

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



**“EVALUACIÓN GEOTÉCNICA PARA LA ESTABILIDAD DE
TALUDES DESDE LA PROGRESIVA Km. 09+000 – 18+000
DE LA OBRA: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA
TRAMO I Dv. CARA CARA – LAMPA”**

TESIS

PRESENTADA POR:

OLIGARIO CABANA TICONA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO GEÓLOGO

PUNO - PERÚ

2016

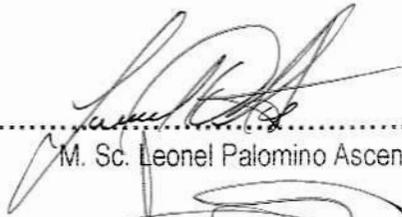
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y METALÚRGICA****ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA****TESIS**

**“EVALUACIÓN GEOTÉCNICA PARA LA ESTABILIDAD DE
TALUDES DESDE LA PROGRESIVA Km. 09+000 – 18+000
DE LA OBRA: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA
TRAMO I Dv. CARA CARA – LAMPA”**

PRESENTADA POR:

OLIGARIO CABANA TICONA

A la Coordinación de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica y Metalúrgica, Escuela Profesional de Ingeniería Geológica, como requisito para optar el título profesional de **INGENIERO GEÓLOGO**.

APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:**PRESIDENTE**


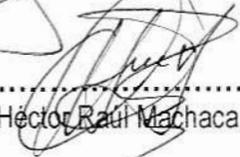
.....
M. Sc. Leonel Palomino Ascencio

PRIMER MIEMBRO


.....
M. Sc. Juan Fredy Galla Fernández

SEGUNDO MIEMBRO


.....
M. Sc. German Rafael Espinoza Rivas

ASESOR DE TESIS


.....
M. Sc. Héctor Raúl Machaca Condori

ÁREA: Ingeniería Geotécnica

TEMA: Geología de Ingeniería, Geomecánica y Obras Geotécnicas

PUNO - PERÚ
2016

DEDICATORIA

Con todo el cariño y agradecimiento eterno y admiración, A mis queridos padres **Claudio Francisco y Justa Emilia** por su comprensión y confianza brindada en todo momento en apoyarme día en día para sobresalir adelante en mi formación profesional.

A la memoria de mis Abuelitos porque nunca dejaré de admirar sus sabiduría, inteligencia y humildad.

A mis queridos hermanos Simeón Eduardo, Salomé, Florentina, Aydeé y en especial a Juan Diego por su apoyo desinteresado y pendientes de mis logros y vicisitudes. A mis tíos, mis primos y mi familia

A mí querida esposa **Verónica**, con mucho amor, por su apoyo incondicional y comprensión y a su familia.

OLIGARIO

AGRADECIMIENTOS

Primeramente a Dios, por regalarme el don de la inteligencia y la sabiduría para enfrentar los obstáculos presentados durante mi vida universitaria.

Deseo expresar mi especial agradecimiento a mi alma mater y mentora que es la Universidad Nacional Del Altiplano – Puno, por darme la oportunidad de alcanzar una meta más.

A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica, quienes supieron brindarme su experiencia y conocimientos.

Especial agradecimiento al Ingeniero Héctor Raúl Machaca Condori, por aceptar ser asesor de mi tesis y haberme brindado su apoyo, idea, aportes, revisión, corrección y sugerencias dirigidos a mejorar el siguiente trabajo de tesis.

Con profundo y sincero agradecimiento al Ing. Oscar Beltrán Godoy “Residente De Obra” de la Obra “Mejoramiento De Carretera Dv. Cara Cara – Lampa – Cabanilla – Cabanillas Tramo I: Dv. Cara Cara - Lampa”, por permitirme la realización de la presente tesis, gracias por la amistad brindada.

De la misma manera a Laboratorio “**GEOPOL**” del Sr. Rafael Pomacosi Laricano por las facilidades brindadas para realizar los Ensayos de Laboratorio De Mecánica de Suelos, Concretos, Asfaltos y Control de Calidad.

Al Ing. Fredy Pastor Cruz “Jefe de Laboratorio de la obra”, por apoyarme y brindarme la oportunidad de realizar los Ensayos de Laboratorio de Mecánica de Suelos en la Obra.

A mis Padres, a mi esposa Verónica, su Mamá, Hermanos, Tíos y toda mi familia que siempre confió en mí, por su apoyo constante para la realización de esta tesis.

A mis amigos Washington, René y Elvis. A mis compañeros de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Control de Calidad de la Obra; Alexander, Jaime y Wilfredo por su apoyo brindado para la realización de la presente tesis.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
ÍNDICE	v
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE CUADROS	xii
LISTA DE TABLAS	xiii
SÍMBOLOS Y SIGLAS	xiv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT	xvii

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 GENERALIDADES.....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.3 ANTECEDENTES.....	3
1.4 JUSTIFICACIÓN	3
1.5 HIPÓTESIS.....	4
1.6 OBJETIVOS	4
1.6.1 OBJETIVO GENERAL	4
1.6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1.1 DEFINICIÓN DE TALUD	5
2.1.2 TALUD NATURAL	6
2.1.3 TALUD ARTIFICIAL.....	6
2.1.4 DEFINICIÓN DE ESTABILIDAD	7
2.1.5 DEFINICIÓN DE DESLIZAMIENTO	8
2.2 DEFINICIÓN GEOLÓGICA DE SUELO	14
2.3 ROCA SEDIMENTARIA	14
2.4 MACIZO ROCOSO.....	15
2.5 FACTOR DE SEGURIDAD.....	15

2.6	ROTURA CIRCULAR	16
2.7	ANGULO DE FRICCIÓN	17
2.8	COHESIÓN.....	17
2.9	CRITERIO DE RUPTURA DE MOHR – COULOMB.....	18
2.10	ANÁLISIS PSEUDO-ESTÁTICO DE TALUDES.....	18
2.11	INSTRUMENTACIÓN	19
2.12	DESAGREGACIÓN SUPERFICIAL	19
2.13	CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DEL MACIZO ROCOSOS	20
2.13.1	CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DE BIENIAWSKI	20

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1	DESCRIPCIÓN	22
3.1.1	MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE.....	22
3.1.2	MÉTODOS DE EQUILIBRIO LÍMITE “BISHOP”	23
3.1.3	MÉTODOS DE EQUILIBRIO LÍMITE “JANBÚ”	24
3.1.4	MÉTODOS DE LOS ÁBACOS “HOEK & BRAY”	25
3.1.5	MÉTODOS DE ANÁLISIS “CINEMÁTICO”	26
3.2	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	27
3.3	TRABAJO DE CAMPO	29
3.4	INSTRUMENTOS UTILIZADOS	29
3.5	EVALUACIÓN DE SUELOS DE FUNDACIÓN.....	30
3.5.1	EXPLORACIÓN DE CAMPO	30
3.5.2	ENSAYOS DE LABORATORIO	30

CAPITULO IV

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN

4.1	UBICACIÓN	38
4.2	ACCESIBILIDAD.....	39
4.3	ASPECTOS CLIMÁTICOS	40
4.4	FLORA Y FAUNA.....	40
4.5	GEOLOGÍA REGIONAL.....	42
4.5.1	FORMACIÓN CALAPUJA (O - ca)	42
4.5.2	FORMACIÓN CHAGRAPI (SD - ch)	42
4.5.3	GRUPO AMBO (M - a)	43

4.5.4 GRUPO MITU (PS - m)	44
4.5.5 GRUPO ISCAY (P - is).....	44
4.5.6 FORMACIÓN HUANCANÉ (K - hu).....	45
4.5.7 FORMACIÓN AYAVACAS (K - ay).....	46
4.5.8 GRUPO PUNO (T - pu).....	46
4.5.9 GRUPO TACAZA (T - ta).....	47
4.5.10 GRUPO SILLAPACA (T - si)	48
4.5.11 FORMACIÓN AZÁNGARO (TQ - az).....	49
4.5.12 DEPÓSITOS MORRÉNICOS (Q - mo).....	49
4.5.13 DEPÓSITOS GLACIO – FLUVIAL (Q - glf)	49
4.5.14 DEPÓSITOS CUATERNARIOS ALUVIALES (Q - al).....	50
4.5.15 DEPÓSITOS CUATERNARIOS COLUVIO – ALUVIAL (Q – co- al).....	50
4.5.16 DEPÓSITOS CUATERNARIOS COLUVIALES (Q - co).....	50
4.6 GEOLOGÍA LOCAL	51
4.6.1 FORMACIÓN CHAGRAPI (SD - ch)	51
4.6.2 FORMACIÓN LAMPA (D - la).....	52
4.6.3 GRUPO AMBO (M - a).....	52
4.6.4 GRUPO MITU (Ps - m).....	53
4.6.5 GRUPO ISCAY (P - is).....	54
4.6.6 FORMACIÓN ANGOSTURA (K - ag).....	55
4.6.7 DEPÓSITOS CUATERNARIOS – RECIENTES (Q).....	55
4.7 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	57
4.7.1 ESTILO TECTÓNICO.....	57
4.7.2 DEFORMACIONES.....	57
4.8 GEOMORFOLOGÍA	58
4.8.1 UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS.....	58
4.9 HIDROGEOLOGÍA	60
4.9.1 ESCORRENTÍA SUPERFICIAL	61
4.9.2 FILTRACIÓN.....	61
4.10 GEODINÁMICA EXTERNA	62
4.11 GEODINÁMICA INTERNA	64

CAPITULO V

EXPOSICIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1	CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA EN ROCAS.....	65
5.1.1	CARACTERÍSTICAS GEOMECÁNICAS DE LA ROCA Km. 12+000 – 12+160	65
5.1.2	MAPEO GEOMECÁNICO DEL TALUD KM. 12+000 – 12+160	66
5.1.3	MECANISMOS DE RUPTURAS	67
5.1.4	RESISTENCIA DE LA ROCA.....	68
5.1.5	ENSAYO DE RESISTENCIA MANUAL (σ_c).....	69
5.1.6	CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA SEGÚN BIENIAWSKI (RMR)..	69
5.1.7	CLASIFICACIÓN DE LOS PARÁMETROS Y SU EVALUACIÓN ...	70
5.1.8	DISEÑO DE TALUDES EN ROCA	71
5.2	CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA EN SUELOS	76
5.2.1	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD EN CONDICIONES ACTUALES	76
5.2.2	DISEÑO DE TALUDES EN SUELOS.....	77
5.3	MEDIDAS CORRECTIVAS EN TALUDES DE CORTE EN SUELOS	95
5.3.1	PROYECTOS DE ESTABILIZACIÓN.....	95
5.3.2	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD CON OBRAS CORRECTIVAS	95
5.3.3	ANÁLISIS SÍSMICO DE TALUDES	103
5.4	IMPACTO AMBIENTAL	109
5.4.1	EVALUACIÓN AMBIENTAL	109
5.4.2	IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES	109
5.4.3	PARÁMETROS DE EVALUACIÓN	110
5.4.4	DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS.....	111
5.4.5	INFORMACIÓN GENERAL DE ALCANCE DE LOS TRABAJOS	111
5.5	DISCUSIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES DE ACUERDO AL VALOR TOTAL DE IMPACTOS AMBIENTALES NEGATIVOS	112
5.5.1	ETAPA PRELIMINAR Y EJECUCIÓN	112
5.5.2	Etapa de operación.....	113
5.5.3	ETAPA DE MANTENIMIENTO.....	113
5.5.4	ETAPA DE ABANDONO.....	113

5.6 DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES	113
.....	
5.6.1 IDENTIFICACIÓN DE RECURSOS AMBIENTALES DEL ENTORNO	115
.....	
5.6.2 EXPLOTACIÓN Y TRATAMIENTO DE CANTERAS	118
5.6.3 RESTAURACIÓN DE CANTERAS Y BOTADEROS	119
CONCLUSIONES	120
RECOMENDACIONES	122
ANEXOS	126
ANEXO I	127
MATRIZ DE LEOPOLD	127
ANEXO II	129
CARACTERIZACIÓN DE MACIZO ROCOSO	129
ANEXO III	131
TOMA DE DATOS ESTRUCTURALES / TOMA DE ACTITUDES	131
.....	
ANEXO IV	135
CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DE RMR	135
ANEXO V	137
ÁLBUM FOTOGRÁFICO	137
ANEXO VI	145
ENSAYOS DE LABORATORIO	145
ANEXO VII	254
PLANOS	254

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Clasificación de taludes	5
Figura 2: Elementos de un Talud Natural.....	6
Figura 3: Elementos de un Talud Artificial.....	7
Figura 4: Indicador de la presencia de un Movimiento Superficial (creep).....	9
Figura 5: Nomenclatura de una zona de falla.....	10
Figura 6: Distintos tipos de falla	11
Figura 7: Falla base	12
Figura 8: Falla limitada por un estrato firme	12
Figura 9: Tipos de Fallas Traslacionales.....	13
Figura 10: Principales Medios Sedimentarios	15
Figura 11: Representación de las fuerzas actuantes en una rebanada consideradas en el método de Bishop W cargas verticales externas, E_L y E_R las fuerzas normales izquierda y derecha entre rebanadas; P y S son la fuerza normal y tangencial a la base de la rebanada.	23
Figura 12: Flujograma que resume en forma esquemática la metodología empleada para la realización del presente proyecto de investigación.	28
Figura 13: Cuchara de casagrande para determinar Límite Líquido.....	33
Figura 14: Determinación de Límite Líquido.....	34
Figura 15: Imagen satelital del área de Investigación del Km. 09+000 - 18+000, Carretera Dv. Cara Cara – Lampa.	39
Figura 16: En la fotografía se observa la Flora y Fauna típica de la zona de trabajo Dv. Cara Cara – Lampa.	41
Figura 17: En la fotografía se observa arenisca en estrato laminar con intercalación de lutitas y limolitas que presenta erosión uniforme.	51
Figura 18: En la fotografía se observa arenisca de color amarillo y areniscas micáceas en capas con intercalaciones de lutita y limolitas de color amarillo. .	52
Figura 19: En la fotografía se aprecia intercalación de arenisca, limolita y fangolita con matriz arenosa de origen fluvial, coloración rojo brunáceo debido a la presencia ferruginosa.	53
Figura 20: En la fotografía se observa afloramiento de brecha volcánica con secuencia de materiales clásticos de color rojo ladrillo.	54
Figura 21: En la fotografía se observa afloramiento de brechas y lavas andesíticas de color pardo amarillento.....	54
Figura 22: En la fotografía se observa arenisca cuarzosa en estratos con intercalación de arenisca limolítica y limolitas de color blanco amarillento.	55
Figura 23: En la fotografía se observa material limo arenoso con presencia de agua subterránea en el Km. 10+100 – 10+280.	62
Figura 24: Esquema de rotura curva en macizos rocosos intensamente fracturados.....	67

Figura 25: Representación estereográfica de los planos de discontinuidad con respecto a la orientación del talud para algunos tipos de roturas en macizos rocosos (Modificado de Hoek y Bray, 1981).....	67
Figura 26: Esquema de un muro de concreto ciclópeo.	99
Figura 27: Elementos constituyentes de los gaviones tipo caja.....	101
Figura 28: Elementos constituyentes de muro de enrocado.....	102
Figura 29: Estabilización de taludes utilizando vegetación.....	103
Figura 30: Zonas sísmicas del Perú, el área de investigación se encuentra en la zona 2.	105

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1: Ubicación Política	38
Cuadro 2: Coordenadas UTM en WGS 84	39
Cuadro 3: Vía de acceso.....	40
Cuadro 4: Columna Estratigráfica Local.....	56
Cuadro 5: Unidades Geomorfológicas	58
Cuadro 6: Resumen de ensayos de laboratorio de muestras de suelos.....	78
Cuadro 7: Parámetros de Impacto Ambiental.....	110

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Valores de Cohesión con respecto a la humedad.....	18
Tabla 2: Tamaño de las partículas en Suelos más comunes	32
Tabla 3: Simbología de Suelos SUCS	35
Tabla 4: Simbología y Clasificación de Suelos SUCS	36
Tabla 5: Clasificación de Materiales de Soporte (AASHTO)	37
Tabla 6: Ensayo de Índice Manual de Resistencia de la Roca (ISRM, 1978). .	69
Tabla 7: Parámetros para la clasificación geomecánica RMR	70
Tabla 8: Clasificación del Macizo Rocosos Según el Total de Valuación	71
Tabla 9: La Relación 1:10 (H: V) Tipo de Roca	71
Tabla 10: Taludes en Suelos	77

SÍMBOLOS Y SIGLAS

AASHTO	: American Association of State Highway and Transportation Officials
ASTM	: American Society for Testing and Materials
CBR	: California Bearing Ratio
Dv	: Desvío
FS	: Factor de Seguridad
INDECI	: Instituto Nacional de Defensa Civil
INGEMMET	: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
IGN	: Instituto Geográfico Nacional
Km	: Kilométrico
LMP	: Límite Máximo Permitido
NP	: No Plástico
RMR	: Rock Mass Rating
RQD	: Índice de la Calidad de la Roca
SUCS	: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
UTM	: Universal Transversal Mercator
W%	: contenido de humedad
H	: Altura del talud
C	: Cohesión
Φ	: Angulo de Rozamiento Interno
γ	: Peso específico
A	: Angulo del talud
O – ca	: Ordovícico – calapuja
D – la	: Devónico lampa
SD – ch	: Silúrico Devónico – chagrapi
M – a	: Missisipiano - ambo
Ps – m	: Pérmico superior - mitu
P – is	: Pérmico - iscay
K – hu	: Cretáceo - huancané
K – ay	: Cretáceo – ayavacas
K – ag	: Cretáceo angostura

T – pu	: Terciario - puno
T – ta	: Terciario - tacaza
T – si	: Terciario - sillapaca
TQ – az	: Terciario cuaternario - sillapaca
Q – mo	: Cuaternario morrénico
Q – glf	: Cuaternario glaciofluvial
Q – al	: Cuaternario aluvial
Q – co-al	: Cuaternario coluvioaluvial
Q – co	: Cuaternario coluvial

RESUMEN

El presente trabajo investigación de evaluación geotécnica para la estabilidad de taludes de cortes en carretera desde la progresiva Km. 09+000 – 18+000, está ubicado en el departamento de Puno, provincia y distrito de Lampa, a una altitud de aproximadamente de 3800 - 4000m.s.n.m. presenta una longitud de 9000 metros de corte y se ha evaluado en 8 tramos críticos por fallas de estabilidad de taludes.

El objetivo del presente trabajo de investigación es evaluar las características geotécnicas para determinar la estabilidad de taludes de cortes en tramos críticos y obtener los parámetros geotécnicos como cohesión y ángulo de fricción interna y la resistencia del suelo (factor de seguridad).

También se realizó el análisis de Estabilidad de Talud en roca en el tramo Km. 12+000 – 12+160, utilizando la metodología propuesta por Goodman mediante proyecciones estereográficas, para lo cual previamente se realizó la caracterización del macizo rocoso, toma de datos estructurales (422 puntos) y su respectiva clasificación geomecánica, con la cual se obtuvo los siguientes resultados RMR: 63,62; Angulo de fricción: 35° y Cohesión: 30 MPa, tipo de roca II Roca Buena, dentro de las características geológicas tenemos que la litología presente en el talud está constituido de arenisca micácea, según la orientación de las discontinuidades se han definido 3 familias de discontinuidades principales. Ha permitido analizar la estabilidad de los tipos de roturas básicos: planar, vuelco y cuña con el programa DIPS dio como resultado talud estable.

La investigación realizada en taludes de corte en suelo, ha permitido la corrección de los taludes inestables mediante los métodos de equilibrio Límite de Bishop y Janbú simplificado aplicados con el programa SLIDE construcción de zanjas de coronación en la cabecera del talud, construcción de banquetas de estabilización, en el pie del talud construcción de muros de gaviones, muros de concreto ciclópeo, muros de concreto simple, muros de pedraplen, subdrenes y revegetación para evitar erosión de taludes.

