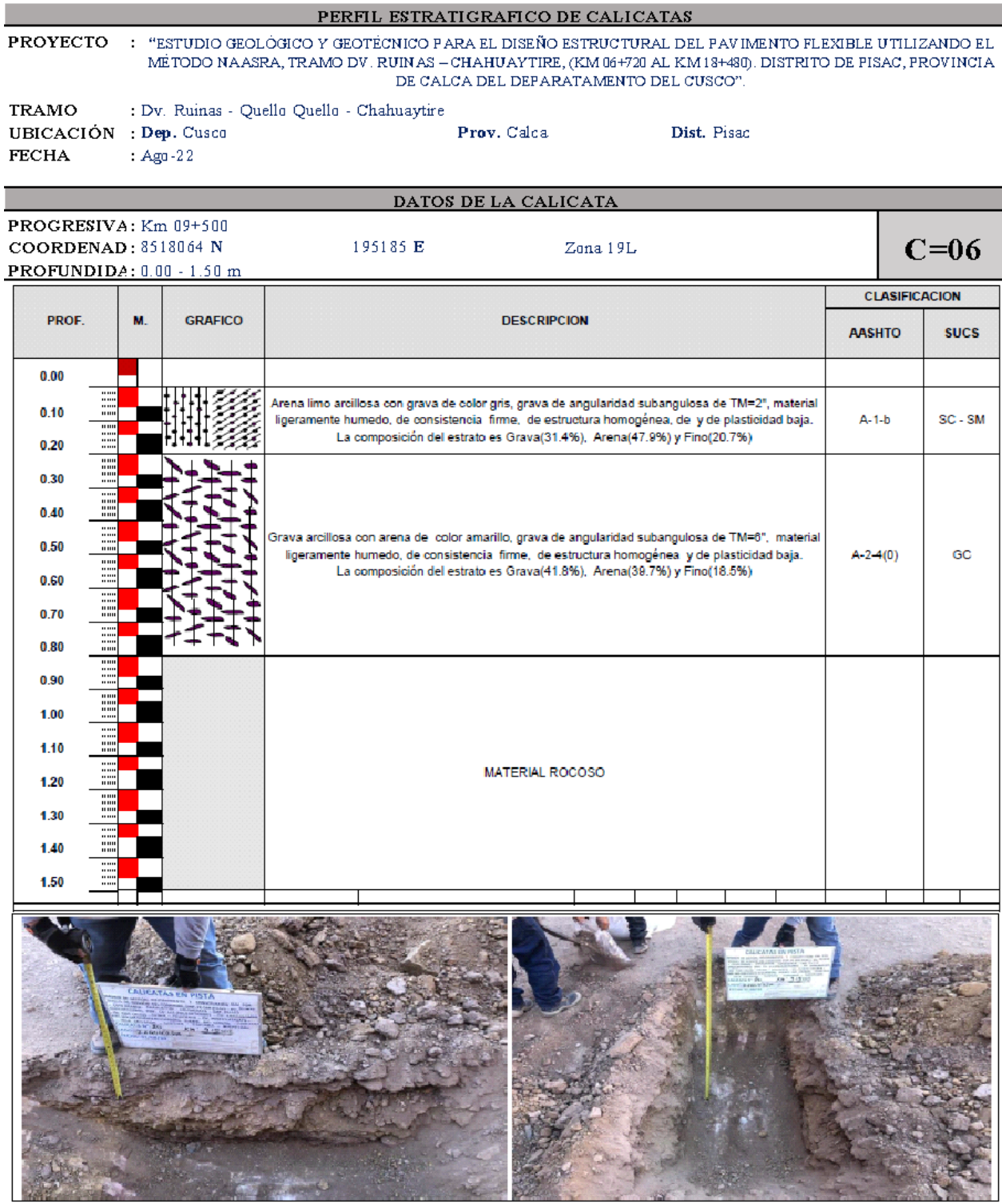


Figura 49

Columna estratigráfica de la calicata N° 07, km 10+000

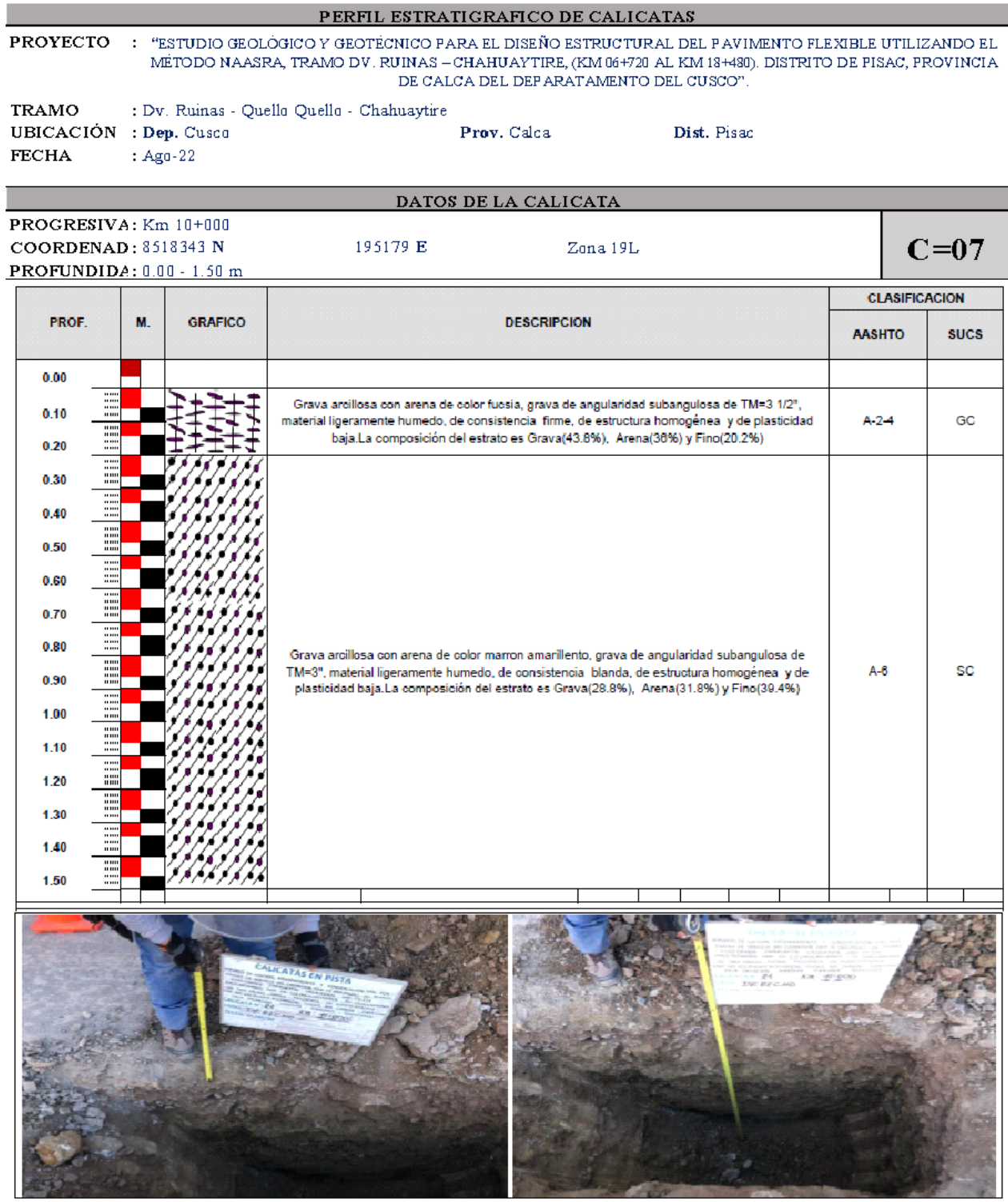


Figura 50

Columna estratigráfica de la calicata N°08, km 10+500

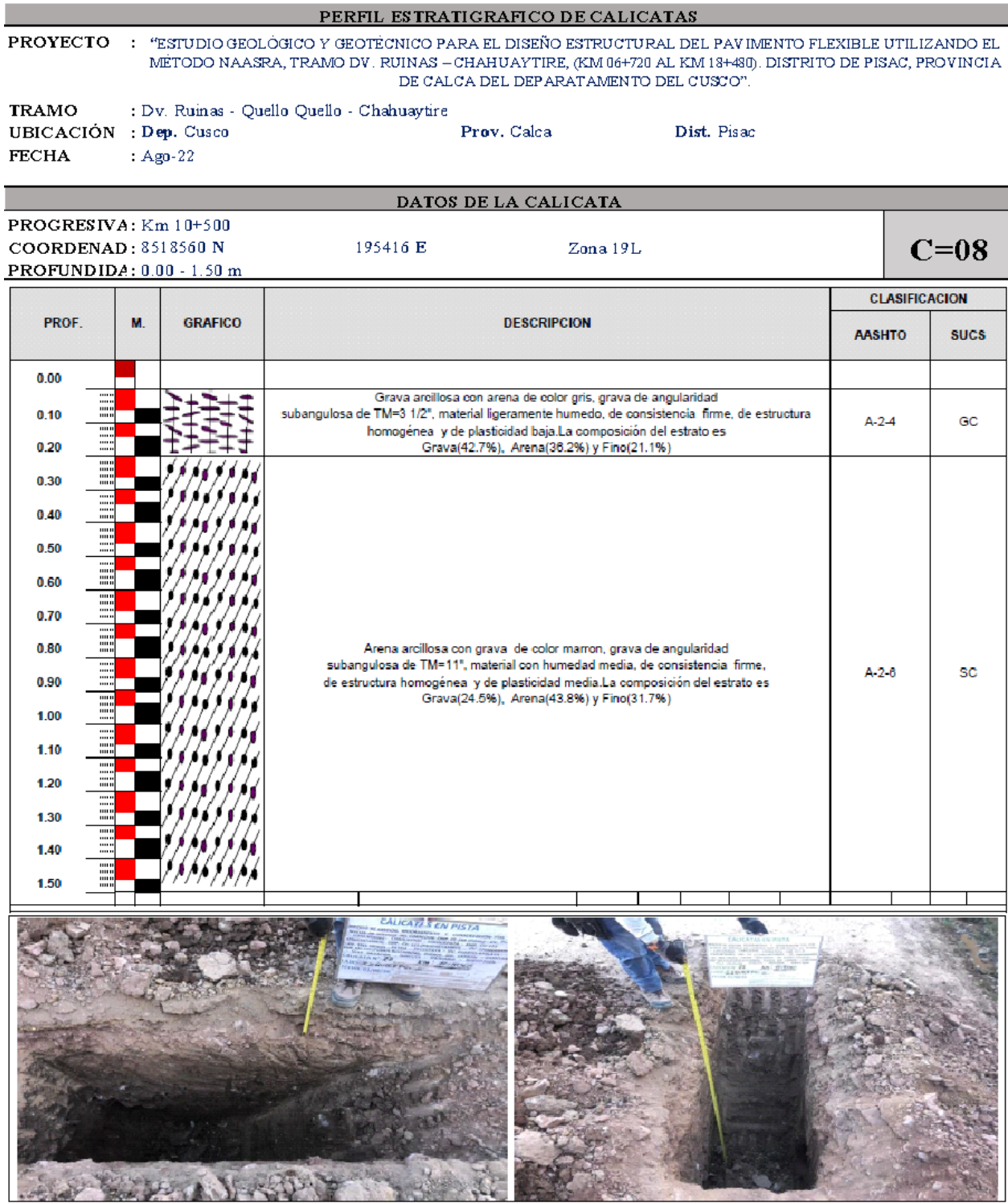


Figura 51

Columna estratigráfica de la calicata N°09, km 11+000

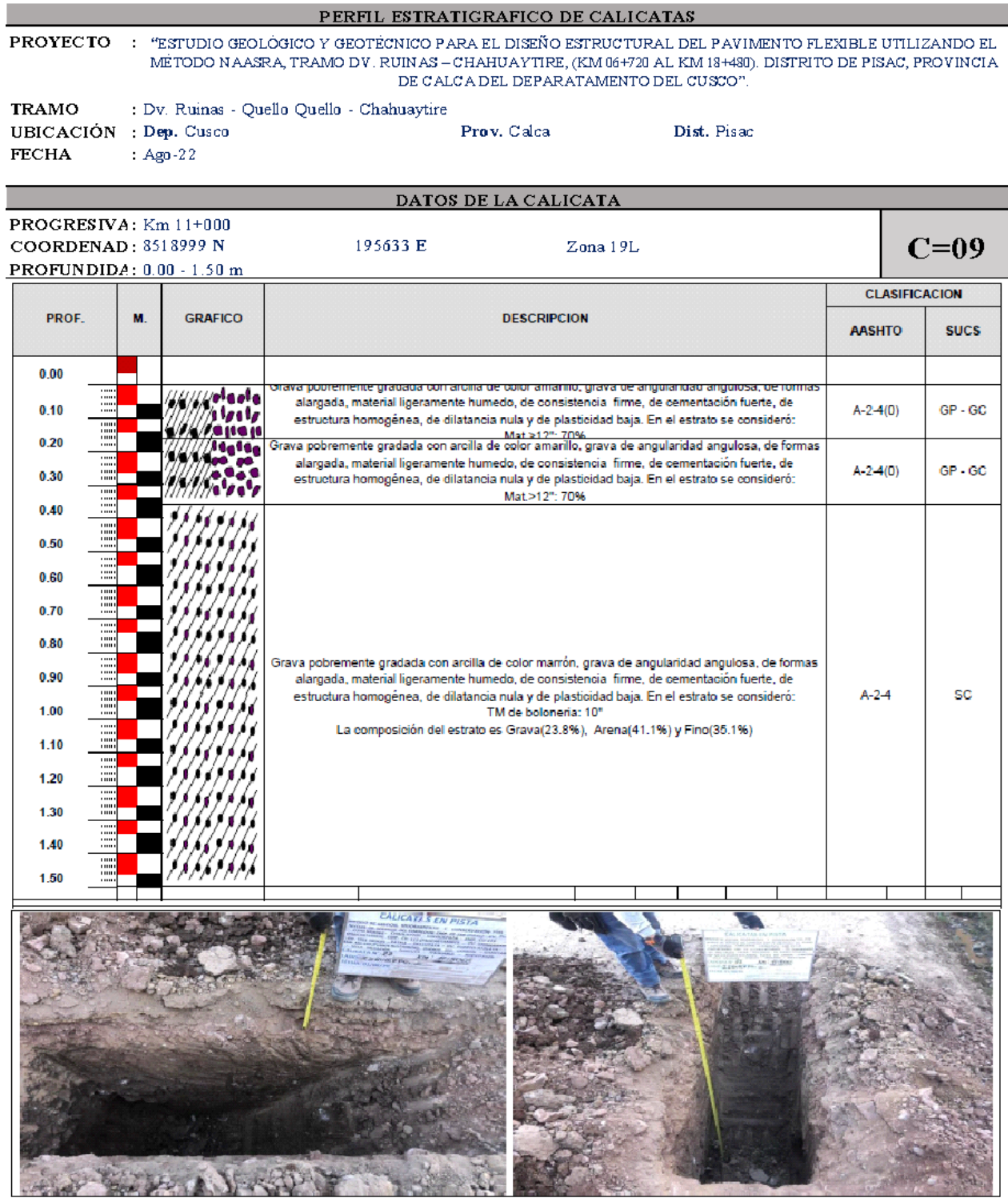


Figura 52

Columna estratigráfica de la calicata N°10, km 11+500.

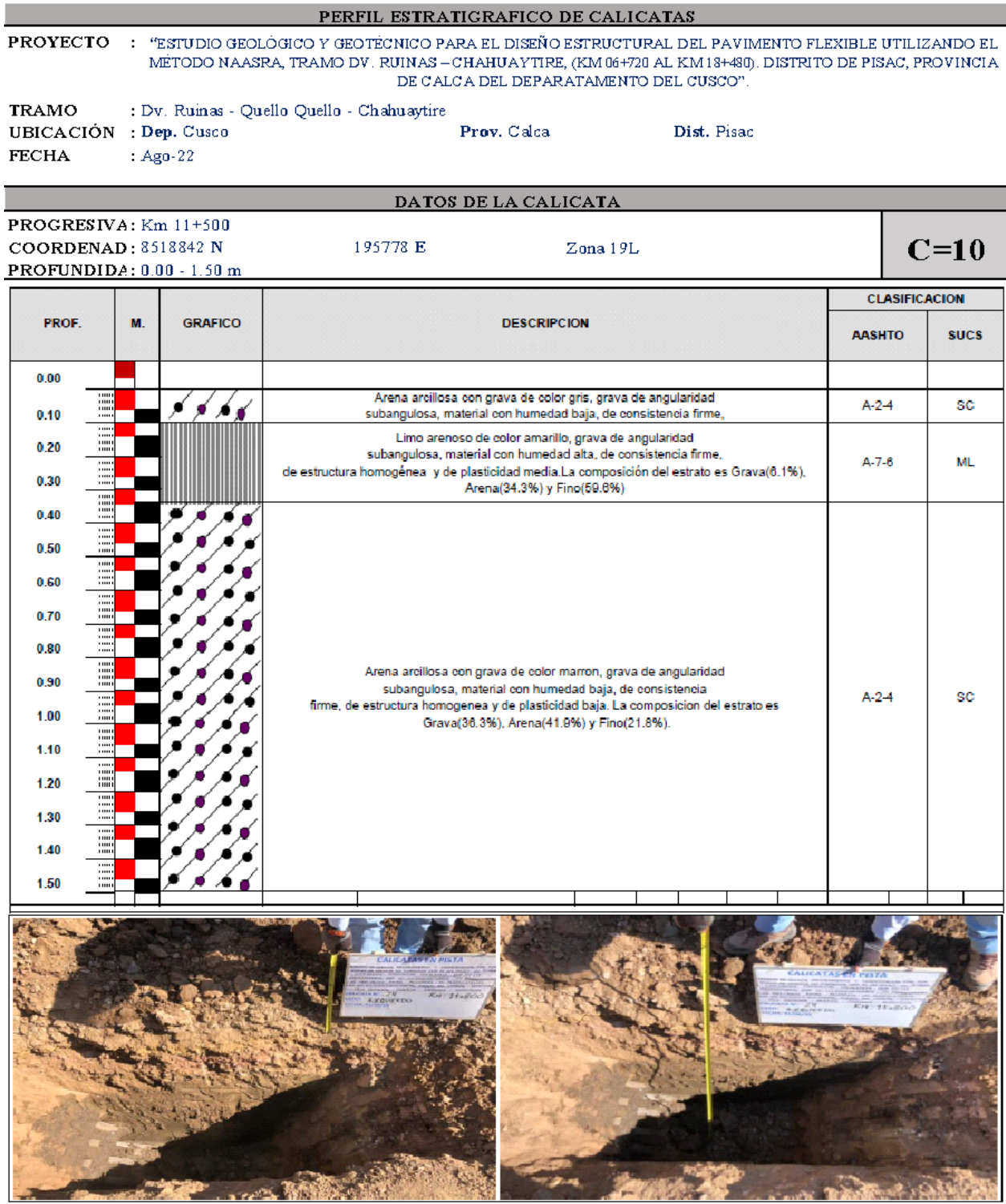


Figura 53

Columna estratigráfica de la calicata N°11, km 12+000

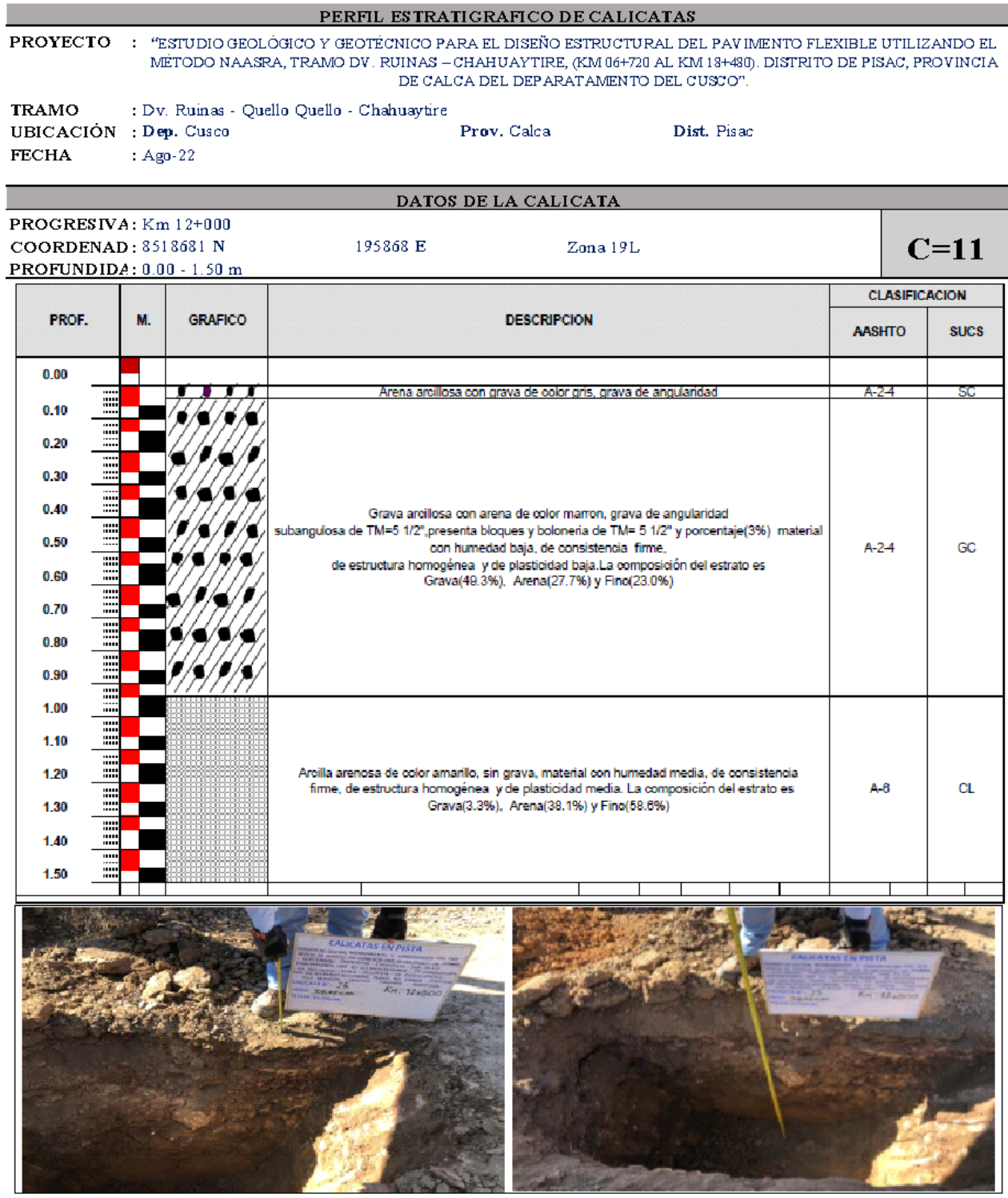


Figura 54

Columna estratigráfica de la calicata N°12, km 12+500

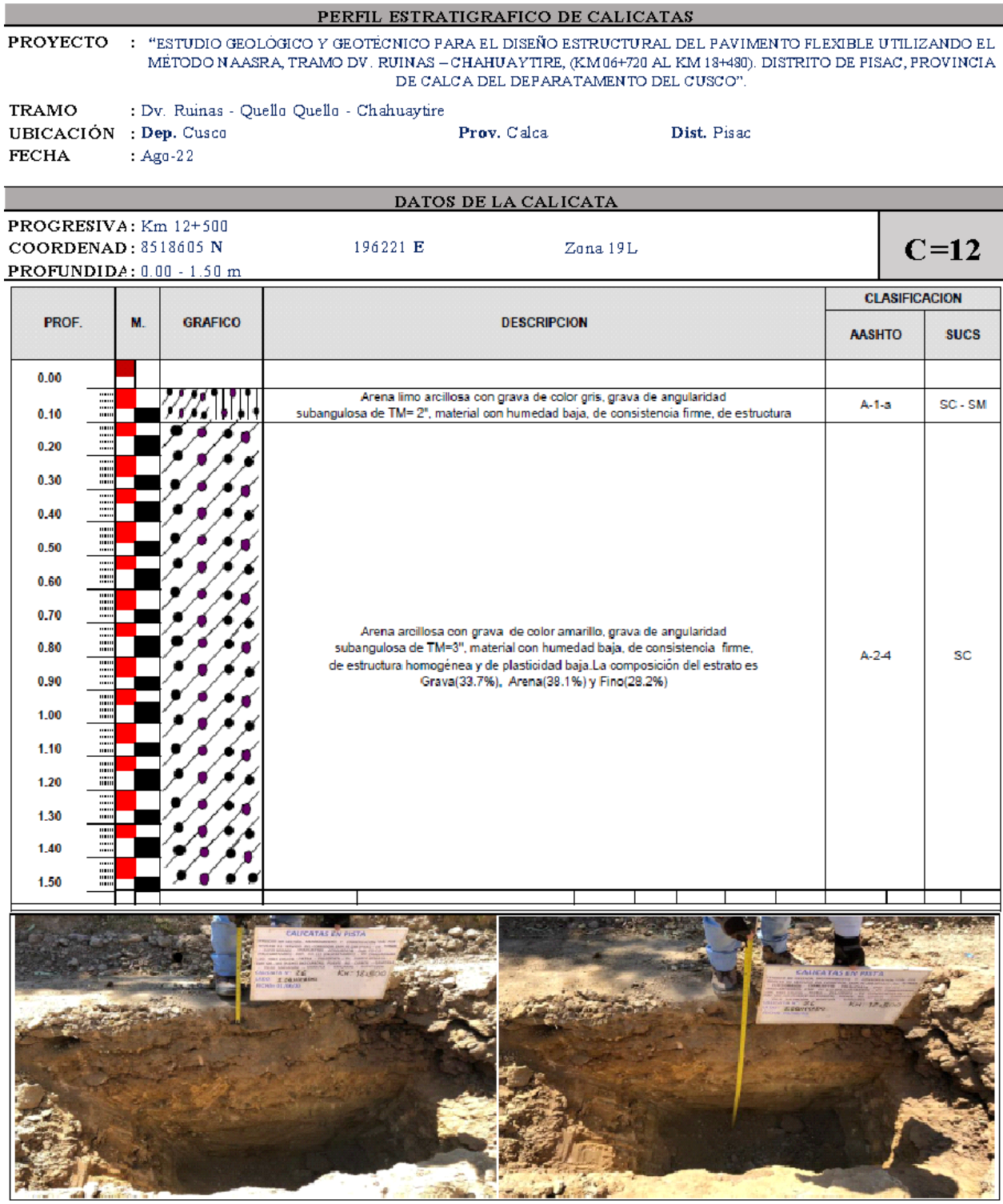


Figura 55

Columna estratigráfica de la calicata N°12, km 13+000

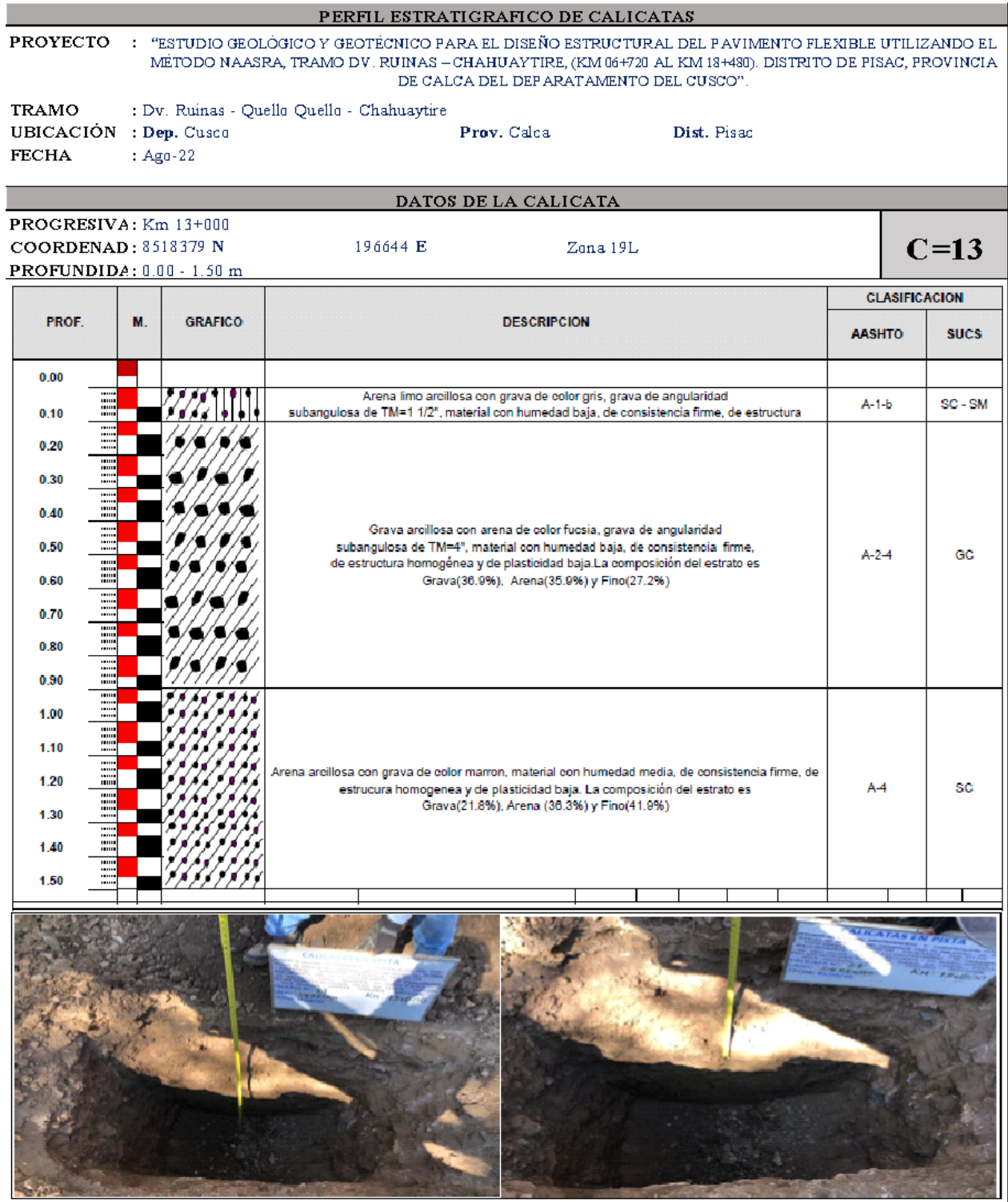


Figura 56

Columna estratigráfica de la calicata N°14, km 13+500

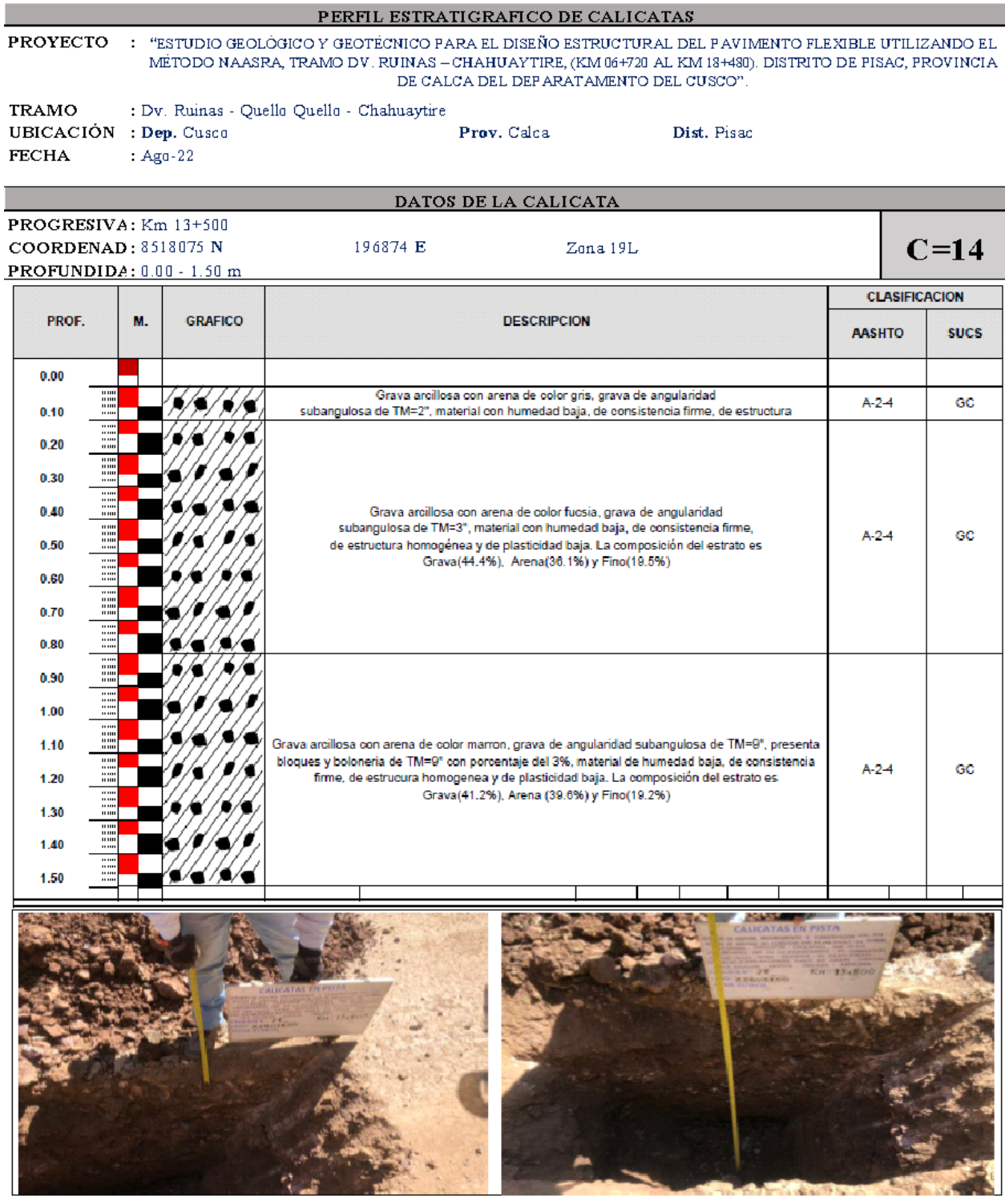


Figura 57

Columna estratigráfica de la calicata N°15, km 14+000

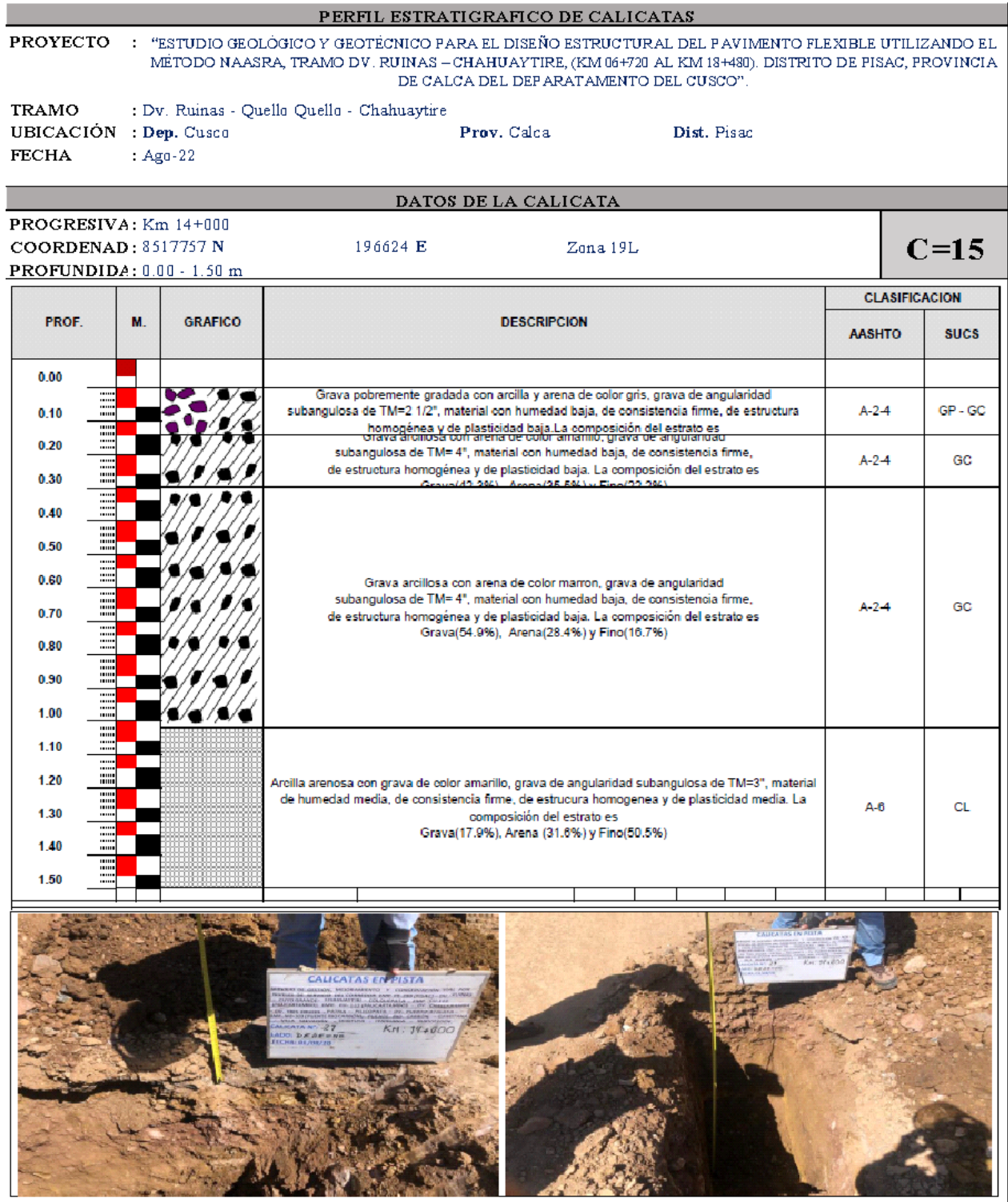


Figura 58

Columna estratigráfica de la calicata N° 16, km 14+500

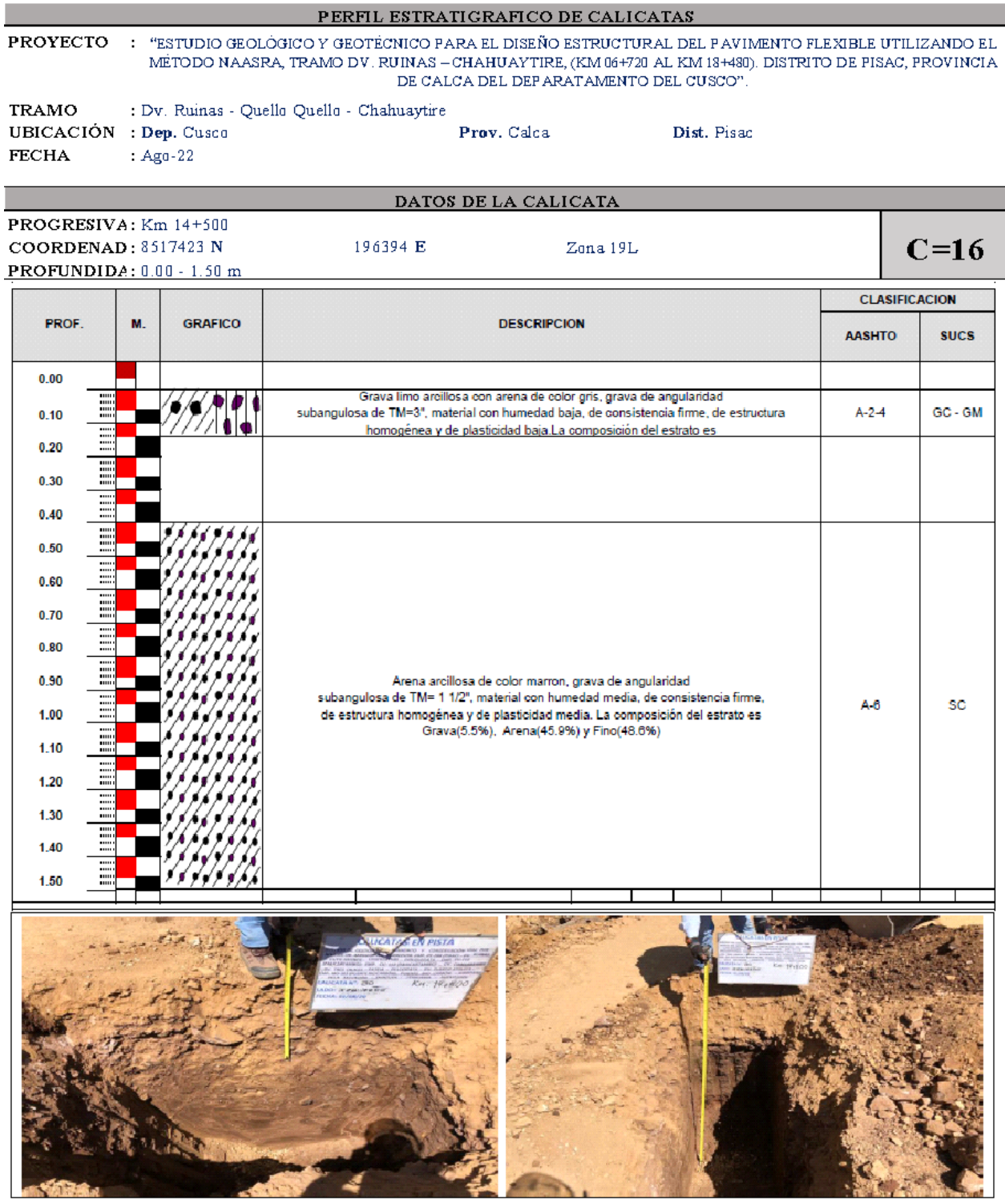


Figura 59

Columna estratigráfica de la calicata N° 17, km 15+000

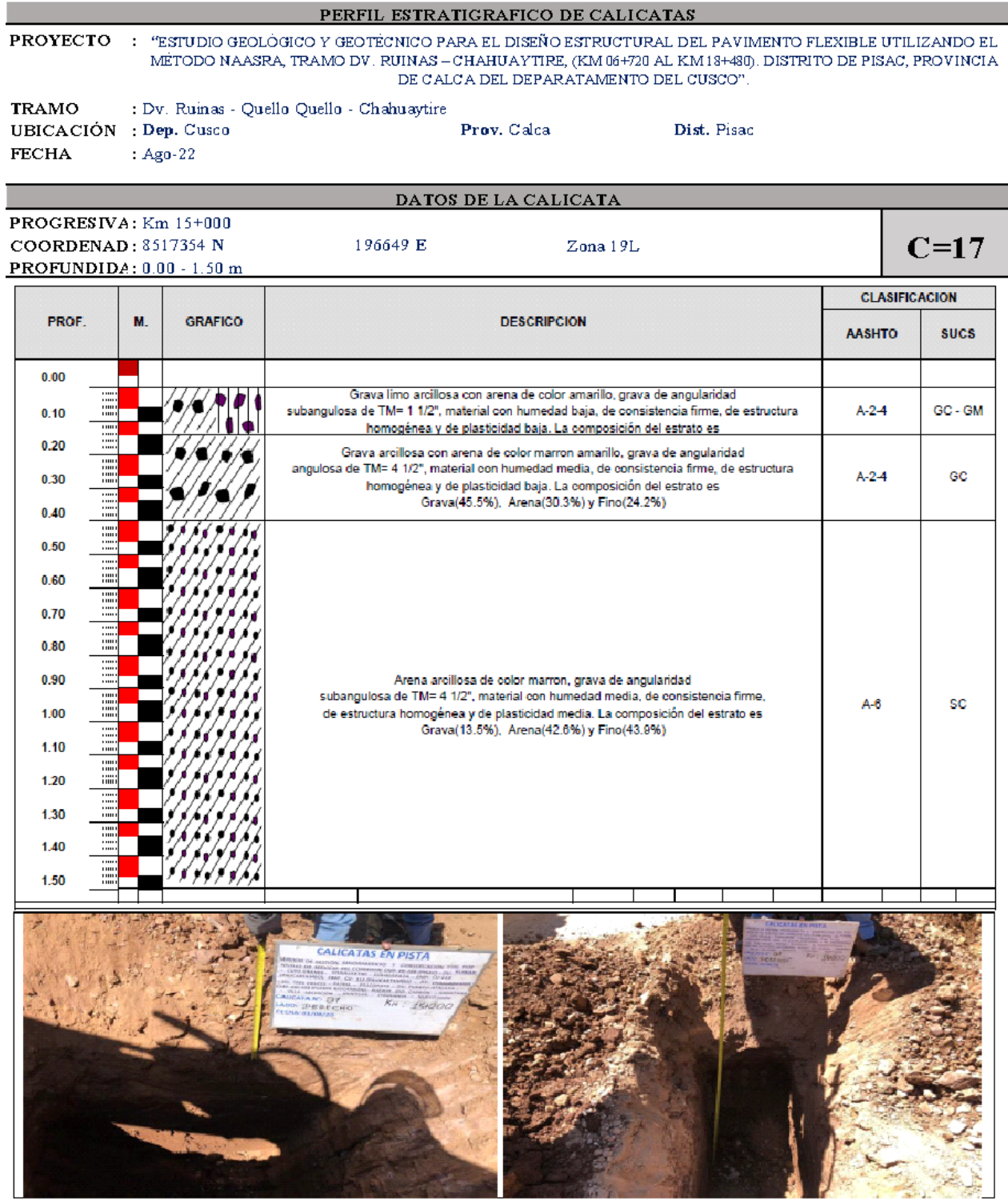


Figura 60

Columna estratigráfica de la calicata N° 18, km 15+500

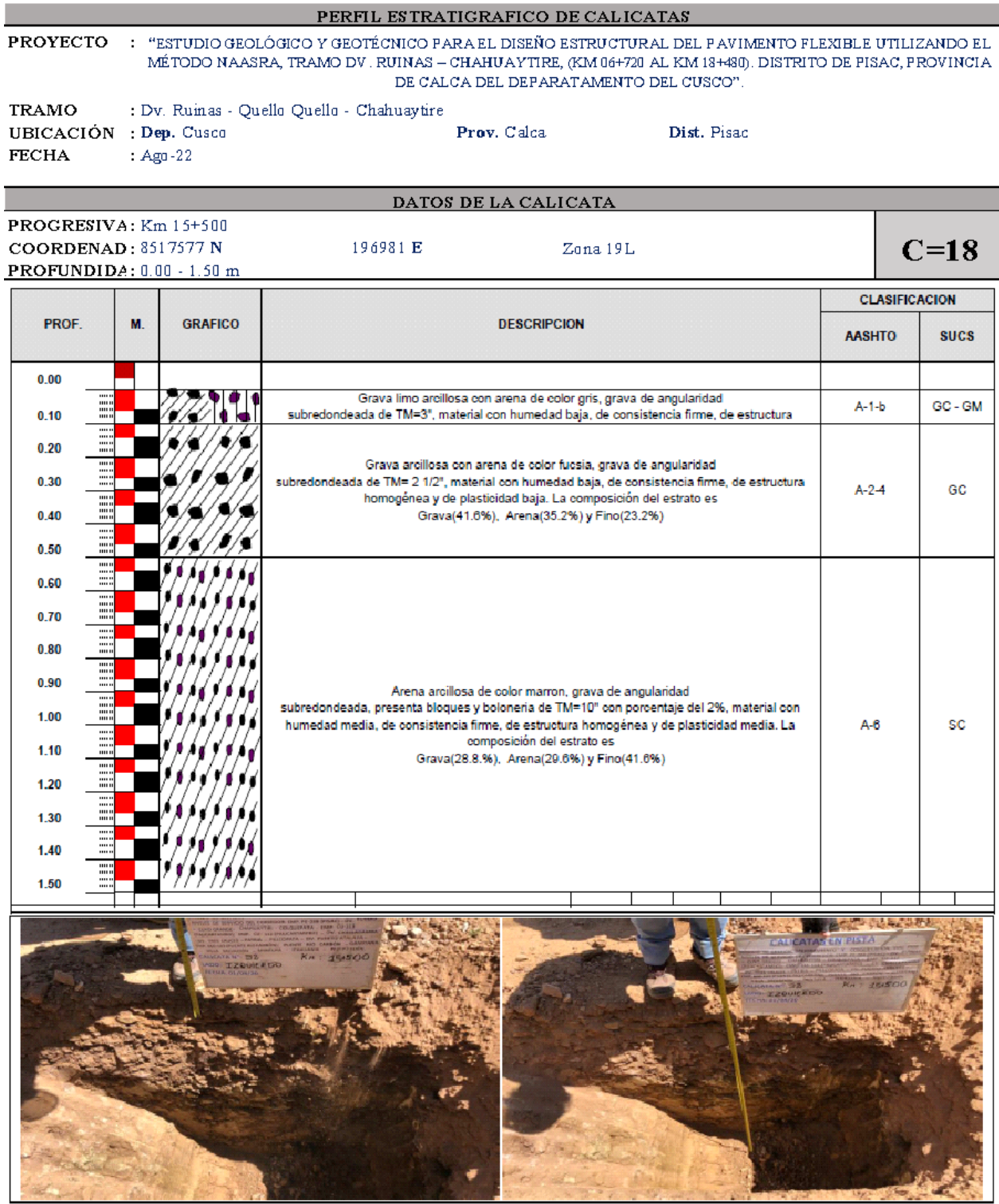


Figura 61

Columna estratigráfica de la calicata N° 19, km 16+000

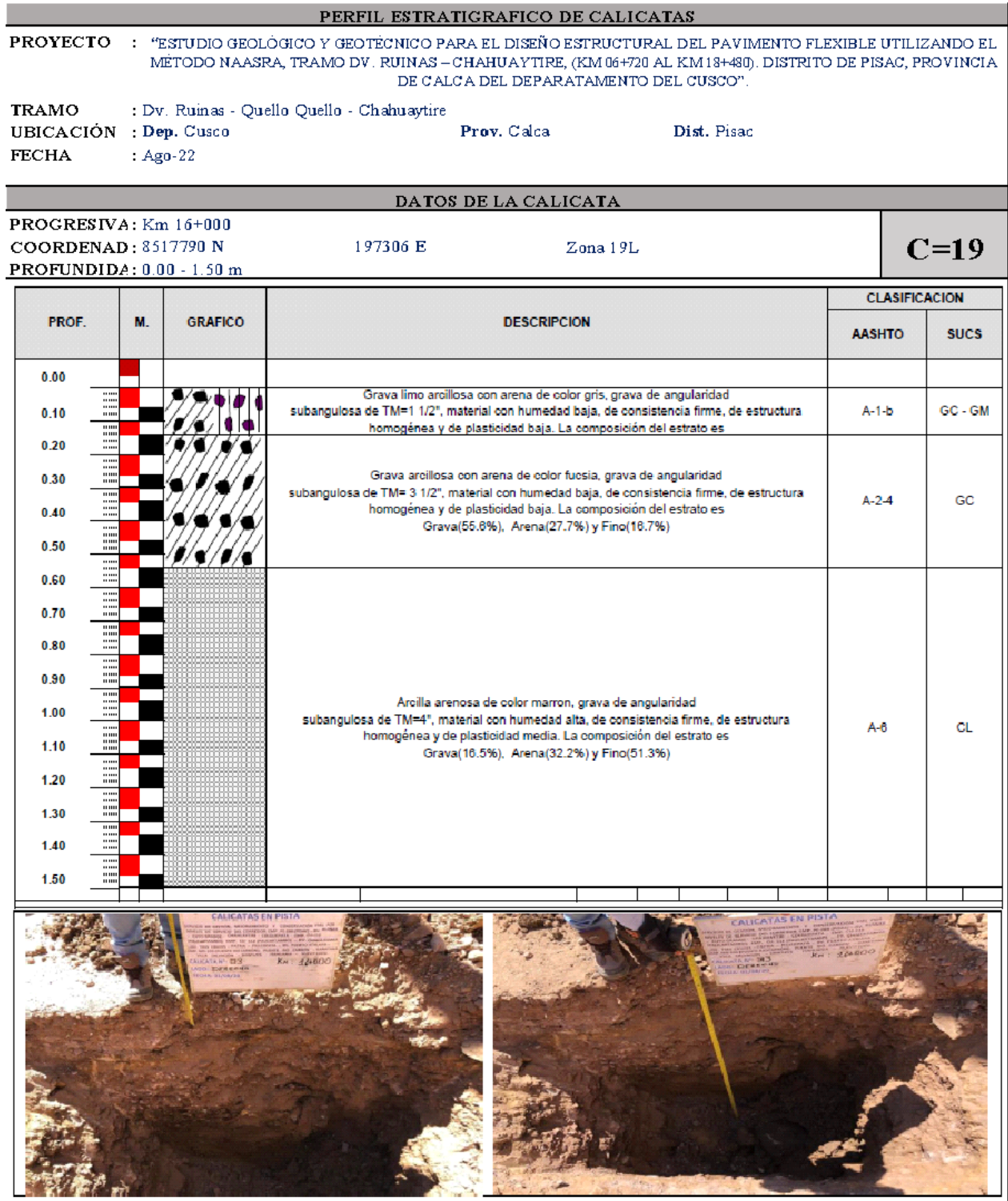


Figura 62

Columna estratigráfica de la calicata N° 20, km 16+500

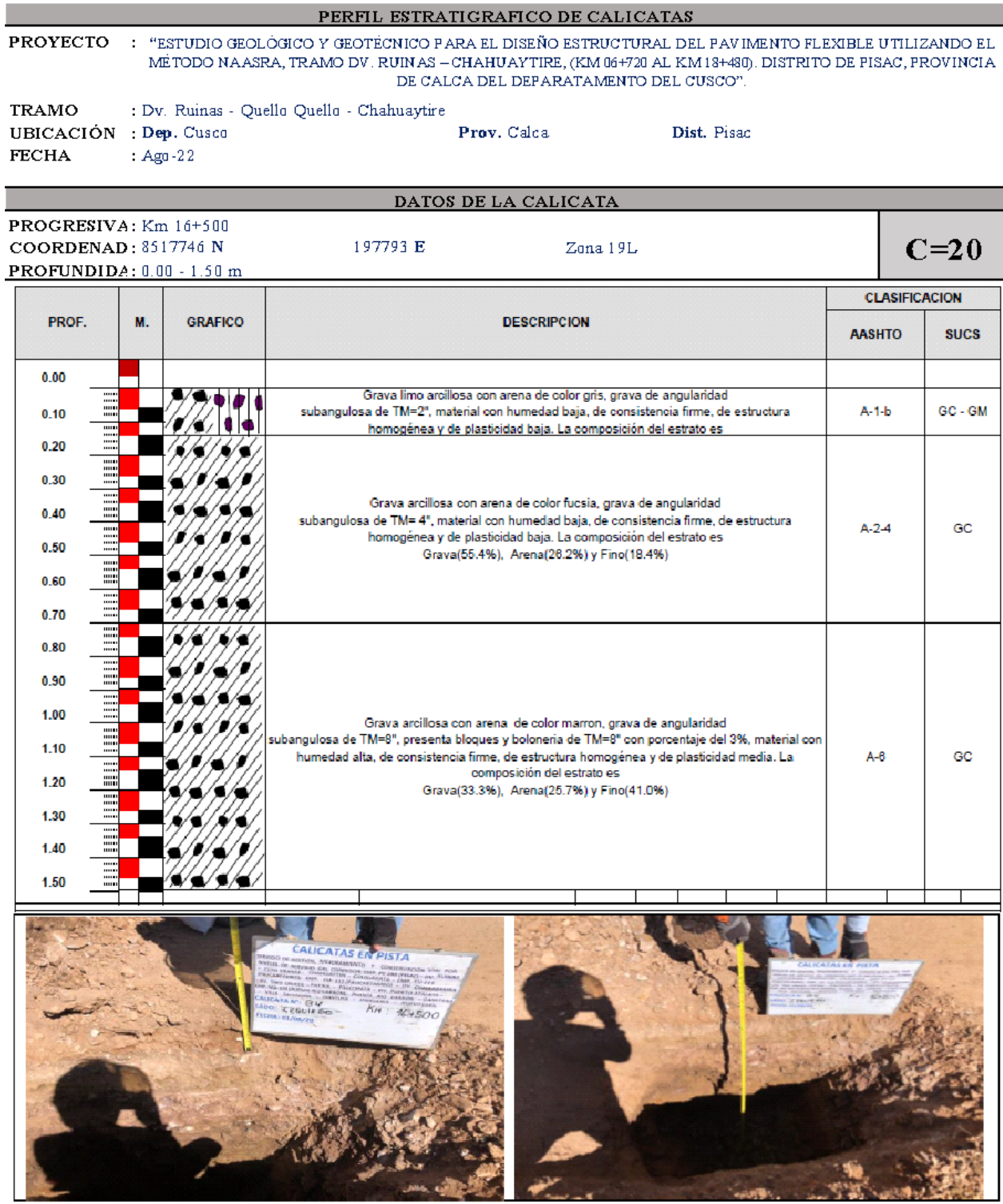


Figura 63

Columna estratigráfica de la calicata N° 21, km 17+000

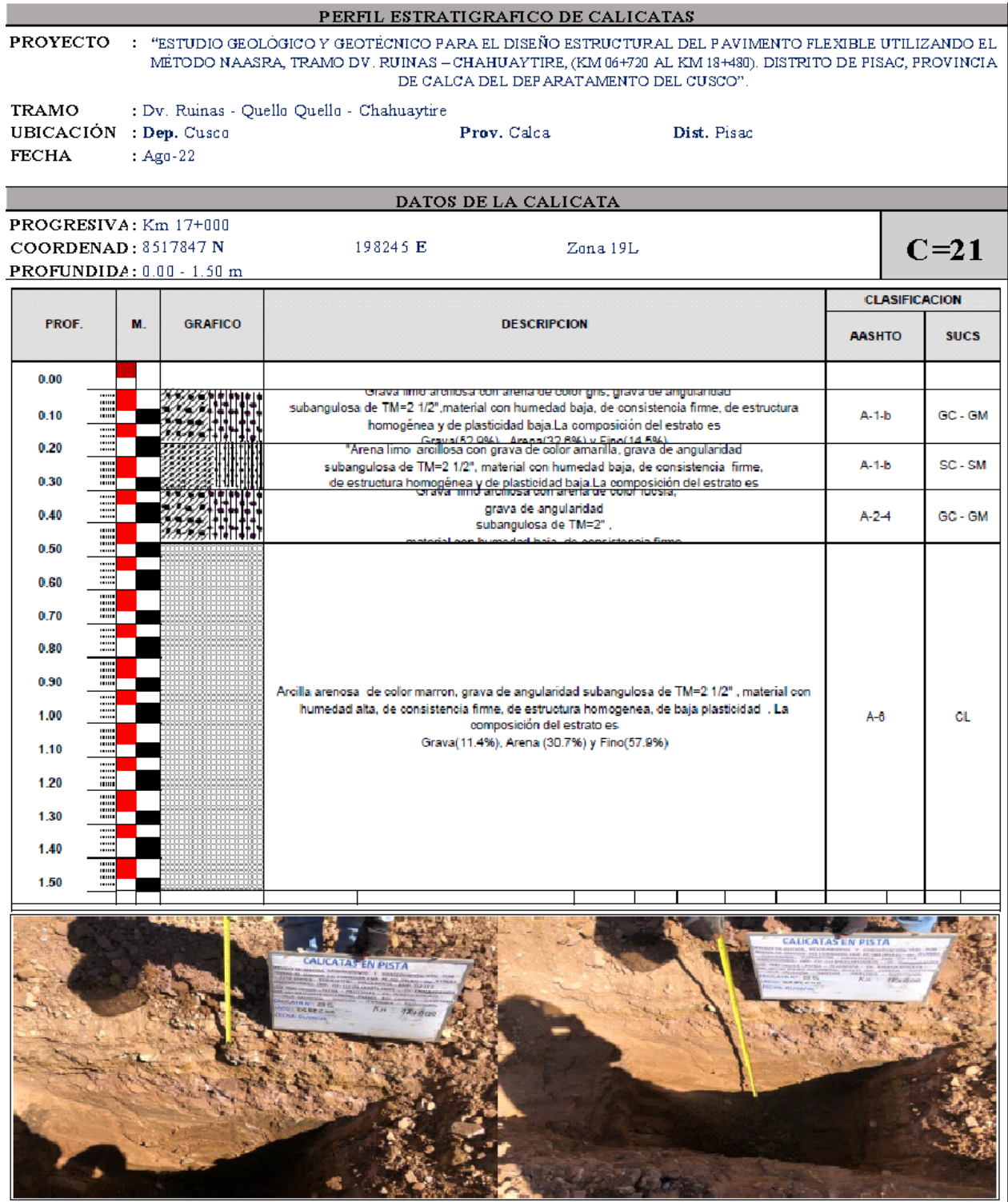
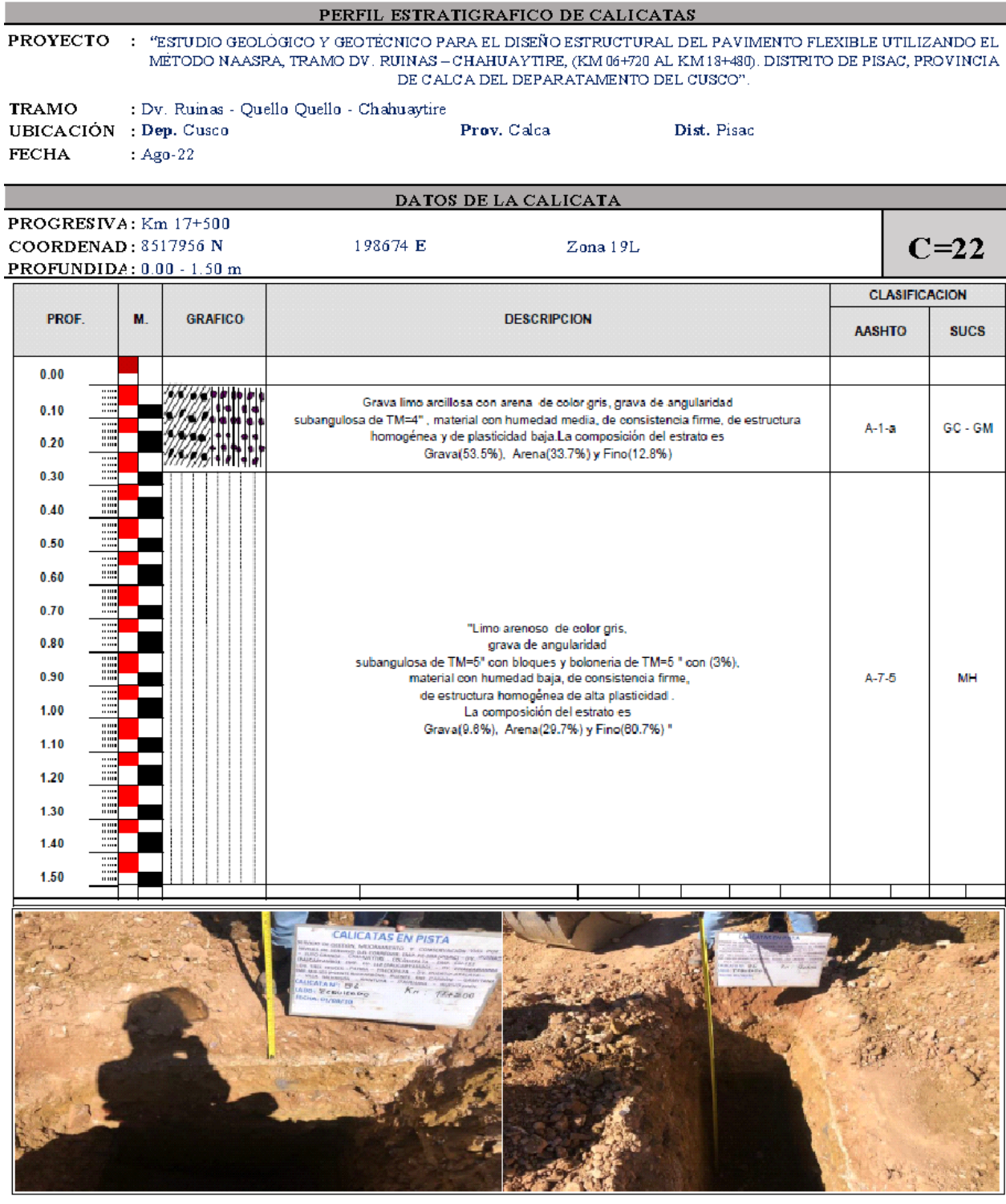


Figura 64

Columna estratigráfica de la calicata N° 22, km 17+500



Mediante ensayos de laboratorio, obtenemos parámetros cuantitativos para conocer las características geomecánicas de la Subrasante, necesarios para el diseño de la estructura del pavimento flexible.

