

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLÓGICA, MINAS Y METALURGIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



“ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTECNICO PARA LA FACTIBILIDAD DEL
ASFALTADO DE LA CARRETERA SAN SALVADOR - OCCORURO –
PROGRESIVAS 0+000 AL 18+440 DISTRITO DE CALCA- DEPARTAMENTO
DEL CUSCO”

TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO GEÓLOGO

Tesis presentada por:

CURSE CACERES, Yuri

HUAMAN PILLCO, Itamar Rodrigo

Asesor: Ing. Víctor Vidal Garate Góngora

CUSCO 2019

RESUMEN

La presente tesis tiene por objetivo hacer un estudio geológico-geotécnico y determinar las características favorables y desfavorables en la carretera San Salvador - Occoruro, para dar la factibilidad para su asfaltado.

La carretera San Salvador-Occoruro es una vía afirmada que sufre problemas de erosión pluvial, fluvial, así como de fenómenos de caída de bloques de roca y suelos, todos estos fenómenos ocurren durante épocas de lluvia

Geomorfológicamente esta se encuentra en montañas altas de sierra sur de Perú que presentan pendientes fuertemente empinadas cuyas altitudes van desde 3000 msnm. Hasta los 4900msnm. Con climas muy variados con sequias prolongados y lluvias torrenciales en los meses de Enero a Marzo en las cuales la carretera se desplaza.

Geología, está conformada por depósitos cuaternarios del tipo Coluviales (6650 m), coluvio-aluviales (1820m;-40m) y Fluvio Glaciares (8045.5 m), y estos de acuerdo a los ensayos de laboratorio presentan buena a regular calidad de suelo como base de fundación con cargas admisibles que van de 1.32 kg/cm² hasta 2.23 kg/cm² se tiene rocas sedimentaria las calizas del Grupo Copacabana (656.5 m) y las Areniscas del grupo Mitu (1161.9 m),

Estructural la carretera se encuentra dentro del flanco derecho del anticlinal del Vilcanota Existe un sistema de fallas que se encuentra aledaña a la carretera, el cual es llamada "Sistema de fallas Zurite – Cusco –Urcos –Sicuani" (SFZCUS) de dirección SE ó N 140°, También tenemos la falla Chuecamayo, es catalogada como una falla del tipo sinistral con un post movimiento inverso, perpendicular al sistema de fallas SFZCUS, esta falla dio origen a la quebrada donde se encuentra la cuenca del rio Chuecamayo, también tocamos el tema de la Neotectonica siendo estos los procesos de esfuerzos – deformación activos actualmente.

Geodinámica interna de la carretera este se encuentra entre la zona VIII y IX del mapa de distribuciones de máximas intensidades sísmicas observadas por el

CISMID y dentro del mapa de distribuciones de aceleraciones sísmicas a nivel nacional determinamos para la zona de estudio una aceleración sísmica de 0.24-0.26g correspondiente a un periodo de exposición de 50 años y una probabilidad de excedencia del 10 %, además de estimar un riesgo sísmico con una intensidad de VII (Muy fuerte)

Geodinámica externa tenemos fenómenos como deslizamientos, caída de bloques de roca, suelos y erosiones por flujo, estos fenómenos son causantes del deterioro de la carretera.

Hidrológico, la zona de estudio presentara drenes del tipo dentritico, cuyas aguas provienen de pequeños lagos generados por al desglaciación de algunos nevados en el sector; Las máximas temperaturas llegan a los 18 °C; como temperatura mínima registrada llegan hasta los 0 °C y una temperatura media mensual de 12 °C; para nuestro estudio de tesis se delimitaron dos cuencas (cuenca 01 y cuenca 02) ambas que influyen de forma directa a la carretera.

Para nuestra cuenca 01: Tiempo de Concentración $T_c = 0.231$ Hrs $T_c = 13.889$ min y nuestra cuenca 2 $T_c = 0.766$ Hrs $T_c = 45.967$ min (Según Kirpich.) precipitación media Cuenca 01= 581.89 mm Cuenca 02= 560.65 mm

Geotecnia, se realizaron 6 calicatas de cantera en diferentes tramos, 39 calicatas en toda la vía de hasta 1.5m de profundidad, de las cuales se clasificaron los materiales en función a SUCS y AASHTO, para ver el estado de toda la vía a cada 500m, y Se realizaron ventanas estructurales en cuatro sectores: km 0+365; 0+453; 0+550; 6+800 de la carretera tanto en calizas de grupo Copacabana como Areniscas del Grupo Mitu; de estas cuatro ventanas se clasificaron a los macizos rocosos según Bienawski como **Clase III y de calidad Media**, y nos dieron los siguientes GSI: 50; 52; 51; 50 respectivamente valores que se insertaron en el software SLIDE6.1 obteniendo los siguientes factores de seguridad: km 0+453 FS= 1.974; Km 0+550 FS=1.409 y Km 6+800 FS= 1.001; todos esto en escenarios Pseudoestaticos con

aceleraciones horizontales de 0.25 g. siendo estos resultados bajos a medios para la factibilidad del asfaltado de la carretera san salvador occururo

Las sugerencias propuestas: la obras se tiene que ejecutar con mucho cuidado teniendo en cuenta los cálculos obtenidos y las mapas realizados, diseñar de acuerdo a los resultados y sugerencia obtenidas en este trabajo de tesis; desquinche de rocas colgadas y rocas que están susceptibles; drenes, cunetas, puentes y badenes con diseños adecuadas a la climatología de la zona, así también los taludes de las zonas críticas, realizar obras de protección y control de ello.

INDICE

RESUMEN	II
<i>CAPITULO I. INTRODUCCION</i>	- 1 -
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	- 4 -
1.1.1. DESCRIPCION DEL PROBLEMA	- 4 -
1.1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA	- 4 -
1.1.2.1. Problema General	- 4 -
1.1.2.2. Problemas específicos	- 5 -
1.1.3. OBJETIVOS	- 5 -
1.1.3.1. Objetivo General	- 5 -
1.1.3.2. Objetivos Específicos	- 5 -
1.1.4. JUSTIFICACION	- 6 -
1.2. MARCO TEORICO	- 7 -
1.2.1. ANTECEDENTES	- 7 -
1.2.2. MARCO TEORICO O BASES TEORICAS	- 10 -
1.2.2.1. La Ingeniería geológica	- 10 -
1.2.2.2. La Ingeniería Geotecnica	- 10 -
1.2.2.3. Estudio geotécnico.	- 11 -
1.2.2.4. Caminos de bajo volumen de transito.	- 12 -
1.2.2.5. Indicadores Cinemáticos.	- 12 -
1.3. MARCO CONCEPTUAL	- 13 -
1.4. HIPOTESIS Y VARIABLES	- 15 -
1.4.1. Hipótesis General	- 15 -
1.4.2. Hipótesis específicas	- 15 -
1.4.3. VARIABLES	- 15 -
1.5. METODOLOGIA	- 16 -
1.5.1. Tipo de investigación	- 16 -
1.5.2. Diseño de la Investigación	- 16 -
1.5.3. Unidad de Análisis	- 16 -
1.5.4. Población de Estudio	- 16 -
1.5.5. Selección de Muestra	- 16 -
1.5.6. Tamaño de la Muestra	- 16 -
<i>CAPITULO II. GEOMORFOLOGIA</i>	- 17 -
2.1. GEOMORFOLOGIA REGIONAL	- 17 -
2.1.1. Cordillera Oriental	- 17 -

2.1.2-	Valle del Vilcanota – Urubamba	- 17 -
2.1.3.	Altas Cumbres	- 18 -
2.2.	GEOMORFOLOGIA LOCAL	- 19 -
2.2.1.	Montañas en Rocas Sedimentarias RM	- 19 -
2.2.2.	Montaña en roca Vulcanosedimentaria	- 19 -
2.2.3.	Abanico aluvial.	- 19 -
2.2.4.	Laderas	- 19 -
2.2.5.	Quebradas.	- 20 -
2.2.6.	Valles	- 20 -
<i>CAPITULO III. GEOLOGÍA.</i>		- 21 -
3.1.	GRUPO COPACABANA: PÉRMICO INFERIOR (PI-C)	- 21 -
3.2.	GRUPO MITU: PERMICO SUPERIOR- TRIASICO INFERIRO (PSTI-M)	- 22 -
3.2.1.	Formación Pisac	- 22 -
3.2.2.	Formación Pachatusan	- 23 -
3.2.3.	Formación Huancané Neocomiiano (Ki-hn)	- 23 -
3.3.	GRUPO YUNCAYPATA: ALBIANO - MAESTRICHTIANO	- 24 -
3.3.1.	Formación Paucarbamba: Cretáceo inferior (Ki-pa)	- 24 -
3.3.2.	Formación Maras: Albiano medio (Ki – ma)	- 25 -
3.4.	DEPÓSITOS CUATERNARIOS	- 26 -
<i>CAPITULO IV TECTÓNICA.</i>		- 28 -
4.1.	ANTICLINAL DELVILCANOTA	- 28 -
4.2.	FALLAS GEOLOGIAS.	- 29 -
4.2.3.	Falla Cuyo Chico.	- 30 -
4.2.4.	Falla Chahuaytire.	- 31 -
4.2.5.	Falla Pachatusan.	- 32 -
4.2.6.	FALLAS LOCALES E INDICADORES CINEMÁTICOS:	- 32 -
4.2.6.1.	ESTRÍAS.	- 32 -
4.3.	DIACLASAS:	- 38 -
<i>CAPITULO V GEODINAMICA</i>		- 48 -
5.1.	GEODINAMICA INTERNA	- 48 -
5.1.1.	Zona sísmica.	- 50 -
5.1.2.	Factor de Zona.	- 51 -

5.1.3.	Perfiles de Suelo _____	- 52 -
5.1.4.	Parámetros de Sitio (S, T _P y T _L) _____	- 52 -
5.1.5.	Factor de Amplificación Sísmica _____	- 53 -
5.1.6.	Evaluación de peligros por geodinámica Interna _____	- 53 -
5.2.	GEODINAMICA EXTERNA: _____	- 58 -
5.2.1.	MOVIMIENTOS EN MASA: _____	- 58 -
5.2.2.	EROSION FLUVIAL _____	- 62 -
5.2.3.	EROSION EN SURCOS: _____	- 62 -
5.2.4.	EROSION DE PLATAFORMA _____	- 63 -
<i>CAPITULO VI. HIDROLOGÍA</i> _____		- 65 -
6.1.	GENERALIDADES _____	- 65 -
6.2.	INFORMACIÓN METEOROLÓGICA _____	- 65 -
6.3.	HIDROGRAFÍA _____	- 70 -
6.4.	CARACTERISTICAS DE LA CUENCAS _____	- 70 -
6.4.1.	Área de la cuenca _____	- 70 -
6.4.2.	FACTOR DE RELIEVE _____	- 73 -
6.4.3.	PARÁMETROS DE FORMA _____	- 76 -
6.4.4.	PERFIL LONGITUDINAL DEL RIO _____	- 78 -
6.4.5.	PARAMETROS RELACIONADOS CON LA RED HIDROGRAFICA _____	- 80 -
6.4.6.	PENDIENTES DE LA CUENCA _____	- 81 -
6.5.	COMPLETACION DE DATOS: _____	- 83 -
6.5.1.	Estación KAYRA _____	- 84 -
6.5.2.	Estación CAYCAY _____	- 86 -
6.5.3.	Estación Pisac _____	- 89 -
6.5.4.	Estación Colquepata _____	- 92 -
6.6.	REGIONALIZACIÓN DE LOS DATOS _____	- 94 -
6.6.1.	Correlación de Datos. _____	- 96 -
6.7.	BALANCE HIDRICO. _____	- 97 -
<i>CAPITULO VII. GEOTECNIA</i> _____		- 99 -
GENERALIDADES _____		- 99 -
7.1.	ESTUDIO DE SUELOS _____	- 99 -
7.1.1.	EXPLORACION DE CAMPO _____	- 99 -

7.2. ENSAYOS EN LABORATORIO	- 100 -
7.2.1. CLASIFICACION DE SUELOS	- 107 -
7.2.2. RESUMEN DE CLASIFICACION DE SUELOS Y DE LOS ENSAYOS EN LABORATORIO	- 109 -
7.2.3. DETERMINACION DEL RMR DE BIENAWSKY	- 111 -
7.3. USO DE DISCONTINUIDADES.	- 119 -
7.3.1. RESUMEN DE RESULTADOS PARA HALLAR EL RMR DE BIENIAWSKI.	- 119 -
7.4. DETERMINACIÓN DEL GSI (GEOLOGICAL STRENGTH INDEX)	- 124 -
7.4.1. EVALUACION DE TALUDES	- 125 -
7.4.1.1. Método de Equilibrio Límite.	- 127 -
7.4.1.2. APLICACIÓN DEL SOFTWARE SLIDE6.1 PARA LA ESTABILIDAD DE TALUDES	- 128 -
7.5. RESULTADOS DEL FACTOR DE SEGURIDAD DE LOS TALUDES CRITICOS.	- 131 -
7.6. ESTUDIO DE CANTERAS	- 135 -
<input type="checkbox"/> CONCLUSIONES:	- 141 -
<input type="checkbox"/> ANEXOS	- 148 -
Declaración de impacto ambiental.	- 148 -
PLANOS	

LISTA DE TABLAS

TABLA N° 1: FACTORES DE ZONA COMUNES (FUENTE NORMA E.30)	- 51 -
TABLA N° 2: RESUMEN DE VALORES TÍPICOS PARA LOS DISTINTOS PERFILES DE SUELO (FUENTE: NORMA E.030)	- 52 -
TABLA N° 3: PARÁMETROS DE SITIO (FUENTE: NORMA E.030)	- 52 -
TABLA N° 4: PARÁMETROS DE SITIOS (FUENTE: NORMA E.030)	- 52 -
TABLA N° 5: CLASIFICACIÓN DE LOS PENDIENTES (FUENTE: IGA2016)	- 83 -
TABLA N° 6: TAMICES UTILIZADOS PARA ENSAYO DE LABORATORIO. (FUENTE: NTP 339.128)	- 100 -
TABLA N° 7 : TIPO DE MATERIAL POR EL TAMAÑO DE PARTÍCULAS SEGÚN NTP339.128	- 101 -
TABLA N° 8 : ÍNDICE DE PLASTICIDAD (BRAJA M DAS, 1998)	- 102 -
TABLA N° 9 CLASIFICACIÓN DE SUELOS MÉTODO AASHTO MATERIAL GRANULAR (BRAJA M DAS, 1998)	- 108 -
TABLA N° 10: CLASIFICACIÓN DE SUELOS MÉTODO AASHTO MATERIAL LIMO ARCILLOSO (BRAJA M DAS, 1998)	- 108 -
TABLA N° 11: PARÁMETRO DE RESISTENCIA DE LA ROCA	- 113 -
TABLA N° 12: CLASIFICACIÓN DE ÍNDICE DE CALIDAD DE ROCA (FUENTE: DEERE 1967)	- 114 -
TABLA N° 13: PARÁMETRO DEL ESPACIAMIENTO DE LAS DISCONTINUIDADES (FUENTE: DEER, 1967)	- 115 -
TABLA N° 14: CLASIFICACIÓN SEGÚN LA CONTINUIDAD DE LAS DISCONTINUIDADES (FUENTE: DEER, 1967)	- 115 -
TABLA N° 15: CLASIFICACIÓN SEGÚN LA ABERTURA DE LAS DISCONTINUIDADES (FUENTE: DEER, 1967)	- 116 -
TABLA N° 16: CLASIFICACIÓN SEGÚN LA RUGOSIDAD DE LAS DISCONTINUIDADES (FUENTE: DEER, 1967)	- 116 -
TABLA N° 17: CLASIFICACIÓN SEGÚN RELLENO DE LAS DISCONTINUIDADES (FUENTE: DEER, 1967)	- 117 -
TABLA N° 18: CLASIFICACIÓN SEGUN LA METEORIZACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES (FUENTE: DEER, 1967)	- 117 -
TABLA N° 19 : RANGO RMR SEGÚN EL PARÁMETRO DE PRESENCIA DE AGUA (FUENTE: DEER, 1967)	- 118 -
TABLA N° 20: CONDICIÓN DE DISCONTINUIDADES (FUENTE, DEER 1967)	- 118 -
TABLA N° 21: CLASIFICACIÓN PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS BUZAMIENTOS CON RESPECTO AL EJE DE LA OBRA	- 118 -
TABLA N° 22: RANGO RMR PARA OBRAS DE TIPO TALUDES (FUENTE BIENAWSKY, 1989)	- 119 -
TABLA N° 23: CALIDAD DE MACIZO ROCOSO CON RELACIÓN AL ÍNDICE DE RMR. (FUENTE BIENAWSKY, 1989)	- 119 -
TABLA N° 24: RANGO DE VALORES DE FACTOR DE SEGURIDAD	- 126 -

LISTA DE CUADROS

CUADRO N° 1: UBICACIÓN DEL ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO DE LA VÍA (FUENTE: PROPIA).....	- 3 -
CUADRO N° 2: CUADRO DE DATOS KM 0+210	- 33 -
CUADRO N° 3: DATO DE FALLAS KM 0 + 420	- 35 -
CUADRO N° 4: RESULTADOS DE LOS EJES DE ESFUERZOS PRINCIPALES Y SECUNDARIOS KM 0 + 420	- 36 -
CUADRO N° 5: DATO DE FALLAS KM 0 + 630	- 36 -
CUADRO N° 6: RESULTADOS DE LOS EJES DE ESFUERZOS PRINCIPALES Y SECUNDARIOS KM 0+ 630	- 37 -
CUADRO N° 7: DIPH / DIPH DIR DE LAS DIACLASAS DE LA VENTANA KM 0+365	- 40 -
CUADRO N° 8: DIPH / DIPH DIR DE LAS DISCONTINUIDADES DE LA VENTANA KM 0+453.....	- 42 -
CUADRO N° 9: DIPH / DIPH DIR DE LAS DISCONTINUIDADES DE LA VENTANA KM0+550.....	- 45 -
CUADRO N° 10: DIPH / DIPH DIR DE LAS DISCONTINUIDADES DE LA VENTANA KM 6+800	- 46 -
CUADRO N° 11: DISTANCIA DE LAS FALLAS ACTIVAS A LA ZONA DE ESTUDIO	- 57 -
CUADRO N° 12: INTENSIDAD EN LA ESCALA DE MERCALLI (FUENTE: USGS 1989).....	- 58 -
CUADRO N° 13: ESTACIÓN METEOROLÓGICAS DE PRECIPITACIONES KAYRA. (FUENTE ANA)	- 66 -
CUADRO N° 14: ESTACIÓN METEOROLÓGICAS DE PRECIPITACIONES MENSUALES CAYCAY. (FUENTE: ANA)	- 67 -
CUADRO N° 15: ESTACIÓN METEOROLÓGICAS DE PRECIPITACIONES MENSUALES PISAC. (FUENTE: ANA) .. 68 -	- 68 -
CUADRO N° 16: ESTACIÓN METEOROLÓGICAS DE PRECIPITACIONES MENSUALES COLQUEPATA (FUENTE ANA).....	- 69 -
CUADRO N° 17: ÁREA DE LA CUENCA N° 01	- 71 -
CUADRO N° 18: ÁREA DE LA CUENCA N°0 2	- 72 -
CUADRO N° 19: ALTITUD MEDIA PONDERADA (H) CUENCA-01= 3640.78 MSNM	- 74 -
CUADRO N° 20: ALTITUD MEDIA PONDERADA (H) CUENCA-02= 4151.21 MSNM	- 74 -
CUADRO N° 21: ALTITUD MÁS FRECUENTE EN LA CUENCA-01.....	- 75 -
CUADRO N° 22: ALTITUD MÁS FRECUENTE EN LA CUENCA-02	- 76 -
CUADRO N° 23: ÁREA TOTAL Y ANCHO TOTAL DE LA CUENCA N°01.....	- 77 -
CUADRO N° 24: ÁREA TOTAL Y ANCHO TOTAL DE LA CUENCA N°02.....	- 77 -
CUADRO N° 25: PERFIL LONGITUDINAL DEL RIO CUENCA N°01.....	- 78 -
CUADRO N° 26: PERFIL LONGITUDINAL DEL RIO CUENCA N°02.....	- 79 -
CUADRO N° 27: ÍNDICE DE PENDIENTE (IP), CUENCA-01= 20.42%.....	- 82 -
CUADRO N° 28: ÍNDICE DE PENDIENTE (IP), CUENCA-02= 10.17%.....	- 82 -
CUADRO N° 29: COMPLETACION DE DATOS DE ESTACIÓN DE KAYRA.....	- 84 -
CUADRO N° 30: COMPLETACION DE DATOS DE PRECIPITACIÓN CAYCAY	- 87 -
CUADRO N° 31: COMPLETACION DE DATOS DE PRECIPITACIÓN PISAC	- 90 -
CUADRO N° 32: COMPLETACION DE DATOS DE PRECIPITACIÓN COLQUEPATA.....	- 93 -
CUADRO N° 33 : PRECIPITACIONES ACUMULADAS ANUALES DE LAS CUATRO ESTACIONES (ELABORACIÓN PROPIA).....	- 95 -
CUADRO N° 34: CORRELACIÓN DE LOS DATOS DE LAS CUATRO ESTACIONES.....	- 96 -
CUADRO N° 35: REGIONALIZACIÓN PARA LA CUENCA 01	- 96 -
CUADRO N° 36: REGIONALIZACIÓN PARA LA CUENCA 02	- 96 -
CUADRO N° 37: RESUMEN DE RESULTADOS DE CONO DE ARENA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).....	- 103 -

CUADRO N° 38: ANÁLISIS DEL SUELO DE FUNDACIÓN – CBR	104 -
CUADRO N° 39: CLASIFICACIÓN DE LOS MATERIALES DE LA CARRETERA KM 0+00 A 18+ 440 (ELABORACIÓN PROPIA).....	107 -
CUADRO N° 40: RESUMEN DE CLASIFICACIÓN DE LOS MATERIALES EN PORCENTAJE TOTAL (ELABORACIÓN PROPIA).....	107 -
CUADRO N° 41: RESUMEN DE LABORATORIO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (FUENTE: LABORATORIO).....	110 -
CUADRO N° 42: CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA RMR DE BIENIAWSKI KM 0+365	120 -
CUADRO N° 43: CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA RMR DE BIENIAWSKI KM 0+453	121 -
CUADRO N° 44: CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA RMR DE BIENIAWSKI KM 0+550	122 -
CUADRO N° 45: CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA RMR DE BIENIAWSKI KM 6+800	123 -
CUADRO N° 46 : CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS PARA LAS CANTERAS	140 -

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO N° 1: UBICACIÓN DE ZONA DE ESTUDIO (FUENTE: PROPIA-2018)	3 -
GRÁFICO N° 2: MÉTODO DE LOS DIEDROS. (FUENTE: NIEMEYER 1999)	13 -
GRÁFICO N° 3: MAPA GEOMORFOLÓGICO (FUENTE: INGEMMET).....	18 -
GRÁFICO N° 4: ANTICLINAL DEL VILCANOTA Y SISTEMA DE FALLAS ASOCIADOS (FUENTE: CUADRÁNGULO DE CUSCO 28s).....	28 -
GRÁFICO N° 5: ANTICLINAL DEL VILCANOTA VISTA SATELITAL (FUENTE: SASPLANET)	29 -
GRÁFICO N° 6: FALLA CHUECAMAYO (FUENTE: SASPLANET).....	30 -
GRÁFICO N° 7. DESPLAZAMIENTO DEL DESLIZAMIENTO CUYO CHICO EN LAS COMPONENTES X Y Z (FUENTE: INGEMMET, BOLETÍN C-055)	31 -
GRÁFICO N° 8: DIEDROS PARA EL CÁLCULO DE INDICADORES CINEMÁTICOS KM 0+210	34 -
GRÁFICO N° 9: RESULTADOS DE LOS EJES DE ESFUERZOS PRINCIPALES Y SECUNDARIOS KM 0+210	34 -
GRÁFICO N° 10: PLOTEO DE DIEDRO CORRESPONDIENTE A LA FALLA VENTANA ESTRUCTURAL KM 0+420 - 35 -	
-	
GRÁFICO N° 11: PLOTEO DE DIEDRO CORRESPONDIENTE A LA FALLA VENTANA ESTRUCTURAL KM 0+630 ..	37 -
GRÁFICO N° 12: RELACIÓN DE FALLAS LOCALES, CON LOS SISTEMAS DE FALLAS REGIONALES PACHATUSAN, Y FALLA CHAGUAYTIRE (FUENTE: PROPIA).....	38 -
GRÁFICO N° 13: ESTEREOGRAMA DE LA VENTANA ESTRUCTURAL KM 0+365	40 -
GRÁFICO N° 14: ESTEREOGRAMA DE LA VENTANA ESTRUCTURAL KM 0+453.....	43 -
GRÁFICO N° 15: ESTEREOGRAMA DE LA VENTANA ESTRUCTURAL KM 0+550	45 -
GRÁFICO N° 16: ESTEREOGRAMA DE LA VENTANA ESTRUCTURAL KM 6+800.....	47 -
GRÁFICO N° 17: MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE MÁXIMAS INTENSIDADES SÍSMICAS (FUENTE: CISMID).....	50 -
GRÁFICO N° 18: MAPA DISTRIBUCIÓN DE ACELERACIONES SÍSMICAS, A NIVEL NACIONAL.(FUENTE: BOLAÑOS, 2004)	50 -
GRÁFICO N° 19: MAPA DE ZONAS SÍSMICA (FUENTE NORMA E.030).....	51 -
GRÁFICO N° 20: MAPA DE ISOSISTAS SISMO 21 MAYO 1950 - CUZCO.....	54 -
GRÁFICO N° 21: MAPA DE ISOSISTAS SISMO 5 ABRIL 1986 - CUZCO.....	55 -
GRÁFICO N° 22: FALLAS ACTIVAS CERCANAS A LA ZONA DE ESTUDIOS (FUENTE. GEOCATMIN – NEOTECTONICA)	56 -
GRÁFICO N° 23: CAÍDA DE ROCAS Y SUELOS (FUENTE: VARNES, 1978).	59 -
GRÁFICO N° 24: VOLCAMIENTOS DE COLUMNAS DE ROCA (FUENTE: FREITAS, 1976)	59 -

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DE CUSCO
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica

GRÁFICO N° 25: DELIMITACIÓN DE CUENCA N°01	71 -
GRÁFICO N° 26: DELIMITACIÓN DE CUENCA N°02	72 -
GRÁFICO N° 27: CURVA HIPSOMÉTRICA DE LA CUENCA 01	73 -
GRÁFICO N° 28: CURVA HIPSOMÉTRICA DE LA CUENCA 02.....	73 -
GRÁFICO N° 29: PENDIENTE DE RIO PRINCIPAL DE CUENCA N°1	79 -
GRÁFICO N° 30: PENDIENTE DE RIO PRINCIPAL DE CUENCA N°02	80 -
GRÁFICO N° 31: FUNCIÓN GAMMA DE DENSIDAD QUE MÁS SE AJUSTA EN LA ESTACIÓN KAYRA.....	85 -
GRÁFICO N° 32; PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL ES $X(P)=669.65$ MM AL AÑO. DE LA ESTACIÓN KAYRA ..	85 -
GRÁFICO N° 33: LA FUNCIÓN GAMMA NO RECHAZO A LA COMPLICACIÓN DE DATOS DE KAYRA.....	86 -
GRÁFICO N° 34: FUNCIÓN GAMMA DE DENSIDAD QUE MÁS SE AJUSTA EN LA ESTACIÓN CAYCAY.	88 -
GRÁFICO N° 35: PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL ES $X(P)=380.19$ MM AL AÑO. DE LA ESTACIÓN CAYCAY. -	88 -
GRÁFICO N° 36: LA FUNCIÓN GAMMA NO RECHAZO A LA COMPLICACIÓN DE DATOS DE CAYCAY	89 -
GRÁFICO N° 37: FUNCIÓN GANMA DE DENSIDAD QUE MÁS SE AJUSTA EN LA ESTACIÓN PISAC.....	91 -
GRÁFICO N° 38: PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL ES $X(P)=573.78$ MM AL AÑO. DE LA ESTACIÓN PISAC	91 -
GRÁFICO N° 39: LA FUNCIÓN GAMMA NO RECHAZO A LA COMPLETACIÓN DE DATOS DE PISAC.....	91 -
GRÁFICO N° 40: FUNCIÓN GAMMA DE DENSIDAD QUE MÁS SE AJUSTA EN LA ESTACIÓN COLQUEPATA...-	92 -
GRÁFICO N° 41: PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL ES $X(P)=482.07$ MM AL AÑO. DE LA ESTACIÓN COLQUEPATA	93 -
GRÁFICO N° 42: LA FUNCIÓN GAMMA NO RECHAZO A LA COMPLICACIÓN DE DATOS DE COLQUEPATA.....	94 -
GRÁFICO N° 43: CALCULO DEL GSI PARA DIFERENTES LITOLOGÍAS (FUENTE: SLIDE 6.0, 2018)	124 -
GRÁFICO N° 44: CONDICIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES (FUENTE: SLIDE 6.0, 2018)	125 -
GRÁFICO N° 45: METODO DE SPENCER Y MORGENSTEIN-PRICE.....	127 -
GRÁFICO N° 46: LLENADO DE DATOS A SOFTWARE SLIDE6.1	129 -
GRÁFICO N° 47: LLENANDO LAS CONDICIONES DE LAS ESTRUCTURAS A SOFTWARE SLIDE6.1	130 -
GRÁFICO N° 48: TIPO DE ROCA Y TEXTURA (CONSTANTE DE ROCA INTACTA).....	130 -
GRÁFICO N° 49: LLENADO FINAL DE SOFTWARE SLIDE6.1	131 -
GRÁFICO N° 50: SOFTWARE SLIDE6.1 NOS DIO RESULTADO FAVORABLE PSEUDOESTÁTICO = 1.974 KM0 +453	132 -
GRÁFICO N° 51; SOFTWARE SLIDE6.1 NOS DIO RESULTADO FAVORABLE PSEUDOESTÁTICO = 1.409 KM 0+550.....	133 -
GRÁFICO N° 52: SOFTWARE SLIDE6.1 NOS DIO RESULTADO DESFAVORABLE PSEUDOESTÁTICO = 1.001 KM 6 + 800	134 -

LISTA DE FOTOS

FOTO N° 1: FM. COPACABANA DIRECCIÓN ESTRATIFICACIÓN EN CONTRA PENDIENTE	21 -
FOTO N° 2: FM. PISAC (ARENISCAS INTERCALADAS CON CONGLOMERADOS Y BRECHAS) (FUENTE: PROPIA). -	22 -
FOTO N° 3: FM. HUANCANE VESTIGIOS ARENISCA BLANQUECINA DE FUERTE DUREZA (FUENTE: PROPIA) -	24 -
FOTO N° 4: FM. PAUCARBAMBA; ARENISCAS INTERCALADOS CON LIMOARCILLITAS (FUENTE: PROPIA)....	25 -
FOTO N° 5: DEPÓSITOS COLUVIALES KM 3+600 (FUENTE: PROPIA)	26 -
FOTO N° 6: DEPÓSITOS MORRENICOS (FUENTE: PROPIA)	27 -
FOTO N° 7: ESTRÍAS DE GRUPO COPACABANA (FUENTE: PROPIA).....	33 -
FOTO N° 8: TOMA DE DATOS DE FALLA EN EL KM 0+210	34 -

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DE CUSCO
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica

FOTO N° 9: TOMA DE DATOS DE FALLA EN EL KM 0 + 420.....	35 -
FOTO N° 10: TOMA DE DATOS DE FALLA EN EL KM 0 + 630.....	36 -
FOTO N° 11: CAÍDA DE ROCAS EN EL KM 7+400, PERTENECIENTES A LA FORMACIÓN (FUENTE: PROPIA)...	59 -
FOTO N° 12: VOLCAMIENTOS EN EL KM 6+800 (FUENTE: PROPIA)	60 -
FOTO N° 13 CAÍDA DE SUELOS KM 2+600 (FUENTE: PROPIA).....	61 -
FOTO N° 14: FLUJO DE DETRITOS EN DEPÓSITOS FLUVIOGLACIARES KM 16+750. (FUENTE: PROPIA)	61 -
FOTO N° 15: EROSIÓN FLUVIAL QUE SE PRESENTA EN LOS MESE LLOVIOSOS. (FUENTE: PROPIA).....	62 -
FOTO N° 16: EROSIÓN EN SURCO ORIGINADA POR LLUVIAS TORRENCIALES KM 3+620 AL 3+660 (FUENTE: PROPIA).....	63 -
FOTO N° 17: GRIETAS ORIGINADAS POR MAL USO DE LAS CUNETAS DE HASTA 5CM DE PROFUNDIDAD (FUENTE: PROPIA)	63 -
FOTO N° 18: KM 2+880, EL AGUA DEL BADÉN FUE DIRIGIDA A TERRENOS PARA RIEGO (FUENTE: PROPIA)-	64
-	
FOTO N° 19: COMPRESIÓN UNIÁXIAL SIMPLE DE ROCA SEDIMENTARIA DE GRUPO MITO (FUENTE: PROPIA)	113 -
FOTO N° 20: CANTERA KM 0+040	135 -
FOTO N° 21: CANTERA KM 0+440	136 -
FOTO N° 22: CANTERA KM 12+920 AL 13 + 140	136 -
FOTO N° 23: CANTERA KM 16+900	137 -
FOTO N° 24: CANTERA KM 17+910 AL 17+960	138 -
FOTO N° 25: CANTERA KM 19+000	138 -
FOTO N° 26: CANTERA KM 20+040	139 -

CAPITULO I. INTRODUCCION

TITULO DE TESIS: “ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA LA FACTIBILIDAD DEL ASFALTADO DE LA CARRETERA SAN SALVADOR OCCORURO – PROGRESIVAS 0+000 AL 18+440 – DISTRITO DE CALCA DEPARTAMENTO DE CUSCO”

La presente tesis titulada “Estudio Geologico – Geotecnico para la factibilidad del asfaltado de la carretera San salvador – Occoruro” cuyos propósitos son los de evaluar las características geológicas y geotécnicas a lo largo de la carretera, con el fin de ver si será factible hacer el asfaltado o si este será una obra que con el tiempo sufrirá muchos fallos generando más perdidas por mantenimientos o reparaciones.

Los estudios geológico y geotécnicos aplicados a obras viales son de vital importancia en la elaboración de todo tipo de proyectos ya que nos brindan mayor confianza a la hora de la ejecución y la puesta de funcionamiento de estos, todas estas características serán estudiadas y determinadas mediante ensayos INSITU o en laboratorio yendo de la mano con los valores que se deben de cumplir según el Ministerio de Transportes y comunicaciones MTC. En la carretera San Salvador Occoruro estos estudios, análisis e interpretación apropiada de los resultados será uno de los factores claves para ver si será factible asfaltar o no.

En el estudio se realizaron 39 calicatas separadas cada 500 metros, como ordena el MTC, se tomaron en cuenta tramos de Suelos y Roca cada tramo resaltando sus valores más altos y más bajos según el CBR, CHO y su capacidad de carga admisible además se tomaron en cuenta los problemas geodinámicos como deslizamientos, caídas de bloques, derrumbes, volcamientos, socavación, erosión fluvial y flujo de detritos. Todos estos problemas geodinámicos hacen que los taludes de la carretera sean más inestables tanto en suelo como en roca, para lo cual se hicieron también estudios geomecánicos y uso de software SLIDE6.1.

La caída de un talud tanto de suelo como de roca provocarían grandes daños económicos, estructurales, sociales, quedando por ello consciente de que los resultados

obtenidos e interpretaciones efectuadas, de carácter geológico son de mucha importancia para la zona de estudio.

Finalmente este estudio se realizó con mucho entusiasmo y aunque con limitaciones se espera que sirva para dar una solución a todos los problemas geológicos y geotécnicos que causan grandes impactos negativos, y a tomar una adecuada decisión si se asfaltara o no la carretera.

Se encarece que las conclusiones y planteamientos sean confrontados y necesariamente ampliados con futuros estudios.

UBICACIÓN

Región : Cusco
 Departamento : Cusco
 Provincia : Calca
 Distrito : San Salvador
 Localidad : San Salvador – Occoruro

PUNTO	LOCALIDAD	DISTRITO	COORDENADAS		
			ESTE	NORTE	ALTITUD
Inicio	San Salvador	San Salvador	198771.19	8507249.56	3052.20
Final	Occoruro	San Salvador	201316.70	8511790.10	4072.13

Cuadro N° 1: Ubicación del estudio geológico geotécnico de la vía (fuente: propia)

Estudio geológico y geotécnico para la factibilidad del asfaltado de la carretera San Salvador Occoruro – progresivas 0+000 al 18+440 – Distrito de Calca (Mapa 01) departamento de Cusco (Gráfico N°1).

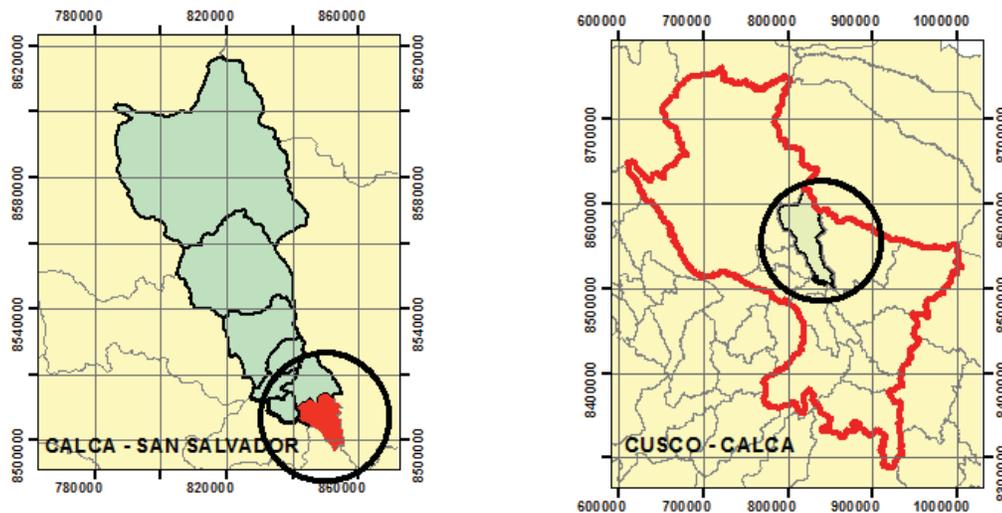


Gráfico N° 1: Ubicación de zona de estudio (Fuente: propia-2018).

ACCESIBILIDAD.

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

- a. La vía Cusco – Huambutío – San Salvador, que recorre paralelo al río Vilcanota y que constituye un medio de comunicación hacia la ciudad del Cusco y los departamentos del sur del país. Este acceso a partir de la ciudad del Cusco, se da

por la carretera asfaltada, Cusco – Huambutio - San Salvador recorriendo aproximadamente 47.02 Km.

- b. La vía Cusco-Pisac-San Salvador, constituye el principal medio de comunicación hacia Cusco

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.1. DESCRIPCION DEL PROBLEMA

La carretera San Salvador- Occoruro, se desplaza dentro de la microcuenca del río Chuecamayo, una cuenca con altos peligros: Estructurales, hidrodinámicos y geodinámicos que afectaran las características geotécnicas tanto del terreno donde se emplaza la carretera como en los taludes, en diferentes tramos de esta carretera.

Las condiciones del terreno se encuentran en un proceso de cambio continuo y en la carretera por los fenómenos estructurales, hidrodinámicos y geodinámicos sufre diversos problemas como: Asentamientos, desgastes de la capa de rodadura por escorrentías superficiales – subterráneas en periodos de fuertes precipitaciones y deslizamientos, generando daños a más de 1000 pobladores que viven cerca a el camino.

La factibilidad del asfaltado de la carretera dependerá también de una relación costo-beneficio generados por los problemas descritos anteriormente; de antes y después del asfaltado; tomando en cuenta parámetros como son mantenimiento, infraestructura nueva, personal para mantenimiento continuo, maquinaria, etc.

1.1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA

1.1.2.1. Problema General

¿Qué determinara el estudio geológico y geotécnico para que sea factible el asfaltado de la carretera San salvador Occoruro – progresivas 0+000 al 18+440?

1.1.2.2. Problemas específicos

- 1) ¿Qué formaciones litológicas estará cortando la carretera San Salvador- Occoruro en los kilómetros 0+000 al 18+440?
- 2) ¿Cómo se Identificara las características geotécnicas tanto de suelo como de roca a lo largo de los kilómetros 0+000 al 18+440 de la carretera San Salvador - Occoruro?
- 3) ¿Cuáles será los tramos que presentaran mayor problema geológico y geotécnico?
- 4) ¿Cómo se hará la estabilidad de taludes en los tramos críticos?

1.1.3. OBJETIVOS

1.1.3.1. Objetivo General

Determinar las características geológico - geotécnicas para ver la factibilidad del asfaltado de la carretera San Salvador- Occoruro en las progresivas 0+000 al 18+440 del distrito de Calca.

1.1.3.2. Objetivos Específicos

1. Identificar de forma local las formaciones litológicas que corta la carretera San Salvador - Occoruro y elaborar un mapa a escala 1:10'000 con detalles de la zona.
2. Elaborar el estudio geotécnico con los ensayos de laboratorio de acuerdo a las normas del MTC tanto en suelos como en rocas a escala y realizar el plano a escala 1:1'500, a lo largo de las progresivas 0+000 al 18+440 en la carretera San Salvador – Occoruro.
3. Identificar los tramos que presentan mayor problema geodinámico y geotécnico, con la finalidad de recomendar la implementación de obras de ingeniería en los sectores críticos
4. Determinar los Factores de seguridad de los taludes en los tramos críticos de la carretera San Salvador Occoruro.

1.1.4. JUSTIFICACION

El estudio geológico y geotécnico de la carretera San Salvador Occoruro – progresivas 0+000 al 18+440 – distrito de Calca departamento de Cusco es trascendental para evitar fallas en zonas geológicamente vulnerables que eviten la factibilidad del asfaltado y ocasionen gastos no programados en mantenimiento y obras de contingencia.

Se justifica también por el incremento poblacional de los sectores más altos de San Salvador en especial de las comunidades: Siuza, Tiracancha y Occoruro. Además el mejoramiento de la carretera generará los siguientes impactos:

1.- IMPACTO ECONOMICO

- ✓ Crecimiento de la producción agrícola y ganadera.
- ✓ Elevación de los ingresos provenientes de la actividad agropecuaria y otras fuentes.
- ✓ Generación de nuevas fuentes de trabajo, que posibilitará un incremento en el ingreso familiar.
- ✓ Mejor aprovechamiento del potencial económico de la zona (recursos agrícolas, pecuarios y forestales).
- ✓ Incremento de intercambio comercial entre las comunidades campesinas en el mercado local y provincial.
- ✓ Apertura de micro y pequeñas empresas de todo orden.
- ✓ Integración entre los mercados locales y regionales.

2.- IMPACTO SOCIAL

- ✓ Implementación de la red telefónica Satelital.
- ✓ Mejoramiento de los servicios de salud y educación.
- ✓ Mejoramiento de relaciones entre campo y ciudad, y términos de intercambio.

1.2. MARCO TEORICO

1.2.1. ANTECEDENTES

Para el estudio se tomó los siguientes antecedentes:

Aliaga Chávez; Tesis: “Estudio geológico- geotécnico para la rehabilitación de la carretera Corral quemado – Rio Nieva tramo I: Puerto Naranjitos – Pedro Ruiz”; (Lima, 2003). Donde una de sus conclusiones es:

Las condiciones naturales de la zona determinan la aplicación de diferentes métodos de estabilización y protección de la carretera en grandes volúmenes (grandes magnitudes de obras de estabilización y protección) de dos grupos o tipos principales:

Medidas de primer orden para la estabilización de deslizamientos activos y para la protección de deslizamientos actualmente semiéntales; las mismas que incluyen obras de protección de la margen izquierda del rio Utcubamba contra la erosión fluvial.

Medidas de segundo orden para los tramos locales de inestabilidad de taludes, erosión de riberas, destrucción de obras de arte, etc.

HOB Consultores S.A; Proyecto: “ESTUDIO DEFINITIVO PARA LA REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CHONGOYAPE – COCHOBAMBA – CAJAMARCA, TRAMO: COCHABAMBA – CHOTA”, Informe N°04 - Volumen I, Anexo D, Estudio de Geología y geotecnia; (Cajamarca, 2010), Presentaremos la conclusión geológica- geotécnica del pontón Chuquil II.

Pontón Chuquil II; En el área de ubicación de la estructura morfológicamente no existe un cauce definido, por lo cual en tiempos de lluvias se desborda, colmata y entierra totalmente la obra empírica actual. Se recomienda levantar la rasante por lo menos 1.50m con respecto al nivel de la carretera actual.

Las prospecciones geotécnicas, en el área de cimentación del pontón Chuquil II determinaron que el perfil estratigráfico está conformado por en su parte superior por depósitos del Cuaternario Reciente representados por gravas arcillosas e infrayaciendo por roca caliza principalmente, el cual se ubica muy próximo a la superficie.

PREDESS. “ANÁLISIS DE RIESGO POR PELIGROS GEODINAMICOS Y PELIGROS CLIMÁTICOS EN LA MICROCUENCA DE CHUECAMAYO – distrito de San Salvador, provincia Calca, región Cusco”, (Cusco, 2014). Donde rescatamos las siguientes conclusiones.

Las condiciones físicas de la cuenca, expresadas en función de los componentes geológicos, hidrológicos, predisponen fuertemente la ocurrencia de peligros en los puntos identificados en el documento, estos parámetros resaltan debido, primero a la existencia de gran cantidad de material arcilloso, presencia de lutitas y formaciones sedimentarias, en segundo plano el componente hidrológico muestra grandes niveles de precipitación como a lo largo del todo el valle del Vilcanota, que se agrava producto del mayor nivel de agresividad como mencionan los mismo pobladores, en las encuestas y talleres realizados a lo largo del desarrollo del estudio.

Producto de las evaluaciones se aprecia que la zona inestable de la zona de Ziusa tiene relación estructural con la quebrada aledaña en la cuenca del Chuecamayo, es decir que las zonas de reptación ubicadas tanto en Chuecamayo como en Ziusa son generadas por los mismos procesos geodinámicos, es decir filtraciones en las partes altas que saturan el suelo en ambas laderas y generan procesos de deslizamiento y reptación de suelos.

Las fallas en zonas geológicamente vulnerables; la vida útil, la salud, la calidad de vida, la educación y el comercio en San Salvador y todas las comunidades, serán afectadas de forma directa ya que disminuirá el tiempo de vida útil de la carretera, incrementara el número de accidentes; indirectamente se tendrá bajo rendimiento educativo, perjuicios en la salud e incremento de riesgos laborales y disminución del comercio.

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

El ingeniero especialista ira detectando con grados de precisión crecientes aspectos orientados a establecer la capacidad de soporte del terreno natural así como los taludes seguros para los terraplenes y cortes asociados a los distintos materiales

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

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

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

Programa de ingeniería de infraestructura del transporte (PITRA), Costa Rica en el 2011; se concluye: El diseño y construcción de caminos y carreteras debe basarse no solamente en aspectos geométricos y de trazado topográfico, sino ser complementado con aportes de la geotecnia que permitan, desde las etapas iniciales del proyecto, identificar las amenazas geológicas y climáticas que afectan el corredor y presentar soluciones a los posibles problemas. Para esto, debe haber un proceso de interacción

entre el diseñador de la vía y geólogos e ingenieros geotecnia, de tal modo que una vez se consideren las recomendaciones geotécnicas, se replanteen los problemas identificados y se busquen conjuntamente nuevas soluciones, para obtener así un diseño integral.

1.2.2. MARCO TEORICO O BASES TEORICAS

1.2.2.1. La Ingeniería geológica

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

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

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

1.2.2.2. La Ingeniería Geotécnica

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

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

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

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

1.2.2.3. Estudio geotécnico.

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

1.2.2.4. Caminos de bajo volumen de tránsito.

Se estructuran como caminos de bajo costo. Consecuentemente tienen alineamientos de diseño que evitan excesivos movimientos de tierra; considerando estructuras y obras de arte, por lo general diseñadas para periodos de vida útil, de corto y mediano plazo; con capas de revestimiento granular afirmados y en general con características que disturbán lo menos posible la naturaleza del terreno. (DIRECCION GENERAL DE CAMINOS Y FERROCARRILES - DGCF, 2005).

1.2.2.5. Indicadores Cinemáticos.

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

Para saber la dirección de esfuerzos resultado del llenado de datos de los indicadores cinemáticos usaremos el método de los diedros interpretado según Anderson Darling. Este es un método cinemático que trabaja con el datum completo perteneciente a cada una de las fallas de la población a analizar. Fue desarrollado por Marrett y Allmendinger (1990) y se basa en el mecanismo de solución de los focos sísmicos, ideado por Stauder (1962) y perfeccionado por Sykes (1967).

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

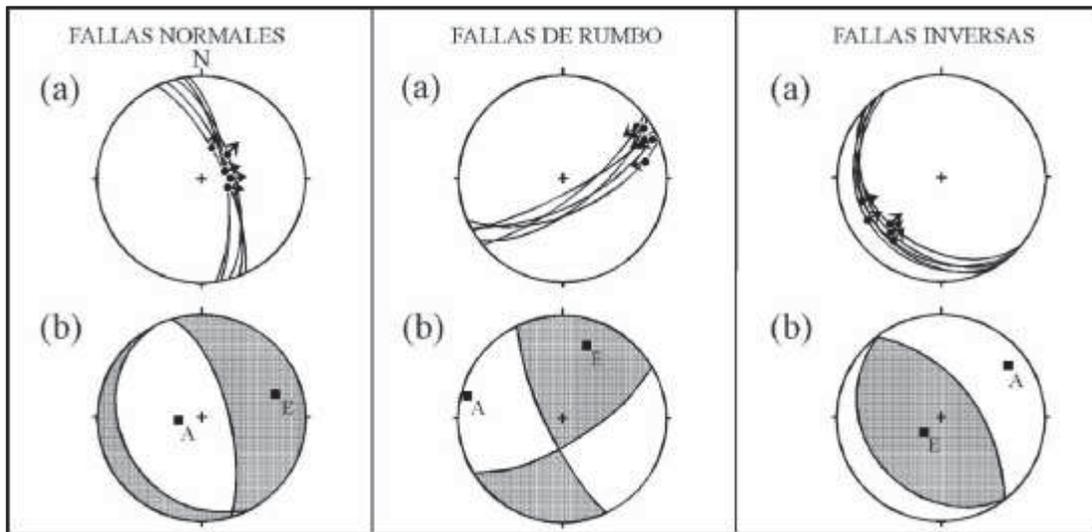


Gráfico N° 2: Método de los diedros. (Fuente: Niemeyer 1999).

En el Gráfico N°2 se observa (a) Ploteo de los distintos tipos de fallas en red de Schmidt, hemisferio inferior. Las flechas indican los sentidos de movimiento del bloque colgante. (b) Diedros correspondientes a las fallas en (a). En blanco, diedro de acortamiento con su respectivo eje (A). En negro, diedro de extensión con su respectivo eje (E). (Fuente: Niemeyer 1999).

1.3. MARCO CONCEPTUAL

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

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

EROSION: Es un proceso geológico destructivo que tiende a nivelar la superficie de la corteza terrestre. La erosión implica los siguientes procesos: Fracturamiento, fisuramiento, alteración físico y/o química, arranque y transporte de los materiales, pr

agentes geológicos como el agua, viento, hielo, olas, etc. Erosión es sinónimo de degradación, gliptogénesis. (Mantilla, 2011).

FALLAS: Es una estructura en la cual se ha realizado una fractura o ruptura y un desplazamiento relativo entre dos bloques separados por la fractura. Sus dimensiones son muy diversas, desde desplazamientos de escasos centímetros, a muchos cientos de kilómetros y desde una longitud muy pequeña a fracturas de muchos cientos de kilómetros. (Mantilla, 2011).

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

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

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

1.4. HIPOTESIS Y VARIABLES

1.4.1. Hipótesis General

El estudio geológico y geotécnico nos dará resultados favorables que nos servirán para la factibilidad del asfaltado de la carretera San Salvador-Occoruro a lo largo de las progresivas 0+000 al 18+440 – distrito de Calca departamento de Cusco.

1.4.2. Hipótesis específicas

1. El estudio geológico local a escala 1:10000 demuestra que la geología a lo largo de los 18.440 metros estará conformada por depósitos cuaternarios en mayor porcentaje y formaciones sedimentarias como son Copacabana y Mitu en menor cantidad a lo largo de la carretera San Salvador- Occoruro
2. El estudio geotécnico y plano local detallado a escala 1:10000 demuestra que el suelo presenta valores favorables para la ejecución del asfaltado, y en rocas algunos tramos críticos a lo largo de la carretera San Salvador – Occoruro en los kilómetros 0+000 al 18+440
3. La identificación de los tramos que presentan mayor problema geológico y geotécnico, nos servirá de base para dar recomendaciones para la construcción de obras de ingeniería en los sectores críticos
4. Los Factores de seguridad en los taludes de los tramos críticos calculados demuestran que los taludes se mantendrán estables en ambientes pseudoestaticos a lo largo de la carretera San Salvador – Occoruro.

1.4.3. VARIABLES

Variable independiente: Estudio Geológico y Estudio Geotécnico

Variable Dependiente: para la factibilidad del asfaltado de la carretera

1.5. METODOLOGIA

1.5.1. Tipo de investigación

El presente trabajo de investigación será del tipo descriptivo-correlacional-explicativo, trabajaremos con datos obtenidos por ensayos para llegar a una conclusión y a la vez correlacionaremos datos de la etapa de perfil para tener más precisión

1.5.2. Diseño de la Investigación

No experimental, mixto, Cualitativo-cuantitativo

1.5.3. Unidad de Análisis

Las Características geológicas y geotécnicas de la carretera San salvador Occoruro en las progresivas 0+000 al 18+440

1.5.4. Población de Estudio

En este caso nuestra población serán los 18,440 km que abarcara la carretera

1.5.5. Selección de Muestra

Las muestras dentro de la población de estudio y para sacar las características geotécnicas se basaran en muestras de calicatas de hasta 18 kg para los ensayos correspondientes

1.5.6. Tamaño de la Muestra

Las muestras serán tomadas a lo largo de los 18.440 kilómetros con muestreos de hasta 25 kg, para hacer los ensayos correspondientes como Granulometrico, contenido de humedad, límites de consistencia, Peso unitario, Peso Específico, Densidad mínima, Densidad Maxima, CBR,

CAPITULO II. GEOMORFOLOGIA

2.1. GEOMORFOLOGIA REGIONAL

2.1.1. Cordillera Oriental

Unidad geomorfológica fuertemente individualizada, se caracteriza por una extensa cadena de montañas que tienen una orientación NO-SE, con laderas de pendiente fuerte, las altitudes van desde 3000 msnm hasta los 4900 msnm aproximadamente, con el límite inferior de las nieves a 4800 (Carlotto 1996). msnm, (Ver mapa N°02).

Además de los glaciares se aprecian, geoformas de origen glaciar como “circos glaciares”, valles en “U” y morrenas (Carlotto 1996).

Esta unidad se puede observar en la margen derecha del río Vilcanota, o también pertenece al flanco derecho del anticlinal del Vilcanota, la unidad está constituida por las siguientes formaciones litológicas:

- Grupo Copacabana
- Grupo Mitu
- Formación Paucarbamba
- Grupo Yuncaypata
- Formación Huancané
- Depósitos cuaternarios

2.1.2- Valle del Vilcanota – Urubamba

Considerado como valle interandino, ubicada en la parte baja de la zona de estudio, de dirección preferencial SE a NO y a una altitud de 3000 msnm. El valle discurre y presenta terrazas amplias, por consiguiente corresponde a un valle ancho con evolución madura. El cauce forma canales entrelazados por tramos. Las vertientes son moderadamente suaves a empinadas, en los bordes (ambos márgenes) se observan

importantes conos aluviales como el de Calca que proviene de la quebrada Ccochoc. (Delgado 2011).

La carretera parte desde el mismo pueblo de San salvador, lo que se encuentra dentro del área de influencia del estudio: “Evaluacion del rio Vilcanota en el distrito de San salvador, 2011” donde se indica que el distrito de San Salvador se emplaza en el piso de valle del rio Vilcanota – Urubamba, ocupando toda su extensión.

2.1.3. Altas Cumbres

Son unidades que se limitan a cumbres que sobrepasan los 4050 msnm hasta los 5150 msnm, en la parte de Occoruro se presenta esta unidad representada por el grupo Mitu, dentro de esta unidad podemos encontrar sub-unidades como son, la Formación Pisac y la Formación Pachausan, además de encontrar también depósitos de morrenas y algunos valles fluvio-glaciares.

Según la información histórica del cuadrángulo de Calca-Urubamba los glaciares mostraban retroceso para el año 1996, lo que pal año 2018 es una extinción casi completa de estos glaciares, lo que dio origen a lagos en las zonas más altas.

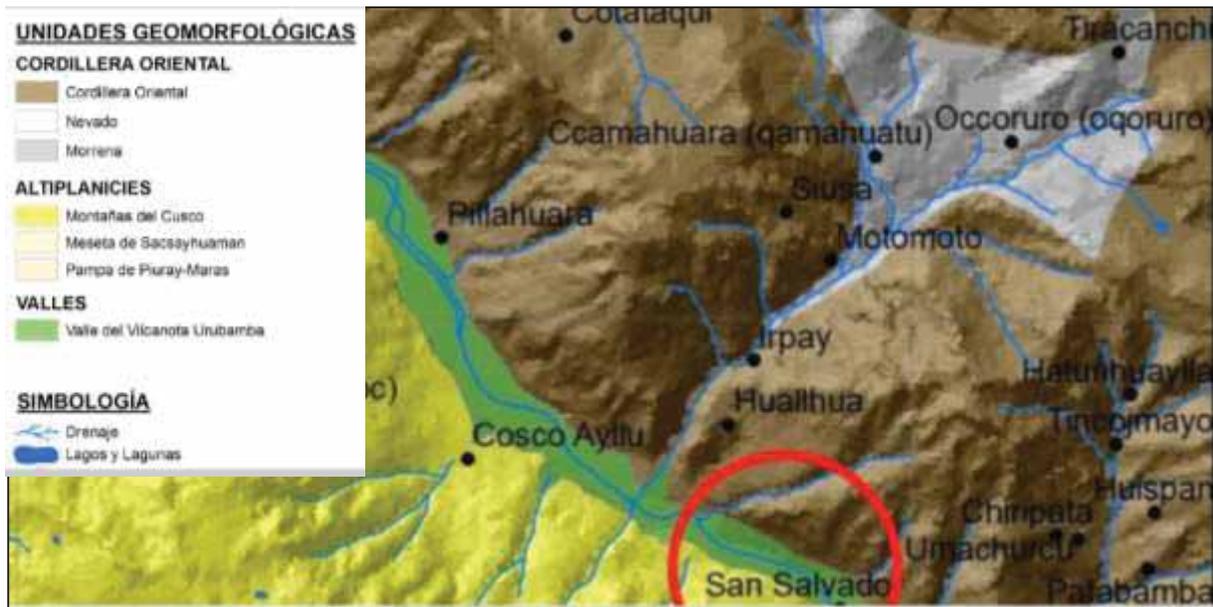


Gráfico N° 3: Mapa Geomorfológico (Fuente: INGEMMET).

2.2. GEOMORFOLOGIA LOCAL

2.2.1. Montañas en Rocas Sedimentarias RM

Las montañas en rocas Sedimentarias van desde los 3025 msnm hasta los 3150 msnm donde se marca el inicio del afloramiento del Grupo Copacabana (km 0+000) hasta el contacto con depósitos cuaternarios (km 1+060) respectivamente. Las pendientes son fuertes de hasta 70°, lo que dio origen a deslizamientos, potencialmente activos en algunos sectores. (Ver mapa N° 03).

Las rocas del grupo Copacabana afloran a superficie y presentan un fuerte fracturamiento debido a procesos tectónicos y de erosión

2.2.2. Montaña en roca Vulcanosedimentaria

Las montañas en rocas Vulcanosedimentarias van desde los 3400msnm hasta los 4200 msnm desde la progresiva 6+160 en adelante, y está representada por el Grupo Mitu, y dentro de la carretera la Formación Pisac, esta formación fue cubierta por depósitos cuaternarios y se abren a manera de flancos en la cuenca. Las pendientes son fuertes de que van desde los 34° hasta los 81° estas pendientes dieron origen a desprendimientos de rocas, pequeños deslizamientos de tierra, y potenciales grandes deslizamientos que afecten directamente la carretera.

2.2.3. Abanico aluvial.

Los abanicos aluviales constituyen unos cuerpos muy característicos con morfología conoidal en planta y corresponden a una acumulación sedimentaria de materiales detríticos. Se hallan localizados generalmente en una zona donde se produce una ruptura significativa de pendiente y acostumban a estar constituidos por materiales clásticos de granulometría gruesa, que muestran paleocorrientes dispersivas radiales. (Ferra, 2010).

2.2.4. Laderas

Del latín “Latus” que puede traducirse como “lado”, y el sufijo “-era”, en geomorfología la interpretación de ladera está referido al declive de una montaña en este sentido, la ladera sería uno de los lados de una montaña.

En el área de estudio las laderas se encuentran al NE de la carretera (flanco derecho) y kilómetros más adelante en ambos flancos de la quebrada Chuecamayo, las laderas varían en pendientes desde suaves hasta abruptas.

2.2.5. Quebradas.

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

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

En la zona de estudio tenemos las quebradas se encuentran en rocas sedimentarios y depósitos cuaternarios como se ve en las fotos.

2.2.6. Valles

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

Los valles pueden clasificarse en 2 tipos:

Valle en formas de U, que son los valles de relieves más antiguos, formados por movimientos de glaciares o que se dan en sectores con litologías fáciles a erosionarse, suelos sueltos y friables, no compactos. Se le llama valles en U por la forma abierta que presentan, esta forma se debe a la antigüedad que tendrá o a la composición litológica presente.

Valles en forma de V, son valles de relieves jóvenes, típicos de ambientes fluviales jóvenes, donde las laderas toman pendientes abruptas a muy fuertes, y convergen en un fondo estrecho, se puede dar en lugares donde la litología sea muy compacta dura y difícil de erosionarse.

CAPITULO III. GEOLOGÍA.

Al realizar el estudio geológico local a lo largo de la carretera San Salvador Occoruro, en los kilómetros 0+000 al 18+440 se logró identificar las siguientes unidades litológicas, que estarán en el mapa N°04.

3.1. GRUPO COPACABANA: PÉRMICO INFERIOR (PI-C)

El Grupo Copacabana (Newell et al., 1949) aflora ampliamente en el anticlinal de Vilcanota y más escasamente, cerca de la laguna Azulcocha y sur de Queqayoc (Cuadrangulo de Calca). El grupo Copacabana está compuesto principalmente por calizas y lutitas marinas. Las calizas son de varios tipos, de grano fino, oolíticos o nodolíticos, de color gris blanquecino a negro. Las lutitas son negras y carbonosas, conteniendo restos de plantas. Es importante resaltar que en algunos lugares de la zona de estudio, al techo del Grupo Copacabana aparecen niveles conglomerádicos con clastos de cuarcitas y chert. Las calizas presentan abundante contenido de cherts que permiten distinguirla de los conglomerados de la base del Grupo Mitu. (Carlotto, 1996).

En la carretera Salvador- Occoruro, nos encontramos en el flanco derecho del Anticlinal del Vilcanota (Foto 01). Donde encontramos calizas de la Fm. Copacabana, esta formación aflora dentro de las progresivas [0+110 al 0+920], desde el kilómetro 0+920 al 1+200 estas se encuentran cubiertas por depósitos aluviales y de cono de deyección. Como indica en la bibliografía, está representada en su mayoría por Calizas, de ambiente marino que se depositaron en forma estratificada y en contra pendiente tomando en cuenta el corte de carretera.

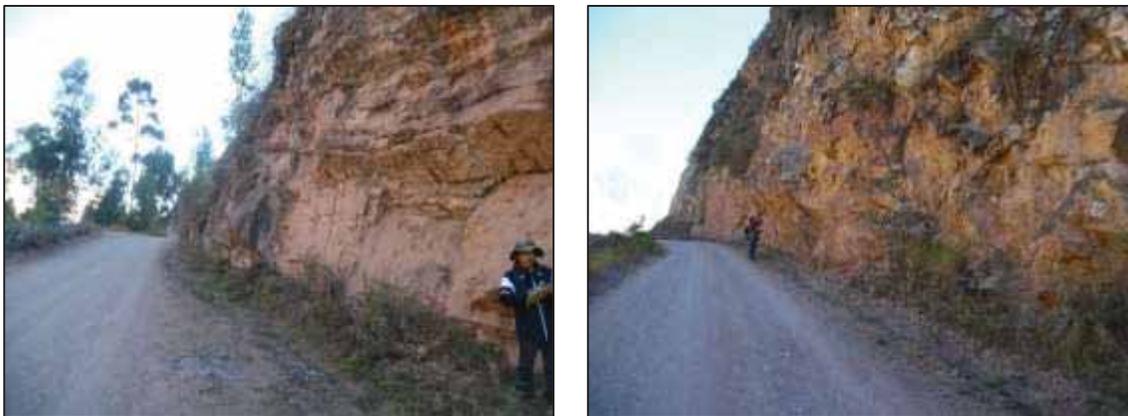


Foto N° 1: Fm. Copacabana dirección Estratificación en contra pendiente (fuente. propia).

3.2. GRUPO MITU: PERMICO SUPERIOR- TRIASICO INFERIRO (PSTI-M)

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

Las unidades litoestratigráficas del Grupo Mitu definidas en el Cuadrángulo de Calca, son las formaciones Pisac y Pachatusan (Candia & Carlotto, 1985; Carlotto et al., 1988).

3.2.1. Formación Pisac

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

En la carretera San Salvador – Occoruro la Formación Pisac es la que aflora en mayor cantidad, se representa por presentar Conglomerados con clastos volcánicos intercalados con areniscas pardas y limonitas rojas, afloran desde el km : [6+160 al 6+940] ver fotoN°2 ,[7+050 al 8+580] por tramos y cubiertos por depósitos coluviales y aluviales



Foto N° 2: Fm. Pisac (areniscas intercaladas con conglomerados y brechas) (fuente: propia)

3.2.2. Formación Pachatusan

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

No aflora a lo largo de la carretera San Salvador-Occoruro

3.2.3. Formación Huancané Neocomiano (Ki-hn)

La Formación Huancané (Newell, 1949). reposa en discordancia erosional o en débil discordancia angular sobre la Formación Huambutío, o directamente sobre el Grupo Mitu o el Paleozoico inferior.

En el Cuadrángulo de Calca aflora desde las partes altas de San Salvador-Huanca hasta Calca, en los flancos del Anticlinal de Vilcanota sobreyaciendo a su basamento o repetidas a manera de escamas tectónicas.

La Formación Huancané está dividida en dos miembros (Candia & Carlotto, 1985). El Miembro Inferior está compuesto por conglomerados, areniscas conglomerádicas y areniscas cuarzosas de color blanco, donde la base de los bancos presenta canales y la granulometría es decreciente, correspondiendo a secuencias de origen fluvial (Carlotto, 1992). El Miembro Superior está constituido localmente, por un nivel calcáreo (Queqayoc, parte alta de Huancalle y norte de Pisac) o por niveles finos de lutitas rojas o negras.

En la carretera San Salvador Occoruro la Formación Huancané está Representada por las areniscas típicas de color blanquecino, con estratificación sesgada y oblicua, se pueden encontrar vestigios de estas en el [km 12+190 al 12+230] (ver foto n° 3)



Foto N° 3: Fm. Huancane vestigios arenisca blanquecina de fuerte dureza (fuente: propia).

3.3. GRUPO YUNCAYPATA: ALBIANO - MAESTRICHTIANO

El Grupo Yuncaypata aflora en el sector sur de los cuadrángulos de Calca y Urubamba. Este grupo ha sido dividido en varias secuencias estratigráficas (Carlotto et al., 1991, Carlotto, 1992). Estas secuencias han sido cartografiadas a la escala 1:25,000. Sin embargo, para utilizar la nomenclatura estratigráfica hemos dividido al Grupo Yuncaypata en 4 formaciones cartografiables a la escala 1:100,000: Formación Paucarbamba, Formación Maras, Formación Ayavacas y Formación Puquín.

3.3.1. Formación Paucarbamba: Cretáceo inferior (Ki-pa)

La Formación Paucarbamba (Chávez, 1995; Carlotto, en preparación), reposa concordantemente sobre la Formación Huancané, indicando un cambio importante en el medio de depósito, así de la sedimentación fluvial se pasa a una sedimentación marina poco profunda areno-pelítica y luego a una sedimentación carbonatada (Formación Ayavacas). En el Cuadrángulo de Calca aflora en casi todos los lugares donde lo hace la Formación Huancané, del que se distingue claramente por su coloración rojiza.



Foto N° 4: Fm. Paucarbamba; areniscas intercalados con limoarcillitas (Fuente: propia).