PALABRAS CLAVE: Geomecánica, Estabilidad de Taludes, Factor de Seguridad, Terraplén, Obras de arte.

ABSTRACT

The present research of geotechnical evaluation for slope stability of cuts in road from the progressive Km. 09 + 000 to 18 + 000, is located in the department of Puno province and district of Lampa, at an altitude of about 3800 - 4000m.s.n.m It has a length of 9000 meters cutting and has been evaluated in 8 critical sections for slope stability failures.

The objective of this research is to assess the geotechnical characteristics to determine slope stability of cuts in critical sections and get the geotechnical parameters such as cohesion and angle of internal friction and soil resistance (safety factor).

Analysis of slope stability was also performed on rock in the stretch Km 12 + 000 to 12 + 160, using the methodology proposed by Goodman by stereographic projections, which previously characterization of the rock mass was performed, making structural data (422 points) and their respective geomechanics classification, with which the following results were obtained RMR: 63.62; Angle of friction: 35° and Cohesion: 30 MPa, rock type II Rock good, within the geological features we have this lithology in the batter is made of micaceous sandstone, depending on the orientation of discontinuities defined 3 families of major discontinuities. It has allowed us to analyze the stability of the basic types of breaks: planar, roll over and wedge with DIPS program resulted in stable slope.

Research in cut slopes in soil, has allowed the correction of unstable slopes by the methods of limit equilibrium of Bishop and Janbú Simplified applied to the SLIDE construction program trenches coronation at the top of the slope, construction of sidewalks stabilization at the foot of the slope construction of gabion walls, simple concrete walls, concrete walls simple, pedraplen walls, subdrains and revegetation of slopes to prevent erosion.

Keywords: Geomechanic, Slope Stability, Safety Factor, Embankment, Artworks.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 GENERALIDADES

Se conoce con el nombre genérico de taludes a las superficies inclinadas respecto a la horizontal que hayan de adoptar permanentemente las masas de tierra. Cuando el talud se produce en forma natural, sin intervención humana, se denomina ladera natural o simplemente ladera. Cuando los taludes son hechos por el hombre se denominan taludes artificiales (y estos pueden ser cortes o terraplenes), según sea el origen de su formación. También se producen taludes en los bordes de una excavación que se realice a partir del nivel de terreno natural, a los cuales suele denominarse taludes de la excavación. En tanto se reserva la palabra talud para la formación artificial, construida por el Ingeniero, hablándose así de los taludes de cortes, terraplenes, de las excavaciones, etc.

No hay duda de que el talud constituye la estructura más compleja de las vías terrestres; ligados a su estabilidad aparecen los problemas más complicados de la mecánica de suelos y de la mecánica de rocas aplicadas a la construcción de estas obras, sin olvidar el papel básico que la geología aplicada desempeña en la formulación de cualquier criterio aceptable. En primer lugar será preciso analizar la necesidad de definir criterios de estabilidad de taludes, entendiéndose por tales algo tan simple como el poder decir en un instante dado cual será la inclinación apropiada en un corte o un terraplén. Casi siempre la más apropiada será al más escarpada que se sostenga el tiempo necesario sin caerse. Aquí radica la esencia del problema y la razón de su estudio. A diferentes inclinaciones del talud corresponden diferentes masas de

material terreo por mover y, por lo tanto, diferentes costos. Podrían imaginarse casos en que, por alguna razón, el talud más conveniente fuese muy tendido y en tal caso no habría motivo para pensar en “problemas de estabilidad de taludes”, pero lo normal es que cualquier talud funcione satisfactoriamente desde todos los puntos de vista excepto el económico, de manera que las consideraciones de costo presiden la selección del idóneo; que resultara ser aquel al que corresponda la mínima masa de tierra movida, o lo que es lo mismo, el talud más escarpado.

La naturaleza y homogeneidad de los materiales constitutivos son básicas para plantear y definir el problema de la estabilidad de un talud en cualquiera de sus múltiples aspectos. El Ingeniero, como es en el usual, analiza estos problemas tratando de extraer los suficientes conocimientos de carácter general como para poder establecer un modelo matemático en el que analizar la estabilidad de una simple cuestión de papel y lápiz y aplicación de tal o cual procedimiento matemático o secuencia de cálculo algebraico.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Muchas veces una obra de Ingeniería es realizada sin estudio previo alguno de los macizos rocosos y suelos, tal es el caso en los cortes de taludes hechas desde las progresivas Km. 09+000 – 18+000 del primer tramo de la obra Dv. Cara Cara – Lampa, para que esta obra tengan un periodo de duración larga, en todo caso sea una vía muy útil.

Los trabajos de investigación son destinados a esclarecer las condiciones Geotécnicas de la superficie, o sea cuales son los tipos de rocas y suelos existentes y cuáles son sus elementos estructurales, donde se ejecutara una obra de Ingeniería.

La investigación en el afloramiento de roca Sedimentaria de la Formación Chagrapi, Formación Lampa y otras litologías que presentan los cortes de talud desde las progresivas Km. 09+000 – 18+000 de la carretera Dv. Cara Cara – Lampa, es determinar los aspectos Geotécnicos así como la caracterización del macizo rocoso a través de las observaciones in situ.

De acuerdo al planteamiento del problema se formula las siguientes interrogantes:

- ¿Serán estables los taludes de corte en el área de investigación?
- ¿Qué medidas correctivas son las más adecuadas para los taludes de corte en el área de investigación?

1.3 ANTECEDENTES

El presente estudio nace como una necesidad sentida y por iniciativa de la población beneficiaria directa, ya que la trocha carrozable integra a los distritos de Lampa y Cabanilla de la provincia de Lampa; el tramo I Dv. Cara Cara hasta la localidad de Lampa, es 21+906 Km, los mismos que son jurisdicción del distrito de Lampa.

El proyecto se inicia con la intención de mejorar la prestación de servicio de transporte en la carretera de: Dv. Cara Cara – Lampa y Lampa – Cabanilla – Cabanillas. Esta carretera es un anhelo de hace muchos años de la población asentada en el área de influencia; por tal motivo y a solicitud de la población e iniciativa de la Presidencia del Gobierno Regional Puno, se ha coordinado con las Municipalidades Distritales de la zona de influencia del proyecto; entre otros para el estudio definitivo.

Tramo I (Dv. Cara Cara - Lampa), cuya longitud total es de 21+906 Km. es de topografía semi accidentada, la superficie de rodadura es afirmada en mal estado de conservación. Tiene un desgaste y pérdida de la superficie de rodadura a consecuencia de la intervención de los agentes climatológicos (precipitación pluvial) y el tráfico del flujo vehicular de los últimos años. El estado actual se caracteriza de la existencia de los baches, encalaminado, ahuellamiento, estancamiento de aguas pluviales:

La superficie de rodadura tiene un ancho de calzada entre 5.00 a 6.00 m., el ancho de la berma 0.0 m. el número efectivo de carriles 01, sin bombeo, la señalización es a través de los hitos kilométricos, 01 pontón en estado de conservación malo, 75 alcantarillas de concreto (tipo marco) de conservación de regular a malo, no dispone de cunetas laterales.

1.4 JUSTIFICACIÓN

La zona ha sufrido bastante tectonismo andino como se ha visto en las partes bajas hay desborde de rocas por presentar pendientes casi paralelas

hacia el Este en el tramo del área de investigación y un alto grado de fracturación, siendo estos de carácter peligroso lo cual es una amenaza para los medios de transporte que transitarían en el futuro por la Vía baja.

Los resultados de esta investigación contribuirá, mediante la evaluación de las condiciones geotécnicas, a la identificación y caracterización de materiales en la zona, información que ayudara a adoptar medidas de prevención y corrección de taludes.

Esta información puede ser utilizada por los organismos encargados como el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, PROVIAS, Gobierno Regional, Municipalidad Provincial y Distrital de Lampa, el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) y otras entidades.

1.5 HIPÓTESIS

- ❖ Los taludes de corte en el área de investigación determinando sus parámetros geotécnicos se consideran son estables.

1.6 OBJETIVOS

1.6.1 OBJETIVO GENERAL

- ❖ Evaluar la estabilidad de taludes de corte desde la progresiva Km. 09+000 – 18+000 de la obra: Mejoramiento de la Carretera Tramo I Dv. Cara Cara – Lampa.

1.6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ Ejecutar la caracterización Geológica y Geomecánica de rocas y suelos para conocer el tipo de inestabilidad de los taludes de corte en el área de investigación.
- ❖ Determinar el comportamiento Geomecánico en el diseño de los taludes de corte.
- ❖ Proponer las medidas correctivas en los taludes de corte.
- ❖ Identificar y evaluar los posibles impactos ambientales que puede generar los cortes de talud en el área de investigación.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1.1 DEFINICIÓN DE TALUD

Un talud o ladera, es una masa de tierra que no es plana sino que posee pendiente o cambios de altura significativos. Técnicamente se define como ladera cuando su conformación actual tuvo como origen un proceso natural, y talud cuando se conformó artificialmente. (Suárez Díaz, 1998).

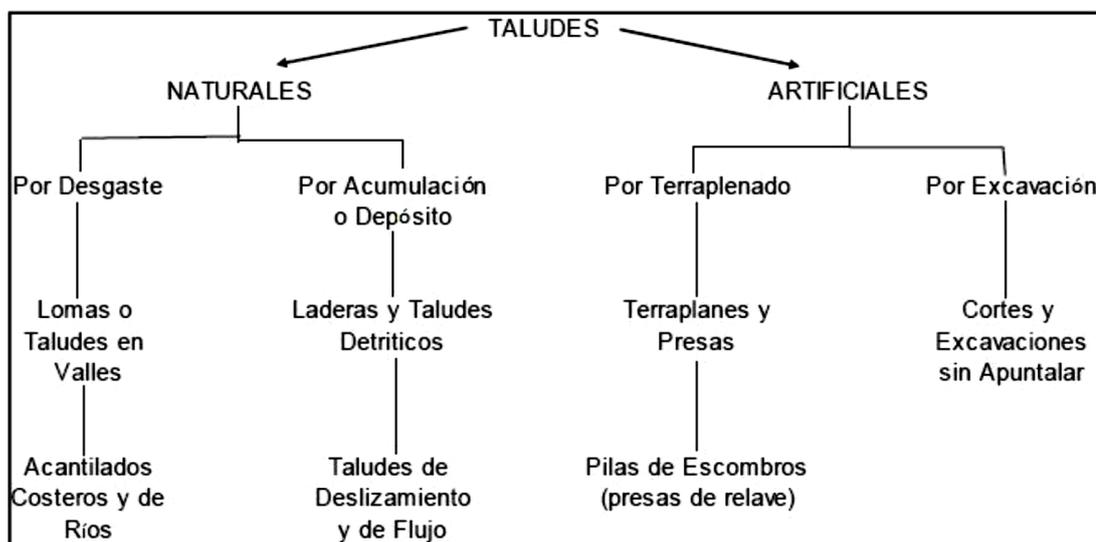


Figura 1: Clasificación de taludes

Fuente: Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales” (Suárez, 1998)

2.1.2 TALUD NATURAL

Son pendientes naturales de terrenos, no intervenidos por la acción del hombre, su conformación actual tuvo como origen un proceso natural, en general se denominan laderas. (Ayala C., 1991).

En términos generales son entendidas todas las laderas de macizos terrosos, rocosos y mixtos de suelo y roca, originadas por los agentes naturales (fenómenos geológicos, intemperismo, agentes hídricos naturales y otros) de superficie no horizontal; aún que esta ladera haya sufrido alguna acción de origen humano tales como corte, tala de bosques, introducción de sobrecargas y otras. (Suárez Díaz, 1998).

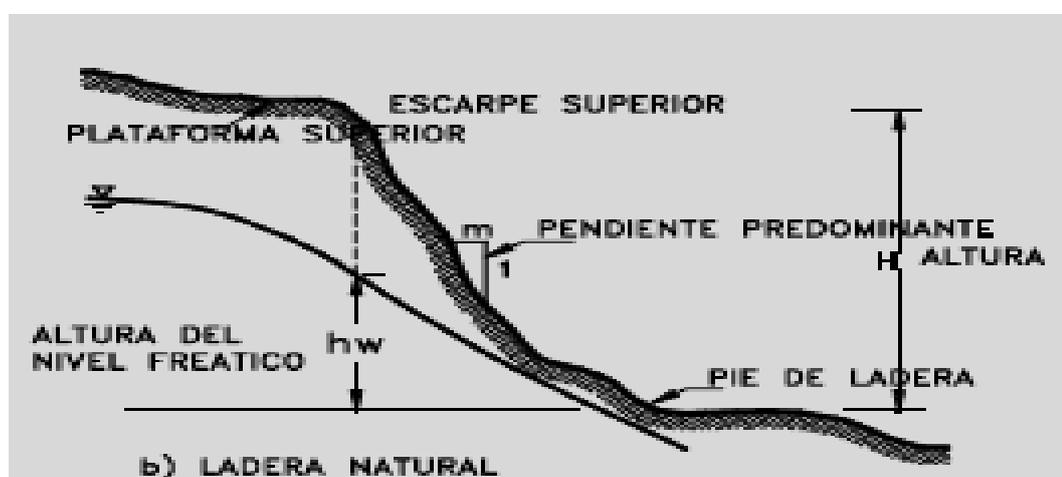


Figura 2: Elementos de un Talud Natural

Fuente: Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales” (Suárez, 1998)

2.1.3 TALUD ARTIFICIAL

Son aquellos cortes o terraplenes que realiza el hombre, modificando el estado natural del terreno, por razones de proyecto. (Ayala C., 1991).

Son taludes en macizos fabricados por el hombre, generalmente, denominados terraplenes y taludes de corte. Los terraplenes son construidos de suelos arcillosos o limosos, de arenas o gravas, de enrocamiento y otros materiales. (Suárez Díaz, 1998).

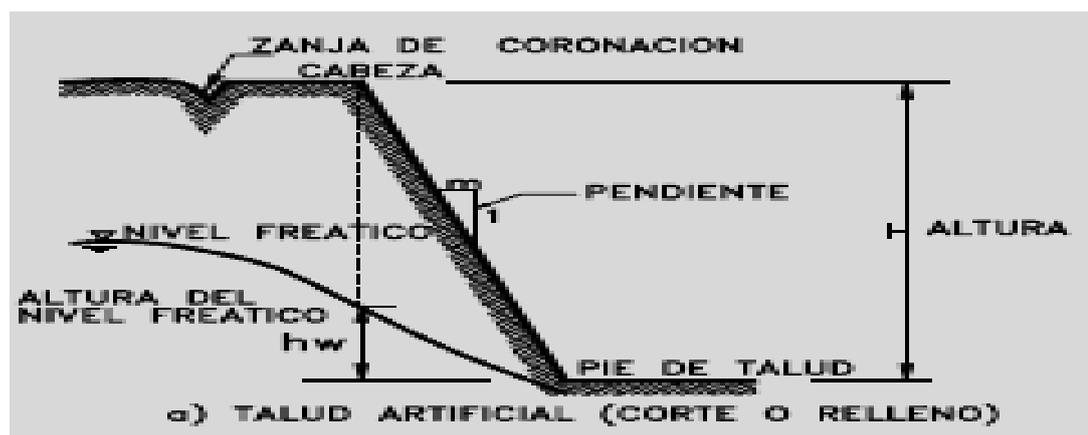


Figura 3: Elementos de un Talud Artificial

Fuente: Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales”
(Suárez, 1998)

2.1.4 DEFINICIÓN DE ESTABILIDAD

Se entiende por estabilidad a la seguridad de una masa de tierra contra la falla o movimiento. Como primera medida es necesario definir criterios de estabilidad de taludes, entendiéndose por tales algo tan simple como el poder decir en un instante dado cual será la inclinación apropiada en un corte o en un terraplén; casi siempre la más apropiada será la más escarpada que se sostenga el tiempo necesario sin caerse. Este es el centro del problema y la razón de estudio. (Ayala C., 1991).

A diferentes inclinaciones del talud corresponden diferentes masas de material térreo por mover y por lo tanto diferentes costos. Podría imaginarse un caso en que por alguna razón el talud más conveniente fuese muy tendido y en tal caso no habría motivos para pensar en “problemas de estabilidad de taludes”, pero lo normal es que cualquier talud funcione satisfactoriamente desde todos los puntos de vista excepto el económico, de manera que las consideraciones de costo presiden la selección del idóneo, que resultara ser aquél al que corresponda la mínima masa de tierra movida, o lo que es lo mismo el talud más empinado. (Herrera García, 2006).

2.1.5 DEFINICIÓN DE DESLIZAMIENTO

Se entiende deslizamiento a la rotura y al desplazamiento del suelo situado debajo de un talud, que origina un movimiento hacia abajo y hacia afuera de toda la masa que participa del mismo. (Bowles E. , 1978).

Los deslizamientos pueden producirse de diferentes maneras, es decir en forma lenta o rápida, con o sin provocación aparente, etc. Generalmente se producen como consecuencia de excavaciones o socavaciones en el pie del talud. Sin embargo existen otros casos donde la falla de produce por desintegración gradual de la estructura del suelo, aumento de las presiones intersticiales debido a filtraciones de agua, etc. (Bowles E. , 1982)

Los tipos de fallas más comunes en taludes son:

- ❖ Deslizamientos superficiales (creep)
- ❖ Movimiento del cuerpo del talud
- ❖ Flujos

2.1.5.1 DESLIZAMIENTOS SUPERFICIALES (CREEP)

Cualquier talud está sujeto a fuerzas naturales que tienden a hacer que las partículas y porciones de suelo próximas a su frontera deslicen hacia abajo. Se refiere esta falla al proceso más o menos continuo, y por lo general lento, de deslizamiento ladera abajo que se presenta en la zona superficial de algunas laderas naturales. (Fellenius , 1936).

El creep suele involucrar a grandes áreas y el movimiento superficial se produce sin una transición brusca entre la parte superficial móvil y las masas inmóviles más profundas. No se puede hablar de una superficie de deslizamiento. (Córdova R., 1979). (Córdova R., 1979).

Existen dos clases de deslizamientos: el estacional, que afecta solo a la corteza superficial de la ladera que sufre la influencia de los cambios climáticos en forma de expansiones y contracciones térmicas o por humedecimiento y secado, y el masivo, que afecta a capas de tierra más profundas, no interesadas por los efectos ambientales y que, en consecuencia, solo se puede atribuir al efecto gravitacional. El primero en mayor o menor grado siempre existe, variando su intensidad según la época del año; en cambio el segundo

los movimientos son prácticamente constantes. (Varnes, 1978).

El fenómeno se pone de manifiesto a los ojos del ingeniero cuando nota que los árboles y postes están inclinados respecto de la vertical, cuando se evidencian agrietamientos o escalonamientos en el talud. (Herrera García, 2006).

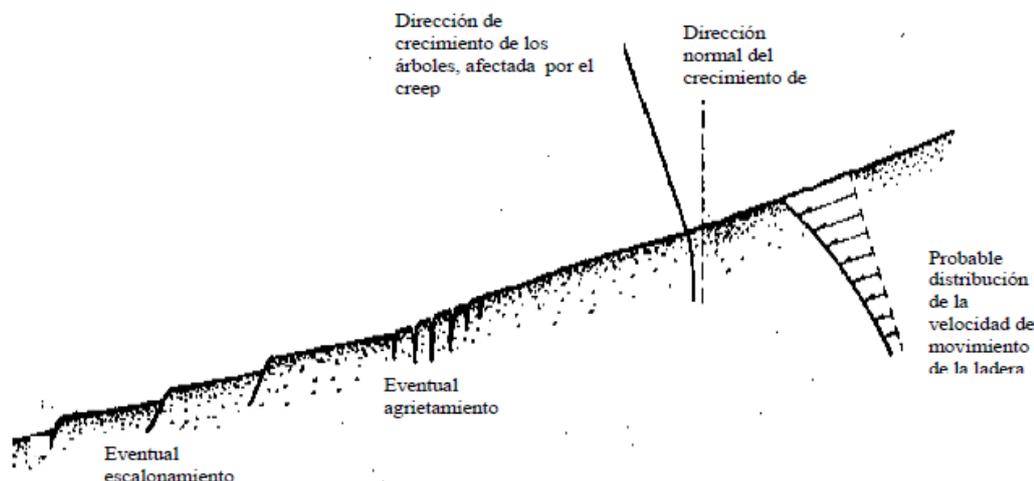


Figura 4: Indicador de la presencia de un Movimiento Superficial (creep)

Fuente: Estabilidad de Taludes en Carretera (Herrera García M, 2006)

2.1.5.2 MOVIMIENTO DEL CUERPO DE TALUD

Puede ocurrir en taludes movimientos bruscos que afecten a masas considerables de suelo, con superficies de falla que penetran profundamente en su cuerpo, interesando o no al terreno de fundación. Se considera que la superficie de falla se forma cuando en la zona de su futuro desarrollo actúan esfuerzos cortantes que sobrepasan la resistencia al corte del material; a consecuencia de ello sobreviene la ruptura del mismo, con la formación de una superficie de deslizamiento a lo largo de la cual se produce la falla. (Juárez Badillo, E; Rico Rodriguez, A., 1982).

