

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



TESIS

**ESTUDIO GEOLÓGICO, GEOTECNICO Y GEOFÍSICO PARA EL MEJORAMIENTO DE
TRANSITABILIDAD VIAL EN EL TRAMO SAHUAYACO-COLCAPAMPA (PROGR. 0+000
Km - 13+700 Km) DEL DISTRITO DE SANTA TERESA, PROVINCIA DE LA CONVENCIÓN,
DEPARTAMENTO DEL CUSCO-2024**

PRESENTADO POR:

Br. JOEL RONAL MAMANI TUNQUE

Br. MAYCOL DAVID SALCEDO MAMANI

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

ASESOR:

MGT. MAURO ALBERTO ZEGARRA CARREÓN

**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, GEOTECNICO Y GEOFÍSICO PARA EL MEJORAMIENTO DE TRANSITABILIDAD VIAL EN EL TRAMO SAHUAYACO - COICAPAMPA (PROGR. 0+000km - 13+700km) DEL DISTRITO DE SANTA TERESA, PROVINCIA DE LA CONVENCIÓN, DEPARTAMENTO DEL CUSCO - 2024”

presentado por: JOEL RONAL, MAMANI TUNQUE con DNI Nro.: 41951583 presentado por: MAYCOL DAVID, SALCEDO MAMANI con DNI Nro.: 74213865 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 7.....%.

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.	<input checked="" type="checkbox"/>
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	<input type="checkbox"/>
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.	<input type="checkbox"/>

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, 03 de Febrero de 2025



Firma

Post firma Mariana Legorria Carrasco

Nro. de DNI 23848124

ORCID del Asesor 0000-0003-0716-3980

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid: 27259:419287310

JOEL RONAL, MAYCOL DAVID MAMANI TUNQUE, S... ESTUDIO GEOLÓGICO, GEOTECNICO Y GEOFÍSICO PARA EL MEJORAMIENTO DE TRANSITABILIDAD VIAL EN EL TRAMO S

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:419287310

269 Páginas

Fecha de entrega

3 ene 2025, 4:00 p.m. GMT-5

40,045 Palabras

245,372 Caracteres

Fecha de descarga

3 ene 2025, 4:13 p.m. GMT-5

Nombre de archivo

ESTUDIO GEOLÓGICO, GEOTECNICO Y GEOFÍSICO PARA EL MEJORAMIENTO DE TRANSITABILIDAD....pdf

Tamaño de archivo

10.5 MB

7% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Exclusiones

- N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 1%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 7%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

-  **Texto oculto**
645 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.



INDICE GENERAL

DEDICATORIA	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVI
RESUMEN	XVII
ABSTRACT.....	XVIII
CAPÍTULO I	1
ASPECTOS GENERALES	1
1.1 UBICACIÓN POLÍTICA Y GEOGRÁFICA.....	1
1.1.1 UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	1
1.1.2 ACCESIBILIDAD	2
1.2 CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS Y CLIMATOLÓGICAS	3
1.2.1 CLIMA Y VEGETACIÓN	3
1.2.2 TEMPERATURA	4
1.2.3 PRECIPITACIONES	4
1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	6
1.4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	6
1.4.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	7
1.5 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	7
1.6 OBJETIVOS	8



1.6.1 OBJETIVO GENERAL.....	8
1.6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	8
1.7 HIPÓTESIS	8
1.7.1 HIPÓTESIS GENERAL.....	8
1.7.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	9
1.8 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES.....	9
1.8.1 VARIABLES INDEPENDIENTES	9
1.7.2 VARIABLE DEPENDIENTE	9
1.7.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	10
1.8 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	10
1.8.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.....	10
1.8.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN	11
1.8.3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	11
1.9 PROCEDIMIENTO DE TRABAJO	12
1.9.1 ETAPA DE PRE CAMPO	12
1.9.2 ETAPA DE CAMPO 1.....	12
1.9.3 ETAPA DE CAMPO 2.....	13
1.9.4 ETAPA DE CAMPO 3.....	13
1.9.5 ETAPA DE POST- CAMPO.....	13
1.9.6 ETAPA DE GABINETE.....	13



1.9.5 ETAPA FINAL.....	13
CAPÍTULO II	14
MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL - REFERENCIAL.....	14
2.1 MARCO REFERENCIAL (ANTECEDENTES).....	14
2.1.2 A NIVEL NACIONAL.....	14
2.1.3 A NIVEL LOCAL.....	16
2.2 MARCO NORMATIVO.....	16
2.3. BASES TEORICAS	17
2.3.2 GEOTECNIA Y GEOMECÁNICA DE SUELOS	18
2.3.3 PROSPECCIÓN GEOFÍSICA.....	24
2.4 MARCO CONCEPTUAL (palabras clave)	33
CAPÍTULO III	35
CONTEXTO GEOLÓGICO	35
3.1 ASPECTOS GENERALES.....	35
3.2 GEOMORFOLOGÍA	38
3.2.1 GEOMORFOLOGIA REGIONAL	38
3.2.2 GEOMORFOLOGÍA LOCAL.....	48
3.2 GEOLOGIA.....	56
3.2.1 GEOLOGIA REGIONAL.....	56
3.2.2 GEOLOGIA LOCAL	68



3.4 GEOLOGIA ESTRUCTURAL.....	90
3.5 GEODINAMICA EXTERNA.....	93
3.5.1 SECTORES CON PROBLEMAS DE GEODINÁMICA EXTERNA.....	93
CAPÍTULO IV.....	98
EVALUACIÓN GEOTECNIA.....	98
4.1 GENERALIDADES.....	98
4.2. TRABAJOS DE CAMPO Y LABORATORIO.....	98
4.3 EXPLORACIÓN TIPO CALICATA.....	99
4.4 DISTRIBUCIÓN DE LOS PUNTOS DE EXCAVACIÓN.....	99
4.6 ENSAYOS EN LABORATORIO.....	102
4.6.1 LISTA DE NORMAS UTILIZADAS.....	102
4.6.2 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO BASADO EN AMERICAN SOCIETY OF TESTING AND MATERIALS (ASTM D-421).....	103
4.6.3 Límite líquido (ASTM D-423) y límite plástico (ASTM D-424).....	104
4.6.4 Contenido de humedad natural (ASTM D-2216).....	105
4.6.5. ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557).....	107
4.6.6 California Bearing Ratio– CBR (ASTM D-1883).....	108
4.6.7 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN.....	115
4.7 ESTUDIO FÍSICO QUÍMICO DE FUENTES DE AGUA.....	116
4.7.2 MARCO LEGAL.....	116
4.7.3 METODOLOGÍA UTILIZADA.....	117



4.7.4 FUENTES MUESTREADAS.....	117
4.7.5 RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS.....	120
4.8 EVALUACIÓN DE CANTERA	122
4.8.1 NORMATIVIDAD	122
4.8.2 INVESTIGACIÓN DE CAMPO	122
4.8.3 UBICACIÓN	122
4.8.4 MATERIAL DE CANTERA	124
4.8.5 ACCESIBILIDAD	124
4.8.6 POTENCIA	125
4.8.7 USO.....	126
4.8.8 DISPONIBILIDAD	126
4.8.9 PERFILES ESTRATIGRÁFICOS DE LA CANTERA	131
4.9 EROSIÓN QUÍMICA ASOCIADA A LA INESTABILIDAD DEL TRAMO DE ESTUDIO.....	132
4.9.1 Erosión Química de los Micaesquistos.....	132
4.9.2 Procesos de Erosión Química:.....	133
4.9.3 Relevancia en el estudio del tramo Sahuayaco – Colcapampa.....	134
CAPÍTULO V.....	135
EVALUACIÓN GEOFÍSICA.....	135
5.1 ENSAYOS DE REFRACCIÓN SÍSMICA.....	135
5.3 EQUIPO UTILIZADO	135



5.4 UBICACIÓN DE LA LÍNEAS DE REFRACCIÓN SÍSMICA.....	137
5.5 PARÁMETROS DE ADQUISICIÓN PARA LA REFRACCIÓN SÍSMICA	139
5.6 PARÁMETROS DE ADQUISICIÓN MASW 1D.....	139
5.7 TRABAJO DE CAMPO.....	140
5.7.1 Ensayos ejecutados en campo	140
5.7.2 Método refracción sísmica y MASW 1D.....	141
5.8 CRITERIOS DE ANÁLISIS.....	142
5.8.1 GENERALIDADES MÉTODO SÍSMICO	142
5.9 INTERPRETACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	146
5.9.1 LÍNEA DE REFRACCIÓN SÍSMICA (LRS-01) MASW1.....	146
5.9.2 LÍNEA DE REFRACCIÓN SÍSMICA (LRS-02) MASW2.....	149
5.9.3 LÍNEA DE REFRACCIÓN SÍSMICA (LRS-03) MASW3.....	151
5.9.4 LÍNEA DE REFRACCIÓN SÍSMICA (LRS-04) MASW4.....	153
5.9.5 LÍNEA DE REFRACCIÓN SÍSMICA (LRS-05) MASW5.....	155
5.9.6 LÍNEA DE REFRACCIÓN SÍSMICA (LRS-06) MASW6.....	158
CONCLUSIONES.....	163
RECOMENDACIONES.....	165
REFERENCIA BIBLIOGRAFÍA.....	166
ANEXOS	168



INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Ubicación política	1
Tabla 2 Datos de la zona de investigación	1
Tabla 3 Accesibilidad del área de estudio.....	2
Tabla 4 Datos de precipitación de la zona	4
Tabla 5 Cuadro de variables identificadas	10
Tabla 6 Coordenadas Universal Transversal de Mercator (UTM) de los puntos de Exploración para la caracterización de sub - Rasante.	100
Tabla 7 Coordenadas UTM de los puntos de exploración para ensayos Relación de Soporte California (CBR) de subrasante.....	100
Tabla 8 Coordenadas UTM de la trinchera para determinación de muro de contención.....	101
Tabla 9 Cuadro de los resultados de los ensayos realizados y su interpretación.....	106
Tabla 10 Cuadro de los resultados de los ensayos realizados y su interpretación.....	110
Tabla 11 Perfil estratigráfico.....	111
Tabla 12 Granulometría	112
Tabla 13 Densidad	112
Tabla 14 Ensayo de Corte directo	113
Tabla 15 Resultados de carga admisible de la trinchera M01	114
Tabla 16 Ubicación de fuentes de agua muestreadas.....	117
Tabla 17 Resultados Químicos fuente de agua -01	120
Tabla 18 Resultados Químicos fuente de agua -02	121
Tabla 19 Ubicación de la cantera Colcapampa.....	124
Tabla 20 Coordenadas de la cantera Colcapampa	125
Tabla 21 Potencia de Cantera Colcapampa	125



Tabla 22 Resumen de características de la cantera Colcapampa.....	126
Tabla 23 Granulometría cantera Colcapampa.....	127
Tabla 24 Límite de consistencia y clasificación del suelo de la cantera Colcapampa.....	127
Tabla 25 Ensayos de PROCTOR y CBR.....	128
Tabla 26 Comparación de resultados con la normativa para material de sub base granular.....	128
Tabla 27 Comparación de resultados con la normativa para material de base granular.....	129
Tabla 28 Resultados de la clasificación para la cantera de Colcapampa.....	130
Tabla 29 Resumen de resultados Proctor y CBR para la cantera Colcapampa.....	131
Tabla 30 Parámetros de la Refracción Sísmica.....	139
Tabla 31 Parámetros MASW 1D.....	139
Tabla 32 Líneas, coordenadas y metraje de Refracción Sísmica.....	140
Tabla 33 Coordenadas y ensayos MASW 1D.....	141
Tabla 34 Valores Promedio de Vp según la norma ASTM - D5777.....	144
Tabla 35 Parámetros de velocidad según el tipo de material.....	144
Tabla 36 Valores Promedio de Vp según la norma ASTM - D5777.....	145
Tabla 37 Descripción de Línea de Refracción Sísmica LRS-01.....	147
Tabla 38 Descripción de Línea de Refracción Sísmica LRS-02.....	149
Tabla 39 Descripción de Línea de Refracción Sísmica LRS-03.....	152
Tabla 40 Descripción de Línea de Refracción Sísmica LRS-05.....	156
Tabla 41 Descripción de Línea de Refracción Sísmica LRS-06.....	159
Tabla 42 Resultados e Interpretación del Ensayo MASW 1D.....	160



INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Acceso a la zona de estudio	3
Figura 2 Mapa de ubicación de la zona de estudio	5
Figura 3 Diagrama de métodos de investigación.....	11
Figura 4 Esquema de tendido de cables y conexión.....	28
Figura 5 Rango de velocidades de ondas p en rocas comunes.....	30
Figura 6 Velocidades de Trasmisión de Ondas Sísmicas.....	31
Figura 7 Geófono de bobina móvil	32
Figura 8 Mapa topográfico	36
Figura 9 Mapa de pendientes	37
Figura 10 Vista de montaña con cobertura glaciar al Sureste de la zona de estudio.....	40
Figura 11 Vertiente glaciar.....	41
Figura 12 Vertiente con depósito de deslizamiento.....	42
Figura 13 Vertiente o pie de monte.....	43
Figura 14 Depósitos morrenicos	44
Figura 15 Valle del rio Santa Teresa.....	46
Figura 16 Vista de valle glaciar que está ubicada al Sureste de la zona de estudio	47
Figura 17 Vista del valle glaciar con laguna al Sureste del tramo de estudio. (Laguna Salkantay)	48
Figura 18 Imágenes del río Santa Teresa y el valle del mismo nombre, donde resalta el perfil transversal, así como los lechos del río	50
Figura 19 Valle glaciar con laguna	51
Figura 20 Vista del afloramiento del macizo de Machupichu, con presencia de pendientes muy empinadas	52
Figura 21 Montaña con roca intrusiva.....	53



Figura 22 Montaña en roca Metamórfica.....	54
Figura 23 Vista de vertiente coluvial-deluvial.....	55
Figura 24 Columna estratigráfica de los cuadrángulos de Quillabamba y Machupicchu.....	58
Figura 25 Evolución en la estratigrafía del cuadrángulo de Machupicchu (27q2, 27q3)	59
Figura 26 Afloramiento de gneis del cambriano? en el norte de Colcapampa	61
Figura 27 Afloramiento de mica esquistos del Cambriano en el sector de Salkantay. vista tomada hacia el noroeste.....	61
Figura 28 Micaesquistos del Cambriano? en el sector de la playa de Sahuayaco.....	62
Figura 29 Macizo de Machupicchu	63
Figura 30 Afloramiento de pizarras del Grupo San José, en el sector de San Jacinto (norte de Quillabamba)	65
Figura 31 Cuarzitas laminadas de la formación Sandia, cerca del poblado de Santa Teresa.....	66
Figura 32 Afloramiento de cuarzitas y pizarras de la formación San Gabán.....	67
Figura 33 Vista del Grupo San José.....	68
Figura 34 Vista pizarras del grupo San José.....	69
Figura 35 Vista de micaesquistos del Grupo San José.....	70
Figura 36 Vista de afloramientos de rocas metamórficas	71
Figura 37 Afloramiento de esquistos de moscovita	72
Figura 38 Complejo de rocas metamórficas Iscaybamba	73
Figura 39 Afloramiento de Gneis del complejo de Iscaybamba	74
Figura 40 Vista de material cuaternario aluvial.....	75
Figura 41 Vista del depósito aluvial compuesto por gravas y bloques.....	76
Figura 42 Vista del depósito aluvial compuesto por gravas y bloques.....	76



Figura 43 Vista del depósito aluvial compuesto por gravas y bloques y en la derecha gravas con matriz arenosa	77
Figura 44 Vista del depósito fluvial en el sector de Sahuayaco al Suroeste de Santa Teresa	78
Figura 45 Vista de material fluvial compuestos por gravas de origen metamórfico e ígneo con formas redondeadas y subredondeada con diámetros promedios de 5 a 15 cm	79
Figura 46 Vista de depósitos cuaternarios (aluvial).....	80
Figura 47 Depósitos cuaternarios y caída de rocas	81
Figura 48 Depósitos cuaternarios	82
Figura 49 Depósitos cuaternarios	83
Figura 50 Depósitos de caída de rocas	84
Figura 51 Afloramiento de micaesquistos	85
Figura 52 Muestra de roca.....	86
Figura 53 Macizo de Machupicchu en el nevado de Salkantay	87
Figura 54 Afloramiento de rocas intrusivas.....	88
Figura 55 Muestra de granito	89
Figura 56 Mapa estructural del cuadrángulo de Machupicchu (27-q)	91
Figura 57 Mapa geológico estructural	92
Figura 58 Presencia de aguas de escorrentía provenientes de la parte alta (Prog. 0+000 Km)	94
Figura 59 Figura: Afloramiento de micaesquistos del grupo San José (Prog. 0+000 Km)	94
Figura 60 Derrumbe de materiales rocosos (Progr. 7+500 Km)	95
Figura 61 Presencia de cárcavas y cono de deyección	96
Figura 62 Materiales cuaternarios en la Progr. (12+200 Km).....	97
Figura 63 Exploración de Sub - Rasante Mediante Calicatas.....	99
Figura 64 Mapa de ubicación de calicatas.....	101



Figura 65 Se observa el ensayo de granulometría para clasificación de suelo.....	103
Figura 66 Ensayos de granulometría	104
Figura 67 Se observa el ensayo de ensayo de límite líquido y límite plástico para la clasificación de suelos	105
Figura 68 Se observa el ensayo de humedad natural para la clasificación de suelos	106
Figura 69 Ensayos de Proctor	108
Figura 70 Ensayo de CBR.....	109
Figura 71 Ensayo de corte directo	113
Figura 72 Plano de ubicación de fuentes de agua	118
Figura 73 Fuente de agua 01	119
Figura 74 Fuente de agua 02	119
Figura 75 Ubicación de la cantera en Colcapampa.....	123
Figura 76 Afloramiento de micaesquistos Progresiva 0+000 Km	132
Figura 77 Presencia de aguas de escorrentía al inicio del tramo Sahuayaco – Colcapampa	133
Figura 78 Ubicación de las líneas de refracción sísmica y ensayos MASW	138
Figura 79 Vista de un Registro de Refracción Sísmica	143
Figura 80 Línea de Refracción sísmica de la sección LRS-01 en proceso de instalación de los geófonos y registro.....	147
Figura 81 Perfil Sísmico LRS -01	148
Figura 82 Línea de Refracción sísmica de la sección LRS-02 en proceso de instalación de los geófonos y registro.....	149
Figura 83 Perfil Sísmico LRS -02	150
Figura 84 Línea de Refracción sísmica de la sección LRS-03 en proceso de instalación de los geófonos y registro.....	151



Figura 85 Perfil Sísmico LRS -03	152
Figura 86 Línea de Refracción sísmica de la sección LRS-04 en proceso de instalación de los geófonos y registro	153
Figura 87 Perfil Sísmico LRS-04	154
Figura 88 Línea de Refracción sísmica de la sección LRS-05 en proceso de instalación de los geófonos y registro	156
Figura 89 Perfil Sísmico LRS -05	157
Figura 90 Línea de Refracción sísmica de la sección LRS-06 en proceso de instalación de los geófonos y registro	158
Figura 91 Perfil Sísmico LRS -06	159



DEDICATORIA

De manera muy especial dedicamos este trabajo de investigación a Dios el todo poderoso.

Con mucha fe a mi madre difunta Julia Bonifacia Mamani Huillca que Dios lo tenga en su gloria y que ahora es un ángel que cuida de mí y le pide al padre celestial por nuestro bienestar.

A mis hermanos Milagros Jaqueline, Bryan, Lisely, Erika, Karen y Naylu que son la mejor bendición en mi vida

Dedico a Ledy quien me ofreció su apoyo incondicional.

Bach. Maycol David Salcedo Mamani

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a Dios, por ser guía y fortaleza en cada paso de este camino. A mi familia, y en especial a mis padres, por su amor incondicional y apoyo constante, que han sido fundamentales para cada logro alcanzado. A mí mismo, por el esfuerzo y la dedicación con los que he enfrentado cada desafío y por el compromiso de avanzar hacia mis metas.

Agradezco también a los docentes que han sido parte de mi formación universitaria; gracias a ustedes y a su entrega, hoy cuento con los conocimientos que me permiten celebrar esta etapa tan importante en mi vida. Me siento honrado de haber sido parte de esta comunidad académica y de pertenecer a la tricentenaria Universidad San Antonio Abad del Cusco, una institución que representa orgullo y tradición.

Gracias a todos quienes han sido parte de esta experiencia; con cada uno llevo un aprendizaje que atesoraré siempre

Bach. Joel Ronal Mamani Tunque



INTRODUCCIÓN

La zona de estudio, que abarca desde el centro poblado de Sahuayaco hasta el centro poblado de Colcapampa, en el distrito de Santa Teresa, carece actualmente de una vía carrozable óptima y segura en muchos tramos de dicha vía. Esta trocha carrozable se ha convertido en una importante ruta de acceso tanto para el transporte de productos agrícolas como para el turismo, especialmente debido al incremento de visitantes provenientes de la ruta del nevado de Salkantay y el sitio arqueológico de Choquequirao. Por ello, resulta urgente su mejoramiento, incluyendo la implementación de capas más resistentes, el afirmado y la instalación de puentes capaces de soportar mayores pesos y la adecuación de zonas seguras para trekking, considerando el constante aumento de la afluencia turística y la producción agrícola en la región.

La carretera CU-109 (Carretera Cusco) que atraviesa la zona de estudio, cuenta con muchas zonas inestables, con presencia de deslizamientos en algunos tramos que pone en riesgo la integridad de los pobladores del lugar y visitantes extranjeros, por lo tanto, el presente trabajo de investigación trata de aportar importante información geológica, geotécnica y geofísica, para el mejoramiento de esta vía de comunicación.



RESUMEN

La investigación titulada **“Estudio geológico, geotécnico y geofísico para el mejoramiento de transitabilidad vial en el tramo Sahuayaco - Colcapampa (Progr. 0+000 Km - 13+700 Km) del distrito de Santa Teresa, provincia de La Convención, departamento del Cusco - 2024”**, tiene como objetivo principal mejorar la transitabilidad vial en el tramo comprendido entre los poblados de Sahuayaco y Colcapampa, en el distrito de Santa Teresa, provincia de La Convención, departamento del Cusco. Para ello, se desarrolló un análisis detallado desde las perspectivas geológica, geotécnica y geofísica. La metodología empleada combina un enfoque mixto. Se adoptó un tipo de investigación descriptivo, orientado a explicar las dimensiones y relaciones de variabilidad de los factores estudiados. El diseño de investigación es no experimental, utilizando datos de estudios previos para la caracterización geológica, mientras que en los aspectos geotécnicos y geofísicos se incorporaron nuevos estudios realizados en puntos estratégicos del tramo vial. Este diseño permite interpretar los datos cualitativos y cuantitativos obtenidos, con el propósito de generar recomendaciones para mejorar la transitabilidad de la carretera. Las conclusiones del estudio destacan la relevancia del análisis geológico, geotécnico y geofísico en la mejora del tramo Sahuayaco - Colcapampa. Se identificaron áreas críticas considerando además la existencia de una cantera cercana que optimiza recursos y reduce costos, así como 2 fuentes de agua la cual es necesario en todo estudio de mejora de carreteras. Entre las principales dificultades se encontraron zonas inestables y suelos no consolidados, problemas que se abordan con estrategias diseñadas para garantizar la estabilidad estructural de la vía. Asimismo, las conclusiones ofrecen recomendaciones basadas en los aportes geotécnicos y geofísicos para asegurar la seguridad y funcionalidad del tramo vial.

Palabras clave: Geología, Geotecnia, Geofísica, mejoramiento vial.



ABSTRACT

The research entitled **“Geological, geotechnical and geophysical study for the improvement of road trafficability in the Sahuayaco - Colcapampa section (Progr. 0+000 Km - 13+700 Km) of the district of Santa Teresa, province of La Convención, department of Cusco - 2024”**, has as its main objective to improve vehicular trafficability in the section between the towns of Sahuayaco and Colcapampa, in the district of Santa Teresa, province of La Convención, department of Cusco. To this end, a detailed analysis was developed from the geological, geotechnical and geophysical perspectives. The methodology used combines a mixed and quantitative approach, which integrates descriptive observations with statistical analysis. A descriptive type of research was adopted, aimed at explaining the dimensions and relationships of variability of the factors studied. The research design is non-experimental, using data from previous studies for geological characterization, while in the geotechnical and geophysical aspects new studies carried out at strategic points of the road section were incorporated. This design allows the interpretation of the qualitative and quantitative data obtained, with the purpose of generating recommendations to improve the transitability of the road. The conclusions of the study highlight the relevance of the geological, geotechnical and geophysical analysis in the improvement of the Sahuayaco - Colcapampa section. Critical areas were identified, also considering the existence of a nearby quarry that optimizes resources and reduces costs, as well as 2 sources of water, which is necessary in any road improvement project. Among the main difficulties were unstable areas and unconsolidated soils, problems that are addressed with strategies designed to guarantee the structural stability of the road. Likewise, the conclusions offer recommendations based on the geotechnical and geophysical contributions to ensure the safety and functionality of the road section.

Keywords: Geology, Geotechnics, Geophysics, road improvement



CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1 UBICACIÓN POLÍTICA Y GEOGRÁFICA

1.1.1 UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio se encuentra ubicada en el sector de Sahuayaco - Colcapampa, distrito de Santa Teresa, provincia de La Convención, departamento del Cusco.

Tabla 1

Ubicación política

Región:	Cusco
Provincia:	La Convención
Distrito:	Santa Teresa
Zona de estudio	Sahuayaco - Colcapampa

Fuente: Elaboración propia

La zona de investigación se puede mencionar las zonas puntuales, así como los centros poblados que atraviesan el tramo de investigación.

Tabla 2

Datos de la zona de investigación

Nº	COORDENADAS UTM		ALTITUD	LUGAR
1	755313	8529810	2350	Sahuayaco
2	755305	8529819	2800	Colcapampa



Longitud para el mejoramiento del servicio de transitabilidad vial en tramo Sahuayaco-Colcapampa del distrito de Santa Teresa de la provincia de La Convención del departamento de Cusco		
1	Sahuayaco - inicio	(13+700) km
2	Colcapampa – final	

Fuente: Elaboración propia

1.1.2 ACCESIBILIDAD

El sistema de carreteras conectado al proyecto inicia en la ciudad del Cusco, por la carretera Cusco Quillabamba, pasando el poblado de Poroy se tiene dos opciones , la primera continua por la provincia de Anta por la carretera con código “3S”, la segunda por el poblado de Chinchero y Urubamba, ambas nos permiten arribar al poblado de Ollantaytambo, para luego pasar por El Abra Málaga , el mirador Huayopata por la cerreta “28B” llegando al poblado de Santa María, se desvía hacia el pueblo de Santa Teresa por la carretera con código “PE28B” y por último se llega al poblado de Sahuayaco por la carretera Cusco (CU109), esta última incluye el tramo de estudio.

Tabla 3

Accesibilidad del área de estudio.

Vía de acceso	Distancia (Km)	Tiempo (Hrs.)	Tipo de vía
Cusco – Huaroscondo – Ollantaytambo - Santa Teresa - Sahuayaco	228.8 Km	7 h 30 min.	Asfaltada – Trocha Carrozable
Cusco – Urubamba – Ollantaytambo - Santa Teresa - Sahuayaco	234.4 Km	8h 10 min.	Asfaltada – Trocha Carrozable

Fuente: Elaboración propia

Figura 1

Acceso a la zona de estudio



Fuente: Google Maps

1.2 CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS Y CLIMATOLÓGICAS

1.2.1 CLIMA Y VEGETACIÓN

Según la clasificación del SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú), el clima es subtropical de tipo lluvioso, templado de montaña y con invierno seco con precipitación anual entre 1200 mm. y 1800 mm. (milímetros) aproximadamente, las mayores precipitaciones se dan entre los meses de octubre a marzo, la zona presenta variaciones de altitud y específicamente en el tramo de estudio varían de 2350 a 2502 m.s.n.m. (metros sobre el nivel del mar), con un relieve donde predomina la densa vegetación.



1.2.2 TEMPERATURA

La temperatura máxima según el SENAMHI, varía entre 17°C a 23°C durante el periodo de verano, entre el mes de diciembre al mes de marzo, y las temperaturas mínimas entre 7°C a 11°C en las épocas de invierno del mes de junio al mes de septiembre, además, durante las lluvias y en horas nocturnas la temperatura puede disminuir hasta los 7°C.

1.2.3 PRECIPITACIONES

Con base en los registros hidrográficos obtenidos de las estaciones ubicadas en Quillabamba, Machupichu y Santa Teresa, se cuenta con información clave que incluye valores de caudales promedio, máximos y mínimos, datos de precipitación anual expresados en milímetros, patrones estacionales de lluvias y temperaturas promedio. Además, se dispone de análisis sobre la calidad del agua y su variación a lo largo del tiempo. Estos elementos son fundamentales para evaluar la dinámica hídrica de la zona y su influencia en proyectos de infraestructura, como la mejora de la transitabilidad vial en el tramo Sahuayaco-Colcapampa.

Tabla 4

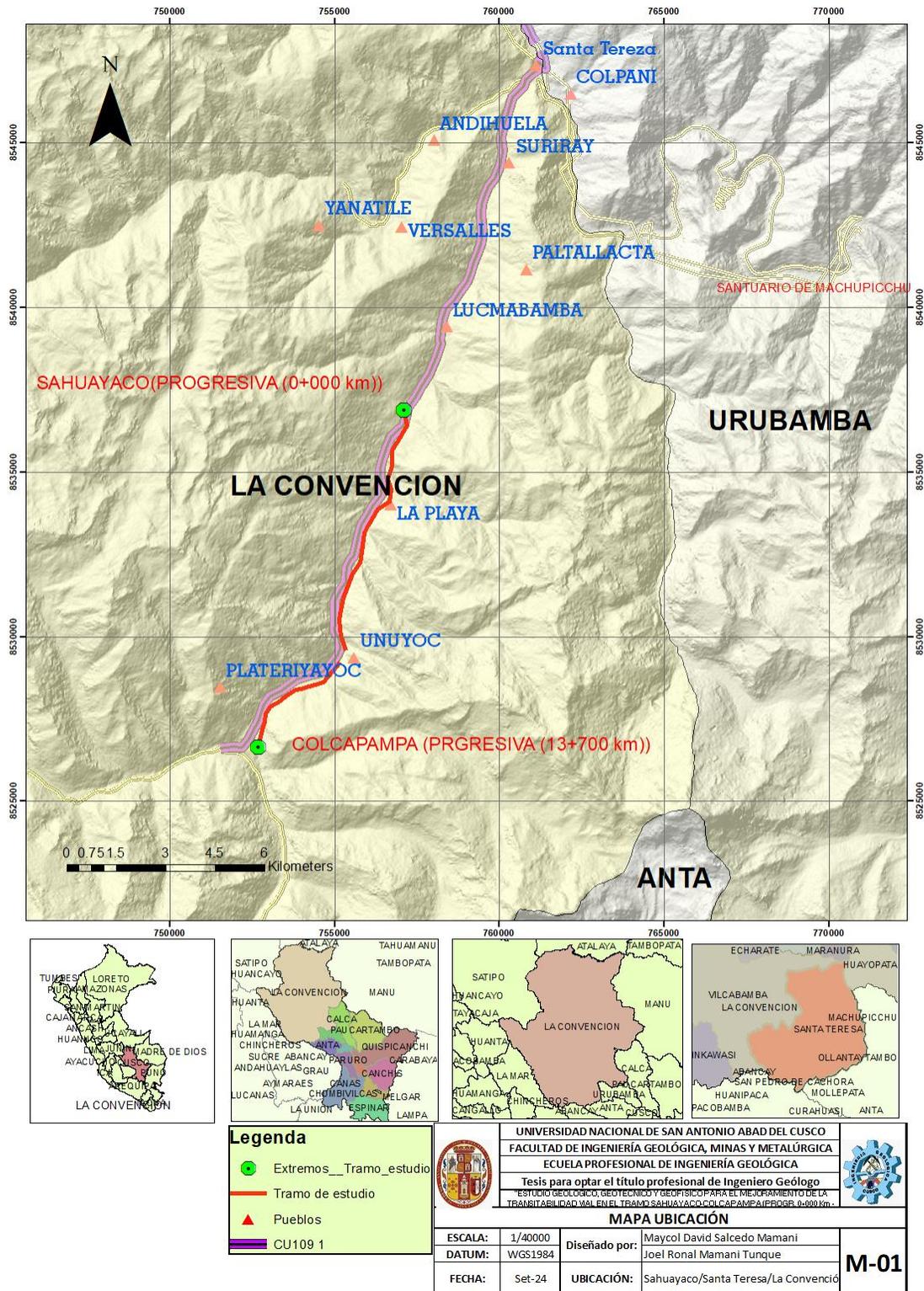
Datos de precipitación de la zona

Precipitación anual	1200-1800 mm
Precipitación media anual	1500 mm

Fuente: SENAMHI



Figura 2
Mapa de ubicación de la zona de estudio



Fuente: Elaboración propia.



1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

A nivel global, la infraestructura vial ha sido reconocida como un componente esencial para el desarrollo económico y social de las naciones. Las carreteras adecuadas no solo facilitan el comercio y el transporte de bienes y personas, sino que también son cruciales para el acceso a servicios básicos como educación y salud (World Bank, 2021). En este marco, varios países han destinado recursos a optimizar sus infraestructuras viales, reconociendo que una infraestructura inadecuada puede restringir el desarrollo y el bienestar de la población.

En nuestro país, la condición de la infraestructura de transporte terrestre ha enfrentado desafíos importantes. A pesar de los intentos del gobierno peruano por optimizar las rutas de comunicación, todavía hay diversos tramos de carretera en condiciones deficientes, particularmente en zonas rurales y de complicado acceso. De acuerdo con el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2022), cerca del 30% de la red vial nacional estaba en condiciones regulares o deficientes, impactando la conectividad y el bienestar de miles de peruanos. Este desafío es especialmente crucial en la zona andina, ceja de selva y selva baja, donde la geografía y las condiciones climáticas desfavorables complican aún más el cuidado y la mejora de las vías.

El tramo vial que conecta a los centros poblados de Sahuayaco y Colcapampa en el distrito de Santa Teresa, provincia de La Convención, departamento del Cusco, enfrenta importantes dificultades relacionadas con la transitabilidad. Estas complicaciones se deben en gran medida, a las condiciones geológicas de la zona de investigación, que han ocasionado problemas como deslizamientos en zonas puntuales del tramo donde la trocha carrozable atraviesan depósitos cuaternarios no consolidados y erosión constante de la vía, particularmente durante las temporadas de lluvias a esto se suma la ausencia



de estudios en los campos de geología con referencia en la litología y estratigrafía, la geotecnia y geofísica, para asegurar una mejora efectiva de la transitabilidad y reducir los riesgos para los usuarios.

1.4.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

PROBLEMA GENERAL

- ¿Cuáles son las características geológicas (geomorfología, estratigrafía y geología estructural) y los parámetros geotécnicos y geofísicos para el mejoramiento de transitabilidad vial del tramo Sahuayaco - Colcapampa en el distrito de Santa Teresa, provincia de La Convención?

PROBLEMAS ESPECÍFICOS

1. ¿Cuáles son las características geológicas (geomorfología, estratigrafía y geología estructural) en tramo vial Sahuayaco - Colcapampa?
2. ¿Cuáles son las propiedades físico-mecánicas de los suelos y los materiales en el tramo Sahuayaco - Colcapampa?
3. ¿Cuáles son los parámetros geofísicos para caracterizar las zonas inestables y zonas puntuales en el tramo Sahuayaco - Colcapampa?
4. ¿Cuáles son las canteras y fuentes de agua disponibles que pueden ser utilizadas para el mejoramiento vial del tramo Sahuayaco- Colcapampa?

1.5 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

El presente trabajo de investigación pretende aportar conocimiento para el mejoramiento de transitabilidad vial en el tramo Sahuayaco - Colcapampa, puesto que en los últimos años esta vía de comunicación se ha convertido en una vía importante de acceso hacia el Santuario Histórico de Machupichu, por la ruta de Salkantay - Choquequirao, además existe una producción agrícola importante



en el valle del rio Santa Teresa, esto hace que actualmente se estén utilizando vehículos de mayor tonelaje, la investigación busca abordar estas problemáticas mediante un enfoque integral que combine conocimientos geológicos, geotécnicos y geofísicos para el mejoramiento de la vía. La importancia radica en la identificación precisa y caracterización de áreas vulnerables que puede reducir los riesgos en la vía y así minimizando los costos asociados a mantenimientos correctivos y reparaciones frecuentes, de esta forma obtener una vía más segura para el tránsito vehicular y peatonal.

1.6 OBJETIVOS

1.6.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar un estudio Geológico, Geotécnico y Geofísico para mejorar la transitabilidad vial comprendido entre el tramo Sahuayaco y Colcapampa, en el distrito de Santa Teresa, provincia de La Convención, departamento del Cusco.

1.6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Describir y analizar las características geológicas y geomorfológicas de la zona de estudio.
2. Determinar las propiedades físico-mecánicas de los suelos y los materiales que se encuentran en el tramo Sahuayaco - Colcapampa.
3. Obtener los parámetros geofísicos de las zonas inestables y zonas puntuales en el tramo vial Sahuayaco - Colcapampa.
4. Identificar cuáles son las canteras y fuentes de agua disponibles que pueden usarse para el mejoramiento del tramo Sahuayaco – Colcapampa.

1.7 HIPÓTESIS

1.7.1 HIPÓTESIS GENERAL

El estudio de las características geológicas y el análisis de los parámetros geotécnicos y geofísicos en el tramo vial entre los poblados de Sahuayaco y Colcapampa en el distrito de Santa Teresa, provincia de La Convención, permitirán el mejoramiento de la transitabilidad vial en dicho tramo.



1.7.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

1. Las características geológicas y geomorfológicas presentes en el tramo Sahuayaco - Colcapampa ofrecen condiciones favorables para el mejoramiento de la transitabilidad vial del tramo Sahuayaco - Colcapampa.
2. Las propiedades físico-mecánicas de los suelos y los materiales presentan características favorables para el mejoramiento del tramo vial Sahuayaco – Colcapampa, por lo tanto, un análisis de estos parámetros ayudará a diseñar soluciones específicas para mejorar la resistencia y durabilidad de la vía.
3. Los parámetros geofísicos cuya metodología es la refracción sísmica, son favorables para el mejoramiento de la transitabilidad vial del tramo Sahuayaco - Colcapampa.
4. Las canteras y fuentes de agua presentan óptimas condiciones para el mejoramiento de subrasante a lo largo del eje de vía.

1.8 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

1.8.1 VARIABLES INDEPENDIENTES

- Geología
- Geotecnia
- Geofísica

1.7.2 VARIABLE DEPENDIENTE

- Mejoramiento de la transitabilidad vial.



1.7.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 5

Cuadro de variables identificadas

VARIABLE DEPENDIENTE	VARIABLE INDEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	DATOS
Mejoramiento de transitabilidad vial	Geología	Estratigrafía	Litología	Tipo de roca
			Potencia	Metros
		Geomorfología	Pendientes, Fisiografía	Clasificación, montañas y valles.
		Geología estructural	Fallas y pliegues	Mapa estructural regional
	Geotecnia	Parámetros geomecánicas del suelo	Ensayos de laboratorio y Ensayos in-situ	Granulometría
				Humedad
				Límites y cohesión, CBR, SUCS, ASHTO.
	Geofísica	Parámetros geofísicos del suelo	Refracción sísmica del suelo	Potencia aproximada (metros)
Velocidad Vp(m/s)				
Densidad de la roca o suelo.				

Fuente: Elaboración propia

Nota: Se puede observar la operacionalización de variables.

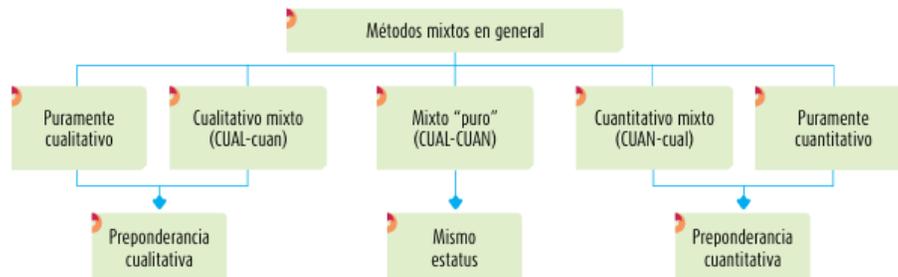
1.8 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

1.8.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

Tiene un enfoque mixto con el subtipo cuantitativo mixto según. Hernández et al. (2014), en la investigación se hace uso del enfoque de tipo mixto porque se hace uso de variables de tipo cuantitativo y cualitativo, con el subtipo cuantitativo mixto por tener preponderancia del tipo cuantitativo.

Figura 3

Diagrama de métodos de investigación



Fuente: Hernández et al. (2014)

Diagrama de métodos de investigación.

Sampieri (2014) afirma sobre el enfoque cuantitativo, “refleja la necesidad de medir y estimar magnitudes de los fenómenos o problemas de investigación y responde a la pregunta, ¿cada cuanto ocurren y con qué magnitud” (pág. 2).

1.8.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Descriptivo

Según Aguirre y De la torre, (2019), este estudio analiza de forma crítica la información, identificando hechos, eventos, variables y categorías que se observan o miden en la realidad con el objetivo de describir esos aspectos particulares.

1.8.3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

No experimental

Según Sampieri (2014): Un estudio no experimental no se genera ninguna situación, sino que se observan situaciones ya existentes, no provocadas intencionalmente en la investigación por quien la realiza. En la investigación no experimental las variables independientes ocurren y no es posible



manipularlas, no se tiene control directo sobre dichas variables ni se puede influir en ellas, porque ya sucedieron al igual que sus efectos. (pág. 152)

En la tesis titulada Estudio geológico, geotécnico y geofísico para el mejoramiento de la transitabilidad vial en el tramo Sahuayaco-Colcapampa (progr. 0+000 km - 13+700 km), en los ensayos no se hace manipulación alguna de los materiales es por eso consideramos no experimental.

1.9 PROCEDIMIENTO DE TRABAJO

1.9.1 ETAPA DE PRE CAMPO

Se realizó una revisión detallada de la documentación previa relacionada con el tramo Sahuayaco - Colcapampa, Santa Teresa, La Convención - Cusco, enfocándose especialmente en las investigaciones geológicas y geotécnicas. Se analizaron y evaluaron los estudios anteriores realizados por los diferentes investigadores e instituciones, teniendo en cuenta las siguientes fuentes bibliográficas:

- Huamán (2019), “Geodinámica geotécnica para el mejoramiento y ampliación de la carretera San Marino – Vilcabamba en su primer tramo, desde el puente Chaullay hasta Oyara, ubicado en el distrito de Vilcabamba, La Convención – Cusco, Perú.”
- Leiva & Yucra, (2024), en su trabajo de investigación “Estudio geológico, geotécnico e hidrológico para la creación del camino vecinal ramal Collpaccasa - Salinas del distrito de Vilcabamba, de la provincia de La Convención - departamento de Cusco”
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC], 2018, Manual para la conservación de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Lima – Perú.
- Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico INGEMMET, 2021, Geología del cuadrángulo de Quillabamba (hojas 26q1, 26q2, 26q3, 26q4).

1.9.2 ETAPA DE CAMPO 1

Se identificaron las condiciones geológicas de la zona de estudio para el mejoramiento de la transitabilidad vial en el tramo Sahuayaco - Colcapampa. Toda la información recolectada se registró en el mapa base y en el cuaderno de campo.



1.9.3 ETAPA DE CAMPO 2

Se llevaron a cabo excavaciones directas mediante calicatas y se hizo ensayos para determinar los parámetros geotécnicos de la zona donde se prevé mejorar la vía, obteniendo y catalogando las muestras respectivas para ser analizadas en laboratorio. El tamaño aproximado de calicatas fue de 1.5 x 1.5 x 1.5 metros a lo largo del eje vial, se procedió a la recolección de muestras representativas para análisis, así como, la medición de densidad de campo y el muestreo de materiales pétreos y agregados de las canteras.

1.9.4 ETAPA DE CAMPO 3

En esta etapa se desarrolló el estudio geofísico donde en primer lugar, se observó e identificó las zonas críticas, así como materiales sueltos ocasionados por los movimientos de masa, y las zonas insertables y las zonas donde se van a construir los puentes, luego de la identificación se procedió al tendido de 6 líneas de refracción sísmica con longitudes variadas.

1.9.5 ETAPA DE POST- CAMPO

Se analizaron las muestras en el laboratorio de suelos para obtener los parámetros geotécnicos, para ello se realizó los ensayos estándar de las muestras obtenidas y se revisaron los datos geofísicos del tramo vial Sahuayaco - Colcapampa.

1.9.6 ETAPA DE GABINETE

La información recopilada fue revisada antes de continuar con el procesamiento y ajuste de los datos obtenidos de campo. Posteriormente, se compararon con la hipótesis planteada para llegar a los resultados finales, los cuales fueron utilizados en la elaboración del presente trabajo de investigación.

1.9.5 ETAPA FINAL

Luego del análisis geológico, la evaluación geotécnica y la interpretación de los parámetros geofísicos y la integración de estos parámetros los resultados obtenidos durante el estudio se presentarán como base para la tesis.



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL - REFERENCIAL

2.1 MARCO REFERENCIAL (ANTECEDENTES)

2.1.2 A NIVEL NACIONAL

Aguilar y Condori (2023), en su trabajo titulado “Estudio geológico y geotécnico para el mejoramiento y rehabilitación del camino vecinal”. la-103 – Chillvaca – Atunloma – emp. (Mamagpampa) y acceso desvío Congona – Nuevo Progreso – Congona, distrito Cañaris – Incahuasi, provincia Ferreñafe, Región Lambayeque”, El estudio tiene como propósito establecer los parámetros geológicos y geotécnicos necesarios para garantizar la rehabilitación y mejora del camino vecinal. Incluye el análisis del entorno geológico, geomorfológico y estructural, además de evaluar la estabilidad y consolidación de los materiales a partir de datos obtenidos en campo y ensayos físico-mecánicos. Se identificó una única área vulnerable en la quebrada Magmapama a fenómenos geodinámicos intensos, aunque en general las condiciones a lo largo del tramo presentan baja intensidad. Entre las progresivas 16+560 y 16+605, se plantea construir una estructura de suelo reforzado para estabilizar la plataforma, complementada con un muro de gavión para proteger el talud superior. Asimismo, se proyecta el puente Linderos, diseñado con losa y vigas de concreto armado de 31,6 m de luz, apoyadas sobre estribos del mismo material.

Según Pezua (2021), en el proyecto “Estudio Geológico Geotécnico para la rehabilitación y mejoramiento del camino vecinal: Chuchin - Esccana- Rumirumi - Huinche - Moyorcco - (Prog. 0+000 km - 20+098 km) del distrito de Chilcas - Provincia de La Mar-Departamento de Ayacucho”, fue desarrollado con el objetivo de evaluar las características geológicas y geotécnicas existentes que comprometen la transitabilidad en el tramo de la rehabilitación y mejoramiento del camino vecinal. Durante el trabajo de



campo, se propuso la instalación de siete estaciones geomecánicas para determinar la población en las formaciones rocosas. Se obtuvieron muestras representativas que fueron enviadas al laboratorio para su análisis, además, se llevaron a cabo pruebas especiales de resistencia y características como densidad, dureza y conductividad térmica para evaluar las propiedades geotécnicas de los materiales donde se identificó 18 áreas inestables a lo largo del camino vecinal, las cuales presentan desplazamientos en forma de media luna, movimientos ligeros y erosiones por lluvias que causan surcos, cárcavas y grietas y a lo largo de la carretera, se categorizaron los materiales en: material suelto, roca suelta y roca fija, con porcentajes variables.

Según Portal (2017), el proyecto, “Estudio geofísico por el método de refracción sísmica y MASW para el mejoramiento y ampliación de cinco puentes en la región de Junín”, en este trabajo de investigación se llevó con el propósito de restaurar, ampliar y mejorar los puentes Breña, Huari, Victoria, Noruega y construir el puente Cantuta en Junín, debido al incremento del tránsito vehicular, para lo cual se realizaron estudios de Prospección Sísmica para dichos puentes, los cuales serán remodelados en el futuro debido a su antigüedad o accesibilidad. A través del estudio geofísico, se alcanzó una profundidad de investigación de aproximadamente 25 a 30 metros, dependiendo de la longitud del tendido sísmico, lo que permitió caracterizar el subsuelo de los puentes.

Los perfiles generados mediante la técnica de Refracción Sísmica señalaron la existencia de un subsuelo propicio, con las características adecuadas para llevar a cabo futuras expansiones de los puentes analizados, encontrando velocidades de onda "P" en un rango de 2800 a 4200 m/s. Los MASW son ensayos puntuales ubicados en el centro de las líneas sísmicas que revelaron una profundidad de investigación de 30 metros.

Estos trabajos de investigación sirvieron como guía para elegir adecuadamente la metodología de investigación, así como confirmar el procedimiento de prospección, recolección y análisis de datos.



2.1.3 A NIVEL LOCAL

El estudio geológico, geotécnico y geofísico tiene mucha importancia en la provincia de La Convención ya que las carreteras y trochas carrozables de toda la región se ven afectadas por inestabilidad de suelos.

Leiva y Yucra, (2024), en su trabajo de investigación “Estudio geológico, geotécnico e hidrológico para la creación del camino vecinal ramal Collpaccasa - Salinas del distrito de Vilcabamba, de la provincia de La Convención - departamento de Cusco”, el propósito principal de este estudio fue realizar investigaciones geológicas, geotécnicas e hidrológicas, con objetivos específicos que abarcan desde la identificación de las características del entorno geológico e hidrológico hasta el análisis de las propiedades físicas y mecánicas de los materiales presentes. También se intentó determinar las características topográficas del área del proyecto. Basado inicialmente con las especificaciones mínimas establecidas por las Normas de Diseño de Carreteras (DG-2001), las especificaciones técnicas generales para la construcción de carreteras (EG-2000), el Manual Ambiental para el diseño y construcción de vías, y el Manual de diseño de carreteras no pavimentadas cuyas conclusiones del estudio señalan que la descripción de la geología, hidrología y geotecnia valida el proyecto, al cumplir con los requisitos mínimos establecidos por las normativas correspondientes.

2.2 MARCO NORMATIVO

El Estudio de Suelos a nivel de Laboratorio se ha desarrollado siguiendo los lineamientos y recomendaciones que están contenidos en el “MANUAL DE ENSAYOS DE MATERIALES PARA CARRETERAS (EM-2000)”, aprobado mediante RD N° 028-2001-MTC/15.17 que incluyen las normas de la ASTM (American Society for Testing Materials), la AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials).



Para la interpretación de los resultados obtenidos en laboratorio e in-situ, y verificar si los materiales cumplen con los requerimientos mínimos establecidos por la norma se utilizaron 3 referencias:

- Norma CE.010 Pavimentos Urbanos (del Reglamento Nacional de Edificaciones) realizado por el Ministerio de Vivienda, construcción y Saneamiento.
- Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carreteras (EG - 2000), aprobado mediante RD N° 1146-2000-MTC/15.17, realizado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Suelo, Geología, Geotecnia y Pavimentos aprobado mediante RD N°10-2014 MTC/14, realizado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

2.3. BASES TEORICAS

2.3.1 GEOLOGÍA

Martín H. Iriondo (2006) afirma que:

La geología es la rama de las ciencias naturales que estudia la tierra, la composición, la estructura y los procesos de la tierra, más específicamente de las rocas que constituyen nuestro planeta desde la superficie hasta 100 o 200 kilómetros de profundidad. La Tierra es uno de los planetas del Sistema Solar, sujeto a procesos y transformaciones internos, con una corteza sólida compuesta por sustancias cristalinas denominadas minerales, que sufren modificaciones. alteraciones y hasta destrucción cuando las condiciones químicas o físicas se hacen desfavorables. En la mayoría de los casos las modificaciones se producen en la superficie del planeta. (p.9)

También Mantilla, (2015) indica que:

La geología es una disciplina que se encarga de estudiar la tierra, los fenómenos que ocurrieron en el tiempo pasado y ocurren durante el presente, su composición y estructura, su evolución y su relación con el universo, así como se evidencia la evolución de la vida en las rocas. Así mismo el



estudio geológico se realiza en diferentes escalas siendo las más importantes: la escala regional y local.

Geología regional: Es una de las ramas de la geología que se encarga de estudiar las diferentes configuraciones geológicas de cada continente, regiones y países dentro de la tierra.

Geología local: se refiere básicamente a un sitio en particular y en cuanto también a la estructura es la distribución de todos los materiales afectados por el gran tectonismo de la tierra.

Unidad litológica: Es un material rocoso que posee las propiedades y características de composición química y mineralógica similares, esta se limita por otras unidades tanto en la parte inferior y superior y posee también rasgos que determinan su edad.

Formación geológica (unidad litoestratigráfica)

Según James et al. (2008) nos define que:

La unidad litoestratigráfica básica es la formación, que es una unidad litológica cartografiable con límite superior e inferior distintos. Las formaciones pueden agruparse en unidades más grandes, llamados grupos o supergrupos, o dividirse en unidades más pequeñas conocidos como miembros y capas (p.492).

2.3.2 GEOTECNIA Y GEOMECAÁNICA DE SUELOS

La geotecnia nos permite estudiar el comportamiento del suelo y roca bajo las condiciones de esfuerzo que esté sobre el suelo para ello se tendrá que describir las características que se mencionara como:

El Color del suelo

En geotecnia, el color del suelo también se utiliza como indicador de su composición y propiedades. Joseph Bowles (1996) menciona que el color puede dar pistas sobre el contenido de minerales, humedad y oxígeno, además de ser útil para identificar zonas oxidadas o reducidas. Por



ejemplo, los suelos rojizos suelen estar asociados con óxidos de hierro y condiciones bien drenadas, mientras que los suelos grisáceos o azulados pueden indicar ambientes mal drenados o reducidos, con menos oxígeno disponible.

Consistencia:

Según José del Castillo (2002), nos indica que "la consistencia de un suelo cohesivo es una medida de la resistencia que este presenta a las fuerzas que intentan modificar su estado estructural, y varía en función del contenido de humedad" (p. 127). Conforme el suelo pierde humedad, pasa de un estado más plástico a uno rígido, lo que influye en su capacidad para soportar cargas estructurales.

Designación ASTM:

Según la American Society for Testing and Materials (ASTM), "las designaciones ASTM son códigos únicos que se asignan a las normas de ensayo, especificaciones y guías para asegurar la uniformidad en la práctica de pruebas de materiales, incluidos los suelos en geotecnia" (p. 15).

Forma de las partículas

La forma de partículas es fundamental Joseph Bowles (1996), Destaca que la forma de las partículas influye directamente en la densidad máxima que puede alcanzar un suelo granular, siendo las partículas más angulosas más difíciles de compactar debido a su tendencia a entrelazarse. Esto afecta tanto la estabilidad del suelo como su capacidad de carga, lo que es fundamental en el diseño de cimentaciones y otros elementos estructurales.

Grado de saturación

La saturación del suelo tiene demasiada importancia para la estabilidad de los suelos así que Castrillo y López (2023) nos afirma que el grado de saturación es crucial para entender el comportamiento del suelo en condiciones de carga, ya que influye en propiedades como la resistencia al corte, la permeabilidad y la compresión. Un suelo completamente saturado ($S = 100\%$) presenta diferentes características mecánicas en comparación con un suelo parcialmente saturado, donde el grado de



saturación puede variar entre 0% y 100%. Esto tiene implicaciones significativas en el diseño de cimentaciones y en la evaluación del riesgo de licuefacción durante eventos sísmicos.

Humedad:

Según Carlos Crespo (2010), "la humedad en los suelos es uno de los factores más determinantes en su comportamiento mecánico, ya que influye en propiedades como la cohesión, la plasticidad y la resistencia al esfuerzo cortante" (p. 112).

Según Castrillo y Ulloa (2017), "la humedad en el suelo es un parámetro crítico que afecta su comportamiento mecánico; su medición y control son esenciales para garantizar la estabilidad de las estructuras construidas sobre o dentro de los suelos" (p. 102).

Índice de plasticidad:

A su vez Según Castrillo y Ulloa (2017), el índice de plasticidad (IP) es un parámetro fundamental en geotecnia que se utiliza para caracterizar la plasticidad de suelos finos. Se define como la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico del suelo, lo que indica el comportamiento mecánico y la estabilidad del mismo bajo carga.

Límite líquido:

Según Castrillo y Ulloa (2017) nos indica que "el límite líquido es el contenido de agua en el que el suelo comienza a comportarse de manera líquida, lo que afecta directamente sus propiedades mecánicas y su aplicación en ingeniería" (p. 95).

Según Carlos Crespo, "el límite líquido es el contenido de agua en el que un suelo cambia de un estado plástico a un estado líquido, y es un indicador clave de la plasticidad y comportamiento mecánico de los suelos" (p. 114).

Límite plástico:

Según Castrillo y Ulloa (2017), afirma que "el límite plástico se define como el contenido de agua en el que un suelo comienza a comportarse de manera plástica, permitiendo que este sea moldeado sin



romperse. Este parámetro es crucial para entender las propiedades mecánicas del suelo, ya que afecta su capacidad de carga y su comportamiento bajo diferentes condiciones de humedad” (p. 45).

Porosidad:

Según Carlos Crespo (2010), nos dice que: "La porosidad es un indicador clave del espacio vacío presente en el suelo, y se expresa como un porcentaje del volumen total, lo que determina la capacidad del suelo para almacenar agua y aire" (p. 85).

Según Castrillo y Ulloa (2017), afirman que: "La porosidad es un indicador esencial que refleja el contenido de vacíos en un suelo, lo que determina su capacidad para almacenar agua y su comportamiento en términos de resistencia y deformación" (p. 67).

Resistencia:

Según Castrillo y Ulloa (2017), nos dice que el análisis de las propiedades mecánicas de un suelo, es esencial considerar tres tipos fundamentales de esfuerzos: compresivos, que intentan disminuir el volumen del material; de tensión, que tienden a generar fracturas en el material; y cortantes, que buscan desplazar una parte del suelo con respecto a otras. Según 40 esta clasificación, el suelo puede presentar resistencia a la compresión y resistencia al esfuerzo cortante, mientras que generalmente se desestima la resistencia a la tensión. En consecuencia, las estructuras o partes de estructuras sujetas a tensiones no se construyen con material de suelo, sino con materiales específicos como concreto armado o acero.

Tamaño de granos:

Según Horacio Ulloa (2015), "el tamaño de grano es un factor determinante en la caracterización de los suelos, ya que las propiedades mecánicas y la respuesta del suelo a las cargas están íntimamente relacionadas con la distribución y el tamaño de las partículas" (p. 53).



Según Carlos Crespo (2010), afirma lo siguiente, "el tamaño de grano es un parámetro fundamental que define las características físicas del suelo y su comportamiento mecánico, influyendo en su capacidad para soportar cargas y en la circulación de agua" (p. 72).

Capacidad de carga del suelo

La capacidad de carga según Meyerhof (1951), nos indica que: La capacidad de carga, comprende como el máximo esfuerzo que es capaz de soportar el suelo antes de la falla por corte, ha sido calculada en base a la teoría de Meyerhof, empleando el criterio de falla progresiva, considerando la profundidad mínima de fundación indicada en el título anterior resultando en los valores que se muestran en los cuadros siguientes.

Los Cimientos corridos donde su largo es 10 veces más que su ancho, con la noma E050, con 20 metros de longitud donde:

Df profundidad de cimentación

B: ancho de cimentación

Los "Load cap" es un aplicativo (aplicativo)

- Angulo de fricción de corte directo
- La cohesión
- Densidad húmeda o seca

Cuando tú tienes suelo granules utilizas el Angulo de fricción mas no la cohesión

Si tienes suelos finos la capacidad portante solo con la cohesión

Carga admisible

Según García y López (2015), la carga admisible se determina considerando factores de seguridad, propiedades del material, y características del diseño, lo que garantiza que las estructuras operen dentro de los límites seguros ante cargas estáticas, dinámicas o accidentales.



Calicatas

Las calicatas son fundamentales para el estudio geotécnico. Según Gonzales de vallejo (2002) afirma, “Las calicatas, zanjas, rozas, pozos, etc., consisten en excavaciones realizadas mediante medios mecánicos convencionales, que permiten la observación directa del terreno a cierta profundidad, así como la toma de muestras y la realización de ensayos in situ” (p .321).

También Según Geoseismic Exploraciones (2017) nos define que: Son excavaciones de formas diversas (pozos, zanjas, etc.) que nos permiten observar el terreno directamente, tomar muestra y eventualmente realizar ensayos in situ. Terrenos granulares en donde las perforaciones no serían representativas. La sección mínima recomendada es de 0,80 m por 1,00 m, a fin de permitir una adecuada inspección de las paredes.

El material excavado deberá depositarse en la superficie en forma ordenada separado de acuerdo a la profundidad y horizonte correspondiente. Debe desecharse todo el material contaminado con suelos de estratos diferentes. Se pueden emplear con:

Profundidades de reconocimiento menores a 3m.

Terrenos excavarles de forma manual o con excavadora mecánica.

- Ausencia de nivel freático.
- Terrenos preferentemente cohesivos.
- Permiten una inspección visual del terreno «in situ».

Así de esta forma se toman las muestras para la realización de algún ensayo de campo. En cada calicata se deberá realizar una descripción visual o registro de estratigrafía comprometida.



Según Carlos Crespo (2010), "la calicata es una técnica de exploración geotécnica que permite obtener muestras del subsuelo y observar las diferentes capas de suelo, lo que es esencial para determinar las características del terreno y su idoneidad para la construcción" (p. 95).

Trinchera

Según Carlos Crespo (2010), "la trinchera es una técnica de exploración geotécnica que permite la observación directa de las capas del suelo y la toma de muestras, lo que resulta esencial para el análisis de las condiciones del terreno y su adecuada clasificación" (p. 100).

También Gonzales de Vallejo (2002) señala que la trinchera es un método eficaz para investigar el subsuelo, ya que permite el acceso directo a diferentes estratos y condiciones del suelo. Su utilización es crucial en proyectos de ingeniería civil, donde el conocimiento del terreno puede determinar el éxito o fracaso de una obra.

2.3.3 PROSPECCIÓN GEOFÍSICA

Según Augusto Urteaga (2008), la prospección geofísica abarca los métodos que se emplean para estudiar las propiedades físicas del subsuelo mediante la observación de fenómenos como la conductividad eléctrica, el magnetismo, la densidad, y la propagación de ondas sísmicas, entre otros. Esta técnica permite obtener datos sobre la estructura y composición subterránea sin necesidad de realizar excavaciones. Es utilizada en áreas como la minería, la exploración de petróleo, la ingeniería y la arqueología, debido a su capacidad para analizar el terreno de manera no invasiva.

A sí mismo, nos da la definición de prospección geofísica. Según Gonzales de Vallejo (2002), la prospección geofísica se refiere al conjunto de técnicas utilizadas para estudiar y caracterizar el subsuelo a través de la medición de propiedades físicas, como la densidad, la conductividad, el magnetismo o la velocidad de las ondas sísmicas. Estas técnicas permiten obtener información detallada de la estructura geológica sin la necesidad de perforaciones o excavaciones, lo que resulta útil en diversas aplicaciones, como la exploración de recursos naturales, estudios de ingeniería y análisis ambientales.



Ondas sísmicas

Según Augusto Urteaga Guerra en su publicación de 2008, las ondas sísmicas son vibraciones que se generan y propagan a través de la Tierra como resultado de fenómenos naturales, como los terremotos, o actividades humanas, como las explosiones. Estas ondas viajan a través de diferentes materiales del subsuelo, y su estudio proporciona información sobre la estructura interna de la Tierra, ya que las distintas capas del subsuelo afectan su velocidad y comportamiento.

Así mismo Según Castrillo y Ulloa (2017), "las ondas sísmicas son vibraciones que se propagan a través del subsuelo debido a la liberación de energía, y se utilizan comúnmente en estudios geofísicos para analizar la estructura del terreno."

Gonzales de Vallejo (2002): Las ondas sísmicas son esenciales en la prospección geofísica, ya que su análisis facilita la detección de discontinuidades y la identificación de diferentes capas geológicas en el subsuelo.

Clasificación de ondas sísmicas

En la obra de Urteaga Guerra (2008) se explica que las ondas sísmicas se dividen en dos grandes grupos: las ondas de cuerpo y las ondas superficiales. Las ondas de cuerpo se propagan por el interior de la Tierra y se subdividen en ondas primarias (P), que son las más rápidas y se desplazan por sólidos y líquidos, y ondas secundarias (S), que son más lentas y solo se mueven a través de sólidos. Por otro lado, las ondas superficiales se desplazan cerca de la superficie terrestre y suelen causar más daño debido a su mayor amplitud; entre estas se encuentran las ondas Rayleigh y Love.

Ondas primarias (p)

Según Gonzales de Vallejo (2002), las ondas primarias (P), también conocidas como ondas compresionales, son las primeras en ser detectadas durante un evento sísmico debido a su velocidad más alta en comparación con otros tipos de ondas. Estas ondas se propagan en forma longitudinal, comprimiendo y expandiendo los materiales a medida que viajan, lo que les permite moverse tanto a



través de sólidos como de líquidos. Son esenciales en los estudios geofísicos, ya que su velocidad y comportamiento proporcionan información valiosa sobre la estructura interna del terreno.

Ondas secundarias (s)

Según Gonzales de Vallejo (2002), las ondas secundarias (S), también conocidas como ondas de corte, son más lentas que las ondas primarias y se propagan sólo a través de sólidos, ya que requieren un medio rígido. A diferencia de las ondas P, las ondas S generan un movimiento perpendicular a la dirección de propagación, lo que provoca un efecto de "cizalladura" en el terreno. Estas ondas son fundamentales para estudiar la composición interna de la tierra y las propiedades mecánicas de las rocas.

Las ondas Rayleigh

Según Vallejo (2002), las ondas Rayleigh son un tipo de onda sísmica superficial que generan movimientos complejos, combinando desplazamientos verticales y horizontales en un patrón elíptico retrógrado. Estas ondas concentran gran parte de la energía sísmica en la superficie terrestre, lo que las convierte en las más destructivas en términos de impacto sobre edificaciones y estructuras. Su velocidad es menor en comparación con las ondas P y S, pero su amplitud y efecto prolongado aumentan significativamente el daño, especialmente en áreas con suelos blandos o poco consolidados.

Las ondas Love

Según Vallejo (2002): Vallejo describe las ondas Love como un tipo de onda superficial que concentra la energía sísmica en la capa más externa de la Tierra. Su movimiento horizontal es particularmente dañino para estructuras al inducir deformaciones laterales. Estas ondas son más rápidas que las ondas Rayleigh y pueden causar grandes impactos en áreas urbanas debido a su capacidad de amplificar los movimientos en suelos sedimentarios.

El principio del método sísmico

El principio se basa en el uso de ondas sísmicas para investigar la estructura del subsuelo de esta manera según McDowell et al. (2002). Menciona que las técnicas de resistividad eléctrica son métodos



geofísicos activos en los que la energía eléctrica se dirige al suelo a través de dos electrodos y la diferencia de potencial se mide a través de un segundo par de electrodos en ubicaciones adecuadas.