En la carretera San Salvador Occoruro está Representado por areniscas intercaladas con limoarcillitas rojas y verdes, presentes dentro del grupo Yuncaipata, caracterizados por el tipo de ambiente marino se lograron apreciar depósitos de este tipo en el [km 7+500], presencia de anhidrita y minerales carbonatados en una fractura (ver foto N°4)

3.3.2. Formación Maras: Albiano medio (Ki – ma)

Sobreyace concordantemente a la Formación Paucarbamba. Sin embargo, esta unidad, nunca ha sido observada en forma completa ya que la presencia de yesos le ha permitido actuar como nivel de despegue. Estas secuencias afloran en la Pampa de MarasPiuray, en la zona de Cachijata (sur de Ollantaytambo) y al norte de la zona LimatamboZurite (Cuadrángulo de Urubamba). Igualmente aflora en la meseta de Saqsayhuamán (norte de Cusco) y la zona de Patabamba-Raranniyoc (Cuadrángulo de Calca).

La Formación Maras está compuesta básicamente por yesos, intercaladas con lutitas rojas y más escasamente lutitas verde y algunos niveles de calizas de grosores delgados (3 a 7 metros). Las lutitas serían de origen lacustre o marino poco profundo, los yesos de sabkha y las calizas indicarían máximos transgresivos (Carlotto, 1992). En la carretera, no aflora esta formación, o no se llegó a presenciar dentro de la carretera.

3.4. DEPÓSITOS CUATERNARIOS

a. **Aluviales (Qr-al).**

Se depositan mayormente en forma de mesetas, los clastos tiene una tendencia grano creciente, depositándose lo granos más finos en las partes bajas, pendientes llanas. Se depositan en los kilómetros; [7+850 al 8+000]; [8+700 al 9+230].

b. **Coluviales (Qr-col).**

Corresponden a acumulaciones locales sin mucho transporte, a lo largo de la carretera estos depósitos estarán conformados por Limos, arenas y gravas en las calicatas más profundas, con clastos angulosos a subangulosos de areniscas color rojizas, lo que hace suponer que por las litologías provienen de la erosión de la parte alta donde aflora en grupo Mitu, se caracteriza por presentarse en laderas de pendientes inclinadas. Se depositan en los kilómetros: [0+970 al 6+160] (Ver Foto N°5); [6+940 al 7+850]; [8+100 al 8+600].



Foto N° 5: Depósitos Coluviales km 3+600 (FUENTE: propia).

c. **Depósitos fluvio-glaciares.**

Son acumulaciones de gravas, arenas y arcillas que pueden localizarse en un rango amplio de sitios geográficos relacionados a la caída de nieve y climas secos. Su formación depende directamente de la erosión de la superficie topográfica por abrasión que da lugar al transporte local y captación de sedimentos por el glaciar. Si bien estos depósitos tienen cierto parecido con los depósitos aluviales en secciones estratigráficas, estos depósitos afloran desde el km 10+400 hasta el final del tramo (km 18+440)

Depósitos morrénicos.

Denominados también como cuaternario morrenico. Es un conjunto sedimentario caótico donde se observan clastos de diferentes tamaños y su litología es mayormente de areniscas envueltas en brechas, limolitas y arcillas. Su edad es de fines del pleistoceno (desglaciación); la parte alta de la carretera está conformado por estos depósitos (Ver Foto N°6)



Foto N° 6: depósitos morrenicos (FUENTE: propia).

CAPITULO IV TECTÓNICA.

4.1. ANTICLINAL DELVILCANOTA

Las deformaciones de las calizas del grupo Copacabana y de las areniscas del grupo Mitu se deben a la fase tectónica Andina del Eoceno medio y a Deslizamientos Sinsedimentarios del albiano turoniano, dando origen a la formación del anticlinal del Vilcanota, que a la vez viene a ser el límite entre el Altiplano y la Cordillera Oriental en Cusco y Abancay, y el limite Altiplano Oriental y altiplano Occidental en Sicuani (Carlotto et al., 2000). (Ver Gráfico N°4)

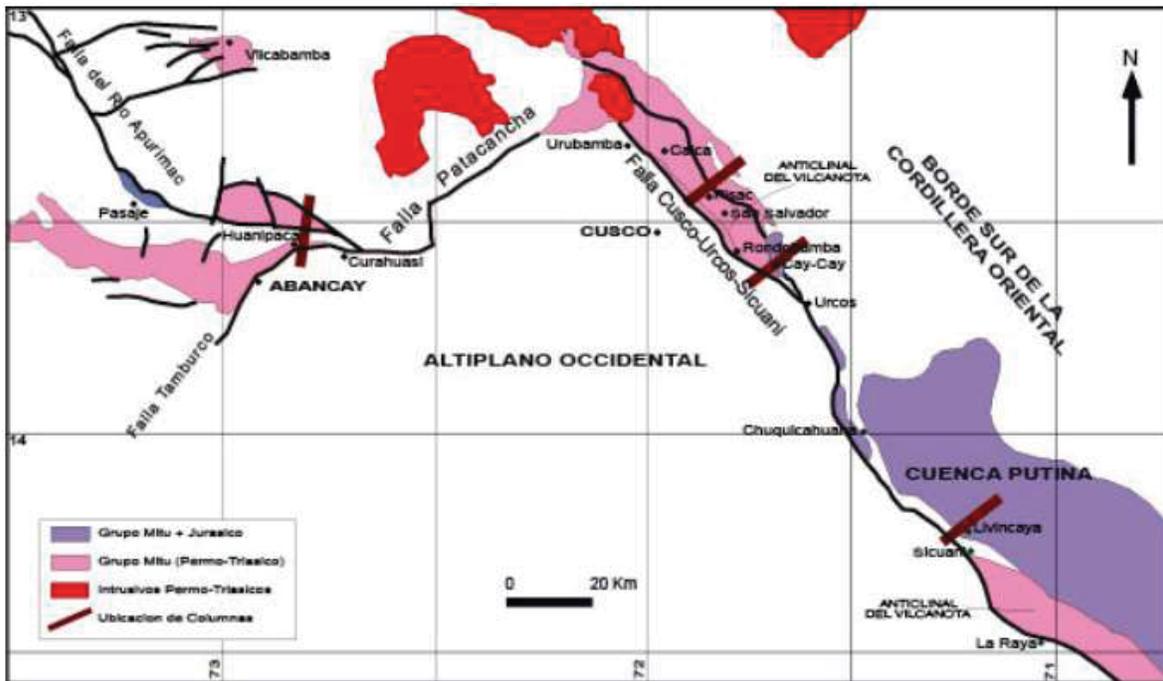


Gráfico N° 4: Anticlinal del Vilcanota y sistema de fallas asociados (fuente: cuadrángulo de cusco 28s)

La carretera, San Salvador Occoruro, se encuentra dentro de la cordillera oriental, y del flanco derecho del anticlinal del Vilcanota, la dirección del anticlinal es NO-SE, y esto se puede apreciar de gran manera, en los afloramientos del grupo Copacabana como se muestra en el gráfico N°4.

El gráfico N° 5 se muestran evidencias de un gran periodo de tectonismo compresivo lo que dio lugar a plegamientos y por consiguiente lo que genero el gran

fracturamiento del grupo Copacabana, Grupo Mitu, y de las formaciones Paucarbamba y Huancane, Que fueron cubiertos por depósitos cuaternarios.



Gráfico N° 5: Anticlinal del Vilcanota vista Satelital (Fuente: SASPlanet).

4.2. FALLAS GEOLOGIAS.

Regionalmente la carretera se encuentra en el sistema de fallas Zurite - Cusco – Urcos – Sicuani, definido por Benavente, el 2014 como. (Ver Mapa N°05)

4.2.1. Sistema de fallas Zurite-Cusco-Urcos-Sicuani (SFZCUS)

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

4.2.2. Falla Chuecamayo

La falla chuecamayo catalogado por el INGEMMET como falla sinistral que tuvo un movimiento inverso tiene una dirección perpendicular al sistema de fallas Zurite-Cusco-Urcos-Sicuani, esta falla está localizada en la parte central de la cuenca

Chuecamayo (Ver Gráfico n° 6), siendo esta la zona de debilidad para que los ríos discurren, generando socavación en las partes bajas de la cuenca.

La falla se encuentra cubierta por depósitos cuaternarios lo que hace difícil la ubicación de estrías y otros indicadores cinemáticos.

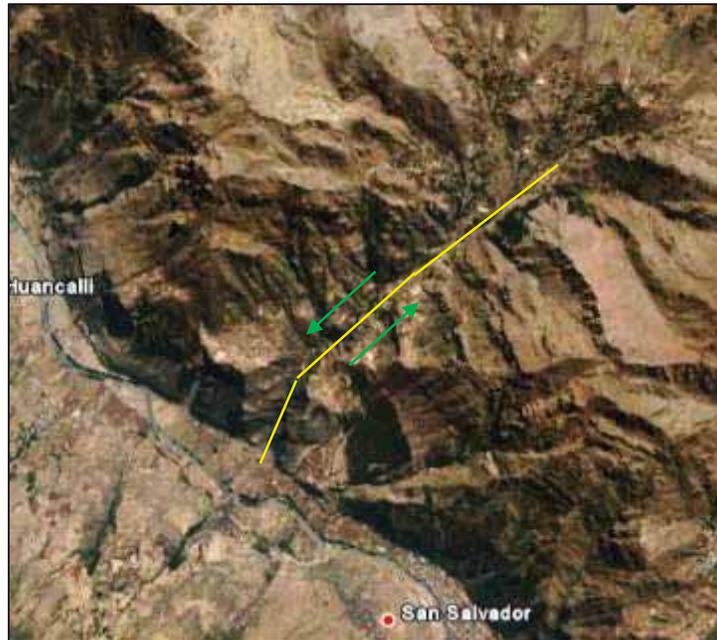


Gráfico N° 6: Falla Chuecamayo (FUENTE: SASPlanet).

4.2.3. Falla Cuyo Chico.

Se ubica en las alturas del poblado de Písaq, exactamente frente al resto arqueológico de Písaq. Se trata de una falla dextral con componente normal que afecta depósitos coluviales y fluvio-glaciares de edad pleistocena.

Tiene un escarpe de 8 metros, en donde se pudo reconocer el último movimiento de tipo dextral normal. La dirección preferencial es de N 165° E y buzamiento hacia el oeste.

A lo largo de la traza de falla, 8 kilómetros, se pudieron observar deslizamientos y caídas de rocas que estarían asociados a la actividad de esta estructura. En la prolongación este de la estructura se observan pequeños escarpes generando saltos de 1.5 metros y afectando depósitos fluvio-glaciares, esta geometría está relacionada a un estilo de deformación de tipo cola de caballo o echelón.

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

El desplazamiento horizontal total es de 3.717 metros con una orientación suroeste y el hundimiento total fue de 1.307 metros.

Según las series temporales, para calcular la velocidad de desplazamiento, tenemos un movimiento de 1.2 metro/año y según las tablas de (Cruden & Varnes 1996). este estaría clasificado como un deslizamiento lento. (Benavente, 2014).

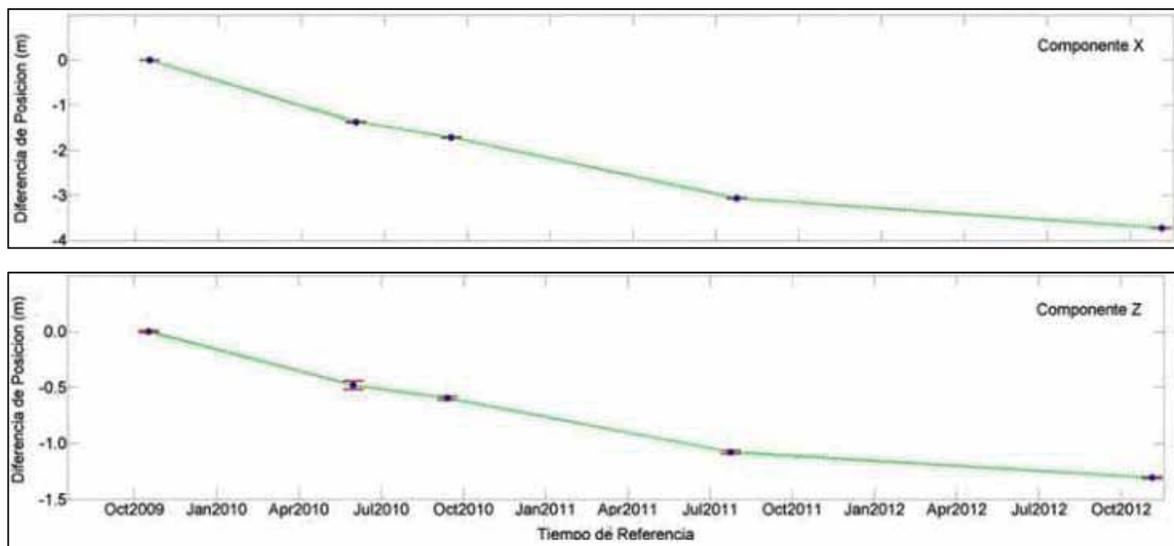


Gráfico N° 7. Desplazamiento del deslizamiento Cuyo chico en las componentes X y Z (Fuente: Ingemmet, Boletín c-055)

El deslizamiento producido por la falla Cuyo Chico no afectará ni influirá en el asfaltado de la carretera San salvador Occoruro, siendo estas en direcciones contrarias. Se tienen que hacer estudios detallados de la falla para determinar periodos de posibles reactivación en ese sentido el movimiento de éste desencadenaría una serie de movimientos sísmicos que afectarían de manera directa al asfaltado y a las estructuras de la carretera.

4.2.4. Falla Chahuaytire.

Se ubica adyacente al poblado de Chahuaytire y de manera paralela a la falla Colquepata, es una estructura que se extiende con dirección N 120° E a lo largo de 12

kilómetros. Cruza morrenas y depósitos fluvio-glaciares de los cerros Jespe Orjo, Abrancuyo y Jalpillo.

Los escarpes tienen 5 metros de altitud y a lo largo de su traza se pueden observar facetas triangulares, charcas alineadas y lagunas, como es el caso de la laguna Yanacocha. El análisis del sistema de drenaje sugiere desplazamientos de tipo sinistral de los cursos de ríos y de las morrenas. (Benavente, 2014)

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

4.2.5. Falla Pachatusan.

La Falla Pachatusan está representada por segmentos continuos y paralelos que se emplazan a lo largo de 12 kilómetros de largo por 3.5 kilómetros de ancho con dirección promedio N130°E y en altitudes que varían entre 4100 y 4300 m.s.n.m. Limitando una cuenca rellena por depósitos fluviales y lacustres del cuaternario. Su buzamiento está comprendido entre 60° y 70° al sur presenta un movimiento normal. Benavente, C.; Delgado, F.; Taípe, E.; Audin, L. & Pari, W. (2013)

4.2.6. FALLAS LOCALES E INDICADORES CINEMÁTICOS:

4.2.6.1. ESTRÍAS.

Son líneas finas encima de un plano tectónico donde ha ocurrido un movimiento o desplazamiento tectónico significativo (Geovirtual.com).

Para la presente Tesis por la comodidad del uso, solo se utilizara las estrías para indicar los movimientos de las fallas.



Foto N° 7: estrías de grupo Copacabana (fuente: propia)

Para el uso del Faultkin, se necesita entender que:

En fallas normales si el Eje o Axis "1", se encuentra en diedros de extensión, tomara el valor de "Sigma 1"

En fallas inversas si el Eje o Axis "1", se encuentra en diedros de compresión, tomara el valor de "Sigma 3", y el axis "3", tomara el valor de "Sigma 1"

- **Falla local km 0+210.**

La falla local en el km 0+210 indica movimientos del tipo Normal Sinistral en función a los siguientes datos:

Azimut (°)	Buzamiento (°)	Pitch (°)	Tipo
85	81	90	Normal
84	76	87	Normal
79	80	89	Normal
85	80	86	Normal
84	80	90	Normal

Cuadro N° 2: Cuadro de Datos km 0+210

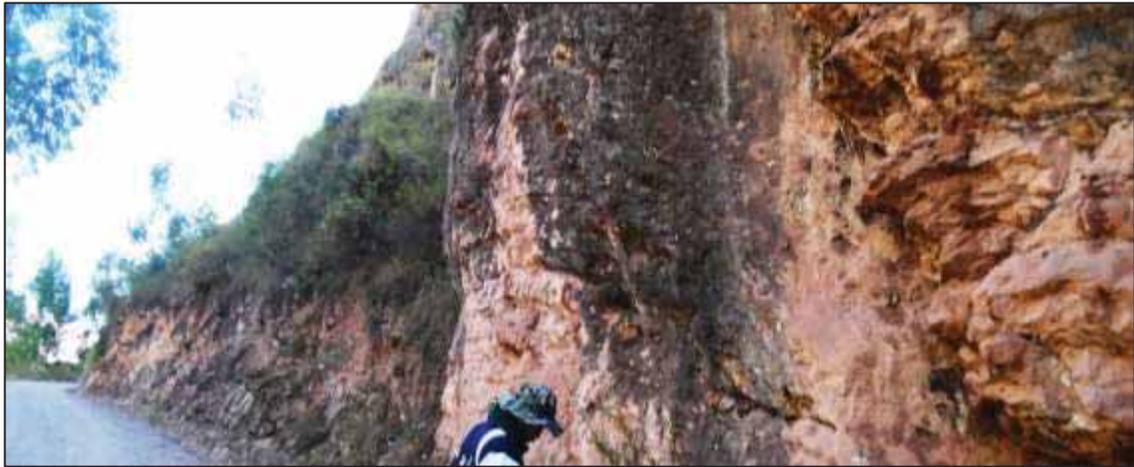


Foto N° 8: Toma de datos de falla en el km 0+210

Los datos se llenaran en el Faultkin, donde pasaremos a interpretar los resultados

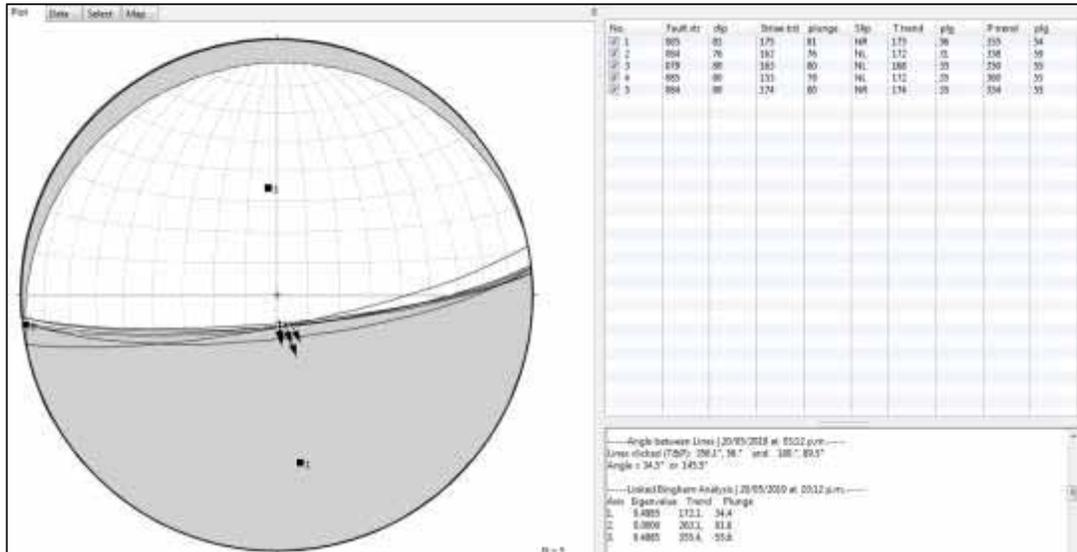


Gráfico N° 8: Diedros para el cálculo de indicadores cinemáticos km 0+210

Eje	Dirección	Inclinación
Sigma 1	355.4	55.6
Sigma 2	263.2	1.6
Sigma 3	172.1	34.4

Gráfico N° 9: Resultados de los Ejes de esfuerzos principales y secundarios Km0+210

De los resultados se concluye que:

- El techo ejerce un esfuerzo de distensión en contra del piso de la falla local km 0+210, las flechas negras indican este movimiento, además el “eje 1” estará dentro de los diedros de distensión lo que indica el mayor esfuerzo en este campo.

Por lo tanto se tiene una cinemática de sentido Normal Dextral con Sigma 1 de dirección **172.1° (SE-NW)**

- Falla local Km 0+420

Para esta falla se tomaron los siguientes datos.

Rumbo	Buzamiento	Pitch	Tipo
120	85	16	Normal
115	83	16	Normal
110	89	14	Normal
118	83	15	Normal
115	85	16	Normal

Cuadro N° 3: Dato de fallas km 0 + 420



Foto N° 9: Toma de datos de falla en el km 0 + 420

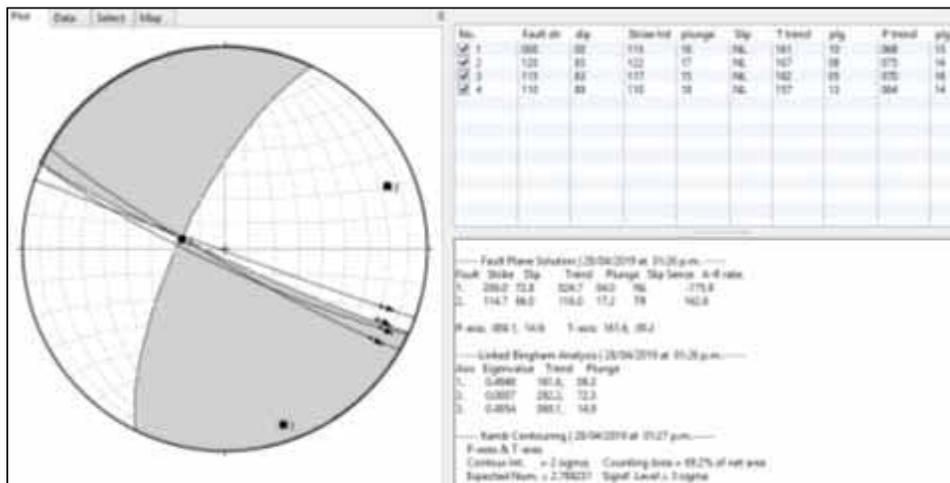


Gráfico N° 10: Ploteo de diedro correspondiente a la falla ventana estructural km 0+420

Eje	Dirección	Inclinación
Sigma 1	069.1	14.9
Sigma 2	282.2,	72.3
Sigma 3	161.6	09.2

Cuadro N° 4: Resultados de los Ejes de esfuerzos principales y secundarios Km 0 + 420

De los resultados se concluye que:

- El techo ejerce un mayor esfuerzo lateral con respecto del piso en la falla local km 0+420, las flechas negras indican este movimiento, además el “eje 1” estará dentro de los diedros de distención lo que indica el mayor esfuerzo en este campo. Por lo tanto se tiene una cinemática de sentido Sinistral Normal, con Sigma 1 de dirección **161.6° (SE-NW)**

- Falla Local km 0+630

Para esta falla se tomaron los siguientes datos:

Rumbo	Buzamiento	Pitch	Tipo
306	38	80	Normal
315	39	79	Normal
308	37	79	Normal
315	37	80	Normal
312	37	80	Normal

Cuadro N° 5: Dato de fallas km 0 + 630



Foto N° 10: Toma de datos de falla en el km 0 + 630

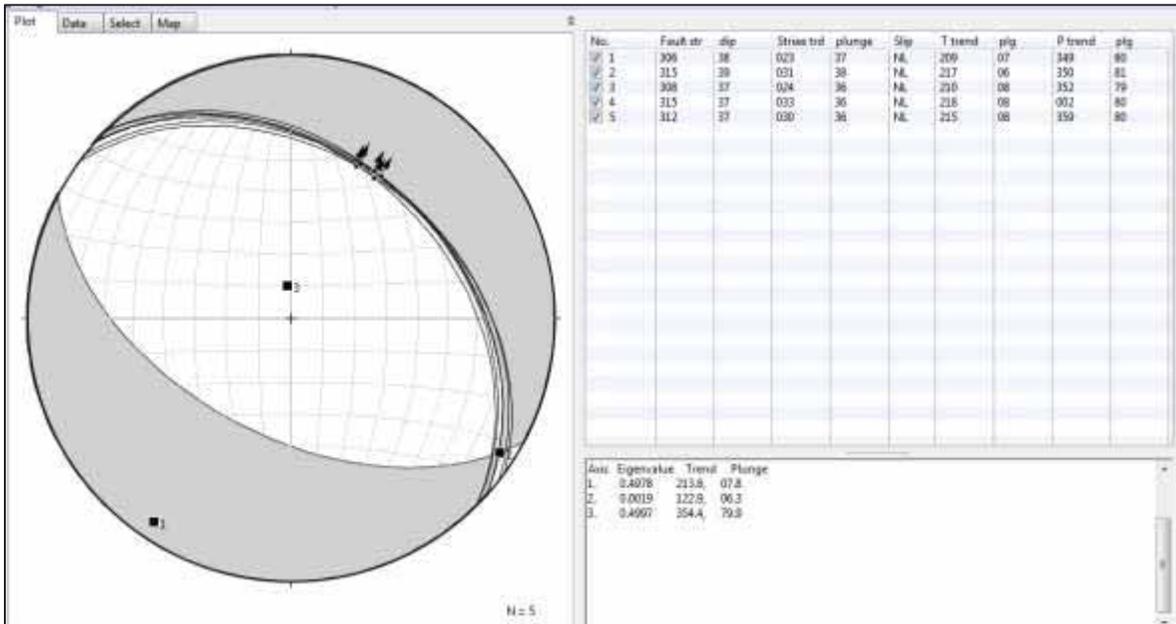


Gráfico N° 11: Ploteo de diedro correspondiente a la falla ventana estructural km 0+630

Eje	Dirección	Inclinación
Sigma 1	354	79.9
Sigma 2	122.9	6.3
Sigma 3	213.8	07.8

Cuadro N° 6: Resultados de los Ejes de esfuerzos principales y secundarios Km 0+ 630

De los resultados se concluye que:

- El techo ejerce esfuerzos en su propia dirección, las flechas negras indican este movimiento, además el “eje 1” estará dentro de los diedros de distensión lo que indica el mayor esfuerzo en este campo. Por lo tanto se tiene una cinemática de sentido Normal ligeramente sinistral, con Sigma 1 de dirección **213.8° (SW-NE)**

ANÁLISIS ESTEREOGRÁFICO Y RELACION CON EL SISTEMA DE FALLAS PACHATUSAN

De los estereogramas realizados en el capítulo 4.2.6.1, se concluye que:

En las fallas del km 0+210 y 0+420, Los datos muestran estados de esfuerzos distensivos, con ejes de separación principal (σ_1) de N 172° y N 161.6° respectivamente, que será compatible con las deformaciones originadas por las fallas Pachatusan.

En la falla del km 0+630, los datos también muestran estados de esfuerzos distensivos, con eje de separación principal N 213.8° esta última coincide con las deformaciones originadas por el sistema de falla Chahuaytire.

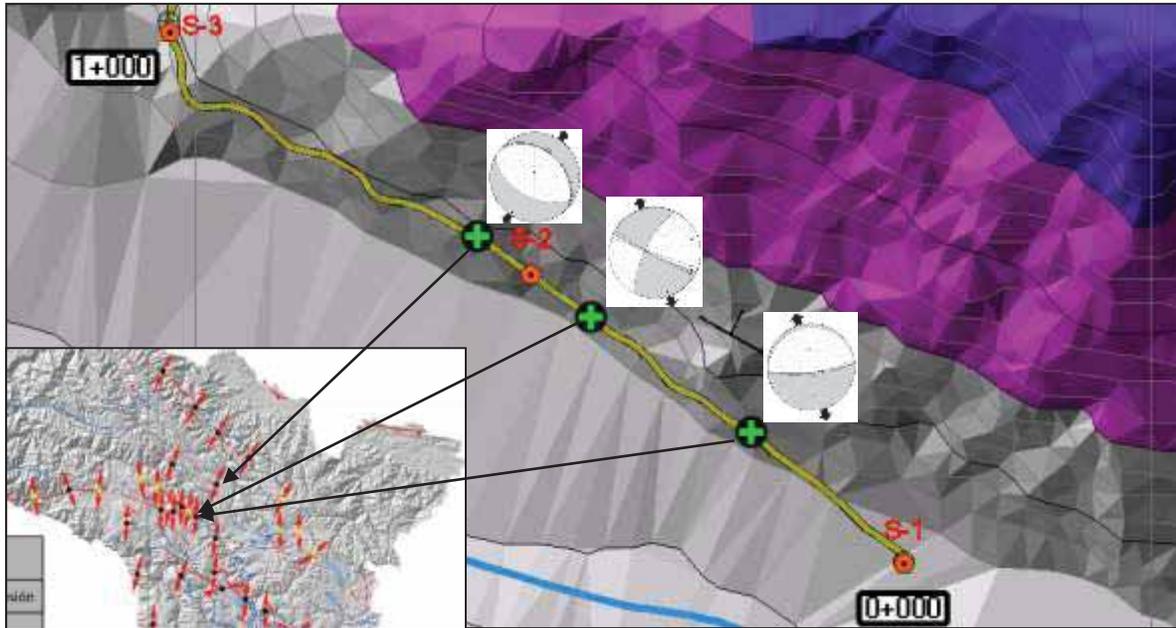


Gráfico N° 12: Relación de fallas locales, con los sistemas de fallas regionales Pachatusan, y falla Chaguaytire
(Fuente: Propia)

4.3. DIACLASAS:

Las diaclasas son fracturas en donde no se tienen ningún movimiento por parte de los planos de fracturamiento. Se pueden formar por compresión, transgresión y distensión, su extensión y profundidad son variables

Se hace la toma de datos de las diaclasas mediante ventanas estructurales para la carretera San Salvador-Occoruro

- **Ventana estructuras tramo 0+365 al 0+375**

Se tomaron los siguientes datos:

Estudio Geológico- Geotécnico para el mejoramiento de la carretera San Salvador Occoruro en las progresivas 0+000 al 18+440						
Lugar	San Salvador	Tramo	km 0+365 - 0+375			Espaciamiento
Talud	74°/232°	Tipo de roca	Caliza	Frm. Copac		
	ESTRUCTURA	Diph	Diph Dir			
S1	J1	21	51	NE	menores a 10 cm	
	J2	23	54	NE		
	J3	20	52	NE		
	J4	22	56	NE		
	J5	20	51	NE		
	J6	24	51	NE		
	J7	21	53	NE		
	J8	19	50	NE		
	J9	22	53	NE		
	J10	26	51	NE		
	J11	25	52	NE		
	J12	25	53	NE		
	J13	20	54	NE		0.12
	J14	15	59	NE	0.1	
	J15	26	46	NE	0.14	
	J16	28	41	NE	0.1	
	J17	22	51	NE	0.2	
	J18	25	54	NE	0.35	
	J19	23	52	NE	0.18	
	J20	20	50	NE	0.57	
S2	J1	75	158	SE	0.2	
	J2	78	162	SE	0.2	
	J3	74	154	SE	0.4	
	J4	78	155	SE	0.3	
	J5	78	156	SE	0.5	
	J6	85	151	SE	menores a 10 cm	
	J7	70	173	SE		
	J8	76	157	SE		
	J9	79	160	SE	0.15	
	J10	82	156	SE	0.23	
	J11	81	161	SE	0.25	

	J12	75	160	SE	0.2
	J13	73	154	SE	menores a 10 cm
	J14	80	157	SE	
	J15	73	157	SE	
	J16	84	160	SE	
	J17	74	158	SE	0.25
	J18	75	159	SE	0.2
	J19	78	156	SE	0.4
	J20	82	159	SE	menores a 10 cm
S3	J1	65	234	SE	menores a 10 cm
	J2	73	247	SE	0.1
	J3	66	234	SE	0.24
	J4	71	243	SE	0.6
	J5	67	250	SE	0.25
	J6	72	240	SE	0.25
	J7	66	247	SE	0.2
	J8	67	245	SE	0.2
	J9	66	246	SE	0.12
	J10	69	245	SE	0.18
	J11	68	244	SE	0.25
	J12	68	239	SE	0.1
	J13	71	240	SE	menores a 10 cm

Cuadro N° 7: *Diph / Diph Dir* de las diaclasas de la ventana km 0+365

A continuación se llenan los datos al Software DIPS, para poder interpretar las direcciones preferenciales de las diaclasas.

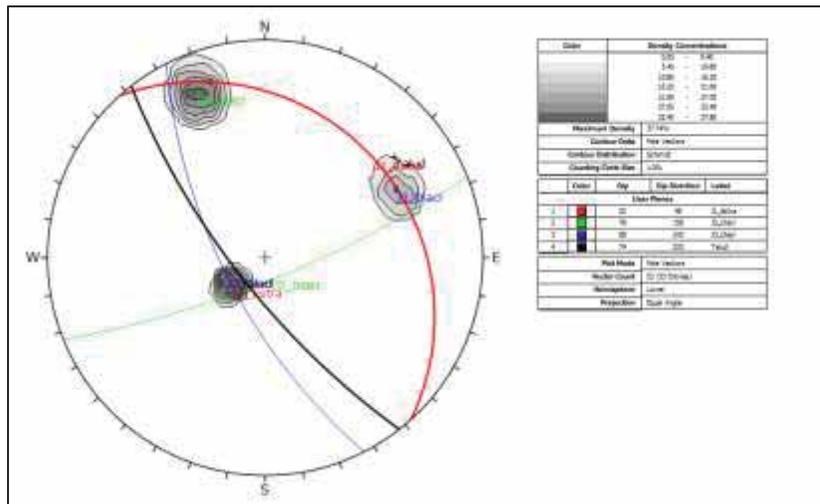


Gráfico N° 13: Estereograma de la ventana estructural km 0+365

Del cuadro de medidas de diaclasas, en el afloramiento tenemos dos familias d de direcciones preferenciales NE y SE

Del grafico13 se interpreta que se encuentran dos familias de discontinuidades preferenciales representadas como J2_Diacl(S2) y J3_Diacla(S3) y la dirección de estratificación(Línea roja) que va en dirección NE, y que va en contra pendiente al Talud (Línea Negra) de dirección SW, lo que indicaría que en estos sectores la estratificación actuaría como un agente que aumentaría el índice de estabilidad del talud, por otro lado la Familia J3_Diacl(S3), presenta dirección SW, lo que indicaría que ésta actuaría aportando desestabilidad, pudiendo generar fallas del tipo planar o desprendimientos de bloques.

- Ventana estructural tramo 0+453 al 0+463

La Segunda ventana estructural se da en el tramo 0+453 al 0+463 y se tomaron los siguientes datos:

Estudio Geológico- Geotécnico para el mejoramiento de la carretera San Salvador Occoruro en las progresivas 0+000 al 18+440					
Lugar	San Salvador	Tramo	km 0+453 - 0+463		Espaciamiento
Talud	69°/243°	Tipo de roca	Caliza	Frm. Copac	
	ESTRUCTURA	Diph	Diph Dir		
S1	J1	21	101	SE	0.15
	J2	19	106	SE	0.2
	J3	25	98	SE	0.27
	J4	24	100	SE	0.2
	J5	26	100	SE	0.25
	J6	22	102	SE	0.45
	J7	26	103	SE	0.25
	J8	20	101	SE	0.3
	J9	19	103	SE	0.35
	J10	19	102	SE	0.15
	J11	20	100	SE	0.25
	J12	23	100	SE	0.2
	J13	25	97	SE	0.2
	J14	26	101	SE	0.1

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DE CUSCO
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica

	J15	20	102	SE	0.1
	J16	19	102	SE	menores a 10 cm
	J17	24	100	SE	
	J18	24	103	SE	
	J19	21	104	SE	
	J20	25	105	SE	
S2	J1	77	172	SE	
	J2	82	154	SE	0.08
	J3	70	173	SE	0.2
	J4	80	171	SE	0.18
	J5	81	175	SE	0.22
	J6	81	174	SE	0.25
	J7	82	169	SE	0.15
	J8	77	171	SE	0.15
	J9	80	173	SE	0.25
	J10	75	172	SE	0.45
	J11	80	174	SE	0.3
	J12	81	175	SE	0.3
	J13	80	170	SE	0.25
	J14	80	175	SE	0.2
	J15	84	174	SE	0.1
	J16	81	175	SE	0.12
	J17	78	170	SE	0.1
	J18	76	174	SE	menores a 10 cm
	J19	75	174	SE	
	J20	81	174	SE	
S3	J1	71	226	SW	0.2
	J2	80	227	SW	0.15
	J3	71	236	SW	0.1
	J4	70	234	SW	0.08
	J5	72	231	SW	0.08
	J6	73	226	SW	0.1
	J7	80	231	SW	0.2
	J8	78	228	SW	0.25
	J9	74	229	SW	0.12
	J10	78	228	SW	0.2
	J11	71	227	SW	0.18
	J12	70	232	SW	0.1
	J13	74	230	SW	0.1

Cuadro N° 8: **Diph / Diph Dir** de las discontinuidades de la ventana km 0+453

Estudio Geológico- Geotécnico para el mejoramiento de la carretera San Salvador Occoruro en las progresivas 0+000 al 18+440				
Lugar	San Salvador	Tramo	km 0+550 - 0+560	
Talud	70°/235°	Tipo de roca	Caliza	Frm. Copac
	ESTRUCTURA	Diph	Diph Dir	
S1	J1	34	37	NE
	J2	34	37	NE
	J3	31	37	NE
	J4	28	39	NE
	J5	31	38	NE
	J6	27	36	NE
	J7	33	35	NE
	J8	30	36	NE
	J9	31	34	NE
	J10	30	41	NE
	J11	34	40	NE
	J12	30	34	NE
	J13	31	39	NE
	J14	31	40	NE
	J15	30	38	NE
	J16	29	39	NE
	J17	33	34	NE
	J18	26	34	NE
	J19	29	35	NE
	J20	32	37	NE
S2	J1	80	291	NW
	J2	80	280	NW
	J3	77	288	NW
	J4	78	289	NW
	J5	82	289	NW
	J6	79	280	NW
	J7	81	287	NW
	J8	81	287	NW
	J9	82	283	NW
	J10	81	286	NW
	J11	81	287	NW
	J12	81	282	NW
	J13	77	284	NW
	J14	77	285	NW

	J15	81	282	NW
	J16	81	285	NW
	J17	79	280	NW
	J18	80	288	NW
	J19	78	283	NW
	J20	78	288	NW
S3	J1	75	125	SE
	J2	75	122	SE
	J3	75	123	SE
	J4	76	123	SE
	J5	73	122	SE
	J6	75	128	SE
	J7	73	128	SE
	J8	74	122	SE
	J9	76	124	SE
	J10	76	127	SE
	J11	73	128	SE
	J12	75	123	SE
	J13	75	127	SE
	Falla	64	86	SW

Cuadro N° 9: *Diph / Diph Dir* de las discontinuidades de la ventana km0+550

Del Cuadro N°9 se realiza llenado de datos al software Dips para visualizar las direcciones preferenciales y el tipo de fallamiento que podría ocurrir.

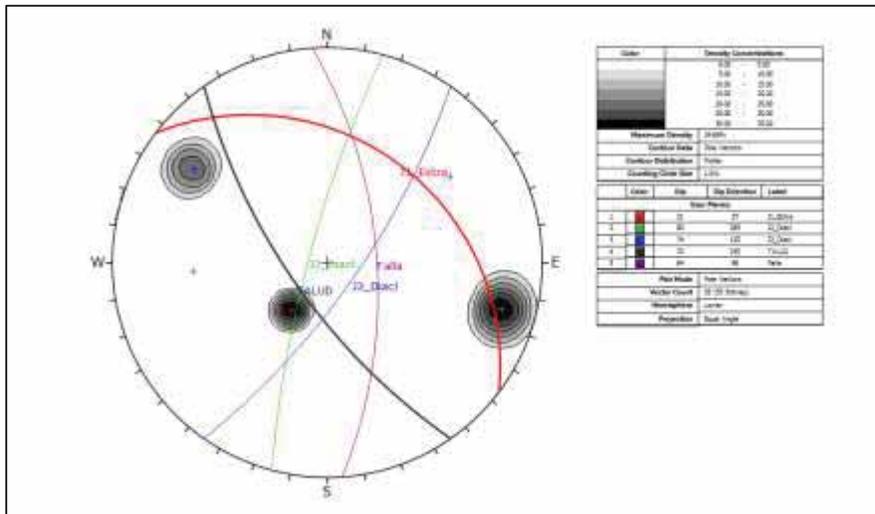


Gráfico N° 15: Estereograma de la ventana estructural km 0+550

En el Grafico N°15 podemos interpretar que la dirección de estratificación J1_Estra (Línea Roja) sigue yendo en contra pendiente al corte del talud (Línea azul), y que se forman cuñas tanto “J1_Estra, Falla, J3_Diacl” y “J3_Diacl, Falla, Talud”, estas cuñas que se forman como intersección de las estructuras y el talud son importantes debido a que cualquier movimiento de la falla ocasionaría si o si desprendimientos de bloques, también dependerá del RMR y GSI de la roca para ver la estabilidad del Talud.

- Ventana estructural tramo 6+800 al 6+810

La Cuarta ventana estructural se da en el tramo 6+800 al 6+810, siendo las medidas las presentadas en el siguiente cuadro n°10.

Estudio Geológico- Geotécnico para el mejoramiento de la carretera San Salvador Occoruro en las progresivas 0+000 al 18+440				
Lugar	San Salvador	Tramo	km 6+800	
Talud	77°/11°	Tipo de roca	Arenisca	
	ESTRUCTURA	Diph	Diph Dir	
S1	J1	40	225	SW
	J2	40	224	SW
	J3	39	225	SW
	J4	39	224	SW
	J5	39	224	SW
	J6	41	224	SW
	J7	39	223	SW
	J8	41	224	SW
	J9	39	223	SW
	J10	39	223	SW
	J11	40	223	SW
	J12	41	225	SW
	J13	45	221	SW
	J14	32	210	SW
	J15	50	220	SW

Cuadro N° 10: *Diph / Diph Dir* de las discontinuidades de la ventana km 6+800

Esta cuadro n°15 fue elaborada tomando en cuenta el sector más crítico dentro de este tramo rocoso correspondiente al grupo Mitu, del cuadro n°15 se realiza llenado

de datos al software Dips para visualizar las direcciones preferenciales y el tipo de fallamiento que podría ocurrir.

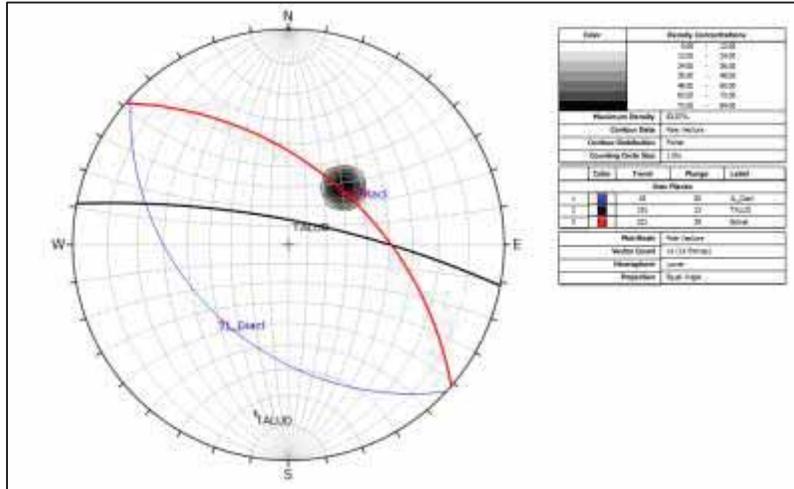


Gráfico N° 16: Estereograma de la ventana estructural km 6+800

En la ventana estructural km 6 + 800, podemos notar una familia de fallas preferentes poco espaciadas inclinadas esta familia de fallas está representada como J1_Diacl y tiende a parecer estar en contra pendiente con la dirección del talud ver gráfico n°51 por la forma en que se presenta el tipo de falla que podría ocasionar serían las del tipo volcamiento. Por otra parte la dirección de estratificación está a favor de la pendiente del talud en ciertos tramos, lo que daría más desestabilidad al talud, se procederá a hacer el estudio de RMR y GSI para determinar la estabilidad del Talud

CAPITULO V GEODINAMICA

5.1. GEODINAMICA INTERNA

La carretera San Salvador – Occoruro, está ubicado en una zona sísmica producidos por los esfuerzos que fue originado por la subducción de las placas por debajo de la placa continental sudamericano, una de las fallas muy importantes activas que se encuentra ubicada en la cordillera oriental del sur del Perú.

La zona de estudios presenta estratos de roca fuertemente fracturadas indican que la zona está sometida a movimientos sísmicos moderados; Uno de los factores que influenció en el grado de fracturación es debido a que estamos dentro del flanco derecho del Anticlinal del Vilcanota, partiendo de este principio nos da a pensar que en la zona de estudio primero se tuvieron esfuerzos compresivos generando el gran anticlinal y al pasar los millones estos esfuerzos cambiaron a ser distensivos generando fallamientos locales del tipo normal.

HISTORIA SÍSMICA

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

- Sismo del 21 de mayo de 1 950: en la ciudad de Cusco se destruyeron más del 50% de viviendas y murieron 120 personas. Después del terremoto en un sector de la ciudad se evidenció una figuración de 5km de extensión y tenía una abertura de algunos centímetros y una profundidad de hasta 2 metros, de intensidad VIII.
- Sismo del 03 de junio de 1 980: fuerte temblor en el Cusco. Intensidad V –VI en Limatambo, en Urubamba, Pisac y en Cusco IV.
- Sismo del 5 de abril de 1 986: sismo en Cusco, dejando gravemente dañadas las edificaciones de la ciudad. Murieron 7 personas, 80 heridos y 13000 damnificados. El hipocentro tuvo lugar en el sistema de fallas conocidas como Tambomacchay

al NE de Cusco. La intensidad fue de VIII en Cusco; mientras que, VI y VII en las otras provincias cercanas.

- Sismo de 1 581: Intensidad de IX en Yanaoca, Cusco. Este terremoto produjo el hundimiento el pueblo de Yanaoca junto con todos sus habitantes.
- El sismo del 24 de noviembre de 1 604: Intensidad de 8.7. Afectó las ciudades de Arequipa, Moquegua y Tacna y Cusco. En Arica ocurrió un tsunami que destruyó la ciudad.
- Sismo del 13 de enero de 1 960: en Arequipa, murieron 63 personas y centenares de heridos. Algunos pueblos quedaron en escombros y algunas estuvieron intransitables debido a los derrumbes.
- El sismo del 23 de junio de 2 001: Conocido como el sismo de Ático, afectó el centro sur del Perú y Norte de Chile. La magnitud fue de 8.4 y las intensidades de VII y VIII principalmente en las ciudades de la costa sur. Este movimiento generó un tsunami en la ciudad de Camaná con olas de 4 a 7 m de altura. Se registró las aceleraciones pico de 0.3g en EW y 0.22g en NS.
- EL sismo de 15 de agosto de 2 007: Se sintió casi en todo el centro y sur del Perú, resultando como más afectada la región de Ica, 596 muertos y miles de heridos. La intensidad fue de IX y la magnitud de 8.0.

Según la Historia Sísmica re|cabada de la zona de estudio San Salvador no fue Epicentro de algún sismo, entonces como una guía se tomara de referencia el mapa de distribuciones de Maximas Intensidades Sísmicas observadas en el Perú dadas por Alva. Et en 1984. En donde determinamos que la zona tendrá una maxima intensidad sísmica de VII grados en la escala modificada de Mercalli. (Ver gráfico n°17)

De acuerdo al mapa de ordenadas Espectrales – Isoaceleraciones, determinamos para la zona de estudio una aceleración sísmica de **0.24-0.26g** correspondiente a un periodo de exposición de 50 años y una probabilidad de excedencia del 10 %. (Ver gráfico 18)

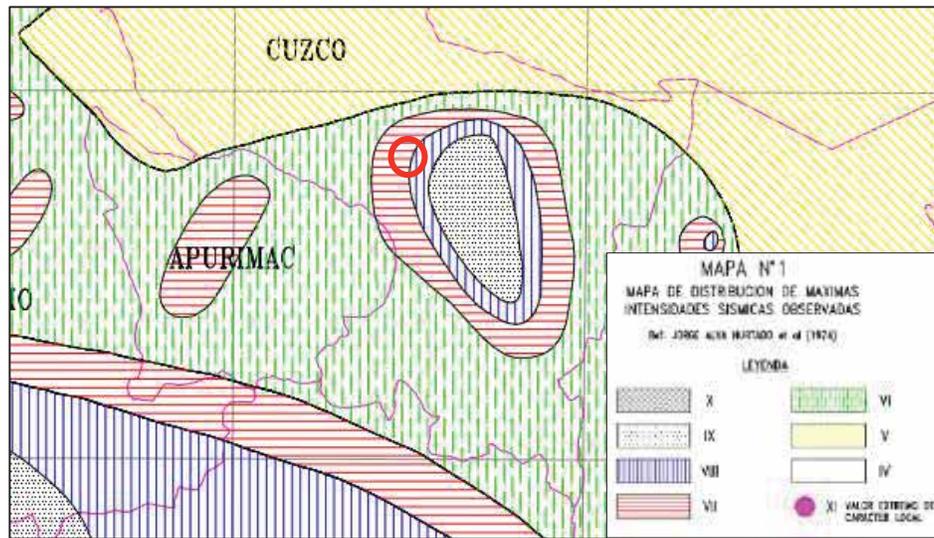


Gráfico N° 17: Mapa de distribución de máximas intensidades sísmicas (Fuente: CISMID).

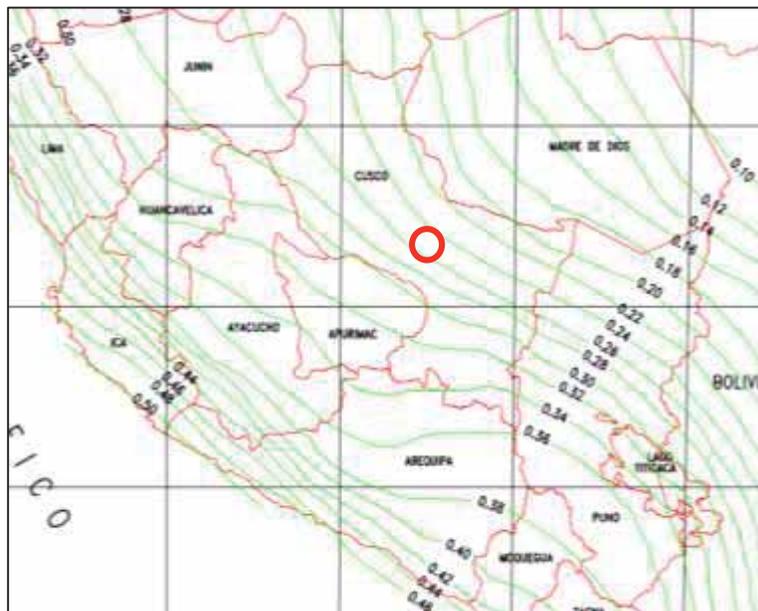


Gráfico N° 18: Mapa Distribución de aceleraciones sísmicas, a nivel nacional. (Fuente: Bolaños, 2004)

Según la norma Sismoresistente E.030 para la carretera San Salvador- Occoruro tendremos las siguientes características sísmicas

5.1.1. Zona sísmica.

Para determinar la zona sísmica, Según la norma E.030 (Capítulo 2.1), del área de estudio, procederemos a ubicarlo dentro de las 4 zonas clasificadas por el ministerio

de viviendas, donde la zona 1 es el sector con menor aceleración sísmica y la zona 4 es el sector con mayores aceleraciones sísmicas. (Ver gráfico n°19).

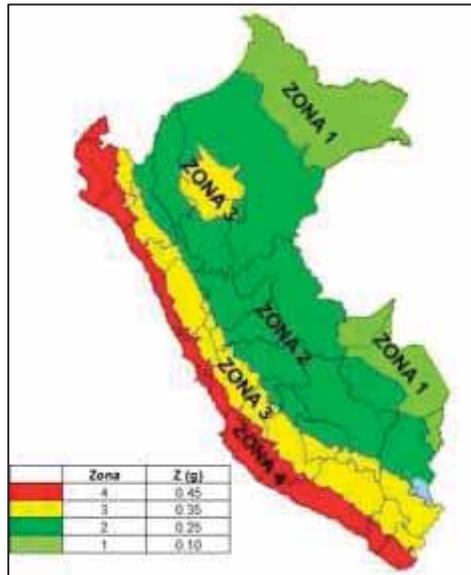


Gráfico N° 19: Mapa de zonas Sísmica (Fuente Norma E.030)

Del mapa se obtiene el valor de la zona sísmica para la zona de estudio ubicándolo en:

Zona sísmica Carretera San Salvador Occoruro= ZONA 2

5.1.2. Factor de Zona.

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

Tabla N° 1 FACTORES DE ZONA “Z”	
ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

Tabla N° 1: Factores de zona comunes (Fuente Norma E.30)

Factor de zona “Z” en la carretera San Salvador Occoruro= 0.25

5.1.3. Perfiles de Suelo

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

En función a los resultados de laboratorio (ver tabla n°3) la carretera pertenecerá al perfil del **suelo tipo S1** En los depósitos cuaternarios. Ya que la resistencia al corte en estos materiales será mayor a 1kg/cm² Como indica la norma

Tabla N° 2			
CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELO			
Perfil	\bar{V}_s	\bar{N}_{60}	\bar{S}_u
S0	> 1500 m/s	-	-
S1	500 m/s a 1500 m/s	> 50	>100 kPa
S2	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S3	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
S4	Clasificación basada en el EMS		

Tabla N° 2: Resumen de valores típicos para los distintos perfiles de suelo (Fuente: Norma E.030)

5.1.4. Parámetros de Sitio (S, T_P y T_L)

Los parámetros de Sitio estarán en función de la amplificación sísmica y el tipo de perfil de suelo (Capítulo 2.4 Norma E.030). (Ver las tablas n°4 y n°5)

Tabla N° 4				
FACTOR DE SUELO "S"				
SUELO	S0	S1	S2	S3
ZONA				
Z4	0,80	1,00	1,05	1,10
Z3	0,80	1,00	1,15	1,20
Z2	0,80	1,00	1,20	1,40
Z1	0,80	1,00	1,60	2,00

Tabla N° 3: Parámetros de sitio (Fuente: Norma E.030)

Tabla N°5				
	Periodos "TP" y "TL"			
	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
T_P (s)	0.3	0.4	0.6	1
T_L (s)	3	2.5	2	1.6

Tabla N° 4: Parámetros de sitios (Fuente: Norma E.030)

Donde:

S. Factor de amplificación de Suelo

T_P . Periodo que define la plataforma del factor C.

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

C. Factor de amplificación Sísmica

5.1.5. Factor de Amplificación Sísmica

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

Para la carretera San salvador Occoruro el factor de amplificación sísmica (C) estará definido como **C= 2.5**, en vista de que $T < T_p$ (numeral 2.5 Norma E.030)

5.1.6. Evaluación de peligros por geodinámica Interna

Para la evaluación de peligros por geodinámica interna se tendrá que recurrir al uso de isosistas generadas por los sismos más fuertes ocurridos aledaños a la zona de estudio. Para la zona de estudio tomamos en cuenta los sismos siguientes:

a.- Intensidad Sísmica aproximada

Sismo del 21 de Mayo de 1950, a las 13:38 horas: terremoto en la ciudad del Cusco, que dañó los edificios y viviendas en más de un 50%, perecieron alrededor de 120 personas; después del terremoto al SE de San Sebastián se presentaron fisuras y grietas (en una longitud de 5 km) de forma irregular, con profundidades de algunos centímetros hasta 2 m, Intensidad en Cusco VIII, San Salvador IV.

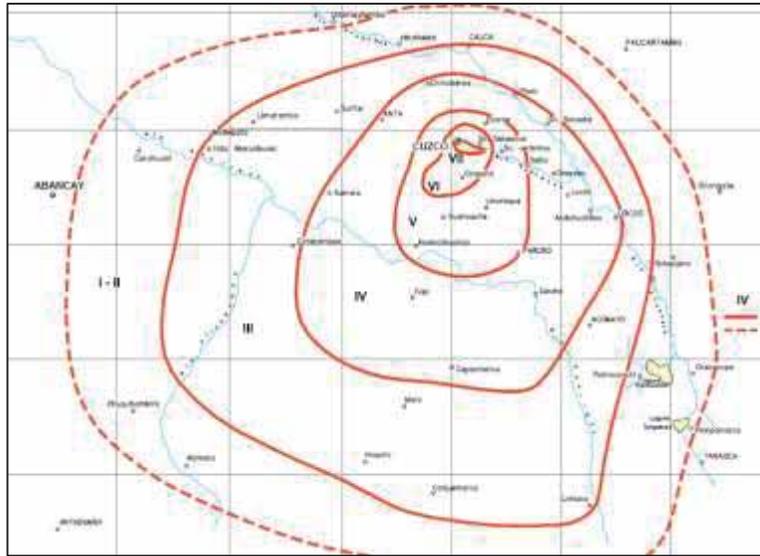


Gráfico N° 20: Mapa de isosistas sísmo 21 mayo 1950 - Cuzco
(E. Silgado, J.Fernandez-Concha y G. Ericksen, 1952).
Intensidad en San Salvador =IV

Sismo del 5 de abril de 1986, a las 15: 14 horas, ocurrió un sismo fuerte que sacudió la ciudad del Cuzco y alrededores, daño las viviendas de la ciudad; origino la muerte de 7 personas, 80 heridos y aproximadamente 13,000 damnificados. El Epicentro tuvo lugar dentro del área del sistema de fallamiento Tambomachay, localizado a 8 Km al NE de la ciudad del Cuzco, intensidad de VIII en la Laguna Qoricocha, en San Salvador de V

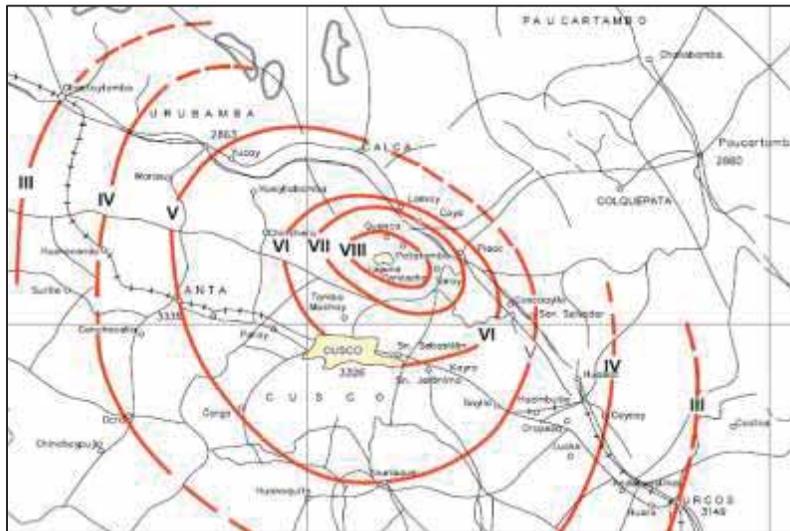


Gráfico N° 21: Mapa de isosistas sismo 5 abril 1986 - Cuzco
(P. Huaco, M. Minaya y E. Deza, 1986).
Intensidad en San Salvador = V

b.- Cálculo de la Intensidad Esperada en la escala de Mercalli.

Para este cálculo se utilizó el Método Determinístico, este método supone que la sismicidad futura será similar a la pasada, siendo el máximo sismo ocurrido el máximo previsible. Es un proceso en que repitiendo los mismos parámetros de un evento, sabemos con seguridad absoluta si ocurrirá o no cierto resultado; se basa en la relación de daños en estructuras de sismos anteriores con la intensidad sísmica.

En cuanto a la estimación de la Intensidad de Mercalli hemos utilizado el método determinístico de Aceleración, (Steinmom, 1982), con la cual se calcula los probables daños de la infraestructura de riego en la zona de estudio.

Se tiene que considerar que este método no considera la litología de la zona de estudio por cuanto solo es un método determinístico.

La fórmula de Steinmom es la siguiente:

$$A = \frac{224 e^{0.823(MS)}}{(R + C(M))^{1.56}}$$

Dónde:

A = Aceleración (1 gal = 1cm/seg²)

Ms = 0.89+1.341Log L

C(M) = 0.864e0.46Ms

R = Distancia del poblado a la falla (km)

L = Longitud de la falla (Km)

En el grafico N°21 se observan las fallas geológicas activas en la región del Cusco en la mapa, La falla pachatusan tiene una tendencia E-O, pero hacia el Este cambia a rumbo a NO-SE, se ubica a 8.0 km al suroeste de nuestra zona de estudio Es una falla que presenta un movimiento normal y se encuentra afectando depósitos aluviales y fluvio glaciares; La falla chahuaytire se ubica a 6.1 km al noreste de nuestra zona, y Es una falla de tipo sinestral. Cruzando morrenas y depósitos fluvio-glaciares de los cerros Jespe Orjo, Abrancuyo y Jalpillo. Por su cercanía a la zona de estudio las dos fallas constituyentes podrían generar mayor daño frente a posibles sismos.

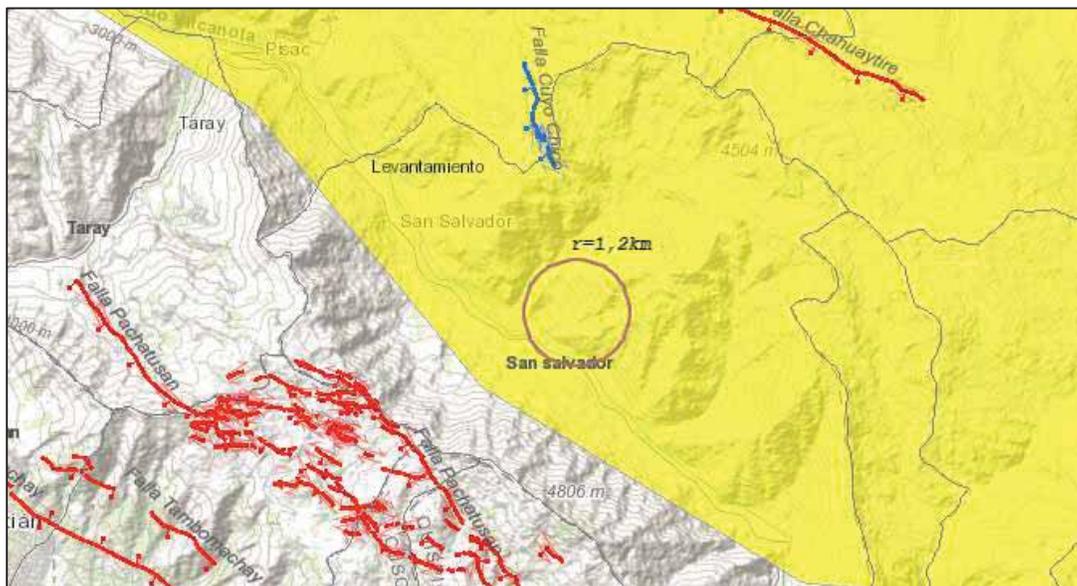


Gráfico N° 22: fallas activas cercanas a la zona de estudios (Fuente. Geocatmin – Neotectonica)

Distancia del centro poblado a la falla:

San Salvador - Falla Pachatusan= 8.0 km

San Salvador – Falla Chahuaytire= 6.1 km

Longitud de la falla:

Falla Pachatusan= 21.3 km

Falla Chahuaytire= 7.0 km

POBLADO	FALLA	LONGITUD DE LA FALLA "L" en Km	DISTANCIA DEL POBLADO A LA FALLA "R" EN Km	MS	C(M)	ACELERACION (A) EN gal=cm/seg ²	INTENSIDAD SISMICA ESPERADA EN LA ESCALA DE MERCALLI
San Salvador	Activa Pachatusan	21.3	8	2.67	2.952	48.241	VII. Muy Fuerte
San Salvador	Activa Chaguaytire	7	6.1	2.02	2.191	43.687	VII. Muy Fuerte

Cuadro N° 11: Distancia de las fallas activas a la zona de estudio

Como se puede observar la predicción de la intensidad de un sismo en la escala de Mercalli para la zona del proyecto con epicentro en ambas fallas sería de una intensidad VII en la escala de Mercalli en el Cuadro N°12. Se compara la intensidad con los posibles daños que estos movimientos podrían causar.

Grado	Descripción
I. Muy débil	Imperceptible para la mayoría excepto en condiciones favorables. Aceleración menor a 0.5 Gal.
II. Débil	Perceptible sólo por algunas personas en reposo, particularmente aquellas que se encuentran ubicadas en los pisos superiores de los edificios. Los objetos colgantes suelen oscilar. Aceleración entre 0.5 y 2.5 Gal.
III. Leve	Perceptible por algunas personas dentro de los edificios, especialmente en pisos altos. Muchos no lo reconocen como terremoto. Los automóviles detenidos se mueven ligeramente. Sensación semejante al paso de un camión pequeño. Aceleración entre 2.5 y 6.0 Gal.
IV. Moderado	Perceptible por la mayoría de personas dentro de los edificios, por pocas personas en el exterior durante el día. Durante la noche algunas personas pueden despertarse. Perturbación en cerámica, puertas y ventanas. Las paredes suelen hacer ruido. Los automóviles detenidos se mueven con más energía. Sensación semejante al paso de un camión grande. Aceleración entre 6.0 y 10 Gal.
V. Poco Fuerte	La mayoría de los objetos se caen, caminar es dificultoso, las ventanas suelen hacer ruido. Aceleración entre 10 y 20 Gal.
VI. Fuerte	Lo perciben todas las personas, muchas personas asustadas suelen correr al exterior, paso insostenible. Ventanas, platos y cristalería dañados. Los objetos se caen de sus lugares, muebles movidos o caídos. Revoque dañado. Daños leves a estructuras. Aceleración entre 20 y 35 Gal.
VII.	Pararse es dificultoso. Muebles dañados. Daños insignificantes en estructuras de buen diseño
Muy fuerte	y construcción. Daños leves a moderados en estructuras ordinarias bien construidas. Daños considerables estructuras pobremente construidas. Mampostería dañada. Perceptible por personas en vehículos en movimiento. Aceleración entre 35 y 60 Gal.
VIII. Destructivo	Daños leves en estructuras especializadas. Daños considerables en estructuras ordinarias bien construidas, posibles colapsos. Daño severo en estructuras pobremente construidas. Mampostería seriamente dañada o destruida. Muebles completamente sacados de lugar. Aceleración entre 60 y 100 Gal.
IX. Ruinoso	Pánico generalizado. Daños considerables en estructuras especializadas, paredes fuera de plomo. Grandes daños en importantes edificios, con colapsos parciales. Edificios desplazados fuera de las bases. Aceleración entre 100 y 250 Gal.

X. Desastroso	Algunas estructuras de madera bien construida destruidas. La mayoría de las estructuras de mampostería destruida. Rieles dobladas. Aceleración entre 250 y 500 Gal.
XI. Muy desastroso	Pocas, si las hubiera, estructuras de mampostería permanecen en pie. Puentes destruidos. Rieles curvados en gran medida. Aceleración mayor a 500 Gal.
	Destrucción total con pocos supervivientes. Los objetos saltan al aire. Los niveles y perspectivas quedan distorsionados.

Cuadro N° 12: Intensidad en la escala de Mercalli (Fuente: USGS 1989)

En conclusión, se estima un riesgo sísmico con una intensidad de VII (Muy Fuerte), y el riesgo por caída de bloques de roca, derrumbes en un sismo de estas intensidades es más que suficiente para activarlos

5.2. GEODINAMICA EXTERNA:

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

La carretera se encuentra en un área geográfica de rasgos topográficos variables y heterogéneos, donde los fenómenos de geodinámica externa, se desarrollan ampliamente. Las diferencias litológicas, más las características estructurales aunadas a la topografía, tienen injerencia en el rompimiento de la estabilidad de taludes. En esta parte describiremos los principales Fenómenos observados. (Ver Mapa N°06)

5.2.1. MOVIMIENTOS EN MASA:

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

TIPOS DE MOVIMIENTOS.

- **CAÍDAS:** La caída es un tipo de movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido, el material cae

desplazándose principalmente por el aire pudiendo efectuar golpes, rebotes y rodamiento (Varnes, 1978), Ver Gráfico N° 23.

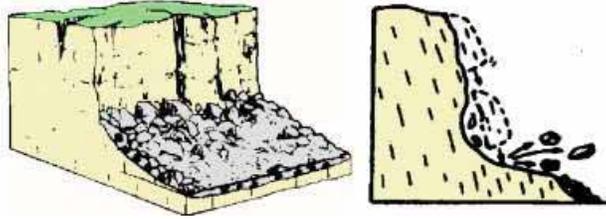


Gráfico N° 23: Caída de rocas y suelos (Fuente: Varnes, 1978).

En la carretera San Salvador Occoruro en la épocas de lluvias estos fenómenos se dan en los siguientes tramos km 0+120 al 0+800; 6+790 al 7+930, Ver Foto N° 11.