Estos fenómenos se los denomina “deslizamientos de tierras” y puede estudiarse dos tipos bien diferenciados. (Herrera García, 2006).

a) FALLA ROTACIONAL

En el primer lugar se define una superficie de falla curva, a lo largo de la cual ocurre el movimiento del talud. Esta superficie forma una traza con el plano del

papel que puede asimilarse, por facilidad y sin mayor error a una circunferencia, aunque pueden existir formas algo diferentes, en la que por lo general influye la secuencia geológica local, el perfil estratigráfico y la naturaleza de los materiales. Estas fallas son llamadas de rotación. (Juárez Badillo, E.; Rico Rodriguez, A.;, 1986).

Este tipo de fallas ocurren por lo común en materiales arcillosos homogéneos o en suelos cuyo comportamiento mecánico esté regido básicamente por su fracción arcillosa. En general afectan a zonas relativamente profundas del talud, siendo esta profundidad mayor cuanto mayor sea la pendiente. (Lambe W., T.; Whitman , Robert; , 1995).

Las fallas por rotación se denominan según donde pasa el extremo de la masa que rota. Puede presentarse pasando la superficie de falla por el cuerpo del talud (falla local), por el pie, o adelante del mismo afectando al terreno en que el talud se apoya (falla en la base). Cabe señalar que la superficie de este último tipo de falla puede profundizarse hasta llegar a un estrato más resistente o más firme de donde se encuentra el talud, provocando en este punto un límite en la superficie de falla. (Herrera García, 2006).

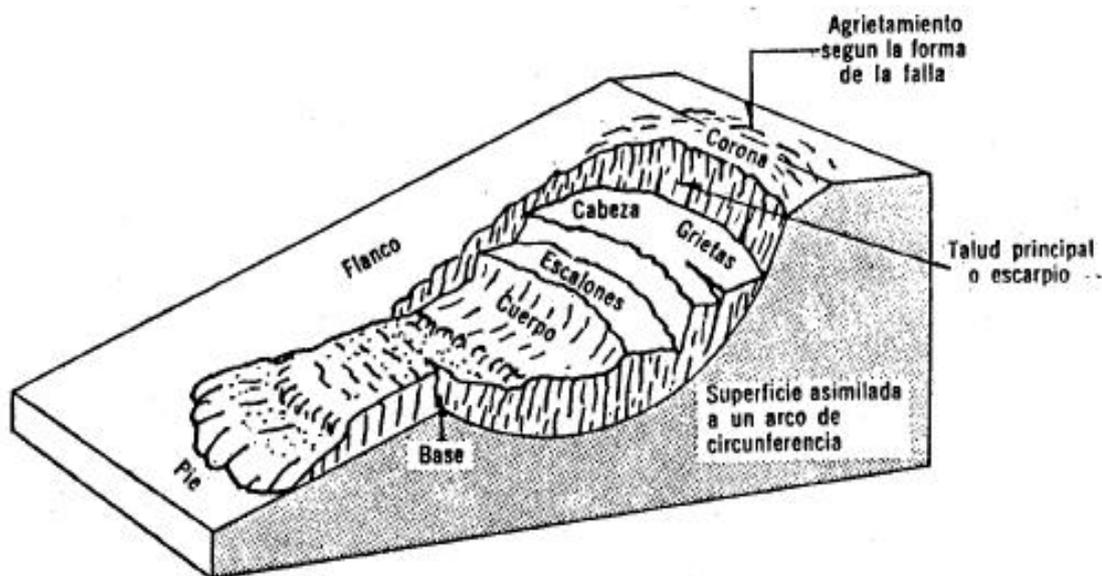


Figura 5: Nomenclatura de una zona de falla

Fuente: Estabilidad de Taludes en Carretera (Herrera García M, 2006).

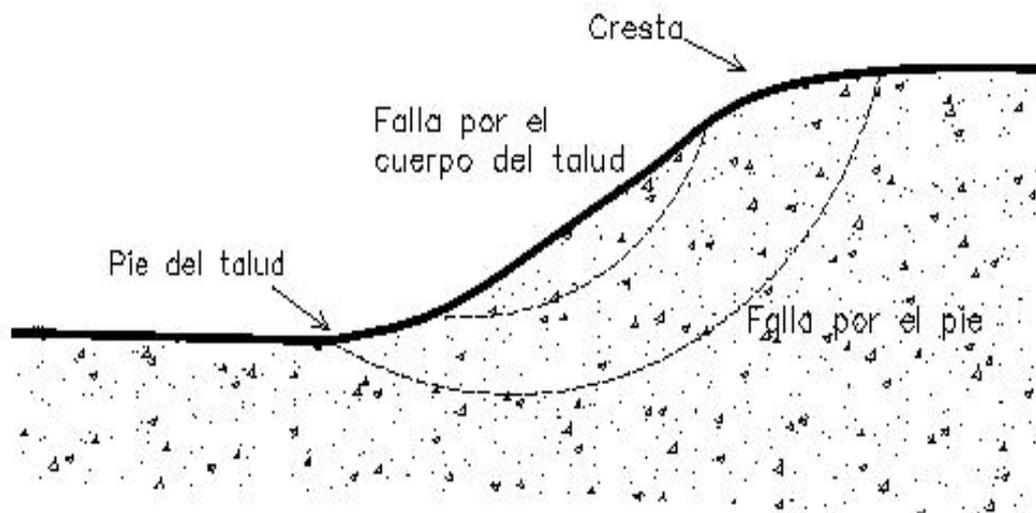


Figura 6: Distintos tipos de falla

Fuente: Estabilidad de Taludes en Carretera (Herrera García M, 2006).

b) Falla traslacional

Estas fallas por lo general consisten en movimientos traslacionales importantes del cuerpo del talud sobre superficies de falla básicamente planas, asociadas a la presencia de estratos poco resistentes localizados a poca profundidad del talud. (Heredia M., 2002)

La superficie de falla se desarrolla en forma paralela al estrato débil y se remata en sus extremos con superficies curvas que llegan al exterior formando agrietamientos. (Crespo V., 1998).

Los estratos débiles que favorecen estas fallas son por lo común de arcillas blandas o de arenas finas o limos no plásticos sueltos. Con mucha frecuencia, la debilidad del estrato está ligada a elevadas presiones de poro en el agua contenida en las arcillas o a fenómenos de elevación de presión de agua en estratos de arena (acuíferos). En este sentido, las fallas pueden estar ligadas también al calendario de las temporadas de lluvias de la región. Las fallas del material en bloque, muchas veces están asociadas a discontinuidades y fracturas de los materiales que forman un corte o una ladera natural, siempre

en añadidura al efecto del estrato débil subyacente. (Braja M., 2001).

Las fallas de una franja superficial son típicas de laderas naturales formadas por materiales arcillosos, producto de la meteorización de las formaciones originales. Se suelen provocar por el efecto de la sobrecarga impuesta por un terraplén construido sobre la ladera. En estas fallas el movimiento ocurre casi sin distorsión. (Herrera García, 2006).

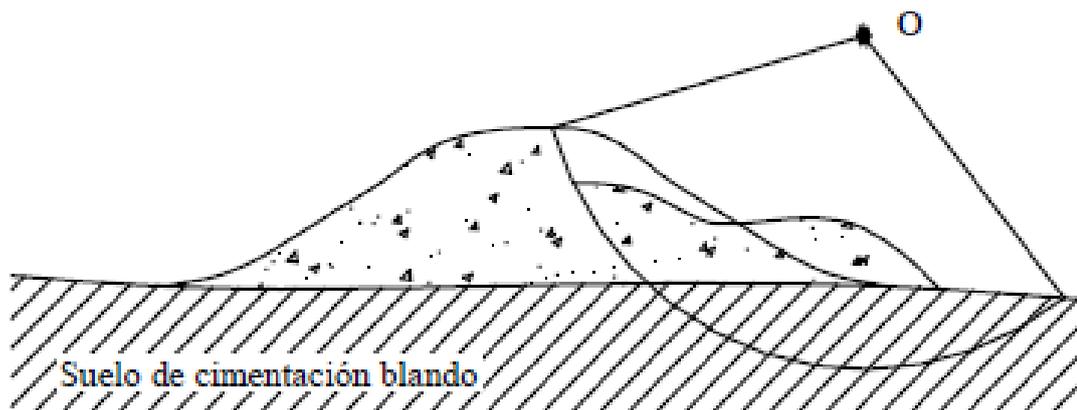


Figura 7: Falla base

Fuente: Estabilidad de Taludes en Carretera (Herrera García M, 2006)

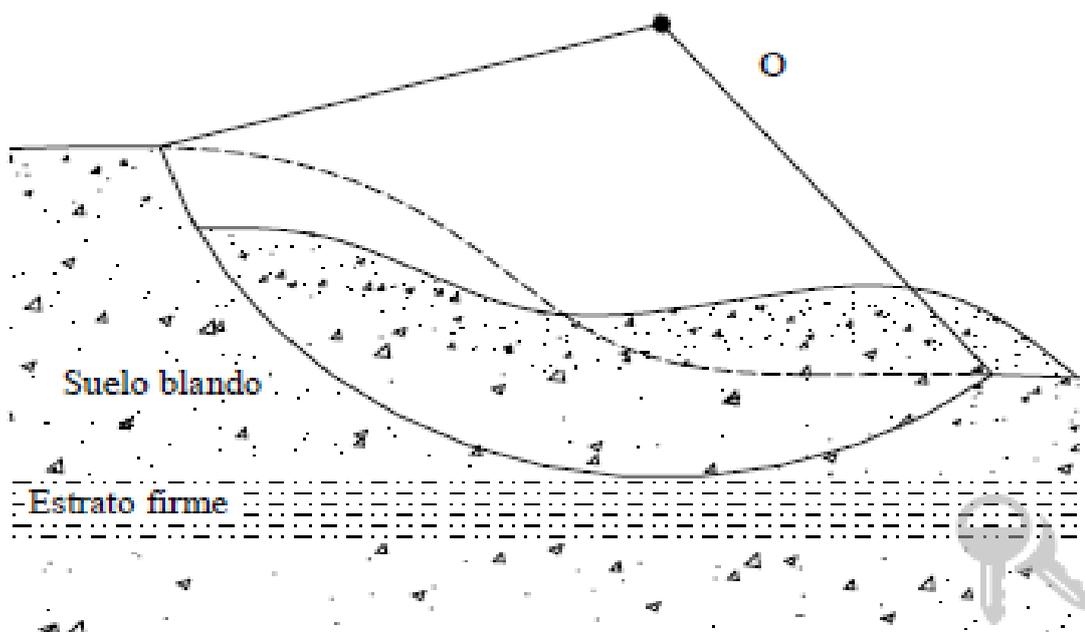


Figura 8: Falla limitada por un estrato firme

Fuente: Estabilidad de Taludes en Carretera (Herrera García M, 2006)

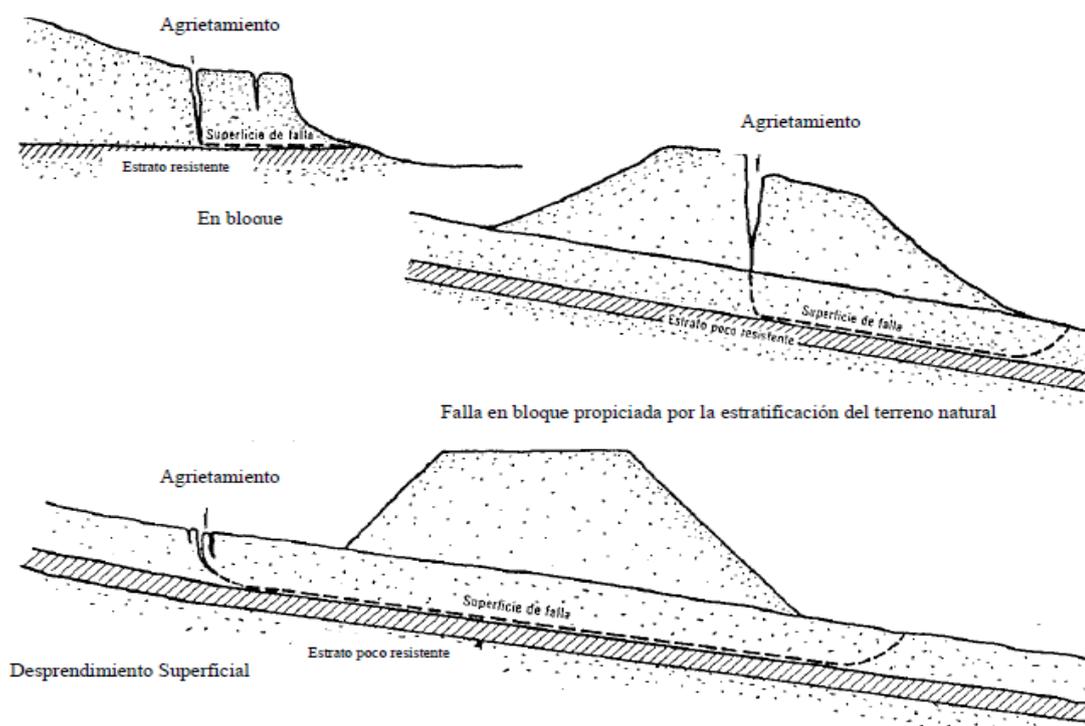


Figura 9: Tipos de Fallas Traslacionales

Fuente: Estabilidad de Taludes en Carretera (Herrera García M, 2006)

2.1.5.3 FLUJOS

Se refiere este tipo de falla a movimientos más o menos rápidos de una parte de la ladera natural, de tal manera que el movimiento en sí y la distribución aparente de velocidades y desplazamientos se asemeja al comportamiento de un líquido viscoso. (Braja M., 2001).

La superficie de deslizamiento o no es distinguible o se desarrolla durante un lapso relativamente breve. Es también frecuente que la zona de contacto entre la parte móvil y las masas fijas de la ladera sea una zona de flujo plástico. (Juárez Badillo, E; Rico Rodríguez, A., 1982).

El flujo en materiales relativamente secos comprende en primer lugar a los fragmentos de roca, desde los muy rápidos (avalancha) hasta los que ocurren lentamente. Afecta a grandes masas de fragmentos y suelen ser de catastróficas consecuencias. En segundo lugar se puede encontrar deslizamientos producidos por la licuación de la estructura de los loess,

asociados muchas veces a temblores. (Berry, Peter; Reid, David;, 1997).

Los flujos de tierra (materiales no demasiados húmedos) generalmente ocurren al pie de los deslizamientos del tipo rotacional en el cuerpo del talud. Por lo común estos deslizamientos retienen a la vegetación original, así como la estratigrafía y aspecto general de la formación en la que ocurrió el deslizamiento. (Berry, Peter; Reid, David;, 1997).

Los flujos de lodo muy rápidos se presentan muchas veces en laderas de las que se ha removido la cobertura vegetal por alguna razón comenzando en muy modestas proporciones y creciendo rápidamente transportando el suelo sobre el que pasa, formándose auténticos ríos de lodo. (Herrera García, 2006).

2.2 DEFINICIÓN GEOLÓGICA DE SUELO

En Geología comúnmente se denomina suelo al sistema estructurado con características biológicamente activas, que se desarrolla en la capa más superficial de la corteza terrestre. Entre las etapas implicadas en la formación del suelo están la disgregación o meteorización mecánica de rocas; ya sea por frío, calor, lluvia, oxidaciones, hidrataciones, y es de esta manera en que la roca es gradualmente fragmentada. Los fragmentos de roca se van mezclando con restos orgánicos: heces, organismos muertos o en etapa de descomposición, restos vegetales, así como la instalación de seres vivos sobre los sustratos orgánicos, propiciando de esta manera el enriquecimiento del sustrato. Con el paso del tiempo la estratificación de todo este conjunto de materiales da lugar a la formación del suelo. (Carrillo Hill, 1996)..

2.3 ROCA SEDIMENTARIA

Los sedimentos, son materiales formados como consecuencia de la actividad química o mecánica ejercida por los agentes de denudación sobre las rocas preexistentes, y se depositan en forma estratificada (capa por capa) en la superficie de la litosfera. La petrificación de los sedimentos a temperatura y presiones relativamente bajas, conduce a la formación de las rocas sedimentarias mediante el fenómeno de la diagénesis. (Dávila, 2000).

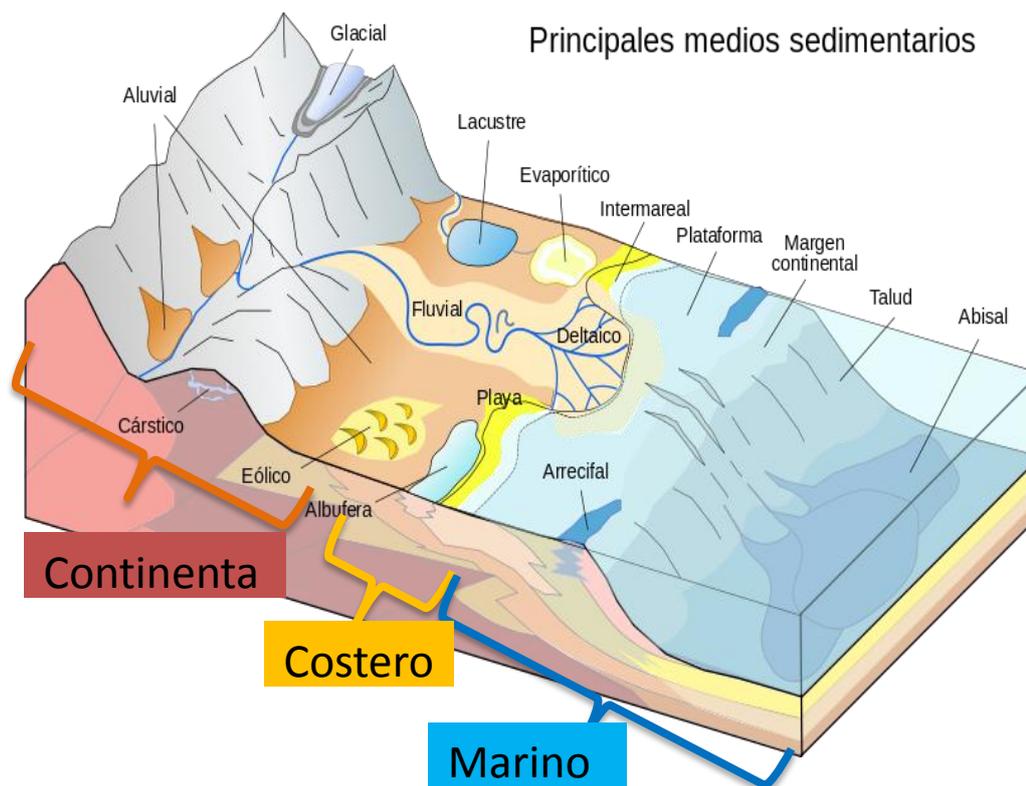


Figura 10: Principales Medios Sedimentarios

Fuente: <https://sites.google.com/a/unc.edu.pe/orbasa/archivos/geologia-estructural>

2.4 MACIZO ROCOSO

Es el conjunto de los bloques de matriz rocosa y de las discontinuidades de diverso tipo que afectan al medio rocoso. Mecánicamente los macizos rocosos son medios discontinuos, anisótropos y heterogéneos. Prácticamente pueden considerarse que presentan una resistencia a la tracción nula. (Gonzales de Vallejo, Luis I.; Ferrer, Mercedes; Otuño, Luis; Oteo, Carlos;, 2002).