8.3.5 Ensayos en Laboratorio

De las calicatas, se obtuvieron muestras representativas que se analizaron mediante ensayos de laboratorio. Todos los ensayos se ejecutaron de acuerdo al Manual de Ensayos de Materiales para Carreteras del MTC (EM-2016), siguiendo los procedimientos establecidos por las Normas ASTM.

Para la evaluación del Estudio Geológico, Geotécnico se realizaron 23 calicatas a lo largo del tramo como establece el” Manual de Carreteras Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección suelos y Pavimentos, R.D.N° 10-2014-MTC/14”.

Las muestras de la subrasante obtenidas en el campo fueron enviadas al laboratorio, para la realización de los siguientes ensayos:

Tabla 15

Ensayos de laboratorio con su respectiva norma.

CUADRO N.º 01 ENSAYOS ESTANDAR	
Análisis Granulométrico por Tamizado	MTC E 107
Humedad Natural	MTC E 108
Límite Líquido	MTC E 110
Límite Plástico e índice de plasticidad	MTC E 111
Clasificación de Suelos método SUCS	-
Clasificación de Suelos método AASHTO	-
Proctor Modificado	(MTC E 115)
California Bearing Ratio (CBR)	(MTC E 132)

8.3.5.1 Granulometría

Representa la distribución de los tamaños que posee el agregado mediante el tamizado según especificaciones técnica (Ensayo MTC E 107). A partir de este ensayo se puede estimar con mayor o menor aproximación, las características del suelo.

El análisis granulométrico de un suelo tiene por finalidad determinar la proporción de sus diferentes elementos constituyentes, clasificados según su tamaño.

De acuerdo con el tamaño de las partículas que presenta el suelo se utilizaron las siguientes mallas tal como indica la norma.

Los tamices utilizados para el ensayo fueron:

Tabla 16

Tamices utilizados para ensayos de laboratorio.

Pulgadas	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°8	N°10	N°20	N°40	N°80	N°100	N°200
mm	50.80	38.100	25.400	19.000	12.50	9.500	4.750	2.360	2.000	0.84	0.425	0.177	0.150	0.075

Fuente: Norma Técnica Peruana 339.129.

El tipo de material será determinado por el tamaño de las partículas que pasan las diferentes mallas al realizar el ensayo de granulometría por tamizado y será catalogado según la NTP 339.128 tal como se aprecia en el siguiente cuadro:

Tabla 17

Tipo de material por el tamaño de partículas según NTP.

TIPO DE MATERIAL		TAMAÑO DE LAS PARTICULAS
Grava		75 mm - 4.75 mm
Arena		Arena gruesa: 4.75 mm - 2.00 mm
		Arena media: 2.00 mm - 0.425 mm
		Arena fina: 0.425 mm - 0.075 mm
Material Fino	Limo Arcilla	0.075 mm - 0.005 mm
		Menor a 0.005 mm

Fuente: Norma Técnica Peruana 339.128.

Fases del Ensayo:

Para las fases del ensayo se recomienda tomar la siguiente secuencia para no cometer errores al momento de tomar los pesos:

- ❖ Cuarteo de la muestra
- ❖ Secado en el horno
- ❖ Lavado por la malla N° 200
- ❖ Secado en el horno después del lavado
- ❖ Tamizado de la muestra lavada
- ❖ Pesado del porcentaje de material retenido en cada Tamiz
- ❖ Correcciones y cálculos

8.3.5.2 Límites de Atterberg

Es la propiedad de estabilidad que representa los suelos hasta cierto límite de humedad sin disgregarse, por tanto, la plasticidad de un suelo depende, no solo de los elementos gruesos que contiene, sino únicamente de sus elementos finos. El análisis se realiza por el método de la cuchara

de Casa grande y esto nos permite apreciar estas características de sus elementos finos, por lo que es importante determinar los Límites de Atterberg.

8.3.5.2.1 Límite Líquido.

Este ensayo se determina mediante el método de cuchara de Casagrande, este ensayo se basa en la determinación de agua mínima que contiene una pasta de 100 gr, Pasantes la malla N°40, luego se coloca la pasta de suelos en el mencionado equipo y se practica el ensayo contando el número de golpes necesarios hasta cerrar el surco en una longitud de 13 mm, el ensayo será válido cuando las determinaciones se encuentren con un cierre que requiera de 25 a 35 golpes, una para un cierre entre 20 y 30 golpes, y una prueba para un cierre que requiera de 15 a 25 golpes.

8.3.5.2.2 Límite Plástico.

Este ensayo se define como la mínima humedad que tiene un suelo que permite realizar con el cilindro de 3mm de diámetro sin que estos se desmoronen, para ello realizamos dos determinaciones hallándole la media, este ensayo se realiza con 200 gr de suelos pasantes la malla N°40, como en el caso anterior.

Estos límites de Atterberg son: El límite líquido (LL) que en nuestro caso se determina según las normas ASTM 423-66 y el límite plástico (LP) según la norma ASTM D424-59.

Además, la diferencia entre ambos límites de consistencia como, del LL y el LP se denomina Índice de plasticidad (IP) y nos da una idea del grado de plasticidad que tiene el suelo, un suelo muy plástico tendrá un alto índice de plasticidad.

$$IP = LL - LP$$

Este índice de plasticidad nos ayudara en la clasificación del suelo como se muestra en la tabla N°20.

Tabla 18

Índice de Plasticidad.

INDICE DE PLASTICIDAD	PLASTICIDAD	CARACTERISTICAS
IP>20	Alta	suelos muy arcillosos
IP≤20	Media	suelos arcillosos
IP>7		suelos poco arcillosos
IP<7	Baja	plasticidad
IP=0	No Plástico (NP)	suelos exentos de arcilla

Fuente: Braja Das, 1998.

Se debe tener en cuenta que, en un suelo el contenido de arcilla es el elemento más peligroso de una carretera, debido sobre todo a su gran sensibilidad al agua lo que produce la expansión de los suelos en infraestructuras viales.

El índice de plasticidad a lo largo de la carretera es de baja a media (IP=3.70 % a 12.2%), estos están representados por depósitos coluviales y fluvio glaciares, estas provenientes de la degradación de rocas de la formación Paucartambo y del Grupo Mitu, estos valores se han determinado con los ensayos en laboratorio.

8.3.5.3 Humedad Natural.

La humedad natural, es la cantidad de agua que tiene una masa de suelo en su estado natural de la muestra, es la relación expresada como porcentaje del peso del agua en una cierta cantidad de masa de suelo, para eliminar la cantidad de agua contenida en una porción de suelo, se debe secar la muestra en el horno a una temperatura controlada de 110 ± 5 °C, hasta obtener un peso constante de

la muestra o someter la muestra durante 24 horas a la temperatura antes mencionada, la pérdida del peso debido al secado es considerado el peso del agua o una humedad natural.

La humedad natural en el tramo de estudio varia desde 2.3% hasta 18.9%, estas humedades se incrementan con la profundidad.

8.3.6 Sistema de Clasificación de Suelos

De acuerdo con las normas vigentes del ministerio de transportes y comunicaciones MTC, para nuestro trabajo de investigación que hemos desarrollado, se ha tomado la clasificación de SUCS (Sistema Unificado de Clasificación del Suelo) y AASHTO (American Association of State Highway and transportation Officials) que tiene una aplicación bastante difundida en proyectos viales de nuestro país.

Los suelos que tienen propiedades similares, se clasifican en grupos y subgrupos teniendo en cuenta su comportamiento ingenieril. Los sistemas de clasificación nos dan un lenguaje común para poder expresar de forma precisa las características generales de los suelos, que son bastante variados cuando no se realiza una descripción detallada.

Actualmente se utilizan dos sistemas de calificación de suelos, que clasifican según la distribución por tamaño de grano y plasticidad de los suelos que son usados comúnmente por los ingenieros de suelos. Estos son el sistema de clasificación AASTHO y el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos - SUCS.

8.3.6.1 Sistema AASHTO

Este sistema de clasificación de suelos fue desarrollado en 1929 como (Sistema de Clasificación de la Oficina de Caminos Públicos). A lo largo de todo este tiempo ha sufrido varias revisiones hasta la actualidad.

El sistema de AASHTO tiene un manejo universal, según este sistema los suelos se clasifican en 7 grupos: A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6 y A-7, basándose en las composiciones granulométricas, límite líquido y el índice de plasticidad de un suelo. La evaluación de cada grupo se hace por medio de índice de grupo. Esta clasificación divide a los suelos en: suelos granulares que corresponden a los grupos A-1, A-2 y A-3, que son granulares, donde más del 35% o menos de las partículas pasan por cribado la malla N° 200, mientras los suelos que corresponde a los grupos A-4, A-5, A-6, A-7, son suelos de los que más del 35% pasan por cribado la malla N°200, la mayoría están formados por materiales tipo limos y arcillas.

Los siete grupos basados están divididos en subgrupos con un índice de grupo, con el fin de aproximar dentro del grupo los componentes del suelo. Los índices de grupo van de 0 para un excelente material hasta 20 para el más crítico o pobre. Los incrementos del valor de los índices de grupo reflejan una reducción en la capacidad para soportar carga por el efecto combinado de aumento de límite líquido e índice de plasticidad y disminución en el porcentaje de la fracción del material grueso, se puede observar en las siguientes tablas. (tablas N°21 y 22).

Tabla 19

Clasificación de suelos, método AASHTO material granular

CLASIFICACION GENERAL	MATERIAL GRANULAR (35% O MENOS DEL TOTAL PASA N° 200)						
	A-1		A-3	A-2			
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Analisis de tamices (porcentaje que pasa)							
N° 10	50 max.						
N°40	30 max.	50 max.	51 min.				
N°200	15 max.	25 max.	10 max.	35 max.	35 max.	35 max.	35 max.
Características de la fraccion que pasa N° 40							
limite liquido				40 max.	41 min.	40 max.	41 min.
Indice de plasticidad	6 max.		NP	10 max.	10 max.	11 min.	11min.
Tipos usuales de materiales que consta	Fragmentos petreos, grava y arena		Arena fina	Limos o gravas arcillosas y arena			
Valoracion general del subgrupo	Excelente a bueno						

Fuente: Braja M Das, 1998.

Tabla 20

Clasificación de suelos método AASHTO material limo arcilloso

Clasificacion General	Material limo-arcilloso (mas del 35% del total pasa N° 200)			
	A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 (a) A-7-5 (b)
Analisis de tamices(porcentaje que pasa)				
N°10				
N°40				
N°200	36 min.	36 min.	36 min.	36 min.
Características de la fraccion que pasa N° 40				
Limite Liquido	40 max.	41 min.	40 max.	41 min.
Indice de Plasticidad	10 max.	10 max.	11 min.	11 min.
tipos usuales de materiales que consta	Suelos Limosos		Suelos Arcillosos	
Valoracion general del subgrupo	Regular a pobre			
(a) Para A-7-5, IP <LL-30				
(b) Para A-7-6, IP >LL-30				

Fuente: Braja M. Das, 1998.

8.3.6.2 Sistema Unificado de Clasificación- SUCS

El sistema unificado de clasificación del suelo (USCS o SUCS), fue propuesto de desarrollado por Casagrande en 1942, para usar en aeropuertos emprendida por el cuerpo de ingenieros del ejercito durante la segunda guerra mundial. Con algunas modificaciones fue revisado y aprobado conjuntamente por varias agencias de gobierno de los EE. UU en 1952. Hoy en día es ampliamente utilizado por los ingenieros y actualmente está estandarizado como la norma ASTM D 2487-93.

Se utiliza en los EE. UU y gran parte del mundo para trabajos geotécnicos que no sean los caminos y carreteras. Los suelos de un sistema unificado se designan por un símbolo de dos letras, el primero considera que el principal componente de la tierra, y la segunda describe informaciones de la curva granulométrica o características de plasticidad. (Borsell, 2017).

Los suelos de grano grueso que tienen una naturaleza de tipo grava y arenosa y a la vez pasan menos del 50% por cribado la malla N° 200, los símbolos del grupo comienzan con G o S, G que significan grava o suelos gravoso y S significa arena o suelos arenoso, mientras los suelos de grano fino que pasan más del 50% por cribado la malla N° 200, los símbolos del grupo comienzan con prefijo M, que significa limo inorgánico, C arcilla inorgánico u O para limos y arcillas que tiene un componente orgánico. El símbolo Pt se usa para turbas y lodos altamente orgánicos.

Tabla 21*Símbolo de grupo SUCS.*

SIMBOLOGIA DEL GRUPO SUCS			
TIPO DE SUELO	PREFIJO	SUBGRUPO	SUFIJO
Grava	G	Bien Gradado	W
Arena	S	Pobrementemente Gradado	P
Limo	M	Limoso	M
Arcilla	C	Arcilloso	C
Orgánico	O	Límite líquido (< 50)	L
Turba	Pt	Límite Líquido (> 50)	H

Fuente: Luis B. Blazquez y Jose F. Bevía.**Tabla 22***Tipología de suelos (SUCS).*

TIPOLOGIA DE SUELOS (SUCS)			
SIMBOLO	CARACTERISITICAS GENERALES		
GW	GRAVA (>50% en tamiz # 4 ASTM)	Limpias	Bien Gradadas
GP		(Finos <5%)	Pobrementemente Gradadas
GM		Con Finos	Componente Limoso
GC		(Finos >12%)	Componente Arcilloso
SW	ARENA (<50% en tamiz # 4 ASTM)	Limpias	Bien Gradadas
SP		(Finos <5%)	Pobrementemente Gradadas
SM		Con Finos	Compenente Limoso
SC		(Finos >12%)	Componente Arcilloso
ML	LIMOS	Baja plasticidad (LL<50)	
MH		Alta plasticidad (LL>50)	
CL	ARCILLAS	Baja plasticidad (LL<50)	
CH		Alta plasticidad (LL>50)	
OL	SUELOS ORGANICOS	Baja plasticidad (LL<50)	
OH		Alta plasticidad (LL>50)	
Pt	TURBA	Suelos altamente orgánicos	

Fuente: Luis B. Blazquez y José F. Bevía, 2000.

Como se puede observar en la anterior tabla, existe tres grandes de grupos de suelos.

Suelos de Grano Grueso (G y S): Suelos conformados por gravas y arenas que tienen menos de un 50% de contenido fino, evaluado en el tamiz # 200 ASTM

Suelos de Grano Fino (M y C): Suelos conformados por limos y arcillas que tienen más del 50% de contenido fino, evaluado en el tamiz # 200 ASTM

Suelos Orgánicos (O y Pt): Son suelos constituidos por material orgánico, son suelos inadecuados como terrenos de fundación.

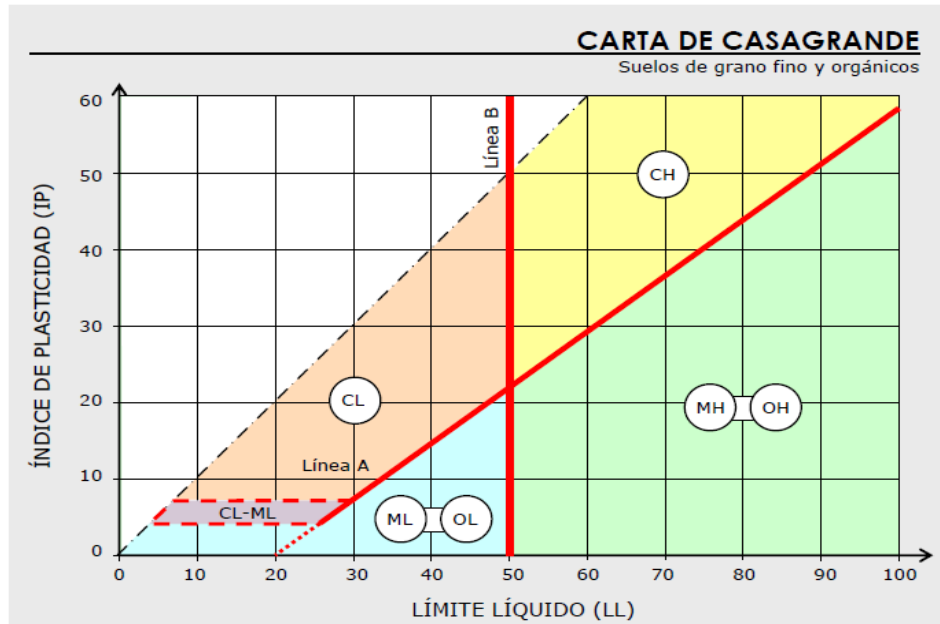
De la misma forma existen casos intermedios para clasificar los suelos con doble nomenclatura, por ejemplo, una grava bien gradada que contenga finos entre 5 y 12%, se clasificara como GW-GM.

Realizando estudios experimentales para diferentes muestras de suelo de grano fino, Casagrande consiguió ubicar en un diagrama que relaciona el límite líquido (LL) con el índice de plasticidad

(IP). Este diagrama es conocido como la carta de Casagrande de suelos cohesivos.

Figura 66

Carta de Casagrande.



Fuente: Luis B. Blazquez y Jose F. Bevía, 2000.

8.3.7 Descripción de los Estratos Según su Clasificación

Primer Estrato

El primer estrato está constituido principalmente por gravas y arenas pobremente gradadas con presencia de arcillas y limos según la clasificación SUCS y a-1-b y A-2-4 según la clasificación AASHTO. Durante las prospecciones el material extraído presentaba una consistencia firme y de color gris, inoloros y tamaños máximos de hasta 3 1/2". El espesor promedio de la primera capa existente es igual a 0.16 m. Los resultados de las pruebas se procesaron estadísticamente como se muestran en los cuadros resumen.

Figura 67

Porcentaje de incidencia de los suelos del primer estrato (SUCS)

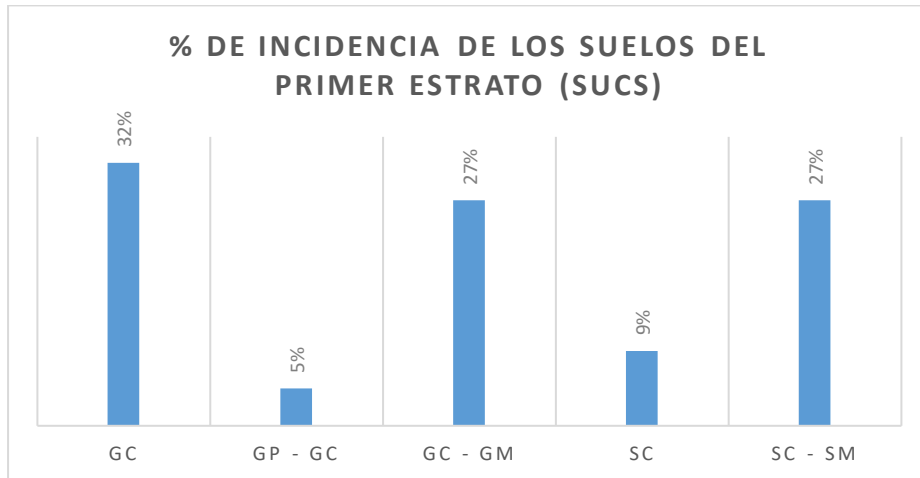
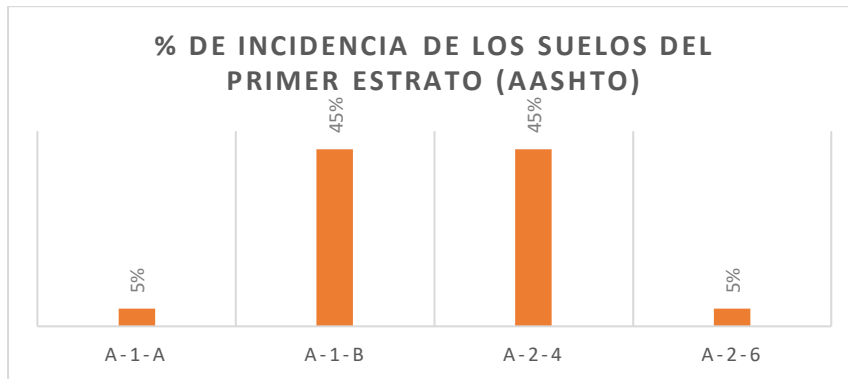


Figura 68

Porcentaje de incidencia de los suelos del primer estrato (AASHTO)



Segundo Estrato

El segundo estrato está constituido principalmente por arenas y gravas con presencia de arcillas según la clasificación SUCS y A-2-4 según la clasificación AASHTO. Durante las prospecciones el material extraído presentaba una consistencia firme y de color marrón oscuro a amarillo, inoloros y tamaños máximos de hasta 4". El espesor promedio de la segunda capa existente

es igual a 0.72 m. Los resultados de las pruebas se procesaron estadísticamente como se muestran en los cuadros resumen.

Figura 69

Porcentaje de incidencia de los suelos del segundo estrato (SUCS)

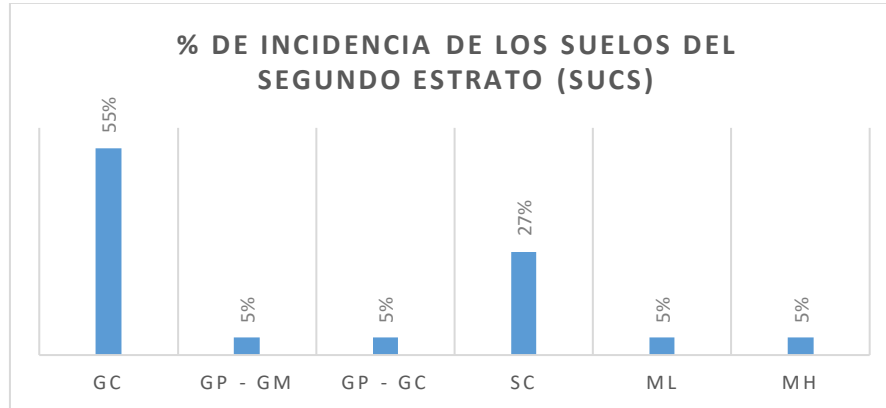
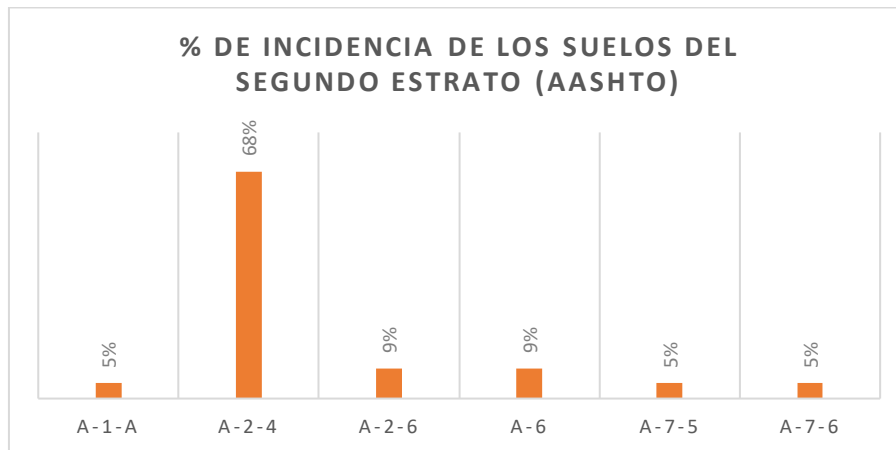


Figura 70

Porcentaje de incidencia de los suelos del segundo estrato (AASHTO)



Tercer Estrato

El tercer estrato está constituido principalmente por arenas, gravas con presencia de arcillas y un 17% conformadas por arcillas según la clasificación SUCS y A-2-4, A-4-B, A-6, según la clasificación AASHTO. Durante las prospecciones el material extraído presentaba una consistencia

firme y de color marrón oscuro, inoloros y tamaños máximos de hasta 10". El espesor promedio de la tercera capa existente es igual a 0.85 m. Los resultados de las pruebas se procesaron estadísticamente como se muestran en los cuadros resumen.

Figura 71

Porcentaje de Incidencia de los suelos del tercer estrato (SUCS).

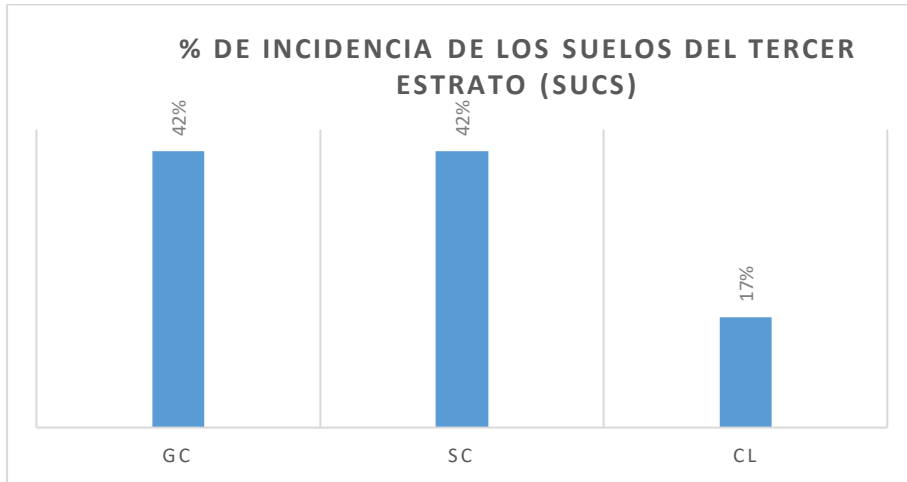
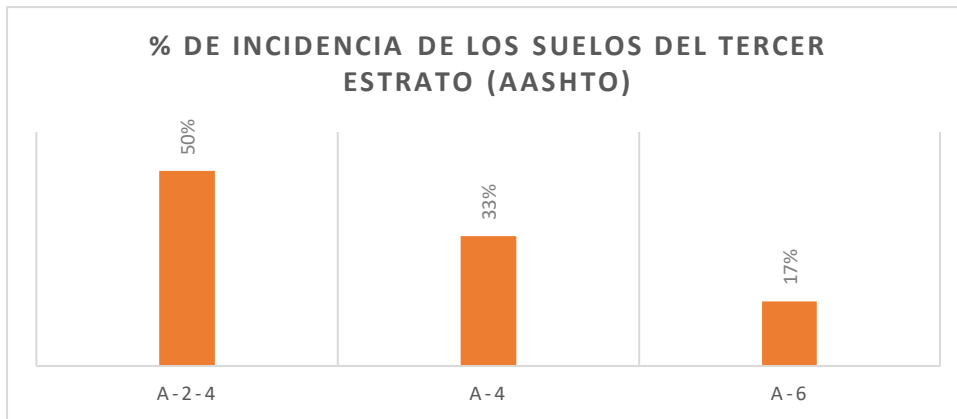


Figura 72

Porcentaje de incidencia de los suelos para el tercer estrato(AASHTO)



8.3.8 Caracterización de suelos de la subrasante

Determinadas las características de los suelos en laboratorio, según los resultados anteriores, se podrá estimar con la suficiente aproximación el comportamiento de los suelos a nivel de la

subrasante, especialmente con el conocimiento de la granulometría, plasticidad e índice de grupo; y, luego clasificar los suelos.

La clasificación de los suelos se ha efectuado bajo el sistema de clasificación de suelos AASHTO y ASTM (SUCS), Esta clasificación permite predecir el comportamiento aproximado de los suelos, que contribuirá a delimitar los sectores homogéneos desde el punto de vista geotécnico.

De acuerdo a los resultados obtenidos y su posterior clasificación de los materiales del suelo se tiene lo siguiente:

Los depósitos que tienen un origen coluvial están representados por las calicatas C-01, C-03, C-04, C-05, cuyas muestras se llevaron al laboratorio para el respectivo análisis; las muestras de las calicatas C-01, C-03, C-04, C-05 nos dan resultados según la clasificación SUCS de que se trata de GC-GM y SC-SM, y según el sistema AASHTO se clasifican como A-1-a(0), A-1-b(0), A-2-4(0) y A-2-6(0); esto considera entonces de que los suelos son de excelente a bueno para ser utilizados como base de fundación para el proyecto vial en dicho tramo.

Del tramo de carretera donde corresponden a los afloramientos rocosos del Grupo Mitu (Formación Pachatusan) se trata de materiales netamente de aporte que fueron utilizados como lastrado para fines de mantenimiento de la carreta, estos corresponden a las calicatas C-02 y C-06 respectivamente, nos dan resultados según la clasificación SUCS, se trata del suelo tipo, GP – GM y GC, y según el sistema AASHTO se clasifican como A-1-a(0), A-1-b(0) y A-2-4(0); esto considera entonces de que los suelos son de excelente a bueno para ser utilizados como base de fundación para el proyecto vial.

Los sectores del emplazamiento de la carretera que están representados por las calicatas C-07 hasta C-23, están dentro de la formación Paucartambo y materiales fluvio-glaciares, los ensayos,

nos dan resultados según la clasificación SUCS, se trata de SC, GC y MH, y según el sistema AASHTO se clasifican desde A-2-4(0), hasta A-7-5(0); según los resultados obtenidos se trata de suelos de insuficiente a regular para ser utilizados como base de fundación para el proyecto vial en dicho tramo.

En cuanto a los límites de consistencia del material de la sub rasante, estos se incrementan hacia la profundidad teniendo IP alto hacia los estratos inferiores, estos resultados tienen IP entre 3.15 a 15.4 y su límite líquido entre 18 y 41.7, como se muestra en la tabla N° 25.

Tabla 23

Resumen de Clasificación de suelos.

PROGRES IVA Km	ESTRATO	PROFUNDIDAD (m)	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO %			CONST. FÍSICAS			CLASIFICACIÓN		HUM. NAT.
			GRAVA	ARENA	FINO	LL	LP	IP	SUCS	AASHTO	
C-01 07+000	E-1	0.00 - 0.30	49.4	36.7	13.9	20.8	15.3	5.5	GC - GM	A-1-a(0)	2.24
	E-2	0.30 - 1.50	40.6	39.9	19.5	31.4	19.2	12.2	GC	A-2-6(0)	6.56
C-02 07+500	E-1	0.00 - 0.20	36.3	44.3	19.4	21	15.2	5.8	SC - SM	A-1-b(0)	3.6
	E-2	0.20 - 0.45	57.5	34.3	8.2	18.2	14.5	3.7	GP - GM	A-1-a(0)	2.7
C-03 08+000	E-1	0.00 - 0.20	37.5	42.6	19.9	19.1	13.7	5.4	SC - SM	A-1-b(0)	2.3
	E-2	0.20 - 1.50	33.5	43	23.5	21.8	14.7	7.1	SC	A-2-4(0)	5.1
C-04 08+500	E-1	0.00 - 0.10	32.9	45.3	21.8	18.5	12.5	6	SC - SM	A-1-b(0)	2.5
	E-2	0.10 - 1.50	38	35.5	26.5	24.8	13.9	10.9	GC	A-2-6(0)	6.8
C-05 09+000	E-1	0.00 - 0.20	46.3	35.6	18.1	20.6	15.6	5	GC - GM	A-1-b(0)	3.4
	E-2	0.20 - 1.50	67.1	22.8	10.1	26.2	19.3	6.9	GP - GC	A-2-4(0)	8.6
C-06 09+500	E-1	0.00 - 0.20	31.4	47.9	20.7	21.9	15.7	6.2	SC - SM	A-1-b(0)	3.3
	E-2	0.20 - 0.80	41.8	39.7	18.5	26.8	17.6	9.2	GC	A-2-4(0)	5
C-07 10+000	E-1	0.00 - 0.20	43.8	36	20.2	24.4	17.3	7.1	GC	A-2-4(0)	4.8
	E-2	0.20 - 1.50	28.8	31.8	39.4	34.5	22.2	12.3	SC	A-6(1)	11.3
C-08 10+500	E-1	0.00 - 0.20	42.7	36.2	21.1	24.3	16.9	7.4	GC	A-2-4(0)	3.7
	E-2	0.20 - 1.50	24.5	43.8	31.7	35.1	19.3	15.8	SC	A-2-6(1)	13.4
C-09 11+000	E-1	0.00 - 0.15	39.7	39	21.3	29.6	18.7	10.9	GP-GC	A-2-4(0)	5.3
	E-2	0.15 - 0.35	42.3	35.2	22.5	29.9	19.7	10.2	GP-GC	A-2-4(0)	6.9
C 10 11+500	E-3	0.35 - 1.50	23.8	41.1	35.1	27.1	18.3	8.8	SC	A-2-4(0)	8.5
	E-1	0.00 - 0.10	34.1	41.2	24.7	27.2	17.7	9.5	SC	A-2-4(0)	5.6
C-11 12+000	E-2	0.10 - 0.35	6.1	34.3	59.6	41.7	25.9	15.8	ML	A-7-6(8)	26.8
	E-3	0.35 - 1.50	36.3	41.9	21.8	26.9	17.4	9.5	SC	A-2-4(0)	4.6
C-12 12+500	E-1	0.00 - 0.04	32.2	43.1	24.6	26.9	16.9	10	SC	A-2-4(0)	5.5
	E-2	0.04 - 0.94	49.3	27.7	23	27.7	18.6	9.1	GC	A-2-4(0)	8.3
C-13 13+000	E-3	0.94 - 1.50	3.3	38.1	58.6	38.3	23	15.3	CL	A-6(7)	13.9
	E-1	0.00 - 0.10	40.5	45.9	13.6	25.3	20.3	5	SC - SM	A-1-a(0)	7.6
C-14 13+500	E-2	0.10 - 1.50	33.7	38.1	28.2	26.9	17.3	9.6	SC	A-2-4(0)	7.5
	E-1	0.00 - 0.10	40.8	44	15.2	21.8	17.5	4.3	SC - SM	A-1-b(0)	5.4
C-15 14+000	E-2	0.10 - 0.90	36.9	35.9	27.2	28.4	19.9	8.5	GC	A-2-4(0)	7.6
	E-3	0.90 - 1.50	21.8	36.3	41.9	28.7	19.5	9.2	SC	A-4(1)	12.2
C-16 14+500	E-1	0.00 - 0.10	45.6	34.9	19.5	23	15.6	7.4	GC	A-2-4(0)	7.2
	E-2	0.10 - 0.80	44.4	36.1	19.5	26.2	17.9	8.3	GC	A-2-4(0)	9.2
C-17 15+000	E-3	0.80 - 1.50	41.2	39.6	19.2	27.5	18.7	8.8	GC	A-2-4(0)	11.8
	E-1	0.00 - 0.15	54.1	34.5	11.4	23.8	15.7	8.1	GP - GC	A-2-4(0)	5.9
C-18 15+500	E-2	0.15 - 0.30	42.3	35.5	22.2	27.9	18.2	9.7	GC	A-2-4(0)	7.7
	E-3	0.30 - 1.05	54.9	28.4	16.7	22.7	15.1	7.6	GC	A-2-4(0)	4.5
C-19 16+000	E-4	1.05 - 1.50	17.9	31.6	50.5	32.4	19.8	12.6	CL	A-6(3)	16.6
	E-1	0.00 - 0.15	42.9	37.1	20	21.1	14.9	6.2	GC - GM	A-2-4(0)	5.3
C-20 16+500	E-2	0.4 - 1.50	5.5	45.9	48.6	34.4	22	12.4	SC	A-6(3)	14.4
	E-1	0.00 - 0.15	43.8	34.7	21.5	22.1	15.3	6.8	GC-GM	A-2-4(0)	3.9
C-21 17+000	E-2	0.15 - 0.40	45.5	30.3	24.2	23.4	16.3	7.1	GC	A-2-4(0)	12.3
	E-3	0.40 - 1.50	13.5	42.6	43.9	35.4	19.7	15.7	SC	A-6(3)	14.3
C-22 17+500	E-1	0.00 - 0.10	49.7	35.2	15.1	18.3	13.2	5.1	GC - GM	A-1-b(0)	3.2
	E-2	0.10 - 0.50	41.6	35.2	23.2	22.5	14	8.5	GC	A-2-4(0)	3.9
C-23 18+000	E-3	0.50 - 1.50	28.8	29.6	41.6	36.9	21.4	15.5	SC	A-4(0)	15.6
	E-1	0.00 - 0.15	48.8	35.9	15.3	19.5	13.2	6.3	GC - GM	A-1-b(0)	3.9
C-24 18+500	E-2	0.15 - 0.55	55.6	27.7	16.7	22	14.6	7.4	GC	A-2-4(0)	4.4
	E-3	0.55 - 1.50	16.5	32.2	51.3	35.7	20.7	15	CL	A-6(5)	18.1
C-25 19+000	E-1	0.00 - 0.15	44.8	39.8	15.4	20.5	14.1	6.4	GC - GM	A-1-b(0)	3.2
	E-2	0.15 - 0.70	55.4	26.2	18.4	24.1	16.6	7.5	GC	A-2-4(0)	9.1
C-26 19+500	E-3	0.70 - 1.50	33.3	25.7	41	34.6	21.5	13.1	GC	A-4(0)	18.9
	E-1	0.00 - 0.15	52.9	32.6	14.5	17.8	13	4.8	GC	A-2-4(0)	3.8
C-27 20+000	E-2	0.15 - 0.30	36.2	40.5	23.3	18.7	14	4.7	SC	A-2-4(0)	5.4
	E-3	0.30 - 0.45	47.3	33	19.7	22.2	15.7	6.5	GC	A-2-4(0)	5
C-28 20+500	E-4	0.45 - 1.50	11.4	30.7	57.9	40.5	25.1	15.4	CL	A-4(1)	19.6
	E-1	0.00 - 0.25	53.5	33.7	12.8	18.6	13.1	5.5	GC - GM	A-2-4(0)	4
C-29 21+000	E-2	0.25 - 1.50	9.6	29.7	60.7	50.4	30.1	20.3	MH	A-7-5(11)	18.7
	E-1	0.00 - 0.25	52.2	31.5	16.3	20.1	14.8	5.3	GC - GM	A-1-b(0)	5.3
C-30 21+500	E-2	0.25 - 0.40	51.6	34.8	13.6	23.1	14.2	8.9	GC	A-2-4(0)	4.4
	E-3	0.40 - 1.50	47.6	34.2	18.2	26.8	17.2	9.6	GC	A-2-4(0)	11.2

Nota: Resultados de Ensayos de Laboratorio de la subrasante.

8.3.9 CBR: (MTC E 132)

Una vez elaborado el perfil estratigráfico y clasificado los suelos por el sistema AASHTO y SUCS, a partir del cual se determina el programa de ensayos para establecer el CBR, que es el valor soporte o resistencia del suelo, que estará referido al 95% de la MDS (Máxima Densidad Seca) y a una penetración de carga de 2.54 mm.

Para la obtención del valor CBR de diseño de la subrasante, hemos considerado lo siguiente:

1. El CBR realizado por tipo de suelo representativo o por sección de características homogéneas de suelos, se determina el valor de CBR de diseño de la subrasante considerando el promedio del total de los valores analizados por sector de características homogéneas.

2. El CBR realizado por tipo de suelo representativo o por sección de características homogéneas de suelos, se ha determinado el valor de CBR de diseño de la subrasante en función a los siguientes criterios:

Si los valores son parecidos o similares, tomar el valor promedio.

Si los valores no son parecidos o no son similares, tomar el valor crítico (el más bajo) o en todo caso subdividir la sección a fin de agrupar subsectores con valores de CBR parecidos o similares y definir el valor promedio. La longitud de los subsectores no debe ser menor a 100 m.

3. Una vez definido el valor del CBR de diseño, para cada sector de características homogéneas, se clasificará a qué categoría de sub rasante pertenece el sector o subtramo, según lo siguiente:

Tabla 24*Categorías de subrasante.*

CATEGORIAS DE SUBRASANTE	CBR
S ₀ : Sub rasante Inadecuada	CBR<3%
S ₁ : Sub rasante Insuficiente	De CBR≥3% A CBR<6%
S ₂ : Sub rasante Regular	De CBR≥6% A CBR<10%
S ₃ : Sub rasante Buena	De CBR≥10% A CBR<20%
S ₄ : Sub rasante Muy Buena	De CBR≥20% A CBR<30%
S ₅ : Sub rasante Excelente	CBR≥30%

Fuente: Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales Para Construcción (EG-2013).

De acuerdo a las características de los suelos descritos anteriormente, se efectuó la toma selectiva de muestras para ejecutar los ensayos de C.B.R. (MTC E 132) con la finalidad de establecer su capacidad relativa de soporte. En el cuadro adjunto se presentan los resultados de los ensayos de CBR, de los distintos estratos de suelos encontrados:

Tabla 25*Resultados de la caracterización del CBR de la subrasante.*

PROGR.	ESTR.	PROF. (m)	CLASIFICACIÓN			CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	PROCTOR MODIFICADO		CBR			CBR PONDERADO (%)
			SUCS	AASHTO	I. GRUPO		M.D.S. (Gr/Cm3)	O.C.H. (%)	95% (0.1")	100% (0.1")	EXP.	
Km 06+720 - Km 09+800	E-1	0.20	SC - SM	A-1-b	0	2.28	2.162	6.4	21.8	36.7	0.2	14.23
	E-2	1.30	SC	A-2-4	0	5.14	2.176	7.1	14.2	21.7	0.7	
Km 09+800 - Km 11+000	E-1	0.20	GC	A-2-4	0	4.76	2.171	8.6	10.5	29.3	0.8	4.01
	E-2	1.30	SC	A-6	(1)	11.31	2.027	13.4	4.0	6.5	1.6	
Km 11+000 - Km 13+500	E-1	0.04	SC	A-2-4	0	5.53	2.138	9.2	13.5	18.4	0.8	12.1
	E-2	0.90	GC	A-2-4	0	8.28	2.175	7.6	14.0	23.1	0.7	
	E-3	0.56	CL	A-6	(7)	13.86	1.945	16.5	4.2	5.2	3.2	
Km 13+500 - Km 15+900	E-1	0.15	GP - GC	A-2-4	0	5.89	2.182	8.6	11.4	19.0	0.8	14.57
	E-2	0.15	GC	A-2-4	0	7.71	2.165	8.8	11.0	19.3	1.6	
	E-3	0.75	GC	A-2-4	0	4.49	2.190	6.2	17.2	29.1	0.4	
	E-4	0.45	CL	A-6	(3)	16.58	1.931	15.3	2.5	3.3	2.9	
Km 15+900 - Km 16+800	E-1	0.15	GC - GM	A-1-b	0	3.89	2.192	6.1	28.4	53.2	0.2	5.7
	E-2	0.40	GC	A-2-4	0	4.36	2.186	7.1	17.6	25.8	0.3	
	E-3	0.95	CL	A-6	(5)	18.14	1.962	15.1	2.7	5.0	3.3	
Km 16+800 - Km 18+480	E-1	0.25	GC - GM	A-1-b	0	5.25	2.192	6.0	28.0	42.7	0.1	8.65
	E-2	0.15	GC	A-2-4	0	4.38	2.187	5.7	18.7	28.0	0.3	
	E-3	1.10	GC	A-2-4	0	11.21	2.162	10.2	8.4	12.9	0.4	

Los suelos fluvioglaciares presentan valores insuficientes a regulares y en suelos coluviales presentan valores buenos, los resultados de CBR al 95% de la densidad máxima seca están en el rango de 4.01%, 5.70%, 8.65%, 12.1%, 14.23% y 14.57%, estos valores de insuficiente, regular a buena calidad como subrasante, para el emplazamiento de la carretera en el tramo Dv. Ruinas – Chahuaytire.

En los sectores en donde el CBR es de categoría insuficiente se realizarán trabajos de mejoramiento por reemplazamiento de material porque son sectores que presentan índices de plasticidad alto y valores de CBR bastante bajos.

8.3.10 Materiales Inadecuados

El presente análisis tiene por objeto, identificar sectores que requerirán de tratamiento a nivel del terreno de fundación, con el fin de dotar de condiciones de soporte y/o comportamiento modular adecuadas a las exigidas de acuerdo al (Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección: Suelos y Pavimentos Versión abril 2014). Con este propósito se evalúa alternativas de tratamiento por reemplazo con materiales granulares que cumplan los requisitos como material para terraplenes según lo señalado por las EG-2013.

Por lo general se inicia evaluando los sectores donde se realizarán cortes para alcanzar el nivel de rasante lo que implica algunas veces eliminar la capa superficial y llegar hasta suelos de subrasante y/o fundación que no son de buena capacidad de soporte.

También se analiza los sectores en corte que afecten el talud adyacente, generando que la plataforma proyectada quede dividida transversalmente en un sector con suelos compactados por el tráfico o rellenos controlados y suelos en condiciones naturales propios del talud adyacente, esto

genera que la plataforma no sea uniforme estructuralmente en todo su ancho. Por lo que la propuesta de estabilización deberá garantizar la estabilizar longitudinal y transversal de la vía.

Se analiza las condiciones naturales del suelo como son CBR, Humedad y características físicas, parámetros importantes para definir el comportamiento del suelo.

Teniendo los sectores definidos en esta primera etapa (de acuerdo a los puntos anteriormente mencionados), se procede a analizar las características de los suelos que lo conforman, tales como Índice Plástico, Clasificación del Suelo, Índice de Consistencia, Índice de Liquidez, Suelos expansivos, Suelos Compresibles y Capacidad de Soporte (en relación al CBR de Diseño).

En los tramos de emplazamiento de la carretera Dv. Ruinas – Chahuaytire, del Km 09+800 al Km 11+000 y Km 15+900 al Km 16+800, se realizarán trabajos de mejoramiento por reemplazamiento de material para mejorar las condiciones de la subrasante, puesto que estas zonas presentan materiales de tipo SC, GC y CL (SUCS) y A-2-4, A-6 (AASHTO), la estimación de este tipo de suelos es de insuficiente a regular para el uso como subrasante.

8.3.10.1 Mejoramiento de suelos

Este trabajo consiste en excavar el terreno por debajo de la subrasante o de fundación de terraplenes y su remplazo parcial o total con materiales aprobados debidamente conformados, acomodados y compactados, el mejoramiento de suelos también puede realizarse a través del uso estabilizadores de suelos, acorde a lo que establezca el Proyecto, para lo cual debe tenerse en consideración los tipos de estabilizadores de suelos y los procedimientos y condiciones establecidas en el proyecto.

Los materiales existentes y/o de adición deberán de presentar una calidad tal, que la capa mejorada cumpla por lo menos, los requisitos exigidos para la corona de terraplén en la subsección 205.02. Especificaciones Técnicas Generales Para Construcción (EG-2013)

R.D. N° 22-2013 – MTC (Edición – marzo de 2014)

Los trabajos de mejoramiento deberán efectuarse según los procedimientos establecidos en la norma, dichos trabajos sólo se efectuarán cuando no haya precipitaciones pluviales y la temperatura ambiente sea el adecuado, y los suelos se encuentren a un contenido de humedad inferior a su límite líquido.

Los espesores de las capas a conformar en el mejoramiento deberán ser como máximo de 30 cm, exceptuando los 30 cm por debajo del nivel de la subrasante que será conformado en 2 capas de 15 cm.

Los trabajos comprenderán, entre otras, las siguientes operaciones:

a. Escarificación

La escarificación se llevará a cabo en las zonas y con las profundidades que sea necesario no debiendo en ningún caso afectar esta operación a una profundidad menor de 15 cm, ni mayor de 30 cm. Si la profundidad supera los 30 cm, será necesario aportar nuevo material, por capas, y compactar este material añadido.

b. Compactación

El método de compactación elegido deberá garantizar la obtención de las compacidades mínimas necesarias establecidas en la Subsección 207.06 (b) (1). Con este objeto deberá elegirse adecuadamente, para cada zona de la obra, la granulometría del material el espesor de capa, el tipo de maquinaria de compactación y el número de pasadas del equipo.

Antes de los trabajos de compactación se debe verificar los usos de los suelos adyacentes, en caso de presencia de infraestructura sensible a esta actividad, se debe evaluar sus condiciones y efectuar las previsiones del caso, entre ellas de las viviendas y sus usuarios, para que no sufran inconvenientes cuando se realice dicha labor.

Mejoramiento involucrando el suelo existente.

En el caso el caso de nuestro estudio el mejoramiento involucra los materiales del suelo existente, los materiales que se empleen para el mejoramiento del suelo y que deben ser transportados hasta el lugar donde se realizan las obras deben estar protegidos con lona, humedecidos adecuadamente y contar con las condiciones de seguridad para que éstas no se derramen a lo largo de su recorrido.

El suelo de aporte para el mejoramiento se aplicará en los sitios indicados en donde el CBR sea menor a 11%, en el caso del emplazamiento de la carretera, este tipo de actividades se realizarán en el Km 16+800 hasta Km 18+480, en cantidad tal, que se garantice que la mezcla con el suelo existente cumpla las exigencias de la Subsección 207.02. Especificaciones Técnicas Generales Para Construcción (EG-2013) R.D. N° 22-2013 – MTC (Edición – marzo de 2014).

Los materiales disgregados y los de adición, se humedecerán o airearán hasta alcanzar la humedad apropiada de compactación y, previa la eliminación de partículas mayores de 7.5 cm, se compactarán hasta obtener los niveles de densidad establecidos para la corona del terraplén en la Subsección 205.12 (c) (1).

Mejoramiento empleando únicamente material adicionado.

Cuando la construcción de la subrasante mejorada es aporte solamente con material adicionado, pueden presentarse dos situaciones, sea que la capa se construya directamente sobre el suelo natural existente o que éste debe ser excavado previamente en el espesor indicado.

En el primer caso, el suelo existente se deberá escarificar, conformar y compactar a la densidad especificada para cuerpos de terraplén, en una profundidad de 15 cm. Una vez que el suelo de soporte esté debidamente preparado, se autorizará la colocación de los materiales, en espesores que garanticen la obtención del nivel de subrasante y densidad exigidos, empleando el equipo de compactación adecuado. Dichos materiales se humedecerán o airearán, según sea necesario, para alcanzar la humedad más apropiada de compactación, procediéndose luego a su densificación.

En el caso que el mejoramiento con material totalmente adicionado implique la remoción total del suelo existente, ésta se efectuará en el espesor previsto de acuerdo con el procedimiento descrito en la **Subsección 202.08**. Una vez alcanzado el nivel de excavación indicado será, conformado y compactado el suelo, se procederá a la colocación y compactación en capas de los materiales, hasta alcanzar las cotas exigidas, estos trabajos de mejoramiento de realizaran en los Km 09+000 hasta Km 10+000 y Km 15+900 hasta el Km 16+800, que presentan subrasantes inadecuados con CBR menores al 6%.

El espesor de las capas vendrá delimitado por la maquinaria de compactación que se emplee, el tipo de suelo y el grado mínimo de compactación que se desee alcanzar, variando desde los 15 cm hasta los 30 cm. El mejoramiento hasta el nivel de la subrasante, deberá incluir en todos los casos, la conformación o reconstrucción de cunetas.

8.4 Estudio de Macizo Rocoso

8.4.1 Clasificación Geomecánica de Bieniawsky o RMR

Bieniawski, en 1976 publicó su clasificación de masa rocosa llamada clasificación geomecánica o Rock Mass Rating. Con el pasar de los años y el avance de los estudios, este sistema ha sido modificado al menos cuatro veces en los años 1976, 1979, 1984 y 1989, siendo el último vigente hasta hoy. Este sistema tiene como objetivo clasificar un macizo rocoso estimando su

resistencia, para ello se basan en 6 parámetros para clasificar la masa rocosa haciendo uso del sistema rock mass rating.

1.-Resistencia a la compresión uniaxial de la roca intacta

2.-Rock Quality Designation (RQD)

3.- Espaciamiento de discontinuidades

4.- Condición de discontinuidades

5.- Orientación de discontinuidades

6.-Condición de agua subterránea

Para hacer uso de este sistema, la masa rocosa debe dividirse en áreas llamadas dominios estructurales y cada una de estas se deben clasificar por separado. La periferia de los dominios estructurales generalmente coincide con una estructura mayor o cambio de tipo de roca. En algunos casos, pueden cambiar significativamente en el espaciamiento o características de las discontinuidades, dentro de un mismo tipo de roca, pueden hacer necesario dividir la masa rocosa en varios dominios estructurales pequeños.

Estos seis parámetros de clasificación se suman para dar la valoración RMR. A continuación, mostraremos la tabla N°26 donde se muestra el sistema de clasificación de masa rocosa.

Tabla 26

Sistema de Clasificación de masa rocosa (Bieniawski, 1989).

PARAMETROS DE CLASIFICACIÓN										
1	Resistencia de Matriz Rocosa	Ensayo de carga puntual	> 10	10-4	4-2	2-1	Compresión Simple (Mpa)			
		Compresión Simple (Mpa)	> 250	250-100	100-50	50-25	25-5	5-1	< 1	
	Puntuación		15	12	7	4	2	1	0	
2	RQD		100-90%	90-75%	75-50%	50-25%	< 25%			
	Puntuación		20	17	13	6	3			
3	Separación de Diaclasas		> 2m	2-0.6 m	0.6-0.2 m	0.2-0.06 m	< 0.06 m			
	Puntuación		20	15	10	8	5			
4	Estado de las Discontinuidades	Persistencia	< 1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	> 20 m			
		Puntuación	6	4	2	1	0			
		Abertura	Cerrada	< 0.1 mm	0.1-1mm	1-5mm	> 5 mm			
		Puntuación	6	5	3	1	0			
		Rugosidad	Muy Rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave			
		Puntuación	6	5	3	1	0			
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5 mm	Relleno duro > 5 mm	Relleno suave < 5 mm	Relleno suave > 5 mm			
		Puntuación	6	4	2	2	0			
		Alteración	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta			
Puntuación	6	4	2	2	0					
5	Agua Freática	Caudal por 10 m de tunel	Nulo	< 10 litros/min	10-25 litros/min	25-125 litros/min	> 125 litros/min			
		Relación Presión de agua/Tensión	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	> 0.5			
		Estado General	Seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Agua Fluyendo			
	Puntuación		15	10	7	4	0			
ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TÚNEL										
Dirección Perpendicular al eje del túnel				Dirección Paralela al eje del túnel			Cualquier Dirección Buzamiento 0° - 20°			
Excavación a favor del Buzamiento		Excavación en contra del Buzamiento								
Buz. 45° -90°	Buz. 20° -45°	Buz. 45° -90°	Buz. 20° -45°	Buz. 45° -90°	Buz. 20° -45°					
Muy Favorable	Favorable	Media	Desfavorable	Muy Desfavorable	Media	Desfavorable				
CORRECCIÓN POR ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES										
Dirección y Buzamiento		Muy Favorable	Favorable	Media	Desfavorable	Muy desfavorable				
Puntuación	Túnel	0	-2	-5	-10	-12				
	Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25				
	Taludes	0	-5	-25	-50	-60				
RMR		100-81	80-61	60-41	40-21	<20				
Clase		I	II	III	IV	V				
Calidad		Muy Buena	Buena	Media	Mala	Muy Mala				
Cohesión		> 4 kp/cm ²	3-4 kp/cm ²	2-3 kp/cm ²	1-2 kp/cm ²	< 1 kp/cm ²				
Angulo de rozamiento		> 45°	35°-45°	25°-35°	15°-25°	< 15°				

Fuente: Bieniawski, 1989.

8.4.1.1 Resistencia a la compresión uniaxial de la roca intacta

La resistencia a la compresión uniaxial (UCS), conocida como resistencia de compresión Uniaxial que consiste en someter a esfuerzos de manera vertical una muestra cilíndrica recta de material antes de fracturarse. Se conoce también como la resistencia a la compresión no confinada de un material porque el esfuerzo de confinamiento se fija en cero la calidad de las rocas IN SITU. La norma donde nos indica el Método de prueba estándar para fuerza de compresión confinada del núcleo de roca intacta esta especificado es la Norma D2938.

Mediante este ensayo se pueden determinar las siguientes propiedades:

- Resistencia de la roca a la compresión simple
- Módulo de Young: modulo medio, modulo tangente, modulo secante.
- Coeficiente de Poisson

Los resultados de resistencia a la compresión obtenidos son 980.06 y 468.82 catalogan a las dos Rocas como DURA y MEDIO DURA con los cuales se determinó valores de capacidad de carga admisible que varían de 57.12 kg/cm² a 38.29 kg/cm² resultados que son buenos a suficientes. (Ver tabla N°29).

Tabla 27

Resultados de ensayo de compresión simple

DESCRIPCIÓN	CODIGO MUESTRA	CARGA	ÁREA (cm²)	RESISTENCIA Kg/cm²
Km 8+960	M-1	14560.7	25	468.82
Km 9+480	M-2	24501.5	25	980.06

Tabla 28*Parámetros de resistencia de la roca.*

CALIDAD 1Mpa= 10.197 kg/cm²	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE (Mpa)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/ cm²)	PUNTAJE
Muy Dura	>200	>2500	15
Dura	120-200	100-2500	12
Medio Dura	60-102	500-1000	7
Medio Blanda	30-60	50-250	4
Blanda	10-30	50-250	2
Muy Blanda	<10	10-15	1

Fuente: Deer 1967.

8.4.1.2 Rock Quality Designation (RQD)

El índice RQD es el estudio por el cual se determina el porcentaje de recuperación de testigos de más de 10 cm de longitud sin considerar las roturas frescas del proceso de perforación con respecto a la longitud total del sondeo. Este procedimiento fue desarrollado por Deere a mediados del siglo XX (1963 a 1967).

Para nuestro trabajo de tesis tomaremos en cuenta el método de Priest y Huston ya que podemos hacer la evaluación de fracturas en la parte del talud que presenta afloramientos de roca y no contamos con testigos.

Según PRIES Y HUSTON (1976), consiste en calcular el RQD en función del número de fisuras por metro lineal, determinadas al efectuar el levantamiento litológico- estructural (detael line) en el lugar del terreno o zona predeterminada para la exploración.

RQD determinado en el campo por el área de Geotecnia, en un tramo longitudinal de afloramientos de roca.

$$RQD = 100e^{-0.1\lambda} \times (0.1\lambda + 1)$$

Dónde: λ = N° De Fisuras / Espacio

Tabla 29

Clasificación de índice de calidad de roca.

INDICE DE CALIDAD	CALIDAD	PUNTAJE
RQD (%)		
Muy Mala	0-25	3
Mala	25-50	6
Regular	50-75	13
Buena	75-90	17
Excelente	90-100	20

Fuente: Deer 1967.

8.4.1.3 Espaciamiento de discontinuidades

Según Pedro Oyanguren, (2004) los macizos rocosos en la naturaleza presentan comúnmente un elevado número de discontinuidades. Por ello si se quiere conocer y describir adecuadamente el comportamiento mecánico de los macizos rocosos resulta necesario analizar previamente el comportamiento de las discontinuidades naturales.

El espaciado es la distancia entre dos planos de discontinuidad de una misma familia, medida siempre en la dirección perpendicular a dichos planos. Se determina por medio de una cinta métrica, de una longitud de al menos de tres metros.

También se puede decir que el espaciado es la distancia perpendicular entre discontinuidades adyacentes por tanto este determina el tamaño de los bloques de roca intacta. Las discontinuidades o juntas (J_n) condicionan las propiedades y el comportamiento resistente, deformacional e hidráulico del macizo rocoso.

El espaciamiento también tiene gran influencia en la permeabilidad del macizo rocoso y en las características internas que condicionan la circulación de agua.

Tabla 30

Parámetros del espaciado de las discontinuidades.

DESCRIPCIÓN	ESPACIADO	PUNTAJE
Extremadamente junto	<20 mm	
Muy junto	20-60 mm	20
Junto	60-200 mm	15
Moderadamente Junto	200-600 mm	10
Separados	600-2000mm	8
Muy separados	2000-6000 mm	5
Extremadamente separado	>20 mm	

Fuente: Deer 1967.

8.4.1.4 Condición de discontinuidades

Las condiciones de las discontinuidades se definen por los siguientes parámetros:

- **Persistencia:** En estas se describen los afloramientos de roca, dominios reconocidos según el tamaño de las diferentes familias de discontinuidades presentes. Según su tamaño, las diferentes familias de discontinuidades se describen como sistemas.