Foto N° 11: Caída de rocas en el km 7+400, pertenecientes a la formación (Fuente: propia)

- **VOLCAMIENTOS:** Se denomina así a un tipo de movimiento en masa en el cual hay una rotación generalmente hacia adelante de uno o varios bloques de roca o suelo, alrededor de un punto o pivote de giro en su parte inferior. Este movimiento ocurre por acción de la gravedad, por empujes de las unidades adyacentes o por la presión de fluidos en grietas (Varnes, 1978). Ver gráfico N° 24. rotación de uno o más elementos alrededor de un punto pivote. (Ver foto n° 12)

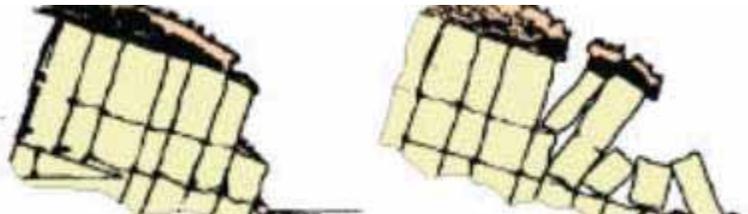


Gráfico N° 24: Volcamientos de columnas de roca (Fuente: Freitas, 1976)

En la carretera San Salvador- Ocoruro estos fenómenos ocurren solamente en el grupo Mitu, aprovechando las direcciones de fracturamiento a favor de la pendiente y los flujos de agua en épocas de lluvia, los tramos afectados van desde el km 6+600 al 7+000, (Ver foto N° 12)



Foto N° 12: Volcamientos en el km 6+800 (fuente: propia)

- **CAIDA DE SUELO:** Es un tipo de movimiento en masa donde se desprenden varios bloques de suelo, esto se debe a la fuerte pendiente del talud, y a los fenómenos de licuefacción que afectan de forma directa al tipo de material originando la desestabilización y subsecuente caída. (Ver foto N°13)

A lo largo de la carretera San Salvador-Ocoruro desde los kilómetros 1+500 al 6+000 se evidencian este tipo de fenómenos, originados por la pendiente fuerte del talud, el tipo de material (SM, SC, CL y GM) y la ubicación de Cuneta, que fueron los factores desencadenantes para generar la licuefacción de suelos en las partes bajas del talud, su subsecuente desplazamiento y por último la caída del talud, (Ver foto N°13), depósitos cuaternario del tipo coluvial, con pendientes moderadas.



Foto N° 13 Caída de suelos km 2+600 (fuente: propia)

- **FLUJOS DE LODO:** Es un tipo de movimiento en masa que durante su desplazamiento exhibe un comportamiento semejante al de un fluido; puede ser rápido o lento, saturado. En muchos casos se originan a partir de otro tipo de movimiento, ya sea un deslizamiento o una caída (Varnes, 1978). masas que se mueven como unidades deformadas, viscosas, sin un plano discreto de ruptura (Ver Foto n°14).

A lo largo de la carretera San Salvador Occoruro estos flujos se dan en mayor frecuencia sobre depósitos fluvioglaciares, a partir del km 16+000 al 18+440, en ocasiones llega a cubrir el badén pero son controlables y poco destructivos.



Foto N° 14: Flujo de detritos en depósitos fluvioglaciares km 16+750. (Fuente: propia)

5.2.2. EROSION FLUVIAL

La erosión fluvial se dará en sectores donde los materiales sean poco compactados y que tiendan a ser fácilmente erosionadas por los materiales que traerá el río en épocas de máximas intensidades pluviales.

Los flancos más expuestos a ser friccionados son aquellos que chocaran directamente con la dirección del flujo de los ríos, en los sectores sinuosos, generando el fenómeno de tuvificación más fuerte en estos puntos limpiando los materiales finos (limo – arcillas, y arenas no compactas) generando inestabilidad y el colapso del talud.

Podemos ver en la Foto N°15 en el km 18+400 como el río en los meses de febrero y marzo socavo gran parte de material a cinco metros de la carretera, debido a las fuertes intensidades de lluvia, y aumento de caudales, lo que nos da la idea de que se tendrán que hacer pequeños gaviones para prevenir que el socavamiento avance.



Foto N° 15: Erosión fluvial que se presenta en los mese lloviosos. (Fuente: propia)

5.2.3. EROSION EN SURCOS:

Se forman en taludes de materiales limos arcillosos, en forma de surcos por la fuerte escorrentía superficial presente en este sector, Ver foto N°16, se recomienda cunetas de coronación en las cabeceras de estos tramos: 3+620 al 3+660; 3+810 al 3+830



Foto N° 16: Erosión en surco originada por lluvias torrenciales KM 3+620 al 3+660 (Fuente: propia)

5.2.4. EROSION DE PLATAFORMA

La erosión de plataforma se da por acciones naturales, (aguas superficiales y subterráneas) y antrópicas (Fricción de neumáticos, deterioro por un inadecuado uso de cunetas por parte de los pobladores).

En la carretera San Salvador-Occoruro como se muestra en la Foto N°17. Se dará por el transcurso del agua desviada de la cuneta, siendo esta el causal del deterioro de esta, además de la falta de mantenimiento.



Foto N° 17: Grietas originadas por mal uso de las cunetas de hasta 5cm de profundidad (Fuente: propia)

A. PUNTOS DE AGUA

Son los principales desencadenantes del origen de deslizamientos, flujo de detritos y derrumbes, muchos de ellos no canalizados y provocados por los pobladores de las comunidades aledañas

Los mayores puntos de agua que aparentemente son manantiales fueron producidos de forma antrópica, debido a querer encausar el agua de las cunetas y usarlos para riego ver foto N°18, realizando cortes de carreteras y poniendo tuberías para dirigir el agua a sus terrenos para riego; también se tiene la presencia de algunos humedales, sin efecto negativo en la carretera



Foto N° 18: km 2+880, el agua del badén fue dirigida a terrenos para riego (Fuente: propia)

CAPITULO VI. HIDROLOGÍA

6.1. GENERALIDADES

La red hidrográfica en la zona de estudios, está conformado por río principal Chuecamayo y sus afluentes Huaqhuaycco; Quehuaymayo; Tiraccochamayo; los cuales provienen de cuatro lagunas mayores y uno pequeño. Así también se observaron ojos de aguas en algunos puntos de carretera, los cumbrones de la cuenca tienen una morfología circular lo que favorece la acumulación de agua en los meses lluviosos, este proceso más la acumulación de materiales procedentes de los deslizamientos, cárcavas, etc (que fueron estudiados a detalle en: ANÁLISIS DE RIESGO POR PELIGROS GEODINÁMICOS Y PELIGROS CLIMÁTICOS EN LA MICROCUENCA DE CHUECAMAYO – DISTRITO DE SAN SALVADOR, PROVINCIA CALCA, REGIÓN CUSCO. Marzo 2014) es necesario realizar nuevas obras de contención en la carretera y los badenes, puentes y cunetas.

La carretera San Salvador –Occoruro, se desplaza a lo largo de 18.440 km, y a lo largo de esta se realizaron dos sub cuencas para su mejor estudio, las cuales afectaran directamente y indirectamente la vía, generaran daños a las estructuras y en el peor de los casos desborde, provocando inundaciones, socavaciones, etc en las vías.

6.2. INFORMACIÓN METEOROLÓGICA

Para los Cálculos Hidrológicos en las dos Microcuencas de la zona de estudio se tomaran en cuenta 4 estaciones meteorológicas: Estación KAYRA, Estación PISAC, Estación COLQUEPATA, Estación CAYCAY y Estación GUÍA de la ANA, obteniendo datos de precipitación mensual desde el año 1966 hasta el 2018 (ver cuadro N°13; cuadro N° 14; cuadro N° 15; cuadro N°16)

- 1. Estación Kayra.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DE CUSCO
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1931	275.3	104.9	165.5	16.6	3.9	0.9	0.0	0.2	22.3	21.7	96.9	126.5
1932	202.0	186.4	160.0	38.6	13.0	0.0	3.1	0.0	38.0	75.6	23.4	67.6
1933	151.9	107.4	137.6	37.5	5.0	6.6	1.0	3.9	32.5	118.9	50.5	104.4
1934	142.6	140.3	80.2	12.4	2.2	0.1	0.0	3.8	11.1	31.4	108.4	68.3
1935	127.8	60.8	95.9	26.7	2.5	3.6	2.1	0.0	21.7	46.1	63.9	111.0
1936	102.4	82.4	30.8	7.5	2.1	1.6	7.8	5.8	69.5	30.8	20.7	92.7
1937	81.4	95.1	34.0	16.8	0.0	2.6	0.0	0.0	4.3	35.7	18.8	39.5
1938	46.8	42.0	31.5	17.4	9.8	13.4	1.2	0.7	16.7	35.1	32.1	58.4
1939	133.4	54.2	64.3	27.3	8.0	0.0	5.9	14.3	66.6	26.0	67.1	88.4
1940	142.2	48.3	81.3	36.3	2.6	8.9	0.9	0.7	47.8	49.5	22.2	162.8
1941	114.7	163.7	21.8	52.5	13.0	5.7	1.9	3.4	30.5	48.6	90.9	68.6
1942	143.3	122.9	69.0	47.1	9.7	0.0	0.0	0.0	0.0	16.2	56.9	82.5
1943	73.9	107.2	80.2	33.3	9.0	24.0	1.1	23.5	37.0	33.4	65.5	145.1
1944	128.7		94.2	4.0	13.5	1.2	0.0	2.0	14.4	86.6	73.0	99.3
1945	109.5	135.4	199.1	39.5	1.5	0.0	0.0	6.1	17.5	76.7	143.1	132.6
1946	63.1	163.4	92.5	15.0	15.7	6.0	9.0					
1947	152.9	162.7	64.5	50.9	22.8	7.3	0.0	0.0	2.0	42.3	66.2	56.5
1948	178.8	115.4	99.4									
1949		121.5										
1964		92.5	101.6	26.0	6.5	0.0	0.0	0.0	0.0	36.5	0.0	65.6
1965	101.8	100.5	112.4	88.0	5.8	0.0	0.4	1.0	29.6	58.3	42.5	153.0
1966	78.3	171.2	79.9	18.3	19.8	0.0	0.0	1.7	31.9	59.7	65.2	71.4
1967	59.1	118.4	140.3	19.0	1.8	0.6	11.0	19.0	32.8	70.9	57.2	125.6
1968	149.4	106.6	84.5	34.6	6.3	5.3	30.9	8.6	16.3	84.6	86.7	54.4
1969	144.4	77.8	88.1	16.8	2.9	3.3	7.2	3.9	22.8	29.8	54.7	72.9
1970	170.6	92.6	132.5	86.1	2.3	1.0	3.7	3.4	42.1	46.1	48.2	177.4
1971	128.9	161.6	83.6	40.0	1.5	0.1	0.0	5.7	3.5	55.7	51.0	127.5
1972	192.1	66.8	57.2	29.7	3.4	0.0	6.5	27.3	12.2	7.9	50.2	100.2
1973	221.3	120.9	99.6	75.2	14.0	0.0	9.1	11.8	14.5	65.1	88.8	96.5
1974	102.5	157.7	121.5	34.5	3.6	8.2	1.0	34.6	5.9	43.3	60.9	108.0
1975	124.7	131.0	55.3	66.8	22.5	0.7	0.3	0.6	51.1	47.5	51.0	170.1
1976	119.6	83.1	123.1	42.9	13.0	8.7	0.7	2.5	26.8	25.3	47.8	66.8
1977	116.7	122.8	69.3	47.6	7.9	0.0	4.4	0.0	29.9	65.0	71.5	78.0
1978	175.4	106.1	88.5	48.7	11.4	0.0	3.4	0.0	13.7	12.3	86.7	117.9
1979	101.1	131.6	108.8	46.8	6.2	0.0	0.9	8.1	11.5	18.4	85.6	81.8
1980	106.2	126.4	135.0	23.2	3.7	0.0	5.3	1.0	12.6	62.9	60.2	83.1
1981	225.4	80.8	124.4	56.9	1.8	3.9	0.0	9.8	45.9	108.9	120.8	144.3
1982	178.9	115.5	143.1	58.8	0.0	9.2	3.4	4.9	14.0	37.9	122.5	98.6
1983	128.4	84.0	54.5	29.8	3.4	6.2	0.5	0.9	5.5	26.0	44.3	100.2
1984	198.6	142.4	71.0	82.8	0.0	2.0	1.3	11.4	4.2	114.6	69.4	102.8
1985	129.1	119.4	74.2	33.2	15.6	11.6	0.9	0.0	43.3	62.1	116.5	122.4
1986	76.4	92.2	125.7	65.5	6.2	0.0	1.8	4.2	7.5	17.3	69.6	102.7
1987	224.3	87.9	48.6	13.1	2.1	1.3	9.2	0.0	8.2	26.5	101.8	107.6
1988	163.8	84.3	166.5	108.9	4.6	0.0	0.0	0.0	9.9	36.2	47.6	103.7
1989	151.4	126.8	119.3	38.6	6.4	9.1	0.0	6.1	30.7	48.7	60.7	88.5
1990	157.6	90.4	60.2	47.4	7.5	31.8	0.0	5.8	13.3	73.7	86.9	66.5
1991	97.6	163.6	105.2	45.1	11.0	5.1	1.5	0.0	21.4	49.3	83.6	99.0
1992	114.1	102.4	104.0	14.9	0.0	19.4	0.0	21.4	8.0	50.7	117.4	57.0
1993	206.7	110.5	75.8	18.8	0.9	0.0	2.7	6.9	18.0	46.2	111.9	201.5
1994	177.0	163.9	173.9	45.5	11.8	0.0	0.0	0.0	25.7	40.2	40.5	119.9
1995	122.0	94.8	95.3	17.8	0.0	0.0	0.6	1.2	28.8	26.7	70.2	102.6
1996	131.9	98.0	70.5	32.3	11.0	0.0	0.0	6.3	19.6	58.4	49.0	133.2
1997	123.3	127.7	104.8	31.0	4.8	0.0	0.0	7.1	12.3	44.4	201.5	148.4
1998	116.3	156.2	22.6	31.0	1.6	1.9	0.0	1.6	4.3	49.8	49.7	58.9
1999	89.3	92.2	92.0	42.8	1.3	3.4	1.0	0.0	43.1	18.8	39.7	119.5
2000	197.4	137.3	119.5	10.9	2.6	5.8	2.7	4.5	10.7	49.3	29.3	82.0
2001	233.0	173.1	137.4	36.4	11.5	0.0	17.4	10.2	20.6	38.3	96.8	89.4
2002	134.5	184.6	112.7	21.6	16.2	2.5	27.1	3.7	10.3	78.7	97.8	132.4
2003	163.9	135.5	142.9	56.5	2.0	6.4	0.0	21.3	3.7	34.6	23.1	123.8
2004	173.7	125.8	66.5	21.0	2.4	20.5	17.0	9.0	21.7	25.6	60.9	87.9
2005	140.8	130.6	120.2	33.1	3.2	0.4	1.2	4.0	4.5	39.1	59.3	102.5
2006	203.4	155.5	145.9	40.9	0.2	4.9	0.0	10.5	7.5	72.5	67.8	147.2
2007	140.8	58.7	107.3	93.6	5.8	0.0	4.0	0.0	1.0			88.4
2008	108.8	109.2	131.9	7.6	8.7	2.1	0.0	3.9	13.9	51.7	90.2	
2009	112.5	108.3	79.1	21.3	5.3	0.0	3.3	0.7	15.1			

Cuadro N° 13: Estación meteorológicas de precipitaciones kayra. (Fuente ANA)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DE CUSCO
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica



AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA - SISTEMA NACIONAL DE INFORMACION
DE RECURSOS HÍDRICOS



PRECIPITACIÓN ACUMULADA MENSUAL (mm)

Nombre de Estación: CAICAY Río: Región: CUSCO Latitud Sur: -13.59447
Codigo de Estación: 000809 Cuenca: Cuenca Urubamba Provincia: PAUCARTAMBO Longitud Oeste: -7168714
Tipo de Estación: CLIMÁTICA Pflafsteller: 4994 Distrito: CAICAY Altitud: 3,150.00

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembr
1964												
1965												18.40
1966	65.40	101.90	107.80							18.80		
1967	43.70	103.30	34.80	20.20	3.80	0.00	3.80	7.40	11.10	10.20	5.60	40.10
1968	57.20	87.60	40.60	7.60	3.00	2.00	6.50	7.10	10.80	7.40	55.80	26.20
1969	54.50	44.40	32.10	4.10	0.20	0.70	0.00	0.50	5.80	20.20	42.10	47.70
1970	57.40	25.90	41.60	23.90	5.40	0.00	0.00	0.00	6.30	25.00	8.00	83.00
1971	99.60	117.60	31.60	17.40	0.00	0.00	0.00	0.00	1.80	0.00	3.20	37.00
1972	27.80	20.70	20.20	7.60	0.00	0.00	0.00	30.00	0.00	0.00	18.90	62.50
1973	64.50	54.30	66.50	84.00	25.70	2.60	5.90	10.90	16.50	14.50	26.60	69.30
1974	66.70	114.20	86.40	42.50	4.60	0.00	0.00	19.50	0.00	10.10	12.00	
1975		100.00	148.10	18.40	23.00	2.80	0.00	6.30	24.90	11.00	20.40	109.10
1976	96.00	80.00	60.30	55.40	13.00	12.30	0.00	0.00	16.50	2.00	4.00	25.60
1977	23.00	96.70	60.00	25.00	0.00	0.00	2.40	0.00	40.40	7.00	39.60	29.30
1978	96.20	44.90	46.10	20.10	2.20	0.00	0.00	0.00	5.00	0.00	36.60	51.50
1979	88.10	69.30	51.50	12.40	2.00	0.00	0.00	0.00	2.00	2.00	28.60	41.20
1980	33.20	44.10	35.00	8.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.30	17.50	25.00
1981	86.70	46.10	82.40	24.60	0.00	0.00	0.00	7.20	11.10	29.60	67.80	41.40
1982	64.00	8.20	38.20	5.60	0.00	4.20	0.00	0.00	2.00	29.30	52.40	14.50
1983	46.60	23.40			5.30					2.00	8.20	13.70
1984	55.70	52.80	28.80	11.80	0.00	7.00	0.00	6.30			24.70	44.20
1985	26.30	24.00	11.90	3.40	3.30	5.70	0.00	0.00	4.00	5.10	36.90	55.40
1986	63.10	35.00	91.10	20.20	4.00	0.00	0.00			5.20	5.40	18.00
1987	12.60			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.30	78.20	31.50
1988	68.10	58.10	62.10	26.20	5.50	0.00	0.00		0.00	5.50	3.00	88.60
1989		41.20	72.40	11.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.30	31.10	40.90
1990	74.10	29.10	14.10	20.50	8.00	21.60	2.00	2.00	0.00	31.00	123.60	98.90
1991	24.10		23.50	9.80	5.80	10.90	0.00	0.00	0.00	6.00	65.90	67.10
1992	45.90	52.70	61.60	12.80	0.00	12.90	0.00	10.00	2.30	22.80	69.50	59.10
1993	65.50	37.00		18.60	0.00	0.00	0.00	4.20	0.00	2.00	56.90	86.20
1994	66.60	77.50	79.80	17.30	0.00	0.00	0.00	0.00	12.00	29.80	12.00	56.90
1995	62.40	11.90	83.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.00	19.70	59.40
1996	78.50	55.80	63.40	37.40	6.00	0.00	0.00	17.40	0.00	25.10	32.20	73.60
1997	59.70	72.40	92.70	7.00	3.00	0.00	0.00	3.50	6.80	13.40	51.80	29.80
1998	14.00	69.10	33.80	7.10	0.00	2.00	0.00	4.50	0.00	6.00	25.90	57.60
1999	70.20	99.60	80.00	51.60	0.00	0.00	3.00	0.00	16.80	16.80	23.30	104.30
2000	145.50	74.40	78.20	2.90	1.00	10.50	9.00	2.00	3.40	28.50	17.50	75.80
2001	240.60	161.10	135.80	28.30	15.20	0.00	18.60	21.80	18.00	91.40	70.00	79.40
2002	88.10	178.30	91.50	20.90	5.00	0.00	25.40	0.00	15.20	28.20	48.70	92.60
2003	156.00	153.30	222.10	26.70	2.00	6.00	0.00	16.80	9.70	7.00	18.50	150.60
2004	119.00	101.70	69.30	18.70		31.70	18.90	10.80	9.70	26.00	60.00	59.90
2005	68.60	135.40		29.50	3.70			5.00	9.40	26.00	45.10	87.00
2006	181.10	84.60	103.20	51.40	0.00	8.00	4.00	8.00		72.30	78.80	
2007	154.00		163.60	35.30	3.80		9.00	1.40	0.00	37.00	72.30	51.30
2008	131.60	125.00	40.20	10.00	13.10	15.50		7.70		50.50	75.00	165.10
2009	106.30	84.90	60.90	34.10	5.00	0.00	3.30	2.00	6.00	4.00	77.20	75.90
2010	195.40	89.80	67.80	0.00	12.70	0.00		7.00	8.00	51.90	22.10	134.90

Cuadro N° 14: Estación meteorológicas de precipitaciones mensuales Caycay. (Fuente: ANA)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DE CUSCO
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica



AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA - SISTEMA NACIONAL DE INFORMACIÓN
DE RECURSOS HÍDRICOS



PRECIPITACIÓN ACUMULADA MENSUAL (mm)

Nombre de Estación: PISAC	Río:	Región: CUSCO	Latitud Sur: -13.458333	8515096.66
Código de Estación: 000844	Cuenca: Cuenca Urubamba	Provincia: CALCA	Longitud Oeste: -718494444	191410.615
Tipo de Estación: CLIMÁTICA	Pfalfstetter: 4994	Distrito: PISAC	Altitud: 2,950.00	

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1963												26.50
1964	62.30	62.00							44.00			
1965			71.00					0.00			17.00	97.50
1966	61.00	33.70	24.20	2.00	18.10	0.00			16.40	9.60	15.80	37.00
1967	50.00	79.40	95.50	0.00	13.00	2.00	16.90	9.50	9.20	37.60	58.80	64.20
1968	127.70	176.80	317.00	13.30	1.00	5.20	17.20	0.00	8.20	9.30	111.30	29.70
1969	136.40	65.00	150.00	59.40	0.00	19.20	12.30	4.00	19.50	26.10	60.10	102.90
1970	147.90	277.60	399.10	56.50	7.20	6.10	7.00	11.20	71.80	94.10	17.30	305.40
1971	152.60	289.80	79.40	57.70		5.50	2.00	9.10	0.00	49.50	13.30	42.70
1972	107.20	52.80	134.00	25.30	4.00	0.00	7.30	12.20	13.00	4.20	24.20	76.50
1973	264.90	203.20	139.60	59.60	9.30	9.60	12.40	13.30	7.10	32.50	56.10	150.00
1974	129.30	132.50	127.40	49.70	4.10	11.00	1.00	27.40	6.10	10.10	11.10	68.90
1975	79.40	99.30	82.50	43.10	43.60	5.10	0.00	0.00				67.80
1976	130.10	52.10	121.20	38.60	48.70	3.00	2.10	2.00	21.50	4.00	39.20	39.30
1977	86.10	111.00	68.60	33.80	0.00	0.00	4.00	4.10	12.00	13.30	127.10	14.00
1978	209.80	149.90	126.70	80.30	30.70	0.00	0.00	0.00	21.40	2.00	37.10	80.80
1979	218.10	161.40	177.10	58.50	7.00	8.00	6.00	2.00	19.50	13.40	38.40	71.80
1980	91.40	181.00	224.80	88.60	2.00	0.00	0.00	11.30	36.20	39.30	5.00	48.20
1981	96.50	177.10	88.70	31.30	9.00	4.00	15.20	3.00	15.10		116.10	116.80
1982	273.80	67.50	234.00	193.40	25.20	8.00	1.00	15.10	19.50	29.50	102.70	18.60
1983	5.10			29.30	0.00	2.00	10.40	6.10	13.10	13.10	30.20	33.50
1984								16.30	8.10	45.50	69.70	13.00
1985	139.60	203.70	192.40	63.80	8.10	0.00	0.00	5.00	27.20	106.60	129.90	24.40
1986	27.20	115.60	128.90	37.20	12.50	0.00	2.00	3.30	4.00	2.00	8.10	11.10
1987	269.90	45.40	24.20	13.20	0.00	14.10	9.10	0.00	0.00			38.50
1988	95.30	97.50	190.80	51.90	2.00	0.00	0.00	0.00	2.30	12.00	13.30	83.80
1989	113.80	94.20	110.60	25.60	8.00	0.00	3.00	9.00	7.00	20.40	20.00	27.10
1990	74.20	45.20	20.10	81.00	6.00	38.20	0.00	3.00	8.40	43.70	98.60	114.20
1991	75.80	101.10	64.50	31.20	11.20	8.00	0.00	2.00	2.00	50.40	60.80	64.70
1992	80.60	45.00	31.70	22.60	0.00			13.20	4.00	31.00	91.30	72.00
1993	177.80	82.00	12.20	35.10	8.00	4.20	8.20	14.20	3.00	18.00		
1994	166.90	117.40	150.40	59.60	5.00	0.00	0.00	0.00	12.40	52.60	13.00	158.60
1995	98.60	79.20	79.90	7.20	4.20	0.00	0.00	0.00	12.20	24.20	13.20	51.40
1996	117.60	69.10	43.90	69.10	12.10	0.00	0.00	21.20		51.80	47.30	
1997			97.40	2.90	2.50	0.00	0.00	13.30	16.50	11.70	105.20	96.30
1998	126.20	92.20	34.60	19.20	4.20	2.10	0.00	0.20	13.00	58.90	47.50	50.00
1999	89.90	118.80	46.40	26.30			2.00	0.00	27.70	16.20	37.80	103.80
2000	153.70	100.20	53.00	2.20	7.00	3.50	0.00	1.00	3.10	37.90	11.00	65.00
2001	199.10	131.70	146.70	13.30	9.70	0.00	13.60	4.60	5.50	46.30	73.00	98.00
2002	85.40	154.80	103.20	33.80	4.40	3.80	44.40	2.00	9.30	37.20	88.40	122.30
2003	108.90	102.70	103.50	14.30	2.40	5.90	0.00	22.10	3.00	28.70	17.50	116.00
2004	143.50	102.20	91.00	13.20	1.30	15.40	8.90	5.30	30.10	25.10	39.60	92.10
2005	123.20	72.40	67.70	28.70	0.00	0.00	1.00	3.70	2.70	12.60	46.60	56.10
2006	162.80	79.40	119.20	32.80	0.00	30.00	0.00	12.70		38.70	67.20	
2007	99.80		130.60	38.60	7.40		1.30	0.00	3.00	31.30	66.50	79.20
2008	148.70	146.90	56.40	8.10	5.80	3.60		3.20	8.00	43.90	62.60	130.70
2009	84.90	85.70	63.50	13.20	0.00	0.00	2.10	0.00	13.20	5.80	114.10	108.90
2010	261.30	137.70	149.60	3.90	5.30	1.10		9.80	1.60		25.00	198.80

Cuadro N° 15: Estación meteorológicas de precipitaciones mensuales Pisac. (fuente: ANA)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DE CUSCO
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica



AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA - SISTEMA NACIONAL DE INFORMACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS



PRECIPITACIÓN ACUMULADA MENSUAL (mm)

Nombre de Estación: COLQUEPATA	Río:	Región: CUSCO	Latitud Sur: -13.36667	8520740.79
Código de Estación: 56306	Cuenca: Cuenca Urubamba	Provincia: PAUCARTAMBO	Longitud Oeste: -71.6833333	209353.245
Tipo de Estación: CLIMÁTICA	Pfifstetter: 4994	Distrito: COLQUEPATA	Altitud: 3.650.00	

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1964			96.70							14.40	34.10	73.90
1965	137.50	45.70	94.70	48.10	0.00						57.00	136.90
1966	72.90	53.80	75.90				0.00	3.70	5.60	82.20	73.60	86.40
1967	66.80	118.50	114.90	26.00	9.00	160	5.30	11.90	10.80	68.50	68.50	65.70
1968	116.20	173.00	50.00	32.50	100	13.70	14.30	5.00	8.40	36.20	107.90	63.20
1969	97.00	58.80	73.60	53.40	2.00	13.80	15.50	1.10	37.40	24.00	83.90	86.10
1970	52.10	114.00	120.30	59.20	13.60	8.20	15.60	0.00	55.10	52.80	19.80	268.80
1971	171.20	172.90	57.40	87.20	3.00	2.30	2.60	0.00	0.00	24.70	24.40	17.30
1972	114.50	53.10	130.70	49.70	5.90	4.20	13.00	13.70	19.40	31.10	70.10	104.80
1973	238.60	94.90	143.60	73.80	26.30	140	15.30	10.70	13.90	22.70	37.70	119.50
1974	123.60	166.70	64.00	42.30	100	34.00	100	82.20	100	26.20		
1975	133.60	122.40	87.00	24.80	10.60	0.00	3.80	2.70	20.40	4.90	25.50	101.80
1976	121.80	68.20	51.80	51.50	1100	0.00	2.80	13.60	23.90	7.10	13.00	83.80
1977	97.60	54.70	92.40	24.40	4.80	0.00	14.80	0.00	27.80	19.50	87.60	317.0
1978	141.30	89.90	57.90	45.80	15.10	3.40	6.70	140	23.20	3.80	38.80	94.60
1979	118.00	75.50	116.70	13.30	120	0.00	0.00	6.80	6.20	14.10	61.10	68.70
1980	128.30	168.80	80.00	7.10	7.30	180	4.10	7.70	120	83.60	69.20	67.70
1981	194.40	120.90	76.40	71.60	14.10	120	0.00	14.30	71.20	59.20	111.70	67.10
1982	280.11	10.80	103.70	41.80	7.30	3.00	42.30	10.60			85.50	25.40
1983	24.40	25.40	30.10	13.50	3.50	8.20	9.00	6.70	14.30	12.50	19.30	24.40
1984	481.40	161.70	144.20	44.20	12.70	8.80	47.50	6.80	13.60	8.10	28.30	45.90
1985	42.40	46.00	76.60			40.90	2.20	100	6.60	10.70	42.60	36.50
1986	14.70	37.50	34.50	24.30	3.40	9.30	7.70	4.50	14.20	7.80	10.40	27.00
1987	57.30	30.00	5.60	10.00	14.80	6.60	100	0.00	4.20	4.20	14.80	
1988	56.50	56.50	41.10	45.70	5.60	2.10	0.00	0.00	4.30	0.00	120	25.60
1989	84.30	110.50	43.20	40.00	13.20	120	0.00	1.10	6.50	5.60	5.90	12.70
1990	12.80	5.30	7.40	0.00	5.40	7.60	9.00	2.60	2.10	25.40	45.30	68.10
1991	26.90	34.90		6.70	23.30	8.80	0.00	0.00	5.70	8.90	13.40	15.20
1992	10.30	11.50	20.90	19.30	5.80	7.40	7.70	15.90	4.60	15.00	25.10	10.50
1993	51.40	17.10	16.60	14.90	8.10	8.10	10.80	19.80	11.70	12.30	2100	3190
1994	22.50	32.10	31.60	19.00	150	3.30	4.80	0.00	6.10	7.30	9.10	15.00
1995	19.70	23.20	23.80	8.00	3.50	4.50	120	3.60	9.20	8.00	5.10	5.70
1996	20.20	17.20	9.60	1.30	0.00	0.00	0.00	3.90	3.50	4.60	2.50	11.50
1997	28.30	37.20	36.00	15.60	9.20	120	120	2.30	3.30	2.40	5.70	6.90
1998	13.80	73.00	15.40	0.20	120	3.50	0.10	120	2.80	7.10	13.30	17.10
1999	37.20	94.50	106.90	10.80	2.20	120	3.30	2.30	22.20	13.30	5.40	91.70
2000	175.10	121.30	111.60	27.20	2.40	130	130	1.10	4.70	23.30	120	48.20
2001	269.00	165.40	155.30	80.30	32.40	190	19.20	29.30		82.10	118.20	91.60
2002	120.30	162.10	144.20	75.50	6.60	14.30	50.30	23.40	32.60	73.10	51.60	135.00
2003	152.00	164.60	136.90	39.40	13.70	5.80	2.00	24.70	6.30	19.20	23.20	142.90
2004	174.90	122.90	80.20	13.50	11.70		26.70	26.90	33.20	40.40	50.90	109.00
2005	63.40	158.70	73.00	35.60	8.40	0.00	4.70	4.80	8.60	32.70	47.40	68.40
2006	176.20	56.50	89.60	36.70	2.20	120	0.00	24.80		70.60	67.00	
2007	145.90	75.40	163.50	38.90	15.80		8.70	2.00	7.70	37.10	39.10	135.40
2008	165.20	138.90	76.70	36.60	15.80	19.60		18.20	18.60	62.90	57.00	153.50
2009	138.40	122.80	109.50	23.00	1.60	0.00	20.00	3.40	7.70	7.80	135.50	114.00
2010	225.50	113.50	160.40	15.10	4.40	10.10		1.30	10.50	87.40	27.10	145.80

Cuadro N° 16: Estación meteorológicas de precipitaciones mensuales Colquepata (Fuente ANA)

6.3. HIDROGRAFÍA

Morfológicamente el tipo de drenaje presente en todas las cuencas que atraviesa esta carretera es del tipo dendrítico, estos drenes desembocaran todos en la cuenca de la quebrada Chuecamayo; la red de drenaje pertenecerá a la Vertiente del Atlántico. Las máximas temperaturas llegan a los 18 °C; y como temperatura mínima registra llegan hasta los 0 °C y una temperatura media mensual de 12 °C.

6.4. CARACTERISTICAS DE LA CUENCAS

Para la carretera San Salvador-Occoruro se trazaron dos microcuencas “Cuenca-01” Y “Cuenca-02”, las cuales afectaran de forma directa a la zona de estudio (Ver mapa 07. Hidrológico).

Cada cuenca tiene una particularidad, ya sea en su forma, tipo de drenes, ordenes de ríos, área, etc.

6.4.1. Área de la cuenca

Datos obtenidos de la cuenca del rio: A través del programa ArcGis 10.3.1, obtenemos lo siguiente:

Área total Cuenca-01=3.57 Km²

Área Total Cuenca-02=21.03 Km²

Perímetro de la Cuenca-01: 8.70 Km

Perímetro de la Cuenca-02=21.53 Km

Cuadro de áreas parciales y acumuladas según la Altitud: uso del ArcGis
10.3.1 obtenemos el área que existen entre curvas de nivel, obtenemos las áreas parciales.

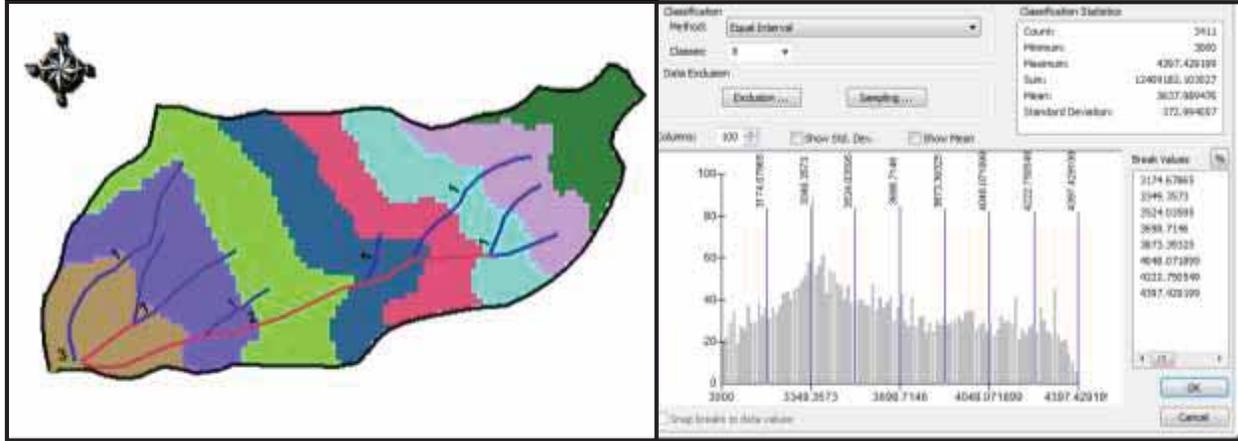


Gráfico N° 25: Delimitación de cuenca n°01

ALTITUD	AREAS PARCIALES		AREAS ACUMULADAS			
			POR DEBAJO		POR ENCIMA	
m.s.n.m.	Km2	(%)	(KM2)	(%)	KM2	(%)
Punto más bajo						
3000	0.00	0.00	0.00	0.00	3.58	100.00
3175.231445	0.38	10.50	0.38	10.50	3.20	89.50
3350	0.56	15.63	0.93	26.12	2.64	73.88
3524.514404	0.68	18.91	1.61	45.03	1.97	54.97
3698.777588	0.50	13.95	2.11	58.99	1.47	41.01
3873.522705	0.40	11.14	2.51	70.13	1.07	29.87
4048.742188	0.40	11.08	2.91	81.21	0.67	18.79
4222.839844	0.37	10.20	3.27	91.41	0.31	8.59
4397.429199	0.31	8.59	3.58	100.00	0.00	0.00
Punto más alto						
TOTAL	3.58	100.00				

Cuadro N° 17: área de la cuenca n° 01

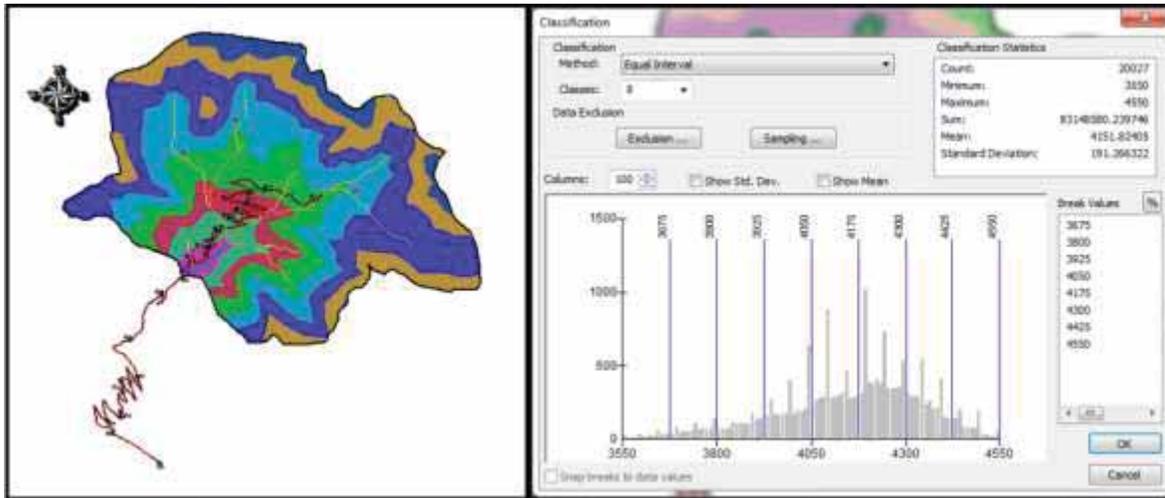


Gráfico N° 26: Delimitación de cuenca n°02

ALTITUD m.s.n.m.	AREAS PARCIALES		AREAS ACUMULADAS			
	Km2	(%)	POR DEBAJO		POR ENCIMA	
			(KM2)	(%)	KM2	(%)
Punto más bajo 3550	0.00	0.00	0.00	0.00	21.01	100.00
3675.114014	0.32	1.54	0.32	1.54	20.69	98.46
3800.162354	0.93	4.44	1.26	5.98	19.76	94.02
3925.083984	1.41	6.73	2.67	12.71	18.34	87.29
4050.027344	3.12	14.84	5.79	27.55	15.23	72.45
4175.060547	4.54	21.62	10.33	49.16	10.68	50.84
4300.071777	5.96	28.35	16.29	77.52	4.72	22.48
4425.024414	3.59	17.10	19.88	94.62	1.13	5.38
4550	1.13	5.38	21.01	100.00	0.00	0.00
Punto más alto						
TOTAL	21.01	100.00				

Cuadro N° 18: Área de la cuenca n°02

6.4.2. FACTOR DE RELIEVE

Calculo de la Curva Hipsométrica

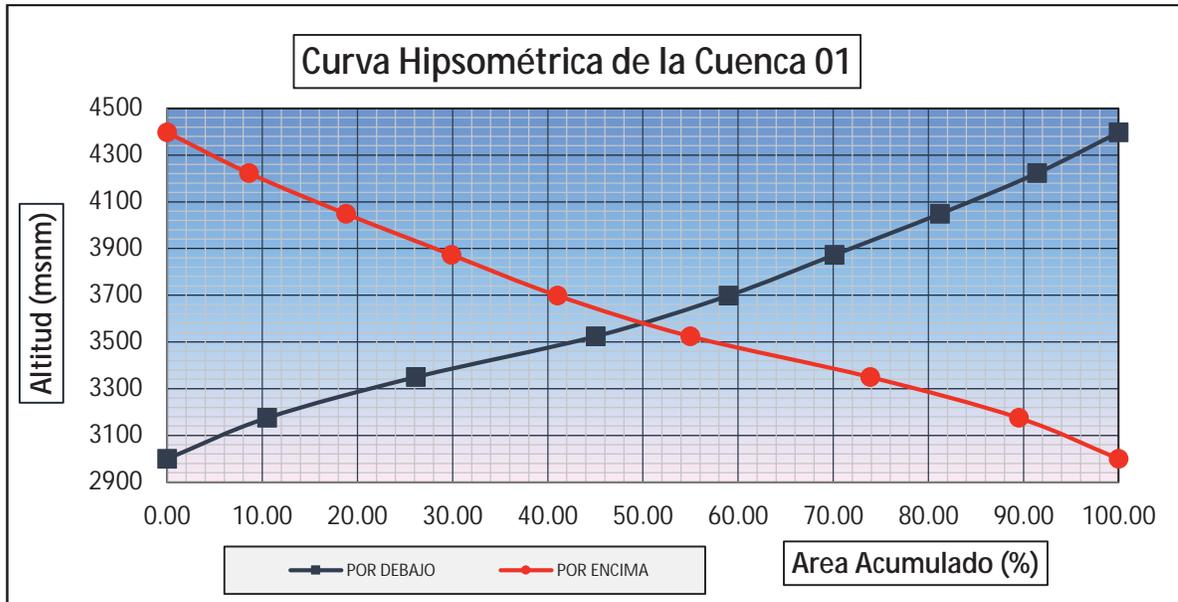


Gráfico N° 27: Curva hipsométrica de la cuenca 01

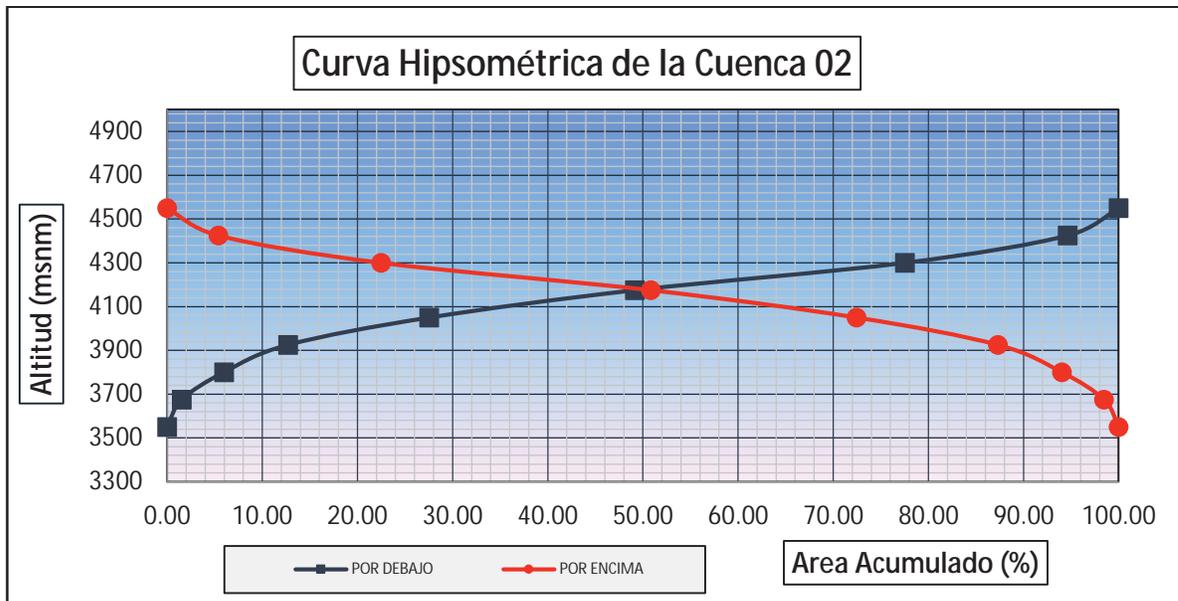


Gráfico N° 28: Curva hipsométrica de la cuenca 02

Calculo de la Altitud Mediana. Viene a ser la intersección de las curvas Hipsométricas

Altura mediana Cuenca-01 = 3580 msnm

Altura mediana Cuenca-02 = 4175 msnm

Calculo de la Altitud Media Ponderada

$$H = \frac{\sum a_i c_i}{A}$$

$$c_i = \frac{(c_i + c_{i-1})}{2}$$

Donde:

ai= Área parcial de terreno entre curvas de nivel

ci= Altitud media de cada área parcial entre dos curvas de nivel

A= Área de la cuenca

Ai	ci(altitud media)	ai*ci
0.38	3087.6	1159.86
0.56	3262.6	1824.70
0.68	3437.3	2326.32
0.50	3611.6	1803.89
0.40	3786.2	1509.66
0.40	3961.1	1571.12
0.37	4135.8	1510.20
0.31	4310.1	1325.12
3.58	Sumatoria	13030.87

Cuadro N° 19: Altitud media Ponderada (H) Cuenca-01= 3640.78 msnm

Ai	ci(altitud media)	ai*ci
0.32	3612.6	1171.31
0.93	3737.6	3486.56
1.41	3862.6	5459.43
3.12	3987.6	12435.21
4.54	4112.5	18680.82
5.96	4237.6	25246.99
3.59	4362.5	15678.28
1.13	4487.5	5076.01
21.01	Sumatoria	87234.61

Cuadro N° 20: Altitud media Ponderada (H) Cuenca-02= 4151.21 msnm

Calculo de la Altitud media Simple

$$H_{ms} = \frac{(c_M + c_m)}{2}$$

Donde:

CM= Cota o altitud más alta de la cuenca

Cm= Cota o altitud más baja de la cuenca

CM (Cuenca-01)= 4397 msnm

Cm (Cuenca-01)= 3000 msnm

Hms Cuenca-01= 3698.71 msnm

CM (Cuenca-02)= 4550 msnm

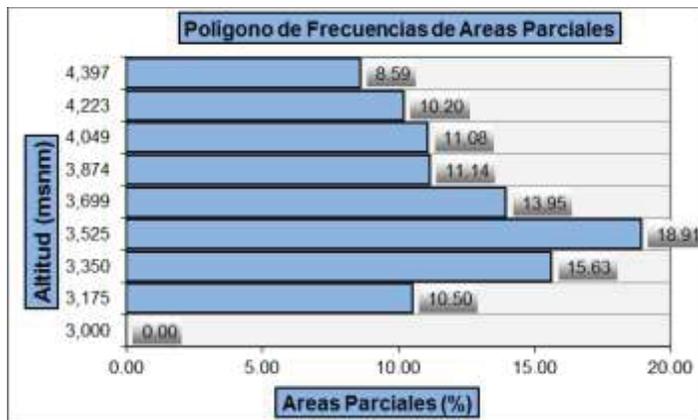
Cm (Cuenca-02)= 3550 msnm

Hms Cuenca-02= 4050.00 msnm

Calculo del Polígono de Frecuencia de Áreas Parciales

Cuenca-01

COTA (msnm)	A. PARCIAL (%)
3000.00	0.00
3175.23	10.50
3350.00	15.63
3524.51	18.91
3698.78	13.95
3873.52	11.14
4048.74	11.08
4222.84	10.20
4397.43	8.59



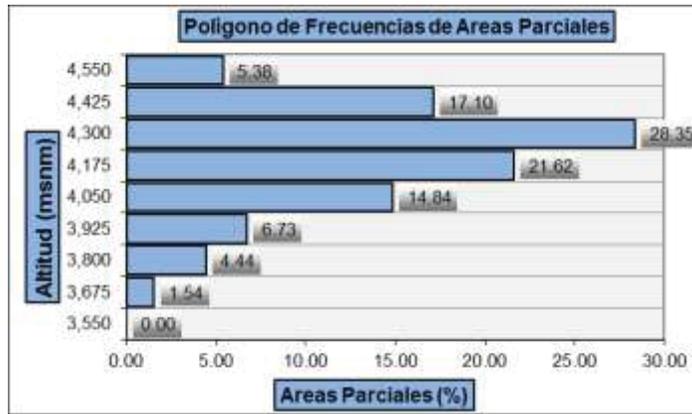
Cuadro N° 21: Altitud más Frecuente en la Cuenca-01

Altitud más Frecuente en la Cuenca-01= 3350 - 3525 msnm

Porcentaje de Incidencia en la Cuenca-01= 18.91 %

Cuenca-02

COTA (msnm)	A. PARCIAL (%)
3550.00	0.00
3675.11	1.54
3800.16	4.44
3925.08	6.73
4050.03	14.84
4175.06	21.62
4300.07	28.35
4425.02	17.10
4550.00	5.38



Cuadro N° 22: Altitud más frecuente en la Cuenca-02

Altitud más frecuente en la Cuenca-02= 4175-21.62 msnm

Porcentaje de Incidencia en la Cuenca= 28.35 %

6.4.3. PARÁMETROS DE FORMA

Cálculo del Índice de Gravelius (K):

$$K = 0.28 * \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Donde:

P= Perímetro de la cuenca en Km

A= Área de la cuenca en Km²

Perímetro Cuenca-01 = 8.70km

Área Cuenca-01 = 3.57 km²

Cuenca-01. Índice de Gravelios (K)= 1.2987

Perímetro Cuenca-02 = 21.53km

Área Cuenca-02 = 21.03 Km²

Cuenca-02. Índice de Gravelios (K)= 1.3244

Como el valor del índice de Gravelios en ambas cuencas es mayor a 1.25, se considera que las cuencas son **ALARGADAS**

Calculo del Rectangulo equivalente:

Lado Mayor: $L = \frac{K\sqrt{A}}{1.12} \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K} \right)^2} \right)$

Lado Menor:
$$l = \frac{K\sqrt{A}}{1.12} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K} \right)^2} \right)$$

Donde:

K= Coeficiente de Compacidad o Índice de Gravelious

A= Área de la cuenca en Km²

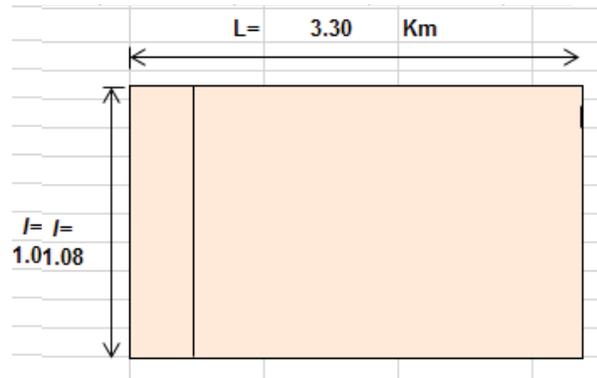
K (Cuenca-01) = 1.2987

A (Cuenca-01) = 3.57 km²

L (Cuenca 0-1)= 3.299 km

I (Cuenca 0-1)= 1.082 km

Cota (msnm)	Area Parcial ai (Km ²)	Ancho, ci (Km)
3000.00	0.00	0.00
3175.23	0.38	0.35
3350.00	0.56	0.52
3524.51	0.68	0.63
3698.78	0.50	0.46
3873.52	0.40	0.37
4048.74	0.40	0.37
4222.84	0.37	0.34
4397.43	0.31	0.28
Suma ci= L=		3.31



Cuadro N° 23: Área total y ancho total de la cuenca n°01

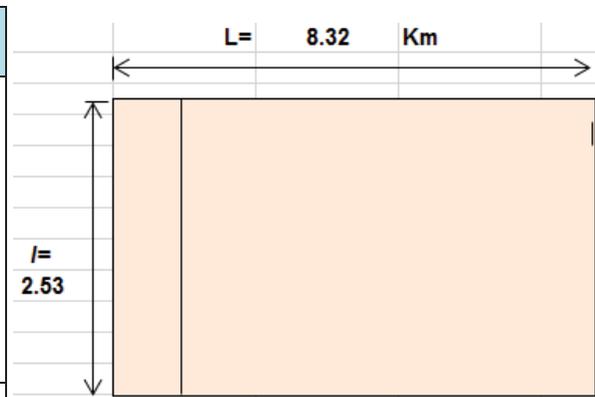
K (Cuenca -02) = 1.3244

A (Cuenca-02) = 021.03

L (Cuenca 0-2)= 8.317 km

I (Cuenca 0-2)= 2.528 km

Cota (msnm)	Area Parcial ai (Km ²)	Ancho, ci (Km)
3550.00	0.00	0.00
3675.11	0.32	0.13
3800.16	0.93	0.37
3925.08	1.41	0.56
4050.03	3.12	1.23
4175.06	4.54	1.80
4300.07	5.96	2.36
4425.02	3.59	1.42
4550.00	1.13	0.45
Suma ci= L=		8.31



Cuadro N° 24: Área total y ancho total de la cuenca n°02

Calculo del Factor de Forma

$$F_f = \frac{l}{L} = \frac{A}{L^2}$$

Donde:

l= Lado menor del Rectángulo Equivalente

L= Lado mayor del Rectángulo Equivalente

A= Área de la cuenca

l (Cuenca-01) = 1.08 km

L (Cuenca-01) = 3.30 km

A (Cuenca-01) = 3.57 Km²

Factor de Forma (Ff) Cuenca-01= 0.3279

l (Cuenca-02) = 2.53 km

L (Cuenca-02) = 8.32 km

A (Cuenca-02) = 21.03 Km²

Factor de Forma (Ff) Cuenca-02= 0.3040

6.4.4. PERFIL LONGITUDINAL DEL RIO

Perfil Longitudinal Cuenca-01

Progresiva	Long. (m)	Long Acum (m)	Cota	Desnivel	S	1/(S) ^{0.5}
0+000	0.00	0.00	3000.00			
0+300	300.00	300.00	3070.00	70.00	0.0228	6.6225
0+600	300.00	600.00	3160.00	90.00	0.0285	5.9255
0+900	300.00	900.00	3300.00	140.00	0.0424	4.8550
1+200	300.00	1200.00	3395.00	95.00	0.0280	5.9780
1+500	300.00	1500.00	3500.00	105.00	0.0300	5.7735
1+800	300.00	1800.00	3600.00	100.00	0.0278	6.0000
2+100	300.00	2100.00	3710.00	110.00	0.0296	5.8075
2+400	300.00	2400.00	3900.00	190.00	0.0487	4.5306
						45.4926

Cuadro N° 25: Perfil longitudinal del rio cuenca n°01

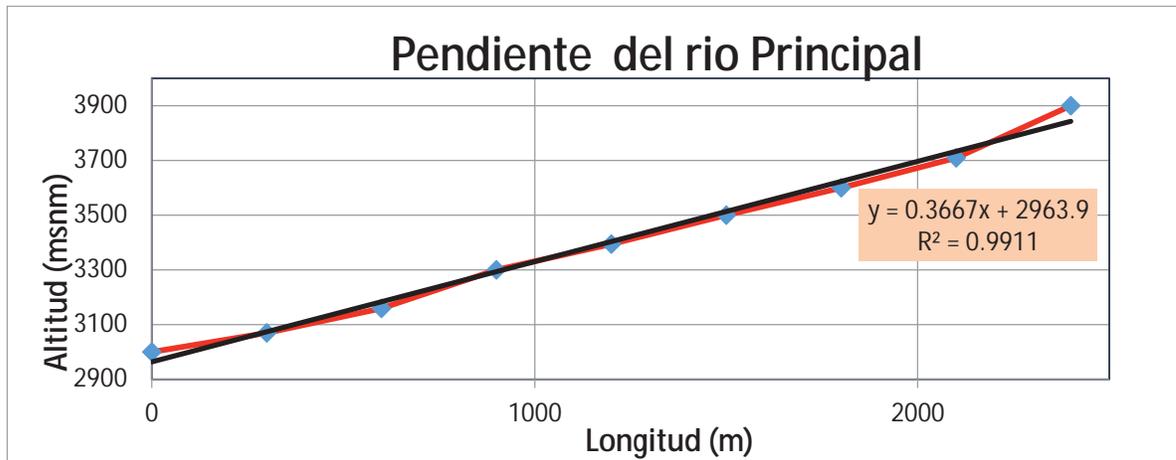


Gráfico N° 29: Pendiente de río principal de cuenca n°1

Pendiente del río en función a la Longitud y Altitud

$$\text{Pendiente} = \text{Arctang}(0.3667)$$

$$\text{Pendiente} = 20^\circ = 22\%$$

Perfil Longitudinal Cuenca-02

Progresiva	Long. (m)	Long Acum (m)	Cota	Desnivel	S	1/(S)^0.5
0+000	0.00	0.00	3550.00			
0+120	120.00	120.00	3550.20	0.20	0.0001	133.2329
0+240	120.00	240.00	3558.00	7.80	0.0022	21.3578
0+360	120.00	360.00	3591.00	33.00	0.0092	10.4316
0+480	120.00	480.00	3600.00	9.00	0.0025	20.0000
0+600	120.00	600.00	3625.00	25.00	0.0069	12.0416
0+720	120.00	720.00	3650.00	25.00	0.0068	12.0830
0+840	120.00	840.00	3650.20	0.20	0.0001	135.0963
0+960	120.00	960.00	3657.00	6.80	0.0019	23.1904
						367.4335

Cuadro N° 26: Perfil longitudinal del río cuenca n°02

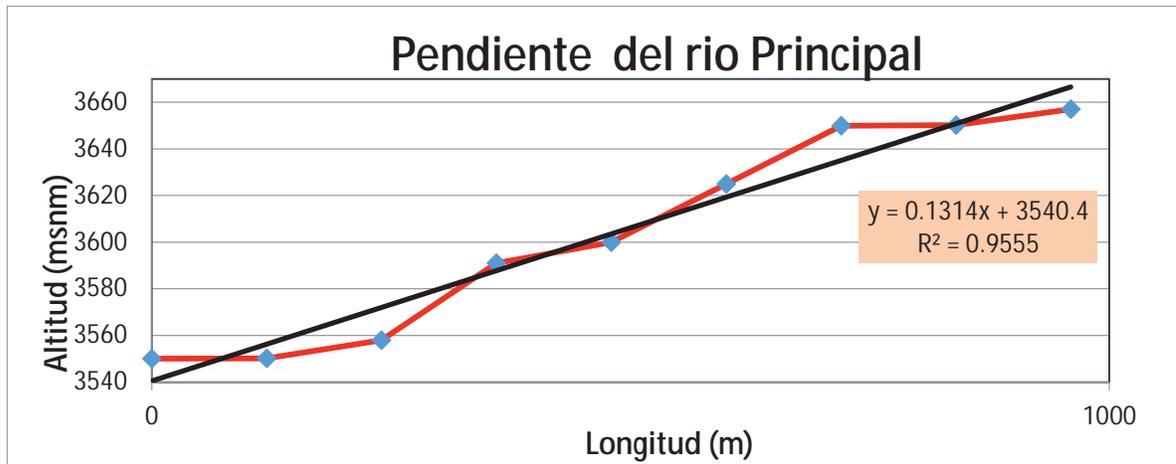


Gráfico N° 30: Pendiente de río principal de cuenca n°02

Pendiente del río en función a la Longitud y Altitud

$$\text{Pendiente} = \text{Arctang}(0.1314)$$

$$\text{Pendiente} = 8.5^\circ = 10\%$$

6.4.5. PARAMETROS RELACIONADOS CON LA RED HIDROGRAFICA

Calculo de la densidad de Drenaje:

$$D_d = \frac{L_i}{A}$$

Donde:

L= Longitud del cauce Principal

Li= Longitud total de ríos

A= Área de la Cuenca

L (Cuenca 0-1) = 2.95 km

Li (Cuenca 0-1) = 23.67 km

A (Cuenca 0-1) = 3.57 km²

$$\text{Densidad de drenaje (Dd) Cuenca-01} = 7.46$$

L (Cuenca 0-2) = 0.96 km

Li (Cuenca 0-2) = 14.82 km

A (Cuenca 0-2) = 21.03 km²

$$\text{Densidad de drenaje (Dd) Cuenca-02} = 0.70$$

Calculo de la Frecuencia de Rios:

$$Fr = NC/A$$

Donde:

Fr= Frecuencia de Rios

NC= Numero de Cauces

A= área

$$NC \text{ (Cuenca 0-1)} = 14$$

$$A \text{ (Cuenca 0-1)} = 3.57 \text{ km}^2$$

$$\text{Frecuencia de Rios (Fr)} = \underline{3.923 \text{ Cauces/km}^2}$$

$$NC \text{ (Cuenca 0-2)} = 16$$

$$A \text{ (Cuenca 0-2)} = 21.03 \text{ km}^2$$

$$\text{Frecuencia de ríos (Fr), Cuenca-02} = \underline{0.355 \text{ Cauces/Km}^2}$$

Calculo del Tiempo de Concentración (Tc), Según Kirpich.

$$T_c = \left(\frac{0.87L^3}{H} \right)^{0.385}$$

Donde:

$$L = \text{Longitud Máxima de la cuenca} = 3.30$$

$$H = \text{Altura desde la cota más baja a la cota más alta} = 1347.92$$

$$L \text{ (Cuenca 0-1)} = 3.30 \text{ Km}$$

$$H \text{ (Cuenca 0-1)} = 1347.92 \text{ msnm.}$$

$$\text{Tiempo de Concentración } T_c, \text{ Cuenca-01} = \underline{0.231 \text{ Hrs}}$$

$$\underline{T_c = 13.889 \text{ min}}$$

$$L \text{ (Cuenca 0-2)} = 8.32$$

$$H \text{ (Cuenca 0-2)} = 1000 \text{ msnm}$$

$$\text{Tiempo de Concentración } T_c, \text{ Cuenca-02} = \underline{0.766 \text{ Hrs}}$$

$$\underline{T_c = 45.967 \text{ min}}$$

6.4.6. PENDIENTES DE LA CUENCA

Cálculo del índice de Pendiente (Ip).- Es la pendiente ponderada para toda la cuenca, la cual depende de la configuración topográfica del terreno y el área de la cuenca

$$I_p = \sum_{i=1}^n \sqrt{\beta_i (a_i - a_{i-1})} \frac{1}{\sqrt{L}} \quad \beta_i = \frac{A_i}{A_t}$$

Donde:

A_i = Áreas parciales debajo de las Cotas determinadas

A_t = Área total de la cuenca

$(a_i - a_{i-1})$ = Diferencia de Cotas

L = Longitud Máxima de la cuenca

Cuenca-01

A_i 1	$B_i = A_i/A_t$ 2	$a_i - a_{i-1}$ 3	$B_i^* (a_i - A_i - 1)$ 4	Raíz (4) 5	$5 * 1/(L)^{0.5}$ 6
0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00
0.38	0.10	175.23	18.39	4.29	2.36
0.56	0.16	174.77	27.31	5.23	2.88
0.68	0.19	174.51	33.00	5.74	3.16
0.50	0.14	174.26	24.32	4.93	2.71
0.40	0.11	174.75	19.47	4.41	2.43
0.40	0.11	175.22	19.42	4.41	2.43
0.37	0.10	174.10	17.76	4.21	2.32
0.31	0.09	174.59	15.00	3.87	2.13
3.58				$I_p =$	20.42337

Cuadro N° 27: Índice de Pendiente (I_p), Cuenca-01= 20.42%

Cuenca-02

A_i 1	$B_i = A_i/A_t$ 2	$a_i - a_{i-1}$ 3	$B_i^* (a_i - A_i - 1)$ 4	Raíz (4) 5	$5 * 1/(L)^{0.5}$ 6
0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00
0.32	0.02	125.11	1.93	1.39	0.48
0.93	0.04	125.05	5.55	2.36	0.82
1.41	0.07	124.92	8.40	2.90	1.01
3.12	0.15	124.94	18.54	4.31	1.49
4.54	0.22	125.03	27.03	5.20	1.80
5.96	0.28	125.01	35.44	5.95	2.06
3.59	0.17	124.95	21.37	4.62	1.60
1.13	0.05	124.98	6.73	2.59	0.90
21.01				$I_p =$	10.16605

Cuadro N° 28: Índice de Pendiente (I_p), Cuenca-02= 10.17%

Calculo de Pendiente de la Cuenca

$$S = \frac{H}{L}$$

H= Diferencia de cota Mínima y Máxima =1397.43 m

L= Longitud Máxima de la Cuenca =3299.13 m

H (Cuenca-01) = 1397.43 m

L (Cuenca-01) = 3299.13 m

Pendiente de la cuenca-01 (S) = 0.42 = 42%

Pendiente Ligeramente Escarpada; Ver tabla N°....

H (Cuenca-01) = 1000 m

L (Cuenca-01) = 8317.26 m

Pendiente de la cuenca-02 (S) = 0.1202 = 12%

Pendiente Fuertemente Inclínada; Ver tabla N°5

Rangos (%)	Interpretación (IGAC) 2016
0-3	A nivel
3-7	Ligeramente Inclínada
7-12	Moderadamente Inclínada
12-25	Fuertemente Inclínada
25-50	Ligeramente Empinada o Ligeramente Escarpada
50-75	Moderadamente Empinada o Moderadamente Escarpada
75-100	Fuertemente Escarpada o Fuertemente Empinada

Tabla N° 5: Clasificación de los pendientes (Fuente: IGA2016)

6.5. COMPLETACION DE DATOS:

La completacion de datos se dará, cuando los datos proporcionados por la fuente (ANA) no están actualizados hasta este año, por consiguiente se hará uso de un software estadístico que nos dará bondades de ajuste según Kolmogorov Smirnov; Anderson Darling y Chi-cuadrado; los cuales ajustaran valores de precipitaciones acumuladas la curva de la función GAMMA con tres parámetros (α β γ), esta es la que en la región sur se ajusta más a nuestros modelos de precipitación, vale decir algunos estudios sugieren ajustar los datos de precipitación a una función NORMAL, siendo este el error más grave para el cálculo de las máximas avenidas y de la proyección de datos, el software utilizado será el EasyFIT 5.5, y el Excel2010 de 32 BIT, ya que el software Excel 2010 de 64 BIT no aceptara los complementos del EasyFIT 5, a continuación se procederá a realizar la

completación en las 4 estaciones de estudio para la tesis. Las Precipitaciones completadas hasta el año 2018 de todas las estaciones

A continuación pasaremos a hacer la Validación de datos Según Kolmogorov, con la Función Ganma de dos parámetros; Calculando también de forma automática las nuevas precipitaciones medias anuales acumuladas.