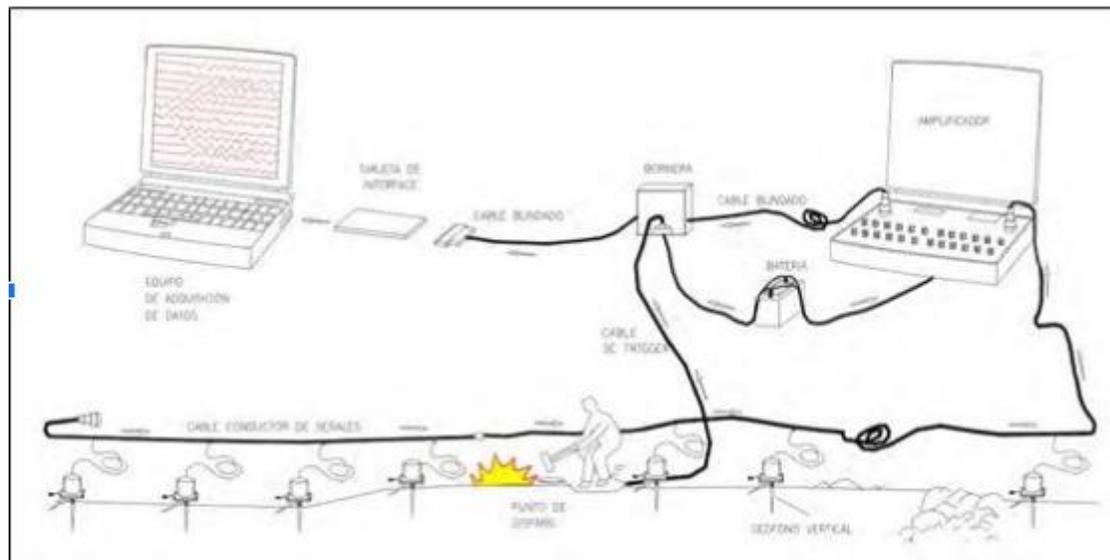
El principio de refracción sísmica se basa en la propagación de ondas sísmicas, ondas P, originadas mediante súbitas deformaciones del terreno en la superficie (disparos de escopeta y/o iterativos golpes de una comba sobre una placa metálica). Dicho fenómeno de deformación de corteza genera frentes de onda que viajan por el subsuelo. Estos frentes de onda o simplemente ondas sísmicas, al encontrar interfaces entre dos medios con propiedades elásticas diferentes, provocan que parte de su energía continúe penetrando a mayor profundidad y otra parte viaje por la interfaz y regresa a la superficie donde es registrada por los geófonos. La onda o fase sísmica “P” llega a los geófonos pasado un tiempo “ti” denominado Tiempo de Arribo, el cual va a depender principalmente de la distancia “di”, comprendida entre el punto de disparo y su recorrido por el subsuelo hasta llegar al geófono. Sin embargo, este tiempo se ve afectado por las propiedades de elasticidad y de densidad del medio por el cual viaja. Cabe señalar que el método de refracción sísmica está limitado a determinar capas de velocidades crecientes con las profundidades de investigación.

Método de refracción sísmica

Según McDowell et al. (2002). Una vez establecidos los objetivos de la exploración sísmica y determinado el lugar del levantamiento, en cada línea sísmica se fijan los intervalos de espaciamiento de Fuente – Geófonos (según arreglo de campo) y Geófono - Geófono (3 m), con la finalidad de obtener la mayor precisión en los tiempos de arribo en cada geófono a partir de la señal sísmica y lograr la profundidad requerida en los objetivos. Se visualiza un arreglo de geófonos convencional.

Figura 4

Esquema de tendido de cables y conexión



Fuente: McDowell et al. (2002)

En general, el arribo de los frentes de onda produce vibraciones que son registradas en cada uno de los geófonos y estas son amplificadas por el sismógrafo, para finalmente ser visualizadas en la pantalla de una computadora personal.

Los tipos de fases sísmicas empleados para estudios sísmicos aplicados a ingeniería son la “P” y la “S”. La fase “P”, que es la que se emplea para estudios de refracción sísmica, se genera empleando explosivos, pistola, golpe con martillo semi - hidráulico, golpe al dejar caer un determinado cuerpo de una masa considerable y mediante un fuerte golpe con un martillo y/o comba.

Vallejo (2002): Vallejo explica que las ondas P se propagan como compresiones y dilataciones en el medio, siendo las más rápidas y las que pueden atravesar sólidos, líquidos y gases. En la refracción sísmica, estas ondas sufren cambios en su dirección y velocidad al cruzar capas con diferentes densidades y elasticidades, lo que ayuda a definir la geometría y características de las capas del subsuelo.



En comparación con la fase “P”, la fase “S” tiene un mecanismo más complicado de generarse, para ello se emplean metodologías complejas en campo. El análisis de dicha fase se emplea en ingeniería para determinar los módulos elásticos, períodos fundamentales de vibración, estabilidad de cortes para la construcción de diques, presas, túneles, estabilidad de masas rocosas, construcción de plantas nucleares, puentes y edificios, entre otros.

Del mismo modo, el análisis de la onda o fase “S”, también conocida como señal de corte, se ve dificultado por la presencia en el registro de otras fases que se generan por el tránsito de la energía en el subsuelo conocidas como fases por refracciones, por reflexión, por difracción y fases superficiales (Rayleigh y Love); así también por el ruido natural.

Según Gonzales de Vallejo y Ferrer (2002), la velocidad de propagación de las ondas P varía dependiendo de las propiedades del material a través del cual se desplazan, como la densidad y los módulos elásticos del medio. Las ondas P son las más rápidas entre las ondas sísmicas, y su velocidad puede oscilar entre 5.0 y 8.0 km/s en rocas ígneas, mientras que en suelos saturados de agua puede ser tan baja como 1.5 a 2.0 km/s.

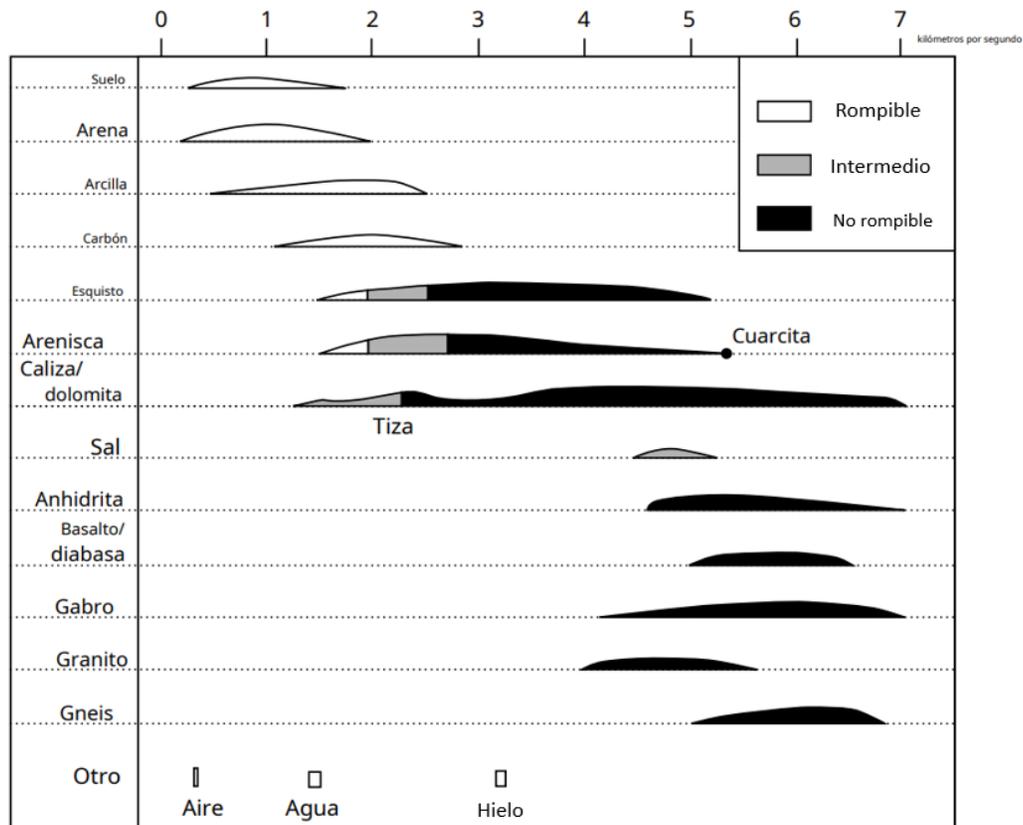
Según Bazán (2017), la velocidad de las ondas P depende de la densidad y las propiedades elásticas del material, siendo las más rápidas entre las ondas sísmicas. Esta velocidad varía considerablemente según el medio en el que se propagan; por ejemplo, en rocas ígneas, las ondas P pueden alcanzar velocidades de hasta 8.0 km/s, mientras que en suelos saturados de agua, su velocidad puede reducirse a valores cercanos a 1.5 km/s.

También sobre la velocidad en los materiales nos menciona John Milson (2003) que: Dentro de unos límites bastante amplios, la velocidad de una mezcla de diferentes materiales se puede obtener promediando los tiempos de tránsito (los recíprocos de las velocidades) a través de los constituyentes

puros, ponderados según las cantidades relativas presentes. El principio se puede utilizar incluso cuando, uno de los constituyentes es un líquido.

Figura 5

Rango de velocidades de ondas p en rocas comunes



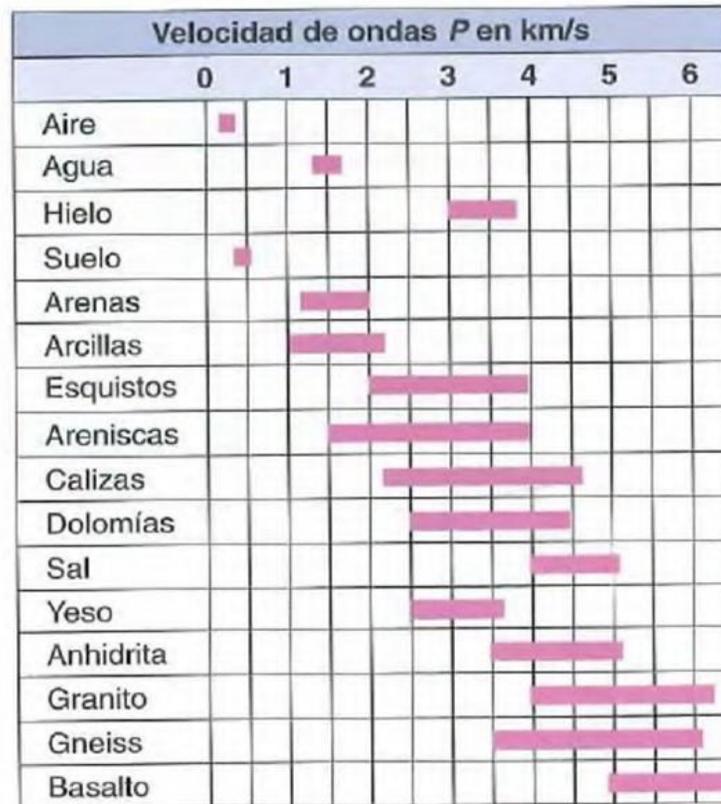
Fuente: John Milson (2003)

Rangos de velocidades de ondas P y capacidad de rompimiento en rocas comunes. El eje vertical, para cada tipo de roca, tiene como objetivo mostrar aproximadamente la cantidad relativa de muestras que mostrarían una velocidad determinada, por ejemplo, Materiales sueltos o blandos como suelo y arena tienen velocidades bajas (menos de 2 km/s) y son en su mayoría rompibles. Rocas sedimentarias y metamórficas (esquisto, arenisca, caliza/dolomita, cuarcita) muestran una transición de rompible a no rompible, con velocidades entre 2 y 6 km/s. Rocas ígneas (basalto, gabro, granito, gneis) tienen

velocidades más altas (4 a 7 km/s) y son predominantemente no rompibles. Los fluidos como el aire, agua y hielo están ubicados con velocidades mucho menores, alrededor de 0 a 2 km/s.

Figura 6

Velocidades de Trasmisión de Ondas Sísmicas



Fuente: Gonzales de Vallejo, 2003

Nota: Velocidades de Trasmisión de Ondas Sísmicas Longitudinales P (primarias)

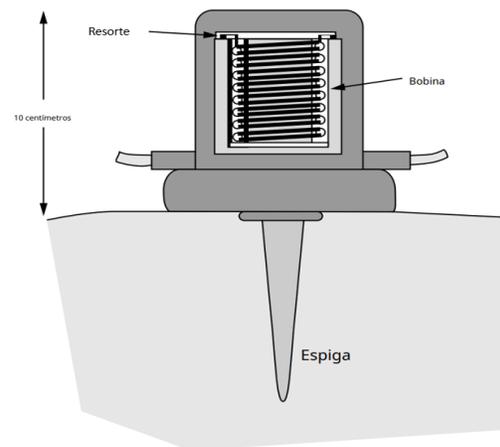
Geófonos

Según John Milson (2003). Un geófono consiste en una bobina enrollada sobre un núcleo magnético de alta permeabilidad y suspendida por resortes de láminas en el campo de un imán permanente. Si la bobina se mueve en relación con el imán, se inducen voltajes y fluiría corriente en cualquier circuito externo. La corriente es proporcional a la velocidad de la bobina a través del campo magnético, de modo que se registran los movimientos del suelo, no los desplazamientos del mismo. En la

mayoría de los casos, la bobina se monta de manera que pueda vibrar verticalmente, ya que esto proporciona la máxima sensibilidad a las ondas P que se elevan abruptamente desde las interfaces del subsuelo, es decir, a las ondas P reflejadas y refractadas (pero no directas). Los geófonos de ondas P que se han conectado normalmente dan pulsos de primera llegada negativos (descansos) para refracciones y reflexiones, pero puede romperse en cualquier dirección para ondas directas.

Figura 7

Geófono de bobina móvil



Fuente: Tomado de (John Milson, 2003, p,189)

MASW 1D (Análisis Multicanal de las Ondas Superficiales)

También McDowell et al. (2002), el ensayo MASW o Análisis Multicanal de las Ondas Superficiales, se define según la dispersión o el cambio en velocidad de fase respecto a la frecuencia, la cual es la propiedad fundamental utilizada en métodos de onda de superficie. La velocidad de onda de corte puede ser derivada invirtiendo la velocidad de fase dispersiva de las ondas superficiales. La dispersión de ondas de superficie puede ser significativa en presencia de capas de velocidad, lo cual es común en ambientes cercanos a la superficie. Existen otros tipos de ondas de superficie (ondas que se propagan a lo largo de la superficie de la tierra), pero para esta aplicación, se enfoca en las ondas Rayleigh,



también conocidas como “ground roll”. Por ello, el término onda superficial, cuando se usa en SASW (Análisis espectral de onda superficial), MASW o MAM (Medición de matriz de microtemblores) refiere básicamente a las ondas Rayleigh.

Existen dos maneras en que las ondas superficiales son generadas fuentes activas, cuando la energía es ocasionada intencionalmente en una ubicación específica, registrando los datos en el momento en que se genera la energía. Asimismo, también existen las fuentes pasivas, o estudios de micro temblores donde el registro y el movimiento son continuos, la energía ambiental es generada por ruido cultural, tráfico, fábricas, viento, movimiento ondulatorio, entre otros.

2.4 MARCO CONCEPTUAL (palabras clave)

MASW 1D (Análisis Multicanal de las Ondas Superficiales). -El ensayo MASW o Análisis Multicanal de las Ondas Superficiales, según Mack Dowel (2002), se define según la dispersión o el cambio en velocidad de fase respecto a la frecuencia, la cual es la propiedad fundamental utilizada en métodos de onda de superficie. La velocidad de onda de corte puede ser derivada invirtiendo la velocidad de fase dispersiva de las ondas superficiales. La dispersión de ondas de superficie puede ser significativa en presencia de capas de velocidad, lo cual es común en ambientes cercanos a la superficie.

Existen dos maneras en que las ondas superficiales son generadas: Fuentes activas, cuando la energía es ocasionada intencionalmente en una ubicación específica, registrando los datos en el momento en que se genera la energía. Asimismo, también existen las fuentes pasivas, o estudios de micro temblores donde el registro y el movimiento son continuos, la energía ambiental es generada por ruido cultural, tráfico, fábricas, viento, movimiento ondulatorio, entre otros.

Análisis geológico. - Castrillo Osorio y Ulloa López (2017) destacan que un análisis geológico efectivo debe incluir levantamientos de campo, mapeo geológico, interpretación de imágenes satelitales y análisis de muestras en laboratorio. Por otro lado, Vallejo (2017) enfatiza la importancia de correlacionar estos datos



con la evolución geodinámica y tectónica para evaluar los riesgos geológicos, como deslizamientos o movimientos sísmicos.

-Integración. -Gonzales de Vallejo (2002) resalta la importancia de integrar parámetros geomecánicos y geológicos, considerando la interacción entre materiales, estructuras y esfuerzos geológicos.

-Evaluación geotécnica. -Castrillo y Ulloa (2017) proponen que: “La evaluación geotécnica se complemente con técnicas avanzadas, como ensayos in situ y modelado numérico, para garantizar un enfoque más preciso y adaptado a cada situación”.

-Contenido de humedad. -Suarez J. (2009) define: “La cantidad de agua también conocida como contenido de humedad es una cantidad específica de suelo en comparación con el peso de partículas sólidas, se expresa en porcentaje”. (p.27)

- Geodinámica. - Gómez J. (2017): “Termino geodinámico se refiere a todos los movimientos que ha experimentado la tierra desde su creación, incluidos los provocados por la interacción de la hidrosfera y/o la atmosfera con la corteza terrestre”, (p. 20)

- Proceso de geodinámica interna. - Gutiérrez M. (2008) describe que: “Conocidos a veces como procesos endógenos o internos, la tectónica de placas, el vulcanismo y otras actividades modelan el relieve terrestre”. (p. 9)

-Procesos de geodinámica externa. - Gutiérrez M. (2008) define que: “Las precipitaciones, los vientos, la erosión, el movimiento de materiales y la sedimentación son ejemplos de procesos externos o exógenos que degradan el relieve previamente creado de los procesos endógenos que da lugar a la aparición de nuevas geoformas”. (p. 9)

-Geófono. - Bautista (2006) define que: “con un geófono, podemos convertir los movimientos sísmicos del suelo en una señal eléctrica con las características analógicas de frecuencia y amplitud de las ondas sísmicas detectadas”. (p. 17)



CAPÍTULO III

CONTEXTO GEOLÓGICO

3.1 ASPECTOS GENERALES

Este capítulo detalla la geomorfología regional y local, así como la geología lo largo del tramo de la carretera, identificando las principales unidades geomorfológicas, la cordillera oriental y la zona Subandina. Estas forman parte del modelado del terreno, considerando su posición geográfica entre el valle del río Santa Teresa, Además, se ha identificado una variedad de unidades geomorfológicas locales.

3.1.1. Elevación en el tramo de estudio (Sahuayaco -Colcapampa)

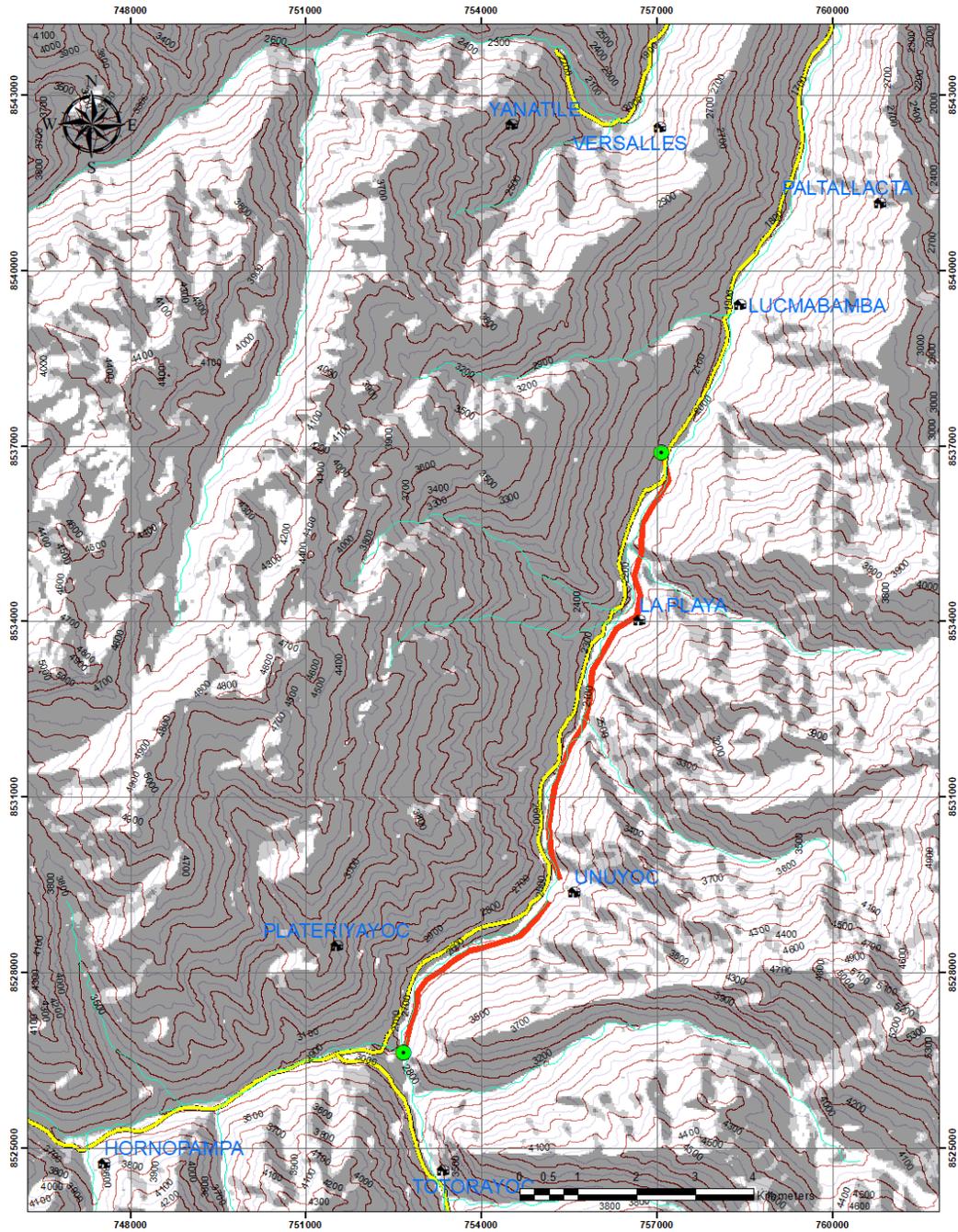
El tramo de estudio se encuentra en un terreno con altitudes que oscilan entre 2350 m.s.n.m. y 2700m.s.n.m, que se encuentran en el poblado de Sahuayaco y Colcapampa respectivamente

Pendientes del terreno

Según la Unión Temporal Estudios Ambientales y Planificación Territorial (2015), las pendientes se categorizan utilizando rangos porcentuales de inclinación y sus equivalencias en grados. Estas categorías incluyen pendientes con valores de 0 a 2%, que corresponden a inclinaciones de 0 a 2°; pendientes de 2 a 4%, que equivalen a inclinaciones de 2 a 4°; las pendientes entre 4 y 8%, con inclinaciones de 4 a 7°; las pendientes que oscilan entre 8y 15%, que se relacionan con inclinaciones de 7 a 14°; pendientes de 15 a 25%, equivalentes a 14–27°; las pendientes de 25a 50%, con inclinaciones de 27 a 37°; y finalmente, aquellas pendientes que superan el 75%, las cuales corresponden a pendientes mayores a 37°.



Figura 8
Mapa topográfico

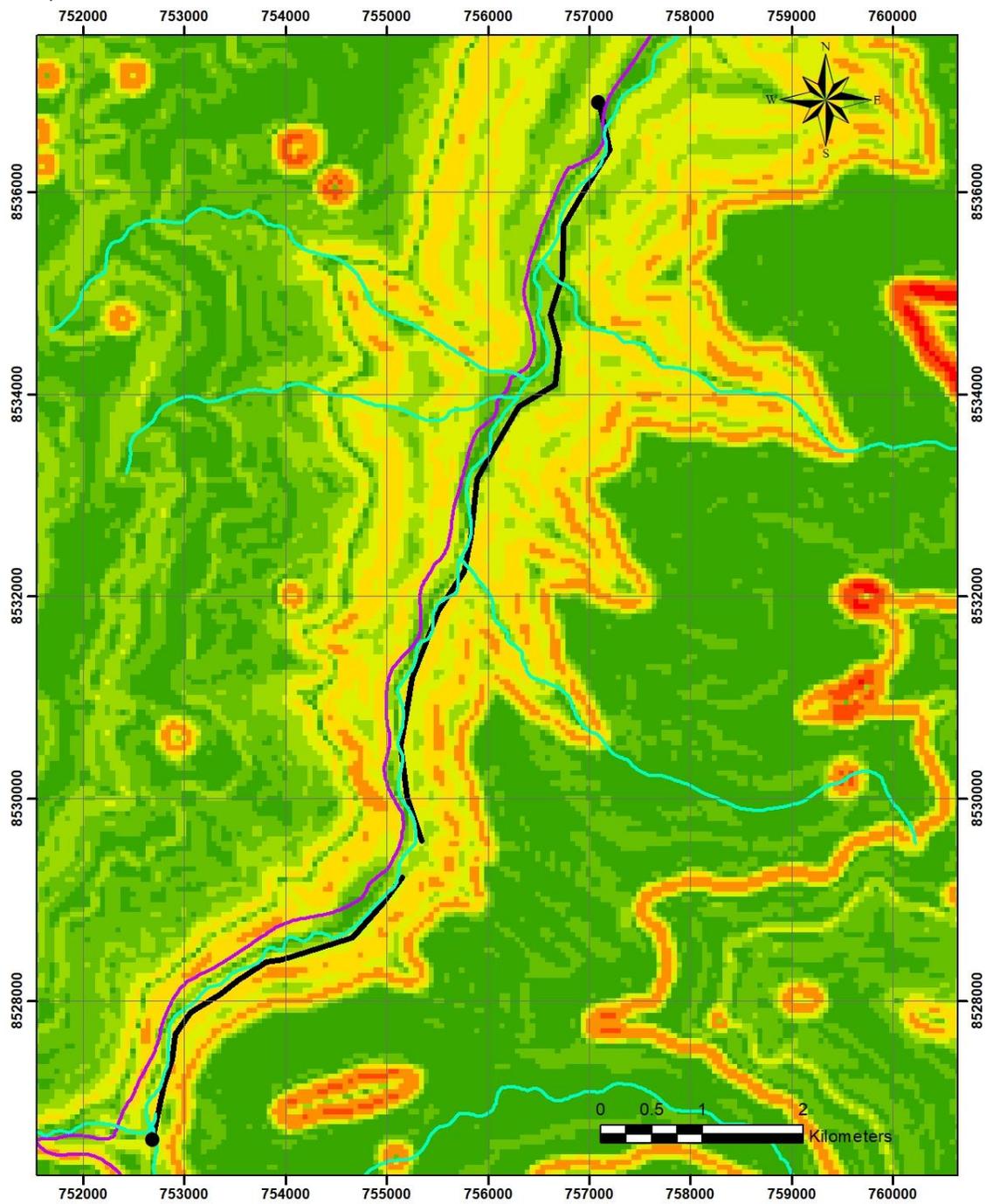


Legenda	
	poblados
	Extremos_Tramo_estudio
	rios-drenaje
	via_CU109
	Tramo de estudio

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO		
	FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA		
ECUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA			
Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Geólogo			
"ESTUDIO GEOLÓGICO, GEOTECNICO Y GEOFÍSICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VIAL EN EL TRAMO SAHUAYACO-COLCAPAMPA (P. ROGR. 0-000 Km - 137.00 Km) DEL DISTRITO DE SANTA TERESA, PROVINCIA DE LA CONVENCIÓN, DEPARTAMENTO DEL CUSCO 2024"			
MAPA TOPOGRÁFICO			
ESCALA:	1/60000	Diseñado por:	Maycol David Salcedo Mamani
DATUM:	WGS 1984		Joel Ronal Mamani Tunque
FECHA:	Set-24	UBICACIÓN:	Sahuayaco/Santa Teresa/La Conveñid
			M-07

Fuente: Elaboración propia

Figura 9
Mapa de pendientes



Legenda		simbologia	
pendiente_clast.tif	8-15 fuertemente inclinada	●	Extremos_Tramo_estudio
Value	15-25 moderadamente empinada	—	rios
	25-50 empinada	—	Vias
	50-75 muy empinada	—	Tramo de estudio
	>75 extremadamente empinada		

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA			
Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Geólogo “ESTUDIO GEOLÓGICO, GEOTECNICO Y GEOFÍSICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VIAL EN EL TRAMO SAHUAYACO-COLCAPAMPA (P.R. 04.00 Km - 15.700 Km) DEL DISTRITO DE SANTA TERESA, PROVINCIA DE LA CONVENCIÓN, DEPARTAMENTO DEL CUSCO-2024”			
MAPA DE PENDIENTES			
ESCALA:	1/50000	Diseñado por:	Maycol David Salcedo Mamani
DATUM:	WGS1984		Joel Ronal Mamani Tunque
FECHA:	Set-24	UBICACIÓN:	Sahuayaco/Santa Teresa/La Convención
			M-08

Fuente: Elaboración propia



3.2 GEOMORFOLOGÍA

3.2.1 GEOMORFOLOGIA REGIONAL

La región del Cusco se caracteriza por un relieve asimétrico y una gran diversidad en la elevación, moldeada por factores climáticos, tectónicos y geológicos.

CORDILLERA ORIENTAL

Según el documento del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET, 1999), nos dice que:

Es una región morfoestructural singular que abarca principalmente los cuadrángulos de Quillabamba y Machu Picchu. En esta zona predominan rocas metamórficas del Paleozoico inferior, intrusiones paleozoicas y permo-triásicas, junto con rocas sedimentarias del Paleozoico superior y, en menor medida, rocas del Meso-Cenozoico. Esta región se subdivide en la Cordillera de Vilcabamba, la Vertiente Norte, los Valles Transversales, los Valles Intracordilleranos, las Montañas de Mesapelada, el límite sur de la Cordillera Oriental y el límite norte de las Altiplanicies (p.25).

CORDILLERA DE VILCABAMBA

Según (INGEMMET,1999) también afirma:

La Cordillera de Vilcabamba ocupa gran parte del cuadrángulo de Machupicchu y la parte suroeste del cuadrángulo de Quillabamba. Limita al suroeste con el río Apurímac, desarrollando una vertiente bien abrupta, mientras que al norte el paso es gradual hacia la vertiente norte de la Cordillera Oriental. Esta unidad se extiende al este hacia el cuadrángulo de Urubamba (27-r) y por el oeste hacia el cuadrángulo de Pacaypata (27-p) mencionado.

Desde el punto de vista morfológico, la Cordillera de Vilcabamba se caracteriza por presentar terrenos elevados y accidentados, formando nevados que sobrepasan los 5 000 msnm, resaltando el nevado de Salcantay con 6 264 msnm. Litológicamente, está constituida por las rocas más



antiguas y más deformadas de la región. Las estructuras que resaltan son las fallas E-O y el anticlinal de dirección E-O de Yanama. Las principales formas desarrolladas en esta unidad son, por una parte, circos y valles glaciares, y, por otra parte, morrenas que corresponden a formas de acumulación muy frecuentes, que se encuentran distribuidas a lo largo de las cadenas de nevados. Los valles en U, de mediana longitud, reciben durante todo el año, las aguas provenientes de los deshielos, resaltando las nacientes de los valles de Aobamba, Sacsara y Santa Teresa. Las partes altas de los nevados corresponden a las elevaciones más prominentes y exhiben pendientes fuertes a muy fuertes, lo que en ocasiones producen aludes.

En la Cordillera de Vilcabamba hemos distinguido dos cadenas de nevados:

a) Cadena de nevados Salcantay-Corihuayrachina: Se ubica al sureste de la Cordillera de Vilcabamba y está conformada por los nevados: Salcantay (6 264 msnm), Corihuayrachina (5 404 msnm), Paljay (5 422 msnm), (Tucarhuay) Tocarhuay (5 910 msnm), Amparay (5 418), Huamantay (5 473 msnm), Chaupiloma (5 339 msnm) y Padreyoc (5 771 msnm). Esta cadena de dirección E-O, se ha desarrollado principalmente en rocas metamórficas del Paleozoico inferior a excepción del nevado Salcantay que se halla sobre intrusivos permo-triásicos. Los nevados tienen crestas agudas y flancos irregulares de fuerte pendiente, lo que contribuye a la deglaciación.

b) Montaña con cobertura glaciar (RM-cgl)

Esta unidad geomorfológica caracterizada con pendiente escarpada y por la presencia continua de nieve y hielo que cerca de la zona de estudio están representados por el nevado Salkantay situado al sureste de la zona de estudio con una altitud de 6 271 metros sobre el nivel del mar.

Figura 10

Vista de montaña con cobertura glaciar al Sureste de la zona de estudio



Fuente: Propia

Nota: vista tomada del poblado de Soraypampa donde se puede observar el nevado de Humantay, cuya montaña se encuentra al Sur este del poblado de Sahuayaco.

c) Cadena de nevados Sacсарayoc-Pumasillo:

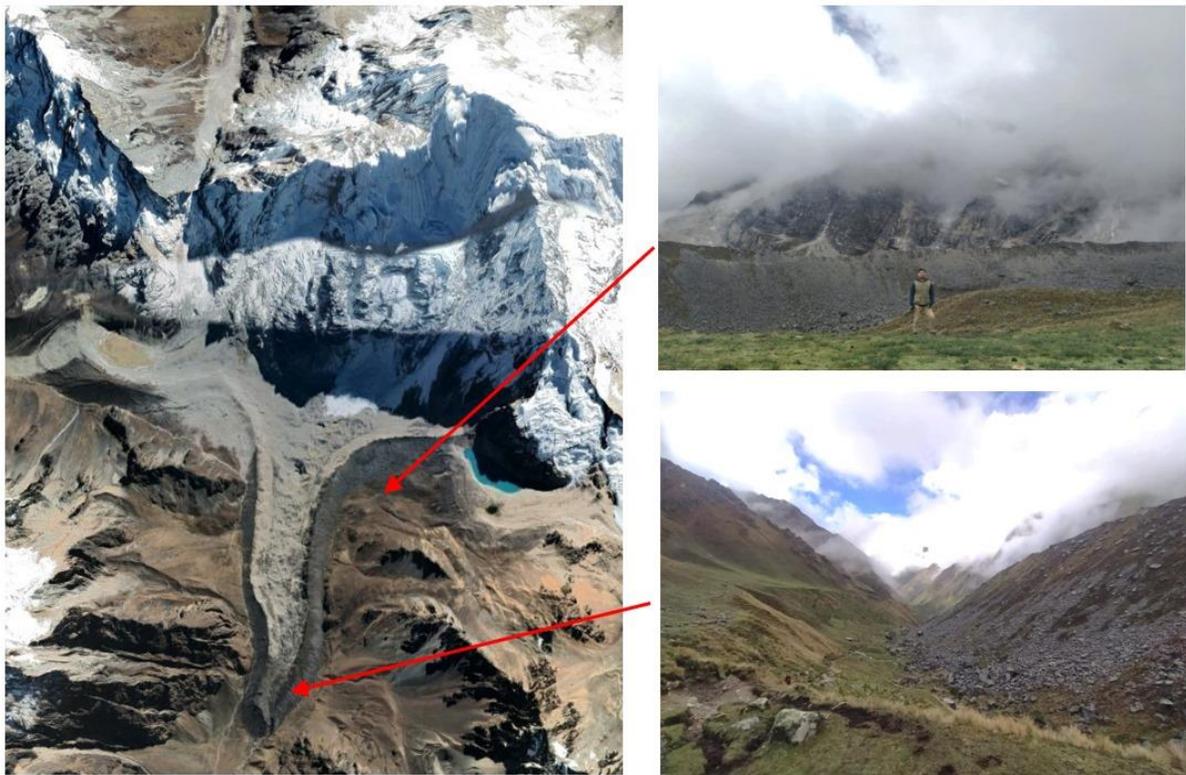
Esta cadena de dirección E-O, se localiza en la parte central de la Cordillera de Vilcabamba, está formada por los nevados: Sacсарayoc (5 994 msnm), Pumasillo (5 104 msnm) y Choquetacarpo (5 512 msnm), con una cobertura de glaciar de aproximadamente 25 km. Las rocas que componen esta cadena son principalmente intrusivas del batolito de Pumasillo (pp. 25-27).

d) Vertiente glaciar (V-gl)

Según autores como Gonzales de Vallejo (2002), las vertientes glaciares se forman por la acción de los glaciares, caracterizadas por pendientes abruptas moldeadas por el desgaste y erosión glaciar. Estas vertientes suelen estar asociadas con valles en forma de "U", circos glaciares y morrenas.

Figura 11

Vertiente glaciar



Fuente: Elaboración propia

Se puede observar depósitos morrenicos que se clasifica como vertiente glaciar, ubicado al sur del nevado de Salkantay y está ubicado al este de Colcapampa (final del tramo de estudio).

e) Vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd)

Gonzales de Vallejo (2002). Señala que los deslizamientos ocurren en vertientes inestables debido a condiciones como saturación por agua, pendiente pronunciada o baja cohesión del material. Los depósitos se caracterizan por ser heterogéneos, con bloques de roca, suelo y material fragmentado acumulados en el pie de la vertiente.

Figura 12

Vertiente con depósito de deslizamiento



Fuente: Propia

Vista de depósitos de deslizamiento morrénicos, vista tomada hacia el este ubicada en la vertiente sur del nevado de Salkantay.

f) Vertiente o pie de monte coluvio torrencial (P-at)

Gonzales de Vallejo (2002). Define los piedemontes coluvio-torrenciales como zonas de acumulación de sedimentos transportados por corrientes de alta energía, caracterizados por depósitos heterogéneos compuestos por bloques, gravas, arenas y limos. Estos se forman generalmente en abanicos aluviales, creados por torrentes en áreas de transición entre montañas y llanuras.

Figura 13

Vertiente o pie de monte



Fuente: Propia

Se puede observar depósitos de bloques, gravas y limos en la parte sur del nevado Salkantay la cual se ubica al sureste del tramo de estudio.

g) Depósitos morrenicos (Mo)

Gonzales de Vallejo (2002). Describe los depósitos morrenicos como acumulaciones heterogéneas de bloques angulosos, gravas, arenas y arcillas, que carecen de selección o estratificación. Estos depósitos se forman en la base o frente de los glaciares y se clasifican según su ubicación en morrenas laterales, terminales, centrales o basales.

Figura 14

Depósitos morrenicos



Fuente: Elaboración propia

En la fotografía se puede observar depósitos morrenicos al pie del nevado Salkantay.



VALLES TRANSVERSALES

Según (INGEMMET,1999) de los valles transversales nos afirma que:

La Cordillera Oriental se encuentra disectada por valles de diferentes direcciones que originan una topografía muy variada y de fuerte relieve. Estos valles son el producto de una permanente erosión fluvial de los terrenos y constituyen los colectores de las aguas provenientes de las montañas. La pendiente de los valles de la vertiente norte es relativamente más suave, por comparación con los valles situados en la vertiente sur, que presenta un declive fuerte y sus laderas son mucho más empinadas.

Según (INGEMMET,1999) Entre los principales valles se tienen:

- a) **Valle del río Santa Teresa:** Ubicado en la parte centro-oriental del cuadrángulo de Machupicchu, tiene un recorrido de sur a norte, entre los 4 400 y 1 500 msnm. El río Santa Teresa atraviesa rocas intrusivas y paleozoicas, desarrollando fuertes pendientes en ambos flancos. El afluente principal constituye el río Sacsara, cuya confluencia se encuentra próximo al poblado de Santa Teresa. El río Santa Teresa tiene sus nacientes en los deshielos del nevado Salkantay, en tanto que, el río Sacsara en los deshielos del nevado Sacsarayoc. Este valle y sus afluentes muestran una evolución juvenil, resaltado por la ocurrencia de aluviones.

La figura 15 está compuesta por tres fotografías que muestran un entorno del valle del río Santa Teresa, muestra un río de aguas claras valle rodeado de montañas cubiertas de vegetación, Donde también se puede observar un puente peatonal. El entorno nos indica una zona con pendientes pronunciadas y procesos de erosión en las laderas.

Figura 15

Valle del rio Santa Teresa



Fuente: Elaboracion propia

Vista del rio Santa Teresa, en el sector de Sahuayaco.

b) Valle Glaciar (VII-gl)

Esta unidad geomorfológica se encuentra en las faldas del nevado de Salkantay que se ubica al sureste de la zona de estudio, cuyos deshielos originan el río Salkantay que discurre de este a oeste y desemboca en el río Santa Teresa en la localidad de Colcapampa, cabe resaltar que este río es el principal afluente del río Santa Teresa.

Figura 16

Vista de valle glaciar que está ubicada al Sureste de la zona de estudio



Fuente: Elaboracion propia

Fotografía donde se observa el valle glaciar, ubicada al en la vertiente sur del nevado Salkantay.

c) Valle Glaciar con Laguna (Va-gl/I)

Esta unidad geomorfológica está ubicada sureste del Sahuayaco, donde la laguna se la llama abra Salkantay, donde las aguas drenan hacia Colcapampa y Sahuayaco por el rio santa Teresa.

En la figura 17 se puede observar en el lado derecho el nevado de Salkantay y en la parte baja se puede observar una pequeña laguna cuya fuente de agua es el deshielo del nevado de Salkantay.

Figura 17

Vista del valle glaciar con laguna al Sureste del tramo de estudio. (Laguna Salkantay)



Fuente: Elaboracion propia

Nota: se puede observar el valle glaciar con laguna, donde el sector denominado Abra Salkantay, situado al sur este de del poblado de Sahuayaco.

3.2.2 GEOMORFOLOGÍA LOCAL

Se realizó la identificación de las unidades geomorfológicas en el tramo de estudio donde se han identificado unidades geomorfológicas las cuales son:



Unidades Geomorfológicas

a) Cauce del río (Cr)

El colector principal de las aguas fluviales es el río Santa Teresa que discurre en la zona de estudio de SW - NE, donde son visibles el lecho menor que es el cauce por donde circulan las aguas en períodos de sequía. El lecho mayor que es el cauce por donde circulan las aguas en los períodos de lluvias y el lecho de inundación, es el cauce que ocupan las aguas durante las épocas de grandes avenidas, las cuales ocurren cada cierto número de años y que están influenciadas por fuertes cambios climáticos a niveles regionales como el huayco ocurrido el año 2020.

Según autores como Vallejo (2017) y Castrillo (2017), el perfil transversal de un río en la etapa madura generalmente se caracteriza por una forma de "V" más amplia y menos pronunciada, resultado de la erosión lateral del cauce. En este contexto, el valle del río Santa Teresa, al presentar un 70% de su perfil en forma de "V" abierta, puede clasificarse en la etapa madura, ya que esto indica un equilibrio entre la erosión vertical y lateral. Durante esta etapa, el río comienza a estabilizar su curso, aunque aún conserva una forma relativamente empinada en algunas zonas.

De acuerdo a la definición del perfil transversal de un río, se puede clasificar al valle del río Santa Teresa en la etapa madura por tener en un mayor porcentaje (70%) el perfil transversal en forma de V abierta. En el cauce a lo largo del río Santa Teresa se construyeron viviendas en materiales fluviales, aluviales como es el poblado de Sahuayaco, el sector denominado propiedad privada y Colcapampa

Figura 18

Imágenes del río Santa Teresa y el valle del mismo nombre, donde resalta el perfil transversal, así como los lechos del río



Fuente: Elaboración propia

Nota: En la fotografía en el lado de la izquierda se ve un afluente del río Santa Teresa en el sector de Colcapampa que está en etapa madura, en la fotografía de la derecha se puede observar el río Santa Teresa también con el mismo tipo de etapa.

a) Valle Glaciar con Laguna (Va-gl/I)

Esta unidad geomorfológica está ubicada al Este y al Sureste de la zona de estudio cuyas aguas de deshielo drenan hacia el río Santa Teresa.

Figura 19

Valle glaciar con laguna



Fuente: Elaboración propia

Fotografía que se encuentra al Noroeste del punto final del tramo de estudio que es el poblado de Colcapampa, donde se puede observar una laguna al pie del nevado.

b) Montaña con roca intrusiva (RM-ri)

Esta unidad geomorfológica que está localizada dentro de nuestra área de estudio, está representado por la presencia del macizo de Machupichu, que corta rocas metamórficas del grupo San José, la formación Sandia, e Iscaybamba donde limita en todas las direcciones con pendiente empinada

ubicada al SE y NO de la zona de estudio, estas rocas intrusivas están compuestas principalmente por granito y granodioritas.

Figura 20

Vista del afloramiento del macizo de Machupichu, con presencia de pendientes muy empinadas



Fuente: Elaboración propia

Nota: En la fotografía se observa al nevado Humantay cuyo afloramiento de granito corresponde al macizo de Machupichu – Salkantay, con pendientes muy escarpadas donde se muestra en la figura 21 los detalles del contacto con roca de tipo metamórfico. La fotografía fue tomada desde la zona denominada Soraypampa.

Figura 21

Montaña con roca intrusiva



Fuente: Elaboracion propia

En la fotografía se puede observar afloramiento de granito del macizo de Machupicchu en el nevado de Salkantay donde se puede observar que presenta contacto con roca metamórfica.

c) Montaña en roca Metamórfica (RM-rm)

Esta unidad geomorfológica se encuentra en rocas intrusivas y metamórficas, con pendientes fuertes en ambos flancos entre 30° a 45° predominante, pero existen zonas donde las pendientes llegan a ser mayor a 75°. En la zona de estudio se pueden hallar casi en toda el área, siendo más considerable al SW de la misma, Cabe resaltar que todo el eje de la carretera en las faldas dentro de esta unidad.

Figura 22

Montaña en roca Metamórfica



Fuente: Elaboración propia.

d) Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial (V-cd)

Esta unidad geomorfológica cuyos depósitos intercalados de origen coluvial deluvial de materiales con poco transporte se localiza al sur del tramo de estudio con pendiente moderada, compuesto por limos, gravas, fragmentos angulosos de (2 a 5 cm). y bloques angulosos de (30 a 50 cm) bajo las formaciones San José con elevaciones entre 2074 a 2450 m s. n. m. y están distribuidas en ambas márgenes del río Santa Teresa.

Figura 23

Vista de vertiente coluvial-deluvial



Fuente: Elaboración propia.

En la fotografía se puede observar el río Santa Teresa que discurre de Suroeste hacia Noreste donde se observa material cuaternario de naturaleza coluvial donde presenta bloques y aluvial porque presenta limos y gravas con litología de origen metamórfico.



3.2 GEOLOGIA

En la zona de estudio se observan numerosas unidades litoestratigráficas, principalmente de rocas del paleozoico y ordovícico. Se tomaron en cuenta las unidades geológicas más cercanas al área de investigación:

3.2.1 GEOLOGIA REGIONAL

1) NEO PROTEROZOICO

Complejo Iscaybamba

El Complejo de Iscaybamba se extiende de este a oeste entre los cuadrángulos de Machupicchu y Pacaypata. Según Cárdenas et al. (1999), está compuesto por cuarcitas, micaesquistos y gneis. Más tarde, Sánchez y Zapata (2003) identificaron cuatro unidades específicas: cuarcitas, mármol, gneis y micaesquistos.

2) PALEOZOICO

¿Cambriano? (P-e)

Según Heim (1948), Egeler y Debooy (1957, 1961) y Fricker y Weidel (1960), las rocas metamórficas del cuadrángulo de Machupicchu, compuestas por micaesquistos, mármoles, cuarcitas, gneis y anfibolitas, fueron originalmente atribuidas al Precámbrico. Sin embargo, estudios posteriores las asocian al Cambriano, observándose en sectores como San Ignacio, Yanama y Totorá, al margen derecho del río Apurímac. Estas unidades parecen estar en concordancia con el Grupo San José del Ordoviciano.

De acuerdo con las observaciones de Marocco (1978) y Cárdenas et al. (1997), en la región de Vilcabamba los cortes transversales de la Cordillera evidencian una transición gradual desde el Ordoviciano fosilífero con metamorfismo incipiente hacia terrenos más metamórficos. No se identifican discordancias angulares ni saltos estructurales o metamórficos entre las pizarras y los micaesquistos,



aunque estos últimos presentan mayor deformación, sin implicar un número superior de fases tectónicas en comparación con las pizarras.

Egeler y Debooy (1957, 1961) clasificaron los afloramientos de los ríos Arma, Yanama, Pajonal y Choquequirao en dos series. La más antigua incluye micaesquistos granatíferos (algunos con sillimanita y estaurolita), gneis y anfibolitas, mientras que la más reciente y menos metamórfica está formada por micaesquistos y cuarcitas asociadas a mármoles. En este estudio, se han identificado cuatro unidades principales (micaesquistos, gneis, cuarcitas y mármoles relacionados), aflorando a lo largo de un eje E-O desde el río Arma hasta Lucmabamba, atravesando Totorá, Collpapampa, Totorayoc, cerro Ampara, el nevado Tucurhuay y el valle de Santa Teresa.

Egeler y Debooy (1957, 1961) señalaron que los afloramientos están delimitados al norte y este por los macizos de Pumasillo y Machupicchu, cuyos efectos de metamorfismo térmico han dado a estas series, en algunos casos, un aspecto migmatítico.

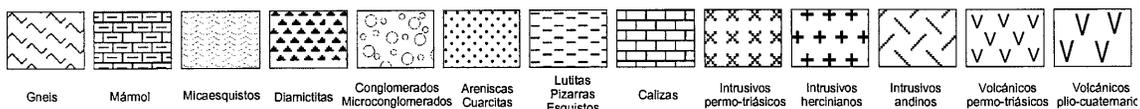
En resumen, El Complejo Iscaybamba, que se extiende entre los cuadrángulos de Machupicchu y Pacaypata, está formado principalmente por cuarcitas, micaesquistos, gneis y mármol, según diversos autores. Las rocas metamórficas de esta área, originalmente clasificadas como Precámbricas, se han asociado al Cambriano, particularmente en regiones como San Ignacio, Yanama y Totorá. Investigaciones recientes muestran una transición gradual entre los terrenos del Ordoviciano con fósiles y aquellos más metamórficos, sin evidenciar discordancias angulares. Los afloramientos en la zona se agrupan en dos series: una más antigua y metamórfica, y otra más reciente, que incluye micaesquistos, cuarcitas y mármoles. Estos afloramientos están limitados por los macizos de Pumasillo y Machupicchu, cuyas influencias térmicas han modificado las características metamórficas de las rocas.



Figura 24

Columna estratigráfica de los cuadrángulos de Quillabamba y Machupicchu

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS	GROSOR Aprox. en (m.)	LITOLOGÍA	DESCRIPCIÓN	MAGMATISMO	
							VULCANISMO	PLUTONISMO
CENOZOICA	Cuaternario		Depósitos fluvio-aluviales y de deslizamientos			Gravas, arenas y limos		
			Depósitos morrénicos			Bloques, gravas, en matriz areno-arcillosa.	V V V	
	Paleógeno	Oligocena Eocena	Formación Ccollpaccasa	>700		Conglomerados en la base, areniscas cuarzosas feldespáticas pardas intercaladas con limolitas de color rojo.		
		Paleocena	Formación Quilque-Chilca	±170		Lutitas de color rojo ladrillo, areniscas feldespáticas y escasos niveles de conglomerados.		
MESOZOICA	Cretáceo	Sup.	Grupo Yuncaypata	>100		Intercalación de areniscas con lutitas verdes, rojas y negras, yesos y calizas.		
		Inf.	Formación Huancané	<200		Areniscas cuarzosas de color blanco, rosado con laminación oblicua curva, conglomerados y delgados niveles de lutitas rojas.		
	Jurásico	Formación Huambutío	±300		Conglomerados, microconglomerados y areniscas feldespáticas de color rojo.			
	Triásico	Grupo Mitu	<1200		Volcánicos, bancos de conglomerados, intercaladas con areniscas cuarzosas pardas, limolitas rojas, a veces algunas capas lenticulares de calizas.	V V V V V V V V	X X X X X X X X	
PALEOZOICA	Permiano	Sup.	Grupos Tarma-Copacabana	<1000		Calizas bien estratificadas con fósiles y localmente brechas calcáreas. Areniscas en delgados bancos intercalados con lutitas negras.	V V V V V V V V	X X X X X X X X
		Inf.						
	Pensilvaniano	Grupo Ambo	>300		Conglomerados con clastos de cuarcitas, esquistos, cuarzo, etc. Cuarcitas, areniscas y pizarras negras.			
	Devoniano	Formación Quillabamba	±1000		Pizarras, esquistos, grises y negros intercalados con niveles delgados de cuarcitas grises y blancas sin estratificación visible, calizas en la base.		+	+
		Siluriano	Formación San Gabán	500		Intercalación de pizarras, diamictitas cuarcitas y microconglomerados al techo.		
	Ordoviciano	Superior	Formación Sandía	±1000		Pizarras con nódulos calcáreos, areniscas cuarcíticas blancas y grises, localmente negras.		
Med.			Grupo San José	>2000		Pizarras, esquistos verdes, grises a negros con piritita, cuarcitas y lutitas bandeadas; exudaciones de azufre.		
Inf.								
			Cambriano?	>2000		Cuarcitas blancas y grises, mármoles, gneises micaesquistos y localmente anfibolitas.		



Fuente: Carlotto et al. (1999) Boletín del INGEMMET



Figura 25

Evolución en la estratigrafía del cuadrángulo de Machupicchu (27q2, 27q3)

Evolución estratigráfica del cuadrángulo de Machupicchu (27q2, 27q3)								
ERA	PERIODO	ÉPOCA	EDAD (Ma)	Marocco et al. (1978)	Carlotto et al. (1999)	Sánchez & Zapata (2003)	Presente Estudio (2019)	
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO	0.0117	Depósitos aluviales, eluviales y glaciares	Depósitos fluvial, aluvial, morrénico, de deslizamiento	Depósitos aluvial, proluvial, glaciar, fluvial, Formación Rumicolca	Depósitos antropogénico, aluvial, coluvial, fluvio glaciar y glaciar	
		PLEISTOCENO	2.58					
	NEÓGENO	PLIOCENO	5.333	Formación Ccollpaccasa	Formación Ccollpaccasa	Grupo Puno		
		MIOCENO	23.03					
	PALEÓGENO	OLIGOCENO	33.9					
		EOCENO	56.0					
PALEOCENO		66.0						
CRETÁCICO		SUPERIOR	100.5					Formación Yuncaypata
MESOZOICO	CRETÁCICO	INFERIOR	145.0	Formación Huancané	Formación Huancané	Formación Huancané	Formación Huancané	
		JURÁSICO	SUPERIOR	163.5 [±] 1.0		Formación Huambutio		
	JURÁSICO	MEDIO	174.1 [±] 1.0					
		INFERIOR	201.3 [±] 0.2					
		TRIÁSICO	SUPERIOR	-237	Grupo Mitu			
	MEDIO	247.2						
	INFERIOR	252.17 [±] 0.06						
	PALEOZOICO	PÉRMICO	LOPINGIANO	259.8 [±] 0.4	Grupo Copacabana	Grupos Tarma-Copacabana	Grupo Copacabana	Grupo Copacabana
			GUADALUPIANO	272.3 [±] 0.5				
			CISURALIANO	298.9 [±] 0.15				
CARBONÍFERO		PENNSYLVANIANO	323.2 [±] 0.4	Grupo Tarma			Grupo Tarma	
		MISSISSIPIANO	358.9 [±] 0.4		Grupo Ambo	Grupo Ambo	Grupo Ambo	
DEVÓNICO		SUPERIOR	382.7 [±] 1.6	Serie sílico - aluminosa	Formación Quillabamba	Grupo Cabanillas	Grupo Cabanillas	
		MEDIO	393.3 [±] 1.2					
		INFERIOR	419.2 [±] 3.2					
SILÚRICO		PRIDOLIANO	423.0 [±] 2.3	Tillita Zapla	Formación Ananea			
		LUDLOWIANO	427.4 [±] 0.5					
		WENLOCKIANO	433.4 [±] 0.8					
		LLANDOVERIANO	443.8 [±] 1.5					
ORDOVÍCICO		SUPERIOR	458.4 [±] 0.9	Formación Sandia	Formación San Gabán Formación Sandia		Formación Sandia	
		MEDIO	470.0 [±] 1.4	Formación San José	Formación San José	Grupo San José	Grupo San José	
		INFERIOR	485.4 [±] 1.9			Formación Málaga	Formación Málaga	
CÁMBRICO		FURONGIANO	~497	Serie Ollantaytambo	Micaesquisto Gneises Mármoles Cuarcitas	Grupo Ollantaytambo	Grupo Ollantaytambo	
		SERIE 3	~509					
		SERIE 2	~521					
		TERRENEUVIANO	541.0 [±] 1.0					
NEO PROTEROZOICO				1000	Rocas granulíticas		Complejo Iscaybamba	Complejo Iscaybamba

Fuente: (Carlotto et al., 1999, p. 38)



Carlotto et al. (1999), afirma que:

Es difícil de precisar la edad de estas series, ya que no se cuenta con dataciones radiométricas, hecho que obliga a basar las conclusiones únicamente sobre las observaciones de campo. En efecto, el paso progresivo de las series ordovícicas fosilíferas a las series cada vez más metamórficas, las que tienen el mismo número de deformaciones que las series menos metamórficas, indica que éstas corresponden a la misma evolución tectónica y que este metamorfismo está en relación a la misma fase tectónica Eohercínica. Además, estas series muy metamórficas se hallan hacia la base de la secuencia paleozoica, por lo que una edad pre-ordoviciana a cambriana, es probable. A nivel de cartografía hemos identificado 4 unidades dentro de esta serie, destacando los micaesquistos, gneis, cuarcitas, y mármoles asociados a los micaesquistos y cuarcitas. (p. 39)

Carlotto et al. (1999) describen los micaesquistos como formados por cuarzo, plagioclasa (oligoclasa), muscovita, apatito, circón, esfena, cordierita, zoicita y minerales opacos, con una textura granolepidoblástica. En estos se encuentran localmente niveles de hornfels y anfibolitas. Los hornfels, con textura lepidoblástica, presentan un nivel pelítico (cuarzo, biotita, apatito, opacos y materia orgánica) y otro carbonatado (calcita, cuarzo, mica blanca, biotita y materia orgánica). Asociados a los micaesquistos se observan anfíboles negros con segregaciones blancas de feldspatos. En el río Sacsara, cerca de intrusivos permo-triásicos, los micaesquistos presentan hornblenda verde alineada con la foliación, plagioclasa, cuarzo, biotitas alteradas a clorita y minerales accesorios. En el camino del río Apurímac a Choquequirao, también se identificaron afloramientos de gneis, posiblemente pequeños cuerpos de ortogneis.

Figura 26

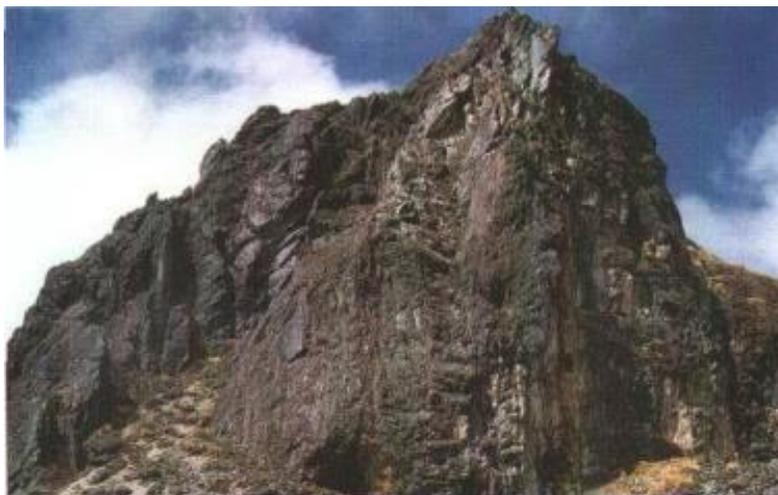
Afloramiento de gneis del cambriano? en el norte de Colcapampa



Fuente: Carlotto et al. (1999)

Figura 27

¿Afloramiento de mica esquistos del Cambriano? en el sector de Salkantay. vista tomada hacia el noroeste



Fuente: Carlotto et al. (1999)

Figura 28

Micaesquistos del Cambriano? en el sector de la playa de Sahuayaco



Fuente: Carlotto et al. (1999)

3) PALEOZOICO INFERIOR

El Paleozoico inferior en nuestra zona de investigación se observa y evidencia según Carlotto et al. (1999), el Grupo San José con sus etapas de Arenigiano y Llanvirniano, además de la formación Sandia que es del Caradociano y la formación San Gabán que desde la era del Ashgiliano y Quillabamba que es del Siluro y devoniano.

Grupo Ollantaytambo (CAOi-o_mv)

Según Arcos et al. (2021), la Serie Ollantaytambo, descrita originalmente por Marocco (1978) en la Cordillera de Vilcabamba, comprende areniscas cuarcíticas, tobas volcánicas, lutitas cineríticas y capas de areniscas y lutitas negras. Cárdenas et al. (1997) la estudiaron en el cuadrángulo de Pacaypata, identificando en 1999 micaesquistos en el suroeste del cuadrángulo de Machupicchu, atribuidos al Cambriano. Posteriormente, Sánchez y Zapata (2003) redefinieron esta unidad como Grupo Ollantaytambo, considerándola una secuencia volcanoclástica de bajo grado metamórfico con edad entre el Cámbrico y el Ordovícico inferior. En el presente informe, se ajustan los contactos y se unifica su litología.

Pluton de choquetacampo (PET-cho-gr)

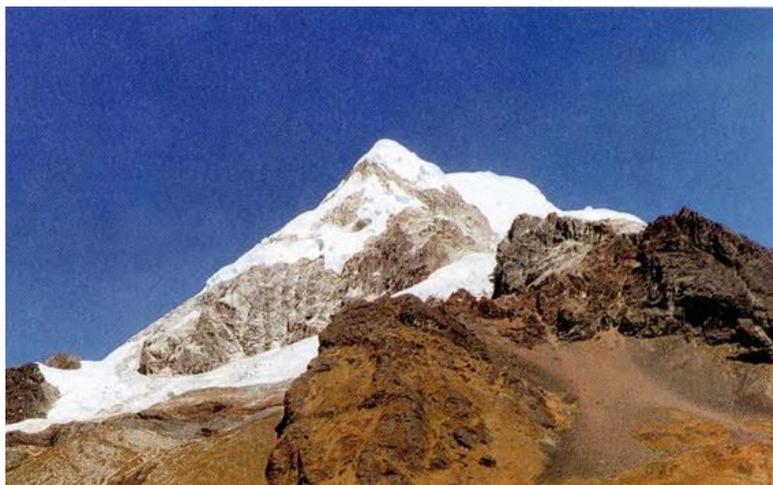
Según Carlotto et al. (1999). El macizo, con forma rectangular y orientación este-oeste, se extiende ampliamente en la zona norte del cuadrángulo de Machupicchu y se prolonga hacia el cuadrángulo de Pacaypata (Cárdenas et al., 1997). En el área de estudio, abarca una superficie aproximada de 536 km². Su borde norte intruye rocas del Grupo San José; en el este y sur corta rocas del Cambriano, mientras que en el oeste intersecta rocas del Paleozoico inferior y cuerpos intrusivos devonianos.

Macizo de Machupicchu (PET-machu-gr)

Según Carlotto et al. (1999). El macizo, identificado como batolito de Machupicchu, se ubica al este del cuadrángulo de Machupicchu y se extiende hacia el cuadrángulo de Urubamba. En el área de estudio, aflora entre el cerro Tunquimjo y el nevado Salcantay, llegando hasta Santa Teresa. Posee una forma alargada con dirección norte-sur y abarca aproximadamente 244 km². Su borde norte intersecta rocas metamórficas del Grupo San José, mientras que sus bordes oeste y sur intruyen rocas metamórficas del Cambriano y del mismo grupo San José, respectivamente.

Figura 29

Macizo de Machupicchu



Fuente: Carlotto et al. (1998) boletín del INGEMMET



Ordoviciano

Carlotto et al. (1999) en su trabajo cita a (Laubacher, 1977; de la cruz y Carpio, 1996) define el Ordoviciano y entre ellos el grupo San José:

Grupo San José

Describe el grupo San José. Según Carlotto et al. (1999) de esta manera:

Grupo San José está compuesto por pizarras, esquistos grises, verdes y negros con pirita diseminada y cristalizada, micaesquistos, cuarcitas homfels de cordierita y granate cuarzo-grauvaca y lutitas bandeadas. Una coloración verde de los esquistos, caracteriza los afloramientos del cuadrángulo de Machupicchu, en tanto, que los esquistos del cuadrángulo de Quillabamba son grises a negros, en estos últimos se presenta la pirita y las exudaciones de azufre. Por otra parte, en el contacto del Grupo San José con los intrusivos permo-triásicos se pueden ver algunos minerales de metamorfismo de contacto, como la andalucita. La parte superior del Grupo San José es más arenosa e indica el paso transicional a la Formación Sandia.

(p.46)

Origen del grupo San José

Según Carlotto et al. (1999) nos dice que:

El origen de los sedimentos del Grupo San José es poco profundo. El grosor estimado de esta unidad es al menos de 2 000 m, sin embargo, la presencia de pliegues a diferentes escalas, explica un mayor grosor aparente. Los afloramientos de la zona de estudio muestran que las pizarras y esquistos se hallan fuertemente foliadas, por lo que la presencia de fósiles es escasa.

(p. 46)

Figura 30

Afloramiento de pizarras del Grupo San José, en el sector de San Jacinto (norte de Quillabamba)



Fuente: Carlotto et al. (1999)

Formación Sandía (Os-s)

También define la formación sandía según Carlotto et al. (1999) dice que:

La Formación Sandía aflora, en el sector de Oyara-Paltaybamba, y entre el río Aobamba y Santa Teresa (cuadrángulo de Machupicchu). Igualmente, aflora al suroeste de Cirialo, noroeste de Sangobatea; en los alrededores de la ciudad de Quillabamba, particularmente en las partes altas de los cerros circundantes y en contacto con cuerpos intrusivos (cuadrángulo de Quillabamba). Litológicamente la Formación Sandía está compuesta por cuarcitas, metacuarcita a veces laminadas, pizarras y microconglomerados (cerro Santo Domingo, este de Quillabamba). Cerca al contacto con los intrusivos, se presentan hornfels, que se han producido por metamorfismo de contacto. Al techo de la unidad, las pizarras generalmente presentan nódulos calcáreos (norte de Quillabamba). Las escasas estructuras sedimentarias observadas, permiten considerar un medio

litoral para las cuarcitas. Entre Machupicchu, Santa Teresa y Chaullay, las cuarcitas son finas, grises verdosos a negras y muestran un alto grado de metamorfismo, posiblemente térmico debido a los intrusivos permo-triásicos. En cambio, en Quillabamba, las cuarcitas son de grano mayor y de color blanco, encontrándose también microconglomerados. (p. 51)

Concordancia entre el grupo San José y la formación Sandia

Según Carlotto et al. (1999) nos afirma lo siguiente:

El paso del Grupo San José a la Formación Sandía es en concordancia y en aparente continuidad estratigráfica, siendo difícil determinar el contacto exacto, por lo que muchas veces sólo se cartografía la parte superior cuarzosa de la unidad. Igualmente, el paso de la Formación Sandia a la Formación San Gabán, es en aparente concordancia estratigráfica, pero cuando es posible observar, se considera el tope de la unidad, una secuencia de esquistos con nódulos calcáreos (p. 51).