2.5 FACTOR DE SEGURIDAD

Se define el factor de seguridad (FS), como el valor que cuantifica la diferencia entre las condiciones reales que presenta el talud, y las condiciones que llevan a su rotura. El factor de seguridad es el coeficiente mínimo de todos los coeficientes de seguridad asociados a todas las superficies de deslizamiento posibles. (Carnero Guzman, 2011)

La expresión del factor de seguridad viene dada por la expresión:

$$FS = \frac{\int \tau R \cdot ds}{\int \tau \cdot ds}$$

Dónde:

τR = Es la resistencia al corte máxima que se puede movilizar a lo largo de la superficie potencial de deslizamiento,

τ = Es la resistencia al corte movilizad a lo largo de la superficie potencial de deslizamiento,

ds = Es el diferencial de longitud a lo largo de la superficie de deslizamiento.

Definir el factor de seguridad con respecto a la resistencia al corte es lógico porque la resistencia al corte es la que realmente condiciona el resultado y a su vez tiene el mayor grado de incertidumbre. (Bishop A., 1955).

Para valores del factor de seguridad inferior a 1, indica que el movimiento a lo largo de la superficie de deslizamiento es posible. Si se da el caso que para distintas superficies, el valor del factor de seguridad es menor que 1, el movimiento es posible a lo largo de todas ellas. Partiendo de $FS = 1$, se calcula el ángulo máximo que puede tener un talud para ser estable, con tal de tener un margen de seguridad, el ángulo de un talud tendría que venir definido por el valor del factor de seguridad superior a la unidad. (Bishop A., W; Morgenstern N., R.,; 1960)

Como ejemplo de orden de magnitud, los valores del factor de seguridad para el cálculo de taludes son de $FS = 1.3$, para el caso de taludes temporales, y de $FS = 1.5$ para el caso de taludes definitivos. (Hoek , E. & Bray J., W;, 1981).

2.6 ROTURA CIRCULAR

La rotura curva puede ocurrir en macizos rocosos blandos competentes y en macizos muy alterados o intensamente fracturados, que presentan un comportamiento isótropo y donde los planos discontinuidad no controlan el comportamiento mecánico; en este caso, el macizo se comporta como un suelo. No obstante, la existencia de zonas singulares de debilidad y de grandes planos de discontinuidad en este tipo de macizos, como fallas, pueden

condicionar modelos de rotura con otras tipologías. Tomado de (Carnero Guzman, 2011).

2.7 ANGULO DE FRICCIÓN

Es la resistencia al deslizamiento causado por la fricción que hay entre las superficies de contacto de las partículas y de su densidad. Como los suelos granulares tienen superficies de contacto mayores y sus partículas, especialmente si son angulares, presentan una buena trabazón, tendrán fricciones internas altas. En cambio, los suelos finos las tendrán bajas. (Chaiña, 2000).

La fricción interna de un suelo, está definida por el ángulo cuya tangente es la relación entre la fuerza que resiste el deslizamiento, a lo largo de un plano, y la fuerza normal "P" aplicada a dicho plano. Los valores de este ángulo llamada "ángulo de fricción interna" ϕ , varían de prácticamente 0° para arcillas plásticas, cuya consistencia este próxima a su límite líquido, hasta 45° o más, para gravas y arenas secas, compactas y de partículas angulares. Generalmente, el ángulo para arenas es alrededor de 30° . (Chaiña, 2000).

2.8 COHESIÓN

Es la cualidad por la cual las partículas del terreno se mantienen unidas en virtud de fuerzas internas, que dependen, entre otras cosas del número de puntos de contacto que cada partícula tiene con sus vecinas. En consecuencia, la cohesión es mayor cuanto más finas son las partículas del terreno. (Chaiña, 2000).

En el análisis de las causas determinantes de la plasticidad es indispensable establecer la diferencia entre cohesión y adhesión. La adhesión es causada por la atracción de la fase líquida sobre la superficie sólida. La cohesión en un terreno húmedo es provocada por las moléculas de la fase líquida que actúa como puente o membrana entre las partículas vecinas. Tanto la cohesión como la adhesión son influenciadas por el contenido de coloides inorgánicas, resultando de esta forma correlacionada con la plasticidad. (Chaiña, 2000).

La fuerza cohesiva en un terreno según Nichols, es inversamente proporcional al porcentaje humedad de este. Como ejemplo se muestran

algunos resultados prácticos obtenidos por Nichols con terrenos preparados. (Chaiña, 2000).

Tabla 1: Valores de Cohesión con respecto a la humedad

Terreno	% de Humedad	Cohesión (c)
Arena 2/3, Arcilla 1/3	10.9	0.11
-	12.9	0.1
Arena 1/3, Arcilla 2/3	12.73	0.17
-	13.1	0.15
Arcilla	13.55	0.36
-	17.5	0.12

2.9 CRITERIO DE RUPTURA DE MOHR – COULOMB

En el siglo XVIII, Coulomb realizó ensayos de fricción en muestras de suelo y obtuvo la relación $S = C + \sigma Tg \phi$, que representa la ecuación de la recta de equilibrio plástico, o sea, donde cualquier punto representa el instante de ruptura donde τ es la tensión cizallante en el momento de la ruptura. Esta ley fue probada su validez a través de los años y es hasta hoy utilizada, dentro de ciertas condiciones (por ejemplo es una función lineal) y fue posteriormente generalizada por Mohr. (Terzaghi, Karl; Peck, Ralph, 1986).

El criterio de Mohr- Coulomb (in GOODMAN, 1989) se basa en los parámetros de cohesión (C) y ángulo de fricción (ϕ) y es representado por la ecuación: (Terzaghi, Karl; Peck, Ralph, 1986).

$$\tau = c + \sigma Tg\phi$$

Dónde:

τ = tensión cizallante

σ = tensión normal al plano de cizallamiento.

2.10 ANÁLISIS PSEUDO-ESTÁTICO DE TALUDES

En el análisis pseudo-estático se coloca sobre todos los elementos analizados en el talud una fuerza horizontal correspondiente a un coeficiente k multiplicado por el peso del elemento. (Ayala C., 1991).

Por ejemplo, para un talud infinito el factor de seguridad que se obtiene está

dado por la siguiente ecuación:

$$FS = \frac{c + (\gamma z \cos^2 \beta - k \gamma z \cos \beta \sin \beta) \tan \phi}{\gamma z \cos \beta \sin \beta + k \gamma z \cos^2 \beta}$$

Un problema que se ha analizado en el análisis pseudo-estático es la localización de la fuerza pseudo-estática. Terzaghi (1950) sugirió que la fuerza debe aplicarse sobre el centro de gravedad de cada tajada. El análisis realizado por varios autores indica que la aceleración pico aumenta de abajo hacia arriba del talud, por lo tanto la fuerza sísmica se aplica arriba del centro de gravedad. En un análisis convencional el suponer que la fuerza actúa sobre el centro de gravedad es por lo tanto un criterio conservador y razonable. (Terzaghi, Karl; Peck, Ralph, 1986).

El método utiliza el mismo procedimiento general de cualquiera de los métodos de equilibrio límite, con la diferencia de que se incluyen fuerzas pseudoestáticas horizontales y verticales, debidas al evento sísmico. Estas fuerzas sísmicas se asumen, que son proporcionales al peso de la masa de deslizamiento potencial y de los coeficientes sísmicos k_h y k_v expresada en términos de veces la aceleración g , producida por el sismo. (Terzaghi, Karl; Peck, Ralph, 1986).

2.11 INSTRUMENTACIÓN

Muchos factores que afectan la estabilidad de los taludes pueden modificar su vida activa. Cuando esas variaciones son críticas para la estabilidad, la instrumentación debe ser instalada en el talud para monitorear y para facilitar la previsión de las condiciones inestables. Los instrumentos pueden ser instalados para medir presiones de agua en los poros, flujos de percolación, movimientos del talud y presiones totales. (Ruiz V. & Gonzales H., 2002).

2.12 DESAGREGACIÓN SUPERFICIAL

Otro ejemplo de condición litológica en la inestabilidad de taludes es el caso de rocas sedimentarias, en que se alternan capas de tipos litológicos más resistentes con litologías más susceptibles de sufrir procesos erosivos y degradación. Ejemplos de este tipo de fenómeno son comunes en ciertas regiones del Perú, como en el caso del Grupo Cabanillas o Formación

Chagrapi, donde cortes en carreteras o taludes naturales sufren este proceso de inestabilización. El fenómeno, consiste, básicamente, en la desagregación (empastillamiento) de las capas de pelíticas, especialmente con la presencia de argilo-minerales expansivos como montmorillonita o montronita, siendo estas capas erosionadas, permaneciendo en suspenso lajas de arenisca o limolita más resistentes. A partir de un cierto momento, bloques de estas rocas se desprenden, en placas, cayendo hasta el pie del talud o pueden ocurrir deslizamientos. (Ayala C., 1991).

2.13 CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DEL MACIZO ROCOSOS

La clasificación de un macizo rocoso consiste en dividir al macizo en partes o sectores de determinada calidad, o igual comportamiento, para lo cual se requiere cuantificar sus propiedades. En los últimos años se alcanzó un elevado perfeccionamiento de estudios en técnicas de caracterización y clasificación de macizos y un gran refinamiento de métodos de cálculo con el uso de la computadora. (Bieniawski Z, 1979)..

2.13.1 CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DE BIENIAWSKI

Esta clasificación Geomecánica se basa en el **índice RMR “Rock Mass Rating”**, que da una estimación de la calidad del macizo rocoso, teniendo en cuenta los siguientes factores:

- ❖ Resistencia Compresiva de la roca.
- ❖ Índice de la Calidad de la Roca RQD.
- ❖ Espaciamiento de Juntas.
- ❖ Condición de Juntas.
- ❖ Presencia de Agua.
- ❖ Corrección por orientación.

Estos factores se cuantifican mediante una serie de parámetros definiéndose unos valores para dichos parámetros, cuya suma, en cada caso nos da el índice de Calidad del **RMR** que varía entre **0 – 100**.

Los objetivos de esta clasificación son:

- ❖ Determinar y/o Estimar la calidad del macizo rocoso.
- ❖ Dividir el macizo rocoso en grupos de conducta análoga.

- ❖ Proporcionar una buena base de entendimiento de las características del macizo rocoso.

Facilitar la planificación y el diseño de estructuras en roca, proporcionando datos cuantitativos necesarios para la solución real de los problemas de ingeniería. (Bieniawski Z, 1979).

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1 DESCRIPCIÓN

Para la ejecución de la investigación propuesta “EVALUACIÓN GEOTÉCNICA PARA LA ESTABILIDAD DE TALUDES DESDE LA PROGRESIVA Km. 09+000 – 18+000 DE LA OBRA: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA TRAMO I Dv. CARA CARA - LAMPA”, se hizo uso de los procedimientos metodológicos establecidos en los métodos de estabilidad de taludes que se indican a continuación, para lo cual se ha realizado una serie de actividades de campo, laboratorio y gabinete para obtener los datos de entrada requeridos por los métodos utilizados.

3.1.1 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 porque el valor del coeficiente de seguridad obtenida no dista demasiado del valor real. (Bishop A., 1955).

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 esta movilizada y el terreno se encuentra en su totalidad en equilibrio estático. (Janbú, “Application of Composite Slip Surface for Stability Analysis”, 1954).

La hipótesis básica de equilibrio límite permite la utilización de las ecuaciones de equilibrio de la estática para la determinación de los esfuerzos actuantes en la masa potencialmente inestable, el coeficiente de seguridad es calculado a través de la comparación entre los esfuerzos resistentes disponibles y aquellos esfuerzos actuantes. (Janbú, "Slope Stability Computations", 1973).

3.1.2 MÉTODOS DE EQUILIBRIO LÍMITE "BISHOP"

BISHOP desarrollo en el 1955 (in: Morgenstern, 1970) un método de rebanadas, conocido con el nombre de Método de Bishop, con las hipótesis:

- ❖ Se supone una superficie de ruptura circular
- ❖ La masa deslizante se divide en rebanadas o bloques verticales
- ❖ Se establece el equilibrio de momentos de las fuerzas actuantes en cada rebanada respecto el centro del círculo
- ❖ A partir de la condición de equilibrio de fuerzas verticales de cada rebanada se obtienen las fuerzas N (normales a la superficie de ruptura) y se sustituyen a la ecuación resultante del equilibrio de momentos.
- ❖ El Método de Bishop Simplificado ignora las tensiones tangenciales entre rebanadas. Por otro lado considera las normales (**Figura 11**).

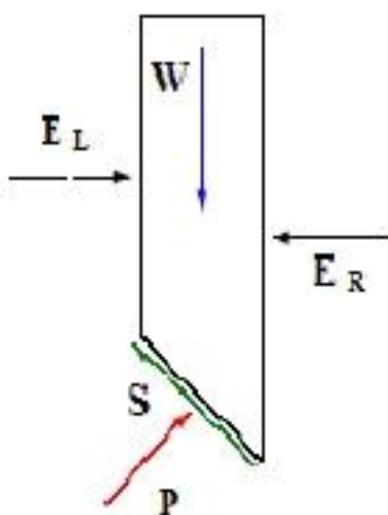


Figura 11: Representación de las fuerzas actuantes en una rebanada consideradas en el método de Bishop W cargas verticales externas, E_L y E_R las

fuerzas normales izquierda y derecha entre rebanadas; P y S son la fuerza normal y tangencial a la base de la rebanada.

Es necesario realizar varias iteraciones para obtener el valor FS y la convergencia acostumbra a determinarse rápidamente. Una vez que se obtiene el valor de Factor de Seguridad de la superficie considerada se supone una segunda superficie circular y se determina un valor de FS; y así sucesivamente hasta obtener un mínimo. Normalmente las ecuaciones se programan y se analizan círculos con diferentes radios y centros, hasta que se consigue el que proporciona un valor de factor de seguridad mínimo. (Bishop A., 1955).

El método de Bishop Simplificado puede ser aplicado también a superficies no circulares adoptando un centro de rotación virtual. Es un método adecuado para los cálculos a mano y obtener la convergencia de forma rápida.

Haciendo equilibrio de momentos al centro del círculo, se obtiene la estabilidad global y su Factor de Seguridad. Aunque el problema está sobre determinado el equilibrio horizontal no se satisface. Bishop lo analizó y mostró que el Factor de Seguridad no es especialmente sensible al valor de estas fuerzas entre elementos. El método Bishop Simplificado es ampliamente utilizado en la estabilidad de taludes en obras viales y recomendado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú, al cual nos hemos remitido para realizar los cálculos del Factor de Seguridad en el presente trabajo. (Bishop A., 1955).

3.1.3 MÉTODOS DE EQUILIBRIO LÍMITE “JANBÚ”

El método de Janbú es muy similar al método de Bishop Simplificado, pero en el caso de Janbú solo se cumple el equilibrio total de fuerzas horizontales, pero no el de momentos. El diagrama de fuerzas actuantes en una rebanada es el mismo que el diagrama para el caso de Bishop. (Janbú, “Application of Composite Slip Surface for Stability Analysis”, 1954).

El método es una de las primeras rutinas para el análisis de superficies de rotura no circulares, suponiendo que las fuerzas entre elementos son nulas; por lo tanto la expresión obtenida por la fuerza normal a las rebanadas es la misma que para el método de Bishop Simplificado. En este caso, el equilibrio de las

fuerzas horizontales proporciona un Factor de Seguridad de equilibrio de fuerzas sin considerar las fuerzas entre elementos. (F_o). (Janbú, “Slope Stability Computations”, 1973).

Para incluir el efecto de las fuerzas entre elementos al cálculo, se puede aplicar un factor de corrección (F_o), se calibro el análisis con el método de Janbú Riguroso y comprobaron que este factor solo dependía de la geometría del problema y de las características del suelo, y se puede encontrar en tablas y figuras. Como en el caso anterior, el problema está sobre determinado y el momento global de equilibrio no se satisface. Pero al igual que en el Método de Bishop Simplificado, el cálculo también puede realizarse a mano, siendo muy práctico. El Factor de Seguridad que se determina con el equilibrio de fuerzas (F_f) es más sensible a la hipótesis realizada que el Factor de Seguridad determinado con equilibrio de momentos (F_m). En el presente trabajo de investigación se ha utilizado el método de Jambú como complemento al método de Bishop Simplificado y verificar el grado de discrepancia entre ambos; habiéndose verificado que la variación del factor de seguridad calculado estaría dentro de un rango permisible menor al 10%. (Janbú, “Slope Stability Computations”, 1973).

3.1.4 MÉTODOS DE LOS ÁBACOS “HOEK & BRAY”

Los Ábacos de falla circular fueron producidos para una búsqueda de la combinación más crítica para el deslizamiento de un talud asociado a grietas de tracción, considerando la geometría del talud e incluyendo las condiciones de agua subterránea. Se crea un área de detalle en el pie del talud con una posible ubicación de la freática.

HOEK & BRAY (1981) han realizado Ábacos para casos de talud totalmente seco, totalmente saturado y para tres casos intermedios con diferentes posiciones del nivel freático. Además han asumido las siguientes simplificaciones.

- ❖ El material constitutivo del talud se considera homogéneo en toda su extensión.
- ❖ El círculo de ruptura se hace pasar siempre por el pie del talud

- ❖ Se considera la existencia de una grieta de tracción que puede ser situada por encima o por debajo de la cresta del talud.
- ❖ La situación de la grieta de tracción y del centro del círculo de rotura son las que hacen mínimo el factor de seguridad para cada talud determinado.
- ❖ Los parámetros de entrada para calcular el factor de seguridad son

H = Altura del talud

C = Cohesión del terreno

Φ = Angulo de rozamiento interno

γ = Peso específico del terreno

α = Angulo del talud

El método de los Ábacos de HOEK & BRAY (1981), han sido utilizados como medida de comprobación de los factores de seguridad calculados con los métodos de Bishop Simplificado y de Jambú lo cual muestra una estrecha correlación entre los tres métodos utilizados. (Hoek , E. & Bray J., W;, 1981).

3.1.5 MÉTODOS DE ANÁLISIS “CINEMÁTICO”

Varios son los métodos para el análisis de estabilidad de taludes en macizos rocosos, algunos más expeditos, otros más elaborados, siendo el uso de uno u otro, función principalmente del número de informaciones obtenidas, tiempo y disponibilidad de recursos.

El análisis Cinemático por medio de proyecciones estereográficas, es el medio más rápido de obtener informaciones de la posibilidad de ocurrencia de inestabilidad. El conocimiento de las actitudes de las continuidades y del plano del talud son los únicos datos necesarios para la evaluación. Los principios y técnicas para el uso de la red estereográfica, ploteó de datos y análisis son abordados en varios trabajos de (Hoek , E. & Bray J., W;, 1981).

Una vez identificada la junta o las familias más desfavorables a través del uso de las proyecciones estereográficas, se ejecuta el análisis de estabilidad del plano de ruptura potencial, generalmente por el método de equilibrio limite tomando en consideración los parámetros de resistencia, cohesión y ángulo de

fricción de la superficie de ruptura, presión de agua y otros factores que pueden afectar la estabilidad. (Hoek , E. & Bray J., W;, 1981).

3.2 DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES

Para cumplir con la investigación propuesta, el equipo de trabajo se constituyó al campo con los recursos necesarios para cumplir con las metas de trabajo. Se efectuó una evaluación detallada para verificar el estado del material que conforman los taludes de corte y determinar las causas de su inestabilidad según la metodología propuesta en el flujograma que se adjunta, y las diferentes actividades que se indican a continuación.