6.5.1. Estación KAYRA

De la competición de datos de la estación Kayra (Cuadro N°29), se procederán a llevar los datos al programa EasyFit, donde la función de densidad de probabilidad que más se ajusta es la Función Ganma (Ver gráfico N°31), y se procedió a encontrar la precipitación media anual cuyo resultado será $x(P) = 669.65$ mm al año. (Ver gráfico N°32)

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
1966	78.30	171.20	79.90	18.30	19.80	0.00	0.00	1.70	31.90	59.70	65.20	71.40	597.40
1967	59.10	118.40	140.30	19.00	1.80	0.60	11.00	19.00	32.80	70.90	57.20	125.60	655.70
1968	149.40	106.60	84.50	34.60	6.30	5.30	30.90	8.60	16.30	84.60	86.70	54.40	668.20
1969	144.40	77.80	88.10	16.80	2.90	3.30	7.20	3.90	22.80	29.80	54.70	72.90	524.60
1970	170.60	92.60	132.50	86.10	2.30	1.00	3.70	3.40	42.10	46.10	48.20	177.40	806.00
1971	128.90	161.60	83.60	40.00	1.50	0.10	0.00	5.70	3.50	55.70	51.00	127.50	659.10
1972	192.10	66.80	57.20	29.70	3.40	0.00	6.50	27.30	12.20	7.90	50.20	100.20	553.50
1973	221.30	120.90	99.60	75.20	14.00	0.00	9.10	11.80	14.50	65.10	88.80	96.50	816.80
1974	102.50	157.70	121.50	34.50	3.60	8.20	1.00	34.60	5.90	43.30	60.90	108.00	681.70
1975	124.70	131.00	55.30	66.80	22.50	0.70	0.30	0.60	51.10	47.50	51.00	170.10	721.60
1976	119.60	83.10	123.10	42.90	13.00	8.70	0.70	2.50	26.80	25.30	47.80	66.80	560.30
1977	116.70	122.80	69.30	47.60	7.90	0.00	4.40	0.00	29.90	65.00	71.50	78.00	613.10
1978	175.40	106.10	88.50	48.70	11.40	0.00	3.40	0.00	13.70	12.30	86.70	117.90	664.10
1979	101.10	131.60	108.80	46.80	6.20	0.00	0.90	8.10	11.50	18.40	85.60	81.80	600.80
1980	106.20	126.40	135.00	23.20	3.70	0.00	5.30	1.00	12.60	62.90	60.20	83.10	619.60
1981	225.40	80.80	124.40	56.90	1.80	3.90	0.00	9.80	45.90	108.90	120.80	144.30	922.90
1982	178.90	115.50	143.10	58.80	0.00	9.20	3.40	4.90	14.00	37.90	122.50	98.60	786.80
1983	128.40	84.00	54.50	29.80	3.40	6.20	0.50	0.90	5.50	26.00	44.30	100.20	483.70
1984	198.60	142.40	71.00	82.80	0.00	2.00	1.30	11.40	4.20	114.60	69.40	102.80	800.50
1985	129.10	119.40	74.20	33.20	15.60	11.60	0.90	0.00	43.30	62.10	116.50	122.40	728.30
1986	76.40	92.20	125.70	65.50	6.20	0.00	1.80	4.20	7.50	17.30	69.60	102.70	569.10
1987	224.30	87.90	48.60	13.10	2.10	1.30	9.20	0.00	8.20	26.50	101.80	107.60	630.60
1988	163.80	84.30	166.50	108.90	4.60	0.00	0.00	0.00	9.90	36.20	47.60	103.70	725.50
1989	151.40	126.80	119.30	38.60	6.40	9.10	0.00	6.10	30.70	48.70	60.70	88.50	686.30
1990	157.60	90.40	60.20	47.40	7.50	31.80	0.00	5.80	13.30	73.70	86.90	66.50	641.10
1991	97.60	163.60	105.20	45.10	11.00	5.10	1.50	0.00	21.40	49.30	83.60	99.00	682.40
1992	114.10	102.40	104.00	14.90	0.00	19.40	0.00	21.40	8.00	50.70	117.40	57.00	609.30
1993	206.70	110.50	75.80	18.80	0.90	0.00	2.70	6.90	18.00	46.20	111.90	201.50	799.90
1994	177.00	163.90	173.90	45.50	11.80	0.00	0.00	0.00	25.70	40.20	40.50	119.90	798.40
1995	122.00	94.80	95.30	17.80	0.00	0.00	0.60	1.20	28.80	26.70	70.20	102.60	560.00
1996	131.90	98.00	70.50	32.30	11.00	0.00	0.00	6.30	19.60	58.40	49.00	133.20	610.20
1997	123.30	127.70	104.80	31.00	4.80	0.00	0.00	7.10	12.30	44.40	201.50	148.40	805.30
1998	116.30	156.20	22.60	31.00	1.60	1.90	0.00	1.60	4.30	49.80	49.70	58.90	493.90
1999	89.30	92.20	92.00	42.80	1.30	3.40	1.00	0.00	43.10	18.80	39.70	119.50	543.10
2000	197.40	137.30	119.50	10.90	2.60	5.80	2.70	4.50	10.70	49.30	29.30	82.00	652.00
2001	233.00	173.10	137.40	36.40	11.50	0.00	17.40	10.20	20.60	38.30	96.80	89.40	864.10
2002	134.50	184.60	112.70	21.60	16.20	2.50	27.10	3.70	10.30	78.70	97.80	132.40	822.10
2003	163.90	135.50	142.90	56.50	2.00	6.40	0.00	21.30	3.70	34.60	23.10	123.80	713.70
2004	173.70	125.80	66.50	21.00	2.40	20.50	17.00	9.00	21.70	25.60	60.90	87.90	632.00
2005	140.80	130.60	120.20	33.10	3.20	0.40	1.20	4.00	4.50	39.10	59.30	102.50	638.90
2006	203.40	155.50	145.90	40.90	0.20	4.90	0.00	10.50	7.50	72.50	67.80	147.20	856.30
2007	140.80	58.70	107.30	93.60	5.80	0.00	4.00	0.00	1.00	32.52	113.51	88.40	645.63
2008	108.80	109.20	131.90	7.60	8.70	2.10	0.00	3.90	13.90	51.70	90.20	71.88	599.88
2009	112.50	108.30	79.10	21.30	5.30	0.00	3.30	0.70	15.10	43.30	56.46	118.91	566.28
2010	139.81	102.87	131.10	38.36	5.48	7.45	2.13	15.64	29.19	39.91	129.66	148.27	789.88
2011	184.35	130.19	110.60	61.75	0.46	0.88	6.22	3.05	8.72	78.75	43.95	119.64	748.57
2012	259.61	110.02	114.57	48.15	6.61	0.24	16.56	3.28	33.12	116.99	163.03	149.83	1,022.03
2013	113.31	149.13	67.91	51.61	16.24	11.50	1.14	4.95	11.76	47.26	43.86	82.90	601.58
2014	111.66	71.44	79.42	32.33	4.46	24.37	11.06	7.85	18.17	22.07	114.05	105.84	602.73
2015	76.35	105.32	83.33	31.74	5.30	9.44	11.05	12.98	5.07	38.78	121.66	149.33	650.35
2016	101.44	138.83	91.12	30.12	3.40	3.79	1.61	22.49	23.79	39.66	30.15	139.63	626.01
2017	148.59	111.57	158.79	11.02	3.31	7.53	4.78	27.20	20.72	91.22	125.96	89.09	799.78
2018	149.24	66.21	36.06	31.64	4.65	12.17	8.56	5.80	5.68	82.94	26.03	69.83	498.80
Funcion Gamma	Gamma(8.9752;	Gamma(24.5	Gamma(103.	Gamma(2.7039;	Gamma(1.51	Gamma(0.94	Gamma(0.95	Gamma(1.32	Gamma(1.90	Gamma(4.66	Gamma(2.67	Gamma(5.22	678.31
Promedin de F.G.	145.20	117.20	100.14	40.08	6.49	7.02	6.23	8.79	18.05	50.08	76.69	107.69	
Dev. Estan	45.04580833	30.22783107	33.99433822	22.06065295	5.273867149	7.218306417	6.393801162	7.647370946	12.86486432	24.78911509	36.65335131	32.4978146	
Maximo	259.61	184.60	173.90	108.90	22.50	31.80	30.90	34.60	51.10	116.99	201.50	201.50	
Minimo	59.10	58.70	22.60	7.60	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	7.90	23.10	54.40	
ERROR	-1%	-2%	-1%	-1%	0%	1%	0%	1%	0%	2%	3%	1%	

Cuadro N° 29: Completacion de datos de estación de Kayra

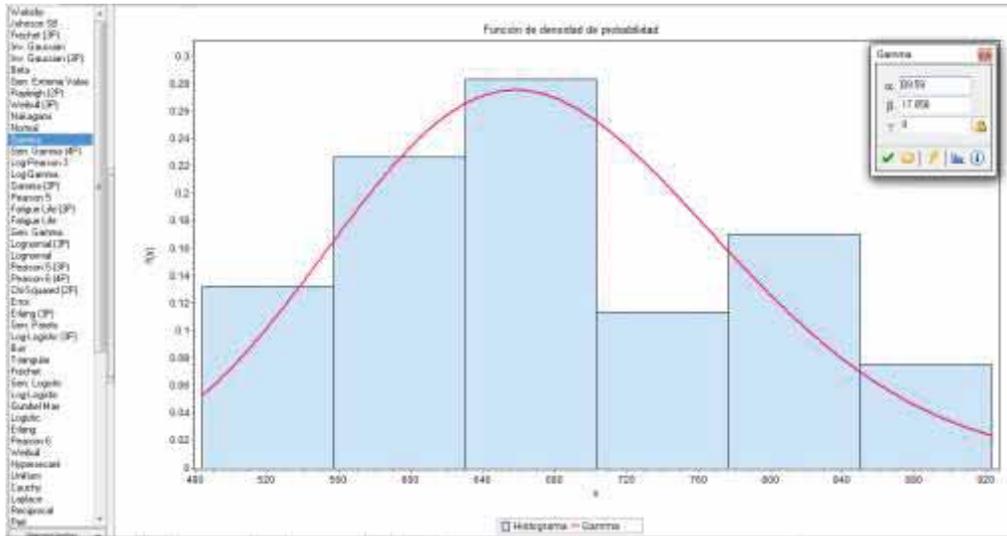


Gráfico N° 31: Función gamma de densidad que más se ajusta en la estación Kayra.

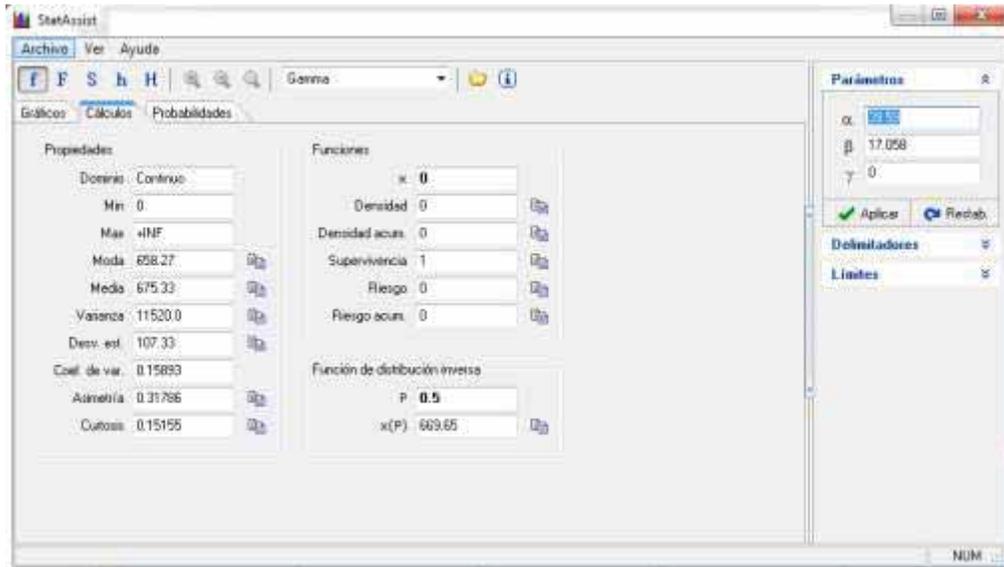


Gráfico N° 32; Precipitación media anual es $x(P)= 669.65$ mm al año. De la estación Kayra

De los datos de precipitación acumulada anual de la estación Kayra, no se rechazara el uso de la función Gamma en vista que ninguno de los autores rechaza la función de ajuste (ver gráfico N° 33). Entonces la Completacion de datos quedara validada

Bondad de ajuste - Detalles [ocultar]					
Gamma [#19]					
Kolmogorov-Smirnov					
Tamaño de la muestra	53				
Estadística	0.08236				
Valor P	0.83587				
Rango	12				
α	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
Valor crítico	0.14423	0.16483	0.16311	0.20475	0.21968
Rechazar?	No	No	No	No	No
Anderson-Darling					
Tamaño de la muestra	53				
Estadística	0.26552				
Rango	16				
α	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
Valor crítico	1.3749	1.9286	2.5018	3.2892	3.9074
Rechazar?	No	No	No	No	No
Chi-cuadrado					
Grados de libertad	4				
Estadística	0.13287				
Valor P	0.99789				
Rango	2				
α	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
Valor crítico	5.9886	7.7794	9.4877	11.668	13.277
Rechazar?	No	No	No	No	No

Gráfico N° 33: La función gamma no rechaza a la complicación de datos de Kayra

6.5.2. Estación CAYCAY

De la completación de datos de la estación Caycay (ver Cuadro N°30), se procederán a llevar los datos al programa EasyFit, donde la función de densidad de probabilidad que más se ajusta es la Función Ganma (Ver Gráfico N°34), y se procedió a encontrar la precipitación media anual cuyo resultado será $x(P) = 380.19$ mm al año. (Ver gráfico N°35)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DE CUSCO
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
1966	61.00	33.70	24.20	2.00	18.10	0.00	4.92	6.24	16.40	9.60	15.80	37.00	228.96
1967	50.00	79.40	95.50	0.00	13.00	2.00	16.90	9.50	9.20	37.60	58.80	64.20	436.10
1968	127.70	176.80	31.70	13.30	1.00	5.20	17.20	0.00	8.20	9.30	111.30	29.70	531.40
1969	136.40	65.00	150.00	59.40	0.00	19.20	12.30	4.00	19.50	26.10	60.10	102.90	654.90
1970	147.90	277.60	399.10	56.50	7.20	6.10	7.00	11.20	71.80	94.10	17.30	305.40	1,401.20
1971	152.60	289.80	79.40	57.70	15.74	5.50	2.00	9.10	0.00	49.50	18.30	42.70	722.34
1972	107.20	52.80	134.00	25.30	4.00	0.00	7.30	12.20	13.00	4.20	24.20	76.50	460.70
1973	264.90	203.20	139.60	59.60	9.30	9.60	12.40	13.30	7.10	32.50	56.10	150.00	957.60
1974	129.30	182.50	127.40	49.70	4.10	11.00	1.00	27.40	6.10	10.10	11.10	68.90	628.60
1975	79.40	99.30	82.50	43.10	43.60	5.10	0.00	0.00	5.59	54.31	68.99	67.80	549.68
1976	130.10	52.10	121.20	38.60	48.70	3.00	2.10	2.00	21.50	4.00	39.20	39.30	501.80
1977	86.10	111.00	68.60	33.80	0.00	0.00	4.00	4.10	12.00	18.30	127.10	14.00	479.00
1978	209.80	149.90	126.70	80.30	30.70	0.00	0.00	0.00	21.40	2.00	37.10	80.80	738.70
1979	218.10	161.40	177.10	58.50	7.00	8.00	6.00	2.00	19.50	18.40	38.40	71.80	786.20
1980	91.40	181.00	224.80	88.60	2.00	0.00	0.00	11.30	36.20	39.30	5.00	48.20	727.80
1981	96.50	177.10	88.70	31.30	9.00	4.00	15.20	3.00	15.10	111.18	116.10	116.80	783.98
1982	273.80	67.50	234.00	193.40	25.20	8.00	1.00	15.10	19.50	29.50	102.70	18.60	988.30
1983	5.10	56.31	15.49	29.30	0.00	2.00	10.40	6.10	13.10	18.10	30.20	33.50	219.61
1984	161.57	56.53	81.82	40.23	10.13	20.87	24.38	16.30	8.10	45.50	69.70	13.00	548.14
1985	139.60	203.70	192.40	63.80	8.10	0.00	0.00	5.00	27.20	106.60	129.90	24.40	900.70
1986	27.20	115.60	128.90	37.20	12.50	0.00	2.00	3.30	4.00	2.00	8.10	11.10	351.90
1987	269.90	45.40	24.20	13.20	0.00	14.10	9.10	0.00	0.00	23.32	34.99	38.50	472.71
1988	95.30	97.50	190.80	51.90	2.00	0.00	0.00	0.00	2.30	12.00	13.30	83.80	548.90
1989	113.80	94.20	110.60	25.60	8.00	0.00	3.00	9.00	7.00	20.40	20.00	27.10	438.70
1990	74.20	45.20	20.10	81.00	6.00	38.20	0.00	3.00	8.40	43.70	98.60	114.20	532.60
1991	75.80	101.10	64.50	31.20	11.20	8.00	0.00	2.00	2.00	50.40	60.80	64.70	471.70
1992	80.60	45.00	31.70	22.60	0.00	15.27	17.33	13.20	4.00	31.00	91.30	72.00	424.00
1993	177.80	82.00	12.20	35.10	8.00	4.20	8.20	14.20	3.00	18.00	10.50	154.13	527.32
1994	166.90	117.40	150.40	59.60	5.00	0.00	0.00	0.00	12.40	52.60	13.00	158.60	735.90
1995	98.60	79.20	79.90	7.20	4.20	0.00	0.00	0.00	12.20	24.20	18.20	51.40	375.10
1996	117.60	69.10	43.90	69.10	12.10	0.00	0.00	21.20	4.72	51.80	47.30	243.12	679.94
1997	190.29	142.98	97.40	2.90	2.50	0.00	0.00	19.30	16.50	11.70	105.20	96.30	685.06
1998	126.20	92.20	34.60	19.20	4.20	2.10	0.00	0.20	13.00	58.90	47.50	50.00	448.10
1999	89.90	118.80	46.40	26.30	2.10	3.96	2.00	0.00	27.70	16.20	37.80	103.80	474.96
2000	153.70	100.20	53.00	2.20	7.00	3.50	0.00	1.00	3.10	37.90	11.00	65.00	437.60
2001	199.10	131.70	146.70	18.30	9.70	0.00	18.60	4.60	5.50	46.30	73.00	98.00	751.50
2002	85.40	154.80	103.20	33.80	4.40	3.80	44.40	2.00	9.30	37.20	88.40	122.30	699.00
2003	108.90	102.70	103.50	14.30	2.40	5.90	0.00	22.10	3.00	28.70	17.50	115.00	524.00
2004	143.50	102.20	91.00	13.20	1.30	15.40	8.90	5.30	30.10	25.10	39.60	92.10	567.70
2005	123.20	72.40	67.70	28.70	0.00	0.00	1.00	3.70	2.70	12.60	46.60	56.10	414.70
2006	162.80	79.40	119.20	32.80	0.00	30.00	0.00	12.70	4.95	38.70	67.20	36.97	584.72
2007	99.80	112.50	130.60	38.60	7.40	22.50	1.30	0.00	3.00	31.30	66.50	79.20	592.70
2008	148.70	146.90	56.40	8.10	5.80	3.60	9.90	3.20	8.00	43.90	62.60	130.70	627.80
2009	84.90	85.70	63.50	13.20	0.00	0.00	2.10	0.00	18.20	5.80	114.10	108.90	496.40
2010	261.30	137.70	149.60	3.90	5.30	1.10	1.07	9.80	1.60	28.36	25.00	198.80	823.53
2011	156.05	36.62	48.25	39.69	13.13	4.20	13.13	1.72	5.01	21.29	41.43	125.19	505.69
2012	189.29	55.14	218.67	21.10	8.92	17.61	22.95	7.70	2.06	6.04	25.65	29.36	604.49
2013	51.20	113.98	43.58	10.52	2.19	15.99	18.61	13.80	11.36	56.24	79.15	199.34	615.96
2014	160.45	235.03	136.71	49.56	25.94	4.91	10.26	4.27	5.60	18.34	62.07	18.02	731.18
2015	93.71	155.88	157.30	84.03	0.62	15.15	4.52	5.53	5.88	28.67	73.14	210.17	834.60
2016	113.10	88.05	54.37	16.03	0.19	12.50	2.38	16.13	2.42	82.74	23.30	31.82	443.02
2017	185.28	178.87	158.00	13.87	14.26	7.51	11.77	0.55	12.19	5.46	64.36	29.47	681.58
2018	72.37	50.50	25.82	34.31	16.36	4.21	22.53	10.92	11.60	5.41	28.25	33.45	315.70
Funcion Gamma	Gamma(13.8)	Gamma(1.77)	Gamma(1.67)	Gamma(1.5901)	Gamma(1.20)	Gamma(1.68)	Gamma(1.22)	Gamma(1.44)	Gamma(1.55)	Gamma(1.15)	Gamma(1.54)	Gamma(1.18)	
Promedin de F.G.	131.41	114.39	104.85	38.13	10.21	9.82	9.98	8.56	12.03	32.01	51.94	84.04	
Desv. Estan	59.42105253	63.08879688	74.24316197	30.23731933	9.318568338	7.566971183	9.008857019	7.132799367	9.632836791	28.15805886	38.60583628	67.2452691	
Maximo	273.80	289.80	399.10	193.40	48.70	38.20	44.40	27.40	71.80	111.18	129.90	305.40	
Minimo	5.10	33.70	12.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	5.00	11.10	
ERROR	1%	-2%	-3%	-1%	0%	1%	1%	0%	-2%	1%	-1%	4%	

Cuadro N° 30: Completacion de datos de precipitación Caycay

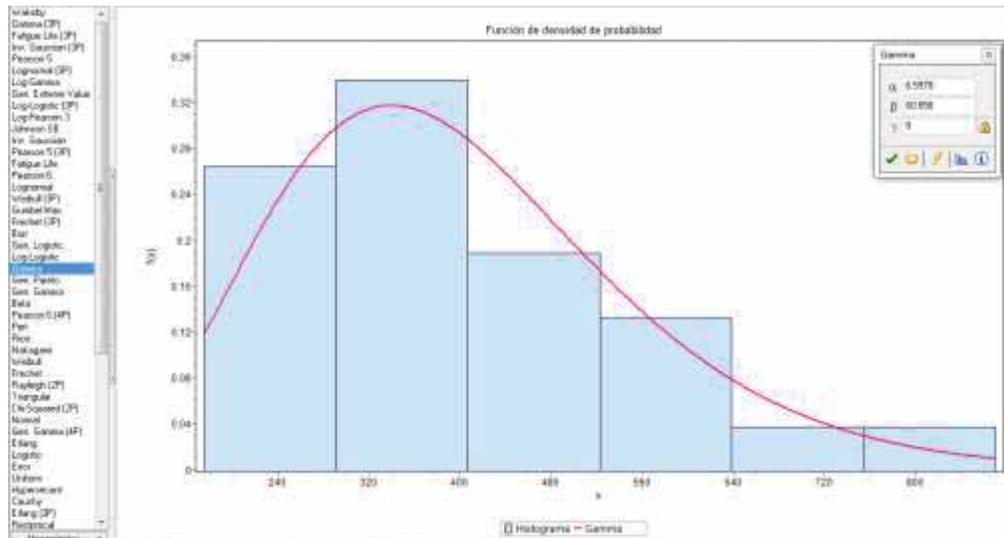


Gráfico N° 34: Función gamma de densidad que más se ajusta en la estación Caycay.

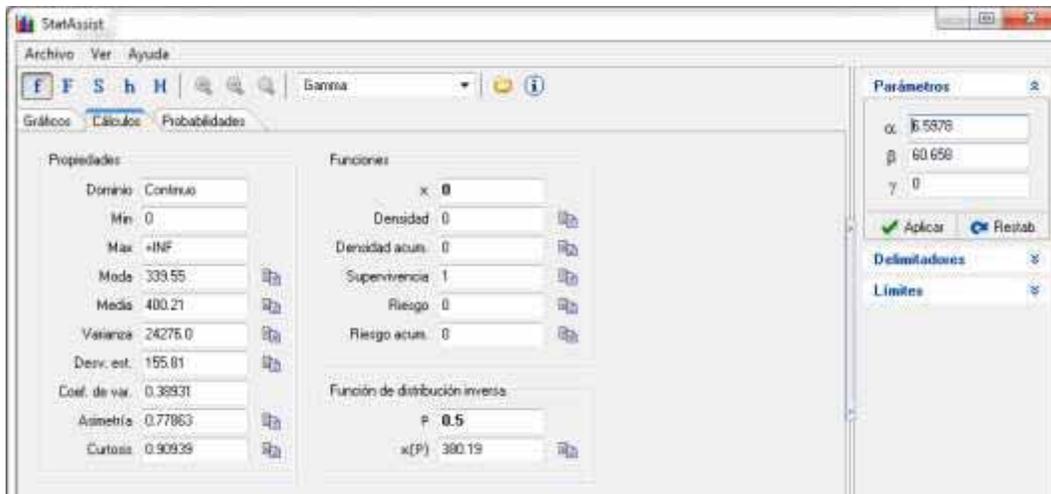


Gráfico N° 35: Precipitación media anual es $x(P)=380.19$ mm al año. De la estación Caycay

De los datos de precipitación acumulada anual de la estación Caycay, no se rechazara el uso de la función Gamma en vista que ninguno de los autores rechaza la función de ajuste (ver gráfico N°36). Entonces la Completacion de datos quedara validada

Bondad de ajuste - Detalles [ocultar]					
Gamma [# 19]					
Kolmogorov-Smirnov					
Tamaño de la muestra	53				
Estadística	0.06858				
Valor P	0.94978				
Rango	23				
α	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
Valor crítico	0.14423	0.16483	0.18311	0.20475	0.21968
Rechazar?	No	No	No	No	No
Anderson-Darling					
Tamaño de la muestra	53				
Estadística	0.29137				
Rango	23				
α	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
Valor crítico	1.3749	1.9286	2.5018	3.2892	3.9074
Rechazar?	No	No	No	No	No
Chi-cuadrado					
Grados de libertad	5				
Estadística	1.2011				
Valor P	0.94477				
Rango	8				
α	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
Valor crítico	7.2893	9.2364	11.07	13.388	15.086
Rechazar?	No	No	No	No	No

Gráfico N° 36: La función gamma no rechaza a la complicación de datos de Caycay

6.5.3. Estación Pisac

De la completación de datos de la estación Pisac (Cuadro N°31) se procederán a llevar los datos al programa EasyFit, donde la función de densidad de probabilidad que más se ajusta es la Función Ganma (Ver gráfico N°37), y se procedió a encontrar la precipitación media anual cuyo resultado será $x(P)= 573.78$ mm al año. (Ver gráfico N°38)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DE CUSCO
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
1966	61.00	33.70	24.20	2.00	18.10	0.00	5.39	18.29	16.40	9.60	15.80	37.00	241.47
1967	50.00	79.40	95.50	0.00	13.00	2.00	16.90	9.50	9.20	37.60	58.80	64.20	436.10
1968	127.70	176.80	31.70	13.30	1.00	5.20	17.20	0.00	8.20	9.30	111.30	29.70	531.40
1969	136.40	65.00	150.00	59.40	0.00	19.20	12.30	4.00	19.50	26.10	60.10	102.90	654.90
1970	147.90	277.60	399.10	56.50	7.20	6.10	7.00	11.20	71.80	94.10	17.30	305.40	1,401.20
1971	152.60	289.80	79.40	57.70	8.38	5.50	2.00	9.10	0.00	49.50	18.30	42.70	714.98
1972	107.20	52.80	134.00	25.30	4.00	0.00	7.30	12.20	13.00	4.20	24.20	76.50	460.70
1973	264.90	203.20	139.60	59.60	9.30	9.60	12.40	13.30	7.10	32.50	56.10	150.00	957.60
1974	129.30	182.50	127.40	49.70	4.10	11.00	1.00	27.40	6.10	10.10	11.10	68.90	628.60
1975	79.40	99.30	82.50	43.10	43.60	5.10	0.00	0.00	7.31	23.30	37.88	67.80	489.29
1976	130.10	52.10	121.20	38.60	48.70	3.00	2.10	2.00	21.50	4.00	39.20	39.30	501.80
1977	86.10	111.00	68.60	33.80	0.00	0.00	4.00	4.10	12.00	18.30	127.10	14.00	479.00
1978	209.80	149.90	126.70	80.30	30.70	0.00	0.00	0.00	21.40	2.00	37.10	80.80	738.70
1979	218.10	161.40	177.10	58.50	7.00	8.00	6.00	2.00	19.50	18.40	38.40	71.80	786.20
1980	91.40	181.00	224.80	88.60	2.00	0.00	0.00	11.30	36.20	39.30	5.00	48.20	727.80
1981	96.50	177.10	88.70	31.30	9.00	4.00	15.20	3.00	15.10	30.79	116.10	116.80	703.59
1982	273.80	67.50	234.00	193.40	25.20	8.00	1.00	15.10	19.50	29.50	102.70	18.60	988.30
1983	5.10	103.90	90.73	29.30	0.00	2.00	10.40	6.10	13.10	18.10	30.20	33.50	342.43
1984	54.91	222.09	172.89	28.91	5.17	7.01	10.93	16.30	8.10	45.50	69.70	13.00	654.50
1985	139.60	203.70	192.40	63.80	8.10	0.00	0.00	5.00	27.20	106.60	129.90	24.40	900.70
1986	27.20	115.60	128.90	37.20	12.50	0.00	2.00	3.30	4.00	2.00	8.10	11.10	351.90
1987	269.90	45.40	24.20	13.20	0.00	14.10	9.10	0.00	0.00	28.94	29.09	38.50	472.43
1988	95.30	97.50	190.80	51.90	2.00	0.00	0.00	0.00	2.30	12.00	13.30	83.80	548.90
1989	113.80	94.20	110.60	25.60	8.00	0.00	3.00	9.00	7.00	20.40	20.00	27.10	438.70
1990	74.20	45.20	20.10	81.00	6.00	38.20	0.00	3.00	8.40	43.70	98.60	114.20	532.60
1991	75.80	101.10	64.50	31.20	11.20	8.00	0.00	2.00	2.00	50.40	60.80	64.70	471.70
1992	80.60	45.00	31.70	22.60	0.00	1.18	23.80	13.20	4.00	31.00	91.30	72.00	416.38
1993	177.80	82.00	12.20	35.10	8.00	4.20	8.20	14.20	3.00	18.00	30.43	113.47	506.59
1994	166.90	117.40	150.40	59.60	5.00	0.00	0.00	0.00	12.40	52.60	13.00	158.60	735.90
1995	98.60	79.20	79.90	7.20	4.20	0.00	0.00	0.00	12.20	24.20	18.20	51.40	375.10
1996	117.60	69.10	43.90	69.10	12.10	0.00	0.00	21.20	43.72	51.80	47.30	103.99	579.80
1997	33.46	107.02	97.40	2.90	2.50	0.00	0.00	19.30	16.50	11.70	105.20	96.30	492.28
1998	126.20	92.20	34.60	19.20	4.20	2.10	0.00	0.20	13.00	58.90	47.50	50.00	448.10
1999	89.90	118.80	46.40	26.30	4.69	5.34	2.00	0.00	27.70	16.20	37.80	103.80	478.93
2000	153.70	100.20	53.00	2.20	7.00	3.50	0.00	1.00	3.10	37.90	11.00	65.00	437.60
2001	199.10	131.70	146.70	18.30	9.70	0.00	18.60	4.60	5.50	46.30	73.00	98.00	751.50
2002	85.40	154.80	103.20	33.80	4.40	3.80	44.40	2.00	9.30	37.20	88.40	122.30	699.00
2003	108.90	102.70	103.50	14.30	2.40	5.90	0.00	22.10	3.00	28.70	17.50	115.00	524.00
2004	143.50	102.20	91.00	13.20	1.30	15.40	8.90	5.30	30.10	25.10	39.60	92.10	567.70
2005	123.20	72.40	67.70	28.70	0.00	0.00	1.00	3.70	2.70	12.60	46.60	56.10	414.70
2006	162.80	79.40	119.20	32.80	0.00	30.00	0.00	12.70	60.13	38.70	67.20	59.09	662.02
2007	99.80	125.48	130.60	38.60	7.40	21.17	1.30	0.00	3.00	31.30	66.50	79.20	604.35
2008	148.70	146.90	56.40	8.10	5.80	3.60	7.56	3.20	8.00	43.90	62.60	130.70	625.46
2009	84.90	85.70	63.50	13.20	0.00	0.00	2.10	0.00	18.20	5.80	114.10	108.90	496.40
2010	261.30	137.70	149.60	3.90	5.30	1.10	10.67	9.80	1.60	18.27	25.00	198.80	823.04
2011	120.35	58.09	135.36	29.98	0.56	7.98	0.95	1.54	8.33	15.82	152.81	26.71	558.47
2012	139.39	140.36	146.81	13.61	12.74	1.02	6.52	14.60	3.98	13.61	45.86	78.12	616.62
2013	100.26	82.30	14.92	17.79	27.39	17.01	2.89	6.90	10.63	8.06	34.93	23.66	346.72
2014	84.52	114.12	25.12	93.22	2.89	3.16	4.18	17.46	16.02	8.49	84.37	162.96	616.50
2015	47.35	144.69	26.67	109.64	19.56	5.19	15.72	5.73	18.99	142.27	18.23	29.05	583.10
2016	90.90	108.56	18.40	11.08	7.00	3.33	7.65	5.63	38.78	18.51	68.89	116.07	494.81
2017	298.46	49.15	19.33	77.25	15.72	11.49	3.15	8.68	10.22	29.79	39.18	55.63	618.04
2018	96.97	198.44	39.89	39.32	6.14	4.15	1.03	9.69	4.68	53.31	23.62	110.68	587.94
Funcion Gamma	Gamma(6.57)	Gamma(2.45)	Gamma(1.23)	Gamma(1.5141)	Gamma(1.38)	Gamma(1.49)	Gamma(1.22)	Gamma(1.57)	Gamma(1.46)	Gamma(1.34)	Gamma(1.51)	Gamma(1.72)	
Promedin de F.G.	125.63	117.63	100.13	40.27	10.23	8.29	8.31	9.07	14.99	31.06	52.95	79.67	
Dev. Estan	63.34955852	58.46026832	79.60460207	32.72974255	8.676576358	6.788122093	7.516657457	7.233116815	12.38463929	25.53434217	39.77727412	54.67150924	
Maximo	298.46	289.80	399.10	193.40	48.70	38.20	44.40	27.40	71.80	142.27	152.81	305.40	
Minimo	5.10	33.70	12.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	5.00	11.10	
ERROR	-4%	1%	-7%	1%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	

Cuadro N° 31: Completacion de datos de precipitación Pisac

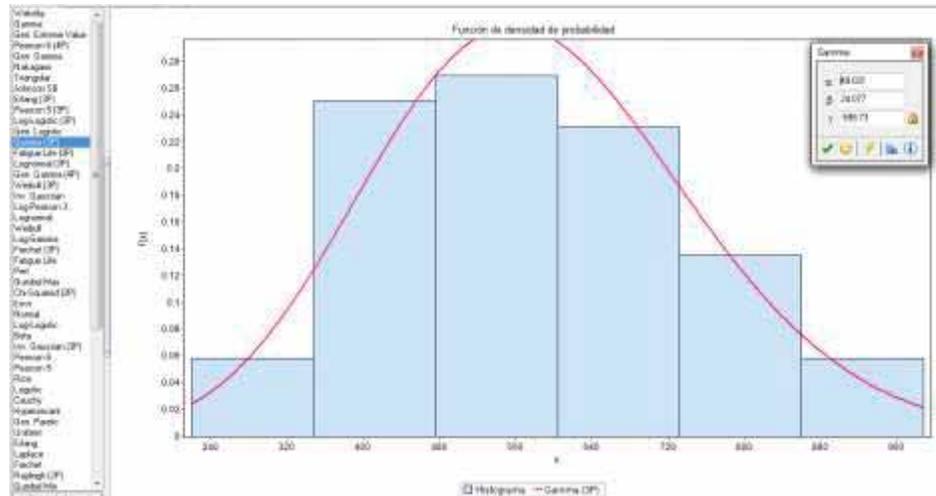


Gráfico N° 37: Función gamma de densidad que más se ajusta en la estación pisac.

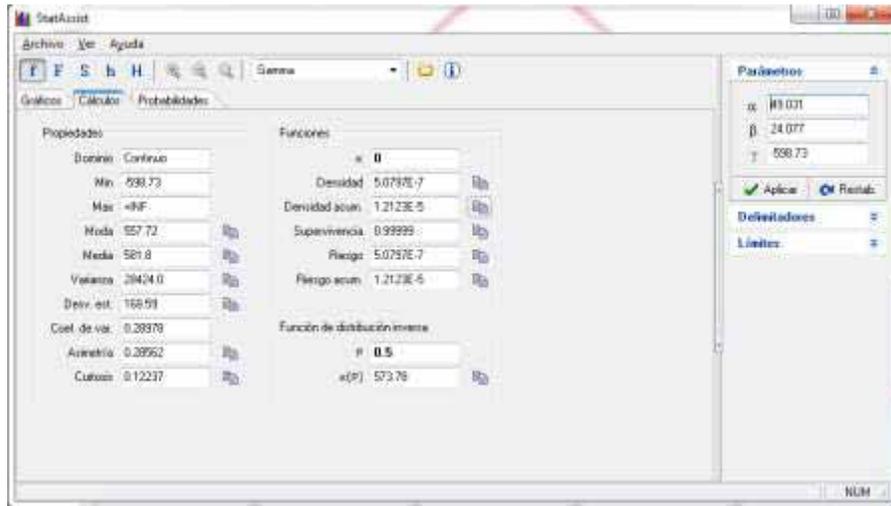


Gráfico N° 38: Precipitación media anual es $x(P)=573.78$ mm al año. De la estación Pisac

De los datos de precipitación acumulada anual de la estación pisac, no se rechazara el uso de la función Gamma en vista que ninguno de los autores rechaza la función de ajuste (ver gráfico N°39). Entonces la Completación de datos quedara validada

Bondad de ajuste - Detalles [ocultar]					
Gamma [#19]					
Kolmogorov-Smirnov					
Tamaño de la muestra	52				
Estadística	0.06703				
Valor P	0.96132				
Rango	2				
α	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
Valor crítico	0.14558	0.16637	0.18482	0.20667	0.22174
Rechazar?	No	No	No	No	No
Anderson-Darling					
Tamaño de la muestra	52				
Estadística	0.28089				
Rango	13				
α	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
Valor crítico	1.3749	1.9286	2.5018	3.2892	3.9074
Rechazar?	No	No	No	No	No
Chi-cuadrado					
Grados de libertad	5				
Estadística	2.139				
Valor P	0.8296				
Rango	3				
α	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
Valor crítico	7.2893	9.2364	11.07	13.388	15.086
Rechazar?	No	No	No	No	No

Gráfico N° 39: La función gamma no rechaza a la Completación de datos de Pisac

6.5.4. Estación Colquepata

De la completación de datos de la estación Colquepata (Cuadro N°32) se procederán a llevar los datos al programa EasyFit, donde la función de densidad de probabilidad que más se ajusta es la Función Gamma (Ver gráfico N°40), y se procedió a encontrar la precipitación media anual cuyo resultado será $x(P)= 482.07$ mm al año. (Ver Gráfico N°41)

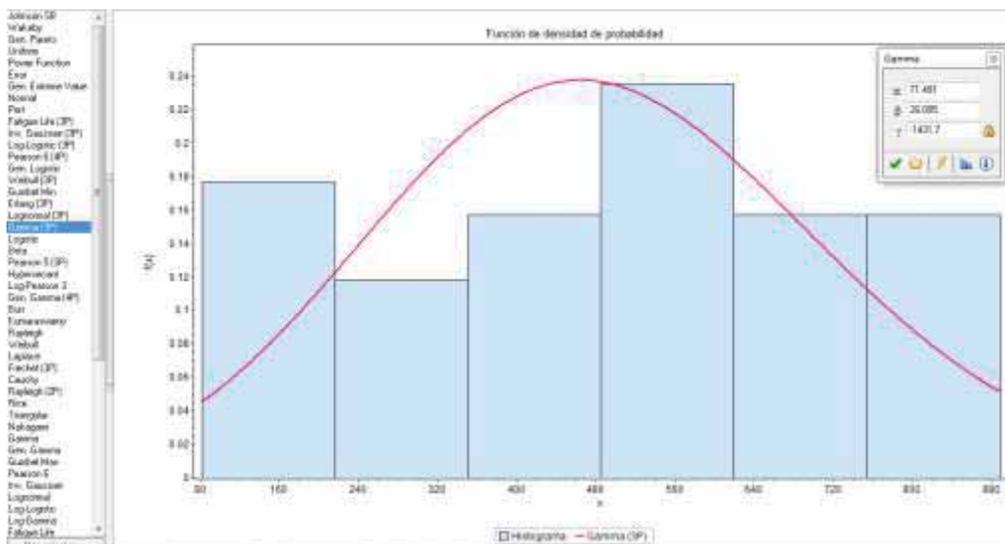


Gráfico N° 40: Función gamma de densidad que más se ajusta en la estación Colquepata.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DE CUSCO
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
1966	72.90	153.80	75.90	26.18	19.47	8.97	0.00	3.70	15.60	82.20	73.60	86.40	618.72
1967	66.80	118.50	114.90	26.00	9.00	1.60	15.30	11.90	10.80	68.50	68.50	65.70	577.50
1968	116.20	173.00	50.00	32.50	1.00	13.70	14.30	5.00	8.40	36.20	107.90	63.20	621.40
1969	97.00	158.80	73.60	53.40	2.00	13.80	16.50	1.10	37.40	24.00	83.90	86.10	647.60
1970	152.10	114.00	120.30	59.20	13.60	8.20	16.60	0.00	55.10	52.80	19.80	268.80	880.50
1971	171.20	172.90	157.40	87.20	3.00	2.30	2.60	0.00	0.00	24.70	24.40	117.30	763.00
1972	114.50	53.10	130.70	49.70	5.90	4.20	13.00	13.70	19.40	31.10	70.10	104.80	610.20
1973	238.60	94.90	143.60	73.80	26.30	1.40	16.30	10.70	13.90	22.70	37.70	119.50	799.40
1974	123.60	166.70	64.00	42.30	1.00	34.00	1.00	82.20	1.00	26.20	2.34	10.66	555.00
1975	133.60	122.40	87.00	24.80	10.60	0.00	3.80	2.70	20.40	4.90	25.50	101.80	537.50
1976	121.80	68.20	151.80	51.50	11.00	0.00	2.80	13.60	23.90	7.10	18.00	83.80	553.50
1977	97.60	154.70	92.40	24.40	4.80	0.00	14.80	0.00	27.80	19.50	87.60	31.70	555.30
1978	141.30	89.90	57.90	45.80	16.10	3.40	6.70	1.40	23.20	3.80	38.80	94.60	522.90
1979	118.00	75.50	116.70	13.30	1.20	0.00	0.00	6.80	6.20	14.10	61.10	68.70	481.60
1980	128.30	168.80	80.00	7.10	7.30	1.80	4.10	7.70	1.20	83.60	69.20	67.70	626.80
1981	194.40	120.90	76.40	71.60	14.10	1.20	0.00	14.30	71.20	59.20	111.70	67.10	802.10
1982	280.11	110.80	103.70	41.80	7.30	3.00	42.30	10.60	14.92	39.61	85.50	25.40	765.04
1983	24.40	25.40	30.10	13.50	3.50	8.20	9.00	6.70	14.30	12.50	19.30	24.40	191.30
1984	481.40	161.70	144.20	44.20	12.70	8.80	47.50	6.80	18.60	8.10	28.30	45.90	1,008.20
1985	42.40	46.00	76.60	40.97	6.43	40.90	2.20	1.00	6.60	10.70	42.60	36.50	352.90
1986	14.70	37.50	34.50	24.30	3.40	9.30	7.70	4.50	14.20	7.80	10.40	27.00	195.30
1987	57.30	30.00	5.60	10.00	14.80	6.60	1.00	0.00	4.20	4.20	14.80	176.39	324.89
1988	56.50	56.50	41.10	45.70	5.80	2.10	0.00	0.00	4.30	0.00	1.20	25.60	238.60
1989	84.30	110.50	43.20	40.00	13.20	1.20	0.00	1.10	6.50	5.60	5.90	12.70	324.20
1990	12.80	5.30	7.40	0.00	5.40	7.60	9.00	2.60	2.10	25.40	45.30	68.10	191.00
1991	26.90	34.90	116.92	6.70	23.30	8.80	0.00	0.00	5.70	8.90	18.40	16.20	266.72
1992	10.30	11.50	20.90	19.30	5.80	7.40	7.70	15.90	4.60	15.00	25.10	10.50	154.00
1993	51.40	17.10	16.60	14.90	8.10	8.10	10.80	19.80	11.70	12.30	21.00	31.90	223.70
1994	22.50	32.10	31.60	19.00	1.50	3.30	4.80	0.00	6.10	7.30	9.10	15.00	152.30
1995	19.70	23.20	23.80	8.00	3.50	4.50	1.20	3.60	9.20	8.00	5.10	5.70	115.50
1996	20.20	17.20	9.60	1.30	0.00	0.00	0.00	3.90	3.50	4.60	2.50	18.50	81.30
1997	28.30	37.20	36.00	15.60	9.20	1.20	1.20	2.30	3.30	2.40	5.70	6.90	149.30
1998	13.80	73.00	15.40	0.20	1.20	3.50	0.10	1.20	2.80	7.10	18.30	17.10	153.70
1999	37.20	94.50	106.90	10.80	2.20	1.20	3.30	2.20	22.20	13.30	5.40	91.70	391.00
2000	175.10	121.30	111.60	27.20	2.40	1.30	1.30	1.10	4.70	23.30	1.20	48.20	518.70
2001	269.00	165.40	155.30	80.30	32.40	1.90	19.20	29.30	17.12	82.10	118.20	91.60	1,061.82
2002	120.30	162.10	144.20	75.50	6.80	14.30	50.30	23.40	32.60	73.10	51.60	135.00	889.00
2003	152.00	164.60	136.90	39.40	13.70	5.80	2.00	24.70	6.30	19.20	23.20	142.90	730.70
2004	174.90	122.90	80.20	13.50	11.70	9.88	26.70	26.90	33.20	40.40	50.90	109.00	700.18
2005	63.40	158.70	73.00	35.60	8.40	0.00	4.70	4.80	8.60	32.70	47.40	68.40	505.70
2006	176.20	56.50	89.60	36.70	2.20	1.20	0.00	24.80	6.73	70.60	67.00	205.73	737.26
2007	145.90	75.40	163.50	38.90	15.80	4.58	8.70	12.00	7.70	37.10	39.10	135.40	684.08
2008	165.20	138.90	76.70	36.60	16.80	19.60	4.45	18.20	18.60	62.90	57.00	153.50	768.45
2009	138.40	122.80	109.50	23.00	1.60	0.00	20.00	3.40	7.70	7.80	135.50	114.00	683.70
2010	225.50	113.50	160.40	15.10	4.40	10.10	2.18	1.30	10.50	87.40	27.10	145.80	803.28
2011	24.87	42.88	119.26	15.80	4.03	6.69	3.05	13.27	8.60	40.65	46.68	9.86	335.62
2012	70.22	75.38	71.70	71.32	8.30	13.51	1.81	8.02	8.08	12.94	22.18	37.85	401.30
2013	59.18	161.78	123.62	11.25	8.04	1.10	5.37	11.89	11.26	19.25	7.27	23.58	443.59
2014	32.15	133.80	166.59	20.10	4.25	5.20	15.91	17.56	1.00	58.37	73.18	66.65	594.76
2015	86.00	80.79	124.39	17.11	5.00	1.78	90.91	2.43	4.40	39.32	47.96	30.14	530.22
2016	112.54	38.26	117.05	15.42	2.00	3.73	27.25	9.75	1.95	0.71	1.41	38.67	368.76
2017	40.84	52.80	153.07	35.23	6.67	0.44	8.82	4.29	11.99	26.03	6.41	69.02	415.61
2018	55.35	153.19	-15.85	10.57	27.00	0.89	25.89	14.36	18.48	28.49	69.30	64.51	452.19
Funcion Gamma	Gamma(0.8798;	Gamma(30.1	Gamma(104	Gamma(1.6761;	Gamma(1.54	Gamma(1.14	Gamma(0.85	Gamma(1.09	Gamma(1.38	Gamma(1.28	Gamma(0.71	Gamma(0.89	
Promedin de F.G.	104.54	96.65	86.80	31.98	8.75	7.01	13.20	11.06	13.65	29.15	39.54	67.19	510.51
Dev. Estan	100.4760476	53.20480773	49.59701787	24.71084727	7.027465362	6.551277015	14.25739429	10.5743309	11.61506045	25.6813958	45.40359255	64.8531562	
Maximo	481.40	173.00	166.59	87.20	32.40	40.90	90.91	82.20	71.20	87.40	135.50	268.80	
Minimo	10.30	5.30	-15.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20	5.70	
ERROR	-3%	-1%	4%	-1%	0%	-1%	2%	0%	-1%	0%	-3%	-5%	

Cuadro N° 32: Completacion de datos de precipitación Colquepata

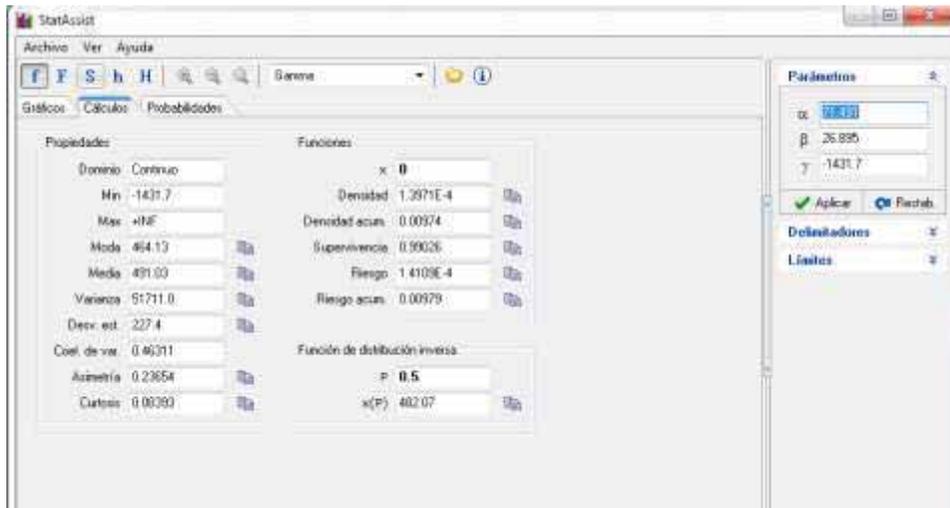


Gráfico N° 41: Precipitación media anual es $x(P)=482.07$ mm al año. De la estación Colquepata

De los datos de precipitación acumulada anual de la estación Colquepata, no se rechazara el uso de la función Gamma en vista que ninguno de los autores rechaza la función de ajuste (ver gráfico n°42). Entonces la Completacion de datos quedara validada

Bondad de ajuste - Detalles [ocultar]					
Gamma (3P) [#20]					
Kolmogorov-Smirnov					
Tamaño de la muestra	51				
Estadística	0.09317				
Valor P	0.73267				
Rango	19				
α	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
Valor crítico	0.14697	0.16796	0.18659	0.20864	0.22386
Rechazar?	No	No	No	No	No
Anderson-Darling					
Tamaño de la muestra	51				
Estadística	0.6632				
Rango	14				
α	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
Valor crítico	1.3749	1.9286	2.5018	3.2892	3.9074
Rechazar?	No	No	No	No	No
Chi-cuadrado					
Grados de libertad	5				
Estadística	3.878				
Valor P	0.56711				
Rango	23				
α	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
Valor crítico	7.2893	9.2364	11.07	13.388	15.086
Rechazar?	No	No	No	No	No

Gráfico N° 42: La función gamma no rechazo a la complicación de datos de Colquepata

6.6. REGIONALIZACIÓN DE LOS DATOS

Para la Regionalización de precipitaciones se consideran los datos pluviométricos de cuatro estaciones meteorológicas circundantes a la zona de estudio (Est. Kayra; Est. Caycay; Est. Pisac; Est. Colquepata, y se hace un análisis de correlación para validar los datos del cuadro N°33. Que son solo las Precipitaciones acumuladas anuales en milímetros.

PRECIPITACIONES ACUMULADAS ANUALES EN (mm)				
AÑOS	KAYRA	COLQUEPATA	PISAC	CAYCAY
1966	597.4	618.72	228.96	447.16
1967	655.7	577.5	436.1	284.00
1968	668.2	621.4	531.4	311.80
1969	524.6	647.6	654.9	252.30
1970	806	880.5	1,001.20	276.50
1971	659.1	763	722.34	308.20
1972	553.5	610.2	460.7	187.70

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DE CUSCO
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica

1973	816.8	799.4	957.6	441.30
1974	681.7	555	628.6	395.59
1975	721.6	537.5	549.68	586.78
1976	560.3	553.5	501.8	365.10
1977	613.1	555.3	479	323.40
1978	664.1	522.9	738.7	302.60
1979	600.8	481.6	786.2	297.10
1980	619.6	626.8	727.8	174.90
1981	922.9	802.1	783.98	396.90
1982	786.8	765.04	988.3	218.40
1983	483.7	191.3	219.61	255.49
1984	800.50	908.20	548.14	282.40
1985	728.3	352.9	900.7	176.00
1986	569.1	195.3	351.9	264.01
1987	630.6	324.89	472.71	350.41
1988	725.5	238.6	548.9	318.89
1989	686.3	324.2	438.7	257.35
1990	641.1	191	532.6	424.90
1991	682.4	266.72	471.7	259.03
1992	609.3	154	424	349.60
1993	799.9	223.7	527.32	362.06
1994	798.4	152.3	735.9	351.90
1995	560	115.5	375.1	242.90
1996	610.2	81.3	679.94	389.40
1997	805.3	149.3	685.06	340.10
1998	493.9	153.7	448.1	220.00
1999	543.1	391	474.96	464.60
2000	652	518.7	437.6	448.70
2001	864.10	961.82	751.5	870.20
2002	822.1	889	689	593.90
2003	713.7	730.7	524	768.70
2004	632	700.18	567.7	542.67
2005	638.9	505.7	414.7	557.40
2006	856.3	737.26	584.72	727.78
2007	700.27	684.08	592.7	609.75
2008	608.63	768.45	627.8	648.30
2009	524.06	683.7	496.4	459.60
2010	780.14	803.28	823.53	592.41
2011	626.81	335.62	505.69	608.25
2012	491.53	401.3	604.49	351.19
2013	679.35	443.59	615.96	504.86
2014	879.51	594.76	731.18	291.24
2015	694.74	530.22	834.6	473.27
2016	717.26	368.76	443.02	432.57
2017	707.97	415.61	681.58	379.63
2018	583.23	452.19	315.7	472.11

Cuadro N° 33 : Precipitaciones acumuladas anuales de las cuatro estaciones (elaboración propia)

6.6.1. Correlación de Datos.

De la correlación de Datos de precipitaciones acumuladas del cuadro N°33 obtenemos el cuadro N°34 el cual nos indica que las estaciones que más se correlacionan serán las estaciones Kayra, Colquepata y Pisac.

CORRELACION ENTRE ESTACIONES				
	KAYRA	COLQUEPATA	PISAC	CAYCAY
KAYRA	100%			
COLQUEPATA	41%	100%		
PISAC	55%	43%	100%	
CAYCAY	28%	40%	0%	100%

Cuadro N° 34: Correlación de los datos de las cuatro estaciones

REGIONALIZACION PARA LA CUENCA 01.

Estación	Altitud msnm	Precipitación mm	Este	Norte	Distancias (m)		Distancias inversas (m)	Pesos		
					d1	d2		Wa	Wb	
KAYRA	3,214	669.95	188719	8499470	d1	13695.5013	5.33144E-09	Wa	0.27828735	
COLQUEPATA	3,650	482.07	209353	8520740	d2	16018.777	3.8971E-09	Wb	0.20341858	
PISAC	2,950	573.78	191411	8515100	d3	10035.4429	9.92949E-09	Wc	0.51829407	
Suma										1.9158E-08
Est. Guia C1		3615	581.8873762	198974.6	8508538					

Cuadro N° 35: Regionalización para la cuenca 01

REGIONALIZACION PARA LA CUENCA 02.

Estación	Altitud msnm	Precipitación mm	Este	Norte	Distancias (m)		Distancias inversas (m)	Pesos		
					d1	d2		Wa	Wb	
KAYRA	3,214	669.95	188719	8499470	d1	17213.8121	3.37478E-09	Wa	0.16557802	
COLQUEPATA	3,650	482.07	209353	8520740	d2	12444.0661	6.45766E-09	Wb	0.31683429	
PISAC	2,950	573.78	191411	8515100	d3	9736.13144	1.05494E-08	Wc	0.51758769	
Suma										2.03818E-08
Est. Guia C2		3982	560.6467651	200561.7	8511939					

Cuadro N° 36: Regionalización para la cuenca 02

Donde se obtiene que la precipitación media para las cuencas son:

$$\underline{\text{Cuenca 01} = 581.89 \text{ mm}}$$

$$\underline{\text{Cuenca 02} = 560.65 \text{ mm}}$$

6.7. BALANCE HIDRICO.

Para el cálculo del balance hídrico se usara la fórmula planteada por Holdridge

$$BH= PP/ETP$$

Donde:

BH= Balance Hídrico

PP= Precipitación media anual de la cuenca

ETP= Evapotranspiración

Ahora la Evapotranspiración estará en Función de la siguiente formula.

$$ETP=58.93*Temp$$

Temp= Temperatura media de la cuenca.

58.93= Constante.

Entonces el ETP, será constante para ambas cuencas

Temp= 12° (Temperatura media)

$$ETP= 707.16 \text{ mm}$$

Balance Hídrico Cuenca-01

$$Bh= (581.89)/(707.16\text{mm})$$

$$Bh= 0.82.....\text{Para la cuenca-01}$$

Balance Hídrico Cuenca-02

$$Bh= (560.65)/(707.16 \text{ mm})$$

$$Bh= 0.79.....\text{Para la cuenca-02}$$

El balance Hídrico se interpreta para ambas cuencas como:

- Están en un estado de llegar al equilibrio ya que si entra en un rango de 0.8 a 1.2 están en equilibrio fijo.
- Por el momento las pérdidas de agua en las cuencas por evapotranspiración será mayor que la precipitación.

CAPITULO VII. GEOTECNIA

GENERALIDADES

Los estudios geotécnicos que se realizan en carreteras son primordiales debido a que aseguramos de que la carretera no sufra fallas físicas, y para asegurar de que la obra cumpla con su periodo de vida útil, siempre ajustándonos a los valores que la ley nos indique.

El estudio geotécnico se realizó con el fin de conocer las características del terreno y determinar si este es apto o necesitara algún tratamiento, y de acuerdo a esto hacer los diseños de las estructuras que se harán

7.1. ESTUDIO DE SUELOS

Los estudios de suelos en general se hacen en dos etapas; la prospección Insitu (campo) y después de una toma de muestra se hará un análisis en laboratorio

7.1.1. EXPLORACION DE CAMPO

El trabajo de campo se realizara mediante la elaboración de calicatas de 1.5m de profundidad donde se abarque la capa de rodadura y la sub rasante o terreno natural, y de acuerdo a la ley estas calicatas se harán cada 500 m, pero en caso sea necesario hacerlas en sectores críticos se hará

Con las calicatas hacemos la elaboración del perfil estratigráfico del subsuelo (preliminar), y para la investigación de suelos y rocas recomienda la aplicación de la norma ASTM D-420-69; se hará un análisis visual, y la clasificación de suelos según SUCS mediante ensayos de laboratorio según la misma norma; estos ensayos en laboratorio nos darán datos geotécnicos necesarios para saber las características que presenta más que todo la Sub rasante, porque sobre este se construirán todas las futuras obras para el asfaltado

También se hará la recolección de muestras de rocas para su posterior tallado con dimensiones 1:2; y estos serán sometidos a los ensayos de compresión uniaxial, o compresión simple según la norma ASTM D2938 para determinar la resistencia de las

rocas de los Grupos Copacabana y Mitu que afloran a lo largo de la carretera San Salvador Occoruro.

7.2. ENSAYOS EN LABORATORIO

Para la evaluación de suelos en la carretera San Salvador-Occoruro se hicieron los siguientes ensayos para 40 muestras de suelo, que van de acuerdo al “Manual de carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos; sección suelos y pavimentos”.

GRANULOMETRIA

Representa la distribución de los tamaños que posee el agregado mediante el tamizado según especificaciones técnicas en este caso aplicamos la norma NTP 339.128.

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

De acuerdo al tamaño de las partículas se tiene la siguiente clasificación de suelos

Los tamices utilizados para el ensayo fueron:

Pulg	2"	1"	3/4 "	1/2"	3/8"	N° 4	N° 8	N° 10	N° 30	N° 40	N° 50	N° 100	N° 200	Casuela
mm	50.8	25.4	19.05	12.7	9.53	4.76	2.36	2	0.59	0.426	0.267	0.149	0.074	

Tabla N° 6: Tamices utilizados para ensayo de laboratorio. (Fuente: NTP 339.128)

El tipo de material será determinado por el tamaño de las partículas y será catalogado según la NTP 339.128 como esta en el cuadro:

TIPO DE MATERIAL	TAMAÑO DE PARTICULAS
Grava	75 mm – 2 mm
Arena	Arena Gruesa: 2 mm – 0.2 mm Arena Fina: 0.2 mm – 0.05 mm
Limo	0.05 mm – 0.005 mm
Arcilla	Menor a 0.005 mm

Tabla N° 7 : Tipo de material por el tamaño de partículas según NTP339.128

FASES DEL ENSAYO:

Para las fases del ensayo se recomienda tomar la siguiente secuencia para no cometer errores al omento de los pesados.

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

PLASTICIDAD

Es la propiedad de estabilidad que representa los suelos hasta cierto límite de humedad sin disgregarse, por tanto la plasticidad de un suelo depende, no de los elementos gruesos que contiene, sino únicamente de sus elementos finos. El análisis por el método de la cuchara de Casagrande nos permite apreciar esta característica, por lo que es necesario determinar los Límites de Atterberg.

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

Además del LL y del LP, una característica a obtener es el índice de plasticidad IP, que se define como la diferencia entre el LL y el LP

$$IP = LL - LP$$

Este índice de plasticidad ayudara para la clasificación del suelo como se muestra en la siguiente tabla n°8:

INDICE DE PLASTICIDAD	CARACTERISTICA
IP > 20	Suelos muy arcillosos
20 > IP > 10	Suelos arcillosos
10 > IP > 4	Suelos poco arcillosos
IP = 0	Suelos exentos de arcilla

Tabla N° 8: índice de plasticidad (Braja M Das, 1998)

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

El índice de plasticidad a lo largo de la carretera es de ligera a media (IP=3.30% a 8.74%), estos están representados por depósitos eluvio-coluviales y coluviales, estas provenientes de la degradación de rocas del Grupo Copacabana y del Grupo Mitu, de lo que se concluye que los suelos a lo largo de la carretera San Salvador Occoruro no son Expansibles

También se calcula que los índices de compresibilidad a lo largo de la carretera varían 0.12 a 0.20, resultados que indican que los suelos tienen baja compresibilidad

DENSIDAD DE CAMPO

Para determinar la densidad de los suelos de origen coluvial, coluvio aluvial y fluvio glaciario se realizaron 04 ensayos de densidad insitu por el método del cono de arena, a lo largo de la carretera Tramo San Salvador – Occoruro; los resultados obtenidos se resumen en el cuadro N° 37.

CALICATA Y KILOMETRAJE	DEPOSITO	D. NAT HUM gr/cm ³ INSITU	DEN. NAT SEC. gr/cm ³	CONT. HUM. %
3+090 C-2	Coluvial	1.82	1.52	19.74
8+010 C-4	Coluvio aluvial	1.848	1.565	18.08
10+640 C-5	Fluvio Glaciario	2.07	1.8	14.98
13+998 C-7	Fluvio Glaciario	2.211	1.9	16.36

Cuadro N° 37: resumen de resultados de cono de arena (Fuente: elaboración propia)

CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO A LO LARGO DE LA CARRETERA (CBR).

Los valores de densidad máxima seca obtenidos en suelos coluviales y coluvio aluviales a lo largo de la carretera son moderados y los valores de C.B.R. al 95 % y 100% de la densidad máxima seca (mds) están en el rango de 7.53 % a 28.80 % y 9.15 % a 35.00%, respectivamente por lo tanto, los suelos a lo largo de la carretera a partir del Km 0+970 al Km 10+400 son de regular, buena a muy buena calidad como Subrasante y poco arcillosos (IP = 3.30 % a 8.74 %).

Los suelos fluvio glaciares presentan buenos valores de densidad máxima y los resultados de C.B.R. al 95 % y 100 % de la densidad máxima seca están en el rango de 32.60 % a 41.60 % y 39.77 % a 50.55 %, valores que indican que el suelo fluvio glaciario es de buena calidad como subrasante de la carretera en el Tramo San Salvador – Occoruro, también son ligeramente plásticos (IP = 6.20 % a 8.12 %) y poco arcillosos por lo tanto cumplirán con la función de aglutinar dándole la cohesión necesaria para obtener una superficie cómoda para la conducción vehicular.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DE CUSCO
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica

POZO PROGRES	CLASIFICAC.	CLASIFICAC.	CONTENIDO HUM. %	COMPAC. MODIFICA		PROC. C. OPT. HUM %	C.B.R. AL 95%	C.B.R. AL 100 %
	SUCS	AASHTO		D.MAX. S. gr/cm3	C. OPT. HUM %			
S-1M-1	CL	A-4(7)	18.40					
S-2M-1	GM-GC	A-1-a(0)	12.74	2.147	7.93	51.61	62.96	
S-3M-1	GM-GC	A-1-b(0)	14.62	2.061	9.58	28.80	35.14	
S-4M-1	CL	A-4(5)	18.68	1.764	13.21	8.38	10.22	
S-5M-1	SM-SC	A-1-b(0)	19.87	1.932	11.32	13.81	16.78	
S-6M-1	SM-SC	A-1-b(0)	14.12	1.946	10.86	15.20	18.48	
S-7M-1	CL	A-4(8)	16.34	1.736	14.34	7.54	9.16	
S-8M-1	GC	A-2-4(0)	16.84	2.064	11.74	23.41	28.44	
S-9M-1	CL	A-4(5)	17.09	1.982	11.38	21.30	25.88	
S-10M-1	CL	A-4(6)	17.15	1.746	13.74	7.71	9.41	
S-11M-1	GM-GC	A-1-b(0)	15.74					
S-11M-2	CL	A-4(8)	18.11					
S-12M-1	CL	A-4(4)	15.74					
S-13M-1	CL	A-4(5)	16.06	1.763	13.12	8.42	10.24	
S-14M-1	CL	A-4(7)	10.74	1.776	13.76	7.67	9.32	
S-15M-1	SC	A-2-4(0)	12.74	2.040	9.78	25.41	30.88	
S-16M-1	GM-GC	A-1-b(0)	13.64					
S-17M-1	CL	A-4(5)	18.08	1.780	13.62	9.21	11.19	
S-18M-1	CL	A-4(6)	20.17	1.663	15.27	6.42	7.80	
S-19M-1	CL	A-4(7)	17.12	1.752	13.33	7.76	9.47	
S-20M-1	SM-SC	A-1-b(0)	14.15	1.954	11.34	20.61	25.04	
S-21M-1	SM-SC	A-2-4(0)	15.35	2.080	9.16	32.60	39.62	
S-22M-1	SC	A-2-4(0)	14.36					
S-23M-1	SC	A-2-4(0)	14.98	2.053	9.16	36.26	44.06	
S-24M-1	CL	A-4(8)	28.61	2.055	9.14	41.60	50.75	
S-25M-1	GM-GC	A-2-4(0)	14.46					
S-26M-1	SM-SC	A-1-b(0)	16.47	1.974	11.61	21.22	25.79	
S-27M-1	GC	A-2-4(0)	18.47	2.120	9.08	37.41	45.46	
S-28M-1	GM-GC	A-1-b(0)	16.24					
S-29M-1	GM-GC	A-1-a(0)	15.24					
S-30M-1	GM-GC	A-1-b(0)	15.67	2.124	7.62	39.33	47.99	
S-31M-1	SC	A-2-4(0)	15.67					
S-32M-1	SC	A-2-4(0)	16.15	1.826	10.33	15.94	19.37	
S-33M-1	SC	A-2-4(0)	16.15	1.855	10.16	14.90	18.18	
S-34M-1	GC	A-2-4(0)	17.44	2.087	8.35	40.80	49.59	
S-35M-1	GC	A-2-4(0)	18.74	2.081	8.26	39.61	48.13	
S-36M-1	GM-GC	A-1-b(0)	16.02					
S-37M-1	SM-SC	A-1-b(0)	17.70					
S-38M-1	SM-SC	A-1-b(0)	17.04	2.144	8.39	41.57	50.51	
S-39M-1	SM-SC	A-1-b(0)	15.12	1.974	11.08	16.71	20.31	

Cuadro N° 38: Análisis del suelo de fundación – CBR

DENSIDAD RELATIVA.

La densidad relativa es una manera de indicar el grado de compactación de un suelo y se puede emplear tanto para suelos granulares naturales como para rellenos compactados de estos suelos.

El uso de la densidad relativa en geotecnia es importante debido a la correlación directa que ella tiene con otros parámetros de los suelos de importancia en la ingeniería, tales como el ángulo de fricción interna, la resistencia a la penetración (N de golpes de cuchara normal), etc. Por otra parte, muchas fórmulas que permiten estimar los asentamientos posibles de estructuras fundadas sobre suelos granulares, están basadas en la densidad relativa.