Figura 31

Cuarcitas laminadas de la formación Sandia, cerca del poblado de Santa Teresa



Fuente: Carlotto et al. (1999).

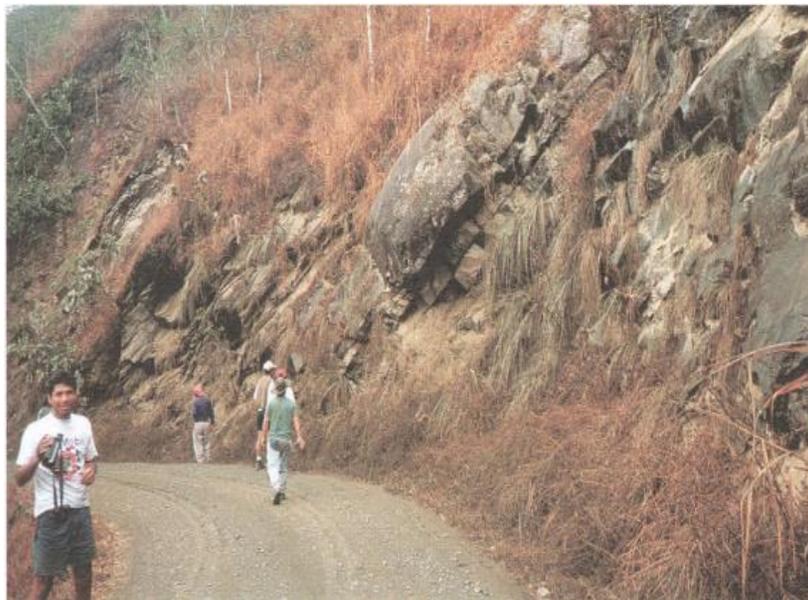
Formación San Gabán (Os-sg)

Según Carlotto et al. (1999) nos afirma en el boletín del INGEMMET lo siguiente:

La Formación San Gabán se encuentra en el sinclinal de Paltaybamba, la quebrada Aobamba (cuadrángulo de Machupicchu), el núcleo del anticlinal de Coribeni y en el sector de Tiobamba al norte de Quillabamba (cuadrángulo de Quillabamba). Su composición incluye micaesquistos de andalucita, esquistos, microconglomerados, pizarras, diamictitas y cuarcitas.

Figura 32

Afloramiento de cuarcitas y pizarras de la formación San Gabán



Fuente: Carlotto et al. (1999).

En la fotografía en el lado derecho se puede observar cuarcitas y pizarras de la formación San Gabán en el sector de Coribeni. Vista tomada hacia el este

3.2.2 GEOLOGIA LOCAL

Grupo San José

En la zona de estudio esta unidad litoestratigráfica, la litología está compuesta principalmente por pizarras esquistos con tonalidades grises y verdes que presentan foliación. Este afloramiento se encuentra al Suroeste del sector de Sahuayaco y al Noreste de la comunidad de Colcapampa.

PROGRESIVA (4+200km)

Figura 33

Vista del Grupo San José



Fuente: Elaboración propia.

Afloramiento de roca metamórfica del grupo San José en el sector de nombre propiedad privada ubicada al suroeste de la playa Sahuayaco, Es una roca metamórfica se forma por metamorfismo de contacto de grado intermedio, de estructura foliada, son rocas que contienen moscovita, pirita como mineral micáceo principales, acompañado de algunos otros minerales como feldespatos potásicos y

cuarzo, los minerales micáceos tienen una exfoliación perfecta es por ello que se presentan en forma laminar, su proceso de formación se produjo por una variación en la presión y temperatura, el punto de exploración se encuentra cercano a un afloramiento rocoso de la misma litología, esta se presenta fisurado y moderadamente alterado.

Esta geología se presenta en la progresiva 4+200km del tramo de estudio donde se ubica un puente sin baranda, los afloramientos de pizarras en la parte superior y los esquistos en la parte baja del puente.

Figura 34

Vista pizarras del grupo San José



Fuente: Fuente propia.

Vista de roca metamórfica del grupo San José en el sector de nombre propiedad privada ubicada al suroeste de la playa Sahuayaco

Figura 35

Vista de micaesquistos del Grupo San José



Fuente: Elaboración propia.

Se puede apreciar en la parte inferior afloramiento del grupo San José, los cuales son micaesquistos de color gris con tonos claros, con una compacidad regular mostrada en la parte inferior del tramo de estudio y del puente con denominación propiedad privada.

PROGRESIVA (2+390 km)

Figura 36

Vista de afloramientos de rocas metamórficas



Fuente: Elaboración propia

En el sureste del inicio de tramo de estudio que es Sahuayaco se pueden divisar formaciones de rocas metamórficas. Estos afloramientos están parcialmente recubiertos por litologías de tipo cuaternarios como son aluviales, coluviales, principalmente este afloramiento de rocas metamórficas presenta esquistos con tonalidades rojizas y está bastante fracturado.

Figura 37

Afloramiento de esquistos de moscovita



Fuente: Elaboración propia

En la fotografía se puede observar afloramiento de roca metamórfica de tipo esquistos con laminación de Oeste a Este, el afloramiento se divide bastante fracturado y con alteración tipo oxidación, el afloramiento no se observa en su totalidad debido a que está recubierto con depósitos cuaternarios de tipo aluvial que presenta limos con fragmentos de rocas angulosas.

a) COMPLEJO ISCAYBAMBA

Es un complejo de rocas metamórficas Iscaybamba se ve que aflora en el sector de Lucmabamba con pendientes empinada de 25-50 grados, compuesto de cuarcitas, mármol, gneis, micaesquistos de moscovita qui están localizados en parte superior de la fotografía mostrada.

Figura 38

Complejo de rocas metamórficas Iscaybamba



Fuente: Elaboracion propia

Vista tomada con vista al sur, en el sector de Lucmabamba donde se puede apreciar rocas metamórficas, con pendiente muy empinadas.

Figura 39

Afloramiento de Gneis del complejo de Iscaybamba



Fuente: Elaboración propia

En la fotografía se puede observar afloramiento de gneis del complejo de Iscaybamba

PROGRESIVA (0+350km)

Figura 40

Vista de material cuaternario aluvial



Fuente: Elaboración propia

Vista tomada en el poblado de Sahuayaco donde se puede observar material de tipo cuaternario aluvial, fluvial en la parte inferior cuyos terrenos aprovechados para la agricultura sobre un abanico aluvial. En la fotografía se puede observar el valle del rio Santa Teresa, también se observa un abanico aluvial con litología de gravas, limos de origen aluvial -fluvial.

Figura 41

Vista del depósito aluvial compuesto por gravas y bloques



Fuente: Elaboración propia

Figura 42

Vista del depósito aluvial compuesto por gravas y bloques



Fuente: Elaboración propia.

Esta geología se puede abreviar en el inicio del tramo de estudio en la progresiva (0+000 km) donde se puede observar materiales de depósitos cuaternarios aluvial y coluvial

Figura 43

Vista del depósito aluvial compuesto por gravas y bloques y en la derecha gravas con matriz arenosa



Fuente: Elaboración propia.

Esta geología se puede observar en el mismo poblado de Sahuayaco en la progresiva (0+300 km) depósitos de tipo cuaternario aluvial

➤ **Depósitos cuaternario Fluvial (Qh-FI)**

Aflora lo largo del piso de valle del río Santa Teresa, de la cual resalta la mayor extensión en la parte central del valle del río Santa Teresa donde fueron aprovechados para los asentamientos poblacionales, como el poblado de la Comunidad de Sahuayaco y la Comunidad de Colcapampa, litológicamente se encuentra compuesta por gravas con arenas en matriz limo arenosos, compuestos por

gravas de origen metamórfico e ígneo con formas redondeadas y subredondeada con diámetros promedios de 5 a 15cm, arenas y materiales residuales levemente consolidados, dicha litoestratigráfica se usa principalmente para la agricultura y ganadería.

Figura 44

Vista del depósito fluvial en el sector de Sahuayaco al Suroeste de Santa Teresa



Fuente: Elaboración propia.

En la fotografía con vista hacia el sur se puede observar material cuaternario de tipo fluvial, materiales redondeados de tamaños variados, ubicado en el poblado de Sahuayaco en la progresiva

(0+350km). En la parte posterior se encuentra el eje de la trocha carrozable con miras para el mejoramiento de la vía.

PROGRESIVA (0+300km)

Figura 45

Vista de material fluvial compuestos por gravas de origen metamórfico e ígneo con formas redondeadas y subredondeada con diámetros promedios de 5 a 15 cm



Fuente: Elaboración propia.

En la fotografía se puede observar material de tipo cuaternario fluvial que presenta rocas sub redondeadas, que esta ubica cada en los cercados del poblado de Sahuayaco en la progresiva (0+300 km)

PROGRESIVA (7+690km)

Figura 46

Vista de depósitos cuaternarios (aluvial)



Fuente: Elaboración propia

Depósitos cuaternario Aluvial (Qh-al)

Los depósitos cuaternarios de tipo aluvial, en el área de estudio se ubican a lo largo de la cuenca del río Santa Teresa, sedimentos acumulados compuestos por Grava Limosa con Arena (GM) : Conformado mayormente por clastos de origen metamórfico (esquistos) y de origen ígneo de diámetros promedios de 7 a 12 cm, hacia la base del estrato presentan bloques con diámetros promedios de 30 a

50cm , inmersos en una matriz areno limosa de coloración gris parduzca, presenta humedad, de moderada compacidad, el punto de estudio se ubica por debajo de una zona activa de movimientos en masa (deslizamientos), el punto de estudio no presenta nivel freático a la fecha de exploración.

Estos materiales de depósitos cuaternarios están ubicados en la progresiva (7+690) donde se puede observar depósitos de deslizamientos con pendientes de 60 grados aproximadamente, con porcentaje mayor al 75%.con denominaciones pendientes muy empinadas.

PROGRESIVA (9+100km)

Figura 47

Depósitos cuaternarios y caída de rocas



Fuente: Elaboración propia

En la fotografía se puede observar material de tipo aluvial, coluvial y caída de roca en el eje de la vía, esta geología se encuentra en la progresiva (9+100km), donde se observa el eje de la vía en el sector de Wiñaypocco hacia el suroeste inicio del tramo de estudio.

PROGRESIVA (9+950km)

Figura 48

Depósitos cuaternarios



Fuente: Elaboracion propia

En la fotografía puede observar material cuaternario de tipo aluvial que también se denomina depósitos de deslizamiento bastante sueltos e inestables donde se puede observar el eje de la vía denominada Carretera Cusco 109(CU109), que pertenece al tramo de estudio en la progresiva (9+950 km)

Figura 49

Depósitos cuaternarios



Fuente: Elaboración propia

a la fotografía se puede observar litología de tipo cuaternario aluvial donde se ve el eje de la vía carrozable, zona ubicada al sur oeste del inicio de tramo de estudio en la progresiva (9+950km).

Estos depósitos con combinaciones fragmentos de rocas, gravas y limos se han acumulado en forma de conos, con litología de origen metamórfico en estado de suelto a ligeramente consolidado, con pendiente muy empinada que excede los 37 grados.

Figura 50

Depósitos de caída de rocas



Fuente: Elaboración propia

En la fotografía puede observar un depósito de caída de rocas, cuya litología es de origen metamórfico bastante alterados, también se puede abreviar presencia de limos y gravas también del mismo origen.

PROGRESIVA (13+700 km)

Figura 51

Afloramiento de micaesquistos



Fuente: Elaboración propia.

Cerca al poblado de Colcapampa se pueden avistar afloramientos del complejo de Iscaybamba. Esta formación está compuesta por rocas metamórficas entre la que destaca es los micaesquistos. En la fotografía se puede ver afloramiento de roca micaesquistos con tonos claros del complejo Iscaybamba ubicada en el cercado del poblado de Colcapampa donde se sacó la muestra de roca.

MUESTRA C-09

PROPIEDADES FISICAS

- Textura: Granoblástica

- Color: Gris Blanquecino
- Tamaño: <1mm
- Forma: Subhedral

COMPOSICION MINERALOGICA

- Minerales principales: Cuarzo (50%), Feldespatos (30%), Anfiboles (10%)
- Minerales secundarios: Biotita y Moscovita (10%)

OTROS

Grado de fracturamiento: Medio

Dureza: 6.0 en la escala de Mohs

Alteración: Media, presenta óxidos

Figura 52

Muestra de roca



Fuente: Elaboración propia.

En la fotografía se puede observar la roca de tipo metamórfica denominada esquito de biotita y moscovita.

En resumen, las formaciones que atraviesan el eje de la trocha carrozable son la formación del grupo San José, el complejo de Iscaybamba y depósitos cuaternarios aluviales, coluviales, fluviales.

DISCUSION

Se llega a la conclusión de que los micaesquistos por las condiciones presentadas tiene condiciones mediamente favores para el mejoramiento de la vía, debido a que los esquistos tienen susceptibilidad a la erosión en condiciones húmedas, debilidad estructural en la vía debido a su foliación, en cuanto a los casos favorables es que sus foliaciones ayudan al drenaje en la subbase de la vía.

Rocas intrusivas

Figura 53

Macizo de Machupicchu en el nevado de Salkantay



Fuente: Elaboracion propia

En la fotografía se puede observar la montaña roca intrusiva del macizo de Machupicchu, ubicada en el nevado de Salkantay ubicado al sur este del tramo de estudio, con se puede divisar en la parte superior se ven afloramientos de color gris de tonalidad clara.

Figura 54

Afloramiento de rocas intrusivas



Fuente: Elaboración propia

Al Sureste del tramo de estudio se encuentra afloramientos de rocas intrusivas del macizo de Machupicchu, se puede ver el contacto entre rocas intrusivas de tipo granito y granodioritas de color gris blanquecino con rocas metamórficas de color gris con tonalidad oscuras y verdosas

En la fotografía se puede observar también el nevado de Salkantay a una altitud de más de 5000msnm, cuyas aguas de deshielo son afluentes para el rio Santa Teresa, la zona está al sureste del tramo de estudio, en específico del poblado de Sahuayaco.

Figura 55

Muestra de granito



Fuente: Elaboracion propia

En la fotografía se puede observar la muestra de granito, de color gris blanquecino, con textura granular, con formas de granos subhedral, con minerales de feldespatos, cuarzo y maficos.



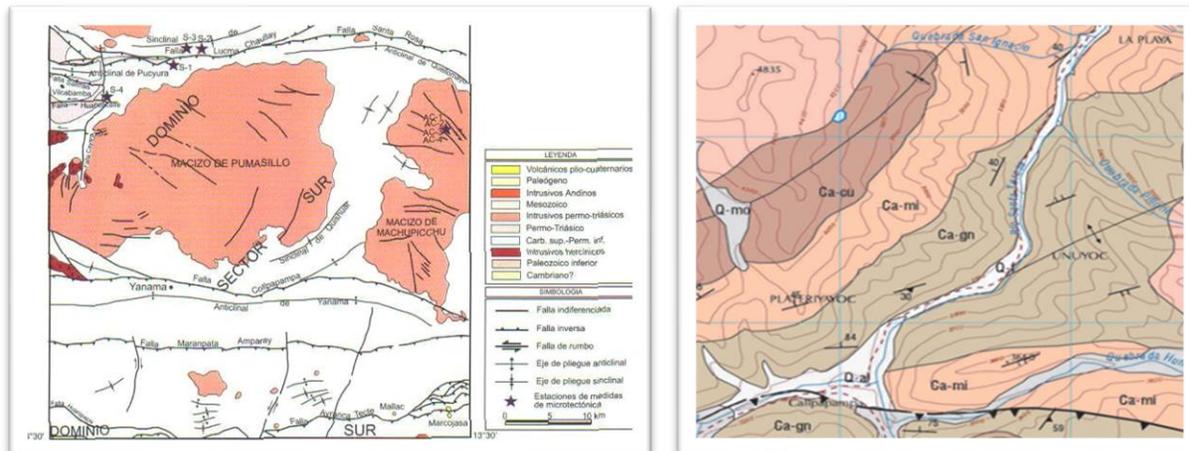
3.4 GEOLOGIA ESTRUCTURAL

Según Carlotto et al (1999) en el boletín del INGEMMET menciona. El sector sur, está caracterizado por la presencia del Grupo San José que pasa progresivamente a micaesquistos, gneis y cuarcitas del Cambriano. Al sur, ¿el Cambriano?, define el anticlinal E-O de Yanama afectado por fallas inversas, particularmente por la falla de Maranpata - Amparay. Los pliegues son plurikilométricos de dirección E-O, con planos axiales verticales a subverticales, asociados a una esquistosidad de fractura y de flujo. ¿Más al norte se observa el sinclinal de Quishuar que afecta el Cambriano? y está limitado por el macizo de Pumasillo. En la parte media y central de este sector se presentan intrusivos permo-triásicos de los macizos de Pumasillo y de Machupicchu. (p. 147)

Según Carlotto et al (1999) en el boletín del IGEMMET. El Dominio Central se divide en dos sectores: sur y norte. En el sector sur predomina el Grupo San José, que gradualmente transiciona a micaesquistos, gneis y cuarcitas del Cambriano. Este sector incluye el anticlinal E-O de Yanama, afectado por fallas inversas como la de Maranpata-Amparay.

Con referencia a nuestra zona de estudio, se puede resaltar la presencia de la falla inversa Colcapampa la cual se encuentra muy cercana al punto final de estudio, esta falla tiene una disposición de este a oeste la cual afecta al anticlinal de Yanama. Otra estructura importante es el anticlinal de Unuyoc cuya disposición es de NE-SO cuyo eje de dicho anticlinal se emplaza en medio del tramo aproximadamente.

Figura 56
Mapa estructural del cuadrángulo de Machupicchu (27-q)



Fuente: Carlotto et al (1999) en el boletín del INGEMMET

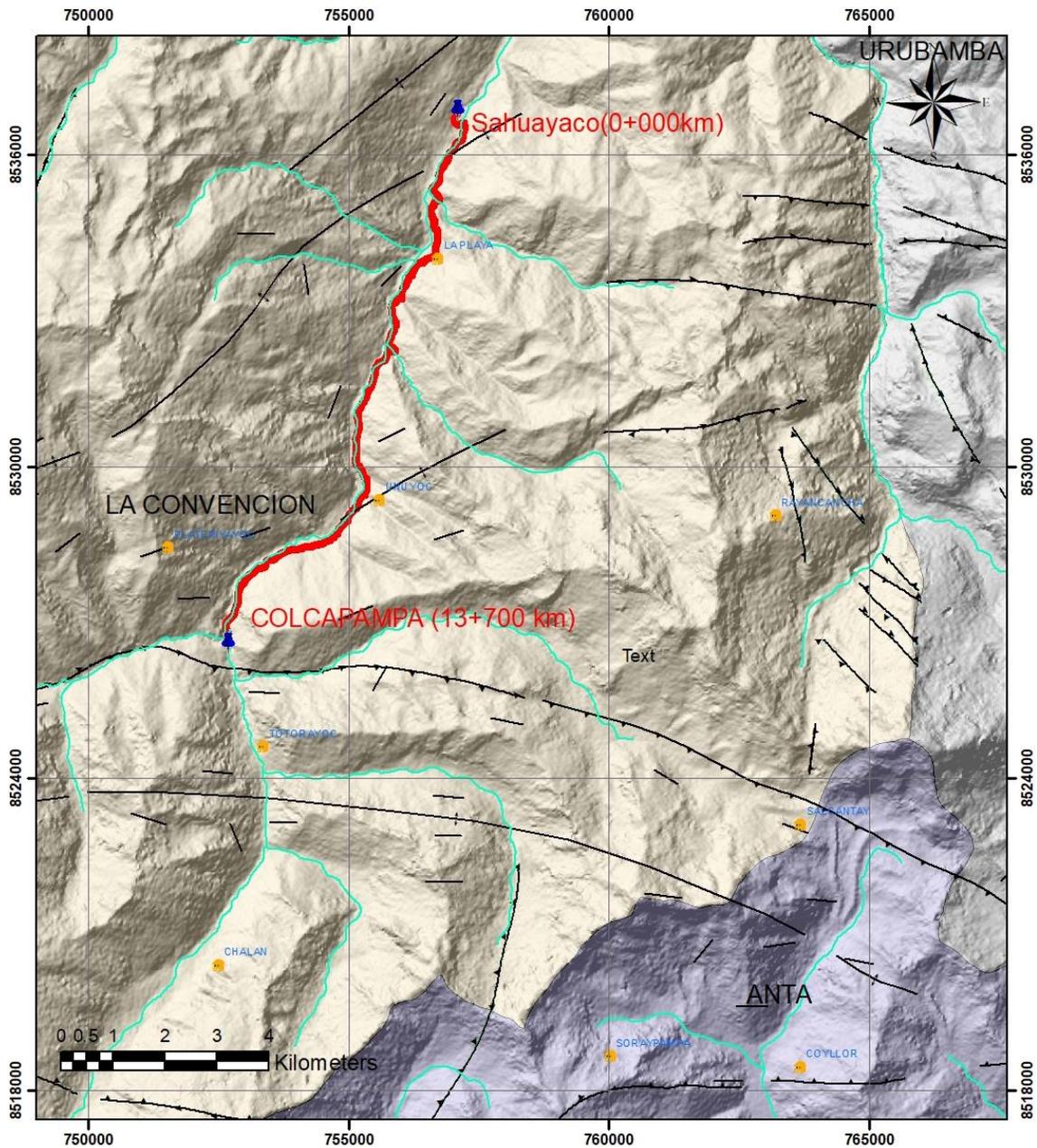
Según Arcos et al (2021). La tectónica de la región está asociada a la orogenia Caledoniana, sin evidencia de saltos metamórficos. En las hojas Machupicchu 27p2, 27p3 y Pacaypata 27p2 predominan fallas orientadas este-oeste, incluyendo fallas inversas que influyeron en la distribución de los complejos Iscaybamba y Ollantaytambo. Los recorridos realizados de norte a sur entre quebradas como Otiyoc, Yanama, Verónica, Choquequirao y Tambobamba, así como entre el río Pasaje, Incahuasi, Amaybamba, y desde Rumichaqui a Villa Aurora, Chancavine y Villa Virgen, no muestran saltos metamórficos. Sin embargo, las rocas metamórficas están deformadas y alteradas por intrusivos alcalinos y calcoalcalinos, que se emplazaron siguiendo fallas este-oeste. Un ejemplo es la falla que guía el curso del río Apurímac hasta el río Pasaje, donde las estructuras cambian de dirección hacia el noroeste.

Según Arcos et al (2021). “El Grupo San José está limitado por fallas inversas oeste noroeste – este sureste, pero no se aprecian estas fallas debido a la cobertura vegetal” (46).



Figura 57

Mapa geológico estructural



Simbología	
	poblados
	Extremos__Tramo_estudio
	rios-drenaje
	Anticlinal
	tramo_de_estudio_sahuayaco
	buzamiento
	falla__inversa

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAAD DEL CUSCO		
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA		
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA		
Título para optar al título profesional de Ingeniero Geólogo		
"ESTUDIO GEOLÓGICO, GEOTECNICO Y GEOFÍSICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VIAL EN EL TRAMO SAHUAYACO-COLCAPAMPA DEL DISTRITO DE SANTA TERESA, PROVINCIA DE LA CONVENCIÓN, DEPARTAMENTO DEL CUSCO-2024"		
MAPA GEOLOGICO ESTRUCTURAL		
ESCALA: 1:80000	Diseñado por: Maycol David Salcedo Mamani	M-08
DATUM: WGS84	Elaborado por: Joel Ronal Mamani Tunque	
FECHA: Set-24	UBICACION: Sahuayaco/Distrito de Santa Teresa/Provincia de La Convención/Departamento del Cusco	

Fuente: Elaboracion propia (usando como base los datos del INGEMMET)



3.5 GEODINAMICA EXTERNA

La propensión, en términos generales, indica la facilidad con la que un fenómeno puede suceder debido a las características intrínsecas de la roca o el suelo. No considera la probabilidad de eventos desencadenantes como lluvias o sismos. En el contexto de deslizamientos en laderas, la propensión puede ser evaluada de dos formas diferentes en el área del estudio los factores que ocasionan la inestabilidad de los taludes son: las lluvias y las escorrentías.

A lo largo de la carretera Sahuayaco - Colcapampa se va identificado varios puntos geodinámicos, donde se ha identificado que el talud ha sufrido erosión producto de los factores anteriormente mencionados; tales evidencias son los surcos, erosión de ladera, las cárcavas, deslizamiento antiguo y deslizamiento activo.

A continuación, describiremos los tipos de erosión encontrados:

3.5.1 SECTORES CON PROBLEMAS DE GEODINÁMICA EXTERNA

a) Entrada al poblado de Sahuayo (Prog. 0+000 km) y recomendaciones

Este sector se emplaza sobre un deslizamiento antiguo y es por esta antigüedad que los suelos de esta zona presentan una cierta compactación natural, sin embargo la presencia de aguas de escorrentía que bajan de la parte alta, genera una erosión constante principalmente en el corte de talud de la trocha carrozable, también se puede evidenciar pequeños hundimientos de la vía, así como el acortamiento del ancho de la vía producto del avance de la erosión la cual se incrementa en la temporada de lluvias.

Figura 58

Presencia de aguas de escorrentía provenientes de la parte alta (Prog. 0+000 Km)



Fuente: Elaboracion propia

A esto se suma el pobre consolidado de los suelos y el tipo de material las cuales, basándonos en la estratigrafía, corresponde a material provenientes de la erosión de micaesquistos, estos a causa de la erosión química por la presencia de agua generando suelos arcillosos.

Figura 59

Figura: Afloramiento de micaesquistos del grupo San José (Prog. 0+000 Km)



Fuente: Elaboracion Propia

Para mitigar esta problemática, es necesario la construcción de canales de coronación en la parte alta para evacuar principalmente las aguas de escorrentía, realizar la construcción de un muro de contención para detener los deslizamientos y finalmente realizar el remplazo de los suelos arcillosos por otros materiales más competentes e incidir en la compactación.

b) Presencia de derrumbes Progr. (Progr. 7+500 Km)

En este tramo de la vía Sahuayaco – Colcapampa, se evidencia derrumbes principalmente de rocas provenientes de las partes altas de la margen derecha del valle del rio Santa Teresa, se pueden evidenciar bloques pequeños, medianos, hasta grandes de 1.5 metros de ancho. Estos bloques corresponden principalmente a rocas metamórficas del Complejo Iscaybamba como gneis y pizarras, así como rocas graníticas del intrusivo de Machupicchu – Salkantay.

Este derrumbe se emplaza un terreno muy empinado y sobre un deslizamiento antiguo, cabe resaltar la presencia de un riachuelo que, en la temporada de lluvias, genera la activación de este derrumbe que llega hasta el piso del valle del rio Santa teresa.

Figura 60

Derrumbe de materiales rocosos (Progr. 7+500 Km)



Fuente: Elaboración Propia

Para la mitigación de esta problemática, se sugiere realizar una descolmatación de las partes altas, la construcción de un sistema de gaviones aprovechando el material existente de esta zona y la canalización respectiva del riachuelo.

C) Presencia de deslizamiento reciente (Progr. 12+000 Km)

Es este sector muy cercano al poblado de Colcapampa, se evidencia la presencia de deslizamiento que comprende un extenso tramo de la vía, calculada en unos 150 metros aproximadamente, donde el material predominante es material cuaternario como limos, arcillas, gravas y en menor proporción clastos de gran tamaño, en este tramo se observan cárcavas, y pequeños conos de deyección las cuales llegan hasta el piso del valle del rio Santa Teresa, no se observa la presencia de riachuelos ni aguas de escorrentía, por lo que la mayor actividad de genera en la época de lluvias.

Figura 61

Presencia de cárcavas y cono de deyección



Fuente: Elaboración Propia

Figura 62

Materiales cuaternarios en la Progr. (12+200 Km)



Fuente: Elaboracion Propia

Para mitigar esta problemática, sugerimos la construcción de canaletas de coronación para evacuación de aguas de lluvias, esto en las partes altas, también la construcción de un sistema de muros de contención, así como el remplazo de material si fuera necesario.



CAPÍTULO IV

EVALUACIÓN GEOTECNIA

4.1 GENERALIDADES

Los objetivos y fines del presente trabajo de investigación corresponden a determinar la clasificación SUCS (Sistema Unificado de Clasificación del suelo), la clasificación AASHTO (Asociación Americana de Funcionarios Estatales de Carreteras y Transporte), las características físico-mecánicas, tales como: densidad seca máxima, contenido de humedad óptimo, capacidad de soporte, etc. del material de sub rasante. Además de verificar si estos materiales cumplen con lo mínimo establecido por la normativa para ser utilizado como material de sub rasante, se realizó un estudio a nivel de laboratorio del material para la conformación de la sub rasante; para tal fin se realizó pruebas de laboratorio tales como: contenido de humedad natural, límite líquido, límite plástico, análisis granulométrico, relaciones humedad – densidad (Proctor Modificado), relación de soporte de California (CBR), ensayos de abrasión.

4.2. TRABAJOS DE CAMPO Y LABORATORIO

Previo un reconocimiento del sector donde se realizaron los estudios y la determinación de los ensayos necesarios para el estudio, se procede a establecer una estrategia para efectuar el programa exploratorio y, a partir de ello, se procedió la toma de las muestras necesarias de cada calicata y/o punto de exploración, de manera de poder evaluar aquellas características que siendo determinantes en su comportamiento, resulten de sencilla e indiscutible determinación garantizando la recolección de toda la información necesaria para la evaluación de la Sub Rasante y que nos permita cumplir con los objetivos y fines que queremos alcanzar.

Dentro de los trabajos de campo las prospecciones pueden ser de tipo exploratorio con excavaciones a mano o con maquinaria, extracción de muestras y sondeos.

4.3 EXPLORACIÓN TIPO CALICATA

Para tener una mejor inspección directa y registro fotográfico de los suelos existentes, se realizó la investigación mediante calicatas, el proceso de excavación de calicatas fue realizado con equipo mecánico, las excavaciones para todo el trazo fueron realizado en el mes de mayo del 2024.

- Dimensión de las calicatas: profundidad en promedio 1.5 metros con forma irregular
- Cantidad de excavaciones: 2 calicatas para evaluación de CBR y 9 para caracterización de subrasante y una trinchera para muro de contención distribuidos en toda el área de estudio.
- Tipo de excavación: Excavación mecánica.

Figura 63

Exploración de Sub - Rasante Mediante Calicatas



Fuente: Elaboración propia.

4.4 DISTRIBUCIÓN DE LOS PUNTOS DE EXCAVACIÓN

Considerando la información proporcionada de vía planteada, los puntos de investigación se distribuyen dentro de estas y en las cantidades necesarias tal como se muestra en la tabla siguiente:



Tabla 6

Coordenadas Universal Transversal de Mercator (UTM) de los puntos de Exploración para la caracterización de sub - Rasante.

CARACTERIZACIÓN DE SUB RASANTE				
CÓDIGO (calicata)	NOMBRE	PROGRESIVA	COORDENADAS	
			Este	Norte
C-01	Calicata N°01	0+300	757043.00 E	8536624.00 N
C-02	Calicata N°02	2+390	756708.00 E	8535112.00 N
C-03	Calicata N°03	4+200	756210.00 E	8533695.00 N
C-04	Calicata N°04	7+690	755176.00 E	8531009.00 N
C-05	Calicata N°05	9+100	755333.00 E	8529747.00 N
C-06	Calicata N°06	9+950	755023.00 E	8529076.00 N
C-07	Calicata N°07	11+300	754003.00 E	8528402.00 N
C-08	Calicata N°08	12+200	753224.00 E	8528056.00 N
C-09	Calicata N°09	13+700	752683.00 E	8526703.00 N

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7

Coordenadas UTM de los puntos de exploración para ensayos Relación de Soporte California (CBR) de subrasante.

EVALUACIÓN DE CBR PARA SUB RASANTE				
CÓDIGO (calicata)CBR	NOMBRE	PROGRESIVA	COORDENADAS	
			X	Y
CBR-01	Calicata N° 10	0+300	757026.00	8536591.00
CBR-02	Calicata N° 11	6+940	755468.00	8531681.00

Fuente: Elaboración propia



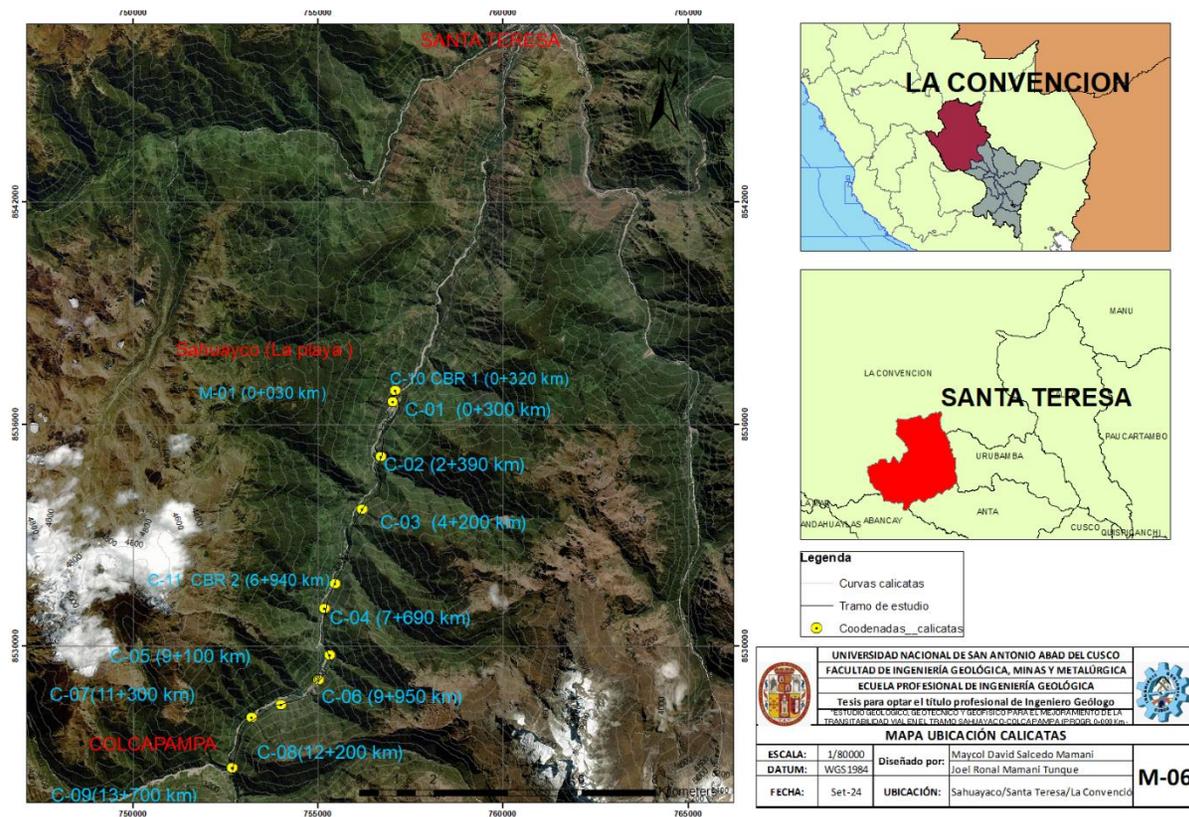
Tabla 8
Coordenadas UTM de la trinchera para determinación de muro de contención

CÓDIGO (trinchera)	NOMBRE	PROGRESIV A	COORDENADAS	
			UTM	
			X	Y
M-01	Trinchera N° 01	0+030 Km	757105.00	8536894.00

Fuente: Elaboración propia.

Figura 64

Mapa de ubicación de calicatas



Fuente: Elaboración propia



4.6 ENSAYOS EN LABORATORIO

Estos ensayos descritos a continuación han sido realizados por el Laboratorio de Suelos y Materiales PRO INGEMA S.A.C y por los integrantes del presente trabajo de tesis. Todas las muestras representativas obtenidas de los estratos de las calicatas del suelo de fundación cuentan con los siguientes ensayos.

4.6.1 LISTA DE NORMAS UTILIZADAS

- Muestreo de Suelos y Rocas MTC E 101 – 2016
- Reducción de muestras de campo a muestras de ensayo MTC E 103 – 2016
- Conservación y Transporte de muestras de suelos MTC E 104 – 2016
- Obtención en laboratorio de muestras representativas MTC E 105 – 2016
- Análisis granulométrico de Suelos por Tamizado MTC E 107 – 2016
- Contenido de Humedad de un suelo MTC E 108 – 2016
- Determinación del Límite Líquido de los Suelos MTC E 110 – 2016
- Determinación del Límite Plástico e Índice de Plasticidad MTC E 111 – 2016
- Gravedad Específica de los Suelos MTC E 113 – 2016
- Relaciones Humedad - Densidad (Proctor modificado) MTC E 115 – 2016
- Relación de Soporte de California (CBR) MTC E 132 – 2016
- Descripción e Identificación de Suelos ASTM D-2488
- Clasificación de Suelos según SUCS ASTM D-2487
- Clasificación de suelos según AASHTO AASHTO M-145

4.6.2 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO BASADO EN AMERICAN SOCIETY OF TESTING AND MATERIALS (ASTM D-421)

La granulometría se refiere a cómo se distribuyen las partículas de un suelo según su tamaño. En este estudio, se determinó mediante un proceso de tamizado, en el cual el suelo se pasó a través de mallas con diferentes tamaños de apertura hasta alcanzar el tamiz N.º 200, con un diámetro de 0.074 milímetros. Se consideró únicamente el material que atravesó completamente esta malla. Para analizar las partículas más finas, se utilizó el método de sedimentación. Los resultados obtenidos de este procedimiento se muestran en una curva granulométrica.

Figura 65

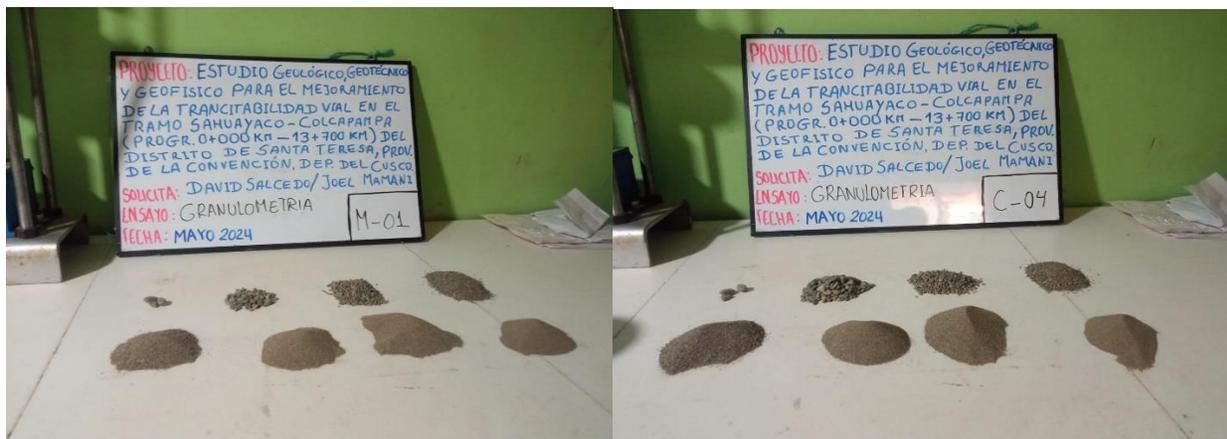
Se observa el ensayo de granulometría para clasificación de suelo



Fuente: Elaboración propia

Figura 66

Ensayos de granulometría



Fuente: Elaboración propia

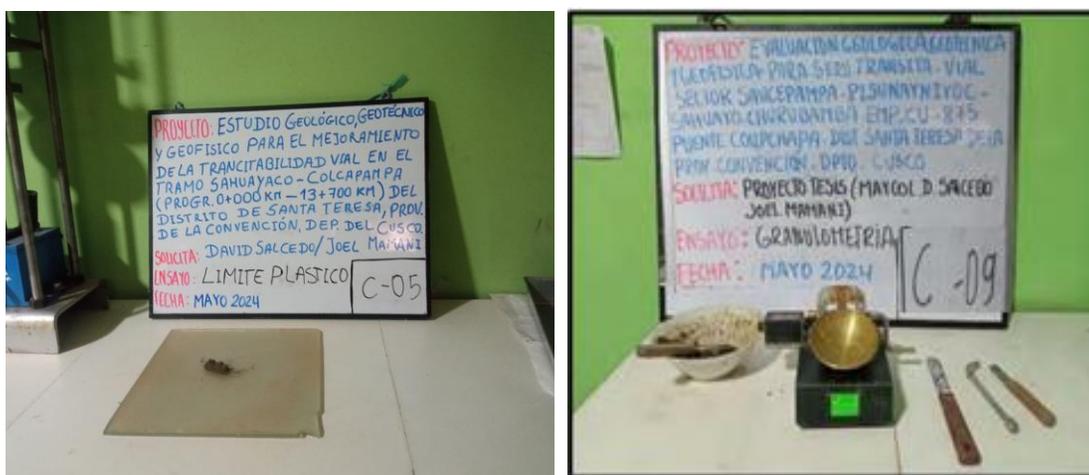
4.6.3 Límite líquido (ASTM D-423) y límite plástico (ASTM D-424)

La plasticidad de un suelo es su habilidad para ser moldeado, influenciada por la cantidad de arcilla en el material que atraviesa la malla N° 200, ya que esta actúa como aglutinante. Dependiendo de su

contenido de humedad, un suelo puede estar en estado líquido, plástico o seco. Cuando tiene suficiente humedad y no puede ser moldeado, está en un estado semilíquido. Al reducirse la humedad, el suelo se vuelve moldeable, alcanzando el estado plástico. El límite entre los estados semilíquido y plástico se llama límite líquido plástico, y el cambio de plástico a semiseco se denomina Límite Plástico (ASTM D-424).

Figura 67

Se observa el ensayo de ensayo de límite líquido y límite plástico para la clasificación de suelos



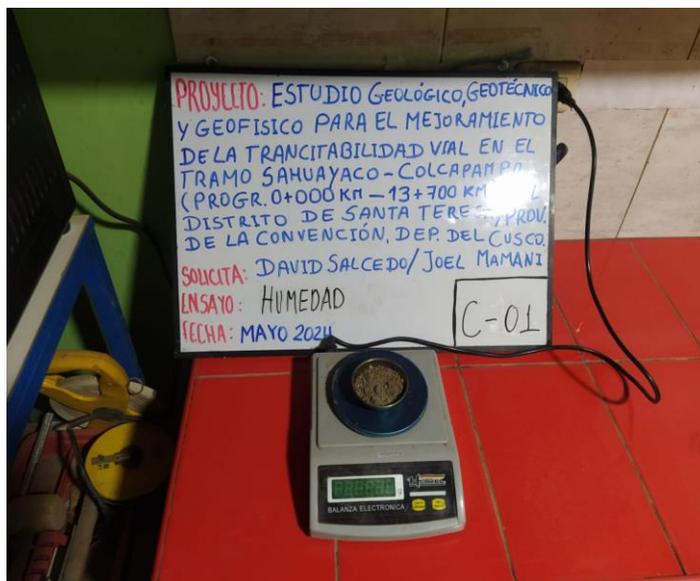
Fuente: Elaboración Propia

4.6.4 Contenido de humedad natural (ASTM D-2216)

El contenido de humedad de una muestra es la cantidad de agua presente, expresada como un porcentaje del peso seco del material. Dado que este valor puede cambiar con las condiciones atmosféricas, es crucial realizar el ensayo y usar los resultados de inmediato para evitar errores en los cálculos.

Figura 68

Se observa el ensayo de humedad natural para la clasificación de suelos



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9

Cuadro de los resultados de los ensayos realizados y su interpretación

CALICAT A	PROGR ESIVA	HUMED AD	LIMITE LIQUID O	LÍMITE PLÁSTIC O	ÍNDICE DE PLASTICID AD	CLASIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN
						SUCS	AASHT OO	
C-01	0+300	7.31 %	NP	NP	NP	GM	A-1-b (0)	Grava limosa arenosa
C-02	2+390	5.97 %	NP	NP	NP	SM	A-1-b (0)	Arena limosa gravosa
C-03	4+200	18.26 %	NP	NP	NP	GM	A-1-b (0)	Grava limosa arenosa
C-04	7+690	8.42 %	NP	NP	NP	SM	A-1-b (0)	Arena limosa gravosa



C-05	9+100	6.49 %	NP	NP	NP	SM	A-1-b (0)	Arena limosa con grava	
C-06	9+950	13.70 %	NP	NP	NP	GM	A-1-b (0)	Grava limosa con arena	
C-07	11+300	10.23 %	NP	NP	NP	GM	A-4 (1)	Grava limosa con arena	
C-08	12+200	11.74 %	NP	NP	NP	GM	A-1- b(0)	Grava limosa arenosa	
C-09	13+700	Roca metamórfica							

Fuente: Elaboración propia.

Donde: NP: No presenta

GM: Grava limosa

SM: Arena limosa

A-1-b: Fragmentos de roca, grava y arena

4.6.5. ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557)

El ensayo de Proctor modificado tiene como propósito identificar el contenido de humedad óptimo para alcanzar la máxima densidad seca del suelo a través de un proceso de compactación. Este procedimiento se realiza antes de agregar material al terreno, con el objetivo de determinar cuánta agua es necesaria para optimizar la compactación.

Este proceso evalúa cómo el contenido de agua inicial del suelo influye en la compactación, destacando la importancia de ajustar adecuadamente la cantidad de agua para obtener resultados óptimos. Al aumentar la humedad desde niveles bajos, se incrementa la densidad seca, mejorando la compactación. Sin embargo, esta tendencia no es indefinida, ya que un exceso de humedad provoca una disminución de la densidad seca, resultando en una compactación menos eficiente.

Así, para un tipo de suelo específico, existe un nivel de humedad "óptimo" que maximiza la densidad seca mediante este método. En suelos finos, como los arcillosos, con bajos niveles de agua, esta se encuentra en forma capilar, generando fuerzas de compresión entre las partículas del suelo, lo que complica la compactación al formar grumos. A medida que aumenta el agua, disminuye la tensión capilar, mejorando la compactación. No obstante, cuando el exceso de agua llena los vacíos del suelo, impide una compactación adecuada, ya que el agua no se desplaza fácilmente bajo el impacto del pisón.

Figura 69

Ensayos de Proctor



Fuente: Elaboración propia.

4.6.6 California Bearing Ratio– CBR (ASTM D-1883)

El Índice de California (CBR) mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo en condiciones controladas de humedad y densidad. Es un parámetro clave en el diseño de pavimentos flexibles, basado

en relaciones empíricas, y se expresa como un porcentaje. Este índice refleja la fuerza necesaria para que un pistón penetre a una profundidad específica en una muestra de suelo granular. Los valores se obtienen para distintas profundidades de penetración, siendo el CBR de diseño el valor correspondiente a 0.1 pulgadas. Dado que el CBR varía según la compactación y el contenido de humedad del suelo, es crucial replicar en laboratorio las condiciones reales del terreno, lo que requiere un control riguroso. En casos donde no se pueda asegurar que el suelo no retendrá humedad después de la construcción, los ensayos se realizan en muestras saturadas.

Figura 70

Ensayo de CBR



Fuente: Elaboración propia



La tabla "Capacidad de Carga - CBR" presenta las propiedades mecánicas de los suelos derivadas del ensayo Proctor. Estos valores se emplean para calcular la capacidad de soporte, que sirve de guía en el diseño estructural del pavimento adaptado de la información proporcionada.

En el CBR 1 nos da como resultado de densidad máxima seca de 2.51 gr/cm³ con un contenido de humedad optima de 7.81%, y en el CBR 2 nos da los resultados de densidad máxima seca de 2.11 gr/cm³ y contenido de humedad optima de 6.05%.

Tabla 10

Cuadro de los resultados de los ensayos realizados y su interpretación

CALICATA	PROGRESIV A	HUMEDA D	CLASIFICACIÓN		PROCTOR MODIFICADO		C.B.R.(2.5mm)	
			SUCS	AASHTO	MDS (gr/cc)	C.O. H (%)	C.B.R. al 95 % de la M.D.S.	C.B.R. al 100 % de la M.D.S
CBR-01 (Calicata Nº10)	0+300	10.27%	GM	A-1-b (0) = Grava limosa arenosa	2.51 gr/cm ³	7.81 %	13.47%	16.95%
CBR-02 (Calicata Nº 11)	6+940	8.95%	GM	A-1-a (0) = Grava limosa arenosa	2.11 gr/cm ³	6.05 %	15.87%	21.98%

Fuente: Elaboración propia.



4.6.7 Ensayos en la trinchera para el muro de contención M-01

Tabla 11

Perfil estratigráfico

PERFIL DE SUELOS EN MUROS DE CONTENCIÓN			
TRINCHERA	CARACTERIZACIÓN DE ESTRATOS		
	ESTRATO	ALTURA	COMPOSICIÓN
M-01	-	0.00-5.00m	ARENA LIMOSA CON ARENA (SM) : Conformada por Gravas pizarrosas sub angulosos a angulosos con diámetros promedios de 5-10 cm, con presencia de bloques con diámetros promedios mayores a los 25 cm, pobremente gradada, estos se encuentran inmersos en una matriz areno limosa de coloración gris rojiza, conformado por 70% de gravas con bloques y 30% de matriz areno limosa, presenta humedad, nula plasticidad, presenta una moderada a baja compacidad, el punto de exploración se realizó en el talud adyacente a la trocha existente a 5 m aproximadamente de altura con respecto al canal de rio fluvial, observándose la misma litología.

Fuente: Elaboración propia.



Tabla 12

Granulometría

PUNTO DE EXPLORACIÓN TRINCHERA	PRO GR.	FINALIDAD	HUMEDAD NATURAL	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO			LÍMITES DE CONSISTENCIA			CLASIFICACIÓN SUCS	
				%GRAVA	%ARENAS	%FINOS	LL %	LP %	IP %		
M-01	0+30 Km	Muro de contención	3.95%	20.89 %	55.02%	24.09 %	PN	PN	P N	SM	Arena limosa con grava

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13

Densidad

PUNTO DE EXPLORACIÓN TRINCHERA	PROGR.	FINALIDAD	DENSIDAD		
			DENSIDAD NATURAL	DENSIDAD NATURAL SECA	DENSIDAD SATURADA
M-01	Km 0+030	Muro de contención	1.93 gr/cm ³	1.77 gr/cm ³	2.20 gr/cm ³

Fuente: Elaboración propia

En la tabla se puede ver los resultados de los ensayos para el muro de contención cuya metodología es la trinchera, para ello también se tiene que sacar los resultados de la densidad, natural. Densidad natural seca y densidad saturada para luego con esos datos hallar la capacidad portante del suelo.

Tabla 14

Ensayo de Corte directo

PUNTO DE EXPLORACIÓN TRINCHERA	PROGR.	FINALIDAD	ENSAYO CORTE DIRECTO	
			COHESIÓN	FRICCIÓN
M-01	Km 0+030	Muro de contención	0.01 kg/cm ²	32° 50' 11"

Fuente: Elaboración propia

Se puede ver los resultados de ensayo de la trinchera con el propósito de realizar muro de contención en la entrada del poblado de Sahuayaco.

Figura 71

Ensayo de corte directo



Fuente: Elaboración propia

Se puede ver en la fotografía el equipo de corte directo, cuyos datos nos servirán para hallar la capacidad de soporte del suelo.



CAPACIDAD PORTANTE Y CARGA ADMISIBLE

M01 (Capacidad Admisible) kg/cm²

Tabla 15

Resultados de carga admisible de la trinchera M01

Df(m)	MURO DE CONTENCIÓN M-01 (Capacidad Admisible) kg/cm ²								
	B=1.5 m	B=2.0 m	B=2.5 m	B=3.0 m	B=3.5 m	B=4.0 m	B=4.5 m	B=5.0 m	B=5.5 m
1.00	0.60	0.64	0.69	0.75	0.81	0.88	0.95	1.01	0.92
1.25	0.71	0.73	0.77	0.83	0.89	0.95	1.02	1.01	0.92
1.50	0.83	0.84	0.87	0.91	0.97	1.03	1.09	1.01	0.92
1.75	0.97	0.95	0.97	1.01	1.05	1.11	1.12	1.01	0.92
2.00	1.12	1.07	1.08	1.10	1.14	1.19	1.12	1.01	0.92

Fuente: Elaboración Propia

Es válida la interpolación entre dimensiones y profundidades mostrada en las columnas

- B: ancho de cimentación
- Df: profundidad de cimentación

Las capacidades para las zapatas rectangulares son realizadas con la teoría de Meyerhof y considerando una Falla local, todas ellas verificadas por asentamiento y Las profundidades de cimentaciones están referidas al nivel de terreno actual



4.6.7 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

Perfil de suelo

Basándose en la información de los ensayos in situ y en el laboratorio de suelos se identificaron y se diferenciaron estratos y materiales que están presentes en el tramo de estudio.

En la calicata C-01(calicata 1), C-03, C-06.C-07 y C-08 se puede observar y se clasifica como Grava Limosa con Arena (GM)que está Conformado por gravas pizarrosas angulosos con diámetros promedios de 3 a 15 cm, inmersos en una matriz areno limosa de coloración gris rojiza, conformado aproximadamente por 60% de gravas y 40% de matriz limo arenoso, presenta humedad, de moderada compacidad, presenta abundante presencia de raíces y de nula plasticidad.

En la C-02 ,C-04 y C-05 se le clasifica de acuerdo a ,los ensayos que se hizo Arena Limosa con Grava (SM).Conformado por depósitos fluviales compuestos por gravas de origen metamórfico e ígneo con formas redondeadas y sub redondeadas con diámetros promedios de 5 a 15 cm, presentan bolones subredondeada con diámetros promedios mayores a los 25 cm, estas se encuentran inmersos en una matriz areno limoso de coloración gris parduzca, conformado aproximadamente por 40% de gravas con bloques y 60% de matriz areno limoso, presenta humedad, de moderada compacidad, y de nula plasticidad, la zona de exploración se encuentra cercano a macizos rocosos metamórficos (mica esquistos), por ello es probable que a mayor profundidad se presencie la capa rocosa.

En la calicata C-09 se observa Roca Metamórfica denominada micaesquistos bandeados , se presentan como intercalaciones de bandas oscuras que contienen generalmente minerales máficos con bandas más claras compuestos generalmente por minerales félsicos, este bandeo se desarrolla perpendicular a la dirección de mayor compresión, su foliación se ve muy marcada por la abundante presencia de material micáceo(moscovita) presentando intercalaciones de bandas lepidoblasticas, este macizo rocoso se encuentra fisurado y moderadamente alterado.



4.7 ESTUDIO FÍSICO QUÍMICO DE FUENTES DE AGUA

El monitoreo se realizó para evaluar la calidad del recurso hídrico y diagnosticar su estado a través de la evaluación de indicadores físico-químicos de la calidad del agua, en el trabajo de investigación titulado: Estudio geológico, geotécnico y geofísico para el mejoramiento de la transitabilidad vial en el tramo Sahuayaco-Colcapampa (progr. 0+000 km - 13+700 km) del distrito de Santa Teresa, provincia de La Convención, departamento del Cusco-2024. Estas mediciones se desarrollaron a través de metodologías y procedimientos estandarizados, según el protocolo de monitoreo de agua, para uso en conformación de subbase, base, rellenos y producción de concreto hidráulico. Comparar los resultados obtenidos en el monitoreo de calidad de agua, con la Normativa Nacional vigente según el manual de carreteras – especificaciones técnicas generales para construcción EG-2013

4.7.2 MARCO LEGAL

- ✓ Manual de carreteras – especificaciones técnicas generales para construcción EG-2013.
- ✓ Manual de ensayo de materiales R.D. N°18-2016-MTC/14
- ✓ Contenido de sulfatos NTP 339.088, NTP 339.074, ASTM D516, MTC E 716.
- ✓ Contenido de cloruros NTP 339.088, NTP 339.076, ASTM D512, MTC E 716.
- ✓ pH NTP 339.088, NTP 339.073, ASTM D907, MTC E 716.
- ✓ Sólidos en suspensión NTP 339.088, ASTM D5907, MTC E 716.
- ✓ Materia orgánica NTP 339.088, NTP 339.072, MTC E 716



4.7.3 METODOLOGÍA UTILIZADA

El monitoreo de la calidad del agua se llevó a cabo utilizando métodos estandarizados para el análisis de aguas potables y residuales, según lo publicado en conjunto por la American Public Health Association (APHA), la American Water Works Association (AWWA), y la Water Pollution Control Federation (WPCF).

Los resultados obtenidos se compararon con lo establecido en el Manual de Carreteras - Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013, cuya aplicación es de cumplimiento obligatorio para las entidades encargadas de la gestión de carreteras a nivel nacional, regional y local.

4.7.4 FUENTES MUESTREADAS.

EL presente proyecto consta de 2 fuentes del tipo Riachuelos

Tabla 16

Ubicación de fuentes de agua muestreadas

FUENTES MUESTREADAS	Ubicación Coordenadas UTM		
	Norte (m)	Sur (m)	Cota (m.s.n.m)
Fuente de agua 01	8539207.00	758100.00	1914.00
Fuente de agua 02	8533210.00	756036.00	2309.00

Fuente: Elaboración propia

Figura 73

Fuente de agua 01



Fuente: Elaboración propia

Figura 74

Fuente de agua 02



Fuente: Elaboración propia



4.7.5 RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS

a) Fuente de agua -01

Ubicada el Noreste del tramo de estudio cerca al lugar denominado Lucmabamba, fuente que es afluente al rio Santa Teresa.

Tabla 17

Resultados Químicos fuente de agua -01

RESULTADOS QUÍMICOS				
Determinaciones	Unidad de medida	Límite máximo permisible	Valoración Hallados	Comentario
Cloruros	ppm	1000	38	Cumple
Sulfatos	ppm	600	5	Cumple
pH	Valor de pH	5.5-8.0	7.8	Cumple
Sólidos en suspensión	ppm	5000	100	Cumple
Materia orgánica	ppm	3.00	1	Cumple
Conductividad eléctrica	μS/cm	-	279	Cumple
Alcalinidad total	ppm	1000	81	Cumple

Fuente: Elaboración propia.



b) Fuente de agua -02

Tabla 18

Resultados Químicos fuente de agua -02

RESULTADOS QUÍMICOS				
Determinaciones	Unidad de medida	Límite máximo permisible	Valoración Hallados	Comentario
Cloruros	ppm	1000	6	Cumple
Sulfatos	ppm	600	4	Cumple
pH	Valor de pH	5.5-8.0	7.4	Cumple
Sólidos en suspensión	ppm	5000	80	Cumple
Materia orgánica	ppm	3.00	1	Cumple
Conductividad eléctrica	μS/cm	-	113	Cumple
Alcalinidad total	ppm	1000	65	Cumple

Fuente: Elaboración propia.

Los indicadores físico químicos de la calidad del agua realizadas a las muestras extraídas de agua (fuente 1 y 2), presentan valores de análisis por debajo de los límites máximos tolerables, por consiguiente, las clasifica como aptas para su uso en conformación en subbase, base, rellenos y producción de concreto hidráulico.



4.8 EVALUACIÓN DE CANTERA

El estudio de cantera tiene como finalidad ofrecer el respaldo técnico necesario en cuanto a la determinación, a nivel de estudio definitivo, del volumen y la calidad de los materiales disponibles para la construcción en el proyecto titulado "Estudio geológico, geotécnico y geofísico para el mejoramiento de la transitabilidad vial en el tramo Sahuayaco-Colcapampa (progr. 0+000 km - 13+700 km) del distrito de Santa Teresa, provincia de La Convención, departamento del Cusco-2024".

4.8.1 NORMATIVIDAD

El ensayo de laboratorio se realizó siguiendo las directrices y recomendaciones establecidas en el “Manual de Ensayos de Materiales para Carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), aprobado por la RD N° 028-2001-MTC/15.17, el cual incluye las normas ASTM (American Society for Testing Materials) y AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials).

Para interpretar los resultados obtenidos tanto en laboratorio como in situ, y verificar si los materiales cumplen con los requisitos mínimos normativos, se emplearon tres referencias:

4.8.2 INVESTIGACIÓN DE CAMPO

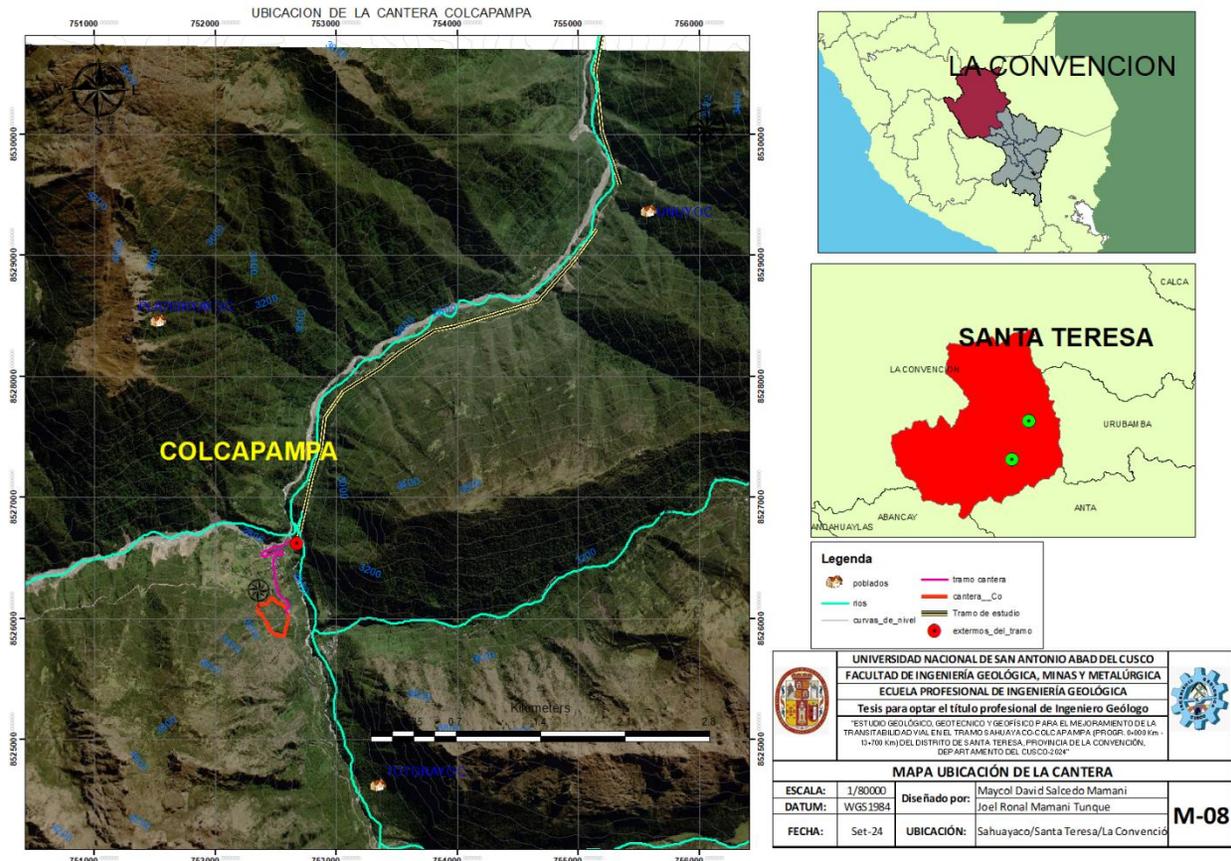
Como parte del proyecto de estudio, se llevó a cabo la localización, investigación y verificación de las propiedades físico-mecánicas de los materiales extraídos de una cantera situada cerca del final del tramo, en las proximidades del poblado de Colcapampa. Por este motivo, los investigadores decidimos denominar a esta cantera como "Cantera Colcapampa", la cual presenta las siguientes características.

4.8.3 UBICACIÓN

La cantera se ubica posterior al tramo del Sahuayaco - Colcapampa, en el distrito de Santa Teresa, en un tramo trocha carrozable de unos 2 km.

Figura 75

Ubicación de la cantera en Colcapampa



Fuente: Elaboración propia

En la figura se puede observar que la cantera planteada para su uso de mejoramiento se encuentra al sur oeste del tramo de estudio a 2 km del final de dicho tramo Sahuayaco -Colcapampa, para ser más precisos a 2 km del poblado de Colcapampa.



4.8.4 MATERIAL DE CANTERA

La cantera presenta un relieve natural de moderada pendiente, en el corte de carretera y las calicatas prospectadas se observan gravas de origen metamórfico (esquistos- gneis) subangulosos a angulosos con diámetro promedios de 5-17cm, presenta bloques sub angulosos con diámetros promedios de 35 a 60 cm, presentan una buena gradación (heterométrica muy pronunciada), estos se encuentran inmersos en una matriz areno limosa de coloración gris parduzca, presenta humedad, presenta una moderada compacidad, el punto de estudio representa un característico depósito aluvial, hacia la parte superior del talud presenta abundante cobertura vegetal.

4.8.5 ACCESIBILIDAD

Se encuentra disponible como ruta de acceso a la cantera en una trocha carrozable alternativa que se ubica al final del proyecto de estudio (km 13+700), a una distancia de 2 kilómetros aproximadamente.

Tabla 19

Ubicación de la cantera Colcapampa

CANTERA	PROGRESIVA	TRAMO	ACCESO	ESTADO DEL ACCESO	LONGITUD DE ACCESO	USO
Cantera Colcapampa	Km 15+700	Final de vía de estudio y sector Colcapampa	SI	Trocha Carrozable	2 km	Sub base y base granular

Fuente: Elaboración Propia



Tabla 20

Coordenadas de la cantera Colcapampa

CUADRO DE COORDENADAS						
CANTERA	USO	CALICATA	PROGRESIVA	NORTE	ESTE	ZONA
CANTERA COLCAPAM PA	Sub base y base granular	C-01	Km 15+700	8526064.96 m S	752583.22 m E	18 L
		C-02	Km 15+780	8526118.24 m S	752583.22 m E	18 L
		C-03	Km 15+950	8526153.83 m S	752484.43 m E	18 L

Fuente: Elaboración Propia

4.8.6 POTENCIA

El área aproximada de exploración de los materiales según lo estimado en campo es de 31,264 m² con una capa superficial desechable de 0.50 m compuesta por material orgánico, la profundidad de aprovechamiento es como mínimo de 2.00 metros y se espera un rendimiento de 70% mediante Zarandeo con tamaño máximo de 1 1/2”, en el cuadro siguiente se muestra la potencia Neta.

Tabla 21

Potencia de Cantera Colcapampa

CANTERA	USO	ÁREA (m ²)	ALTURA PROMEDIO (m)	POTENCIA BRUTA (m ³)	RENDIMIENTO	POTENCIA NETA (m ³)
Cantera Colcapampa	Sub Base y base granular	31,264	2.00 m	81,286.40	70%	56,900.48

Fuente: Elaboración propia



4.8.7 USO

En base a la evaluación de los resultados de laboratorio y especificaciones técnicas del MTC-2016 se determinó que el uso principal es de material propicio para la conformación de sub base y base granular.

4.8.8 DISPONIBILIDAD

La cantera denominada Colcapampa es de “Libre disponibilidad”, a razón de que esta pertenece a la Municipalidad Distrital de Santa Teresa. A continuación, se muestra un cuadro resumen de las características del material de cantera a explotar.