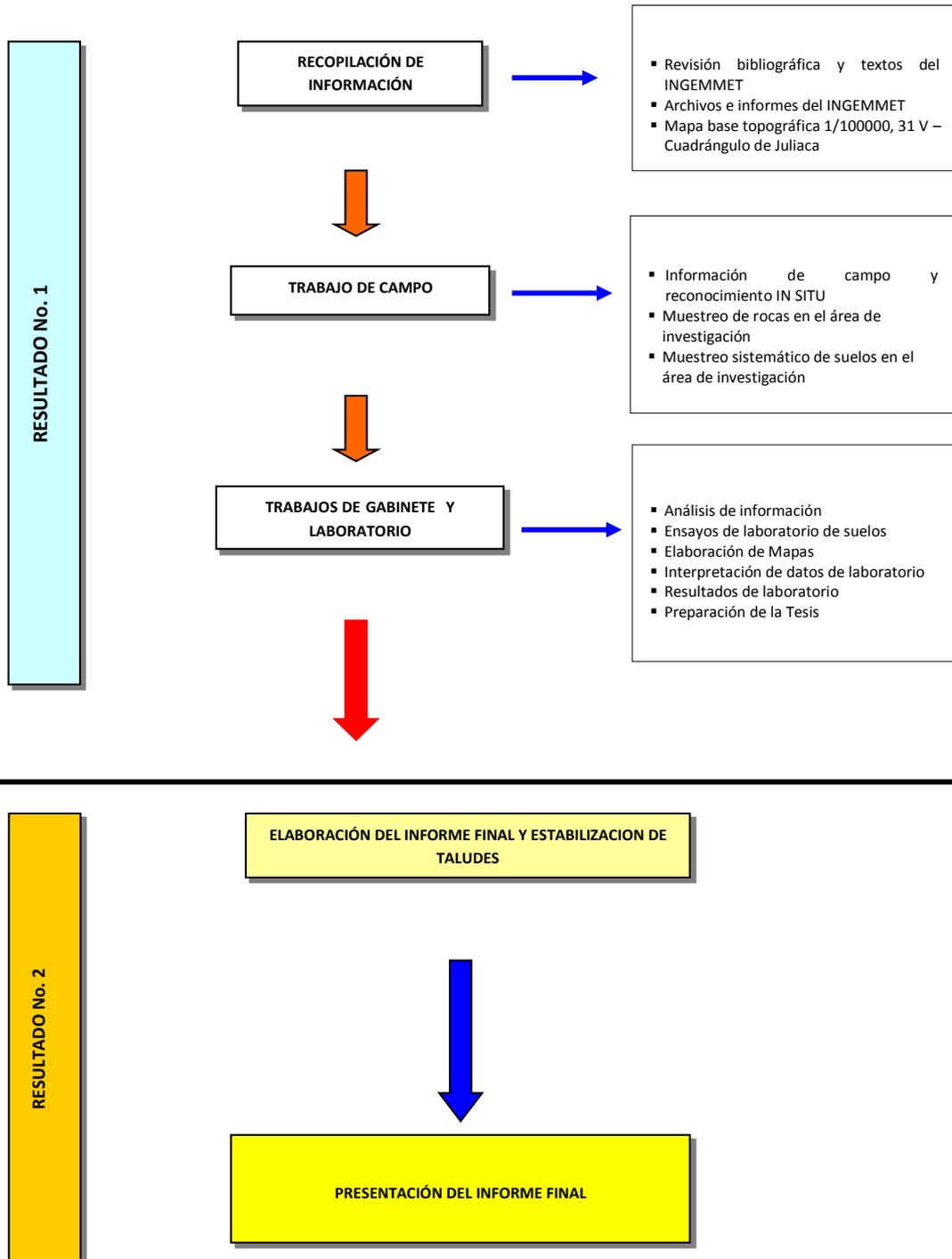


Figura 12: Flujograma que resume en forma esquemática la metodología empleada para la realización del presente proyecto de investigación.

Fuente: Elaboración propia.

Complementariamente a la metodología indicada en el flujograma se realizaron las siguientes actividades.

- ☞ Recopilación de información Geológica, mapa base topográfica a 1:100000 del cuadrángulo 31 – v de Juliaca; para la posterior preparación y delineación del área de trabajo.
- ☞ Revisión bibliográfica sobre estabilidad de taludes.
- ☞ Trabajo de campo, inicia con el reconocimiento “IN SITU” del área de investigación.
- ☞ Extracción de muestras de roca para describir macroscópicamente y suelo para realizar los ensayos de laboratorio.
- ☞ Extracción de muestras de suelo para realizar los ensayos estándares en laboratorio.
- ☞ Tratamiento de datos recopilados con el software AutoCAD 2012, SLIDE v. 6.0, DIPS v. 6.0 de Rocsciense.
- ☞ Análisis e interpretación de resultados.
- ☞ Redacción del informe final de investigación.

3.3 TRABAJO DE CAMPO

Se realizó inspecciones de campo con el propósito de observar e identificar las características y rasgos geológicos principales. Para la evaluación del sector comprometido se han considerado los resultados obtenidos de diferentes análisis, con muestras extraídas de taludes críticos, reportados por el laboratorio de Mecánica de Suelos y control de calidad de la obra: “MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA TRAMO I Dv. CARA CARA – LAMPA”; con esta información se ha determinado por correlación los parámetros de resistencia del material (ángulo de fricción y la cohesión); también se ha determinado la densidad de campo del suelo que constituyen los taludes de corte.

3.4 INSTRUMENTOS UTILIZADOS

El trabajo de investigación se ha realizado con los siguientes equipos e instrumentos de Laboratorio los cuales son:

- ☞ Brújula Brunton
- ☞ Wincha

- ☞ Martillo de geólogo
- ☞ Tamices estándares para ensayo granulométrico del laboratorio de mecánica de suelos y control de calidad de la obra: “MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA TRAMO I Dv. CARA CARA – LAMPA”.
- ☞ Horno estándar para secado de muestras del laboratorio de mecánica de suelos y control de calidad de la obra: “MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA TRAMO I Dv. CARA CARA – LAMPA”.
- ☞ Balanza electrónica para pesaje de muestras del laboratorio de mecánica de suelos y control de calidad de la obra: “MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA TRAMO I Dv. CARA CARA – LAMPA”.
- ☞ Cuchara de Casagrande del laboratorio de mecánica de suelos y control de calidad de la obra: “MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA TRAMO I Dv. CARA CARA – LAMPA”.
- ☞ Software utilizado para Ingeniería: AutoCAD 2012
- ☞ Software utilizado para estabilidad de taludes: DIPS v. 6.0, SLIDE v. 6.0:

3.5 EVALUACIÓN DE SUELOS DE FUNDACIÓN

3.5.1 EXPLORACIÓN DE CAMPO

El propósito de la exploración del subsuelo es obtener información que pueda ayudar en lo siguiente: conocer el tipo de suelo presente en la fundación, estimaciones de los posibles asentamientos en el terraplén, determinación de los problemas potenciales en la cimentación, suelos expansivos, suelos compresibles, establecimiento del nivel freático, establecimiento de los métodos de construcción debido a cambios en las condiciones del subsuelo. (Whitlow, 1998)..

3.5.2 ENSAYOS DE LABORATORIO

Con las muestras obtenidas se realizaron ensayos estándar de clasificación de suelos y de propiedades físicas consistentes en: Humedad Natural, Análisis Granulométrico, Límites de Atterberg (Limite Líquido y Limite Plástico), Proctor

Modificado, California Bearing Ratio (CBR), Clasificación SUCS, Clasificación AASHTO. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 1999).

3.5.2.1 CONTENIDO DE HUMEDAD

El ensayo de contenido de humedad está circunscrito dentro de la norma ASTM D – 2216, y esta consiste en determinar la relación del peso del agua en una muestra de suelo, para lo cual se procede tomando una porción de muestra de suelo, para lo cual se procede tomando una porción de muestra de suelo en una bolsa y luego sellarla herméticamente, para posteriormente en el laboratorio pesar la muestra y colocarla en un horno a 105°C, luego de 24 Horas se saca la muestra del horno, dejándose enfriar y procediéndose con un nuevo pesaje (peso del suelo seco).

La expresión utilizada para la determinación del contenido de humedad (W%) es la siguiente: (Braja M., 2001).

$$W\% = \frac{W_{agua}}{W_{suelo - seco}} * 100$$

3.5.2.2 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Mediante esta prueba se determinara la cantidad de los diferentes tipos de material existentes en una muestra de suelo. Ensayo que se inicia con la toma de una porción de muestra alterada procediéndose posteriormente con la medición del peso húmedo de la muestra y dejando secar ésta en el horno a 105 °C durante 24 horas, para luego volver a medir el peso de la muestra e iniciar el lavado de la muestra con ayuda del tamiz N° 200, es decir descartando todo aquel material que pasa por la malla citada, luego se procederá a enviar la muestra nuevamente al horno a 105 °C durante 24 horas, para el día siguiente volver a pesar la muestra y tamizarla por los tamices que especifica la Norma ASTM – D421, y determinar de esta manera las cantidades de los componentes del suelo retenidos en cada una de las mallas, obteniéndose de esta manera los pesos secos de la muestra, por cada tamiz. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013) , 2013).

Tabla 2: Tamaño de las partículas en Suelos más comunes

Nombre de Suelo	Termino Cualitativo	Tamaño de Partículas (mm)
Boleos		Superior a 200
Cantos Rodados (guijarros)		60 - 200
Grava	Gruesa	20 – 60
	Media	6 – 20
	Fina	2 – 6
Arena	Gruesa	0.6 – 2
	Media	0.2 – 0.6
	Fina	0.06 – 0.2
Limo	Gruesa	0.02 – 0.06
	Media	0.006 – 0.02
	Fina	0.002 – 0.002
Arcilla		Inferiores a 0.002

3.5.2.3 LÍMITE LÍQUIDO

El limite liquido es el contenido de humedad del suelo en que este pasa de ser líquido a plástico. Para lo cual se procede tamizando la muestra por el tamiz N° 40; luego se satura en agua durante 24 horas, para que la muestra adquiera una humedad uniforme. (Braja M., 2001).

Se prosigue, batiendo la muestra e incrementando la cantidad de agua hasta alcanzar una consistencia pastosa uniforme; de donde se toma una porción de muestra con la espátula, para ser colocada en la cuchara de Casagrande, luego de ser enrazado (horizontalmente) cuidadosamente se traspasa el ranurador por medio de la muestra ubicada en la cuchara. Continuándose con el conteo de los golpes realizados por el instrumento, hasta alcanzar un cierre en la ranura. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 1999).

Para el ensayo del Limite Liquido Norma ASTM D4318, desarrollado con la cuchara de Casagrande, se busca el número de golpes que cierre la ranura, entre los siguientes intervalos, primero de 40 a 30 golpes (ideal 35 golpes); segundo de 30 a 20 golpes (ideal 25 golpes); tercero de 20 a 10 golpes (ideal

15 golpes). Procurándose obtener una gráfica con el menor cambio de pendientes en las líneas, producto de la interrelación del Límite Líquido y el Número de Golpes empleado para cada caso. (Lambe W., T.; Whitman , Robert;, 1995).

Posterior al proceso desarrollado con la cuchara de Casagrande, se determinara el contenido de humedad para cada uno de los casos antes descritos. Determinándose posteriormente el Límite Líquido de la muestra mediante la intersección de la gráfica con la abscisa que indica 25 golpes, determinándose de esta manera el límite líquido en las ordenadas de la gráfica. (Braja M., 2001).



Figura 13: Cuchara de casagrande para determinar Límite Líquido

Fuente: <http://ocw.unican.es/enseñanzas-tecnicas/geotecnia-i/practicas-1/ensayo-limite-liquido>.

3.5.2.4 LÍMITE PLÁSTICO

Mediante la obtención del Limite Plástico Norma ASTM D4318, se obtiene el contenido de humedad de la muestra, que indica el punto en el cual la muestra pasa de un estado plástico a un estado sólido semiplástico. Iniciándose la prueba con el material pastoso, restante del ensayo de Límite Líquido.

Se toma un pedazo de suelo y luego de amasarlo con la mano, se forma un cilindro con la palma de la mano de aproximadamente 3mm, sobre el vidrio plano sin pulir hasta que se observe en la muestra un agrietamiento, momento en el cual ha de tomarse las muestras para la determinación del contenido de humedad en esas circunstancias. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 1999).



Figura 14: Determinación de Límite Líquido

Fuente: <http://ocw.unican.es/enseñanzas-tecnicas/geotecnia-i/practicas-1/ensayo-limite-plastico>.

3.5.2.5 ÍNDICE DE PLASTICIDAD

El Índice de Plasticidad de un suelo es la diferencia entre su Límite Líquido y su Límite Plástico. Cuando el Límite Líquido o el límite Plástico no puedan determinarse, el Índice de Plasticidad se informará con la abreviatura NP (No Plástico).

- Así mismo, cuando el Límite Plástico resulte igual o mayor que el Límite Líquido, el Índice de Plasticidad se informará como NP. Rango de contenido de Humedad en el cual el suelo tiene un comportamiento Plástico. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 1999).

3.5.2.6 CLASIFICACIÓN DE SUELOS SUCS

Existen varios métodos de clasificación de suelos el cual todos son de interés primordial utilizan los Límites de Atterberg (Límite Líquido y Plástico). Con un análisis total o parcial de Granulometría. En la tabla N° 2.2; se muestra la simbología de la clasificación SUCS. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2000).

Tabla 3: Simbología de Suelos SUCS

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
G	Grava
S	Arena
M	Limo
C	Arcilla
O	Orgánico
H	Alta plasticidad
L	Baja plasticidad
P	Mal graduado
W	Bien graduado

FUENTE: Modificado de Lambe y Whitman, 1981.

Tabla 4: Simbología y Clasificación de Suelos SUCS

DIVISIONES MAYORES		SIMBOLO DE GRUPO	NOMBRES TIPICOS	CRITERIOS DE CLASIFICACION PARA SUELOS GRANULARES			
Suelos de grano grueso (mas del 50 % del material es mayor en tamaño que el tamiz No 4)	Gravas (mas de la mitad de la fracción gruesa es mayor que el tamiz No 4)	Gravas Limpias (poco o ningun fino)	GW	Gravas bien gradadas, mezclas gravosas, poco o ningun fino	Cu > 4 1 < Cc < 3		
			GP	Gravas pobremente gradadas, mezclas grava-arena, pocos o ningun fino	No cumple todos los requisitos de gradacion para GW		
		Gravas con finos (cantidad apreciable de finos)	GM	Gravas limosas, mezcla grava- arena-limo	Límites de Atteberg por debajo de la línea A o lp < 4	A los materiales sobre la línea A con 4 < lp < 7 se considera de frontera y se les asigna doble símbolo	
			GC	Gravas arcillosas, mezcla gravo-areno-arcillosas	Límites de Atteberg por encima de la línea A ó lp > 7		
	Arenas (mas de la mitad de la fracción gruesa es menor que el tamiz No 4)	Arenas Limpias (poco o ningun fino)	SW	Arenas bien gradadas, arenas gravosas, pocos o ningun fino	Cu > 6 1 < Cc < 3		
			SP	Arenas pobremente gradadas, arenas gravosas, pocos o ningun fino	No cumple todos los requisitos de gradacion para SW		
		Arenas con finos (cantidad apreciable de finos)	SM	Arenas limosas mezcla de arena-limo	Límites de Atteberg por debajo de la línea A ó lp < 4	Si el material está en la zona sombreada con 4 < lp < 7 se considera de frontera y se les asigna doble símbolo	
			SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla	Límites de Atteberg por encima de la línea A ó lp > 7		
Suelos de grano fino (mas del 50 % del material pasa el tamiz No 200)	limos y arcillas (Limite liquido wl<50)	ML	Limos inorgánicos y arena muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas, o limos arcillosos con poca plasticidad	1, Determinar el porcentaje de arenas y gravas de la curva granulometrica. 2, Dependiendo del porcentaje de fino (fracción menor que el tamiz No 200 los suelos gruesos se clasifican como sigue: Menos del 5% - GW, GP, SW, SP Mas del			
		CL	Arcillas inorganicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras.				
		OL	Limos organicos, arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad				
	limos y arcillas (Limite liquido wl>50)	MH	Limos inorganicos, suelos limosos o arenosos finos micaceos o diatomaceos, suelos elasticos.				
		CH	Arcillas organicas de alta plasticidad, arcillas grasas.				
		OH	Arcillas organicas de plasticidad media a alta, limos orgánicos				
	Suelos Altamente orgánicos	Pt	Turba o otros suelos altamente organicos				

FUENTE: Modificado de Lambe y Whitman, 1981.

3.5.2.7 CLASIFICACIÓN DE AASHTO

El sistema de clasificación de suelos de la “American Association of State Highway and Transportation Officials” es el más utilizado en la práctica para construir carreteras. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 1999).

La tabla que viene a continuación muestra la distribución que hace el sistema divide los materiales en siete grupos principales con varios subgrupos.

La tabla muestra el análisis según mallas así como el Limite Liquido e Índice de Plasticidad de las fracciones que pasan la malla N° 40. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2000).

El Índice de grupo indica la idoneidad de un suelo determinado para construir explanaciones. El Índice de un grupo igual a “0” índice un material bueno mientras que un Índice a “20” indica un material deficiente. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2000)

Tabla 5: Clasificación de Materiales de Soporte (AASHTO)

CLASIFICACION GENERAL	MATERIALES GRANULARES (35% O MENOS DEL TOTAL PASA EL TAMIZ NO 200)							MATERIALES LIMO-ARCILLOSOS (MAS DEL 35% DEL TOTAL PASA EL TAMIZ No 200)				
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
CLASIFICACION DE GRUPO	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
Porcentaje de material que pasa el tamiz												
No 10	50 max											
No 40	30 max	50 max	51 min									
No 200	15 max	25 max	10 max	35 max	35 max	35 max	35 max	36 min	36 min	36 min	36 min	36 min
Características de la fraccion que pasa el tamiz No 40												
Limite líquido				40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min	41 min
Indice plástico	6 max	6 max	N.P.	10 max	10 max	11 min	11 min	10 max	10 max	11 min	11 min	11 min
Indice de Grupo	0		0	0		4 max		8 max	12 max	16 max	20 max	20 max

Fuente: Modificado de Lambe y Whitman, 1981.

CAPITULO IV

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN

4.1 UBICACIÓN

El área de trabajo se encuentra ubicado al Noreste (NE) del Departamento Puno, Provincia y Distrito de Lampa de la carretera Juliaca – Ayaviri (Desvío Cara Cara - Lampa), localizándose a 09 Km de dicho desvío, a una altitud de aproximadamente de 3 800 – 4 000m.s.n.m. La extensión del área de estudio comprende desde la progresiva Km. 09+000 – 18+000, tiene una longitud de 09+000 Km.

Políticamente el área de investigación se encuentra ubicada de la siguiente manera:

Cuadro 1: Ubicación Política

Ubicación política	
Departamento	Puno
Provincia	Lampa
Distrito	Lampa
Paraje	A Km 09+000 de Desvío Cara Cara – Lampa (carretera Juliaca – Ayaviri)

Fuente: Elaboración propia

Geográficamente se ubica entre las coordenadas siguientes:

GEOGRÁFICA:

Latitud Sur: 14° 43' 47" y 14° 49' 54"

Longitud Oeste: 70° 30' 22" y 70° 23' 39"

UTM:

Cuadro 2: Coordenadas UTM en WGS 84

Vértice	Este	Norte
V – 1	352000	8312000
V – 2	358000	8312000
V – 3	358000	8302000
V – 4	352000	8302000

Fuente: Elaboración propia

4.2 ACCESIBILIDAD

El área de investigación es accesible a través de dos carreteras, por vía asfaltada Juliaca – Ayaviri (desvío Cara Cara - Lampa), por el otro extremo carretera asfaltada Juliaca – Lampa y por vía afirmado Lampa – Desvío Cara Cara Km 09+000.