Tabla 31

Clasificación según la discontinuidad de las discontinuidades.

GRADO	DESCRIPCIÓN	CONTINUIDAD	PUNTAJE
1	Muy Pequeña	< 1m	6
2	Pequeña	1-3 m	4
3	Media	3-10 m	2
4	Alta	10-20 m	1
5	Muy Alta	>20 m	0

Fuente: Deer, 1967.

- **Apertura:** Es la distancia perpendicular que separa las paredes de la discontinuidad cuando no existe relleno entre ellas. Este factor generalmente es muy variable en diferentes sectores de un mismo macizo rocoso, por ejemplo, en la superficie, la apertura puede ser ancha y esta se disminuye con la profundidad, logrando inclusive a cerrarse.

Tabla 32

Clasificación según la apertura de las discontinuidades.

GRADO	DESCRIPCIÓN	SEPARACIÓN DE LAS CARAS	PUNTAJE
1	Abierta	> 5 mm	0
2	Moderadamente Abierta	1-5 mm	1
3	Cerrada	0.1-1 mm	4
4	Muy Cerrada	< 0.1 mm	5
5	No tiene	0	6

Fuente: Deer, 1967.

- **Rugosidad:** Son irregularidades o rugosidades a pequeña escala de los planos o caras definidas en ocasiones como de 1° y 2° orden respectivamente como a la ondulación de las superficies de discontinuidad.

Tabla 33

Clasificación según la rugosidad de las discontinuidades.

GRADO	DESCRIPCIÓN	PUNTAJE
1	Muy rugosa	6
2	Rugosa	5
3	Ligeramente rugosa	2
4	Suave	1
5	Espejo de falla	0

Fuente: Deer, 1967.

- **Relleno:** El relleno es el material que existe entre las aberturas de las discontinuidades. Estas pueden ser de un material de naturaleza diferente a la roca de las paredes. Existe gran diversidad de materiales de relleno con propiedades diferentes, la presencia de relleno determina el estado de la discontinuidad, por lo que deben ser reconocidos y descritos todos los factores referentes a sus propiedades y estado también debe considerarse que si se trata de materiales blandos o alterados, éstos pueden sufrir desviaciones de importancia en sus propiedades resistentes a corto plazo, por efecto de cambios en la temperatura se puede verificar si dio lugar a un movimiento a lo largo de las juntas.

Tabla 34

Clasificación según relleno de las discontinuidades.

GRADO	DESCRIPCIÓN	PUNTAJE
1	Relleno blando > 5mm	0
2	Relleno blando < 5mm	2
3	Relleno duro > 5mm	2
4	Relleno duro < 5mm	4
5	Ninguno	6

Fuente: Deer, 1967.

- **Intemperismo:** La observación directa del macizo rocoso es la mejor manera de estimar el grado de meteorización. Se recomienda fragmentar algún trozo de roca para facilitar la observación. La tabla n°18 elaborado por la ISRM, permite poseer una guía del grado de meteorización del macizo rocoso, donde cuanto mayor es la meteorización mayor será su número de evaluación dentro de un rango de I a VI siendo este último suelo.

-

Tabla 35*Clasificación según la meteorización de las discontinuidades.*

GRADO	DESCRIPCIÓN	PUNTAJE
1	Descompuesta	0
2	Muy meteorizada	1
3	Moderadamente meteorizada	3
4	Ligeramente meteorizada	5
5	No meteorizada	6

*Fuente: Deer, 1967.***8.4.1.5 Condición de agua subterránea o filtración**

En las siguientes tablas basadas en lo que indica la ISRM se detallan las filtraciones de agua en discontinuidades con relleno o sin relleno, generalmente el agua existente en el interior de un macizo rocoso proviene del flujo que transita por las discontinuidades llamadas también permeabilidad secundaria, aunque algunas rocas permeables poseen filtraciones a través de la matriz rocosa llamada también permeabilidad primaria.

Tabla 36*Rango RMR según el parámetro de presencia de agua.*

GRADO	DESCRIPCIÓN	PUNTAJE
1	Completamente seco	15
2	Semi húmedo	10
3	Húmedo	7
4	Mojado	4
5	Flujo de agua	0

Fuente: Deer, 1967.

Tabla 37*Condición de discontinuidades.*

CLASE	DISCONTINUIDADES SIN RELLENO
I	Junta muy plana y cerrada. Aparece seca y no parece posible que circule agua.
II	Junta seca sin evidencia de flujo de agua
III	Junta seca, pero con evidencia de haber circulado agua
IV	Junta húmeda, pero sin agua libre
V	Junta con filtraciones, ocasionalmente goteo pero sin flujo continuo
VI	Junta con flujo continuo de agua (estimar el caudal en L/min y la presión).

Fuente: Deer, 1967.

CLASE	DISCONTINUIDADES CON RELLENO
I	Relleno muy consolidado y seco. No es posible el flujo de agua.
II	Relleno húmedo, pero sin agua libre.
III	Relleno mojado con goteo ocasional.
IV	Relleno que muestra señales de lavado, flujo de agua continuo (estimar el caudal en L/min)
V	Relleno localmente lavado, flujo considerable según canales preferentes (estimar caudal y presión)
VI	Rellenos completamente lavados, presiones de agua elevadas.

Fuente: Deer, 1967.**8.4.1.6 Orientación de las discontinuidades (Rumbo y Buzamiento)**

Para calcular este rango se debe clasificar la roca de acuerdo al rumbo y buzamiento que muestren en el corte de vía.

Tabla 38

Clasificación para la determinación de los buzamientos con respecto al eje de la obra.

Rumbo perpendicular al eje de la obra				Rumbo paralelo al eje de la obra		Buzamiento 0°-20° independiente del rumbo
Dirección según buzamiento		Dirección contra buzamiento				
Buzam. 45° - 90°	Buzam. 20° - 45°	Buzam. 45° - 90°	Buzam. 20° - 45°	Buzam. 45° - 90°	Buzam. 20° - 45°	
Muy Favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy Desfavorable	Regular	Desfavorable

Fuente: Bienawsky, 1989.

Según el tipo de obra civil a ejecutar se procede a calcular con las siguientes tablas.

Tabla 39

Rango RMR para obras de tipo taludes.

CALIFICATIVO	RANGO RMR(Puntaje)
Muy favorable	0
Favorable	-5
Regular	-25
Desfavorable	-50
Muy desfavorable	-60

Fuente: Bienawsky, 1989.

Para nuestro caso usaremos la siguiente tabla:

Tabla 40

Calidad de macizo rocoso con relación al índice de RMR.

CLASE	CALIDAD	VALORACIÓN RMR	COHESIÓN	ANGULO DE ROZAMIENTO
I	Muy buena	100-81	4 kg/cm ²	>45°
II	Buena	80-61	3-4 kg/cm ²	35° - 45°
III	Media	60-41	2-3 kg/cm ²	25° - 35°
IV	Mala	40-21	1-2 kg/cm ²	15° - 25°
V	Muy mala	<20	< 1kg/cm ²	<15°


Fuente: Bienawsky, 1989.

8.4.2 Resumen de resultados para hallar el RMR de Bieniawski

Se tomaron en cuenta sectores donde se encontraron afloramientos rocosos para hacer el cálculo del RMR donde se realizaron ventanas estructurales y a continuación se mostrará los resultados.

Tabla 41


Estación N°1, Clasificación geomecánica RMR de Bieniawski km 9+480.

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA RMR (Bieniawski)				
TESIS:	"ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO EL MÉTODO NAASRA, TRAMO DV. RUINAS – CHAHUAYTIRE, (KM 06+720 AL KM 18+480). DISTRITO DE PISAC, PROVINCIA DE CALCA DEL DEPARTAMENTO DEL CUSCO"		LOCALIDAD	FOTOGRAFIA
			Pisac - Chahuaytire	
ESTACIÓN GEOMECANICA	Estación 1 - km 9+480		OBSERVACIONES	
COORDENADAS	Norte:	8518045.7	Este:	195172.28
Parámetros de Clasificación			Clasificación	Puntuación
1.- Resistencia de la matriz rocosa (Mpa)				
	Compresión Simple		100 - 250	7
2. Índice RQD de la roca				
	RQD (%)		50 - 75	13
3. Separación entre diaclasas				
	Separación entre diaclasas (m)		0.2 - 0.06 m	8
4. Estado de las discontinuidades				
	Persistencia		1 - 3 m	4
	Abertura (mm)		1-5 mm	1
	Rugosidad		Ligeramente Rugosa	3
	Relleno		relleno suave < 5 mm	2
	Alteraciones		ligeramente Alterada	5
5. Agua freática				
	Estado general		Seco	15
Corrección por discontinuidades				
	Taludes		Favorable	-5
PUNTUACIÓN TOTAL				53

CLASIFICACIÓN RMR	
CALIDAD	MEDIA
CLASE	III

Tabla 42


Estación 2, clasificación geomecánica RMR de Bieniawski km 8+960.

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA RMR (Bieniawski)				
TESIS:	"ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO EL MÉTODO NAASRA, TRAMO DV. RUINAS – CHAHUAYTIRE, (KM 06+720 AL KM 18+480). DISTRITO DE PISAC, PROVINCIA DE CALCA DEL DEPARTAMENTO DEL CUSCO"	LOCALIDAD	FOTOGRAFIA	
		Pisac - Chahuaytire		
ESTACIÓN GEOMECANICA	Estación 2 - km 8+960	OBSERVACIONES		
		Estación 2, km 8+960 afloramiento de riolitas del grupo Mitu, con bastante fracturamiento por la falla regional.		
COORDENADAS	Norte:	8517709.39	Este:	194801.65
Parámetros de Clasificación		Clasificación		Puntuación
1.- Resistencia de la matriz rocosa (Mpa)				
	Compresión Simple	100 - 250		4
2. Índice RQD de la roca				
	RQD (%)	25-50		6
3. Separación entre diaclasas				
	Separación entre diaclasas (m)	0.2 - 0.06 m		6
4. Estado de las discontinuidades				
	Persistencia	< 1 m		6
	Abertura (mm)	1-5 mm		1
	Rugosidad	Ligeramente Rugosa		3
	Relleno	relleno suave > 5 mm		0
	Alteraciones	moderadamente Alterada		3
5. Agua freática				
	Estado general	Seco		15
Corrección por discontinuidades				
	Taludes	Favorable		-5
PUNTUACIÓN TOTAL				39

CLASIFICACIÓN RMR	
CALIDAD	MALA
CLASE	IV

Tabla 43


Estación 3, clasificación geomecánica RMR de Bieniawski km 8+720.

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA RMR (Bieniawski)				
TESIS:	"ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO EL MÉTODO NAASRA, TRAMO DV. RUINAS – CHAHUAYTIRE, (KM 06+720 AL KM 18+480). DISTRITO DE PISAC, PROVINCIA DE CALCA DEL DEPARTAMENTO DEL CUSCO"	LOCALIDAD		FOTOGRAFIA
		Pisac - Chahuaytire		
ESTACIÓN GEOMECANICA	Estación 3 - km 8+720	OBSERVACIONES		
COORDENADAS	Norte: 8517537.71	Este: 194639.73	Estación 3, km 8+720 rocas riolíticas pertenecientes al grupo Mitu, cercanas a la falla regional.	
Parámetros de Clasificación			0	Puntuación
1.- Resistencia de la matriz rocosa (Mpa)				
	Compresión Simple	100-250	7	
2. Índice RQD de la roca				
	RQD (%)	50-75	13	
3. Separación entre diaclasas				
	Separación entre diaclasas (m)	0.06-0.2	8	
4. Estado de las discontinuidades				
	Persistencia	1-3 m	4	
	Abertura (mm)	1-5 mm	1	
	Rugosidad	Ligeramente Rugosa	3	
	Relleno	duro < 5 mm	4	
	Alteraciones	Ligeramente Alterada	3	
5. Agua freática				
	Estado general	Seco	15	
Corrección por discontinuidades				
	Taludes	Favorable	-5	
PUNTUACIÓN TOTAL				53

CLASIFICACIÓN RMR	
CALIDAD	MEDIA
CLASE	III

Tabla 44

Estación 4, clasificación geomecánica RMR de Bieniawski km 7+335.

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA RMR (Bieniawski)			
TESIS:	"ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO EL MÉTODO NAASRA, TRAMO DV. RUINAS – CHAHUAYTIRE, (KM 06+720 AL KM 18+480). DISTRITO DE PISAC, PROVINCIA DE CALCA DEL DEPARTAMENTO DEL CUSCO"	LOCALIDAD	FOTOGRAFIA
		Pisac - Chahuaytire	
		OBSERVACIONES	
ESTACIÓN GEOMECANICA	Estación 4- km 7+335	Estación 4, km 7+335 rocas riolíticas del grupo mitu con fracturamientos moderados y 4 familias de diaclasas, sin presencia de agua.	
COORDENADAS	Norte: 8516538.7	Este: 193801.18	
Parámetros de Clasificación		0	Puntuación
1.- Resistencia de la matriz rocosa (Mpa)			
	Compresión Simple	100-250	7
2. Índice RQD de la roca			
	RQD (%)	50-75	13
3. Separación entre diaclasas			
	Separación entre diaclasas (m)	0.6-0.2	10
4. Estado de las discontinuidades			
	Persistencia	1 - 3 m	4
	Abertura (mm)	1-5 mm	1
	Rugosidad	Ligeramente Rugosa	3
	Relleno	duro < 5 mm	4
	Alteraciones	Ligeramente Alterada	5
5. Agua freática			
	Estado general	Seco	15
Corrección por discontinuidades			
	Taludes	Favorable	-5
PUNTUACIÓN TOTAL			57

CLASIFICACIÓN RMR	
CALIDAD	MEDIA
CLASE	III

8.5 Estudio de Canteras

8.5 1 Cantera Para Subbase Granular

6.5.1.1 Identificación de Posibles Canteras.

El reconocimiento e identificación de posibles fuentes de aprovisionamiento de material y agua se realizó tanto a lo largo del tramo y como en lugares circundantes a la zona del estudio. En esta etapa de identificación, a partir de la información obtenida en campo, se ha podido obtener una evaluación superficial preliminar de la cantera, como también la determinación estimada del área y la potencia, longitud aproximada de accesos, ubicación aproximada con respecto al eje de la vía en estudio y posibles usos. Datos que han sido definidos con el levantamiento topográfico y ensayos de laboratorio respectivos.

8.5.2.2 Exploración de Cantera

Las Canteras fueron exploradas a través de calicatas, de las cuales se extrajeron muestras representativas en cantidad suficiente para poder efectuar los ensayos exigidos, así como también los ensayos de verificación para rectificar y/o ratificar resultados pocos frecuentes.

De las calicatas se determinaron las características del material, siendo estas ubicadas convenientemente distribuidas en toda el área de la cantera.

En cada calicata excavada, se ha realizado el registro del perfil estratigráfico (según la norma ASTM D-2488), describiendo el tipo de material encontrado: clasificación técnica; forma del material granular; color; porcentaje estimado, material orgánico; contenido de humedad; índice de plasticidad, etc.

8.5.2.3 Ensayos de Laboratorio

La calidad de los materiales para usos diversos ha sido verificada mediante los siguientes ensayos estándar.

Tabla 45

Ensayos Estandar

ENSAYO	NORMA
Análisis Granulométrico por Tamizado	MTC E 107
Humedad Natural	MTC E 108
Límite Líquido	MTC E 110
Límite Plástico e índice de plasticidad	MTC E 111

Fuente: Norma EG-2013.

Adicionalmente a los ensayos indicados, se han realizado los siguientes ensayos especiales, dependiendo del uso preliminarmente asignado:

Tabla 46

Ensayos Especiales

ENSAYO	NORMA
Proctor Modificado	MTC E 115
Razón de soporte California (CBR)	MTC E 132
Porcentaje de partículas chatas y alargadas	ASTM D 4791
Porcentaje de partículas con una y dos caras fracturadas	MTC E 210
Cantidad de material fino que pasa por el tamiz N° 200	MTC E 202
Equivalente de Arena	MTC E 114
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207
Durabilidad (Agregado Grueso y Fino)	MTC E 209
Pesos Volumétricos	MTC E 203
Peso Específicos y absorción del agregado fino	MTC E 205
Peso Específicos y absorción del agregado grueso	MTC E 206

Fuente: Norma EG-2013.

8.5.2.4 Uso y Explotación de Cantera

A partir de la información preliminar obtenida en campo, los resultados de los ensayos de laboratorio, y tomando en cuenta la cantera más cercana a la zona de estudio se usará como material de subbase la cantera Chahuaytire. A continuación, se presenta un cuadro resumen con las características de esta, y su determinada recomendación para su uso.

Tabla 47

Cantera Seleccionada.

NOMBRE	UBICACIÓN	LADO	ACCESO (KM)	USOS	COORDENADAS	
					UTM-GWS 84	
					NORTE	ESTE
Cantera Chahuaytire	Km. 21+780	Derecho	0.05	Material Relleno y Sub Base	8517633 m	202155 m

8.5.2.5 Evaluación de Canteras

Se describe la cantera teniendo en cuenta las características de calidad del material, para esto se ha elaborado ensayos de laboratorio conjuntamente con las especificaciones técnicas se determinó el uso y tratamiento que tendrá el material (natural) de la cantera. Del levantamiento topográfico y el análisis global del material se determinó la cantidad disponible de material.

8.5.2.6 Cantera Chahuaytire Km 21+780

Ubicación: Se ubica en el Km. 21+780, lado derecho de la red vial CU-112.

Acceso: La cantera al encontrarse al borde de la vía no requiere acceso.

Figura 73

Ubicación de cantera Chahuaytire, km 21+780.



Nota: Imagen Modificada de Google Earht.

Descripción del Material: Conformada por un depósito coluvial (morrenas) está constituido básicamente por grava pobremente gradada con arena de color plomo con un 56 % de grava, un 30 % de arena y un 14 % de finos. La muestra original del terreno contenía un tamaño máximo de 21".

Potencia: Se determinó un área para explotación de 12,897.66 m² y una profundidad de explotación promedio de 3.85 m, obteniéndose un volumen bruto de 49,656.00 m³ y volumen útil de 39,312.44 m³.

Tabla 48*Eficiencia de Cantera.*

VOLÚMENES DISPONIBLES	(M³) /	OBSERVACIONES
EFICIENCIA DE LA CANTERA	(%)	
Volumen Bruto (m ³)	49,656.00	a) Levantamiento topográfico = VB
Material de Cobertura (m ³)	7,308.68	b) (Área cantera x Eprom.=0.57x12,897.66
Volumen Neto (m ³)	42,347.33	c) = a) – b) = VN
Volumen Over > 12” (m ³)	3,034.89	d) = c) x % Over>12”: 7% x 42,347.33
Volumen Desechable (m ³)	10,343.57	e) = b)+d)
Volumen Útil (m ³)	39,312.44	f) = c) – d)
Eficiencia de la cantera (%)	79.17%	100 – % Material Cobertura – % Over >12”

Evaluación: Esta cantera fue evaluada con la excavación de 2 calicatas, de 3.85 m de profundidad en promedio. Por lo tanto, para efectos de explotación se recomienda tener en consideración una profundidad de explotación máxima de 3.85 m.

Tabla 49*Coordenadas de calicatas - Cantera km 21+780.*

Calicata	COORDENADAS UTM WGS - 84	
	ESTE	NORTE
C-1	202141	8517563
C-2	202146	8517588

Se realizó una evaluación en volumen estimado considerando una muestra integral (detallado en la descripción del material), obteniendo el siguiente resultado:

Tabla 50*Distribución porcentual de los materiales de Cantera km 21+780*

TAMAÑO		EFICIENCIA
Diámetro Máximo	TM:	21"
Bloques y Bolonería	Mat.>12":	7%
Bloques y Bolonería	Mat.>6":	6%
Bolonería para rellenos	Mat. 6" -3":	5%
Arena/Grava/Finos	Mat.<3":	82%

Del cuadro anterior, se observa que se contaría con alrededor de 5% de piedra entre 6" a 3" para su uso en rellenos y 82 % de Material menor a 3" para su uso como material para la estructura del pavimento.

En cuanto a los agregados con tamaño menor a 3", la distribución porcentual de acuerdo con la evaluación efectuada es como sigue:

Tabla 51*Distribución de materiales de cantera Chahuaytire km 21+780 con tamaño menor a 3".*

AGREGADO	TAMAÑO	DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL
Grava	3" – N°4	52.8%
Arena	N°4	36.1%
Finos	< N° 200	11.2%
Total		100.0 %

Los resultados de laboratorio han permitido determinar que el material típico está conformado por gravas mal gradadas, con 52.8 % de gravas, 36.1% de arenas y 11.2 % de finos.

El siguiente cuadro muestra el resumen de los ensayos realizados a las muestras extraídas del campo. De acuerdo con requisitos de las Especificaciones Generales EG-2013, los ensayos

practicados a los agregados de la presente cantera muestran los siguientes resultados, en base a los cuales se verificó su uso en el proyecto.

Tabla 52

Resultados de estudio de cantera km 21+780 para material de relleno.

ENSAYOS	RESULTADOS	ESPECIFICACIÓN EG-2013		
		BASE	CUERPO	CORONA
Índice de plasticidad N°40 (%)	5.6	<11	<11	<10
Clasificación AASHTO	A-1-a	A-1-a, A-1-b, A-2-4, A-2-6 y A-3		
Abrasión (%)	36.6	≤50		

De acuerdo con los cuadros anteriores, las características físico-mecánicas de la cantera Chahuaytire Km 21+780, demuestra que, sí está cumpliendo su uso como material de relleno.

Tabla 53

Resultado de estudio de cantera km 21+780 para material sub base.

ENSAYOS	RESULTADOS	ESPECIFICACIÓN EG-2013	
		<3000 MSNM	>=3000 MSNM
Clasificación AASHTO	A-1-a	A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6 y A-7	
Límite Líquido (%)	19.7	40%	40%
Índice de plasticidad N°40 (%)	5.6	18%	18%
Abrasión (%)	50.0	50%	50%

Usos granulométricos del material

Para la construcción de la subbase, se utilizarán materiales granulares naturales procedentes de canteras, o escorias metálicas, así mismo podrán provenir de la trituración de rocas, gravas o estar constituidos por una mezcla de productos de diversas procedencias. Las partículas de los agregados serán duras, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, blandas o desintegrables y sin materia orgánica, terrones de arcilla u otras sustancias perjudiciales. Sus condiciones de limpieza dependen del uso que se vaya a dar al material.

Los requisitos de calidad que deben cumplir los materiales, deberán ajustarse a alguna de las siguientes franjas granulométricas.

Tabla 54

Usos Granulométricos para subbase granular, cantera Chahuaytire.

Tamiz	Porcentaje que pasa		Requerimiento
	Gradación A	Resultado	
50 milímetros (2 pulgadas)	100	-	-
25 milímetros (1 pulgadas)	-	-	-
9.5 milímetros (3/8 pulgada)	30 a 65	54.04	Cumple
4.75 milímetros (N°4)	25 a 55	40.48	Cumple
2 milímetros (N°10)	15 a 40	29.56	Cumple
425 um (N°40)	8 a 20	17.4	Cumple
75 um (N°200)	2 a 8	5.49	Cumple

Fuente: Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales Para Construcción (EG-2013).

De acuerdo a los resultados obtenidos del ensayo de granulometría, el material de la subbase granular de la cantera Chahuaytire, presenta una gradación de tipo A-1, por lo tanto, cumple con las exigencias de la norma.

Ensayos Específicos y Frecuencias

Durante la etapa de explotación de la cantera para los trabajos de afirmado se deben de realizar los ensayos de frecuencia para garantizar el cumplimiento de los parámetros físico mecánicos que exige la norma.

Tabla 55

Ensayo de frecuencias.

MATERIAL O PRODUCTO	PROPIEDADES Y CARACTERISTICAS	METODO DE ENSAYO	NORMA ASTM	NORMA AASTHO	FRECUENCIA	LUGAR DE MUESTREO
Subbase Granular	Granulometría	MTC E 204	C 136	T 27	1 cada 750 m ³	Cantera
	Límites de Consistencia	MTC E 111	D 4318	T 89	1 cada 750 m ³	Cantera
	Abrasión de los Ángeles	MTC E 207	C 131	T 96	1 cada 2000 m ³	Cantera
	CBR	MTC E 132	D 1883	T 193	1 cada 2000 m ³	Cantera
	Densidad-Humedad	MTC E 115	D 1557	T 180	1 cada 750 m ³	Pista
	Compactación	MTC E209 MTC E 124	D 4718 D 2922	T 191 T238	1 cada 250 m ²	Pista

Fuente: Manual de Carreteras- Especificaciones Técnicas Generales Para Construcción (EG-2013)

8.5.2.6.1 Resultados del estudio de Canteras para Subbase

El material que será empleado como sub base granular, tendrá que cumplir las exigencias establecidas en las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013.

Tabla 56*Resultados de estudio de cantera Chahuaytire para subbase*

ENSAYO	NORMA	Especificación	RESULTADO	Requerimiento
Clasificación AASTHO	M145	-	A-1-a (0)	-
Clasificación SUCS - ASTM	D2487	-	GW-GM	-
Humedad Natural	MTC E 108	-	6.42 %	-
Índice de Plasticidad	MTC E 111	4 % Max.	3.7 %	Cumple
Equivalente de arena	MTC E 114	25 % min	55.7 %	Cumple
Máxima densidad (gr/cm ³)	MTC E 115	-	2.148 %	
CBR (%)	MTC E 132	40 % min.	46.7 %	Cumple
Humedad Optima	MTC E 115	-	7.5 %	
Abrasión (%)	MTC E 207	50 % Max	36.6 %	Cumple
Sales Solubles (Ag. Grueso)	MTC E 219	1 % Max	0.12 %	Cumple
Sales Solubles (Ag. Fino)	MTC E 219	1 % Max	0.09 %	Cumple
Partículas de Chatas y Alargadas		20 % Max.	10.53 %	Cumple

Nota: Cuadro modificado del Manual de Carreteras - Especificaciones Técnicas Generales Para Construcción (EG-2013).

Cálculo de los Rendimientos de la Cantera:

De la descripción de la cantera se obtuvo:

- Tamaño Máximo : 21"
- Material > 12 : 7%
- Material > 3" : 18%

Usos con el Material Triturado

- RELLENO : 100 % - (7% material mayor a 12") = 93 %
- SUB BASE : 100 % - (19% material mayor a 3") = 81 %

Al realizar los trabajos de zarandeo y traslado del material de cantera, siempre se pierde un tanto por ciento del material, por ello se está considerando una merma de 5 %, por lo tanto:

- RELLENO = 88 %
- SUB BASE = 76 %

Periodo de Explotación: Todo el año.

Procedimiento de Explotación: Se puede realizar su explotación con cargador frontal y/o tractor sobre oruga, su zarandeo puede ejecutarse utilizando cargador frontal, una excavadora y una zaranda estática.

8.5.2 Base Granular

Este trabajo consiste en la construcción de una capa de material granular, que pueden ser obtenidos en forma natural o procesado que se colocan sobre una subbase.

El material granular para la capa de base deberá cumplir los requisitos de calidad que están establecidos en la **Sección 403** del Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, vigente. Asimismo, se deben cumplir los requisitos de equipos, requerimientos de construcción, control de calidad, aceptación de los trabajos y las consideraciones de CBR mencionados en dicho manual para el diseño del pavimento.

Para utilizar el material granular como base, se realizará la mezcla de la cantera de Chahuaytire con el agregado grueso chancado de la cantera Pisac en una proporción de 70% y 30% respectivamente, esta actividad se realizará con propósito de incrementar el CBR del material para alcanzar los requerimientos que exige la norma, para ser utilizados como base.

8.5.2.1 Cantera Pisac.

La cantera de agregado grueso se ubicó en la localidad de Pisac (rio Vilcanota), estos agregados serán procesados y clasificados por tamaños, cuyos resultados obtenidos indiquen el cumplimiento satisfactorio de los requerimientos solicitados, los mismos serán permanentemente verificados y corregidos si fuera necesario, por medio de los ensayos de frecuencia y ser corregidos si fuera necesario, a fin de que el material a ser utilizado este siempre dentro de los parámetros especificados. La cantera del rio Pisac es una grava triturada de ½”, y su uso granulométrico de ajusta al (HUSO AG-3) (ver anexo 03)

8.5.3 Ensayos de Cantera para Materiales de Base Granular

Análisis Granulométrico por Tamizado (ASTM D-421)

El ensayo de granulometría es la distribución de tamaño de la grava y partículas en el suelo. Este se determina cerniendo los agregados a través de mallas de diferentes diámetros hasta el tamiz No. 200 (diámetro 0.074 milímetros), teniendo en cuenta los materiales que atraviesan dicha malla de manera global. El análisis granular da como resultado una curva granulométrica, en la que se interseca el diámetro del tamiz frente al porcentaje acumulado que pasa o es retenido, según el uso que se necesite.

Para establecer el uso del material que se destinaran para la base granular, éste debe de cumplir con una de las gradaciones de acuerdo a las exigencias que se muestran en la siguiente tabla

59.

Tabla 57*Requerimiento Granulométrico para base granular.*

Tamiz	Porcentaje que pasa en peso			
	Gradación A	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 milímetros (2 pulgadas)	100	100	-	-
25 milímetros (1 pulgadas)	-	75 a 95	100	100
9.5 milímetros (3/8 pulgada)	30 a 65	40 a 75	50 a 5	60 a 100
4.75 milímetros (N°4)	25 a 55	30 a 60	35 a 65	50 a 85
2 milímetros (N°10)	15 a 40	20 a 45	25 a 50	40 a 70
425 um (N°40)	8 a 20	15 a 30	15 a 30	25 a 45
75 um (N°200)	2 a 8	5 a 15	5 a 15	8 a 15

Fuente: Manual de Carreteras - Especificaciones Técnicas Generales Para Construcción (EG-2013).

La composición final de materiales presentará una granulometría continua, bien graduada y según los requerimientos de una de las franjas granulométricas que se indican, para las zonas con altitud iguales o mayores a 3.000 msnm. se deberá seleccionar la gradación “A”.

El Material de la mezcla de las canteras Chahuaytire y rio Pisac, se ajusta en la gradación "A", tamaño nominal máximo 1 pulgada, como la zona de estudio se encuentra por encima de los 3000 metros por encima del nivel del mar, y se puede utilizar la gradación A, por lo que la base está en cumplimiento con los requisitos de pavimentación.

8.5.3.1 Agregado Grueso

Este debe ser de piedra triturada o grava de óptima calidad (retenido en una malla de 4,75 milímetros) y combinada de modo que el producto obtenido cumpla con los requisitos de granulometría especificados y además cumpla con los siguientes parámetros.

Tabla 58

Requerimiento de Agregado Grueso

Ensayo	Norma MTC	Norma AASHTO	Requerimientos Altitud	
			< 3000 msnm	≥ 3000 msnm
Partículas con una cara fracturada	MTC E 210		80.0 % mínimo	
Partículas con dos caras fracturadas	MTC E 210		40.0 % mínimo	50.0 % mínimo
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	T 96	40.0 % mínimo	
Partículas Chatas y Alargadas			15 Max.	
Sales Solubles	MTC E 219		0.50 % mínimo	
Durabilidad al sulfato de Magnesio	MTC E 209	T- 104	-	18.0 % máximo

Fuente: MANUAL DE CARRETERAS Especificaciones Técnicas Generales Para Construcción (EG-2013).

Contenido de Humedad

La cantidad registrada de humedad de la mezcla de las canteras Chahuaytire y rio Pisac, es de 4,8%.

Caras Fracturadas

Se distingue de una superficie angular, rugosa o fracturada de unas partículas de agregados, que se forma triturando por medios por naturaleza o artificiales.

Los datos obtenidos de la mezcla de las canteras Chahuaytire y rio Pisac, fueron del 83.2% de partículas con una o más caras fracturadas y 76.1% de partículas con dos o más caras fracturadas por lo que cumplen con los requisitos de la base granular.

Abrasión

Mediante un ensayo de abrasión con una máquina de Los Ángeles se puede saber cuánto resiste los agregados que compone el material, a la erosión mecánica o física mediante el contacto directo de bolas de acero que giran con el material a una velocidad de 33 vueltas por minuto, por un período de 15 o 30 minutos, dependiendo del tamaño de la grava, provocando el colapso del material.

Como resultado, el material base granular nos da un 29,5%, y este resultado cumple con los requisitos porque se permite un desgaste hasta un máximo del 40%.

Partículas Chatas y Alargadas

Los pasos están en base a la norma ASTM D 4791 aplicada a gruesos agregados de más de 4,75 milímetros. Los requisitos exigen un máximo del 15%, la muestra nos da un 8.2% de chatas y alargadas, y así cumple con los requisitos para ser utilizados como material de base granular, ya que no hay exceso de partículas alargadas, lo que puede ser contraproducente porque este tipo de partículas tiende a romperse más rápido.

Sales Solubles Totales

Esta prueba permite determinar la cantidad de sulfatos y cloruros solubles en agua de los agregados pétreos.

Los resultados de las pruebas realizadas de la mezcla de las canteras Chahuaytire y río Pisac, contiene un 0,26% del total de sales, y estos datos están dentro de los requisitos de la base granular, lo que nos asegura que los agregados a utilizar no presentarán sales suficientemente solubles capaces de afectar la estructura del pavimento.

8.5.3.2 Agregados Fino

Los agregados finos deberán cumplir con los siguientes requerimientos basados en las normas ASTM publicadas en el Manual de Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de carreteras EG-2014.

Tabla 59

Requerimiento de Agregado Fino

Ensayo	Norma MTC	Requerimientos Altitud	
		< 3000 msnm	≥ 3000 msnm
Equivalente de arena	MTC E 114	35.0 % Min	45.0 % min
Índice Plástico	MTC E 111	4.0 % máx.	2.0 % min.
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 114	15.0 % Max.	
Sales Solubles	MTC E 114	0.5 % máx.	

Fuente: Manual de Carreteras - Especificaciones Técnicas Generales Para Construcción (EG-2013).

Límite de Consistencia

Hay dos límites importantes de Consistencia: límite plástico (PL) y límite líquido (LL), Como resultado de los ensayos realizados el material presenta un límite plástico de 15.40 % y un límite líquido 19.83%.

Índice de Plasticidad

El distintivo entre el límite plástico y el límite líquido: $IP = LL - LP$, en nuestro caso el material presenta un índice plástico de 4.4.

Equivalente de Arena (ASTM D – 2419)

La prueba de equivalente de arena nos da una indicación del % de arena en la muestra y, por lo tanto, la cantidad de material arcilloso que contiene. Esto está algo relacionado con probar el porcentaje de material que pasa por el tamiz número 200.

Los datos obtenidos cumplen con los requisitos de base granular ofreciendo un 52% y el valor mínimo es del 35% de acuerdo a la norma.

California Bearing Ratio (CBR)

El índice de california (CBR) es una medida de la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo, bajo condiciones de densidad y humedad cuidadosamente controladas. Se usa en el proyecto de pavimentos flexibles auxiliándose de curvas empíricas. Se expresa en porcentajes como la razón de la carga unitaria que se requiere para introducir un pistón, dentro del suelo, a la carga unitaria

requerida para introducir el mismo pistón a la misma profundidad en la muestra de tipo piedra partida.

Dado que el requerimiento del CBR para el material de la base para un tráfico ligero deberá ser como mínimo de 80% podemos concluir que nuestro material cumple con un 81.2% de CBR por lo que cumple con los requerimientos.

Ensayos de Frecuencia.

Durante la explotación de las canteras, para el proceso constructivo de la base granular se tomarán muestras para los ensayos de frecuencia, para garantizar la calidad del material en cualquier volumen previsto de acuerdo a la siguiente tabla N°62.

Tabla 60

Ensayos de frecuencia

MATERIAL O PPRODUCTO	PROPIEDADES Y CARACTERISTICAS	METODO DE ENSAYO	NORMA ASTM	NORMA AASTHO	FRECUENCIA	LUGAR DE MUESTREO
Base Granular	Granulometría	MTC E 204	C 136	T 27	2 cada 750 m ³	Cantera
	Límite Líquido	MTC E 110	D 4318	T 89	2 cada 750 m ³	Cantera
	Límite Plástico	MTC E 111	D 4318	T 90	2 cada 750 m ³	
	Abrasión de los Ángeles	MTC E 207	C 131	T 96	2 cada 2000 m ³	Cantera
	Equivalente de Arena	MTC E 114	D 2419	T 176	2 cada 2000 m ³	Cantera
	Salea Solubles	MTC E 219			2 cada 2000 m ³	Cantera
	CBR	MTC E 132	D 1883	T 193	2 cada 2000 m ³	Cantera
	Partículas Fracturadas	MTC E 210	D 5821		2 cada 2000 m ³	Cantera
	Partículas de Chatas y Alargadas		D 4791		2 cada 2000 m ³	Cantera
	Durabilidad al Sulfato de Magnesio	MTC E 209	C 88	T 104	2 cada 2000 m ³	Cantera
	Densidad-Humedad	MTC E 115	D 1557	T 180	cada 750 m ³	Pista
	Compactación	MTC E 117 MTC E 124	D 4718 D 2922	T 191 T238	cada 250 m ²	Pista

Fuente: Manual de Carreteras- Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG-2013).

8.5.3.3 Resultados del estudio de Canteras para Base

Tabla 61

Requerimiento de uso granulométrico para base granular, mezcla Cantera Chahuaytire y Pisac

Tamiz	Porcentaje que pasa		Requerimiento
	Gradación A	Resultado	
50 milímetros (2 pulgadas)	100		-
25 milímetros (1 pulgadas)	-		
9.5 milímetros (3/8 pulgada)	30 a 65	60.9	Cumple
4.75 milímetros (N°4)	25 a 55	50.8	Cumple
2 milímetros (N°10)	15 a 40	32.9	Cumple
425 um (N°40)	8 a 20	17.9	Cumple
75 um (N°200)	2 a 8	4.7	Cumple

Nota: Cuadro modificado del Manual de Carreteras - Especificaciones Técnicas Generales Para

Construcción (EG-2013).

Tabla 62*Resultados de estudio de cantera Mezcla Cantera Chahuaytire y Pisac*

ENSAYO	NORMA		RESULTADO	Requerimiento
Clasificación AASTHO	M145	-	A-1-a (0)	-
Clasificación SUCS - ASTM	D2487	-	GW	-
Humedad Natural	MTC E 108	-	4.8%	-
Índice de Plasticidad	MTC E 111	2 min	4.4%	Cumple
Equivalente de arena	MTC E 114	45 min	51.3	Cumple
Máxima densidad (gr/cm ³)	MTC E 115	-	2.163	-
CBR (%)	MTC E 132	80 min.	81.2%	Cumple
Humedad Optima	MTC E 115	-	7.1%	Cumple
Abrasión (%)	MTC E 207	50 Max	29.5%	Cumple
Durabilidad al sulfato de Magnesio (Ag. Grueso)	MTC E 209	18 Max.	9.42%	Cumple
Durabilidad al sulfato de magnesio (Ag. Fino)	MTC E 114	15 máx.	5.09%	Cumple
Partículas con una cara fracturada	MTC E 210	80 min.	83.2%	Cumple
Partículas con dos caras fracturadas	MTC E 210	50 min.	76.1%	Cumple
Partículas Chatas y Alargadas		15 máx.	8.1%	Cumple
Sales Solubles (Ag. Grueso)	MTC E 219	0.50 Max	0.26%	Cumple
Sales Solubles (Ag. Fino)	MTC E 219	0.50 Max	0.21%	Cumple

Nota: Cuadro modificado del Manual de Carreteras - Especificaciones Técnicas Generales Para Construcción (EG-2013).

CAPITULO IX

9. Estudio de Tráfico

La demanda del tráfico es un aspecto esencial que el ingeniero necesita conocer con suficiente precisión, para planificar y diseñar la estructura de un pavimento.

9.1 Características Generales del Conteo y Clasificación

Se procedió visitar de manera previa la ubicación elegida en gabinete con la finalidad de determinar su idoneidad en materia de seguridad para nuestro personal y condiciones para caracterizar de mejor manera el tránsito en la estación propuesto.

9.1.1 Cobertura del Estudio de Tráfico

El área de influencia del estudio de tráfico está definida por la ubicación de una estación de conteo y clasificación vehicular en el tramo. La cobertura de la estación de conteo, encuestas origen-destino se vincula con cada uno de los tramos materia de estudio por que caracteriza el flujo vehicular ligero y pesado que transitan a lo largo del tramo.

Tabla 63

Estación de conteo

TRAMOS HOMOGENIOS		
Estación	Descripción	Ruta
E-1	Quello Quello	CU-112

Las actividades de conteo y clasificación vehicular en la estación de conteo se ubican de acuerdo a lo indicado en la tabla 64:

Tabla 64

Ubicación de estaciones de conteo.

Estación de Conteo	Ubicación de las Coordenadas UTM		Progresiva Referencial	Ruta
	Coordenadas Este	Coordenadas Norte		
Quello Quello	195521.00 m E	8518823.00 m S	10+760	CU-112

9.1.2 Metodologías del Conteo

El conteo vehicular se realizó observando los parámetros establecidos en el Manual para Estudio de Tráfico de la Oficina General de Presupuesto y Planificación del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (OPP-MTC).

El método empleado fue el Método Manual, donde en cada estación anotamos el paso de cada vehículo y por hora, llenando un formato específico. En cada locación, por el volumen de tráfico se empleó un clasificador por turno por cada sentido de tráfico.

Las ubicaciones que se han elegido nos permiten una visibilidad adecuada y reúne los requisitos logísticos necesarios para llevar adelante esta tarea.

Luego de recolectada la información, ésta se trasladó al gabinete para ser procesada la información.

9.1.3 Recopilación de la Información

Los formatos empleados para la recopilación de la información corresponden a los indicados del presente informe, los cuales corresponden a los establecidos por OPP-MTC.

Para la clasificación vehicular en la estación de conteo, los vehículos fueron clasificados según su tamaño y número de líneas de rotación (ejes), de acuerdo a la configuración vehicular aprobada en el Reglamento Nacional de Vehículos, Decreto Supremo N° 058-2003-MTC.

Tabla 65*Clasificación de tipos de vehículos.*

CLASIFICACION VEHICULAR	
Vehículos Ligeros	Automóvil, Camioneta, Camionetas Rurales (Combi), Pick Up, Micro
Buses	Buses de 2,3, y 4 Ejes (B2, B3 Y B4)
Camión	C2 Camión de 2 ejes (2 ejes simples) C3 Camión de 3 ejes (1 eje Simple y 1 eje Doble) C4 Camión de 4 ejes (1 eje simple y 1 eje Triple)
Semitrayler	T2S1 (2S1) Semitrayler (3 ejes simples) T2S2 (2S2) Semitrayler (3 ejes, 2 simples y 1 eje doble) T2S3 (2S3) Semitrayler (3 ejes, 2 simples y 1 eje triple) T3S2 (3S2) Semitrayler (3 ejes, 1 simples y 2 ejes dobles) T3S3 (3S3) Semitrayler (3 ejes, 1 simple, 1 eje doble y 1 eje triple)
Trayler	C3R2 (3T2) Trayler (Camión C2+carreta de 2 ejes simples) C3R3 (3T3) Trayler (Camión C2+carreta de 2 ejes, uno simple y otro doble) C4R2 (4T2) Trayler (Camión C4+carreta de 2 eje simples)
	E7 Vehículos especiales con 7 ejes (biarticulados o doble semirremolque)

Fuente: Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos Sección: Suelos y Pavimentos.

Luego de concluido el trabajo de campo, se ha iniciado el desarrollo de los trabajos de gabinete.

9.1.4 Factores de Corrección Estacional

Como es conocido que los volúmenes de tráfico varían cada mes debido a los diferentes períodos que se presentan en el año ocasionado por las cosechas, festividades, variación de clima, movimiento y extracción de determinados productos.

Cuando las variaciones tienen cierto comportamiento estadístico, se acostumbra a usar unos factores que correlacionan unos períodos con otros. Teniendo en cuenta los registros de tránsito

vehicular realizados para este estudio, se puede hallar el Tránsito Promedio Diario Semanal con la siguiente fórmula:

$$IMDs = \frac{Vj + Vv + Vs + Vd + Vl + Vm + Vm}{7}$$

Para obtener el Índice Medio Diario Anual (IMDA), este valor promedio de la semana se debe corregir por un factor denominado: Factor de Corrección Estacional y, para obtener dicho factor, se ha tomado la información obtenida de la estadística de los peajes en el periodo 2010 - 2016, correspondiente a las estaciones de peaje Ccasacancha vinculada a los tramos de carretera materia de estudio. Los Factores de Corrección Estacional que serán empleados son:

Tabla 66

Factores de corrección estacional, Peaje Ccasacancha (Cusco).

FACTOR DE CORRECCIÓN ESTACIONAL: MES DE AGOSTO 2020	
UNIDAD DE PEAJE DE CCASACANCHA	
Vehículos Ligeros	0.913341961
Vehículos Pesados	0.95681265

Fuente: MTC/MEF Estadística de Peaje Año 2010-2016.

9.2 Trabajos de Gabinete

9.2.1 Procesamiento de la Información

Para efectuar el procesamiento de información fue necesario contar con los registros de campo y el procesamiento en el formato Excel para su posterior análisis y generación del informe.

9.2.2 Análisis de la Información y Resultados Obtenidos

La información de campo fue verificada de manera preliminar antes de llevar al gabinete. Se verificó la consistencia de los datos registrados para su procesamiento.

Los resultados obtenidos guardan relación con las actividades previstas y las condiciones del tramo materia de estudio.

9.3 conteos de Tráfico Vehicular

A continuación, se muestran los resultados de los aforos vehiculares de la estación de conteo.

9.3.1 Estación Quello Quello

Los conteos de la semana en la Estación (E-1) de Quello Quello, se ubicó en el ingreso del centro poblado del mismo nombre en la ruta CU-112, que permitieron caracterizar el flujo vehicular en el tramo comprendido entre el desvío a las ruinas de Pisac hasta el centro poblado Chahauytire, detectando vehículos del 06 al 12 de agosto del 2020.

Los conteos de la semana en la Estación (E-1) Quello Quello se muestran en la tabla N°69.

Tabla 67

Conteo de Vehículos E-1 Quello Quello














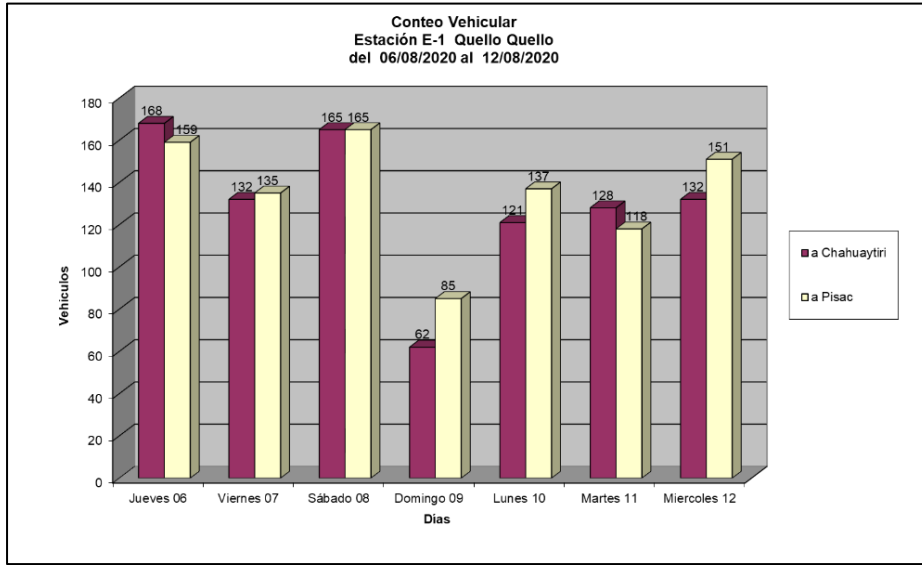
Tramo		Dv. Ruinas - Quello Quello															
Cod. Estacion		E-1															
Estacion		Quello Quello															
		Factor de Correccion		Vehiculos Livianos			fc	0.913341961		Vehiculos Pesados					fc	0.95681265	
		Estacional		Vehiculos Livianos			fc	0.913341961		Vehiculos Pesados					fc	0.95681265	
DIA		Vehiculos Ligeros						Vehiculos Pesados									
		Automovil		Camionetas				Omnibus			Camion			Semitrayler			
		Automovil	S. Wagon	Pick Up	Panel	Rural	Micro	2E	3E	4E	2E	3E	4E	2S1			
																	
Jueves 06/08/2022	Dv. Ruinas - Quello Quello	77	14	15	0	43	3	0	0	0	15	1	0	0			
	Quello Quello - Dv. Ruinas	69	23	11	0	42	0	0	0	0	10	4	0	0			
	Total	146	37	26	0	85	3	0	0	0	25	5	0	0			
Viernes 07/08/2022	Dv. Ruinas - Quello Quello	50	16	15	1	34	1	0	0	0	9	6	0	0			
	Quello Quello - Dv. Ruinas	52	15	14		37	0	0	0	0	15	1	1	0			
	Total	102	31	29	1	71	1	0	0	0	24	7	1	0			
Sabado 08/08/2022	Dv. Ruinas - Quello Quello	74	16	20	2	42	1	0	0	0	9	1	0	0			
	Quello Quello - Dv. Ruinas	66	22	14	1	40	1	0	0	0	17	3	1	0			
	Total	140	38	34	3	82	2	0	0	0	26	4	1	0			
Domingo 09/08/2022	Dv. Ruinas - Quello Quello	28	11	5	2	6	0	0	0	0	7	3	0	0			
	Quello Quello - Dv. Ruinas	38	12	5	3	14	0	0	0	0	9	4	0	0			
	Total	66	23	10	5	20	0	0	0	0	16	7	0	0			
Lunes 10/08/2022	Dv. Ruinas - Quello Quello	53	12	13	0	34	1	0	0	0	7	1		0			
	Quello Quello - Dv. Ruinas	61	11	19	1	31	0	0	0	0	13	1		0			
	Total	114	23	32	1	65	1	0	0	0	20	2	0	0			
Martes 11/08/2022	Dv. Ruinas - Quello Quello	56	11	8	2	34	2	0	0	0	12	2	1	0			
	Quello Quello - Dv. Ruinas	45	6	13	2	30	1	0	0	0	14	4	2	1			
	Total	101	17	21	4	64	3	0	0	0	26	6	3	1			
Miercoles 12/08/2022	Dv. Ruinas - Quello Quello	49	19	14	5	31	6	0	0	0	7	1	0	0			
	Quello Quello - Dv. Ruinas	61	19	13	1	35	4	0	0	0	11	5	2	0			
	Total	110	38	27	6	66	10	0	0	0	18	6	2	0			
IMDs	Dv. Ruinas - Quello Quello	55.29	14.14	12.86	1.71	32.00	2.00	0.00	0.00	0.00	9.43	2.14	0.14	0.00			
	Quello Quello - Dv. Ruinas	56.00	15.43	12.71	1.14	32.71	0.86	0.00	0.00	0.00	12.71	3.14	0.86	0.14			
	Total	111.29	29.57	25.57	2.86	64.71	2.86	0.00	0.00	0.00	22.14	5.29	1.00	0.14			
IMDa	Dv. Ruinas - Quello Quello	50.49	12.92	11.74	1.57	29.23	1.83	0.00	0.00	0.00	9.02	2.05	0.14	0.00			
	Quello Quello - Dv. Ruinas	53.58	14.76	12.17	1.09	31.30	0.82	0.00	0.00	0.00	12.17	3.01	0.82	0.14			
	Total	104.08	27.68	23.91	2.66	60.53	2.65	0.00	0.00	0.00	21.19	5.06	0.96	0.14			
2022	Total de Vehiculos	157.66	42.44	36.07	3.75	91.83	3.47	0.00	0.00	0.00	33.35	8.06	1.78	0.27			

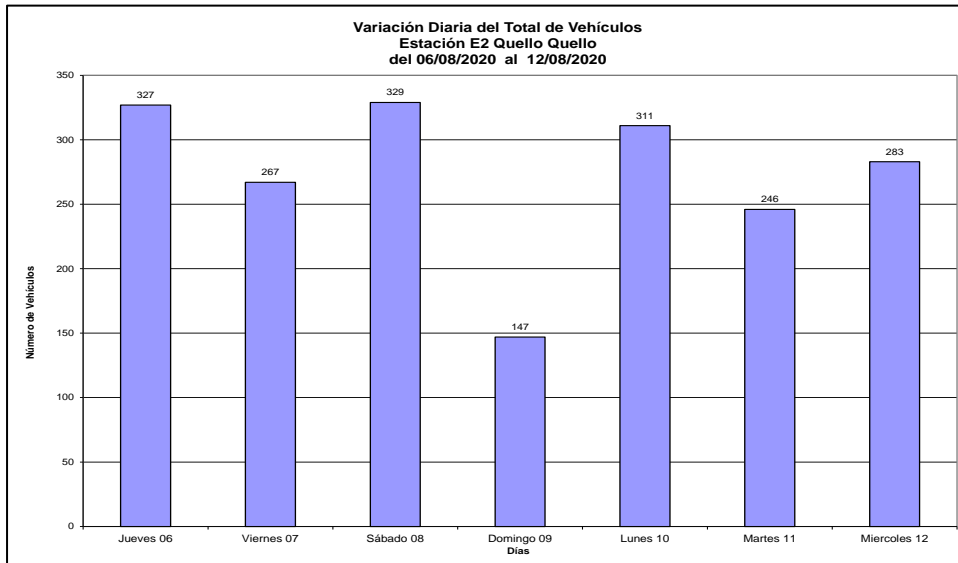
Figura 74
Conteo Vehicular Semanal en E-1 Quello Quello



9.3.1.1 Análisis de la Variación Diaria E-1 Quello Quello

El mayor volumen de tráfico se presentó el día sábado con 329 vehículos y el menor el domingo con 147 vehículos.

Figura 75
Variación Diaria Total de Vehículos E-1 Quello Quello



9.3.1.2 Análisis de la Variación Horaria E-1 Quello Quello

El volumen horario se incrementa desde las 05:00 horas, para alcanzar la hora punta de la mañana desde las 06:00 hasta 07:00 horas con un promedio del 8.02% del tráfico diario. Entre las 13:00 a 14:00 horas, alcanza la hora punta del medio día con un 7.10% de flujo vehicular. En la tarde entre las 18:00 a 19:00 horas, alcanza la hora punta de la tarde con un 6.89% de flujo vehicular.

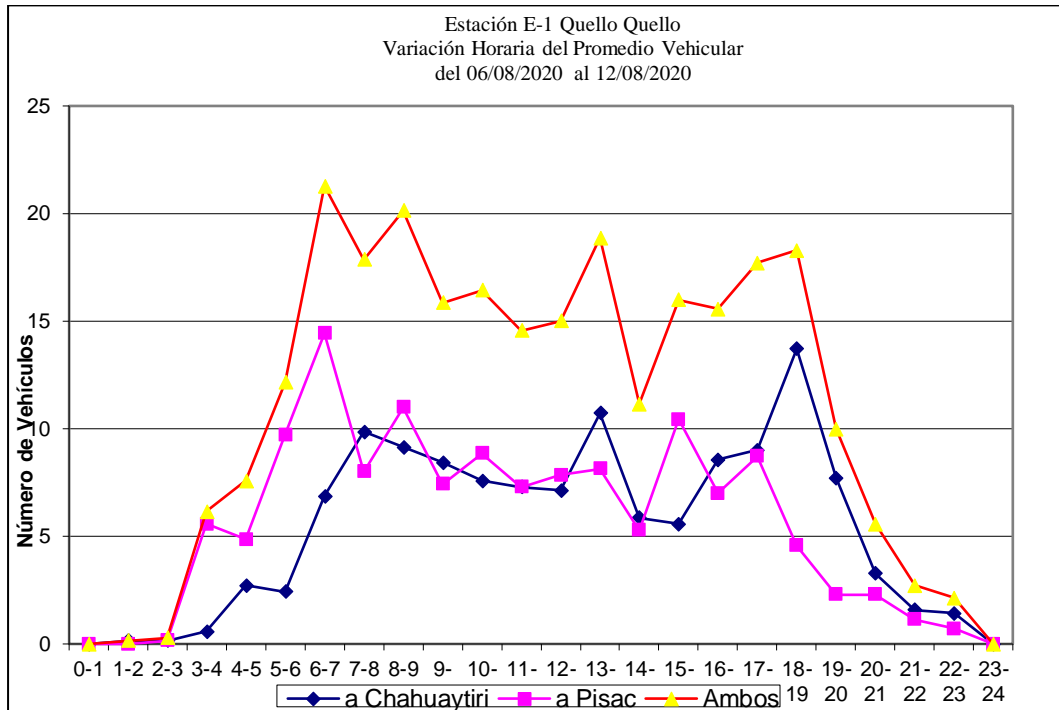
Tabla 68

Promedio de Variación Horaria, Estación E-1 Quello Quello.

VARIACION HORARIA DEL PROMEDIO DIARIO			
HORAS	SENTIDO DEL TRAFICO		AMBOS
	a Quello Quello	a Colquepata	
0-1	0	0	0
1-2	0	0	0
2-3	0	0	0
3-4	0	0	0
4-5	1	0	1
5-6	2	2	4
6-7	4	3	7
7-8	5	5	10
8-9	3	4	7
09-10	4	3	7
10-11	4	4	8
11-12	5	4	9
12-13	4	4	8
13-14	3	4	7
14-15	4	4	8
15-16	4	4	8
16-17	5	5	10
17-18	4	4	8
18-19	5	3	8
19-20	3	2	5
20-21	1	1	2
21-22	1	0	1
22-23	0	0	0
23-24	0	0	0
TOTAL	62	56	118

Figura 76

Variación horaria del Promedio vehicular E-1 Quello Quello



9.3.1.5 Análisis de la Composición de los tipos de Vehículos E-1 Quello Quello

El flujo vehicular actual en el tramo Dv. Ruinas - Chahuaytiri está conformado por vehículos ligeros con 89.24%, los vehículos pesados representan el 10.76%, en este rubro se detectan los vehículos de 2 ejes con 8.34%, y los vehículos de 3 ejes con 1.99% del total del flujo vehicular, respectivamente.

Figura 77

Clasificación vehicular del promedio E-1 Quello Quello.

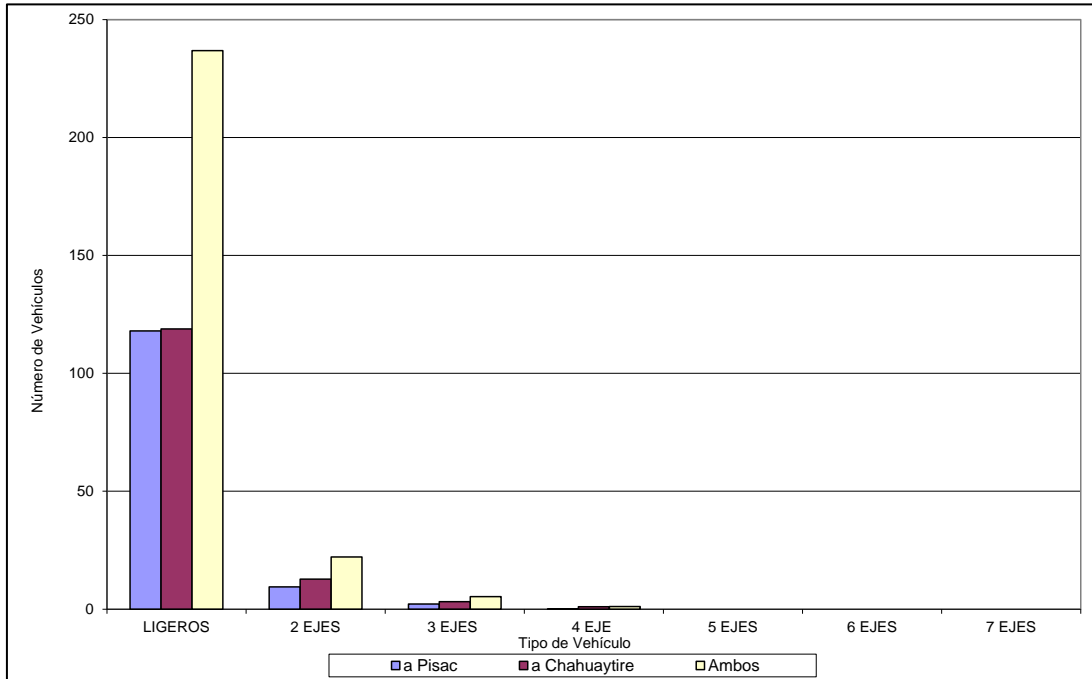
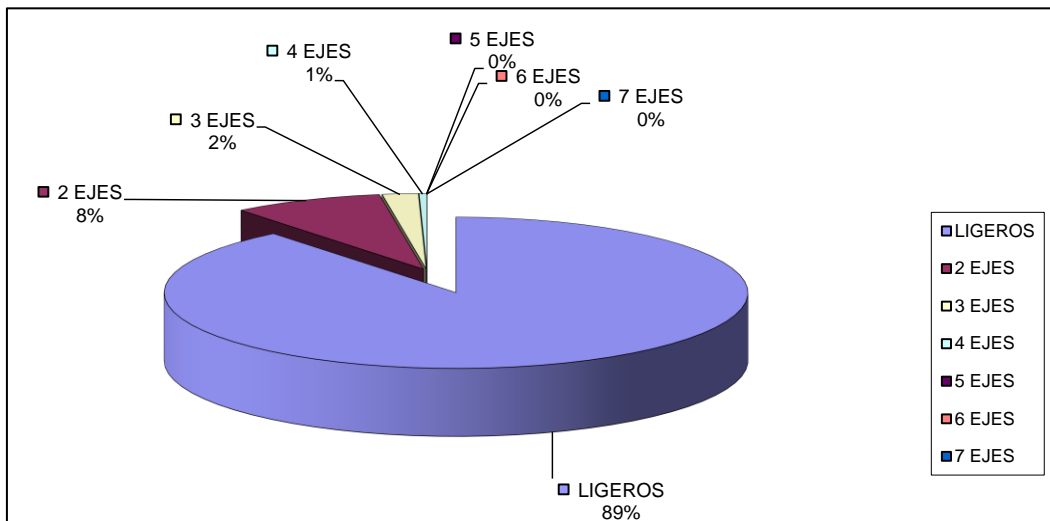


Figura 78

Distribución Porcentual por tipo de vehículos E-1 Quello Quello



9.4 Demanda Proyectada

La información levantada servirá de un lado como base para el estudio de la proyección de la demanda para el período de análisis; y en este contexto, para establecer el número de Ejes Equivalentes (EE) de diseño para el pavimento. El Ingeniero Responsable deberá sustentar si hay razones para establecer que el crecimiento de la demanda seguirá una tendencia histórica identificable con información previa existente o si ésta será modificada por factores socioeconómicos, acompañando el análisis justificatorio.