De los análisis de laboratorio indicamos que los resultados de la densidad relativa para la carretera de las muestras tomadas representan suelos firmes a compactos y les corresponden ángulos de fricción dentro del rango de 33° a 35° , valores con los que podemos hallar la capacidad admisible con factor de seguridad de 3 y bajo los criterios de Meyerhof, estos resultados varían de 1.32 kg/cm^2 a 2.23 kg/cm^2 , lo que nos da a entender que los suelos son de buena resistencia

En los análisis realizados para los suelos coluviales, se determinó que los valores de carga admisibles oscilan entre 1.69 kg/cm^2 a 1.75 kg/cm^2 , dentro del rango promedio, lo que nos indica también que los suelos presentan buena resistencia en este sector

CLASIFICACION DE LOS MATERIALES

La plataforma de la carretera San Salvador – Occoruro, se apertura cortando rocas del Grupo Copacabana (656.5 m), rocas del Grupo Mitu (1,161.90 m), rocas de la formación Huancané (20 m), depositos coluviales (6448.1 m), deposito coluvio aluvial (1820 m) y deposito fluvio glaciario (8040.5 m), de los 18.44 Km de longitud total que tiene la carretera; en resumen, la Clasificación de Materiales aproximada que se movió en la apertura del Carretera se muestra en el cuadro N°40 . Haciendo un cálculo matemático se tiene los resultados de material suelta (MS) 90.1%; roca suelta (RS) 1.5% roca fija (RF) 8.4% (ver cuadro N°41)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DE CUSCO
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica

ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA LA FACTIBILIDAD DEL ASFALTADO DE LA CARRETERA SAN SALVADOR OCCORURO – PROGRESIVAS 0+000 AL 18+440							
CUADRO DE CLASIFICACIÓN DE MATERIALES EN EL TRAMO KM 0+000 AL 18+440							
PROGRESIVAS		DESCRIPCION GEOTECNICA	SIMBOLO	TRAMO (m)	LONG. TIPO DE MATERIAL		
Del	Al				Material Suelto	Roca Suelta	Roca Fija
0+000.00	0+110.00	Material Suelto	MS	110.00	110		
0+110.00	0+170.00	Roca Fija	RF	60.00			60
0+170.00	0+210.00	Material Suelto	MS	40.00	40		
0+210.00	0+220.00	Roca Fija	RF	10.00			10
0+220.00	0+310.00	Material Suelto	MS	90.00	90		
0+310.00	0+340.00	Roca Suelta	RS	30.00		30	
0+340.00	0+480.00	Roca Fija	RF	140.00			140
0+480.00	0+520.00	Material Suelto	MS	40.00	40		
0+520.00	0+760.00	Roca Fija	RF	240.00			240
0+760.00	0+780.00	Roca Suelta	RS	20.00		20	
0+780.00	0+830.00	Material Suelto + Roca Suelta	MS+RS	50.00	33.5	16.5	
0+830.00	0+970.00	Roca Fija	RF	140.00			140
0+970.00	3+610.00	Material Suelto	MS	2640.00	2640		
3+610.00	3+620.00	Roca Fija	RF	10.00			10
3+620.00	4+110.00	Material Suelto	MS	490.00	490		
4+110.00	4+130.00	Roca Fija	RF	20.00			20
4+130.00	4+390.00	Material Suelto	MS	260.00	260		
4+390.00	4+440.00	Roca Fija	RF	50.00			50
4+440.00	6+160.00	Material Suelto	MS	1720.00	1720		
6+160.00	6+230.00	Roca Fija	RF	70.00			70
6+230.00	6+260.00	Material Suelto	MS	30.00	30		
6+260.00	6+480.00	Roca Fija	RF	220.00			220
6+480.00	6+500.00	Material Suelto	MS	20.00	20		
6+500.00	6+940.00	Roca Fija	RF	440.00			440
6+940.00	7+360.00	Material Suelto	MS	420.00	420		
7+360.00	7+370.00	Roca Fija	RF	10.00			10
7+370.00	7+400.00	Material Suelto + Roca Suelta	MS+RS	30.00	20.1	9.9	
7+400.00	7+470.00	Roca Fija	RF	70.00			70
7+470.00	7+530.00	Roca Suelta	RS	60.00		60	
7+530.00	7+580.00	Roca Fija	RF	50.00			50
7+580.00	7+980.00	Material Suelto + Roca Suelta	MS+RS	400.00	268	132	
7+980.00	8+560.00	Material Suelto	MS	580.00	580		
8+560.00	8+580.00	Roca Fija	RF	20.00			20
8+580.00	18+440.00	Material Suelto	MS	9860.00	9860		

SUB TOTAL	18440.00	16621.6	268.4	1550
TOTAL (metros)	18440			

Cuadro N° 39: clasificación de los materiales dela carretera km 0+00 a 18+ 440 (elaboración propia)

TIPO DE MATERIAL	%	LONGITUD	DESCRIPCION GEOTECNICA
MATERIAL SUELTO	90.1%	16621.6	Gravas, arenas, limos, arcillas con bolones y bloques de tamaño heterogéneo.
ROCAS SUELTAS	1.5%	268.4	Rocas fracturadas y alteradas disgregadas que no requieren el uso de explosivos.
ROCA FIJA	8.4%	1550	Rocas con poco fracturamiento que requieren explosivos.
TOTAL	100.0%	18440	

Cuadro N° 40: Resumen de clasificación de los materiales en porcentaje total (elaboración propia)

7.2.1. CLASIFICACION DE SUELOS

7.2.1.1. Sistema AASHTO

De acuerdo a las normas vigentes de ministerio de transportes y comunicaciones para nuestra tesis se ha tomado la clasificación de SUCS (Sistema Unificado de Clasificación del suelo) y AASHTO (American Association of State Highway and transportation Officials) que tiene una aplicación difundida en obras viales.

El sistema de AASHTO tiene un manejo universal, clasifica los suelos en 7 grupos: A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6 y A-7, basándose en las composiciones granulométricas, limite líquido y el índice de plasticidad de un suelo. La evaluación de cada grupo, se hace por medio de índice de grupo. Esta clasificación divide a los suelos en: En suelos granulares que corresponde a los grupos A-1, A-2 y A-3, en los cuales pasa menos de 35% bajo la malla N°200, suelos limo arcillosos que corresponde a los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7, en los que más de 35% pasa la malla N°200.

Los 7 grupos basados están divididos en sub grupos con un índice de grupo, con el fin de aproximar dentro del grupo los componentes del suelo. Los índices de grupo van de 0 para el mejor material hasta 20 para el más crítico. Los incrementos del valor de los índices de grupo reflejan una reducción en la capacidad para soportar carga por el efecto combinado de aumento de límite líquido e índice de plasticidad y disminución en

el porcentaje de la fracción del material grueso, se puede observar en la siguiente (tabla n° 9 y 10)

Clasificación general	Material Granular (35% o menos del total pasa No.200)						
	A -1		A - 3	A - 2			
	A - 1 - a	A - 1 - b		A - 2 - 4	A - 2 - 5	A - 2 - 6	A - 2 - 7
Análisis de tamices (porcentaje que pasa)							
No. 10	50 max.						
No. 40	30 max.	50 máx.	51 min.				
No. 200	15 max.	25 max.	10 max.	35 max.	35 max.	35 max.	35 max.
Características de la fracción que pasa No.40							
Limite liquido				40 max.	41 min.	40 max.	41 min.
Indice de plasticidad	6 max.		NP	10 max.	10 max.	11 min.	11 min.
Tipos usuales de materiales que consta	Fragmentos pétreos, grava, y arena		Arena fina	Limos o gravas arcillosas y arena			
Valoración general del subgrupo	Excelente a bueno						

Tabla N° 9 clasificación de suelos método AASHTO material granular (Braja M Das, 1998)

Clasificación general	Material limo- arcilloso (más del 35% del total pasa No.200)			
	A-4	A-5	A-6	A-7
				A-7-5 (a) A-7-6 (b)
Grupo de clasificación				
Análisis de tamices (porcentaje que pasa)				
No. 10				
No. 40				
No. 200	36 min.	36 min.	36 min.	36 min.
Características de la fracción que pasa No. 40				
Limite liquido	40 max.	41 min.	40 max.	41 min.
Indice de plasticidad	10 max.	10 max.	11 min.	11 min.
Tipos usuales de materiales que consta	Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Valoración general del subgrupo	Regular a pobre			
(a) Para A-7-5, IP < LL - 30				
(b) Para A-7-6, IP > LL - 30				

Tabla N° 10: clasificación de suelos método AASHTO material limo arcilloso (Braja M Das, 1998)

7.2.1.2. Sistema unificado de clasificación SUCS

El Sistema Unificado de Clasificación del suelo (USCS o SUCS) se basa en el sistema de clasificación desarrollado por Casagrande durante la Segunda Guerra Mundial. Con algunas modificaciones fue aprobado conjuntamente por varias agencias de gobierno de los EE.UU. en 1952. Refinamientos adicionales fueron hechos y actualmente está estandarizado como la norma ASTM D 2487-93.

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

Tipos de suelos SUCS

En general el método SUCS solo contempla las siguientes posibilidades de símbolos para clasificación.

- Suelos gravosos: GW, GP, GW-GM, GW-GC, GP-GM, GP-GC, GM, GC.
- Suelos arenosos: SW, SP, SW-SM, SW-SC, SP-SM, SP-SC, SM, SC.
- Suelos finos: ML, MH, CL, CH, CL-ML.
- Suelos orgánicos: OL, OH, Pt.

7.2.2. RESUMEN DE CLASIFICACION DE SUELOS Y DE LOS ENSAYOS EN LABORATORIO

De todas las muestras extraídas y llevadas al laboratorio se tiene el siguiente resumen con las características geomecánicas correspondientes. Ver cuadro N° 41.

Los depósitos que tienen un origen coluvial están representados por las calicatas S-1, S-2; hasta el S-16, cuyas muestras se llevaron al laboratorio para el respectivo análisis; las muestras de las calicatas S-1 C-1M-1 y C-2M-1, nos dan resultados según la clasificación SUCS de que se trata de arcillas limosas inorgánicas CL, y según el

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DE CUSCO
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica

sistema AASHTO se clasifican como A-4(5) y A-4(7); esto considera entonces de que los suelos son de regular calidad como base de fundación.

POZO PROGRES	PROF m	ANALISIS GRANULOMETRICO %			LIMITES DE CONSISTENCIA %			CLASIFICAC.	CLASIFICAC.
		GRAVA	ARENA	FINOS	LL	LP	IP	SUCS	AASHTO
0+000 S-1M-1	1.40	0.90	30.50	68.60	31.41	22.67	8.74	CL	A-4(7)
0+500 S-2M-1	1.50	54.60	31.00	14.40	26.48	21.33	5.15	GM-GC	A-1-a(0)
1+000 S-3M-1	1.30	52.80	31.90	15.30	27.34	21.50	5.84	GM-GC	A-1-b(0)
1+385 S-4M-1	1.30	11.00	28.70	60.30	30.94	22.26	8.68	CL	A-4(5)
2+000 S-5M-1	1.40	24.70	47.00	28.30	27.83	21.80	6.03	SM-SC	A-1-b(0)
2+500 S-6M-1	1.50	33.80	42.70	23.50	27.55	21.74	5.81	SM-SC	A-1-b(0)
3+092 S-7M-1	1.40	2.60	22.40	75.00	31.33	22.54	8.79	CL	A-4(8)
3+500 S-8M-1	1.40	39.20	38.20	22.60	30.62	22.40	8.22	GC	A-2-4(0)
4+000 S-9M-1	1.30	4.70	33.90	61.40	30.69	22.34	8.35	CL	A-4(5)
4+500 S-10M-1	1.40	1.30	31.10	67.60	31.26	22.59	8.67	CL	A-4(6)
5+140 S-11M-1	0.40	52.80	31.70	15.50	27.33	21.45	5.88	GM-GC	A-1-b(0)
5+140 S-11M-2	1.40	3.30	21.60	75.10	30.78	22.39	8.39	CL	A-4(8)
5+500 S-12M-1	1.30	9.70	25.50	64.80	31.40	22.66	8.74	CL	A-4(4)
6+000 S-13M-1	1.30	12.20	27.40	60.40	31.39	22.78	8.61	CL	A-4(5)
6+500 S-14M-1	1.30	0.70	29.70	69.60	32.61	23.40	9.21	CL	A-4(7)
7+000 S-15M-1	1.40	35.00	41.40	23.60	30.31	22.22	8.09	SC	A-2-4(0)
7+500 S-16M-1	0.50	52.20	31.20	16.60	26.84	21.45	5.39	GM-GC	A-1-b(0)
8+010 S-17M-1	1.30	10.80	29.00	60.20	31.02	22.59	8.43	CL	A-4(5)
8+500 S-18M-1	1.30	14.50	21.00	64.50	32.57	23.30	9.27	CL	A-4(6)
9+210 S-19M-1	1.30	4.00	27.50	68.50	30.86	22.46	8.40	CL	A-4(7)
9+225 S-20M-1	1.30	33.80	41.50	24.70	27.78	21.88	5.90	SM-SC	A-1-b(0)
9+500 S-21M-1	1.40	37.60	43.30	19.10	27.41	21.21	6.20	SM-SC	A-2-4(0)
10+000 S-22M-1	1.40	33.40	42.30	24.30	31.32	22.70	8.62	SC	A-2-4(0)
10+640 S-23M-1	1.30	28.20	47.80	24.00	30.79	22.27	8.52	SC	A-2-4(0)
11+000 S-24M-1	1.30	0.70	24.70	74.60	37.49	24.33	13.16	CL	A-4(8)
11+500 S-25M-1	1.30	59.80	20.00	20.20	31.74	25.04	6.70	GM-GC	A-2-4(0)
12+000 S-26M-1	1.50	31.40	44.00	24.60	27.74	21.70	6.04	SM-SC	A-1-b(0)
12+500 S-27M-1	1.30	50.60	28.70	20.70	30.56	22.31	8.25	GC	A-2-4(0)
13+235 S-28M-1	1.20	50.80	32.80	16.40	28.06	22.74	5.32	GM-GC	A-1-b(0)
13+500 S-29M-1	1.40	55.40	29.90	14.70	26.02	21.40	4.62	GM-GC	A-1-a(0)
13+998 S-30M-1	1.40	51.10	32.00	16.90	28.06	22.42	5.64	GM-GC	A-1-b(0)
14+500 S-31M-1	1.30	30.70	43.00	26.30	30.72	22.42	8.30	SC	A-2-4(0)
15+000 S-32M-1	1.30	16.60	48.60	34.80	30.86	22.49	8.37	SC	A-2-4(0)
15+500 S-33M-1	1.30	29.40	43.40	27.20	30.93	22.53	8.40	SC	A-2-4(0)
16+000 S-34M-1	1.40	53.20	31.00	15.80	30.86	22.46	8.40	GC	A-2-4(0)
16+500 S-35M-1	1.30	52.40	25.60	22.00	31.17	22.62	8.55	GC	A-2-4(0)
17+050 S-36M-1	1.40	52.30	31.10	16.60	26.98	21.22	5.76	GM-GC	A-1-b(0)
17+500 S-37M-1	1.30	33.70	42.70	23.60	27.44	21.60	5.84	SM-SC	A-1-b(0)
18+000 S-38M-1	1.40	33.30	43.30	23.40	28.09	21.53	6.56	SM-SC	A-1-b(0)
18+440 S-39M-1	1.30	34.50	43.10	22.40	27.51	21.74	5.77	SM-SC	A-1-b(0)

Cuadro N° 41: resumen de laboratorio de clasificación de suelos (Fuente: laboratorio)

En el kilómetro 1+000 representado por la calicata S-3, se tomó la muestra superficial M-1 a 40 cm de profundidad, siendo este el material de préstamo se clasificó según SUCS como una Grava Limo arcillosa GM-GC y según AASHTO como A-1-B(0), esto indica que el material de préstamo utilizado es de buena calidad.

En adelante las calicatas S-4 hasta la S-16, representado por depósitos coluviales, estarán representadas en su mayoría como suelos del tipo CL y según AASHTO A-2-4 y A-2, estos suelos Según los ensayos de laboratorio a pesar de ser arcillosos, en realidad son poco cohesivos siendo el rango de IP entre 8.32 a 9.21 y su límite líquido entre 27 y 32, y además de poco cohesivos son inorgánicos y de compresibilidad baja a media

El depósito de origen coluvio aluvial por el que atraviesa la carretera Tramo San Salvador – Occoruro, está representado por la calicata S-17 muestras (C-4a M-1 y C-4 M-1) estas muestras han sido clasificadas según SUCS como arenas arcillosas SC y arcillas limosas inorgánicas CL, y clasificadas según AASHTO como a-2-4(0) y A-4(5), que son considerados como suelos de buena calidad como base de fundación de la carretera.

Los depósitos fluvio- glaciares que son cortados por la carretera están representados por las calicatas S-24 hasta la S-29, y por las muestras C-5a M-1, C-5 M-1, C-6a M-1, C-6b M-1, C-6 M-1, C-7 M-1, C-7b M-1, C-8a M-1, C-8 M-1 y C-9 M-1, estos se clasifican según el sistema SUCS como en su mayoría como gravas Limo arcillosas GM-GC, arenas limo arcillosas SM-SC, arenas arcillosas SC y en menor proporción como gravas arcillosas GC, y que en general son clasificados en el sistema AASHTO como A-2-4(0), A-1-b)0) y A-1-a(0), que son considerados como suelos muy buenos como base de fundación para el asfaltado de la carretera.

7.2.3. DETERMINACION DEL RMR DE BIENAWSKY

Bieniawski, en 1976, publico su clasificación de masa rocosa llamada clasificación geomecánica o Rock Mass Rating. Con el pasar de los años, este sistema ha sido refinado sucesivamente cambiando los índices asignados a cada uno de los parámetros de clasificación.

Bieniawski utilizo 6 parámetros para clasificar la masa rocosa haciendo uso del sistema rock mass rating

1. Resistencia a la compresión uniáxial de la roca intacta
2. Rock Quality Designation (RQD)
3. Espaciamiento de discontinuidades
4. Condición de discontinuidades
5. Orientación de discontinuidades
6. Condición de agua subterránea

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

EL sistema Rock Mass Rating se presenta en los cuadros siguientes, los cuales proporcionan los índices para cada uno de los seis parámetros listado arriba. Este índice se suma y dan valor de RMR

Bieniawski publicó, en 1989, una serie de reglas para la sección del sostenimiento en túneles y taludes ejecutado en masas rocosas que han sido valorados con el sistema RMR.

Resistencia a la compresión uniáxial de la roca intacta

También conocida como resistencia de compresión Uniaxial. La resistencia a la compresión uniaxial (UCS) es el esfuerzo de compresión axial máximo que puede tolerar una muestra cilíndrica recta de material antes de fracturarse. Se conoce también como la resistencia a la compresión no confinada de un material porque el esfuerzo de confinamiento se fija en cero Calidad de las rocas INSITU

Los resultados de Resistencia a la Compresión obtenidos según SOWERS (Cuadro de Descripción del Endurecimiento de la Roca) catalogan a las dos Rocas como

MUY BLANDA al obtener valores menores a 175 Kg/cm², resultados con los cuales se determinó valores de capacidad de carga admisible que varían de 6.96 Kg/cm² a 7.80 Kg/cm² resultados que son buenos a suficientes. (Ver tabla n°11)



Foto N° 19: compresión uniaxial simple de roca sedimentaria de grupo mito (fuente: propia)

Calidad 1MPa= 10.197 kg/cm ²	Resistencia a la compresión simple (MPa)	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)	Ptj.
Muy Dura	>200	>2500	15
Dura	120 – 200	1000 – 2500	12
Medio Dura	60 – 102	500 – 1000	7
Medio Blanda	30 – 60	250 – 500	4
Blanda	10 – 30	50 – 250	2
Muy Blanda	<10	10 – 15	1
Fuentes	lfcextapps.ifc.org	Conanma.com	0

Tabla N° 11: parámetro de resistencia de la roca

Rock Quality Designation (RQD)

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

Para la tesis consideramos más adecuado el método de Priest y Huston ya que podemos hacer la evaluación de fracturas en un lado del talud de la carretera y no contamos con testigos.

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

RQD Determinado en el campo por el área de Geotecnia, en un tramo longitudinal de pared expuesta

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

Dónde: λ = N° De Fisuras / Espacio

Índice de calidad	Calidad	Ptj.
R.Q.D. (%)		
Muy Mala	0 _ 25	3
Mala	25 _ 50	13
Regular	50 _ 75	50
Buena	75 _ 90	90
Excelente	90 _ 100	100

Tabla N° 12: clasificación de índice de calidad de roca (Fuente: Deere 1967)

Espaciamiento de discontinuidades.

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

El espaciamiento también tiene gran influencia en la permeabilidad del macizo rocoso y en las características internas que condicionan la circulación de agua. (Ver tabla N°13)

Descripción	Espaciado	Ptj.
Extremadamente junto	< 20mm	
Muy junto	20 - 60mm	20
Junto	60 - 200mm	15
Moderadamente junto	200 - 600mm	10
Separados	600 -2000mm	8
Muy separado	2000 -6000mm	5
Extremadamente separado	> 6000 mm	

Tabla N° 13: Parámetro del espaciamiento de las discontinuidades (Fuente: Deer, 1967)

✚ Condición de discontinuidades.

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

- **Persistencia.** Se describen los afloramientos de roca, dominios reconocidos según el tamaño de las diferentes familias de discontinuidades presentes. Según su tamaño, las diferentes familias de discontinuidades se describen como sistemas, sus sistemas y no sistemáticas

Grado	Descripción	Continuidad	Ptj.
1	Muy pequeña	<1m	6
2	Pequeña	1 - 3m	4
3	Media	3 - 10m	2
4	Alta	10 - 20m	1
5	Muy alta	>20m	0

Tabla N° 14: clasificación según la continuidad de las discontinuidades (fuente: Deer, 1967)

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

Grado	Descripción	Separación de las caras	Ptj.
1	Abierta	>5mm	0
2	Moderadamente abierta	1 - 5mm	1
3	Cerrada	0.1 - 1mm	4
4	Muy cerrada	<0.1mm	5
5	No tiene	0	6

Tabla N° 15: clasificación según la abertura de las discontinuidades (Fuente:Deer, 1967)

- **Rugosidad.** El significado de rugosidad se utiliza en gran medida para referirse tanto a las irregularidades o rugosidades a pequeña escala de los planos definidas en ocasiones como de 1° y 2° orden respectivamente como a la ondulación de las superficies de discontinuidad

Grado	Descripción	Ptj.
1	Muy rugosa	6
2	Rugosa	5
3	Ligeramente rugosa	2
4	Suave	1
5	Espejo de falla	0

Tabla N° 16: clasificación según la rugosidad de las discontinuidades (Fuente: Deer, 1967)

- **Relleno.** El relleno es el material que en ocasiones aparece entre las aberturas de las discontinuidades. Estas pueden ser de un material de naturaleza diferente a la roca de las paredes. Existe gran diversidad de materiales de relleno con propiedades físicas y mecánicas muy distintas. La presencia de relleno gobierna el estado de la discontinuidad, por lo que deben ser reconocidos y descritos todos los factores referentes a sus propiedades y estado. Debe considerarse que si se trata de materiales blandos o alterados, éstos pueden sufrir desviaciones de importancia en sus propiedades resistentes a corto plazo, por efecto del cambios en la humedad o si posee lugar a un movimiento a lo largo de las juntas

Grado	Descripción	Ptj.
1	Relleno blando >5mm	0
2	Relleno blando <5mm	2
3	Relleno duro >5mm	2
4	Relleno duro <5mm	4
5	Ninguno	6

Tabla N° 17: clasificación según relleno de las discontinuidades (Fuente: Deer, 1967)

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

Grado	Descripción	Ptj.
1	Descompuesta	0
2	Muy meteorizada	1
3	Moderadamente meteorizada	3
4	Ligeramente meteorizada	5
5	No meteorizada	6

Tabla N° 18: clasificación según la meteorización de las discontinuidades (Fuente: Deer, 1967)

Condición de agua subterránea o filtración

En los siguientes cuadros se detallan las filtraciones de agua en discontinuidades con relleno o sin relleno. Generalmente el agua en el interior de un macizo rocoso proviene del flujo que transita por las discontinuidades (permeabilidad secundaria), aunque algunas rocas permeables poseen filtraciones a través de la matriz rocosa (permeabilidad primaria) llegando a ser importantes. Los cuadros se basan según lo que indica la ISRM.

Grado	Descripción	Ptj.
1	Completamente seco	15
2	Semi húmedo	10
3	Húmedo	7
4	Mojado	4
5	Flujo de agua	0

Tabla N° 19: rango RMR según el parámetro de presencia de agua (Fuente: Deer, 1967)

Clase	Discontinuidades sin relleno	Clase	Discontinuidades con relleno
I	Junta muy plana y cerrada. Aparece seca y no parece posible que circule agua	I	Relleno muy consolidado y seco. No es posible el flujo de agua.
II	Junta seca sin evidencia de flujo de agua	II	Relleno húmedo pero sin agua libre.
III	Junta seca pero con evidencia de haber circulado agua	III	Relleno mojado con goteo ocasional.
IV	Junta húmeda pero sin agua libre	IV	Relleno que muestra señales de lavado, flujo de agua continuo (estimar el caudal en L/min)
V	Junta con filtraciones, ocasionalmente goteo pero sin flujo continuo	V	Relleno localmente lavado, flujo considerable según canales preferentes (estimar caudal y presión)
VI	Junta con flujo continuo de agua (estimar el caudal en L/min y la presión)	VI	Rellenos completamente lavados, presiones de agua elevadas.

Tabla N° 20: Condición de discontinuidades (Fuente, Deer 1967)

✚ Orientación de los discontinuidades (Rumbo y Buzamiento)

Para calcular este rango se debe clasificar la roca de acuerdo a su rumbo y buzamiento respecto a la carretera que se va a ejecutar

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

Tabla N° 21: Clasificación para la determinación de los buzamientos con respecto al eje de la obra (Fuente Bienawsky, 1989)

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

Calificativo	Rango RMR (puntaje)
Muy favorable	0
Favorable	-5
Regular	-25
Desfavorable	-50
Muy desfavorable	-60

Tabla N° 22: Rango RMR para obras de tipo taludes (Fuente Bienawsky, 1989)

Para nuestro caso usaremos la tabla N° 23 para restar al porcentaje obtenido.

Clase	Calidad	valoración RMR	cohesión	ángulo de rozamiento
I	Muy buena	100 _ 81	4Kg/cm ²	>45°
II	Buena	80 _ 61	3_4Kg/cm ²	35° _ 45°
III	Media	60 _ 41	2_3Kg/cm ²	25° _ 35°
IV	Mala	40 _ 21	1_2Kg/cm ²	15° _ 25°
V	Muy mala	<20	<1Kg/cm ²	<15°

Tabla N° 23: Calidad de macizo rocoso con relación al índice de RMR. (Fuente Bienawsky, 1989)

7.3. USO DE DISCONTINUIDADES.

Para tener en cuenta la orientación de estas ya que influyen de manera directa sobre el tipo de falla que pueden ocasionar. (Ver CAPÍTULO IV TECTÓNICA 4.3 diaclasas)

7.3.1. RESUMEN DE RESULTADOS PARA HALLAR EL RMR DE BIENIAWSKI.

Se tomaron en cuenta los sectores críticos para hacer el cálculo del RMR, estos son los tramos donde se realizaron las ventanas estructurales. Los resultados que obtuvimos para la carretera son los siguientes:

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DE CUSCO
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica

CLASIFICACION GEOMECANICA RMR (Bieniawski)			
TESIS:	ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA LA FACTIBILIDAD DEL ASFALTADO DE LA CARRETERA SAN SALVADOR OCCORURO – PROGRESIVAS 0+000 AL 18+440 – DISTRITO DE CALCA DEPARTAMENTO DE CUSCO		LOCALIDAD
			San Salvador - Occoruro
			OBSERVACIONES
ESTACIÓN GEOMECANICA	Est. 0+365		Estación 0+365, dentro de rocas Calizas, se aprecian las familias de discontinuidades y direcciones de estratificación que aumentan el RMR
Coordenadas			
Parámetros de Clasificación		Clasificación	Puntuación
1. Resistencia de la matriz rocosa (Mpa)			
	Compresion Simple	250-100	12
2. Indice ROD de la roca			
	ROD (%)	50-75	13
3. Separacion entre diaclasas			
	Separacion entre diaclasas (m)	0.06-0.2	8
4. Estado de las discontinuidades			
	Longitud de discontinuidad (m)	3-10	2
	Abertura (mm)	> 5	0
	Rugosidad	Ligeramente Rugosa	3
	Relleno	Relleno blando, < 5mm	2
	Alteraciones	Ligeramente alterada	5
5. Agua freatica			
	Estado general	Seco	15
Correccion por discontinuidades			
	Taludes	Favorable	-5
PUNTUACION TOTAL			55

CLASIFICACION RMR	
CALIDAD	MEDIA
CLASE	III

Cuadro N° 42: Clasificación geomecánica RMR de Bieniawski km 0+365

El RMR de Bieniawski en la estación 0+365 nos da un resultado de RMR (básico) 60; RMR (final) ajustado por orientación de discontinuidades es: 55 lo que nos indica que la roca es de clase III y de calidad Media, tratándose de una caliza perteneciente al grupo Copacabana con fuerte fracturamiento en algunos sectores este valor será determinante para la estabilidad del talud (ver cuadro N°42).

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DE CUSCO
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica

CLASIFICACION GEOMECANICA RMR (Bieniawski)			
TESIS:	ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA LA FACTIBILIDAD DEL ASFALTADO DE LA CARRETERA SAN SALVADOR OCCORURO – PROGRESIVAS 0+000 AL 18+440 – DISTRITO DE CALCA DEPARTAMENTO DE CUSCO	LOCALIDAD	
		San Salvador - Occoruro	
		OBSERVACIONES	
ESTACIÓN GEOMECANICA	Est. 0+453	Estacion 0+453, dentro de rocas Calizas, con fracturamientos moderados y 3 familias de diaclasas, la humedad se debe al agua que se queda acumulada y discurre paralelo a la estratificacion general	
Coordenadas	(198400, 8507519.28, 3030)		
Parametros de Clasificacion		Clasificacion	Puntuacion
1. Resistencia de la matriz rocosa (Mpa)			
	Compresion Simple	250-100	12
2. Indice RQD de la roca			
	RQD (%)	50-75	13
3. Separacion entre diaclasas			
	Separacion entre diaclasas (m)	0.06-0.2	8
4. Estado de las discontinuidades			
	Longitud de discontinuidad (m)	3-10	2
	Abertura (mm)	> 5	0
	Rugosidad	Rugosa	5
	Relleno	Relleno blando, < 5mm	2
	Alteraciones	Ligeramente alterada	5
5. Agua freatica			
	Estado general	Seco	15
Correccion por discontinuidades			
	Taludes	Favorable	-5
PUNTUACION TOTAL			57

CLASIFICACION RMR	
CALIDAD	MEDIA
CLASE	III

Cuadro N° 43: Clasificación geomecánica RMR de Bieniawski km 0+453

En el km 0+453 el RMR de Bieniawski nos da un resultado de RMR (básico) 62; RMR (final) ajustado por orientación de discontinuidades es: 57 lo que nos indica que la roca tiene una calidad media y pertenece a la Clase III, seguimos dentro de los afloramientos del Grupo Copacabana, el valor de 57 nos servirá para hallar el GSI y para hacer la estabilidad del talud en este sector (ver cuadro n°43)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DE CUSCO
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica

CLASIFICACION GEOMECANICA RMR (Bieniawski)			
TESIS:	ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA LA FACTIBILIDAD DEL ASFALTADO DE LA CARRETERA SAN SALVADOR OCCORURO – PROGRESIVAS 0+000 AL 18+440 – DISTRITO DE CALCA DEPARTAMENTO DE CUSCO	LOCALIDAD	
		San Salvador - Occoruro	
		OBSERVACIONES	
Estacion 0+550, dentro de rocas Calizas, con fracturamientos moderados y 3 familias de diaclasas, la humedad se debe al agua que se queda acumulada y discurre paralelo a la estratificacion general.			
ESTACIÓN GEOMECANICA	Est. 0+550		
Coordenadas	(198309, 8507582.45, 3040)		
Parametros de Clasificacion		Clasificacion	Puntuacion
1. Resistencia de la matriz rocosa (Mpa)			
	Compresion Simple	250-100	12
2. Indice RQD de la roca			
	RQD (%)	50-75	13
3. Separacion entre diaclasas			
	Separacion entre diaclasas (m)	< 0.06	5
4. Estado de las discontinuidades			
	Longitud de discontinuidad (m)	> 20	0
	Abertura (mm)	< 0.1	6
	Rugosidad	Ligeramente Rugosa	3
	Relleno	Relleno blando, < 5mm	2
	Alteraciones	Ligeramente Alterada	5
5. Agua freatica			
	Estado general	Seco	15
Correccion por discontinuidades			
	Taludes	Favorable	-5
PUNTUACION TOTAL			56

CLASIFICACION RMR	
CALIDAD	MEDIA
CLASE	III

Cuadro N° 44: Clasificación geomecánica RMR de Bieniawski km 0+550

En el km 0+550 el RMR de Bieniawski nos da un resultado de RMR (básico) 61; RMR (final) ajustado por orientación de discontinuidades es:56 lo que nos indica que la roca tiene una calidad media y pertenece a la Clase III, seguimos dentro de los afloramientos del Grupo Copacabana, el valor de 56 nos servirá para hallar el GSI y para hacer la estabilidad del talud en este sector (ver cuadro 44).

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DE CUSCO
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica

CLASIFICACION GEOMECANICA RMR (Bieniawski)			
TESIS:	ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA LA FACTIBILIDAD DEL ASFALTADO DE LA CARRETERA SAN SALVADOR OCCORURO – PROGRESIVAS 0+000 AL 18+440 – DISTRITO DE CALCA DEPARTAMENTO DE CUSCO		LOCALIDAD
			San Salvador - Occoruro
			OBSERVACIONES
ESTACIÓN GEOMECANICA	Est. 6+800		Estacion 6+880, dentro de Areniscas, con fracturamientos moderados y 3 familias de diaclasas, la humedad se debe al agua que se queda acumulada y discurre paralelo a la estratificacion general.
Coordenadas	(198113, 8509269.33, 3450)		
Parametros de Clasificacion		Clasificacion	Puntuacion
1. Resistencia de la matriz rocosa (Mpa)			
	Compresion Simple	50-25	4
2. Indice RQD de la roca			
	RQD (%)	50-75	13
3. Separacion entre diaclasas			
	Separacion entre diaclasas (m)	0.06-0.2	8
4. Estado de las discontinuidades			
	Longitud de discontinuidad (m)	> 20	0
	Abertura (mm)	1-5	1
	Rugosidad	Ligeramente Rugosa	3
	Relleno	Ninguno	6
	Alteraciones	Ligeramente Alterada	5
5. Agua freatica			
	Estado general	Seco	15
Correccion por discontinuidades			
	Taludes	Favorable	0
PUNTUACION TOTAL			55

CLASIFICACION RMR	
CALIDAD	MEDIA
CLASE	III

Cuadro N° 45: Clasificación geomecánica RMR de Bieniawski km6+800

En el km 6+800 el RMR de Bieniawski 1989, nos da un resultado de RMR (básico) 55; RMR (final) ajustado por orientación de discontinuidades es: **55**, lo que nos indica que la roca tiene una **calidad media** y pertenece a la **Clase III**, ahora nos encontramos en afloramientos del Grupo Mitu, areniscas con conglomerados y algunas brechas, para el tipo de roca la calidad y la clase son bajas en comparación a las rocas del grupo Copacabana, esto se debe a la diferencia de resistencia que tiene cada roca (ver cuadro N°45).

7.4. DETERMINACIÓN DEL GSI (GEOLOGICAL STRENGTH INDEX)

La determinación de los parámetros del GSI se basa en las descripciones de la calidad del macizo rocoso en lugar de formular datos de entrada cuantitativos como en los sistemas RMR y Q. El GSI es principalmente útil para macizos rocosos más blandos con RMR menor a 20.

El GSI es utilizado para la estimación de los parámetros de entrada para el cálculo de la resistencia, solo es una relación empírica y los procesos asociados a las clasificaciones de la ingeniería de rocas.

Este índice puede obtenerse a partir de RMR, mediante la correlación siguiente:

GEOLOGICAL STRENGTH INDEX FOR JOINTED ROCKS From the lithology, structure and surface conditions of the discontinuities, estimate the average value of GSI. Do not try to be too precise. Quoting a range from 33 to 37 is more realistic than stating that GSI = 35. Note that the table does not apply to structurally controlled failures. Where weak planar structural planes are present in an unfavourable orientation with respect to the excavation face, these will dominate the rock mass behaviour. The shear strength of surfaces in rocks that are prone to deterioration as a result of changes in moisture content will be reduced if water is present. When working with rocks in the fair to very poor categories, a shift to the right may be made for wet conditions. Water pressure is dealt with by effective stress analysis.		SURFACE CONDITIONS				
STRUCTURE		DECREASING SURFACE QUALITY →				
	INTACT OR MASSIVE - intact rock specimens or massive in situ rock with few widely spaced discontinuities	90			N/A	N/A
	BLOCKY - well interlocked undisturbed rock mass consisting of cubical blocks formed by three intersecting discontinuity sets	80	70			
	VERY BLOCKY- interlocked, partially disturbed mass with multi-faceted angular blocks formed by 4 or more joint sets		60	50		
	BLOCKY/DISTURBED/SEAMY - folded with angular blocks formed by many intersecting discontinuity sets. Persistence of bedding planes or schistosity			40	30	
	DISINTEGRATED - poorly interlocked, heavily broken rock mass with mixture of angular and rounded rock pieces				20	
	LAMINATED/SHEARED - Lack of blockiness due to close spacing of weak schistosity or shear planes	N/A	N/A			10
DECREASING INTERLOCKING OF ROCK PIECES ↓						

Gráfico N° 43: Cálculo del GSI para diferentes litologías (Fuente: SLIDE 6.0, 2018)

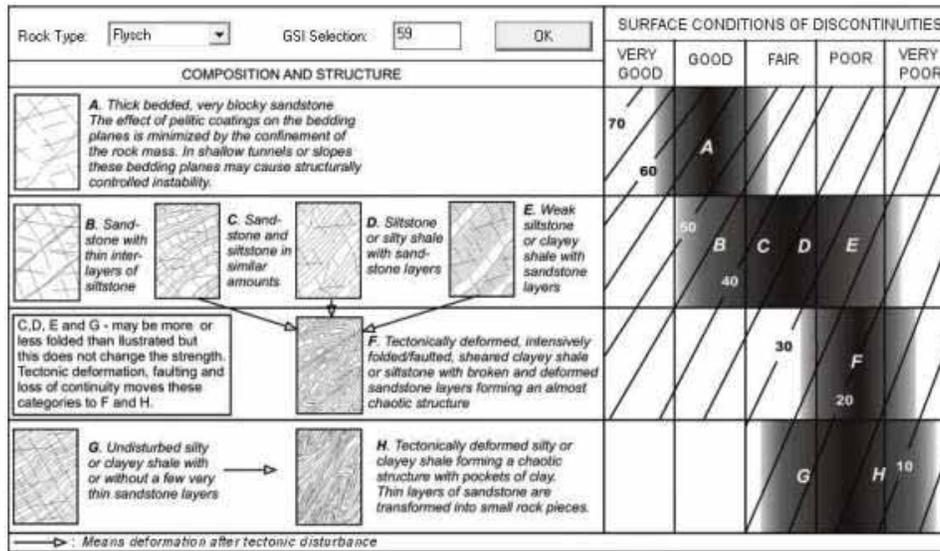


Gráfico N° 44: Condición de las discontinuidades (Fuente: SLIDE 6.0, 2018)

El valor del GSI por cada ventana estructural tomada y aplicando $GSI = RMR_{(89)} - 5$, nos da los siguientes resultados que serán utilizados para la estabilidad de taludes con el software Dips

0+365	GSI=	50		0+550	GSI=	51
0+453	GSI=	52		6+800	GSI=	50

7.4.1. EVALUACION DE TALUDES

La evaluación de los taludes en los cortes de carretera se realizó recopilando la información a lo largo del trazo y solo en tramos críticos, también tomamos en cuenta para la elaboración del estudio recomendaciones que expresa la norma MTC para diseño geométrico de carreteras

La evaluación de los taludes con más riesgo en la carretera se tratara de taludes rocosos de dos tipos de materiales, uno perteneciente al grupo Copacabana representado por Calizas, y otro perteneciente al Grupo Mitu, representado por areniscas, conglomerados y algunas brechas. Para hallar la estabilidad de taludes nos regimos a las leyes de Hoke Brown Generalizadas, la cual nos pide como requisito La resistencia a la compresión uniaxial, el RMR, el GSI, la constante de roca intacta y el Factor de Disturbancia.

Y el método para procesar los datos será el de Spencer ya que en el mercado actual es el más confiable en la aplicación en comparación con el Bishop ya que este más se usara para modelos teóricos y motivos de enseñanza

Método para el análisis de estabilidad de taludes.

La estabilidad de un talud se da en función a la resistencia que presenta esta masa de suelo contra algún movimiento o falla, esto es la resistencia al esfuerzo cortante a la cual está sometida un talud. El Factor de Seguridad será necesario para conocer cuál es el factor de amenaza de que un talud falle en condiciones pobres.

$$F.S = \frac{\text{Resistencia alcorte}}{\text{esfuerzo al corte}} \qquad F.S = \frac{\text{momento resistente}}{\text{momento actuante}}$$

El los taludes existes fuerzas que trabajan de forma positiva (que favorecen la estabilidad) y de forma negativa (que favorecen el movimiento del suelo), la relación en entre ambas fuerzas es el Factor de Seguridad

Tabla : Rango de valores de factor de seguridad

VALORES COMUNES DE FACTOR DE SEGURIDAD	
FACTOR DE SEGURIDAD	ESTABILIDAD
<1	Inestable
1.0 – 1.2	Estabilidad cuestionable
1.2 – 1.5	Estable bajo condiciones estáticas
> 1.5	Estable bajo condiciones dinámicas

Fuente: Deslizamientos Análisis Geotécnico – Jaime Suarez 2009
Tabla N° 24: rango de valores de factor de seguridad

La AASHTO (2001) exige lo siguiente:

- FS ≥ 1.30** Para cargas estáticas.
- FS ≥ 1.1** Para cargas sísmicas o análisis pseudoestatico.

Para el análisis de estabilidad de taludes se presentan los escenarios estáticos y pseudoestaticos; los análisis en escenarios estáticos no consideran los movimientos sísmicos, mientras que en los escenarios pseudoestaticos si se consideran, siendo estos brindados por el mapa de isoaceleraciones sísmicas presentado en el artículo “peligro

sísmico en el Perú” (Alva y Castillo 1984), donde nos muestras las aceleraciones correspondidas a un 10% de probabilidad de ser excedidas en estructuras para periodos de retorno de 50 años

7.4.1.1. Método de Equilibrio Límite.

Los métodos de equilibrio límite para el cálculo de estabilidad de taludes son los más utilizados en la práctica común, debido a su sencillez, y porqué el valor del coeficiente de seguridad obtenido no dista demasiado del valor real. El método del equilibrio límite establece que la rotura del terreno se produce a través de una línea que representa la superficie de rotura. De esta forma, se interpreta que la masa de terreno por encima de dicha línea se desplaza respecto la masa inferior, produciéndose, así, la rotura del terreno. En el momento de producirse la rotura, la resistencia al corte a lo largo de la superficie de deslizamiento está movilizada, y el terreno se encuentra, en su totalidad, en equilibrio estático.

- Método de Spencer

Inicialmente pensado para el análisis de superficies de rotura circulares, el método de Spencer (1967) puede ser aplicado a superficies no circulares siempre que se adopte uno centro de rotación friccional. En este método se suponen todas las fuerzas entre elementos.

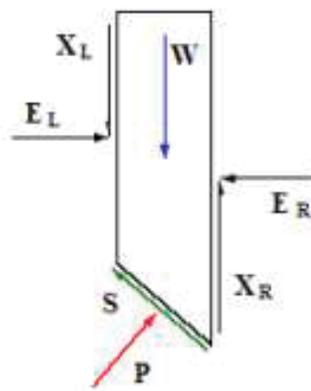


Gráfico N° 45: Metodo de Spencer y Morgenstein-Price.

Representación de las fuerzas actuantes en una rebanada consideradas en el método de Spencer y Morgenstein-Price.

W cargas verticales externas, EL y ER las fuerzas normales izquierda y derecha entre rebanadas; XL y XR fuerzas verticales entre rebanadas a izquierda y derecha; P y S son la fuerza normal y tangencial a la base de la rebanada.

También se supone que las fuerzas entre rebanadas tienen una inclinación constante (θ) a lo largo de toda la recta, de forma que:

$$X / E = \tan\theta$$

Dónde X son las fuerzas verticales y E las horizontales. La fuerza normal en la base del elemento será pues:

$$P = \left[W(E_R - E_L) \cdot \tan\theta - \frac{1}{FS} (c'l \sin i - ul \tan\phi' \sin i) \right] / m_i$$

$$\text{dónde } m_i = \cos i \cdot \left(1 + \tan i \cdot \frac{\tan\phi'}{F} \right)$$

Suponiendo que el ángulo θ es constante para todos los elementos de la vertiente, se pueden hacer ambos, el equilibrio global de momentos y el de fuerzas, de manera que se encuentran dos valores del Factor de Seguridad, el del equilibrio de fuerzas (Ff) y el de momentos (Fm). Se puede encontrar un valor de θ tal que ambos factores de seguridad coincidan, que será el Factor de Seguridad de la vertiente. Spencer estudió la relación entre Ff y Fm por un problema tipo. Dedujo que el factor de seguridad resultante del equilibrio de momentos es relativamente insensible a las fuerzas entre elementos. Esta conclusión es coincidente con la de Bishop.

7.4.1.2. APLICACIÓN DEL SOFTWARE SLIDE6.1 PARA LA ESTABILIDAD DE TALUDES

El software, nos permitirá determinar el F.S, de los cuerpos rocosos si seguimos estrictamente el orden de factores que se nos pide llenar, tal es el caso del tipo de roca,

resistencia a la compresión uniaxial. GSI, condiciones de superficie, factor de disturbacia y dirección de estratificación, el llenado de estas se verá en las siguientes grafico N°46

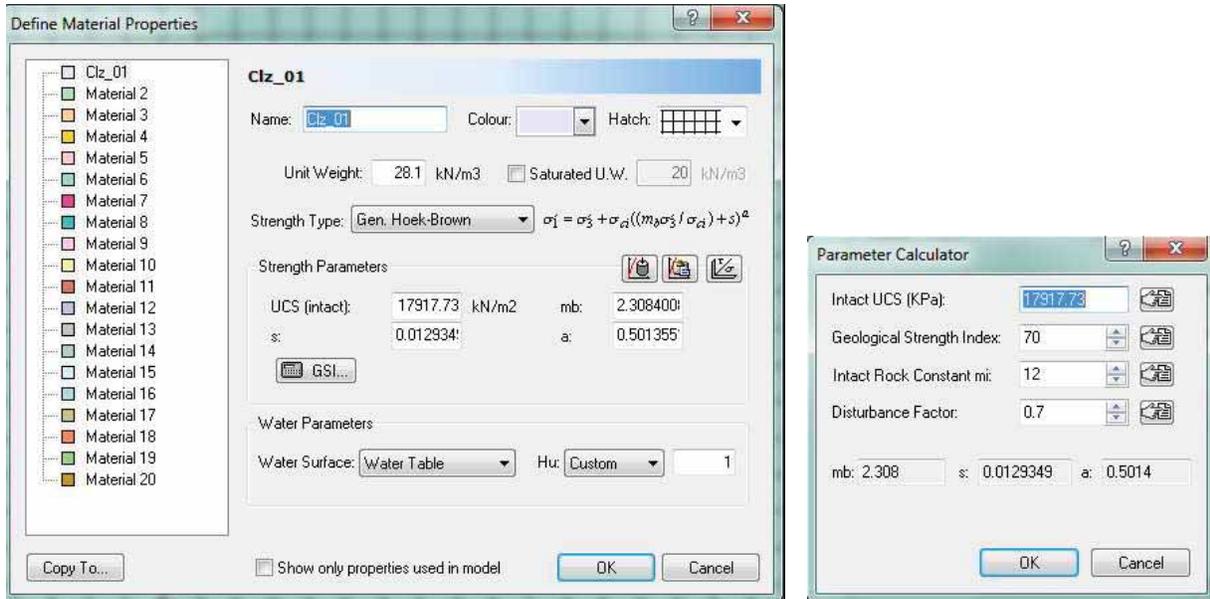


Gráfico N° 46: Llenado de datos a SOFTWARE SLIDE6.1

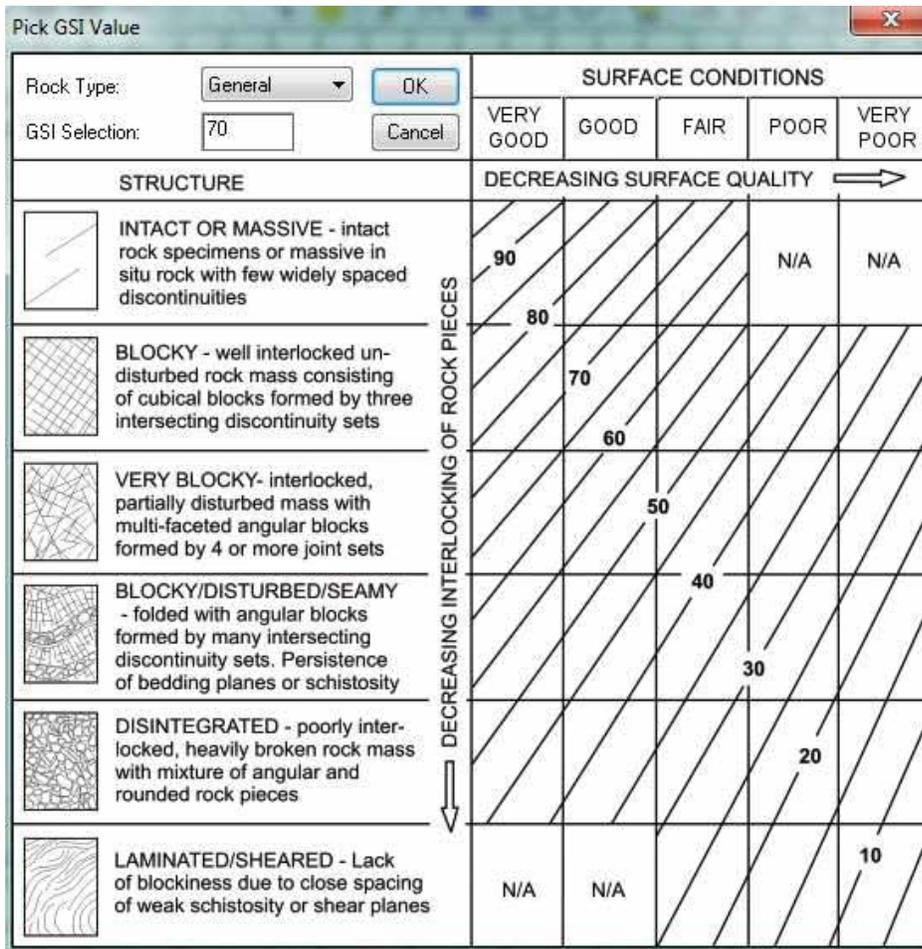


Gráfico N° 47: Llenando las condiciones de las estructuras a SOFTWARE SLIDE6.1

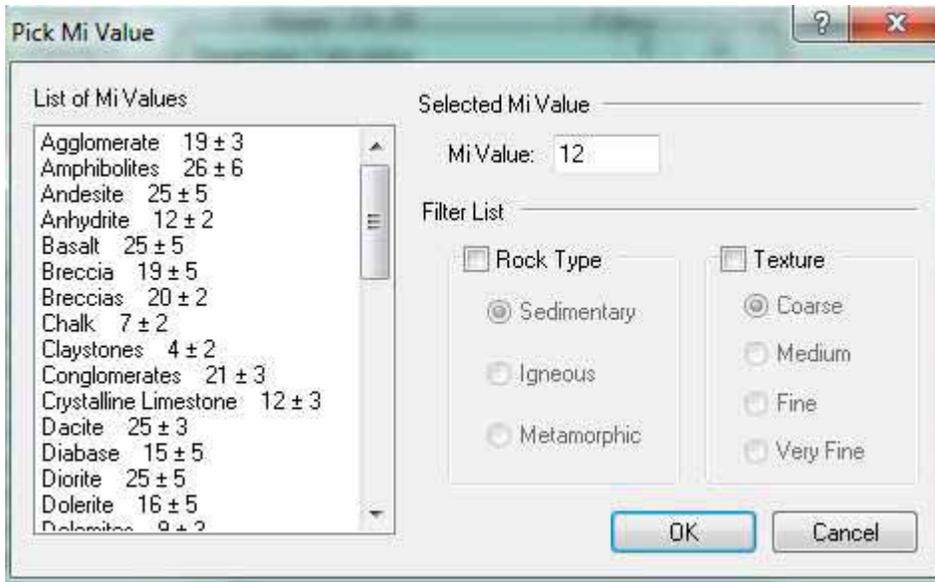


Gráfico N° 48: Tipo de roca y textura (Constante de roca intacta)

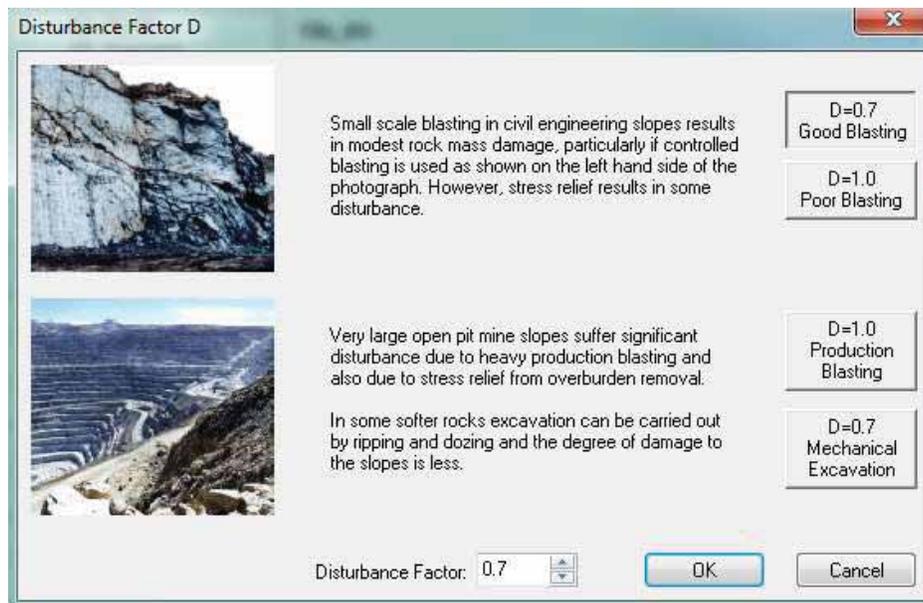


Gráfico N° 49: Llenado final de SOFTWARE SLIDE6.1

7.5. RESULTADOS DEL FACTOR DE SEGURIDAD DE LOS TALUDES CRITICOS.

ESTACION GEOMECANICA EN EL KM 0+453

La estación geomecanica del kilómetro 0+453 se presenta en rocas calizas con pendientes de moderadas a fuertes, la roca presenta una dirección de estratificación en contrapendiente los resultados en el laboratorio fueron los siguientes:

Roca: caliza

Tipos: Sedimentaria.

Resistencia a la compresión uniaxial= 18326.67 Kpa

GSI= 52.

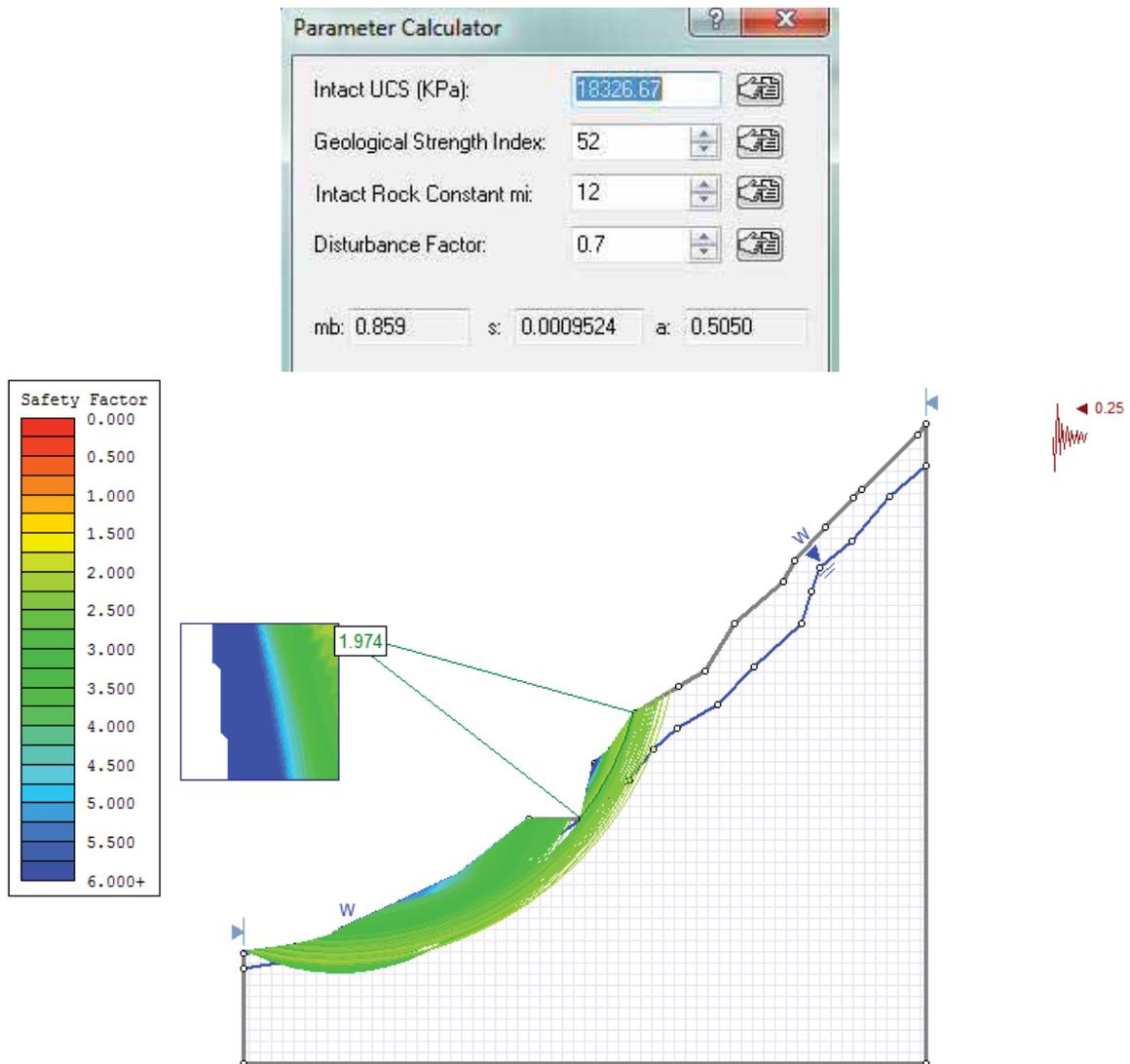


Gráfico N° 50: SOFTWARE SLIDE6.1 nos dio resultado favorable Pseudoestático = 1.974 km0 +453

F.S. Pseudoestático = 1.974

Se puede apreciar que los factores de seguridad son mayores a los mínimos requeridos, esto se da principalmente gracias a las características de la roca caliza y de las direcciones en contra pendiente de la estratificación

De tal forma al ir a campo y hacer las verificaciones del talud se ve la consistencia de la roca, su dureza y su poca degradación a través del tiempo

ESTACION GEOMECANICA KM 0+550

La estación geomecánica del kilómetro 0+550 se presenta en rocas calizas con pendientes de moderadas a fuertes, la roca presenta una dirección de estratificación en contrapendiente los resultados en el laboratorio fueron los siguientes:

Roca: caliza

Tipos: Sedimentaria.

Resistencia a la compresión uniaxial= 18326.67 Kpa

GSI= 51.

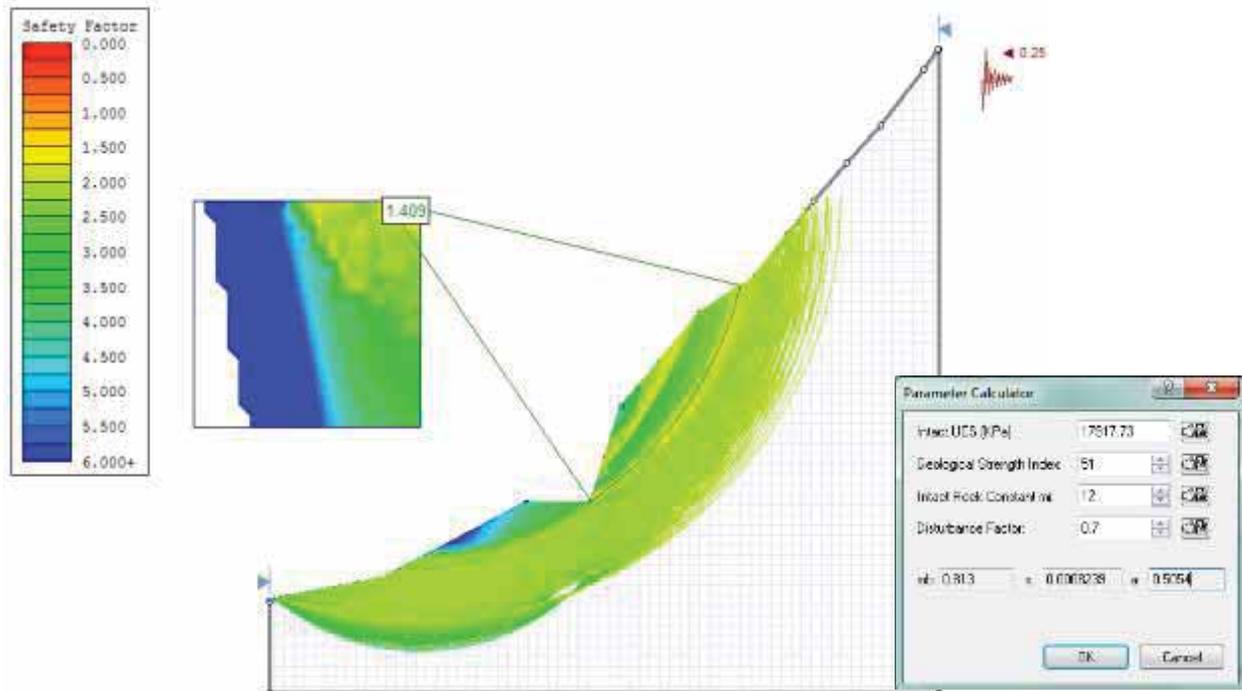


Gráfico N° 51; SOFTWARE SLIDE6.1 nos dio resultado favorable Pseudoestático = 1.409 km 0+550

F.S. Pseudoestático = 1.409

Los resultados de los análisis nos dan una idea del estado actual en que se encuentra dicho tramo, presenta estabilidad tanto en condición estática y pseudoestática.

ESTACION GEOMECANICA KM 6+800

La estación geomecánica del kilómetro 6+800 se presenta en rocas calizas con pendientes de moderadas a fuertes, la roca presenta una dirección de estratificación en contrapendiente los resultados en el laboratorio fueron los siguientes:

Roca: caliza

Tipos: Sedimentaria.

Resistencia a la compresión uniaxial= 18326.67 Kpa

GSI= 52.

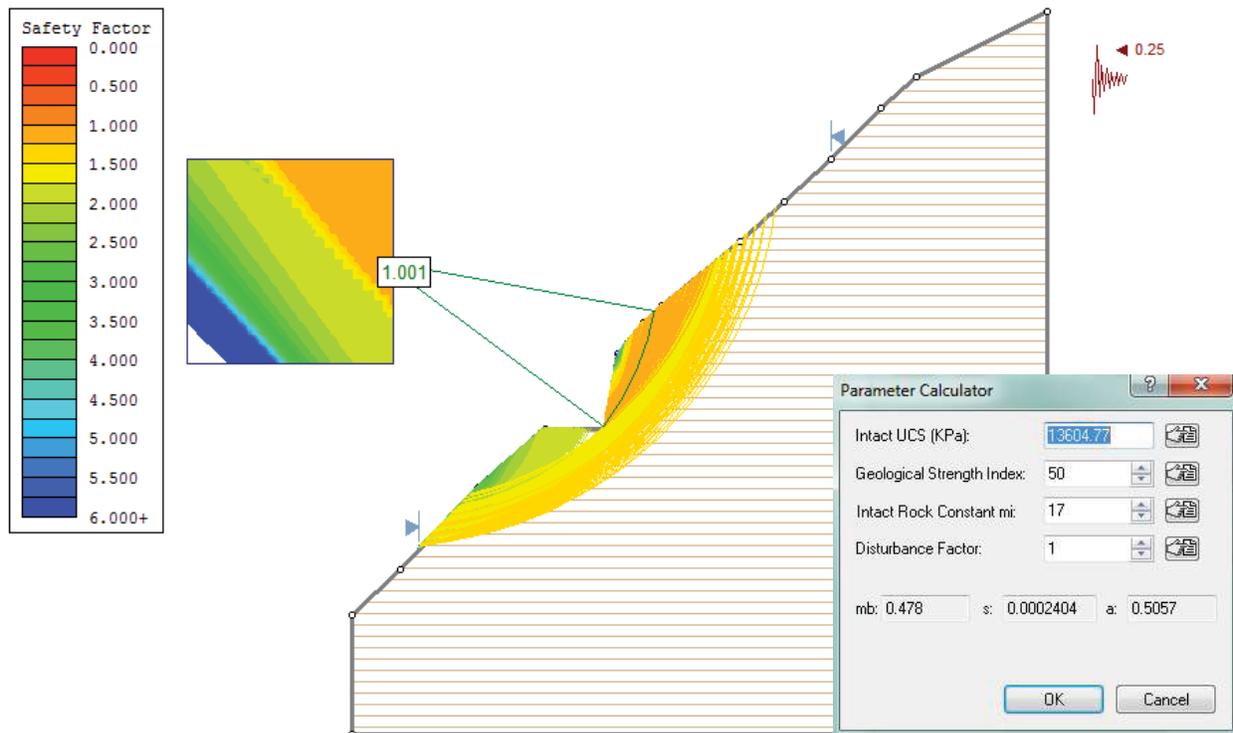


Gráfico N° 52: SOFTWARE SLIDE6.1 nos dio resultado desfavorable Pseudoestático = 1.001 km 6 + 800

Desde el punto de vista físico **F.S es = 1.001**, sin embargo, es menor respecto al mínimo requerido para considerar estable al talud el cual es 1.40 para estático y 1.125 para pseudoestático. Esto se debe principalmente a que la inclinación del talud es de 89° aproximadamente, presenta inestabilidad que será mitigada con un leve perfilado y limpieza de talud para mitigar su inestabilidad.

7.6. ESTUDIO DE CANTERAS

Se realizó el estudio de materiales de canteras con la finalidad de obtener material apropiada para el asfaltado del proyecto en mención, las que serán explotadas y deberán satisfacer las necesidades de la carretera en mención tanto en calidad y cantidad. Los mismos que son los siguientes:

CANTERA 01

UBICACIÓN: km (0+040)



Foto N° 20: Cantera km 0+040

AREA: 3926.6 M²

VOLUMEN (Aproximado): 70678 M²

Depósitos del tipo coluviales, clastos bien gradados, que varían entre 60cm a 7cm

Clastos: Calizas del Grupo Copacabana

CANTERA 02

UBICACIÓN: km (0+490)



Foto N° 21: Cantera km 0+440

AREA: 2646.5 M²

VOLUMEN (Aproximado): 50283 M³

Depósitos del tipo coluviales, clastos bien gradados, que varían entre 30cm a 5cm

Clastos: Calizas del Grupo Copacabana

CANTERA 03

UBICACIÓN: km (12+920-13+140) Cantera antiguamente explotada, el volumen para su extracción es variado, debido a que la roca ya está aflorando.



Foto N° 22: Cantera km 12+920 al 13 + 140

AREA: 3439.6 M2

VOLUMEN (Aproximado): 10318 M2

Depósitos del tipo coluviales, clastos bien gradados, que varían entre 50cm a 5cm

Clastos: areniscas, con volones del mismo tipo de hasta 1.50m

CANTERA 04

UBICACIÓN: km (16+900)



Foto N° 23: Cantera km 16+900

AREA: 7826.7 M2

VOLUMEN (Aproximado): 54000 M2

Depósitos del tipo coluvial, clastos de moderada gradacion, que varían entre 40cm a 5cm

Clastos: areniscas

CANTERA 05

UBICACIÓN: km (16+910-17+960)



Foto N° 24: Cantera km 17+910 al 17+960

AREA: 1316.8 M²

VOLUMEN (Aproximado): 7242.4 M³

Depósitos del tipo morrenico, clastos bien gradados, que varían entre 60cm a 10cm

Clastos: sedimentarios

CANTERA 06

UBICACIÓN: km (19+000)



Foto N° 25: Cantera km 19+000

AREA: 2841.9 M²

VOLUMEN (Aproximado): 14209.5 M2

Depósitos del tipo morrenico, clastos moderadamente gradados, que varían entre 30cm a 5cm

Clastos: Sedimentarios e intrusivos

CANTERA 07

UBICACIÓN: km (20+040)



Foto N° 26: Cantera km 20+040

AREA: 5317.5 M2

VOLUMEN (Aproximado): 159525.1 M2

Depósitos del tipo coluvial-fluvioglacial, clastos bien gradados, que varían entre 60cm a 10cm

Clastos: varios, intrusivos + sedimentarios, presencia de bolones de hasta 1.20m

RESULTADOS DE LAS MUESTRAS ENVIADAS A LABORATORIO

POZO PROGRES	PROF m	ANALISIS GRANULOMETRICO %			LIMITES DE CONSISTENCIA %			CLASIFICAC. SUCS	CLASIFICAC. AASHTO	CONTENIDO HUM. %
		GRAVA	ARENA	FINOS	LL	LP	IP			
KM 0+040		52.60	32.50	14.90	27.05	21.33	5.72	GM-GC	A-1-a(0)	14.78
KM 0+490 0+520		55.70	30.40	13.90	25.26	20.93	4.33	GM-GC	A-1a(0)	8.62
KM 13+140 - 13+190		52.50	32.90	14.60	26.91	21.44	5.47	GM-GC	A-1-a(0)	14.84
KM 16+900		36.30	45.80	17.90	25.99	19.74	6.25	SM-SC	A-1-b(0)	14.76
KM 19+000		51.90	33.50	14.60	25.82	21.08	4.74	GM-GC	A-1-a(0)	13.15
KM 20+040		52.70	28.70	18.60	26.82	21.44	5.38	GM-GC	A-1-b(0)	10.33

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DE CUSCO
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica

POZO PROGRES	CLASIFICAC. SUCS	CLASIFICAC. AASHTO	CONTENIDO HUM. %	COMPAC. MODIFICA D.MAX. S. gr/cm3	PROC.		C.B.R. AL 95% DE LA D. MAX	C.B.R. AL 100% DE LA D.MAX	PERDIDAS ABRASION %	EQUIVALE ARENA %
					C. HUM %	OPT.				
KM 0+040 GM-GC		A-1-a(0)	14.78	2.146	8.08		51.88	63.29	34.62	35.05
KM 0+490 0+520	GM-GC	A-1a(0)	8.62	2.164	7.83		54.30	65.99	34.78	31.78
KM 13+140 - 13+190	GM-GC	A-1-a(0)	14.84	2.166	8.10		47.50	57.72	---	---
KM 16+900	SM-SC	A-1-b(0)	14.76	2.153	8.39		52.73	64.08	33.52	30.78
KM 19+000	GM-GC	A-1-a(0)	13.15	2.167	7.84		54.81	66.86	32.18	34.37
KM 20+040	GM-GC	A-1-b(0)	10.33	2.141	8.27		52.21	63.45	34.06	33.51

Cuadro N° 46 : Clasificación de los suelos para las canteras

 **CONCLUSIONES:**

- **GEOLOGIA**, La carretera San Salvador-Occoruro a lo largo de su trayectoria estará conformada por depósitos cuaternarios del tipo Coluviales (6650 m), coluvio-aluviales (1891.6 m), depósitos aluviales (40 m) Fluvio Glaciares (8040 m); afloramientos rocosos como son calizas del Grupo Copacabana (656.5 m) y areniscas del grupo Mitu (1161.9 m).