Tabla 22

Resumen de características de la cantera Colcapampa

CANTERA COLCAPAMPA	
UBICACIÓN	Posterior al tramo Sector Saucepampa - Puente Collpchapa, en el sector de Colcapampa
ACCESO	A 2 km del final del tramo Sector Saucepampa - Puente Collpchapa.
POTENCIA	56,900.48m ³
USO	Sub base y base granular
TRATAMIENTO	Mediante una Zaranda Estática, el equipo requerido será el convencional (cargador frontal, camión volquete, zaranda estática) pudiendo ser explotada en cualquier época del año
MATERIAL	Grava limosa arenosa
FORMA	Anguloso
COLOR	Grisáceo-con Óxidos
TEXTURA	Rugosa 70% y 30% lisa



DUREZA	Media-baja
RENDIMIENTO	70%

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestran las propiedades mecánicas -resultados de laboratorio de las muestras extraídas de las canteras anteriormente mencionadas

Tabla 23

Granulometría cantera Colcapampa

CANTERA	IDENTIFICACIÓN	GRANULOMETRÍA (% QUE PASA)						
		3"	2"	3/4"	Nº 4	Nº 10	Nº 140	Nº 200
CANTERA COLCAPAMPA	CALICATA C-01	100 %	100%	67.16%	40.57%	27.67%	8.41%	6.59%
	CALICATA C-02	100 %	100%	77.47%	45.91%	35.99%	15.70%	12.26%
	CALICATA C-03	100 %	100%	74.37%	45.76%	37.36%	11.26%	7.94%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 24

Límite de consistencia y clasificación del suelo de la cantera Colcapampa

CANTERA	IDENTIFICACIÓN	LÍMITES DE CONSISTENCIA (PAS.Nº40)			CLASIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN	HUMEDAD NATURAL
		LL %	LP %	IP %	SUCS	AASHTO		
CANTERA COLCAPAMPA	CALICATA C-01	NP	NP	NP	GW - GM	A-1-a (0)	Grava bien graduada con limo y arenosa	3.39%



	CALICAT A C-02	22.00 %	NP	NP	GM	A-1-a (0)	Grava limosa arenosa	4.38%
	CALICAT A C-03	23.00 %	NP	NP	GW - GM	A-1-a (0)	Grava bien graduada con limo y arenosa	3.08%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 25

Ensayos de PROCTOR y CBR

IDENTIFICACIÓN	PROCTOR		CBR (mm)				ABRASIÓN	EQUIVALENTE DE ARENA	PART. CON UNA CARA FRACT.	PART. CHATAS Y ALARGADAS	SALES SOLUBLES
	C.O.H	M.D.S.	2.5mm		5.08mm						
			100 %	95%	100 %	95%					
Cantera Colcapampa	5.91 %	2.20 gr/cm ³	60.61 %	48.89 %	76.42 %	64.33 %	29.36 %	48.40 %	79.86 %	15.3%	0.085 %

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 26

Comparación de resultados con la normativa para material de sub base granular

COMPARACIÓN DE RESULTADOS CON LOS EXIGIDOS CON LA NORMATIVA PARA MATERIAL DE SUB BASE GRANULAR			
ENSAYOS	LÍMITES NORMATIVOS	RESULTADO CANTERA COLCAPAMPA	
Gradación del Material	A, B, C, D	A	CUMPLE
Abrasión Los Ángeles	50 % Máx.	29.36%	CUMPLE



CBR	40 % Min.	60.61%	CUMPLE
Límite Líquido	25 % Máx.	26.00%	CUMPLE
Índice de Plasticidad	6 % Max.	NP	CUMPLE
Equivalente de Arena	25 % Min.	48.40%	CUMPLE
Sales Solubles	1 % Max.	0.085%	CUMPLE
Partículas Chatas y Alargadas	20 % Máx.	15.27%	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia.

Del cuadro anterior la cantera Colca pampa cumple para ser utilizada como material de su base granular.

Tabla 27

Comparación de resultados con la normativa para material de base granular

COMPARACIÓN DE RESULTADOS CON LOS EXIGIDOS CON LA NORMATIVA PARA MATERIAL DE BASE GRANULAR			
ENSAYOS	LÍMITES NORMATIVOS	RESULTADO CANTERA COLCAPAMPA	
Gradación del Material	A, B, C, D	A	CUMPLE
Abrasión Los Ángeles	40 % Máx.	29.36%	CUMPLE
CBR	80 % Min.	60.61%	NO CUMPLE
Límite Líquido	25 % Máx.	26.00%	CUMPLE
Índice de Plasticidad	4 % Max.	NP	CUMPLE
Equivalente de Arena	35 % Min.	48.40%	CUMPLE
Sales Solubles	0.5 % Max.	0.085%	CUMPLE



Partículas con una Cara Fracturada	80 % Min.	79.86%	CUMPLE
Partículas Chatas y Alargadas	15 % Max.	15.27%	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia.

Del cuadro anterior se puede observar que la cantera Colcapampa no cumple para ser utilizada como base granular, por lo que se recomienda la estabilización mediante cemento lo correspondiente a la cantera Colcapampa.

Tabla 28

Resultados de la clasificación para la cantera de Colcapampa

CANTE RA	IDENTIFICA CIÓN	PROG.	LÍMITES DE CONSISTENCIA (PAS.N°40)			CLASIFICACIÓN		DESCRIPC IÓN	HUMEDAD NATURAL
			LL%	LP%	IP%	SUC S	AASHTO		
Cantera Colcapa mpa	Calicata C- 01	Km 15+700	NP	NP	NP	GW- GM	A-1-a (0)	Grava bien graduada con limo y arenosa	3.39%
	Calicata C- 02	Km 15+780	22.00 %	NP	NP	GM	A-1-a (0)	Grava limosa arenosa	4.38%
	Calicata C- 03	Km 15+950	23.00 %	NP	NP	GW- GM	A-1-a (0)	Grava bien graduada con limo y arenosa	3.08%

Fuente: Elaboración propia



Las observaciones realizadas en el campo, combinadas con los resultados de los ensayos en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y la clasificación visual de los materiales, permiten analizar y detallar sus propiedades físico-mecánicas. Esto facilita determinar su idoneidad para ser utilizados o descartados según su calidad en relación con las obras previstas en el estudio. Los estratos identificados en el campo fueron clasificados de acuerdo con las normativas AASHTO y SUCS, y evaluados conforme a la Norma EM-2000 del MTC.

Tabla 29

Resumen de resultados Proctor y CBR para la cantera Colcapampa

IDENTIFICACIÓN	PROCTOR		CBR (mm)				ABRASIÓN	EQUIVALENTE DE ARENA	PART. CON UNA CARA FRACT.	PART. CHATAS Y ALARGADAS	SALES SOLUBLES
	C.O.H	M.D.S.	2.5mm		5.08mm						
			100%	95%	100%	95%					
Cantera Colcapampa	5.91%	2.20 gr/cm ³	60.61%	48.89%	76.42%	64.33%	29.36%	48.40%	79.86%	15.3%	0.085%

Fuente: Elaboración propia

4.8.9 PERFILES ESTRATIGRÁFICOS DE LA CANTERA

En el perfil se muestra la descripción de la litología que se evidencia de manera visual conforme se avanza a la profundidad de la calicata se va describiendo la composición del perfil estratigráfico y además se complementa esta descripción con los ensayos de laboratorio sobre todo la clasificación del suelo (ver anexos).

4.9 EROSIÓN QUÍMICA ASOCIADA A LA INESTABILIDAD DEL TRAMO DE ESTUDIO

A lo largo del tramo de estudio la presencia de micaesquistos provenientes de los afloramientos cercanos de roca metamórfica, es importante al inicio del tramo de estudio, y por la naturaleza física y química de este material asociado a la presencia de infiltraciones de agua, el inicio del tramo de estudio presenta graves problemas de estabilidad.

Figura 76

Afloramiento de micaesquistos Progresiva 0+000 Km



Fuente: Elaboración Propia.

4.9.1 Erosión Química de los Micaesquistos

Según Goldich (1938). Los micaesquistos son rocas metamórficas compuestas predominantemente por micas (biotita y moscovita) y cuarzo, las cuales están sujetas a procesos de alteración química cuando interactúan con agentes climáticos y ambientales, como el agua y los gases atmosféricos. Este proceso resulta en cambios mineralógicos y químicos que afectan la estabilidad de la roca en el ambiente natural.

Figura 77

Presencia de aguas de escorrentía al inicio del tramo Sahuayaco – Colcapampa



Fuente: Elaboracion Propia

4.9.2 Procesos de Erosión Química:

Hidrólisis

La interacción del agua con las micas produce la formación de minerales arcillosos, como la caolinita. Según Goldich (1938), las micas son minerales relativamente menos estables en ambientes húmedos y tienden a alterarse rápidamente bajo condiciones climáticas tropicales o templadas.

Oxidación

La biotita, que contiene hierro, se oxida en presencia de oxígeno, generando minerales secundarios como hematita o limonita. Este proceso es común en ambientes bien oxigenados y con humedad moderada.

Lixiviación

El transporte de cationes como potasio, calcio y sodio por el agua altera la composición mineralógica del micaesquistos, dejando una matriz empobrecida.



4.9.3 Relevancia en el estudio del tramo Sahuayaco – Colcapampa

El estudio de la erosión química de los micaesquistos tiene implicancias significativas en la comprensión de la formación de suelos, la estabilidad de taludes y la geodinámica externa. Los suelos derivados de micaesquistos tienden a ser ricos en minerales arcillosos, lo que afecta su estabilidad mecánica.

Por lo tanto, en este sector del tramo Sahuayaco – Colcapampa, es necesario realizar importantes estrategias para mitigar esta problemática:

1.- proponer la construcción de canales de coronación en la parte alta de este tramo ya que son estructuras de drenaje fundamentales para proteger los taludes y la plataforma de la vía de los efectos de la erosión y del agua superficial, con esto evitaremos que el agua de escorrentía llegue directamente al talud y genere daños estructurales.

2.- Realizar un remplazo de estos materiales arcillosos producto de la erosión química de los micaesquistos, por otros más competentes, como los materiales presentes en la Cantera Colcapampa descrito en este trabajo de investigación, así como incidir en los trabajos de compactación de la vía para un mejor resultado.



CAPÍTULO V

EVALUACIÓN GEOFÍSICA

5.1 ENSAYOS DE REFRACCIÓN SÍSMICA

Para el presente trabajo de investigación en el cumplimiento de los objetivos, se ejecutaron los ensayos geofísicos de Refracción Sísmica y MASW 1D/2D (Análisis Multicanal de las Ondas Superficiales), para el Mejoramiento del Servicio de Transitabilidad Vial Interurbana en la vía cuyo código nacional es la CU-109, en el tramo Sahuayo - Colcapampa la cual pertenece al distrito de Santa Teresa de la provincia de La Convención del departamento de Cusco. El presente trabajo de investigación, especifica los trabajos de prospección geofísica ejecutados, asimismo, se describe la metodología, procedimientos y resultados.

Cuyos fines son determinar y evaluar las velocidades de propagación de ondas Vp (ondas primarias y Vs (ondas secundarias) a través de ensayos geofísicos de Refracción Sísmica y MASW-1D, determinar los contactos litológicos, materiales en el subsuelo y los parámetros dinámicos del suelo a través de ensayos geofísicos de refracción sísmica y MASW-1D y delimitar la estratigrafía y determinar la profundidad de macizos rocosos de forma indirecta. Contar con el estudio Geofísico para caracterizar el subsuelo en función a las ondas Vp y Vs

5.3 EQUIPO UTILIZADO

- Wincha (flexómetro)
- Martillo de geólogo
- Brújula
- Sistema de posicionamiento global (GPS)
- Cámara fotográfica



- Bolsas de muestreo
- Sismógrafo digital. - Instrumento usado para medir movimientos de la Tierra. Se basa en el principio de inercia de los cuerpos (todos los cuerpos tienen una resistencia al movimiento o a variar su velocidad)
- Geófonos. - Sensores electromagnéticos, los cuales tienen un transductor de velocidad. El mismo consiste en una bobina suspendida de un sistema de resortes que se mueven en un campo magnético generado por un imán permanente. El sistema masa-resorte más sencillo de estudiar es el que no considera amortiguamiento del movimiento de la masa (14 Hz para sísmica y 4.5 Hz para MASW).
- Cable sísmico. - Cable resistente a la tensión durante su posicionamiento en campo. Asimismo, a trayectos equidistantes se sitúan el conector macho/hembra para su conexión con los geófonos.
- Laptop. - Equipo electrónico resistente con software y programas específicos, donde se configuran los parámetros de adquisición. Se realiza la conexión por medio del cable 31 Ethernet hacia el sismógrafo, finalmente se procede a registrar los datos en campo.
- Cable interface. - Cable Ethernet resistente que se conecta de forma directa entre la laptop y el sismógrafo.
- Cable interface 12V DC.- Cable resistente que conecta el sismógrafo con la batería de 12V, cumple la función de retroalimentar de energía al sismógrafo durante su uso.
- Cable hammer switch. - Cable que se conecta entre el sismógrafo y la fuente de vibración (placa, comba y/o escopeta sísmica).
- Extensión cable mellizo. - Cable resistente Nro. 14 - 16 de longitud variable, que va conectado a los puntos de cierre de circuito.



- Placa metálica. - Accesorio compuesto de hierro y con dimensiones de 20x20 cm y un espesor de 2 cm, que se conecta con uno de los polos del cable mellizo.
- Batería. - Accesorio tipo seco, para prevenir el peligro de derrame de líquidos de corrosión, es de 12v y 7ah para garantizar la energía requerida para el buen funcionamiento del sismógrafo en campo.
- Fuente de disparo o emisor de vibración. - Para la generación de energía se tiene clasificado tres fuentes específicas y este es de acuerdo con la profundidad y material sobre el cual se va a trabajar
- Martillo y/o comba. - Herramienta de (20 lbs), que va conectado a uno de los polos del cable mellizo, que se utiliza para generar movimientos ondulatorios, a través de interactivos golpes sobre una placa que está conectada con el otro polo del cable mellizo. La energía transmitida al suelo es apilada sobre la placa de metal, para modelar mejor las ondas de llegada y suprimir el ruido. La energía asociada con cada uno de los golpes depende la energía cinética (E) que relaciona la masa del martillo (m) y la velocidad aplicada al martillo (v), obteniendo $E = m \cdot v^2$. Este tipo de emisión se utiliza en investigaciones de profundidad entre 10 a 45 metros y se tiene la mayor penetración 32 en suelos compactos a rocas y disminuye la profundidad en suelos pobremente consolidados.
- Equipos para ensayo de mecánica de suelos y rocas tales como: tamices estándar, balanza electrónica, instrumentos de medición de densidad de campo y otros formularios y registros.

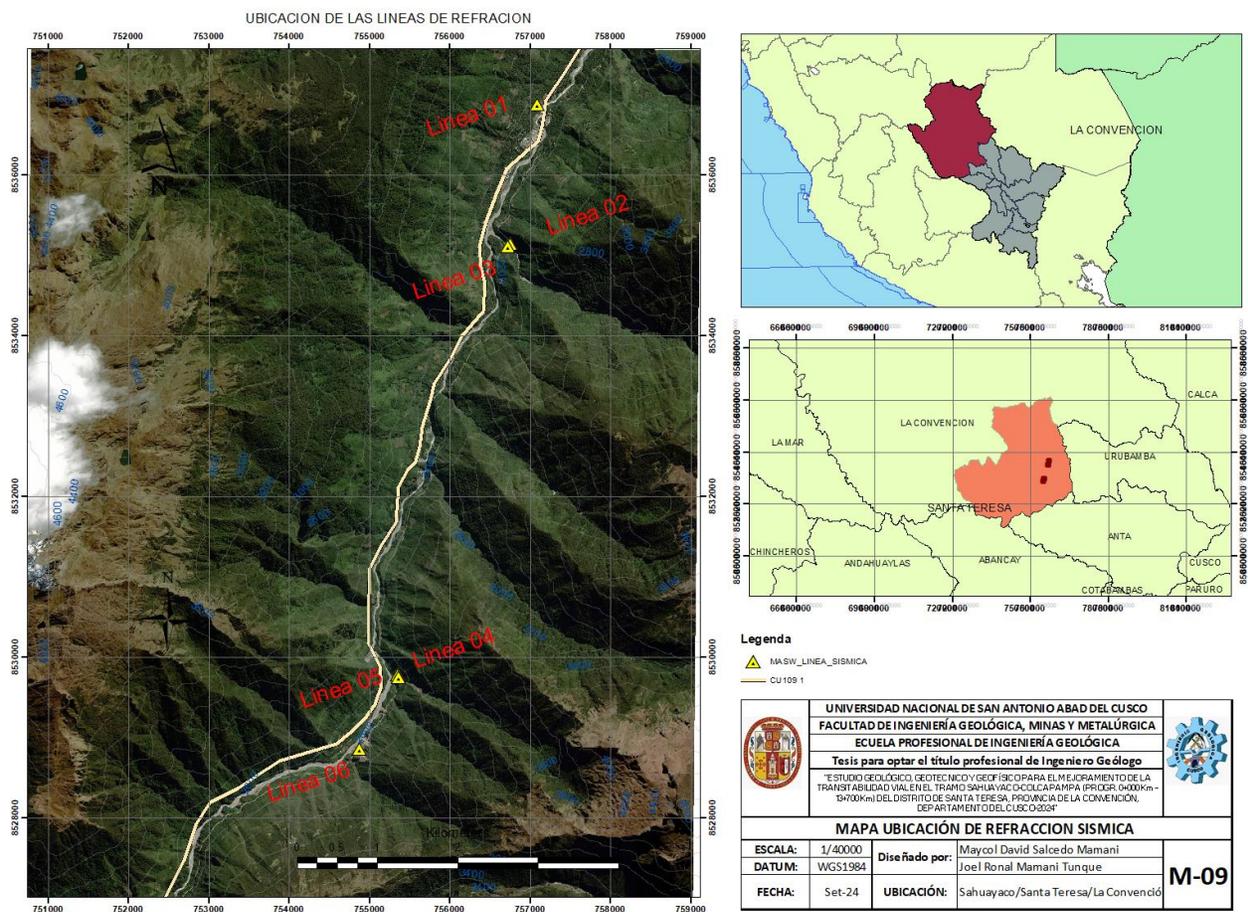
5.4 UBICACIÓN DE LA LÍNEAS DE REFRACCIÓN SÍSMICA

El área de estudio se encuentra ubicada en el distrito de Santa Teresa, provincia de La Convención, departamento de Cusco. En la Figura N° 52 se presenta la ubicación de los ensayos sísmicos, y MASW.



Figura 78

Ubicación de las líneas de refracción sísmica y ensayos MASW



Fuente: Elaboración propia

5.5 PARÁMETROS DE ADQUISICIÓN PARA LA REFRACCIÓN SÍSMICA

El levantamiento se realizó empleando los siguientes parámetros, tal como se muestra en la

Tabla 30

Parámetros de la Refracción Sísmica

Parámetro	Descripción
Configuración de dispositivo	Lineal
Mediciones	t, Tiempo de Arribo de P
Arreglo de geófonos	24 unidades
Intervalo entre geófonos	3m
Ganancia de Pre-amplificación	24 Db
Filtros	No se utilizó
Intervalo de muestreo	0.250 milisegundos
Fuente de Tiro	Comba de 20 lb.
Formato de Grabación	archivos *.dat
Número de Golpes	De acuerdo a la calidad de la data.

Fuente: Manual SeisImager/2D Windows Software for Analysis of Waves

5.6 PARÁMETROS DE ADQUISICIÓN MASW 1D

El levantamiento se realizó empleando los siguientes parámetros, tal como se muestra tabla 30

Tabla 31

Parámetros MASW 1D

Parámetro	Descripción
Configuración de dispositivo	Lineal
	Igual a la profundidad de interés cuando se complementa con datos de modo pasivo; o Igual a dos veces la profundidad de interés si no se tienen datos pasivos disponibles.



Longitud de tendido	
Intervalo de geófono	3 m
Número de geófonos	24 unidades
Tipos de geófono	Geófono vertical de 4.5 Hz.
Punto de Tiro	Mínimo un tiro, localizado en línea fuera del arreglo (cualquier extremo) del arreglo a una distancia del 10 al 20% de la longitud del arreglo; se recomienda un tiro adicional localizado Entre el 30 al 40% de la longitud del arreglo y se recomiendan tiros inversos.
Equipo Fuente	Martillo de 20 Lb. Y placa de golpeo.
Disparo	Interruptor de martillo sujeto al cabo del martillo y conectado al puerto de disparo del sismógrafo
Intervalo/Muestreo	0.5 o 1 (ms)
Longitud de registro	1 a 2 segundo (s), suficientemente largo para recibir las ondas superficiales
Apilamiento	Según sea necesario para mejorar la calidad de los datos, espere un momento callado para golpear.

Fuente: Seislmager/Pickwin por Geometrics, Inc. 2005, 2006

5.7 TRABAJO DE CAMPO

5.7.1 Ensayos ejecutados en campo

Líneas de Refracción Sísmica

Se realizaron 6 líneas de refracción sísmica, distribuidas en la zona de estudio. Haciendo un total de 696 metros lineales.

Tabla 32

Líneas, coordenadas y metraje de Refracción Sísmica

CÓDIGO	COORDENADAS DEL PUNTO DE INICIO		COORDENADAS DEL PUNTO FINAL		METRAJE (m)
	Este	Norte	Este	Norte	



LRS-01	757134.00	8536931.00	757086.93	8536819.66	132
LRS-02	756767.27	8535120.51	756725.85	8535181.92	75
LRS-03	756749.48	8535099.71	756683.88	8535121.61	75
LRS-04	755276.43	8529869.08	755373.54	8529778.46	132
LRS-05	755386.47	8529747.75	755319.36	8529737.83	75
LRS-06	754932.00	8528934.00	754814.00	8528934.00	200

Fuente: Elaboración propia

5.7.1.2 Ensayo MASW 1D

Se realizaron 6 ensayos MASW-1D, distribuidos en la zona de estudio del tramo para el mejoramiento vial

Tabla 33

Coordenadas y ensayos MASW 1D

CÓDIGO	COORDENADAS UTM WGS84-18S		
	ESTE	NORTE	COTA
MASW-01	757084.22	8536880.53	2069.50
MASW-02	756746.03	8535145.75	2150.00
MASW-03	756720.55	8535120.37	2150.00
MASW-04	755352.29	8529785.71	2469.50
MASW-05	755353.62	8529751.39	2473.00
MASW-06	754866.44	8528864.90	2552.00

Fuente: Elaboración propia

5.7.2 Método refracción sísmica y MASW 1D

El procedimiento realizado para los métodos sísmicos en el campo está dado por las siguientes etapas:



- ❖ Reconocimiento de la zona de estudio
- ❖ Instalación de equipos y cables sísmicos
- ❖ Toma de datos
- ❖ Finalización de toma de datos

5.8 CRITERIOS DE ANÁLISIS

5.8.1 GENERALIDADES MÉTODO SÍSMICO

5.8.1.1 Criterio de análisis para la refracción sísmica, MASW 1D

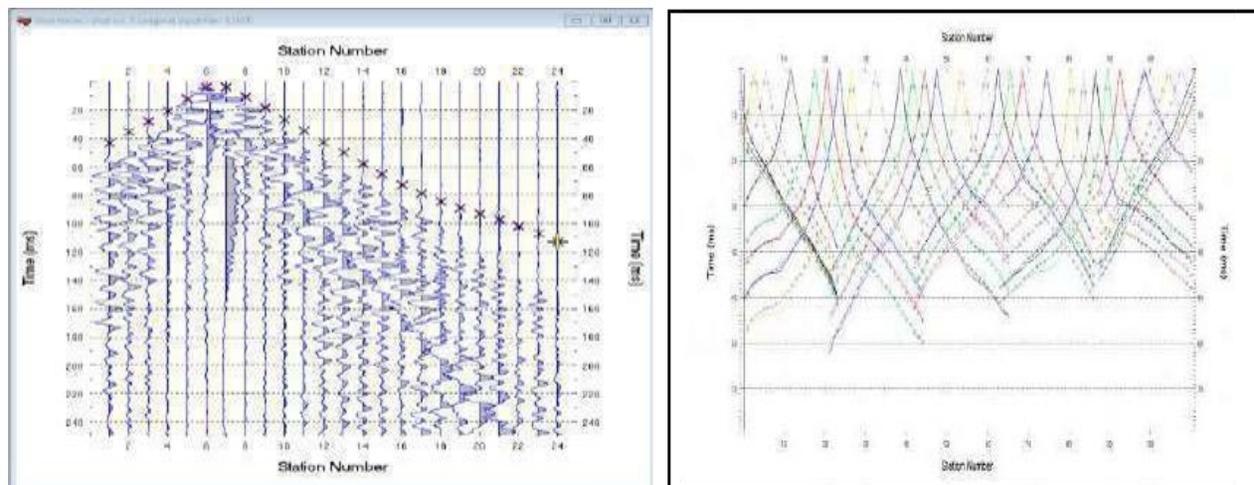
Dentro de la familia de los métodos sísmicos; en este proyecto se ha realizado la Refracción Sísmica. Donde los criterios de procesamiento son los siguientes:

a) Análisis de registros y calificación de datos:

El análisis de cada registro se aplica inicialmente en campo y posteriormente en gabinete; y generalmente es antes de iniciar cada procesamiento. En este proceso se verifica y analiza cada una de las señales obtenidas en campo, calificando cada uno de los registros y sus repeticiones a fin de obtener el registro de mejor calidad para la identificación de fases (P) y tiempos de arribo de cada geófono. Esta calificación de datos consiste en verificar digitalmente la información obtenida en campo, con el fin de discriminar aquellas que muestren baja calidad.

Figura 79

Vista de un Registro de Refracción Sísmica



Fuente: McDowell, S. D., Schuster, M. A., & Schmittlein, A. (2002).

b) Procesamiento de datos:

En esta etapa se determina el tiempo de arribo de cada señal en cada registro. Para ello se hace uso del software denominado Rayfract. Para la sísmica activa (MASW 1D), se determina la velocidad de fase en función de la frecuencia de respuesta y la dispersión de esta. Para ello se hace uso del software llamado Surface Wave Analysis Wizard 3.14.

Una vez obtenidos los tiempos de arribo para cada geófono, a partir de ellos se obtienen las gráficas Tiempo - Distancia, llamadas también Curvas Dromocrónicas. En dicha gráfica se determina los cambios de pendiente de los tiempos obtenidos para cada geófono, en forma de rectas, de lo cual se deduce por teoría que el inverso de la pendiente (m_i) de cada una de las rectas (r_i), que representa la Velocidad Aparente (V_i), para un estrato (i). La obtención de las velocidades y espesores de los estratos del modelo obtenido son realizados en el software de procesamiento denominado Rayfract. Dicho procedimiento incluye la corrección por topografía de cada geófono y punto de disparo.



Tabla 34

Valores Promedio de Vp según la norma ASTM - D5777

DESCRIPCIÓN	VELOCIDAD Vp	
	Vp (Pie/s)	Vp (m/s)
Suelo Intemperizado	800 a 2000	240 a 610
Grava o Arena Seca	1500 a 3000	460 a 915
Arena Saturada	4000 a 6000	1220 a 1830
Arcilla Saturada	3000 a 9000	910 a 2750
Agua	4700 a 5500	1430 a 1665
Agua de Mar	4800 a 5000	1460 a 1525
Arenisca	6000 a 13000	1830 a 3960
Esquisto, Arcilla esquistosa	9000 a 14000	2750 a 4270
Tiza	6000 a 13000	1830 a 3960
Caliza	7000 a 20000	2134 a 6100
Granito	15000 a 19000	4575 a 5800
Roca Metamórfica	10000 a 23000	3050 a 7000

Fuente: McDowell et al. (2002).

Tabla 35

Parámetros de velocidad según el tipo de material

DESCRIPCIÓN	Vp (m/s)
Aire (en función de temperatura, presión y vientos)	310 - 360
Suelo Vegetal	100 - 500
Grava, cascajo, arena seca	100 - 600
Arena húmeda	300 - 900
Depósitos aluviales	500 - 2010
Morrena fluvio-glacial	1200 - 2700
Arcilla	1200 - 2800
Agua (en función de su temperatura y salinidad)	1430 - 1530
Arenisca friable	1500 - 2500
Arenisca compacta	1800 - 4000
Esquisto arcilloso	2700 - 4 800
Caliza, dolomita compacta	2500 - 6000



Marga	2000 - 3500
Anhidrita, yeso	4500 - 6500
Hielo	3100 - 4200
Sal de Roca	4200 - 5500
Tufo-brecha	4000 - 4900
Granito	4000 - 5700
Diorita	5950 - 6500
Granodiorita	5700 - 6400
Rocas metamórficas	4600 - 6800
Anfibolita	6500 - 7200

Fuente: Curvich J. (1975), Dobrin, Milton (1961), NB (1976), Savicha y Satonov V.A. (1979).

Tabla 36

Valores Promedio de V_p según la norma ASTM - D5777

PROPIEDADES PROMEDIO EN LOS 30 PRIMEROS METROS				
TIPO DE PERFIL DE SUELO	NOMBRE DEL PERFIL DE SUELO	VELOCIDAD ONDAS DE CORTE v_s (m/s)	RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN ESTÁNDAR, N	RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO su (psf)
A	Roca muy dura	$v_s > 1500$	N/A	N/A
B	Roca	$760 < v_s \leq 1500$	N/A	N/A
C	Suelo muy denso o roca blanda	$360 < v_s \leq 760$	$N > 50$	$su \geq 2000$
D	Suelo rígido	$180 \leq v_s \leq 360$	$15 \leq N \leq 50$	$1000 \leq su \leq 2000$
E	Suelo blando	$v_s < 180$	$N < 15$	$su < 1\ 000$



E		Cualquier perfil de suelo con más de 3 m de espesor que tenga las siguientes características:
		Índice de plasticidad (IP) > 20
		Contenido de humedad (w) ≥ 40% y
		Resistencia a la corte no drenada $su < 500$ psf
F		Cualquier perfil de suelo que contenga una o más de las siguientes características:
		Suelos vulnerables a una posible fractura o colapso bajo efecto sísmico, por ejemplo:
		suelos licuables, arcillas altamente sensibles y suelos débilmente cementados.
		Turbas y/o arcillas altamente orgánicas (H > 3 m de turba y/o arcillas altamente orgánicas, donde H = espesor del suelo).
		Arcillas de muy alta plasticidad (H > 7,6 m con índice de plasticidad IP > 75). Arcillas gruesas suaves a medias (H > 36 m).

Fuente: Curvich J. (1975), Dobrin, Milton (1961), NB (1976), Savicha y Satonov V.A. (1979).

5.9 INTERPRETACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.9.1 LÍNEA DE REFRACCIÓN SÍSMICA (LRS-01) MASW1

Esta línea tiene una longitud de 132 metros, con una separación equidistante de geófonos de 3 metros, que se ubica en la entrada del poblado de Sahuayaco en la progresiva 0+000 Km, con presencia de materiales de aluviones a 2069.50 metros sobre el nivel de mar (msnm), pasando por la carretera hasta la progresiva 0+132 Km, con cota de 2072.00 msnm.

Figura 80

Línea de Refracción sísmica de la sección LRS-01 en proceso de instalación de los geófonos y registro



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 37

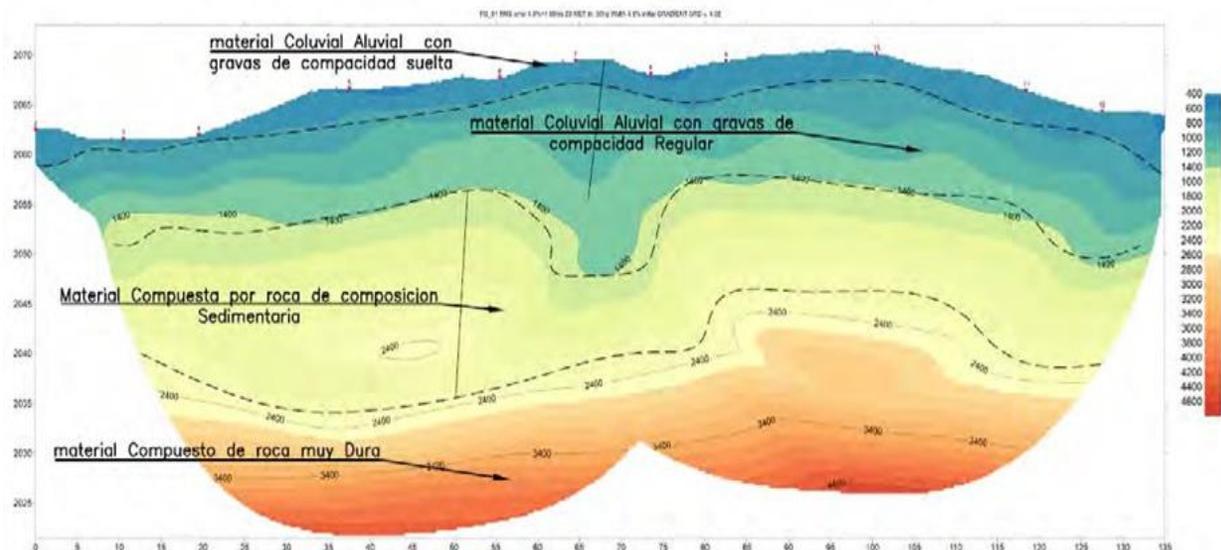
Descripción de Línea de Refracción Sísmica LRS-01

Capa	Velocidad Vp (m/s)	Potencia Aprox. (m)	Descripción
01	400 – 800	1.00 – 3.00	Material coluvial aluvial con gravas de compacidad suelta.
02	800 – 1400	5.00 – 11.00	Material compuesto de gravas de alta compacidad.
03	1400 – 2200	8.00 – 14.00	Material compuesto por gravas arenosas con compacidad muy alta y/o roca blanda.
04	2200 – 3400	5.00 – 8.00	Material compuesto de rocas fracturadas o gravas de compacidad muy alta.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 81

Perfil Sísmico LRS -01



Fuente: Elaboración propia.

INTERPRETACION GEOLOGICA DEL PERFIL SÍSMICO LRS -01

De acuerdo a los resultados basados en las velocidades de propagación de onda, esta capa presenta en la parte superior, suelos de tipo coluvial aluvial con gravas de compacidad regular lo que corresponde a formaciones de tipo cuaternario, seguido por material compuesto por roca de composición sedimentaria, la cual asumimos por la velocidad de las ondas P, que se trata de rocas metamórficas de origen sedimentario del Grupo San José como esquistos o pizarras las cuales se encuentran con poco o nulo fracturamiento, la última capa presenta una velocidad muy alta de más de 4 km/s, la cual corresponde a una roca muy dura y basándonos en la descripción estratigráfica, corresponde claramente a la presencia de gneis de la formación Iscaybamba.

Finalmente, el perfil muestra una asimetría en la parte central de la base, lo que hace inferir en la presencia de una falla normal.

5.9.2 LÍNEA DE REFRACCIÓN SÍSMICA (LRS-02) MASW2

Esta línea tiene una longitud de 75 metros, con una separación de geófonos de 3 metros de equidistancia que inicia en el sector denominado “propiedad privada”, a una altura de 2150.00 msnm, siguiendo la carretera Sahuayaco - Colcapampa cuyo punto central se encuentra en la progresiva 2+360 Km.

Figura 82

Línea de Refracción sísmica de la sección LRS-02 en proceso de instalación de los geófonos y registro



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 38

Descripción de Línea de Refracción Sísmica LRS-02

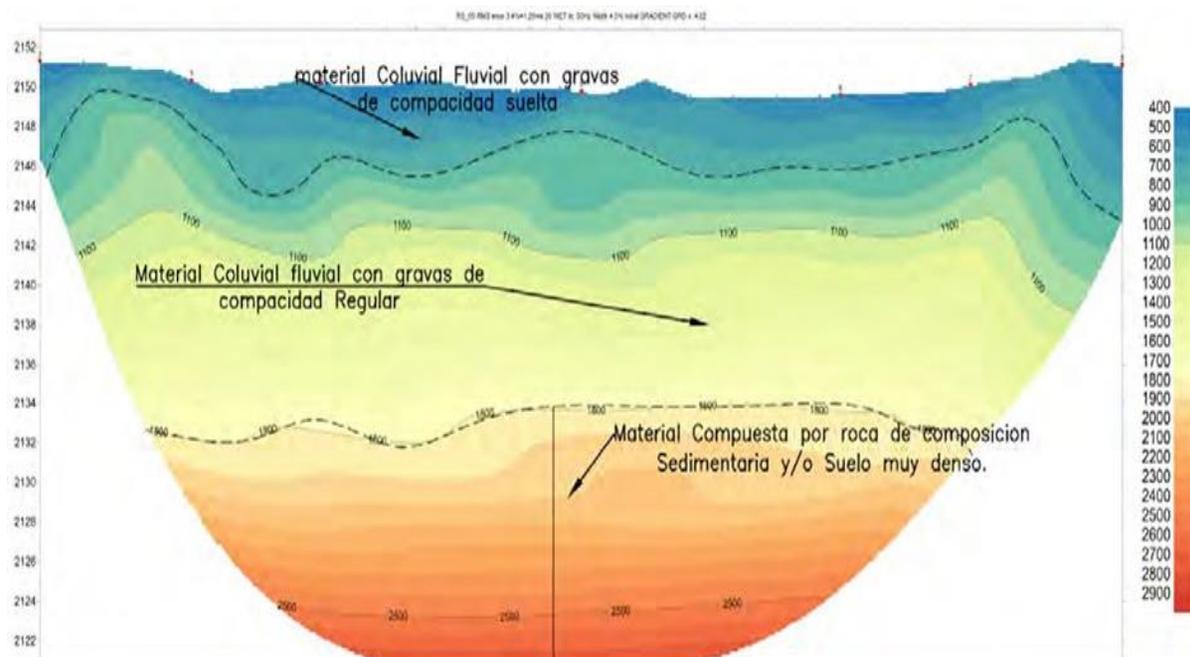
Capa	Velocidad Vp (m/s)	Potencia Aprox. (m)	Descripción
01	400 – 800	2.20 – 7.00	Material compuesto coluvial fluvial con gravas de compacidad suelta.

02	800 – 1800	9.00 – 13.00	Material coluvial fluvial con gravas de compacidad regular.
3	1800 – 2500	8.00 – 12.00	Material compuesto por roca de composición sedimentaria y/o suelo muy denso.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 83

Perfil Sísmico LRS -02



Fuente: Elaboración propia.

INTERPRETACION GEOLOGICA DEL PERFIL SÍSMICO LRS -02

La primera capa con una potencia aproximada de hasta 7 metros corresponde al material del periodo cuaternario, es decir materiales de origen coluvial y fluvial con una compacidad gradual a medida que se incrementa la profundidad, esta capa está compuesta por diferentes gravas de origen metamórfico provenientes de la erosión de la Complejo Iscaybamba donde resaltan los micaesquistos, seguidamente la segunda capa con una potencia de hasta 13 metros, comparte las mismas características que la capa

superior, pero por la lectura de las velocidades, estas gravas de origen metamórfico principalmente se encuentran más consolidadas, la tercera capa muestra la presencia de una roca metamórfica de origen sedimentaria perteneciente al grupo San José, es decir sedimentarios metamórficos de contacto como pizarras o esquistos.

5.9.3 LÍNEA DE REFRACCIÓN SÍSMICA (LRS-03) MASW3

Esta línea tiene una longitud de 75 metros con una separación de geófonos de 3 metros de equidistancia, que también está en el sector denominado “propiedad privada”, donde el punto central está a una altura a 2165.00 msnm. y en la progresiva 2+397 Km.

Figura 84

Línea de Refracción sísmica de la sección LRS-03 en proceso de instalación de los geófonos y registro



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 39

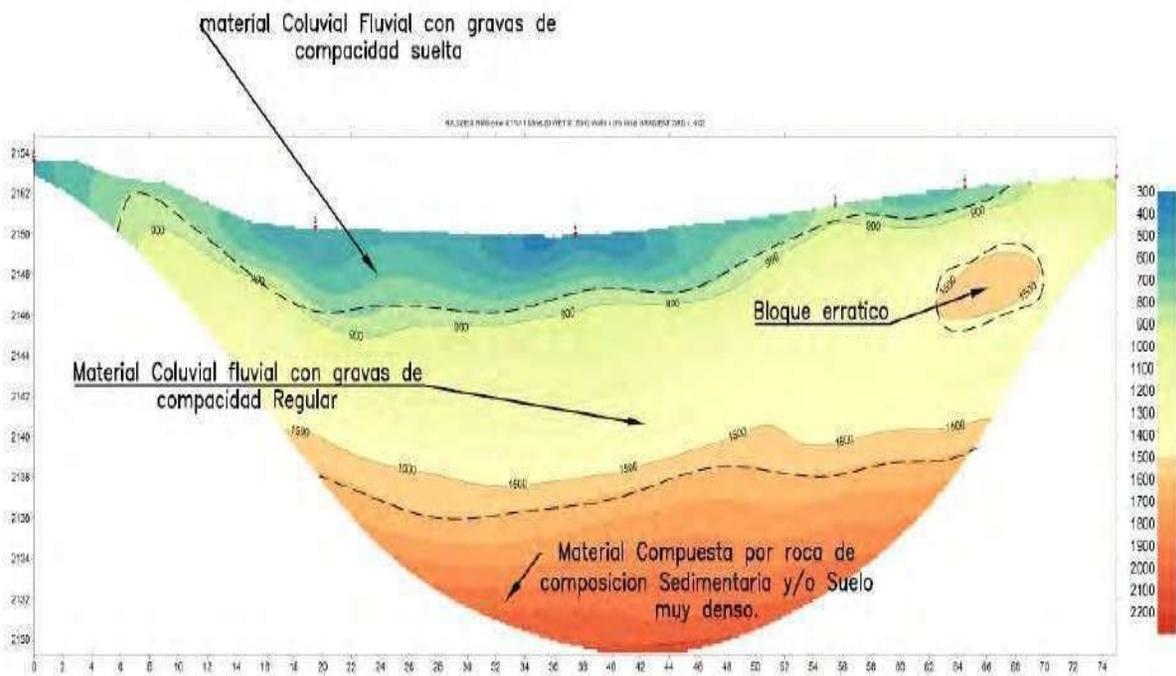
Descripción de Línea de Refracción Sísmica LRS-03

Capa	Velocidad Vp (m/s)	Potencia Aprox. (m)	Descripción
01	300 – 800	2.00 – 6.00	Material coluvial fluvial con gravas de compacidad suelta.
02	800 – 1600	5.00 – 10.00	Material coluvial fluvial con gravas de compacidad regular.
3	1600 – 2100	5.00 – 7.00	Material compuesto por roca de composición sedimentaria y/o suelo muy denso.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 85

Perfil Sísmico LRS -03



Fuente: Elaboración propia.

INTERPRETACION GEOLOGICA DEL PERFIL SÍSMICO LRS -03

Esta línea sísmica presenta en la parte superior, material coluvial fluvial con gravas de compacidad regular que corresponden a formaciones de tipo cuaternario Qal-flu, seguidamente material compuesto por gravas de compacidad regular también de origen cuaternario, donde resalta a un extremo del perfil la presencia de un bloque más duro de unos 7 metros de longitud aproximadamente, finalmente la base presenta un material compuesta por roca de composición sedimentaria o metamórfico de origen sedimentario del grupo San José, la cual podemos definirla por la velocidad presentada como Pizarras o esquistos consolidados.

5.9.4 LÍNEA DE REFRACCIÓN SÍSMICA (LRS-04) MASW4

Esta línea tiene una longitud de 132 metros, con una separación de geófonos de 3 metros de equidistancia, que está en el tramo Sahuayaco - Colcapampa, donde el punto MASW4 está a una altura de 2469.50 msnm. y se encuentra en la progresiva 9+067 Km.

Figura 86

Línea de Refracción sísmica de la sección LRS-04 en proceso de instalación de los geófonos y registro



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 35

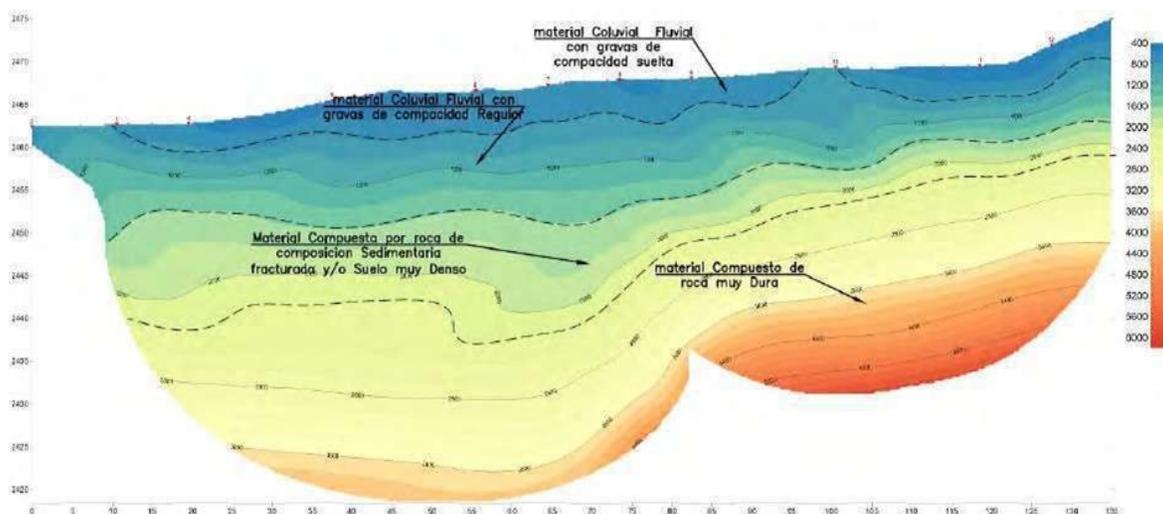
Descripción de Línea de Refracción Sísmica LRS-04

Capa	Velocidad Vp (m/s)	Potencia Aprox. (m)	Descripción
01	400 – 800	2.00 – 4.00	Material coluvial fluvial con gravas de compacidad suelta.
02	800 – 1600	6.00 – 12.00	Material coluvial fluvial con gravas de compacidad regular.
3	1600 – 2200	4.00 – 11.00	Material compuesto por roca de composición sedimentaria fracturada y/o suelo muy denso.
4	2200 – 3400	10.00 – 18.00	Material compuesto de roca muy dura.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 87

Perfil Sísmico LRS-04



Fuente: Elaboración propia.



INTERPRETACION GEOLOGICA DEL PERFIL SÍSMICO LRS -04

Este perfil muestra material coluvial fluvial con gravas de compacidad suelta provenientes del cuaternario, así como la segunda capa que a diferencia de la primera presenta más compacidad, seguidamente en la tercera capa se tiene material compuesto por roca de composición sedimentaria fracturada y/o suelo muy denso que corresponden a sedimentarios metamórficos del grupo San José como pizarras y esquistos muy bien consolidados, la última capa con material compuesto de roca muy dura que corresponde a la presencia de gneis del Complejo Iscaybamba cuyas velocidades son mayores de 3400 m/s.

Cabe resaltar la similitud con la línea sísmica LRS-01, porque se puede inferir en la presencia de una falla normal en la parte central que a diferencia de la línea sísmica LRS-01, esta presenta más desplazamiento, además en ambas líneas la presencia del metamórfico Gneis.

5.9.5 LÍNEA DE REFRACCIÓN SÍSMICA (LRS-05) MASW5

Esta línea tiene una longitud de 75 metros, con una separación de geófonos de 3 metros de equidistancia, y se ubica en el tramo Sahuayaco - Colcapampa donde el punto MASW-05 está a una altura de 2473.00 msnm. y se encuentra en la progresiva 9+105 Km.

Figura 88

Línea de Refracción sísmica de la sección LRS-05 en proceso de instalación de los geófonos y registro



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 40

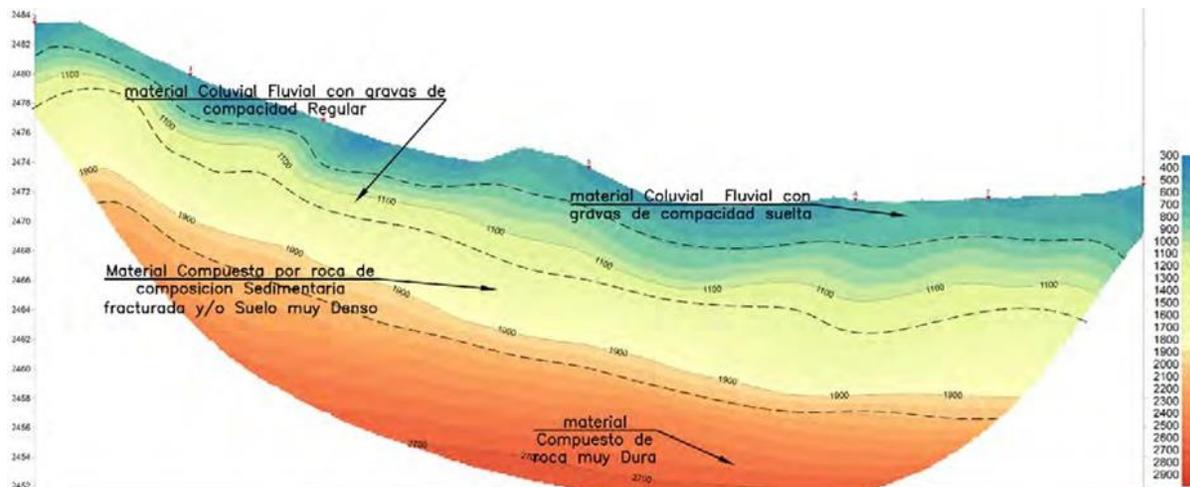
Descripción de Línea de Refracción Sísmica LRS-05

Capa	Velocidad Vp (m/s)	Potencia Aprox. (m)	Descripción
01	300 – 800	1.00 – 3.00	Material coluvial fluvial con gravas de compacidad suelta.
02	800 – 1200	3.00 – 7.00	Material coluvial fluvial con gravas de compacidad regular.
3	1200 – 2000	3.00 – 8.00	Material compuesto por roca de composición sedimentaria fracturada y/o suelo muy denso.
4	2000 – 2700	5.00 – 9.00	Material compuesto de roca muy dura.

Fuente: Elaboración propia

Figura 89

Perfil Sísmico LRS -05



Fuente: Elaboración propia.

INTERPRETACION GEOLOGICA DEL PERFIL SÍSMICO LRS -05

La capa superficial con una potencia aproximada de hasta 3 metros corresponde al material del periodo cuaternario, con materiales de origen coluvial y fluvial con una compacidad gradual a medida que se incrementa la profundidad, esta capa está compuesta por diferentes gravas de origen metamórfico provenientes de la erosión del Complejo Iscaybamba que aflora en la parte superior del valle, donde resaltan los micaesquistos, seguidamente la segunda capa con una potencia de hasta 7 metros, comparte las mismas características que la capa superior es decir el origen cuaternario, pero por la lectura de las velocidades, estas gravas de origen metamórfico principalmente se encuentran más consolidadas, la tercera capa muestra la presencia de una roca sedimentaria perteneciente a una etapa del grupo San José es decir sedimentarios en transición con metamorfismo de contacto por el intrusivo granítico, sin embargo por la variación de velocidades, asumimos que esta capara solida presenta fracturamiento, finalmente la

cuarta capa muestra material compuesto por rocas muy duras, que por la velocidad de propagación de 2700 m/s, corresponde a esquistos del Complejo Iscaybamba.

5.9.6 LÍNEA DE REFRACCIÓN SÍSMICA (LRS-06) MASW6

Esta línea tiene una longitud de 200 metros, con una separación de geófonos de 3 metros de distancia, que está en el tramo de Sahuayaco - Colcapampa, donde el punto MASW6 está a una altura de 2552.00 msnm. y se encuentra en la progresiva 10+287 Km.

Figura 90

Línea de Refracción sísmica de la sección LRS-06 en proceso de instalación de los geófonos y registro



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 41

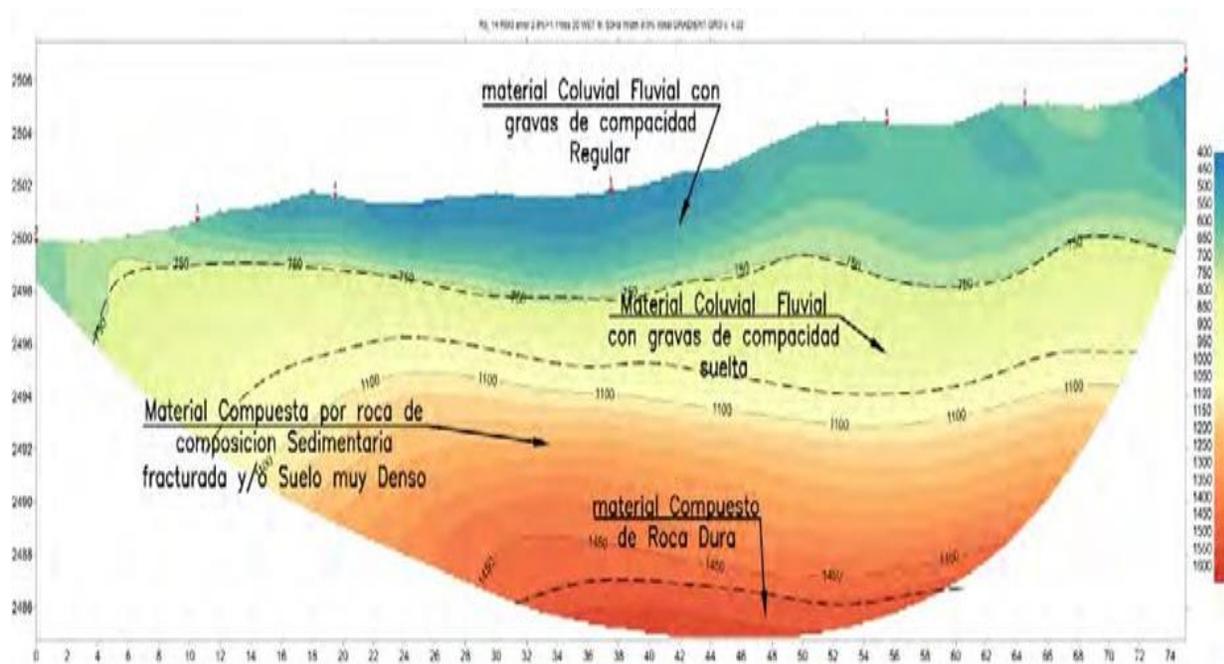
Descripción de Línea de Refracción Sísmica LRS-06

Capa	Velocidad Vp (m/s)	Potencia Aprox. (m)	Descripción
01	300 – 500	3.00 – 8.00	Material coluvial aluvial con gravas de compacidad suelta.
02	500 – 1200	3.00 – 13.00	Material coluvial fluvial con gravas de compacidad regular y/o roca de composición sedimentaria fracturada.
3	1200 – 1800	4.00 – 10.00	Material compuesto por roca, de composición sedimentaria.

Fuente: Elaboración propia

Figura 91

Perfil Sísmico LRS -06



Fuente: Elaboración propia.



INTERPRETACION GEOLOGICA DEL PERFIL SÍSMICO LRS -06

En el perfil se muestra la capa 1 y la capa 2 con material de tipo coluvial aluvial con gravas de compacidad regular que corresponden a formaciones cuaternarias, donde la capa 2 presenta más compacidad, seguido por un suelo muy denso o material compuesta por metamórficos de origen sedimentario fracturada la cual corresponde a esquistos del grupo San José, por último, en la cuarta capa se tiene material compuesto por roca que corresponde a la etapa del grupo San José con la presencia de pizarras o esquistos muy bien consolidados.

Tras realizar las interacciones e interpretaciones correspondientes, se describieron las secciones de la refracción sísmica de las seis líneas. Previamente. Estas secciones representan modelos de refracción sísmica.

Tabla 42

Resultados e Interpretación del Ensayo MASW 1D

Ensayo MASW	Capa	Vs (m/s)	Vs (m/s) Promedio	Vs 30 m/s	Tipo de Suelo	Profundidad (m)	Descripción
MASW-01	1	403 - 372	387.5	666	C	0.0 – 9.70	Material denso
	2	372 - 1188	780			9.70 – 16.30	Material muy denso a roca fracturada
	3	1147 - 1306	1226.5			16.30 – 30.00	Roca
MASW-02	1	420 - 967	693.5	552	C	0.0 - 20.00	Material Denso
	2	960 - 1019	989.5			20.00 - 30.00*	Roca
MASW-03	1	374 - 314	344	704	C	0.00 - 2.70	Material Denso



	2	331 - 417	374			2.70 - 6.80	Material Medianamente Denso
	3	437 - 1188	812.5			6.80 - 13.30	Material Denso
	4	1188 - 1302	1245			13.30 - 30.00	Roca
MASW-04	1	320 - 392	356	689	C	0.00 - 2.50	Material Medianamente Denso
	2	381 - 430	405.5			2.50 - 11.00	Material Denso
	3	786 - 701	743.5			11.00 - 14.50	Material Mjuy Denso o Roca Fracturada
	4	1024 - 1397	1210.5			14.50 - 25.50	Roca
	5	1397 - 2247	1822		25.50 - 30.00*	Roca Muy Dura	
MASW-05	1	281 - 508	394.5	758	C	0.00 - 1.10	Material Medianamente Denso
	2	571 - 321	446			1.10 - 8.20	Material Denso
	3	632 - 653	642.5			8.20 - 12.70	Material MuY Denso o Roca Fracturada
	4	1030 - 1122	1076			12.70 - 25.00	Roca
	5	1641 - 2411	2026			25.00 - 30.00	Roca Muy Dura
MASW-06	1	308 - 362	335	610	C	0.00 - 4.50	Material Medianamente Denso
	2	362 - 313	337.5			4.50 - 6.80	Material Denso
	3	313 - 983	648			6.80 - 10.90	Material



							Medianamente Denso
	4	983 - 1075	1029			10.90 - 30.00*	Roca

Fuente: Elaboración propia.



CONCLUSIONES

- 1) La estratigrafía que presenta el tramo de estudio está representada mayormente por la formación del grupo San José compuesto por pizarras y esquistos, el complejo de Iscaybamba constituido por rocas metamórficas y rocas intrusivas de granito, granodiorita cuyas litologías son medianamente favorables para el mejoramiento de la vía.
- 2) En las calicatas C-01, C-03, C-06, C-07 y C-08, el suelo se clasifica como Grava Limosa con Arena (GM), en las calicatas C-02, C-04 y C-05, el suelo es Arena Limosa con Grava (SM), la calicata C-09 revela roca metamórfica tipo gneis con estructura bandeada y foliación marcada por la presencia de micaesquistos de moscovita, mostrando fisuras y alteración moderada.

En la calicata correspondiente al CBR1, el tipo de suelo según la clasificación SUCS es grava limosa con arena (GM) y según la normativa ASTHOO está catalogado como A-1-b(0) con un porcentaje de 13.47% en la calidad del suelo, y no presenta índice de plasticidad, con una densidad máxima seca de 2.05g/cm³ y contenido de humedad óptima de 7.81%. En el CBR2 el tipo de suelo también es grava limosa arenosa (GM), según la normativa ASTHOO es de clasificación A-1-a (0), con un porcentaje de 15.87% de calidad, no presenta límite líquido ni plástico con una densidad máxima seca de 2.11 g/cm³ y contenido óptimo de humedad de 6.05%.

En la trinchera nos da los resultados con un tipo de suelo Arena Limosa (SM) no presenta índice de plasticidad, con densidad natural de 1.93gr/cm³, densidad seca 1.77 gr/cm³ y densidad saturadas de 2.20 gr/cm³ y carga admisible de 0.60kg/cm²

La cantera Colcapampa presenta un área de 31,264 m² con una capa superficial de 0.5 m de material orgánico descartable. Con un potencial de extracción, hasta 2.0 m de profundidad, con un rendimiento del 70% tras zarandeo, permitiendo un tamaño máximo de 1 1/2", con desgaste



de material en el equipo de los ángulos de 29.36% lo cual es aceptable, con un tipo de gradación tipo A catalogado como buena, con CBR al 60%, por lo tanto, se concluye que la Cantera Colcapampa cumple para ser utilizado como material para sub base granular, mas no para base granular.

Todos estos datos geotécnicos, nos ayudan a proponer estrategias específicas para el mejoramiento de la vía, según la caracterización de las calicatas, nos indican suelos con grabas, limos y arenas los cuales corresponden a la clasificación GM con predominancia de gravas lo cual favorece a la capacidad de soporte del suelo y SM con predominancia de arenas, la cual nos ayuda a identificar los tramos con una disminuida capacidad portante, por consiguiente, estos nos ayudaran a identificar y analizar la base y sub base de la carretera, así como el remplazamiento de materiales insuficientes para el mejoramiento.

El contenido de humedad óptima de 7.81% es el contenido de agua reflejado en porcentaje que se necesita para obtener una buena compactación del suelo presente en la carretera, los resultados de CBR de 13.47% en la calidad del suelo, nos indica el comportamiento del suelo en condiciones saturadas con agua, lo cual es muy importante para poder evaluar el suelo en cuanto se refiere a la capacidad portante existente en la vía.

- 3) En cuanto al estudio geofísico, las líneas indican la presencia de material denso a distintas profundidades, seguido de roca y, en algunos casos, roca muy dura en las profundidades mayores. Esto sugiere que la zona cuenta con una base sólida de roca que se va consolidando con la profundidad, lo cual es favorable para la estabilidad del terreno en términos de resistencia y soporte estructural, la presencia de roca muy competente a largo del tramo ayudara al diseño de cimentaciones para obras de seguridad como muros de contención, así como detectar en el tendido de las líneas sísmicas, la existencia de material incompetente a una profundidad mayores a las realizadas en las calicatas, y realizar el remplazo de materiales.



RECOMENDACIONES

- 1) Se recomienda realizar estudios de geodinámica externa, principalmente la evaluación de riesgos de desastres, puesto que en la cuenca del río Santa Teresa se evidenciaron deslizamientos antiguos y recientes, además la zona presenta un historial de desastres de gran magnitud como lo ocurrido con el aluvión en el año de 1998 que afectó la hidroeléctrica y el poblado de Santa Teresa y el 23 de febrero del 2020 afectando toda la cuenca del río Santa Teresa, en el tramo Sahuayaco-Colcapampa, un análisis geodinámico contribuye a garantizar la transitabilidad vial y la seguridad del entorno.
- 2) Se deberá realizar un corte de material de la parte superficial (Capa de cobertura vegetal, rellenos) en su totalidad en un espesor variable según se muestran en los perfiles estratigráficos del presente trabajo de investigación. En la sub rasante la humedad de compactación no deberá variar en $\pm 2\%$ del Óptimo Contenido de Humedad a fin de lograr los porcentajes de compactación especificados, todo esto para garantizar que la carretera Sahuayaco-Colcapampa soporte las condiciones de tránsito, las cargas proyectadas a lo largo del tiempo y la capacidad de soporte del suelo para vehículos de mayor tonelaje.
- 3) Se recomienda realizar un estudio de Tomografía de Resistividad Eléctrica (ERT), para el mejoramiento de los puentes de Sahuayaco y del sector llamado propiedad privada que atraviesan el río San Teresa, ya que esta permite medir la resistencia del suelo a diversas profundidades, este método ayuda a identificar áreas con mayor saturación de agua subterránea, lo que facilita la localización del nivel freático y la detección de acuíferos en el Puente Sahuayaco.



REFERENCIA BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar Gutiérrez, I., & Condori Quispe, A. (2023) Estudio geológico y geotécnico para el mejoramiento y rehabilitación del caminovecinal Emp. LA-103 – Chillvaca – Atunloma Emp.103(Mamagpampa) y accesodesv. Congona-2023
- American Society for Testing and Materials. (2015). *ASTM Standards for Soil and Rock*. ASTM International.
- Augusto Urteaga Guerra. "*Prospección Geofísica*" (2008)
- Braja, M. Das. (2008); *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*; Cuarta Edición; México, CENGAGE learning.
- Bowles, J. E. (1996). *Engineering properties of soils and their measurement* (4a ed.). McGraw-Hill.
- Castrillo Osorio, E. N., & Ulloa López, H. A. (2017). *Geotecnia: Fundamentos y Aplicaciones*.
- Crespo, C. (2010). *Geotecnia y Cimientos*.
- Del Castillo, J.L. (2002). *Geotecnia y Cimientos*. Ediciones Bellisco
- Escobar, G. D. (2002). *Manual de geología, rocas metamórficas*. Colombia.
- García, J., & López, R. (2015). *Análisis de cargas en estructuras modernas*. Editorial Técnica.
- Hernández Sampieri, R., Fernández collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación*. Colombia: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET). (1999). *Geología del cuadrángulo de Quillabamba y Machupicchu*. Lima, Perú: INGEMMET.
- Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico INGEMMET, 2021, *Geología del cuadrángulo de Quillabamba* (hojas 26q1, 26q2, 26q3, 26q4).
- Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico INGEMMET, 2021, *Geología de los cuadrángulos de Machupicchu* (hojas 27q2, 27q3), Pacaypata (hojas 27p2, 27p3, 27p4) y San Miguel (hoja 27o1).



Iriondo, M. H. (2006). *Introducción a la geología*. España: Brujas.

Marocco, R. (1978); Estudio Geológico de la Cordillera de Vilcabamba; Boletín N°4, Lima – Perú; Instituto de Geología y Minería.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC], (2000), MANUAL DE ENSAYOS DE MATERIALES PARA CARRETERAS (EM-2000)”, Lima – Perú.

McDowell, S. D., Schuster, M. A., & Schmidtlein, A. (2002). *Seismic waves and their impact on structures*. Springer.

Leiva Padilla, E. G., & Yucra Guillen, M. (2024). Estudio geológico, geotécnico e hidrológico para la creación del camino vecinal ramal Collpaccasa - Salinas del distrito de Vilcabamba, de la provincia de La Convención - Departamento de Cusco.

Pezua Vasquez, C. A. (2021). *Estudio geológico geotécnico para la rehabilitación y mejoramiento del camino vecinal: Chuchin – Esccana - Rumirumi - Huinche - Moyorcco-(Prog. 0+000 km - 20+098 km) del distrito de chilcas - provincia de la mar-departamento de Ayacucho*.

Portal Gonzales, T. J. (2017). Estudio geofísico por el método de refracción sísmica y masw para el mejoramiento y ampliación de cinco puentes en la Región de Junín.

Pozo Rodriguez , M. (2008). *Geología. Dinámica y evolución de la tierra*. Madrid (España): paraninfo.

Ulloa López, H. A. (2015). *Geotecnia: Fundamentos y Aplicaciones*.



ANEXOS

ANEXOS A: TABLA DE ENSAYOS DE GEOTECNIA

ANEXOS B: TABLA DE PERFILES ESTRATIGRAFICOS DE CALICATAS

ANEXOS C: REFRACCION SISMICA

ANEXOS D: MAPAS Y SECCIONES



ANEXOS A: TABLA DE ENSAYOS DE GEOTECNIA



CALICATA N°01

Análisis granulométrico

MTC E 107-2016	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
----------------	---

Antes del Lavado

Peso de la Muestra Seca = 2110.80 gr

Después del Lavado

Peso de la Muestra Seca = 1759.00 gr

% de Error en Peso = 0.85% Ok!