9.4.1 Factor direccional y factor carril

El factor de distribución direccional expresado como una relación, que corresponde al número de vehículos pesados que circulan en una dirección o sentido de tráfico, normalmente corresponde a la mitad del total de tránsito circulante en ambas direcciones, pero en algunos casos puede ser mayor en una dirección que en otra, el que se definirá según el conteo de tráfico.

El tráfico para el carril de diseño del pavimento tendrá en cuenta el número de direcciones o sentidos y el número de carriles por calzada de carretera

Factores de Distribución Direccional y de Carril para determinar el Tránsito en el Carril de Diseño.

Tabla 69*Distribución direccional y de carril.*

Número de Calzadas	Número de sentidos	Número de carriles por sentido	Factor Direccional (Fd)	Factor Carril (Fc)	Factor Ponderado Fd x Fc para carril de diseño
	1 sentido	1	1.00	1.00	1.00
1 calzada (para IMDa total de la calzada)	1 sentido	2	1.00	0.80	0.80
	1 sentido	3	1.00	0.60	0.60
	1 sentido	4	1.00	0.50	0.50
2 calzadas con separador central (para IMDa total de las dos calzadas)	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
	2 sentidos	3	0.50	0.60	0.30
	2 sentidos	4	0.50	0.50	0.25

Fuente: Manual de carreteras, Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2013.

9.4.2 Tasa de Crecimiento.

La tasa de crecimiento vehicular se puede calcular utilizando la siguiente formula.

$$T_n = T_0(1 + r)^{n-1}$$

Donde:

T_n = Tránsito proyectado al año “n” en veh/día.

T₀ = Tránsito actual (año base 0) en veh/día.

n = Años del período de diseño.

i = Tasa anual de crecimiento del tránsito que se define en correlación con la dinámica de crecimiento socio-económico(*) normalmente entre 2% y 6% a criterio del equipo del estudio.

Estas tasas pueden variar sustancialmente si existen proyectos de desarrollo específico por implementarse a corto plazo en la zona de la carretera en estudio.

La proyección se puede también dividirse en dos partes. Una proyección para Vehículos de pasajero que crecerá aproximadamente al ritmo de la tasa de crecimiento de la población. Y otra proyección para vehículos de carga que crecerá aproximadamente con la tasa de crecimiento de la economía de una región determinada.

9.4.2.1 Tasas de Crecimiento del Tráfico

Dadas las limitaciones en la demanda por las condiciones del transporte local de pasajeros y carga, por efectos del estado de emergencia para combatir el COVID 19, se ha visto por conveniente emplear las tasas de crecimientos propuestas por el MEF en la Ficha Técnica estándar de proyectos. De acuerdo a la ponderación de los resultados de los viajes obtenidos en las encuestas origen – destinos se ha determinado las tasas de crecimiento de la demanda vinculadas a la región Cusco siendo las siguientes estimaciones obtenidas a base de las estadísticas disponibles del INEI.

Tabla 70*Tasas de crecimiento región Cusco.*

Tasa de Crecimiento de Vehículos Ligeros		Tasa de Crecimiento de Vehículos Pesados	
	TC		PBI
Amazonas	0.62%	Amazonas	3.42%
Ancash	0.59%	Ancash	1.05%
Apurimac	0.59%	Apurimac	6.65%
Arequipa	1.07%	Arequipa	3.37%
Ayacucho	1.18%	Ayacucho	3.60%
Cajamarca	0.57%	Cajamarca	1.29%
Callao	1.56%	Callao	3.41%
Cusco	0.75%	Cusco	4.43%
Huancavelica	0.83%	Huancavelica	2.33%
Huanuco	0.91%	Huanuco	3.85%
Ica	1.15%	Ica	3.54%
Junin	0.77%	Junin	3.90%
La Libertad	1.26%	La Libertad	2.83%
Lambayeque	0.97%	Lambayeque	3.45%
Lima Provincia	1.45%	Lima Provincia	3.07%
Lima Metropolitana	1.45%	Lima Metropolitana	3.69%
Loreto	1.30%	Loreto	1.29%
Madre de Dios	2.58%	Madre de Dios	1.98%
Moquegua	1.08%	Moquegua	0.27%
Pasco	0.84%	Pasco	0.36%
Piura	0.87%	Piura	3.23%
Puno	0.92%	Puno	3.21%
San Martín	1.49%	San Martín	3.84%
Tacna	1.50%	Tacna	2.88%
Tumbes	1.58%	Tumbes	2.60%
Ucayali	1.51%	Ucayali	2.77%

Nota: MEF ficha estándar/Modificación propia.

Se ha determinado emplear una tasa de crecimiento de la población y del PBI para la región de Cusco en el tramo de estudio, Km 06+720 al Km 18+480.

Tabla 71

Tasas de crecimiento de la demanda

TASAS DE CRECIMIENTO EN LA REGIÓN DE CUSCO	
Tasa de crecimiento vehículos ligeros	0.75%
Tasa de crecimiento vehículos pesados	4.43%

De acuerdo a la clasificación de tipos de vehículos, se denomina vehículos ligeros a autos, station wagon, camionetas pick up, camionetas panel, camionetas rurales y micro, siendo vehículos pesados los buses y camiones. Las proyecciones de tráfico por sentido de circulación se presentan a continuación:





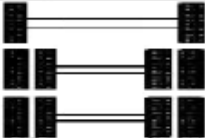

9.4.3 Número de repeticiones de ejes equivalentes

Para todo diseño de pavimento, la demanda que corresponde es el tráfico pesado de ómnibus y de camiones es la que preponderantemente tiene importancia.

El efecto del tránsito se mide en la unidad definida, por AASHTO, como Ejes Equivalentes (EE) acumulados durante el período de diseño tomado en el análisis. AASHTO definió como un EE, al efecto de deterioro causado sobre el pavimento por un eje simple de dos ruedas convencionales cargado con 8.2 ton de peso, con neumáticos a la presión de 80 lbs/pulg². Los Ejes Equivalentes (EE) son factores de equivalencia que representan el factor destructivo de las distintas cargas, por tipo de eje que conforman cada tipo de vehículo pesado, sobre la estructura del pavimento.

Figura 79

Número de repeticiones de ejes equivalentes

Conjunto de Eje (s)	Nomenclatura	Nº de Neumáticos	Grafico
EJE SIMPLE (Con Rueda Simple)	1RS	02	
EJE SIMPLE (Con Rueda Doble)	1RD	04	
EJE TANDEM (1 Eje Rueda Simple + 1 Eje Rueda Doble)	1RS + 1RD	06	
EJE TANDEM (2 Ejes Rueda Doble)	2RD	08	
EJE TRIDEM (1 Rueda Simple + 2 Ejes Rueda Doble)	1RS + 2RD	10	
EJE TRIDEM (3 Ejes Rueda Doble)	3RD	12	

Fuente: Manual de carreteras, suelos geología, geotecnia y pavimentos, 2013.

Para el cálculo de los EE, se utilizarán las siguientes relaciones simplificadas, que resultaron de correlacionar los valores de las Tablas de la Guía AASHTO'93, para las diferentes configuraciones de ejes de vehículos pesados (buses y camiones) y tipo de pavimento.

Relación de cargas por eje para determinar ejes equivalentes (EE) para afirmados, pavimentos Flexibles y semirrígidos.

Tabla 72

Relación de cargas por eje para determinar ejes equivalentes

Tipo de Eje	Eje Equivalente (EE _{8.2 ton})
Eje Simple de ruedas simples (EE _{S1})	EE _{S1} = [P / 6.6] ^{4.0}
Eje Simple de ruedas dobles (EE _{S2})	EE _{S2} = [P / 8.2] ^{4.0}
Eje Tandem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE _{TA1})	EE _{TA1} = [P / 14.8] ^{4.0}
Eje Tandem (2 ejes de ruedas dobles) (EE _{TA2})	EE _{TA2} = [P / 15.1] ^{4.0}
Ejes Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE _{TR1})	EE _{TR1} = [P / 20.7] ^{3.9}
Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EE _{TR2})	EE _{TR2} = [P / 21.8] ^{3.9}
P = peso real por eje en toneladas	

Fuente: Manual de carreteras, suelos geología, geotecnia y pavimentos, 2013.

9.5 Cálculo DE ESSAL.

9.5.1 Estación de Quello Quello

Tabla 73

Datos de tasa de crecimiento.

Tasa anual de crecimiento de vehículos ligeros	r	0.75%
Tasa anual de crecimiento de vehículos Pesados	r	4.43%
Tiempo que pasa del estudio del proyecto hasta la ejecución	n	2

$$T_n = T_0(1 + r)^{n-1}$$

T_n = Transito proyectado al año n en veh/dia

T₀ = Transito actual (año base) en veh/dia

n = Año futuro de proyeccion

r = Tasa anual anual de crecimiento de transito

La población futura de Vehículos hasta la ejecución del proyecto será.

Tabla 74

Número de vehículos proyectados para 2022

		Vehículos Ligeros						Vehículos Pesados						
		Automovil		Camionetas				Omnibus			Camion			Semitrayler
		Automovil	S. Wagon	Pick Up	Panel	Rural	Micro	2E	3E	4E	2E	3E	4E	2S1
2022	TOTAL	158	42	36	4	92	3	0	0	0	33	8	2	0

Para el cálculo del Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2 ton, en el período de diseño, se usará la siguiente expresión por tipo de vehículo que transita por la vía; el resultado final será la sumatoria de los diferentes tipos de vehículos pesados considerados en dicho tramo:

Tabla 75

Cálculo de relación de carga por eje

TIPO DE VEHICULO		IMDA	TIPO	NUMERO	CARGA	"f" P	f IMDA
		2024	EJE	LLANTA	EJE Tn	FLEXIBLE	FLEXIBLE
VEHICULOS LIGEROS	Automovil	157.68	SIMPLE	2	1	0.000527	0.083101
		157.67	SIMPLE	2	1	0.000527	0.083094
	S. Wagon	42.45	SIMPLE	2	1	0.000527	0.022371
		42.44	SIMPLE	2	1	0.000527	0.022369
	Pick Up	36.08	SIMPLE	2	1	0.000527	0.019014
		36.07	SIMPLE	2	1	0.000527	0.019011
	Panel	3.75	SIMPLE	2	1	0.000527	0.001978
		3.75	SIMPLE	2	1	0.000527	0.001978
	Rural	91.84	SIMPLE	2	1	0.000527	0.048403
Micro		91.83	SIMPLE	2	1	0.000527	0.048396
		3.47	SIMPLE	2	1	0.000527	0.001827
		0.00	SIMPLE	2	1	0.000527	0.000000
OMNIBUS	2E	0.00	SIMPLE	2	7	1.265367	0.000000
		0.00	SIMPLE	4	11	3.238287	0.000000
	3E	0.00	SIMPLE	2	7	1.265367	0.000000
		0.00	TANDEM	6	16	1.365945	0.000000
	4E	0.00	TANDEM	4	14	2.196447	0.000000
	0.00	TANDEM	6	16	1.365945	0.000000	
CAMION	2E	33.38	SIMPLE	2	7	1.265367	42.239602
		33.37	SIMPLE	4	11	3.238287	108.050399
	3E	8.07	SIMPLE	2	7	1.265367	10.213674
		8.07	TANDEM	8	18	2.019213	16.291289
	4E	1.78	SIMPLE	2	7	1.265367	2.250471
		1.78	TRIDEM	10	23	1.508184	2.681136

182.078113

Tabla 76*Cálculo de número de ejes equivalentes*

Tasa Anual de Crecimiento Vehiculos Pesados	r:	0.0443
Tiempo de Vida Util del Pavimento	n:	10
Factor Fca Vehiculos Pesados $Factor\ Fca = \frac{(1+r)^n - 1}{r}$	Fca	12.2483
N° de Calzada, Sentido y Carriles por Sentido		1 Calzada, 2 Sentidos y 1 Carril por Sentido.
Factor Direccional * Factor de Carril	Fc*Fd	0.5
Numero de Ejes Equivalentes (ESAL)		
#EE= 365 * ($\Sigma f. IMDA$) * Fd * Fc * Fca	ESAL	407001

2034

El rango de ejes equivalente (EE) determinados para el ramo de Dv. Ruinas – Quello Quello, es de 407001 EE.

CAPITULO X

10. DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO

10.1 Metodología a emplear

De acuerdo a las características del parque automotor habitual previsto para el camino de conexión y a las cargas propias para dicho tránsito, se requiere un pavimento a nivel definitivo, que otorgue al usuario la comodidad y la seguridad necesaria, que sea compatible con las características geométricas y que se conserve durante un lapso de tiempo aceptable, de manera que no se afecte la transpirabilidad de los usuarios.

Los Términos de Referencia, en función del alcance requerido para el Diseño de pavimento básico dentro del Plan de Mejoramiento establece el uso de metodologías AASHTO u otros, según normativa vigente, adjuntando los cálculos respectivos e indicando las condiciones asumidas.

En ese sentido, considerando lo establecido en el Documento Técnico Soluciones Básicas en carreteras no pavimentadas publicada en 2015 por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, el cual en su ítem 9.1.g establece lo siguiente:

El diseño de los espesores se realizará según los ejes equivalentes proyectados:

- ✓ Para ejes equivalentes inferiores o iguales a 106, se empleará los métodos USACE y NAASRA.
- ✓ Para ejes equivalentes superiores a 106 se empleará el método AASHTO 1993, que establece el empleo de Número Estructural.”

Basado en lo anterior y verificando que el ESAL de diseño para el tramo es inferior a 10^6 , se ha planteado el diseño de la estructura de pavimento empleando la metodología NAASRA (National

Association of Australian State Road Authorities, hoy AUSTROADS), para el periodo de diseño de 10 años, empleando su ecuación establecida en el nomograma empírico de diseño el cual provee un adecuado diseño para el tráfico en términos de ahuellamiento y pérdida de material. Relaciona el valor soporte del suelo (CBR) y la carga actuante sobre la base granular, expresada en número de repeticiones de EE.

10.2 Identificación y descripción de los parámetros de diseño AUSTROADS

La ecuación básica para el cálculo del espesor de base granular es la siguiente:

$$e = [219 - 211 \times (\log_{10} CBR) + 58 \times (\log_{10} CBR)^2] \times \log_{10} \left(\frac{N_{rep}}{120} \right)$$

A partir de esta ecuación se desprenden las siguientes variables:

e = espesor de la capa de base granular en mm.

CBR = valor del CBR de la sub rasante.

N_{rep} = número de repeticiones de EE para el carril de diseño.

Se establece además su aplicación para sub rasantes con $CBR > 6\%$ hasta un $CBR < 30\%$ y tráfico con número de repeticiones de hasta 10^6 ejes equivalentes.

10.3 El tránsito

Es estimado como la repetición de ejes equivalentes de 8,2 t (ESAL), que se registra en un periodo de tiempo determinado.

Para efectos de diseño, la estimación consiste en proyectar el volumen medio diario de vehículos pesados, considerando el factor de deterioro que produce su combinación de ejes en un periodo de análisis. El factor de equivalencia de carga es determinado mediante operativos de pesaje,

para su cálculo existen diferentes metodologías, como la ley de la cuarta potencia y AASHTO entre otras.

A continuación, se presentan los resultados de ejes equivalentes estimados para periodo de servicio del proyecto.

Tabla 77

Resultados de Ejes Equivalentes (EE)

ESTACION	RESULTADOS DE EJES EQUIVALENTES
Quello Quello	407001

10.4 CBR de diseño

El CBR es una medida de la capacidad de soporte del suelo de sub rasante, en donde se presentan los resultados de CBR de diseño determinado para cada tramo.

Tabla 78

Caracterización del CBR para el diseño estructural del pavimento.

PROGR.	ESTR.	PROF. (m)	CLASIFICACIÓN			CONTENIDO O DE HUMEDAD (%)	PROCTOR MODIFICADO		CBR			CBR PONDERADO (%)
			SUCS	AASHTO	I. GRUPO		M.D.S. (Gr/Cm ³)	O.C.H. (%)	95% (0.1")	100% (0.1")	EXP.	
Km 06+720 - Km 09+800	E-1	0.20	SC - SM	A-1-b	0	2.28	2.162	6.4	21.8	36.7	0.2	14.23
	E-2	1.30	SC	A-2-4	0	5.14	2.176	7.1	14.2	21.7	0.7	
Km 09+800 - Km 11+000	E-1	0.20	GC	A-2-4	0	4.76	2.171	8.6	10.5	29.3	0.8	4.01
	E-2	1.30	SC	A-6	(1)	11.31	2.027	13.4	4.0	6.5	1.6	
Km 11+000 - Km 13+500	E-1	0.04	SC	A-2-4	0	5.53	2.138	9.2	13.5	18.4	0.8	12.1
	E-2	0.90	GC	A-2-4	0	8.28	2.175	7.6	14.0	23.1	0.7	
	E-3	0.56	CL	A-6	(7)	13.86	1.945	16.5	4.2	5.2	3.2	
Km 13+500 - Km 15+900	E-1	0.15	GP - GC	A-2-4	0	5.89	2.182	8.6	11.4	19.0	0.8	14.57
	E-2	0.15	GC	A-2-4	0	7.71	2.165	8.8	11.0	19.3	1.6	
	E-3	0.75	GC	A-2-4	0	4.49	2.190	6.2	17.2	29.1	0.4	
	E-4	0.45	CL	A-6	(3)	16.58	1.931	15.3	2.5	3.3	2.9	
Km 15+900 - Km 16+800	E-1	0.15	GC - GM	A-1-b	0	3.89	2.192	6.1	28.4	53.2	0.2	5.7
	E-2	0.40	GC	A-2-4	0	4.36	2.186	7.1	17.6	25.8	0.3	
	E-3	0.95	CL	A-6	(5)	18.14	1.962	15.1	2.7	5.0	3.3	
Km 16+800 - Km 18+480	E-1	0.25	GC - GM	A-1-b	0	5.25	2.192	6.0	28.0	42.7	0.1	8.65
	E-2	0.15	GC	A-2-4	0	4.38	2.187	5.7	18.7	28.0	0.3	
	E-3	1.10	GC	A-2-4	0	11.21	2.162	10.2	8.4	12.9	0.4	

10.5 Estructuración del Pavimento.

La estructuración final del pavimento se realiza mediante el cálculo de los espesores que son necesarios a fin de satisfacer el número estructural requerido, mediante la expresión:

$$e = [219 - 211 \times (\log_{10} CBR) + 58 \times (\log_{10} CBR)^2] \times \log_{10} \left(\frac{N_{rep}}{120} \right)$$

De la ecuación anterior se tiene los siguientes resultados.

Cálculo de espesor para Subbase Granular

Tabla 79

Cálculo de espesor para Subbase Granular

Tramo	Progr. Início	Progr. Final	Longitud (m)	CBR (%)	ESAL 2022 - 2032	CBR (%)Diseño Adoptado	Espesor de la Estructura del Pav. (Cm)	Espesor Final de la Estructura del Pav. (Cm)
Dv. Ruinas - Quello Quello	06+720	09+800	3.080	14.2	407001	20%	24.6	25
Quello Quello - Chahuaytire	09+800	11+000	1.200	4.0	407001			
	11+000	13+500	2.500	12.1	407001			
	13+500	15+900	2.400	14.6	407001			
	15+900	16+800	0.900	5.7	407001			
	16+800	18+480	1.680	8.7	407001			

Con la finalidad de uniformizar, la solución que se plantea para este tramo de estudio, es conformar la estructura del pavimento con un espesor de 25 cm, sobre la superficie existente, como se puede observar del cuadro anterior los espesores varían desde un mínimo de 22.2 cm hasta un máximo de 24.6 cm de la estructura del pavimento.

CONCLUSIONES:

1. Se identificó la litología local de emplazamiento de la carretera, tramo Dv. Ruinas - Chahuaytire (km 6+720-km 18+480), que está conformada por depósitos coluviales de (1888 m), depósitos fluvioglaciares (5320 m), materiales de la Formación Pachatusan pertenecientes al Grupo Mitu (1592 m), y la formación Paucartambo (2060 m).

Progresiva Km		Progresiva Parcial Km		Longitud Km	Geología Local
Inicio	Fin	Inicio	Fin		
06+000	07+000	06+720	07+000	0.280	Mat. Coluvial
		07+000	07+088	0.088	Mat. Coluvial
07+000	08+000	07+088	07+980	0.892	Formación Pachatusan
		07+980	08+000	0.020	Mat. Coluvial
08+000	09+000	08+000	08+620	0.620	Mat. Coluvial
		08+620	09+000	0.380	formación Pachatusan
		09+000	09+060	0.060	formación Pachatusan
09+000	10+000	09+060	09+300	0.240	Mat. Coluvial
		09+300	09+560	0.260	formación Pachatusan
		09+560	10+000	0.440	formación Pisac
10+000	11+000	10+000	10+280	0.280	formación Pisac
		10+280	11+000	0.720	Mat. Fluvioglacial
11+000	12+000	11+000	11+460	0.460	Mat. Fluvioglacial
		11+460	12+000	0.540	formación Pisac
12+000	13+000	12+000	12+360	0.360	formación Pisac
		12+360	13+000	0.640	Mat. Coluvial
13+000	14+000	13+000	13+560	0.560	formación Pisac
		13+560	14+000	0.440	Mat. Fluvioglacial
		14+000	14+540	0.540	Mat. Fluvioglacial
14+000	15+000	14+540	14+880	0.340	formación Pisac
		14+880	15+000	0.120	Mat. Fluvioglacial
15+000	16+000	15+000	16+000	1.000	Mat. Fluvioglacial
		16+000	16+240	0.240	Mat. Fluvioglacial
16+000	17+000	16+240	16+680	0.440	formación Pisac
		16+680	17+000	0.320	Mat. Fluvioglacial
17+000	18+000	17+000	18+000	1.000	Mat. Fluvioglacial
18+000	19+000	18+000	18+480	0.480	Mat. Fluvioglacial

2. Se determinó el comportamiento de la subrasante, mediante el estudio de 23 calicatas a cielo abierto cada 500 m con una profundidad de 1.50 m. Según la clasificación de suelos SUCS, se determinó la existencia de suelos de tipo GP-GC, SC y CL que consisten en gravas mal gradadas con arcillas y limos, arenas arcillosas con limos y arcillas de baja compresibilidad, según el sistema AASHTO estos suelos se clasifican como, A-1-a (0), A-1-b (0), A-2-4(0) y A-6(5). Los suelos de tipo GP-GC son materiales coluviales procedentes del grupo Mitu y de aporte de trabajos anteriores para el mantenimiento de la vía, y los suelos SC y CL provienen de suelos fluvio glaciares y formación Paucartambo. La capacidad portante obtenidos de la subrasante varían de acuerdo al tipo de suelo a lo largo de la carretera, se trata de categoría insuficiente, regular a buena, estos valores de CBR están categorizados en función al 95% de la máxima densidad seca (MDS), estos valores estan en el rango de 4.01% hasta 14.57 %. Por otro lado, en los macizos rocosos se hicieron 4 ventanas estructurales de los cuales las estaciones 1,3 y 4 cataloga los afloramientos encontrados en la vía como CALIDAD MEDIA y CLASE III, a excepción de la Ventana estructural 2 que se encuentra afectada por una falla regional, la cual es de CALIDAD MALA y CLASE IV según la clasificación RMR de Bieniawski.

3. Lo primordial del diseño de pavimentos, es contar con una estructura sostenible y económica que permita la circulación de los vehículos de una manera cómoda y segura, durante un periodo fijado por las condiciones de desarrollo, tomando en cuenta todas y cada una de las variables que se consideran en el diseño del mismo, mientras más información se tenga y ésta sea lo más precisa y fidedigna posible, el diseño será más seguro, evitando deterioros prematuros de la estructura del pavimento. El método utilizado para el diseño de pavimento en este trabajo es el método NAASRA, por lo que el punto más importante es garantizar la capacidad portante de los materiales de la subrasante. Se concluye que de acuerdo al conteo de vehículos se obtuvo 407001 EE, y en cuanto al

CBR de la subrasante se adoptó un mínimo de 20% con los cuales se determinó que los espesores a manejarse en este diseño son 15 cm de subbase, 10 cm de base y 5.08 cm de carpeta asfáltica.

4. En el proceso de extracción del material de cantera, se ubicó la cantera Chahuaytire, que es la más próxima y accesible, así la extracción se hace un poco más sencilla y económica. Determinando las siguientes propiedades físico- mecánicas.

Resultados de estudio de cantera Chahuaytire para subbase

ENSAYO	NORMA	Especificación	RESULTADO	Requerimiento
Clasificación AASTHO	M145	-	A-1-a (0)	-
Clasificación SUCS - ASTM	D2487	-	GW-GM	-
Humedad Natural	MTC E 108	-	6.42 %	-
Índice de Plasticidad	MTC E 111	4 % Max.	3.7 %	Cumple
Equivalente de arena	MTC E 114	25 % min	55.7 %	Cumple
Máxima densidad (gr/cm ³)	MTC E 115	-	2.148 %	
CBR (%)	MTC E 132	40 % min.	46.7 %	Cumple
Humedad Optima	MTC E 115	-	7.5 %	
Abrasión (%)	MTC E 207	50 % Max	36.6 %	Cumple
Sales Solubles (Ag. Grueso)	MTC E 219	1 % Max	0.12 %	Cumple
Sales Solubles (Ag. Fino)	MTC E 219	1 % Max	0.09 %	Cumple
Partículas de Chatas y Alargadas		20 % Max.	10.53 %	Cumple

Para que material sea utilizado como base, será necesario realizar una combinación de dos canteras (Cantera Chahuaytire 70% - Cantera Pisac 30%), cuyos resultados se muestran a continuación.

Resultados de estudio de cantera Mezcla Cantera Chahuaytire y Pisac, para Base

ENSAYO	NORMA		RESULTADO	Especificación
Clasificación AASTHO	M145	-	A-1-a (0)	-
Clasificación SUCS - ASTM	D2487	-	GW	-
Humedad Natural	MTC E 108	-	4.8%	-
Índice de Plasticidad	MTC E 111	2 min	4.4%	Cumple
Equivalente de arena	MTC E 114	45 min	51.3	Cumple
Máxima densidad (gr/cm ³)	MTC E 115	-	2.163	Cumple
CBR (%)	MTC E 132	80 min.	81.2%	Cumple
Humedad Optima	MTC E 115	-	7.1%	Cumple
Abrasión (%)	MTC E 207	50 Max	29.5%	Cumple
Durabilidad al sulfato de Magnesio (Ag. Grueso)	MTC E 209	18 Max.	9.42%	Cumple
Durabilidad al sulfato de magnesio (Ag. Fino)	MTC E 114	15 máx.	5.09%	Cumple
Partículas con una cara fracturada	MTC E 210	80 min.	83.2%	Cumple
Partículas con dos caras fracturadas	MTC E 210	50 min.	76.1%	Cumple
Sales Solubles (Ag. Grueso)	MTC E 219	0.50 Max	0.26%	Cumple
Sales Solubles (Ag. Fino)	MTC E 219	0.50 Max	0.21%	Cumple

La naturaleza y propiedades físico- mecánicas de dichos materiales, así como las formas en que se presentan y su disponibilidad, serán los factores principales que determinarán los usos de estos, así como el grado de procesamiento que requerirán antes de su empleo.

RECOMENDACIONES:

- Implementar sistemas de drenaje superficial y subdrenaje en sectores de deslizamiento, mediante zanjas de coronación y subdrenes. El sistema de recolección de aguas superficiales debe interceptar y conducir adecuadamente las aguas de lluvia y evitar su paso por el talud; mientras, el subdrenaje reducirá las presiones intersticiales, estas medidas deben ser diseñadas por un especialista. Revestir el canal de drenaje ubicado en el cuerpo del deslizamiento, con tuberías de PVC.
- Dar charlas de capacitación a las comunidades aledañas a la vía, para implementar el sistema de riego por aspersión y ya no se use el riego por inundación como vienen realizando en la actualidad.
- Se recomienda realizar el desate de rocas, instalar un sistema de enmallados y posteriormente la colocación del concreto shotcrete en los Km 08+960 al Km 09+040, ya que este sector está directamente afectado por la existencia de una falla geológica regional.
- Se recomienda realizar trabajos de mejoramiento a nivel de la subrasante para mejorar los valores del CBR, en los Km 09+800 hasta Km 11+000 y Km 15+900 hasta Km 16+800, los trabajos de mejoramiento serán por sustitución de material, y en los Km 06+720 hasta Km 09+800, Km 11+000 hasta Km 15+900 y Km 16+800 hasta Km 18+480, los trabajos de mejoramiento se realizarán por aporte de material a la subrasante, hasta obtener el valor de del CBR mínimo de 20% a lo largo de todo el tramo. Se debe tener en cuenta que, en un

suelo el contenido de arcilla es el elemento más peligroso de una carretera, debido a su gran sensibilidad al agua lo que produce la expansión de los suelos en infraestructuras viales.

- Se recomienda que los trabajos de la carpeta asfáltica sean asfalto en frío, porque ofrece facilidad de uso, rapidez de aplicación y versatilidad en climas variados por ende es más económico que el asfalto en caliente.

BIBLIOGRAFIA

1. Benavente, C.; Delgado, F.; Taípe, E.; Audin, L & Pari, W. (2013) - Geotectónica y peligro sísmico en la región Cusco. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 55, 261 p.
2. Carlotto, V., Cárdenas, J. y Carlier, G. (2011) - Geología del Cuadrángulo de Cusco 28-s - 1:50 000 INGEMMET, Boletín, Serie A: 138, 258p.
- 3.- Carlotto, V., Gil, W.; Cárdenas, J.; Chávez, R. (1996). Geología de los cuadrángulos de Urubamba y Calca. INGEMMET. Boletín. Serie A: Carta Geológica Nacional, n. 65, iv, 245 p
- 4.- Curse, Y., & Huaman, I. (s.f.). Estudio geológico-geotécnico para la factibilidad del asfaltado de la carretera San Salvador - Occoruro – progresivas 0+000 al 18+440 distrito de Calca- departamento del Cusco-Cusco[Tesis de Pregrado, Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco]. 2019. Repositorio institucional. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12918/4401>
- 5.- González, L.; Ferrer, M.; Ortuño, L. & Oteo, C., eds. (2002) - Ingeniería Geológica. Madrid: Pearson Educación, 732 p.
- 6.- Manual de Carreteras “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción” 1273 (EG – 2013) Revisada y Corregida a junio 2013
- 7.- Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” Sección: Suelos y Pavimentos
- 7.- Página de internet-matriz de consistencia
<https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/huejutla/article/view/318/4703>
- 8.- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007) - Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas. Santiago: Servicio Nacional de Geología y Minería, 432 p., Publicación Geológica Multinacional, 4.

- 9.- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (2020) – SENAMHI. (consulta: 03 de enero 2020). <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>.
- 10.- Vílchez, M. & Sosa, N. (2015) – Zonas críticas por peligros geológicos en la región Cusco. Informe técnico geología ambiental. INGEMMET, 100 p.
- 11.- Villota, H. (2005) - Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. 2. ed. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi .

ANEXOS

ANEXO 01
MATRIZ DE CONSISTENCIA

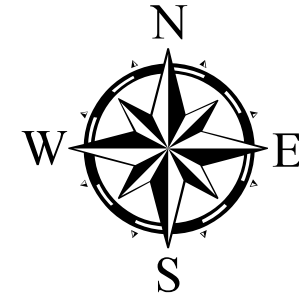
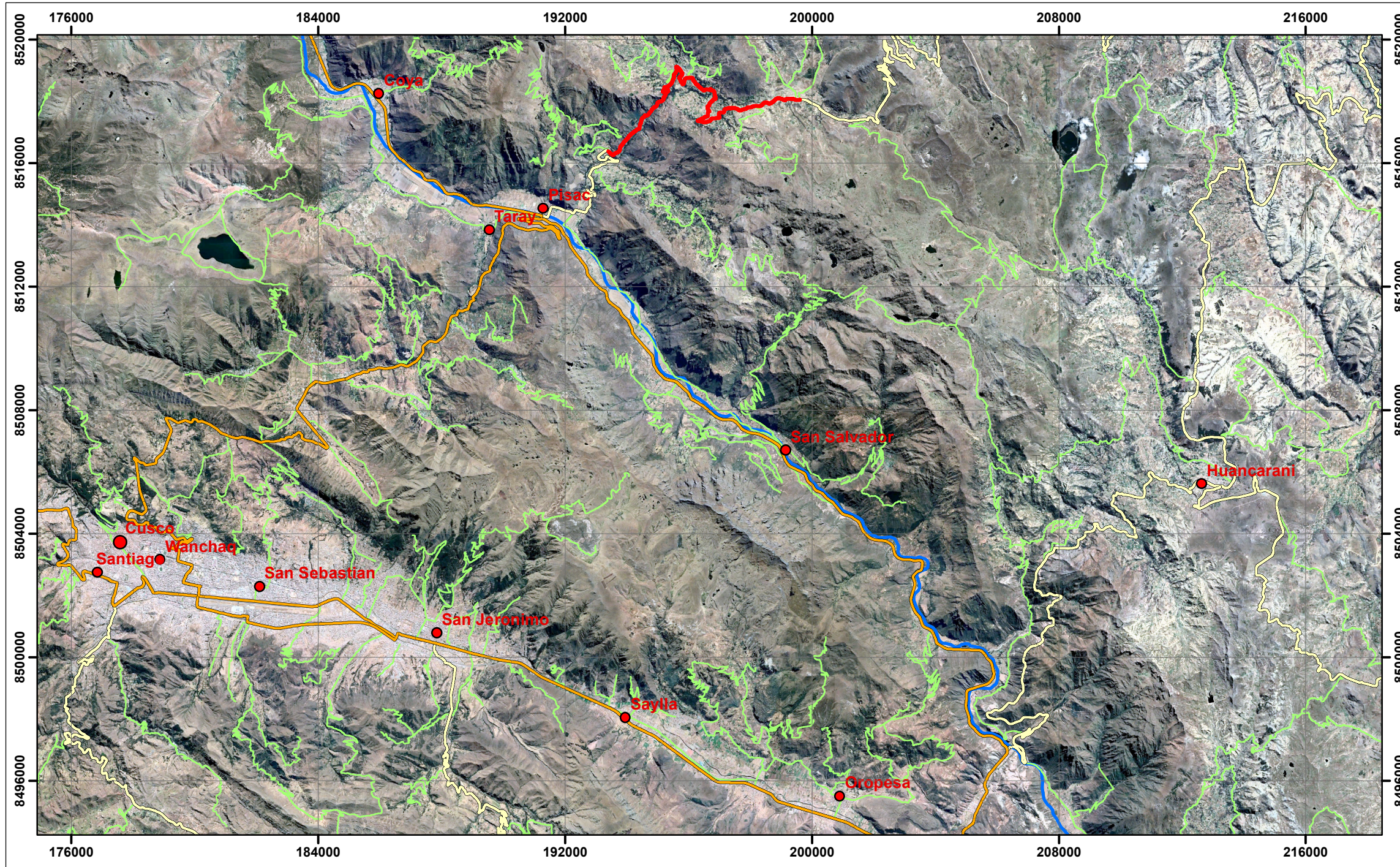
MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	PROYECTO	OPERACIONALIZACIÓN		
			HIPOTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGIA
Problema General	Objetivo General	<p align="center">" ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO EL METODO NAASRA, TRAMO DV. RUINAS CHAHAYTIRE (KM 06+720 AL KM 18 + 480). DISTRITO DE PISAC, PROVINCIA DE CALCA DEL DEPARTAMENTO DEL CUSCO".</p>	Hipótesis General	Variable Independiente	Tipo de Investigación
¿Cómo contribuirá el estudio geológico y geotécnicos en el diseño estructural del pavimento flexible utilizando el método NAASRA, tramo Dv. Ruinas – Chahuaytire (km 6+720 - km 18+480)?	Realizar el estudio Geológico - Geotécnico para el diseño estructural del pavimento flexible usando el método NAASRA en el tramo Dv. Ruinas - Chahuaytire (km 6+720-km 18+480).		El estudio geológico- geotécnico nos permitirá diseñar tomando en cuenta problemas geológicos y geotécnicos que se determinen en la vía, utilizando el método NAASRA tramo Dv. Ruinas - Chahuaytire (km 6+720-km 18+480).	Geología y Geotecnia	El presente trabajo de investigación según la profundidad será del tipo DESCRIPTIVO-CORRELACIONAL . El primero porque describiremos condiciones geológicas para tomar en cuenta en el diseño y correlacional porque los datos obtenidos en laboratorio se relacionaran entre si para un mejor diseño. Diseño de la investigación Según el manejo de variables el presente trabajo de investigación es NO EXPERIMENTAL , porque el presente trabajo sigue una metodología ya establecida para determinar los diferentes parámetros geológicos y geotécnicos a fin de garantizar el diseño del pavimento.
Problemas Específicos	Objetivos Específicos		Hipótesis Específicas	Variable Dependiente	Unidad de Analisis
1. ¿Cuáles son las formaciones geológicas que corta el tramo, Dv Ruinas – Chahuaytire (km 6+720-km 18+480)?	1.- Identificar las formaciones geológicas que corta el tramo Dv. Ruinas - Chahuaytire (km 6+720-km 18+480).		1.-Mediante el estudio geológico identificaremos las formaciones del grupo Mitu del tramo Dv. Ruinas - Chahuaytire (km 6+720-km 18+480).	Diseño estructural del pavimento flexible utilizando el método NAASRA.	Las características geológicas y geotécnicas del tramo Dv. Ruinas - Chahuaytire (km 06+720 - km 18+480).
2. ¿Cuáles serán las características geotécnicas, tanto de suelo como de roca a lo largo de la vía?	2.- Determinar las características geotécnicas tanto de suelo como de roca a lo largo de la vía.		2.- Las características geotécnicas de la subrasante nos determina que el CBR es alto y los macizos rocosos son buenos según la clasificación RMR a lo largo de la vía.		Población de Estudio En este caso nuestra población en estudio serán los 11.760 km que abarca el tramo de vía.
3. ¿Cuál será el espesor de la estructura del pavimento?	3.- Determinar el espesor de la estructura del pavimento flexible mediante el método NAASRA.	3.-El espesor estructural del pavimento flexible serán cercanos a 15 cm.		Selección de Muestra Las muestras de nuestra investigación serán las calicatas que se realizaran in situ cada 500 metros a lo largo de nuestra población para determinar las características geotecnicas.	
4. ¿Qué características físico-mecánicas debe cumplir la cantera que será usada en el diseño estructural del pavimento?	4.- Determinar las características físico-mecánicas de la cantera que será utilizada en el diseño estructural del pavimento.	4.- El tipo de suelo que encontraremos en la cantera a usarse en el diseño estructural del pavimento es GW-GC de acuerdo con la clasificación SUCS, A-1-a según la clasificación AASHTO, límite líquido 15%, índice de plasticidad de 4%, abrasión 30%.		Tamaño de muestra Las muestras serán tomadas de las calicatas seleccionadas de nuestra población, con un peso de hasta 45 kg para realizar los ensayos correspondientes en el laboratorio como: Granulometría, contenido de humedad, límites de consistencia, peso unitario suelto, peso unitario compactado, peso específico, densidad máxima, densidad mínima y CBR.	

ANEXO 02

MAPAS

MAPA DE UBICACION



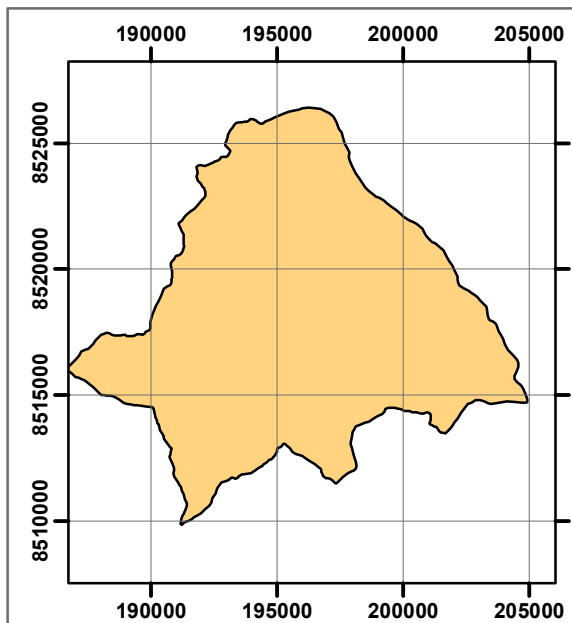
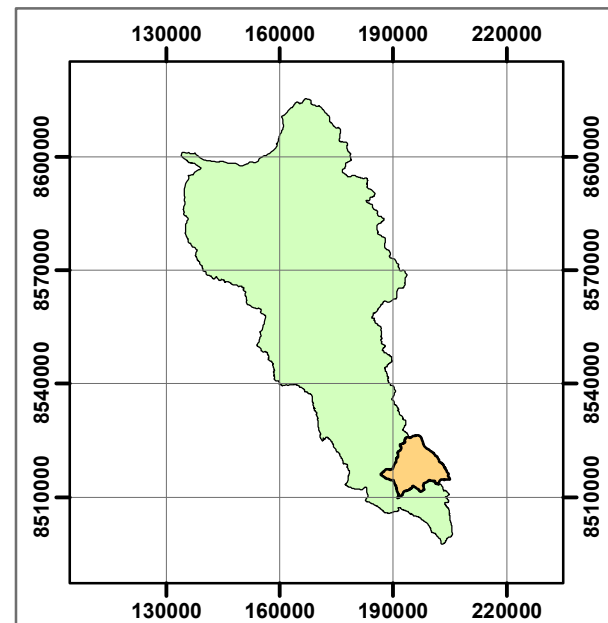
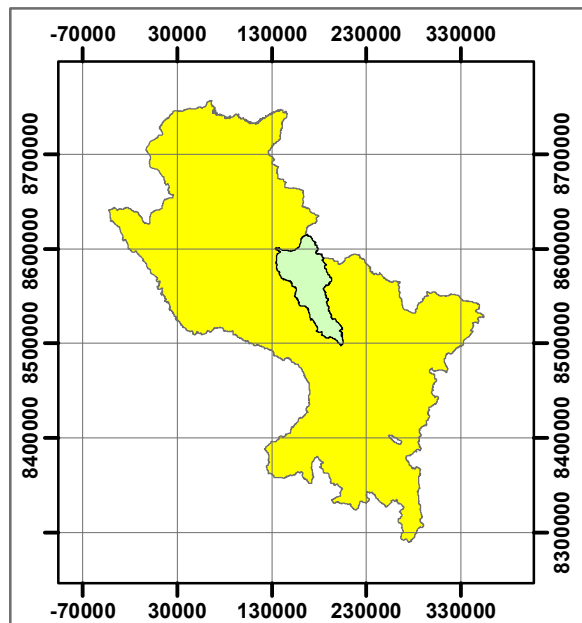
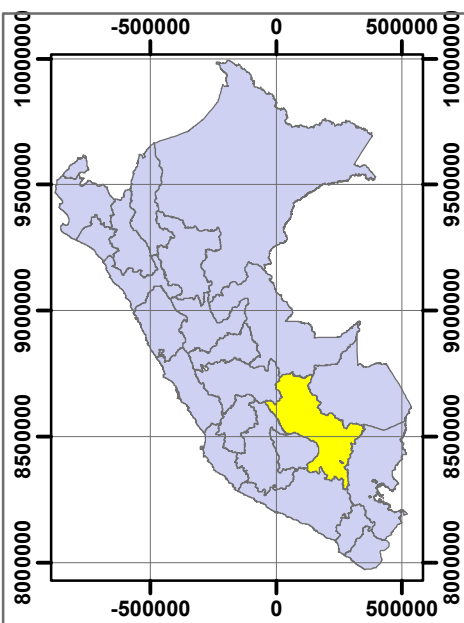
1:150,000




LEYENDA


- Cusco_Capital
- Distritos
- ~ Tramo de Estudio
- Red Vial Nacional
- Red Vial Departamental
- Red Vial Vecinal
- Rio Vilcanota

PUNTO	ZONA	LOCALIDAD	COORDENADAS WGS 84		
			NORTE	ESTE	ALTITUD
Inicio Tramo	19L	Dv. Ruinas	8516377.5	193404.36	3280 msnm.
	19L	Quello Quello	8518347	195238.31	3460 msnm.
	19L	Cuyo Grande	8517620	196622.53	3620 msnm.
Final Tramo	19L	Chahuaytire	8518056.1	199608.83	3810 msnm.





UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

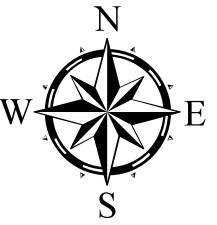
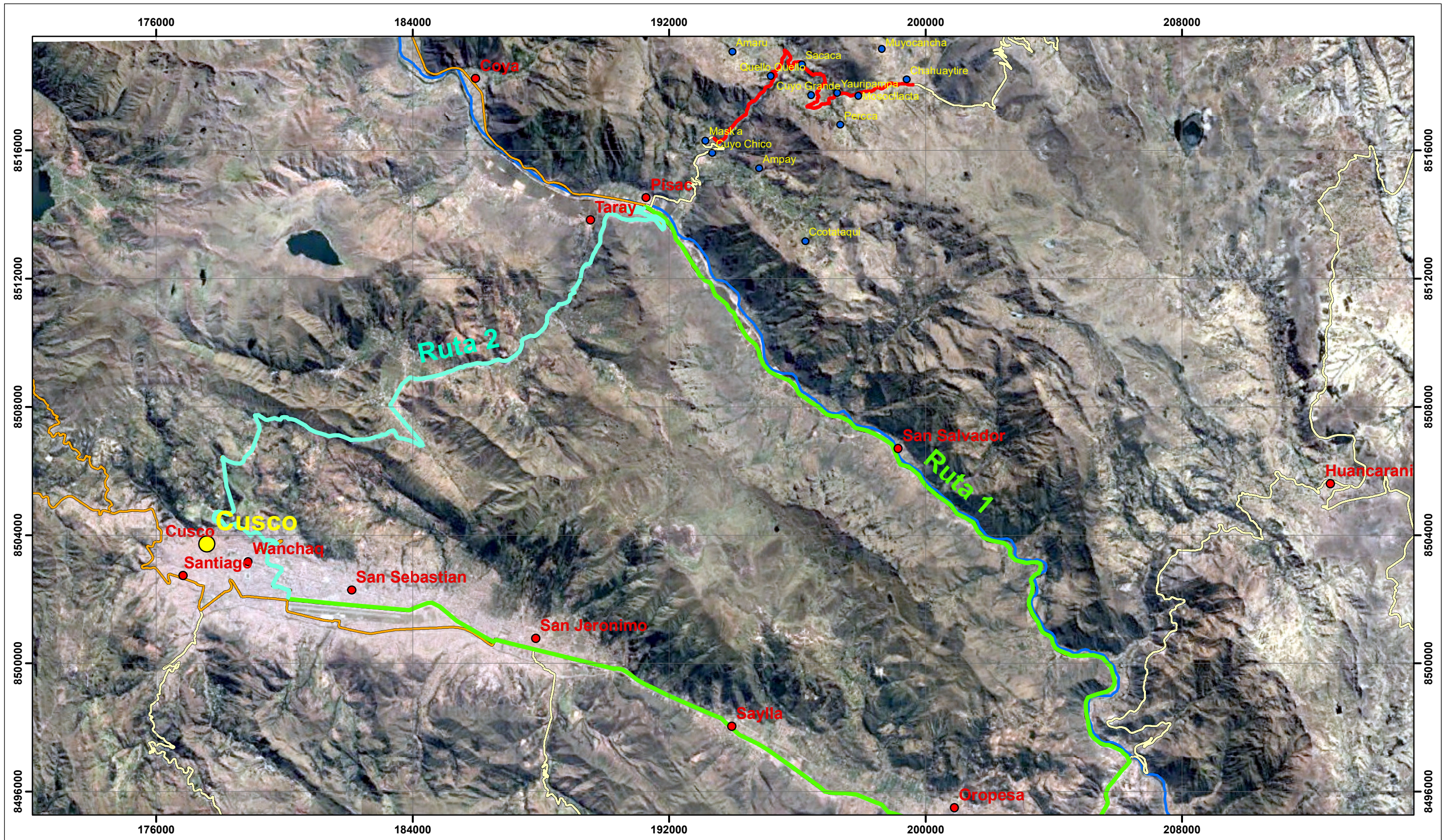


Tesis: Estudio Geologico y Geotecnico para el Diseño Estructural del Pavimento Flexible
Utilizando el Metodo NAASRA, Pisac -Calca - Cusco.
Asesor: Mg. Josefina Escalante Gutierrez

MAPA DE UBICACION

<p>Elaborado Por: Bach. Herbert Ataulluco Ramos Bach. Noemi Yahaira Quillas Pilares</p>	<p>Ubicación Departamento : Cusco Provincia : Calca Distrito : Pisac Sector : Dv. Ruina - Chahuaytire</p>
<p>Escala Indicada Fecha : Febrero 2024</p>	<p>Mp 01</p>

MAPA DE ACCESIBILIDAD



1:120,000

PUNTO	ZONA	LOCALIDAD	COORDENADAS WGS 84		
			NORTE	ESTE	ALTITUD
Inicio Tramo	19L	Dv. Ruinas	8516377.5	193404.36	3280 msnm.
	19L	Quello Quello	8518347	195238.31	3460 msnm.
	19L	Cuyo Grande	8517620	196622.53	3620 msnm.
Final Tramo	19L	Chahuaytire	8518056.1	199608.83	3810 msnm.



SIMBOLOGIA

- Cusco_Capital
- Distritos
- pueblos
- Ruta 2
- Ruta 1
- Tramo de Estudio
- Red Vial Nacional
- Red Vial Departamental
- Rio Vilcanota



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAAD DELCUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA



Tesis: Estudio Geologico y Geotecnico para el Diseño Estructural del Pavimento Flexible
Utilizando el Metodo NAASRA, Pisac - Calca - Cusco.

Asesor: Mg. Josefina Escalante Gutierrez

MAPA DE ACCESIBILIDAD

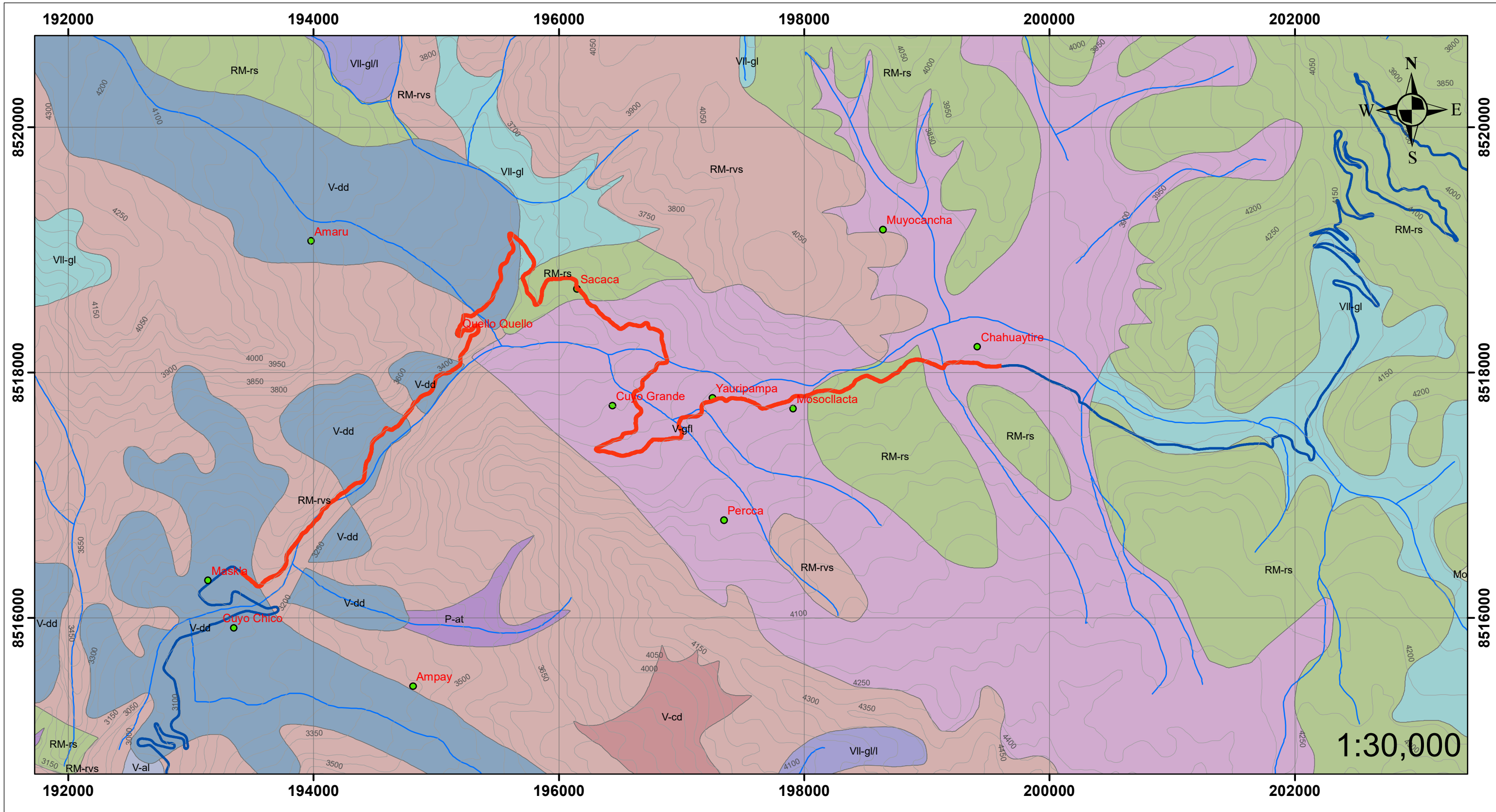
Elaborado Por:
Bach. Herbert Ataulluco Ramos
Bach. Noemi Yahaira Quillas Pilares

Ubicación
Departamento : Cusco
Provincia : Calca
Distrito : Pisac
Sector : Dv. Ruina - Chahuaytire

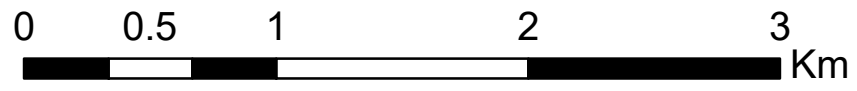
Escala Indicada
Fecha : Febrero 2024

Mp 02

MAPA GEOMORFOLOGICO REGIONAL



1:30,000

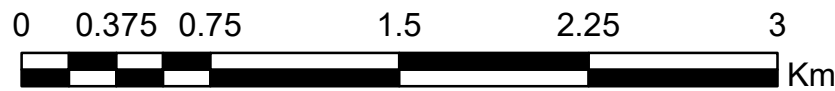
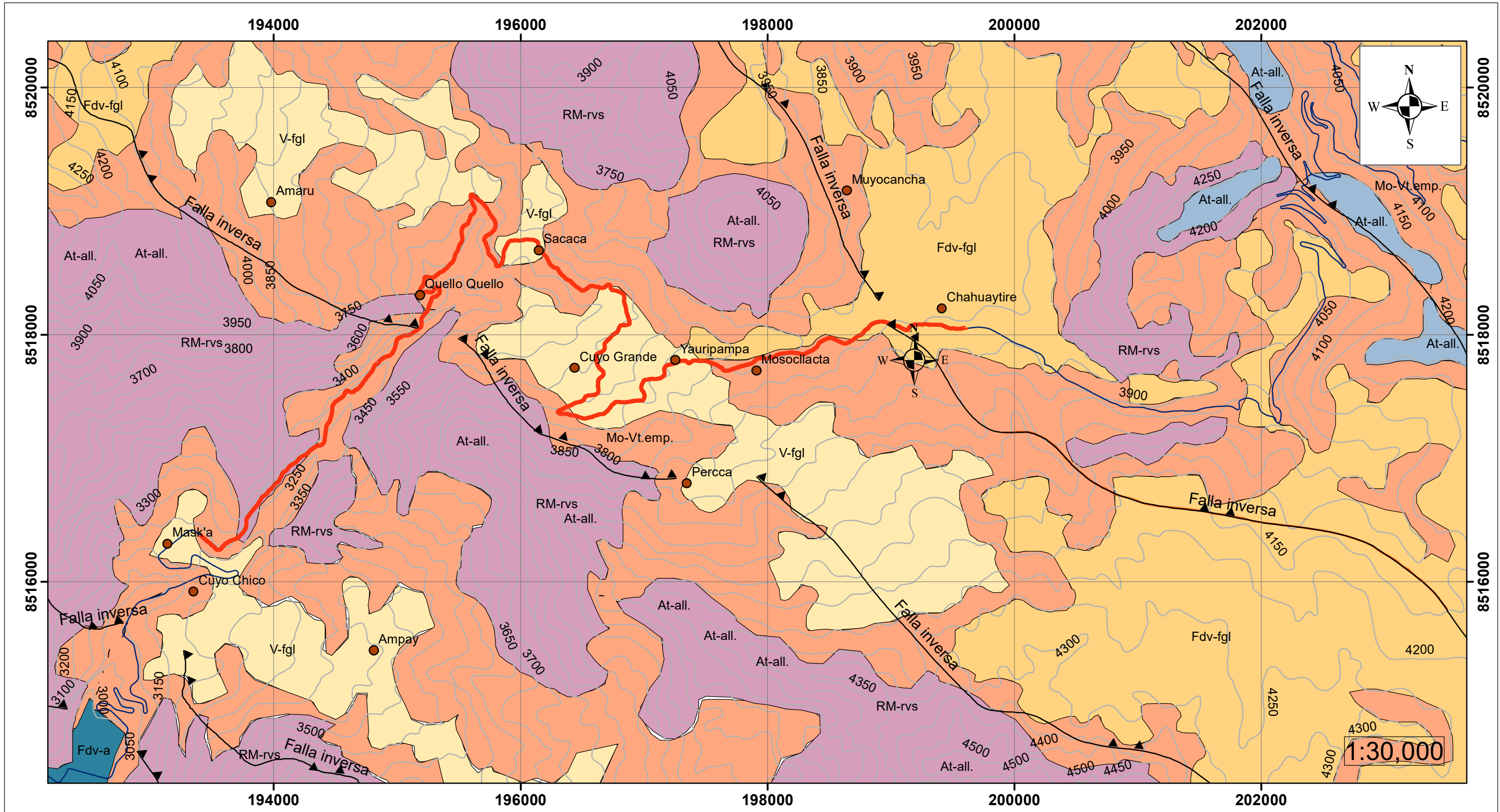


SIMBOLOGIA	
	topografía
	tramo de estudio
	pueblos
	via departamental
	Rio Vilcanota
	drenaje

LEYENDA	
Geomorfología	
sub_uni	
	Cauce del río=Rio
	Montaña en roca sedimentaria=RM-rs
	Montaña en roca volcano-sedimentaria=RM-rvs
	Morrenas=Mo
	Terraza aluvial=T-al
	Valle glaciar=VII-gl
	Valle glaciar con laguna=VII-gl/l
	Vertiente con depósito de deslizamiento=V-dd
	Vertiente glacio-fluvial=V-gfl
	Vertiente o piedemonte aluvial=V-al
	Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial=P-at
	Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial=V-cd

<p>UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA</p>	
<p>Tesis: Estudio Geológico y Geotécnico para el Diseño Estructural del Pavimento Flexible Utilizando el Metodo NAASRA, Pisac -Calca - Cusco. Asesor: Mg. Josefina Escalante Gutierrez</p>	
<p>MAPA GEOMORFOLOGICO REGIONAL</p>	
<p>Elaborado Por: Bach. Herbert Atauluco Ramos Bach. Noemi Yahaira Quillas Pilares</p>	<p>Ubicación Departamento : Cusco Provincia : Calca Distrito : Pisac Sector : Dv. Ruina - Chahuaytire</p>
<p>Escala Indicada Fecha : Febrero 2024</p>	<p>Mp 03</p>