Los materiales de los depósitos cuaternarios Coluviales en los tramos del km 1+200 al km 6+200 provienen de la erosión de las rocas del grupo Mitu que afloran en las partes altas, debido a la presencia de clastos de contornos angulosos a subangulosos estos depósitos compuestos por limos y gravas en las partes bajas son considerados tramos críticos, debido a problemas como son: caídas de suelo y erosiones en surco y de plataforma

- **GEOTECNIA**, se hicieron 39 calicatas de hasta 1.5m de profundidad, de las cuales se clasificaron los materiales en función a SUCS y AASHTO; los depósitos del tipo coluvial que van desde el km 0+920 al 6+170 aproximadamente están representados por arcillas limosas (CL) o A-4(5) y A-4(7) y Gravas limo arcillosas (GM – GC) A-1-B(0), los depósitos coluvio-aluvial que van del km 6+170 al km 10+400 están representados por arenas arcillosas SC y arcillas limosas CL ó A-2-4 y A-4(5), que son consideradas como suelos de buena calidad como base de fundación de la carretera; los depósitos del tipo fluvio glaciar están representados por las calicatas S-24 hasta la S-29, en su mayoría estos suelos son Gravas limo arcillosas GM-GC y según AASHTO A-2-4(0) y A-1-a(0); son considerados como suelos muy buenos como base de fundación para el asfaltado de la carretera

El índice de plasticidad a lo largo de la carretera es de ligera a media (IP=3.30% a 8.74%), estos están representados por depósitos coluviales y coluvio-aluviales, estas provenientes de la degradación de rocas del Grupo Copacabana y del Grupo Mitu, de lo que se concluye que los suelos a lo largo de la carretera San Salvador Occoruro no son Expansibles

También se calcula que los índices de compresibilidad a lo largo de la carretera varían 0.12 a 0.20, resultados que indican que los suelos tienen baja compresibilidad

Los valores de densidad máxima seca obtenidos en suelos coluviales y coluvio aluviales a lo largo de la carretera son moderados y los valores de C.B.R. al 95 % y 100% de la densidad máxima seca están en el rango de 7.53 % a 28.80 % y 9.15 % a 35.00%, por lo tanto, los suelos a lo largo de la carretera a partir del Km 0+970 al Km 10+400 son de regular, buena a muy buena calidad como Subrasante y poco arcillosos (IP = 3.30 % a 8.74 %)

Los suelos fluvio glaciares presentan buenos valores de densidad máxima y los resultados de C.B.R. al 95 % y 100 % de la densidad máxima seca están en el rango de 32.60 % a 41.60 % y 39.77 % a 50.55 %, valores que indican que el suelo fluvio glaciario es de buena calidad como subrasante de la carretera en el Tramo San Salvador – Occoruro, también son ligeramente plásticos (IP = 6.20 % a 8.12 %) y poco arcillosos

Los resultados de densidad relativa que se obtuvieron determinan que los suelos son Firmes a Compactos y les corresponde ángulos de fricción que varían de 33° a 35°, valores con los cuales se calcula la capacidad de carga admisible con un factor de seguridad de 3, bajo los criterios de Meyerhof, los resultados obtenidos varían de 1.32 Kg/cm² a 2.23 Kg/cm² considerados como buenos.

En tanto la resistencia insitu del suelo coluvial producto de la meteorización de las secuencias sedimentarias del Grupo Mitu (areniscas conglomeradas, arcillitas y areniscas de grano fino rojizas) varían de 1.69 Kg/cm² a 1.75 Kg/cm²

Los resultados de Resistencia a la Compresión obtenidos según SOWERS (Cuadro de Descripción del Endurecimiento de la Roca) catalogan a las dos Rocas como MUY BLANDA al obtener valores menores a 175 Kg/cm², resultados con los cuales se determinó valores de capacidad de carga admisible que varían de 7.80 Kg/cm² a 6.96 Kg/cm² resultados que son buenos a suficientes-.

- Se identificaron los siguientes peligros geodinámicos y geotécnicos, a lo largo de la carretera San Salvador-Occoruro.

TRAMO	TIPO DE FENOMENO	PENDIENTE	TALUD	GEOLOGIA
0+120 - 0+260	Propenso a caída de bloques de roca	>35° Muy empinada	> 25m	Grupo Copacabana
0+290 - 0+500	Caída de bloques de roca	>35° Muy empinada	> 25m	Grupo Copacabana
0+530 - 0+700	Caída de bloques de roca	>35° Muy empinada	> 25m	Grupo Copacabana
1+720 - 1+840	Caída de suelo	<20°- 35°> Empinando	>2m	Dep. Coluviales
2+500 - 2+600	Caída de suelo	<10°- 20°> Moderada	>2m	Dep. Coluviales
2+970 - 3+000	Caída de suelo	<20°- 35°> Empinando	>3m	Dep. Coluviales
3+230 - 3+300	Caída de suelo	<20°- 35°> Empinando	>3m	Dep. Coluviales
3+620 - 3+660	Erosión en surco	<20°- 35°> Empinando	>3m	Dep. Coluviales
3+810 - 3+830	Erosión en surco	<20°- 35°> Empinando	>3m	Dep. Coluviales
6+730 - 7+000	Volcamiento	>35° Muy empinada	>4m	Grupo Mitu
6+760 - 7+000	Caída de bloques de roca	>35° Muy empinada	>4m	Grupo Mitu
7+000 - 7+420	Propenso a caída de bloques de roca	<20°- 35°> Empinando	>4m	Grupo Mitu
7+650 - 7+870	Propenso a caída de bloques de roca	>35° Muy empinada	>4m	Grupo Mitu
17+070	Flujo de lodos	<20°- 35°> Empinando	>1m	Dep. Aluviales
17+210	Erosión de plataforma	<10°- 20°> Moderada		Dep. Fluvio Glaciares
17+500	Flujo de lodos	<20°- 35°> Empinando	>1m	Dep. Col-al
18+060	Erosión de plataforma	<10°- 20°> Moderada		Dep. Fluvio Glaciares
18+100 - 18+130	Erosión fluvial	<20°- 35°> Empinando		Dep. Fluvio Glaciares
18+200 - 18+440	Erosión fluvial	<10° Suave		Dep. Fluvio Glaciares

Cuadro N° 47: Peligros geodinámicos y geotécnicos (Fuente Propia)

- **Se determinaron los siguientes Factores de seguridad**, a lo largo de la carretera San Salvador –Occoruro

RESULTADOS					
TRAMOS CON MAYORES PROBLEMAS GEOTECNICOS					
TRAMO	DIRECCIONES PREFERENCIALES (Dips)	RMR Bienawski	GSI	Resistencia (Kpa)	FS (Factor de seguridad)
0+365 - 0+375	J ₃ Diaclasa (SW), paralelo a la dirección del talud, Posibles fallas planares (desprendimiento de bloques)	RMR=55 CLASE III MEDIA	GSI= 50		FS=1.971 En condiciones pseudoestaticas (ESTABLE)
0+453 - 0+463	J ₃ Diaclasa (SW), paralelo a la dirección del talud, Posibles fallas planares (desprendimiento de bloques); J ₃ , J ₁ y J ₂ Posible fallamiento en cuña también.	RMR= 57 CLASE III MEDIA	GSI= 52	18326.67	FS= 1.974 En condiciones pseudoestaticas (ESTABLE)
0+550 - 0+560	J ₁ , J ₃ , J ₂ , posible fallamiento en cuña, provoca desprendimientos de bloque	RMR= 56 CLASE III MEDIA	GSI= 51	17917.73	FS= 1.409 En condiciones pseudoestaticas (ESTABLE)
6+800 - 6+810	J ₁ en contra pendiente con la dirección del talud, posible fallamiento por volcamiento, y posibles fallas planares el talud respecto a J ₂	RMR= 55 CLASE III MEDIA-BAJA	GSI= 50	13604.77	FS= 1.001 En condiciones pseudoestaticas (INESTABLE)

Cuadro N° 48: Factores de seguridad (Fuente Propia)

RECOMENDACIONES

- Los depósitos coluvio aluviales son los más propensos a sufrir fenómenos de erosión en surcos, caída de bloques de tierra, por lo tanto se recomienda hacer en la zona cunetas de coronación revestida en las partes superiores a los taludes de carretera, uso de geotextiles
- Hacer charlas de capacitación para las comunidades aledañas a la carretera, donde se concientice el uso adecuado de las cunetas, además de la tala controlada de árboles nativos para evitar la fuerte erosión por escorrentía superficial
- En todos los taludes donde se realizaron los cálculos de Factor de seguridad, estos a pesar de ser Estables tienen en las partes superiores rocas fracturadas con pendientes fuertes, donde se recomienda enmallados y leves perfilados, en especial
- Realizar las siguientes medidas de mitigación a lo largo de la carretera San Salvador Occoruro.

TRAMO	TIPO DE FENOMENO	RECOMENDACIONES
0+120 - 0+260	Propenso a caída de bloques de roca	Desquinchado, Limpieza
0+290 - 0+500	Caída de bloques de roca	Desquinchado, Limpieza
0+530 - 0+700	Caída de bloques de roca	Desquinchado, Limpieza
1+720 - 1+840	Caída de suelo	Mejorar el uso de riego, mantenimiento de cunetas
2+500 - 2+600	Caída de suelo	Mejorar el uso de riego, mantenimiento de cunetas
2+970 - 3+000	Caída de suelo	Mejorar el uso de riego, mantenimiento de cunetas
3+230 - 3+300	Caída de suelo	Mejorar el uso de riego, mantenimiento de cunetas
3+620 - 3+660	Erosión en surco	Cunetas de coronacion revestida y revegetación de plantas nativas de raíces profundas

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DE CUSCO
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica

3+810 - 3+830	Erosión en surco	Cunetas de coronación revestida y revegetación de plantas nativas de raíces profundas
6+730 - 7+000	Volcamiento	Leve perfilado y desquinche de rocas sueltas
6+760 - 7+000	Caída de bloques de roca	Leve perfilado y desquinche de rocas sueltas
7+000 - 7+420	Propenso a caída de bloques de roca	Leve perfilado y desquinche de rocas sueltas
7+650 - 7+870	Propenso a caída de bloques de roca	Leve perfilado y desquinche de rocas sueltas
17+070	Flujo de lodos	Mantenimiento del cauce del río y badenes
17+210	Erosión de plataforma	Mantenimiento de Cunetas- Uso adecuado del agua
17+500	Flujo de lodos	Mantenimiento del cauce del río y badenes
18+060	Erosión de plataforma	Realizar cunetas, y hacer su mantenimiento
18+100 - 18+130	Erosión fluvial	Enrocado para evitar que se siga socavando
18+200 - 18+440	Erosión fluvial	Enrocado para evitar que se siga socavando

Cuadro N° 49: Recomendaciones (Fuente Propia)

BIBLIOGRAFIA

DIRECCION GENERAL DE CAMINOS Y FERROCARRILES - DGCF. (2005). *MANUAL PARA EL DISEÑO DE CAMINOS NO PAVIMENTADOS DE BAJO VOLUMEN DE TRANSITO*. LIMA: DGCF.

Holtz, R. D. (1981). *An Introductio to Geotechnical Engineering*. New Jersey: Prentice-Hall.

Mantilla, H. R. (2011). *Gelogia General*. Lima: Megabyte.

Minnesota Department of Transportation (MnDOT). (2017). *Geotechnical Engineering Manual*. Minnsesota: MnDOT.

Valencia, D. A. (2014). *GEOTÉCNIA Y CIMENTACIONES*. Ecuador: Direccion de Comunicacion Social, MIDUVI.

Vallejo, L. I. (2004). *Ingeniería Geologica*. España: ORYMU. SA.

PMA: GCA, (2007). MOVIMIENTOS EN MASA EN LA REGIÓN ANDINA: una guía para la evaluación de amenazas

• **ANEXOS**

Declaración de impacto ambiental.

Se elaboró una matriz en función a los fenómenos que pueden afectar de forma positiva o negativa a la zona de estudio

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO			ACCIONES DEL PROYECTO																		
			CONSTRUCCION																		
ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA LA FACTIBILIDAD DEL ASFALTADO DE LA CARRETERA SAN SALVADOR - OCCORURA PROGRESIVAS 0+000 AL 18+440			AMPLIACION DE LA VIA (Movimiento de tierras)		ALTERACION DE LA COBERTURA VEGETAL		RUIDOS Y VIBRACIONES		CONSTRUCCION DE CAMPAMENTOS		COLOCACION DEL ASFALTADO		TRANSPORTE DE CANTERAS		OBRAS DE ARTE		CANTERAS (Extracción)		BOTADEROS		
			M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M
Matriz de evaluación de impacto Ambiental			I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII		IX		
FACTORES AMBIENTALES			I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII		IX		
ABIOTICO	SUELO	Erosión de suelo	-3	3	-2	2			-2	3	-1	1					-4	3			
		Generación de residuos Sólidos	-2	3	-2	1			-3	3	-3	2								-1	1
		Vertido de residuos líquidos	-2	2	-1	1			-3	2	-3	3						-1	1	-2	1
		Compactación de suelos	-1	2	-3	1			-2	1	-1	1									
	AGUA	Calidad del agua Superficial	-3	3					-2	1	-1	1					-1	1	-2	2	
		Calidad de agua subterránea	-1	1					-1	1	-2	2					-1	1	-2	2	
	ATMOSFERA	Calidad (Gases, partículas)	-5	3	-2	3			-1	1	-3	4	-1	1			-3	2	-1	1	
		Ruido	-5	3					-3	2	-1	1	-1	1			-1	1			
BIOTICOS	FLORA	Perdidas de Habilidad	-1	2	-3	3	-3	3	-1	1	-1	1					-3	3	-3	3	
		Calidad de Habilidad			-3	3			-1	1	-1	1					-3	3	-2	1	
	FAUNA	Alteración de cultivos	-2	2	-1	3			-1	1	-1	1					-1	3			
		Alteración de población	-1	2	-1	2	-2	2													
CULTI	SERVICIOS	Reubicación de viviendas																			
		Efectos en la salud	-1	2			-1	1			-1	1					-1	1			

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DE CUSCO
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica

	Cambio en el valor de la tierra	3	3																
ESTETICO	Vistas Panorámicas y paisajes	-1	3	-1	2			-1	1										
CULTURAL	Estilos de vida	3	3	3	3	-1	1	-1	1										
	Generación de empleo	5	3					3	3	4	3	2	2	3	3	3	3		
MERCADO	Comercialización de productos	5	3					1	1	3	1								
TOTAL POSITIVOS		16	12					4	4	7	4	2	2	3	3	3	3		
TOTAL NEGATIVOS		-28	31	-19	21	-7	7	-22	19	-19	19	-2	2			-19	19	-13	11
TOTAL GENERAL		-12	43	-19	21	-7	7	-18	23	-12	23	0	4	3	3	-16	22	-13	11

Las actividades que más impactaran a la hora de la colocación del asfaltado desde el punto de vista de los impactos negativos serán: **La ampliación de la vía (movimiento de tierras), la colocación del asfaltado, y la extracción de canteras**, debido a los trabajos necesarios que se realizaran, principalmente impactara el componente suelo.

Los factores ambientales más impactados son el suelo, el aire y la fauna; para el caso de los suelos, durante el mejoramiento (asfaltado) se producirán altos niveles de movimientos de tierras (compactación y extracción de canteras), generación de polvo, contaminación del aire por efectos del asfalto y pérdidas de cultivos por corte de materiales durante la ampliación de la vía. Estos impactos se darán solo durante la ejecución de la obra, la mitigación de estos impactos se darán mediante controles y de las mínimas especificaciones técnicas.

Los factores que serán afectados de forma positiva, serán más que todo factores sociales y económicos a largo plazo, ya sea con la generación de empleos (al momento de la ejecución de la obra), la mejora del comercio (mejor movilidad de productos), mejor estilo de vida y un incremento en el precio de los terrenos aledaños a la vía.

Evaluación de impactos negativos por actividades realizadas por el Proyecto

(-28) Ampliación de la vía (El movimiento de tierras)

Durante este proceso en la etapa de la ejecución del proyecto estará considerada como una de las actividades que más impactos negativos tendrá, ya que por la misma naturaleza de las actividades que se desarrollaran, implicaran efectos negativos en los factores suelo, agua y atmosfera, cada vez que se haga o realice un corte de talud en suelo, también se identificó que se producirán residuos sólidos y líquidos, que afectaran de forma directa la calidad de fuentes de agua (Durante la ejecución de la obra), y en el caso de la atmosfera esta se verá afectada negativamente por la generación de polvo y la producción de CO₂ producto del uso diario de los equipos como son, camiones camionetas, motobombas, generadores, etc.

(-19) Colocación del asfalto

Esta actividad será también una de las que mayores impactos negativos tendrán en los factores ambientales, como el agua, suelo y atmosfera, donde los impactos más fuertes serán debido al vertimiento de residuos líquidos a los suelos, así como la serie de aditivos para el asfalto derivados del petróleo. Este componente impactara en la calidad de agua, y en caso de factor atmosfera en la generación de gases

(-19) Canteras (extracción).

Esta componente del proyecto contempla la generación de impactos negativos en los factores ambientales como el suelo y la atmosfera, ya que al momento de la extracción de materiales los suelos quedaran inestables generando en algunos casos perdidas de cultivos y perdidas del habitat, el impacto en la atmosfera será debido a la generación de polvo

Evaluación de impactos positivos por actividades realizadas por el Proyecto

Generación de empleos

Es un impacto positivo y directo durante la ejecución y mantenimiento de la carretera, tanto para los pobladores del mismo San Salvador, como para las comunidades aledañas a la carretera, generan trabajo e ingresos económicos para cada poblador.

Mejor estilo de vida

Una mejor calidad de vida a largo plazo, ya que se disminuirá la generación del polvo generada por la fricción del afirmado con los neumáticos de los vehículos.

Mejor comercialización de productos.

Ya que con una vía asfaltada, el transporte de productos como quinua y kiwicha de la zona será más rápido, óptimo y sin problema de llenarse de polvo.

ESTUDIO A NIVEL DE EXPEDIENTE TÉCNICO DEL PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL TRAMO:
MP PE - 28B (SAN SALVADOR - OCCORURO); DISTRITO SAN SALVADOR, PROVINCIA CALCA - CUSCO
DISTRITO DE SAN SALVADOR, PROVINCIA DE CALCA, REGIÓN CUSCO

CONSORCIO VIAL SAN SALVADOR.

Fecha: Agosto del 2017

OPERADOR V. Echarri Z.

RESISTENCIA A LA ABRASIÓN

ASTM C 131 AASHTO T 96 NTP 400-019

CANtera PROGRESIVA KM: 0 + 490 - 0 + 520

6

Caracterización	CANtera
Grado	Agregado Grueso
Espesor Máximo	2"
Formación	"A"
Número de Revoluciones	500
Número de Billas	12
Peso Inicial : g	5000
Peso Final : g	3261
Pérdida en Peso : g	1739
Porcentaje de Abrasión : %	34.78

ABYCEO
CENTRO DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

V. Echarri Z.
Eduardo Echarri Zúñiga
INGENIERO EN INGENIERÍA DE SUELOS

A. Cervantes Tapia
X. Carmelo Cervantes Tapia
INGENIERO GEÓLOGO
CIP 33320



A. Cervantes Tapia
Aristides M. Cervantes Tapia
INGENIERO CIVIL
CIP 110632

ESTUDIO A NIVEL DE EXPEDIENTE TÉCNICO DEL PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL TRAMO:
 R.F. PE - 285 (SAN SALVADOR - OCCORURO); DISTRITO SAN SALVADOR, PROVINCIA CALCA - CUSCO
 DISTRITO DE SAN SALVADOR, PROVINCIA DE CALCA, REGIÓN CUSCO
 CONCORDIO VIAL SAN SALVADOR,
 fecha: Agosto del 2017

OPERADOR V. Echarri Z

EQUIVALENTE DE ARENA

NORMA ASTM D 2419 AASHTO T-176

CANTERA PROGRESIVA KM. 0 + 040
 MEZCLA: M - 2 + M - 3 + M - 4

ESTRATA	A - I	B - I
de Entrada : Primer Ciclo	3'. 20"	5'. 25"
de Salida : Primer Ciclo	13'. 20"	15'. 25"
de Entrada : Segundo Ciclo	16'. 30"	20'. 20"
de Salida : Segundo Ciclo	36'. 30"	20'. 20"
de: Alto Nivel Material Fino (I)	9.65	9.75
de : Nivel de Arena (II)	3.35	3.45
de: Equivalente de Arena : (II)x100/(I)	34.72	35.38
EQUIVALENTE DE ARENA: PROMEDIO (%)	35.05	

LABYGEO
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

 Valentin Echarri Zúñiga
 TÉCNICO EN INGENIERÍA DE SUELOS


 Y. Carmela Cervantes Tapia
 INGENIERO GEÓLOGO
 CIP 25320


 Anstades M. Cervantes Tapia
 INGENIERO CIVIL
 CIP 110633

ENSAYO DE C.B.R.

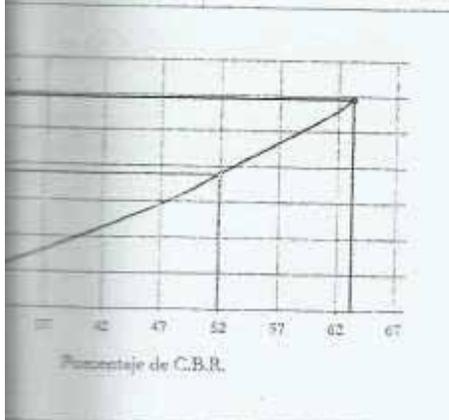
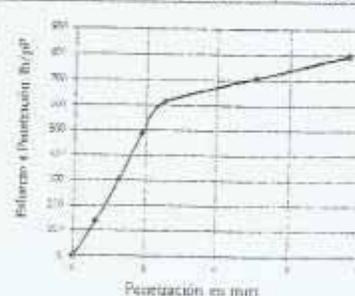
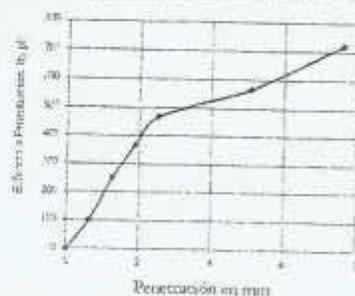
NTP 339.145 ASTM D.1883 AASHTO T-193

TERA: PROGRESIVA 0+040: MEZCLA MUESTRAS: M-2, M-3 y M-4

C.B.	Volumen Moiré 2317		Constante anillo 7.538		Densidad Máxima 2.146	
	1 / 5 / 10	2 / 5 / 25	3 / 5 / 56	Satur.	Satur.	Satur.
	Sin saturar	Satur.	Sin saturar	Satur.	Sin saturar	Satur.
	11572	11884	11534	11727	12154	12333
	4304	4516	4576	4769	4869	5048
	2.026	2.127	2.156	2.246	2.294	2.378
	8.07	13.44	8.06	12.61	8.08	12.03
	1.875	1.875	1.995	1.995	2.122	2.122

EXPANSIÓN

Dial	0.02%		0.02%		0.04%		0.04%		0.06%		0.06%	
	Lectura	Carga	Esfuerzo	Lectura	Carga	Esfuerzo	Lectura	Carga	Esfuerzo	Lectura	Carga	Esfuerzo
mm.	Dial	Lbs	Lb/pf	Dial	Lbs	Lb/pf	Dial	Lbs	Lb/pf	Dial	Lbs	Lb/pf
1.125	15	113	37.7	40	302	100.5	55	414.6	138.2			
1.275	40	302	100.5	100	754	251.3	121	912.1	304.0			
1.505	77	580	193.5	146	1101	366.8	195	1469.9	490.0			
2.540	112	841	280.4	186	1402	467.4	244	1836.1	612.0			
5.080	178	1342	447.3	226	1704	567.9	282	2125.7	708.6			
7.620	201	1515	505.0	287	2163	721.1	317	2389.5	796.5			



CBR 95% de Máx. Densidad = 51.88

CBR 100% de Máx. Densidad = 63.29

AL NIVEL DE EXPEDIENTE TECNICO DEL PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL TRAMO:
 E- 288B. (SAN SALVADOR-OCCORURO); DISTRITO DE SAN SALVADOR, PROVINCIA DE CALCA - CUSCO
 CAMINO VIAL SAN SALVADOR

Agosto del 2017

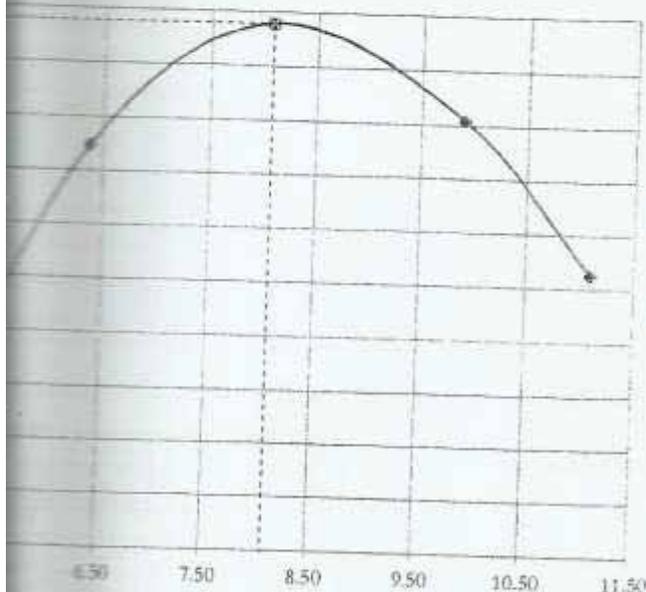
Operador: V. Echarri Z.

PROCTOR MODIFICADO

ASTM D 1557 AASHTO T-180

PROGRESIVA 0+040; MEZCLA MUESTRAS: M-2, M-3 y M-4

MOISTURE	7178	7536	7719	7723	7643
	2793	2793	2793	2793	2793
	4385	4743	4926	4930	4850
	2124	2124	2124	2124	2124
WET WEIGHT	2.064	2.233	2.319	2.321	2.283
WET WEIGHT	89	101	32	37	3
WET WEIGHT	39	30	45	115	22
WET WEIGHT	101.60	98.91	115.95	115.73	111.68
WET WEIGHT	93.66	118.09	114.15	101.88	101.02
WET WEIGHT	97.93	95.87	110.77	109.95	105.15
WET WEIGHT	88.79	110.06	105.63	93.99	93.76
WET WEIGHT	3.67	3.04	5.18	5.78	6.53
WET WEIGHT	4.87	8.03	8.52	7.89	7.26
WET WEIGHT	23.86	26.65	24.44	24.45	24.55
WET WEIGHT	24.66	24.11	24.28	26.81	24.35
WET WEIGHT	74.07	69.22	86.33	85.50	80.60
WET WEIGHT	64.13	85.95	81.35	67.18	69.41
WET WEIGHT	4.95	4.39	6.00	6.76	8.11
WET WEIGHT	7.60	9.34	10.48	11.74	10.47
WET WEIGHT	4.68	6.37	8.08	9.91	11.10
WET WEIGHT	1.972	2.099	2.146	2.112	2.055



DENSIDAD MÁXIMA

2.146 gr/cm³

HUMEDAD ÓPTIMA

8.08 %

BYGEO
 CONCRETOS Y PAVIMENTOS

V. Echarri Zúñiga
 INGENIERÍA DE SUELOS

Aristides M. Cervantes Tapia
 INGENIERO GEÓLOGO
 CIP 23320



Aristides M. Cervantes Tapia
 INGENIERO CIVIL

ESTUDIO A NIVEL DE EXPEDIENTE TÉCNICO DEL PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL TRAMO:
 HNF: PE - 288 (SAN SALVADOR - OCCORURO); DISTRITO SAN SALVADOR, PROVINCIA CALCA - CUSCO
 DISTRITO DE SAN SALVADOR, PROVINCIA DE CALCA, REGIÓN CUSCO
 ADMINISTRACIÓN VIAL SAN SALVADOR.

Fecha: Agosto del 2017

OPERADOR V. Echarri Z.

RESISTENCIA A LA ABRASIÓN

ASTM C 131 AASHTO T 96 NTP 400-019

CANtera PROGRESIVA KM: 0 + 040 MEZCLA: M-2+ M-3 + M-4

1

Ubicación	CANtera
Mezcla	Agregado Grueso
Espesor Máximo	2"
Clasificación	"A"
Número de Revoluciones	500
Número de Billas	12
Peso Inicial : g	5000
Peso Final : g	3269
Pérdida en Peso : g	1731
Porcentaje de Abrasión : %	34.62

ABY GEO
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

Valentin Echarri Zúñiga
 TÉCNICO EN INGENIERÍA DE SUELOS

V. Cervantes Tapia
 V. Cervantes Cervantes Tapia
 INGENIERO GEOLOGO
 CIP 33320



Aristides M. Cervantes Tapia
 Aristides M. Cervantes Tapia
 INGENIERO CIVIL
 CIP 110633

ESTUDIO A NIVEL DE EXPEDIENTE TÉCNICO DEL PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL TRAMO:
 EMP. PE - 288 (SAN SALVADOR - DCCORURO), DISTRITO DE SAN SALVADOR, PROVINCIA DE CALCA - CUSCO
 CONSORCIO VIAL SAN SALVADOR

Cusco, Agosto del 2017

OPERADOR V. Echarri Z.

RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LA ROCA

RESISTENCIA UNIAXIAL

NTP 339.167 ASTM E 4 - C 39 AASHTO T - 208 - 70

	7 + 495	0 + 580 - 830
	MR - 1	MR - 2
	I	II
SE RECTANGULAR : cm ²	35.60	35.85
ALTO: cm	11.84	12.00
ANCHO: cm	421.50	430.20
PESO: g	1119	1207
	2.655	2.806
	2650	6550
MPa	74.44	182.71

LABYCEO
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

.....
 Sebastián Echarri Zúñiga
 TÉCNICO EN INGENIERÍA DE SUELOS

Carmela Cervantes Tapia

 T. Carmela Cervantes Tapia
 INGENIERO GEÓLOGO
 CIP 65302



Aristides M. Cervantes Tapia

 Aristides M. Cervantes Tapia
 INGENIERO CIVIL
 CIP 110633

DESCRIPCION PETROGRAFICA MACROSCOPICA

Km 7 + 495

Estudio a nivel de expediente Mejoramiento del camino vecinal

Tramo EMPE. PE-288 (San Salvador Occoruro; distrito San Salvador,

Calca-Cusco.

Distrito San Salvador, provincia de Calca, Región Cusco

Consortio vial San Salvador

21/08/2017

Ing. Mauro Zegarra Carreón.

TURA: Clástica o detrítica.

Color: Pardo rojizo.

Tamaño de los granos: De 0.2 mm a 1.0 mm (Arena media-gruesa)

Grado de clasificación: Moderado.

Redondez: Subredondeados

Matriz: Limo - arcilla calcáreo

POSICION MINERALOGICA:

Minerales principales: Cuarzo, feldespatos y fragmentos de roca.

Minerales accesorios: Limo-arcilla y óxidos de Fe (Hematita)

Y NOMBRE DE LA ROCA:

Tipo: Sedimentaria

Nombre: Arenisca arcillosa.

S

Grado de fracturamiento: Fuerte, deleznable.

Dureza: 3.5 en la escala de Mohs

Reacción al ácido clorhídrico: Sí, moderadamente.


Ing. Mauro Zegarra Carreón
CIP 24395

DESCRIPCION PETROGRAFICA MACROSCOPICA

Km 07+420

Mejoramiento de camino vecinal, Tramo: EMT.28 B

San Salvador-Ocoruro, Provincia de Calca-Cusco

E Municipalidad Provincial de Calca

13/08/2017

Ing. Mauro Zegarra Carreón.

RA: Clástica o detrítica con laminaciones y cemento calcáreo.

C: Pardo rojizo

GRANO DE GRANO: Arena media (0.2-0.4 mm) con clastos
redondeados de arena gruesa a grava fina (1.0 -3.0 mm)

de los granos: Subredondeados a subangulosos

POSICION MINERALOGICA:

MINERALES PRINCIPALES:

Quarzo y feldespatos

MINERALES ACCESORIOS:

Silicita, óxidos de Fe y arcilla

CEMENTACION: Calcáreo + óxidos de Fe

TIPO DE LA ROCA:

Sedimentaria clástica

E: Arenisca conglomerádica

de fracturamiento: Moderado

3.5 en la escala de Mohs

Reacción al ácido clorhídrico: Sí, moderada.


Ing. Mauro Zegarra Carreón

CIP 24395

DESCRIPCION PETROGRAFICA MACROSCOPICA

Km 00+680

Mejoramiento de camino vecinal, Tramo: EMT.28 B

San Salvador-Ocoruro, Provincia de Calca-Cusco

Municipalidad Provincial de Calca

13/08/2017

Ing. Mauro Zegarra Carreón.

RA: Afanítica con fósiles de 2 a 5 mm.

C: Gris oscuro a gris amarillento en superficie meteorizada.

GRANO: Muy fino, microcristalino

Forma de los granos: Subredondeados a subangulosos

POSICION MINERALOGICA:

MINERALES PRINCIPALES:

Calcita >> dolomita

MINERALES ACCESORIOS:

Fe, óxidos de Fe y arcilla

NOMBRE DE LA ROCA:

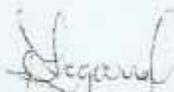
Caliza cementaria química

Textura: Caliza microcristalina

Grado de fracturamiento: Moderado a fuerte, por grietas de disolución de
y venillas irregulares de calcita y óxidos de Fe.

Dureza: 3.5 – 4.0 en la escala de Mohs

Reacción al ácido clorhídrico: Fuerte.



Ing. Mauro Zegarra Carreón
CIP 24395

DESCRIPCION PETROGRAFICA MACROSCOPICA

Km 0 + 520 - 830

Estudio a nivel de expediente Mejoramiento del camino vecinal

Tramo EMPE. PE-288 (San Salvador Occoruro; distrito San Salvador,
Calca-Cusco.

Distrito San Salvador, provincia de Calca, Región Cusco

Consortio vial San Salvador

21/08/2017

Ing. Mauro Zegarra Carreón.

TURA: Cristalina.

Color: gris verdoso.

Tamaño de los granos: De 0.2 mm a 0.5 mm

POSICION MINERALOGICA:

Minerales principales: Calcita.

Minerales accesorios: Dolomita y óxidos de Fe (Hematita)

TIPO Y NOMBRE DE LA ROCA:

Tipo: Sedimentaria - Química

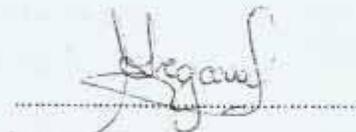
Nombre: Caliza cristalina.

OS

Grado de fracturamiento: Moderado

Dureza: 4.0 en la escala de Mohs

Reacción al ácido clorhídrico: Fuerte



Ing. Mauro Zegarra Carreón
CIP 24395

ESTUDIO A NIVEL DE EXPEDIENTE TECNICO DEL PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL TRAMO:
 ENRIPE - 288 (SAN SALVADOR - OCCORURO); DISTRITO DE SAN SALVADOR, PROVINCIA DE CALCA - CUSCO.
 CONSORCIO VIAL SAN SALVADOR.

Cusco, Agosto del 2017

Operador: V. Echarri Z.

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

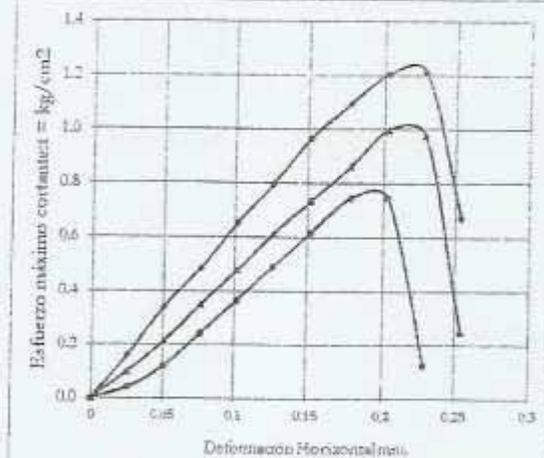
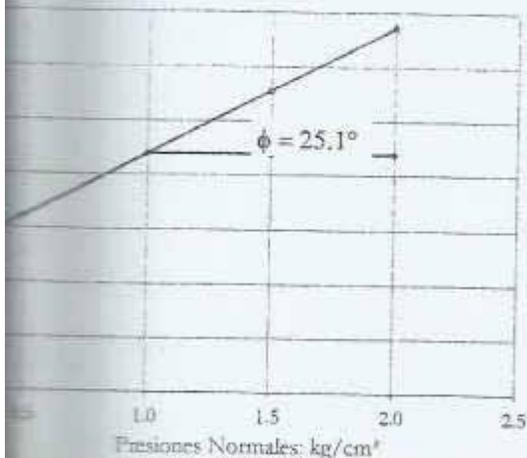
ASTM D 522 AASHTO T-166 NTP 339.171

CALICATA: S-19 PROGRESIVA KM. 9 + 210

0.001" = 0.00254 cm

CONTENIDO DE HUMEDAD		DATOS DEL ESPECIMEN MOLDEADO	
	12	Ancho de la sección: b	cm 5.00
Capacida	108.27	Altura: H	cm 5.01
guda	95.96	Area de la sección: A _o	cm ² 25.05
	12.31	Volumen:	cm ³ 125.50
	24.08	Peso húmedo:	gr. 237.7
	71.88	Densidad natural húmeda:	gr/cm ³ 1.894
medad	17.12	Densidad natural seca:	gr/cm ³ 1.617
NORMAL: 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 Kg/cm ²		Esfuerzo Máximo: τ = Kg/cm ²	

Esfuerzo Normal	Area Corregida	Fuerza de Corte Horizontal			Esfuerzo Cortante : τ		
		Ph : en kg			Ph/A' : en kg/cm ²		
Horizontal AD	A' = A _o - b x AD	N° 1	N° 2	N° 3	N° 1	N° 2	N° 3
0.00254 cm	en cm ²						
0.0254	24.9230	1	3	4	0.04	0.10	0.16
0.0508	24.7960	3	5	9	0.12	0.21	0.34
0.0762	24.6690	6	9	12	0.24	0.35	0.49
0.1016	24.5420	9	12	16	0.37	0.48	0.65
0.127	24.4150	12	15	20	0.49	0.61	0.80
0.1524	24.2880	15	18	24	0.62	0.74	0.97
0.1778	24.1610	18	21	27	0.75	0.86	1.10
0.2032	24.0340	18	24	29	0.74	1.00	1.21
0.2286	23.9070	3	23	29	0.13	0.98	1.21
0.254	23.7800	1	6	16	0.02	0.25	0.67
0.2794	23.6530	0	0	2	0.00	0.02	0.07
0.3048	23.5260	0	0	0	0.00	0.00	0.00



Fricción $\phi = 25.1^\circ$ Cohesión $c = 0.51 \text{ kg/cm}^2$

ESTUDIO A NIVEL DE EXPEDIENTE TÉCNICO DEL PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL TRAMO:
 PE - 288 (SAN SALVADOR - OCCORURO); DISTRITO SAN SALVADOR, PROVINCIA CALCA - CUSCO
 DISTRITO DE SAN SALVADOR, PROVINCIA DE CALCA, REGIÓN CUSCO
 INSPECCIÓN VIAL SAN SALVADOR.
 Agosto del 2017

OPERADOR V. Echarri Z

EQUIVALENTE DE ARENA

NORMA ASTM D 2419 AASHTO T - 176

CANTERA PROGRESIVA KM. 16 + 900

ESTRATA	A - I	B - I
de Entrada : Primer Ciclo	10'.45"	15'. 25"
de Salida : Primer Ciclo	20'. 45"	25'. 25"
de Entrada : Segundo Ciclo	22'. 30"	28'. 20"
de Salida : Segundo Ciclo	42'. 30"	48'. 20"
de Alto Nivel Material Fino (I)	9.80	9.70
de Nivel de Arena (II)	2.90	3.10
de Equivalente de Arena : (II)x100/(I)	29.59	31.96
EQUIVALENTE DE ARENA: PROMEDIO (%)	30.78	

ABYCECE
 INSTITUTO DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

 Valentin Echarri Zúñiga
 INGENIERO EN INGENIERÍA DE SUELOS

[Firma]

 Aristides M. Cervantes Tapia
 INGENIERO GEÓLOGO
 CIP 33320



[Firma]

 Aristides M. Cervantes Tapia
 INGENIERO CIVIL
 CIP 110633

TRABAJO A NIVEL DE EXPEDIENTE TÉCNICO DEL PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL TRAMO: EMP. PE - 288
 (CANTON - OCCORURO), DISTRITO DE SAN SALVADOR, PROVINCIA DE CALCA - CUSCO
 INICIADO VIAL SAN SALVADOR
 Agosto del 2017

OPERADOR V. Echarrí Z.

ENSAYO DE C.B.R.

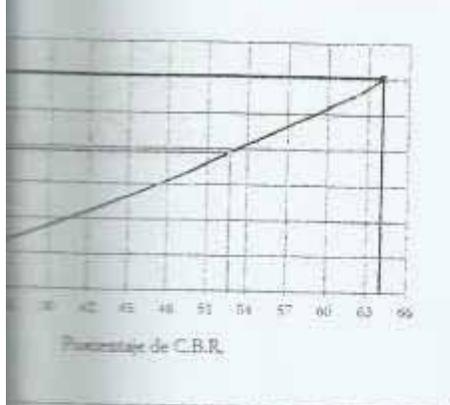
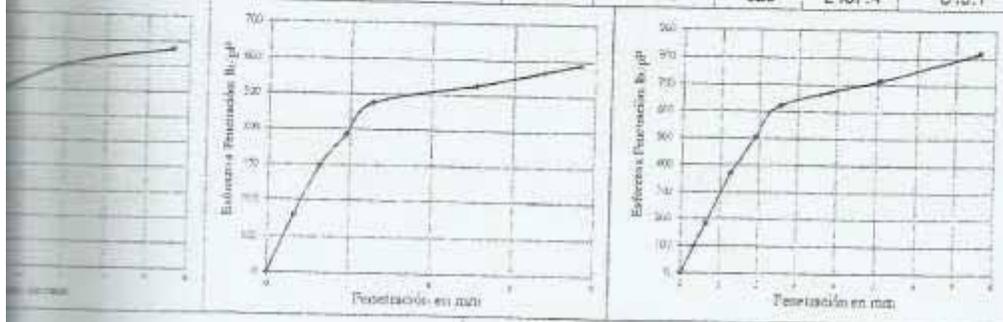
NTP 339.145 ASTM D 1883 AASHTO T - 193

CANTERA TAMBO : PROGRESIVA 16 + 900

C.B.R.	Volumen Molde 2317		Constante anillo 7.538		Densidad Máxima 2.153	
	7 / 5 / 10		8 / 5 / 25		9 / 5 / 56	
	Sin saturar	Satur.	Sin saturar	Satur.	Sin saturar	Satur.
11698	11698	11920	11563	11764	12184	12369
4330	4330	4552	4605	4806	4899	5084
2.039	2.039	2.144	2.169	2.264	2.308	2.395
8.37	8.37	13.94	8.39	13.11	8.39	12.49
1.881	1.881	1.882	2.001	2.001	2.129	2.129

EXPANSIÓN

C.B.R.	0.30%			0.40%			0.60%		
	Lectura	Carga	Esfuerzo	Lectura	Carga	Esfuerzo	Lectura	Carga	Esfuerzo
	Dial	Lbs	Lb/pl ²	Dial	Lbs	Lb/pl ²	Dial	Lbs	Lb/pl ²
11698	22	166	55.3	64	482	160.8	74	557.8	185.9
4330	65	490	163.3	119	897	299.0	146	1100.5	366.8
2.039	94	709	236.2	154	1161	387.0	201	1515.1	505.0
8.37	123	928	308.8	189	1425	475.1	248	1866.5	622.2
1.881	160	1206	402.0	210	1583	527.7	285	2148.3	716.1
1.881	173	1304	434.7	234	1764	588.0	326	2457.4	819.1



CBR 95% de Máx. Densidad = 52.73

CBR 100% de Máx. Densidad = 64.08

BOA NIVEL DE EXPEDIENTE TECNICO DEL PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL TRAMO:
 PE- 088 (SAN SALVADOR-OCORURO); DISTRITO DE SAN SALVADOR, PROVINCIA DE CALCA - CUSCO
 DISTRITO VIAL SAN SALVADOR

Agosto del 2017

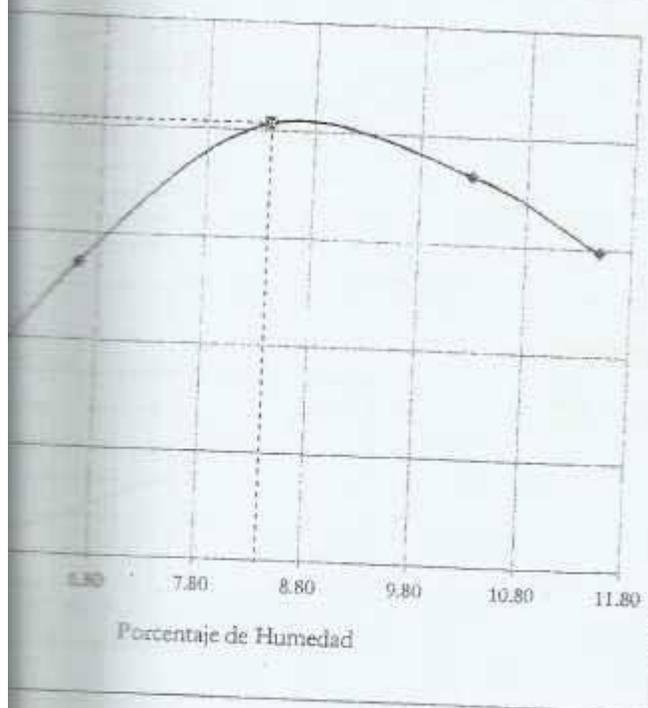
Operador: V. Echarri Z

PRÓCTOR MODIFICADO

ASTM D 1557 AASHTO T - 180

CANTERA TAMBO PROGRESIVA: 16 + 900

Mois	7197	7518	7750	7787	7764					
	2793	2793	2793	2793	2793					
	4404	4725	4957	4994	4971					
	2124	2124	2124	2124	2124					
Mois	2.074	2.225	2.334	2.351	2.340					
	89	101	32	37	3	39	30	45	115	22
Mois	101.74	99.02	116.14	115.95	111.93	93.85	118.39	114.48	102.16	101.29
Mois	97.93	95.87	110.77	109.95	105.15	88.79	110.06	105.63	93.99	93.76
	3.81	3.15	5.37	6.00	6.78	5.06	8.33	8.85	8.17	7.53
	23.86	26.65	24.44	24.45	24.55	24.66	24.11	24.28	26.81	24.35
	74.07	69.22	86.33	85.50	80.60	64.13	85.95	81.35	67.18	69.41
	5.14	4.55	6.23	7.02	8.42	7.89	9.70	10.88	12.17	10.84
	4.86		6.62		8.39		10.29		11.51	
	1.977		2.087		2.153		2.132		2.099	



DENSIDAD MÁXIMA

2.153 gr/cm³

HUMEDAD ÓPTIMA

8.39 %

ESTUDIO A NIVEL DE EXPEDIENTE TÉCNICO DEL PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL TRAMO:
EMP. PE - 288 (SAN SALVADOR - OCCORURO); DISTRITO SAN SALVADOR, PROVINCIA CALCA - CUSCO
DISTRITO DE SAN SALVADOR, PROVINCIA DE CALCA, REGIÓN CUSCO
CONSORCIO VIAL SAN SALVADOR.

Cusco, Agosto del 2017

OPERADOR V. Echarri Z.

RESISTENCIA A LA ABRASIÓN

ASTM C 131 AASHTO T 96 NTP 400-D19

CANtera PROGRESIVA KM: 16 + 900

3

Caracterización	CANtera
Grado de Abrasión	Agregado Gueso
Espesor Máximo	2"
Clasificación	"A"
Número de Revoluciones	500
Número de Bilas	12
Peso Inicial : g	5000
Peso Final : g	3324
Pérdida en Peso : g	1676
Porcentaje de Abrasión : %	33.52

BYGEC
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

V. Echarri Zúñiga
INGENIERO EN INGENIERÍA DE SUELOS

[Firma]
F. Cervantes Tapia
INGENIERO GEOLÓGO
CIP 38329



[Firma]
Aristides M. Cervantes Tapia
INGENIERO CIVIL
CIP 110833

SEDE A NIVEL DE EXPEDIENTE TÉCNICO DEL PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL TRAMO:
 RPE - 288 (SAN SALVADOR - OCCORURO); DISTRITO SAN SALVADOR, PROVINCIA CALCA - CUSCO
 DISTRITO DE SAN SALVADOR, PROVINCIA DE CALCA, REGIÓN CUSCO
 SERVICIO VIAL SAN SALVADOR.

del Año del 2017

OPERADOR V. Echarri 2

EQUIVALENTE DE ARENA

NORMA ASTM D 2419 AASHTO T.-176

CANTERA PROGRESIVA KM. 16 + 840

ITEM	A - I	B - I
Entrada : Primer Ciclo	05'.25"	10'. 33"
Salida : Primer Ciclo	15'. 25"	20'. 33"
Entrada : Segundo Ciclo	19'. 35"	25'. 30"
Salida : Segundo Ciclo	39'. 35"	45'. 30"
Alto Nivel Material Fino (I)	9.55	9.60
Nivel de Arena (II)	3.15	3.05
Porcentaje de Arena : (II)x100/(I)	32.98	31.77
EQUIVALENTE DE ARENA: PROMEDIO (%)	32.38	

ABYGEO
 SERVICIO DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

V. Echarri
V. Echarri Zúñiga
 INGENIERO EN INGENIERÍA DE SUELOS

A. Cervantes
A. Cervantes Tapia
 INGENIERO GEOLÓGICO
 CIP 93340



A. Cervantes
Aristides M. Cervantes Tapia
 INGENIERO CIVIL
 CIP 110633

NIVEL DE EXPEDIENTE TECNICO DEL PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL TRAMO:
 PE-299 (SAN SALVADOR-OCCORURO), DISTRITO DE SAN SALVADOR, PROVINCIA DE CALCA - CUSCO
 DISTRITO DE SAN SALVADOR

Agosto del 2017

Operador: V. Echarriz

ENSAYO DE C.B.R.

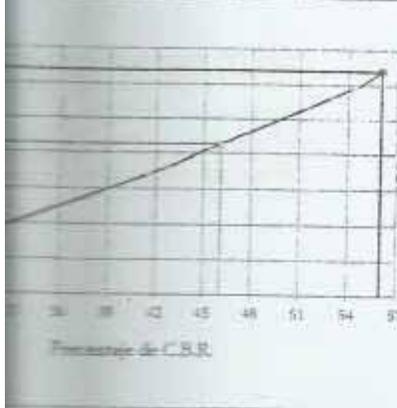
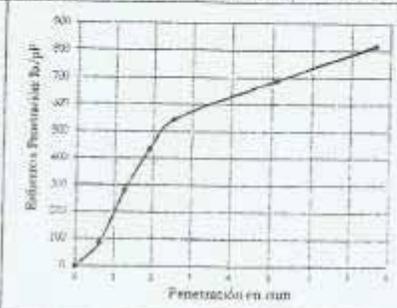
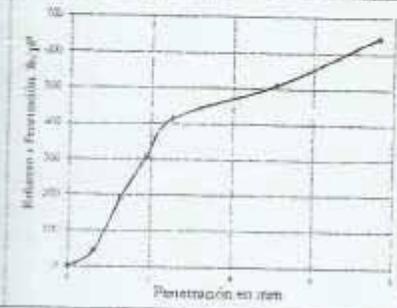
ASTM D 1883

ANTERA : MUESTRA M-1 PROGRESIVA 16 + 840

3.0	Volumen Molde	2317	Constante anillo	7.538	Densidad Máxima	2.120
		7 / 5 / 10		8 / 5 / 25		9 / 5 / 56
	Sin saturar	Satur.	Sin saturar	Satur.	Sin saturar	Satur.
	11610	11812	11469	11654	12083	12252
	4242	4444	4511	4696	4798	4967
	1.997	2.093	2.125	2.212	2.260	2.340
	7.81	13.01	7.82	12.24	7.80	11.61
	1.852	1.852	1.971	1.971	2.096	2.096

EXPANSION

Penetración (mm)	0.18%			0.21%			0.25%		
	Lectura	Carga	Esfuerzo	Lectura	Carga	Esfuerzo	Lectura	Carga	Esfuerzo
11	83	27.6	18	136	45.2	35	263.8	87.9	
26	196	65.3	76	573	191.0	112	844.3	281.4	
65	490	163.3	123	927	309.1	172	1296.5	432.2	
107	810	270.0	165	1246	415.3	216	1631.8	543.9	
159	1199	399.5	203	1530	510.1	274	2065.4	688.5	
182	1372	457.3	256	1930	643.2	325	2449.9	816.6	



CBR 95% de Máx. Densidad = 46.10

CBR 100% de Máx. Densidad = 56.03

AL NIVEL DE EXPEDIENTE TECNICO DEL PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL TRAMO: PE-288 (SAN SALVADOR-DCCORURO); DISTRITO DE SAN SALVADOR, PROVINCIA DE CALCA - CUSCO
PROYECTO VIAL SAN SALVADOR
Aprobado del 2017

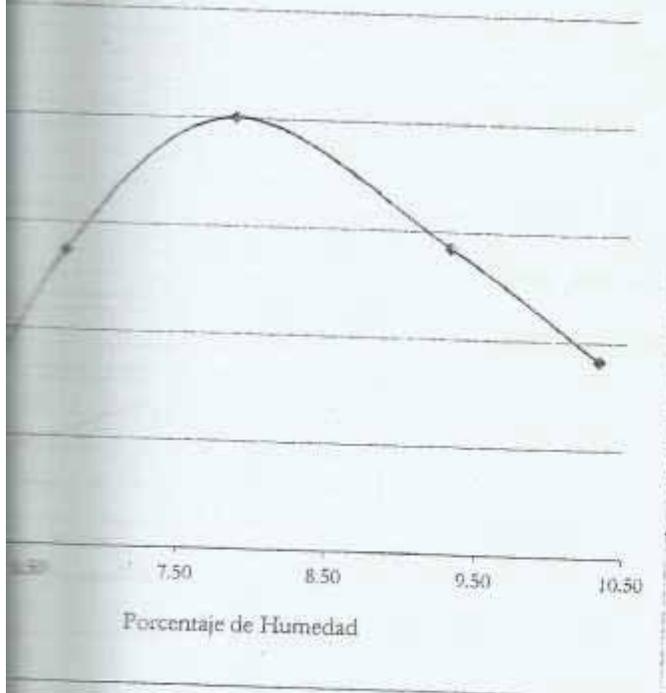
Operador: V. Echarri Z.

PROCTOR MODIFICADO

ASTM D 1557 AASHTO T- 180

PROYECTO: MUESTRA : M - 1 PROGRESIVA: 16 + 840

	7381	7541	7648	7661	7658					
	2793	2793	2793	2793	2793					
	4588	4748	4855	4868	4865					
	2124	2124	2124	2124	2124					
	2.160	2.235	2.286	2.292	2.291					
	41	88	103	82	117	21	7	4	49	95
	95.49	108.59	92.32	109.06	110.25	98.71	86.47	112.82	96.65	105.09
	91.42	104.32	88.45	103.49	104.12	93.63	81.54	104.93	89.57	98.13
	4.07	4.27	3.87	5.57	6.13	5.08	4.93	7.89	7.08	6.96
	24.55	25.13	26.93	25.07	26.04	24.57	25.15	24.62	24.64	26.55
	66.87	79.19	61.52	78.42	78.08	69.06	56.39	80.31	64.93	71.58
	6.08	5.39	6.29	7.10	7.85	7.35	8.75	9.82	10.90	9.72
	5.76	6.69			7.82		9.28		10.31	
	2.043	2.095			2.120		2.097		2.077	



DENSIDAD MÁXIMA

2.120 gr/cm³

HUMEDAD ÓPTIMA

7.82 %

ESTUDIO A NIVEL DE EXPEDIENTE TÉCNICO DEL PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL TRAMO:
 RNP PE - 288 (SAN SALVADOR - OCCORURO); DISTRITO SAN SALVADOR, PROVINCIA CALCA - CUSCO
 DISTRITO DE SAN SALVADOR, PROVINCIA DE CALCA, REGIÓN CUSCO
 CONSORCIO VIAL SAN SALVADOR.

Fecha: Agosto del 2017

OPERADOR V. Echarrí Z.

RESISTENCIA A LA ABRASIÓN

ASTM C 131 AASHTO T 96 NTP 400-019

CANTERA PROGRESIVA KM: 16 + 840

Descripción	CANTERA
Material	Agregado Grueso
Grano Máximo	2"
Forma	"A"
Número de Revoluciones	500
Número de Bajas	12
Material : g	5000
Material : g	3245.5
Material en Peso : g	1754.5
Porcentaje de Abrasión : %	35.09

7

LABYCEO
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

Valentín Echarrí Zúñiga
 TÉCNICO EN INGENIERÍA DE SUELOS

Arístides M. Cervantes Tapia
 F. Cervantes Tapia
 INGENIERO GEÓLOGO
 CIP 33320



Arístides M. Cervantes Tapia
 INGENIERO CIVIL
 CIP 110633

ESTUDIO A NIVEL DE EXPEDIENTE TÉCNICO DEL PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL TRAMO:
 P.FE - 268 (SAN SALVADOR - OCCORURO); DISTRITO SAN SALVADOR, PROVINCIA CALCA - CUSCO
 DISTRITO DE SAN SALVADOR, PROVINCIA DE CALCA, REGIÓN CUSCO
 ACCESO VIAL SAN SALVADOR.

Fecha: Agosto del 2017

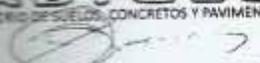
OPERADOR V. Echarri

EQUIVALENTE DE ARENA

NORMA ASTM D 2419 AASHTO T-176

CANTERA PROGRESIVA KM. 13 + 160

ESTRA	A-I	B-I
de Entrada : Primer Ciclo	05'. 00"	09'. 30"
de Salida : Primer Ciclo	15'. 00"	19'. 30"
de Entrada : Segundo Ciclo	18'. 26"	22'. 25"
de Salida : Segundo Ciclo	38'. 26"	42'. 25"
ra: Alto Nivel Material Fino (I)	9.2	9.30
ra : Nivel de Arena (II)	3.25	3.20
iciente de Arena : (II)x100/(I)	35.33	34.41
EQUIVALENTE DE ARENA: PROMEDIO (%)	34.87	

LABYCEO
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

Valentin Echarri Zúñiga
 TÉCNICO EN INGENIERÍA DE SUELOS


Y. Carmela Cervantes Tapia
 INGENIERO GEÓLOGO
 CIP 82825




Aristides M. Cervantes Tapia
 INGENIERO CIVIL
 CIP 110633

NOTA A NIVEL DE EXPEDIENTE TECNICO DEL PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL TRAMO:
 KM. 288 (SAN SALVADOR-OCORURO); DISTRITO DE SAN SALVADOR, PROVINCIA DE CALCA - CUSCO
 DISTRITO VECINAL SAN SALVADOR
 del mes de Agosto del 2017

Operador: V. Echarri Z.

ENSAYO DE C.B.R.

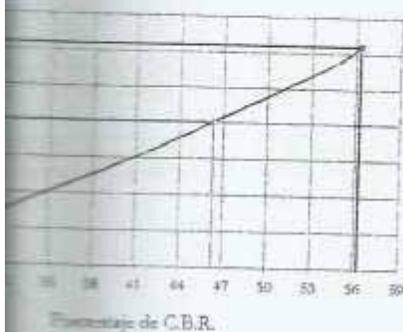
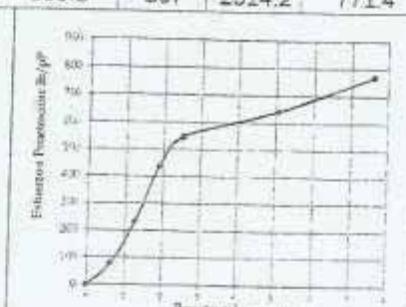
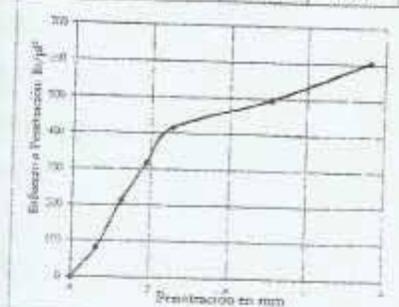
ASTM D 1883

TERERA TAMBO MUESTRA M-1 PROGRESIVA 13 + 160

30	Volumen Molde 2317		Constante anillo 7.538		Densidad Máxima 2.160	
	7 / 5 / 10		8 / 5 / 25		9 / 5 / 56	
	Sin saturar	Satur.	Sin saturar	Satur.	Sin saturar	Satur.
W ₁	11696	11908	11560	11752	12181	12357
W ₂	4328	4540	4602	4794	4896	5072
W ₃	2.038	2.138	2.168	2.258	2.306	2.389
W ₄	7.97	13.28	7.96	12.46	7.98	11.88
W ₅	1.887	1.888	2.008	2.008	2.136	2.135

EXPANSIÓN

mm	0.02%		0.02%		0.04%		0.06%		0.06%	
	Lectura	Carga	Esfuerzo	Lectura	Carga	Esfuerzo	Lectura	Carga	Esfuerzo	
	Dial	Lbs	Lb/pl ²	Dial	Lbs	Lb/pl ²	Dial	Lbs	Lb/pl ²	
10	10	75	25.1	32	241	80.4	31	233.7	77.9	
25	34	256	85.4	85	641	213.6	93	701.0	233.7	
50	78	588	196.0	127	957	319.1	175	1319.2	439.7	
75	108	813	271.1	166	1251	417.1	217	1638.8	546.3	
100	145	1093	364.3	198	1493	497.5	256	1929.7	643.2	
125	165	1244	414.6	241	1817	605.6	307	2314.2	771.4	



CBR 95% de Máx. Densidad = 46.30

CBR 100% de Máx. Densidad = 56.27

NIVEL DE EXPEDIENTE TECNICO DEL PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL TRAMO:
 E-208 (SAN SALVADOR-OCCORURO); DISTRITO DE SAN SALVADOR, PROVINCIA DE CALCA - CUSCO
 CANTON VIAL SAN SALVADOR
 Agosto del 2017

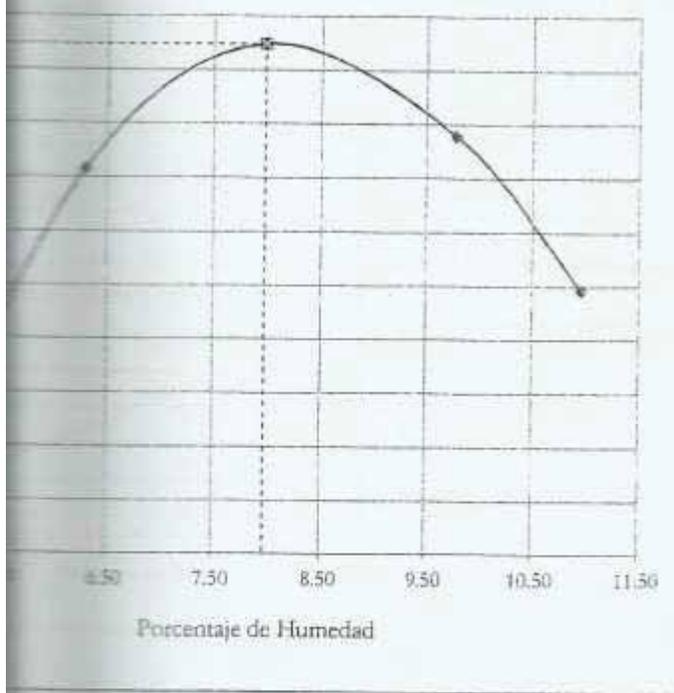
Operador: V. Echarri Z.

PRÓCTOR MODIFICADO

ASTM D 1557 AASHTO T - 180

ESTACION: TAMBO MUESTRA M-1 PROGRESIVA: 13 + 160

Moisture	7204	7564	7746	7750	7669					
	2793	2793	2793	2793	2793					
	4411	4771	4953	4957	4876					
	2124	2124	2124	2124	2124					
W ₁	2.077	2.246	2.332	2.334	2.295					
	89	101	32	37	3	39	30	45	115	22
Moisture	101.55	98.87	115.88	115.66	111.60	93.60	117.99	114.05	101.78	100.93
Moisture	97.93	95.87	110.77	109.95	105.15	88.79	110.06	105.63	93.99	93.76
	3.62	3.00	5.11	5.71	6.45	4.81	7.93	8.42	7.79	7.17
	23.86	26.65	24.44	24.45	24.55	24.66	24.11	24.28	26.81	24.35
	74.07	69.22	86.33	85.50	80.60	64.13	85.95	81.35	67.18	69.41
	4.89	4.33	5.92	6.68	8.00	7.50	9.22	10.35	11.60	10.34
	4.63		6.29		7.98		9.78		10.97	
	1.985		2.113		2.160		2.126		2.069	



DENSIDAD MÁXIMA

2.160 gr/cm³

HUMEDAD ÓPTIMA

7.98 %

ESTUDIO A NIVEL DE EXPEDIENTE TÉCNICO DEL PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL TRAMO:
MP/PE - 298 (SAN SALVADOR - OCCORURO); DISTRITO SAN SALVADOR, PROVINCIA CALCA - CUSCO
DISTRITO DE SAN SALVADOR, PROVINCIA DE CALCA, REGIÓN CUSCO
CONSIDERIO VIAL SAN SALVADOR.

Fecha: Agosto del 2017

OPERADOR V. Echarri Z.

RESISTENCIA A LA ABRASIÓN

ASTM C 131 AASHTO T 96 NTP 400-019

CANtera PROGRESIVA KM: 13 + 160

Ubicación	CANtera
Material	Agregado Grueso
Grano Máximo	2"
Clasificación	"A"
Número de Revoluciones	500
Número de Haldas	12
Peso Inicial : g	5000
Peso Final : g	3234.5
Peso en Peso : g	1765.5
Porcentaje de Abrasión : %	35.31

2

LABYCEO
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

Valentín Echarri Zúñiga
INGENIERO TÉCNICO EN INGENIERÍA DE SUELOS

Carmela Cervantes Tapia
Carmela Cervantes Tapia
INGENIERO GEOLOGO
CIP 33320



Aristides M. Cervantes Tapia
Aristides M. Cervantes Tapia
INGENIERO CIVIL
CIP 110633

ESTUDIO A NIVEL DE EXPEDIENTE TÉCNICO DEL PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL TRAMO:
 CAPE - 288 (SAN SALVADOR - OCCORURO); DISTRITO SAN SALVADOR, PROVINCIA CALCA - CUSCO
 DISTRITO DE SAN SALVADOR, PROVINCIA DE CALCA, REGIÓN CUSCO
 CARRERA VIAL SAN SALVADOR.

del 4 agosto del 2017

OPERADOR V. Echarri Z

EQUIVALENTE DE ARENA

NORMA ASTM D 2419 AASHTO T - 176

CANTERA PROGRESIVA KM. 0 +490 - 0+520

ESTRATA	A - I	B - I
de Entrada : Primer Ciclo	10'.35"	14'.45"
de Salida : Primer Ciclo	20'.35"	24'.45"
de Entrada : Segundo Ciclo	24'.20"	28'.30"
de Salida : Segundo Ciclo	44'.20"	48'.30"
de Alto Nivel Material Fino (I)	9.65	9.55
de Nivel de Arena (II)	2.95	3.15
de Equivalente de Arena : (II)x100/(I)	30.57	32.98
EQUIVALENTE DE ARENA: PROMEDIO (%)	31.78	

BYGEO
 SERVICIOS DE INGENIERIA EN CONCRETOS Y PAVIMENTOS

V. Echarri Zuñiga
 INGENIERO EN INGENIERIA DE SUELOS

Aristides M. Cervantes Tapia
 Y. Cervantes Tapia
 INGENIERO CIVIL
 CIP 110633



Aristides M. Cervantes Tapia
 INGENIERO CIVIL
 CIP 110633

PROYECTO A NIVEL DE EXPEDIENTE TÉCNICO DEL PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL TRAMO: EMP. PE - 288,
 SAN SALVADOR - OCCORURO, DISTRITO DE SAN SALVADOR, PROVINCIA DE CALCA - CUSCO
 ORDENADO POR: SAN SALVADOR
 FECHA: Agosto del 2017

OPERADOR: V. Echarri Z.