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO QUE PASA (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4"	100	0.00	1744.0	0.00%	0.00%	100.00%
3"	75	0.00	1744.00	0.00%	0.00%	100.00%
2"	50	0.00	1744.00	0.00%	0.00%	100.00%
1½"	37.5	201.00	1543.00	9.52%	9.52%	90.48%
1"	25	297.00	1246.00	14.07%	23.59%	76.41%
¾"	19	154.00	1092.00	7.30%	30.89%	69.11%
3/8"	9.5	244.00	848.00	11.56%	42.45%	57.55%
Nº 4	4.76	193.00	655.00	9.14%	51.59%	48.41%
Nº 10	2	172.00	483.00	8.15%	59.74%	40.26%
Nº 20	0.840	105.00	378.00	4.97%	64.71%	35.29%
Nº 40	0.425	111.00	267.00	5.26%	69.97%	30.03%
Nº 60	0.260	71.00	196.00	3.36%	73.34%	26.66%
Nº 140	0.106	146.00	50.00	6.92%	80.25%	19.75%
Nº 200	0.075	45.00	5.00	2.13%	82.39%	17.61%
Cazuela	-	5.00	-	0.24%	82.62%	-
Lavado	-	351.80	-	17.38%	99.76%	-
Total Fracción Retenida en Lavado =		1744.00		100.00%		

Fracciones Retenidas	De la Fracción Gruesa	Propiedades
% de Gravas (Ret. n°4) = 51.59%	% de grava = 62.62%	T. Max. Absoluto= 2"
% de Arena (Pas N°4 - Ret N°200) = 30.79%	% de arena = 37.38%	T. Max. Relativo= 1½"
% de Finos (Pas N°200) = 17.61%	Total = 100.00%	Clasf. SUCS= GM
Total = 100.00%		Clasf. AASHTO= A-1-b (0) =

Calculo del Coeficiente de Uniformidad (Cu)
D60 = 11.51 mm
D10 = -
Cu = -

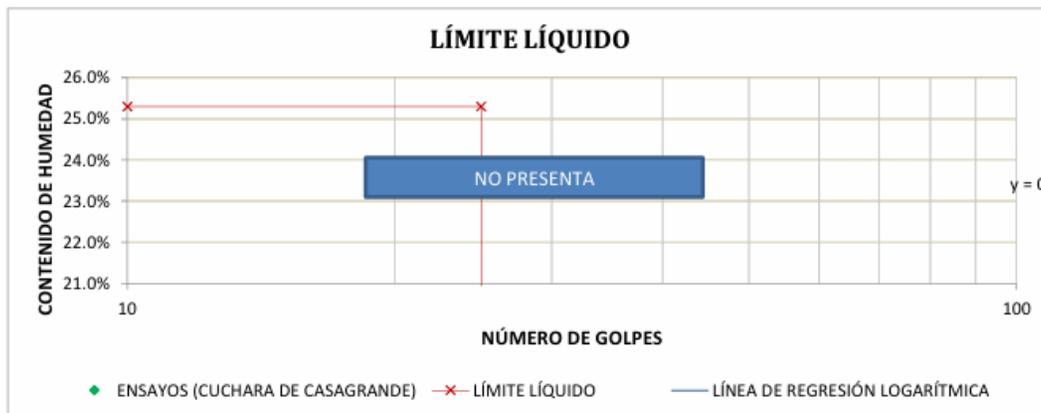
Calculo del Coeficiente de Curvatura (Cc)
D60 = 11.51 mm
D30 = 0.42 mm
D10 = -
Cc = -





Limite líquido y plástico

MTC E 110 - 2016		LÍMITE LÍQUIDO			
DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	MUESTRA 04	
Peso de Capsula (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00	
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00	
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00	
Peso del Agua (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00	
Peso de la Muestra Seca (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00	
Contenido de Humedad	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
Número de Golpes	38	32	18	13	



MTC E 111 - 2016		LÍMITE PLÁSTICO		
DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	
Peso de Capsula (gr)	0.00	0.00	0.00	
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	0.00	0.00	0.00	
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	0.00	0.00	0.00	
Peso del Agua (gr)	0.00	0.00	0.00	
Peso de la Muestra Seca (gr)	0.00	0.00	0.00	
Contenido de Humedad	0.00%	0.00%	0.00%	

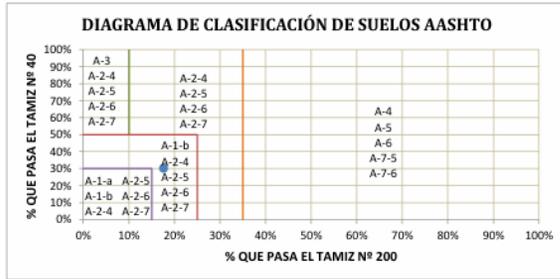


LÍMITE LÍQUIDO = NO PRESENTA
LÍMITE PLÁSTICO = NO PRESENTA
ÍNDICE DE PLASTICIDAD = NO PRESENTA



AASHTO M-145 **CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN AASHTO**

El Equipo ideal de Compactación que recomienda la AASHTO para este tipo de suelo es: Rodillo Neumático, Liso y Vibratorio



CÁLCULO DEL ÍNDICE DE GRUPO

F = 17.61	F = Porcentaje de partículas sólidas que pasan el tamiz N° 200
w _L = 0.00	w _L = Límite líquido
I _p = 0.00	I _p = Índice de plasticidad

IG = 0.2a + 0.005ac + 0.01bd

a = F - 35	a = -17.39	==>	a = 0.00
b = F - 15	b = 2.61	==>	b = 2.61
c = w _L - 40	c = -40.00	==>	c = 0.00
d = I _p - 10	d = -10.00	==>	d = 0.00

IG = 0

CALICATA N°02

MTC E 108-2016 **CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO**

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de Capsula (gr)	21.74	22.59	23.13
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	70.75	74.02	96.77
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	68.02	71.02	92.73
Peso del Agua (gr)	2.73	3.00	4.04
Peso de la Muestra Seca (gr)	46.28	48.43	69.60
Contenido de Humedad	5.90%	6.19%	5.80%



CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL = 5.97%



MTC E 107-2016 **ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**

Antes del Lavado
Peso de la Muestra Seca = 1501.00 gr

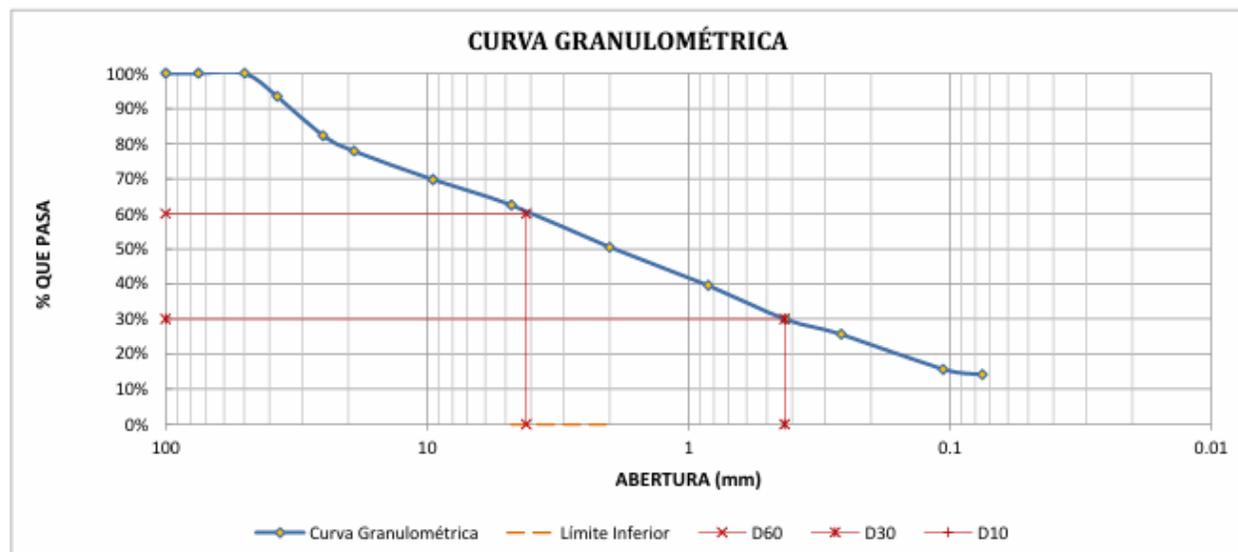
Despues del Lavado
Peso de la Muestra Seca = 1308.00 gr
% de Error en Peso = 0.69% **Ok!**

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO QUE PASA (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4"	100	0.00	1299.0	0.00%	0.00%	100.00%
3"	75	0.00	1299.00	0.00%	0.00%	100.00%
2"	50	0.00	1299.00	0.00%	0.00%	100.00%
1½"	37.5	98.00	1201.00	6.53%	6.53%	93.47%
1"	25	169.00	1032.00	11.26%	17.79%	82.21%
¾"	19	66.00	966.00	4.40%	22.19%	77.81%
3/8"	9.5	121.00	845.00	8.06%	30.25%	69.75%
Nº 4	4.76	109.00	736.00	7.26%	37.51%	62.49%
Nº 10	2	180.00	556.00	11.99%	49.50%	50.50%
Nº 20	0.840	164.00	392.00	10.93%	60.43%	39.57%
Nº 40	0.425	145.00	247.00	9.66%	70.09%	29.91%
Nº 60	0.260	64.00	183.00	4.26%	74.35%	25.65%
Nº 140	0.106	150.00	33.00	9.99%	84.34%	15.66%
Nº 200	0.075	22.00	11.00	1.47%	85.81%	14.19%
Cazuela	-	11.00	-	0.73%	86.54%	-
Lavado	-	193.00	-	13.46%	99.27%	-
Total Fracción Retenida en Lavado =		1299.00		100.00%		

Fracciones Retenidas	De la Fraccion Gruesa	Propiedades
% de Gravas(Ret.n°4) = 37.51%	% de grava = 43.71%	T. Max.Absoluto= 2"
% de Arena (Pas N°4-Ret N°200)= 48.30%	% de arena = 56.29%	T. Max.Relativo= 1½"
% de Finos(Pas N°200)= 14.19%	Total = 100.00%	Clasf. SUCS= SM
Total= 100.00%		Clasif.AASHTO= A-1-b (0) =

Calculo del Coeficiente de Uniformidad (Cu)
D60 = 4.18 mm
D10 = -
Cu = -

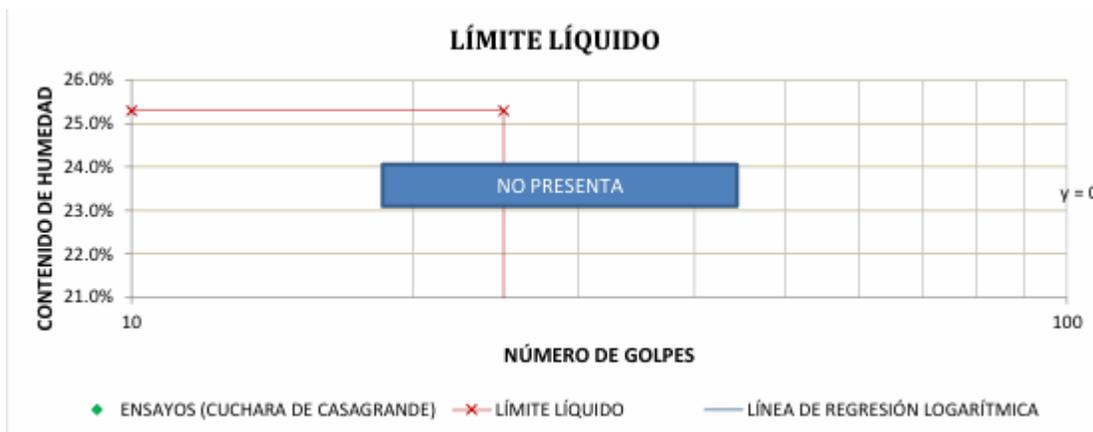
Calculo del Coeficiente de Curvatura (Cc)
D60 = 4.18 mm
D30 = 0.43 mm
D10 = -
Cc = -





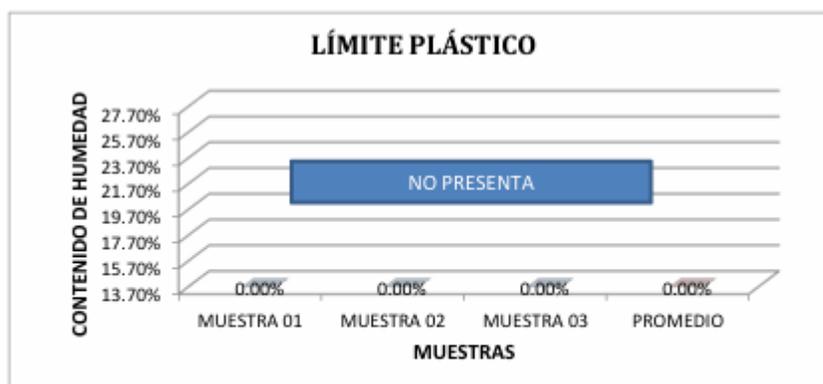
MTC E 110 - 2016 **LÍMITE LÍQUIDO**

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	MUESTRA 04
Peso de Capsula (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso del Agua (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso de la Muestra Seca (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00
Contenido de Humedad	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Número de Golpes	38	32	18	13



MTC E 111 - 2016 **LÍMITE PLÁSTICO**

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de Capsula (gr)	0.00	0.00	0.00
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	0.00	0.00	0.00
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	0.00	0.00	0.00
Peso del Agua (gr)	0.00	0.00	0.00
Peso de la Muestra Seca (gr)	0.00	0.00	0.00
Contenido de Humedad	0.00%	0.00%	0.00%



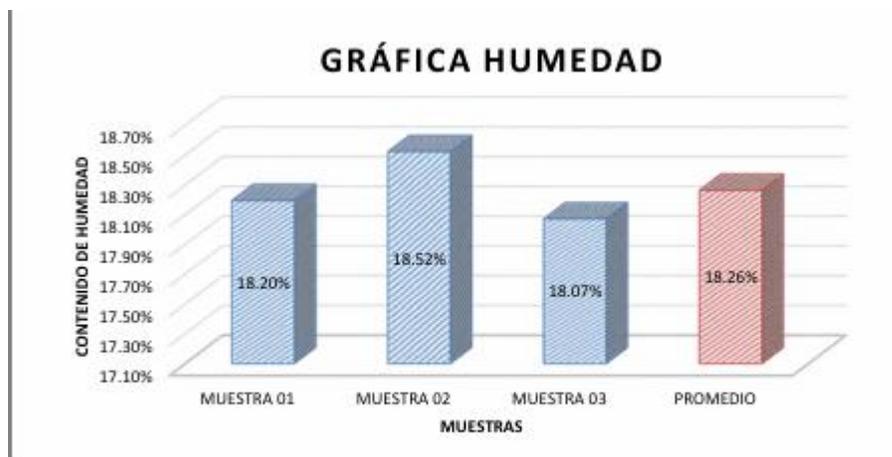
LÍMITE LÍQUIDO = NO PRESENTA
LÍMITE PLÁSTICO = NO PRESENTA
ÍNDICE DE PLASTICIDAD = NO PRESENTA



CALICATA N°03

MTC E 108-2016	CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO
-----------------------	---------------------------------------

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de Capsula (gr)	21.46	25.60	20.84
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	102.79	76.47	81.34
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	90.27	68.52	72.08
Peso del Agua (gr)	12.52	7.95	9.26
Peso de la Muestra Seca (gr)	68.81	42.92	51.24
Contenido de Humedad	18.20%	18.52%	18.07%



CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL = 18.26%



MTC E 107-2016 **ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**

Antes del Lavado
Peso de la Muestra Seca = 2291.25 gr

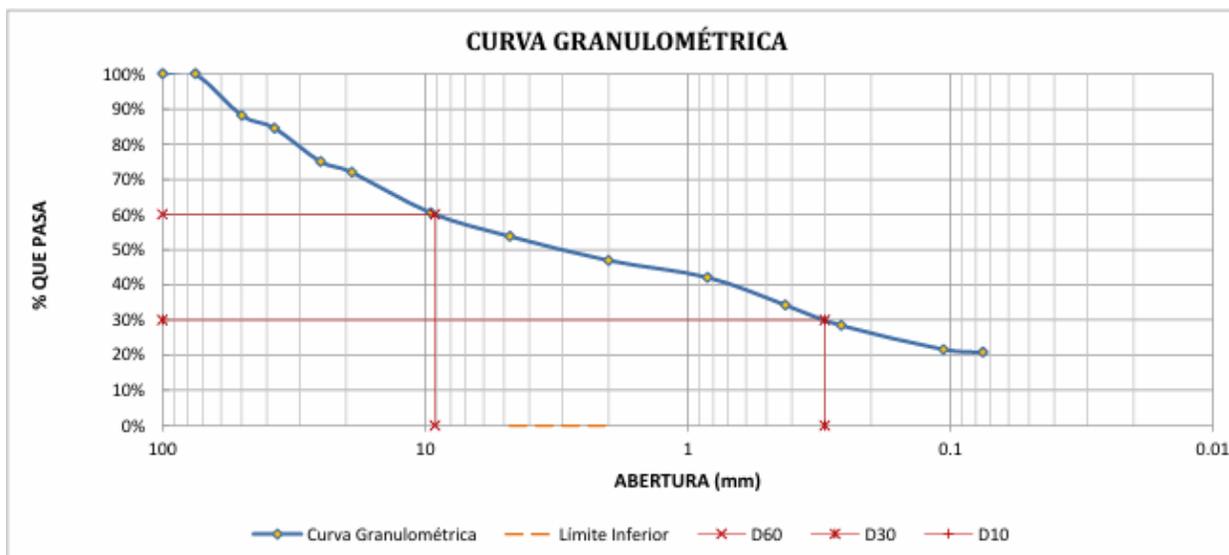
Despues del Lavado
Peso de la Muestra Seca = 1833.00 gr
% de Error en Peso = 0.38% **Ok!**

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO QUE PASA (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4"	100	0.00	1826.0	0.00%	0.00%	100.00%
3"	75	0.00	1826.00	0.00%	0.00%	100.00%
2"	50	271.00	1555.00	11.83%	11.83%	88.17%
1½"	37.5	82.00	1473.00	3.58%	15.41%	84.59%
1"	25	220.00	1253.00	9.60%	25.01%	74.99%
¾"	19	68.00	1185.00	2.97%	27.98%	72.02%
3/8"	9.5	265.00	920.00	11.57%	39.54%	60.46%
Nº 4	4.76	153.00	767.00	6.68%	46.22%	53.78%
Nº 10	2	157.00	610.00	6.85%	53.07%	46.93%
Nº 20	0.840	110.00	500.00	4.80%	57.87%	42.13%
Nº 40	0.425	180.00	320.00	7.86%	65.73%	34.27%
Nº 60	0.260	134.00	186.00	5.85%	71.58%	28.42%
Nº 140	0.106	156.00	30.00	6.81%	78.39%	21.61%
Nº 200	0.075	18.00	12.00	0.79%	79.17%	20.83%
Cazuela	-	12.00	-	0.52%	79.69%	-
Lavado	-	458.25	-	20.31%	99.48%	-
Total Fracción Retenida en Lavado =		1826.00		100.00%		

Fracciones Retenidas	De la Fraccion Gruesa	Propiedades
% de Gravas(Ret.nº4) = 46.22%	% de grava = 58.38%	T. Max.Absoluto= 3"
% de Arena (Pas Nº4-Ret Nº200)= 32.95%	% de arena = 41.62%	T. Max.Relativo= 2"
% de Finos(Pas Nº200)= 20.83%	Total = 100.00%	Clasf. SUCS= GM
Total= 100.00%		Clasif.AASHTO= A-1-b (0) =

Calculo del Coeficiente de Uniformidad (Cu)
D60 = 9.17 mm
D10 = -
Cu = -

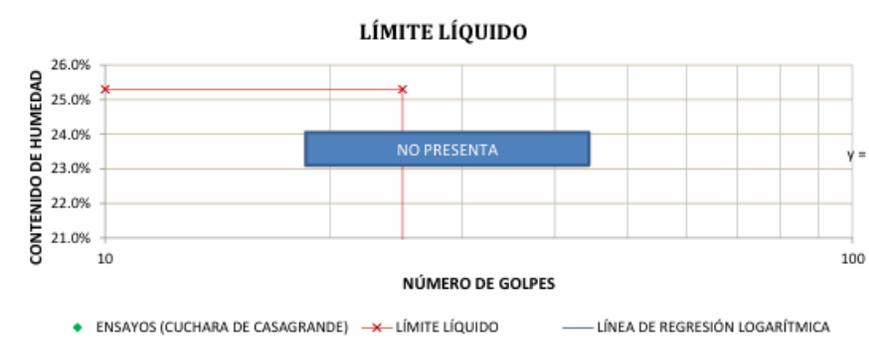
Calculo del Coeficiente de Curvatura (Cc)
D60 = 9.17 mm
D30 = 0.30 mm
D10 = -
Cc = -





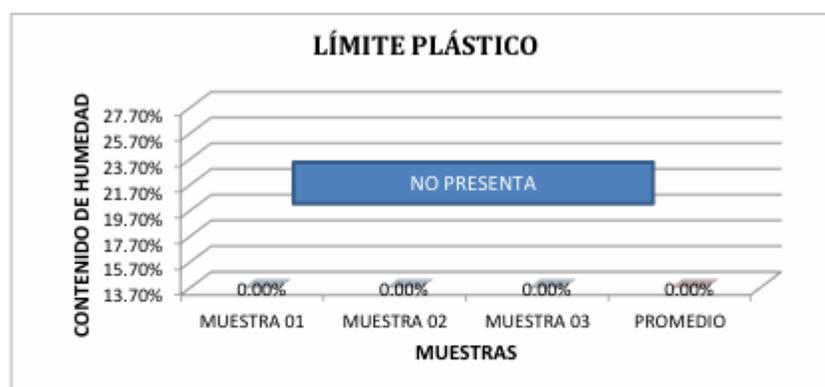
MTC E 110 - 2016 **LÍMITE LÍQUIDO**

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	MUESTRA 04
Peso de Capsula (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso del Agua (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso de la Muestra Seca (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00
Contenido de Humedad	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Número de Golpes	38	32	18	13



MTC E 111 - 2016 **LÍMITE PLÁSTICO**

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de Capsula (gr)	0.00	0.00	0.00
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	0.00	0.00	0.00
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	0.00	0.00	0.00
Peso del Agua (gr)	0.00	0.00	0.00
Peso de la Muestra Seca (gr)	0.00	0.00	0.00
Contenido de Humedad	0.00%	0.00%	0.00%



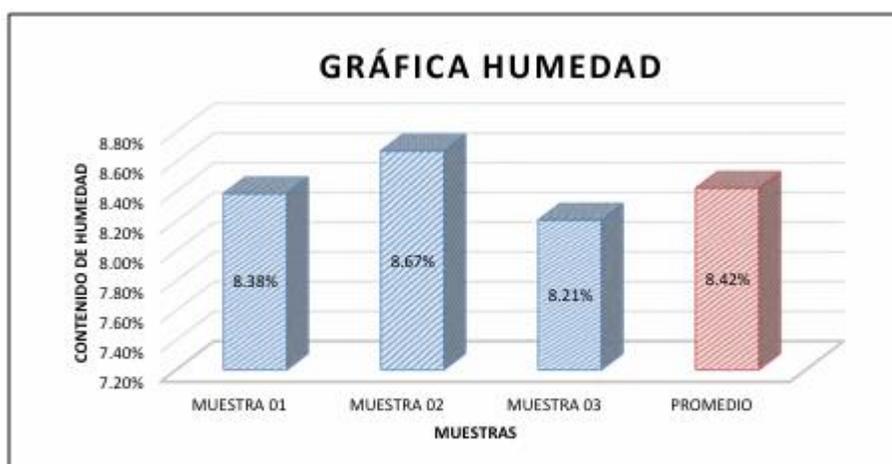
LÍMITE LÍQUIDO = NO PRESENTA
LÍMITE PLÁSTICO = NO PRESENTA
ÍNDICE DE PLASTICIDAD = NO PRESENTA



CALICATA N°04

MTC E 108-2016	CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO
-----------------------	---------------------------------------

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de Capsula (gr)	22.94	22.78	24.75
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	92.49	73.66	67.34
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	87.11	69.60	64.11
Peso del Agua (gr)	5.38	4.06	3.23
Peso de la Muestra Seca (gr)	64.17	46.82	39.36
Contenido de Humedad	8.38%	8.67%	8.21%



CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL = 8.42%

MTC E 107-2016	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
-----------------------	---

Antes del Lavado
Peso de la Muestra Seca = 1953.75 gr

Despues del Lavado
Peso de la Muestra Seca = 1563.00 gr
% de Error en Peso = 0.77% Ok!

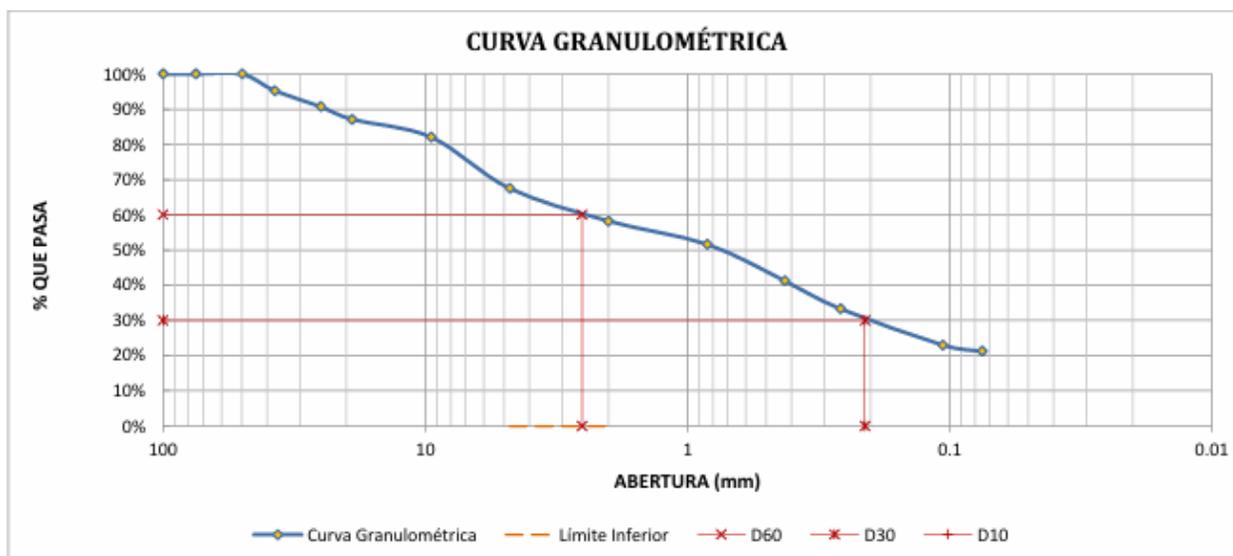
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO QUE PASA (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4"	100	0.00	1551.0	0.00%	0.00%	100.00%
3"	75	0.00	1551.00	0.00%	0.00%	100.00%
2"	50	0.00	1551.00	0.00%	0.00%	100.00%
1½"	37.5	93.00	1458.00	4.76%	4.76%	95.24%
1"	25	88.00	1370.00	4.50%	9.26%	90.74%
¾"	19	71.00	1299.00	3.63%	12.90%	87.10%
3/8"	9.5	98.00	1201.00	5.02%	17.91%	82.09%
Nº 4	4.76	285.00	916.00	14.59%	32.50%	67.50%
Nº 10	2	181.00	735.00	9.26%	41.77%	58.23%
Nº 20	0.840	129.00	606.00	6.60%	48.37%	51.63%
Nº 40	0.425	203.00	403.00	10.39%	58.76%	41.24%
Nº 60	0.260	156.00	247.00	7.98%	66.74%	33.26%
Nº 140	0.106	201.00	46.00	10.29%	77.03%	22.97%
Nº 200	0.075	34.00	12.00	1.74%	78.77%	21.23%
Cazuela	-	12.00	-	0.61%	79.39%	-
Lavado	-	390.75	-	20.61%	99.99%	-
Total Fracción Retenida en Lavado =		1551.00		100.00%		



Fracciones Retenidas		De la Fraccion Gruesa		Propiedades	
% de Gravas(Ret.n°4) =	32.50%	% de grava =	41.26%	T. Max.Absoluto=	2"
% de Arena (Pas N°4-Ret N°200)=	46.27%	% de arena =	58.74%	T. Max.Relativo=	1"
% de Finos(Pas N°200)=	21.23%	Total =	100.00%	Clasf. SUCS=	SM
Total=	100.00%			Clasif.AASHTO=	A-1-b (0) =

Calculo del Coeficiente de Uniformidad (Cu)	
D60 =	2.52 mm
D10 =	-
Cu=	-

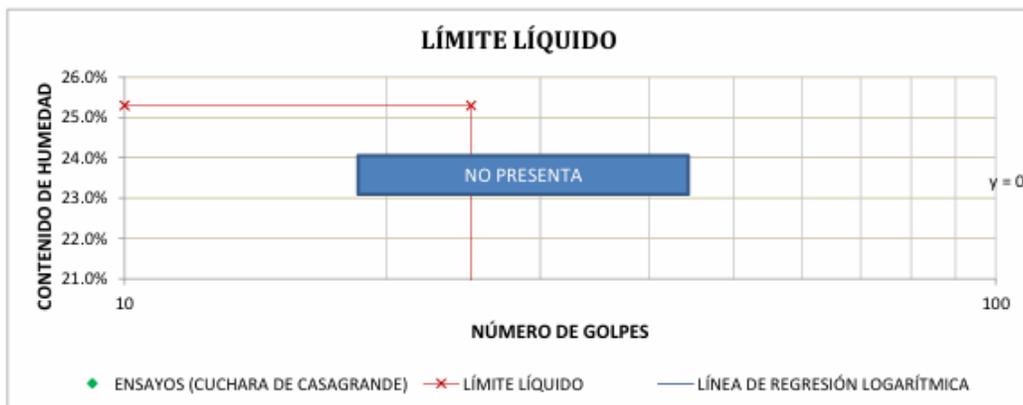
Calculo del Coeficiente de Curvatura (Cc)	
D60 =	2.52 mm
D30 =	0.21 mm
D10 =	-
Cc=	-





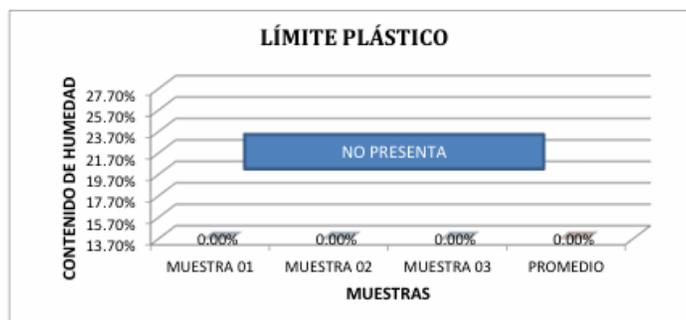
MTC E 110 - 2016	LÍMITE LÍQUIDO
-------------------------	-----------------------

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	MUESTRA 04
Peso de Capsula (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso del Agua (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso de la Muestra Seca (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00
Contenido de Humedad	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Número de Golpes	38	32	18	13



MTC E 111 - 2016	LÍMITE PLÁSTICO
-------------------------	------------------------

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de Capsula (gr)	0.00	0.00	0.00
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	0.00	0.00	0.00
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	0.00	0.00	0.00
Peso del Agua (gr)	0.00	0.00	0.00
Peso de la Muestra Seca (gr)	0.00	0.00	0.00
Contenido de Humedad	0.00%	0.00%	0.00%



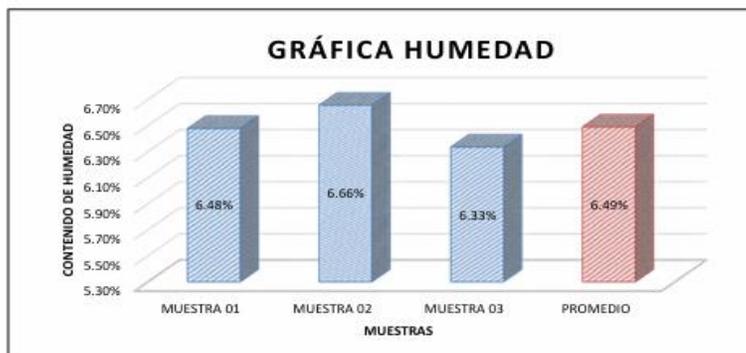
LÍMITE LÍQUIDO = NO PRESENTA
LÍMITE PLÁSTICO = NO PRESENTA
ÍNDICE DE PLASTICIDAD = NO PRESENTA

observaciones: -Muestra tomadas en Campo por el Laboratorio



CALICATA N°05

MTC E 108-2016	CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO		
DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de Capsula (gr)	20.96	24.14	22.93
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	66.50	103.78	77.49
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	63.73	98.81	74.24
Peso del Agua (gr)	2.77	4.97	3.25
Peso de la Muestra Seca (gr)	42.77	74.67	51.31
Contenido de Humedad	6.48%	6.66%	6.33%



CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL = 6.49%

observaciones: -Muestra tomadas en Campo por el Laboratorio



MTC E 107-2016 **ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**

Antes del Lavado
Peso de la Muestra Seca = 1804.40 gr

Despues del Lavado
Peso de la Muestra Seca = 1388.00 gr
% de Error en Peso = 0.07% **Ok!**

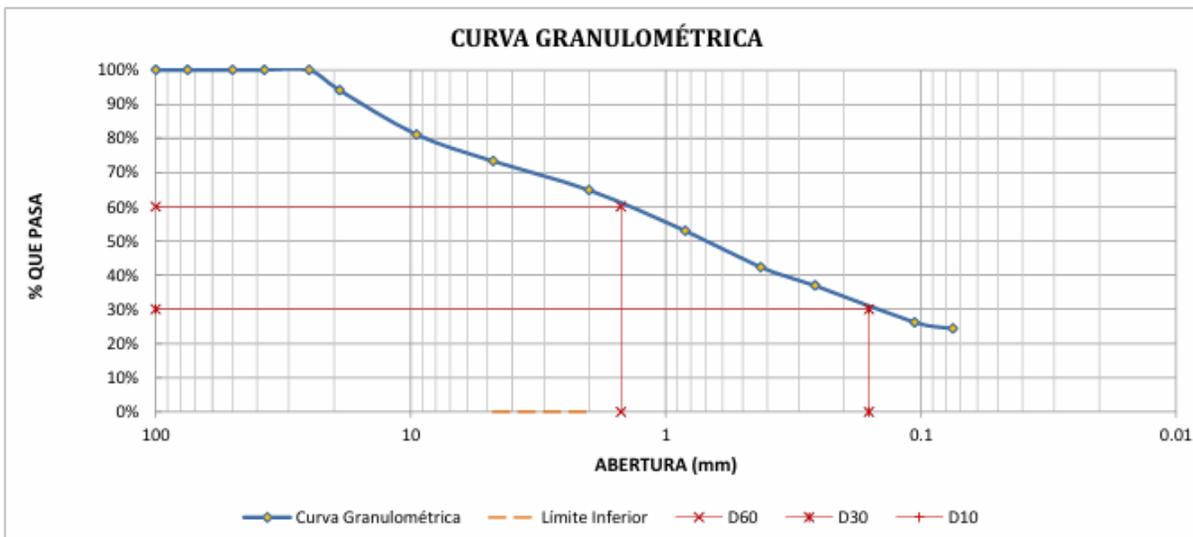
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO QUE PASA (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4"	100	0.00	1387.0	0.00%	0.00%	100.00%
3"	75	0.00	1387.00	0.00%	0.00%	100.00%
2"	50	0.00	1387.00	0.00%	0.00%	100.00%
1½"	37.5	0.00	1387.00	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25	0.00	1387.00	0.00%	0.00%	100.00%
¾"	19	107.00	1280.00	5.93%	5.93%	94.07%
⅜"	9.5	233.00	1047.00	12.91%	18.84%	81.16%
Nº 4	4.76	141.00	906.00	7.81%	26.66%	73.34%
Nº 10	2	153.00	753.00	8.48%	35.14%	64.86%
Nº 20	0.840	214.00	539.00	11.86%	47.00%	53.00%
Nº 40	0.425	193.00	346.00	10.70%	57.69%	42.31%
Nº 60	0.260	97.00	249.00	5.38%	63.07%	36.93%
Nº 140	0.106	194.00	55.00	10.75%	73.82%	26.18%
Nº 200	0.075	32.00	23.00	1.77%	75.59%	24.41%
Cazuela	-	23.00	-	1.27%	76.87%	-
Lavado	-	416.40	-	23.13%	98.73%	-

Total Fracción Retenida en Lavado = **1387.00** **100.00%**

Fracciones Retenidas	De la Fraccion Gruesa	Propiedades
% de Gravas(Ret.n°4) = 26.66%	% de grava = 35.26%	T. Max.Absoluto= 1"
% de Arena (Pas N°4-Ret N°200)= 48.94%	% de arena = 64.74%	T. Max.Relativo= ¾"
% de Finos(Pas N°200)= 24.41%	Total = 100.00%	Clasf. SUCS= SM
Total= 100.00%		Clasif.AASHTO= A-1-b (0) =

Calculo del Coeficiente de Uniformidad (Cu)
D60 = 1.50 mm
D10 = -
Cu = -

Calculo del Coeficiente de Curvatura (Cc)
D60 = 1.50 mm
D30 = 0.16 mm
D10 = -
Cc = -

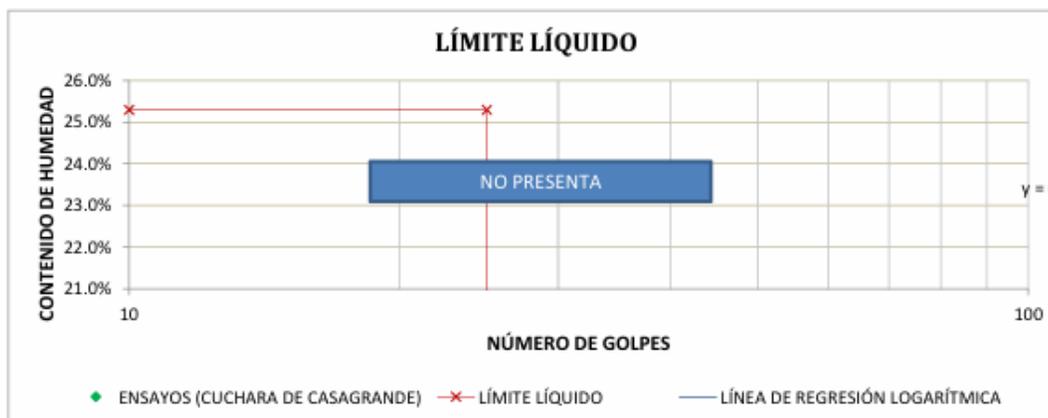


observaciones: -Muestra tomadas en Campo por el Laboratorio



MTC E 110 - 2016 **LÍMITE LÍQUIDO**

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	MUESTRA 04
Peso de Capsula (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso del Agua (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso de la Muestra Seca (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00
Contenido de Humedad	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Número de Golpes	38	32	18	13



MTC E 111 - 2016 **LÍMITE PLÁSTICO**

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de Capsula (gr)	0.00	0.00	0.00
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	0.00	0.00	0.00
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	0.00	0.00	0.00
Peso del Agua (gr)	0.00	0.00	0.00
Peso de la Muestra Seca (gr)	0.00	0.00	0.00
Contenido de Humedad	0.00%	0.00%	0.00%



LÍMITE LÍQUIDO = NO PRESENTA
LÍMITE PLÁSTICO = NO PRESENTA
ÍNDICE DE PLASTICIDAD = NO PRESENTA

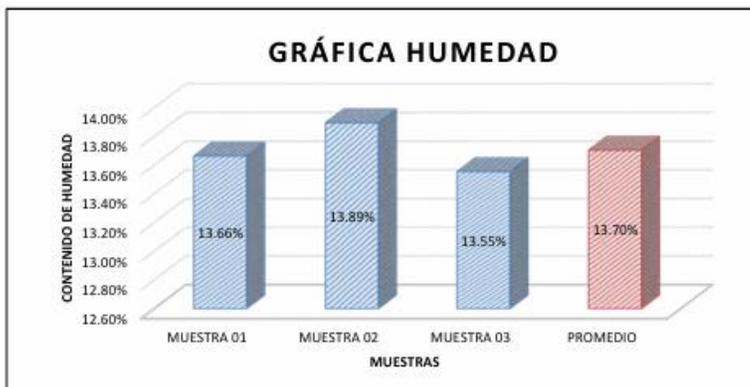
observaciones: -Muestra tomadas en Campo por el Laboratorio



CALICATA N°06

MTC E 108-2016	CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO
-----------------------	---------------------------------------

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de Capsula (gr)	23.95	25.12	25.11
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	83.60	95.29	100.76
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	76.43	86.73	91.73
Peso del Agua (gr)	7.17	8.56	9.03
Peso de la Muestra Seca (gr)	52.48	61.61	66.62
Contenido de Humedad	13.66%	13.89%	13.55%



CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL = 13.70%

observaciones: -Muestra tomadas en Campo por el Laboratorio

MTC E 107-2016	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
-----------------------	---

Antes del Lavado
Peso de la Muestra Seca = 3051.10 gr

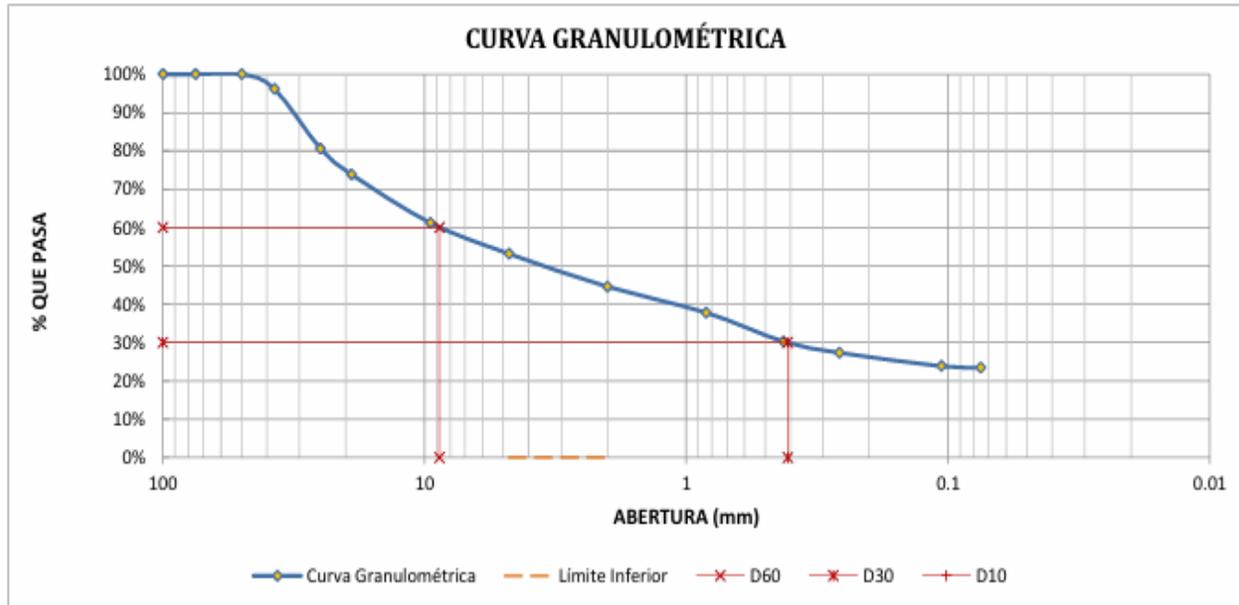
Despues del Lavado
Peso de la Muestra Seca = 2347.00 gr
% de Error en Peso = 0.09% Ok!

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO QUE PASA (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4"	100	0.00	2345.0	0.00%	0.00%	100.00%
3"	75	0.00	2345.00	0.00%	0.00%	100.00%
2"	50	0.00	2345.00	0.00%	0.00%	100.00%
1½"	37.5	115.00	2230.00	3.77%	3.77%	96.23%
1"	25	476.00	1754.00	15.60%	19.37%	80.63%
¾"	19	207.00	1547.00	6.78%	26.15%	73.85%
3/8"	9.5	384.00	1163.00	12.59%	38.74%	61.26%
Nº 4	4.76	247.00	916.00	8.10%	46.84%	53.16%
Nº 10	2	262.00	654.00	8.59%	55.42%	44.58%
Nº 20	0.840	206.00	448.00	6.75%	62.17%	37.83%
Nº 40	0.425	231.00	217.00	7.57%	69.75%	30.25%
Nº 60	0.260	89.00	128.00	2.92%	72.66%	27.34%
Nº 140	0.106	107.00	21.00	3.51%	76.17%	23.83%
Nº 200	0.075	12.00	9.00	0.39%	76.56%	23.44%
Cazuela	-	9.00	-	0.29%	76.86%	-
Lavado	-	704.10	-	23.14%	99.71%	-
Total Fracción Retenida en Lavado =		2345.00		100.00%		

Fracciones Retenidas	De la Fraccion Gruesa	Propiedades
% de Gravas(Ret.n°4) = 46.84%	% de grava = 61.17%	T. Max.Absoluto= 2"
% de Arena (Pas N°4-Ret N°200)= 29.73%	% de arena = 38.83%	T. Max.Relativo= 1"
% de Finos(Pas N°200)= 23.44%	Total = 100.00%	Clasf. SUCS= GM
Total= 100.00%		Clasif.AASHTO= A-1-b (0) =

Calculo del Coeficiente de Uniformidad (Cu)
D60 = 8.76 mm
D10 = -
Cu = -

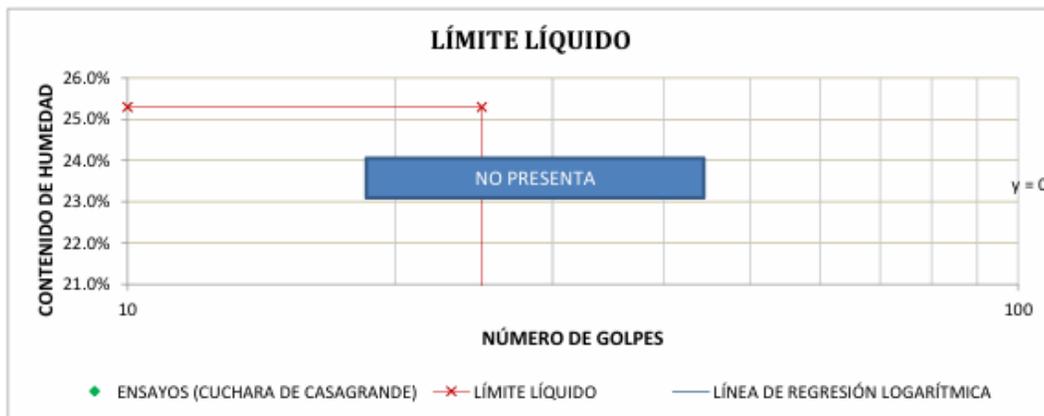
Calculo del Coeficiente de Curvatura (Cc)
D60 = 8.76 mm
D30 = 0.41 mm
D10 = -
Cc = -



observaciones: -Muestra tomadas en Campo por el Laboratorio

MTC E 110 - 2016	LÍMITE LÍQUIDO
-------------------------	-----------------------

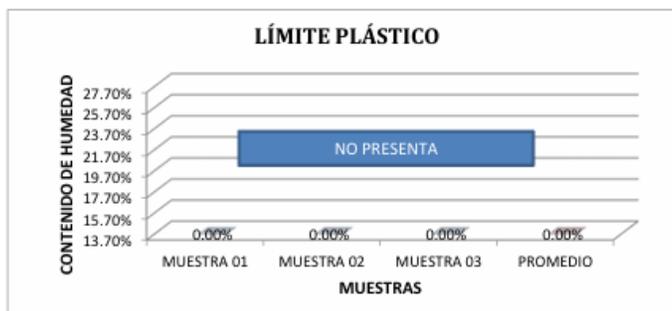
DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	MUESTRA 04
Peso de Capsula (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso del Agua (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso de la Muestra Seca (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00
Contenido de Humedad	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Número de Golpes	38	32	18	13





MTC E 111 - 2016 **LÍMITE PLÁSTICO**

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de Capsula (gr)	0.00	0.00	0.00
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	0.00	0.00	0.00
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	0.00	0.00	0.00
Peso del Agua (gr)	0.00	0.00	0.00
Peso de la Muestra Seca (gr)	0.00	0.00	0.00
Contenido de Humedad	0.00%	0.00%	0.00%



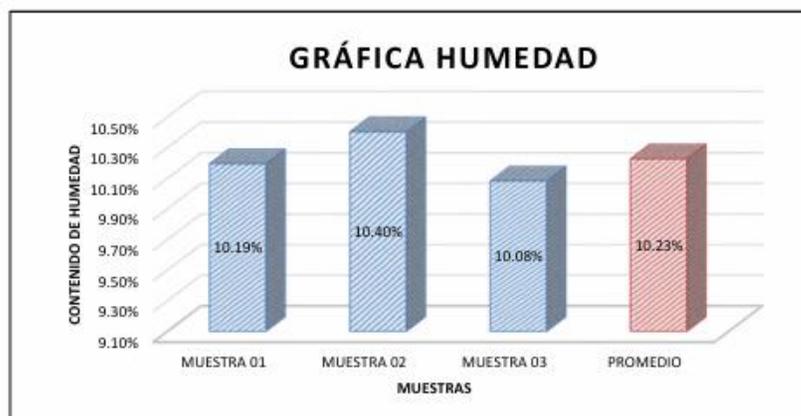
LÍMITE LÍQUIDO = NO PRESENTA
LÍMITE PLÁSTICO = NO PRESENTA
ÍNDICE DE PLASTICIDAD = NO PRESENTA

observaciones: -Muestra tomadas en Campo por el Laboratorio

CALICATA N°07

MTC E 108-2016 **CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO**

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de Capsula (gr)	22.12	20.55	24.79
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	94.11	99.30	93.58
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	87.45	91.88	87.28
Peso del Agua (gr)	6.66	7.42	6.30
Peso de la Muestra Seca (gr)	65.33	71.33	62.49
Contenido de Humedad	10.19%	10.40%	10.08%



CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL = 10.23%
--

observaciones: -Muestra tomadas en Campo por el Laboratorio



MTC E 107-2016 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

Antes del Lavado
Peso de la Muestra Seca = 1500.00 gr

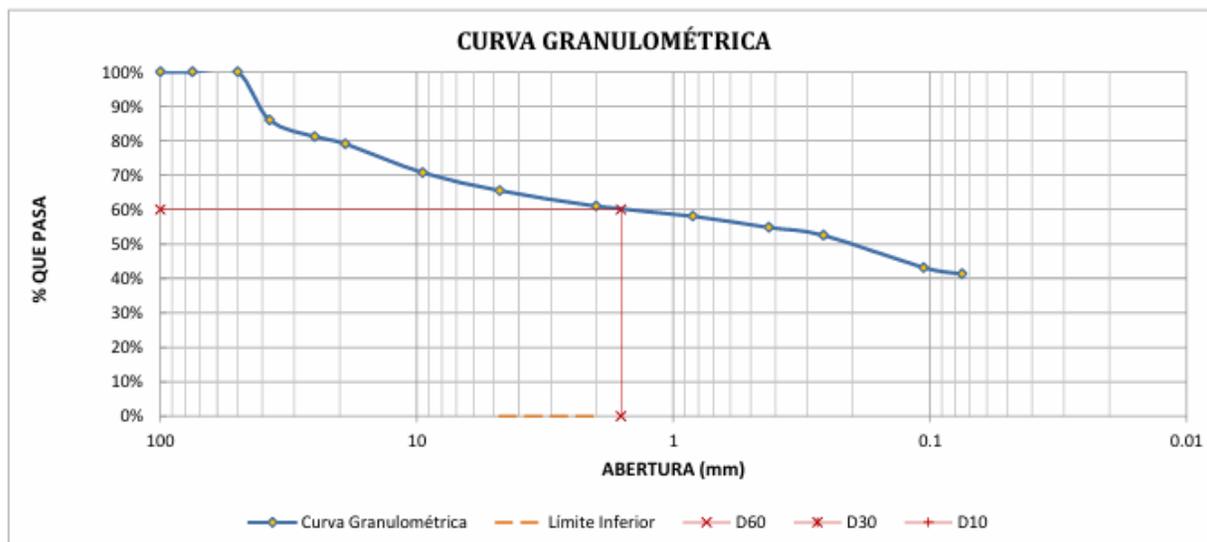
Despues del Lavado
Peso de la Muestra Seca = 893.00 gr
% de Error en Peso = 0.78%
Ok!

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO QUE PASA (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4"	100	0.00	886.0	0.00%	0.00%	100.00%
3"	75	0.00	886.00	0.00%	0.00%	100.00%
2"	50	0.00	886.00	0.00%	0.00%	100.00%
1½"	37.5	210.00	676.00	14.00%	14.00%	86.00%
1"	25	72.00	604.00	4.80%	18.80%	81.20%
¾"	19	31.00	573.00	2.07%	20.87%	79.13%
3/8"	9.5	126.00	447.00	8.40%	29.27%	70.73%
Nº 4	4.76	78.00	369.00	5.20%	34.47%	65.53%
Nº 10	2	68.00	301.00	4.53%	39.00%	61.00%
Nº 20	0.840	44.00	257.00	2.93%	41.93%	58.07%
Nº 40	0.425	49.00	208.00	3.27%	45.20%	54.80%
Nº 60	0.260	34.00	174.00	2.27%	47.47%	52.53%
Nº 140	0.106	141.00	33.00	9.40%	56.87%	43.13%
Nº 200	0.075	27.00	6.00	1.80%	58.67%	41.33%
Cazuela	-	6.00	-	0.40%	59.07%	-
Lavado	-	607.00	-	40.93%	99.60%	-
Total Fracción Retenida en Lavado =		886.00		100.00%		

Fracciones Retenidas	De la Fraccion Gruesa	Propiedades
% de Gravas(Ret.n°4) = 34.47%	% de grava = 58.75%	T. Max.Absoluto= 2"
% de Arena (Pas N°4-Ret N°200)= 24.20%	% de arena = 41.25%	T. Max.Relativo= 1½"
% de Finos(Pas N°200)= 41.33%	Total = 100.00%	Clasf. SUCS= GM
Total= 100.00%		Clasif.AASHTO= A-4 (1) =

Calculo del Coeficiente de Uniformidad (Cu)
D60 = 1.60 mm
D10 = -
Cu = -

Calculo del Coeficiente de Curvatura (Cc)
D60 = 1.60 mm
D30 = -
D10 = -
Cc = -

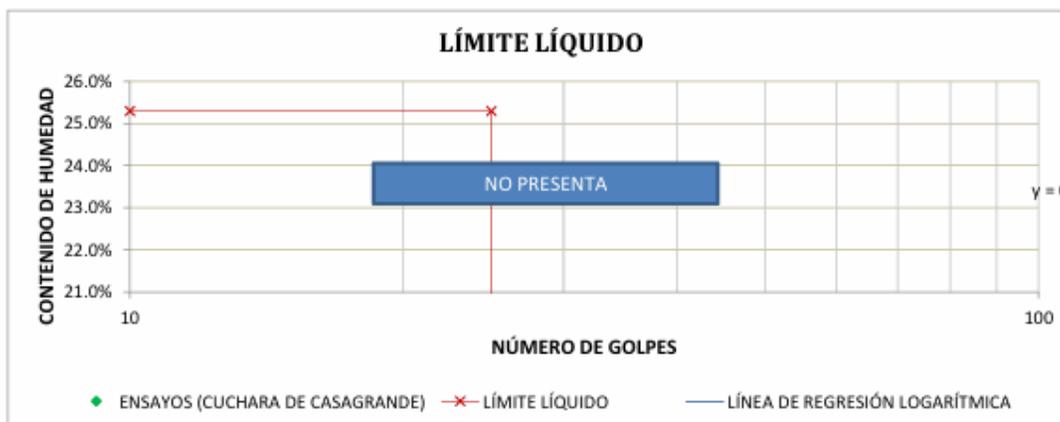


observaciones: -Muestra tomadas en Campo por el Laboratorio



MTC E 110 - 2016 **LÍMITE LÍQUIDO**

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	MUESTRA 04
Peso de Capsula (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso del Agua (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso de la Muestra Seca (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00
Contenido de Humedad	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Número de Golpes	38	32	18	13



MTC E 111 - 2016 **LÍMITE PLÁSTICO**

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de Capsula (gr)	0.00	0.00	0.00
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	0.00	0.00	0.00
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	0.00	0.00	0.00
Peso del Agua (gr)	0.00	0.00	0.00
Peso de la Muestra Seca (gr)	0.00	0.00	0.00
Contenido de Humedad	0.00%	0.00%	0.00%



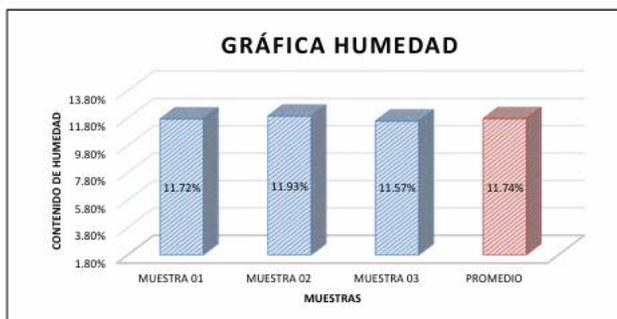
LÍMITE LÍQUIDO = NO PRESENTA
LÍMITE PLÁSTICO = NO PRESENTA
ÍNDICE DE PLASTICIDAD = NO PRESENTA

observaciones: -Muestra tomadas en Campo por el Laboratorio



CALICATA N°08

MTC E 108-2016		CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO		
DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	
Peso de Capsula (gr)	20.25	24.63	24.78	
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	72.57	100.62	79.45	
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	67.08	92.52	73.78	
Peso del Agua (gr)	5.49	8.10	5.67	
Peso de la Muestra Seca (gr)	46.83	67.89	49.00	
Contenido de Humedad	11.72%	11.93%	11.57%	



CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL = 11.74%

observaciones: -Muestra tomadas en Campo por el Laboratorio

MTC E 107-2016 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

Antes del Lavado
Peso de la Muestra Seca = 3112.50 gr

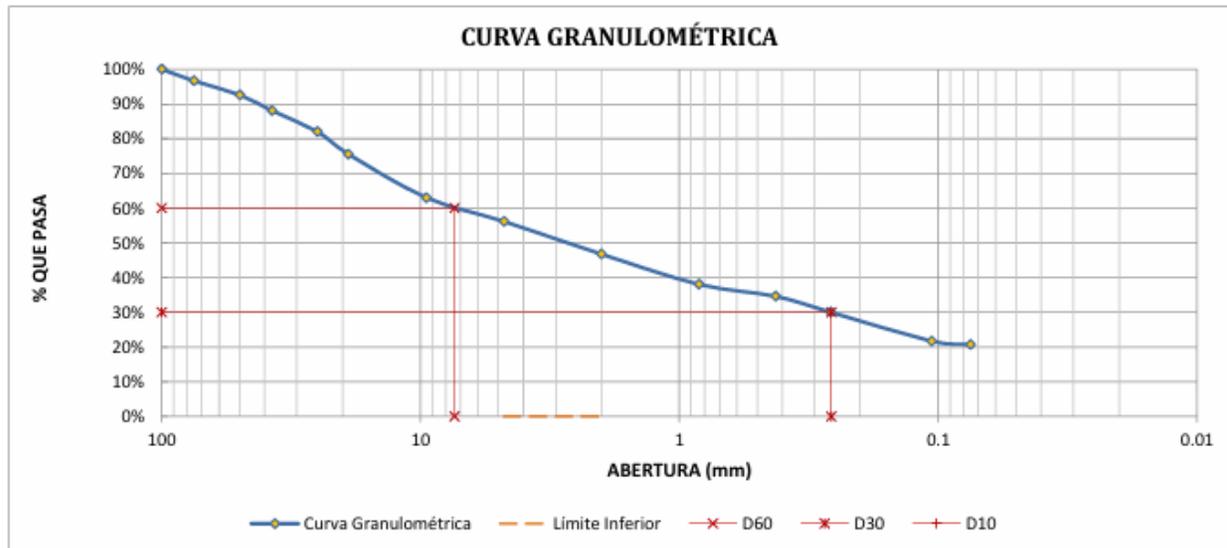
Despues del Lavado
Peso de la Muestra Seca = 2490.00 gr
% de Error en Peso = 0.68% Ok!

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO QUE PASA (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4"	100	0.00	2473.0	0.00%	0.00%	100.00%
3"	75	104.00	2369.00	3.34%	3.34%	96.66%
2"	50	125.00	2244.00	4.02%	7.36%	92.64%
1½"	37.5	141.00	2103.00	4.53%	11.89%	88.11%
1"	25	189.00	1914.00	6.07%	17.96%	82.04%
¾"	19	201.00	1713.00	6.46%	24.42%	75.58%
⅜"	9.5	390.00	1323.00	12.53%	36.95%	63.05%
Nº 4	4.76	214.00	1109.00	6.88%	43.82%	56.18%
Nº 10	2	293.00	816.00	9.41%	53.24%	46.76%
Nº 20	0.840	271.00	545.00	8.71%	61.94%	38.06%
Nº 40	0.425	107.00	438.00	3.44%	65.38%	34.62%
Nº 60	0.260	143.00	295.00	4.59%	69.98%	30.02%
Nº 140	0.106	260.00	35.00	8.35%	78.33%	21.67%
Nº 200	0.075	30.00	5.00	0.96%	79.29%	20.71%
Cazuela	-	5.00	-	0.16%	79.45%	-
Lavado	-	622.50	-	20.55%	99.84%	-
Total Fracción Retenida en Lavado =		2473.00		100.00%		

Fracciones Retenidas	De la Fracción Gruesa	Propiedades
% de Gravas(Ret.n°4) = 43.82%	% de grava = 55.27%	T. Max.Absoluto= 4"
% de Arena (Pas N°4-Ret N°200)= 35.47%	% de arena = 44.73%	T. Max.Relativo= 2"
% de Finos(Pas N°200)= 20.71%	Total = 100.00%	Clasf. SUCS= GM
Total= 100.00%		Clasif.AASHTO= A-1-b (0) =

Calculo del Coeficiente de Uniformidad (Cu)
D60 = 7.39 mm
D10 = -
Cu = -

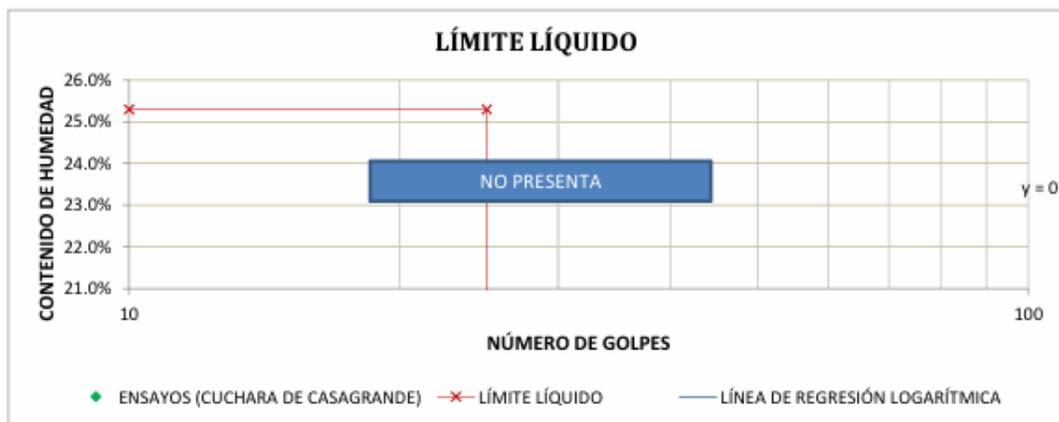
Calculo del Coeficiente de Curvatura (Cc)
D60 = 7.39 mm
D30 = 0.26 mm
D10 = -
Cc = -



observaciones: -Muestra tomadas en Campo por el Laboratorio

MTC E 110 - 2016	LÍMITE LÍQUIDO
-------------------------	-----------------------

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	MUESTRA 04
Peso de Capsula (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso del Agua (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso de la Muestra Seca (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00
Contenido de Humedad	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Número de Golpes	38	32	18	13





MTC E 111 - 2016	LÍMITE PLÁSTICO
-------------------------	------------------------

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de Capsula (gr)	0.00	0.00	0.00
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	0.00	0.00	0.00
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	0.00	0.00	0.00
Peso del Agua (gr)	0.00	0.00	0.00
Peso de la Muestra Seca (gr)	0.00	0.00	0.00
Contenido de Humedad	0.00%	0.00%	0.00%



LÍMITE LÍQUIDO = NO PRESENTA
LÍMITE PLÁSTICO = NO PRESENTA
ÍNDICE DE PLASTICIDAD = NO PRESENTA

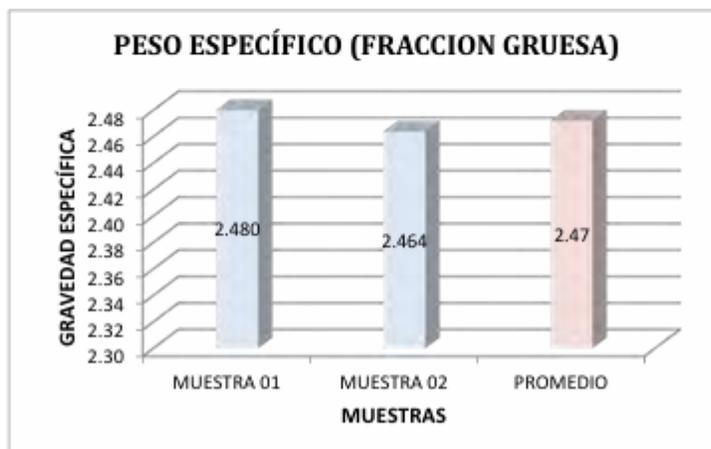
observaciones: -Muestra tomadas en Campo por el Laboratorio

CALICATA N°09

PESO ESPECÍFICO DE SUELOS (FRACCIÓN GRUESA) TC E 206 - 2000, Basado en la Norma ASTM C-127 y AASHTO T-

DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01	MUESTRA 02
Número de Probeta	1	2
Volumen de la Probeta (ml)	1000	900
Peso de la Probeta (gr)	554.87	265.83
Peso de la Muestra Seca (gr)	530.80	523.58
Peso de la Probeta + Agua + Muestra (gr)	1237.14	942.33
Temperatura del Agua (°C)	15.7	15.7
Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca (gr)	535.84	528.55
Peso de la Probeta + Agua (gr)	915.50	626.46
Peso de la Muestra Sumergida (gr)	321.64	315.87
Peso del Agua Desplazada (gr)	214.20	212.68
Peso Específico Aparente a temperatura de ensayo (gr/cm ³)	2.478	2.462
Factor de corrección por temperatura	1.0007671	1.0007671
Peso Específico Aparente (gr/cm ³)	2.480	2.464

% de Error = 0.66%
< 2% Ok!