MAPA GEOMORFOLÓGICO LOCAL



LEYENDA

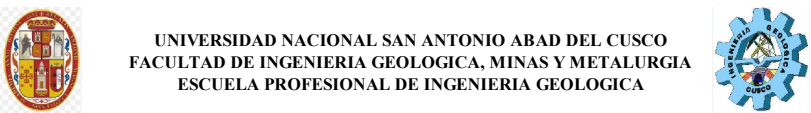
Geomorfología

Unidad

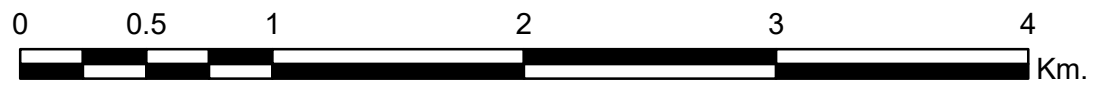
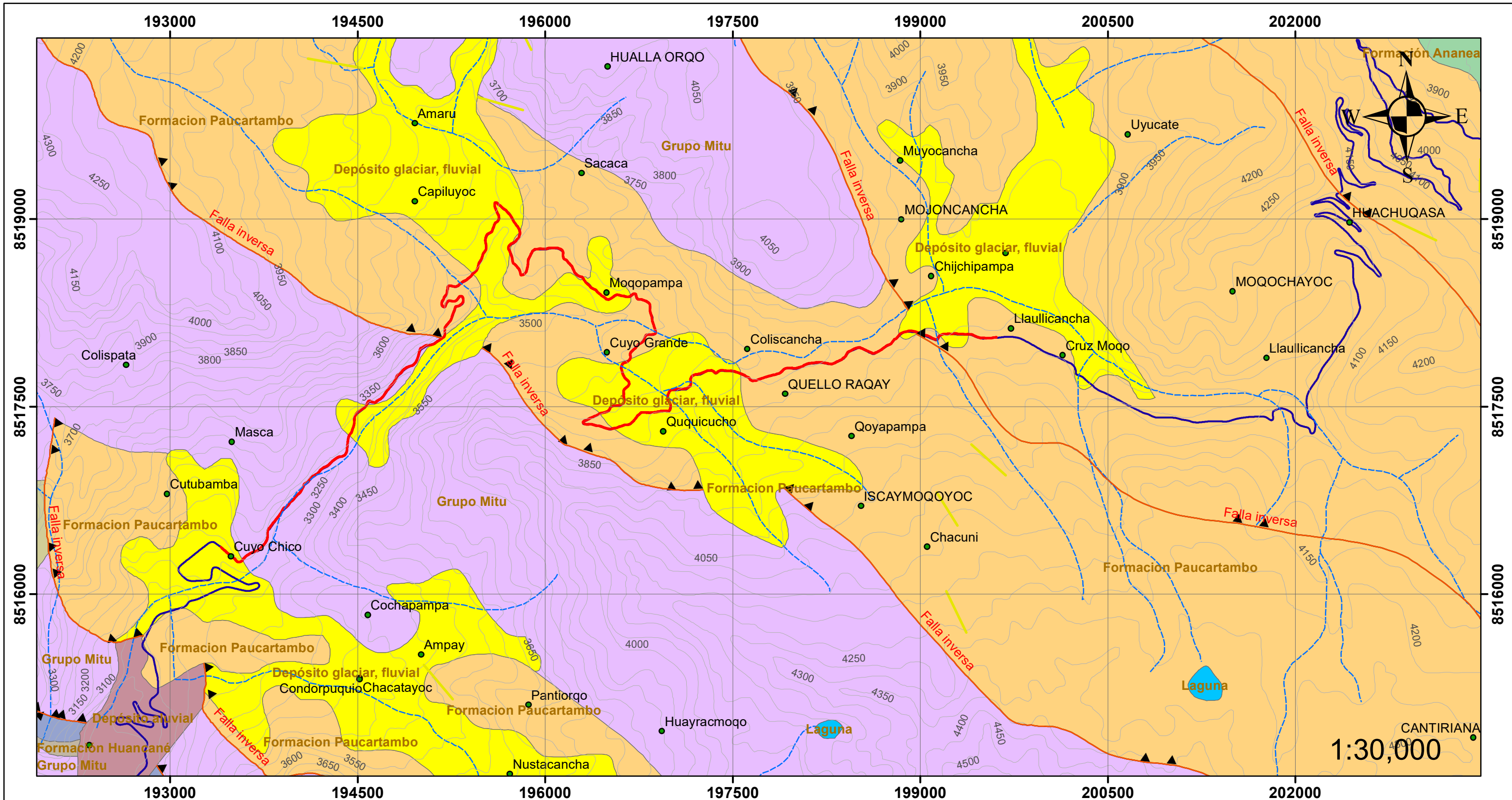
- | | | | |
|--|---|--|--|
| | Altiplanicies Allanadas = At-all. | | Montañas en Rocas Vulcano-Sedimentarias=RM-rvs |
| | Fondo de Valle Fluvio glaciar = Fdv-fgl | | Vertiente Coluvio-Deluvial=V-cd. |
| | Vertiente Fluvio-Glaciar=V-fgl. | | |

SIMBOLOGIA

- pueblos
- falla_geol_Reg
- Falla_Chahuayt
- tramo_de_estudio
- via_deparatamental
- topografia

 <p>UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABADEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA</p>	
<p>Tesis: Estudio Geológico y Geotécnico para el Diseño Estructural del Pavimento Flexible Utilizando el Metodo NAASRA, Pisac -Calca - Cusco. Asesor: Mg. Josefina Escalante Gutierrez</p>	
<p>MAPA DE GEOMORFOLOGICO LOCAL</p>	
<p>Elaborado Por: Bach. Herbert Ataulluco Ramos Bach. Noemi Yahaira Quillas Pílares</p>	<p>Ubicación Departamento : Cusco Provincia : Calca Distrito : Pisac Sector : Dv. Ruina - Chahuaytire</p>
<p>Escala Indicada Fecha : Febrero 2024</p>	<p>Mp 04</p>

MAPA GEOLOGICO REGIONAL




SIMBOLOGIA

- pueblos
- drenaje
- ~ plieg
- tramo_de_estudio
- ▲ falla_geol
- Rio_Vilcanota
- buzam
- via_deparatamental
- topografia


LEYENDA

Geologia

	Depósito aluvial		Formación Maras
	Depósito glaciar, fluvial		Formación Paucarbamba
	Formación Paucartambo		Formación Rumicolca
	Formación Ananea		Grupo Copacabana
	Formación Huancané		Grupo Mitu
			Laguna



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

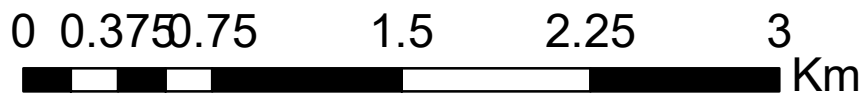
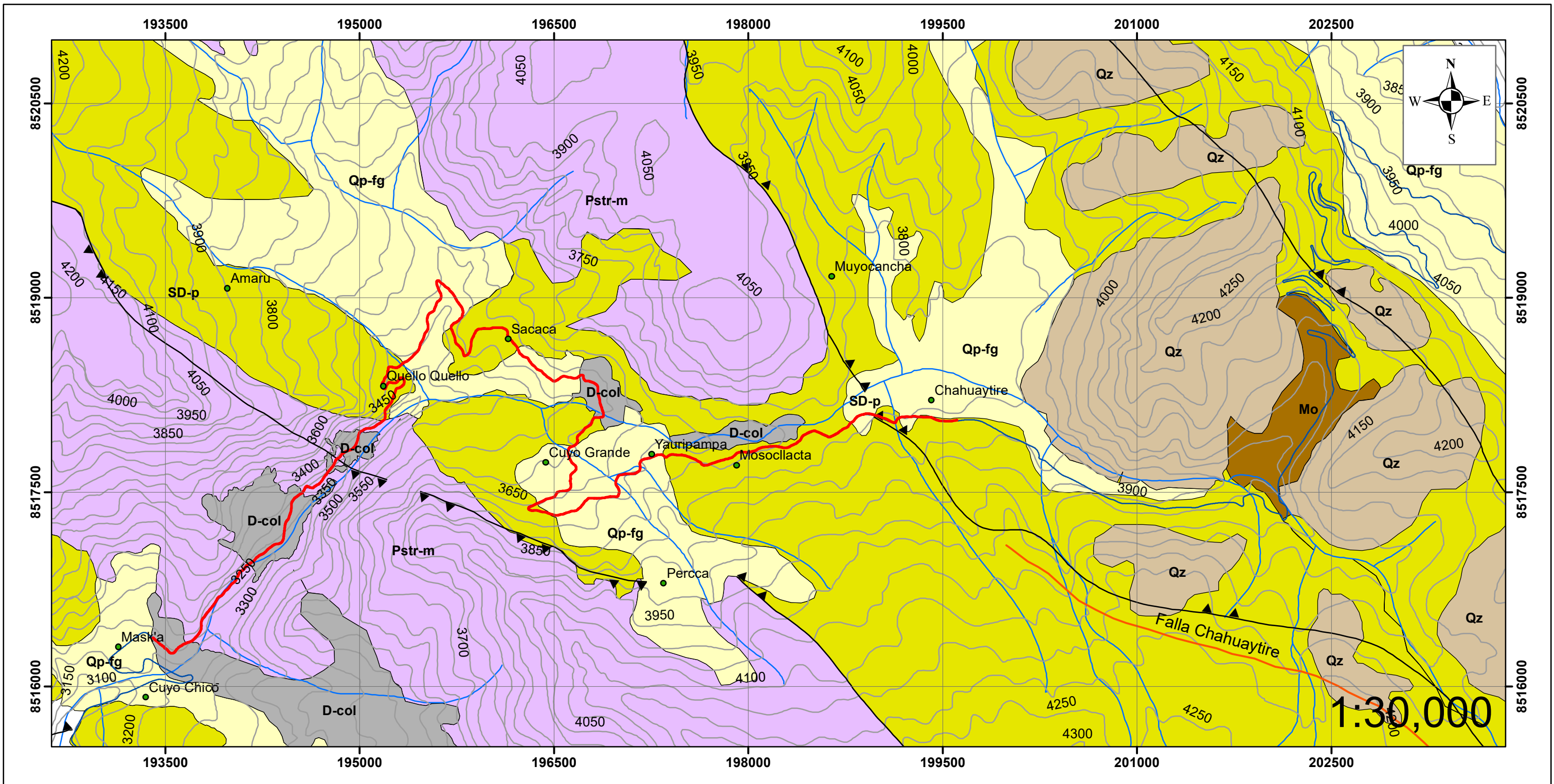


Tesis: Estudio Geologico y Geotecnico para el Diseño Estructural del Pavimento Flexible Utilizando el Metodo NAASRA, Pisac -Calca - Cusco.
Asesor: Mg. Josefina Escalante Gutierrez

MAPA DE GEOLOGIA REGIONAL

<p>Elaborado Por: Bach. Herbert Atauluco Ramos Bach. Noemi Yahaira Quillas Pilares</p>	<p>Ubicación Departamento : Cusco Provincia : Calca Distrito : Pisac Sector : Dv. Ruina - Chahuaytire</p>
<p>Escala Indicada Fecha : Febrero 2024</p>	<p>Mp 05</p>

MAPA GEOLOGICO LOCAL



LEYENDA

Geologia	
Nombre	
	Deposito Fluviogalciar = Qp-fg
	Deposito Morrenico = Mo
	Bancos de Cuarzita = Qz.
	Formacion Paucartambo = SD-p
	Deposito Coluvial = D-col
	Grupo Mitu =Pstr-m

SIMBOLOGIA

	pueblos		via_deparatamental
	Falla_Chahuaytire		topografia
	tramo_de_estudio		drenaje
	falla_Regional		



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABADEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA



Tesis: Estudio Geologico y Geotecnico para el Diseño Estructural del Pavimento Flexible
Utilizando el Metodo NAASRA, Pisac -Calca - Cusco.

Asesor: Mg. Josefina Escalante Gutierrez

MAPA DE GEOLOGIA LOCAL

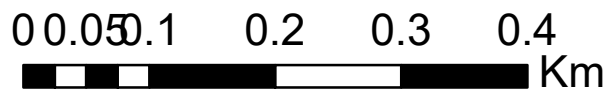
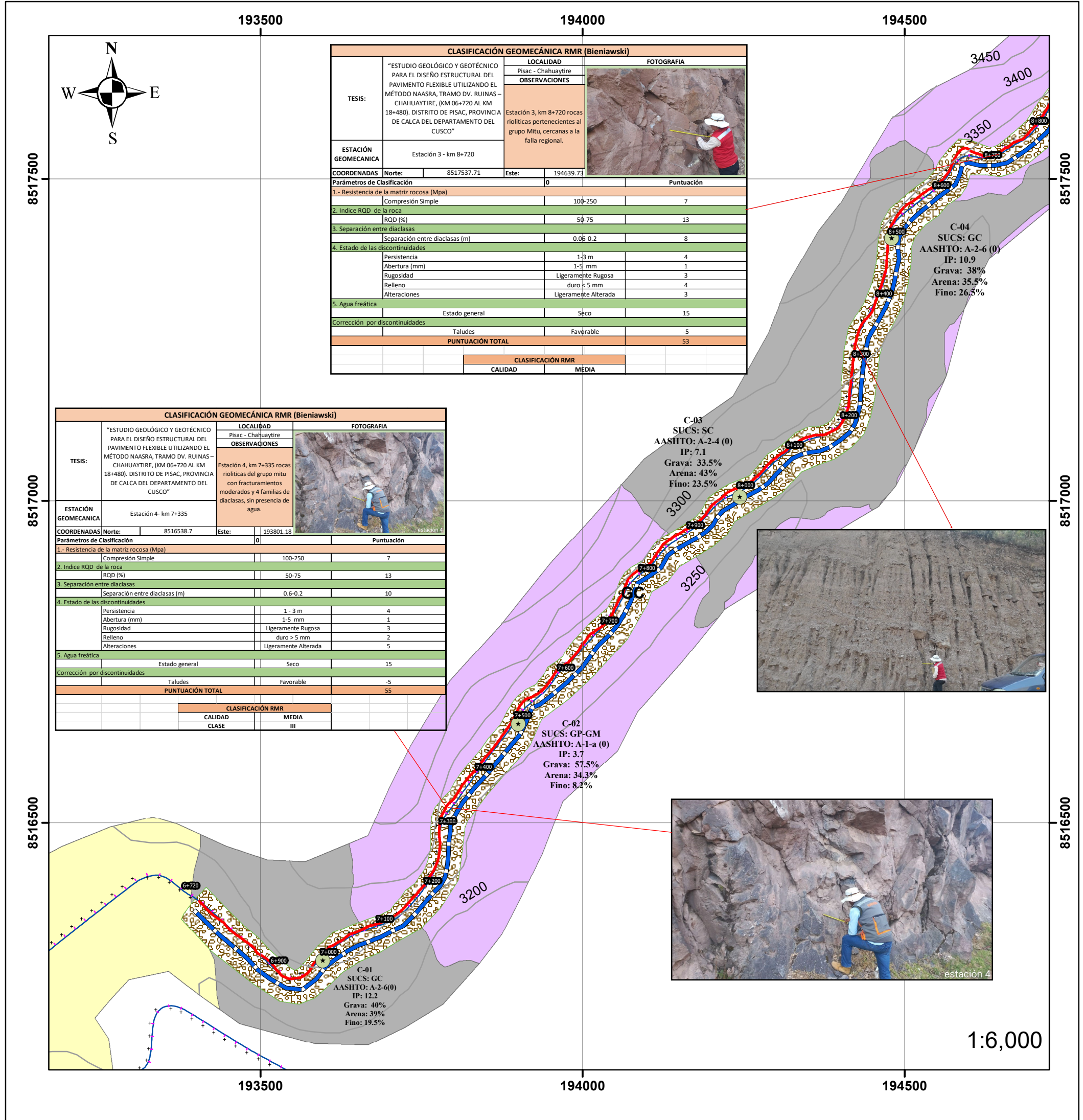
Elaborado Por:
Bach. Herbert Atauluco Ramos
Bach. Noemi Yahaira Quillas Pilares

Ubicación
Departamento : Cusco
Provincia : Calca
Distrito : Pisac
Sector : Dv. Ruina - Chahuaytire

Escala Indicada
Fecha : Febrero 2024

Mp 06

PLANO GEOTECNICO



ERA	PERIODO	EPOCA	EDAD M.a	GRUPO	UNIDAD	SIMBOLO	
Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	0.01 - actualidad	Grupo Mito	Depósito Coluvial	Qr - col	
		Pleistoceno	Superior		1 M.a	Depósito aluvial de terrazas	Qr - al - t
			Inferior		1.6 - 1 M.a	Depósito Fluvio glaciar	Qp - flg
Paleozoico	Siluro - devoniano	Miembro 1	444 - 359 M.a		Formación Paucartambo		
Mesozoico	Jurásico	Inferior	200 - 176 M.a	Grupo Mito	Formación Pachatusan	Pst - mi	
	Triásico	Superior	228 - 200 M.a		Formación Pisac	Pst - mi	

LEYENDA

Tipo de Suelo

Suelo

- Arcilla Arenosa
- Arena Arcillosa
- Grava Arcillosa

CBR

CBR

Categorías

- Sub rasante Regular
- Sub rasante Buena
- Sub rasante Insuficiente

SIMBOLOGIA

- Calicatas
- pueblos
- curvas_nivel
- Eje de Via
- falla_Regional
- via_deparatamental

LEYENDA

Nombre

- Bancos de Cuarzita = Qz.
- Deposito Coluvial = D-col
- Deposito Fluvio glacial = Qp-fg
- Deposito Morrenico = Mo
- Formacion Paucartambo = SD-p
- Grupo Mito = Pstr-m

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

Tesis: Estudio Geologico y Geotecnico para el Diseño Estructural del Pavimento Flexible Utilizando el Metodo NAASRA, Pisac -Calca - Cusco.
 Asesor: Mg. Josefina Escalante Gutierrez
PLANO GEOTECNICO Km 06+720 - Km 08+800

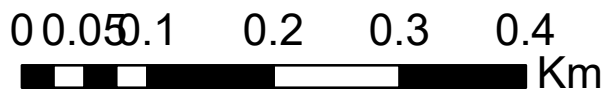
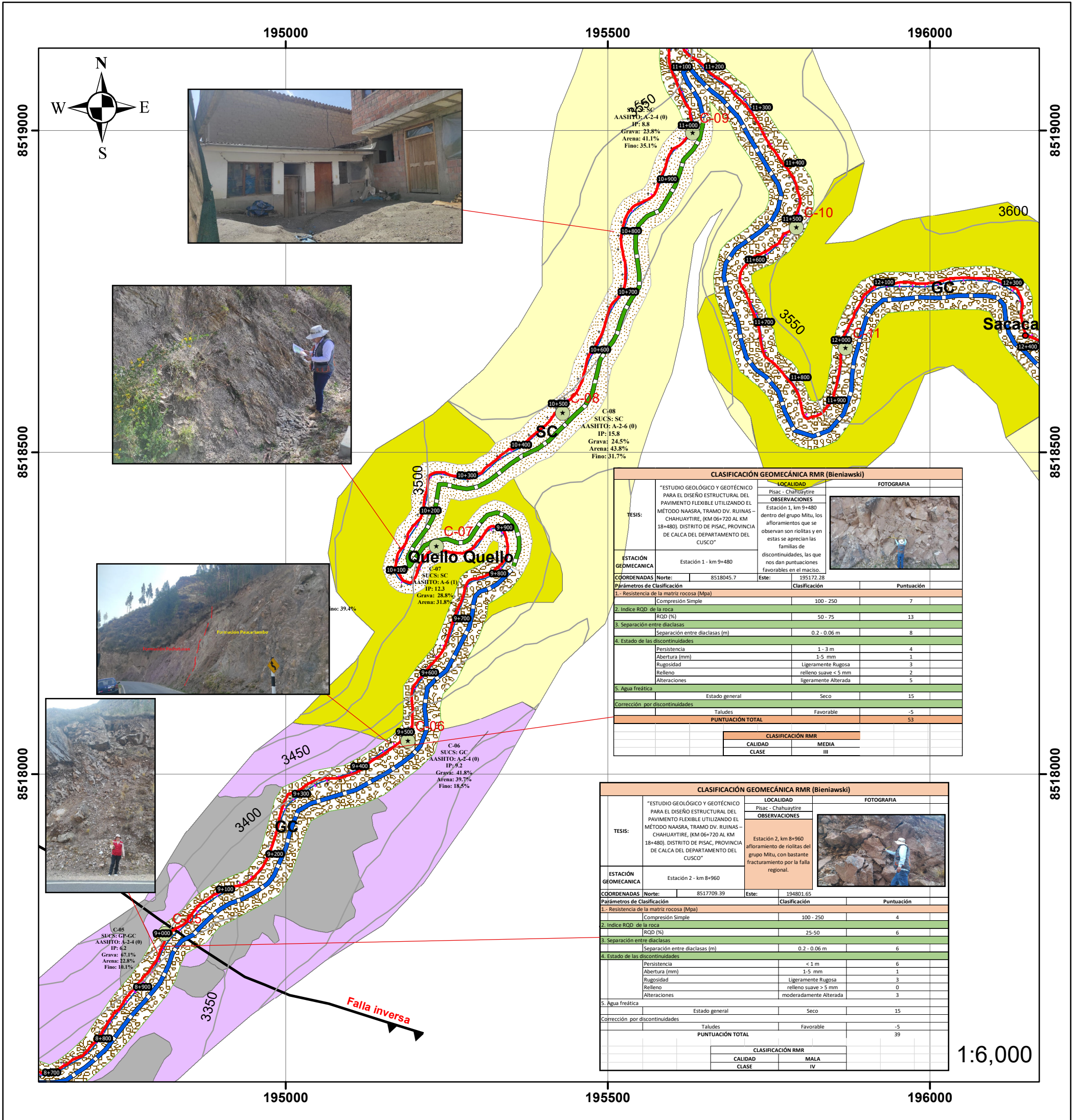
Elaborado Por:
 Bach. Herbert Atauluco Ramos
 Bach. Noemi Yahaira Quillas Pilares

Ubicación
 Departamento : Cusco
 Provincia : Calca
 Distrito : Pisac
 Sector : Dv. Ruina - Chahuaytire

Escala Indicada
 Fecha : Febrero 2024

Gt-01

PLANO GEOTECNICO



ERA	PERIODO	EPOCA	EDAD M.a	GRUPO	UNIDAD	SIMBOLO	
Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	0.01 - actualidad	Grupo Mitu	Depósito Coluvial	Qr - col	
		Pleistoceno	Superior		1 M.a	Depósito aluvial de terrazas	Qr - al - t
			Inferior		1.6 - 1 M.a	Depósito Fluvio glaciar	Qp - flg
Paleozoico	Siluro - devoniano	Miembro 1	444 - 359 M.a		Formación Paucartambo		
Mesozoico	Jurásico	Inferior	200 - 176 M.a	Grupo Mitu	Formación Pachatusan	Pst - mi	
	Triásico	Superior	228 - 200 M.a		Formación Pisac	Pst - mi	

LEYENDA

Tipo de Suelo

Suelo

- Arcilla Arenosa
- Arena Arcillosa
- Grava Arcillosa

CBR

CBR

Categorías

- Sub rasante Regular
- Sub rasante Buena
- Sub rasante Insuficiente

SIMBOLOGIA

- Calicatas
- pueblos
- curvas_nivel
- Eje de Via
- falla_Regional
- via_deparatamental

LEYENDA

Nombre

- Bancos de Cuarzita = Qz.
- Deposito Coluvial = D-col
- Deposito Fluvio glacial = Qp-fg
- Deposito Morrenico = Mo
- Formacion Paucartambo = SD-p
- Grupo Mitu = Pstr-m

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

Tesis: Estudio Geologico y Geotecnico para el Diseño Estructural del Pavimento Flexible Utilizando el Metodo NAASRA, Pisac - Calca - Cusco.
 Asesor: Mg. Josefina Escalante Gutierrez
PLANO GEOTECNICO Km 08+800 - Km 11+000

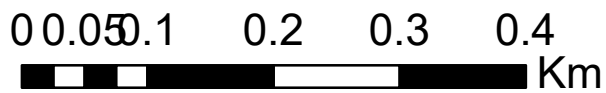
Elaborado Por:
 Bach. Herbert Ataulluco Ramos
 Bach. Noemi Yahaira Quillas Pílares

Ubicación
 Departamento : Cusco
 Provincia : Calca
 Distrito : Pisac
 Sector : Dv. Ruina - Chahuaytire

Escala Indicada
 Fecha : Febrero 2024

Gt- 02

PLANO GEOTECNICO



ERA	PERIODO	EPOCA	EDAD M.a	GRUPO	UNIDAD	SIMBOLO	
Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	0.01 - actualidad	Grupo Mito	Depósito Coluvial	Qr - col	
		Pleistoceno	Superior		1 M.a	Depósito aluvial de terrazas	Qr - al - t
			Inferior		1.6 - 1 M.a	Depósito Fluvio glaciar	Qp - flg
Paleozoico	Siluro - devoniano	Miembro 1	444 - 359 M.a		Formación Paucartambo		
Mesozoico	Jurásico	Inferior	200 - 176 M.a	Grupo Mito	Formación Pachatusan	Pst - mi	
	Triásico	Superior	228 - 200 M.a		Formación Pisac	Pst - mi	

LEYENDA

Tipo de Suelo

Suelo

- Arcilla Arenosa
- Arena Arcillosa
- Grava Arcillosa

CBR

Categorías

- Sub rasante Regular
- Sub rasante Buena
- Sub rasante Insuficiente

SIMBOLOGIA

- Calicatas
- curvas_nivel
- falla_Regional
- Eje de Via
- via_deparatamental
- pueblos

LEYENDA

Nombre

- Bancos de Cuarcita = Qz.
- Deposito Coluvial = D-col
- Deposito Fluvio glaciar = Qp-fg
- Deposito Morrenico = Mo
- Formacion Paucartambo = SD-p
- Grupo Mito = Pstr-m

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

Tesis: Estudio Geologico y Geotecnico para el Diseño Estructural del Pavimento Flexible Utilizando el Metodo NAASRA, Pisac - Calca - Cusco.
Asesor: Mg. Josefina Escalante Gutierrez

PLANO GEOTECNICO Km 11+000 - Km 14+000

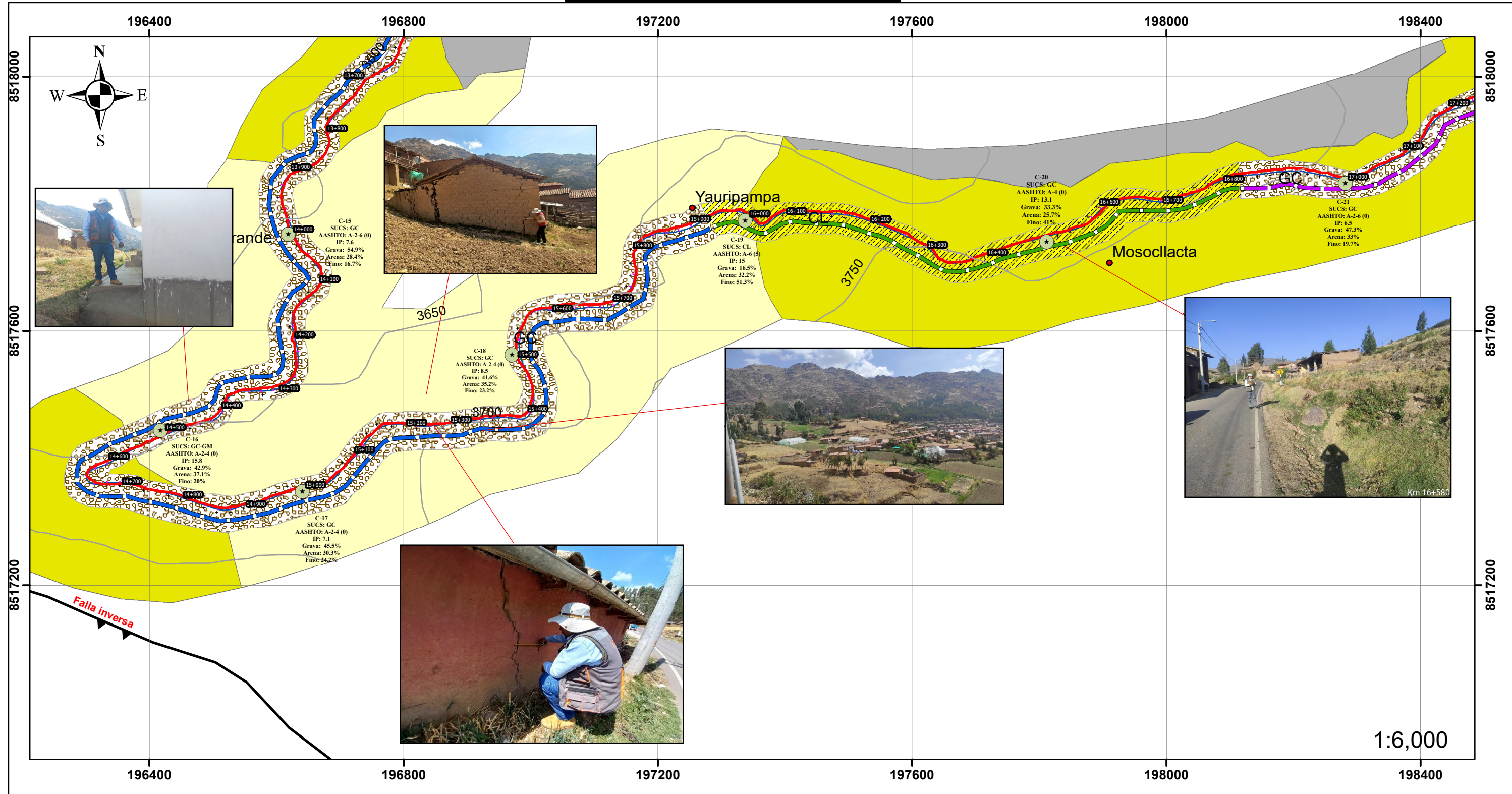
Elaborado Por:
Bach. Herbert Atauluco Ramos
Bach. Noemi Yahaira Quillas Pilares

Ubicación:
Departamento : Cusco
Provincia : Calca
Distrito : Pisac
Sector : Dv. Ruina - Chahuaytire

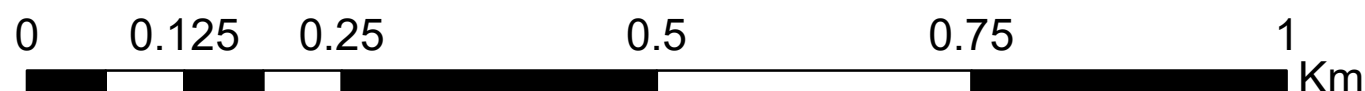
Escala Indicada
Fecha : Febrero 2024

Gt- 03

PLANO GEOTECNICO

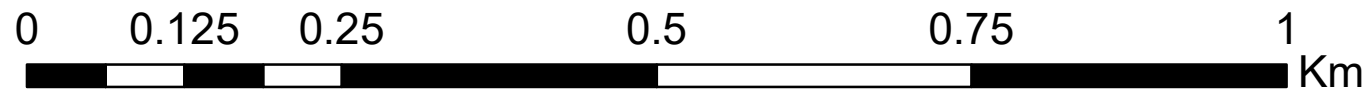
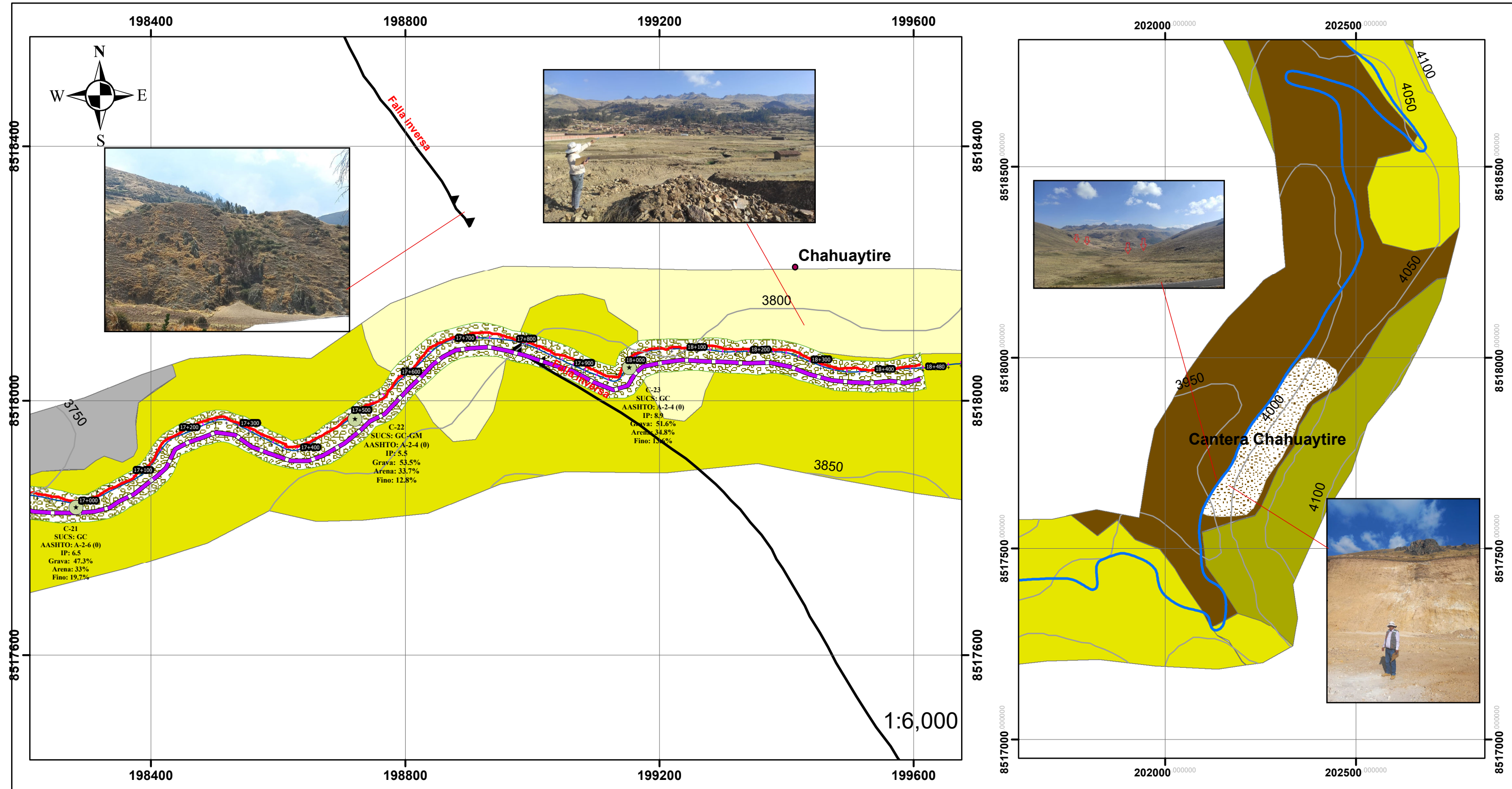


1:6,000



LEYENDA Tipo de Suelo Suelo Arcilla Arenosa Arena Arcillosa Grava Arcillosa	CBR Categorías Sub rasante Regular Sub rasante Buena Sub rasante Insuficiente	SIMBOLOGIA pueblos Calicatas curvas_nivel falla_Regional Eje de Via via_deparatamental	LEYENDA Nombre Bancos de Cuarcita = Qz. Deposito Coluvial = D-col Deposito Fluviogalciar = Qp-fg Deposito Morrenico = Mo Formacion Paucartambo = SD-p Grupo Mitu =Pstr-m	ERA Cenozoico Paleozoico Mesozoico	PERIODO Cuaternario Siluro - devoniano Jurásico Triásico	EPOCA Holoceno Pleistoceno Miembro 1 Inferior Superior	EDAD M.a 0.01 - actualidad 1 M.a 1.6 - 1 M.a 444 - 359 M.a 200 - 176 M.a 228 - 200 M.a	GRUPO Grupo Mitu	UNIDAD Depósito Coluvial Depósito aluvial de terrazas Depósito Fluvio glaciar Formación Paucartambo Formación Pachatusan Formación Pisac	SIMBOLO Qr - col Qr - al - t Qp - flg Pst - mi Pst - mi
				UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA				Tesis: Estudio Geologico y Geotecnico para el Diseño Estructural del Pavimento Flexible Utilizando el Metodo NAASRA, Pisac -Calca - Cusco. Asesor: Mg. Josefina Escalante Gutierrez PLANO GEOTECNICO Km 14+000 - Km 17+000		Elaborado Por: Bach. Herbert Ataullo Ramos Bach. Noemi Yahaira Quillas Pilares
				Escala Indicada Fecha : Febrero 2024		Gt- 04				

PLANO GEOTECNICO



<p>LEYENDA</p> <p>Tipo de Suelo</p> <p>Suelo</p> <ul style="list-style-type: none"> Arcilla Arenosa Arena Arcillosa Grava Arcillosa 	<p>CBR</p> <p>Categorías</p> <ul style="list-style-type: none"> Sub rasante Regular Sub rasante Buena Sub rasante Insuficiente 	<p>SIMBOLOGIA</p> <ul style="list-style-type: none"> Calicatas pueblos curvas_nivel falla_Regional Eje de Via via_deparatamental 	<p>LEYENDA</p> <p>Nombre</p> <ul style="list-style-type: none"> Bancos de Cuarzita = Qz. Deposito Coluvial = D-col Deposito Fluvioglaciar = Qp-fg Deposito Morrenico = Mo Formacion Paucartambo = SD-p Grupo Mitu =Pstr-m 	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>ERA</th> <th>PERIODO</th> <th>EPOCA</th> <th>EDAD M.a</th> <th>GRUPO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">Cenozoico</td> <td rowspan="3">Cuaternario</td> <td>Holoceno</td> <td>0.01 - actualidad</td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Pleistoceno</td> <td>Superior</td> <td>1 M.a</td> </tr> <tr> <td>Inferior</td> <td>1.6 - 1 M.a</td> </tr> <tr> <td>Paleozoico</td> <td>Siluro - devoniano</td> <td>Miembro 1</td> <td>444 - 359 M.a</td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Mesozoico</td> <td>Jurásico</td> <td>Inferior</td> <td>200 - 176 M.a</td> <td rowspan="2">Grupo Mitu</td> </tr> <tr> <td>Triásico</td> <td>Superior</td> <td>228 - 200 M.a</td> </tr> </tbody> </table>	ERA	PERIODO	EPOCA	EDAD M.a	GRUPO	Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	0.01 - actualidad		Pleistoceno	Superior	1 M.a	Inferior	1.6 - 1 M.a	Paleozoico	Siluro - devoniano	Miembro 1	444 - 359 M.a		Mesozoico	Jurásico	Inferior	200 - 176 M.a	Grupo Mitu	Triásico	Superior	228 - 200 M.a	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>UNIDAD</th> <th>SIMBOLO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Depósito Coluvial</td> <td>Qr - col</td> </tr> <tr> <td>Depósito aluvial de terrazas</td> <td>Qr - al - t</td> </tr> <tr> <td>Depósito Fluvio glaciar</td> <td>Qp - fg</td> </tr> <tr> <td>Formación Paucartambo</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Formación Pachatusan</td> <td>Pst - mi</td> </tr> <tr> <td>Formación Pisac</td> <td>Pst - mi</td> </tr> </tbody> </table>	UNIDAD	SIMBOLO	Depósito Coluvial	Qr - col	Depósito aluvial de terrazas	Qr - al - t	Depósito Fluvio glaciar	Qp - fg	Formación Paucartambo		Formación Pachatusan	Pst - mi	Formación Pisac	Pst - mi	<div style="text-align: center;"> <p>UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABADEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA</p> </div> <p>Tesis: Estudio Geológico y Geotécnico para el Diseño Estructural del Pavimento Flexible Utilizando el Metodo NAASRA, Pisac -Calca - Cusco.</p> <p style="text-align: right;">Asesor: Mg. Josefina Escalante Gutierrez</p> <p style="text-align: center;">PLANO GEOTECNICO Km 17+000 - Km 18+480 y CANT. CHAHUAYTIRE</p> <table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">Elaborado Por:</td> <td style="width: 50%;">Ubicación</td> </tr> <tr> <td>Bach. Herbert Atauilluco Ramos</td> <td>Departamento : Cusco</td> </tr> <tr> <td>Bach. Noemi Yahaira Quillas Pilares</td> <td>Provincia : Calca</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Distrito : Pisac</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Sector : Dv. Ruina - Chahuaytire</td> </tr> </table> <p style="text-align: center;">Escala Indicada Fecha : Febrero 2024</p> <p style="text-align: right; font-weight: bold; font-size: 1.2em;">Gt- 05</p>	Elaborado Por:	Ubicación	Bach. Herbert Atauilluco Ramos	Departamento : Cusco	Bach. Noemi Yahaira Quillas Pilares	Provincia : Calca		Distrito : Pisac		Sector : Dv. Ruina - Chahuaytire
ERA	PERIODO	EPOCA	EDAD M.a	GRUPO																																																						
Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	0.01 - actualidad																																																							
		Pleistoceno	Superior	1 M.a																																																						
			Inferior	1.6 - 1 M.a																																																						
Paleozoico	Siluro - devoniano	Miembro 1	444 - 359 M.a																																																							
Mesozoico	Jurásico	Inferior	200 - 176 M.a	Grupo Mitu																																																						
	Triásico	Superior	228 - 200 M.a																																																							
UNIDAD	SIMBOLO																																																									
Depósito Coluvial	Qr - col																																																									
Depósito aluvial de terrazas	Qr - al - t																																																									
Depósito Fluvio glaciar	Qp - fg																																																									
Formación Paucartambo																																																										
Formación Pachatusan	Pst - mi																																																									
Formación Pisac	Pst - mi																																																									
Elaborado Por:	Ubicación																																																									
Bach. Herbert Atauilluco Ramos	Departamento : Cusco																																																									
Bach. Noemi Yahaira Quillas Pilares	Provincia : Calca																																																									
	Distrito : Pisac																																																									
	Sector : Dv. Ruina - Chahuaytire																																																									

ANEXO 03
ENSAYOS DE LABORATORIO

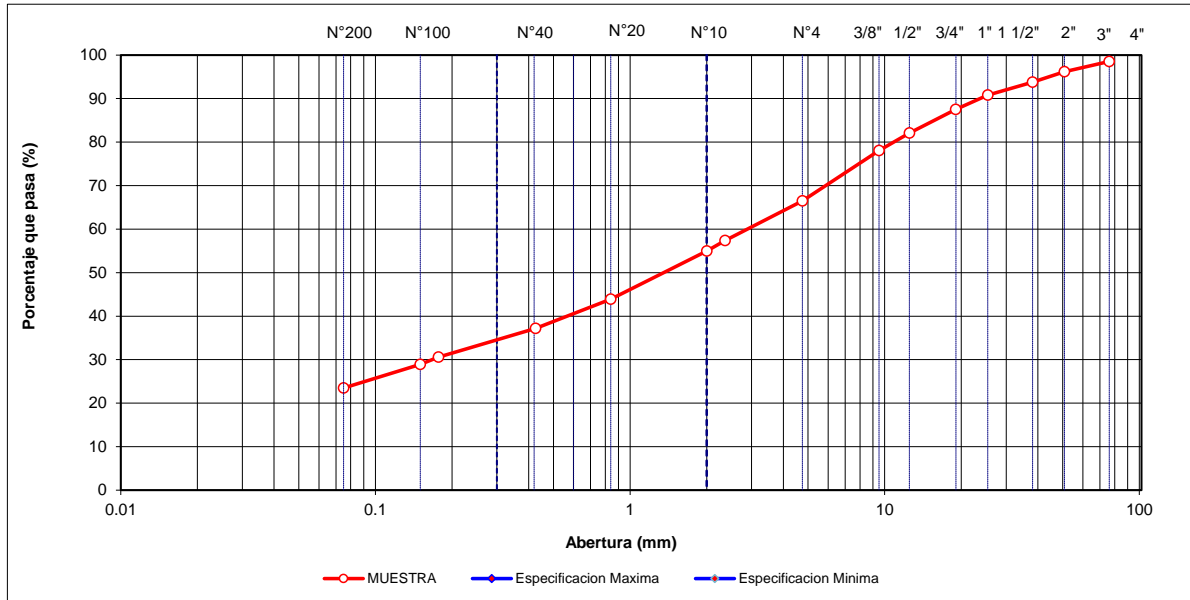
SUBRASANTE

SOLICITANTE : CONSORCIO CCECC PERÚ **EXPEDIENTE N°** : INGYTEC-2003
PROYECTO : SERVICIO DE GESTIÓN, MEJORAMIENTO Y CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DEL CORREDOR: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA EMP. PE-28B (PISAC) - DV. RUINAS - CUYO GRANDE - CHAHUAYTIRI - COLQUEPATA - EMP. CU-113 (PAUCARTAMBO); EMP. CU-112 (PAUCARTAMBO) - DV. CHALLABAMBA - DV. TRES CRUCES - PATRIA - PILLCOPATA - DV. PUERTO ATALAYA - EMP. MD-103 (PUENTE RIO CARBÓN); PUENTE RIO CARBÓN - GAMITANA - VILLA SALVACIÓN - SHINTUYA - ITAHUANIA - NUEVO EDÉN, POR NIVELES DE SERVICIO, DISTRITO DE PISAC - PROVINCIA DE CALCA - DEPARTAMENTO DE CUSCO
UBICACIÓN : CUSCO Y MADRE DE DIOS **Realizado por** : Tec. J. Muñoz T.
CALICATAS : EN PISTA **Revisado por** : Ing. J. Hernandez
PROGRESIVA : KM. 08+000

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
 (NORMA MTC E-107, E-108 AASHTO T-27, ASTM D422)

DATOS DE LA MUESTRA							
CALICATA : C-17	Lado: Derecho		Fecha de excavación : 01/08/2020				
MUESTREO : E-02	E: 194256 m E		Peso inicial seco : 64889.5 g				
PROF. (m) : 0.20 - 1.50	N: 8517026 m S		Peso lavado seco : 49627.2 g				
TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION GRADACION "A"	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
4"	101.600			100.0	100.0		Contenido de Humedad (%) : 5.1
3"	76.200	945	1.5	1.5	98.5		Límite Líquido (LL) : 22
2"	50.800	1531	2.4	3.8	96.2		Límite Plástico (LP) : 15
1 1/2"	38.100	1577	2.4	6.2	93.8		Índice Plástico (IP) : 7
1"	25.400	1950	3.0	9.2	90.8		Clasificación (SUCS) : SC
3/4"	19.000	2153	3.3	12.5	87.5		Clasificación (AASHTO) : A-2-4
1/2"	12.500	3533	5.4	17.9	82.1		Índice de Grupo : (0)
3/8"	9.500	2578	4.0	21.9	78.1		Descripción (AASHTO) : BUENO
Nº 4	4.750	7524	11.6	33.5	66.5		Descripción (SUCS) : Arena arcillosa con grava
Nº 8	2.360	89.43	9.1	42.6	57.4		
Nº 10	2.000	24.01	2.4	45.0	55.0		
Nº 20	0.840	108.86	11.1	56.1	43.9		
Nº 40	0.425	65.45	6.7	62.8	37.2		OBSERVACIONES :
Nº 80	0.177	64.93	6.6	69.4	30.6		Grava 3" - Nº 4 : 33.5
Nº 100	0.150	16.79	1.7	71.1	28.9		Arena Nº4 - Nº 200 : 43.0
Nº 200	0.075	52.63	5.4	76.5	23.5		Finos < Nº 200 : 23.5
< Nº 200	FONDO	231.44	23.5	100			

CURVA GRANULOMETRICA



Referencias: MTC E 107, MTC E 204, ASTM D 422 - NTP 400.012:

Equipos usados:
 BAL-OH-30000-1-N8335440298 (13-02-2020)
 BAL-OH-30000-2-N8335450095 (20-02-2020)
 BAL-4200-1-NA1033530331561341403050 (13-02-2020)
 BAL-4200-2-NA1033530331561341403050 (13-02-2020)
 HOR-MET-110-N824 (13-02-2020)
 TAM-3"-N°200-PNZ-ELE (13-02-2020)

SOLICITANTE : CONSORCIO CCECC PERÚ

EXPEDIENTE N° : INGYTEC-2003

PROYECTO : SERVICIO DE GESTIÓN, MEJORAMIENTO Y CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DEL CORREDOR: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA EMP. PE-28B (PISAC) - DV. RUINAS - CUYO GRANDE - CHAHUAYTIRI - COLQUEPATA - EMP. CU-113 (PAUCARTAMBO); EMP. CU-112 (PAUCARTAMBO) - DV. CHALLABAMBA - DV. TRES CRUCES - PATRIA - PILLCOPATA - DV. PUERTO ATALAYA - EMP. MD-103 (PUENTE RIO CARBÓN); PUENTE RIO CARBÓN - GAMITANA - VILLA SALVACIÓN - SHINTUYA - ITAHUANIA - NUEVO EDÉN, POR NIVELES DE SERVICIO, DISTRITO DE PISAC - PROVINCIA DE CALCA - DEPARTAMENTO DE CUSCO

UBICACIÓN : CUSCO Y MADRE DE DIOS

Realizado por : Tec. J. Muñoz T.

CALICATAS : EN PISTA

Revisado por : Ing. J. Hernandez

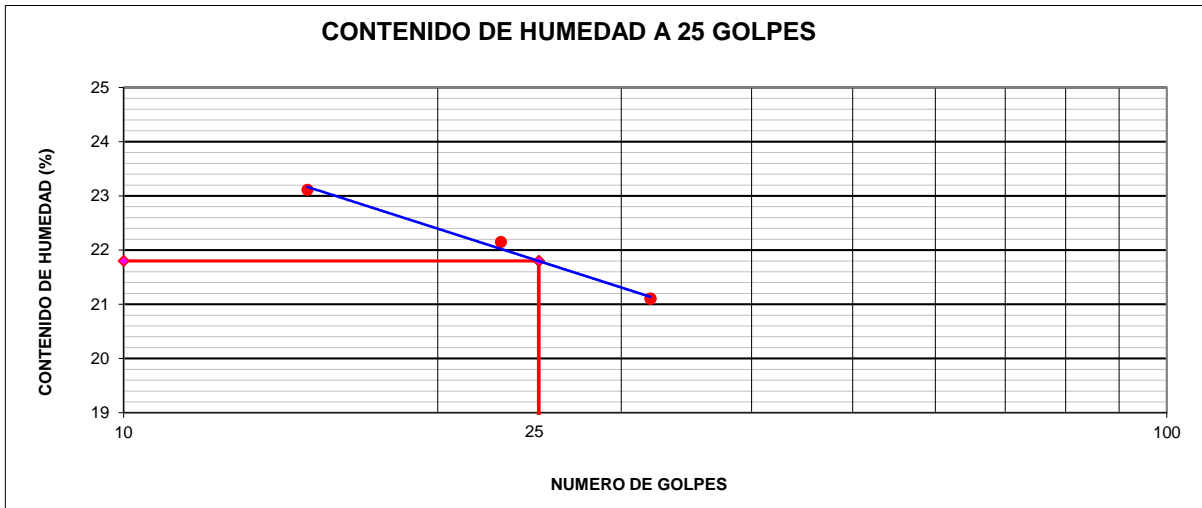
PROGRESIVA : KM. 08+000

LIMITES DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N°40
 (NORMA MTC E-110, E-111, AASHTO T-89, T-90, ASTM D 4318)

DATOS DE LA MUESTRA	
CALICATA	: C-17
MUESTREO	: E-02
PROF. (m)	: 0.20 - 1.50

LIMITE LIQUIDO				
N° TARRO		7	23	24
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		44.66	42.30	45.64
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		38.36	36.59	39.66
PESO DE AGUA (g)		6.30	5.71	5.98
PESO DEL TARRO (g)		11.10	10.81	11.32
PESO DEL SUELO SECO (g)		27.3	25.8	28.3
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		23.11	22.15	21.10
NUMERO DE GOLPES		15	23	32

LIMITE PLASTICO				
N° TARRO		D	L	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		53.78	54.63	
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		52.09	52.80	
PESO DE AGUA (g)		1.69	1.83	
PESO DEL TARRO (g)		40.59	40.38	
PESO DEL SUELO SECO (g)		11.5	12.4	
CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%)		14.70	14.73	



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	22
LIMITE PLASTICO	15
INDICE DE PLASTICIDAD	7

OBSERVACIONES

Referencias: MTC E 110, MTC E-111, NTP 333.129:

Equipos usados:
 BAL-OH-600-N8358190157 (13-02-2020)
 CCS-PNZ-N1749 (13-02-2020)
 CCS-PNZ-N1743 (13-02-2020)
 PIE-INS-N1410131760 (18-02-2020)
 HOR-MET-110-N824 (13-02-2020)



INGYTEC INFRA SAC
Calle Manco Capac 153, Dpto 501
Magdalena del Mar
Lima - Perú
Teléfono: 766-8168
Ingytec@ingytec.pe

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

SOLICITANTE : CONSORCIO CCECC PERÚ
EXPEDIENTE N° : INGYTEC-2003
SERVICIO DE GESTIÓN, MEJORAMIENTO Y CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DEL CORREDOR:
MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA EMP. PE-28B (PISAC) - DV. RUINAS - CUYO GRANDE - CHAHUAYTIRI -
PROYECTO : COLQUEPATA - EMP. CU-113 (PAUCARTAMBO); EMP. CU-112 (PAUCARTAMBO) - DV. CHALLABAMBA - DV. TRES
CRUCES - PATRIA - PILLCOPATA - DV. PUERTO ATALAYA - EMP. MD-103 (PUENTE RIO CARBÓN); PUENTE RIO
CARBÓN - GAMITANA - VILLA SALVACIÓN - SHINTUYA - ITAHUANIA - NUEVO EDÉN, POR NIVELES DE SERVICIO,
DISTRITO DE PISAC - PROVINCIA DE CALCA - DEPARTAMENTO DE CUSCO
UBICACIÓN : CUSCO Y MADRE DE DIOS
Realizado por : Tec. J. Muñoz T.
CALICATAS : EN PISTA
Revisado por : Ing. J. Hernandez
PROGRESIVA : KM. 08+000

HUMEDAD NATURAL (NORMA MTC E-108)

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA : C-17
MUESTRA : E-02
PROF. (m) : 0.20 - 1.50

DATOS

Nº de Ensayo	1	2	3
Peso de Mat. Humedo + Tara (gr.)	5314.28		
Peso de Mat. Seco + Tara (gr.)	5054.48		
Peso de Tara (gr.)	0		
Peso de Agua (gr.)	259.80		
Peso Mat. Seco (gr.)	5054.48		
Humedad Natural (%)	5.14		
Promedio de Humedad (%)	5.14		

Observaciones:

Referencias: MTC E 108 ASTM D-2216:

Equipos usados:

BAL-4200-1-NA1033530331561341403050 (13-02-2020)

BAL-4200-2-NA1033530331561341403050 (13-02-2020)

HOR-MET-110-N824 (13-02-2020)

JIMMY TORRES MUÑOZ
TÉCNICO DE LABORATORIO

JOSE HERNANDEZ CRESPO
INGENIERO CIVIL CIP 128464
JEFE DE LABORATORIO



SOLICITANTE : CONSORCIO CCECC PERÚ **EXPEDIENTE N°** : INGYTEC-2003

PROYECTO : SERVICIO DE GESTIÓN, MEJORAMIENTO Y CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DEL CORREDOR: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA EMP. PE-28B (PISAC) - DV. RUINAS - CUYO GRANDE - CHAHUAYTIRI - COLQUEPATA - EMP. CU-113 (PAUCARTAMBO); EMP. CU-112 (PAUCARTAMBO) - DV. CHALLABAMBA - DV. TRES CRUCES - PATRIA - PILLCOPATA - DV. PUERTO ATALAYA - EMP. MD-103 (PUENTE RIO CARBÓN); PUENTE RIO CARBÓN - GAMITANA - VILLA SALVACIÓN - SHINTUYA - ITAHUANIA - NUEVO EDÉN, POR NIVELES DE SERVICIO, DISTRITO DE PISAC - PROVINCIA DE CALCA - DEPARTAMENTO DE CUSCO

UBICACIÓN : CUSCO Y MADRE DE DIOS **Realizado por** : Tec. J. Muñoz T.

ACCESO : EN PISTA **Revisado por** : Ing. J. Hernandez

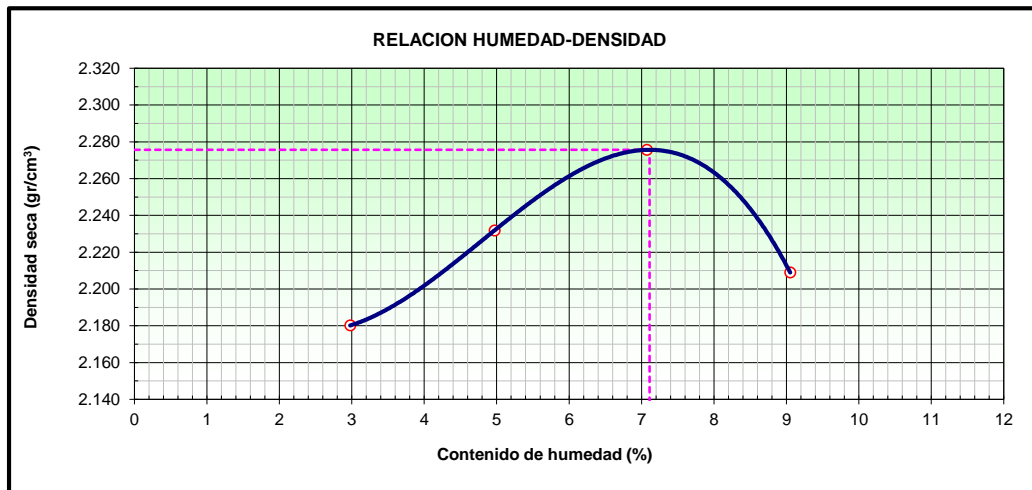
PROGRESIVA : KM. 08+000

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO
 (NORMA MTC E-115, ASTM D-1557, AASHTO T-180)

DATOS DE LA MUESTRA	
AGREGADO	: C-17
MUESTREO	: E-02
PROF. (m)	: 0.20 - 1.50

METODO DE COMPACTACION : C

Peso suelo + molde	gr	11522.0	11730.0	11930.0	11871.0	
Peso molde	gr	6740.0	6740.0	6740.0	6740.0	
Peso suelo húmedo compactado	gr	4782.0	4990.0	5190.0	5131.0	
Volumen del molde	cm ³	2130.0	2130.0	2130.0	2130.0	
Peso volumétrico húmedo	gr	2.245	2.343	2.437	2.409	
Recipiente N°		12	13	14	16	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	1003.00	1035.00	999.00	1012.00	
Peso del suelo seco + tara	gr	974.00	986.00	933.00	928.00	
Tara	gr					
Peso de agua	gr	29.0	49.0	66.0	84.0	
Peso del suelo seco	gr	974.0	986.0	933.0	928.0	
Contenido de agua	%	2.98	4.97	7.07	9.05	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	2.180	2.232	2.276	2.209	
					<i>Densidad máxima (gr/cm³)</i>	2.276
					<i>Humedad óptima (%)</i>	7.11



Referencias: MTC E 115, ASTM D 1557:

Equipos usados:

BAL-OH-30000-1-N8335440298 (13-02-2020)
 BAL-OH-30000-2-N8335450095 (20-02-2020)
 BAL-4200-1-NA1033530331561341403050 (13-02-2020)
 BAL-4200-2-NA1033530331561341403050 (13-02-2020)
 HOR-MET-110-N824 (13-02-2020)
 TAM-3/4"-N°4-PNZ-ELE-(13-02-2020)

SOLICITANTE : CONSORCIO CCECC PERÚ

EXPEDIENTE N° : INGYTEC-2003

PROYECTO : SERVICIO DE GESTIÓN, MEJORAMIENTO Y CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DEL CORREDOR: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA EMP. PE-28B (PISAC) - DV. RUINAS - CUYO GRANDE - CHAHUAYTIRI - COLQUEPATA - EMP. CU-113 (PAUCARTAMBO); EMP. CU-112 (PAUCARTAMBO) - DV. CHALLABAMBA - DV. TRES CRUCES - PATRIA - PILLCOPATA - DV. PUERTO ATALAYA - EMP. MD-103 (PUENTE RIO CARBÓN); PUENTE RIO CARBÓN - GAMITANA - VILLA SALVACIÓN - SHINTUYA - ITAHUANIA - NUEVO EDÉN, POR NIVELES DE SERVICIO, DISTRITO DE PISAC - PROVINCIA DE CALCA - DEPARTAMENTO DE CUSCO

UBICACIÓN : CUSCO Y MADRE DE DIOS

Realizado por : Tec. J. Muñoz T.