Figura 15: Imagen satelital del área de Investigación del Km. 09+000 - 18+000, Carretera Dv. Cara Cara – Lampa.

Cuadro 3: Vía de acceso

Vía	De	A	Km	Tiempo (Hrs)	Tipo de Vía
Terrestre	Lima	Arequipa	1009	14:00	Asfaltado Panamericana Sur
Terrestre	Arequipa	Juliaca	262	04:00	Asfaltado Panamericana Sur
Terrestre	Puno	Juliaca	45	00:45	Asfaltado Panamericana Sur
Terrestre	Juliaca	Ayaviri	96	01:30	Asfaltado Panamericana Sur
Terrestre	Juliaca	Desvío Cara Cara - Lampa	55	01:00	Asfaltado Panamericana Sur
Terrestre	Desvío Cara Cara - Lampa	Km. 09+000 - 18+000	9	00:30	Carretera Afirmada
Recorrido Total				21:45	

Fuente: Elaboración propia

También se puede acceder vía aérea desde la ciudad de Lima hasta la ciudad de Juliaca en un recorrido de tiempo en 2:15 horas, posteriormente se prosigue por vía terrestre desde la ciudad de Juliaca hasta el Desvío Cara Cara – Lampa Km 09+000.

4.3 ASPECTOS CLIMÁTICOS

El clima es generalmente seco, siendo Junio, Julio y Agosto; los meses más fríos corresponden al invierno, mientras que las lluvias moderadas se presentan en Octubre y Marzo. Las temperaturas más frías alcanzan hasta -15°C bajo 0 en invierno, mientras que las más altas llegan a los -17°C bajo 0.

Las características climáticas de Lampa - temperatura, humedad y la precipitación promedio anual es de 651.44 mm, son determinados por los pisos altitudinales en el que se encuentran. Es necesario señalar que la zona se halla fuera de la influencia termorreguladora del lago; por lo que se expone a fuertes heladas y precipitaciones de nieve y granizo. En esta zona se puede apreciar en su verdadera magnitud y belleza los diversos fenómenos naturales y meteorológicos como la lluvia, granizada, la nevada, los rayos, truenos y relámpagos; el arco iris, variedad de nubes (cirros, cúmulo, estratos, nimbos).

4.4 FLORA Y FAUNA

La vegetación es abundante, sin embargo aparecen pastos naturales en las partes bajas, principalmente en aquellos lugares un tanto más bajos y húmedos. Estos pastizales que constituyen el uso actual de los suelos tienen

una satisfactoria capacidad de regeneración para alimentación de ganado lanar y vacuno.

No obstante, gran parte de la zona de trabajo son suelos residuales, es decir con abundante vegetación. La composición botánica, varía en función a la cantidad presente de agua, época, contenido de sales tanto en el suelo como en el agua. Según la evaluación se registró las siguientes especies: *Stipa ichu* (ichu), arboles (Keñua), Arbustos entre otros.

Las condiciones climáticas y bastante pastos naturales sirve de alimentos en la zona de trabajo con condiciones de vida, siendo el hábitat relativamente alto, y entre las especies predominantes en la zona tenemos la familia de los camélidos como son *Lama Glama* (llama) y *Lama Pacos* (alpaca), *Hippocamelus Antisensi* (taruca), *Felis Concolor* (puma), vizcacha, zorro andino, y entre las aves se tiene una variedad de pájaros, perdices, huallatas, entre otros.



Figura 16: En la fotografía se observa la Flora y Fauna típica de la zona de trabajo Dv. Cara Cara – Lampa.

4.5 GEOLOGÍA REGIONAL

4.5.1 FORMACIÓN CALAPUJA (O - ca)

La formación Calapuja deriva su nombre del pueblo Calapuja, en el cuadrángulo de Juliaca. La sección tipo fue descrito por LAUBACHER en Buena Vista 2.5 Km. al SSE de Calapuja en la forma siguiente:

- ❖ Lutitas arenosas con una docena de intercalaciones gruesas (50-100m) de cuarcitas masivas, blancas y a veces rojizas.
- ❖ Areniscas finas y limolitas poco estratificadas y muy alteradas, conteniendo nódulos con trilobites. En la parte superior de estas areniscas se encuentra una fauna bien preservada compuesta de trilobites, crinoideos, briozoarios, gasterópodos, lamelibranquios y pelecípodos.
- ❖ Lutitas grises con delgadas, intercalaciones de areniscas en la base y numerosas concreciones dolomíticas con pelecípodos. Arenisca en capas gruesas. (INGEMMET, 1993).

4.5.2 FORMACIÓN CHAGRAPI (SD - ch)

Con este nombre Klinch, B., Palacios O. et al (1993) denominan a una secuencia pelito – samitico del Siluro – Devoniano que aflora en los alrededores de la Hacienda del mismo nombre, en el cuadrángulo de Juliaca. Así mismo De la Cruz, N (1995) la cartografía en el sector Norte del cuadrángulo de Azángaro.

La litología en general de la formación Chagrapi está caracterizado por el dominio de latitas y limonitas intercaladas con areniscas en estratos laminares y delgados que presentan una erosión uniforme que determinan superficies bien contorneadas.

Sobre las areniscas cuarcitas blanquecinas de la formación Calapuja expuestas al Noreste de los cerros Alcamarine y Cacasara, en aparente discordancia angular se encuentra una secuencia monótona y persistente de lutitas grisáceas claras en estratos laminares de fractura astillosa, alcanza un espesor mayor de 500m, presenta algunos estratos de lutita negra grisácea,

con láminas diminutas de mica paralelas a la estratificación y lutitas limoníticas en capas laminares con nódulos redondeados duros de naturaleza ferrosa y/o de manganeso. Sobre la secuencia descrita se tiene más de 70m, aproximadamente de areniscas cuarzosas de color marrón verdosos en estratos de 10 a 20 cm de espesor; en los que intercalan estratos de lutitas y limolitas de marrón grisáceo. En su parte media superior la secuencia contiene abundante fauna marina, siendo común encontrar estructuras de cono en cono de diferentes tamaños. (INGEMMET, 1993).

4.5.3 GRUPO AMBO (M - a)

Nombre denominado por Newell, N; Chronic, J. y Roberts, T. (1949) para una secuencia cuya su localidad típica aflora en los alrededores de Ambo en el departamento de Huánuco, en el altiplano fue descrita por Klinck y O. Palacios et al (1993) en el cuadrángulo de Puno, Natalio de la Cruz en el cuadrángulo de Azángaro (1995). El Grupo Ambo consiste de una secuencia clástica samito - pelítica y de ambiente continental que sobreyace en aparente continuidad sobre la secuencia pizarrosa de la Formación Ananea.

Los afloramientos del Grupo Ambo ocupan una considerable extensión areal y tiene una dirección NO – SE.

Esta unidad genera un relieve de formas moderadas a abruptas dependiendo de la estructura que esté formado, cuando forma cuevas los cerros son elevados con fuertes laderas escarpadas; litológicamente se ha diferenciado dos secuencias, una **Inferior** que consiste en una intercalación algo monótona de limoarcillitas con areniscas en una proporción de 2:1 aproximadamente, las limoarcillitas contiene micas y se presentan laminadas en estratos de más de 1.00 m de espesor. Con excepción de aquellas areniscas que presentan bandas ferruginosas en la que toma un color rojo brunáceo, los estratos varían 0.15 y 0.90m de espesor, algunas capas tienen laminación interna, las areniscas contienen estructuras de paleocorrientes truncadas por otras capas subhorizontales y se encuentran alineadas lateralmente en un solo nivel. Además por su posición estratigráfica infrayacente al Grupo Tarma. (INGEMMET, 1993).

4.5.4 GRUPO MITU (PS - m)

El Grupo Mitu del Pérmico Superior, definido en el Perú central, por Mc Laughlin, D. (1924), y descrito Newell et al (1953) y Megard (1973), quienes denominaron como tal a un conjunto de depósitos continentales volcánico – detríticos de espesor muy variable.

En el Sur del país, el Grupo Mitu tiene un gran desarrollo, sobre todo a lo largo del frente SO de la cordillera oriental datados por su situación entre el Leonardiano inferior y el Triásico Inferior por Klinck y otros 1993, quienes han subdividido a la secuencia volcánico – sedimentaria continental.

Este Grupo Mitu da origen a una topografía escarpada de relieve abrupto y picos elevados de fuerte pendientes. Presenta un color de cobertura violácea sirviendo como guía de su identificación a distancia, ocasionalmente presenta gruesos farallones de paredes casi verticales. La secuencia de origen volcánico está compuesta por una sucesión gruesa de derrames lávicos, constituida por lavas andesíticas de textura porfiritica y gruesos cristales de plagioclasas. Presentan algunas intercalaciones de brechas y algunas pizarras. Es posible observar lavas basálticas de textura afanítica con microcristales de plagioclasas alteradas.

El espesor de este Grupo es de aproximadamente de 1000m, el Grupo Mitu esta sobreyaciendo con discordancia angular al Grupo Copacabana relación que puede ser observada en el Abra de Usicayos. (INGEMMET, 1993).

4.5.5 GRUPO ISCAY (P - is)

El Grupo deriva su nombre del cerro Iscay Pucara, cuadrángulo de Juliaca y puede ser designado como el área tipo para este grupo. La mejor sección está en los farallones del lado SO del cerro Iscay Pucara donde forman el flanco Oeste de un sinclinal abierto con rumbo NO-SE. También son observados pequeños afloramientos delimitados por fallas, en la sección Lampa – Abra Lampa.

El contacto basal con el Grupo Mitu es una superficie de erosión ya que los clastos de areniscas abigarradas típicas del Mitu están incluidos en las brechas basales del Grupo Iscay. Al Oeste de Juliaca y cerca de la Hacienda Tariachi,

las lavas de este Grupo descansan directamente sobre el Grupo Ambo. El contacto superior es una discordancia erosional cubierta por la Formación Arenisca Angostura de edad Cretácea.

Este Grupo puede ser dividido aproximadamente en dos litologías principales; una **secuencia inferior** de flujos de lava que producen un tono pálido y trazas de capamiento espaciado estrechamente sobre las fotografías aéreas, y una **unidad superior** robácea que ocasiona tonos más pálidos, intemperiza formando pináculos y trazas de estratificación fina y está cubierta por una vegetación espesa. (INGEMMET, 1993).

4.5.6 FORMACIÓN HUANCANÉ (K - hu)

El nombre de esta Formación fue introducido por Newell (1945; 1949) dando una buena sección tipo en el presente estudio la mejor sección se ha dado a Cerro Viscachane al Sur de Huancané.

La Formación aflora en un trecho en el borde NE del Lago Titicaca donde el afloramiento esta repetido varias veces debido a fallamiento inverso de alto ángulo. Descansa en conformidad sobre la Formación Muni donde hay un contacto de gradación rápida de una sucesión fangolítica a una sucesión exclusivamente de areniscas cuarzosas. La potencia es estimada entre 400 y 500m, aparentemente adelgaza localmente a 250m en le NO del Cuadrángulo de Huancané en el Cerro Huayncare. En profundidad al NE del afloramiento parece que la Formación esta solapada por las Formaciones Moho y Arenisca Cotacucho (NEWELL, 1949).

Los valores del ángulo de buzamiento que van entre 30° y 60° dan lugar a afloramientos en forma de espinazos lineares escarpados hasta de 400m de altura. Localmente entre Huancané y Moho hay dos escarpas principales con un valle en medio debido a la erosión de una capa con un cemento más débil. La expresión fotogeológica es generalmente buena sin embargo allí donde las areniscas no están bien cementadas pueden ser confundidas con una unidad fangolítica. (INGEMMET, 1993).

4.5.7 FORMACIÓN AYAVACAS (K - ay)

Deriva su nombre de la localidad de Ayavacas en el cuadrángulo de Juliaca en la carretera Juliaca – Taraco, el término fue introducido por CABRERA Y PETERSEN (1936) para una secuencia de calizas y capas rojas. La unidad fue mapeada por NEWELL (1949) y en el presente estudio se le asigna por primera vez la categoría de Formación. En la sección tipo NEWELL (1949), considera apropiado incluir al Grupo Moho de NEWELL dentro de la Formación Ayavacas.

A esta Caliza se le ha asignado edad Cretáceo Medio (Albiano), por lo tanto, pertenece a las Calizas Ayavacas y es correccionable con las Calizas del Grupo Moho (INGEMMET, 1993).

Esta unidad calcárea está constituida principalmente por Calizas grises claras a oscuras y gris parduzco, algo dolomíticas; masivas en bloques compuestos de estratos gruesos y delgados con moderada alteración por el intemperismo superficial y fracturamiento medio. (INGEMMET, 1993).

4.5.8 GRUPO PUNO (T - pu)

GERTH (1915) describió por primera vez unas capas rojas areniscas y conglomerados, los cuales afloran inmediatamente al NO de la ciudad de Puno. Luego CABRERA LA ROSA Y PETERSEN (1936) le da el nombre de Formación Puno posteriormente estos sedimentos fueron mapeados ampliamente en la región del altiplano por NEWELL (1949), quien dio a la unidad de categoría del Grupo.

El término “Grupo Puno” es usado como lo definió NEWELL (1949) e incluye una gruesa acumulación de sedimentos arcósicos de facies continentales rojizos, mal clasificados, los cuales se acumularon en cuencas de subsidencia rápidas durante el Cretáceo Superior y el Terciario. El Grupo puede incluir dos o más unidades de distinta edad, pero solamente ha sido posible realizar una subdivisión informal durante el presente estudio.

Dentro del área del proyecto, el Grupo Puno aflora en el Altiplano y la Cordillera Occidental a lo largo de dos tramos principales, una se extiende con una orientación NO – SE a lo largo del margen occidental del Lago Titicaca y la

otra ocupa los ejes del Sinclinal Mañazo y la depresión de Lagunillas, definiendo una faja ubicada al ONO de la ciudad de Puno. (INGEMMET, 1993).

4.5.9 GRUPO TACAZA (T - ta)

El termino Volcánico Tacaza fue empleado por primera vez por JENKS (1946), siendo publicado formalmente por Newell (1949), describiendo una gruesa acumulación de rocas volcánicas en las proximidades de la Mina Tacaza, en el cuadrángulo de Lagunillas. Posteriores investigadores, han seguido usando el mismo nombre (e.g. MAROCCO y DEL PINO, 1966). El presente informe utiliza el termino Tacaza, para permitir en el futuro hacer más subdivisiones con trabajos más detallados.

El Grupo Tacaza ocupa una gran extensión en las partes NO y central del área del proyecto, principalmente en los Cuadrángulos de Chivay, Condorama, Ocuvirí, Lagunillas y Pichacane. Descansa casi siempre en discordancia sobre rocas del Mesozoico o del Grupo Puno y localmente sobre estratos Paleozoicos (Norte del Lago Arapa). En el Cuadrángulo de Puno, el Grupo Tacaza descansa en contacto paralelo (para-conformidad) sobre el Grupo Puno. Este es a su vez superpuesto por varios volcánicos del Cenozoico o rocas volcanoclásticas que se extienden desde las ignimbritas del Grupo Palca hasta las lavas del Grupo Ampato de edad Cuaternaria.

Regionalmente es un grupo diverso con rocas volcánicas andesíticas teniendo en gran parte hasta un 50% de sedimentos terrestres. El mapa ha sido basado en la observación de amplios criterios de campo, siendo el más importante de ellos, la acumulación de volcánicos más antigua en el área del proyecto, los que frecuentemente se encuentran suavemente plegados o inclinados no teniendo centros volcánicos reconocibles. Las lavas son de olivino y/o augita porfirítica y se caracterizan por la presencia de minerales de cobre diseminado, principalmente Malaquita en las juntas, superficies de fracturas y rellenando amígdalas. Aunque este criterio general ha servido bastante bien en el mapeo de campo, es de conocimiento que regionalmente podría haber algún solapamiento cronoestratigráfico con volcánicos del Grupo Sillapaca. (INGEMMET, 1993).

4.5.10 GRUPO SILLAPACA (T - si)

El término se ha derivado de la Cordillera Sillapaca al NO del Cuadrángulo de Lagunillas, nominado por JENKS y NEWELL (1949), usando ambos el nombre de volcánicos Sillapaca y “Grupo Sillapaca”, posteriormente PORTUGAL (1984) introduce el término “Formación Sillapaca” a lo largo de los volcánicos de la cordillera. Estos autores también incluyen el Basalto de Umayo geográfico y morfológicamente distinto, el cual en el presente informe se incluye en el Grupo Barroso. Los volcánicos de la Cordillera Barroso, al sur del área del proyecto han sido correlacionados con la Formación Sillapaca (ej. WILSON y GARCÍA, 1962). Pero en el presente estudio se ha reconocido que el Grupo Sillapaca es más antiguo aunque sus relaciones no han sido del todo aclaradas.

El principal criterio usado en el mapeo del Grupo Sillapaca, en el área tipo es el reconocimiento de la horizontalidad o el suave plegamiento de los volcánicos y no fácil de identificar, cuando se trata de conos volcánicos. Las edades radiométricas de la secuencia tipo han sido establecidas en el Grupo Sillapaca, así como las secuencias volcánicas contemporáneas que no necesariamente poseen la misma litología o característica morfológica. La secuencia está dominada por lavas formando riscos, principalmente de composición dacítica a traquiandesítica y alcalinas de Condoroma y Ocuvi, Callalli y Lagunillas y en pequeños afloramientos aislados en el Cuadrángulo de llave. Principalmente se muestran como Cordilleras cubiertas de nieve con picos por encima de los 5000m, siendo característicamente peñascos como resultado de la presión de congelamiento del agua en las grietas de las rocas.

Fotogeológicamente dominan los tonos oscuros siendo estas algunas lavas cortas achaparradas en flujos de menos de 10 Km, de longitud es que por erosión dan farallones escarpados.

En el área tipo el Grupo Sillapaca descansa concordante sobre el Grupo Palca con una interdigitación local en la región de Quello Apacheta. También descansa en discordancia angular sobre el Grupo Tacaza más antiguo como por ejemplo en la parte central del cuadrángulo Ocuvi; y concordante o con

ligera discordancia sobre el Grupo Tacaza más joven como es el caso del Centro Pucasalla del Cuadrángulo de Lagunillas. (INGEMMET, 1993).

4.5.11 FORMACIÓN AZÁNGARO (TQ - az)

La Formación Azángaro fue descrita originalmente por NEWELL (1949) como “Depósitos lacustres” del Rio Azángaro. En el presente informe estas rocas han sido elevadas al rango de Formación habiendo tomado como área típica, la parte del afloramiento cortada por el Rio Azángaro entre el Rio Alaron y la Laguna Luncha. La Formación aflora en muchos lugares del Altiplano en el Cuadrángulo de Juliaca a lo largo del valle de Cabanillas en el Cuadrángulo de Puno y en el Cuadrángulo de Juli. En el Cuadrángulo de Moho aflora aproximadamente 200m, sobre el presente nivel del Lago Titicaca, en Lisacunca y cerca de la laguna Negrocullo Pata. En el cuadrángulo de Huancané esta ocurre en el valle del Rio Putina y sus tributarios al E de Huatasane, particularmente en el Rio Tuyto. (INGEMMET, 1993).

4.5.12 DEPÓSITOS MORRÉNICOS (Q - mo)

Estos depósitos son producto de glaciación y se ubican sobre los 4000msnm a manera de lomadas con cresta morrénica bien definida, constituidos por bloques, gravas, arena y limo en matriz areno-limosa pobremente clasificados, a veces con leve pseudo-estratificación y lentes como testigo de fusiones estacionales durante el periodo glaciario.

Litológicamente están constituidas por fragmentos de rocas volcánicas de los Grupos Tacaza y Barroso; achatados de forma groseramente pentagonal, alguno de ellos mostrando estrías y distribuidos en un material limoarenoso. Son características las morrenas frontales que represan las lagunas de Cotarsaya al Oeste del pueblo de Progreso en el Cuadrángulo de Azángaro. (INGEMMET, 1993).