PESO ESPECÍFICO DE GRAVAS = 2.47 gr/cm³

DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA DE ROCA

MUESTRA C-09

PROPIEDADES FÍSICAS

- Textura: Granoblástica
- Color: Gris Blanquecino
- Tamaño: <1mm

- Forma: Subhedral

COMPOSICION MINERALOGICA

- Minerales principales: Cuarzo (50%), Feldespatos (30%), Anfiboles (10%)
- Minerales secundarios: Biotita y Moscovita (10%)

OTROS

Grado de fracturamiento: Bajo

Dureza: 6.0 en la escala de Mohs

Alteración: Media, presenta óxidos





TRINCHERA M-01

MTC E 107-2016 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

Antes del Lavado
Peso de la Muestra Seca = 2437.56 gr

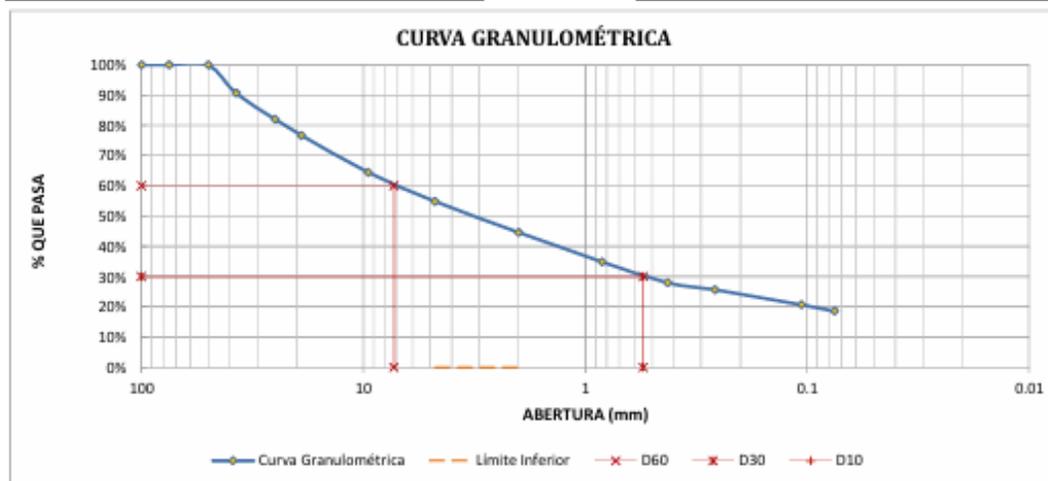
Despues del Lavado
Peso de la Muestra Seca = 1998.00 gr
% de Error en Peso = 0.35% Ok!

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO QUE PASA (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4"	100	0.00	1991.0	0.00%	0.00%	100.00%
3"	75	0.00	1991.00	0.00%	0.00%	100.00%
2"	50	0.00	1991.00	0.00%	0.00%	100.00%
1½"	37.5	228.00	1763.00	9.35%	9.35%	90.65%
1"	25	209.00	1554.00	8.57%	17.93%	82.07%
¾"	19	130.00	1424.00	5.33%	23.26%	76.74%
¾"	9.5	299.00	1125.00	12.27%	35.53%	64.47%
Nº 4	4.76	233.00	892.00	9.56%	45.09%	54.91%
Nº 10	2	250.00	642.00	10.26%	55.34%	44.66%
Nº 20	0.840	238.00	404.00	9.76%	65.11%	34.89%
Nº 40	0.425	169.00	235.00	6.93%	72.04%	27.96%
Nº 60	0.260	55.00	180.00	2.26%	74.30%	25.70%
Nº 140	0.106	122.00	58.00	5.01%	79.30%	20.70%
Nº 200	0.075	52.00	6.00	2.13%	81.43%	18.57%
Cazuela	-	6.00	-	0.25%	81.68%	-
Lavado	-	439.56	-	18.32%	99.75%	-
Total Fracción Retenida en Lavado =		1991.00		100.00%		

Fracciones Retenidas	De la Fraccion Gruesa	Propiedades
% de Gravas(Ret.n°4) = 45.09%	% de grava = 55.37%	T. Max.Absoluto= 2"
% de Arena (Pas N°4-Ret N°200)= 36.35%	% de arena = 44.63%	T. Max.Relativo= 1½"
% de Finos(Pas N°200)= 18.57%	Total = 100.00%	Clasf. SUCS= GM
Total= 100.00%		Clasif.AASHTO= A-1-b (0) =

Calculo del Coeficiente de Uniformidad (Cu)
D60 = 7.28 mm
D10 = -
Cu = -

Calculo del Coeficiente de Curvatura (Cc)
D60 = 7.28 mm
D30 = 0.55 mm
D10 = -
Cc = -

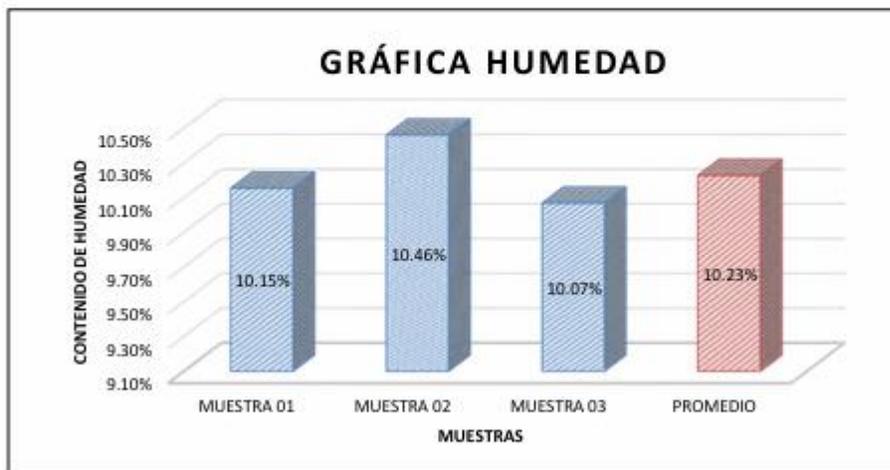


observaciones: -Muestra tomadas en Campo por el Laboratorio



MTC E 108-2016 **CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO**

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de Capsula (gr)	19.41	19.20	18.92
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	89.28	72.11	101.36
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	82.84	67.10	93.82
Peso del Agua (gr)	6.44	5.01	7.54
Peso de la Muestra Seca (gr)	63.43	47.90	74.90
Contenido de Humedad	10.15%	10.46%	10.07%

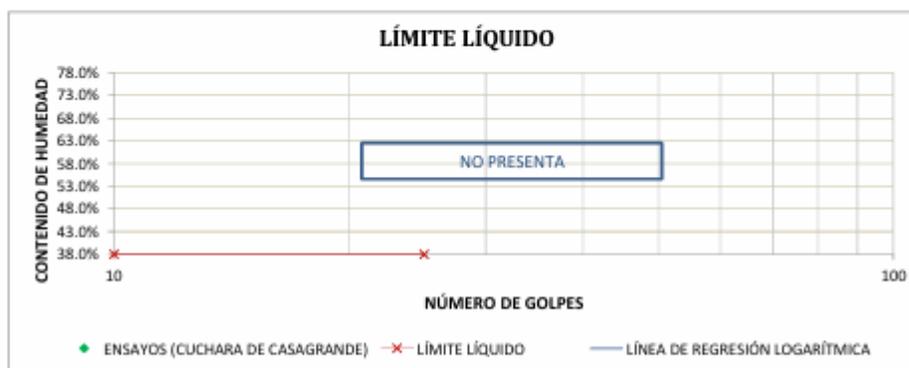


CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL = 10.23%

observaciones: -Muestra tomadas en Campo por el Laboratorio

MTC E 110 - 2016 **LÍMITE LÍQUIDO**

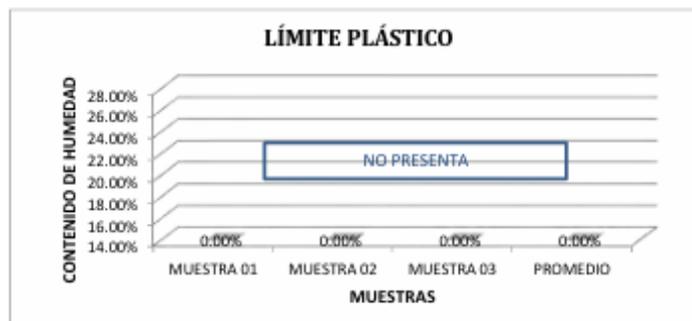
DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	MUESTRA 04
Peso de Capsula (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso del Agua (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso de la Muestra Seca (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00
Contenido de Humedad	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Número de Golpes	0	0	0	0





MTC E 111 - 2016 **LÍMITE PLÁSTICO**

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de Capsula (gr)	0.00	0.00	0.00
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	0.00	0.00	0.00
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	0.00	0.00	0.00
Peso del Agua (gr)	0.00	0.00	0.00
Peso de la Muestra Seca (gr)	0.00	0.00	0.00
Contenido de Humedad	0.00%	0.00%	0.00%



LÍMITE LÍQUIDO = NO PRESENTA
LÍMITE PLÁSTICO = NO PRESENTA
ÍNDICE DE PLASTICIDAD = NO PRESENTA

observaciones: -Muestra tomadas en Campo por el Laboratorio

MTC E 117 2016 **DENSIDAD EN CAMPO POR EL MÉTODO DEL CONO DE ARENA**

DATOS DE LA ARENA	
Tipo de Arena utilizada: Machupicchu	
Peso Unitario de la Arena (gr/cm ³) = 1.50 gr/cm ³	

DATOS DEL ENSAYO	
Número de Cono	1
Peso del Frasco + Cono antes de usarlo (gr)	6368.00
Peso del Frasco + Cono después de usarlo (gr)	3308.00
Peso del Suelo Húmedo (gr)	1678.00
Peso de la Arena Utilizada, hueco + cono (gr)	3060.00
Peso de la Arena en el Cono (gr)	1778.63
Peso de la Arena en el Hueco (gr)	1281.37
Volumen del Hueco (cm ³)	854.25
Densidad Natural Húmeda (gr/cm ³)	1.96

DENSIDAD NATURAL HUMEDA = 1.96 gr/cm³

DENSIDAD NATURAL SECA = 1.78 gr/cm³

DENSIDAD SATURADA = 2.22 gr/cm³



MTC E 123 - 2016 **CORTE DIRECTO-MUESTRA REMOLDEADA**

DIMENSIONES DE LA MUESTRA	
Diámetro =	50.80 mm
Altura L_0 =	21.50 mm
Área =	20.27 cm ²
Volumen =	43.58 cm ³

DENSIDAD DE LA MUESTRA	
Peso =	80.01 gr
Peso Unitario húmedo =	1.84 gr/cm ³
Contenido de Humedad =	9.70%
Peso Unitario seco =	1.67 gr/cm ³

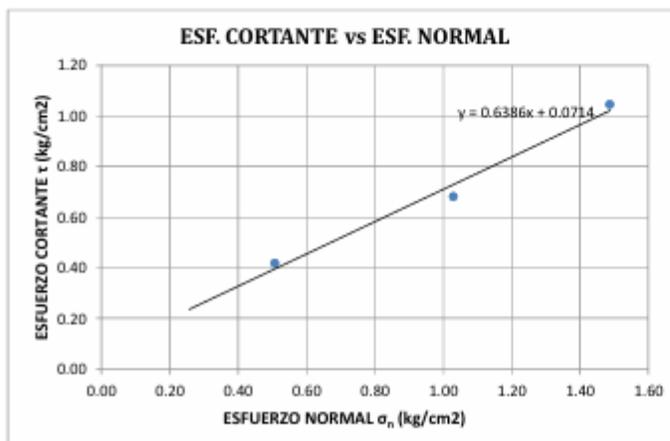
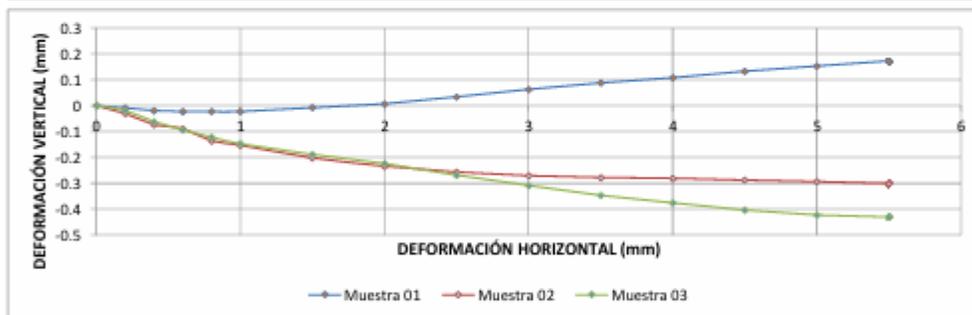
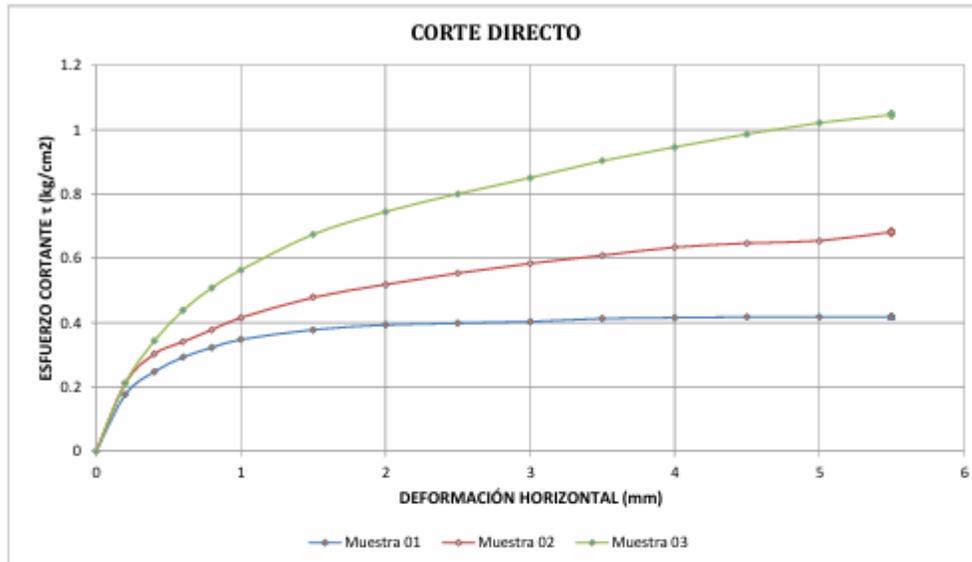
Velocidad de Deformación Horizontal = 0.50 mm/min

DEFORMÍMETRO DE LONGITUD DE CORTE	LECTURA DE CARGA HORIZONTAL			DEFORMÍMETRO DE LONGITUD VERTICAL			FUERZA DE CORTE HORIZONTAL			ÁREA CORREGIDA A'	ESFUERZO CORTANTE τ		
	M-01	M-02	M-03	M-01	M-02	M-03	M-01	M-02	M-03		M-01	M-02	M-03
mm	N			mm			kg			cm ²	kg/cm ²		
0.20	35.0	42.0	42.0	-0.009	-0.030	-0.019	3.57	4.28	4.28	20.17	0.18	0.21	0.21
0.40	49.0	60.0	68.0	-0.019	-0.073	-0.062	5.00	6.12	6.93	20.07	0.25	0.30	0.34
0.60	58.0	67.5	87.0	-0.023	-0.089	-0.094	5.91	6.88	8.87	19.96	0.29	0.34	0.44
0.80	64.0	75.0	101.0	-0.023	-0.136	-0.122	6.53	7.65	10.30	19.86	0.32	0.38	0.51
1.00	69.0	82.5	112.0	-0.023	-0.153	-0.148	7.04	8.41	11.42	19.76	0.35	0.42	0.56
1.50	75.0	95.0	134.0	-0.008	-0.202	-0.189	7.65	9.69	13.66	19.51	0.38	0.48	0.67
2.00	78.0	103.0	148.0	0.007	-0.234	-0.224	7.95	10.50	15.09	19.25	0.39	0.52	0.74
2.50	79.0	110.0	159.0	0.034	-0.257	-0.269	8.06	11.22	16.21	19.00	0.40	0.55	0.80
3.00	80.0	116.0	169.0	0.063	-0.271	-0.309	8.16	11.83	17.23	18.75	0.40	0.58	0.85
3.50	81.0	121.0	179.5	0.088	-0.278	-0.347	8.36	12.34	18.30	18.49	0.41	0.61	0.90
4.00	82.0	126.0	188.0	0.108	-0.281	-0.376	8.41	12.85	19.17	18.24	0.42	0.63	0.95
4.50	82.5	128.5	196.0	0.133	-0.288	-0.404	8.45	13.10	19.99	17.99	0.42	0.65	0.99
5.00	82.9	130.0	203.0	0.153	-0.294	-0.423	8.46	13.26	20.70	17.73	0.42	0.65	1.02
5.50	83.0	135.5	208.0	0.173	-0.301	-0.431	8.46	13.82	21.21	17.48	0.42	0.68	1.05



MTC E 123 - 2016

CORTE DIRECTO-MUESTRA REMOLDEADA



Muestras	M-01	M-02	M-03
Carga Vertical (kg)	9.00	18.00	26.00
Área en Corte (cm ²)	17.73	17.48	17.48
σ_n (kg/cm ²)	0.51	1.03	1.49
τ (kg/cm ²)	0.42	0.68	1.05

Cohesión = 0.07 kg/cm ²
Ángulo de fricción interna = 32° 33' 47"



CALICATA PARA CBR-01

MTC E 107-2016 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

Antes del Lavado
Peso de la Muestra Seca = 1632.36 gr

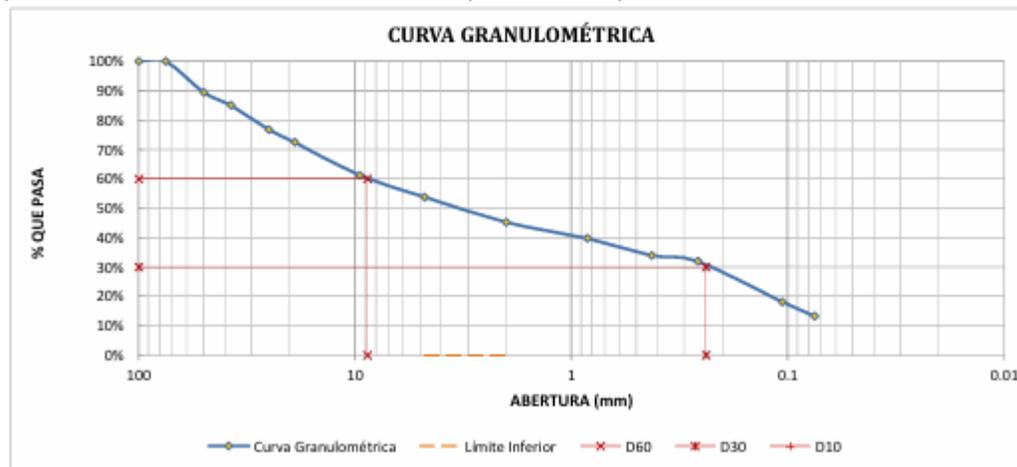
Despues del Lavado
Peso de la Muestra Seca = 1443.00 gr
% de Error en Peso = 0.29% Ok!

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO QUE PASA (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4"	100	0.00	1438.8	0.00%	0.00%	100.00%
3"	75	0.00	1438.79	0.00%	0.00%	100.00%
2"	50	173.00	1265.79	10.60%	10.60%	89.40%
1½"	37.5	71.00	1194.79	4.35%	14.95%	85.05%
1"	25	136.00	1058.79	8.33%	23.28%	76.72%
¾"	19	70.00	988.79	4.29%	27.57%	72.43%
3/8"	9.5	184.00	804.79	11.27%	38.84%	61.16%
Nº 4	4.76	120.00	684.79	7.35%	46.19%	53.81%
Nº 10	2	140.00	544.79	8.58%	54.77%	45.23%
Nº 20	0.840	90.00	454.79	5.51%	60.28%	39.72%
Nº 40	0.425	95.00	359.79	5.82%	66.10%	33.90%
Nº 60	0.260	32.00	327.79	1.96%	68.06%	31.94%
Nº 140	0.106	225.00	102.79	13.78%	81.84%	18.16%
Nº 200	0.075	79.79	23.00	4.89%	86.73%	13.27%
Cazuela	-	23.00	-	1.41%	88.14%	-
Lavado	-	189.36	-	11.86%	98.59%	-
Total Fracción Retenida en Lavado =		1438.79		100.00%		

Fracciones Retenidas	De la Fraccion Gruesa	Propiedades
% de Gravas(Ret.n°4) = 46.19%	% de grava = 53.26%	T. Max.Absoluto= 3"
% de Arena (Pas N°4-Ret N°200)= 40.54%	% de arena = 46.74%	T. Max.Relativo= 2"
% de Finos(Pas N°200)= 13.27%	Total = 100.00%	Clasf. SUCS= GM
Total= 100.00%		Clasif.AASHTO= A-1-b (0) =

Calculo del Coeficiente de Uniformidad (Cu)
D60 = 8.75 mm
D10 = -
Cu = -

Calculo del Coeficiente de Curvatura (Cc)
D60 = 8.75 mm
D30 = 0.24 mm
D10 = -
Cc = -

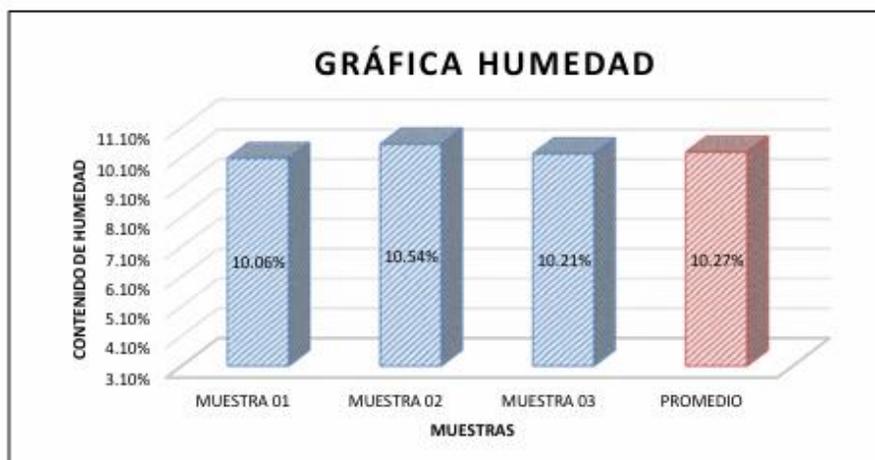


observaciones: -Muestra tomadas en Campo por el Laboratorio



MTC E 108-2016 **CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO**

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de Capsula (gr)	21.21	23.25	24.30
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	86.98	99.72	89.16
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	80.97	92.43	83.15
Peso del Agua (gr)	6.01	7.29	6.01
Peso de la Muestra Seca (gr)	59.76	69.18	58.85
Contenido de Humedad	10.06%	10.54%	10.21%

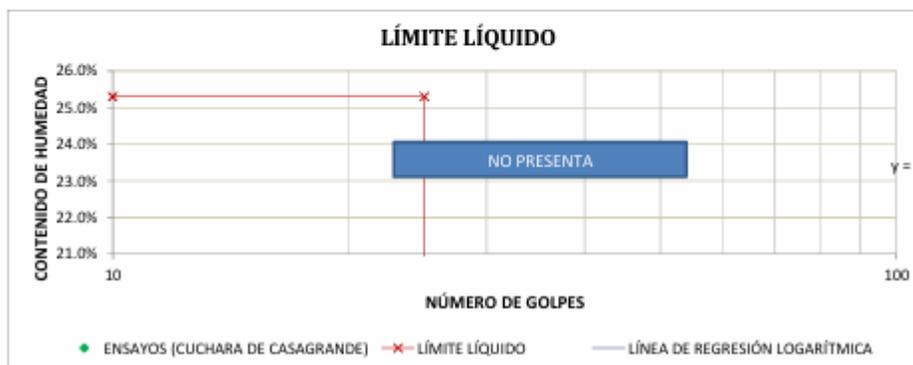


CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL = 10.27%

observaciones: -Muestra tomadas en Campo por el Laboratorio

MTC E 110 - 2016 **LÍMITE LÍQUIDO**

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	MUESTRA 04
Peso de Capsula (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso del Agua (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso de la Muestra Seca (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00
Contenido de Humedad	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Número de Golpes	38	32	18	13





MTC E 111 - 2016 **LÍMITE PLÁSTICO**

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de Capsula (gr)	0.00	0.00	0.00
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	0.00	0.00	0.00
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	0.00	0.00	0.00
Peso del Agua (gr)	0.00	0.00	0.00
Peso de la Muestra Seca (gr)	0.00	0.00	0.00
Contenido de Humedad	0.00%	0.00%	0.00%



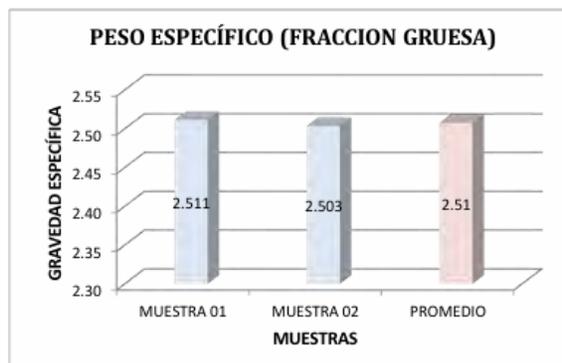
LÍMITE LÍQUIDO = NO PRESENTA
LÍMITE PLÁSTICO = NO PRESENTA
ÍNDICE DE PLASTICIDAD = NO PRESENTA

observaciones: -Muestra tomadas en Campo por el Laboratorio

MTC E 206 - 2016 **PESO ESPECÍFICO DE SUELOS (FRACCIÓN GRUESA)**

DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01	MUESTRA 02
Peso de la Muestra Seca (gr)	562.30	658.62
Peso de la Muestra Sumergida (gr)	338.20	395.32
Temperatura del Agua (°C)	15.7	15.7
Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca (gr)	568.63	665.70
Peso Específico Aparente a temperatura de ensayo (gr/cm3)	2.509	2.501
Factor de corrección por temperatura	1.0007671	1.0007671
Peso del Agua Absorbida (gr)	6.33	7.08
Peso Específico (gr/cm3)	2.511	2.503
Capacidad de Absorción	1.126%	1.075%

% de Error = 0.31%
< 2% Ok!



PESO ESPECÍFICO DE GRAVAS = 2.51 gr/cm3
--

observaciones: -Muestra tomadas en Campo por el Laboratorio

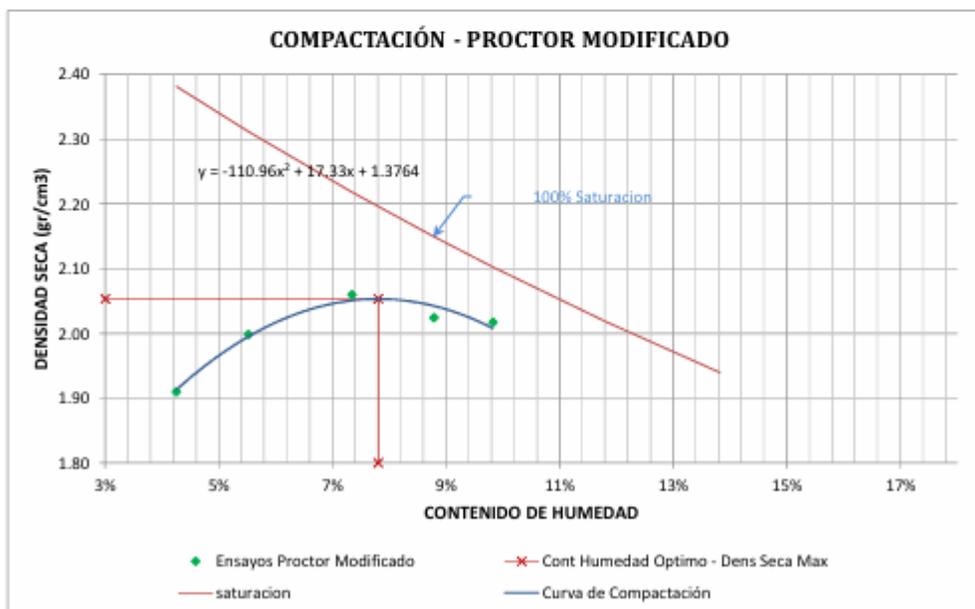


MTC E 115 - 2016 **RELACIONES HUMEDAD - DENSIDAD (PRÓCTOR MODIFICADO)**

Datos del Ensayo	
Metodo =	C
Número de Capas =	5
Golpes por Capa =	56
Peso del Martillo(Manual) =	4.54 Kg
Altura de Caída del Martillo=	45.72 cm

Datos de la Muestra	
Clasf. SUCS=	GM
Clasif.AASHTO=	A-1-b (0) =
Metodo Preparación =	Seco
%Ret.N°4=	46.19%
%Ret.3/4"=	27.57%
%Ret. 3/8"=	38.84%
corr. Para CBR=	SI

DENSIDAD DE LA MUESTRA	MUESTRA 01		MUESTRA 02		MUESTRA 03		MUESTRA 04		MUESTRA 05			
Número de Proctor Utilizado	P-1		P-1		P-1		P-1		P-1			
Diámetro del Molde (cm)	15.21		15.21		15.21		15.21		15.21			
Altura del molde (cm)	11.83		11.83		11.83		11.83		11.83			
Volumen del Molde (cm3)	2149.48		2149.48		2149.48		2149.48		2149.48			
Peso del Molde (gr)	6325.00		6325.00		6325.00		6325.00		6325.00			
Peso del Molde + Muestra Compactada (gr)	10605.00		10858.00		11077.00		11058.00		11087.00			
Peso de la Muestra Compactada (gr)	4280.00		4533.00		4752.00		4733.00		4762.00			
Densidad Húmeda (gr/cm3)	1.99		2.11		2.21		2.20		2.22			
Densidad Seca (gr/cm3)	1.91		2.00		2.06		2.02		2.02			
CONTENIDO DE HUMEDAD	Arriba		Abajo		Arriba		Abajo		Arriba		Abajo	
Peso de Capsula (gr)	18.45	16.03	17.54	17.79	21.37	19.23	21.21	19.39	16.35	20.90		
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	76.02	70.73	99.64	91.16	84.73	104.59	98.12	87.65	69.15	89.98		
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	73.74	68.43	95.41	87.26	80.45	98.68	92.09	81.98	64.48	83.73		
Peso del Agua (gr)	2.28	2.30	4.23	3.90	4.28	5.91	6.03	5.67	4.67	6.25		
Peso de la Muestra Seca (gr)	55.29	52.40	77.87	69.47	59.08	79.45	70.88	62.59	48.13	62.83		
Contenido de Humedad	4.12%	4.39%	5.43%	5.61%	7.24%	7.44%	8.51%	9.06%	9.70%	9.95%		
Contenido de Humedad Promedio	4.26%		5.52%		7.34%		8.78%		9.83%			



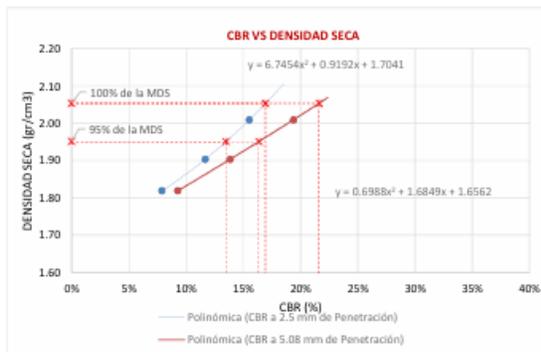
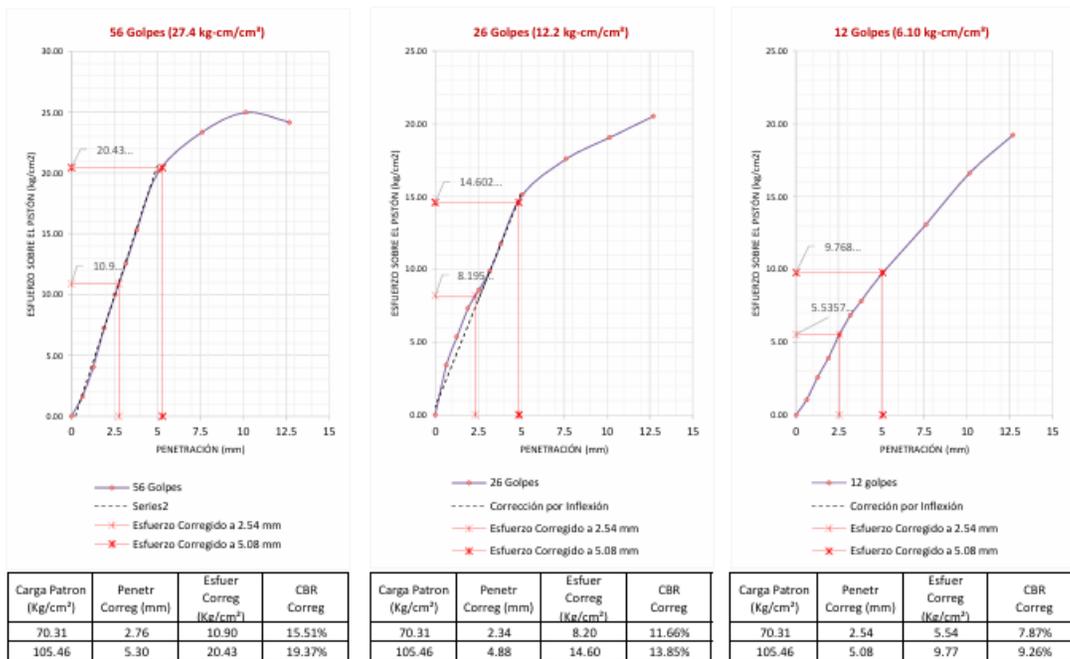
DENSIDAD SECA MÁXIMA = 2.05 gr/cm3
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO = 7.81%



MTC E 132 - 2000				RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)								
PREPARACIÓN DE MUESTRAS				ENSAYO DE PENETRACIÓN DE MUESTRAS								
N° De Golpes	56	25	12	F.ANILLOS: Celda de Carga tipo S (Lectura en Kg)				Area del Pistón: 20.27 cm ²				
N° De Molde	10	5	7	N° Molde		10		5		7		
Volumen del Molde (cm ³)	2148.28	2017.29	2194.38	Pen. Dial	Penetración	Carga (Kg)	Esfuerzo kg/cm ²	Carga (Kg)	Esfuerzo kg/cm ²	Carga (Kg)	Esfuerzo kg/cm ²	
Peso Molde (gr)	7514.00	7551.00	7580.00	*0.001"	mm	0	0.000	0	0.000	0	0.000	
Peso de Molde+Muestra Húmeda (gr)	12158	11685.5	11885.5			33	1.61	69	3.42	21	1.04	
Peso de Muestra Húmeda(gr)	4644.00	4134.50	4305.50			82	4.03	109	5.37	53	2.61	
HUMEDAD DE MUESTRAS ANTES DE LA INMERSIÓN												
Peso de Capsula (gr)	86.72	86.67	85.24			75	1.905	147	7.25	149	7.33	
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	448.59	455.31	452.8			100	2.540	203	9.99	174	8.60	
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	423	428.93	425.86			125	3.175	255	12.57	200	9.87	
Peso del Agua (gr)	25.59	26.38	26.94			150	3.810	310	15.31	238	11.72	
Peso de la Muestra Seca (gr)	336.28	342.26	340.62			200	5.080	408	20.15	307	15.14	
Contenido de Humedad	7.61%	7.71%	7.91%			300	7.620	474	23.37	356	17.58	
Densidad Húmeda	2.16	2.05	1.96			400	10.160	506	24.98	386	19.05	
Densidad Seca	2.01	1.90	1.82			500	12.700	490	24.18	416	20.51	
ABSORCIÓN DE MUESTRAS SUMERGIDAS				EXPANSIÓN DE MUESTRAS								
Peso de Capsula (gr)	89.52	86.59	89.69	N° de Molde		10		5		7		
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	463.52	473.46	469.55	N° de Golpes		56		25		12		
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	421.52	428.44	424.76	Fecha	hora	TiempoTransc	Dial	Deform	Dial	Deform	Dial	Deform
Peso del Agua (gr)	42	45.02	44.79	24/05/2024	10:00	0 h 00 min	*0.001"	mm	*0.001"	mm	*0.001"	mm
Peso de la Muestra Seca (gr)	332	341.85	335.07	25/05/2024	10:31	24 h 31 min	0	0.000	0	0.000	0	0.000
Absorción(1)	12.65%	13.17%	13.37%	26/05/2024	10:30	48 h 30 min	18	0.457	16	0.406	22	0.559
Peso del Molde + Muestra Compactada, después de la Saturación (gr)	12685	12489	12051	27/05/2024	10:30	72 h 30 min	19	0.483	20	0.508	26	0.660
Absorción (2)	10.55%	18.04%	3.56%	28/05/2024	10:30	96 h 00 min	25	0.635	26	0.660	33	0.838
Absorción Promedio(1,2)	11.60%	15.61%	8.46%	Expansión		0.36%		0.38%		0.47%		

observaciones: -Muestra tomadas en Campo por el Laboratorio

MTC E 132 - 2000 RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)



observaciones: -Muestra tomadas en Campo por el Laboratorio

BRESUMEN DE RESULTADOS

De la Muestra:
 Proctor Modificado Tipo "C"
 Máxima Densidad Seca 2.05 gr/cm³
 Óptimo Contenido de Humedad 7.81%

C.B.R. a 2,5 mm de Penetración (MTC E 132):
 C.B.R. al 100 % de la M.D.S.: 16.93%
 C.B.R. al 95 % de la M.D.S.: 13.47%

C.B.R. a 5,8 mm de Penetración (MTC E 132):
 C.B.R. al 100 % de la M.D.S.: 21.62%
 C.B.R. al 95 % de la M.D.S.: 16.35%

Condiciones del Ensayo :Saturado



CALICATA PARA CBR-02

MTC E 107-2016 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

Antes del Lavado
Peso de la Muestra Seca = 1866.85 gr

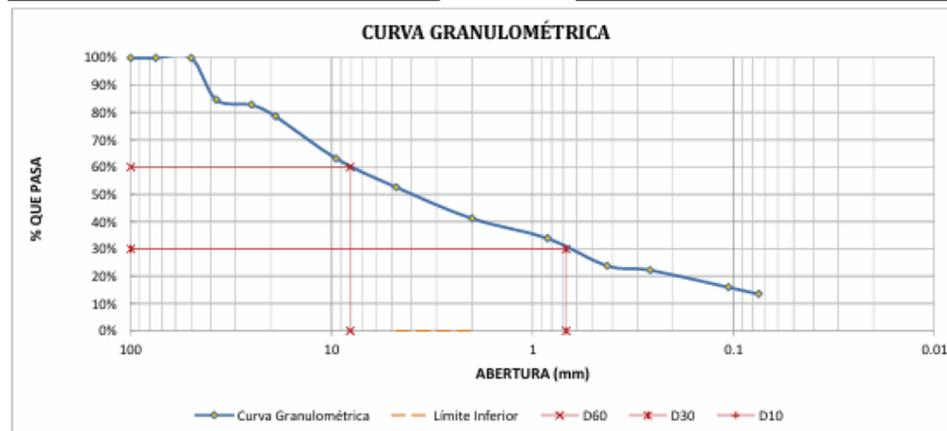
Despues del Lavado
Peso de la Muestra Seca = 1551.00 gr
% de Error en Peso = -4.90% Mal

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO QUE PASA (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4"	100	0.00	1627.0	0.00%	0.00%	100.00%
3"	75	0.00	1627.00	0.00%	0.00%	100.00%
2"	50	0.00	1627.00	0.00%	0.00%	100.00%
1½"	37.5	287.00	1340.00	15.37%	15.37%	84.63%
1"	25	34.00	1306.00	1.82%	17.19%	82.81%
¾"	19	78.00	1228.00	4.18%	21.37%	78.63%
⅜"	9.5	289.00	939.00	15.48%	36.85%	63.15%
Nº 4	4.76	197.00	742.00	10.55%	47.41%	52.59%
Nº 10	2	214.00	528.00	11.46%	58.87%	41.13%
Nº 20	0.840	135.00	393.00	7.23%	66.10%	33.90%
Nº 40	0.425	189.00	204.00	10.12%	76.22%	23.78%
Nº 60	0.260	28.00	176.00	1.50%	77.72%	22.28%
Nº 140	0.106	118.00	58.00	6.32%	84.05%	15.95%
Nº 200	0.075	46.00	12.00	2.46%	86.51%	13.49%
Cazuela	-	12.00	-	0.64%	87.15%	-
Lavado	-	315.85	-	12.85%	99.36%	-
Total Fracción Retenida en Lavado =		1627.00		100.00%		

Fraciones Retenidas	De la Fracción Gruesa	Propiedades
% de Gravas(Ret.n°4) = 47.41%	% de grava = 54.80%	T. Max.Absoluto= 2"
% de Arena (Pas N°4-Ret N°200)= 39.10%	% de arena = 45.20%	T. Max.Relativo= 1½"
% de Finos(Pas N°200)= 13.49%	Total = 100.00%	Clasf. SUCS= GM
Total= 100.00%		Clasif.AASHTO= A-1-a (0) =

Calculo del Coeficiente de Uniformidad (Cu)
D60 = 8.09 mm
D10 = -
Cu = -

Calculo del Coeficiente de Curvatura (Cc)
D60 = 8.09 mm
D30 = 0.68 mm
D10 = -
Cc = -

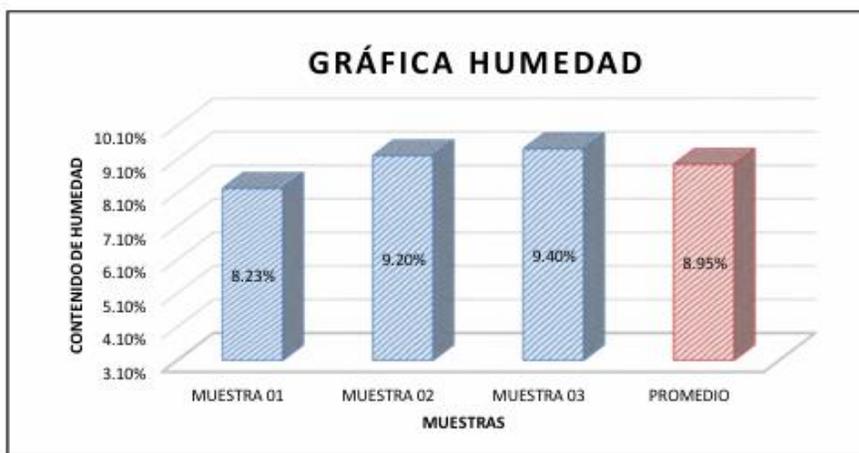


observaciones: -Muestra tomadas en Campo por el Laboratorio



MTC E 108-2016 **CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO**

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de Capsula (gr)	20.89	22.53	22.30
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	74.16	80.08	99.20
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	70.11	75.23	92.59
Peso del Agua (gr)	4.05	4.85	6.61
Peso de la Muestra Seca (gr)	49.22	52.70	70.29
Contenido de Humedad	8.23%	9.20%	9.40%

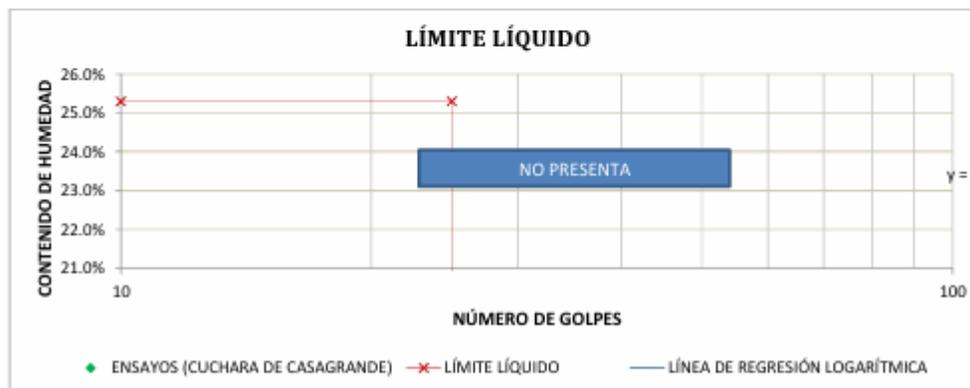


CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL = 8.95%

observaciones: -Muestra tomadas en Campo por el Laboratorio

MTC E 110 - 2016 **LÍMITE LÍQUIDO**

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	MUESTRA 04
Peso de Capsula (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso del Agua (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso de la Muestra Seca (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00
Contenido de Humedad	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Número de Golpes	38	32	18	13





MTC E 111 - 2016 **LÍMITE PLÁSTICO**

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de Capsula (gr)	0.00	0.00	0.00
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	0.00	0.00	0.00
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	0.00	0.00	0.00
Peso del Agua (gr)	0.00	0.00	0.00
Peso de la Muestra Seca (gr)	0.00	0.00	0.00
Contenido de Humedad	0.00%	0.00%	0.00%



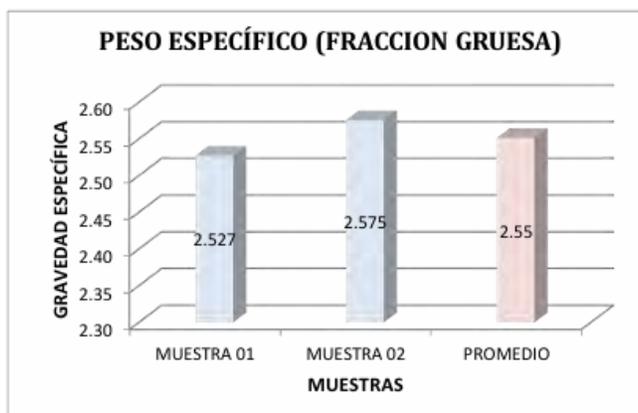
LÍMITE LÍQUIDO = NO PRESENTA
LÍMITE PLÁSTICO = NO PRESENTA
ÍNDICE DE PLASTICIDAD = NO PRESENTA

observaciones: -Muestra tomadas en Campo por el Laboratorio

MTC E 206 - 2016 **PESO ESPECÍFICO DE SUELOS (FRACCIÓN GRUESA)**

DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01	MUESTRA 02
Peso de la Muestra Seca (gr)	356.00	387.00
Peso de la Muestra Sumergida (gr)	215.00	236.60
Temperatura del Agua (°C)	15.7	15.7
Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca (gr)	359.63	391.52
Peso Especifico Aparente a temperatura de ensayo (gr/cm3)	2.525	2.573
Factor de corrección por temperatura	1.0007671	1.0007671
Peso del Agua Absorbida (gr)	3.63	4.52
Peso Especifico (gr/cm3)	2.527	2.575
Capacidad de Absorción	1.020%	1.168%

% de Error = 1.91%
< 2% Ok!



PESO ESPECÍFICO DE GRAVAS = 2.55 gr/cm3
--

observaciones: -Muestra tomadas en Campo por el Laboratorio



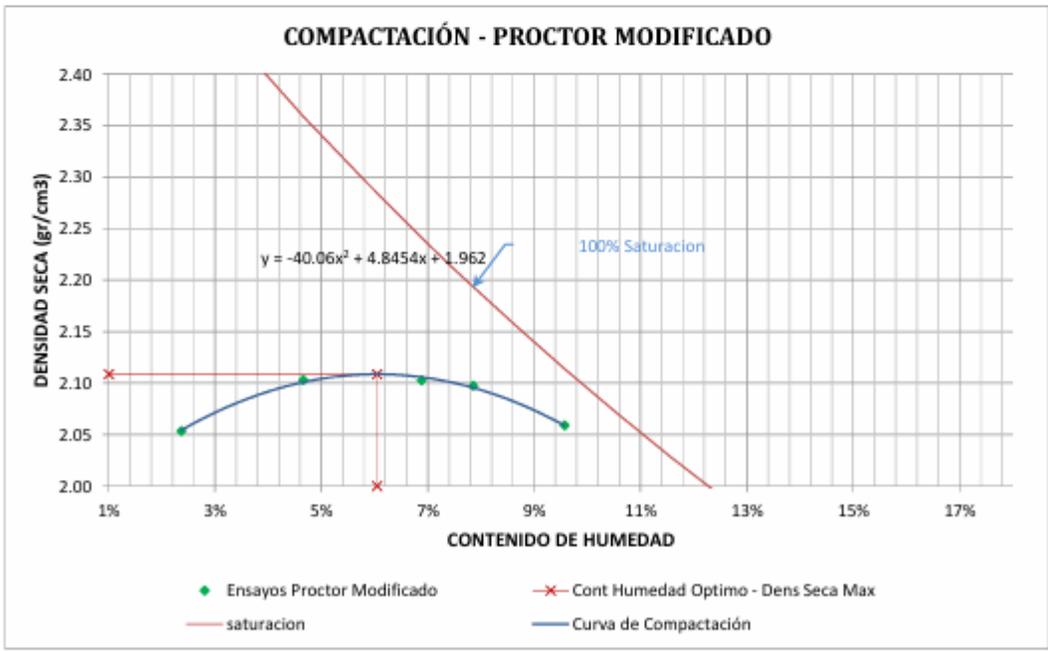
MTC E 115 - 2016 **RELACIONES HUMEDAD - DENSIDAD (PRÓCTOR MODIFICADO)**

Datos del Ensayo	
Metodo =	C
Número de Capas =	5
Golpes por Capa =	56
Peso del Martillo(Manual) =	4.54 Kg
Altura de Caída del Martillo=	45.72 cm

Datos de la Muestra	
Clasf. SUCS=	GM
Clasif.AASHTO=	A-1-a (0) =
Metodo Preparación =	Seco
%Ret.N°4=	47.41%
%Ret.3/4"=	21.37%
%Ret. 3/8"=	36.85%
corr. Para CBR=	NO

DENSIDAD DE LA MUESTRA	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	MUESTRA 04	MUESTRA 05
Número de Proctor Utilizado	P-1	P-1	P-1	P-1	P-1
Diámetro del Molde (cm)	15.21	15.21	15.21	15.21	15.21
Altura del molde (cm)	11.83	11.83	11.83	11.83	11.83
Volumen del Molde (cm ³)	2149.48	2149.48	2149.48	2149.48	2149.48
Peso del Molde (gr)	6325.00	6325.00	6325.00	6325.00	6325.00
Peso del Molde + Muestra Compactada (gr)	10843.00	11056.00	11155.00	11187.00	11174.00
Peso de la Muestra Compactada (gr)	4518.00	4731.00	4830.00	4862.00	4849.00
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	2.10	2.20	2.25	2.26	2.26
Densidad Seca (gr/cm ³)	2.05	2.10	2.10	2.10	2.06

CONTENIDO DE HUMEDAD	Arriba	Abajo								
Peso de Capsula (gr)	18.68	17.07	17.03	19.12	18.84	16.93	19.37	19.34	17.74	19.70
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	93.50	90.62	79.45	76.72	88.90	98.18	100.24	89.37	99.18	78.24
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	91.84	88.86	76.74	74.09	84.45	92.88	94.42	84.21	92.14	73.07
Peso del Agua (gr)	1.66	1.76	2.71	2.63	4.45	5.30	5.82	5.16	7.04	5.17
Peso de la Muestra Seca (gr)	73.16	71.79	59.71	54.97	65.61	75.95	75.05	64.87	74.40	53.37
Contenido de Humedad	2.27%	2.45%	4.54%	4.78%	6.78%	6.98%	7.75%	7.95%	9.46%	9.69%
Contenido de Humedad Promedio	2.36%		4.66%		6.88%		7.85%		9.57%	



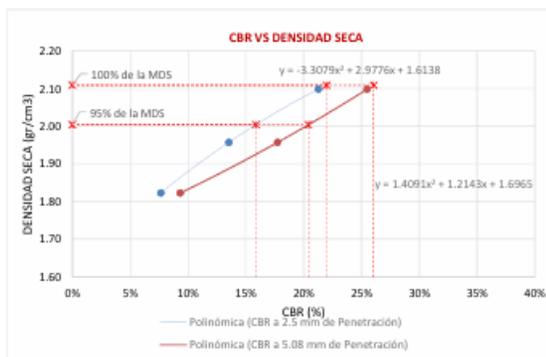
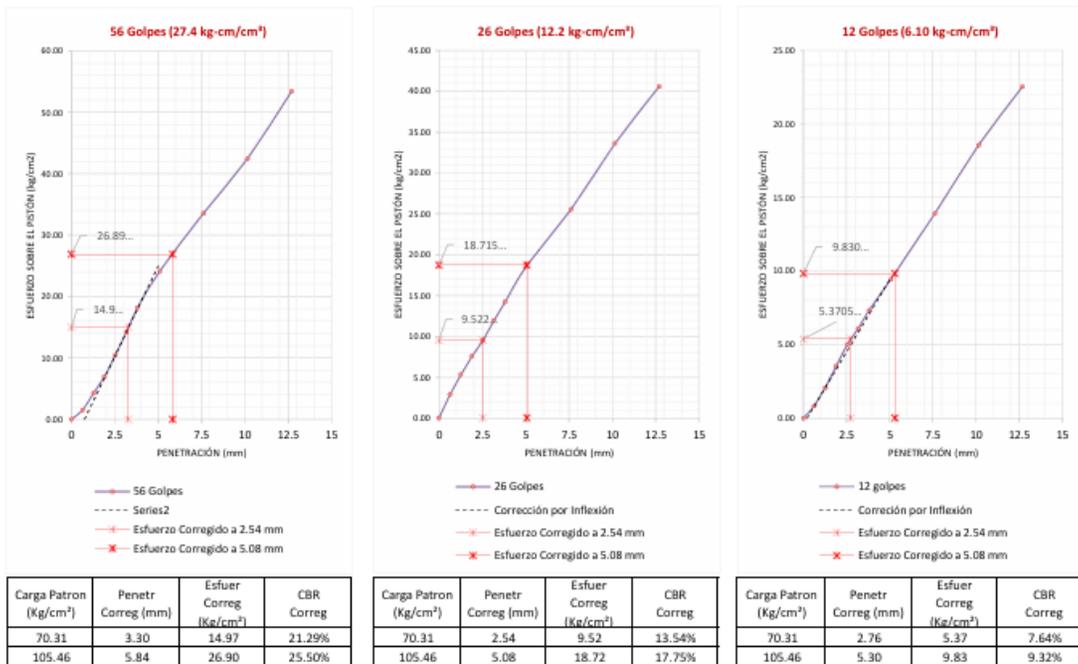
DENSIDAD SECA MÁXIMA = 2.11 gr/cm³
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO = 6.05%



MTC E 132 - 2000				RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)											
PREPARACION DE MUESTRAS				ENSAYO DE PENETRACION DE MUESTRAS											
N° De Golpes	56	25	12	FANILLOS: Celda de Carga tipo S (Lectura en Kg)											
N° De Molde	15	13	16	Area del Piston: 20.27 cm ²											
Volumen del Molde (cm ³)	2175.67	2025.35	2077.61	N° Molde			15			13			16		
Peso Molde (gr)	7514.00	7518.00	7530.00	Pen. Dial	Penetración	Carga (Kg)	Esfuerzo kg/cm ²	Carga (Kg)	Esfuerzo kg/cm ²	Carga (Kg)	Esfuerzo kg/cm ²	Carga (Kg)	Esfuerzo kg/cm ²		
Peso de Molde+Muestra Húmeda (gr)	12345	11716	11548	0	0.000	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00		
Peso de Muestra Húmeda(gr)	4831.00	4198.00	4018.00	25	0.635	30	1.47	59	2.89	17	0.81	50	2.46		
HUMEDAD DE MUESTRAS ANTES DE LA INMERSION															
Peso de Capsula (gr)	89.75	86.83	86.74	75	1.905	140	6.88	153	7.55	72	3.53	100	4.99		
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	445.51	443.82	444.43	100	2.540	212	10.48	193	9.52	101	4.99	125	6.08		
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	425.86	423.78	423.71	125	3.175	288	14.21	242	11.95	123	6.08	150	7.33		
Peso del Agua (gr)	19.65	20.04	20.72	150	3.810	369	18.21	287	14.18	149	7.33	200	9.44		
Peso de la Muestra Seca (gr)	336.11	336.95	336.97	200	5.080	488	24.07	379	18.72	191	9.44	300	13.89		
Contenido de Humedad	5.85%	5.95%	6.15%	300	7.620	680	33.57	518	25.55	282	13.89	400	18.56		
Densidad Humeda	2.22	2.07	1.93	400	10.160	860	42.45	681	33.62	376	18.56	500	22.52		
Densidad Seca	2.10	1.96	1.82	500	12.700	1083	53.42	823	40.58	457	22.52	Expansión			
ABSORCION DE MUESTRAS SUMERGIDAS				EXPANSION DE MUESTRAS											
Peso de Capsula (gr)	88.01	87.89	88.77	N° de Molde			15			13			16		
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	465.41	456.96	465.63	N° de Golpes			56			25			12		
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	430.48	421.23	428.74	fecha	hora	unido	Tiempo/Transc	Dial	Deform	Dial	Deform	Dial	Deform		
Peso del Agua (gr)	34.93	35.73	36.89	34/05/2024	10:00	0 h 00 min	10:00	*0.001*	mm	*0.001*	mm	*0.001*	mm		
Peso de la Muestra Seca (gr)	342.47	333.34	339.97	35/05/2024	10:31	24 h 31 min	10:31	8	0.203	12	0.305	18	0.457		
Absorcion(1)	10.30%	10.73%	10.85%	36/05/2024	10:30	48 h 30 min	10	0.254	12	0.305	18	0.457			
Peso del Molde + Muestra Compactada, después de la Saturacion (gr)	12889	12289	12154	37/05/2024	10:30	72 h 30 min	12	0.305	15	0.381	18	0.457			
Absorcion(2)	10.64%	12.88%	14.21%	38/05/2024	10:00	96 h 00 min	12	0.305	15	0.381	18	0.457			
Absorcion Promedio(1,2)	10.42%	11.80%	12.53%												

observaciones: -Muestra tomadas en Campo por el Laboratorio

MTC E 132 - 2000 RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)



observaciones: -Muestra tomadas en Campo por el Laboratorio

RESUMEN DE RESULTADOS

De la Muestra:
 Proctor Modificado Tipo "C"
 Máxima Densidad Seca 2.11 gr/cm³
 Óptimo Contenido de Humedad 6.05%

C.B.R. a 2,5 mm de Penetración (MTC E 132):
 C.B.R. al 100 % de la M.D.S.: 21.98%
 C.B.R. al 95 % de la M.D.S. 15.87%

C.B.R. a 5,8 mm de Penetración (MTC E 132):
 C.B.R. al 100 % de la M.D.S. 26.05%
 C.B.R. al 95 % de la M.D.S. 20.41%

Condiciones del Ensayo :Saturado



ANEXOS B: TABLA DE PERFILES ESTRATIGRAFICOS DE CALICATAS

PERFIL ESTRATIGRÁFICO CALICATAS CON FINES DE CBR 1

REGISTRO DE EXCAVACIÓN (ANSI ASTM D 2487 Y D 2408)												
PROYECTO:		ESTUDIO GEOLÓGICO, GEOTÉCNICO Y GEOFÍSICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VIAL EN EL TRAMO SAHUAYACO-COLCAPAMPA (PROGR. 0+000 Km - 13+700 Km) DEL DISTRITO DE SANTA TERESA, PROVINCIA DE LA CONVENCION, DEPARTAMENTO DEL CUSCO-2024.										
CALICATA:		CBR-01	COORD. UTM		E.	757026	N.	8536591	Altura: 2069 m.s.n.m			
LUGAR: SANTA TERESA - CP.COLCAPAMPA					OBJETO: Eval. Sub Rasante				N.T :			-
PROGRESIVA: 11+340					LADO: Derecho				N.R.S:			-
PROFUNDIDAD	LONGITUD	ESTRATO	SIMBOLOGIA GRAFICA	CLASIFICACIÓN AASHTO	CLASIFICACIÓN SUCS	CONTENIDO HUMEDAD (%)	ANALISIS GRANULO-METRICO		LIMITES DE CONSISTENCIA (%)		PROCTOR MODIFICADO	CBR al 95% de la M.D.S
-1.50	1.50	E-1		A-1-b (0)	GM	10.27	%GRA	46.19	LL	NP	MDS:2.05 gr/cm3 COA: 7.81%	13.47%
							%ARE	40.54	LP	NP		
							%L-A	13.27	IP	NP		
ESTRATOS POR DEBAJO DEL NIVEL DE TERRENO ACTUAL												
<p>E-1 0.00 - 1.50 GRAVA LIMOSA CON ARENA (GM) : Conformado por gravas pizarrosa sub angulosos y sub redondeados, con diámetros promedios de 4 a 15cm, presenta poca presencia de clastos igneos, inmersos en una matriz areno limosa de grano grueso de coloración gris rojiza, hacia la parte inferior del estrato presentan bolones con diámetros promedios de 50cm, presenta humedad, de moderada compacidad, compuesto aproximadamente de 60% de gravas y 40% de matriz areno limoso, el punto de exploración de ubica próximo a la zona de erosión producido por acción del rio fluvial generando desprendimientos, el punto de estudio no presenta nivel freático a la fecha de exploración.</p>												
FOTOGRAFIAS												

CBR 2

REGISTRO DE EXCAVACIÓN (ANSI ASTM D 2487 Y D 2408)												
PROYECTO:		ESTUDIO GEOLÓGICO, GEOTÉCNICO Y GEOFÍSICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VIAL EN EL TRAMO SAHUAYACO-COLCAPAMPA (PROGR. 0+000 Km - 13+700 Km) DEL DISTRITO DE SANTA TERESA, PROVINCIA DE LA CONVENCIÓN, DEPARTAMENTO DEL CUSCO-2024.										
CALICATA:		CBR-02	COORD. UTM	E.	755474	N.	8531673	Altura: 2400 m.s.n.m				
LUGAR: SANTA TERESA - CP.COLCAPAMPA				OBJETO: Eval. Sub Rasante				N.T :				-
PROGRESIVA: 17+880				LADO: Derecho				N.R.S:				-
PROFUNDIDAD	LONGITUD	ESTRATO	SIMBOLOGÍA GRÁFICA	CLASIFICACIÓN AASHTO	CLASIFICACIÓN SUCS	CONTENIDO HUMEDAD (%)	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		LÍMITES DE CONSISTENCIA (%)		PROCTOR MODIFICADO	CBR al 95% de la M.D.S
-0.20	0.20	E-1		CAPA DE AFIRMADO								
-1.60	1.40	E-2		A-1-a (0)	GM	9.85	%GRA 39.10	47.41 13.49	LL LP IP	NP NP NP	MDS-2.11 gr/cm3 COA: 6.05%	15.87%
ESTRATOS POR DEBAJO DEL NIVEL DE TERRENO ACTUAL												
<p>E-1 0.00 - 0.20 CAPA DE AFIRMADO: Presenta material de préstamo, conformado por una mezcla caótica de gravas, limos y material de depósitos de deslizamiento de la ladera inestable adyacente, conformados mayormente por rocas metamórficas (Esquistos-Gneis) y poca presencia de rocas intrusivas, el estrato se presenta de coloración gris oscura.</p> <p>E-2 0.20 - 1.60 GRAVA LIMOSA CON ARENA (GM) : Conformado mayormente por clastos de origen metamórfico (esquistos) y de origen ígneo de diámetros promedios de 7 a 12cm, hacia la base del estrato presentan bloques con diámetros promedios de 30 a 50cm , inmersos en una matriz areno limosa de coloración gris parduzca, presenta humedad, de moderada compactación, el punto de estudio se ubica por debajo de una zona activa de movimientos en masa (deslizamientos), el punto de estudio no presenta nivel freático a la fecha de exploración.</p>												
FOTOGRAFÍAS												

PERFIL ESTRATIGRÁFICO CALICATAS CON FINES DE CARACTERIZACIÓN

CALICTA 1

REGISTRO DE EXCAVACIÓN (ANSI ASTM D 2487 Y D 2408)												
PROYECTO:		ESTUDIO GEOLÓGICO, GEOTÉCNICO Y GEOFÍSICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VIAL EN EL TRAMO SAHUAYACO-COLCAPAMPA (PROGR. 0+000 Km - 13+700 Km) DEL DISTRITO DE SANTA TERESA, PROVINCIA DE LA CONVENCIÓN, DEPARTAMENTO DEL CUSCO-2024.										
CALICATA:		C-01	COORD. UTM	E.	756937	N.	8536289	Altura: 2079 m.s.n.m				
LUGAR: CP. SAHUAYACO - CP. COLCAPAMPA				OBJETO: Eyal. Sub Rasante				N.T: -				
PROGRESIVA: km 12+040				LADO: Derecho				N.R.S: -				
PROFUNDIDAD	LONGITUD	ESTRATO	SIMBOLOGIA GRAFICA	CLASIFICACION AASHTO	CLASIFICACION SUCS	CONTENIDO HUMEDAD (%)	ANALISIS GRANULOMETRICO		LIMITES DE CONSISTENCIA (%)		PROCTOR MODIFICADO	CBR al 95% de la M.D.S
-1.5	1.50	E-1		A-1-a (0)	GM	7.31	%GRA	51.59	LL	NP	MDS: - COA: -	-
							%ARE	30.79	LP	NP		
							%L-A	17.61	IP	NP		
<p>E-1 0.00 - 1.50 GRAVA LIMOSA CON ARENA (GM): Conformado por gravas pizarrosas angulosos con diámetros promedios de 3 a 15cm, inmersos en una matriz areno limosa de coloración gris rojiza, conformado aproximadamente por 60% de gravas y 40% de matriz limo arenoso, presenta humedad, de moderada compacidad, presenta abundante presencia de raíces y de nula plasticidad.</p>												
FOTOGRAFIAS												

CALICATA 2

REGISTRO DE EXCAVACIÓN (ANSI ASTM D 2487 Y D 2408)												
PROYECTO:		ESTUDIO GEOLÓGICO, GEOTÉCNICO Y GEOFÍSICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VIAL EN EL TRAMO SAHUAYACO-COLCAPAMPA (PROGR. 0+000 Km - 13+700 Km) DEL DISTRITO DE SANTA TERESA, PROVINCIA DE LA CONVENCION, DEPARTAMENTO DEL CUSCO-2024.										
CALICATA:		C-02	COORD. UTM	E.	756708	N.	8535112	Altura: 2165 m.s.n.m				
LUGAR: CP. SAHUAYACO - CP. COLCAPAMPA				OBJETO: Eval. Sub Rasante				N.T: -				
PROGRESIVA: 13+420				LADO: Derecho				N.R.S: -				
PROFUNDIDAD	LONGITUD	ESTRATO	SIMBOLOGIA GRAFICA	CLASIFICACION MASHTO	CLASIFICACION SUCS	CONTENIDO HUMEDAD (%)	ANALISIS GRANULO-METRICO		LIMITE DE CONSISTENCIA (%)		PROCTOR MODIFICADO	CERCA AL 95% de la M.S.L.
-1.5	1.50	E-1		A-1-a (0)	SM	5.97	%GRA 37.51	%ARE 48.30	%L-A 14.19	LL NP LP NP IP NP	MDS: - COA: -	-
ESTRATOS POR DEBAJO DEL NIVEL DE TERRENO ACTUAL												
<p>E-1 0.00 - 1.50 ARENA LIMOSA CON GRAVA (SM) : Conformado por depósitos fluviales compuestos por gravas de origen metamórfico e ígneo con formas redondeadas y sub redondeadas con diámetros promedios de 5 a 15cm, presentan bolones subredondeados con diámetros promedios mayores a los 25cm, estas se encuentran inmersos en una matriz areno limoso de coloración gris parduzca, conformado aproximadamente por 40% de gravas con bloques y 60% de matriz areno limoso, presenta humedad, de moderada compacidad, y de nula plasticidad, la zona de exploración se encuentra cercano a macizos rocosos metamórficos (mica esquistos), por ello es probable que a mayor profundidad se presencia la capa rocosa.</p>												
FOTOGRAFIAS												