ACCESO : EN PISTA

Revisado por : Ing. J. Hernandez

PROGRESIVA : Km. 08+000

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
 (NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883)

DATOS DE LA MUESTRA	
AGREGADO	: C-17
MUESTREO	: E-2
PROF. (m):	: 0.20 - 1.50

COMPACTACION

Molde N°	4		26		6	
	5		5		5	
Capas N°	56		25		12	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	13804.0	13851.0	13155.0	13222.0	13165.0	13262.0
Peso de molde (g)	8680.0	8680.0	8251.0	8251.0	8448.0	8448.0
Peso del suelo húmedo (g)	5124.0	5171.0	4904.0	4971.0	4717.0	4814.0
Volumen del molde (cm ³)	2108.0	2108.0	2120.3	2120.3	2134.5	2134.5
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.431	2.453	2.313	2.344	2.210	2.255
Tara (N°)	2		2		2	
Peso suelo húmedo + tara (g)	975.00	796.0	911.00	806.0	1080.00	898.0
Peso suelo seco + tara (g)	912.00	739.0	853.00	743.0	1012.00	823.0
Peso de tara (g)						7.10
Peso de agua (g)	63.0	57.0	58.0	63.0	68.0	75.0
Peso de suelo seco (g)	912.0	739.0	853.0	743.0	1012.0	815.9
Contenido de humedad (%)	6.91	7.71	6.80	8.48	6.72	9.19
Densidad seca (g/cm ³)	2.274	2.277	2.166	2.161	2.071	2.065

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
21/09/2020	#####	0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0
22/09/2020	01:05	24	15.0	0.150	0.1	30.0	0.300	0.3	50.0	0.500	0.4
23/09/2020	01:05	48	30.0	0.300	0.3	55.0	0.550	0.5	80.0	0.800	0.7
24/09/2020	01:05	72	44.0	0.440	0.4	70.0	0.700	0.6	110.0	1.100	1.0
25/09/2020	01:05	96	47.0	0.470	0.4	75.0	0.750	0.6	118.0	1.180	1.0
EXPANSION 0.68											

PENETRACION

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N°				MOLDE N°				MOLDE N°			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635		103.4	103.4			44.0	44.0			15.6	15.6		
1.270		142.9	142.9			89.4	89.4			43.3	43.3		
1.905		257.6	257.6			138.3	138.3			83.4	83.4		
2.540	70.5	315.7	315.7	306.8	21.6	185.6	185.6	205.7	14.5	122.1	122.1	130.3	9.2
3.180		373.4	373.4			288.4	288.4			190.5	190.5		
3.810		416.0	416.0			330.2	330.2			216.0	216.0		
5.080	105.7	582.4	582.4	572.0	26.8	459.2	459.2	451.4	21.2	300.1	300.1	296.2	13.9
7.620		805.7	805.7			678.7	678.7			445.7	445.7		
10.160		992.8	992.8			880.4	880.4			580.0	580.0		

Referencias: MTC E 132, ASTM D 1883:

Equipos usados:

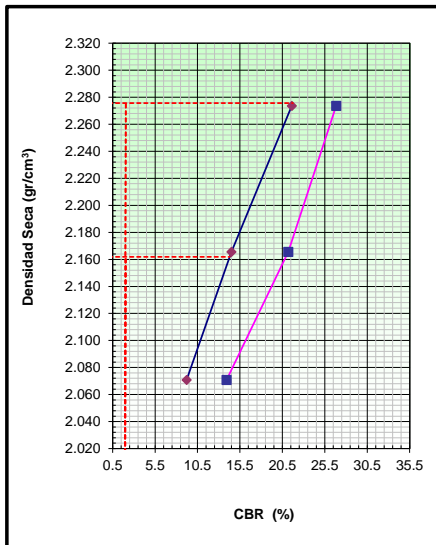
BAL-OH-30000-1-N8335440298 (13-02-2020)
 BAL-OH-30000-2-N8335450095 (20-02-2020)
 HOR-MET-110-N824 (13-02-2020)

PRE-MET-N159 (13-02-2020)
 REL-INS-N6201274 (18-02-2020)
 TAM-2"-N°4-PNZ-ELE-(13-02-2020)

SOLICITANTE : CONSORCIO CCECC PERÚ EXPEDIENTE N° : INGYTEC-2003
PROYECTO : SERVICIO DE GESTIÓN, MEJORAMIENTO Y CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DEL CORREDOR: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA EMP. PE-28B (PISAC) - DV. RUINAS - CUYO GRANDE - CHAHUAYTIRI - COLQUEPATA - EMP. CU-113 (PAUCARTAMBO); EMP. CU-112 (PAUCARTAMBO) - DV. CHALLABAMBA - DV. TRES CRUCES - PATRIA - PILLCOPATA - DV. PUERTO ATALAYA - EMP. MD-103 (PUENTE RIO CARBÓN); PUENTE RIO CARBÓN - GAMITANA - VILLA SALVACIÓN - SHINTUYA - ITAHUANIA - NUEVO EDÉN, POR NIVELES DE SERVICIO, DISTRITO DE PISAC - PROVINCIA DE CALCA - DEPARTAMENTO DE CUSCO
UBICACIÓN : CUSCO Y MADRE DE DIOS Realizado por : Tec. J. Muñoz T.
ACCESO : EN PISTA Revisado por : Ing. J. Hernandez
PROGRESIVA : Km. 08+000

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
 (NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883)

DATOS DE LA MUESTRA	
AGREGADO	: C-17
MUESTREO	: E-2
PROF. (m):	: 0.20 - 1.50

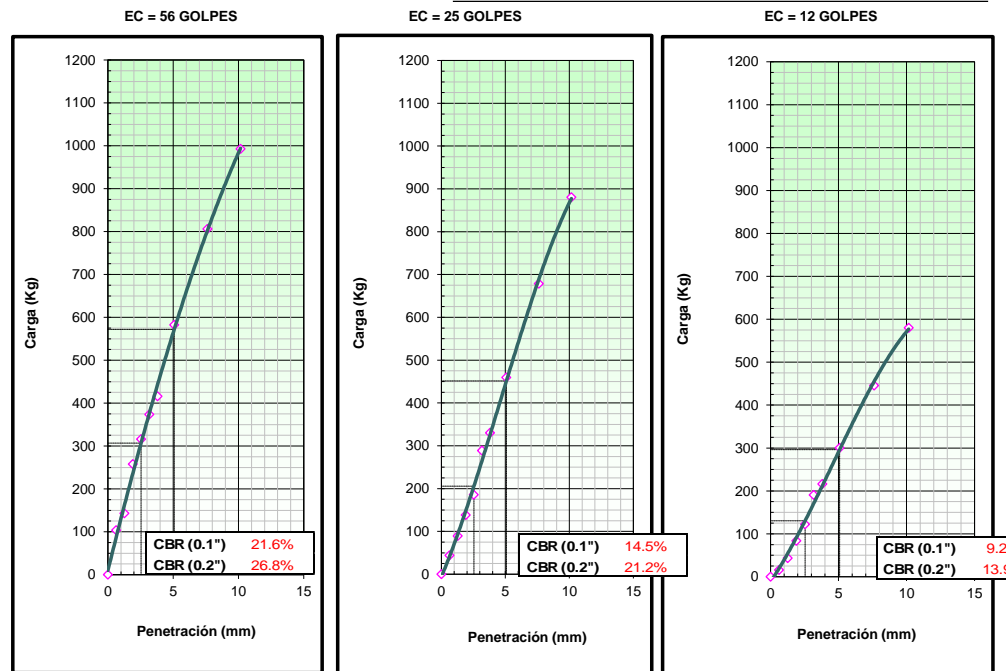


METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2.276
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 7.1
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2.162

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1":	21.7	0.2":	26.9
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1":	14.2	0.2":	20.9

RESULTADOS:
 Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 21.7 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 14.2 (%)

OBSERVACIONES:



OBSERVACIONES:

Referencias: MTC E 132, ASTM D 1883.

Equipos usados:

BAL-OH-30000-1-N8335440298 (13-02-2020)
 BAL-OH-30000-2-N8335450095 (20-02-2020)
 HOR-MET-110-N824 (13-02-2020)

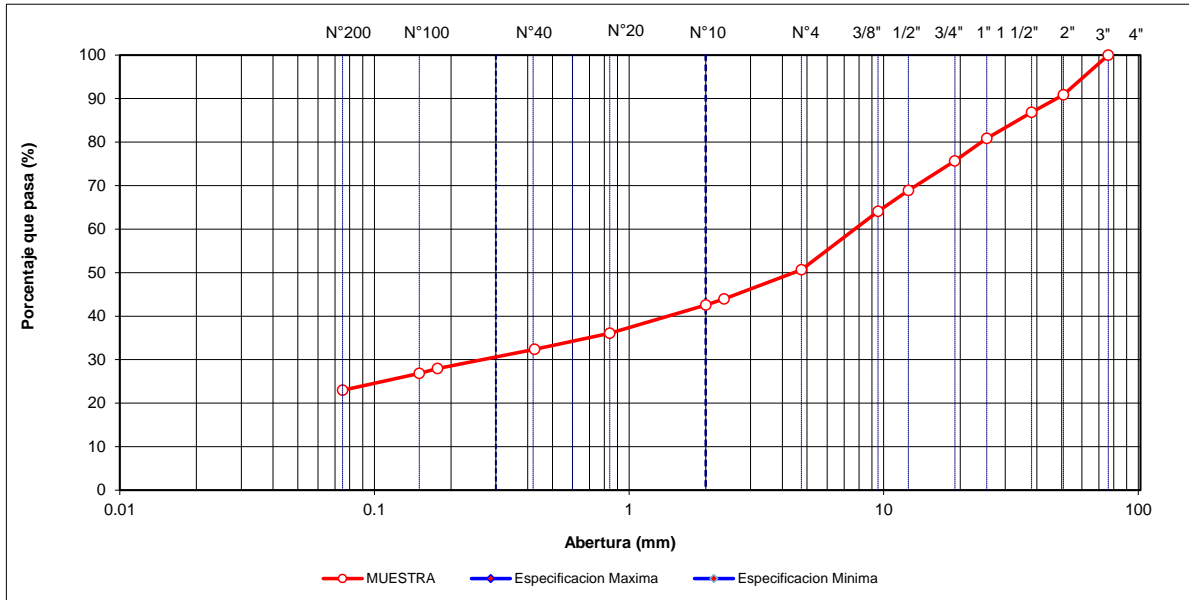
PRE-MET-N159 (13-02-2020)
 REL-INS-N6201274 (18-02-2020)
 TAM-2"-N°4-PNZ-ELE-(13-02-2020)

SOLICITANTE : CONSORCIO CCECC PERÚ **EXPEDIENTE N°** : INGYTEC-2003
PROYECTO : SERVICIO DE GESTIÓN, MEJORAMIENTO Y CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DEL CORREDOR: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA EMP. PE-28B (PISAC) - DV. RUINAS - CUYO GRANDE - CHAHUAYTIRI - COLQUEPATA - EMP. CU-113 (PAUCARTAMBO); EMP. CU-112 (PAUCARTAMBO) - DV. CHALLABAMBA - DV. TRES CRUCES - PATRIA - PILLCOPATA - DV. PUERTO ATALAYA - EMP. MD-103 (PUENTE RIO CARBÓN); PUENTE RIO CARBÓN - GAMITANA - VILLA SALVACIÓN - SHINTUYA - ITAHUANIA - NUEVO EDÉN, POR NIVELES DE SERVICIO, DISTRITO DE PISAC - PROVINCIA DE CALCA - DEPARTAMENTO DE CUSCO
UBICACIÓN : CUSCO Y MADRE DE DIOS **Realizado por** : Tec. J. Muñoz T.
CALICATAS : EN PISTA **Revisado por** : Ing. J. Hernandez
PROGRESIVA : KM. 12+000

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
 (NORMA MTC E-107, E-108 AASHTO T-27, ASTM D422)

DATOS DE LA MUESTRA							
CALICATA	: C-25	Lado:	Derecho	Fecha de excavación	: 01/08/2020		
MUESTREO	: E-02	E:	195868 m E	Peso inicial seco	: 23352.0 g		
PROF. (m)	: 0.04 - 0.94	N:	8518681 m S	Peso lavado seco	: 18020.5 g		
TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION GRADACION "A"	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
4"	101.600						Contenido de Humedad (%) : 8.3
3"	76.200				100.0		Límite Líquido (LL) : 28
2"	50.800	2135	9.1	9.1	90.9		Límite Plástico (LP) : 19
1 1/2"	38.100	930	4.0	13.1	86.9		Índice Plástico (IP) : 9
1"	25.400	1410	6.0	19.1	80.9		Clasificación (SUCS) : GC
3/4"	19.000	1220	5.2	24.3	75.7		Clasificación (AASHTO) : A-2-4
1/2"	12.500	1598	6.8	31.1	68.9		Índice de Grupo : (0)
3/8"	9.500	1130	4.8	35.9	64.1		Descripción (AASHTO) : BUENO
Nº 4	4.750	3132	13.4	49.3	50.7		Descripción (SUCS) : Grava arcillosa con arena
Nº 8	2.360	81.81	6.7	56.0	44.0		
Nº 10	2.000	17.19	1.4	57.4	42.6		
Nº 20	0.840	79.43	6.5	63.9	36.1		
Nº 40	0.425	44.86	3.7	67.6	32.4		OBSERVACIONES :
Nº 80	0.177	53.30	4.4	72.0	28.0		Grava 3" - Nº 4 : 49.3
Nº 100	0.150	13.92	1.1	73.1	26.9		Arena Nº4 - Nº 200 : 27.7
Nº 200	0.075	47.48	3.9	77.0	23.0		Finos < Nº 200 : 23.0
< Nº 200	FONDO	278.62	22.9	100			

CURVA GRANULOMETRICA



Referencias: MTC E 107, MTC E 204, ASTM D 422 - NTP 400.012:

Equipos usados:
 BAL-OH-30000-1-N8335440298 (13-02-2020)
 BAL-OH-30000-2-N8335450095 (20-02-2020)
 BAL-4200-1-NA1033530331561341403050 (13-02-2020)
 BAL-4200-2-NA1033530331561341403050 (13-02-2020)
 HOR-MET-110-N824 (13-02-2020)
 TAM-3"-Nº200-PNZ-ELE (13-02-2020)



SOLICITANTE : CONSORCIO CCECC PERÚ

EXPEDIENTE N° : INGYTEC-2003

PROYECTO : SERVICIO DE GESTIÓN, MEJORAMIENTO Y CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DEL CORREDOR: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA EMP. PE-28B (PISAC) - DV. RUINAS - CUYO GRANDE - CHAHUAYTIRI - COLQUEPATA - EMP. CU-113 (PAUCARTAMBO); EMP. CU-112 (PAUCARTAMBO) - DV. CHALLABAMBA - DV. TRES CRUCES - PATRIA - PILLCOPATA - DV. PUERTO ATALAYA - EMP. MD-103 (PUENTE RIO CARBÓN); PUENTE RIO CARBÓN - GAMITANA - VILLA SALVACIÓN - SHINTUYA - ITAHUANIA - NUEVO EDÉN, POR NIVELES DE SERVICIO, DISTRITO DE PISAC - PROVINCIA DE CALCA - DEPARTAMENTO DE CUSCO

UBICACIÓN : CUSCO Y MADRE DE DIOS

Realizado por : Tec. J. Muñoz T.

CALICATAS : EN PISTA

Revisado por : Ing. J. Hernandez

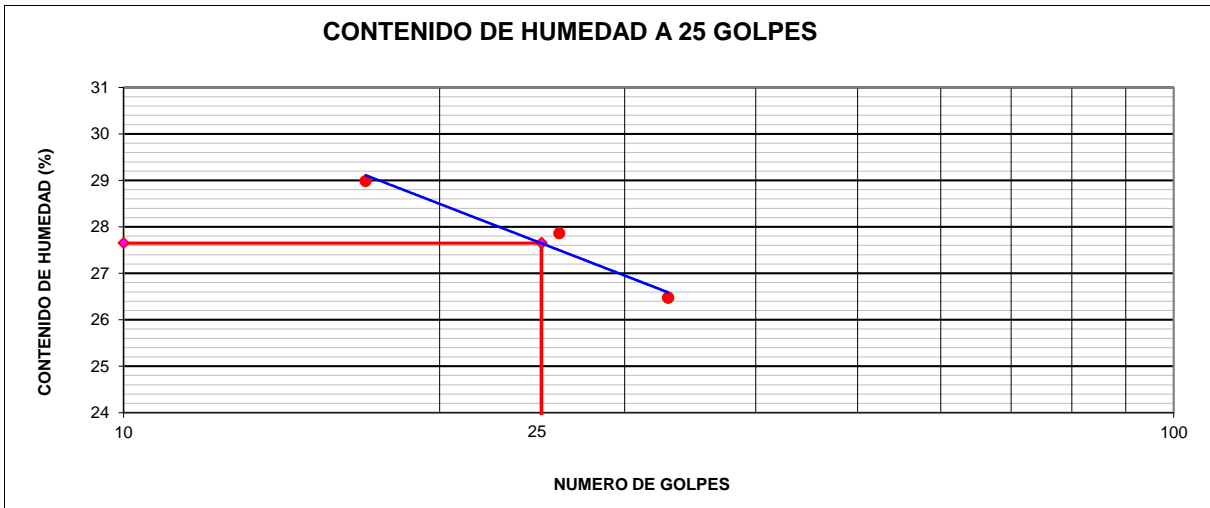
PROGRESIVA : KM. 12+000

LIMITES DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N°40
 (NORMA MTC E-110, E-111, AASHTO T-89, T-90, ASTM D 4318)

DATOS DE LA MUESTRA	
CALICATA	: C-25
MUESTREO	: E-02
PROF. (m)	: 0.04 - 0.94

LIMITE LIQUIDO				
Nº TARRO		64	40	63
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		41.25	40.70	42.19
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		35.39	34.98	36.71
PESO DE AGUA (g)		5.86	5.72	5.48
PESO DEL TARRO (g)		15.17	14.45	16.01
PESO DEL SUELO SECO (g)		20.2	20.5	20.7
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		28.98	27.86	26.47
NUMERO DE GOLPES		17	26	33

LIMITE PLASTICO				
Nº TARRO		40	8	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		13.74	14.06	
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		12.47	12.73	
PESO DE AGUA (g)		1.27	1.33	
PESO DEL TARRO (g)		5.67	5.57	
PESO DEL SUELO SECO (g)		6.8	7.2	
CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%)		18.68	18.58	



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	28
LIMITE PLASTICO	19
INDICE DE PLASTICIDAD	9

OBSERVACIONES

Referencias: MTC E 110, MTC E-111, NTP 333.129:

Equipos usados:
 BAL-OH-600-N8358190157 (13-02-2020)
 CCS-PNZ-N1749 (13-02-2020)
 CCS-PNZ-N1743 (13-02-2020)
 PIE-INS-N1410131760 (18-02-2020)
 HOR-MET-110-N824 (13-02-2020)





INGYTEC INFRA SAC
Calle Manco Capac 153, Dpto 501
Magdalena del Mar
Lima - Perú
Teléfono: 766-8168
Ingytec@ingytec.pe

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

SOLICITANTE : CONSORCIO CCECC PERÚ EXPEDIENTE N° : INGYTEC-2003
PROYECTO : SERVICIO DE GESTIÓN, MEJORAMIENTO Y CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DEL CORREDOR: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA EMP. PE-28B (PISAC) - DV. RUINAS - CUYO GRANDE - CHAHUAYTIRI - COLQUEPATA - EMP. CU-113 (PAUCARTAMBO); EMP. CU-112 (PAUCARTAMBO) - DV. CHALLABAMBA - DV. TRES CRUCES - PATRIA - PILLCOPATA - DV. PUERTO ATALAYA - EMP. MD-103 (PUENTE RIO CARBÓN); PUENTE RIO CARBÓN - GAMITANA - VILLA SALVACIÓN - SHINTUYA - ITAHUANIA - NUEVO EDÉN, POR NIVELES DE SERVICIO, DISTRITO DE PISAC - PROVINCIA DE CALCA - DEPARTAMENTO DE CUSCO
UBICACIÓN : CUSCO Y MADRE DE DIOS Realizado por : Tec. J. Muñoz T.
CALICATAS : EN PISTA Revisado por : Ing. J. Hernandez
PROGRESIVA : KM. 12+000

HUMEDAD NATURAL (NORMA MTC E-108)

DATOS DE LA MUESTRA	
CALICATA	: C-25
MUESTRA	: E-02
PROF. (m)	: 0.04 - 0.94

DATOS			
Nº de Ensayo	1	2	3
Peso de Mat. Humedo + Tara (gr.)	5483.83		
Peso de Mat. Seco + Tara (gr.)	5064.49		
Peso de Tara (gr.)	0		
Peso de Agua (gr.)	419.34		
Peso Mat. Seco (gr.)	5064.49		
Humedad Natural (%)	8.28		
Promedio de Humedad (%)	8.28		

Observaciones:

Referencias: MTC E 108 ASTM D-2216:

Equipos usados:

BAL-4200-1-NA1033530331561341403050 (13-02-2020)

BAL-4200-2-NA1033530331561341403050 (13-02-2020)

HOR-MET-110-N824 (13-02-2020)

JIMMY TORRES MUÑOZ
TÉCNICO DE LABORATORIO

JOSE HERNANDEZ CRESPO
INGENIERO CIVIL CIP 128464
JEFE DE LABORATORIO



SOLICITANTE : CONSORCIO CCECC PERÚ **EXPEDIENTE N°** : INGYTEC-2003

PROYECTO : SERVICIO DE GESTIÓN, MEJORAMIENTO Y CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DEL CORREDOR: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA EMP. PE-28B (PISAC) - DV. RUINAS - CUYO GRANDE - CHAHUAYTIRI - COLQUEPATA - EMP. CU-113 (PAUCARTAMBO); EMP. CU-112 (PAUCARTAMBO) - DV. CHALLABAMBA - DV. TRES CRUCES - PATRIA - PILLCOPATA - DV. PUERTO ATALAYA - EMP. MD-103 (PUENTE RIO CARBÓN); PUENTE RIO CARBÓN - GAMITANA - VILLA SALVACIÓN - SHINTUYA - ITAHUANIA - NUEVO EDÉN, POR NIVELES DE SERVICIO, DISTRITO DE PISAC - PROVINCIA DE CALCA - DEPARTAMENTO DE CUSCO

UBICACIÓN : CUSCO Y MADRE DE DIOS **Realizado por** : Tec. J. Muñoz T.

ACCESO : EN PISTA **Revisado por** : Ing. J. Hernandez

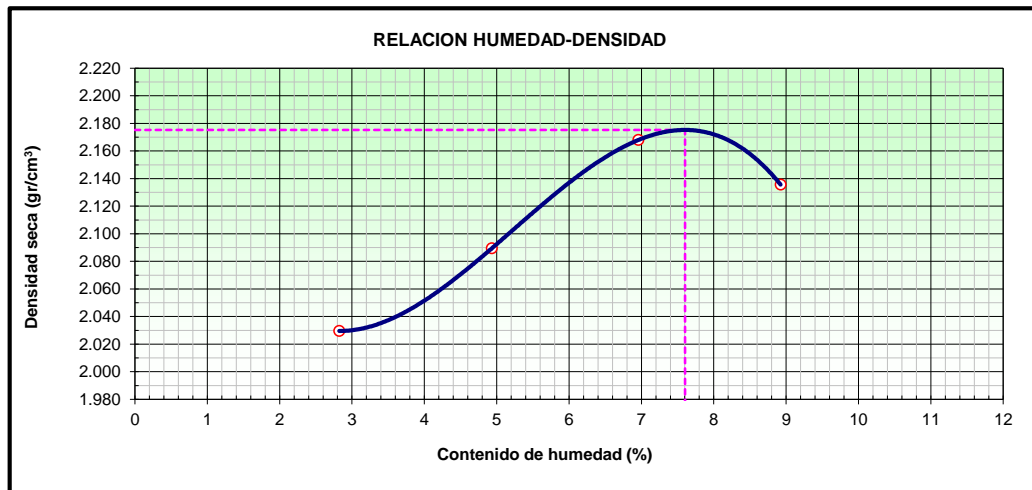
PROGRESIVA : KM. 12+000

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO
 (NORMA MTC E-115, ASTM D-1557, AASHTO T-180)

DATOS DE LA MUESTRA	
AGREGADO	: C-25
MUESTREO	: E-02
PROF. (m):	: 0.04 - 0.94

METODO DE COMPACTACION : C

Peso suelo + molde	gr	11185.0	11410.0	11679.0	11695.0	
Peso molde	gr	6740.0	6740.0	6740.0	6740.0	
Peso suelo húmedo compactado	gr	4445.0	4670.0	4939.0	4955.0	
Volumen del molde	cm ³	2130.0	2130.0	2130.0	2130.0	
Peso volumétrico húmedo	gr	2.087	2.192	2.319	2.326	
Recipiente N°		12	13	14	16	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	619.00	617.00	615.00	647.00	
Peso del suelo seco + tara	gr	602.00	588.00	575.00	594.00	
Tara	gr					
Peso de agua	gr	17.0	29.0	40.0	53.0	
Peso del suelo seco	gr	602.0	588.0	575.0	594.0	
Contenido de agua	%	2.82	4.93	6.96	8.92	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	2.030	2.089	2.168	2.136	
					<i>Densidad máxima (gr/cm³)</i>	2.175
					<i>Humedad óptima (%)</i>	7.60



Referencias: MTC E 115, ASTM D 1557:

Equipos usados:
 BAL-OH-30000-1-N8335440298 (13-02-2020)
 BAL-OH-30000-2-N8335450095 (20-02-2020)
 BAL-4200-1-NA1033530331561341403050 (13-02-2020)
 BAL-4200-2-NA1033530331561341403050 (13-02-2020)
 HOR-MET-110-N824 (13-02-2020)
 TAM-3/4"-N°4-PNZ-ELE-(13-02-2020)

SOLICITANTE : CONSORCIO CCECC PERÚ

EXPEDIENTE N° : INGYTEC-2003

PROYECTO : SERVICIO DE GESTIÓN, MEJORAMIENTO Y CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DEL CORREDOR: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA EMP. PE-28B (PISAC) - DV. RUINAS - CUYO GRANDE - CHAHUAYTIRI - COLQUEPATA - EMP. CU-113 (PAUCARTAMBO); EMP. CU-112 (PAUCARTAMBO) - DV. CHALLABAMBA - DV. TRES CRUCES - PATRIA - PILLCOPATA - DV. PUERTO ATALAYA - EMP. MD-103 (PUENTE RIO CARBÓN); PUENTE RIO CARBÓN - GAMITANA - VILLA SALVACIÓN - SHINTUYA - ITAHUANIA - NUEVO EDÉN, POR NIVELES DE SERVICIO, DISTRITO DE PISAC - PROVINCIA DE CALCA - DEPARTAMENTO DE CUSCO

UBICACIÓN : CUSCO Y MADRE DE DIOS

Realizado por : Tec. J. Muñoz T.

ACCESO : EN PISTA

Revisado por : Ing. J. Hernandez

PROGRESIVA : Km. 12+000

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
 (NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883)

DATOS DE LA MUESTRA

AGREGADO : C-25
 MUESTREO : E-2
 PROF. (m): : 0.04 - 0.94

COMPACTACION

	M		13		7	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde N°	5		5		5	
Capas N°	56		25		12	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO	
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12874.0	12979.0	13255.0	13406.0	13051.0	13255.0
Peso de molde (g)	7886.0	7886.0	8498.0	8498.0	8492.0	8492.0
Peso del suelo húmedo (g)	4988.0	5093.0	4757.0	4908.0	4559.0	4763.0
Volumen del molde (cm ³)	2127.1	2127.1	2110.9	2110.9	2120.6	2120.6
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.345	2.394	2.254	2.325	2.150	2.246
Tara (N°)	2		2		2	
Peso suelo húmedo + tara (g)	692.00	606.0	662.00	615.0	715.50	617.0
Peso suelo seco + tara (g)	643.00	549.0	615.00	551.0	664.00	546.0
Peso de tara (g)						7.10
Peso de agua (g)	49.0	57.0	47.0	64.0	51.5	71.0
Peso de suelo seco (g)	643.0	549.0	615.0	551.0	664.0	538.9
Contenido de humedad (%)	7.62	10.38	7.64	11.62	7.76	13.17
Densidad seca (g/cm ³)	2.179	2.169	2.094	2.083	1.995	1.985

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
21/09/2020	03:05:00	0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0
22/09/2020	03:05	24	30.0	0.300	0.3	40.0	0.400	0.3	45.0	0.450	0.4
23/09/2020	03:05	48	50.0	0.500	0.4	60.0	0.600	0.5	65.0	0.650	0.6
24/09/2020	03:05	72	65.0	0.650	0.6	70.0	0.700	0.6	80.0	0.800	0.7
25/09/2020	03:05	96	68.0	0.680	0.5	75.0	0.750	0.6	88.0	0.880	0.8

EXPANSION 0.65

PENETRACION

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N°				MOLDE N°				MOLDE N°			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635		43.9	43.9			28.3	28.3			20.5	20.5		
1.270		112.6	112.6			70.9	70.9			58.3	58.3		
1.905		212.3	212.3			140.3	140.3			114.9	114.9		
2.540	70.5	326.4	326.4	334.3	23.1	215.1	215.1	219.0	14.0	156.7	156.7	146.4	10.3
3.180		453.4	453.4			295.5	295.5			184.1	184.1		
3.810		555.0	555.0			362.6	362.6			200.4	200.4		
5.080	105.7	688.4	688.4	685.0	31.6	450.4	450.4	446.5	18.4	252.6	252.6	251.0	11.8
7.620		938.1	938.1			610.8	610.8			321.1	321.1		
10.160		1137.0	1137.0			750.2	750.2			398.0	398.0		

Referencias: MTC E 132, ASTM D 1883:

Equipos usados:

BAL-OH-30000-1-N8335440298 (13-02-2020)
 BAL-OH-30000-2-N8335450095 (20-02-2020)
 HOR-MET-110-N824 (13-02-2020)

PRE-MET-N159 (13-02-2020)
 REL-INS-N6201274 (18-02-2020)
 TAM-2"-N4-PNZ-ELE-(13-02-2020)

JIMMY TORRES MUÑOZ
 TÉCNICO DE LABORATORIO

JOSE HERNANDEZ CRESPO
 INGENIERO CIVIL CIP 126464
 JEFE DE LABORATORIO

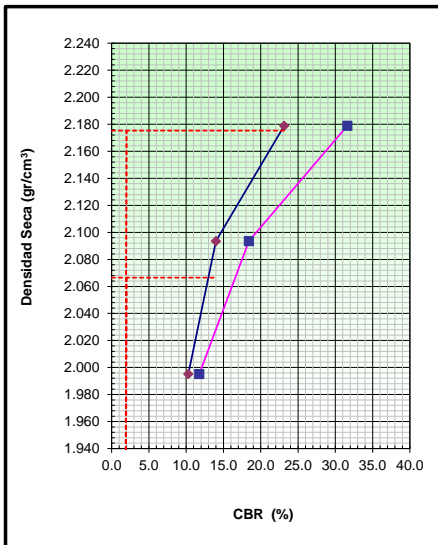


SOLICITANTE : CONSORCIO CCEC PERÚ **EXPEDIENTE N° :** INGYTEC-2003
PROYECTO : SERVICIO DE GESTIÓN, MEJORAMIENTO Y CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DEL CORREDOR: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA EMP. PE-28B (PISAC) - DV. RUINAS - CUYO GRANDE - CHAHUAYTIRI - COLQUEPATA - EMP. CU-113 (PAUCARTAMBO); EMP. CU-112 (PAUCARTAMBO) - DV. CHALLABAMBA - DV. TRES CRUCES - PATRIA - PILLCOPATA - DV. PUERTO ATALAYA - EMP. MD-103 (PUENTE RIO CARBÓN); PUENTE RIO CARBÓN - GAMITANA - VILLA SALVACIÓN - SHINTUYA - ITAHUANIA - NUEVO EDÉN, POR NIVELES DE SERVICIO, DISTRITO DE PISAC - PROVINCIA DE CALCA - DEPARTAMENTO DE CUSCO

UBICACIÓN : CUSCO Y MADRE DE DIOS **Realizado por :** Tec. J. Muñoz T.
ACCESO : EN PISTA **Revisado por :** Ing. J. Hernandez
PROGRESIVA : Km. 12+000

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
 (NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883)

DATOS DE LA MUESTRA	
AGREGADO	: C-25
MUESTREO	: E-2
PROF. (m):	: 0.04 - 0.94

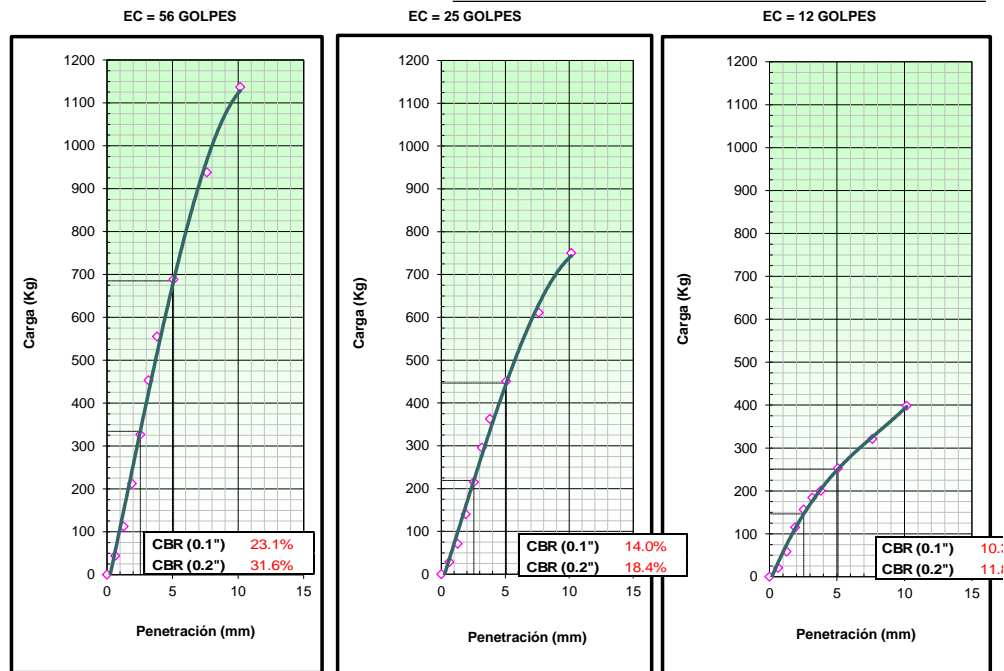


METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2.175
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 7.6
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2.067

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1" : 23.1	0.2" : 31.6
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1" : 14.0	0.2" : 18.4

RESULTADOS:
 Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = **23.1 (%)**
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = **14.0 (%)**

OBSERVACIONES:



OBSERVACIONES:

Referencias: MTC E 132, ASTM D 1883.

Equipos usados:

BAL-OH-30000-1-N8335440298 (13-02-2020)
 BAL-OH-30000-2-N8335450095 (20-02-2020)
 HOR-MET-110-N824 (13-02-2020)

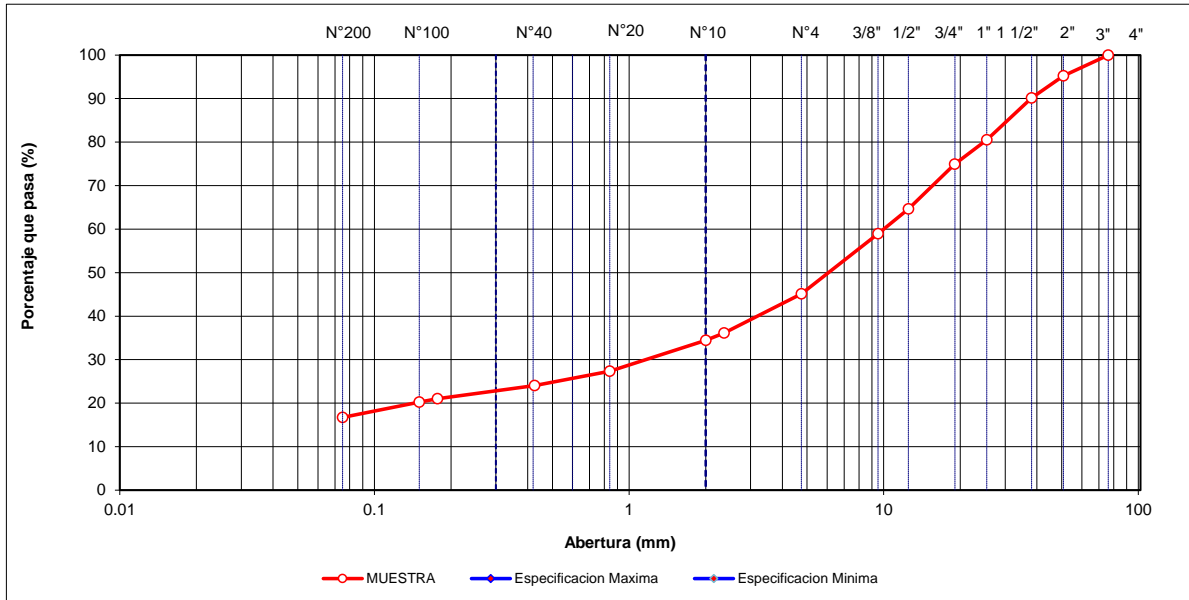
PRE-MET-N159 (13-02-2020)
 REL-INS-N6201274 (18-02-2020)
 TAM-2"-N°4-PNZ-ELE-(13-02-2020)

SOLICITANTE : CONSORCIO CCECC PERÚ **EXPEDIENTE N°** : INGYTEC-2003
PROYECTO : SERVICIO DE GESTIÓN, MEJORAMIENTO Y CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DEL CORREDOR: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA EMP. PE-28B (PISAC) - DV. RUINAS - CUYO GRANDE - CHAHUAYTIRI - COLQUEPATA - EMP. CU-113 (PAUCARTAMBO); EMP. CU-112 (PAUCARTAMBO) - DV. CHALLABAMBA - DV. TRES CRUCES - PATRIA - PILLCOPATA - DV. PUERTO ATALAYA - EMP. MD-103 (PUENTE RIO CARBÓN); PUENTE RIO CARBÓN - GAMITANA - VILLA SALVACIÓN - SHINTUYA - ITAHUANIA - NUEVO EDÉN, POR NIVELES DE SERVICIO, DISTRITO DE PISAC - PROVINCIA DE CALCA - DEPARTAMENTO DE CUSCO
UBICACIÓN : CUSCO Y MADRE DE DIOS **Realizado por** : Tec. J. Muñoz T.
CALICATAS : EN PISTA **Revisado por** : Ing. J. Hernandez
PROGRESIVA : KM. 14+000

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
 (NORMA MTC E-107, E-108 AASHTO T-27, ASTM D422)

DATOS DE LA MUESTRA							
CALICATA	: C-29	Lado:	Derecho	Fecha de excavación	: 01/08/2020		
MUESTREO	: E-03	E:	196624 m E	Peso inicial seco	: 28860.0 g		
PROF. (m)	: 0.30 - 1.05	N:	8517757 m S	Peso lavado seco	: 24043.6 g		
TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION GRADACION "A"	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
4"	101.600						Contenido de Humedad (%) : 4.5
3"	76.200				100.0		Límite Líquido (LL) : 23
2"	50.800	1378	4.8	4.8	95.2		Límite Plástico (LP) : 15
1 1/2"	38.100	1477	5.1	9.9	90.1		Índice Plástico (IP) : 8
1"	25.400	2757	9.6	19.5	80.5		Clasificación (SUCS) : GC
3/4"	19.000	1605	5.6	25.1	74.9		Clasificación (AASHTO) : A-2-4
1/2"	12.500	2972	10.3	35.4	64.6		Índice de Grupo : (0)
3/8"	9.500	1638	5.7	41.1	58.9		Descripción (AASHTO) : BUENO
Nº 4	4.750	3982	13.8	54.9	45.1		Descripción (SUCS) : Grava arcillosa con arena
Nº 8	2.360	125.51	9.0	63.9	36.1		
Nº 10	2.000	24.10	1.7	65.6	34.4		
Nº 20	0.840	99.23	7.1	72.7	27.3		
Nº 40	0.425	46.63	3.3	76.0	24.0		OBSERVACIONES :
Nº 80	0.177	42.46	3.0	79.0	21.0		Grava 3" - Nº 4 : 54.9
Nº 100	0.150	10.52	0.8	79.8	20.2		Arena Nº4 - Nº 200 : 28.4
Nº 200	0.075	49.09	3.5	83.3	16.7		Finos < Nº 200 : 16.7
< Nº 200	FONDO	232.52	16.7	100			

CURVA GRANULOMETRICA



Referencias: MTC E 107, MTC E 204, ASTM D 422 - NTP 400.012:

Equipos usados:
 BAL-OH-30000-1-N8335440298 (13-02-2020)
 BAL-OH-30000-2-N8335450095 (20-02-2020)
 BAL-4200-1-NA1033530331561341403050 (13-02-2020)
 BAL-4200-2-NA1033530331561341403050 (13-02-2020)
 HOR-MET-110-N824 (13-02-2020)
 TAM-3"-N°200-PNZ-ELE (13-02-2020)

SOLICITANTE : CONSORCIO CCECC PERÚ

EXPEDIENTE N° : INGYTEC-2003

PROYECTO : SERVICIO DE GESTIÓN, MEJORAMIENTO Y CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DEL CORREDOR: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA EMP. PE-28B (PISAC) - DV. RUINAS - CUYO GRANDE - CHAHUAYTIRI - COLQUEPATA - EMP. CU-113 (PAUCARTAMBO); EMP. CU-112 (PAUCARTAMBO) - DV. CHALLABAMBA - DV. TRES CRUCES - PATRIA - PILLCOPATA - DV. PUERTO ATALAYA - EMP. MD-103 (PUENTE RIO CARBÓN); PUENTE RIO CARBÓN - GAMITANA - VILLA SALVACIÓN - SHINTUYA - ITAHUANIA - NUEVO EDÉN, POR NIVELES DE SERVICIO, DISTRITO DE PISAC - PROVINCIA DE CALCA - DEPARTAMENTO DE CUSCO

UBICACIÓN : CUSCO Y MADRE DE DIOS

Realizado por : Tec. J. Muñoz T.

CALICATAS : EN PISTA

Revisado por : Ing. J. Hernandez

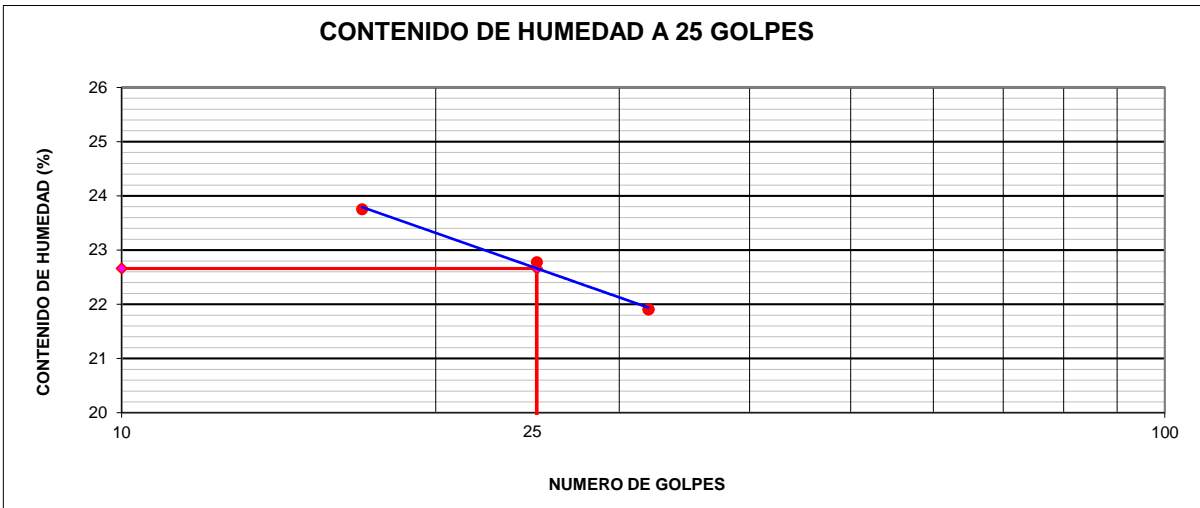
PROGRESIVA : KM. 14+000

LIMITES DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N°40
 (NORMA MTC E-110, E-111, AASHTO T-89, T-90, ASTM D 4318)

DATOS DE LA MUESTRA	
CALICATA	: C-29
MUESTREO	: E-03
PROF. (m)	: 0.30 - 1.05

LIMITE LIQUIDO					
Nº TARRO		42	6	41	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		44.93	39.06	46.57	
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		39.09	33.94	40.77	
PESO DE AGUA (g)		5.84	5.12	5.80	
PESO DEL TARRO (g)		14.50	11.46	14.29	
PESO DEL SUELO SECO (g)		24.6	22.5	26.5	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		23.75	22.78	21.90	
NUMERO DE GOLPES		17	25	32	

LIMITE PLASTICO					
Nº TARRO		41	56		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		13.27	14.19		
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		12.30	13.09		
PESO DE AGUA (g)		0.97	1.10		
PESO DEL TARRO (g)		5.86	5.83		
PESO DEL SUELO SECO (g)		6.4	7.3		
CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%)		15.06	15.15		



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	23
LIMITE PLASTICO	15
INDICE DE PLASTICIDAD	8

OBSERVACIONES

Referencias: MTC E 110, MTC E-111, NTP 333.129:

Equipos usados:
 BAL-OH-600-N8358190157 (13-02-2020)
 CCS-PNZ-N1749 (13-02-2020)
 CCS-PNZ-N1743 (13-02-2020)
 PIE-INS-N1410131760 (18-02-2020)
 HOR-MET-110-N824 (13-02-2020)



INGYTEC INFRA SAC
Calle Manco Capac 153, Dpto 501
Magdalena del Mar
Lima - Perú
Teléfono: 766-8168
Ingytec@ingytec.pe

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

SOLICITANTE : CONSORCIO CCECC PERÚ
EXPEDIENTE N° : INGYTEC-2003
SERVICIO DE GESTIÓN, MEJORAMIENTO Y CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DEL CORREDOR:
MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA EMP. PE-28B (PISAC) - DV. RUINAS - CUYO GRANDE - CHAHUAYTIRI -
PROYECTO : COLQUEPATA - EMP. CU-113 (PAUCARTAMBO); EMP. CU-112 (PAUCARTAMBO) - DV. CHALLABAMBA - DV. TRES
CRUCES - PATRIA - PILLCOPATA - DV. PUERTO ATALAYA - EMP. MD-103 (PUENTE RIO CARBÓN); PUENTE RIO
CARBÓN - GAMITANA - VILLA SALVACIÓN - SHINTUYA - ITAHUANIA - NUEVO EDÉN, POR NIVELES DE SERVICIO,
DISTRITO DE PISAC - PROVINCIA DE CALCA - DEPARTAMENTO DE CUSCO
UBICACIÓN : CUSCO Y MADRE DE DIOS
Realizado por : Tec. J. Muñoz T.
CALICATAS : EN PISTA
Revisado por : Ing. J. Hernandez
PROGRESIVA : KM. 14+000

HUMEDAD NATURAL (NORMA MTC E-108)

DATOS DE LA MUESTRA	
CALICATA	: C-29
MUESTRA	: E-03
PROF. (m)	: 0.30 - 1.05

DATOS			
Nº de Ensayo	1	2	3
Peso de Mat. Humedo + Tara (gr.)	5435.63		
Peso de Mat. Seco + Tara (gr.)	5202.06		
Peso de Tara (gr.)	0		
Peso de Agua (gr.)	233.57		
Peso Mat. Seco (gr.)	5202.06		
Humedad Natural (%)	4.49		
Promedio de Humedad (%)	4.49		

Observaciones:

Referencias: MTC E 108 ASTM D-2216:

Equipos usados:

BAL-4200-1-NA1033530331561341403050 (13-02-2020)

BAL-4200-2-NA1033530331561341403050 (13-02-2020)

HOR-MET-110-N824 (13-02-2020)

JIMMY TORRES MUÑOZ
TÉCNICO DE LABORATORIO

JOSE HERNANDEZ CRESPO
INGENIERO CIVIL CIP 128464
JEFE DE LABORATORIO



SOLICITANTE : CONSORCIO CCECC PERÚ **EXPEDIENTE N°** : INGYTEC-2003

PROYECTO : SERVICIO DE GESTIÓN, MEJORAMIENTO Y CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DEL CORREDOR: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA EMP. PE-28B (PISAC) - DV. RUINAS - CUYO GRANDE - CHAHUAYTIRI - COLQUEPATA - EMP. CU-113 (PAUCARTAMBO); EMP. CU-112 (PAUCARTAMBO) - DV. CHALLABAMBA - DV. TRES CRUCES - PATRIA - PILLCOPATA - DV. PUERTO ATALAYA - EMP. MD-103 (PUENTE RIO CARBÓN); PUENTE RIO CARBÓN - GAMITANA - VILLA SALVACIÓN - SHINTUYA - ITAHUANIA - NUEVO EDÉN, POR NIVELES DE SERVICIO, DISTRITO DE PISAC - PROVINCIA DE CALCA - DEPARTAMENTO DE CUSCO

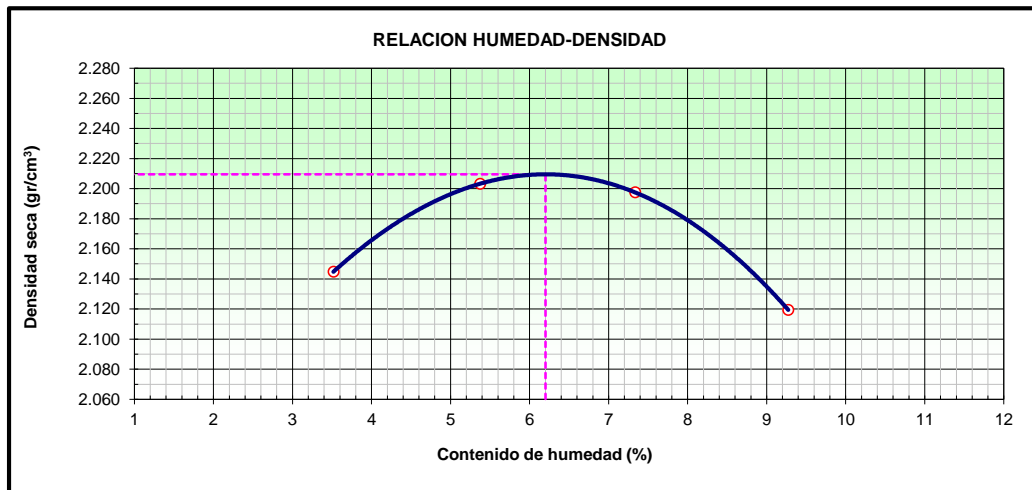
UBICACIÓN : CUSCO Y MADRE DE DIOS **Realizado por** : Tec. J. Muñoz T.
ACCESO : EN PISTA **Revisado por** : Ing. J. Hernandez
PROGRESIVA : KM. 14+000

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO
 (NORMA MTC E-115, ASTM D-1557, AASHTO T-180)

DATOS DE LA MUESTRA	
AGREGADO	: C-29
MUESTREO	: E-03
PROF. (m):	: 0.30 - 1.05

METODO DE COMPACTACION : C

Peso suelo + molde	gr	11469.0	11685.0	11764.0	11673.0	
Peso molde	gr	6740.0	6740.0	6740.0	6740.0	
Peso suelo húmedo compactado	gr	4729.0	4945.0	5024.0	4933.0	
Volumen del molde	cm ³	2130.0	2130.0	2130.0	2130.0	
Peso volumétrico húmedo	gr	2.220	2.322	2.359	2.316	
Recipiente N°		12	13	14	16	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	618.00	608.00	600.00	601.00	
Peso del suelo seco + tara	gr	597.00	577.00	559.00	550.00	
Tara	gr					
Peso de agua	gr	21.0	31.0	41.0	51.0	
Peso del suelo seco	gr	597.0	577.0	559.0	550.0	
Contenido de agua	%	3.52	5.37	7.33	9.27	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	2.145	2.203	2.198	2.119	
					Densidad máxima (gr/cm ³)	2.210
					Humedad óptima (%)	6.20



Referencias: MTC E 115, ASTM D 1557:

Equipos usados:
 BAL-OH-30000-1-N8335440298 (13-02-2020)
 BAL-OH-30000-2-N8335450095 (20-02-2020)
 BAL-4200-1-NA1033530331561341403050 (13-02-2020)
 BAL-4200-2-NA1033530331561341403050 (13-02-2020)
 HOR-MET-110-N824 (13-02-2020)
 TAM-3/4"-N°4-PNZ-ELE-(13-02-2020)

SOLICITANTE : CONSORCIO CCECC PERÚ

EXPEDIENTE N° : INGYTEC-2003

PROYECTO : SERVICIO DE GESTIÓN, MEJORAMIENTO Y CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DEL CORREDOR: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA EMP. PE-28B (PISAC) - DV. RUINAS - CUYO GRANDE - CHAHUAYTIRI - COLQUEPATA - EMP. CU-113 (PAUCARTAMBO); EMP. CU-112 (PAUCARTAMBO) - DV. CHALLABAMBA - DV. TRES CRUCES - PATRIA - PILLCOPATA - DV. PUERTO ATALAYA - EMP. MD-103 (PUENTE RIO CARBÓN); PUENTE RIO CARBÓN - GAMITANA - VILLA SALVACIÓN - SHINTUYA - ITAHUANIA - NUEVO EDÉN, POR NIVELES DE SERVICIO, DISTRITO DE PISAC - PROVINCIA DE CALCA - DEPARTAMENTO DE CUSCO

UBICACIÓN : CUSCO Y MADRE DE DIOS

Realizado por : Tec. J. Muñoz T.

ACCESO : EN PISTA

Revisado por : Ing. J. Hernandez

PROGRESIVA : Km. 14+000

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
 (NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883)

DATOS DE LA MUESTRA

AGREGADO : C-29
 MUESTREO : E-3
 PROF. (m): : 0.30 - 1.05

COMPACTACION

	4		17		3	
	5		5		5	
	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12948.0	13019.0	13323.0	13413.0	13178.0	13288.0
Peso de molde (g)	7963.0	7963.0	8448.0	8448.0	8625.0	8625.0
Peso del suelo húmedo (g)	4985.0	5056.0	4875.0	4965.0	4553.0	4663.0
Volumen del molde (cm ³)	2126.0	2126.0	2134.5	2134.5	2118.3	2118.3
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.345	2.378	2.284	2.326	2.149	2.201
Tara (N°)	2		2		2	
Peso suelo húmedo + tara (g)	654.00	643.0	750.00	652.0	683.00	636.0
Peso suelo seco + tara (g)	615.00	593.0	706.00	596.0	642.00	575.0
Peso de tara (g)						7.10
Peso de agua (g)	39.0	50.0	44.0	56.0	41.0	61.0
Peso de suelo seco (g)	615.0	593.0	706.0	596.0	642.0	567.9
Contenido de humedad (%)	6.34	8.43	6.23	9.40	6.39	10.74
Densidad seca (g/cm ³)	2.205	2.193	2.150	2.126	2.020	1.988

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
15/09/2020	01:05	0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0
16/09/2020	01:05	24	10.0	0.100	0.1	18.0	0.180	0.2	22.0	0.220	0.2
17/09/2020	01:05	48	17.0	0.170	0.1	35.0	0.350	0.3	42.0	0.420	0.4
18/09/2020	01:05	72	22.0	0.220	0.2	45.0	0.450	0.4	64.0	0.640	0.6
19/09/2020	01:05	96	24.0	0.240	0.2	51.0	0.510	0.4	74.0	0.740	0.6

EXPANSION 0.42

PENETRACION

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N°				MOLDE N°				MOLDE N°			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635		22.5	22.5			17.3	17.3			11.1	11.1		
1.270		75.3	75.3			65.6	65.6			38.3	38.3		
1.905		182.4	182.4			177.1	177.1			91.5	91.5		
2.540	70.5	365.7	365.7	402.9	29.1	279.3	279.3	277.1	19.5	179.4	179.4	196.2	13.8
3.180		581.6	581.6			385.1	385.1			282.9	282.9		
3.810		854.2	854.2			486.0	486.0			380.3	380.3		
5.080	105.7	1203.9	1203.9	1151.5	54.0	661.3	661.3	650.4	30.5	485.4	485.4	465.9	21.8
7.620		1869.3	1869.3			998.7	998.7			710.2	710.2		
10.160		2578.0	2578.0			1356.0	1356.0			1050.6	1050.6		

Referencias: MTC E 132, ASTM D 1883:

Equipos usados:

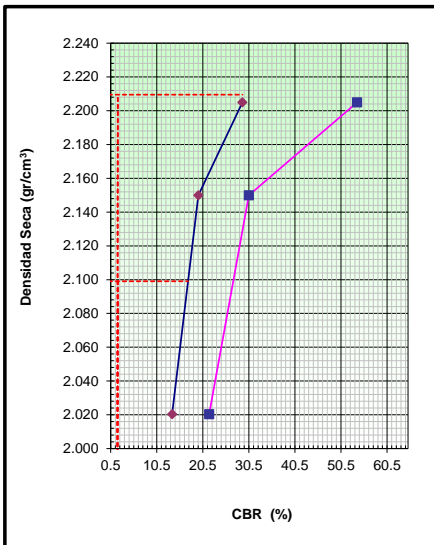
BAL-OH-30000-1-N8335440298 (13-02-2020)
 BAL-OH-30000-2-N8335450095 (20-02-2020)
 HOR-MET-110-N824 (13-02-2020)

PRE-MET-N159 (13-02-2020)
 REL-INS-N6201274 (18-02-2020)
 TAM-2"-N°4-PNZ-ELE-(13-02-2020)

SOLICITANTE : CONSORCIO CCECC PERÚ EXPEDIENTE N° : INGYTEC-2003
PROYECTO : SERVICIO DE GESTIÓN, MEJORAMIENTO Y CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DEL CORREDOR: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA EMP. PE-28B (PISAC) - DV. RUINAS - CUYO GRANDE - CHAHUAYTIRI - COLQUEPATA - EMP. CU-113 (PAUCARTAMBO); EMP. CU-112 (PAUCARTAMBO) - DV. CHALLABAMBA - DV. TRES CRUCES - PATRIA - PILLCOPATA - DV. PUERTO ATALAYA - EMP. MD-103 (PUENTE RIO CARBÓN); PUENTE RIO CARBÓN - GAMITANA - VILLA SALVACIÓN - SHINTUYA - ITAHUANIA - NUEVO EDÉN, POR NIVELES DE SERVICIO, DISTRITO DE PISAC - PROVINCIA DE CALCA - DEPARTAMENTO DE CUSCO
UBICACIÓN : CUSCO Y MADRE DE DIOS Realizado por : Tec. J. Muñoz T.
ACCESO : EN PISTA Revisado por : Ing. J. Hernandez
PROGRESIVA : Km. 14+000

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
 (NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883)

DATOS DE LA MUESTRA	
AGREGADO	: C-29
MUESTREO	: E-3
PROF. (m):	: 0.30 - 1.05

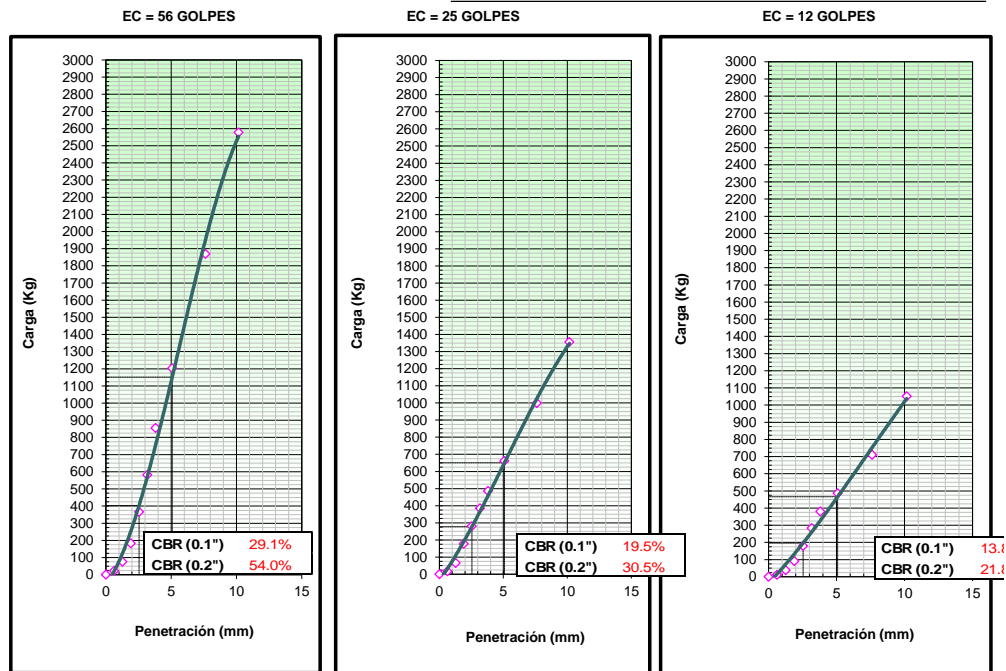


METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2.210
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 6.2
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2.099

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1":	29.1	0.2":	55.9
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1":	17.2	0.2":	27.1

RESULTADOS:
 Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 29.1 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 17.2 (%)

OBSERVACIONES:



OBSERVACIONES:

Referencias: MTC E 132, ASTM D 1883.

Equipos usados:

BAL-OH-30000-1-N8335440298 (13-02-2020)
 BAL-OH-30000-2-N8335450095 (20-02-2020)
 HOR-MET-110-N824 (13-02-2020)

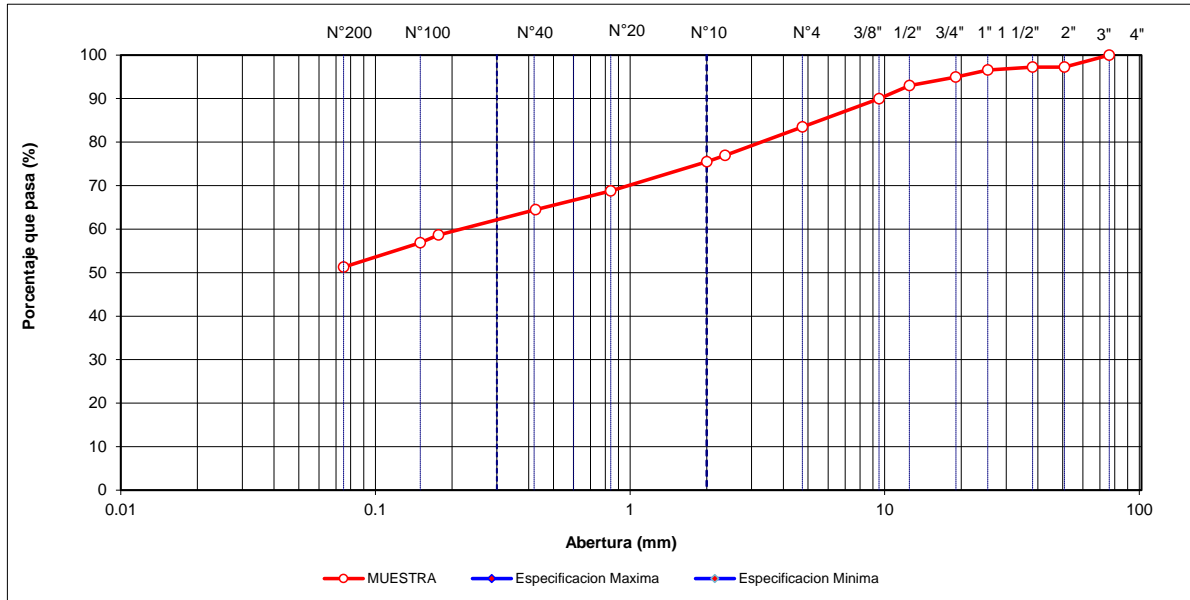
PRE-MET-N159 (13-02-2020)
 REL-INS-N6201274 (18-02-2020)
 TAM-2"-N°4-PNZ-ELE-(13-02-2020)

SOLICITANTE : CONSORCIO CCECC PERÚ **EXPEDIENTE N°** : INGYTEC-2003
PROYECTO : SERVICIO DE GESTIÓN, MEJORAMIENTO Y CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DEL CORREDOR: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA EMP. PE-28B (PISAC) - DV. RUINAS - CUYO GRANDE - CHAHUAYTIRI - COLQUEPATA - EMP. CU-113 (PAUCARTAMBO); EMP. CU-112 (PAUCARTAMBO) - DV. CHALLABAMBA - DV. TRES CRUCES - PATRIA - PILLCOPATA - DV. PUERTO ATALAYA - EMP. MD-103 (PUENTE RIO CARBÓN); PUENTE RIO CARBÓN - GAMITANA - VILLA SALVACIÓN - SHINTUYA - ITAHUANIA - NUEVO EDÉN, POR NIVELES DE SERVICIO, DISTRITO DE PISAC - PROVINCIA DE CALCA - DEPARTAMENTO DE CUSCO
UBICACIÓN : CUSCO Y MADRE DE DIOS **Realizado por** : Tec. J. Muñoz T.
CALICATAS : EN PISTA **Revisado por** : Ing. J. Hernandez
PROGRESIVA : KM. 16+000

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
 (NORMA MTC E-107, E-108 AASHTO T-27, ASTM D422)

DATOS DE LA MUESTRA							
CALICATA	: C-33	Lado:	Derecho	Fecha de excavación	: 01/08/2020		
MUESTREO	: E-03	E:	197793 m E	Peso inicial seco	: 20085.0 g		
PROF. (m)	: 0.55 - 1.50	N:	8517746 m S	Peso lavado seco	: 9815.6 g		
TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION GRADACION "A"	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
4"	101.600						Contenido de Humedad (%) : 18.1
3"	76.200				100.0		Límite Líquido (LL) : 36
2"	50.800	549	2.7	2.7	97.3		Límite Plástico (LP) : 21
1 1/2"	38.100	0	0.0	2.7	97.3		Índice Plástico (IP) : 15
1"	25.400	144	0.7	3.4	96.6		Clasificación (SUCS) : CL
3/4"	19.000	327	1.6	5.0	95.0		Clasificación (AASHTO) : A-6
1/2"	12.500	408	2.0	7.0	93.0		Índice de Grupo : (5)
3/8"	9.500	612	3.0	10.0	90.0		Descripción (AASHTO) : MALO
Nº 4	4.750	1305	6.5	16.5	83.5		Descripción (SUCS) : Arcilla arenosa de baja plasticidad con grava
Nº 8	2.360	47.18	6.5	23.0	77.0		
Nº 10	2.000	10.61	1.5	24.5	75.5		
Nº 20	0.840	48.81	6.7	31.2	68.8		
Nº 40	0.425	31.13	4.3	35.5	64.5		OBSERVACIONES :
Nº 80	0.177	41.79	5.8	41.3	58.7		Grava 3" - Nº 4 : 16.5
Nº 100	0.150	13.37	1.8	43.1	56.9		Arena Nº4 - Nº 200 : 32.2
Nº 200	0.075	40.81	5.6	48.7	51.3		Finos < Nº 200 : 51.3
< Nº 200	FONDO	370.90	51.2	100			

CURVA GRANULOMETRICA



Equipos usados:
 BAL-OH-30000-1-N8335440298 (13-02-2020)
 BAL-OH-30000-2-N8335450095 (20-02-2020)
 BAL-4200-1-NA1033530331561341403050 (13-02-2020)
 BAL-4200-2-NA1033530331561341403050 (13-02-2020)
 HOR-MET-110-N824 (13-02-2020)
 TAM-3"-N°200-PNZ-ELE (13-02-2020)

SOLICITANTE : CONSORCIO CCECC PERÚ

EXPEDIENTE N° : INGYTEC-2003

PROYECTO : SERVICIO DE GESTIÓN, MEJORAMIENTO Y CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DEL CORREDOR: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA EMP. PE-28B (PISAC) - DV. RUINAS - CUYO GRANDE - CHAHUAYTIRI - COLQUEPATA - EMP. CU-113 (PAUCARTAMBO); EMP. CU-112 (PAUCARTAMBO) - DV. CHALLABAMBA - DV. TRES CRUCES - PATRIA - PILLCOPATA - DV. PUERTO ATALAYA - EMP. MD-103 (PUENTE RIO CARBÓN); PUENTE RIO CARBÓN - GAMITANA - VILLA SALVACIÓN - SHINTUYA - ITAHUANIA - NUEVO EDÉN, POR NIVELES DE SERVICIO, DISTRITO DE PISAC - PROVINCIA DE CALCA - DEPARTAMENTO DE CUSCO

UBICACIÓN : CUSCO Y MADRE DE DIOS

Realizado por : Tec. J. Muñoz T.