4.5.13 DEPÓSITOS GLACIO – FLUVIAL (Q - glf)

Estos depósitos al igual que los aluviales están distribuidos en los cuatro cuadrángulos que comprende el estudio, formando amplias terrazas que se extienden en ambos flancos de los ríos principales.

La composición litológica de los glaciofluviales es generalmente polimíctica, están constituidos por clastos de rocas volcánicas, sedimentarias e ígneas en menor proporción de tamaño muy variable y matriz granuda mientras que en los Cuadrángulos de Ayaviri y Azángaro predominan los clastos de areniscas, pizarras y cuarcitas generalmente de formas tabulares, subangulosas con algunos clastos de rocas volcánicas e ígneas distribuidos en matriz limoarcillítica y arenosa. En todos los casos se encuentran cubiertos por una capa de suelo húmico de 0.50 a 1m de espesor. Particularmente en la hoja de Ayaviri y esquina Noreste de la hoja de Azángaro, estos depósitos forman extensas planicies con suave inclinación hacia los ejes de drenaje. (INGEMMET, 1993).

4.5.14 DEPÓSITOS CUATERNARIOS ALUVIALES (Q - al)

Se ubican en las partes bajas, generalmente por debajo de los 4100msnm. Presenta capas de grava gruesa y fina con cierta clasificación y elementos redondeados a subredondeados, asociados en capas de arena, limo y en proporciones variables; buenos ejemplos se observan en ambos márgenes de los ríos. Estos depósitos forman típicos “conos aluviales” de variada amplitud.

Estudiamos bajo este nombre a todos los depósitos recientes, cuyos materiales han sido arrancados y transportados por el agua y depositados a gran distancia de su lugar de origen. Están conformados por gravas y arenas rellenando el cauce de los ríos y configurando terrazas, conos aluviales y planicies. (INGEMMET, 1993).

4.5.15 DEPÓSITOS CUATERNARIOS COLUVIO – ALUVIAL (Q – co-al)

Estos depósitos corresponden a acumulaciones intercaladas de clastos angulosos y subredondeados; según la calidad del macizo rocoso de donde provengan, ubicados en cauces y/o borde de quebradas.

4.5.16 DEPÓSITOS CUATERNARIOS COLUVIALES (Q - co)

Son aquellos depósitos que se encuentran al pie de las escarpas, laderas prominentes como material de escombros constituidos por bloques de grava,

guijarros con clastos subangulosos a angulosos y matriz areno-limosa que no han sufrido transporte.

Conformados por materiales angulosos fragmentados provenientes de procesos erosivos puntuales de afloramientos de rocas sedimentarias transportándose a manera de arroyadas difusas, depositándose sobre los macizos rocosos preexistentes.

4.6 GEOLOGÍA LOCAL

4.6.1 FORMACIÓN CHAGRAPI (SD - ch)

La litología de la Formación Chagrapi en el área de investigación está caracterizado por el dominio de lutitas y limolitas de color beige claro, intercaladas con areniscas en estratos laminares y delgados que presentan una erosión uniforme que determinan superficies bien contorneadas. Se observan entre las progresivas Km. 09+000 a 10+400 de edad Silúrico Devónico.



Figura 17: En la fotografía se observa arenisca en estrato laminar con intercalación de lutitas y limolitas que presenta erosión uniforme.

4.6.2 FORMACIÓN LAMPA (D - Ia)

Esta formación deriva su nombre del Pueblo de Lampa en el Cuadrángulo de Juliaca.

La litología de la Formación Lampa en el área de investigación está conformada por areniscas finas de color amarillo verdusco y areniscas micáceas bien estratificadas en capas de 10 a 20 cm, intercaladas con limolitas de color amarillo. Los sedimentos de esta formación se depositaron en un medio marino. Se observan en el corte de la carretera, en el valle de la quebrada Metara entre las progresivas Km. 10+400 a 12+860 de edad Devónico.



Figura 18: En la fotografía se observa arenisca de color amarillo y areniscas micáceas en capas con intercalaciones de lutita y limolitas de color amarillo.

4.6.3 GRUPO AMBO (M - a)

Litológicamente el Grupo Ambo en el área de investigación está compuesto por areniscas, limolitas y fangolitas con una matriz arenosa, de origen fluvial con intercalaciones de lutitas micáceas, areniscas que presentan bandas ferruginosas en la que toma un color rojo brunáceo, areniscas cuarzosas

micáceas y areniscas arcósicas que posiblemente se depositaron en un ambiente deltaico y/o litoral. Se observan entre las progresivas Km. 12+860 a 13+800, 15+220 a 15+440 y 17+040 a 17+600 de edad Missisipiano.



Figura 19: En la fotografía se aprecia intercalación de arenisca, limolita y fangolita con matriz arenosa de origen fluvial, coloración rojo brunáceo debido a la presencia ferruginosa.

4.6.4 GRUPO MITU (PS - m)

Litológicamente el Grupo Mitu en el área de investigación consiste de una secuencia de materiales clásticos detrítica de color rojo ladrillo y volcánica formada por derrames, brechas volcánicas de textura brechosa intercaladas eventualmente con areniscas y conglomerados, el volcánico es predominante masivo considerablemente alterado de coloraciones verdosa y violáceas. Se observan entre las progresivas Km. 13+800 a 14+160 y 14+200 a 15+280 de edad Pérmico Superior.



Figura 20: En la fotografía se observa afloramiento de brecha volcánica con secuencia de materiales clásticos de color rojo ladrillo.

4.6.5 GRUPO ISCAY (P - is)

Litológicamente el Grupo Iscay en el área de investigación consiste de lavas andesíticas tobas y brechas con volcanoclástica. Se observa entre las progresivas Km. 15+440 a 17+040 de edad Pérmico.



Figura 21: En la fotografía se observa afloramiento de brechas y lavas andesíticas de color pardo amarillento.

4.6.6 FORMACIÓN ANGOSTURA (K - ag)

Litológicamente Formación Angostura en el área de investigación consiste en arenisca cuarzosa de grano grueso de color marrón rojizo en capas de aproximadamente de 1m de espesor; las capas tienen bases conglomerádicas y generalmente cada uno es gradada siendo más fina en la parte superior se observan entre las progresivas 14+160 a 14+200 de edad Cretáceo.



Figura 22: En la fotografía se observa arenisca cuarzosa en estratos con intercalación de arenisca limolítica y limolitas de color blanco amarillento.

4.6.7 DEPÓSITOS CUATERNARIOS – RECIENTES (Q)

4.6.7.1 DEPÓSITOS ALUVIALES (Qh - al)

En el área de investigación está constituido por depósitos recientes cuyos materiales han sido arrancados y transportados por las aguas de escorrentía, estos materiales se presentan poco consolidados y sus elementos no tienen ninguna selección tratándose al contrario de una mezcla heterogénea de clastos de diferentes tamaños y formas (angulosas a sub-redondeados).

4.6.7.2 DEPÓSITOS COLUVIALES (Qh - co)

En el área de investigación están constituidos por una mezcla de materiales eluviales y coluviales, este último producto de los desprendimientos de rocas de los substratos rocosos originados por gravedad. Estos suelos generalmente se presentan como coberturas en laderas de cerros, formándose por la redeposición de suelos originados por la escorrentía esporádica de aguas pluviales a través de laderas, conos de deyección de quebradas de funcionamiento estacional.

Cuadro 4: Columna Estratigráfica Local

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS
CENOZOICA	CUATERNARIO	Holocena	Depósito coluvial  Qh-co Mezcla de materiales eluviales y aluviales
			Depósito aluvial  Qh-al Gravas y arenas en matriz arenolimosas
MESOZOICA	CRETÁCEO		Fm. Angostura  K-ag Consiste en arenisca cuarzosa de grano grueso de color marrón rojizo
PALEOZOICA	PÉRMICO	Superior	Gpo. Iscay  Ps-i Consiste de lavas andesíticas, tobas y brechas con volcanoclastica
			Gpo. Mitu  Ps-m Arenisca arcóscica de color rojo en estratos delgados a medianos, intercaladas con limolitas rojizas y verdes, niveles lávicos de composición andesítica
	CARBÓNIFERO	Gpo. Ambo  C-a Compuesto por Areniscas cuarzosas en estratos gruesos con intercalaciones con limolitas, fangoilitas y lutitas micáceas con una matriz arenosa.	
	DEVÓNICO	Fm. Lampa  D-ca Conformado por areniscas finas de color amarillo verdusco y areniscas micáceas bien estratificadas	
		Fm. Chagrapi  SD-cha Se caracteriza por el dominio de Lutitas y Limolitas de color beige claro, intercalados con areniscas en estratos laminares y delgados.	
SILÚRICO			

Fuente: Elaboración propia

4.7 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

4.7.1 ESTILO TECTÓNICO

Como este término de estilo estructural se utiliza para dar una idea global de las formas de las estructuras de una región, en este caso son el resultado de la deformación ocurrida durante uno o más pulsos del ciclo Orogénico Andino. En términos regionales se observa que los ejes de algunos pliegues y fallas ocurren generalmente en fajas lineales, las cuales se encuentran cerca de trazas de fracturas mayores. Durante las fases extensionales estas fracturas permitieron el desarrollo de Grabens. (Billing M., 1974). Las estructuras mayores siguen el rumbo andino (NO - SE), pero una estructura mayor de dirección E - O, parte del surco Lagunillas y atraviesa el Cuadrángulo de Puno.

4.7.2 DEFORMACIONES

Localmente las deformaciones no son visibles, por lo que las que se describen a continuación son las estructuras en la región del Altiplano entre las fallas Laraqueri y Chupa, donde se ubica el área de investigación.

❖ Fallas

El paleozoico, Mesozoico y Cenozoico está afectado por sistemas de fallas, Sistema NO - SE: A este sistema pertenecen las Fallas Laraqueri, Calapuja y Pusi. Estas fallas de carácter regional son tipo normal, con sus planos de falla inclinados hacia el NE. Lo que implica que es el bloque NE el que sube respecto al SO. Las estructuras de microfallas en el área de investigación se observa entre las progresivas Km. 11+600 - 14+150.

❖ Pliegues

Hacia el Este en la parte oriental del Cuadrángulo de Lagunillas y en el Cuadrángulo de Puno presenta pliegues abiertos amplios, con buzamientos menores de rumbo N 120° E a 95° encontrándose oblicuos al alineamiento Lagunillas.

En las Calizas Ayavacas que consiste en bloques fracturas (melange) algunos fuertemente plegados, cuyas dimensiones varían entre decenas a centenas de metros de largo, están dispuestos caóticamente en una matriz de lodos roja. El

plegamiento y fracturamiento de la caliza anterior a la formación de melange, puede estar relacionado con la deformación Incaica. Esta estructura de plegamiento en el área de investigación se observa en Km. 12+800 – 13+020.

4.8 GEOMORFOLOGÍA

El área de investigación se encuentra en la unidad geomorfológica denominada Altiplano que se desarrolla hasta los 4800 m.s.n.m, dentro de estas se localiza la subunidad denominando depresión central del Lago Titicaca que se desarrolla entre los 3800 hasta los 4000 m.s.n.m.

4.8.1 UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

La evolución geomorfológica local del área de investigación, está relacionada con tres sistemas (Antrópico, Fluvial y Sedimentario), los mismos contienen 08 unidades geomorfológicas, las que se presenta en el siguiente cuadro 5.

Cuadro 5: Unidades Geomorfológicas

Unidades Geomorfológicas	
Antrópico	Edificaciones Rurales Excavaciones, cortes de taludes y vías de acceso
Fluvial	Cauces Fluviales Terrazas Aluviales Depósitos Aluviales
Sedimentario	Colinas altas Colinas bajas

Fuente: Elaboración propia

a) Sistema antrópico

Está constituido por las construcciones y/o modificaciones efectuadas en la superficie tales como:

- ❖ Edificaciones rurales y/o rústicos de la zona
- ❖ Excavaciones, cortes de los taludes y vías de acceso

b) Sistema fluvial

❖ Cauces Fluviales

Son fenómenos geológicos que se realizan por el agua de escorrentía, estos procesos se desarrollan en tres etapas erosión, transporte y sedimentación.

Los cauces fluviales se inician en la base y va evolucionando a la cabecera, durante esta evolución se producen los fenómenos de profundización de cause, ensanchamientos del cauce y alargamiento. (Derruau, 1981).

Corresponde en la zona de trabajo a la escorrentía de las quebradas del sector de los Queñuales y el río que circunda la carretera en la parte baja del talud 12+000 en el margen izquierdo en los periodos de lluvia se incrementa el caudal predominan los procesos de inundación que pueden comprometer en las partes bajas del dicho talud.

❖ Terrazas Aluviales

Este tipo de terraza se encuentra en la parte baja del talud Km.12+000 de la zona de trabajo en forma de banquetta hacia sus márgenes laterales en las laderas, el cual presenta una escorrentía variada debido a que es un río de tercer orden, el cual estos ríos aumentan su caudal en épocas de avenida de lluvias, es cuando forman las terrazas, y en épocas de estiaje o sequía estos no presentan una escorrentía fuerte. (Gutierrez, 2008).

❖ Depósitos Aluviales

Estos depósitos están acumulado principalmente en los causes de los ríos, debido a que estos en la zona de estudio son profundos, están constituido por los materiales arrastrados ríos y quebradas. Constituido por grava, arena proveniente de la erosión de las rocas volcánicas y de los sedimentos volcánicos. Estos depósitos forman típicos “conos aluviales” de variada amplitud y terrenos de cultivo.

Esta subunidad se muestra predominantemente en los relieves del talud como pequeñas ondulaciones como consecuencia de las acumulaciones aluviales.

c) Sistema sedimentario

Está constituido por geoformas originadas por edificación tectónica y sedimentaria así como originada por denudación muy relacionada con la composición litológica.

En conjunto el subunidad de colinas presenta contrastes con las planicies que en conjunción en la zona de trabajo, es refugio de flora y fauna silvestre se pueden distinguir las siguientes subunidades geomorfológicas.

❖ Colinas Altas

Se encuentran principalmente en las zonas circundantes del talud en el área de investigación, por el desgaste lento sobre las rocas sedimentarias de naturaleza arenisca fina micácea, principalmente el modelado es abrupto.

❖ Colinas Bajas

Esta subunidad se ha formado en las partes más bajas con laderas suaves que gradualmente pasan a las geoformas de aplanamiento.

4.9 HIDROGEOLOGÍA

Parte de la Geología que estudia las aguas subterráneas, que se pueden presentar en cerros como ojos de aguas o filtrarse a través de los macizos rocosos, ciencia netamente vinculada con la Geología que describe la presencia de aguas en la corteza terrestre

Comprenderá las fases desde la evaporación hasta la condensación y escurrimiento a través de los ríos. La escorrentía superficial del microcuenca, es medida por el SENAMHI en la estación hidrométrica.

En dicha estación se registran las descargas medias diarias mediante lecturas de un limnógrafo, existiendo registro de 20 años (1957 – 1976), que han servido para calcular la disponibilidad de agua; así como los eventos extraordinarios con fines de diseño. Se da en los tiempos de lluvias donde escurren grandes cantidades de agua de las zonas altas.

Teniéndose que el nivel de base del valle es peneplanizado, el nivel de napa freática está cercano a la superficie en todos los sectores en donde están presentes los depósitos de suelos aluviales. Cuando la napa freática llega hasta la superficie del terreno con el tiempo de lluvia se forman bofedales.

En este aspecto el comportamiento del agua en cuanto a las estructuras del macizo rocoso juega un papel muy importante en la concentración de agua en este lugar para inestabilidad del talud.

4.9.1 ESCORRENTÍA SUPERFICIAL

El modelo de la escorrentía superficial está condicionado estrictamente por la intensidad de la precipitación, tiempo de duración de la precipitación, tipo de vegetación, extensión del área hidrográfica, pendiente de la superficie del terreno en zonas altas y medias el drenaje superficial es rápido y en las zonas bajas es lento, el tiempo de concentración de aguas pluviales debido a estos factores los caudales varían según la estación de precipitación pluvial y se distribuye uniformemente por toda la superficie de la micro cuenca, siendo los valores del caudal máximo registrados durante el verano.

4.9.2 FILTRACIÓN

El agua producto de la precipitación pluvial, una parte discurre como escorrentía superficial y la otra se infiltra por gravedad hacia el subsuelo, esta infiltración está condicionada por la cantidad de precipitación, pendiente del suelo, tipo de suelo o roca, es mayor en los suelos porosos, como gravas limosas, gravas arenosas, limos arenosos así como también en las rocas porosas sedimentarias existentes en la zona.



Figura 23: En la fotografía se observa material limo arenoso con presencia de agua subterránea en el Km. 10+100 – 10+280.

4.10 GEODINÁMICA EXTERNA

Es un tipo de proceso que actúa sobre la superficie de la corteza terrestre, la forma en que actúa este proceso es para llevar a un nivel común y/o modelamiento en la superficie mediante los procesos: sea agradacional (deposición) o sea degradacional (erosión).

Estos dos procesos se deben a varios factores que están presentes siempre, tales como el intemperismo, escorrentía del agua, acción del viento, acción del agua subterránea, trabajo de organismos, acción antrópica, etc. Los cuales dan el último modelamiento de la superficie, y es lo que se aprecia en la actualidad en dicha área de investigación.

Este proceso sigue actuando ya sea con mayor o menor fuerza, y eso depende del clima que se tiene, que también es uno de los condicionantes sobre el proceso exógeno.

a) Erosión

Este se refiere a la meteorización de masas de las rocas que afloran en la superficie, también al desgaste por acción combinada de las fuerzas de

desplazamiento y los agentes geomorfológicos que están en un consecuente remodelamiento de la superficie.

En lo más general la erosión es una de las maneras de cómo los agentes móviles desprenden y transportan los materiales producto de la meteorización.

❖ **Erosión fluvial**

Este es un tipo de agente, el principal causante es el agua (aguas fluviales), los materiales intemperizados fácilmente son transportados con flujo del agua superficial, transportando por suspensión, saltación y rodamiento todo esto también depende mucho la intensidad de flujo del agua y también la topografía influye mucho en este proceso.

Cuando el flujo del agua es más intenso, los materiales que ha de transportar serán materiales así como gravas, generalmente este transporte se da en la zona en épocas de venidero de lluvias.

El agua también resulta ser un tipo de erosión de gran importancia debido a la fuerza que pueda tener, teniendo en cuenta siempre la época y lugar donde se presente este tipo de erosión.

❖ **Erosión Eólica**

La erosión eólica se manifiesta en las partículas finas de los suelos, principalmente transporta arcillas, limos y arenas finas. No puede remover partículas más gruesas, aun con las máximas velocidades que pueda tener solo puede transportar arenas finas, el proceso se efectúa con el empuje del viento transportando y depositando materiales finos más lejos que los gruesos.

Cuando el viento logra desplazar partículas bajo condiciones favorables de velocidad, las partículas finas se eliminan dejando solo en la superficie una capa de arenas gruesas y guijarros, que posteriormente constituirán una superficie estable.

Así el viento resulta ser agente poco eficaz que tiende a rellenar con arenas las depresiones o a excavar ligeramente las áreas cubiertas por materia seca y fina.

❖ **Erosión Antrópica**

El ser vivo presente en la superficie terrestre, sin tener en cuenta o no tener conocimientos, puede variar la geomorfología en diferentes aspectos.

La erosión antrópica es un tipo de erosión, este agente es causado por el ser humano y los animales que mediante formas distintas transportan materiales de un lugar a otro.

En las formas en que actúa este tipo de erosión es en modificar la superficie, construyendo carreteras, caminos vecinales, caminos de herradura, viviendas, sembrío de cultivos como papa, quinua, cebada y otros en las progresivas Km. 10+700, 11+4500, 12+020, 13+480, 14+400, 14+680, 15+420, 16+000, 16+220, 17+010, 18+000. Los animales también cumplen el medio de transporte con materiales pequeños como carga de estos productos hacia las cabañas en las progresivas Km. 11+500, 12+800, 13+480, 14+010, 15+980, 17+020, 18+010.