ENSAYO DE C.B.R.

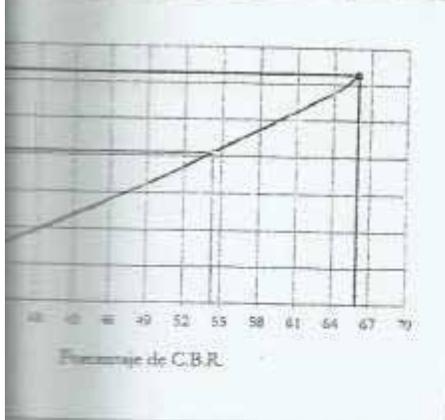
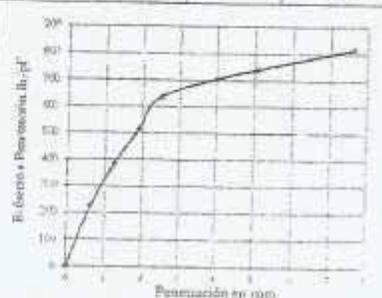
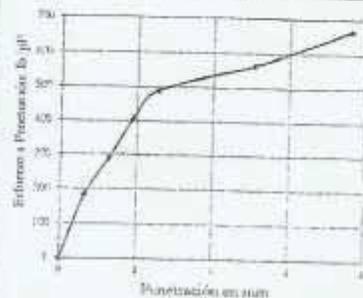
NTP 339.145 ASTM D 1883 AASHTO T-193

CANTERA : PROGRESIVA KM. 0+490 - 0+520

30	Volumen Moide 2317		Constante anillo 7.538		Densidad Máxima 2.164			
7 / 5 / 10			8 / 5 / 25			9 / 5 / 56		
	Sin saturar	Satur.	Sin saturar	Satur.	Sin saturar	Satur.		
	11698	11905	11562	11751	12183	12355		
	4330	4537	4604	4793	4898	5070		
	2.039	2.137	2.169	2.258	2.307	2.388		
	7.83	13.04	7.82	12.24	7.82	11.64		
	1.891	1.890	2.011	2.011	2.140	2.139		

EXPANSIÓN

Espesor (mm)	0.02%		0.02%		0.04%		0.04%		0.05%		0.05%	
	Lectura	Carga	Esfuerzo	Lectura	Carga	Esfuerzo	Lectura	Carga	Esfuerzo	Lectura	Carga	Esfuerzo
1.525	31	234	77.9	73	550	183.4	90	678.4	226.1			
1.270	74	558	185.9	116	874	291.5	154	1160.9	387.0			
1.015	101	761	253.8	162	1221	407.1	205	1545.3	515.1			
0.760	127	954	318.0	195	1468	489.2	255	1922.0	640.7			
0.505	162	1221	407.1	225	1696	565.4	295	2223.7	741.2			
0.250	172	1297	432.2	265	1998	665.9	325	2449.9	816.6			



CBR 95% de Máx. Densidad = 54.30

CBR 100% de Máx. Densidad = 65.99

NIVEL DE EXPEDIENTE TECNICO DEL PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL TRAMO:
 E- 298 (SAN SALVADOR-OCCORURO); DISTRITO DE SAN SALVADOR, PROVINCIA DE CALCA - CUSCO
 CANTON VIAL SAN SALVADOR

Agosto del 2017

Operador: V. Echarri Z.

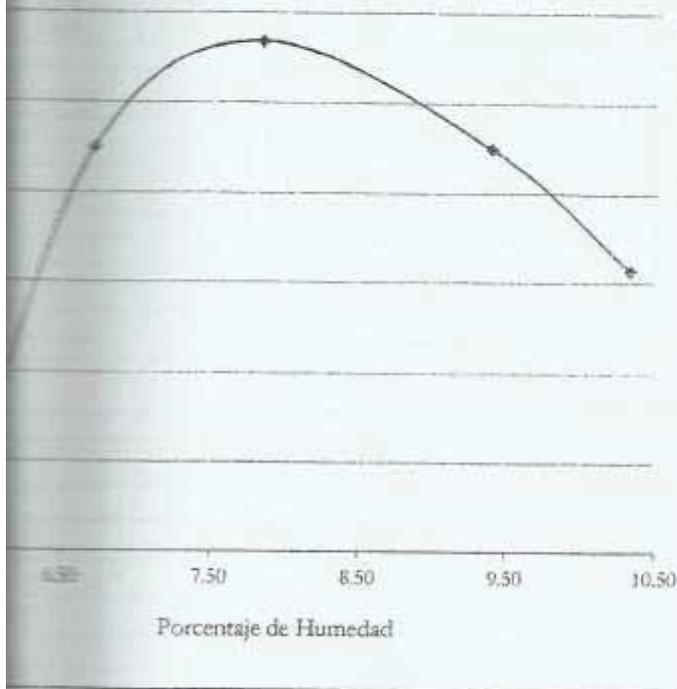
PRÓCTOR MODIFICADO

ASTM D 1557 AASHTO T - 180

CANTERA PROGRESIVA: KM: 0 + 490 - 0 + 520

3

Moisture	7404	7643	7748	7765	7744					
	2793	2793	2793	2793	2793					
	4611	4850	4955	4972	4951					
	2124	2124	2124	2124	2124					
Proctor	2.171	2.284	2.333	2.341	2.331					
	41	88	103	82	117	21	7	4	49	95
Moisture	95.49	108.59	92.33	109.07	110.25	98.71	86.53	112.91	96.66	105.09
Moisture	91.42	104.32	88.45	103.49	104.12	93.63	81.54	104.93	89.57	98.13
	4.07	4.27	3.88	5.58	6.13	5.08	4.99	7.98	7.09	6.96
	24.55	25.13	26.93	25.07	26.04	24.57	25.15	24.62	24.64	26.55
	66.87	79.19	61.52	78.42	78.08	69.06	56.39	80.31	64.93	71.58
	6.09	5.40	6.31	7.11	7.86	7.36	8.85	9.93	10.92	9.73
	5.76	6.71	7.83	9.39	10.32					
	2.053	2.140	2.164	2.140	2.113					



DENSIDAD MÁXIMA

2.164 gr/cm³

HUMEDAD ÓPTIMA

7.83 %

BYGEO
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

V. Echarri Zúñiga

V. Echarri Zúñiga
 V. Echarri Zúñiga
 INGENIERO CIVIL



Aristides M. Cervantes Tapia
 INGENIERO CIVIL

ESTUDIO A NIVEL DE EXPEDIENTE TÉCNICO DEL PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL TRAMO:
MP PE - 28B (SAN SALVADOR - OCCORURO); DISTRITO SAN SALVADOR, PROVINCIA CALCA - CUSCO
DISTRITO DE SAN SALVADOR, PROVINCIA DE CALCA, REGIÓN CUSCO

CONSORCIO VIAL SAN SALVADOR.

Fecha: Agosto del 2017

OPERADOR V. Echarri Z.

RESISTENCIA A LA ABRASIÓN

ASTM C 131 AASHTO T 96 NTP 400-019

CANtera PROGRESIVA KM: 0 + 490 - 0 + 520

6

Caracterización	CANtera
Grado	Agregado Grueso
Espesor Máximo	2"
Formación	"A"
Número de Revoluciones	500
Número de Billas	12
Peso Inicial : g	5000
Peso Final : g	3261
Pérdida en Peso : g	1739
Porcentaje de Abrasión : %	34.78

ABYCEO
CENTRO DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

V. Echarri Z.
Echarri Zúñiga
INGENIERO EN INGENIERÍA DE SUELOS

A. Cervantes Tapia
A. Cervantes Tapia
INGENIERO GEÓLOGO
CIP 33320



A. Cervantes Tapia
Aristides M. Cervantes Tapia
INGENIERO CIVIL
CIP 110632

ESTUDIO A NIVEL DE EXPEDIENTE TÉCNICO DEL PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL TRAMO:
 EMP. PE - 28B (SAN SALVADOR - OCCORURO), DISTRITO DE SAN SALVADOR, PROVINCIA DE CALCA - CUSCO
 CONSORCIO VIAL SAN SALVADOR

Cusco, Agosto del 2017

OPERADOR V. Echarri Z.

RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LA ROCA

RESISTENCIA UNIAXIAL

NTP 339.167 ASTM E 4 - C 39 AASHTO T - 208 - 70

	0 + 680	7 + 420
	MR - 1	MR - 2
SE RECTANGULAR : cm ²	36.12	36.04
SPESIMEN: cm	12.10	11.80
ESPECIMEN : cm ³	437.05	425.27
ESPECIMEN: g	1259	1178
ESPECIMEN: cm ³	2.881	2.770
ESPECIMEN: g	6750	5000
ESPECIMEN: cm ²	186.88	138.73

BYGEO
 SERVICIO DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

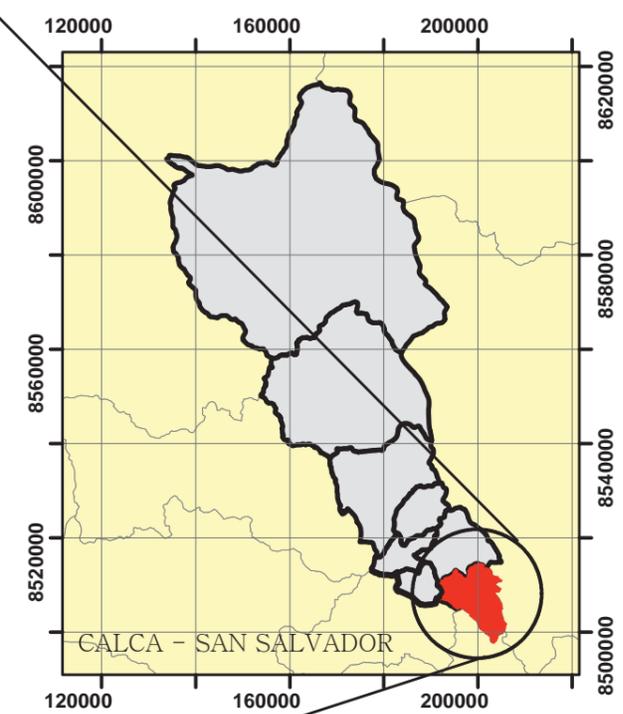
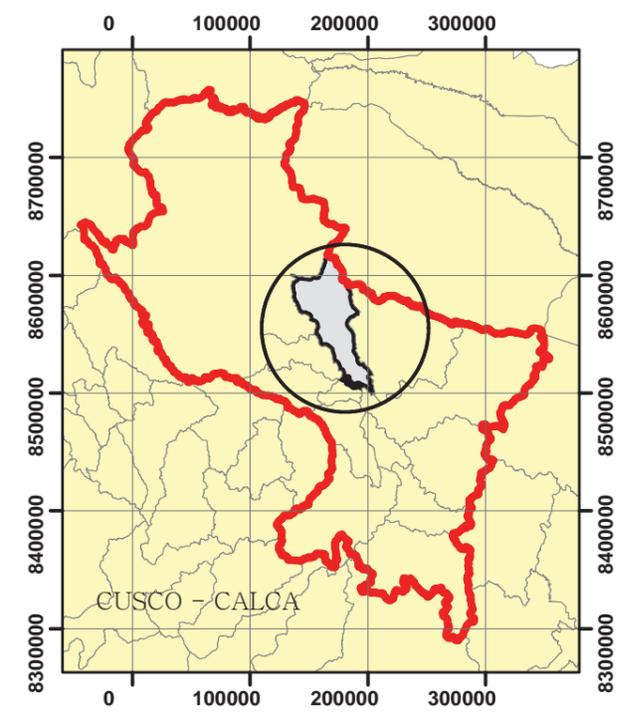
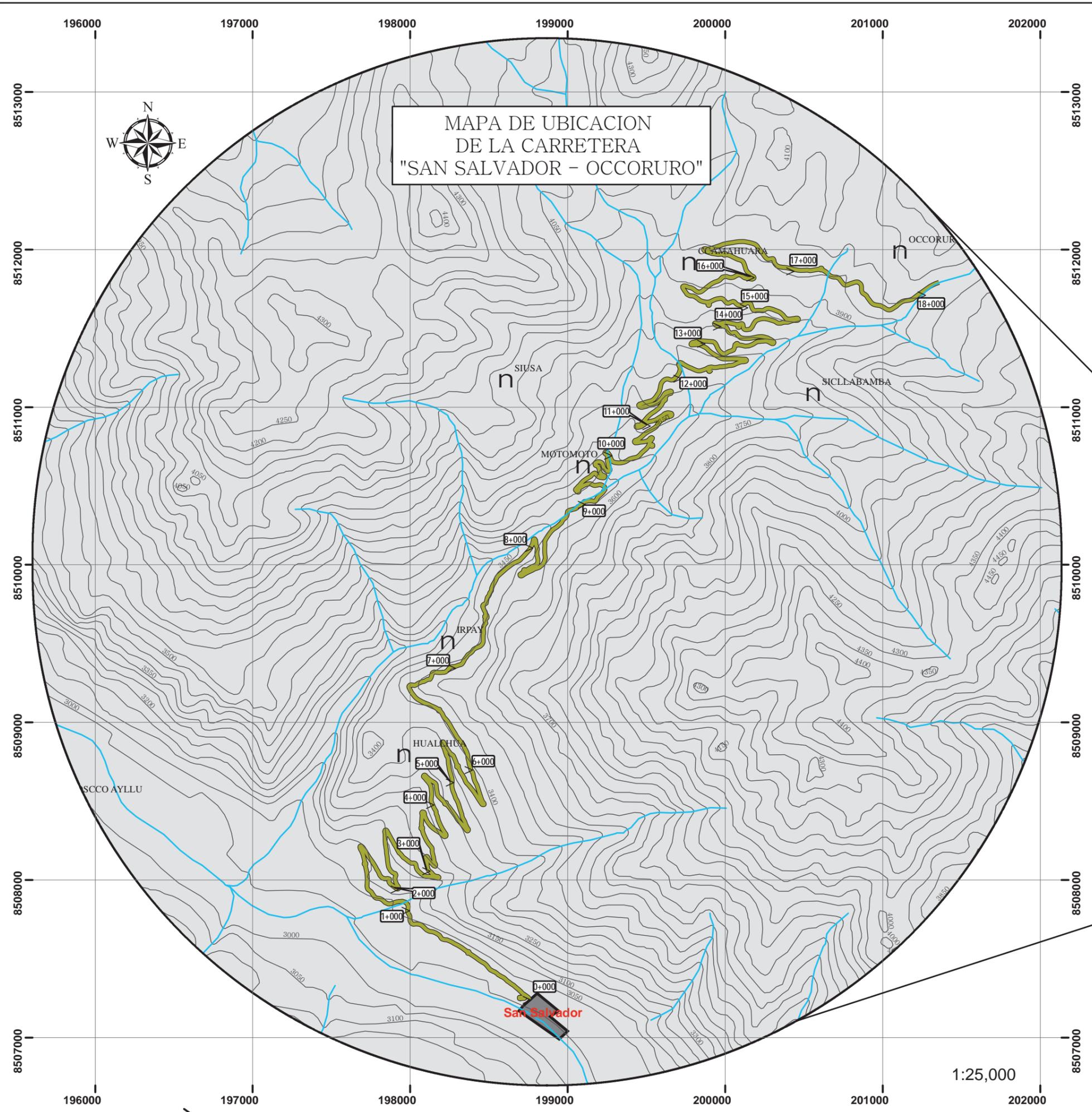
V. Echarri Zúñiga
 INGENIERO EN INGENIERÍA DE SUELOS

Carmela
Carmela Cervantes Tapia
 INGENIERO GEOLOGO
 CIP 33320



Aristides
Aristides M. Cervantes Tapia
 INGENIERO CIVIL
 CIP 110533

MAPA DE UBICACION
DE LA CARRETERA
"SAN SALVADOR - OCCORURO"



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAAD DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA



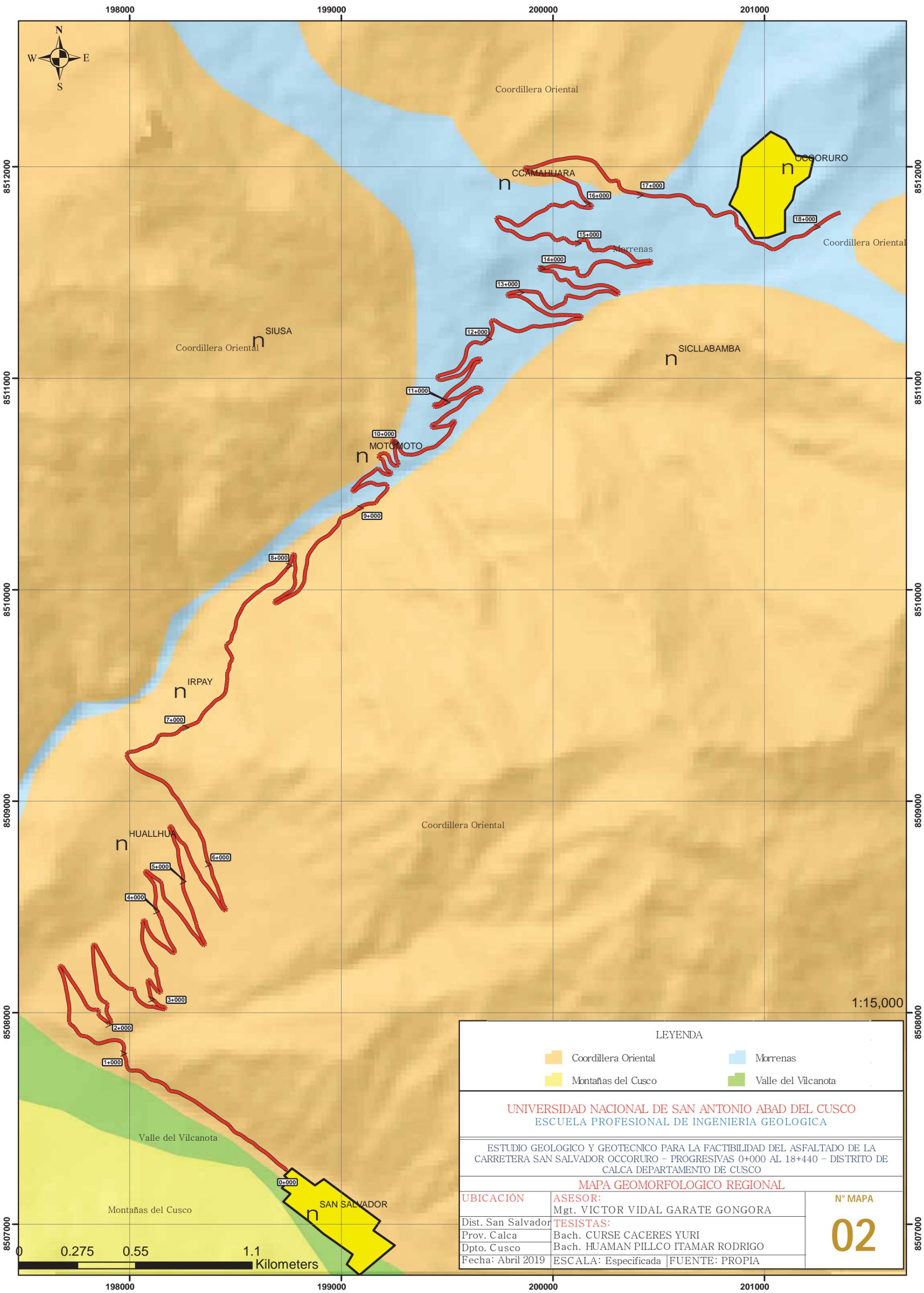
ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA LA FACTIBILIDAD DEL ASFALTADO DE LA CARRETERA SAN SALVADOR OCCORURO - PROGRESIVAS 0+000 AL 18+440 - DISTRITO DE CALCA DEPARTAMENTO DE CUSCO

MAPA DE UBICACION

UBICACION	ASESOR: Mgt. VICTOR VIDAL GARATE GONGORA
Dist. San Salvador	TESISTAS:
Prov. Calca	Bach. CURSE CACERES YURI
Dpto. Cusco	Bach. HUAMAN PILLCO ITAMAR RODRIGO
Fecha: Abril 2019	ESCALA: Especificada FUENTE: PROPIA

N° MAPA
01

1:25,000



1:15,000

LEYENDA			
	Cordillera Oriental		Morrenas
	Montañas del Cusco		Valle del Vilcanota

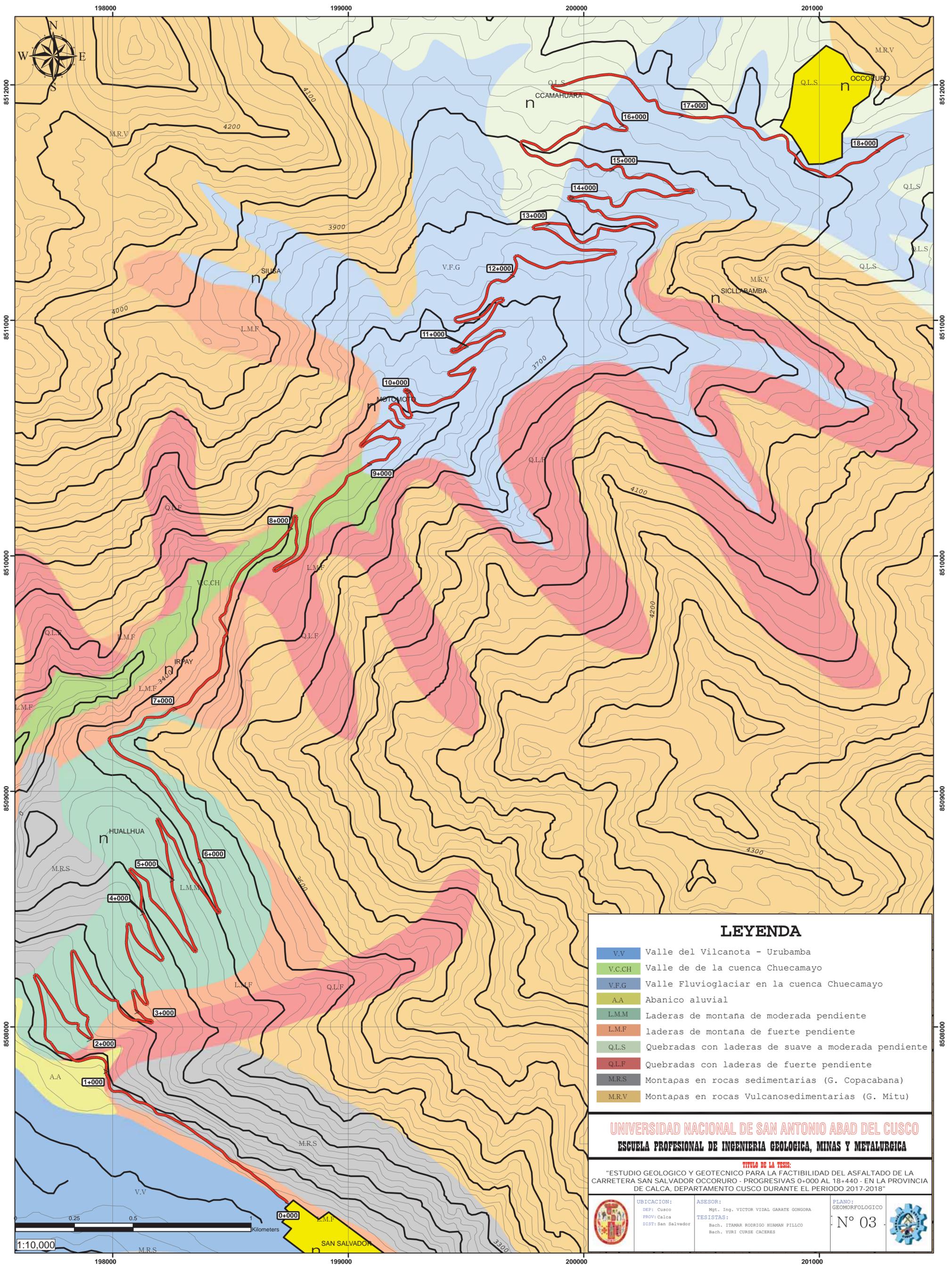
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA LA FACTIBILIDAD DEL ASFALTADO DE LA
 CARRETERA SAN SALVADOR OCCORURO - PROGRESIVAS 0+000 AL 18+440 - DISTRITO DE
 CALCA DEPARTAMENTO DE CUSCO

MAPA GEOMORFOLOGICO REGIONAL

UBICACIÓN	ASESOR:	N° MAPA 02
Dist. San Salvador	Mgt. VICTOR VIDAL GARATE GONGORA	
Prov. Calca	TESISTAS:	
Dpto. Cusco	Bach. CURSE CACERES YURI Bach. HUAMAN PILLCO ITAMAR RODRIGO	
Fecha: Abril 2019	ESCALA: Especificada	FUENTE: PROPIA

0 0.275 0.55 1.1 Kilometers



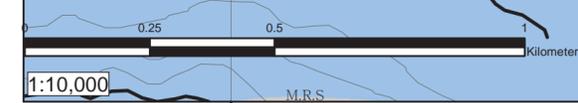
LEYENDA

V.V	Valle del Vilcanota - Urubamba
V.C.CH	Valle de de la cuenca Chuecamayo
V.F.G	Valle Fluvioglaciario en la cuenca Chuecamayo
AA	Abanico aluvial
L.M.M	Laderas de montaña de moderada pendiente
L.M.F	laderas de montaña de fuerte pendiente
Q.L.S	Quebradas con laderas de suave a moderada pendiente
Q.L.F	Quebradas con laderas de fuerte pendiente
M.R.S	Montapas en rocas sedimentarias (G. Copacabana)
M.R.V	Montapas en rocas Vulcanosedimentarias (G. Mitu)

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

TITULO DE LA TESIS:
 "ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA LA FACTIBILIDAD DEL ASFALTADO DE LA CARRETERA SAN SALVADOR OCCORURO - PROGRESIVAS 0+000 AL 18+440 - EN LA PROVINCIA DE CALCA, DEPARTAMENTO CUSCO DURANTE EL PERIODO 2017-2018"

 UBICACION: DEP: Cusco PROV: Calca DIST: San Salvador	ASESOR: Mgt. Ing. VICTOR VIDAL GARATE GONGORA	PLANO: GEOMORFOLOGICO N° 03 
	TESISISTAS: Bach. ITAMAR RODRIGO HUAMAN PILLCO Bach. YURI CURSE CACKRES	



198000

199000

200000

201000

8512000

8512000

8511000

8511000

8510000

8510000

8509000

8509000

8508000

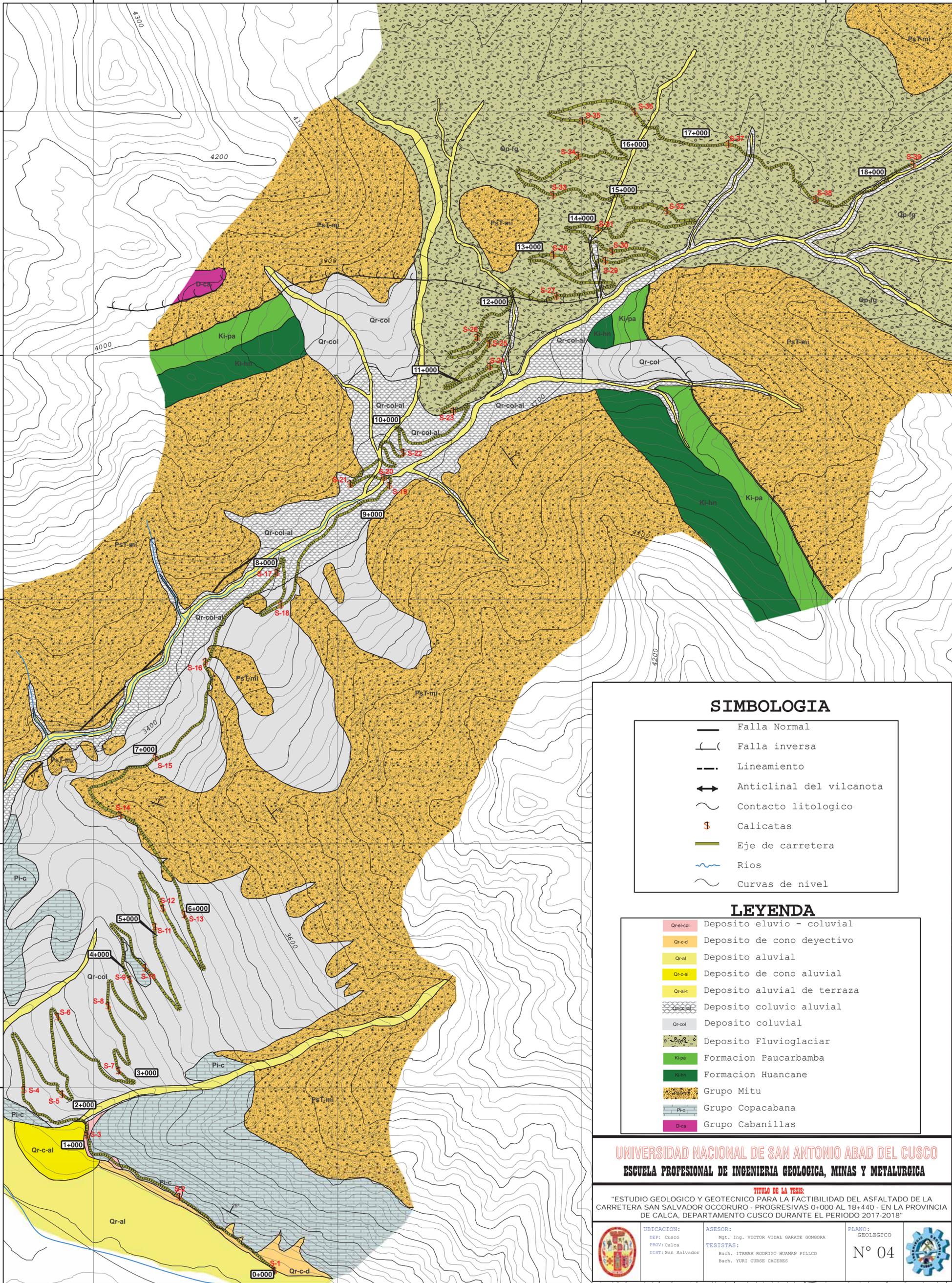
8508000

198000

199000

200000

201000



SIMBOLOGIA

	Falla Normal
	Falla inversa
	Lineamiento
	Anticlinal del vilcanota
	Contacto litologico
	Calicatas
	Eje de carretera
	Rios
	Curvas de nivel

LEYENDA

	Deposito eluvio - coluvial
	Deposito de cono deeyectivo
	Deposito aluvial
	Deposito de cono aluvial
	Deposito aluvial de terraza
	Deposito coluvio aluvial
	Deposito coluvial
	Deposito Fluvioglacial
	Formacion Paucarbamba
	Formacion Huancane
	Grupo Mitu
	Grupo Copacabana
	Grupo Cabanillas

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

TITULO DE LA TESIS:
 "ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA LA FACTIBILIDAD DEL ASFALTADO DE LA CARRETERA SAN SALVADOR OCCORURO - PROGRESIVAS 0+000 AL 18+440 - EN LA PROVINCIA DE CALCA, DEPARTAMENTO CUSCO DURANTE EL PERIODO 2017-2018"

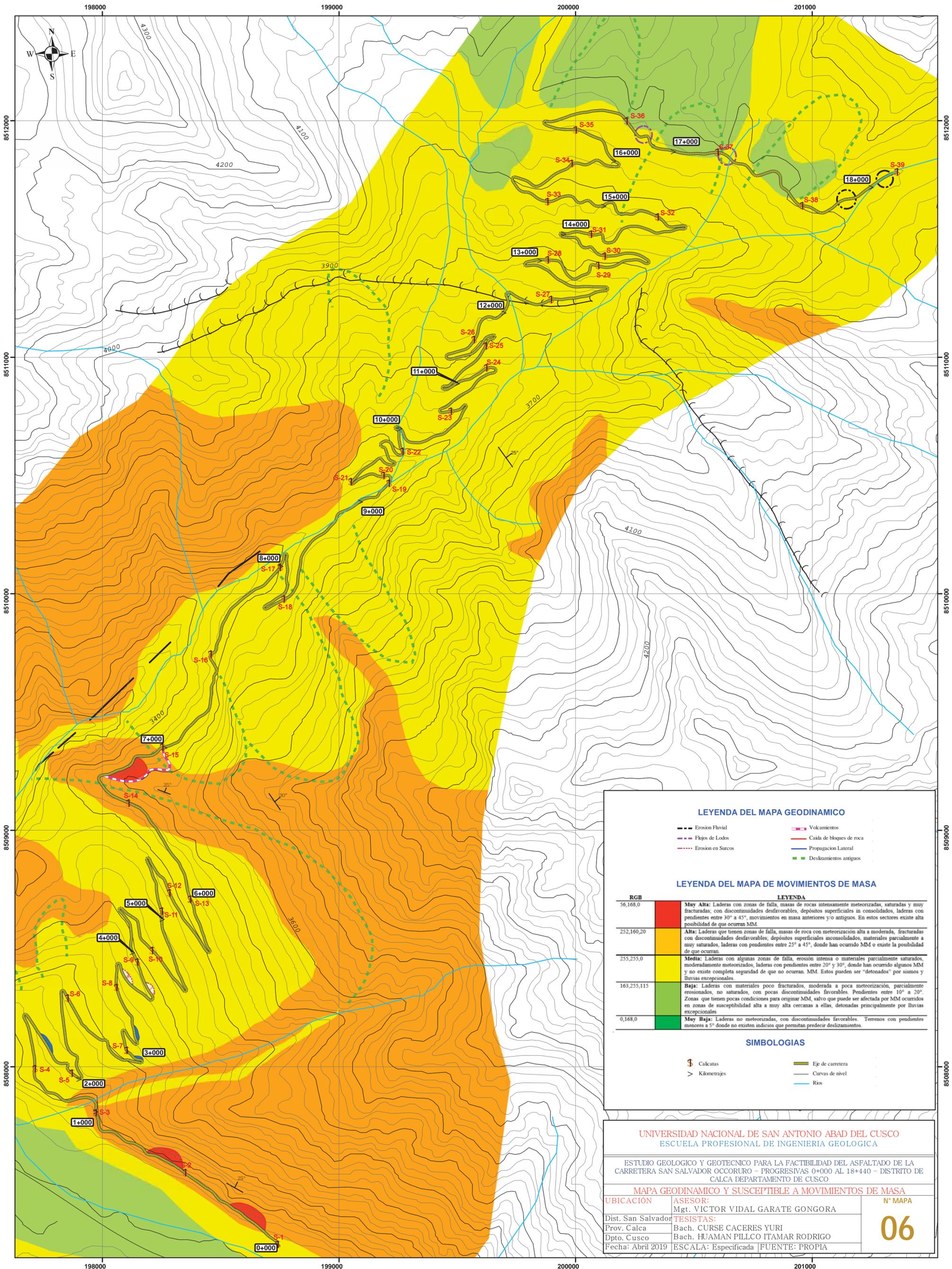


UBICACION:
 DEP: Cusco
 PROV: Calca
 DIST: San Salvador

ASESOR:
 Mgt. Ing. VICTOR VIDAL GARATE GONGORA
TESISTAS:
 Bach. ITAMAR RODRIGO HUMAN PILLCO
 Bach. YURI CURSE CACERES

PLANO:
 GEOLOGICO
 N° 04





LEYENDA DEL MAPA GEODINAMICO

- Erosion Fluvial
- Flujos de Lodos
- Erosion en Surcos
- Volcanismos
- Caída de bloques de roca
- Propagacion Lateral
- Deslizamientos antiguos

LEYENDA DEL MAPA DE MOVIMIENTOS DE MASA

RGB	LEYENDA
56,168,0	Muy Alta: Laderas con zonas de falla, masas de rocas intensamente meteorizadas, saturadas y muy fracturadas; con discontinuidades desfavorables, depósitos superficiales in consolidados, laderas con pendientes entre 30° a 45°, movimientos en masa anteriores y/o antiguos. En estos sectores existe alta posibilidad de que ocurran MM.
252,160,20	Alta: Laderas que tienen zonas de falla, masas de roca con meteorización alta a moderada, fracturadas con discontinuidades desfavorables; depósitos superficiales in consolidados, materiales parcialmente a muy saturados, laderas con pendientes entre 25° a 45°, donde han ocurrido MM o existe la posibilidad de que ocurran.
255,255,0	Media: Laderas con algunas zonas de falla, erosión intensa o materiales parcialmente saturados, moderadamente meteorizados, laderas con pendientes entre 20° y 30°, donde han ocurrido algunos MM y no existe completa seguridad de que no ocurran. MM. Estos pueden ser "detonados" por sismos y lluvias excepcionales.
163,255,115	Baja: Laderas con materiales poco fracturados, moderada a poca meteorización, parcialmente erosionados, no saturados, con pocas discontinuidades favorables. Pendientes entre 10° a 20°. Zonas que tienen pocas condiciones para originar MM, salvo que puede ser afectada por MM ocurridos en zonas de susceptibilidad alta a muy alta cercanas a ellas, detonados principalmente por lluvias excepcionales.
0,168,0	Muy Baja: Laderas no meteorizadas, con discontinuidades favorables. Terrenos con pendientes menores a 5° donde no existen indicios que permitan predecir deslizamientos.

SIMBOLOGIAS

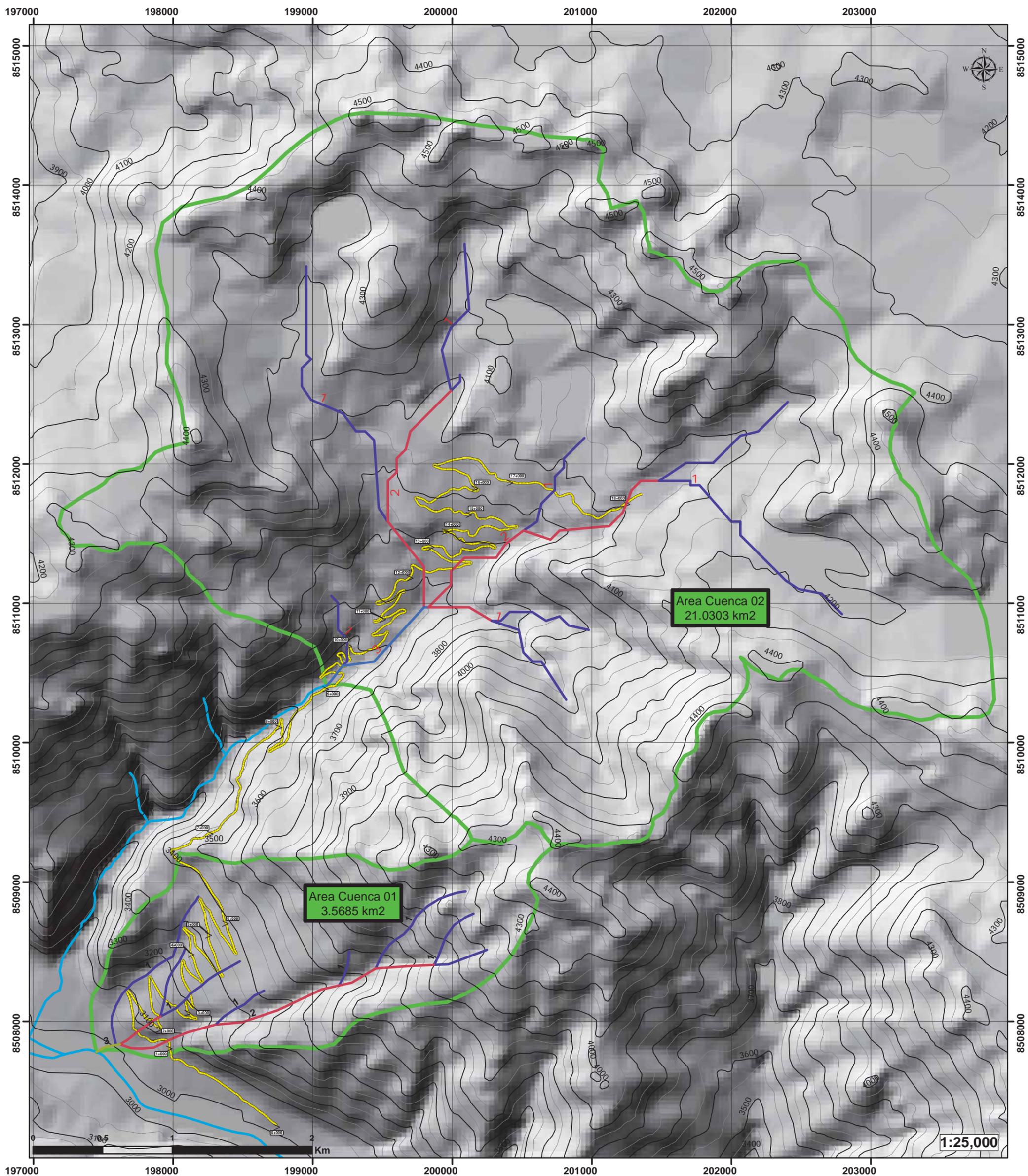
- ⌘ Calcatas
- > Kilometrajes
- Eje de carretera
- Curvas de nivel
- Rios

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA LA FACTIBILIDAD DEL ASFALTADO DE LA
 CARRETERA SAN SALVADOR OCCORURO - PROGRESIVAS 0+000 AL 18+440 - DISTRITO DE
 CALCA DEPARTAMENTO DE CUSCO

MAPA GEODINAMICO Y SUSCEPTIBLE A MOVIMIENTOS DE MASA

UBICACION	ASESOR: Mgt. VICTOR VIDAL GARATE GONGORA	N° MAPA
Dist. San Salvador	TESISTAS:	06
Prov. Calca	Bach. CURSE CACERES YURI	
Dpto. Cusco	Bach. HUAMAN PILLCO ITAMAR RODRIGO	
Fecha: Abril 2019	ESCALA: Especificada	FUENTE: PROPIA



SIMBOLOGIA

ORDEN DE CORRIENTES
SEGÚN A. STRAHLER

-  Orden 1
-  Orden 2
-  Orden 3
-  Corrientes fuera de la zona de estudio

-  Divortium aquarum
-  Carretera
-  Curvas de Nivel



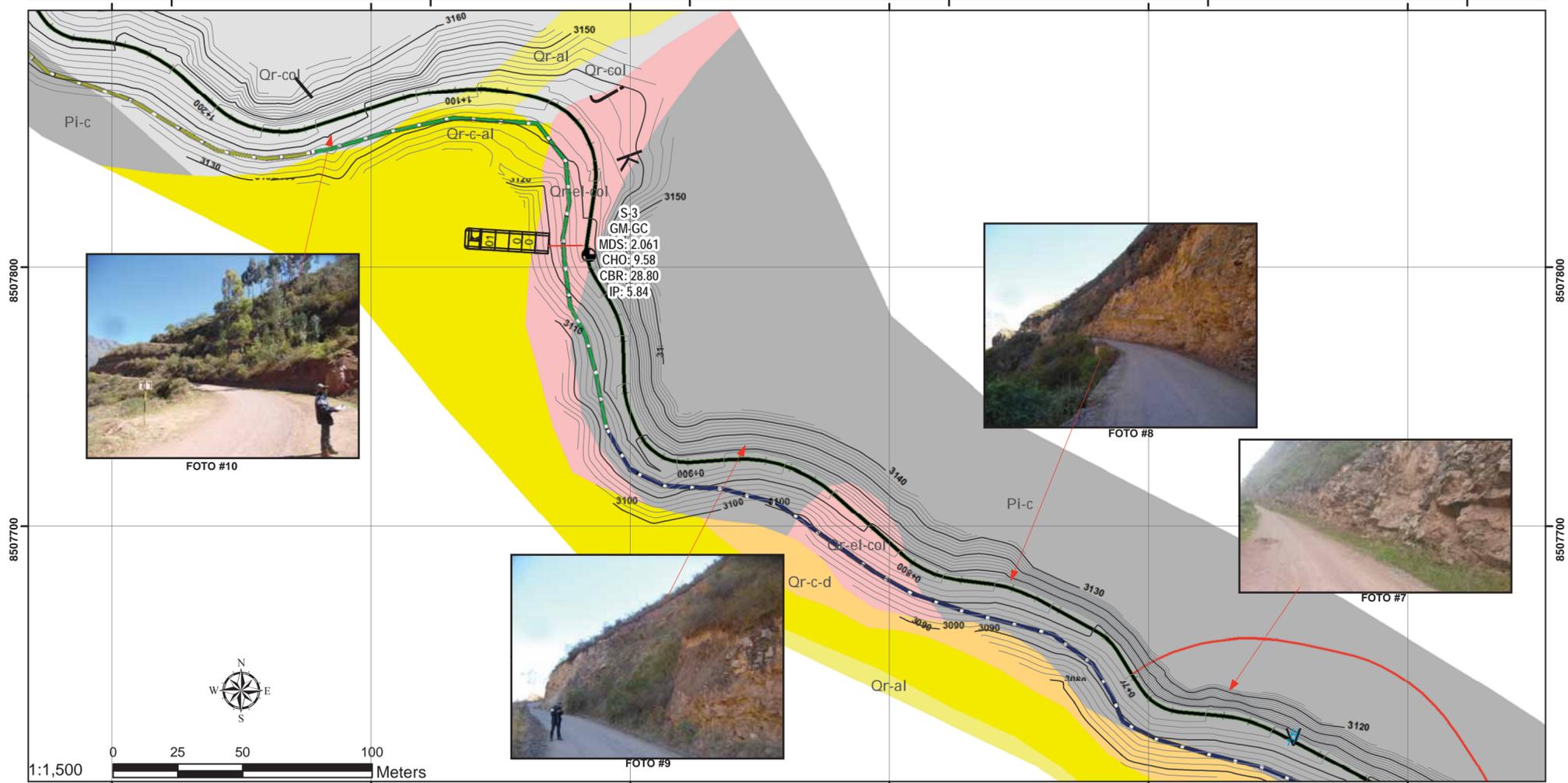
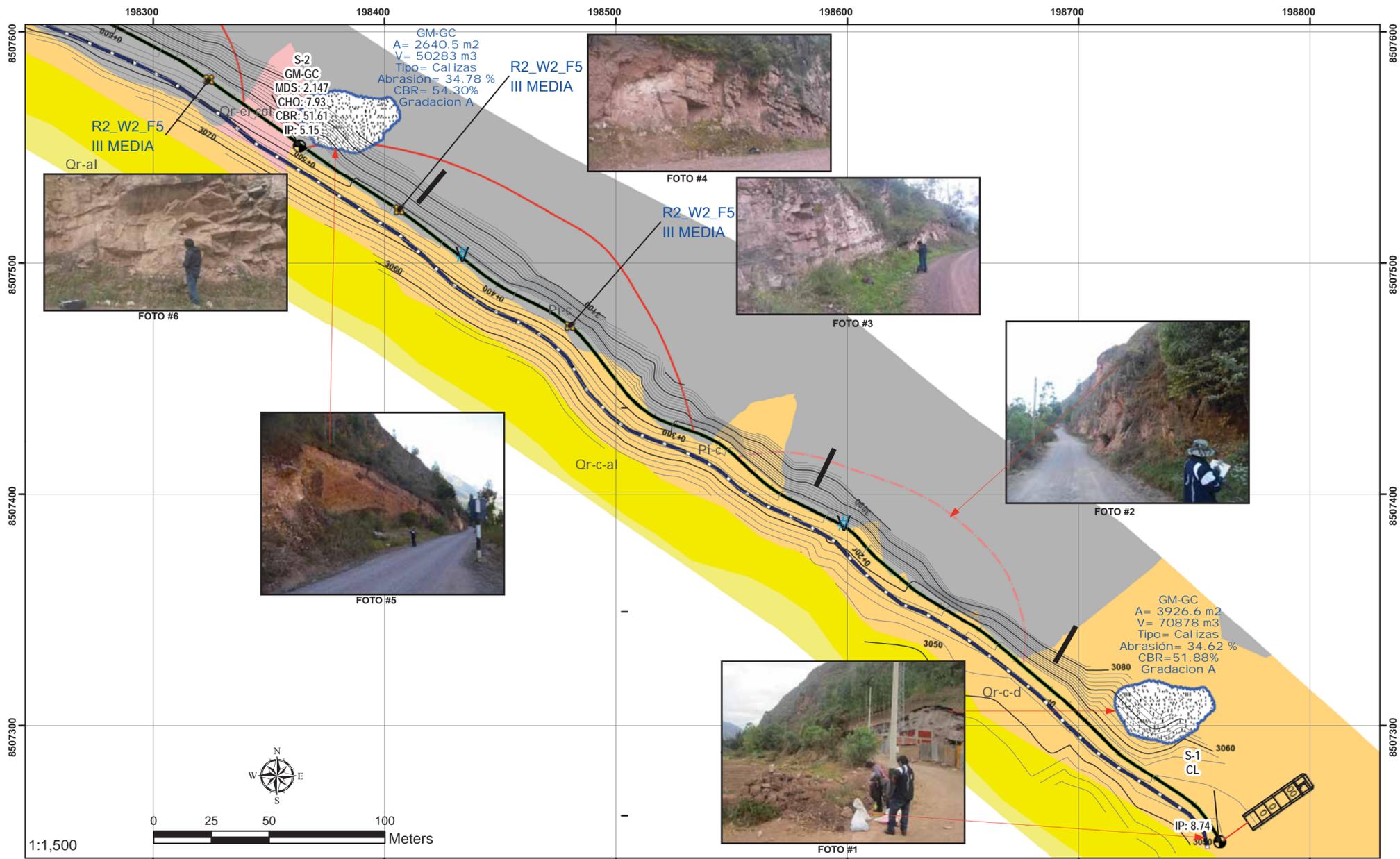
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA



ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA LA FACTIBILIDAD DEL ASFALTADO DE LA
CARRETERA SAN SALVADOR OCCORURO - PROGRESIVAS 0+000 AL 18+440 - DISTRITO DE
CALCA DEPARTAMENTO DE CUSCO

MAPA HIDROLOGICO

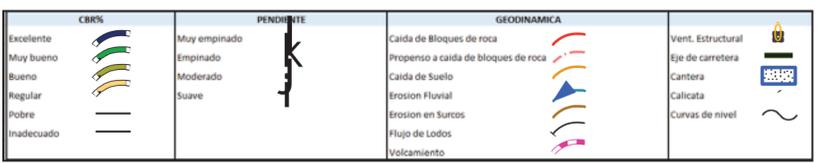
UBICACIÓN	ASESOR: Mgt. VICTOR VIDAL GARATE GONGORA	N° MAPA 07
Dist. San Salvador	TESISTAS: Bach. CURSE CACERES YURI	
Prov. Calca	Bach. HUAMAN PILLCO ITAMAR RODRIGO	
Dpto. Cusco	Fecha: Abril 2019	
ESCALA: Especificada		FUENTE: PROPIA



Clase	Clasificación de la roca según su resistencia	Resistencia Uniaxial (Mpa)	Indice de carga puntual (Mpa)	Estimación de Terreno de la resistencia	Ejemplos	Clase	Meteorización (V) de la Matriz Rocosa	Alteración (%)	Clase	Red de Fracturamiento
R6	Extremadamente Resistente	>250	>10	Golpes de martillo geológico sólo causan deshojamiento superficial en la roca.	Bazalto fresco, diorita, diabasa, gneis, granito, cuarcita.	V1a	Roca sana o fresca	-	F1a	Masivo, sin juntas ocasionales
R5	Muy Resistente	100 - 250	4 - 10	Un trozo de roca requiere varios golpes de martillo geológico para fracturarse.	Anfibolita, arenisca, basalto, gábrro, gneis, granodiorita, caliza, mármol, tola, toba.	V1b	Debil decoloración en juntas principales	-	F1b	Masivo, con juntas ocasionales
R4	Resistente	50 - 100	2 - 4	Un trozo de roca requiere más de un golpe con el martillo geológico para fracturarse.	Caliza, mármol, filitas, arenisca, esquistos, pizarras.	V2	ligeramente meteorizada	<10	F2	Una familia
R3	Moderadamente Resistente	25 - 50	1 - 2	Un trozo de roca puede fracturarse con un único golpe del martillo geológico, pero no es posible deshojar la roca con un cortaplumas.	Arcillolita, carbón, concretion, esquistos, pizarras, limolitas.	V3	Moderadamente meteorizada	10 - 50	F3	Una familia y ocasionales
R2	Debil	5 - 25	(b)	Un golpe con la punta del martillo geológico deja una indentación superficial. La roca puede ser deshojada con un cortaplumas pero con dificultad.	Creta, sal mineral, potasio.	V4	Altamente meteorizada	50 - 80	F4	Dos familias
R1	Muy Debil	1 - 5	(b)	La roca se desmenuza al ser golpeada con la punta del martillo geológico. La roca puede ser deshojada con un cortaplumas.	Roca muy alterada o muy meteorizada.	V5	Completamente meteorizada	>80	F5	Dos familias y ocasionales
R0	Extremadamente Debil	0.25 - 1	(b)	La roca puede ser indentada con la uña del pulgar.	Sabanda arcillosa dura.	V6	Roca descompuesta	100	F6	Tres familias

KILOMETRO	TIPO	DESCRIPCION	SOLUCION	OBSERVACIONES
0+210 - 0+270	Propenso a caída de bloques de roca	Taludes en caliza de pendiente muy empinada, con tres familias de discontinuidades, en la parte superior bien fracturados y meteorizados	Desquinche de las rocas fuertemente meteorizadas	En la foto N°2, se ve el talud parado, con una fractura grande rugosa, los ciastos que caen por encima del talud son pequeños de hasta 7m de diámetro.
0+290 - 0+500 - 0+530 - 0+700	Caída de bloques de roca	Taludes en caliza de pendiente muy empinada, con tres familias de discontinuidades, en la parte superior se encuentran fuertemente meteorizados, la caída de bloques de roca es casi frecuente.	Desquinche de las rocas fuertemente meteorizadas	En la foto N°3, N°4, y N°7 se ve el talud de pendiente muy empinada, además de que las acumulaciones ya limpiadas por maquinaria.

EDAD	SERIE	GRUPO	UNIDAD	SIMBOLO
Cuaternario	Reciente		Deposito eluvio-coluvial	Qr-el-col
			Deposito de cono directivo	Qr-c-d
			Depositos aluvial	Qr-al
			Deposito de cono aluvial	Qr-c-al
			Deposito aluvial de terrazas	Qr-al-t
			Deposito Coluvio aluvial	Qr-c-al
			Deposito Fluvio glacial	Qp-lg
			Formacion Paucarbamba	Ki-pa
Albiano	Inferior	Gp Yuncaypata		Gp-y
Cretacico	Inferior		Formacion Huancane	Gp-hu
Juracico	Inferior	Gp Miltu	Fm Pachatusan	Pst-mi
Triacico	Superior		Fm Pisac	Pst-mi
Permico	Inferior	Gp Copacabana	Fm Copacabana	Pst-mi

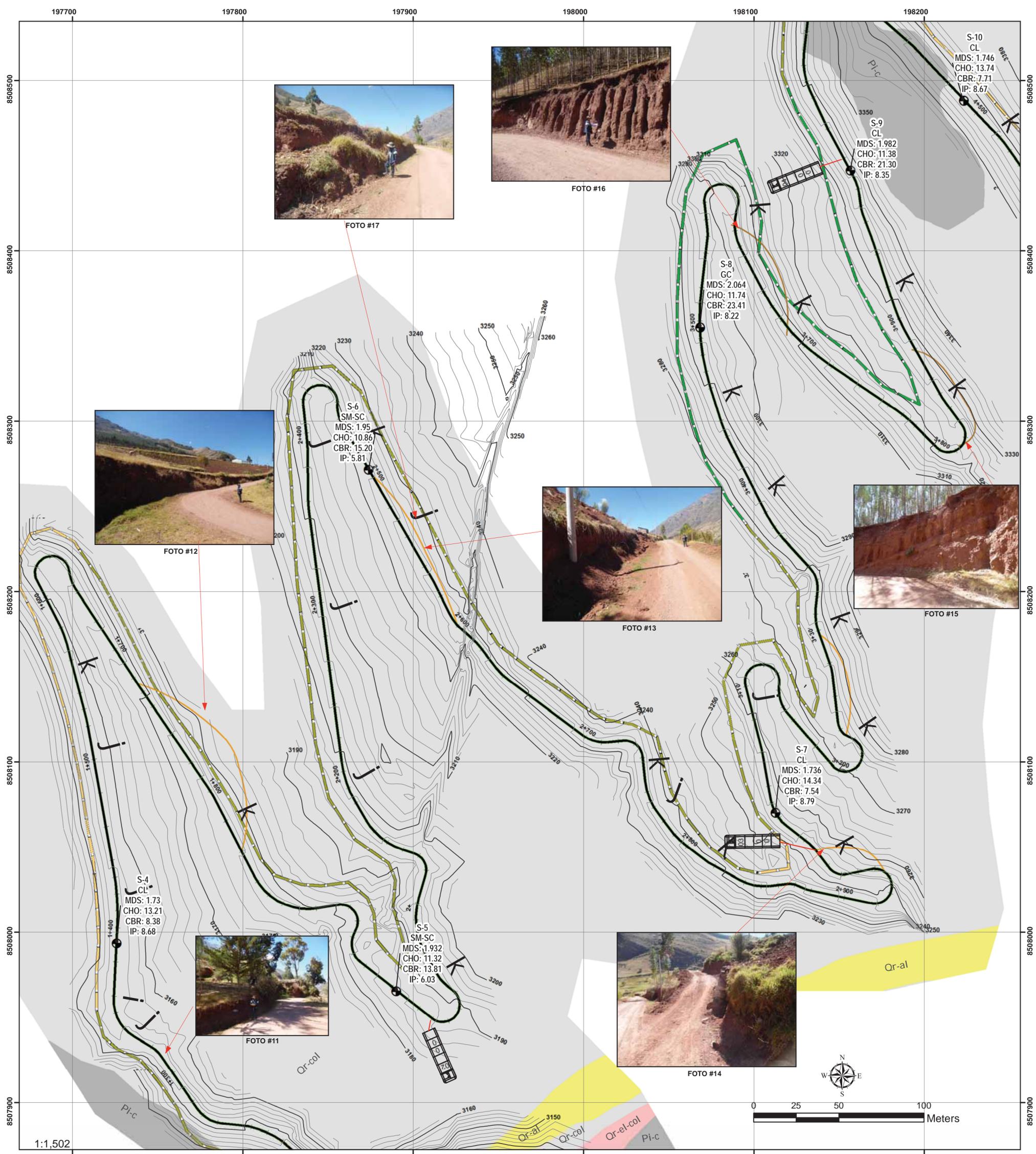


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA LA FACTIBILIDAD DEL ASFALTADO DE LA CARRETERA SAN SALVADOR OCCORURO - PROGRESIVAS 0+000 AL 18+440 - DISTRITO DE CALCA DEPARTAMENTO DE CUSCO

PLANO GEOTECNICO KM <0+000 - 1+250>

UBICACION	ASESOR: Mgt. VICTOR VIDAL GARATE GONGORA	N° PLANO GT01
Dist. San Salvador	TESISTAS: Bach. CURSE CACERES YURI Bach. HUAMAN PILLCO ITAMAR RODRIGO	
Prov. Calca		
Dpto. Cusco		
Fecha: Julio 2019	ESCALA: Especificada	FUENTE: PROPIA



Clase	Clasificación de la roca según su resistencia	Resistencia a Uniaxial (Mpa)	Índice de carga puntual (Mpa)	Estimación de Terreno de la resistencia	Ejemplos	Clase	Meteorización [V] de la Matriz Rocosa	Alteración (%)	Clase	Red de Fracturamiento
R6	Extremadamente Resistente	>250	>10	Golpes de martillo geológico sólo causan descostramientos superficiales en la roca.	Giasalto fresco, chert, diabasa, gneiss, granito, cuarzoita.	V1a	Roca sana o fresca	-	F1a	Masivo, sin juntas ocasionales
R5	Muy Resistente	100 - 250	4 - 10	Un trozo de roca requiere varios golpes de martillo geológico para fracturarse.	Anfibolita, arenisca, basalto, gabbro, gneiss, granodiorita, caliza, mármol, roca, toba.	V1b	Debíl decoloración en juntas principales	-	F1b	Masivo, con juntas ocasionales
R4	Resistente	50 - 100	2 - 4	Un trozo de roca requiere más de un golpe con el martillo geológico para fracturarse.	Caliza, mármol, filitas, arenisca, esquistos, pizarras.	V2	ligeramente meteorizada	<10	F2	Una familia
R3	Moderadamente Resistente	25 - 50	1 - 2	Un trozo de roca puede fracturarse con un único golpe del martillo geológico, pero no es posible desostrar la roca con un cortaplumas.	Arcillolita, carbón, concreto, esquistos, pizarras, limolitas.	V3	Moderadamente meteorizada	10 - 50	F3	Una familia y ocasionales
R2	Debíl	5 - 25	(b)	Un golpe con la punta del martillo geológico deja una indentación superficial. La roca puede ser desostrada con un cortaplumas pero con dificultad.	Creta, sal mineral, poñazio.	V4	Altamente meteorizada	50 - 90	F4	Dos familias
R1	Muy Debíl	1 - 5	(b)	La roca se desgrega al ser golpeada con la punta del martillo geológico. La roca puede ser desostrada con un cortaplumas.	Roca muy alterada o muy meteorizada.	V5	Completamente meteorizada	>90	F5	Dos familias y ocasionales
R0	Extremadamente Debíl	0,25 - 1	(b)	La roca puede ser indentada con la uña del pulgar.	Salbanda arcillosa dura	V6	Roca descompuesta	100	F6	Tres familias

Clase	Resistencia	PENDIENTE	GEODINAMICA	VENT.
Excelente	CBR% > 20	Muy empinado	Caida de Bloques de roca	Vent. Estructural
Muy bueno	CBR% 15 - 20	Empinado	Propenso a caída de bloques de roca	Eje de carretera
Bueno	CBR% 10 - 15	Moderado	Caida de Suelo	Cantera
Regular	CBR% 5 - 10	Suave	Erosion Fluvial	Calicata
Pobre	CBR% 2 - 5		Erosion en Surcos	Curvas de nivel
Inadecuado	CBR% < 2		Flujo de Lodos	
			Volcamiento	

KILOMETRO	TIPO	DESCRIPCION	SOLUCION	OBSERVACIONES
1+720 - 1+840	Caída de suelos	Taludes en suelos coluviales, compuestos por suelos arcillo limosos, que se van cayendo por acción de la gravedad y efectos del agua.	Suavizado del talud superior, haciendo corte para bajar la pendiente.	En la foto N° #12, #13, #14, #17 se observo la caída de suelo del talud superior sobre las cunetas de la carretera, se debe principalmente a la falta de mantenimiento y ocupación del suelo que desencadena la caída del material.
2+500 - 2+600		Erosión en Surcos	Mantenimiento y cuidado de las cunetas.	
2+940 - 3+000			Reforestación de plantas nativas a la zona.	En la foto N° #15 y #16, se observan los surcos dejados por la fuerte escorrentía superficial en la zona.
3+230 - 3+300				
3+620 - 3+690				
3+810 - 3+888				

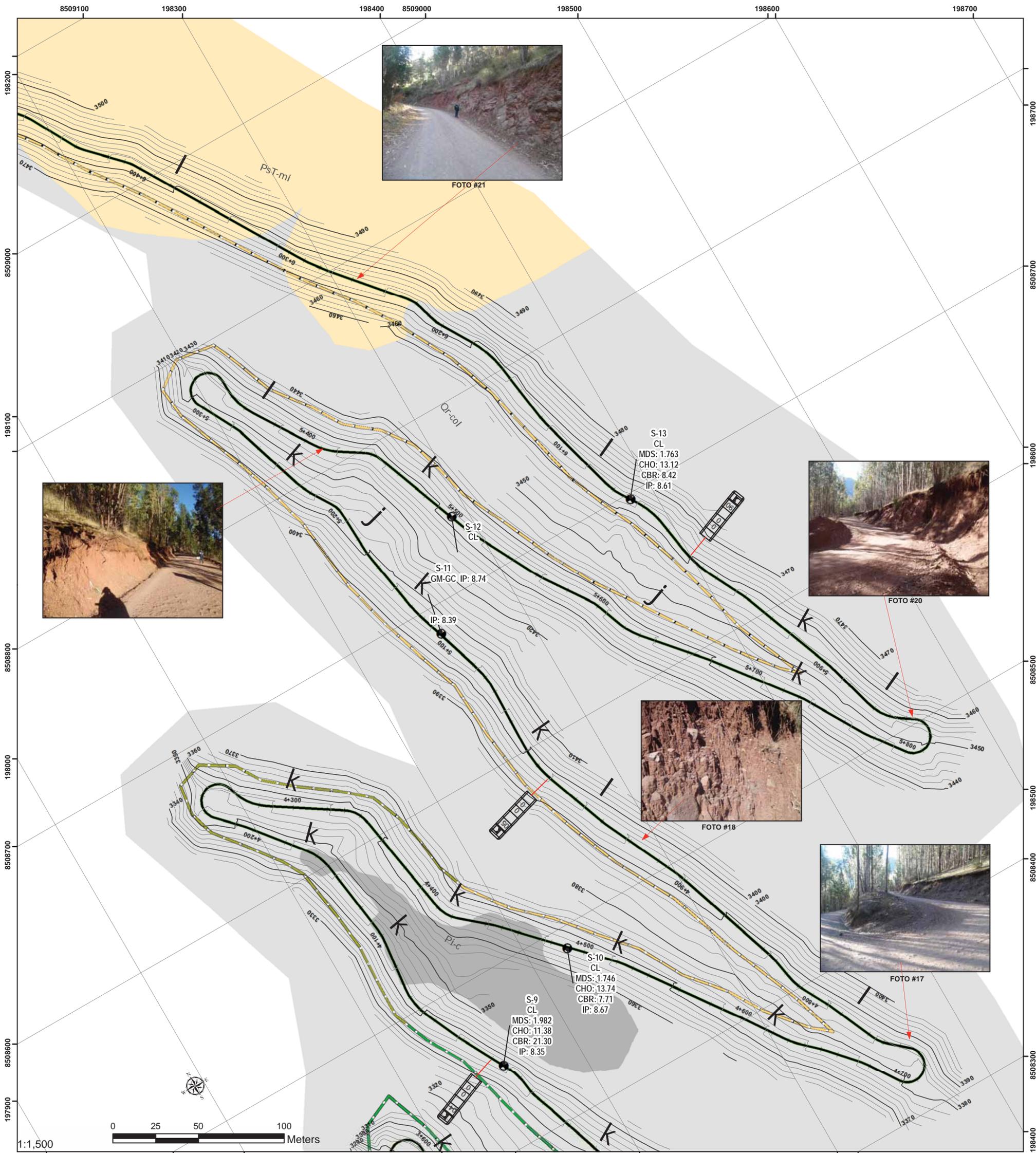
EDAD	SERIE	GRUPO	UNIDAD	SIMBOLO
Cuaternario	Reciente		Deposito eluvio- coluvial	Qr-el-col
			Deposito de cono deyeectivo	Qr-c-d
			Depositos aluvial	Qr-al
			Deposito de cono aluvial	Qr-c-al
			Deposito aluvial de terrazas	Qr-al-t
			Deposito Coluvio aluvial	Qr-col-al
			Deposito Coluvial	Qr-col
			Deposito Fluvio glacial	Qp-lq
			Formacion Paucarbamba	Kr-pa
				Qr-el
Albiano	Inferior	Gp Yuncaypata	Formacion Huancane	
Cretacico	Inferior	Gp Miltu	Fm Pachatusan	Pst-mi
Juracico	Inferior	Gp Miltu	Fm Pisac	Pst-mi
Triacico	Superior	Gp Pisac	Fm Pisac	Pst-mi
Permico	Inferior	Gp Copacabana	Fm Copacabana	Pst-mi

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA LA FACTIBILIDAD DEL ASFALTADO DE LA CARRETERA SAN SALVADOR OCCORURO - PROGRESIVAS 0+000 AL 18+440 - DISTRITO DE CALCA DEPARTAMENTO DE CUSCO

PLANO GEOTECNICO KM <1+250 - 4+100>

UBICACION	ASESOR: Mgt. VICTOR VIDAL GARATE GONGORA	N° PLANO
Dist. San Salvador	TESISTAS: Bach. CURSE CACERES YURI Bach. HUAMAN PILLCO ITAMAR RODRIGO	GT02
Prov. Calca	ESCALA: Especificada FUENTE: PROPIA	
Dpto. Cusco		
Fecha: Julio 2019		