CALICATAS : EN PISTA

Revisado por : Ing. J. Hernandez

PROGRESIVA : KM. 16+000

LIMITES DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N°40
 (NORMA MTC E-110, E-111, AASHTO T-89, T-90, ASTM D 4318)

DATOS DE LA MUESTRA	
CALICATA	: C-33
MUESTREO	: E-03
PROF. (m)	: 0.55 - 1.50

LIMITE LIQUIDO				
Nº TARRO		18	36	11
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		41.78	39.94	42.61
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		33.49	33.57	34.55
PESO DE AGUA (g)		8.29	6.37	8.06
PESO DEL TARRO (g)		11.74	15.97	11.02
PESO DEL SUELO SECO (g)		21.8	17.6	23.5
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		38.11	36.19	34.25
NUMERO DE GOLPES		15	23	34

LIMITE PLASTICO				
Nº TARRO		25	3	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		14.55	12.97	
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		13.06	11.74	
PESO DE AGUA (g)		1.49	1.23	
PESO DEL TARRO (g)		5.90	5.78	
PESO DEL SUELO SECO (g)		7.2	6.0	
CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%)		20.81	20.64	



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	36
LIMITE PLASTICO	21
INDICE DE PLASTICIDAD	15

OBSERVACIONES

Referencias: MTC E 110, MTC E-111, NTP 333.129:

Equipos usados:
 BAL-OH-600-N8358190157 (13-02-2020)
 CCS-PNZ-N1749 (13-02-2020)
 CCS-PNZ-N1743 (13-02-2020)
 PIE-INS-N1410131760 (18-02-2020)
 HOR-MET-110-N824 (13-02-2020)



INGYTEC INFRA SAC
Calle Manco Capac 153, Dpto 501
Magdalena del Mar
Lima - Perú
Teléfono: 766-8168
Ingytec@ingytec.pe

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

SOLICITANTE : CONSORCIO CCECC PERÚ EXPEDIENTE N° : INGYTEC-2003
PROYECTO : SERVICIO DE GESTIÓN, MEJORAMIENTO Y CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DEL CORREDOR: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA EMP. PE-28B (PISAC) - DV. RUINAS - CUYO GRANDE - CHAHUAYTIRI - COLQUEPATA - EMP. CU-113 (PAUCARTAMBO); EMP. CU-112 (PAUCARTAMBO) - DV. CHALLABAMBA - DV. TRES CRUCES - PATRIA - PILLCOPATA - DV. PUERTO ATALAYA - EMP. MD-103 (PUENTE RIO CARBÓN); PUENTE RIO CARBÓN - GAMITANA - VILLA SALVACIÓN - SHINTUYA - ITAHUANIA - NUEVO EDÉN, POR NIVELES DE SERVICIO, DISTRITO DE PISAC - PROVINCIA DE CALCA - DEPARTAMENTO DE CUSCO
UBICACIÓN : CUSCO Y MADRE DE DIOS Realizado por : Tec. J. Muñoz T.
CALICATAS : EN PISTA Revisado por : Ing. J. Hernandez
PROGRESIVA : KM. 16+000

HUMEDAD NATURAL
(NORMA MTC E-108)

DATOS DE LA MUESTRA	
CALICATA	: C-33
MUESTRA	: E-03
PROF. (m)	: 0.55 - 1.50

DATOS			
Nº de Ensayo	1	2	3
Peso de Mat. Humedo + Tara (gr.)	5119.80		
Peso de Mat. Seco + Tara (gr.)	4333.67		
Peso de Tara (gr.)	0		
Peso de Agua (gr.)	786.13		
Peso Mat. Seco (gr.)	4333.67		
Humedad Natural (%)	18.14		
Promedio de Humedad (%)	18.14		

Observaciones:

Referencias: MTC E 108 ASTM D-2216:

Equipos usados:

BAL-4200-1-NA1033530331561341403050 (13-02-2020)
BAL-4200-2-NA1033530331561341403050 (13-02-2020)
HOR-MET-110-N824 (13-02-2020)

JIMMY TORRES MUÑOZ
TÉCNICO DE LABORATORIO

JOSE HERNANDEZ CRESPO
INGENIERO CIVIL CIP 128464
JEFE DE LABORATORIO



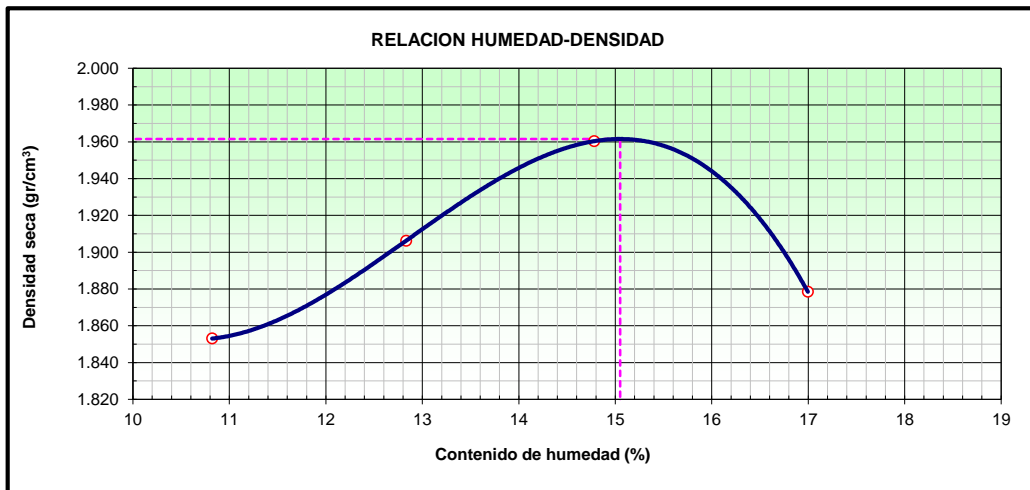
SOLICITANTE : CONSORCIO CCECC PERÚ **EXPEDIENTE N°** : INGYTEC-2003
PROYECTO : SERVICIO DE GESTIÓN, MEJORAMIENTO Y CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DEL CORREDOR:
 MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA EMP. PE-28B (PISAC) - DV. RUINAS - CUYO GRANDE - CHAHUAYTIRI -
 COLQUEPATA - EMP. CU-113 (PAUCARTAMBO); EMP. CU-112 (PAUCARTAMBO) - DV. CHALLABAMBA - DV. TRES
 CRUCES - PATRIA - PILLCOPATA - DV. PUERTO ATALAYA - EMP. MD-103 (PUENTE RIO CARBÓN); PUENTE RIO
 CARBÓN - GAMITANA - VILLA SALVACIÓN - SHINTUYA - ITAHUANIA - NUEVO EDÉN, POR NIVELES DE SERVICIO,
 DISTRITO DE PISAC - PROVINCIA DE CALCA - DEPARTAMENTO DE CUSCO
UBICACIÓN : CUSCO Y MADRE DE DIOS
ACCESO : EN PISTA **Realizado por** : Tec. J. Muñoz T.
PROGRESIVA : 16000 **Revisado por** : Ing. J. Hernandez

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO
 (NORMA MTC E-115, ASTM D-1557, AASHTO T-180)

DATOS DE LA MUESTRA	
AGREGADO	: C-33
MUESTREO	: E-03
PROF. (m):	: 0.55 - 1.50

METODO DE COMPACTACION : **A**

Peso suelo + molde	gr	5681.0	5772.0	5865.0	5816.0	
Peso molde	gr	3758.0	3758.0	3758.0	3758.0	
Peso suelo húmedo compactado	gr	1923.0	2014.0	2107.0	2058.0	
Volumen del molde	cm ³	936.4	936.4	936.4	936.4	
Peso volumétrico húmedo	gr	2.054	2.151	2.250	2.198	
Recipiente N°		12	13	14	16	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	594.00	598.00	598.00	592.00	
Peso del suelo seco + tara	gr	536.00	530.00	521.00	506.00	
Tara	gr					
Peso de agua	gr	58.0	68.0	77.0	86.0	
Peso del suelo seco	gr	536.0	530.0	521.0	506.0	
Contenido de agua	%	10.82	12.83	14.78	17.00	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.853	1.906	1.960	1.878	
					Densidad máxima (gr/cm ³)	1.962
					Humedad óptima (%)	15.05



Referencias: MTC E 115, ASTM D 1557:

Equipos usados:

BAL-OH-30000-1-N8335440298 (13-02-2020)
 BAL-OH-30000-2-N8335450095 (20-02-2020)
 BAL-4200-1-NA1033530331561341403050 (13-02-2020)
 BAL-4200-2-NA1033530331561341403050 (13-02-2020)
 HOR-MET-110-N824 (13-02-2020)
 TAM-3/4"-N°4-PNZ-ELE-(13-02-2020)

SOLICITANTE : CONSORCIO CCECC PERÚ

EXPEDIENTE N° : INGYTEC-2003

PROYECTO : SERVICIO DE GESTIÓN, MEJORAMIENTO Y CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DEL CORREDOR: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA EMP. PE-28B (PISAC) - DV. RUINAS - CUYO GRANDE - CHAHUAYTIRI - COLQUEPATA - EMP. CU-113 (PAUCARTAMBO); EMP. CU-112 (PAUCARTAMBO) - DV. CHALLABAMBA - DV. TRES CRUCES - PATRIA - PILLCOPATA - DV. PUERTO ATALAYA - EMP. MD-103 (PUENTE RIO CARBÓN); PUENTE RIO CARBÓN - GAMITANA - VILLA SALVACIÓN - SHINTUYA - ITAHUANIA - NUEVO EDÉN, POR NIVELES DE SERVICIO, DISTRITO DE PISAC - PROVINCIA DE CALCA - DEPARTAMENTO DE CUSCO

UBICACIÓN : CUSCO Y MADRE DE DIOS

Realizado por : Tec. J. Muñoz T.

ACCESO : EN PISTA

Revisado por : Ing. J. Hernandez

PROGRESIVA : Km. 16+000

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
 (NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883)

DATOS DE LA MUESTRA

AGREGADO : C-33
 MUESTREO : E-3
 PROF. (m): : 0.55 - 1.50

COMPACTACION

Molde N°	2		26		M	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	13293.0	13377.0	12855.0	13027.0	12350.0	12614.0
Peso de molde (g)	8488.0	8488.0	8251.0	8251.0	7886.0	7886.0
Peso del suelo húmedo (g)	4805.0	4889.0	4604.0	4776.0	4464.0	4728.0
Volumen del molde (cm ³)	2128.0	2128.0	2120.3	2120.3	2127.1	2127.1
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.258	2.297	2.171	2.253	2.099	2.223
Tara (N°)	2		2		2	
Peso suelo húmedo + tara (g)	534.00	617.0	578.00	652.0	607.00	795.0
Peso suelo seco + tara (g)	464.00	525.0	503.00	547.0	528.00	657.0
Peso de tara (g)						7.10
Peso de agua (g)	70.0	92.0	75.0	105.0	79.0	138.0
Peso de suelo seco (g)	464.0	525.0	503.0	547.0	528.0	649.9
Contenido de humedad (%)	15.09	17.52	14.91	19.20	14.96	21.23
Densidad seca (g/cm ³)	1.962	1.955	1.890	1.890	1.825	1.833

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
21/09/2020	01:05:00	0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0
22/09/2020	01:05:00	24	100.0	1.000	0.9	125.0	1.250	1.1	200.0	2.000	1.7
23/09/2020	01:05:00	48	200.0	2.000	1.7	250.0	2.500	2.2	400.0	4.000	3.5
24/09/2020	01:05:00	72	250.0	2.500	2.2	330.0	3.300	2.9	500.0	5.000	4.3
25/09/2020	01:05:00	96	260.0	2.600	2.0	356.0	3.560	3.1	547.0	5.470	4.7

EXPANSION 3.29

PENETRACION

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N°				MOLDE N°				MOLDE N°			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635		18.6	18.6			12.1	12.1			9.1	9.1		
1.270		35.0	35.0			22.5	22.5			16.1	16.1		
1.905		51.2	51.2			33.6	33.6			21.0	21.0		
2.540	70.5	71.9	71.9	71.3	5.0	47.1	47.1	46.8	2.7	25.4	25.4	25.8	1.8
3.180		90.5	90.5			59.2	59.2			27.3	27.3		
3.810		106.1	106.1			70.7	70.7			38.9	38.9		
5.080	105.7	137.5	137.5	138.1	6.5	90.9	90.9	91.4	3.5	56.0	56.0	53.0	2.5
7.620		197.7	197.7			130.9	130.9			74.4	74.4		
10.160		249.3	249.3			165.0	165.0			80.9	80.9		

Referencias: MTC E 132, ASTM D 1883:

Equipos usados:

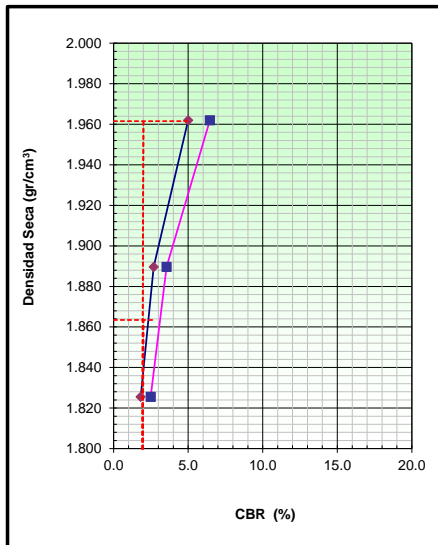
BAL-OH-30000-1-N8335440298 (13-02-2020)
 BAL-OH-30000-2-N8335450095 (20-02-2020)
 HOR-MET-110-N824 (13-02-2020)

PRE-MET-N159 (13-02-2020)
 REL-INS-N6201274 (18-02-2020)
 TAM-2-N*4-PNZ-ELE-(13-02-2020)

SOLICITANTE : CONSORCIO CCECC PERÚ **EXPEDIENTE N° :** INGYTEC-2003
PROYECTO : SERVICIO DE GESTIÓN, MEJORAMIENTO Y CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DEL CORREDOR: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA EMP. PE-28B (PISAC) - DV. RUINAS - CUYO GRANDE - CHAHUAYTIRI - COLQUEPATA - EMP. CU-113 (PAUCARTAMBO); EMP. CU-112 (PAUCARTAMBO) - DV. CHALLABAMBA - DV. TRES CRUCES - PATRIA - PILLCOPATA - DV. PUERTO ATALAYA - EMP. MD-103 (PUENTE RIO CARBÓN); PUENTE RIO CARBÓN - GAMITANA - VILLA SALVACIÓN - SHINTUYA - ITAHUANIA - NUEVO EDÉN, POR NIVELES DE SERVICIO, DISTRITO DE PISAC - PROVINCIA DE CALCA - DEPARTAMENTO DE CUSCO
UBICACIÓN : CUSCO Y MADRE DE DIOS **Realizado por :** Tec. J. Muñoz T.
ACCESO : EN PISTA **Revisado por :** Ing. J. Hernandez
PROGRESIVA : Km. 16+000

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
 (NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883)

DATOS DE LA MUESTRA	
AGREGADO	: C-33
MUESTREO	: E-3
PROF. (m):	: 0.55 - 1.50

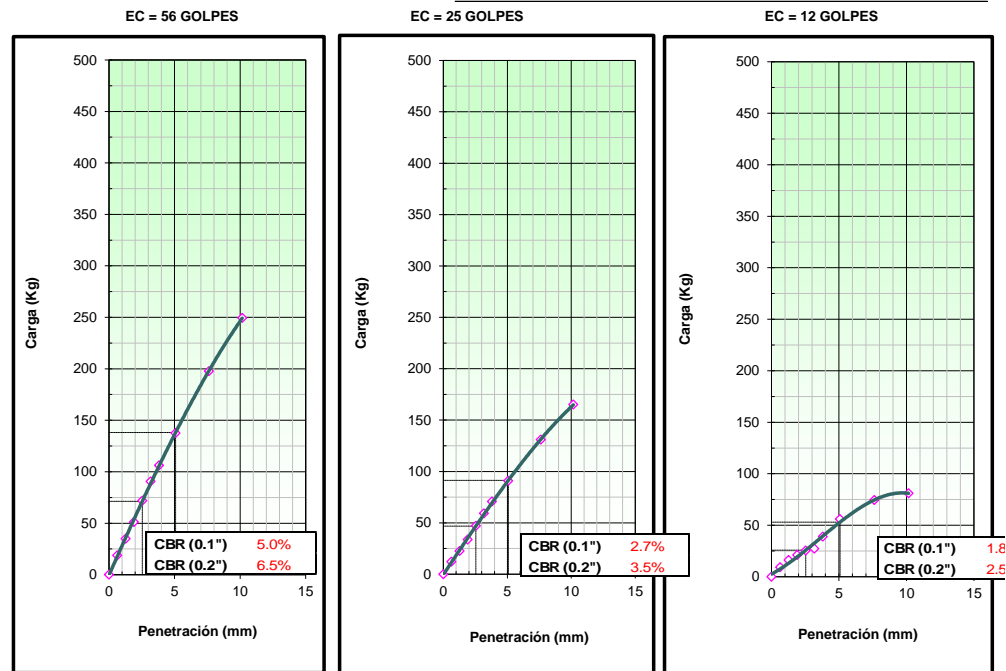


METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 1.962
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 15.1
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 1.863

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1":	5.0	0.2":	6.5
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1":	2.7	0.2":	3.5

RESULTADOS:
 Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 5.0 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 2.7 (%)

OBSERVACIONES:



OBSERVACIONES:

Referencias: MTC E 132, ASTM D 1883.

Equipos usados:

BAL-OH-30000-1-N8335440298 (13-02-2020)
 BAL-OH-30000-2-N8335450095 (20-02-2020)
 HOR-MET-110-N824 (13-02-2020)

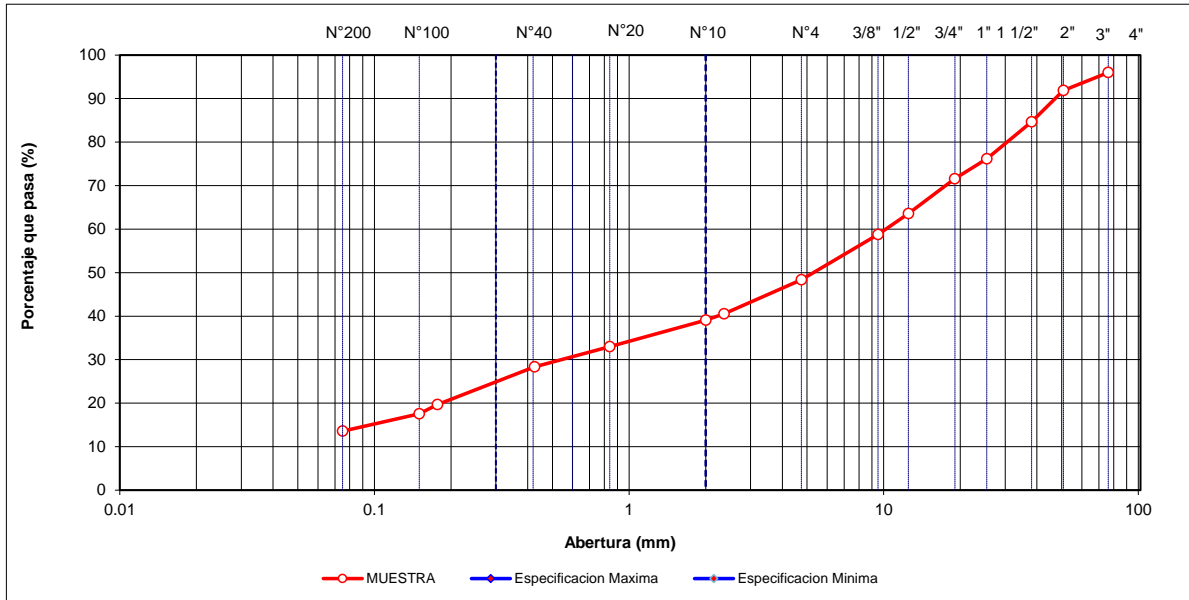
PRE-MET-N159 (13-02-2020)
 REL-INS-N6201274 (18-02-2020)
 TAM-2"-N°4-PNZ-ELE-(13-02-2020)

SOLICITANTE : CONSORCIO CCECC PERÚ **EXPEDIENTE N°** : INGYTEC-2003
PROYECTO : SERVICIO DE GESTIÓN, MEJORAMIENTO Y CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DEL CORREDOR: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA EMP. PE-28B (PISAC) - DV. RUINAS - CUYO GRANDE - CHAHUAYTIRI - COLQUEPATA - EMP. CU-113 (PAUCARTAMBO); EMP. CU-112 (PAUCARTAMBO) - DV. CHALLABAMBA - DV. TRES CRUCES - PATRIA - PILLCOPATA - DV. PUERTO ATALAYA - EMP. MD-103 (PUENTE RIO CARBÓN); PUENTE RIO CARBÓN - GAMITANA - VILLA SALVACIÓN - SHINTUYA - ITAHUANIA - NUEVO EDÉN, POR NIVELES DE SERVICIO, DISTRITO DE PISAC - PROVINCIA DE CALCA - DEPARTAMENTO DE CUSCO
UBICACIÓN : CUSCO Y MADRE DE DIOS **Realizado por** : Tec. J. Muñoz T.
CALICATAS : EN PISTA **Revisado por** : Ing. J. Hernandez
PROGRESIVA : KM. 18+000

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
 (NORMA MTC E-107, E-108 AASHTO T-27, ASTM D422)

DATOS DE LA MUESTRA							
CALICATA	: C-37	Lado:	Derecho	Fecha de excavación	: 01/08/2020		
MUESTREO	: E-02	E:	199605 m E	Peso inicial seco	: 63042.0 g		
PROF. (m)	: 0.25 - 0.40	N:	8518054 m S	Peso lavado seco	: 54448.4 g		
TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION GRADACION "A"	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
4"	101.600				100.0		Contenido de Humedad (%) : 4.4
3"	76.200	2531	4.0	4.0	96.0		Límite Líquido (LL) : 23
2"	50.800	2601	4.1	8.1	91.9		Límite Plástico (LP) : 14
1 1/2"	38.100	4522	7.2	15.3	84.7		Índice Plástico (IP) : 9
1"	25.400	5359	8.5	23.8	76.2		Clasificación (SUCS) : GC
3/4"	19.000	2884	4.6	28.4	71.6		Clasificación (AASHTO) : A-2-4
1/2"	12.500	5072	8.0	36.4	63.6		Índice de Grupo : (0)
3/8"	9.500	3017	4.8	41.2	58.8		Descripción (AASHTO) : BUENO
Nº 4	4.750	6552	10.4	51.6	48.4		Descripción (SUCS) : Grava arcillosa con arena
Nº 8	2.360	100.88	7.8	59.4	40.6		
Nº 10	2.000	19.55	1.5	60.9	39.1		
Nº 20	0.840	79.93	6.1	67.0	33.0		
Nº 40	0.425	59.59	4.6	71.6	28.4		OBSERVACIONES :
Nº 80	0.177	112.82	8.7	80.3	19.7		Grava 3" - Nº 4 : 51.6
Nº 100	0.150	27.01	2.1	82.4	17.6		Arena Nº4 - Nº 200 : 34.8
Nº 200	0.075	51.80	4.0	86.4	13.6		Finos < Nº 200 : 13.6
< Nº 200	FONDO	177.10	13.6	100			

CURVA GRANULOMETRICA



Referencias: MTC E 107, MTC E 204, ASTM D 422 - NTP 400.012:

Equipos usados:
 BAL-OH-30000-1-N8335440298 (13-02-2020)
 BAL-OH-30000-2-N8335450095 (20-02-2020)
 BAL-4200-1-NA1033530331561341403050 (13-02-2020)
 BAL-4200-2-NA1033530331561341403050 (13-02-2020)
 HOR-MET-110-N824 (13-02-2020)
 TAM-3"-Nº200-PNZ-ELE (13-02-2020)

SOLICITANTE : CONSORCIO CCECC PERÚ

EXPEDIENTE N° : INGYTEC-2003

PROYECTO : SERVICIO DE GESTIÓN, MEJORAMIENTO Y CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DEL CORREDOR: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA EMP. PE-28B (PISAC) - DV. RUINAS - CUYO GRANDE - CHAHUAYTIRI - COLQUEPATA - EMP. CU-113 (PAUCARTAMBO); EMP. CU-112 (PAUCARTAMBO) - DV. CHALLABAMBA - DV. TRES CRUCES - PATRIA - PILLCOPATA - DV. PUERTO ATALAYA - EMP. MD-103 (PUENTE RIO CARBÓN); PUENTE RIO CARBÓN - GAMITANA - VILLA SALVACIÓN - SHINTUYA - ITAHUANIA - NUEVO EDÉN, POR NIVELES DE SERVICIO, DISTRITO DE PISAC - PROVINCIA DE CALCA - DEPARTAMENTO DE CUSCO

UBICACIÓN : CUSCO Y MADRE DE DIOS

Realizado por : Tec. J. Muñoz T.

CALICATAS : EN PISTA

Revisado por : Ing. J. Hernandez

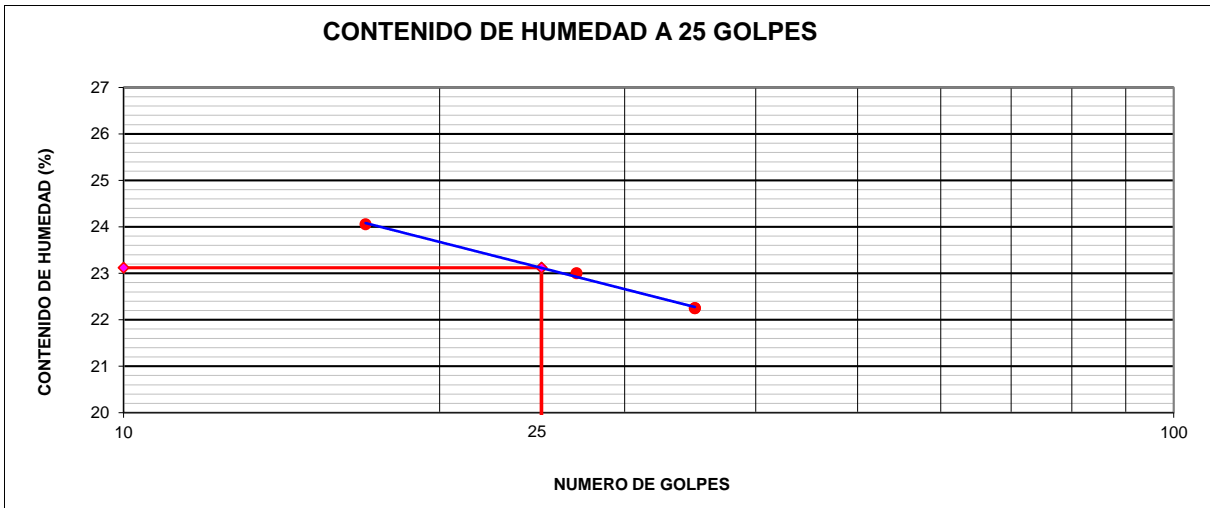
PROGRESIVA : KM. 18+000

LIMITES DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N°40
(NORMA MTC E-110, E-111, AASHTO T-89, T-90, ASTM D 4318)

DATOS DE LA MUESTRA	
CALICATA	: C-37
MUESTREO	: E-02
PROF. (m)	: 0.25 - 0.40

LIMITE LIQUIDO				
Nº TARRO		3	31	4
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		41.64	44.37	40.72
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		35.79	39.08	35.42
PESO DE AGUA (g)		5.85	5.29	5.30
PESO DEL TARRO (g)		11.47	16.08	11.60
PESO DEL SUELO SECO (g)		24.3	23.0	23.8
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		24.05	23.00	22.25
NUMERO DE GOLPES		17	27	35

LIMITE PLASTICO				
Nº TARRO		48	9	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		15.28	13.59	
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		14.11	12.62	
PESO DE AGUA (g)		1.17	0.97	
PESO DEL TARRO (g)		5.82	5.83	
PESO DEL SUELO SECO (g)		8.3	6.8	
CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%)		14.11	14.29	



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	23
LIMITE PLASTICO	14
INDICE DE PLASTICIDAD	9

OBSERVACIONES

Referencias: MTC E 110, MTC E-111, NTP 333.129:

Equipos usados:
BAL-OH-600-N8358190157 (13-02-2020)
CCS-PNZ-N1749 (13-02-2020)
CCS-PNZ-N1743 (13-02-2020)
PIE-INS-N1410131760 (18-02-2020)
HOR-MET-110-N824 (13-02-2020)



INGYTEC INFRA SAC
Calle Manco Capac 153, Dpto 501
Magdalena del Mar
Lima - Perú
Teléfono: 766-8168
Ingytec@ingytec.pe

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

SOLICITANTE : CONSORCIO CCECC PERÚ EXPEDIENTE N° : INGYTEC-2003
PROYECTO : SERVICIO DE GESTIÓN, MEJORAMIENTO Y CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DEL CORREDOR: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA EMP. PE-28B (PISAC) - DV. RUINAS - CUYO GRANDE - CHAHUAYTIRI - COLQUEPATA - EMP. CU-113 (PAUCARTAMBO); EMP. CU-112 (PAUCARTAMBO) - DV. CHALLABAMBA - DV. TRES CRUCES - PATRIA - PILLCOPATA - DV. PUERTO ATALAYA - EMP. MD-103 (PUENTE RIO CARBÓN); PUENTE RIO CARBÓN - GAMITANA - VILLA SALVACIÓN - SHINTUYA - ITAHUANIA - NUEVO EDÉN, POR NIVELES DE SERVICIO, DISTRITO DE PISAC - PROVINCIA DE CALCA - DEPARTAMENTO DE CUSCO
UBICACIÓN : CUSCO Y MADRE DE DIOS Realizado por : Tec. J. Muñoz T.
CALICATAS : EN PISTA Revisado por : Ing. J. Hernandez
PROGRESIVA : KM. 18+000

HUMEDAD NATURAL (NORMA MTC E-108)

DATOS DE LA MUESTRA	
CALICATA	: C-37
MUESTRA	: E-02
PROF. (m)	: 0.25 - 0.40

DATOS			
Nº de Ensayo	1	2	3
Peso de Mat. Humedo + Tara (gr.)	6438.05		
Peso de Mat. Seco + Tara (gr.)	6167.89		
Peso de Tara (gr.)	0		
Peso de Agua (gr.)	270.15		
Peso Mat. Seco (gr.)	6167.89		
Humedad Natural (%)	4.38		
Promedio de Humedad (%)	4.38		

Observaciones:

Referencias: MTC E 108 ASTM D-2216:

Equipos usados:

BAL-4200-1-NA1033530331561341403050 (13-02-2020)
BAL-4200-2-NA1033530331561341403050 (13-02-2020)
HOR-MET-110-N824 (13-02-2020)

JIMMY TORRES MUÑOZ
TÉCNICO DE LABORATORIO

JOSE HERNANDEZ CRESPO
INGENIERO CIVIL CIP 128464
JEFE DE LABORATORIO



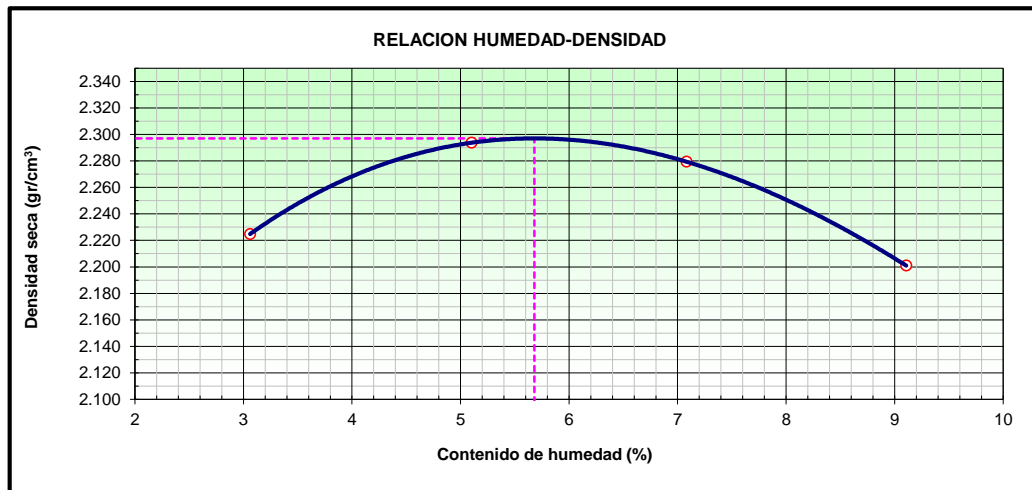
SOLICITANTE : CONSORCIO CCECC PERÚ **EXPEDIENTE N° :** INGYTEC-2003
PROYECTO : SERVICIO DE GESTIÓN, MEJORAMIENTO Y CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DEL CORREDOR: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA EMP. PE-28B (PISAC) - DV. RUINAS - CUYO GRANDE - CHAHUAYTIRI - COLQUEPATA - EMP. CU-113 (PAUCARTAMBO); EMP. CU-112 (PAUCARTAMBO) - DV. CHALLABAMBA - DV. TRES CRUCES - PATRIA - PILLCOPATA - DV. PUERTO ATALAYA - EMP. MD-103 (PUENTE RIO CARBÓN); PUENTE RIO CARBÓN - GAMITANA - VILLA SALVACIÓN - SHINTUYA - ITAHUANIA - NUEVO EDÉN, POR NIVELES DE SERVICIO, DISTRITO DE PISAC - PROVINCIA DE CALCA - DEPARTAMENTO DE CUSCO
UBICACIÓN : CUSCO Y MADRE DE DIOS
ACCESO : EN PISTA **Realizado por :** Tec. J. Muñoz T.
PROGRESIVA : 18000 **Revisado por :** Ing. J. Hernandez

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO
 (NORMA MTC E-115, ASTM D-1557, AASHTO T-180)

DATOS DE LA MUESTRA	
AGREGADO	: C-37
MUESTREO	: E-02
PROF. (m):	: 0.25 - 0.40

METODO DE COMPACTACION : C

Peso suelo + molde	gr	11624.0	11875.0	11939.0	11855.0	
Peso molde	gr	6740.0	6740.0	6740.0	6740.0	
Peso suelo húmedo compactado	gr	4884.0	5135.0	5199.0	5115.0	
Volumen del molde	cm ³	2130.0	2130.0	2130.0	2130.0	
Peso volumétrico húmedo	gr	2.293	2.411	2.441	2.401	
Recipiente N°		12	13	14	16	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	606.00	618.00	620.00	635.00	
Peso del suelo seco + tara	gr	588.00	588.00	579.00	582.00	
Tara	gr					
Peso de agua	gr	18.0	30.0	41.0	53.0	
Peso del suelo seco	gr	588.0	588.0	579.0	582.0	
Contenido de agua	%	3.06	5.10	7.08	9.11	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	2.225	2.294	2.279	2.201	
					Densidad máxima (gr/cm ³)	2.297
					Humedad óptima (%)	5.68



Referencias: MTC E 115, ASTM D 1557:

Equipos usados:

BAL-OH-30000-1-N8335440298 (13-02-2020)
 BAL-OH-30000-2-N8335450095 (20-02-2020)
 BAL-4200-1-NA1033530331561341403050 (13-02-2020)
 BAL-4200-2-NA1033530331561341403050 (13-02-2020)
 HOR-MET-110-N824 (13-02-2020)
 TAM-3/4"-N°4-PNZ-ELE-(13-02-2020)

SOLICITANTE : CONSORCIO CCECC PERÚ

EXPEDIENTE N° : INGYTEC-2003

PROYECTO : SERVICIO DE GESTIÓN, MEJORAMIENTO Y CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DEL CORREDOR: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA EMP. PE-28B (PISAC) - DV. RUINAS - CUYO GRANDE - CHAHUAYTIRI - COLQUEPATA - EMP. CU-113 (PAUCARTAMBO); EMP. CU-112 (PAUCARTAMBO) - DV. CHALLABAMBA - DV. TRES CRUCES - PATRIA - PILLCOPATA - DV. PUERTO ATALAYA - EMP. MD-103 (PUENTE RIO CARBÓN); PUENTE RIO CARBÓN - GAMITANA - VILLA SALVACIÓN - SHINTUYA - ITAHUANIA - NUEVO EDÉN, POR NIVELES DE SERVICIO, DISTRITO DE PISAC - PROVINCIA DE CALCA - DEPARTAMENTO DE CUSCO

UBICACIÓN : CUSCO Y MADRE DE DIOS

Realizado por : Tec. J. Muñoz T.

ACCESO : EN PISTA

Revisado por : Ing. J. Hernandez

PROGRESIVA : Km. 18+000

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
 (NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883)

DATOS DE LA MUESTRA

AGREGADO : C-37
 MUESTREO : E-2
 PROF. (m): : 0.25 - 0.40

COMPACTACION

	A		29		Q	
Molde N°	5		5		5	
Capas N°	56		25		12	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	13572.0	13629.0	13209.0	13313.0	12685.0	12840.0
Peso de molde (g)	8430.0	8430.0	8214.0	8214.0	7907.0	7907.0
Peso del suelo húmedo (g)	5142.0	5199.0	4995.0	5099.0	4778.0	4933.0
Volumen del molde (cm ³)	2112.4	2112.4	2122.4	2122.4	2117.7	2117.7
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.434	2.461	2.353	2.402	2.256	2.329
Tara (N°)	2		2		2	
Peso suelo húmedo + tara (g)	613.00	649.0	683.00	666.0	894.00	695.0
Peso suelo seco + tara (g)	580.00	603.0	646.00	615.0	845.00	637.0
Peso de tara (g)					7.10	
Peso de agua (g)	33.0	46.0	37.0	51.0	49.0	58.0
Peso de suelo seco (g)	580.0	603.0	646.0	615.0	845.0	629.9
Contenido de humedad (%)	5.69	7.63	5.73	8.29	5.80	9.21
Densidad seca (g/cm ³)	2.303	2.287	2.226	2.218	2.133	2.133

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
21/09/2020	01:05:00	0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0
22/09/2020	01:05	24	13.0	0.130	0.1	15.0	0.150	0.1	20.0	0.200	0.2
23/09/2020	01:05	48	20.0	0.200	0.2	25.0	0.250	0.2	30.0	0.300	0.3
24/09/2020	01:05	72	25.0	0.250	0.2	30.0	0.300	0.3	38.0	0.380	0.3
25/09/2020	01:05	96	28.0	0.280	0.2	35.0	0.350	0.3	44.0	0.440	0.4
EXPANSION 0.30											

PENETRACION

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N°				MOLDE N°				MOLDE N°			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635		49.4	49.4			30.5	30.5			24.8	24.8		
1.270		86.8	86.8			58.5	58.5			42.3	42.3		
1.905		204.7	204.7			138.6	138.6			100.1	100.1		
2.540	70.5	390.7	390.7	399.0	28.0	260.6	260.6	265.5	18.7	189.6	189.6	200.4	14.1
3.180		572.2	572.2			375.9	375.9			280.3	280.3		
3.810		750.7	750.7			495.6	495.6			364.4	364.4		
5.080	105.7	1069.1	1069.1	1026.1	48.1	715.3	715.3	679.3	31.8	449.9	449.9	429.9	20.1
7.620		1550.9	1550.9			1020.3	1020.3			556.2	556.2		
10.160		1938.6	1938.6			1280.1	1280.1			650.2	650.2		

Referencias: MTC E 132, ASTM D 1883:

Equipos usados:

BAL-OH-30000-1-N8335440298 (13-02-2020)
 BAL-OH-30000-2-N8335450095 (20-02-2020)
 HOR-MET-110-N824 (13-02-2020)

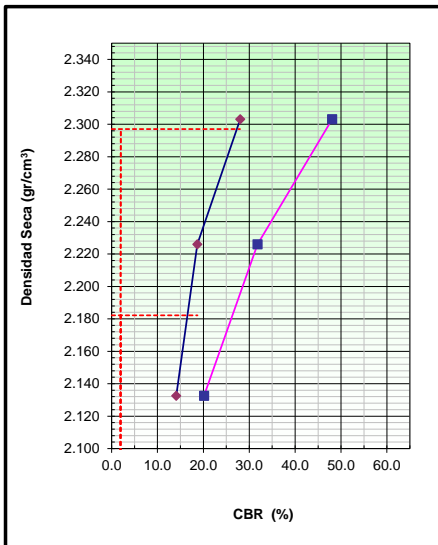
PRE-MET-N159 (13-02-2020)
 REL-INS-N6201274 (18-02-2020)
 TAM-2"-N4-PNZ-ELE-(13-02-2020)

SOLICITANTE : CONSORCIO CCECC PERÚ **EXPEDIENTE N° :** INGYTEC-2003
PROYECTO : SERVICIO DE GESTIÓN, MEJORAMIENTO Y CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DEL CORREDOR: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA EMP. PE-28B (PISAC) - DV. RUINAS - CUYO GRANDE - CHAHUAYTIRI - COLQUEPATA - EMP. CU-113 (PAUCARTAMBO); EMP. CU-112 (PAUCARTAMBO) - DV. CHALLABAMBA - DV. TRES CRUCES - PATRIA - PILLCOPATA - DV. PUERTO ATALAYA - EMP. MD-103 (PUENTE RIO CARBÓN); PUENTE RIO CARBÓN - GAMITANA - VILLA SALVACIÓN - SHINTUYA - ITAHUANIA - NUEVO EDÉN, POR NIVELES DE SERVICIO, DISTRITO DE PISAC - PROVINCIA DE CALCA - DEPARTAMENTO DE CUSCO

UBICACIÓN : CUSCO Y MADRE DE DIOS **Realizado por :** Tec. J. Muñoz T.
ACCESO : EN PISTA **Revisado por :** Ing. J. Hernandez
PROGRESIVA : Km. 18+000

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
 (NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883)

DATOS DE LA MUESTRA	
AGREGADO	: C-37
MUESTREO	: E-2
PROF. (m):	: 0.25 - 0.40

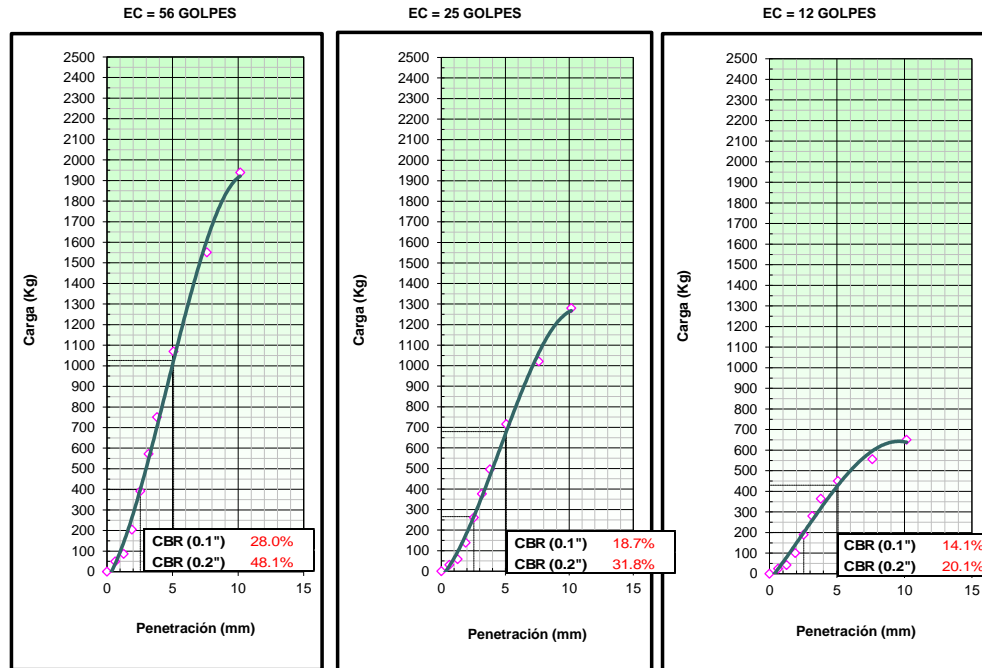


METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2.297
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 5.7
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2.182

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1": 28.0	0.2": 46.8
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1": 18.7	0.2": 31.8

RESULTADOS:
 Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = **28.0 (%)**
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = **18.7 (%)**

OBSERVACIONES:



OBSERVACIONES:

Referencias: MTC E 132, ASTM D 1883.

Equipos usados:

BAL-OH-30000-1-N8335440298 (13-02-2020)
 BAL-OH-30000-2-N8335450095 (20-02-2020)
 HOR-MET-110-N824 (13-02-2020)

PRE-MET-N159 (13-02-2020)
 REL-INS-N6201274 (18-02-2020)
 TAM-2"-N°4-PNZ-ELE-(13-02-2020)

SUBBASE GRANULAR

Servicio de Gestión, Mejoramiento y Conservación Vial por Niveles de Servicio del Corredor Vial: Emp. PE-28b (Pisac)- Dv. Ruinas - Cuyo Grande - Chahuaytiri - Colquepata - Emp. CU-113 (Paucartambo); Emp. CU -112 (Paucartambo) - Dv. Challabamba - Dv. Tres Cruces - Patria - Pillcopata - Dv. Puerto Atalaya - Emp. Md-103 (Puente Rio Carbón); Puente Rio Carbón - Gamitana - Villa Salvación - Shintuya - Itahuania - Nuevo Edén, por Niveles de Servicio, Distrito de Pisac - Provincia de Calca - Departamentos de Cusco y Madre de Dios.



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88

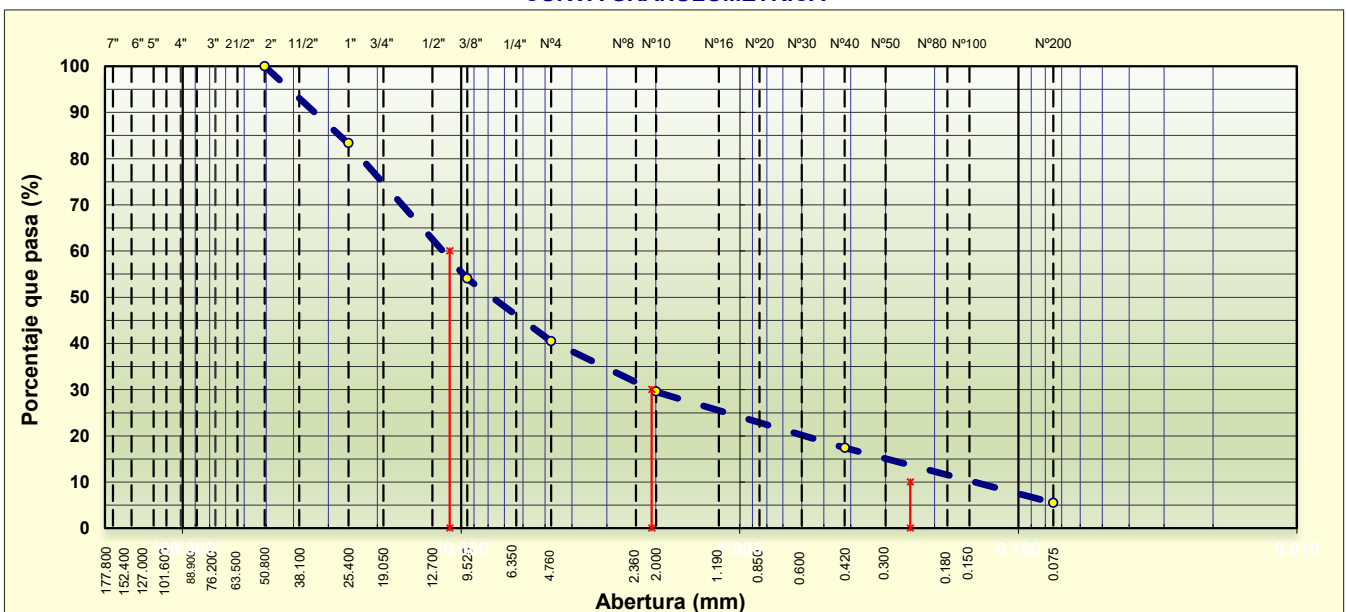
TRAMO : DV. Ruinas - Chahuaytire (Km 06+720 . Km 18+480)
 MATERIAL : Para Subbase Granular
 UBICACIÓN : Cantera Chahuaytire, Km 21+780
 LADO : Derecho

Nº REGISTRO :
 TÉC.RES. : H.A.R.
 ING. RESP. : N.F.H.N
 FECHA : 2/05/2022

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA		
7"	177.800					PESO TOTAL = 7.846.5 gr		
6"	152.400					PESO GRAVA = 775.3 gr		
5"	127.000					PESO ARENA = 7071.2 gr		
4 1/2"	114.300					PESO FINO = 924.5 gr		
4"	101.600					LÍMITE LÍQUIDO = 21 %		
3 1/2"	88.900					LÍMITE PLÁSTICO = 17 %		
3"	76.200					ÍNDICE PLÁSTICO = 4 %		
2 1/2"	63.500					CLASF. AASHTO = A-1-a (0)		
2"	50.800				100.0	CLASF. SUCCS = GW - GM		
1 1/2"	38.100	745.3	9.5	9.5	90.5	MAX. DENS. SECA = 2.148 (gr/cm3)		
1"	25.400	563.2	7.2	16.7	83.3	OPT. CONT. HUM. = 7.47 %		
3/4"	19.050	673.5	8.6	25.3	74.7	% Grava = 59.5 %		
1/2"	12.700	698.4	8.9	34.2	65.8	% Arena = 35.0 %		
3/8"	9.525	925.6	11.8	46.0	54.0	% Fino = 5.5 %		
1/4"	6.350					HUMEDAD NATURAL P.S.H. P.S.S Humedad		
# 4	4.760	1,064.2	13.6	59.5	40.5	743.6 698.7 6.4%		
# 8	2.360					Coef. Uniformidad = 45 Índice de Consistencia		
# 10	2.000	249.4	10.9	70.4	29.6	Coef. Curvatura = 1.6		
# 20	0.850					Pot. de Expansión = Bajo		
# 40	0.420	277.4	12.1	82.6	17.4	Estable		
# 50	0.300	146.3	6.4	89.0	11.0			
# 80	0.180							
# 100	0.150	77.4	3.4	92.4	7.6			
# 200	0.075	48.5	2.1	94.5	5.5			
< # 200	FONDO	125.5	5.5	100.0	0.0			
FRACCIÓN		924.5						
TOTAL		7,846.5						

Descripción suelo: Grava bien gradada con limo y arena

CURVA GRANULOMÉTRICA



CONSORCIO VIAL PAUCARTAMBO
 Nils Felipe Heredia Naula
 CIR 178995
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS

Servicio de Gestión, Mejoramiento y Conservación Vial por Niveles de Servicio del Corredor Vial: Emp. PE-28b (Pisac)- Dv. Ruinas - Cuyo Grande - Chahuaytiri - Colquepata - Emp. CU-113 (Paucartambo); Emp. CU -112 (Paucartambo) - Dv. Challabamba - Dv. Tres Cruces - Patria - Pillcopata - Dv. Puerto Atalaya - Emp. Md-103 (Puente Rio Carbón); Puente Rio Carbón - Gamitana - Villa Salvación - Shintuya - Itahuania - Nuevo Edén, por Niveles de Servicio, Distrito de Pisac - Provincia de Calca - Departamentos de Cusco y Madre de Dios.



HUMEDAD NATURAL

(MTC E 108)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

TRAMO : DV. Ruinas - Chahuaytire (Km 06+720 . Km 18+480)

MATERIAL : Para Subbase Granular

UBICACIÓN : Cantera Chahuaytire, Km 21+780

LADO : Derecho

Nº REGISTRO :

TEC. RESP. : H.A.R.

ING. RESP. : N.F.H.N

FECHA : 2/05/2022

DATOS

Nº de Ensayo	1		
Peso de Mat. Humedo + Tara (gr.)	743.58		
Peso de Mat. Seco + Tara (gr.)	698.74		
Peso de Tara (gr.)			
Peso de Agua (gr.)	44.84		
Peso Mat. Seco (gr.)	698.74		
Humedad Natural (%)	6.42		
Promedio de Humedad (%)		6.4	

OBSERVACIONES:

CONSORCIO VIAL PAUCARTAMBO

Nes Felipe Heceda Naula
 Nes Felipe Heceda Naula
 CIP. 178997
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS

Servicio de Gestión, Mejoramiento y Conservación Vial por Niveles de Servicio del Corredor Vial:
 Emp. PE-28b (Pisac)- Dv. Ruinas - Cuyo Grande - Chahuaytiri - Colquepata - Emp. CU-113
 (Paucartambo); Emp. CU -112 (Paucartambo) - Dv. Challabamba - Dv. Tres Cruces - Patria -
 Pillcopata - Dv. Puerto Atalaya - Emp. Md-103 (Puente Rio Carbón); Puente Rio Carbón - Gamitana -
 Villa Salvación - Shintuya - Itahuania - Nuevo Edén, por Niveles de Servicio, Distrito de Pisac -
 Provincia de Calca - Departamentos de Cusco y Madre de Dios.



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

LÍMITES DE ATTERBERG

MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90

TRAMO : DV. Ruinas - Chahuaytire (Km 06+720 . Km 18+480)
MATERIAL : Para Subbase Granular
UBICACIÓN : Cantera Chahuaytire, Km 21+780
LADO : Derecho

N° REGISTRO :
TEC.RESP. : H.A.R.
ING. RESP. : N.F.H.N
FECHA : 3/05/2022

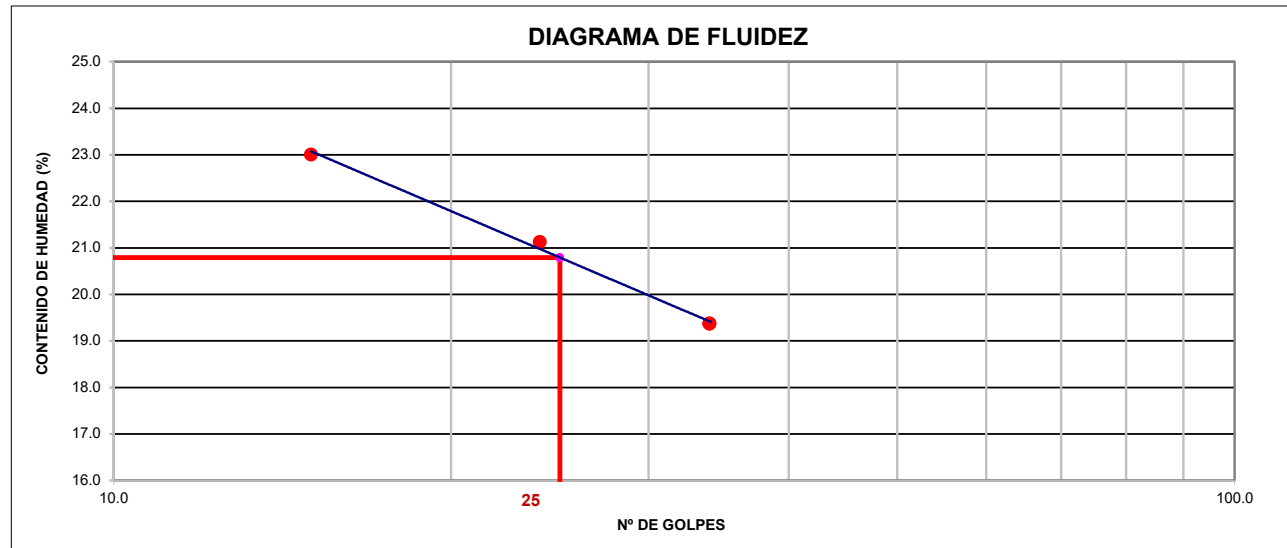
LÍMITE LÍQUIDO (MALLA N° 40)

N° TARRO	1	11	21
TARRO + SUELO HÚMEDO	33.70	32.47	32.12
TARRO + SUELO SECO	28.81	28.13	28.14
AGUA	4.89	4.34	3.98
PESO DEL TARRO	7.56	7.59	7.60
PESO DEL SUELO SECO	21.25	20.54	20.54
% DE HUMEDAD	23.01	21.13	19.38
N° DE GOLPES	15	24	34

LÍMITE PLÁSTICO (MALLA N° 40)

N° TARRO	4	14
TARRO + SUELO HÚMEDO	26.47	25.74
TARRO + SUELO SECO	23.71	23.11
AGUA	2.76	2.63
PESO DEL TARRO	7.64	7.59
PESO DEL SUELO SECO	16.07	15.52
% DE HUMEDAD	17.17	16.95

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA

LÍMITE LÍQUIDO	20.79
LÍMITE PLÁSTICO	17.06
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	3.7

CONSORCIO VIAL PAUCARTAMBO

Nestor Felipe Heredia Naula
 C.R. 178997
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS

Servicio de Gestión, Mejoramiento y Conservación Vial por Niveles de Servicio del Corredor Vial: Emp. PE 28b (Pisac)- Dv. Ruinas - Cuyo Grande - Chahuaytiri - Colquepata - Emp. CU-113 (Paucartambo); Emp. CU-112 (Paucartambo) - Dv. Challabamba - Dv. Tres Cruces - Patria - Pillcopata - Dv. Puerto Atalaya - Emp. Md-103 (Puente Rio Carbón); Puente Rio Carbón - Gamitana - Villa Salvación - Shintuya - Itahuania - Nuevo Edén, por Niveles de Servicio, Distrito de Pisac - Provincia de Calca - Departamentos de Cusco y Madre de Dios.