CALICATA 3

REGISTRO DE EXCAVACIÓN (ANSI ASTM D 2487 Y D 2408.)												
PROYECTO:		ESTUDIO GEOLÓGICO, GEOTÉCNICO Y GEOFÍSICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VIAL EN EL TRAMO SAHUAYACO-COLCAPAMPA (PROGR. 0+000 Km - 13+700 Km) DEL DISTRITO DE SANTA TERESA, PROVINCIA DE LA CONVENCION, DEPARTAMENTO DEL CUSCO-2024.										
CALICATA:		C-03	COORD. UTM	E.	756210	N.	8533695	Altura: 2275 m.s.n.m				
LUGAR: CP. SAHUAYACO - CP. COLCAPAMPA				OBJETO: Eval. Sub Rasante				N.T.: -				
PROGRESIVA: 15+210				LADO: Izquierdo				N.R.S.: -				
PROFUNDIDAD	LONGITUD	ESTRATO	SIMBOLOGIA GRAFICA	CLASIFICACION ASRHTO	CLASIFICACION SUCS	CONTENIDO HUMEDAD (%)	ANALISIS GRANULOMETRICO		LIMITES DE CONSISTENCIA (%)		PROCTOR MODIFICADO	CEB al 5% de la MESA
-1.7	1.70	E-1		A-1-a (0)	GM	18.26	%GRA 48.22 %ARE 32.95 %L-A 20.83	LL LP IP	NP NP NP	MDS: - COA: -	-	-
ESTRATOS POR DEBAJO DEL NIVEL DE TERRENO ACTUAL												
<p>E-1 0.00 - 1.70 GRAVA LIMOSA CON ARENA (GM) : Conformado por gravas pizarrosas y gnéicas angulosos a sub angulosos con diámetros promedios de 5 a 15cm, hacia la parte inferior del estrato presentan bloques angulosos con diámetros promedios de 30 a 50cm, estos se encuentran inmersos en una matriz areno limosa de coloración gris parduzca, conformado aproximadamente por 60% de gravas con bloques y 40% de matriz areno limoso, presenta humedad, de moderada compacidad, poca presencia de raíces y de nula plasticidad, hacia la parte media del estrato se observa la presencia de material orgánico de coloración negruzca de 10cm de espesor.</p>												
FOTOGRAFIAS												

CALICATA 4

REGISTRO DE EXCAVACIÓN (ANSI ASTM D 2487 Y D 2408)											
PROYECTO:		ESTUDIO GEOLÓGICO, GEOTÉCNICO Y GEOFÍSICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VIAL EN EL TRAMO SAHUAYACO-COLCAPAMPA (PROGR. 0+000 Km - 13+700 Km) DEL DISTRITO DE SANTA TERESA, PROVINCIA DE LA CONVENCION, DEPARTAMENTO DEL CUSCO-2024.									
CALICATA:		C-04	COORD. UTM	E.	755176	N.	8531009	Altura: 2425 m.s.n.m			
LUGAR: CP. SAHUAYACO - CP. COLCAPAMPA				OBJETO: Eval. Sub Rasante				N.T: -			
PROGRESIVA: 18+620				LADO: Izquierdo				N.R.S: -			
PROFUNDIDAD	LONGITUD	ESTRATO	SIMBOLOGIA GRAFICA	CLASIFICACION AASHTO	CLASIFICACION SUCS	CONTENIDO HUEMEDAD (%)	ANALISIS GRANULO-METRICO		LIMITES DE CONSISTENCIA (%)	PROCTOR MODIFICADO	CBR al 55% de la M.D.S.
-0.80	0.80	E-1									
MATERIAL ORGANICO											
-1.60	1.00	E-2		A-1-a (0)	SM	8.42	%GRA %ARE %L-A	32.50 48.27 21.23	LL LP IP	NP NP NP	MDS: - COA: -
ESTRATOS POR DEBAJO DEL NIVEL DE TERRENO ACTUAL											
<p>E-1 0.00 - 0.60 MATERIAL ORGANICO (CO): conformado por suelos orgánicos con abundante presencia de raíces y una mezcla caótica de gravas, arenas y limos de coloración gris negruzca, hacia la parte superior del estrato presenta una capa de material de préstamos de 10cm de espesor.</p> <p>E-2 0.60 - 1.60 ARENA LIMOSA CON GRAVA (SM): Conformado mayormente por clastos sub angulosos a angulosos de origen metamórfico (pizarra) con diámetros promedios de 7 a 15cm, hacia la parte inferior del estrato presentan bloques angulosos con diámetros promedios de 25cm, se encuentran inmersos en una matriz areno limosa de coloración gris parduzca, presenta humedad, presenta nula plasticidad, de moderada compactad, compuesto aproximadamente por 30% de gravas y 70% de matriz areno limosa</p>											
FOTOGRAFIAS											

CALICATA 5

REGISTRO DE EXCAVACIÓN (ANSI ASTM D 2487 Y D 2408)												
PROYECTO:		ESTUDIO GEOLÓGICO, GEOTÉCNICO Y GEOFÍSICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VIAL EN EL TRAMO SAHUAYACO-COLCAPAMPA (PROGR. 0+000 Km - 13+700 Km) DEL DISTRITO DE SANTA TERESA, PROVINCIA DE LA CONVENCIÓN, DEPARTAMENTO DEL CUSCO-2024.										
CALICATA:		C-05	COORD. UTM	E.	755333	N.	8529747	Altura: 2492 m.s.n.m				
LUGAR: CP. SAHUAYACO - CP. COLCAPAMPA				OBJETO: Eval. Sub Rasante				N.T: -				
PROGRESIVA: 20+020				LADO: Derecho				N.R.S: -				
PROFUNDIDAD	LONGITUD	ESTRATO	SIMBOLOGÍA GRÁFICA	CLASIFICACIÓN MASIRTO	CLASIFICACIÓN SUCS	CONTENIDO HUEMEDAD (%)	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		LÍMITES DE CONSISTENCIA (%)		PROCTOR MODIFICADO	CBR a 15% de la humedad
-1.6	1.60	E-1		A-1-a (0)	SM	6.49	%GRA %ARE %L-A	26.06 48.94 24.41	LL LP IP	NP NP NP	MDS: - COA: -	-
ESTRATOS POR DEBAJO DEL NIVEL DE TERRENO ACTUAL												
<p>E-1 0.00 - 1.60 ARENA LIMOSA CON GRAVA (SM): Conformado por gravas de origen metamórfico sub angulosos y sub redondeados con diámetros promedios de 5 a 10cm, presentan bloques angulosos con diámetros promedios de 30cm, se encuentran inmersos en una matriz areno limosa de coloración gris parduzca, conformado aproximadamente por 30% de gravas con bloques y 70% de matriz areno limoso, presenta humedad, de moderada compacidad y de nula plasticidad.</p>												
FOTOGRAFÍAS												

CALICATA 6

REGISTRO DE EXCAVACIÓN (ANSI ASTM D 2487 Y D 2408)												
PROYECTO:		ESTUDIO GEOLÓGICO, GEOTÉCNICO Y GEOFÍSICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VIAL EN EL TRAMO SAHUAYACO-COLCAPAMPA (PROGR. 0+000 Km - 13+700 Km) DEL DISTRITO DE SANTA TERESA, PROVINCIA DE LA CONVENCIÓN, DEPARTAMENTO DEL CUSCO-2024.										
CALICATA:		C-06	COORD. UTM	E.	755023	N.	8529076	Altura: 2556 m.s.n.m				
LUGAR: CP. SAHUAYACO - CP. COLCAPAMPA				OBJETO: Eval. Sub Rasante				N.T:			-	
PROGRESIVA: 20+840				LADO: Izquierdo				N.R.S:			-	
PROFUNDIDAD	LONGITUD	ESTRATO	SIMBOLOGÍA GRÁFICA	CLASIFICACIÓN AASHITO	CLASIFICACIÓN SUCS	CONTENIDO HUMEDAD (%)	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		LÍMITES DE CONSISTENCIA (%)		PROCTOR MODIFICADO	CBR al 95% de la MDS
-1.50	1.50	E-1		A-1-a (0)	GM	13.70	%GRA %ARE %L-A	48.84 29.73 23.44	LL LP IP	NP NP NP	MDS: - COA: -	-
ESTRATOS POR DEBAJO DEL NIVEL DE TERRENO ACTUAL												
<p>E-1 0.00 - 1.50 GRAVA LIMOSA CON ARENA (GM) : Conformado mayormente por clastos angulosos de origen metamórfico (esquistos) y de origen ígneo de diámetros promedios de 5 a 15cm de buena gradación, hacia la parte inferior del estrato presentan bloques angulosos con diámetros promedios de 30cm inmersos en una matriz areno limosa de coloración gris parduzca, presenta humedad, presenta nula plasticidad, de moderada compacidad, compuesto aproximadamente por 70% de gravas y 30% de matriz areno limosa, el punto de exploración se encuentra cercano a una zona activa de movimientos en masa (deslizamientos).</p>												
FOTOGRAFÍAS												

CALICATA 7

REGISTRO DE EXCAVACIÓN (ANSI ASTM D 2487 Y D 2408)												
PROYECTO:		ESTUDIO GEOLÓGICO, GEOTÉCNICO Y GEOFÍSICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VIAL EN EL TRAMO SAHUAYACO-COLCAPAMPA (PROGR. 0+000 Km - 13+700 Km) DEL DISTRITO DE SANTA TERESA, PROVINCIA DE LA CONVENCION, DEPARTAMENTO DEL CUSCO-2024.										
CALICATA:		C-07	COORD. UTM	E.	754003	N.	8528402	Altura: 2628 m.s.n.m				
LUGAR: CP. SAHUAYACO - CP. COLCAPAMPA				OBJETO: Eval. Sub Rasante				N.T:				-
PROGRESIVA: 22+180				LADO: Izquierdo				N.R.S:				-
PROFUNDIDAD	LONGITUD	ESTRATO	SIMBOLOGIA GRAFICA	CLASIFICACION AASHTO	CLASIFICACION SUCS	CONTENIDO HUMEDAD (%)	ANALISIS GRANULOMETRICO		LIMITES DE CONSISTENCIA (%)		PROCTOR MODIFICADO	CBR al 95% de la T.C.A.S.
-0.10	0.10	E-1		CAPA DE AFIRMADO								
-1.5	1.40	E-2		A-1-a (0)	GM	10.23	%GRA %ARE %L-A	34.47 24.20 41.33	LL LP IP	NP NP NP	MDS: - COA: -	-
ESTRATOS POR DEBAJO DEL NIVEL DE TERRENO ACTUAL												
<p>E-1 0.00 - 0.30 CAPA DE AFIRMADO: conformado por una mezcla caótica de material de préstamos, compuesto por gravas, limos y clastos rodados transportados por erosión de laderas adyacentes con abundante presencia de raíces, el estrato se presenta de coloración gris oscura.</p> <p>E-2 0.30 - 1.60 GRAVA LIMOSA CON ARENA (GM): Conformado por gravas de origen metamórfico angulosos a sub angulosos con diámetros promedios de 5 a 10cm, hacia la parte inferior del estrato presenta bloques angulosos con diámetros promedios de 40cm, se encuentran inmersos en una matriz limo arenosa de coloración gris negruzca, conformado aproximadamente por 60% de gravas con bloques y 40% de matriz areno limoso, presenta humedad, de moderada a baja compacidad y de nula plasticidad.</p>												
FOTOGRAFIAS												

CALICATA 8

REGISTRO DE EXCAVACION (ANSI ASTM D 2487 Y D 2408)												
PROYECTO:		ESTUDIO GEOLÓGICO, GEOTÉCNICO Y GEOFÍSICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VIAL EN EL TRAMO SAHUAYACO-COLCAPAMPA (PROGR. 0+000 Km - 13+700 Km) DEL DISTRITO DE SANTA TERESA, PROVINCIA DE LA CONVENCIÓN, DEPARTAMENTO DEL CUSCO-2024.										
CALICATA:		C-08	COORD. UTM	E.	753224	N.	8528056	Altura: 2658 m.s.n.m				
LUGAR: CP. SAHUAYACO - CP. COLCAPAMPA				OBJETO: Eval. Sub Rasante				N.T: -				
PROGRESIVA: 23+060				LADO: Izquierdo				N.R.S: -				
PROFUNDIDAD	LONGITUD	ESTRATO	SIMBOLOGÍA GRÁFICA	CLASIFICACIÓN ASHTO	CLASIFICACIÓN SUCS	CONTENIDO HUEMEDAD (%)	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		LÍMITES DE CONSISTENCIA (%)		PROCTOR MODIFICADO	CBR al 95% de la masa
-0.10		E-1		CAPA DE AFIRMADO								
-1.5	1.50	E-1		A-1-a (0)	GM	11.74	%GRA 35.47	43.82	LL IP	NP NP	MDS: - COA: -	-
ESTRATOS POR DEBAJO DEL NIVEL DE TERRENO ACTUAL												
<p>E-1 0.00 - 0.20 CAPA DE AFIRMADO: conformado por una mezcla caótica de material de préstamo, compuesto por gravas, limos y clastos rodados transportados por erosión de laderas adyacentes con abundante presencia de raíces, el estrato se presenta de coloración gris oscura.</p> <p>E-1 0.00 - 1.60 GRAVA LIMOSA CON ARENA (GM): Conformado por gravas de origen metamórfico angulosos a sub angulosos con diámetros promedios de 5 a 15cm, presentan bloques angulosos con diámetros promedios de 25cm, se encuentran inmersos en una matriz areno limosa de coloración gris parduzca, conformado aproximadamente por 70% de gravas con bloques y 30% de matriz areno limoso, presenta humedad, de moderada compacidad, poca presencia de raíces y de nula plasticidad.</p>												
FOTOGRAFÍAS												

CALICATA 9

REGISTRO DE EXCAVACION (ANSI ASTM D 2487 Y D 2408)																
PROYECTO:		ESTUDIO GEOLÓGICO, GEOTÉCNICO Y GEOFÍSICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VIAL EN EL TRAMO SAHUAYACO-COLCAPAMPA (PROGR. 0+000 Km - 13+700 Km) DEL DISTRITO DE SANTA TERESA, PROVINCIA DE LA CONVENCION, DEPARTAMENTO DEL CUSCO-2024.														
CALICATA:		C-09	COORD. UTM		E. 752683	N. 8526703	Altura: 2751 m.s.n.m									
LUGAR: CP. SAHUAYACO - CP. COLCAPAMPA				OBJETO: Eval. Sub Rasante				N.T:				-				
PROGRESIVA: 24+640				LADO: Derecho				N.R.S:				-				
PROFUNDIDAD	LONGITUD	ESTRATO	SIMBOLOGÍA GRAFICA	CLASIFICACIÓN ASHTO	CLASIFICACIÓN SLICS	CONTENIDO HUEYDAD (%)	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		LÍMITES DE CONSISTENCIA (%)		PROCTOR MODIFICADO	CBR al 95% de la M&B				
0.4	0.40	E-1		-	ROCA FISURADA	-	%GRA	%ARE	%L-A	-	LL	LP	-	MDS:-	COA:-	-
ESTRATOS POR DEBAJO DEL NIVEL DE TERRENO ACTUAL																
<p>E-1 0.00 - 1.50 ROCA METAMORFICA - GNEIS : Es una roca metamórfica se forma por metamorfismo regional de grado intermedio a alto, de estructura bandeada, se presentan como intercalaciones de bandas oscuras que contienen generalmente minerales maticos con bandas más claras compuestos generalmente por minerales félsicos, este bandeado se desarrolla perpendicular a la dirección de mayor compresión, su foliación se ve muy marcada por la abundante presencia de material micáceo(moscovita) presentando intercalaciones de bandas lepidoblasticas, este macizo rocoso se encuentra fisurado y moderadamente alterado.</p>																
FOTOGRAFIAS																

PERFIL ESTRATIGRÁFICO TRINCHERAS CON FINES DE MURO DE CONTENCIÓN

REGISTRO DE EXCAVACIÓN (ANSI ASTM D 2487 Y D 2408)												
PROYECTO:		ESTUDIO GEOLÓGICO, GEOTÉCNICO Y GEOFÍSICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VIAL EN EL TRAMO SAHUAYACO-COLCAPAMPA (PROGR. 0+000 Km - 13+700 Km) DEL DISTRITO DE SANTA TERESA, PROVINCIA DE LA CONVENCION, DEPARTAMENTO DEL CUSCO-2024.										
CALICATA:		M-01	COORD. UTM		E.	757105	N.	8536894	Altura: 2083 m.s.n.m.			
LUGAR: CP. SAHUAYACO - CP. COLCAPAMPA					OBJETO: Muro de contención				N.T: -			
					LADO: Izquierdo				N.R.S: -			
PROFUNDIDAD	LONGITUD	ESTRATO	SIMBOLOGIA GRUF-CA	CLASIFICACION AASHTO	CLASIFICACION SUCS	CONTENIDO HUMEDAD (%)	ANALISIS GRANULOMETRICO		LIMITE DE CONSISTENCIA (%)		PROCTOR MODIFICADO	CBR al 95% de la masa
5.00		E-1		A-1-a (0)	GM	10.23	%GRA 45.09	%ARE 38.35	LL LP	NP NP	Y C φ	1.78 0.07 32.56
-5.00												
ESTRATOS POR DEBAJO DEL NIVEL DE TERRENO ACTUAL												
<p>E-1 0.00 - 5.00 GRAVA LIMOSA CON ARENA (GM) : conformado por gravas sub angulosos a sub redondeados mayormente de origen metamórfico (pizarras) con poca presencia de clastos ígneos con diámetros promedios de 7-15cm, presenta bloques y bolones con diámetro promedios de 50cm, estas se encuentran inmersos en una matriz arena limosa de coloración gris rojiza, presentan humedad, de moderada compacidad, el punto de exploración se encuentra cercano a una zona activa inestable de movimientos en masa (deslizamientos), además se encuentra cercano a un talud de 25m aproximadamente con respecto al canal de rio fluvial, observándose la misma litología.</p>												
FOTOGRAFIAS												

PERFIL ESTRATIGRÁFICO CALICATAS CON FINES DE CANTERA

CALICTA C-01

REGISTRO DE EXCAVACION (ANSI ASTM D 2487 Y D 2408)												
PROYECTO:		ESTUDIO GEOLÓGICO, GEOTÉCNICO Y GEOFÍSICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VIAL EN EL TRAMO SAHUAYACO-COLCAPAMPA (PROGR. 0+000 Km - 13+700 Km) DEL DISTRITO DE SANTA TERESA, PROVINCIA DE LA CONVENCION, DEPARTAMENTO DEL CUSCO-2024.										
CALICATA:		C-01	COORD. UTM	E.	752583.22	N.	8526064.96	Altura: 2877 m.s.n.m				
LUGAR: CP. SAHUAYACO - CP. COLCAPAMPA				OBJETO: Eval. De Cantera				N.T:				-
				LADO: Derecho				N.R.S:				-
PROFUNDIDAD	LONGITUD	ESTRATO	SIMBOLOGÍA GRÁFICA	CLASIFICACIÓN AASHTO	CLASIFICACIÓN SUCS	CONTENIDO HUMEDAD (%)	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		LÍMITES DE CONSISTENCIA (%)		PROCTOR MODIFICADO	CBR a 95% de la masa
	15.00	E-1		A-1-a (0)	GM		%GRA %ARE %L-A	LL LP IP	MDS: COA:			
ESTRATOS POR DEBAJO DEL NIVEL DE TERRENO ACTUAL												
E-1, 0.0m a -15m: GRAVA LIMO ARENOSA (GM):Presenta un relieve natural de moderada pendiente, litológicamente presentan gravas de origen metamórfico (esquistos- gneis) sub angulosos a angulosos con diámetro promedios de 5-17cm, presenta bloques sub angulosos con diámetros promedios de 35 a 60 cm, presentan una buena gradación (heterométrica muy pronunciada), estos se encuentran inmersos en una matriz areno limosa de coloración gris parduzca, presenta humedad, presenta una moderada compacidad, el punto de estudio representa un característico deposito aluvial, hacia la parte superior del talud presenta abundante cobertura vegetal.												
FOTOGRAFIAS												

CALICTA C-02

REGISTRO DE EXCAVACION (ANSI ASTM D 2487 Y D 2408)													
PROYECTO:		ESTUDIO GEOLÓGICO, GEOTÉCNICO Y GEOFÍSICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VIAL EN EL TRAMO SAHUAYACO-COLCAPAMPA (PROGR. 0+000 Km - 13+700 Km) DEL DISTRITO DE SANTA TERESA, PROVINCIA DE LA CONVENCION, DEPARTAMENTO DEL CUSCO-2024.											
CALICATA:		C-02	COORD. UTM	E.	752537.45	N.	8526118.24	Altura: 2880 m.s.n.m					
LUGAR: CP. SAHUAYACO - CP. COLCAPAMPA				OBJETO: Eval. De Cantera				N.T: -					
				LADO: Izquierdo				N.R.S: -					
PROFUNDIDAD	LONGITUD	ESTRATO	SIMBOLOGIA GRAFICA	CLASIFICACION ASBITO	CLASIFICACION SUCS	CONTENIDO HUMEDAD (%)	ANALISIS GRANULOMETRICO		LIMITE DE CONSISTENCIA (%)		PROCTOR MODIFICADO	CBM al 95% de la NDA	
-15.00	15.00	E-1		A-1-a (0)	GM		%GRA	%ARE	%L-A	LL	LP	IP	MDS: COA:
ESTRATOS POR DEBAJO DEL NIVEL DE TERRENO ACTUAL													
<p>E-1, 0.0m a -15m: GRAVA LIMO ARENOSA (GM): Conformado por un relieve natural de moderada pendiente, litológicamente presentan gravas de origen metamórfico (esquistos - gneis) sub angulosos a angulosos con diámetro promedios de 5-15cm, con poca presencia de bloques sub angulosos con diámetros promedios de 30 a 70cm, presentan una buena gradación (heterométrica muy pronunciada), estos se encuentran inmersos en una matriz areno limosa de coloración gris parduzca, presenta humedad, presenta una moderada compacidad, el punto de estudio representa un característico deposito aluvial.</p>													
FOTOGRAFIAS													

CALICATA C-03

REGISTRO DE EXCAVACIÓN (ANSI ASTM D 2487 Y D 2408)												
PROYECTO:		ESTUDIO GEOLÓGICO, GEOTÉCNICO Y GEOFÍSICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VIAL EN EL TRAMO SAHUAYACO-COLCAPAMPA (PROGR. 0+000 Km - 13+700 Km) DEL DISTRITO DE SANTA TERESA, PROVINCIA DE LA CONVENCIÓN, DEPARTAMENTO DEL CUSCO-2024.										
CALICATA:		C-03	COORD. UTM	E.	752484.43	N.	8526153.83	Altura: 2889 m.s.n.m				
LUGAR: CP. SAHUAYACO - CP. COLCAPAMPA				OBJETO: Eval. De Cantera				N.T:			-	
				LADO: Izquierdo				N.R. S:			-	
PROFUNDIDAD	LONGITUD	ESTRATO	SIMBOLOGÍA GRÁFICA	CLASIFICACIÓN ASIENTO	CLASIFICACIÓN SUCS	CONTENIDO HUEVEDAD (%)	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		LÍMITES DE CONSISTENCIA (%)		PROCTOR MODIFICADO	CBR al 95% de la SUCS
-15.00	15.00	E-1		A-1-a (0)	GM		%GRA %ARE %L-A	LL LP IP	MDS: COA:			
ESTRATOS POR DEBAJO DEL NIVEL DE TERRENO ACTUAL												
<p>E-1, 0.0m a -15m: GRAVA LIMO ARENOSA (GM): Representado por un relieve natural de moderada pendiente, litológicamente presentan gravas de origen metamórfico (esquistos-gneis) sub angulosos a angulosos con diámetro promedios de 5-15cm, presentan bloques con diámetros promedios de 40 a 70cm, presentan una buena gradación (heterométrica muy pronunciada), estos se encuentran inmersos en una matriz areno limosa de coloración gris parduzca, presenta humedad, presenta una moderada compactación, el punto de estudio representa un característico depósito aluvial, hacia la parte superior presenta abundante cobertura vegetal.</p>												
FOTOGRAFÍAS												



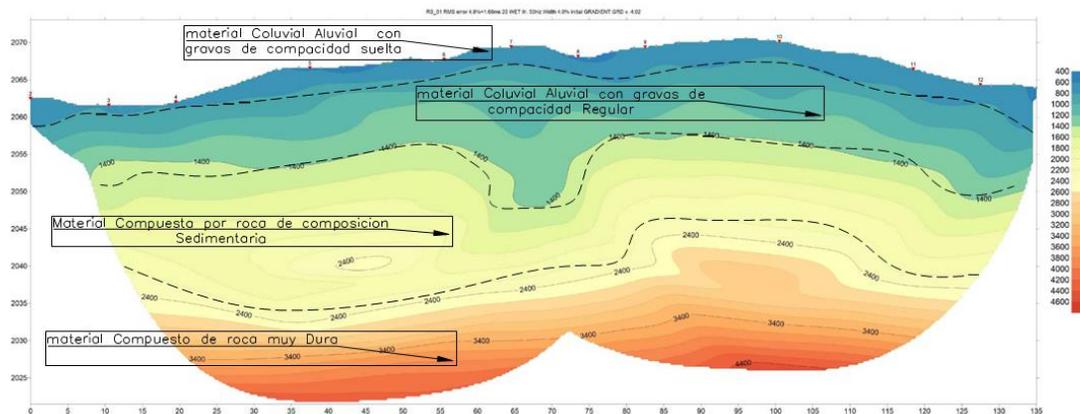
ANEXOS C: REFRACCION

SISMICA



PERFILES DE LÍNEAS DE REFRACCIÓN SÍSMICA

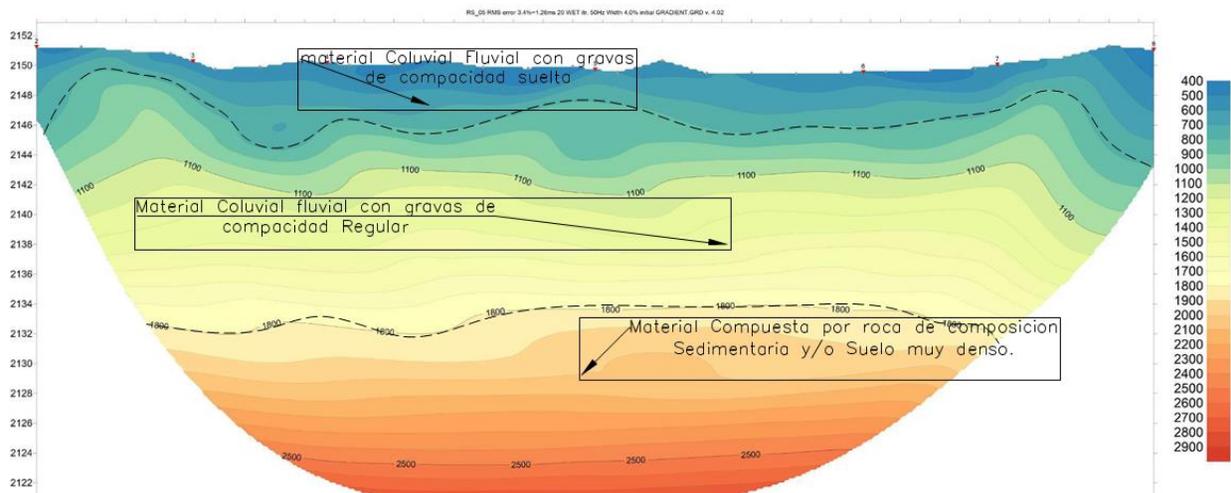
LÍNEA DE REFRACCIÓN SÍSMICA 01



Capa	Velocidad V_p (m/s)	Potencia Aprox.(m)	Descripción
01	400 - 800	1.00 - 3.00	Material coluvial aluvial con gravas de compacidad suelta
02	800 - 1400	5.00 - 11.00	material compuesto de gravas de compacidad alta
3	1400 - 2200	8.00 - 14.00	material compuesto de gravas arenosas con compacidad muy alta y/o roca blanda
4	2200 - 3400	5.00 - 8.00	material compuesto de rocas fracturadas o gravas de compacidad muy alta

Capa	Velocidad Capa V_p (m/s)	Velocidad Capa V_s (m/s)	Razón de Poisson ν	Densidad Estimada d (Kg/m ³)	Módulo de Corte G (MN/m ²)	Módulo de Young E (MN/m ²)	Módulo de Bulk K (MN/m ²)
01	800	336.00	0.39	1750	197.57	550.39	856.58
02	900	432.00	0.35	1900	354.59	957.60	1066.22
03	1800	990.00	0.28	2200	2156.22	5533.53	4253.04
04	3000	1800.00	0.22	2500	8100.00	19743.75	11700.00

LÍNEA DE REFRACCIÓN SÍSMICA 02

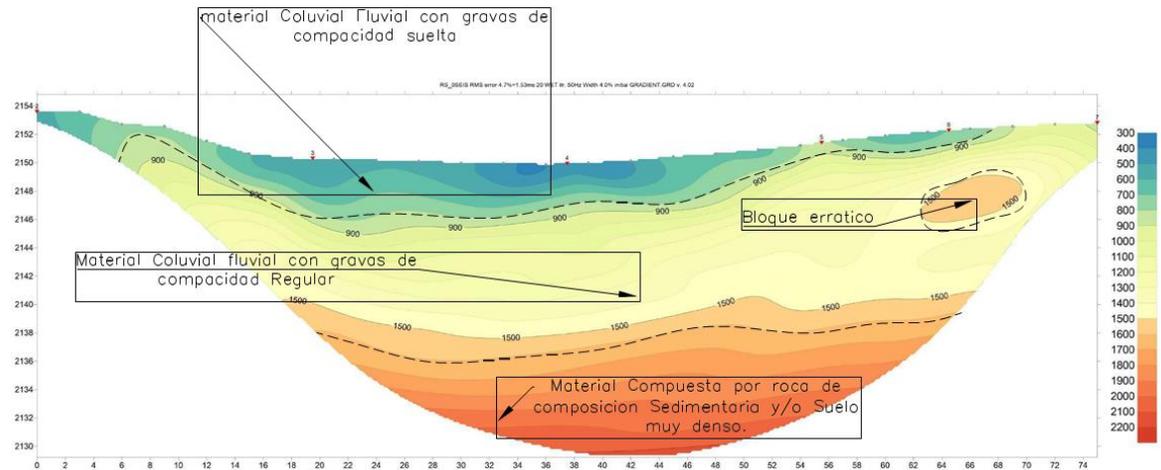


Capa	Velocidad V_p (m/s)	Potencia Aprox.(m)	Descripción
01	400 - 800	2.20 - 7.00	Material compuesto coluvial fluvial con gravas de compacidad suelta
02	800 - 1800	9.00 - 13.00	Material coluvial fluvial con gravas de compacidad regular
3	1800 - 2500	8.00 - 12.00	Material compuesto por roca de composición sedimentaria y/o suelo muy denso

Capa	Velocidad Capa V_p (m/s)	Velocidad Capa V_s (m/s)	Razón de Poisson ν	Densidad Estimada d (Kg/m ³)	Módulo de Corte G (MN/m ²)	Módulo de Young E (MN/m ²)	Módulo de Bulk K (MN/m ²)
01	750	315.00	0.39	1750	173.64	483.74	752.85
02	1100	528.00	0.35	1900	529.69	1430.49	1592.75
03	1800	990.00	0.28	2200	2156.22	5533.53	4253.04



LÍNEA DE REFRACCIÓN SÍSMICA 03

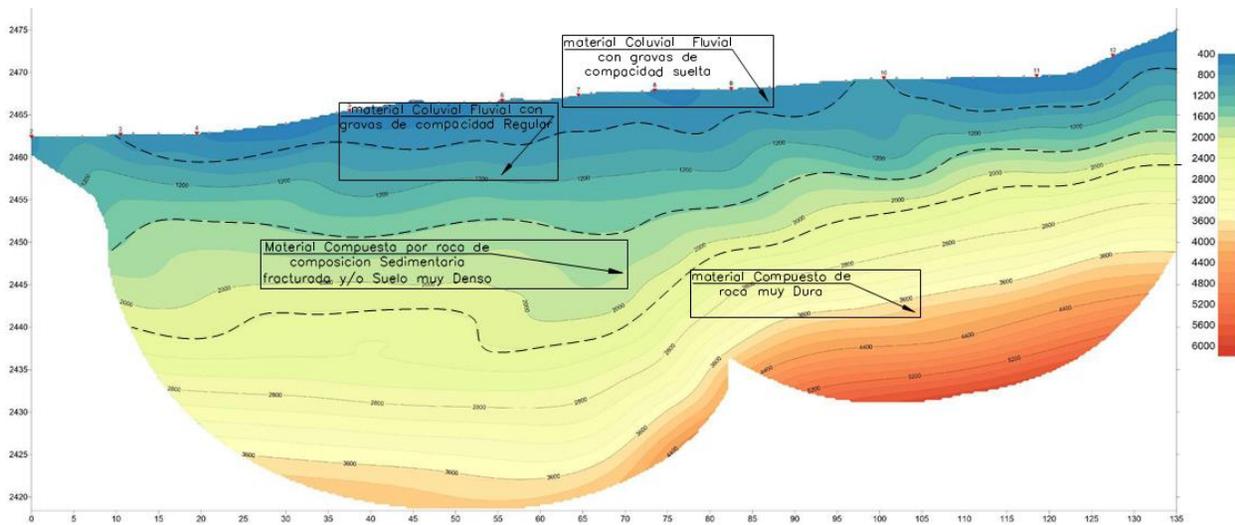


Capa	Velocidad Vp (m/s)	Potencia Aprox.(m)	Descripción
01	300-800	2.00-6.00	material Coluvial Fluvial con gravas de compacidad suelta
02	800-1600	5.00-10.00	Material Coluvial fluvial con gravas de compacidad Regular
3	1600-2100	5.00-7.00	Material Compuesta por roca de composición Sedimentaria y/o Suelo muy denso

Capa	Velocidad Capa Vp(m/s)	Velocidad Capa Vs(m/s)	Razón de Poisson [ν]	Densidad Estimada d(Kg/m ³)	Módulo de Corte G (MN/m ²)	Módulo de Young E (MN/m ²)	Módulo de Bulk K (MN/m ²)
01	300	280.00	0.43	1750	137.20	392.45	937.07
02	1200	456.00	0.42	1900	395.08	1118.56	2209.23
03	1800	936.00	0.31	2200	1927.41	5067.91	4558.42

El estudio de la línea de corte (C) se realizó de acuerdo a los resultados obtenidos según (Simpson, 1986) y (Simpson, 2003).
 La densidad estimada fue obtenida según las observaciones en campo y de acuerdo a la tabla de densidades de (Simpson et al., 2003).
 La clasificación de las capas de acuerdo a la información geológica - estratigráfica proporcionada por el cliente y las tablas de clasificación establecidas en el informe.

LÍNEA DE REFRACCIÓN SÍSMICA 04



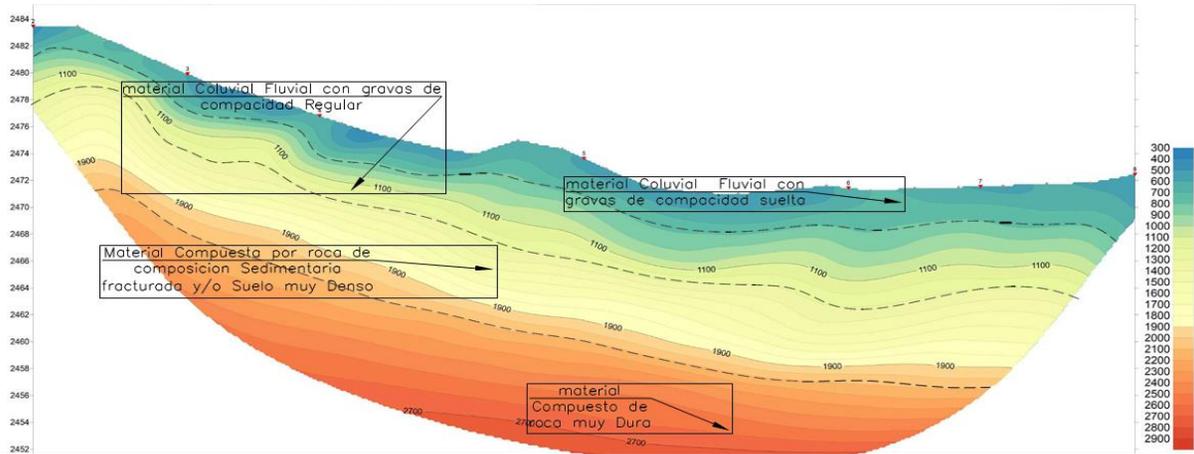
Capa	Velocidad Vp (m/s)	Potencia Aprox.(m)	Descripción
01	400-800	2.00-4.00	material Coluvial Fluvial con gravas de compacidad suelta
02	800-1600	6.00-12.00	material Coluvial Fluvial con gravas de compacidad Regular
3	1600-2200	4.00-11.00	Material Compuesta por roca de composición Sedimentaria fracturada y/o Suelo muy Denso
4	2200-3400	10.00-18.00	material Compuesto de roca muy Dura

Capa	Velocidad Capa Vp(m/s)	Velocidad Capa Vs(m/s)	Razón de Poisson [ν]	Densidad Estimada d(Kg/m ³)	Módulo de Corte G (MN/m ²)	Módulo de Young E (MN/m ²)	Módulo de Bulk K (MN/m ²)
01	750	315.00	0.39	1750	173.64	483.74	752.85
02	1200	576.00	0.35	1900	630.37	1702.40	1895.50
03	1800	990.00	0.28	2200	2156.22	5533.53	4253.04
04	2800	1680.00	0.22	2500	7056.00	17199.00	10192.00

El estudio de la línea de corte (C) se realizó de acuerdo a los resultados obtenidos según (Simpson, 1986) y (Simpson, 2003).
 La densidad estimada fue obtenida según las observaciones en campo y de acuerdo a la tabla de densidades de (Simpson et al., 2003).
 La clasificación de las capas de acuerdo a la información geológica - estratigráfica proporcionada por el cliente y las tablas de clasificación establecidas en el informe.



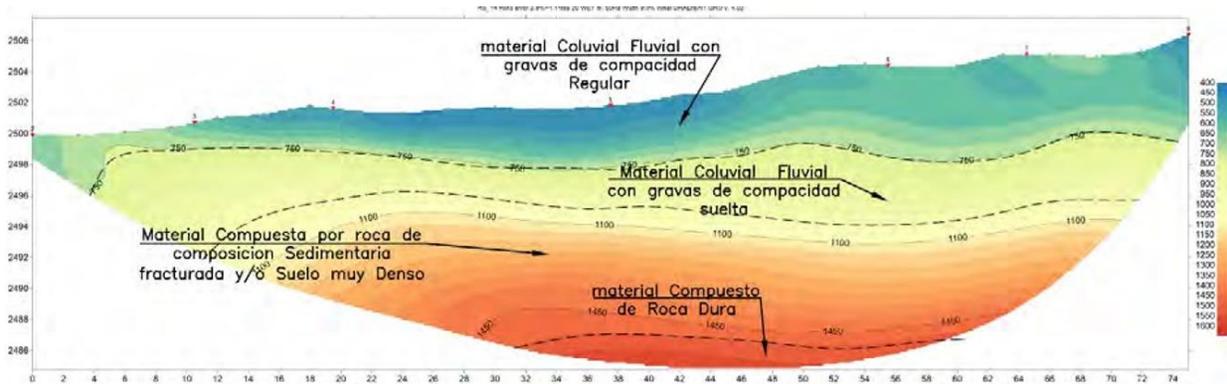
LÍNEA DE REFRACCIÓN SÍSMICA 05



Capa	Velocidad V_p (m/s)	Potencia Aprox. (m)	Descripción
01	300-800	1.00-3.00	material Coluvial Fluvial con gravas de compacidad suelta
02	800-1200	3.00-7.00	material Coluvial Fluvial con gravas de compacidad Regular
3	1200-2000	3.00-8.00	Material Compuesta por roca de composicion Sedimentaria fracturada y/o Suelo muy Denso
4	2000-2700	5.00-9.00	material Compuesto de roca muy Dura

Capa	Velocidad Capa V_p (m/s)	Velocidad Capa V_s (m/s)	Razón de Poisson ν	Densidad Estimada d (Kg/m ³)	Módulo de Corte G (MN/m ²)	Módulo de Young E (MN/m ²)	Módulo de Bulk K (MN/m ²)
01	800	336.00	0.39	1750	197.57	550.39	856.58
02	1000	480.00	0.35	1900	437.76	1182.23	1316.32
03	1600	864.00	0.29	2200	1642.29	4250.85	3442.28
04	2500	1500.00	0.22	2500	5625.00	13710.94	8125.00

LÍNEA DE REFRACCIÓN SÍSMICA 06

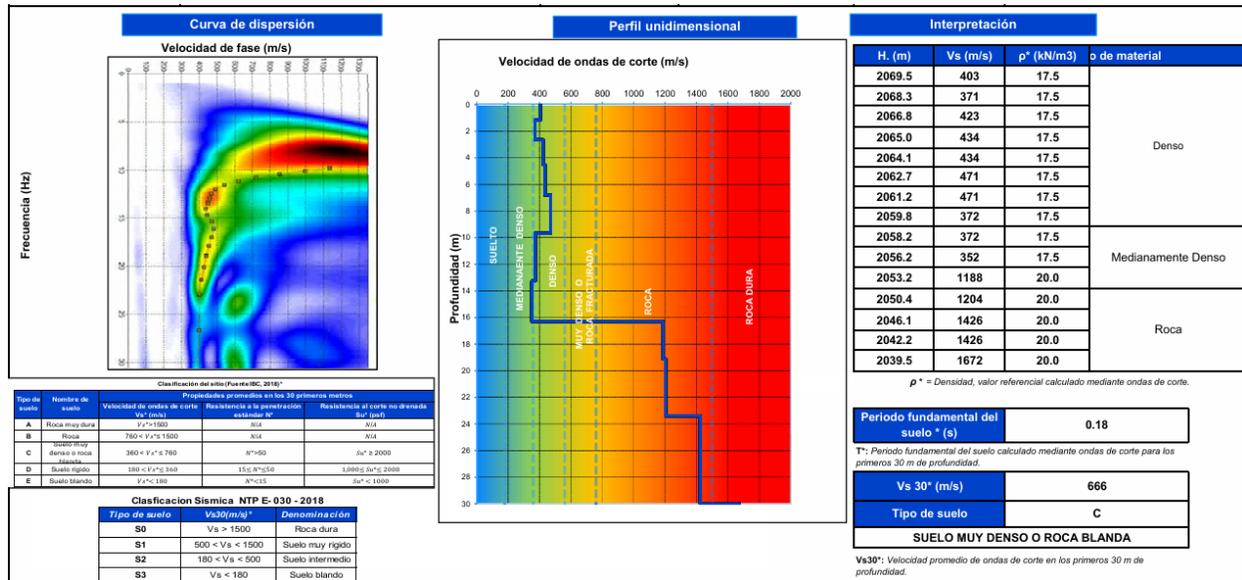


Capa	Velocidad V_p (m/s)	Potencia Aprox. (m)	Descripción
01	300-500	3.00-8.00	Material Coluvial Aluvial con gravas de compacidad suelta
02	500-1200	3.00-13.00	material Coluvial Aluvial con gravas de compacidad Regular y/o Roca de composicion sedimentaria fracturada
3	1200-1800	4.00-10.00	material Compuesto de Roca, de composicion sedimentaria

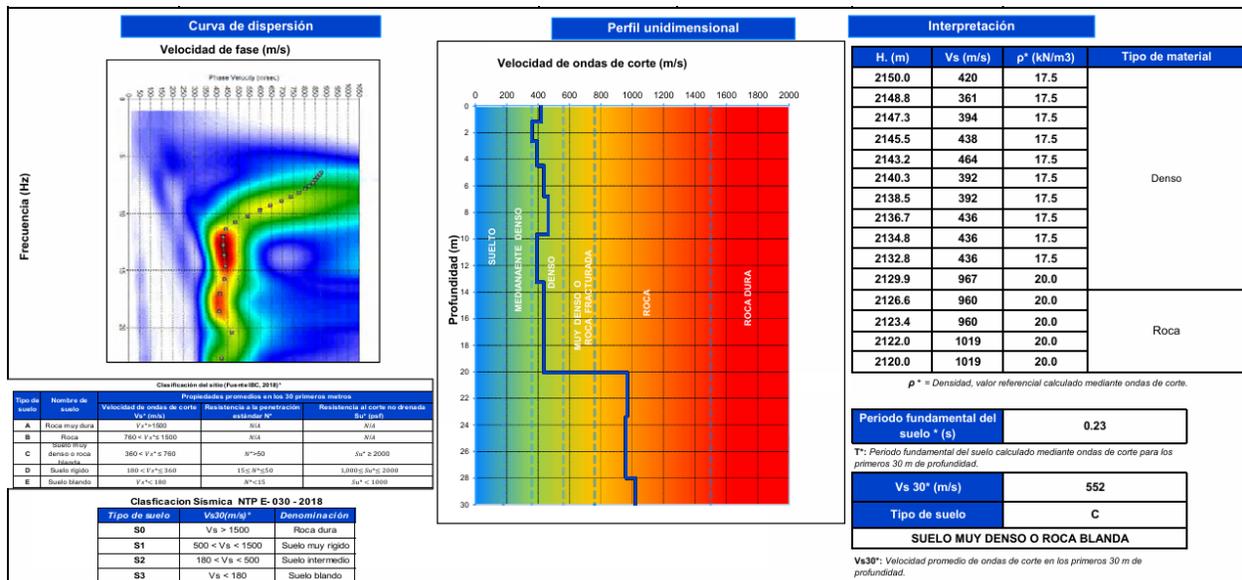
Capa	Velocidad Capa V_p (m/s)	Velocidad Capa V_s (m/s)	Razón de Poisson ν	Densidad Estimada d (Kg/m ³)	Módulo de Corte G (MN/m ²)	Módulo de Young E (MN/m ²)	Módulo de Bulk K (MN/m ²)
01	750	315.00	0.39	1700	168.68	469.92	731.34
02	1600	704.00	0.38	1900	941.67	2598.94	3608.44
03	2250	1237.50	0.28	2200	3369.09	8646.13	6645.38



ANÁLISIS DE ONDAS SUPERFICIALES EN ARREGLOS MULTICANAL(MASW) MASW-01

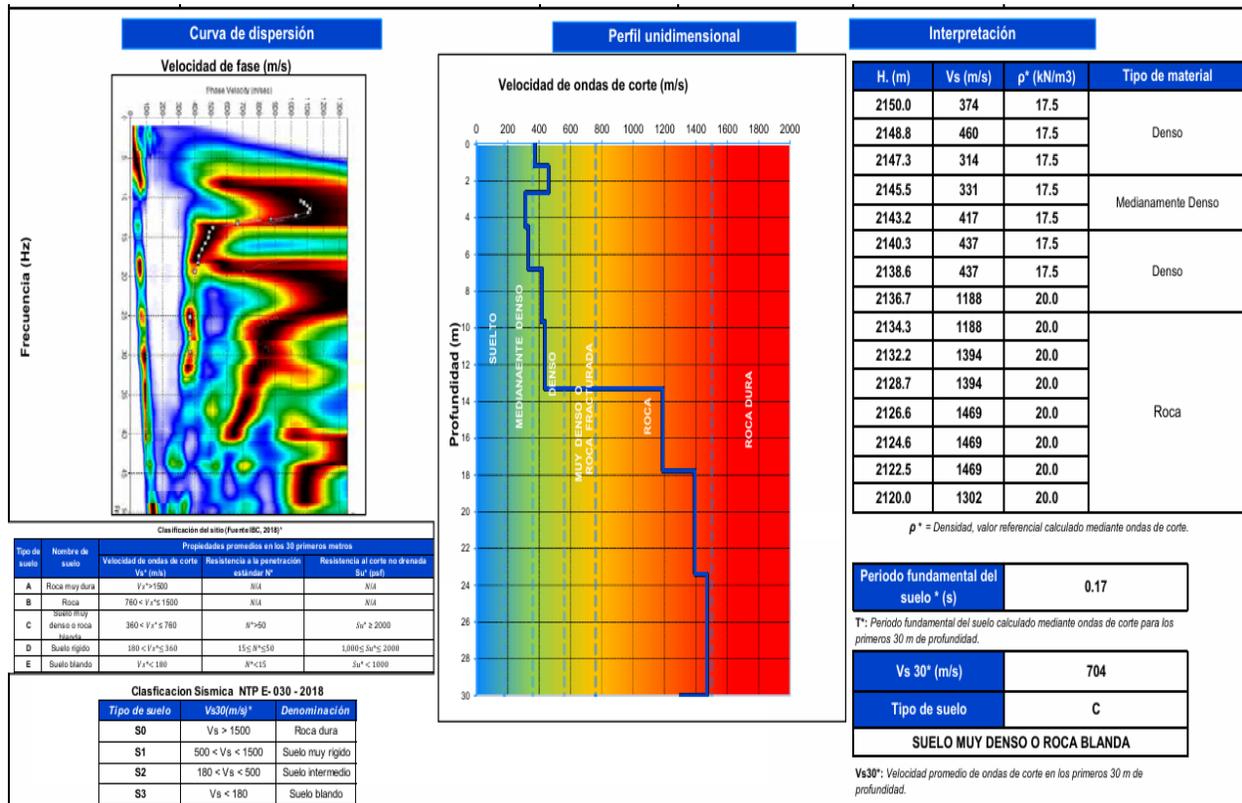


ANÁLISIS DE ONDAS SUPERFICIALES EN ARREGLOS MULTICANAL(MASW) MASW-02

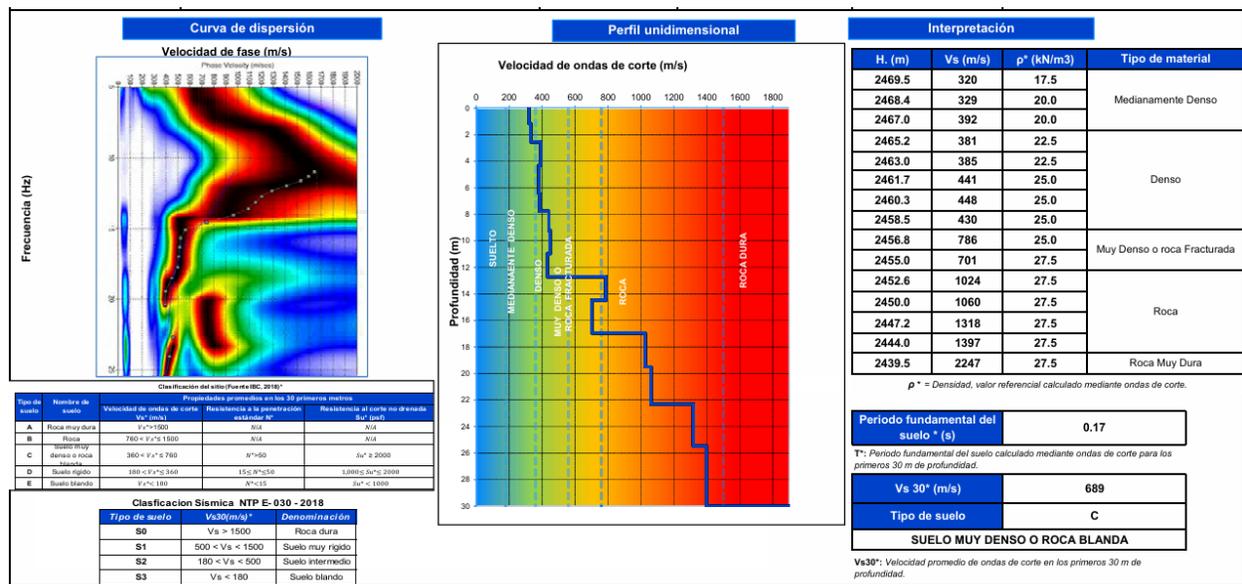




ANÁLISIS DE ONDAS SUPERFICIALES EN ARREGLOS MULTICANAL(MASW) MASW-03

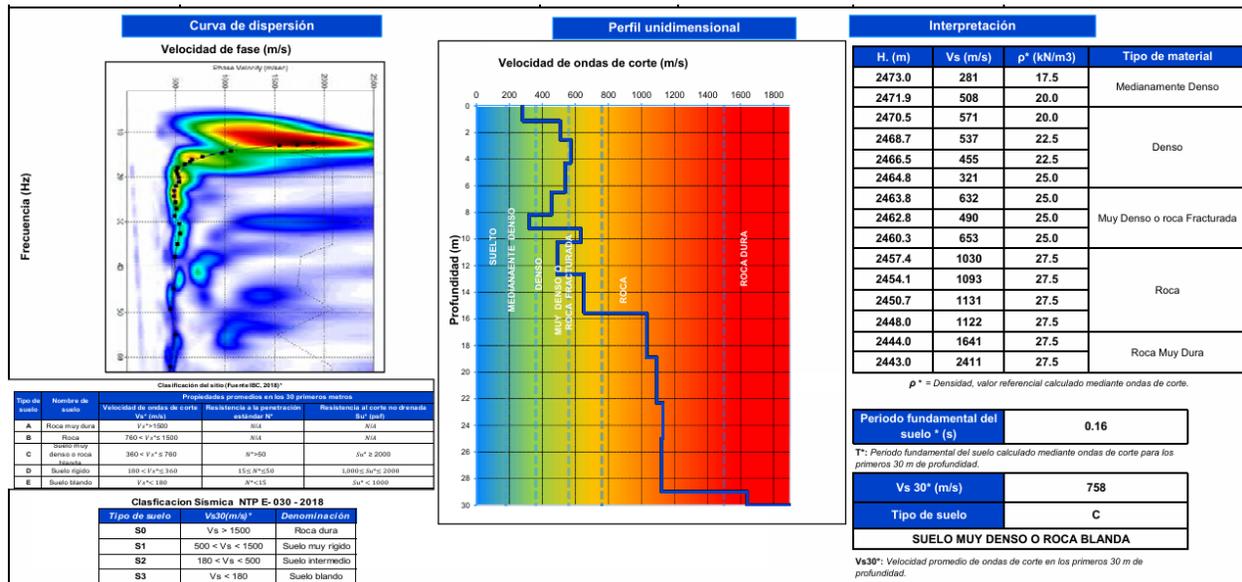


ANÁLISIS DE ONDAS SUPERFICIALES EN ARREGLOS MULTICANAL(MASW) MASW-04

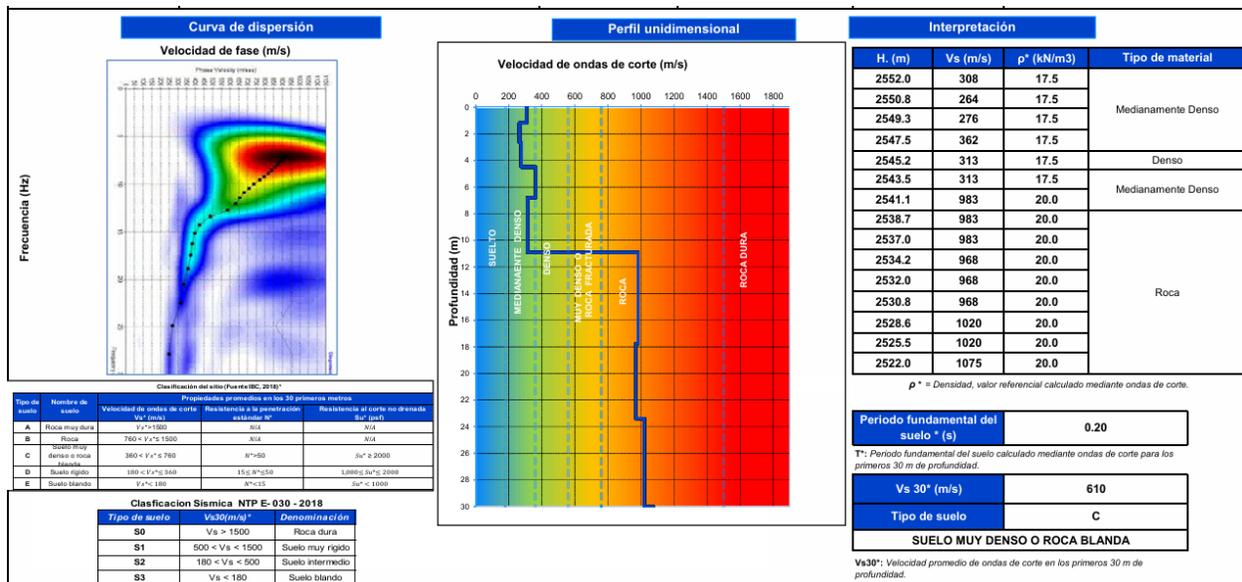




ANÁLISIS DE ONDAS SUPERFICIALES EN ARREGLOS MULTICANAL(MASW) MASW-05



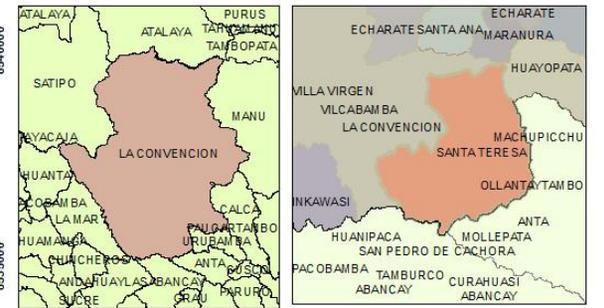
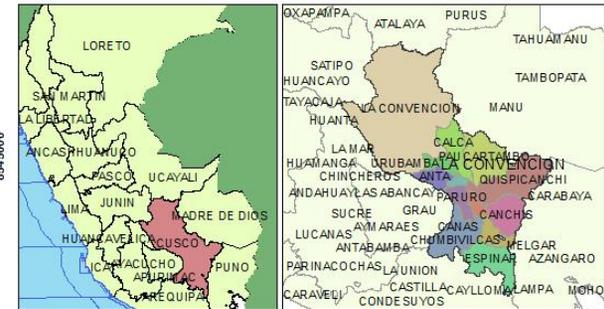
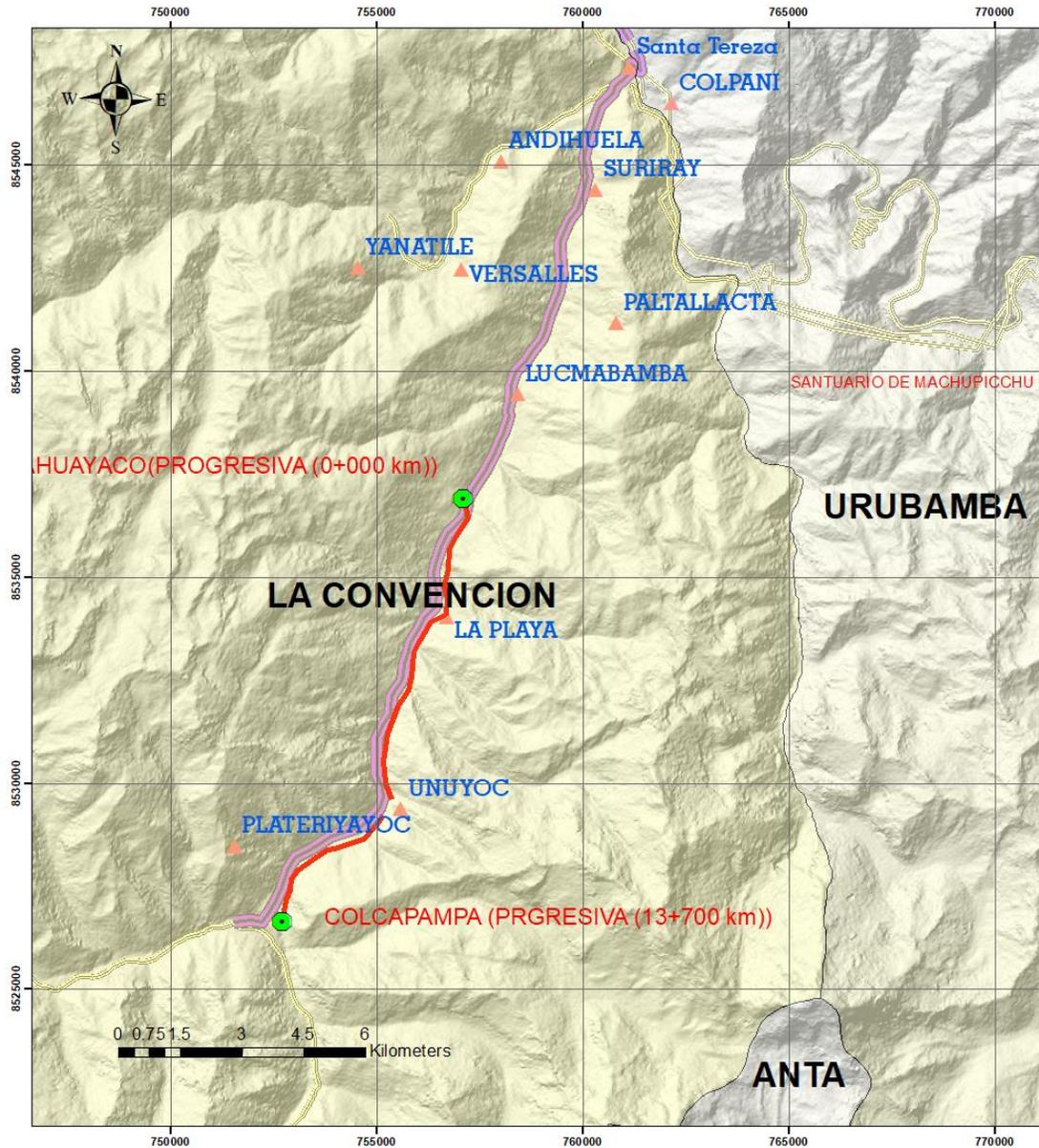
ANÁLISIS DE ONDAS SUPERFICIALES EN ARREGLOS MULTICANAL(MASW) MASW-06





ANEXOS D: MAPAS Y SECCIONES

MAPA DE UBICACION



Legenda

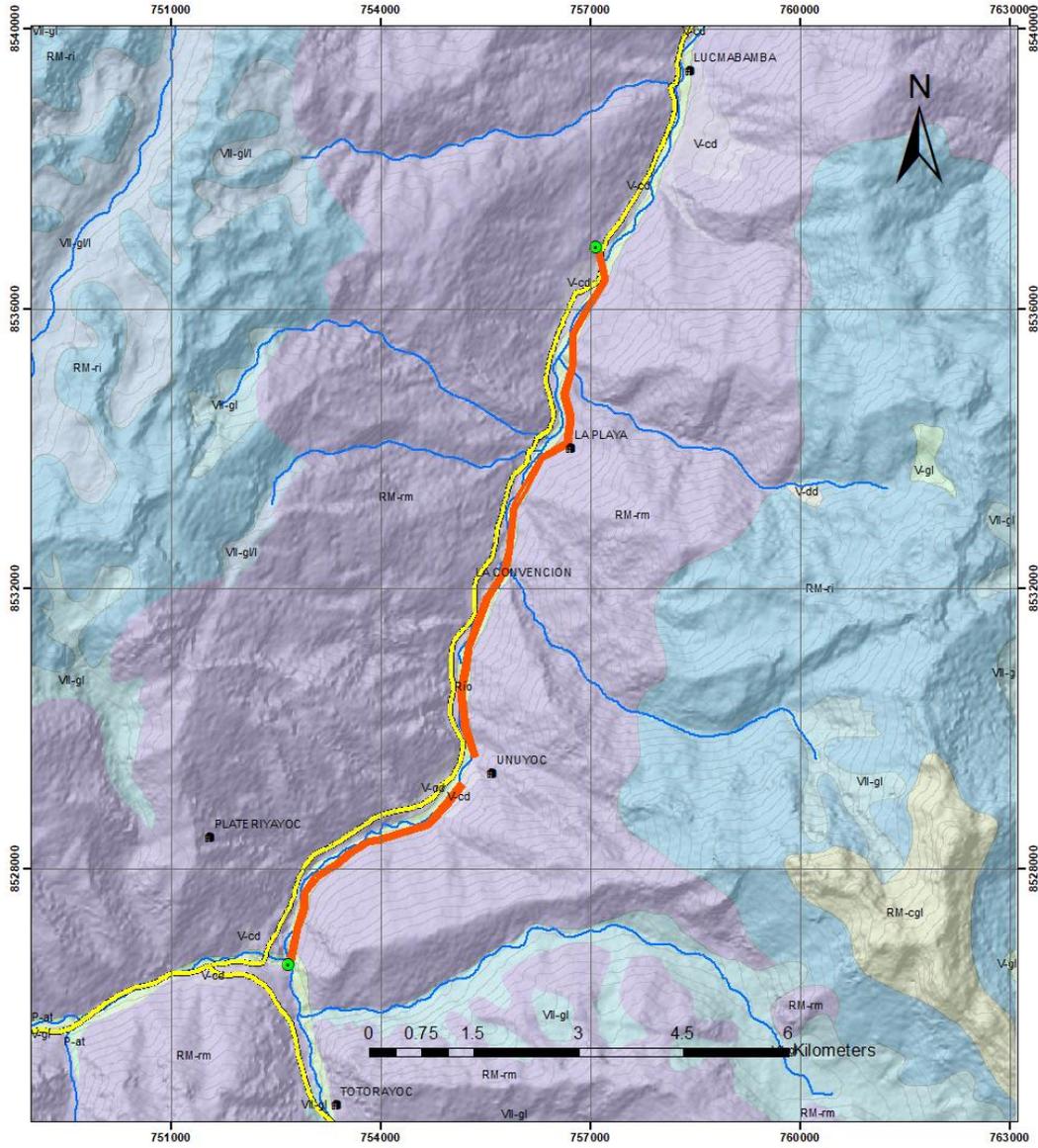
- Extremos_Tramo_estudio
- Tramo de estudio
- ▲ Pueblos
- CU109 1

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA ECUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA	
	Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Geólogo	
	"ESTUDIO GEOLÓGICO, GEOTECNICO Y GEOFÍSICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VIAL EN EL TRAMO SAHUAYACO-COLCAPAMPA (PROGR. 0+000Km-13+700Km) DEL DISTRITO DE SANTA TERESA, PROVINCIA DE LA CONVENCION, DEPARTAMENTO DEL CUSCO-2024"	

MAPA DE UBICACIÓN			
ESCALA:	1/100000	Diseñado por:	Maycol David Salcedo Mamani
DATUM:	WGS1984		Joel Ronal Mamani Tunque
FECHA:	Set-24	UBICACIÓN:	Sahuayaco/Santa Teresa/La Convención

M-01

MAPA GEOMORFOLOGICO REGIONAL



Legenda

Limite_Geomorfo	RM-rm
<all other values>	Cr
etiqueta	V-cd
Mo	V-dd
P-at	V-gl
RM-cgl	VII-gl
RM-ri	VII-gl/l