Clase	Clasificación de la roca según su resistencia	Resistencia a Uniaxial (Mpa)	Indice de carga puntual (Mpa)	Estimación de Terreno de la resistencia	Ejemplos	Clase	Meteorización [V] de la Matriz Rocosa	Alteración (%)	Clase	Red de Fracturamiento
R6	Extremadamente Resistente	>250	>10	Golpe de martillo geológico sólo causan deshojamiento superficial en la roca.	Basalto fresco, chert, diabasa, gneiss, granito, cuarzoita.	V1a	Roca sana o fresca	-	F1a	Masivo, sin juntas ocasionales
R5	Muy Resistente	100 - 250	4 - 10	Un trozo de roca requiere varios golpes de martillo geológico para fracturarse.	Anfibolita, arenisca, basalto, gabbro, gneiss, granodiorita, caliza, mármol, roca, toba.	V1b	Debil decoloración en juntas principales	-	F1b	Masivo, con juntas ocasionales
R4	Resistente	50 - 100	2 - 4	Un trozo de roca requiere más de un golpe con el martillo geológico para fracturarse.	Caliza, mármol, filitas, arenisca, esquistos, pizarras.	V2	ligeramente meteorizada	<10	F2	Una familia
R3	Moderadamente Resistente	25 - 50	1 - 2	Un trozo de roca puede fracturarse con un único golpe de martillo geológico, pero no es posible deshojar la roca con un cortaplumas.	Arcillolita, carbón, concreto, esquistos, pizarras, limolitas.	V3	Moderadamente meteorizada	10 - 50	F3	Una familia y ocasionales
R2	Debil	5 - 25	(b)	Un golpe con la punta del martillo geológico deja una indentación superficial. La roca puede ser deshojada con un cortaplumas pero con dificultad.	Creta, sal mineral, pozoalio.	V4	Altamente meteorizada	50 - 90	F4	Dos familias
R1	Muy Debil	1 - 5	(b)	La roca se desmenuza al ser golpeada con la punta del martillo geológico. La roca puede ser deshojada con un cortaplumas.	Roca muy alterada o muy meteorizada.	V5	Completamente meteorizada	>90	F5	Dos familias y ocasionales
R0	Extremadamente Debil	0.25 - 1	(b)	La roca puede ser indentada con la uña del pulgar.	Salbanda arcillosa dura	V6	Roca descompuesta	100	F6	Tres familias

KILOMETRO	TIPO	DESCRIPCION	SOLUCION	OBSERVACIONES

EDAD	SERIE	GRUPO	UNIDAD	SIMBOLO
Cuaternario	Recente		Deposito eluvio- coluvial	Qr-el-col
			Deposito de cono directivo	Qr-c-d
			Deposito aluvial	Qr-al
			Deposito de cono aluvial	Qr-c-al
			Deposito aluvial de terrazas	Qr-al-t
			Deposito Coluvio aluvial	Qr-col-al
Albano	Inferior	Gp Yuncaypata	Formacion Paucarbamba	Kr-pa
Cretacico	Inferior		Formacion Huancane	Huancane
Juracico	Inferior	Gp Miltu	Fm Pachatusan	Pst-mi
			Fm Pisac	Pst-mi
Triacico	Superior			
Permico	Inferior	Gp Copacabana	Fm Copacabana	Prc

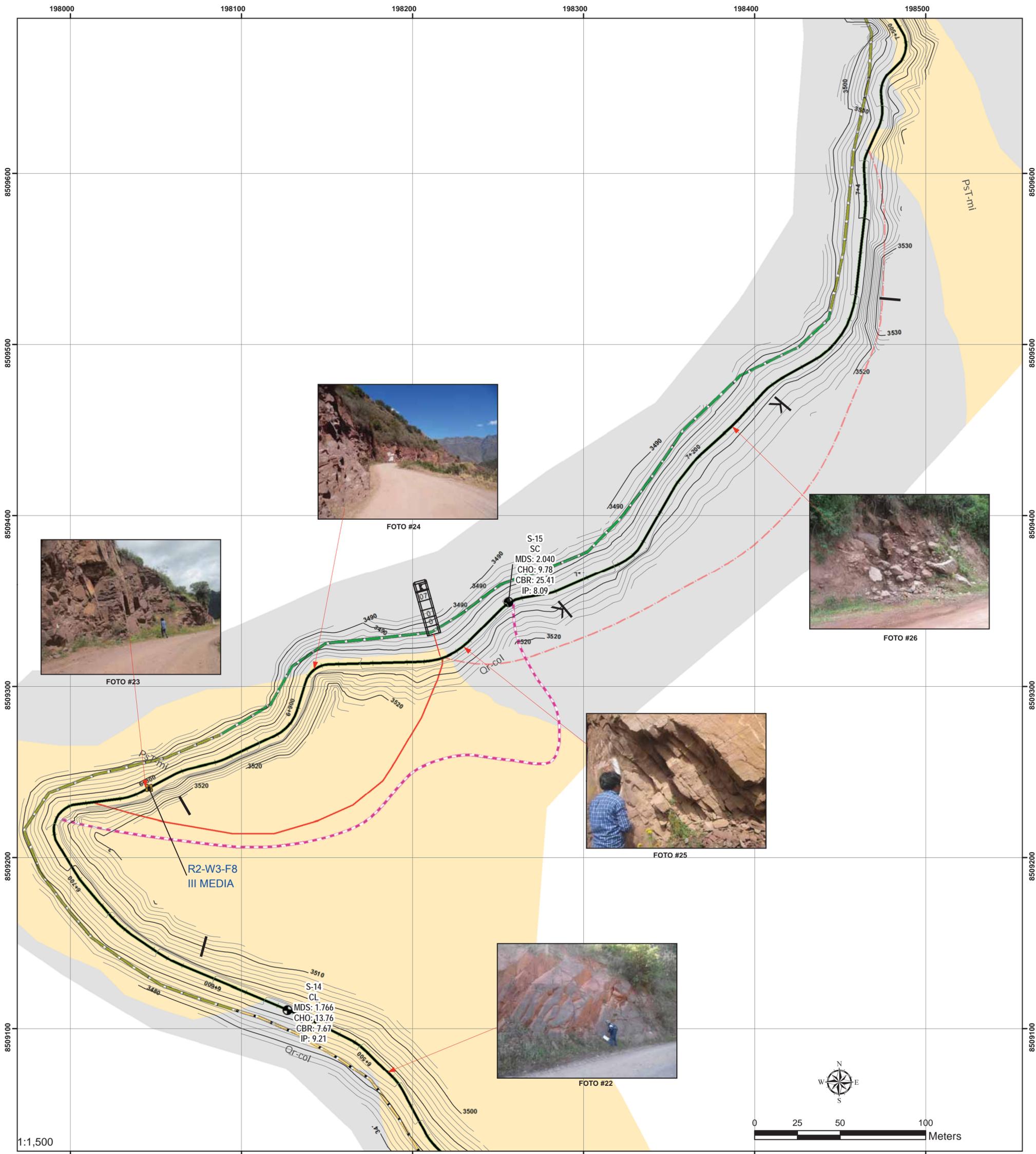
CBR%	PENDIENTE	GEODINAMICA	VENT. ESTRUCTURAL
Excelente	Muy empinado	Caida de Bloques de roca	Eje de carretera
Muy bueno	Empinado	Propenso a caída de bloques de roca	Cantera
Bueno	Moderado	Caida de Suelo	Calicata
Regular	Suave	Erosion Fluvial	Curvas de nivel
Pobre		Erosion en Surcos	
Inadecuado		Flujo de Lodos	
		Volcamiento	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA LA FACTIBILIDAD DEL ASFALTADO DE LA CARRETERA SAN SALVADOR OCCORURO - PROGRESIVAS 0+000 AL 18+400 - DISTRITO DE CALCA DEPARTAMENTO DE CUSCO

PLANO GEOTECNICO KM <4+100 - 6+400>

UBICACION	ASESOR: Mgt. VICTOR VIDAL GARATE GONGORA	N° PLANO
Dist. San Salvador	TESISTAS: Bach. CURSE CACERES YURI Bach. HUAMAN PILLCO ITAMAR RODRIGO	GT03
Prov. Calca	Fecha: Julio 2019	
Dpto. Cusco	ESCALA: Especificada	FUENTE: PROPIA



Clase	Clasificación de la roca según su resistencia	Resistencia a Uniaxial (Mpa)	Índice de carga puntual (Mpa)	Estimación de Terreno de la resistencia	Ejemplos	Clase	Meteorización [V] de la Matriz Rocosa	Alteración (%)	Clase	Red de Fracturamiento
R6	Extremadamente Resistente	>250	>10	Golpes de martillo geológico sólo causan descostramientos superficiales en la roca.	Gnaiso fresco, chert, diabasa, gnaiso, granito, cuarzoita.	V1a	Roca sana o fresca	-	F1a	Masivo, sin juntas ocasionales
R5	Muy Resistente	100 - 250	4 - 10	Un trozo de roca requiere varios golpes de martillo geológico para fracturarse.	Anfibolita, arenisca, basalto, gabbro, gnaiso, granodiorita, caliza, mármol, roca, toba.	V1b	Debil decoloración en juntas principales	-	F1b	Masivo, con juntas ocasionales
R4	Resistente	50 - 100	2 - 4	Un trozo de roca requiere más de un golpe con el martillo geológico para fracturarse.	Caliza, mármol, filitas, arenisca, esquistos, pizarras.	V2	ligeramente meteorizada	<10	F2	Una familia
R3	Moderadamente Resistente	25 - 50	1 - 2	Un trozo de roca puede fracturarse con un único golpe del martillo geológico, pero no es posible descostrar la roca con un cortaplumas.	Arcillolita, carbón, concreto, esquistos, pizarras, limolitas.	V3	Moderadamente meteorizada	10 - 50	F3	Una familia o ocasionales
R2	Debil	5 - 25	(b)	Un golpe con la punta del martillo geológico deja una indentación superficial. La roca puede ser descostrada con un cortaplumas pero con dificultad.	Creta, sal mineral, pozoalio.	V4	Altamente meteorizada	50 - 90	F4	Dos familias
R1	Muy Debil	1 - 5	(b)	La roca se desmenuza al ser golpeada con la punta del martillo geológico. La roca puede ser descostrada con un cortaplumas.	Roca muy alterada o muy meteorizada.	V5	Completamente meteorizada	>90	F5	Dos familias o ocasionales
R0	Extremadamente Debil	0.25 - 1	(b)	La roca puede ser indentada con la uña del pulgar.	Salbanda arcillosa dura	V6	Roca descompuesta	100	F6	Tres familias

CBR%	PENDIENTE	GEODINAMICA	Vent. Estructural
Excelente	Muy empinado	Caida de Bloques de roca	Eje de carretera
Muy bueno	Empinado	Propenso a caída de bloques de roca	Cantera
Bueno	Moderado	Caida de Suelo	Calicata
Regular	Suave	Erosion Fluvial	Curvas de nivel
Pobre		Erosion en Surcos	
Inadecuado		Flujo de Lodos	
		Volcamiento	

KILOMETRO	TIPO	DESCRIPCION	SOLUCION	OBSERVACIONES
6+730 - 7+040	Volcamiento	Rotación de uno o varios bloques de roca, debido a la acción de la gravedad, o presión de fluidos por grietas, ocurrencia dentro del grupo Mito	Enmallado en la parte superior para evitar la caída de bloques Desquinche del material inestable	La zona de estudio está sometida a grandes esfuerzos debido a las fallas geológicas locales y regionales que hacen que la zona sea altamente sísmica, originando fracturas en cada evento que sucede
6+790 - 7+930	Caida de bloques de roca	Desprendimiento de bloques de roca del talud de pendiente empinada, ocurre dentro del Grupo Mito	Desquinche del material inestable	se da por la inestabilidad de los bloques de roca sueltos, fracturas grandes y presencia de agua

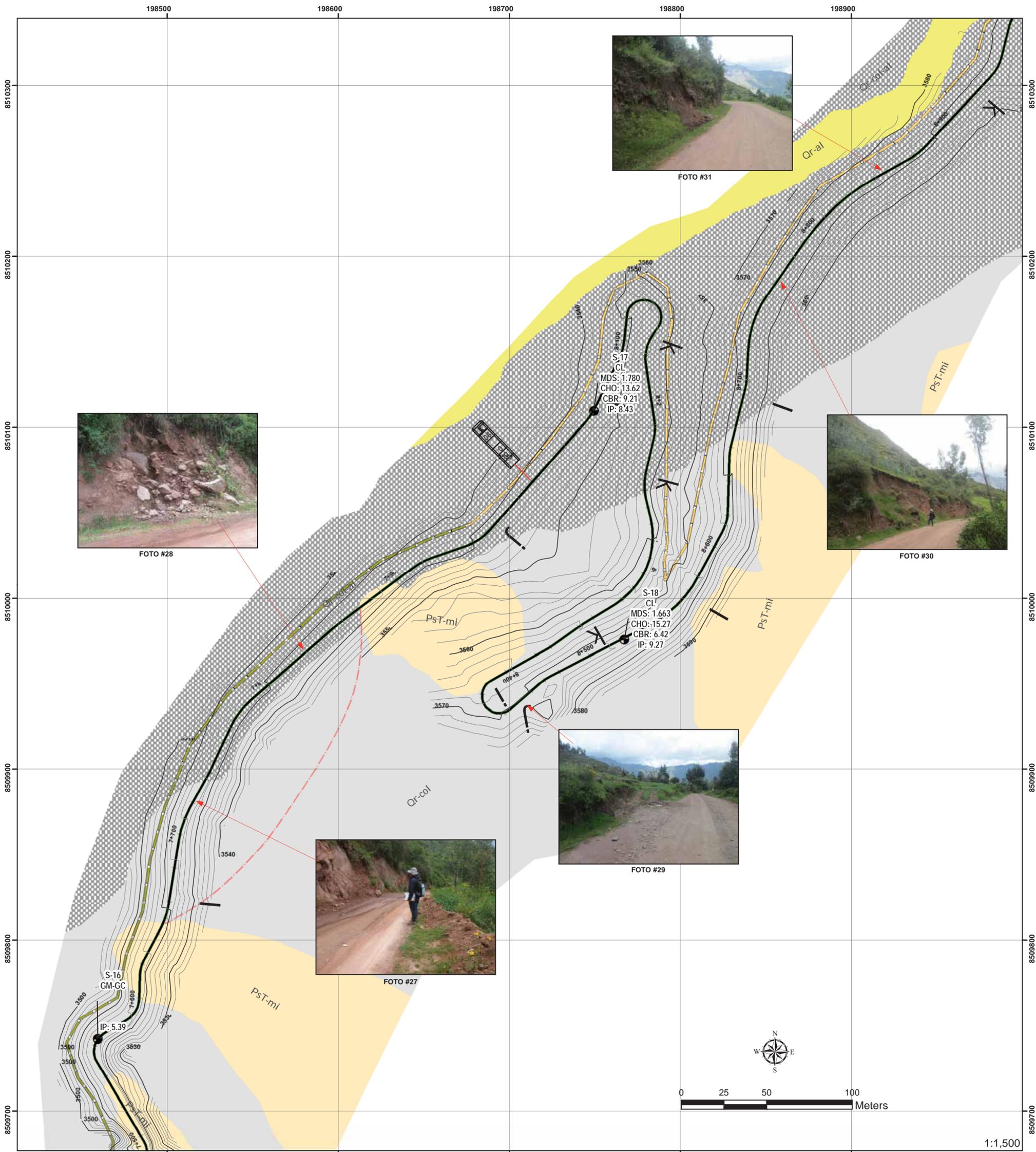
EDAD	SERIE	GRUPO	UNIDAD	SIMBOLO
Cuaternario	Reciente		Deposito eluvio- coluvial	Qr-el-col
			Deposito de cono deyeectivo	Qr-c-d
			Deposito aluvial	Qr-al
			Deposito de cono aluvial	Qr-c-al
			Deposito aluvial de terrazas	Qr-al-t
			Deposito Coluvio aluvial	Qr-col-al
			Deposito Coluvial	Qr-col
			Deposito Fluvio glacial	Qp-lg
Albiano	Inferior	Gp Yuncaypata	Formacion Paucarbamba	Ki-pa
Cretacico	Inferior	Gp Mito	Formacion Huancane	Ki-hu
Jurascico	Inferior	Gp Mito	Fm Pachatusan	Pst-mi
Triascico	Superior	Fm Pisac	Fm Pisac	Pst-mi
Permico	Inferior	Gp Copacabana	Fm Copacabana	Pst-mi

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA LA FACTIBILIDAD DEL ASFALTADO DE LA CARRETERA SAN SALVADOR OCCORURO - PROGRESIVAS 0+000 AL 18+440 - DISTRITO DE CALCA DEPARTAMENTO DE CUSCO

PLANO GEOTECNICO KM <6+400 - 7+500>

UBICACIÓN	ASESOR:	N° PLANO
Dist. San Salvador	Mgt. VICTOR VIDAL GARATE GONGORA	GT04
Prov. Calca	TESISTAS:	
Dpto. Cusco	Bach. CURSE CACERES YURI	
Fecha: Julio 2019	Bach. HUAMAN PILLCO ITAMAR RODRIGO	
	ESCALA: Especificada	FUENTE: PROPIA



Clase	Clasificación de la roca según su resistencia	Resistencia Uniaxial (Mpa)	Índice de carga puntual (Mpa)	Estimación de Terreno de la resistencia	Ejemplos	Clase	Meteorización [V] de la Matriz Rocosa	Alteración (%)	Clase	Red de Fracturamiento
R6	Extremadamente Resistente	>250	>10	Golpe de martillo geológico sólo causan deshojamiento superficial en la roca.	Grafito fresco, chert, diabasa, gneiss, granito, cuarcita.	V1a	Roca sana o fresca	-	F1a	Masivo, sin juntas ocasionales
R5	Muy Resistente	100 - 250	4 - 10	Un trozo de roca requiere varios golpes de martillo geológico para fracturarse.	Anfibolita, arenisca, basalto, gábrro, gneiss, granodiorita, caliza, mármol, roca, toba.	V1b	Debil decoloración en juntas principales	-	F1b	Masivo, con juntas ocasionales
R4	Resistente	50 - 100	2 - 4	Un trozo de roca requiere más de un golpe con el martillo geológico para fracturarse.	Caliza, mármol, filitas, arenisca, esquistos, pizarras.	V2	ligeramente meteorizada	<10	F2	Una familia
R3	Moderadamente Resistente	25 - 50	1 - 2	Un trozo de roca puede fracturarse con un único golpe del martillo geológico, pero no es posible deshojar la roca con un cortaplumas.	Ardidita, carbón, concreto, esquistos, pizarras, limolitas.	V3	Moderadamente meteorizada	10 - 50	F3	Una familia o ocasionales
R2	Debil	5 - 25	(b)	Un golpe con la punta del martillo geológico deja una indentación superficial. La roca puede ser deshojada con un cortaplumas pero con dificultad.	Creta, sal mineral, pozo.	V4	Altamente meteorizada	50 - 90	F4	Dos familias
R1	Muy Debil	1 - 5	(b)	La roca se desmenuza al ser golpeada con la punta del martillo geológico. La roca puede ser deshojada con un cortaplumas.	Roca muy alterada o muy meteorizada.	V5	Completamente meteorizada	>90	F5	Dos familias o ocasionales
R0	Extremadamente Debil	0.25 - 1	(b)	La roca puede ser indentada con la uña del pulgar.	Salbanda arcillosa dura	V6	Roca descompuesta	100	F6	Tres familias

RECORRIDO	TIPO	DESCRIPCION	SOLUCION	OBSERVACIONES
7+650 - 7+880	Propenso y caída de bloques de roca	Desprendimiento de bloques de roca del talud de pendiente empinada, ocurre dentro del Grupo Mitu	Desquinche del material inestable	Taludes de pendientes empinadas, además del fuerte fracturamiento de la roca en la parte superior, y también la lluvia actúa de factor desencadenante.

EDAD	SERIE	GRUPO	UNIDAD	SIMBOLO
Cuaternario	Reciente		Deposito eluvio- coluvial	Qr-el-col
			Deposito de cono de delectivo	Qr-c-d
			Depositos aluvial	Qr-al
			Deposito de cono aluvial	Qr-c-al
			Deposito aluvial de terrazas	Qr-al-t
			Deposito Coluvial	Qr-col
			Deposito Fluvio glacial	Qp-lg
Albano	Inferior	Gp Yuncaypata	Formacion Paucarbamba	Ki-pa
Cretacico	Inferior	Gp Mitu	Formacion Huancane	Ki-hu
Juracico	Inferior	Gp Mitu	Fm Pachatusan	Pst-mi
Triacico	Superior	Fm Pisac	Fm Pisac	Pst-mi
Permico	Inferior	Gp Copacabana	Fm Copacabana	Pst-mi

CBR%	PENDIENTE	GEODINAMICA	Vent. Estructural
Excelente	Muy empinado	Caída de Bloques de roca	Eje de carretera
Muy bueno	Empinado	Propenso a caída de bloques de roca	Cantera
Bueno	Moderado	Caída de Suelo	Calicata
Regular	Suave	Erosion Fluvial	Curvas de nivel
Pobre		Erosion en Surcos	
Inadecuado		Flujo de Lodos	
		Volcamiento	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA LA FACTIBILIDAD DEL ASFALTADO DE LA CARRETERA SAN SALVADOR OCCORURO - PROGRESIVAS 0+000 AL 18+440 - DISTRITO DE CALCA DEPARTAMENTO DE CUSCO

PLANO GEOTECNICO KM <7+500 - 8+900>

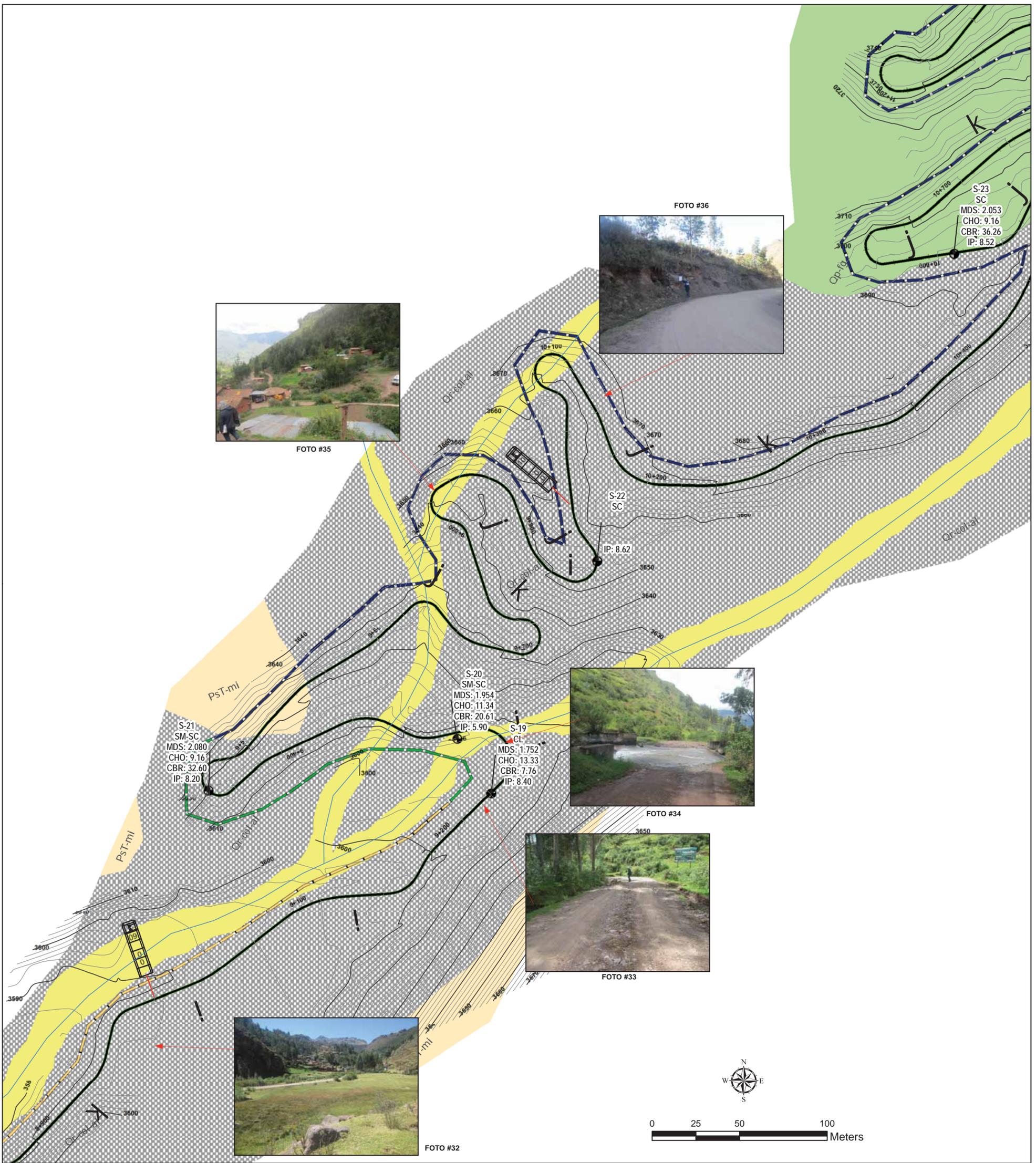
UBICACIÓN: ASesor: Mgt. VICTOR VIDAL GARATE GONGORA

Dist. San Salvador: TESISTAS: N° PLANO

Prov. Calca: Bach. CURSE CACERES YURI **GT05**

Dpto. Cusco: Bach. HUAMAN PILLCO ITAMAR RODRIGO

Fecha: Julio 2019 ESCALA: Especificada FUENTE: PROPIA



Clase	Clasificación de la roca según su resistencia	Resistencia Uniaxial (Mpa)	Índice de carga puntual (Mpa)	Estimación de Terreno de la resistencia	Ejemplos	Clase	Meteorización [V] de la Matriz Rocosa	Alteración (%)	Clase	Red de Fracturamiento
R6	Extremadamente Resistente	>250	>10	Golpes de martillo geológico sólo causan deshojamiento superficial en la roca.	Basalto fresco, chert, diabasa, gneiss, granito, cuarzoita.	V1a	Roca sana o fresca	-	F1a	Masivo, sin juntas ocasionales
R5	Muy Resistente	100 - 250	4 - 10	Un trozo de roca requiere varios golpes de martillo geológico para fracturarse.	Anfibolita, arenisca, basalto, gabbro, gneiss, granodiorita, caliza, mármol, roca, toba.	V1b	Debíl decoloración en juntas principales	-	F1b	Masivo, con juntas ocasionales
R4	Resistente	50 - 100	2 - 4	Un trozo de roca requiere más de un golpe con el martillo geológico para fracturarse.	Caliza, mármol, filitas, arenisca, esquistos, pizarras.	V2	ligeramente meteorizada	<10	F2	Una familia
R3	Moderadamente Resistente	25 - 50	1 - 2	Un trozo de roca puede fracturarse con un único golpe del martillo geológico, pero no es posible deshojar la roca con un cortaplumas.	Arcillolita, carbón, concreto, esquistos, pizarras, limolitas.	V3	Moderadamente meteorizada	10 - 50	F3	Una familia o ocasionales
R2	Debíl	5 - 25	(b)	Un golpe con la punta del martillo geológico deja una indentación superficial. La roca puede ser deshojada con un cortaplumas pero con dificultad.	Creta, sal mineral, pozoalio.	V4	Altamente meteorizada	50 - 90	F4	Dos familias
R1	Muy Debíl	1 - 5	(b)	La roca se desmenuja al ser golpeada con la punta del martillo geológico. La roca puede ser deshojada con un cortaplumas.	Roca muy alterada o muy meteorizada	V5	Completamente meteorizada	>90	F5	Dos familias o ocasionales
R0	Extremadamente Debíl	0.25 - 1	(b)	La roca puede ser indentada con la uña del pulgar.	Salbanda arcillosa dura	V6	Roca descompuesta	100	F6	Tres familias

KILOMETRO	TIPO	DESCRIPCION	SOLUCION	OBSERVACIONES
9+200 - 9+250	Erosión de plataforma	Erosión de plataforma por problemas de flujos hídricos por parte del río metros más arriba en épocas de fuertes lluvias (Desbordes)	Creación de Pontón en ves de badén	Se tiene un badén actual de poca profundidad, lo que ocasiona el desborde del río en épocas de lluvias

EDAD	SERIE	GRUPO	UNIDAD	SIMBOLO
Cuaternario	Reciente		Deposito eluvio- coluvial	Qr-el-col
			Deposito de cono deyectivo	Qr-c-d
			Depositos aluvial	Qr-al
			Deposito de cono aluvial	Qr-c-al
			Deposito aluvial de terrazas	Qr-al-t
			Deposito Coluvio aluvial	Qr-col-al
			Deposito Coluvial	Qr-col
			Deposito Fluvio glacial	Qp-lg
Albiano	Inferior	Gp Yuncaypata	Formacion Paucarbamba	Ki-pa
Cretacico	Inferior		Formacion Huancane	Ki-hu
Juracico	Inferior	Gp Miltu	Fm Pachatusan	Pst-mi
Triacico	Superior		Fm Pisac	Pst-mi
Permico	Inferior	Gp Copacabana	Fm Copacabana	Pst-mi

CBR%	PENDIENTE	GEODINAMICA	Vent. Estructural
Excelente	Muy empinado	Caida de Bloques de roca	Eje de carretera
Muy bueno	Empinado	Propenso a caída de bloques de roca	Cantera
Bueno	Moderado	Caida de Suelo	Calicata
Regular	Suave	Erosion Fluvial	Curvas de nivel
Pobre		Erosion en Surcos	
Inadecuado		Flujo de Lodos	
		Volcamiento	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA LA FACTIBILIDAD DEL ASFALTADO DE LA CARRETERA SAN SALVADOR OCCORURO - PROGRESIVAS 0+000 AL 18+440 - DISTRITO DE CALCA DEPARTAMENTO DE CUSCO

PLANO GEOTECNICO KM <8+900 - 10+700>

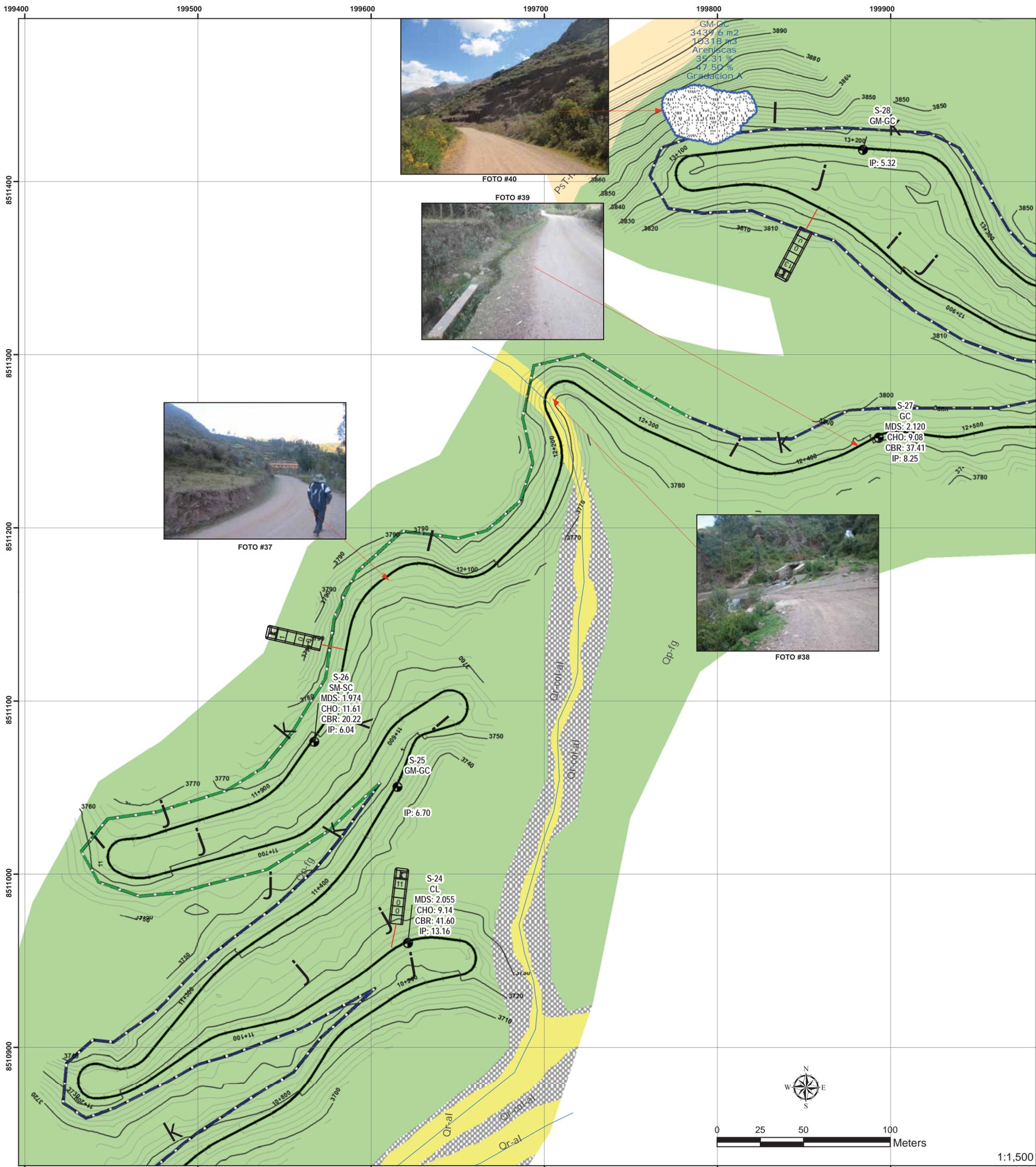
UBICACION: ASESOR: Mgt. VICTOR VIDAL GARATE GONGORA N° PLANO: **GT06**

Dist. San Salvador: TESISTAS: Bach. CURSE CACERES YURI

Prov. Calca: Bach. HUAMAN PILLCO ITAMAR RODRIGO

Dpto. Cusco: ESCALA: Especificada FUENTE: PROPIA

Fecha: Julio 2019



Clase	Clasificación de la roca según su resistencia	Resistencia a Uniaxial (Mpa)	Indice de carga puntual (Mpa)	Estimación de Terreno de la resistencia	Ejemplos	Clase	Meteorización (V) de la Matriz Rocosa	Alteración (%)	Clase	Red de Fracturamiento
R6	Extremadamente Resistente	>250	>10	Golpes de martillo geológico sólo causan descostramientos superficiales en la roca.	Gisalto fresco, chert, diabasa, gneiss, granito, cuarzoita.	V1a	Roca sana o fresca	-	F1a	Masivo, sin juntas ocasionales
R5	Muy Resistente	100 - 250	4 - 10	Un trozo de roca requiere varios golpes de martillo geológico para fracturarse.	Anfibolita, arenisca, basalto, gabbro, gneiss, granodiorita, caliza, mármol, roca, toba.	V1b	Debil decoloración en juntas principales	-	F1b	Masivo, con juntas ocasionales
R4	Resistente	50 - 100	2 - 4	Un trozo de roca requiere más de un golpe con el martillo geológico para fracturarse.	Caliza, mármol, tillas, arenisca, esquistos, pizarras.	V2	ligeramente meteorizada	<10	F2	Una familia
R3	Moderadamente Resistente	25 - 50	1 - 2	Un trozo de roca puede fracturarse con un único golpe del martillo geológico, pero no es posible desostrar la roca con un cortaplumas.	Aroillolita, carbón, concreto, esquistos, pizarras, limolitas.	V3	Moderadamente meteorizada	10 - 50	F3	Una familia o ocasionales
R2	Debil	5 - 25	(b)	Un golpe con la punta del martillo geológico deja una indentación superficial. La roca puede ser desostrada con un cortaplumas pero con dificultad.	Creta, sal mineral, potasio.	V4	Altamente meteorizada	50 - 90	F4	Dos familias
R1	Muy Debil	1 - 5	(b)	La roca se desmenuja al ser golpeada con la punta del martillo geológico. La roca puede ser desostrada con un cortaplumas.	Roca muy alterada o muy meteorizada	V5	Completamente meteorizada	>90	F5	Dos familias o ocasionales
R0	Extremadamente Debil	0.25 - 1	(b)	La roca puede ser indentada con la uña del pulgar.	Salbanda arcillosa dura del pulgar.	V6	Roca descompuesta	100	F6	Tres familias

KILOMETRO	TIPO	DESCRIPCION	SOLUCION	OBSERVACIONES
12+050 12+440	Puntos de Agua	Afloramiento de manantiales, en el km 12+050, discurren al costado de la carretera, y en el km 12+440 el manantial discurre al costado de la carretera también, pero origina un socavamiento entre la carretera y una alcantarilla antigua.	Creación de cunetas y mantenimiento de estas	Los pobladores muchas veces encusan el flujo natural del manantial y lo hacen atravesar la carretera, generando problemas de socavación y erosión en la misma, ver foto N° 827 y 829
12+280	Rio, con bloques grandes de roca	Caída de bloques de roca de hasta 1.5 m, el cauce del rio en épocas de lluvias es torrencial según opinión de los pobladores.	Disipadores de energía a lo largo del cauce del rio.	En épocas de secas el rio esta casi seco, lo que representa un caudal muy variable a la hora de hacer el estudio

EDAD	SERIE	GRUPO	UNIDAD	SIMBOLO
Cuaternario	Reciente		Deposito eluvio- coluvial	Qr-el-col
			Deposito de cono directivo	Qr-c-d
			Depositos aluvial	Qr-al
			Deposito de cono aluvial	Qr-c-al
			Deposito aluvial de terrazas	Qr-al-t
Albano	Inferior	Gp Yuncaypata	Deposito Coluvio aluvial	Qp-col
			Deposito Fluvio glacial	Qp-fg
			Formacion Paucarbamba	Ki-pa
			Formacion Huancane	Ch-hu
Cretacico	Inferior		Formacion Huancane	Ch-hu
Juracico	Inferior	Gp Mitsu	Fm Pachatusan	Pst-mi
Triacico	Superior		Fm Pisac	Pst-mi
Permico	Inferior	Gp Copacabana	Fm Copacabana	Pst-mi

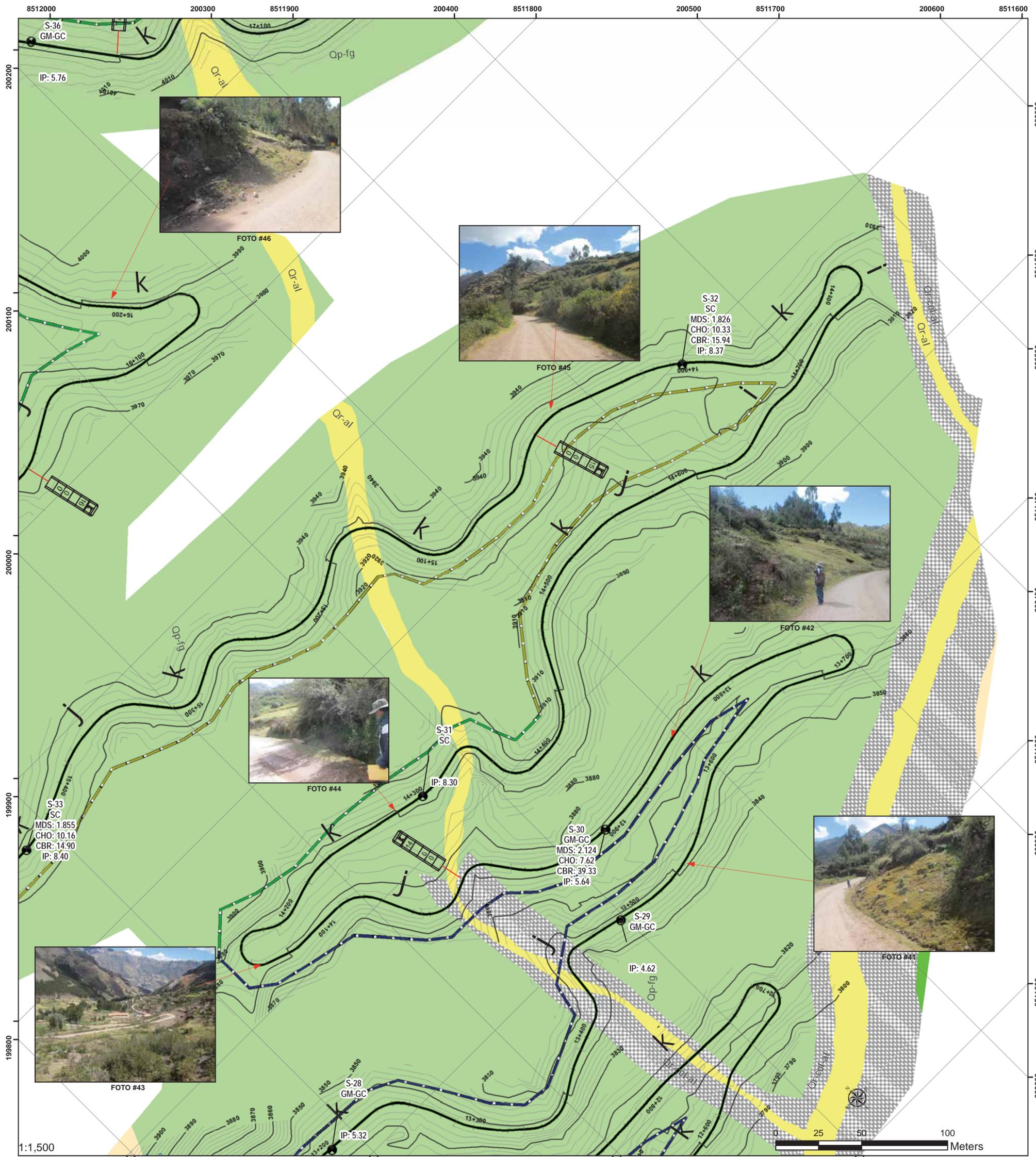
CBR%	PENDIENTE	GEODINAMICA	VENT. ESTRUCTURAL
Excelente	Muy empinado	Caída de Bloques de roca	Vent. Estructural
Muy bueno	Empinado	Propenso a caída de bloques de roca	Eje de carretera
Bueno	Moderado	Caída de Suelo	Cantera
Regular	Suave	Erosion Fluvial	Calicata
Pobre		Erosion en Surcos	Curvas de nivel
Inadecuado		Flujo de Lodos	
		Volcamiento	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA LA FACTIBILIDAD DEL ASFALTADO DE LA CARRETERA SAN SALVADOR OCCORURO - PROGRESIVAS 0+000 AL 18+440 - DISTRITO DE CALCA DEPARTAMENTO DE CUSCO

PLANO GEOTECNICO KM <10+700 - 13+330>

UBICACION	ASESOR: Mgt. VICTOR VIDAL GARATE GONGORA	N° PLANO
Dist. San Salvador	TESISTAS:	GT07
Prov. Calca	Bach. CURSE CACERES YURI	
Dpto. Cusco	Bach. HUAMAN PILLCO ITAMAR RODRIGO	
Fecha: Julio 2019	ESCALA: Especificada	FUENTE: PROPIA



Clase	Clasificación de la roca según su resistencia	Resistencia a Uniaxial (Mpa)	Índice de carga puntual (Mpa)	Estimación de Terreno de la resistencia	Ejemplos	Clase	Meteorización [V] de la Matriz Rocosa	Alteración (%)	Clase	Red de Fracturamiento
R6	Extremadamente Resistente	>250	>10	Golpe de martillo geológico sólo causan descostramientos superficiales en la roca.	Grisalto fresco, chert, diabasa, gneiss, granito, cuarzoita.	V1a	Roca sana o fresca	-	F1a	Masivo, sin juntas ocasionales
R5	Muy Resistente	100 - 250	4 - 10	Un trozo de roca requiere varios golpes de martillo geológico para fracturarse.	Anfibolita, arenisca, basalto, gabbro, gneiss, granodiorita, caliza, mármol, roca, toba.	V1b	Debil decoloración en juntas principales	-	F1b	Masivo, con juntas ocasionales
R4	Resistente	50 - 100	2 - 4	Un trozo de roca requiere más de un golpe con el martillo geológico para fracturarse.	Caliza, mármol, filitas, arenisca, esquistos, pizarras.	V2	ligeramente meteorizada	<10	F2	Una familia
R3	Moderadamente Resistente	25 - 50	1 - 2	Un trozo de roca puede fracturarse con un único golpe del martillo geológico, pero no es posible desostrar la roca con un cortaplumas.	Arcillolita, carbón, concreto, esquistos, pizarras, limolitas.	V3	Moderadamente meteorizada	10 - 50	F3	Una familia o ocasionales
R2	Debil	5 - 25	(b)	Un golpe con la punta del martillo geológico deja una indentación superficial. La roca puede ser desostrarada con un cortaplumas pero con dificultad.	Creta, sal mineral, pótzio.	V4	Altamente meteorizada	50 - 90	F4	Dos familias
R1	Muy Debil	1 - 5	(b)	La roca se desgrega al ser golpeada con la punta del martillo geológico. La roca puede ser desostrarada con un cortaplumas.	Roca muy alterada o muy meteorizada.	V5	Completamente meteorizada	>90	F5	Dos familias o ocasionales
R0	Extremadamente Debil	0.25 - 1	(b)	La roca puede ser indentada con la uña del pulgar.	Salbanda arcillosa dura	V6	Roca descompuesta	100	F6	Tres familias

KILOMETRO	TIPO	DESCRIPCION	SOLUCION	OBSERVACIONES
13+540 13+840 14+290	Caida de suelo	Pequeño deslizamiento de 5 metros aproximadamente a lo largo de la carretera, ocasionado por el riego por inundación en la parte superior del talud.	Mejorar el sistema de riego, no dañar la infraestructura	La caída de suelo en la zona se debe principalmente a que se cambia la dirección natural del agua, siendo estos llevados por taludes de suelo inestable provocando su caída. Foto #41, #42 y #44
13+840	Humedad	Humedad, que se forma por la acción de riego no regulado en la zona.	Mejorar el sistema de riego de la zona, no dañar la infraestructura	Se puede producir la inestabilidad de los taludes metros abajo ocasionando deslizamientos

EDAD	SERIE	GRUPO	UNIDAD	SIMBOLO
Cuaternario	Reciente		Deposito eluvio-coluvial	Qr-el-col
			Deposito de cono de deyección	Qr-c-d
			Deposito aluvial	Qr-al
			Deposito de cono aluvial	Qr-c-al
			Deposito aluvial de terrazas	Qr-al-t
			Deposito Fluvio glacial	Qp-fg
Albano	Inferior	Gp Yuncaypata	Formacion Paucarabamba	Ki-pa
			Formacion Huancane	Hu-c
			Formacion Pachatusan	Pst-mi
			Formacion Pisac	Pst-mi
Jurásico	Inferior	Gp Miltu	Formacion Pisac	Pst-mi
			Formacion Copacabana	Pst-mi
Triásico	Superior	Gp Copacabana	Formacion Copacabana	Pst-mi
			Formacion Copacabana	Pst-mi

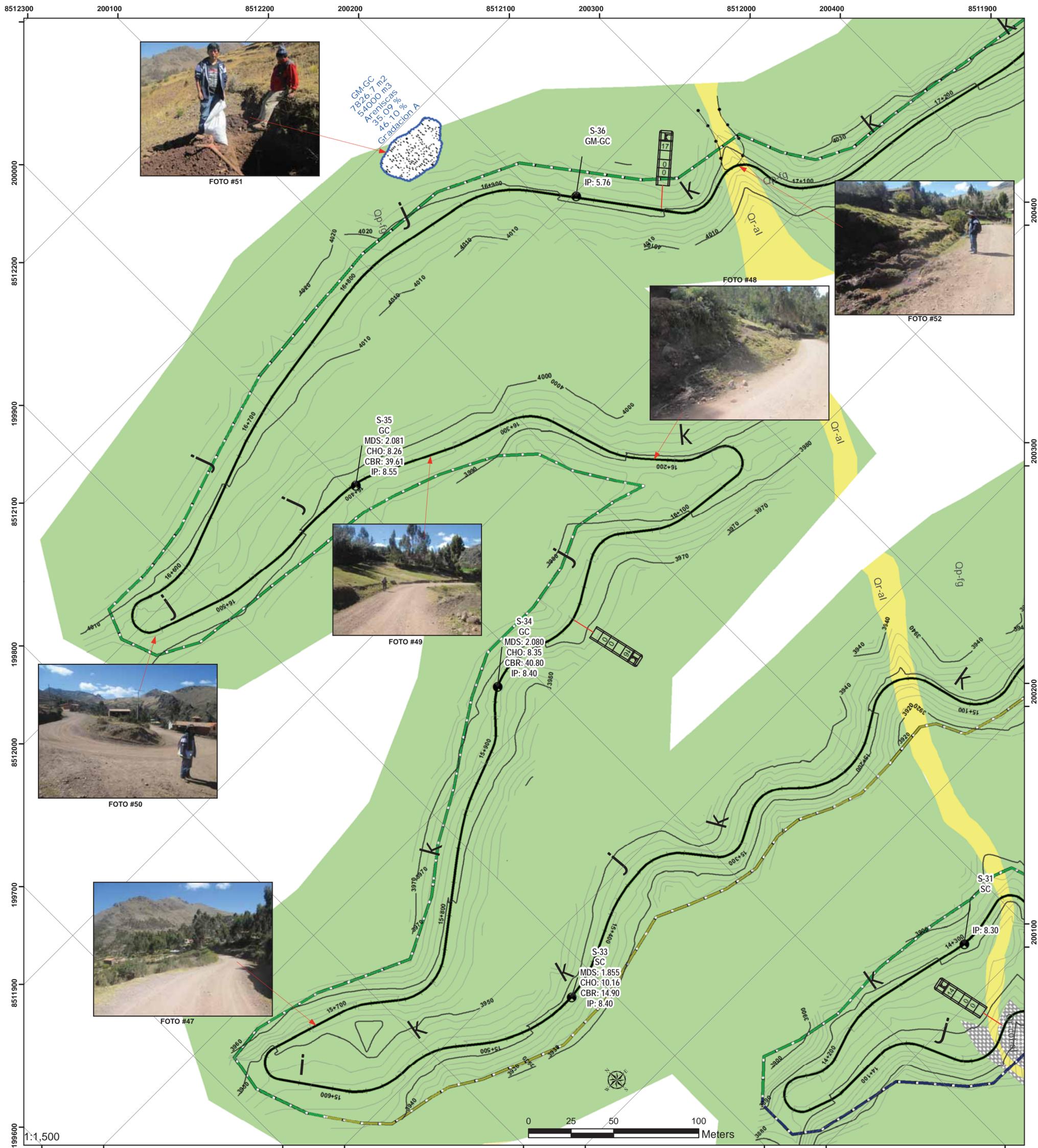
CBR%	PENDIENTE	GEODINAMICA	Vent. Estructural
Excelente	Muy empinado	Caida de Bloques de roca	Eje de carretera
Muy bueno	Empinado	Propenso a caída de bloques de roca	Cantera
Bueno	Moderado	Caida de Suelo	Calicata
Regular	Suave	Erosion Fluvial	Curvas de nivel
Pobre		Erosion en Surcos	
Inadecuado		Flujo de Lodos	
		Volcamiento	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA LA FACTIBILIDAD DEL ASFALTADO DE LA CARRETERA SAN SALVADOR OCCORURO - PROGRESIVAS 0+000 AL 18+440 - DISTRITO DE CALCA DEPARTAMENTO DE CUSCO

PLANO GEOTECNICO KM <13+330 - 15+400>

UBICACIÓN	ASESOR: Mgt. VICTOR VIDAL GARATE GONGORA TESISTAS: Bach. CURSE CACERES YURI Bach. HUAMAN PILLCO ITAMAR RODRIGO	N° PLANO
Dist. San Salvador Prov. Calca Dpto. Cusco Fecha: Julio 2019	ESCALA: Especificada FUENTE: PROPIA	<h1>GT08</h1>



Clase	Clasificación de la roca según su resistencia	Resistencia a Uniaxial (Mpa)	Indice de carga puntual (Mpa)	Estimación de Terreno de la resistencia	Ejemplos	Clase	Meteorización [V] de la Matriz Rocosa	Alteración (%)	Clase	Red de Fracturamiento
R6	Extremadamente Resistente	>250	>10	Golpes de martillo geológico sólo causan descostramientos superficiales en la roca.	Grisalto fresco, chert, diabasa, gneiss, granito, cuarzoita.	V1a	Roca sana o fresca	-	F1a	Masivo, sin juntas ocasionales
R5	Muy Resistente	100 - 250	4 - 10	Un trozo de roca requiere varios golpes de martillo geológico para fracturarse.	Anfibolita, arenisca, basalto, gabro, gneiss, granodiorita, caliza, mármol, roca, toba.	V1b	Debil decoloración en juntas principales	-	F1b	Masivo, con juntas ocasionales
R4	Resistente	50 - 100	2 - 4	Un trozo de roca requiere más de un golpe con el martillo geológico para fracturarse.	Caliza, mármol, filitas, arenisca, esquistos, pizarras.	V2	ligeramente meteorizada	<10	F2	Una familia
R3	Moderadamente Resistente	25 - 50	1 - 2	Un trozo de roca puede fracturarse con un único golpe del martillo geológico, pero no es posible desostrar la roca con un cortaplumas.	Arcillolita, carbón, concreto, esquistos, pizarras, limolitas.	V3	Moderadamente meteorizada	10 - 50	F3	Una familia o ocasionales
R2	Debil	5 - 25	(b)	Un golpe con la punta del martillo geológico deja una indentación superficial. La roca puede ser desostrada con un cortaplumas pero con dificultad.	Creta, sal mineral, pozoalio.	V4	Altamente meteorizada	50 - 90	F4	Dos familias
R1	Muy Debil	1 - 5	(b)	La roca se desgrega al ser golpeada con la punta del martillo geológico. La roca puede ser desostrada con un cortaplumas.	Roca muy alterada o muy meteorizada	V5	Completamente meteorizada	>90	F5	Dos familias o ocasionales
R0	Extremadamente Debil	0.25 - 1	(b)	La roca puede ser indentada con la uña del pulgar.	Salbanda arcillosa dura	V6	Roca descompuesta	100	F6	Tres familias

KILOMETRO	TIPO	DESCRIPCION	SOLUCION	OBSERVACIONES
17+400	Flujo de lodos	Pequeño flujo de lodos provenientes de la erosión de material limo arcilloso de las partes altas de los depósitos fluvio-glaciares	Disipadores, control en los sistemas de riego	Producto del riego no tecnificado en la zona se produce los diferentes fenómenos de flujo, se desestabiliza el talud y provoca su caída y consiguiente flujo con aguas del río

EDAD	SERIE	GRUPO	UNIDAD	SIMBOLO
Cuaternario	Reciente		Deposito eluvio-coluvial	Qr-el-col
			Deposito de cono directivo	Qr-c-d
			Deposito aluvial	Qr-al
			Deposito de cono aluvial	Qr-c-al
			Deposito aluvial de terrazas	Qr-al-t
			Deposito Coluvio aluvial	Qc-al
Albiano	Inferior	Gp Yuncaypata	Formacion Paucarbamba	Ki-pa
Cretacico	Inferior	Gp Miltu	Formacion Huancane	Hu-c
Juracico	Inferior	Gp Miltu	Fm Pachatusan	Pst-mi
Triacico	Superior	Gp Miltu	Fm Pisac	Pst-mi
Permico	Inferior	Gp Copacabana	Fm Copacabana	Prc

CBR%	PENDIENTE	GEODINAMICA	Vent. Estructural
Excelente	Muy empinado	Caida de Bloques de roca	Eje de carretera
Muy bueno	Empinado	Propenso a caída de bloques de roca	Cantera
Bueno	Moderado	Caida de Suelo	Calicata
Regular	Suave	Erosion Fluvial	Curvas de nivel
Pobre		Erosion en Surcos	
Inadecuado		Flujo de Lodos	
		Volcamiento	

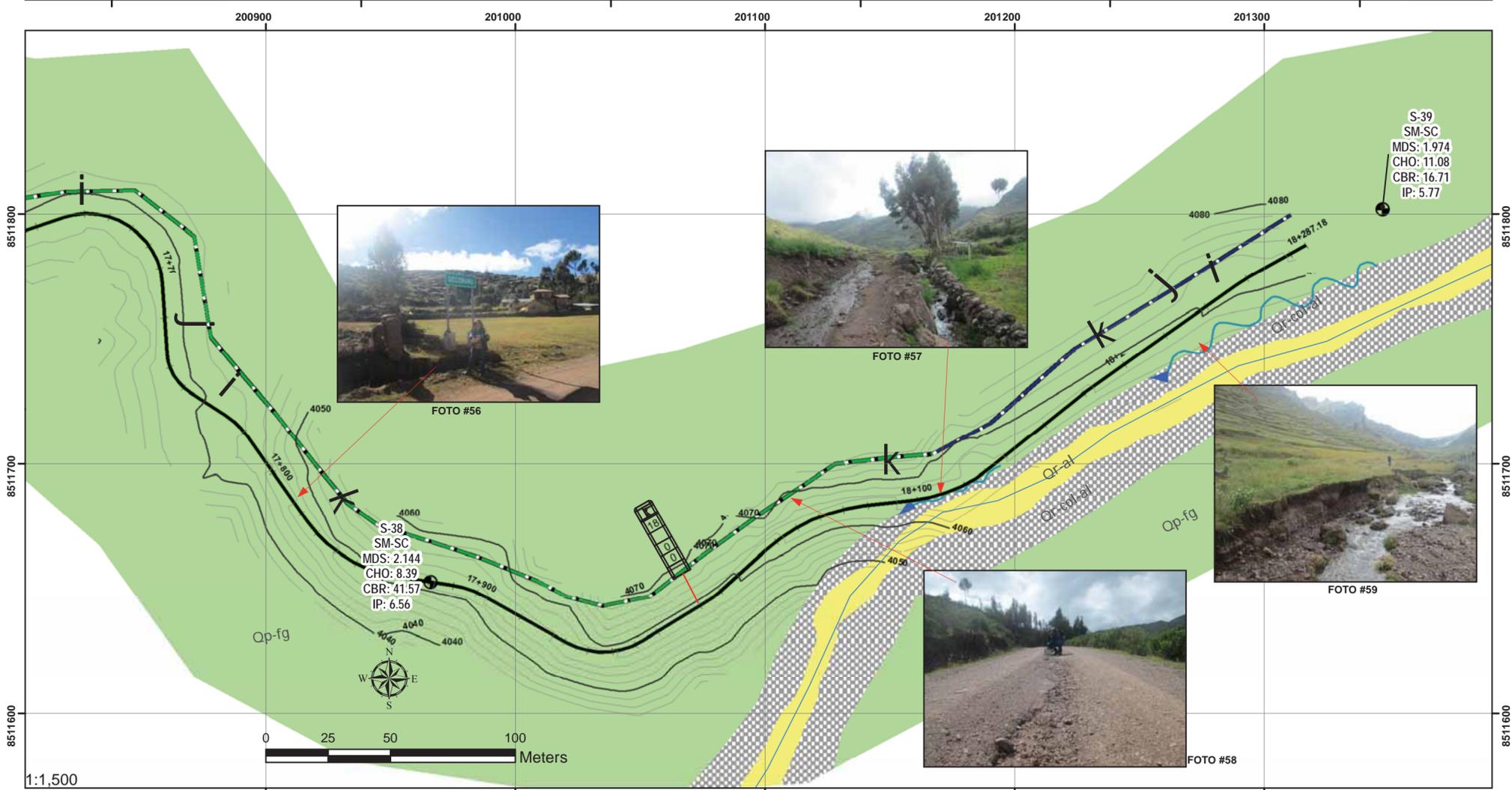
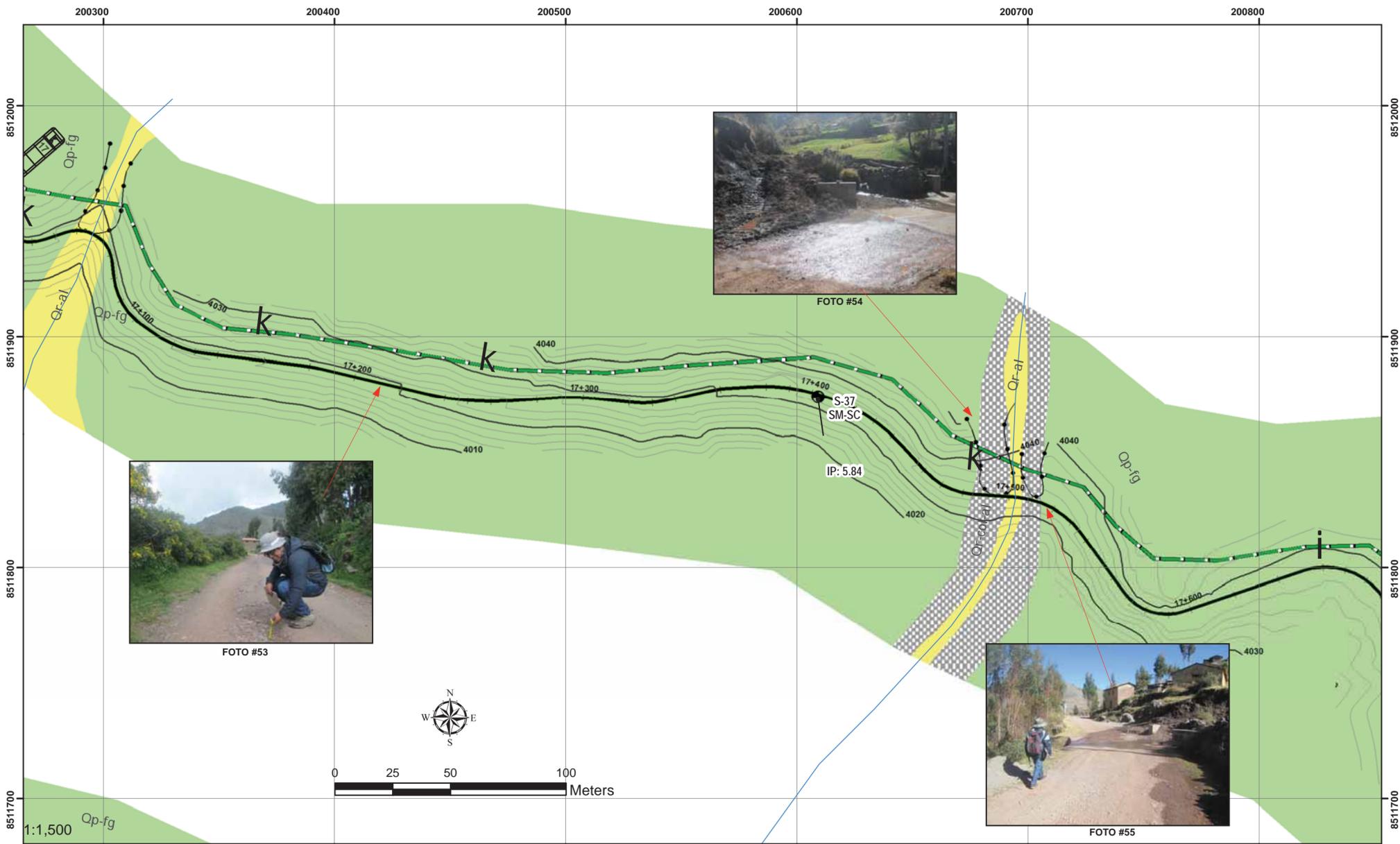
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA LA FACTIBILIDAD DEL ASFALTADO DE LA CARRETERA SAN SALVADOR OCCORURO - PROGRESIVAS 0+000 AL 18+440 - DISTRITO DE CALCA DEPARTAMENTO DE CUSCO

PLANO GEOTECNICO KM $15+400 - 17+200$

UBICACIÓN	ASESOR: Mgt. VICTOR VIDAL GARATE GONGORA	N° PLANO
Dist. San Salvador	TESTISTAS: Bach. CURSE CACERES YURI Bach. HUAMAN PILLCO ITAMAR RODRIGO	GT09
Prov. Calca	ESCALA: Especificada FUENTE: PROPIA	

Dpto. Cusco
 Fecha: Julio 2019



Clase	Clasificación de la roca según su resistencia	Resistencia a Uniaxial (Mpa)	Índice de carga puntual (Mpa)	Estimación de Terreno de la resistencia	Ejemplos	Clase	Meteorización [V] de la Matriz Rocosa	Alteración (%)	Clase	Red de Fracturamiento
R6	Extremadamente Resistente	>250	>10	Golpe de martillo geológico sólo causan desmenuzamientos superficiales en la roca.	Basalto fresco, chert, diabasa, gneiss, granito, cuarzo.	V1a	Roca sana o fresca	-	F1a	Masivo, sin juntas ocasionales
R5	Muy Resistente	100 - 250	4 - 10	Un trozo de roca requiere varios golpes de martillo geológico para fracturarse.	Anfibolita, arenisca, basalto, gabbro, gneiss, granodiorita, caliza, mármol, roca, toba	V1b	Debil decoloración en juntas principales	-	F1b	Masivo, con juntas ocasionales
R4	Resistente	50 - 100	2 - 4	Un trozo de roca requiere más de un golpe con el martillo geológico para fracturarse.	Caliza, mármol, filitas, arenisca, esquistos, pizarras.	V2	ligeramente meteorizada	<10	F2	Una familia
R3	Moderadamente Resistente	25 - 50	1 - 2	Un trozo de roca puede fracturarse con un único golpe del martillo geológico, pero no es posible desmenuzar la roca con un cortaplumas.	Ardidilla, carbón, concreto, esquistos, pizarras, limolitas.	V3	Moderadamente meteorizada	10 - 50	F3	Una familia o ocasionales
R2	Debil	5 - 25	(b)	Un golpe con la punta del martillo geológico deja una indentación superficial. La roca puede ser desmenuzada con un cortaplumas pero con dificultad.	Creta, sal mineral, pozo.	V4	Altamente meteorizada	50 - 90	F4	Dos familias
R1	Muy Debil	1 - 5	(b)	La roca se desmenuza al ser golpeada con la punta del martillo geológico. La roca puede ser desmenuzada con un cortaplumas.	Roca muy alterada o muy meteorizada	V5	Completamente meteorizada	>90	F5	Dos familias o ocasionales
R0	Extremadamente Debil	0,25 - 1	(b)	La roca puede ser indentada con la uña del pulgar.	Salbanda arcillosa dura	V6	Roca descompuesta	100	F6	Tres familias

KILOMETRO	TIPO	DESCRIPCION	SOLUCION	OBSERVACIONES
17-500 18-100	Flujo de lodos	Flujo de lodos provenientes de la erosión de material limo arcilloso de las partes altas de los depósitos fluvio-glaciares F #54, #55 y #57	Disipadores, control en los sistemas de riego	Producto del riego no tecnificado en la zona se produce los diferentes fenómenos de flujo, se desestabiliza el talud y provoca su caída y consiguiente flujo con aguas del río.
17-210 18-060	Erosión de Fiebraforma	Erosión de plataforma de hasta 5 cm de profundidad, debido al desborde de las aguas provocado por el encausamiento del flujo de agua natural. F #53 y #58	Creación y mantenimiento de tueretas	La mayoría de los fenómenos se deben al mal uso del agua (Riego no tecnificado) y la falta de mantenimiento

EDAD	SERIE	GRUPO	UNIDAD	SIMBOLO
Cuaternario	Reciente		Deposito eluvio- coluvial	Qr-el-col
			Deposito de cono directivo	Qr-c-d
			Depositos aluvial	Qr-al
			Deposito de cono aluvial	Qr-c-al
			Deposito aluvial de terrazas	Qr-al-t
			Deposito Coluvial	Qr-col
			Deposito Fluvio glacial	Qp-fg
Albiano	Inferior	Gp Yuncaypata	Formacion Paucarbamba	Ki-pa
Cretacico	Inferior		Formacion Huancane	Hu-c
Jurascico	Inferior	Gp Miltu	Fm Pachatusan	Pst-mi
Triacico	Superior		Fm Pisac	Pst-mi
Permico	Inferior	Gp Copacabana	Fm Copacabana	Prc

CBR%	PENDIENTE	GEODINAMICA	Vent. Estructural
Excelente	Muy empinado	Caída de Bloques de roca	Eje de carretera
Muy bueno	Empinado	Propenso a caída de bloques de roca	Cantera
Bueno	Moderado	Caída de Suelo	Calicata
Regular	Suave	Erosion Fluvial	Curvas de nivel
Pobre		Erosion en Surcos	
Inadecuado		Flujo de Lodos	
		Volcamiento	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA LA FACTIBILIDAD DEL ASFALTADO DE LA CARRETERA SAN SALVADOR OCCORURO - PROGRESIVAS 0+000 AL 18+440 - DISTRITO DE CALCA DEPARTAMENTO DE CUSCO

PLANO GEOTECNICO KM <17+200 - 18+440>

UBICACIÓN	ASesor: Mgt. VICTOR VIDAL GARATE GONGORA TESISTAS: Bach. CURSE CACERES YURI Bach. HUAMAN PILLCO ITAMAR RODRIGO	N° PLANO
Dist. San Salvador		GT10
Prov. Calca		
Dpto. Cusco		
Fecha: Julio 2019	ESCALA: Especificada FUENTE: PROPIA	