ENSAYO PRÓCTOR MODIFICADO

MTC E 115 - ASTM D 1557 - AASHTO T-180 D

TRAMO	: DV. Ruinas - Chahuaytire (Km 06+720 . Km 18+480)	N° REGISTRO	:
MATERIAL	: Para Subbase Granular	TEC.RESP.	: H.A.R.
UBICACIÓN	: Cantera Chahuaytire, Km 21+780	ING. RESP.	: N.F.H.N
LADO	: Derecho	FECHA	: 2/05/2022

COMPACTACIÓN

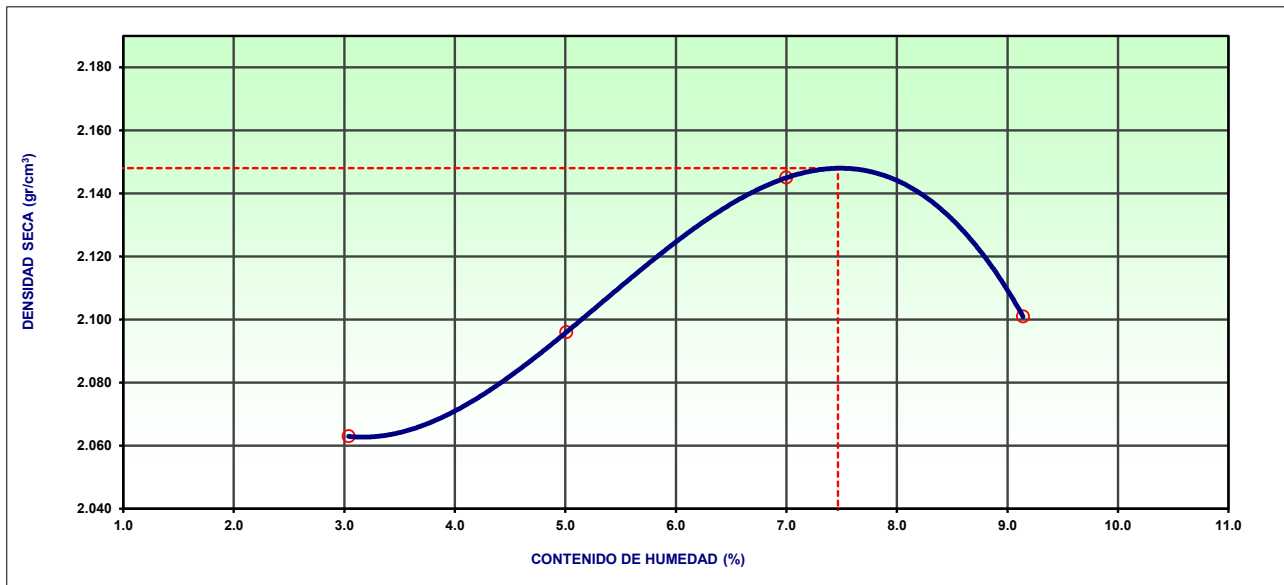
MÉTODO DE COMPACTACIÓN	:	"C"
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	:	56
NUMERO DE CAPAS	:	5

NÚMERO DE ENSAYO	1	2	3	4
PESO (SUELO + MOLDE) (gr)	10585	10745	10945	10940
PESO DE MOLDE (gr)	6076	6076	6076	6076
PESO SUELO HÚMEDO (gr)	4509	4669	4869	4864
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	2121	2121	2121	2121
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm ³)	2.126	2.201	2.296	2.293
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	2.063	2.096	2.145	2.101

CONTENIDO DE HUMEDAD

RECIPIENTE N°	1	2	3	4
PESO (SUELO HÚMEDO + TARA) (gr)	722.40	784.20	824.10	765.30
PESO (SUELO SECO + TARA) (gr)	701.10	746.80	770.20	701.20
PESO DE LA TARA (gr)				
PESO DE AGUA (gr)	21.30	37.40	53.90	64.10
PESO DE SUELO SECO (gr)	701.10	746.80	770.20	701.20
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	3.04	5.01	7.00	9.14
MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³)	2.148	ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		7.5

CURVA DE COMPACTACIÓN



CONSORCIO VIAL PAUCARTAMBO

[Signature]
 Nasir Felipe Heredia Naula
 CIP: 178997
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS

Servicio de Gestión, Mejoramiento y Conservación Vial por Niveles de Servicio del Corredor Vial:
 Emp. PE-28b (Pisac)- Dv. Ruinas - Cuyo Grande - Chahuaytiri - Colquepata - Emp. CU-113
 (Paucartambo); Emp. CU -112 (Paucartambo) - Dv. Challabamba - Dv. Tres Cruces - Patria -
 Pillcopata - Dv. Puerto Atalaya - Emp. Md-103 (Puente Rio Carbón); Puente Rio Carbón - Gamitana -
 Villa Salvación - Shintuya - Itahuania - Nuevo Edén, por Niveles de Servicio, Distrito de Pisac -
 Provincia de Calca - Departamentos de Cusco y Madre de Dios.



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ENSAYO DE ABRASIÓN (MÁQUINA DE LOS ÁNGELES)

MTC E 207 - ASTM C 535 - AASHTO T-96

TRAMO : Dv. Ruinas - Chahuaytiri (Km 06+720 . Km 18+480)
MATERIAL : Para Subbase Granular
UBICACIÓN : Cantera Chahuaytiri, Km 21+780
LADO : Derecho

N° REGISTRO :
TEC. RES. : H.A.R.
ING. RESP. : N.F.H.N
FECHA : 4/05/2022

Tamiz Pasa - Retiene	Gradaciones			
	A			
1 1/2" - 1"	1250.2			
1" - 3/4"	1250.1			
3/4" - 1/2"	1250.0			
1/2" - 3/8"	1250.0			
3/8" - 1/4"				
1/4" - N° 4				
N° 4 - N° 8				
Peso Total	5000.3			
(%) Retenido en la malla N° 12	3172.1			
(%) Que pasa en la malla N° 12	1828.2			
N° de esferas	12			
Peso de las esferas (gr)	5000 ± 25			
% Desgaste	36.6%			

OBSERVACIONES :

CONSORCIO VIAL PAUCARTAMBO

Nestor Felipe Heredia Naula
 Nestor Felipe Heredia Naula
 CIP 178997
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS

Servicio de Gestión, Mejoramiento y Conservación Vial por Niveles de Servicio del Corredor Vial: Emp. PE-28b (Pisac)- Dv. Ruinas - Cuyo Grande - Chahuaytiri - Colquepata - Emp. CU-113 (Paucartambo); Emp. CU -112 (Paucartambo) - Dv. Challabamba - Dv. Tres Cruces - Patria - Pillcopata - Dv. Puerto Atalaya - Emp. Md-103 (Puente Rio Carbón); Puente Rio Carbón - Gamitana - Villa Salvación - Shintuya - Itahuania - Nuevo Edén, por Niveles de Servicio, Distrito de Pisac - Provincia de Calca - Departamentos de Cusco y Madre de Dios.



TRAMO :	Dv. Ruinas - Chahuaytiri (Km 06+720 - Km 18+480)	Nº REGISTRO :	CAN-KM21-01
MATERIAL :	Granular para Base (Cant. Chahuaytiri 70% - Cant. Rio Pisac 30%)	TEC.RESP. :	H.A.R
UBICACIÓN :	Cant. Chahuaytiri Km 21+780 y Rio Pisac	INGº RESP. :	N.F.H.N.
LADO :	Derecho	FECHA :	14/07/2022

DATOS DEL PROCTOR		CAPACIDAD :	10000	Lbs.
MAXIMA DENSIDAD SECA :	2.148 g/cm ³	ANILLO :	1	
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD :	7.47 %			

ENSAYO DE CBR
MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T-193

Molde Nº		3		4		2
Nº Capa		5		5		5
Golpes por capa Nº		56		25		12
Cond. de la muestra		NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO
Peso molde + suelo húmedo (gr)		12410		12392		12143
Peso de molde (gr)		7472		7514		7374
Peso del suelo húmedo (gr)		4938		4878		4769
Volumen del molde (cm3)		2127		2127		2136
Densidad húmeda (gr/cm3)		2.322		2.293		2.233
Humedad (%)		6.74		7.07		7.14
Densidad seca (gr/cm3)		2.175		2.142		2.084
Tarro Nº		1		6		5
Tarro + Suelo húmedo (gr)		573.53		476.24		673.21
Tarro + Suelo seco (gr)		537.32		444.81		628.37
Peso del Agua (gr)		36.21		31.43		44.84
Peso del tarro (gr)						
Peso del suelo seco (gr)		537.32		444.81		628.37
Humedad (%)		6.74		7.07		7.14
Promedio de Humedad (%)		6.74		7.07		7.14

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
14/07/2022	10:30	24	4.00	14.0	12.0	7.00	0.2	0.2	12.00	0.3	0.3
15/07/2022	10:30	48	11.00	0.3	0.2	14.00	0.4	0.3	21.00	0.5	0.5
16/07/2022	10:30	72	14.00	0.4	0.3	18.00	0.5	0.4	27.00	0.7	0.6
17/07/2022	10:30	96	17.00	0.4	0.4	25.00	0.6	0.5	34.00	0.9	0.7

PENETRACION

PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE Nº 3				MOLDE Nº 4				MOLDE Nº 2			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0.025		211	10			156	8			85	4		
0.050		348	17			287	14			196	10		
0.075		533	26			463	23			395	20		
0.100	70.3	703	35	32.8	46.7	587	29	26.97	38.4	511	25	24.51	34.9
0.150		894	44			763	38			724	36		
0.200	105.5	1164	58	59.2	56.1	1034	51	54.32	51.5	861	43	41.38	39.2
0.250		1372	68			1263	63			933	46		
0.300		1653	82			1687	84			990	49		
0.400		1774	88			1727	86			1062	53		

CONSORCIO VIAL PAUCARTAMBO

 Naula Felipe Hecedia Naula
 C.R.S. 373917
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS

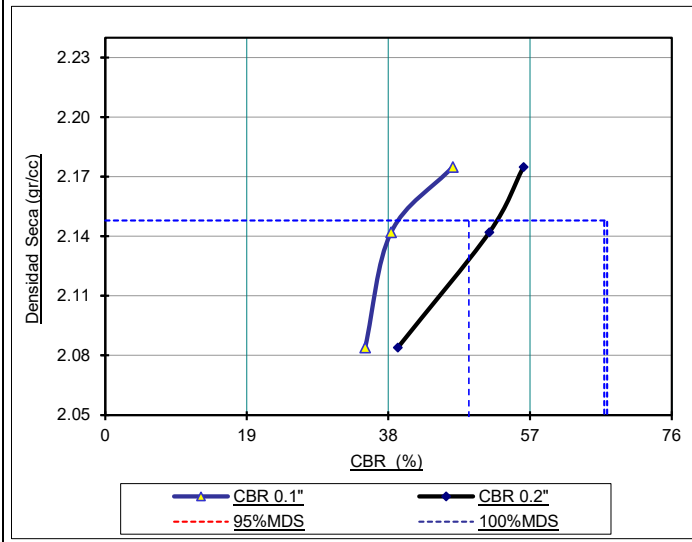
Servicio de Gestión, Mejoramiento y Conservación Vial por Niveles de Servicio del Corredor Vial: Emp. PE-28b (Pisac)- Dv. Ruinas - Cuyo Grande - Chahuaytiri - Colquepata - Emp. CU-113 (Paucartambo); Emp. CU -112 (Paucartambo) - Dv. Challabamba - Dv. Tres Cruces - Patria - Pillcopata - Dv. Puerto Atalaya - Emp. Md-103 (Puente Río Carbón); Puente Río Carbón - Gamitana - Villa Salvación - Shintuya - Itahuania - Nuevo Edén, por Niveles de Servicio, Distrito de Pisac - Provincia de Calca - Departamentos de Cusco y Madre de Dios.



TRAMO : Dv. Ruinas - Chahuaytire (Km 06+720 - Km 18+480)
MATERIAL : Granular para Base (Cant. Chahuaytire 70% - Cant. Río Pisac 30%)
UBICACIÓN : Cant. Chahuaytire Km 21+780 y Río Pisac
LADO : Derecho

N° REGISTRO : CAN-KM21-01
TEC.RES. : H.A.R
ING.RES. : N.F.H.N.
FECHA : 14/07/2022

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



RESULTADOS:

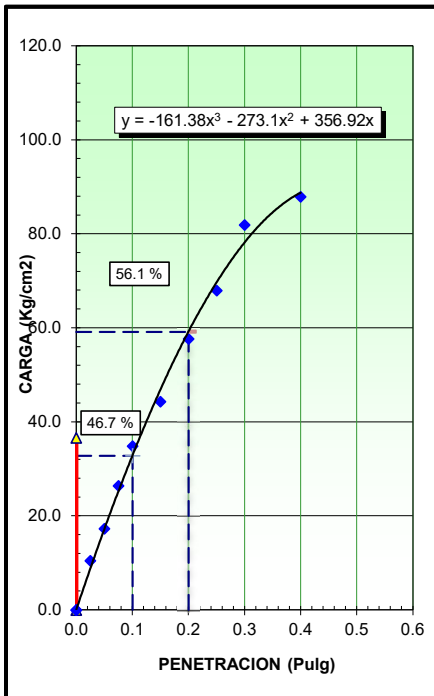
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	46.7	0.2":	56.1
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	33.1	0.2":	33.0

Datos del Proctor

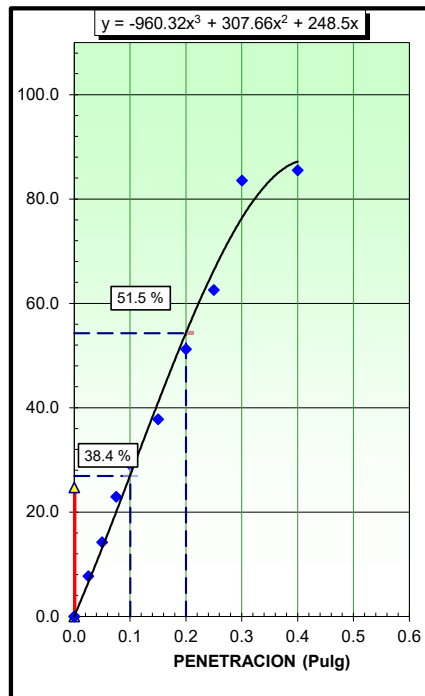
Densidad Seca	2.148	gr/cc
Optimo Humedad	7.47	%

OBSERVACIONES:

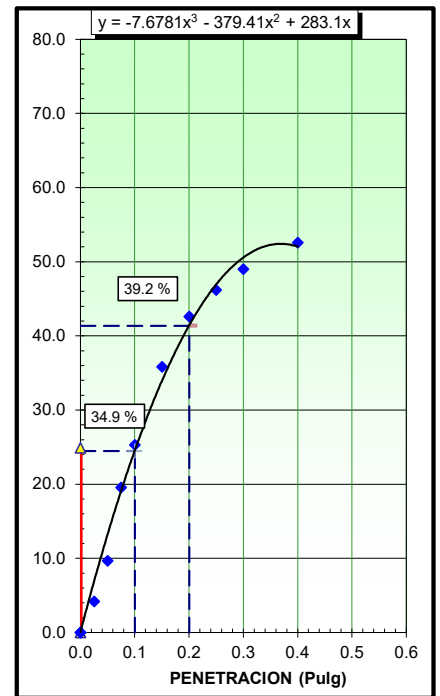
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



CONSORCIO VIAL PAUCARTAMBO

 Ing. Felipe Heredia Naula
 C.R. 178997
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS

Servicio de Gestión, Mejoramiento y Conservación Vial por Niveles de Servicio del Corredor Vial:
 Emp. PE-28b (Pisac)- Dv. Ruinas - Cuyo Grande - Chahuaytiri - Colquepata - Emp. CU-113
 (Paucartambo); Emp. CU -112 (Paucartambo) - Dv. Challabamba - Dv. Tres Cruces - Patria -
 Pillcopata - Dv. Puerto Atalaya - Emp. Md-103 (Puente Rio Carbón); Puente Rio Carbón - Gamitana -
 Villa Salvación - Shintuya - Itahuania - Nuevo Edén, por Niveles de Servicio, Distrito de Pisac -
 Provincia de Calca - Departamentos de Cusco y Madre de Dios.



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

EQUIVALENTE DE ARENA

MTC E 114 - ASTM D 2419 - AASHTO T-176

TRAMO : DV. Ruinas - Chahuaytira (Km 06+720 . Km 18+480)	Nº REGISTRO :
MATERIAL : Para Subbase Granular	TEC.RES. : H.A.R.
UBICACIÓN : Cantera Chahuaytira, Km 21+780	ING.RES. : N.F.H.N
LADO : Derecho	FECHA : 2/05/2022

MUESTRA		IDENTIFICACIÓN			
		1	2	3	
Hora de entrada a saturación		11:15	11:17	11:19	
Hora de salida de saturación (más 10')		11:25	11:27	11:29	
Hora de entrada a decantación		11:27	11:29	11:31	
Hora de salida de decantación (más 20')		11:47	11:49	11:51	
Altura máxima de material fino	cm	5.60	5.80	5.70	
Altura máxima de la arena	cm	3.10	3.20	3.10	
Equivalente de arena	%	56	56	55	
Equivalente de arena promedio	%	55.7			
Resultado equivalente de arena	%	56			

Observaciones: _____

CONSORCIO VIAL PAUCARTAMBO


 Nro. Felipe Heredia Naula
 CIP. 178997
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS

<p>Servicio de Gestión, Mejoramiento y Conservación Vial por Niveles de Servicio del Corredor Vial: Emp. PE-28b (Pisac)- Dv. Ruinas - Cuyo Grande - Chahuaytiri - Colquepata - Emp. CU-113 (Paucartambo); Emp. CU -112 (Paucartambo) - Dv. Challabamba - Dv. Tres Cruces - Patria - Pillcopata - Dv. Puerto Atalaya - Emp. Md-103 (Puente Río Carbón); Puente Río Carbón - Gamitana - Villa Salvación - Shintuya - Itahuania - Nuevo Edén, por Niveles de Servicio, Distrito de Pisac - Provincia de Calca - Departamentos de Cusco y Madre de Dios.</p>	
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS	

CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN AGREGADOS
MTC 219 - 2000

TRAMO : DV. Ruinas - Chahuaytiri (Km 06+720 . Km 18+480)	Nº REGISTRO :
UBICACIÓN : Para Subbase Granular	TÉC.RES. : H.A.R.
UBICACIÓN : Cantera Chahuaytiri, Km 21+780	ING. RESP. : N.F.H.N
LADO : Derecho	FECHA : 44+683

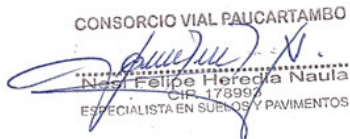
AGREGADO GRUESO

MUESTRA :	IDENTIFICACION				Promedio
	1	2	3	4	
ENSAYO N°					
(1) Peso Tarro (Biker 100 ml.)	52.31	51.43	52.38		
(2) Peso Tarro + agua + sal	108.3	109.4	109.1		
(3) Peso Tarro Seco + sal	52.39	51.49	52.44		
(4) Peso de Sal (3 -1)	0.1	0.1	0.1		
(5) Peso de Agua (2-3)	55.9	57.9	56.7		
(6) Porcentaje de Sal	0.14	0.10	0.11		0.12%

AGREGADO FINO

MUESTRA :	IDENTIFICACION				Promedio
	1	2	3	4	
ENSAYO N°					
(1) Peso Tarro (Biker 100 ml.)	51.23	50.78	51.47		
(2) Peso Tarro + agua + sal	112.3	117.4	108.6		
(3) Peso Tarro Seco + sal	51.28	50.83	51.54		
(4) Peso de Sal (3 -1)	0.1	0.0	0.1		
(5) Peso de Agua (2-3)	61.0	66.6	57.1		
(6) Porcentaje de Sal	0.08	0.08	0.12		0.09%

Observaciones :

CONSORCIO VIAL PAUCARTAMBO

Nº 178997
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS

Servicio de Gestión, Mejoramiento y Conservación Vial por Niveles de Servicio del Corredor Vial: Emp. PE-28b (Pisac)- Dv. Ruinas Cuyo Grande - Chahuaytiri - Colquepata - Emp. CU-113 (Paucartambo); Emp. CU -112 (Paucartambo) - Dv. Challabamba - Dv. Tres Cruces - Patria - Pillcopata - Dv. Puerto Atalaya - Emp. Md-103 (Puente Río Carbón); Puente Río Carbón - Gamitana - Villa Salvación - Shintuya - Itahuania - Nuevo Edén, por Niveles de Servicio, Distrito de Pisac - Provincia de Calca - Departamentos de Cusco y Madre de Dios.



DETERMINACION DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS

(NORMA ASTM D-4791)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

TRAMO : DV. Ruinas - Chahuaytire (Km 06+720 . Km 18+480)	N° REGISTRO :
MUESTRA : Para Subbase Granular	TÉC.RES. : H.A.R.
UBICACIÓN : Cantera Chahuaytire, Km 21+780	ING. RESP. : N.F.H.N
LADO : Derecho	FECHA : 2/05/2022

MATERIAL		(% x Mallas	AGREGADO GRUESO			CHATAS			ALARGADAS			NI CHATA, NI ALARGADA		
TAMIZ (pulg)	apertura (mm)		PESO RET.	% RET.	% PASA	PESO	(%)	(%) Corregido	PESO	(%)	(%) Corregido	PESO	(%)	(%) Corregido
1"	25.400	12.1	2653.3	38.9	61.1	31.5	1.2	14.4	24.3	0.9	11.1	2597.5	97.9	1184.6
3/4"	19.050	14.4	2964.3	43.5	17.6	83.2	2.8	40.4	63.4	2.1	30.8	2817.7	95.1	1368.8
1/2"	12.700	15.0	1036.4	15.2	2.4	73.2	7.1	105.9	48.5	4.7	70.2	914.7	88.3	1323.9
3/8"	8.750	19.8	165.3	2.4	0.0	16.7	10.1	200.0	14.3	8.7	171.3	134.3	81.2	1608.7
TOTAL		61.3	6820.3					5.9			4.6			89.5

PESO TOTAL DE LA MUESTRA	(g)	6820.3
PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS	(%)	10.5

Observaciones:

CONSORCIO VIAL PAUCARTAMBO

 Nestor Felipe Heredia Naula
 CIP 178997
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS

BASE GRANULAR

Servicio de Gestión, Mejoramiento y Conservación Vial por Niveles de Servicio del Corredor Vial: Emp. PE-28b (Pisac)- Dv. Ruinas - Cuyo Grande - Chahuaytiri - Colquepata - Emp. CU-113 (Paucartambo); Emp. CU -112 (Paucartambo) - Dv. Challabamba - Dv. Tres Cruces - Patria - Pillcopata - Dv. Puerto Atalaya - Emp. Md-103 (Puente Rio Carbón); Puente Rio Carbón - Gamitana - Villa Salvación - Shintuya - Itahuania - Nuevo Edén, por Niveles de Servicio, Distrito de Pisac - Provincia de Calca - Departamentos de Cusco y Madre de Dios.



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

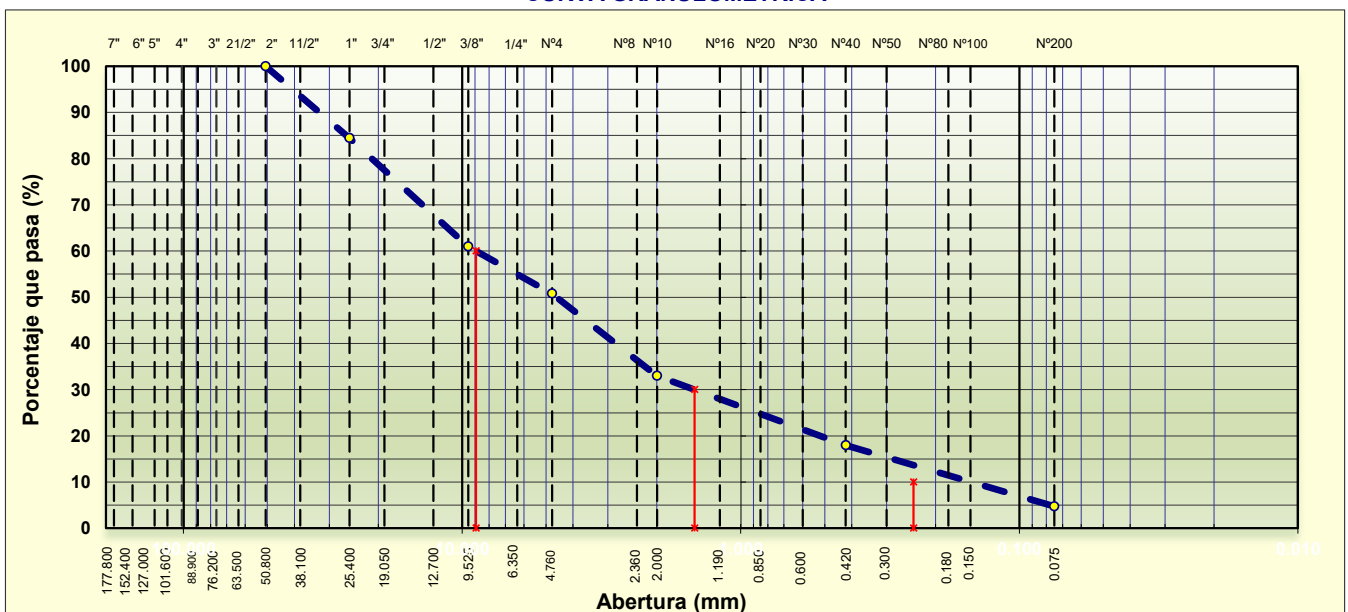
MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88

TRAMO : Dv. Ruinas - Chahuaytiri (Km 06+720 - Km 18+480)
 MATERIAL : Granular para Base (Cant. Chahuaytiri 70% - Cant. Pisac 30%)
 UBICACIÓN : Cant. Chahuaytiri Km 21+780 y Pisac
 LADO : Derecho

Nº REGISTRO :
 TÉC.RES. : H.A.R
 ING. RESP. : N.F.H.N.
 FECHA : 14/07/2022

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA		
7"	177.800					PESO TOTAL = 10,463.4 gr		
6"	152.400					PESO GRAVA = 775.3 gr		
5"	127.000					PESO ARENA = 9688.1 gr		
4 1/2"	114.300					PESO FINO = 934.2 gr		
4"	101.600					LÍMITE LÍQUIDO = 20 %		
3 1/2"	88.900					LÍMITE PLÁSTICO = 15 %		
3"	76.200					ÍNDICE PLÁSTICO = 4 %		
2 1/2"	63.500					CLASF. AASHTO = A-1-a (0)		
2"	50.800				100.0	CLASF. SUCCS = GW		
1 1/2"	38.100	763.4	7.3	7.3	92.70	MAX. DENS. SECA = 2.163 (gr/cm3)		
1"	25.400	863.2	8.3	15.6	84.45	OPT. CONT. HUM. = 7.11 %		
3/4"	19.050	863.2	8.3	23.8	76.20			
1/2"	12.700	748.3	7.2	31.0	69.05			
3/8"	9.525	845.3	8.1	39.0	60.97			
1/4"	6.350							
# 4	4.760	1,067.3	10.2	49.2	50.77			
# 8	2.360							
# 10	2.000	327.4	17.8	67.0	32.98			
# 20	0.850							
# 40	0.420	276.3	15.0	82.0	17.96			
# 50	0.300	122.5	6.7	88.7	11.30			
# 80	0.180							
# 100	0.150	74.2	4.0	92.7	7.27			
# 200	0.075	47.5	2.6	95.3	4.69			
< # 200	FONDO	86.3	4.7	100.0	0.0			
FRACCIÓN		934.2				Coef. Uniformidad	37	Índice de Consistencia
TOTAL		10,463.4				Coef. Curvatura	1.0	3.4
Descripción suelo:	Grava bien gradada con arena					Pot. de Expansión	Bajo	Estable

CURVA GRANULOMÉTRICA



CONSORCIO VIAL PAUCARTAMBO
 Nodal Felipe Heceta Naula
 C.R. 173902
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS

Servicio de Gestión, Mejoramiento y Conservación Vial por Niveles de Servicio del Corredor Vial: Emp. PE-28b (Pisac)- Dv. Ruinas - Cuyo Grande - Chahuaytiri - Colquepata - Emp. CU-113 (Paucartambo); Emp. CU -112 (Paucartambo) - Dv. Challabamba - Dv. Tres Cruces - Patria - Pillcopata - Dv. Puerto Atalaya - Emp. Md-103 (Puente Rio Carbón); Puente Rio Carbón - Gamitana - Villa Salvación - Shintuya - Itahuania - Nuevo Edén, por Niveles de Servicio, Distrito de Pisac - Provincia de Calca - Departamentos de Cusco y Madre de Dios.



HUMEDAD NATURAL

(MTC E 108)

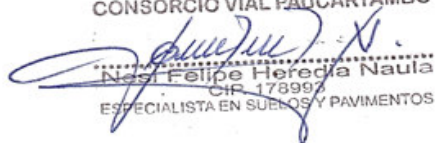
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

TRAMO : Dv. Ruinas - Chahuaytire (Km 06+720 - Km 18+480)	Nº REGISTRO :
MATERIAL : Granular para Base (Cant. Chahuaytire 70% - Cant. Pisac 30%)	TEC. RESP. : H.A.R
UBICACIÓN : Cant. Chahuaytire Km 21+780 y Pisac	ING. RESP. : N.F.H.N.
LADO : Derecho	FECHA : 14/07/2022

DATOS

Nº de Ensayo	1		
Peso de Mat. Humedo + Tara (gr.)	674.30		
Peso de Mat. Seco + Tara (gr.)	643.20		
Peso de Tara (gr.)			
Peso de Agua (gr.)	31.10		
Peso Mat. Seco (gr.)	643.20		
Humedad Natural (%)	4.84		
Promedio de Humedad (%)		4.8	

OBSERVACIONES:

CONSORCIO VIAL PAUCARTAMBO

 Nari Felipe Heredia Naula
 CIR 178997
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS

Servicio de Gestión, Mejoramiento y Conservación Vial por Niveles de Servicio del Corredor Vial:
 Emp. PE-28b (Pisac)- Dv. Ruinas - Cuyo Grande - Chahuaytiri - Colquepata - Emp. CU-113
 (Paucartambo); Emp. CU -112 (Paucartambo) - Dv. Challabamba - Dv. Tres Cruces - Patria -
 Pillcopata - Dv. Puerto Atalaya - Emp. Md-103 (Puente Rio Carbón); Puente Rio Carbón - Gamitana -
 Villa Salvación - Shintuya - Itahuania - Nuevo Edén, por Niveles de Servicio, Distrito de Pisac -
 Provincia de Calca - Departamentos de Cusco y Madre de Dios.



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

LÍMITES DE ATTERBERG

MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90

TRAMO : Dv. Ruinas - Chahuaytire (Km 06+720 - Km 18+480)
 MATERIAL : Granular para Base (Cant. Chahuaytire 70% - Cant. Pisac 30%)
 UBICACIÓN : Cant. Chahuaytire Km 21+780 y Pisac
 LADO : Derecho

Nº REGISTRO :
 TEC.RESP. : H.A.R
 ING. RESP. : N.F.H.N.
 FECHA : 15/07/2022

LÍMITE LÍQUIDO (MALLA Nº 40)

Nº TARRO	2	5	3
TARRO + SUELO HÚMEDO	35.62	32.74	34.83
TARRO + SUELO SECO	30.64	28.42	30.64
AGUA	4.98	4.32	4.19
PESO DEL TARRO	8.23	7.43	7.61
PESO DEL SUELO SECO	22.41	20.99	23.03
% DE HUMEDAD	22.22	20.58	18.19
Nº DE GOLPES	16	23	33

LÍMITE PLÁSTICO (MALLA Nº 40)

Nº TARRO	6	7
TARRO + SUELO HÚMEDO	27.34	29.63
TARRO + SUELO SECO	24.54	26.84
AGUA	2.80	2.79
PESO DEL TARRO	7.34	7.62
PESO DEL SUELO SECO	17.20	19.22
% DE HUMEDAD	16.28	14.52

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA

LÍMITE LÍQUIDO	19.83
LÍMITE PLÁSTICO	15.40
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	4.4

CONSORCIO VIAL PAUCARTAMBO

Nestor Felipe Heredia Naula
 CIP 178997
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS

Servicio de Gestión, Mejoramiento y Conservación Vial por Niveles de Servicio del Corredor Vial: Emp. PE-28b (Pisac)- Dv. Ruinas - Cuyo Grande - Chahuaytiri - Colquepata - Emp. CU-113 (Paucartambo); Emp. CU -112 (Paucartambo) - Dv. Challabamba - Dv. Tres Cruces - Patria - Pillcopata - Dv. Puerto Atalaya - Emp. Md-103 (Puente Rio Carbón); Puente Rio Carbón - Gamitana - Villa Salvación - Shintuya - Itahuania - Nuevo Edén, por Niveles de Servicio, Distrito de Pisac - Provincia de Calca - Departamentos de Cusco y Madre de Dios.



ENSAYO PRÓCTOR MODIFICADO

MTC E 115 - ASTM D 1557 - AASHTO T-180 D

TRAMO	: Dv. Ruinas - Chahuaytire (Km 06+720 - Km 18+480)	N° REGISTRO	:
MATERIAL	: Granular para Base (Cant. Chahuaytire 70% - Cant. Pisac 30%)	TEC.RESP.	: H.A.R
UBICACIÓN	: Cant. Chahuaytire Km 21+780 y Pisac	ING. RESP.	: N.F.H.N.
LADO	: Derecho	FECHA	: 14/07/2022

COMPACTACIÓN

MÉTODO DE COMPACTACIÓN	:	"C"
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	:	56
NUMERO DE CAPAS	:	5

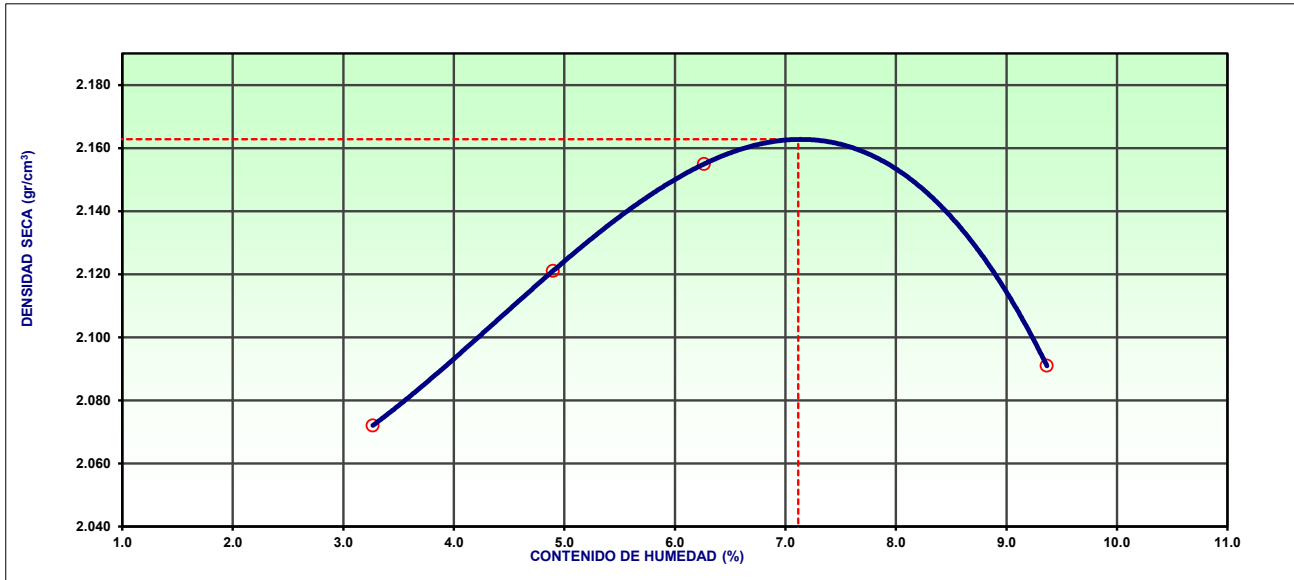
NUMERO DE ENSAYO	1	2	3	4
PESO (SUELO + MOLDE) (gr)	10615	10794	10932	10927
PESO DE MOLDE (gr)	6076	6076	6076	6076
PESO SUELO HÚMEDO (gr)	4539	4718	4856	4851
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	2121	2121	2121	2121
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm ³)	2.140	2.224	2.289	2.287
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	2.072	2.121	2.155	2.091

CONTENIDO DE HUMEDAD

RECIPIENTE N°	1	2	3	4
PESO (SUELO HÚMEDO + TARA) (gr)	567.34	478.53	694.35	584.32
PESO (SUELO SECO + TARA) (gr)	549.40	456.20	653.42	534.28
PESO DE LA TARA (gr)				
PESO DE AGUA (gr)	17.94	22.33	40.93	50.04
PESO DE SUELO SECO (gr)	549.40	456.20	653.42	534.28
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	3.27	4.89	6.26	9.37

MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³)	2.163	ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	7.1
---	--------------	--	------------

CURVA DE COMPACTACIÓN



CONSORCIO VIAL PAUCARTAMBO
[Signature]
 Nds/ Felipe Heredia Nauta
 CIP. 17899
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS

Servicio de Gestión, Mejoramiento y Conservación Vial por Niveles de Servicio del Corredor Vial: Emp. PE-28b (Pisac)- Dv. Ruinas - Cuyo Grande - Chahuaytiri - Colquepata - Emp. CU-113 (Paucartambo); Emp. CU -112 (Paucartambo) - Dv. Challabamba - Dv. Tres Cruces - Patria - Pillcopata - Dv. Puerto Atalaya - Emp. Md-103 (Puente Rio Carbón); Puente Rio Carbón - Gamitana - Villa Salvación - Shintuya - Itahuania - Nuevo Edén, por Niveles de Servicio, Distrito de Pisac - Provincia de Calca - Departamentos de Cusco y Madre de Dios.



TRAMO :	Dv. Ruinas - Chahuaytiri (Km 06+720 - Km 18+480)	Nº REGISTRO :	CAN-KM21-01
MATERIAL :	Granular para Base (Cant. Chahuaytiri 70% - Cant. Pisac 30%)	TEC.RESP. :	H.A.R
UBICACIÓN :	Cant. Chahuaytiri Km 21+780 y Pisac	INGº RESP. :	N.F.H.N.
LADO :	Derecho	FECHA :	14/07/2022

DATOS DEL PROCTOR		CAPACIDAD :	10000	Lbs.
MAXIMA DENSIDAD SECA :	2.163 g/cm ³	ANILLO :	1	
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD :	7.11 %			

ENSAYO DE CBR
MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T-193

Molde Nº		7		6		4
Nº Capa		5		5		5
Golpes por capa Nº		56		25		12
Cond. de la muestra		NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO
Peso molde + suelo húmedo (gr)		12465		12420		12128
Peso de molde (gr)		7471		7513		7370
Peso del suelo húmedo (gr)		4994		4907		4758
Volumen del molde (cm3)		2127		2127		2136
Densidad húmeda (gr/cm3)		2.348		2.307		2.228
Humedad (%)		6.99		7.03		7.04
Densidad seca (gr/cm3)		2.195		2.155		2.081
Tarro Nº		2		5		1
Tarro + Suelo húmedo (gr)		665.40		638.20		702.40
Tarro + Suelo seco (gr)		621.90		596.30		656.20
Peso del Agua (gr)		43.50		41.90		46.20
Peso del tarro (gr)						
Peso del suelo seco (gr)		621.90		596.30		656.20
Humedad (%)		6.99		7.03		7.04
Promedio de Humedad (%)		6.99		7.03		7.04

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
14/07/2022	10:30	24	5.00	14.0	12.0	8.00	0.2	0.2	14.00	0.4	0.3
15/07/2022	10:30	48	12.00	0.3	0.3	15.00	0.4	0.3	22.00	0.6	0.5
16/07/2022	10:30	72	14.00	0.4	0.3	20.00	0.5	0.4	29.00	0.7	0.6
17/07/2022	10:30	96	18.00	0.5	0.4	26.00	0.7	0.6	36.00	0.9	0.8

PENETRACION

PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE Nº 7				MOLDE Nº 6				MOLDE Nº 4			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0.025		329	16			184	9			87	4		
0.050		617	31			398	20			198	10		
0.075		835	41			686	34			398	20		
0.100	70.3	1217	60	57.1	81.2	882	44	40.14	57.1	612	30	25.91	36.8
0.150		1576	78			1067	53			723	36		
0.200	105.5	1861	92	90.1	85.5	1278	63	65.35	62.0	865	43	42.13	39.9
0.250		1944	96			1490	74			934	46		
0.300		2188	108			1638	81			998	49		
0.400		2367	117			1768	88			1067	53		

CONSORCIO VIAL PAUCARTAMBO

 Néstor Felipe Horecya Nautia
 CIP. 17899
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS

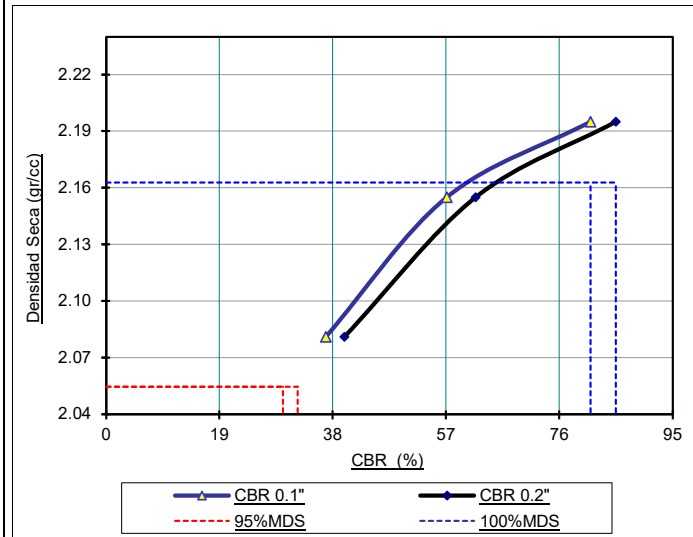
Servicio de Gestión, Mejoramiento y Conservación Vial por Niveles de Servicio del Corredor Vial: Emp. PE-28b (Pisac)- Dv. Ruinas - Cuyo Grande - Chahuaytiri - Colquepata - Emp. CU-113 (Paucartambo); Emp. CU -112 (Paucartambo) - Dv. Challabamba - Dv. Tres Cruces - Patria - Pillcopata - Dv. Puerto Atalaya - Emp. Md-103 (Puente Rio Carbón); Puente Rio Carbón - Gamitana - Villa Salvación - Shintuya - Itahuania - Nuevo Edén, por Niveles de Servicio, Distrito de Pisac - Provincia de Calca - Departamentos de Cusco y Madre de Dios.



TRAMO : Dv. Ruinas - Chahuaytire (Km 06+720 - Km 18+480)
MATERIAL : Granular para Base (Cant. Chahuaytire 70% - Cant. Pisac 30%)
UBICACIÓN : Cant. Chahuaytire Km 21+780 y Pisac
LADO : Derecho

N° REGISTRO : CAN-KM21-01
TEC.RES. : H.A.R
ING.RES. : N.F.H.N.
FECHA : 14/07/2022

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR

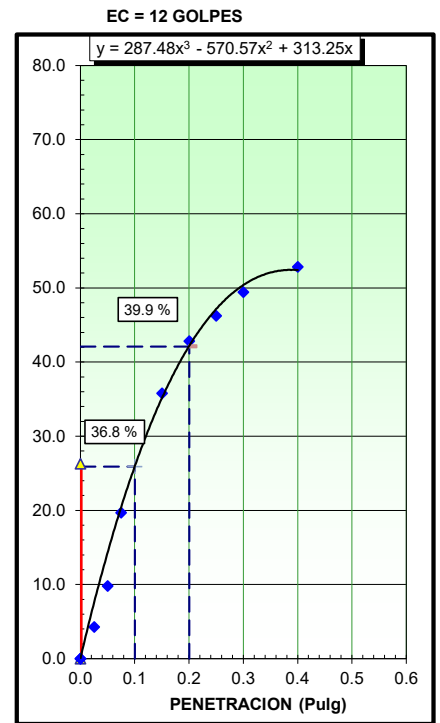
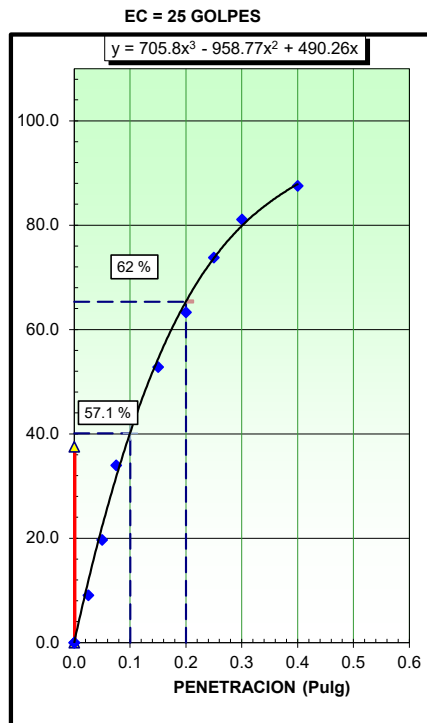
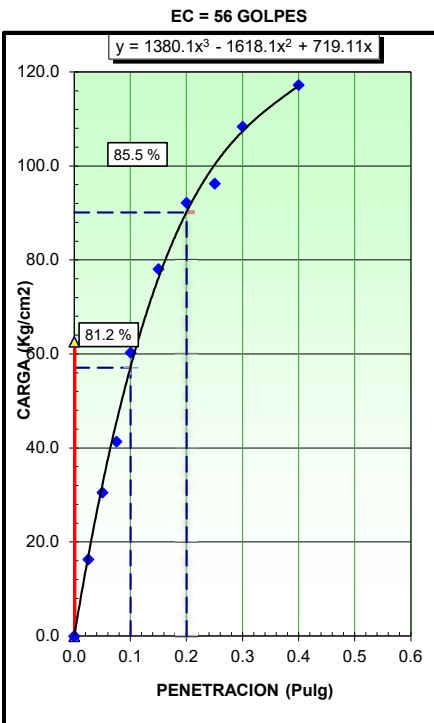


RESULTADOS:

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	81.2	0.2":	85.5
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	29.6	0.2":	32.1

Datos del Proctor		
Densidad Seca	2.163	gr/cc
Optimo Humedad	7.11	%

OBSERVACIONES:



CONSORCIO VIAL PAUCARTAMBO
[Signature]
 N° Felipe Heredia Naula
 CIP 17899
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS

Servicio de Gestión, Mejoramiento y Conservación Vial por Niveles de Servicio del Corredor Vial:
 Emp. PE-28b (Pisac)- Dv. Ruinas - Cuyo Grande - Chahuaytiri - Colquepata - Emp. CU-113
 (Paucartambo); Emp. CU -112 (Paucartambo) - Dv. Challabamba - Dv. Tres Cruces - Patria -
 Pillcopata - Dv. Puerto Atalaya - Emp. Md-103 (Puente Rio Carbón); Puente Rio Carbón - Gamitana -
 Villa Salvación - Shintuya - Itahuania - Nuevo Edén, por Niveles de Servicio, Distrito de Pisac -
 Provincia de Calca - Departamentos de Cusco y Madre de Dios.



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ENSAYO DE ABRASIÓN (MÁQUINA DE LOS ÁNGELES)

MTC E 207 - ASTM C 535 - AASHTO T-96

TRAMO : Dv. Ruinas - Chahuaytiro (Km 06+720 - Km 18+480)
MATERIAL : Granular para Base (Cant. Chahuaytiro 70% - Cant. Pisac 30%)
UBICACIÓN : Cant. Chahuaytiro Km 21+780 y Pisac
LADO : Derecho

N° REGISTRO :
TEC. RES. : H.A.R
ING. RESP. : N.F.H.N.
FECHA : 16/07/2022

Tamiz Pasa - Retiene	Gradaciones			
	A			
1 1/2" - 1"	1250.0			
1" - 3/4"	1250.1			
3/4" - 1/2"	1250.2			
1/2" - 3/8"	1250.3			
3/8" - 1/4"				
1/4" - N° 4				
N° 4 - N° 8				
Peso Total	5000.6			
(%) Retenido en la malla N° 12	3523.4			
(%) Que pasa en la malla N° 12	1477.2			
N° de esferas	12			
Peso de las esferas (gr)	5000 ± 25			
% Desgaste	29.5%			

OBSERVACIONES :

CONSORCIO VIAL PAUCARTAMBO

Nestor Felipe Heredia Naula
 Nestor Felipe Heredia Naula
 CR-173997
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS

Servicio de Gestión, Mejoramiento y Conservación Vial por Niveles de Servicio del Corredor Vial: Emp. PE-28b (Pisac)- Dv. Ruinas - Cuyo Grande - Chahuaytiri - Colquepata - Emp. CU-113 (Paucartambo); Emp. CU -112 (Paucartambo) - Dv. Challabamba - Dv. Tres Cruces - Patria - Pillcopata - Dv. Puerto Atalaya - Emp. Md-103 (Puente Rio Carbón); Puente Rio Carbón - Gamitana - Villa Salvación - Shintuya - Itahuania - Nuevo Edén, por Niveles de Servicio, Distrito de Pisac - Provincia de Calca - Departamentos de Cusco y Madre de Dios.



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

EQUIVALENTE DE ARENA

MTC E 114 - ASTM D 2419 - AASHTO T-176

TRAMO : Dv. Ruinas - Chahuaytiri (Km 06+720 - Km 18+480)	Nº REGISTRO :
MATERIAL : Granular para Base (Cant. Chahuaytiri 70% - Cant. Pisac 30%)	TEC.RES. : H.A.R
UBICACIÓN : Cant. Chahuaytiri Km 21+780 y Pisac	ING.RES. : N.F.H.N.
LADO : Derecho	FECHA : 14/07/2022

MUESTRA		IDENTIFICACIÓN			
		1	2	3	
Hora de entrada a saturación		15:15	15:17	15:19	
Hora de salida de saturación (más 10')		15:25	15:27	15:29	
Hora de entrada a decantación		15:27	15:29	15:31	
Hora de salida de decantación (más 20')		15:47	15:49	15:51	
Altura máxima de material fino	cm	6.40	6.30	6.30	
Altura máxima de la arena	cm	3.20	3.30	3.20	
Equivalente de arena	%	50	53	51	
Equivalente de arena promedio	%	51.3			
Resultado equivalente de arena	%	52			

Observaciones: _____

CONSORCIO VIAL PAUCARTAMBO

 Sr. Felipe Heceda Naula
 CIP 178997
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS

Servicio de Gestión, Mejoramiento y Conservación Vial por Niveles de Servicio del Corredor Vial: Emp. PE-28b (Pisac)-
Dv. Ruinas - Cuyo Grande - Chahuaytiri - Colquepata - Emp. CU-113 (Paucartambo); Emp. CU -112 (Paucartambo) - Dv.
Challabamba - Dv. Tres Cruces - Patria - Pillcopata - Dv. Puerto Atalaya - Emp. Md-103 (Puente Rio Carbón); Puente Rio
Carbón - Gamitana - Villa Salvación - Shintuya - Itahuania - Nuevo Edén, por Niveles de Servicio, Distrito de Pisac -
Provincia de Calca - Departamentos de Cusco y Madre de Dios.



DETERMINACION DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS

(NORMA ASTM D-4791)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

TRAMO	: Dv. Ruinas - Chahuaytiri (Km 06+720 - Km 18+480)	N° REGISTRO	:
MATERIAL	: Granular para Base (Cant. Chahuaytiri 70% - Cant. Pisac 30%)	TÉC.RES.	: H.A.R
UBICACIÓN	: Cant. Chahuaytiri Km 21+780 y Pisac	ING. RESP.	: N.F.H.N.
LADO	: Derecho	FECHA	: 14/07/2022

MATERIAL		(% x Mallas	AGREGADO GRUESO			CHATAS			ALARGADAS			NI CHATA, NI ALARGADA		
TAMIZ (pulg)	apertura (mm)		PESO RET.	% RET.	% PASA	PESO	(%)	(%) Corregido	PESO	(%)	(%) Corregido	PESO	(%)	(%) Corregido
1"	25.400	16.8	2886.2	39.8	60.2	23.5	0.8	13.7	20.1	0.7	8.3	2842.6	98.5	1654.6
3/4"	19.050	16.8	3074.2	42.3	17.9	75.6	2.5	41.3	73.5	2.4	40.2	2925.1	95.1	1598.5
1/2"	12.700	14.5	1118.6	15.4	2.5	54.2	4.8	70.3	54.2	4.8	70.3	1010.2	90.3	1309.5
3/8"	8.750	16.4	179.6	2.5	0.0	16.3	9.1	148.8	14.5	8.1	132.4	148.8	82.9	1358.8
TOTAL		64.5	7259.6					4.2			3.9			91.8

PESO TOTAL DE LA MUESTRA	(g)	7259.6
PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS	(%)	8.1

Observaciones:

CONSORCIO VIAL PAUCARTAMBO

 Nro. Felipe Heredia Naula
 CIP. 178997
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS

Servicio de Gestión, Mejoramiento y Conservación Vial por Niveles de Servicio del Corredor Vial: Emp. PE-28b (Pisac), Dv. Ruinas - Cuyo Grande - Chahuaytiri - Colquepata - Emp. CU-113 (Paucartambo); Emp. CU -112 (Paucartambo) - Dv. Challabamba - Dv. Tres Cruces - Patria - Pillcopata - Dv. Puerto Atalaya - Emp. Md-103 (Puente Río Carbón); Puente Río Carbón - Gamitana - Villa Salvación - Shintuya - Itahuania - Nuevo Edén, por Niveles de Servicio, Distrito de Pisac - Provincia de Calca - Departamentos de Cusco y Madre de Dios.



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

TRAMO : Dv. Ruinas - Chahuaytiri (Km 06+720 - Km 18+480)
 MATERIAL : Granular para Base (Cant. Chahuaytiri 70% - Cant. Pisac 30%)
 UBICACIÓN LADO : Cant. Chahuaytiri Km 21+780 y Pisac
 MATERIAL : Derecho

Nº REGISTRO :
 TÉC.RES. : H.A.R
 ING. RESP. : N.F.H.N.
 FECHA : 14/07/2022

PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS

MTG E 210 - ASTM D 5821

CON UNA O MÁS CARAS FRACTURADAS

TAMAÑO DEL AGREGADO		PESO POR MALLAS (A) (gr)	1 CARA FRACTURADA (B) (gr)	% POR MALLAS (C) = (B/A)*100 (%)	PORCENTAJE POR MALLAS (D) (%)	(E) = (C)*(D) (%)	(E)/(D)
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ						
1 1/2"	1"	2000.0	1851.5	92.6	8.3	763.7	
1"	3/4"	1500.0	1113.2	74.2	8.3	612.3	
3/4"	1/2"	1200.0	921.8	76.8	7.2	549.2	
1/2"	3/8"	300.0	265.2	88.4	8.1	714.3	
TOTAL		5000.0	4151.7		31.7	2639.5	83.2

CON DOS O MÁS CARAS FRACTURADAS

TAMAÑO DEL AGREGADO		PESO POR MALLAS (A) (gr)	2 CARAS FRACTURADAS (B) (gr)	% POR MALLAS (C) = (B/A)*100 (%)	PORCENTAJE POR MALLAS (D) (%)	(E) = (C)*(D) (%)	(E)/(D)
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ						
1 1/2"	1"	2000.0	1563.4	78.2	8.3	644.9	
1"	3/4"	1500.0	1248.5	83.2	8.3	686.7	
3/4"	1/2"	1200.0	978.9	81.6	7.2	583.3	
1/2"	3/8"	300.0	185.2	61.7	8.1	498.8	
TOTAL		5000.0	3976.0		31.7	2413.6	76.1

OBSERVACIONES:

CONSORCIO VIAL PAUCARTAMBO

 Néstor Felipe Heredia Naula
 CIP 178997
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS

Servicio de Gestión, Mejoramiento y Conservación Vial por Niveles de Servicio del Corredor Vial:
 Emp. PE-28b (Pisac)- Dv. Ruinas - Cuyo Grande - Chahuaytiri - Colquepata - Emp. CU-113
 (Paucartambo); Emp. CU -112 (Paucartambo) - Dv. Challabamba - Dv. Tres Cruces - Patria - Pillcopata -
 Dv. Puerto Atalaya - Emp. Md-103 (Puente Río Carbón); Puente Río Carbón - Gamitana - Villa
 Salvación - Shintuya - Itahuania - Nuevo Edén, por Niveles de Servicio, Distrito de Pisac - Provincia de
 Calca - Departamentos de Cusco y Madre de Dios.



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN AGREGADOS

MTC 219 - 2000

TRAMO	: Dv. Ruinas - Chahuaytiri (Km 06+720 - Km 18+480)	N° REGISTRO	:
MATERIAL	: Granular para Base (Cant. Chahuaytiri 70% - Cant. Pisac 30%)	TÉC.RES.	: H.A.R
UBICACIÓN	: Cant. Chahuaytiri Km 21+780 y Pisac	ING. RESP.	: N.F.H.N.
LADO	: Derecho	FECHA	: 14/07/2022

AGREGADO GRUESO

MUESTRA :	IDENTIFICACION				Promedio
	1	2	3	4	
ENSAYO N°					
(1) Peso Tarro (Biker 100 ml.)	50.6	49.8	51.8		
(2) Peso Tarro + agua + sal	110.8	112.3	112.3		
(3) Peso Tarro Seco + sal	50.75	49.96	51.96		
(4) Peso de Sal (3 -1)	0.1	0.2	0.2		
(5) Peso de Agua (2-3)	60.1	62.3	60.3		
(6) Porcentaje de Sal	0.25	0.26	0.27		0.26%

AGREGADO FINO

MUESTRA :	IDENTIFICACION				Promedio
	1	2	3	4	
ENSAYO N°					
(1) Peso Tarro (Biker 100 ml.)	50.6	49.8	51.8		
(2) Peso Tarro + agua + sal	115.3	115.6	114.2		
(3) Peso Tarro Seco + sal	50.7	49.9	51.9		
(4) Peso de Sal (3 -1)	0.1	0.1	0.1		
(5) Peso de Agua (2-3)	64.6	65.7	62.3		
(6) Porcentaje de Sal	0.22	0.21	0.19		0.21%

Observaciones :

CONSORCIO VIAL PAUCARTAMBO

 N.º Felipe Heredia Nauta
 C.R. 178997
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS

Servicio de Gestión, Mejoramiento y Conservación Vial por Niveles de Servicio del Corredor Vial: Emp. PE-28b (Pisac)- Dv. Ruinas - Cuyo Grande - Chahuaytiri - Colquepata - Emp. CU-113 (Paucartambo); Emp. CU -112 (Paucartambo) - Dv. Challabamba - Dv. Tres Cruces - Patria - Pillcopata - Dv. Puerto Atalaya - Emp. Md-103 (Puente Rio Carbón); Puente Rio Carbón - Gamitana - Villa Salvación - Shintuya - Itahuania - Nuevo Edén, por Niveles de Servicio, Distrito de Pisac - Provincia de Calca - Departamentos de Cusco y Madre de Dios.



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

DURABILIDAD AL SULFATO DE MAGNESIO

MTC E 209 - ASTM C 88 - AASHTO T-104

TRAMO : Dv. Ruinas - Chahuaytiri (Km 06+720 - Km 18+480)
 MATERIAL : Granular para Base (Cant. Chahuaytiri 70% - Cant. Pisac 30%)
 UBICACIÓN : Cant. Chahuaytiri Km 21+780 y Pisac
 LADO : Derecho

Nº REGISTRO :
 TÉC.RES. : H.A.R
 ING. RESP. : N.F.H.N.
 FECHA : 14/07/2022

ANÁLISIS CUANTITATIVO

AGREGADO GRUESO

TAMAÑO		Gradación Original (%)	Peso requerido (g)	Peso fracción ensayada	Nº de partículas	Peso ret. después de ensayo (g)	Pérdida		Pérdida corregida (%)	Nº de partículas
Pasa	Retiene						Peso (gr)	%		
2 1/2"	2"		3000±300							
2"	1 1/2"		2000±200							
1 1/2"	1"	8.3	1000±50	1010.3		766.3	244.0	24.2	1.99	
1"	3/4"	8.3	500±30	510.1		395.6	114.5	22.4	1.85	
3/4"	1/2"	7.2	670±10	672.3		506.3	166.0	24.7	1.77	
1/2"	3/8"	8.1	330±5	331		246.7	84.3	25.5	2.06	
3/8"	Nº 4	10.2	300±5	300		248.4	51.6	17.2	1.75	
TOTALES									9.42	

AGREGADO FINO

TAMAÑO		Gradación Original (%)	Peso mín. requerido (g)	Peso fracción ensayada	Nº de partículas	Peso ret. después de ensayo (g)	Pérdida		Pérdida corregida (%)	Nº de partículas
Pasa	Retiene						Peso (gr)	%		
3/8"	Nº 04		100	100	--	98.0	2.0	2.0		--
Nº 04	Nº 08	25.8	100	100	--	94.3	5.7	5.7	1.5	--
Nº 08	Nº 16	13.0	100	100	--	91.2	8.8	8.8	1.1	--
Nº 16	Nº 30	8.8	100	100	--	81.8	18.2	18.2	1.6	--
Nº 30	Nº 50	3.2	100	100	--	84.2	15.8	15.8	0.5	--
Nº 50	Nº 100	2.2	100	100	--	83.4	16.6	16.6	0.4	--
< Nº 100		47.0								
TOTALES		100.0		600.0		532.9			5.09	

OBSERVACIONES:

CONSORCIO VIAL PAUCARTAMBO

 Nna Felipe Herrería Naula
 CIP 178997
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS

ANEXO 04
PANEL FOTOGRAFICO

PANEL FOTOGRAFICO

TRABAJO DE CAMPO



Fotografía 01:km 10+720 Encuesta a pobladores de la zona.



Fotografía 02:km 11+820 Identificación de materiales



Fotografía 03:km 11+460 Depósito fluvio glacial compuesto por bloques y clastos angulosos a subangulosos en una matriz arcillo limosa.



Fotografía 04:km 8+220 Erosión en surco, originada por aguas pluviales



Fotografía 05:km 8+720 Evaluación de maciso rocoso



Fotografía 06:km 8+940 Caída de rocas y suelos pertenecientes al Grupo Mitu.

PANEL FOTOGRAFICO
GEODINAMICA EXTERNA- CHAHUAYTIRE



Fotografía 01:Identificación de fisuras en viviendas



Fotografía 02:Identificación de fisuras en viviendas



Fotografía 03:Identificación de fisuras en viviendas



Fotografía 04:Identificación de fisuras en viviendas



Fotografía 05:Identificación de fisuras en viviendas



Fotografía 06:Identificación de fisuras en viviendas

PANEL FOTOGRAFICO
GEODINAMICA EXTERNA - QUELLO QUELLO



Fotografía 07:Identificación de fisuras en viviendas



Fotografía 08:Identificación de fisuras en viviendas



Fotografía 09:Identificación de fisuras en viviendas



Fotografía 10:Identificación de fisuras en viviendas



Fotografía 11:Identificación de fisuras en viviendas



Fotografía 12:Identificación de fisuras en viviendas

PANEL FOTOGRAFICO

TRABAJO DE CAMPO



Fotografía 01: Erosión en surco, por aguas pluviales



Fotografía 02: Valles en V



Fotografía 03: Identificación de falla regional, Chahuaytire



Fotografía 04: Barras de cuarcitas plegadas pertenecientes a la Formación Paucartambo



Fotografía 05: Cuarcitas plegadas de la Formación Paucartambo.



Fotografía 06: Valle fluvio- glaciario Chahuaytire

PANEL FOTOGRAFICO



Fotografía 01: Estación de conteo - Quello Quello



Fotografía 02: Estación de conteo - Quello Quello



Fotografía 03: Ensayo de Granulometria



Fotografía 04: Ensayo de p.e



Fotografía 05: Ensayo de Equivalente de Arena



Fotografía 06: Indice de Atterberg