Simbologia

- Extremos_Tramo_estudio
- Cauce_rio
- Tramo de estudio
- curvas_de_nivel
- Vias
- pueblos_geomor

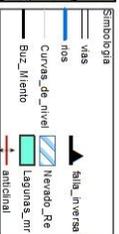
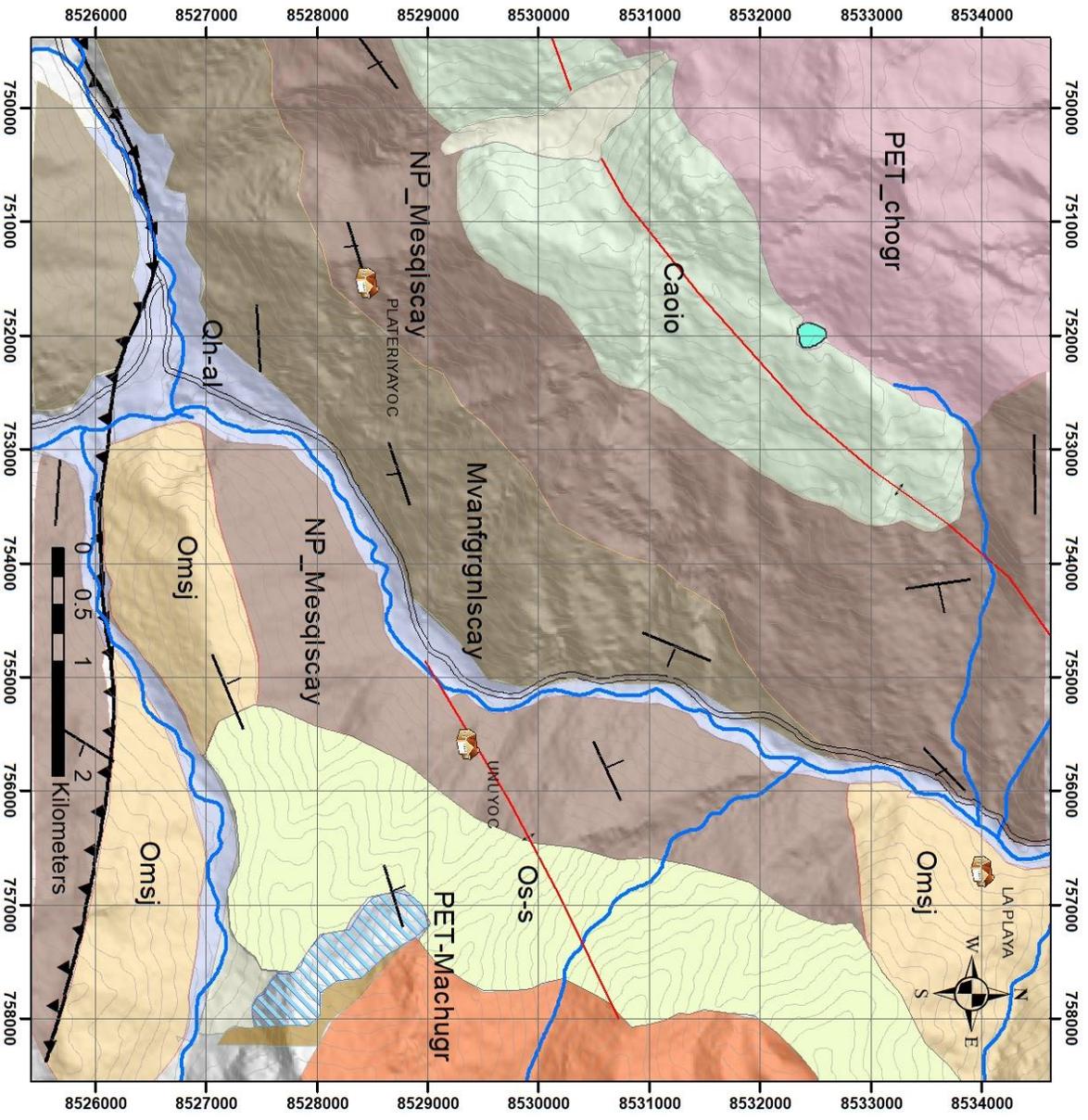
UNIDADES GEOMORFOLOGICAS

Cr	Cauce del rio
VII-gl	Valle Glaciar
Va-gl-l	Valle Glaciar con Laguna
RM-ri	Montaña con roca intrusiva
RM-rm	Montaña en roca Metamórfica
RM-cgl	Montaña con cobertura glaciar
V-dc	Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial
V-gl	Vertiente glacial o de gelifraccion
V-dd	Vetiente con deposito de deslizamiento
P-at	Vertiente o pie de monte Coluvio-torrencia
Mo	Depositos morrenicos

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA ECUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Geólogo <small>"ESTUDIO GEOLÓGICO, GEOTECNICO Y GEOFISICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VIAL EN EL TRAMO SAHUAYACO-COLCAMPAMPA (PROGR 0-000 Km.- 13-700 Km) DEL DISTRITO DE SANTA TERESA, PROVINCIA DE LA CONVENCION, DEPARTAMENTO DEL CUSCO-2024"</small>											
	MAPA GEOMORFOLOGICO REGIONAL											
	<table border="1"> <tr> <td>ESCALA:</td> <td>1/60000</td> <td>Diseñado por:</td> <td>Maycol David Salcedo Mamani</td> </tr> <tr> <td>DATUM:</td> <td>WGS1984</td> <td></td> <td>Joel Ronal Mamani Tunque</td> </tr> <tr> <td>FECHA:</td> <td>Set-24</td> <td>UBICACIÓN:</td> <td>Sahuayaco/Santa Teresa/La Convención</td> </tr> </table>		ESCALA:	1/60000	Diseñado por:	Maycol David Salcedo Mamani	DATUM:	WGS1984		Joel Ronal Mamani Tunque	FECHA:	Set-24
ESCALA:	1/60000	Diseñado por:	Maycol David Salcedo Mamani									
DATUM:	WGS1984		Joel Ronal Mamani Tunque									
FECHA:	Set-24	UBICACIÓN:	Sahuayaco/Santa Teresa/La Convención									

M-10

MAPA GEOLOGICO REGIONAL



ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES GEOLOGICAS
Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	DB1
		Superior	depositos cuaternario fluvial
Mesozoico	Triasico	Superior	depositos glaciares
		Inferior	depositos cuaternario fluvial
Paleozoico	Ordoviciano	superior	depositos glaciares
		Inferior	depositos glaciares
Neozoico	Cretacico	Oligo. Santagaba	esquistos micoconglomerados, gneiss, diamictitas y cuarcitas
		Grupo Olanity	Grupo Santagaba
Neozoico	Cretacico	Grupo Olanity	Grupo Santagaba
		Grupo Olanity	Grupo Santagaba

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADO DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

Tesis para optar el título profesional de Ingeiero Geólogo

TITULACION: ORO, GEOTECNOLOGIA Y METALURGIA
 TITULO: INGENIERIA GEOLOGICA
 TITULO: INGENIERIA GEOLOGICA
 TITULO: INGENIERIA GEOLOGICA

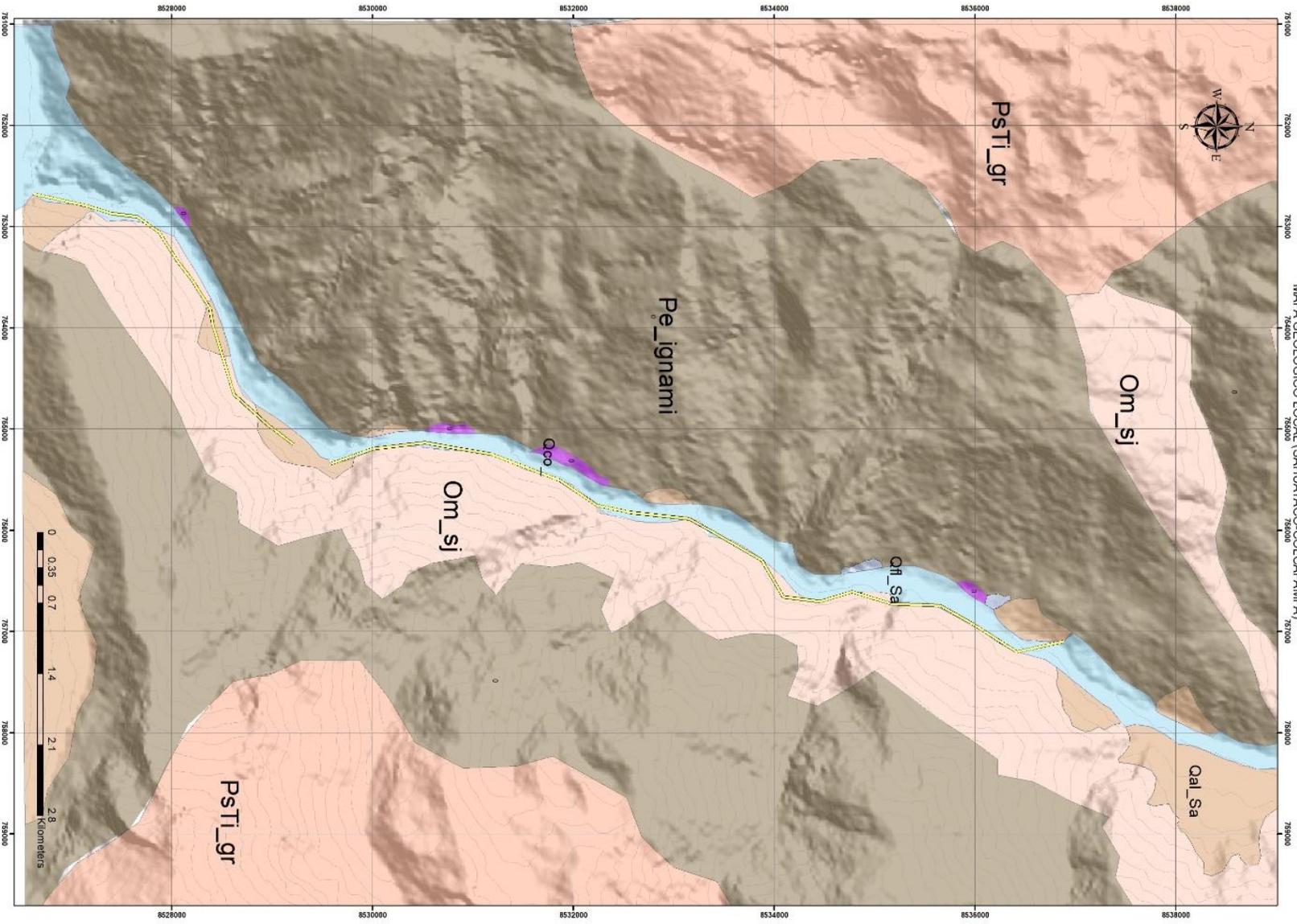
MAPA GEOLOGICO REGIONAL

Elaborado por: **Jose Inocencio Tumburi**

Fecha: **Set-21**

M-11

MAPA GEOLOGICO LOCAL (SAHUAYACO-COLCAMPAMPA)



SIMBOLOGIA

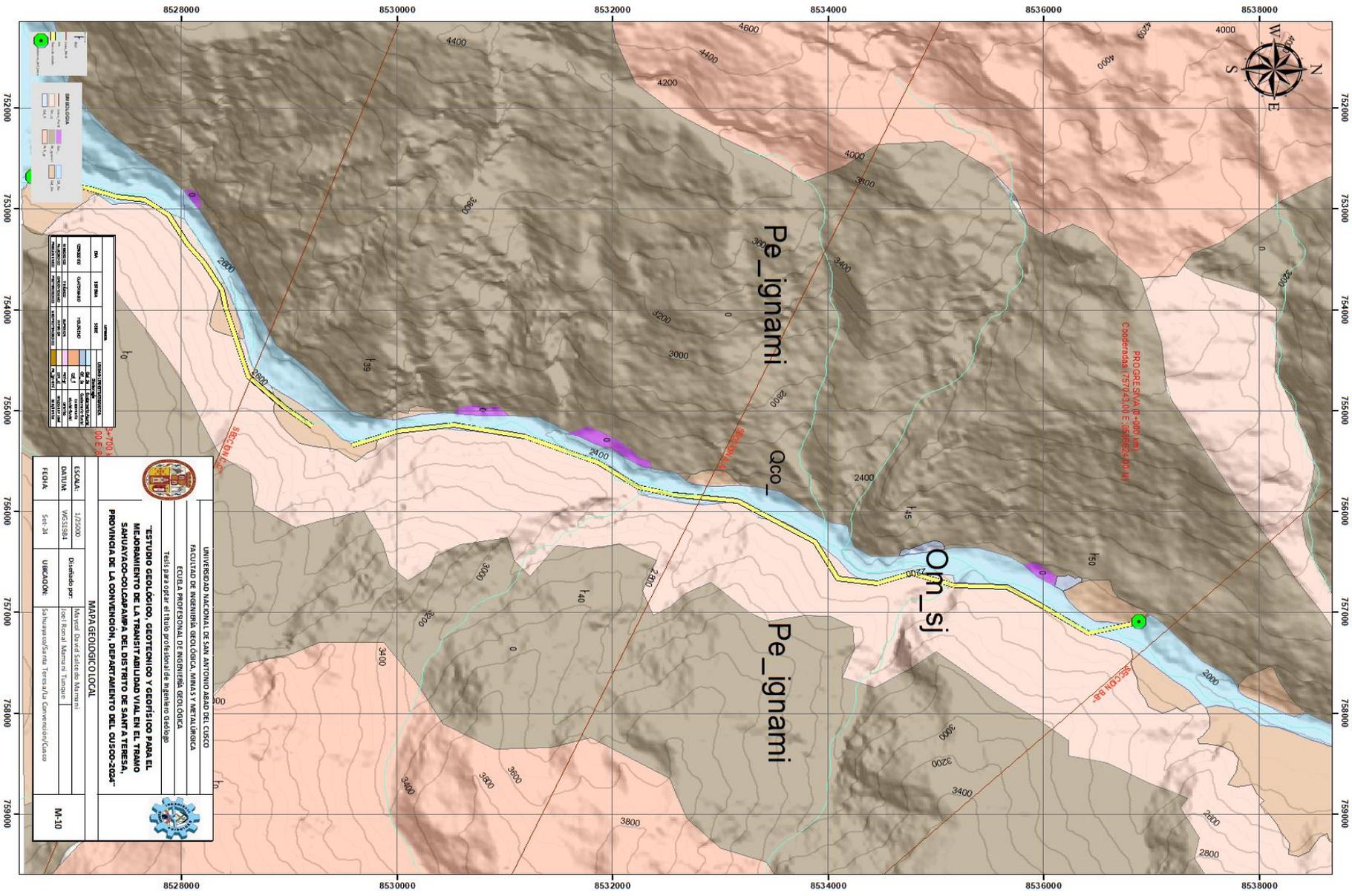
	Om_sj		Qal_Sa
	Pe_ignami		PstI_gr
	Qal_Sa		Qal_Sa
	Qal_Sa		Qal_Sa

ESCALA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES UNIVERSITARIAS/INSTITUCIONALES
1:50,000	UTM	WGS 84	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CAJAMARCA
PROYECTO	COORDENADAS	PROYECTO	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CAJAMARCA
FECHA	ELABORADO POR	FECHA	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CAJAMARCA



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA
ESCUELA INGENIERIA DE INGENIERIA GEOLOGICA
Título para optar al título profesional de Ingeniero en Geología
ACTUACION GEOLOGICA Y TROPICANISMO EN LA ZONA DE TRONCO DE LA SIERRA DE LA CONVENIENCIA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO-2024
MAPA GEOLOGICO LOCAL

FECHA: 2024
AUTOR: [Nombre del Autor]
FECHA: 2024
UBICACION: [Ubicación]



LEYENDA	DESCRIPCION	COLORES
1	SECCION A-A	[Color]
2	SECCION B-B	[Color]
3	SECCION C-C	[Color]
4	SECCION D-D	[Color]
5	SECCION E-E	[Color]
6	SECCION F-F	[Color]
7	SECCION G-G	[Color]
8	SECCION H-H	[Color]
9	SECCION I-I	[Color]
10	SECCION J-J	[Color]
11	SECCION K-K	[Color]
12	SECCION L-L	[Color]
13	SECCION M-M	[Color]
14	SECCION N-N	[Color]
15	SECCION O-O	[Color]
16	SECCION P-P	[Color]
17	SECCION Q-Q	[Color]
18	SECCION R-R	[Color]
19	SECCION S-S	[Color]
20	SECCION T-T	[Color]
21	SECCION U-U	[Color]
22	SECCION V-V	[Color]
23	SECCION W-W	[Color]
24	SECCION X-X	[Color]
25	SECCION Y-Y	[Color]
26	SECCION Z-Z	[Color]

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO DEBO DEL CURO
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA
 Tesis para optar el título profesional de ingeniero Geólogo

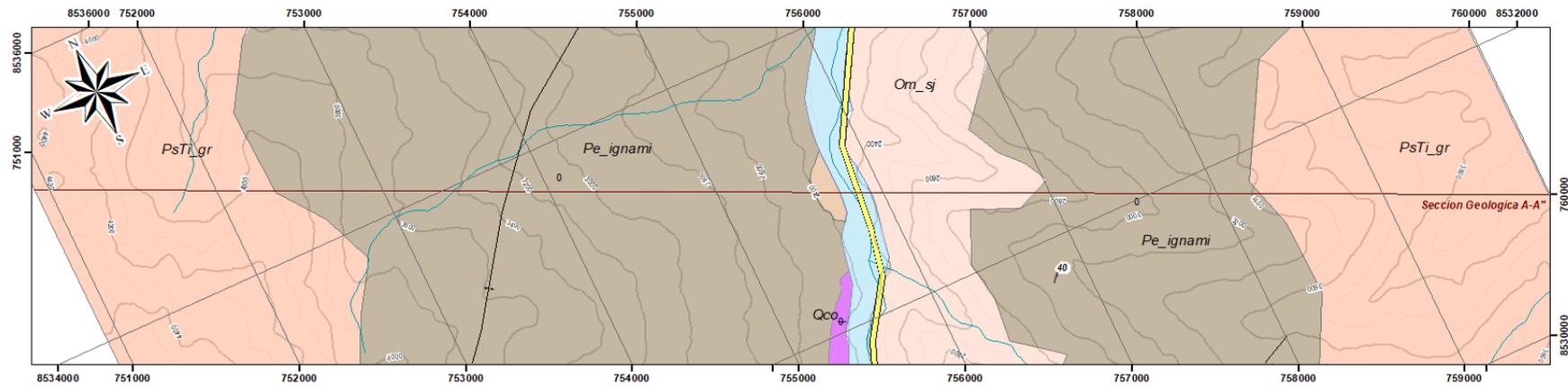
MAPA GEOLOGICO LOCAL

Elaborado por: **Marcos David Salcedo Mamani**
 Asesor: **José Rosari Mamani Turque**
 UBICACION: **Sanhuayco/Sanhuayco, Tarma/Sanhuayco**

"ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO Y GEORISIO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VIAL EN EL TRAMO SANHUAYCO-COCCAPAMPA DEL DISTRITO DE SANTA TERESA, PROVINCIA DE LA CONVENCIÓN, DEPARTAMENTO DEL CUSCO-2024"

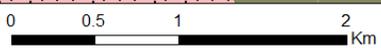
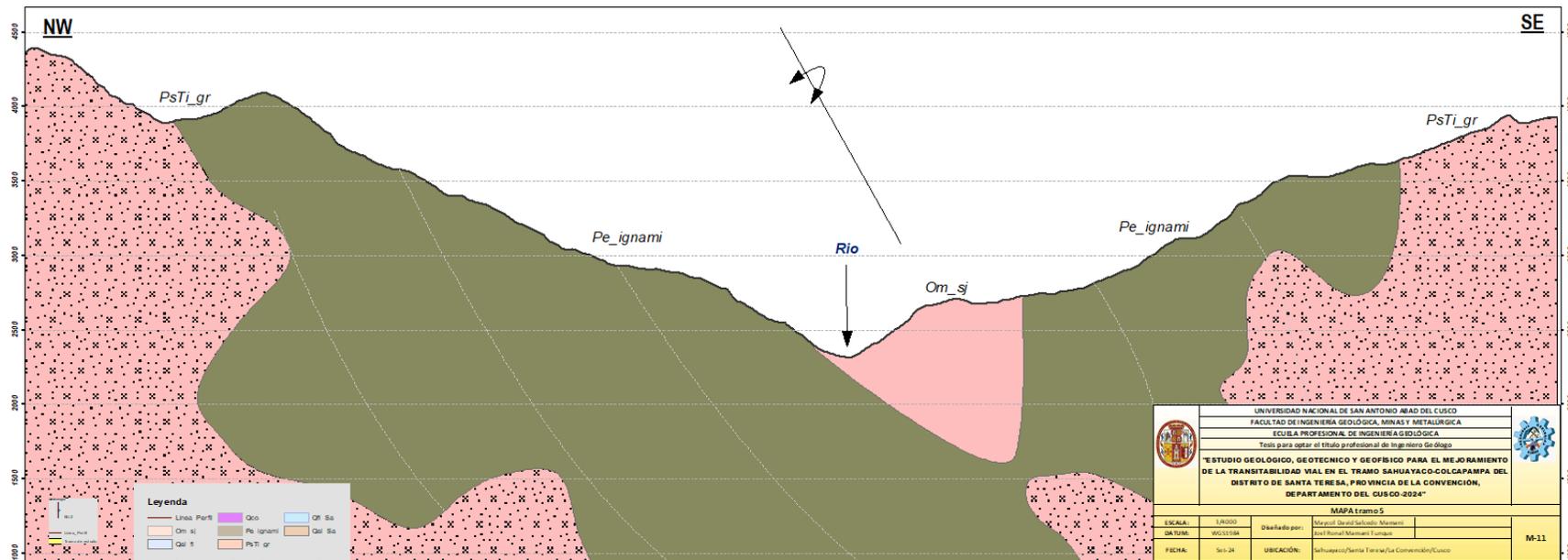
ESCALA: 1:25000
 DATUM: SRTM 24
 HOJA: M-10

Logo of the University of San Antonio de Bo del Curo



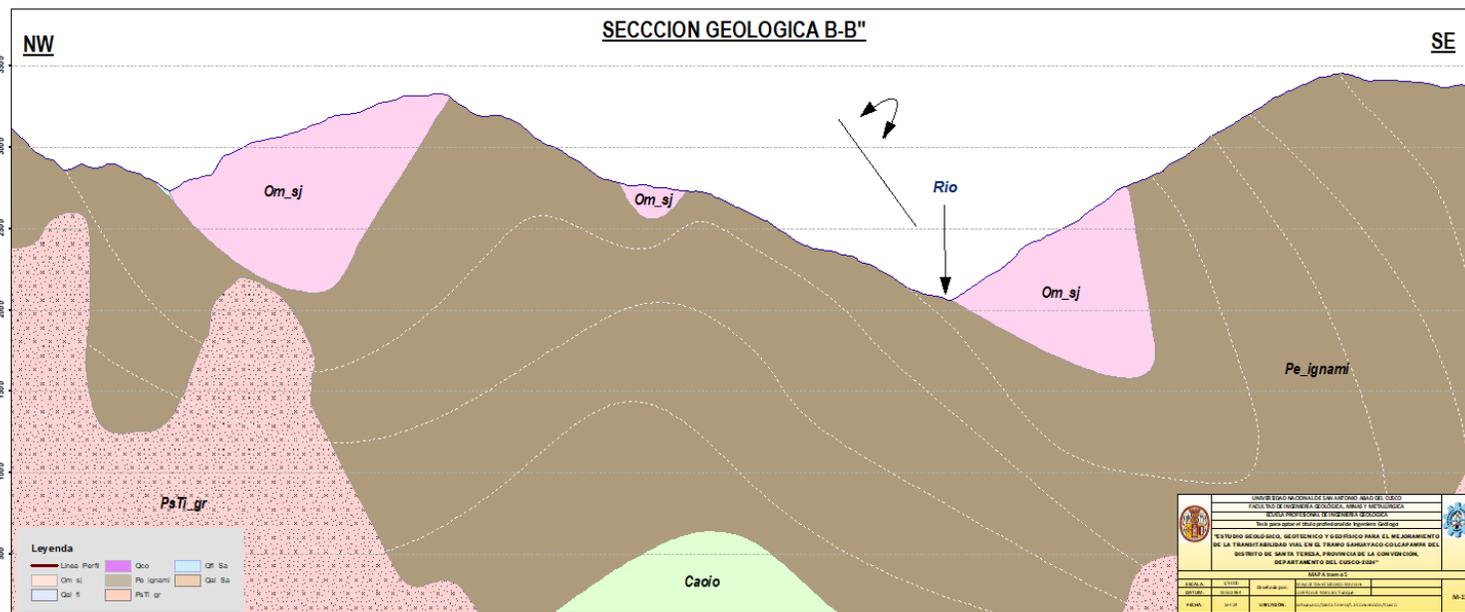
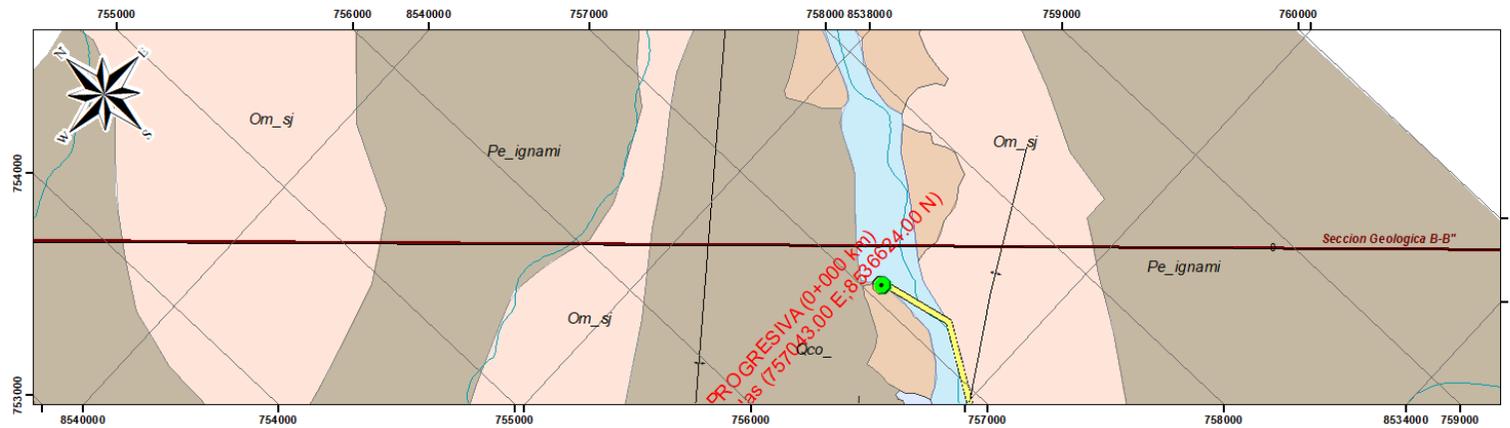
1:40,000

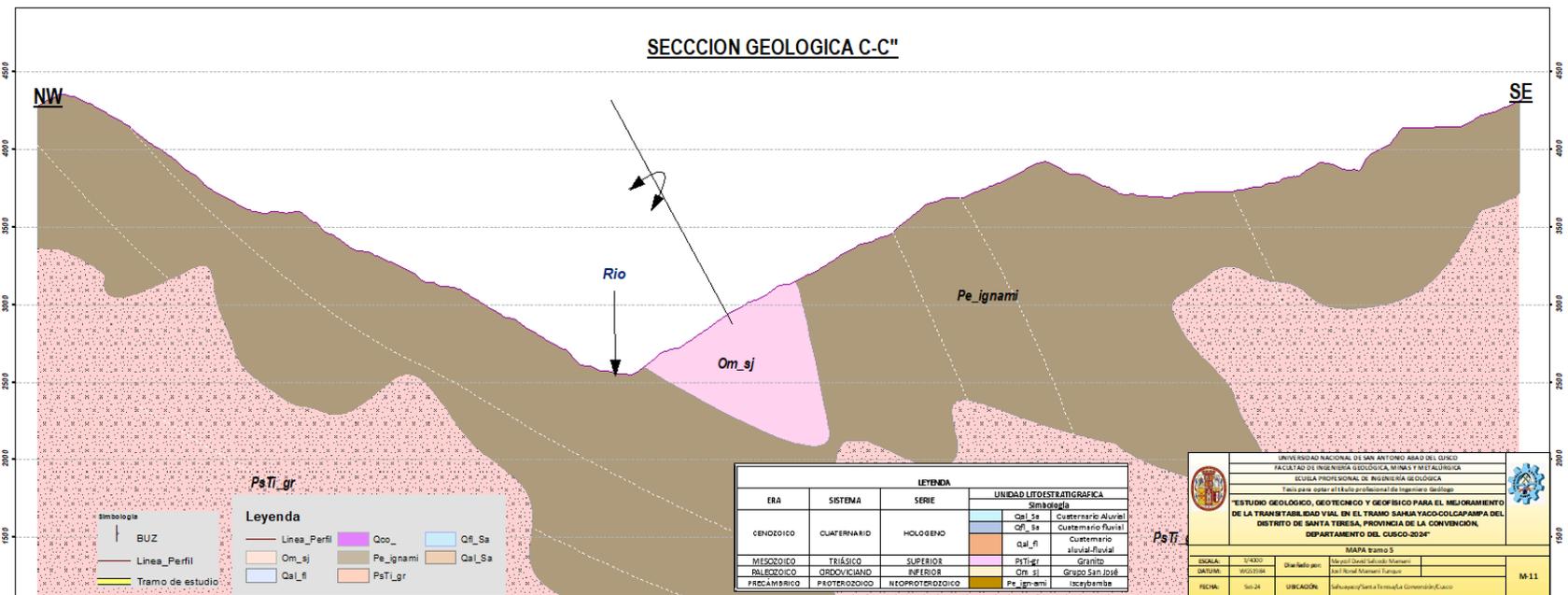
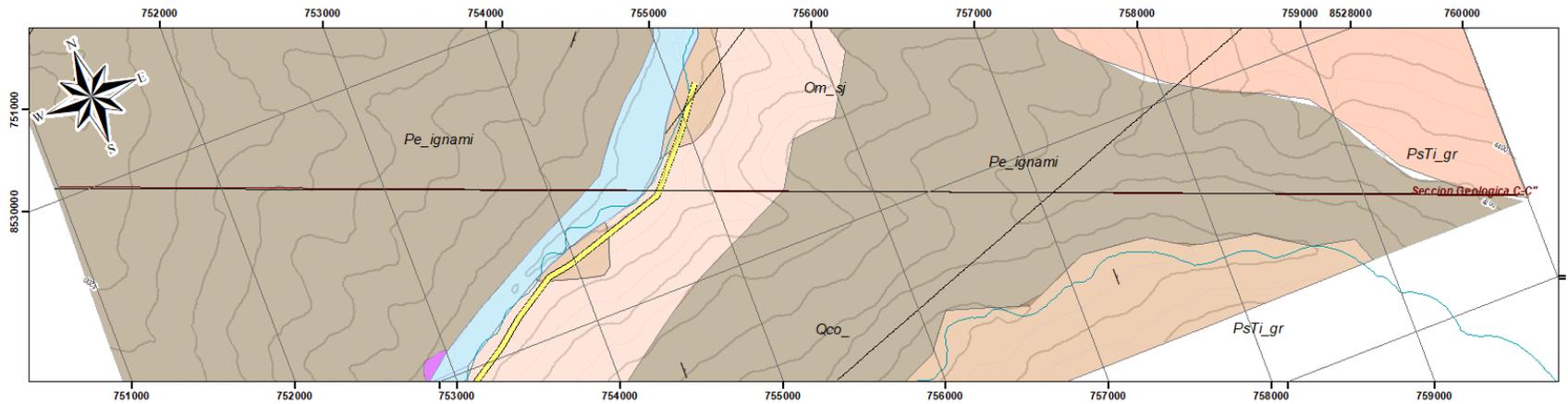
SECCION GEOLOGICA A-A"



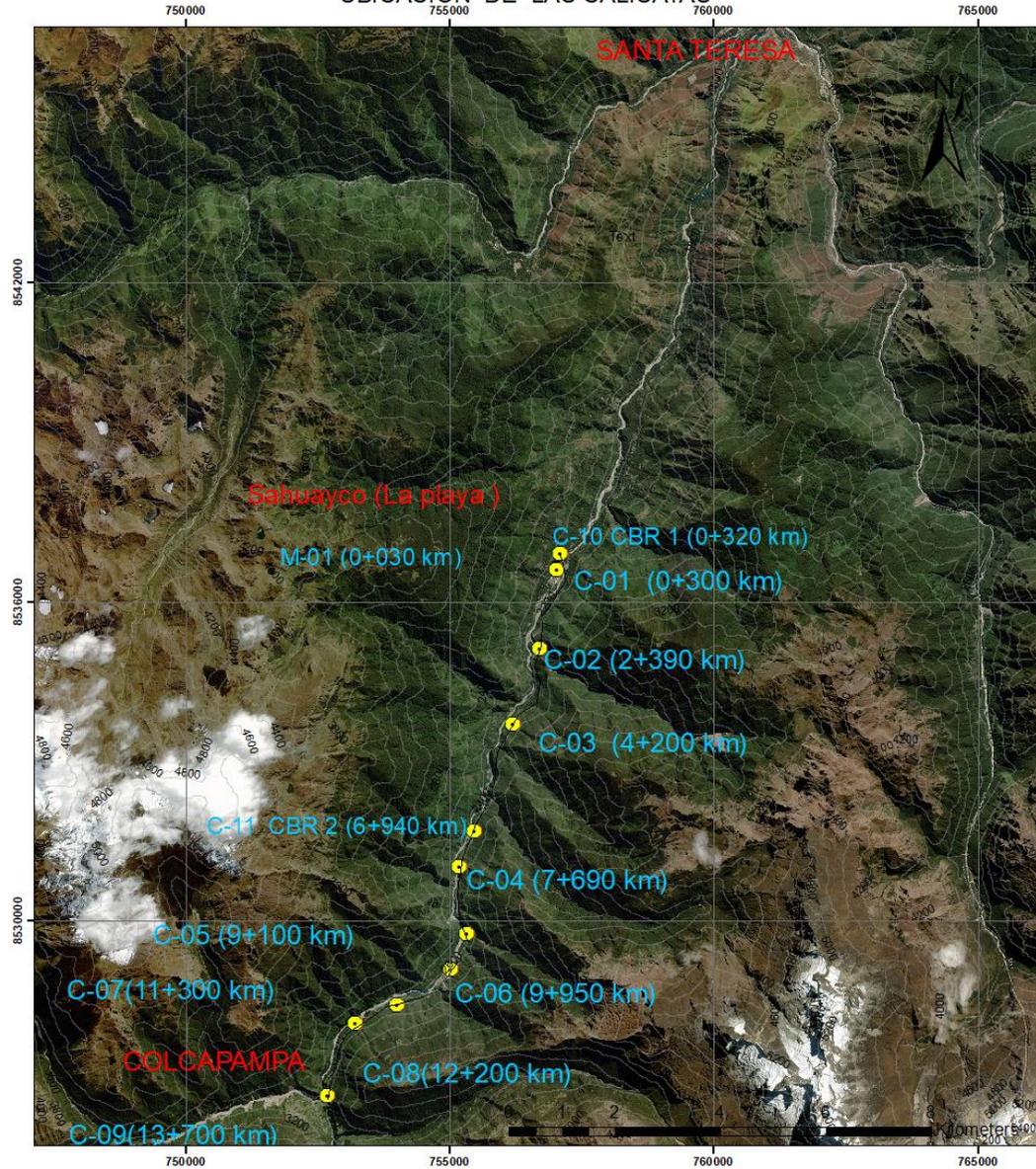
1:25,000

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA Tesis para optar el título profesional de Ingeiero Geólogo		
ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO Y GEOFISICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VIAL EN EL TRAMO SAHUAYACO-COLCAMPAMPA DEL DISTRITO DE SANTA TERESA, PROVINCIA DE LA CONVENCIÓN, DEPARTAMENTO DEL CUSCO-2024*		
MAPA Tramo 5		
ESCALA: 1:40.000 DATUM: WGS 1984 FECHA: Set-24	Diseñado por: José Ronald Mamani Llanque	M-11
UBICACIÓN: Saahuayaco/Santa Teresa/La Comunidad/Cusco		





UBICACION DE LAS CALICATAS

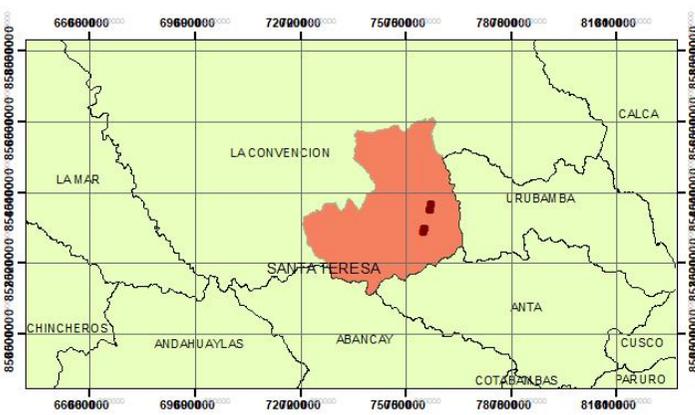
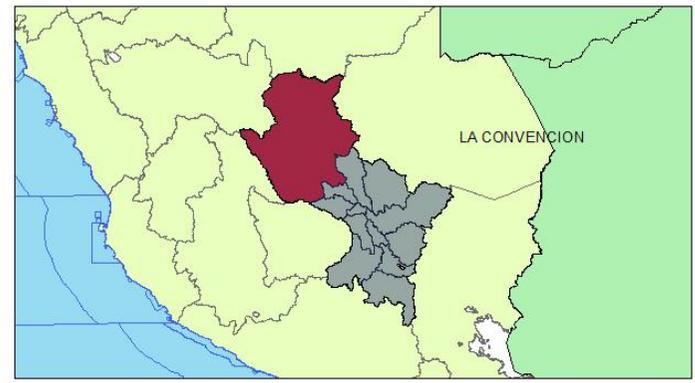
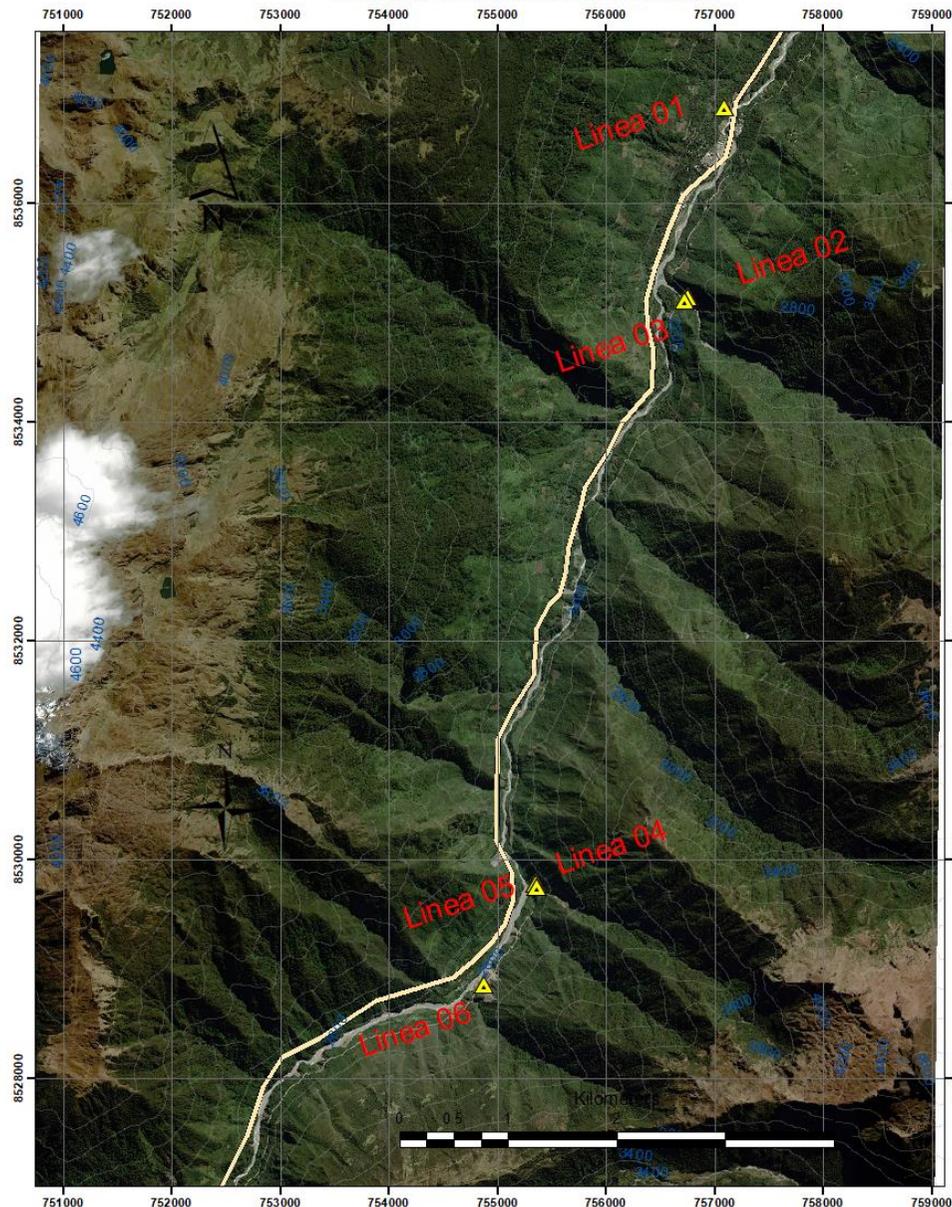


Legenda

- Curvas calicatas
- Tramo de estudio
- Coodenadas_calicatas

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA ECUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Geólogo <small>ESTUDIO GEOLÓGICO, GEOTECNICO Y GEOFISICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VIAL EN EL TRAMO SAHUAYACO-COLCAPAMPA (PROY. 0+000 Km.</small>	
MAPA UBICACIÓN CALICATAS		
ESCALA: 1/80000	Diseñado por: Maycol David Salcedo Mamani	M-06
DATUM: WGS 1984	Joel Ronal Mamani Tunque	
FECHA: Set-24	UBICACIÓN: Sahuayaco/Santa Teresa/La Convención	

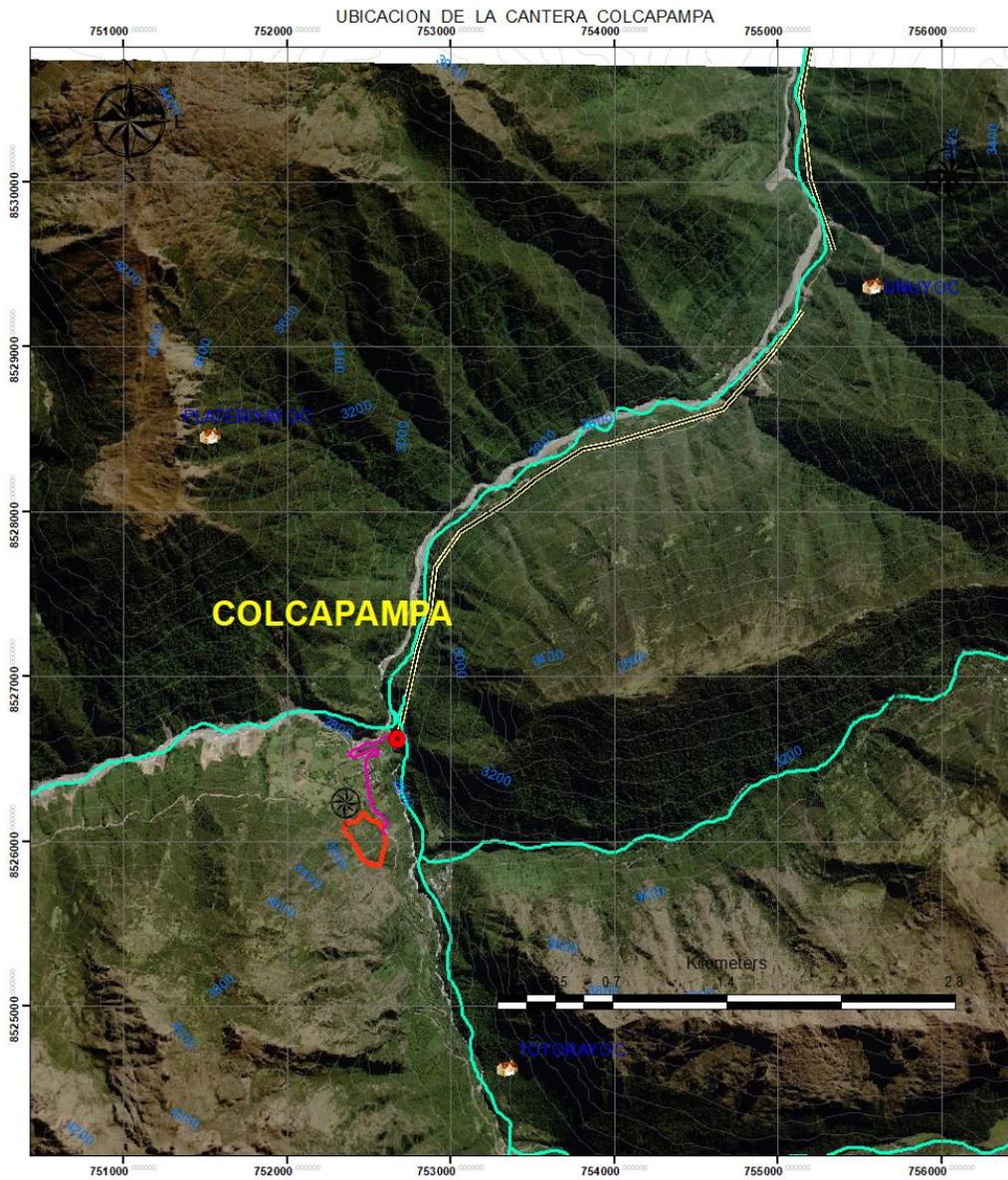
UBICACION DE LAS LINEAS DE REFRACCION



Legenda

-  MASW_LINEA_SISMICA
-  CU 109 1

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA ECUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Geólogo		
	"ESTUDIO GEOLÓGICO, GEOTECNICO Y GEOFISICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VIAL EN EL TRAMO SAHUAYAC OCCOLCA PAMPÁ (PROGR. 0+000 Km - 13+700 Km) DEL DISTRITO DE SANTA TERESA, PROVINCIA DE LA CONVENCION, DEPARTAMENTO DEL CUSCO-2024"		
MAPA UBICACIÓN DE REFRACCION SISMICA			
ESCALA:	1/40000	Diseñado por:	Maycol David Salcedo Mamani
DATUM:	WGS1984		Joel Ronal Mamani Tunque
FECHA:	Set-24	UBICACIÓN:	Sahuayaco/Santa Teresa/La Convención
			M-09



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA ECUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Geólogo		
	<small>"ESTUDIO GEOLÓGICO, GEOTÉCNICO Y GEOFÍSICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VIAL EN EL TRAMO SAHUAYACO-COLCAPAMPA (PROGR. 0-1000 Km - 13-700 Km) DEL DISTRITO DE SANTA TERESA, PROVINCIA DE LA CONVENCION, DEPARTAMENTO DEL CUSCO-2024"</small>		
	MAPA UBICACIÓN DE LA CANTERA		
ESCALA: 1/80000	Diseñado por: Maycol David Salcedo Mamani	M-08	
DATUM: WGS 1984	UBICACIÓN: Sahuayaco/Santa Teresa/La Convención		
FECHA: Set-24			

Mapa tramo 1



Legenda	
—	primarias
—	secundarias
●	calicatas

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA ECUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA		
	Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Geólogo		
	"ESTUDIO GEOLÓGICO, GEOTECNICO Y GEOFÍSICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA TRANSIBILIDAD VIAL EN EL TRAMO SAHUAYACO-COLCAMPAMPA (PROGR. 0+000 Km. - 13+700 Km) DEL DISTRITO DE SANTA TERESA, PROVINCIA DE LA CONVENCIÓN, DEPARTAMENTO DEL CUSCO-2024"		
MAPA TRAMO 1			
ESCALA:	1/8000	Diseñado por:	Maycol David Salcedo Mamani
DATUM:	WGS1984		Joel Ronal Mamani Tunque
FECHA:	Set-24	UBICACIÓN:	Sahuayaco/Santa Teresa/La Convención
			M-10

Mapa segundo tramo

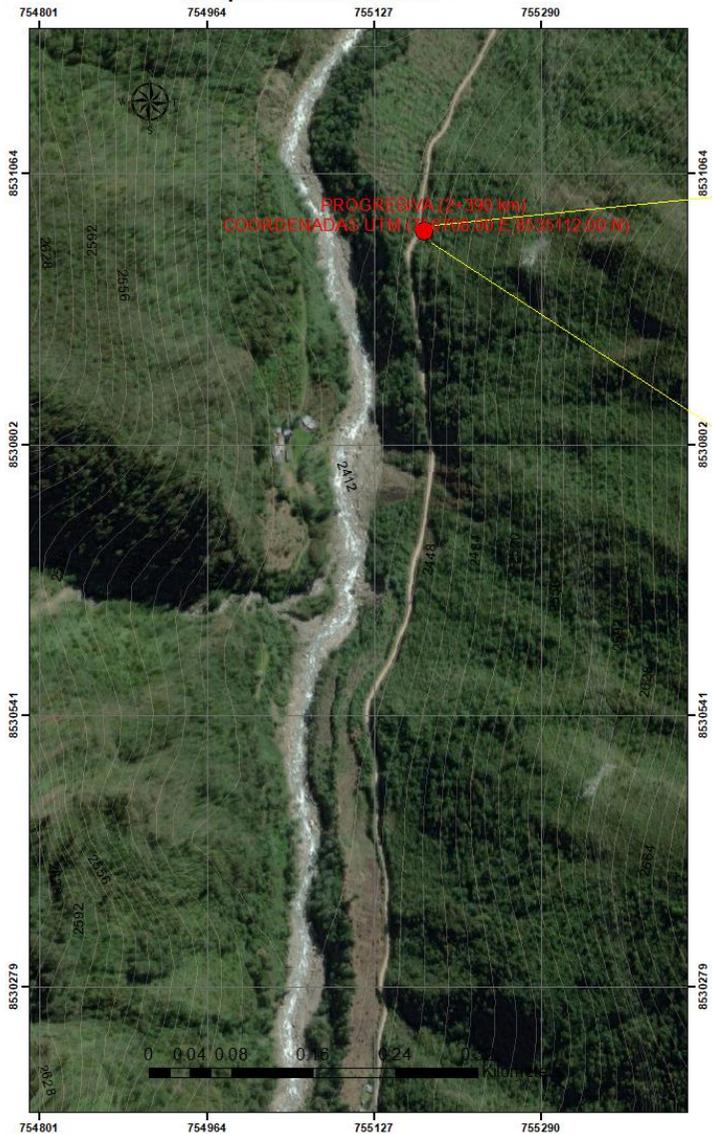


Legenda

- calicatas_Output

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA ECUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA		
	Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Geólogo "ESTUDIO GEOLÓGICO, GEOTÉCNICO Y GEOFÍSICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VIAL EN EL TRAMO SAHUAYACO-COLCAP AMPA (PROGR. 0+000 Km - 13+700 Km) DEL DISTRITO DE SANTA TERESA, PROVINCIA DE LA CONVENCIÓN, DEPARTAMENTO DEL CUSCO-2024"		
MAPA TRAMO 2			
ESCALA:	1/5000	Diseñado por:	Maycol David Salcedo Mamani
DATUM:	WGS1984		Joel Ronal Mamani Tunque
FECHA:	Set-24	UBICACIÓN:	Sahuayaco/Santa Teresa/La Convención
			M-11

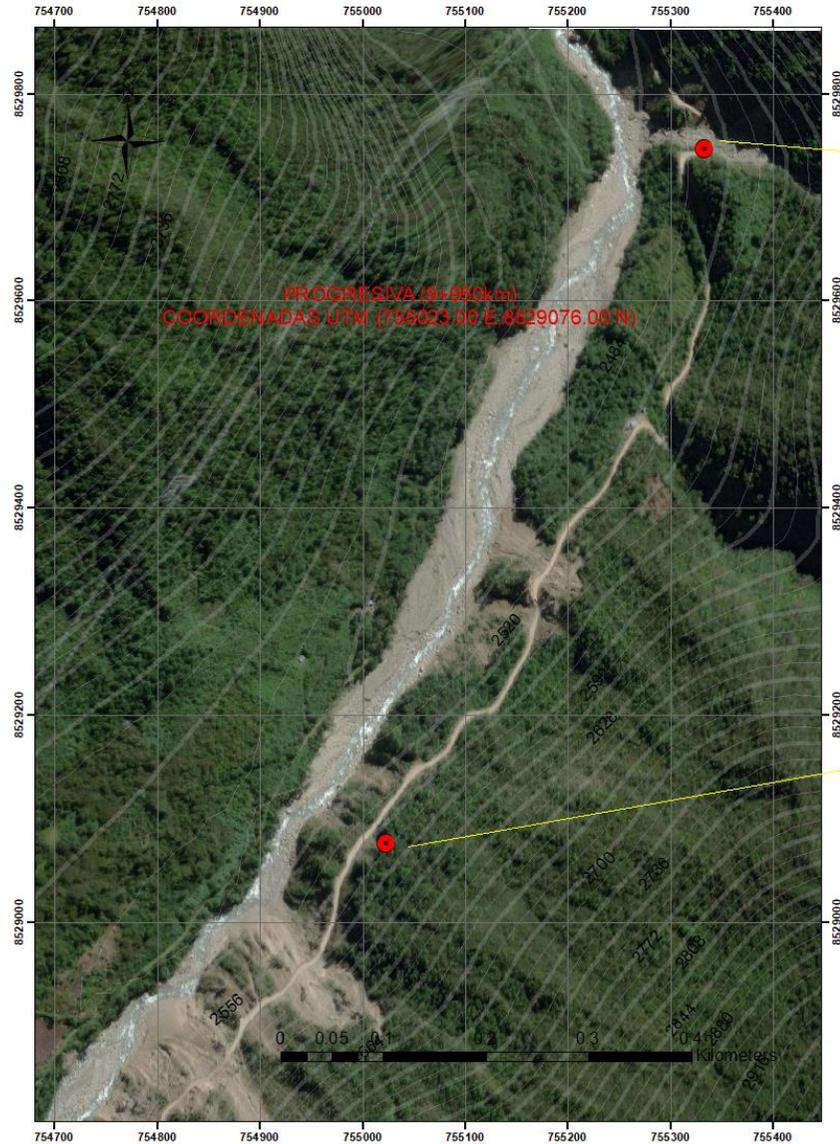
Mapa tercer tramo



Legenda
 calicatas_Output

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA ECUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA		
	Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Geólogo "ESTUDIO GEOLÓGICO, GEOTÉCNICO Y GEOFÍSICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VIAL EN EL TRAMO SAHUAYACO-COLCAPAMPA (PROGR. 0+000 Km - 13+700 Km) DEL DISTRITO DE SANTA TERESA, PROVINCIA DE LA CONVENCIÓN, DEPARTAMENTO DEL CUSCO-2024"		
MAPA TRAMO 3			
ESCALA:	1/4000	Diseñado por:	Maycol David Salcedo Mamani
DATUM:	WGS1984		Joel Ronal Mamani Tunque
FECHA:	Set-24	UBICACIÓN:	Sahuayaco/Santa Teresa/La Convención
			M-12

Mapa cuarto tramo



leyenda

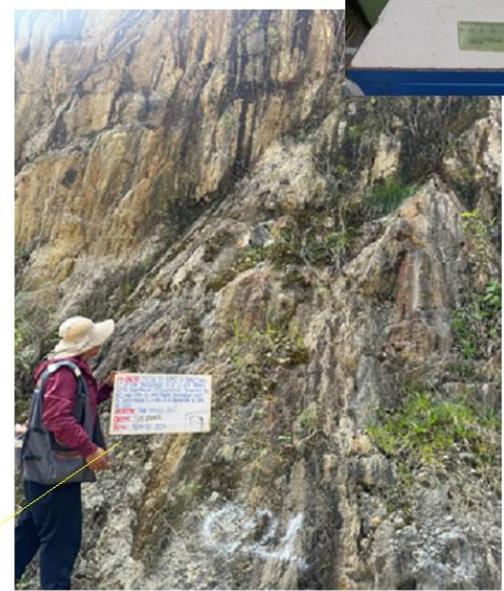
● calcatas_Output

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA ECUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA		
		Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Geólogo <small>"ESTUDIO GEOLÓGICO, GEOTÉCNICO Y GEOFÍSICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VIAL EN EL TRAMO SAHUAYACO-COLCAP AMPA (PROGR. 0+000 Km - 13+700 Km) DEL DISTRITO DE SANTA TERESA, PROVINCIA DE LA CONVENCION, DEPARTAMENTO DEL CUSCO-2024"</small>		
MAPA TRAMO 4				
ESCALA:	1/4000	Diseñado por:	Maycol David Salcedo Mamani	
DATUM:	WGS1984		Joel Ronal Mamani Tunque	
FECHA:	Set-24	UBICACIÓN:	Sahuayaco/Santa Teresa/La Convención	
				M-13

Mapa quinto tramo



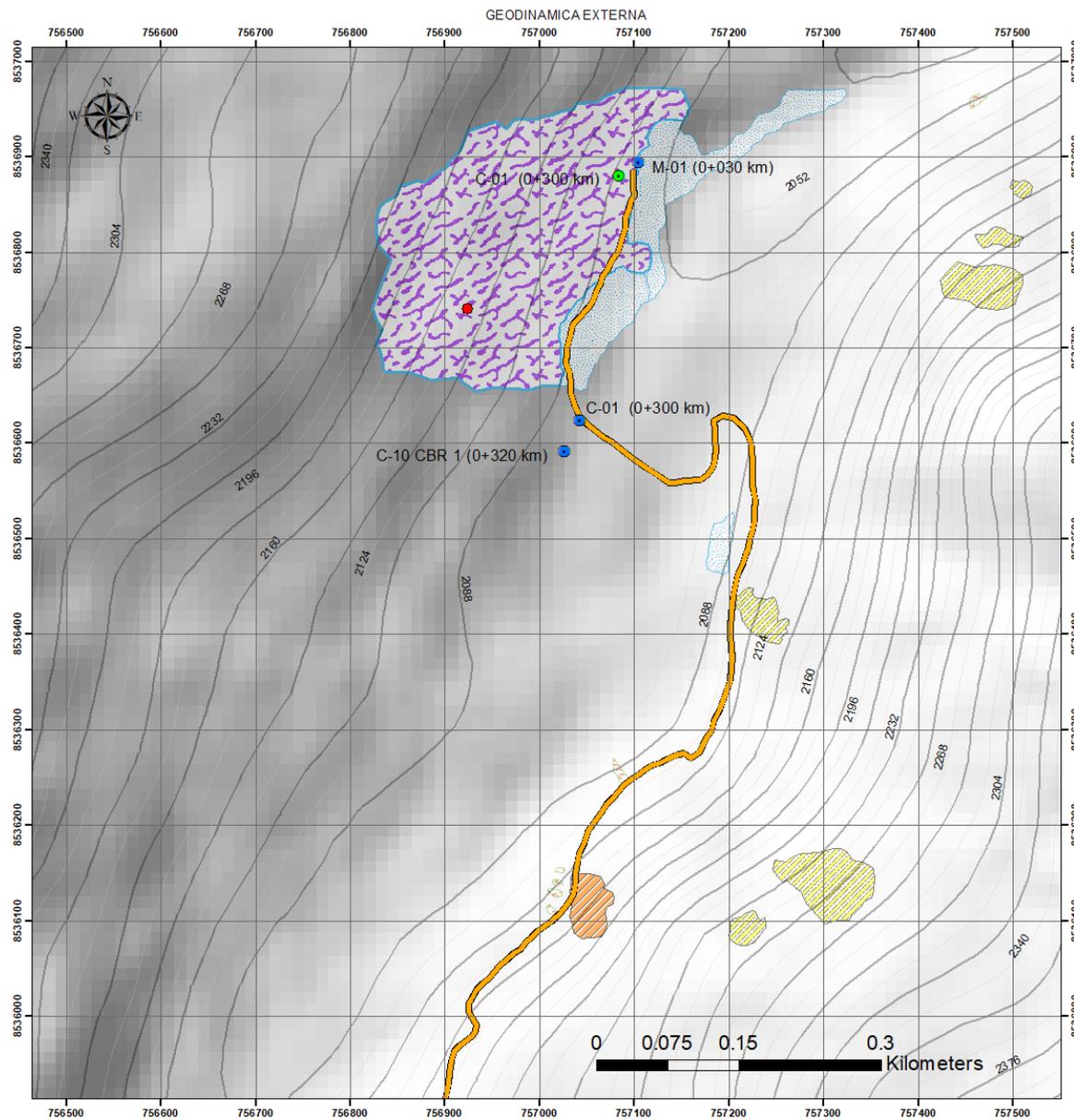
**PROGRESIVA (13+700)
756708.00 E, 8536624.00 N**



simbologia

● calicatas_Output

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO		
		FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA		
		ECUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA		
		Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Geólogo		
		"ESTUDIO GEOLÓGICO, GEOTECNICO Y GEOFÍSICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VIAL EN EL TRAMO SAHUAYACO-COLCAPAMPA (PROGR. 0+000 Km - 13+700 Km) DEL DISTRITO DE SANTA TERESA, PROVINCIA DE LA CONVENCION, DEPARTAMENTO DEL CUSCO-2024"		
MAPA TRAMO 5				
ESCALA:	1/4000	Diseñado por:	Maycol David Salcedo Mamani	
DATUM:	WGS 1984		Joel Ronal Mamani Tunque	
FECHA:	Set-24	UBICACIÓN:	Sahuayaco/Santa Teresa/La Convención	
				M-14

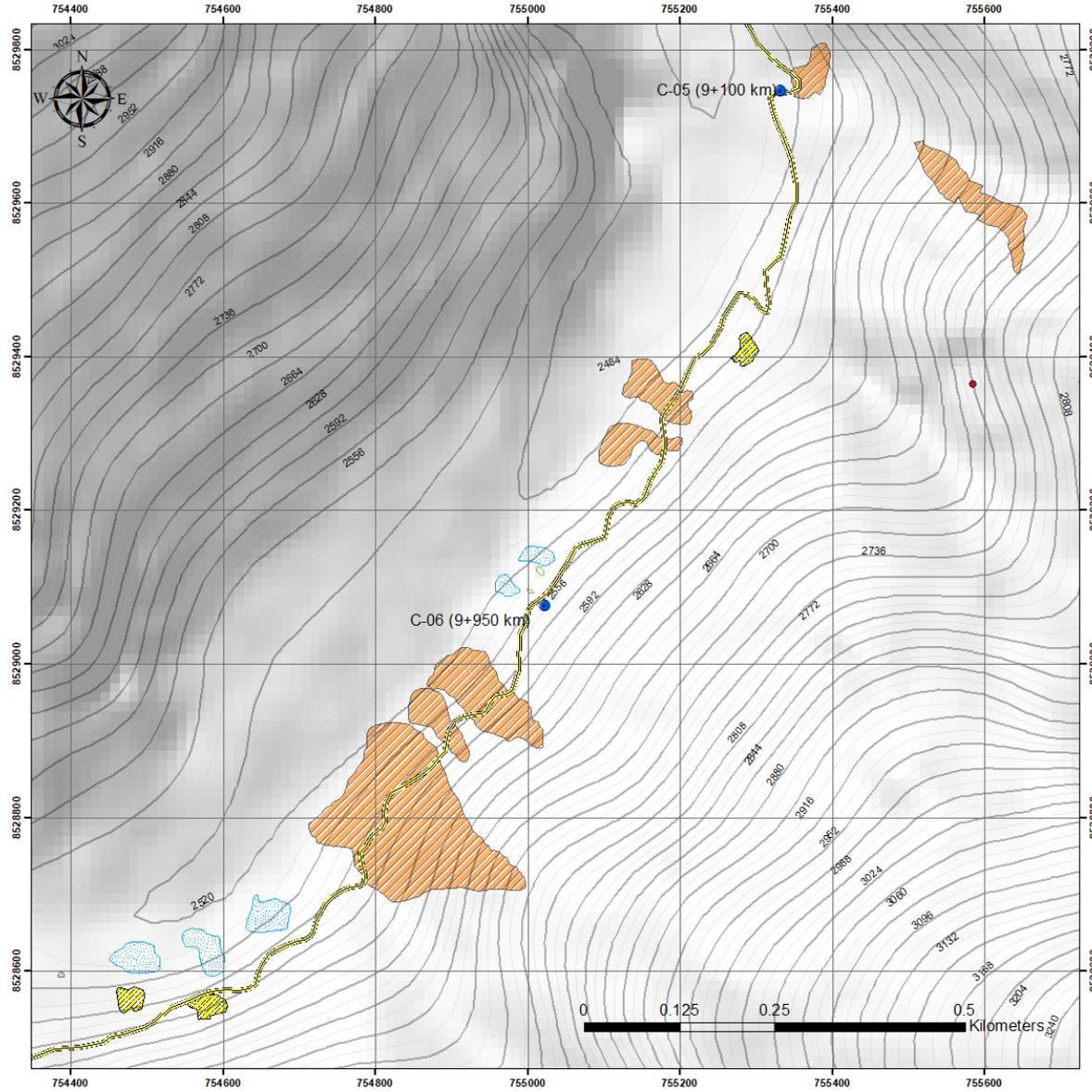


Legend

	Coodenadas_calificadas		Erosion intensa de suelos
	Extremos_Tramo_estudio		Erosion de ladera
	tramo_de_estudio_sahuayo		Deslizamiento antiguo
	Carcavas		deslizamiento activo

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO		
	FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA		
	ECUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA		
Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Geólogo			
<small>*ESTUDIO GEOLÓGICO, GEOTECNICO Y GEOFISICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VIAL EN EL TRAMO SAHUAYACO-COLCAP ANPA, P.ROGR. 04000K.m - 1347.00 Km DEL DISTRITO DE SANTA TERESA, P. PROVINCIA DE LA CONVENCION, DEPARTAMENTO DEL CUSCO-2024*</small>			
MAPA GEODINAMICA EXTERNA 1			
ESCALA:	1/4000	Diseñado por:	Maycol David Salcedo Mamani
DATUM:	WGS1984		Joe l Ronal Mamani Tunque
FECHA:	Set-24	UBICACIÓN:	Sahuayaco/Santa Teresa/La Convención

GEODINAMICA EXTERNA



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA		
	Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Geólogo "ESTUDIO GEOLÓGICO, GEOTECNICO Y GEOFÍSICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VIAL EN EL TRAMO SAHUAYACO-COLCAPAMPÁ (PROGR. 04000 Km. - 13+700 Km.) DEL DISTRITO DE SANTA TERESA, PROVINCIA DE LA CONVENCION, DEPARTAMENTO DEL CUSCO-2024"		
MAPA GEODINAMICA EXTERNA 2			
ESCALA:	1/5000	Diseñado por:	Maycol David Salcedo Mamani
DATUM:	WGS1984		Joel Ronal Mamani Tunque
FECHA:	Set-24	UBICACIÓN:	Sahuayaco/Santa Teresa/La Convención
			M-16