4.11 GEODINÁMICA INTERNA

Este tipo de proceso son los que actúan desde el interior de la Tierra, el cual va desplazando material. Estos procesos se deben al tectonismo y/o vulcanismo.

La principal causa por que el tectonismo y/o vulcanismo es el movimiento de placas, cuando las dos placas dan un movimiento entre sí, se da el movimiento tectónico y la erupción de un volcán.

En la naturaleza los rasgos o las formas físicas se reconocen claramente en la superficie, tiene una forma característica de este proceso, la geomorfología que muestra la zona se ha producido por causas naturales. Este incluye formas mayores tales como: montañas, y formas menores tales como: colina, ladera. Estas geoformas se muestran en su mayor parte sobre la meseta altiplánica. La estructura al tectonismo en el área de investigación se observa en las progresivas siguientes: Km. 11+600 – 11+900, 12+000 – 12+080, 12+860 – 13+010, 13+100 – 13+730, 13+960 – 14+160.

CAPITULO V

EXPOSICIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA EN ROCAS

5.1.1 CARACTERÍSTICAS GEOMECÁNICAS DE LA ROCA Km. 12+000 – 12+160

Los parámetros tomados en consideración para el cálculo de estabilidad de los taludes propuestos fueron los siguientes:

1. Sistema de discontinuidades
2. Orientación del talud propuesto
3. Angulo de fricción interna Φ
4. Criterio de estabilidad de GOODMAN (1989)

Los parámetros geotécnicos han sido obtenidos a partir de los mapeos de campo. Una vez definido el tipo de macizo rocoso con la clasificación geomecánica RMR se hizo la determinación de los valores del ángulo de fricción en forma aproximada recurriendo a las correlaciones propuestas por BIENIAWSKI (1989). Lo ideal hubiese sido realizar ensayos de laboratorio de corte directo para superficies de discontinuidades o ensayos triaxiales; pero por tratarse de ensayos especiales, no hay disponibilidad en nuestro medio. Los demás parámetros, han sido tomados en el campo con mediciones directas. **(VER ANEXO III).**

5.1.2 MAPEO GEOMECÁNICO DEL TALUD KM. 12+000 – 12+160

SECTOR: QUEBRADA METARA		PROGRESIVA: Km. 12+000 - 12+160		FECHA: Noviembre 2014	
DESCRIPCIÓN LITOLÓGICO ESTRUCTURAL DEL TALUD: Arenisca de color gris, dura moderadamente alterada con fracturas favorable al deslizamiento. En la parte superior se observan material organico y suelos coluviales.					
					
I N F O R M A C I O N	TIPO DE TALUD: Corte de Talud		I N F O R M A C I O N	TIPO DE FALLA: Volteo	
	AZIMUT DEL TALUD: 135			CALIDAD DEL MACIZO: Buena	
	BUZAMIENTO DEL TALUD: 45			ESTABILIDAD: Estable	
	ALTURA DE CORTE: 150m.			RMR: 63,62	
A G U A	SUPERFICIE: Agua de Lluvia		FORMA DEL TALUD: Irregular		
	SUBTERRÁNEO: No detectado		TALUD RECOMENDADO (H:V): 1:7		
	CONDICIÓN ATMÓSFERICA:				
CONFORMACIÓN DE BANQUETAS: No			SUSCEPTIBILIDAD: Moderada		
SOSTENIMIENTO: Ocasional					
OBSERVACIONES:					

FUENTE: Elaboración propia.

5.1.3 MECANISMOS DE RUPTURAS



Figura 24: Esquema de rotura curva en macizos rocosos intensamente fracturados.

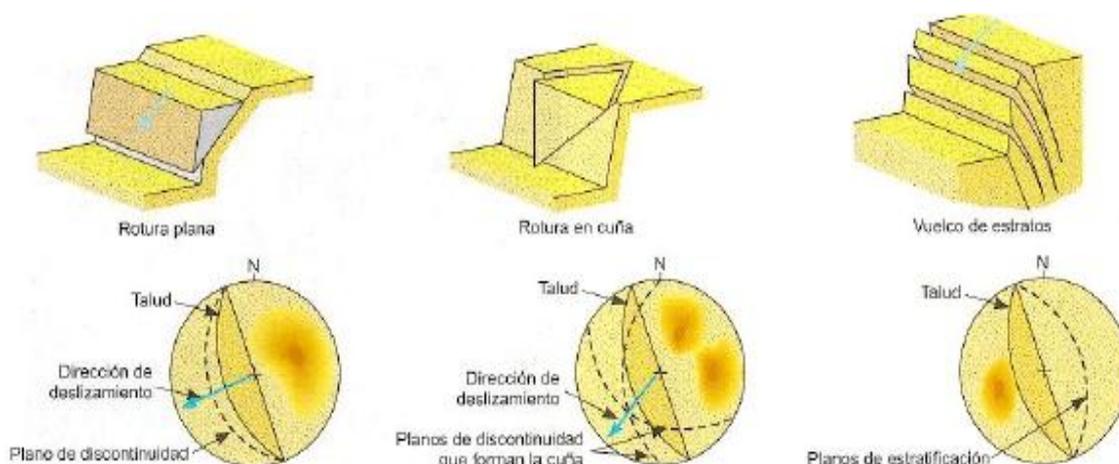


Figura 25: Representación estereográfica de los planos de discontinuidad con respecto a la orientación del talud para algunos tipos de roturas en macizos rocosos (Modificado de Hoek y Bray, 1981).

Hoek & Bray (1981) abordan detalladamente los cuatro tipos principales de ruptura (planar, en cuña, circular y por volteo), y hacen comentarios sobre mecanismos más complejos de ruptura observados en experiencias de campo.

Los tipos principales de rupturas son caracterizados por la relación geométrica entre discontinuidades y el plano del talud, con excepciones de la ruptura circular, que es condicionada por el elevado grado de fracturamiento.

En el caso de ruptura planar, el deslizamiento ocurre, cuando la discontinuidad geológica tiene dirección aproximadamente paralela a la fase del talud y buza para fuera del talud con ángulo mayor que el ángulo de fricción.

La ruptura en cuña ocurre cuando la intersección de dos discontinuidades aflora en la fase del talud con inclinación mayor que el ángulo de fricción. En este caso el deslizamiento puede darse por un plano único o a lo largo de la línea de intersección de los dos planos.

La ruptura circular ocurre en material muy débil, suelo o roca muy fracturada y descompuesta, tendiendo a seguir una superficie circular. En caso de heterogeneidades o anisotropías intrínsecas al material o resultantes de fracturamiento intenso en direcciones preferenciales, la superficie crítica puede desviarse sustancialmente de la forma circular.

5.1.4 RESISTENCIA DE LA ROCA

Es una propiedad de la roca el de oponerse a su destrucción bajo una carga exterior estática o dinámica. Esta depende fundamentalmente de la composición mineralógica; a mayor contenido de cuarzo la resistencia aumenta, depende también del tamaño de los cristales, del tipo de cemento que liga los clastos o partículas y de la porosidad; conforme la porosidad aumenta disminuye la resistencia. Por otro lado influye la profundidad en la que se han formado las rocas y del grado de metamorfismo, la resistencia aumenta a mayor profundidad de formación; también dependen del sentido de acción de las fuerzas, la resistencia es mayor en sentido perpendicular a la estratificación o esquistosidad que en sentido paralelo a estas.

Para efectuar esta prueba es importante distinguir entre resistencia de un fragmento de roca y la resistencia del macizo o afloramiento rocoso; la segunda, está determinada principalmente por el grado de fracturamiento, la frecuencia y orientación de las discontinuidades.

Para el caso de las muestras de roca de los afloramientos del Km. 12+000 – 12+140, utilizando la tabla índice manual de resistencia de la roca, corresponde al grado R3, indicando como roca medianamente dura, resistencia que ha sido considerado para la clasificación geomecánica RMR.

5.1.5 ENSAYO DE RESISTENCIA MANUAL (σ_c)

La resistencia “in situ” tomada con el martillo de geólogo padronizado es estimada de acuerdo al impacto; está debidamente correlacionada con la resistencia a la compresión no confinada propuesta por la “International Association of Rock Mechanic (ISRM)”, mediante la tabla que se adjunta a continuación.

Tabla 6: Ensayo de Índice Manual de Resistencia de la Roca (ISRM, 1978).

Grados	Descripción	Identificación en el campo	MPa
R ₀	Roca Extremadamente Débil	Se puede rayar con la uña	0.25 – 1.0
R ₁	Roca Muy débil	Se desmenuza con el martillo de geólogo, puede rayarse con navaja	1.0 – 5.0
R ₂	Roca débil	Puede rayarse con dificultad con la navaja, se pueden hacer marcas poco profundas golpeando fuertemente con la punta del martillo de geólogo.	5.0 – 25.0
R ₃	Roca media	No se puede rayar con una navaja, la muestra de mano se puede romper con un golpe firme del martillo de geólogo, al impacto la punta del martillo de geólogo indenta hasta 5mm.	25.0 – 50.0
R ₄	Roca Dura	Se necesita más de un golpe con el martillo de geólogo para romper la muestra, especímenes sostenidos en la mano se rompe con un simple golpe de martillo.	50.0 – 100.0
R ₅	Roca Muy dura	Se necesita muchos golpes con el martillo de geólogo para romper la muestra.	100 – 250
R ₆	Roca Extremadamente dura	El martillo de geólogo produce solamente descarillado de la muestra, sonido metálico de golpe.	>250

Fuente: Modificado de Gonzales de Vallejo, Luis I.; Ferrer, Mercedes; Otuño, Luis; Oteo, Carlos;. (2002), “Ingeniería Geológica”.

5.1.6 CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA SEGÚN BIENIAWSKI (RMR)

Este sistema de Clasificación Geomecánica considera 5 factores:

- a. Factor de resistencia
- b. Factor R.Q.D
- c. Factor de espaciamiento
- d. Factor de condición de la discontinuidad
- e. Factor de agua subterránea

El factor de resistencia es dado por la resistencia a la carga puntual y su equivalente resistencia a la compresión uniaxial de la roca aflorante. De modo que, no fue necesario realizar ensayos complementarios debido a que la roca mantiene sus propiedades de resistencia.

El factor RQD fue obtenido directamente con mediciones en los afloramientos en vista de que no se dispone de testigos de perforación en los lugares donde se ubican los afloramientos. El objetivo fue determinar el J_v y aplicar la formula siguiente:

$$RQD = 115 - 3.3J_v$$

Dónde:

J_v: Numero de fracturas por metro cubico.

Los factores indicados fueron tomados directamente del afloramiento según la tabla de clasificación geomecánica propuesta por BIENIAWSKI (1989).

5.1.7 CLASIFICACIÓN DE LOS PARÁMETROS Y SU EVALUACIÓN

Para determinar la clasificación geomecánica se ha evaluado con los 5 parámetros básicos de Bieniawski.

Tabla 7: Parámetros para la clasificación geomecánica RMR

P A R Á M E T R O	1	Resistencia de la Roca Inalterada	
	2	Rock Quality Designation Index (RQD)	
	3	Espaciamiento de Discontinuidad	
	4	4.1	Longitud de Discontinuidad
		4.2	Separación
		4.3	Rugosidad
		4.4	Relleno
4.5		Alteración	
5	Condición de Agua Subterránea		

Tabla 8: Clasificación del Macizo Rocoso Según el Total de Valuación

Valoración	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 -21	< 20
Clasificación (Tipo)	I	II	III	IV	V
Descripción	Muy buena	Buena	Regular	Mala	Muy mala
Cohesión (KPa)	> 400	300 - 400	200 - 300	100 - 200	< 100
Ángulo de fricción (°)	> 45	35 - 45	25 - 35	15 - 25	< 15

5.1.8 DISEÑO DE TALUDES EN ROCA

Las rocas expuestas en los cortes que son pocos, corresponden de manera discontinua a las areniscas de la Formación Lampa y Grupo Iscay; todos ellos en su apariencia externa presentan una condición roca sana a suelta ello fundamentalmente a causa de los efectos climatológicos de la región del altiplano.}+Por lo expuesto, en los nuevos taludes cuyos cortes superan el espesor antes indicado, se recomienda adoptar la relación 1:10 (H: V), que corresponde a roca sana. Se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 9: La Relación 1:10 (H: V) Tipo de Roca

Tipo de roca	Formación o	Roca		
	Grupo	Roca sana	fracturada	Roca suelta
Areniscas	Lampa	1:10	1:7	1:5
Arenisca	Iscay	1:10	1:7	1:5
Limolitas y lutitas	Chagrapi	1:10	1:7	1:5

Fuente: Elaboración Propia

5.1.8.1 CALCULO DE ESTABILIDAD

Como fue explicado anteriormente, la elaboración de las proyecciones estereográficas ha permitido la determinación de los sistemas o familias de discontinuidades correspondientes al afloramiento en el talud, representados en el diagrama de planos; de los cuales, se puede obtener los parámetros buzamiento, dirección de buzamiento, ubicación de polos e intersección de los planos de las familias de discontinuidades. A esta disposición hay que agregar el ángulo de fricción interna que corresponde al material del macizo rocoso obtenido con la clasificación geomecánica RMR, el que asociado al criterio de

GOODMAN para el análisis cinemático, se obtiene finalmente la estabilidad o inestabilidad de talud en el macizo rocoso.

Se ha utilizado el programa DIPS para hacer el análisis de estabilidad de talud propuesto, dando resultado para la estabilidad compatible con lo verificado en el terreno, El detalle del análisis para cada talud considerado se puede apreciar en los diagramas adjuntos.

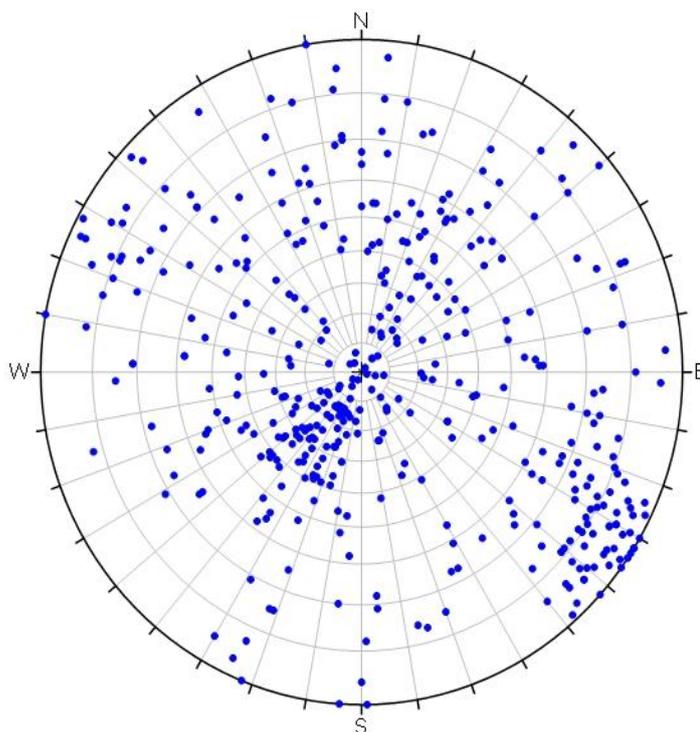
Según el análisis efectuado, se puede observar que el talud analizado resulta ser estable para las características geotécnicas del terreno, por lo que es pertinente tomar en consideración la orientación (dirección de buzamiento y buzamiento) para el talud analizado.

5.1.8.2 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Para el análisis de estabilidad del talud en roca se tomaron datos estructurales con Brújula, cuyo registro de operaciones se indican a continuación, así como los diagramas de polos, roseta, frecuencia y los respectivos diagramas de estabilidad por el método cinemático propuesto por, (Goodman E., 1989) . Para obtener los parámetros de resistencia del macizo rocoso se hizo la clasificación geomecánica RMR. (Bieniawski Z, 1979), con la cual se obtuvo los siguientes resultados. **(Ver ANEXO IV):**

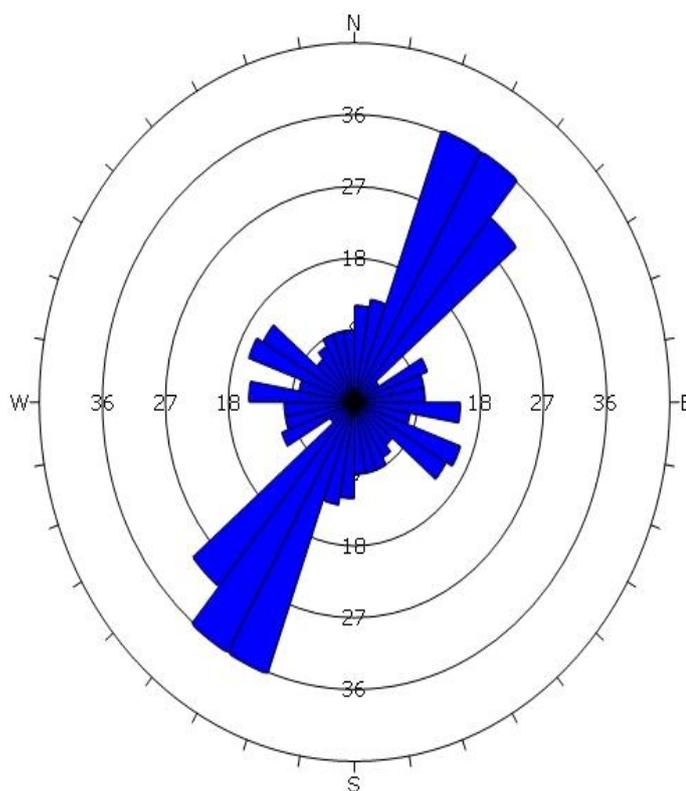
RMR:	63,62
Ángulo de fricción:	35°
Cohesión:	30Mpa

DIAGRAMA DE POLOS (422 PUNTOS)



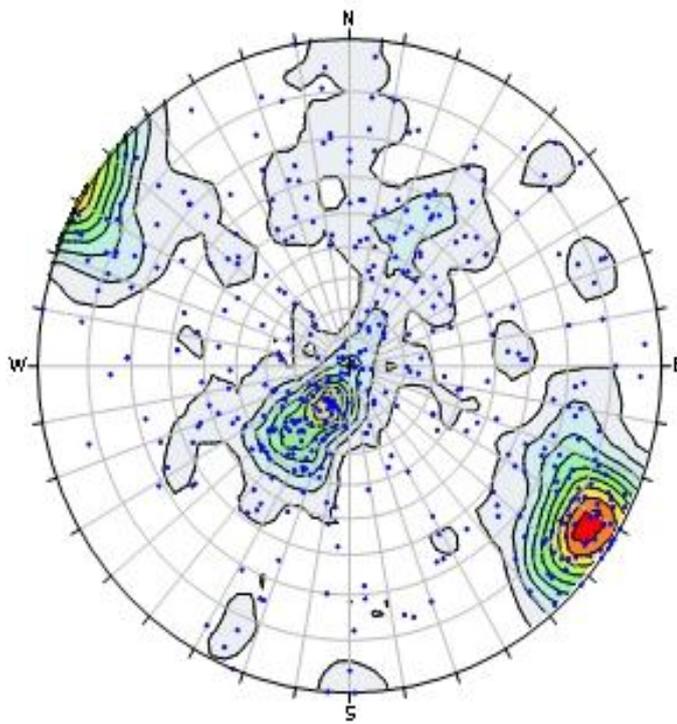
Symbol	Feature
●	Pole Vectors
Plot Mode: Pole Vectors	
Vector Count: 422 (422 Entries)	
Hemisphere: Lower	
Projection: Equal Angle	

DIAGRAMA DE ROSETA (422 PUNTOS)



Plot Mode	rose
Plot Data	Apparent Strike
Face Normal Trend	0.0
Face Normal Plunge	90.0
Bin Size	10°
Outer Circle	45 planes per arc
Planes Plotted	258
Minimum Angle To Plot	45.0°
Maximum Angle To Plot	90.0°

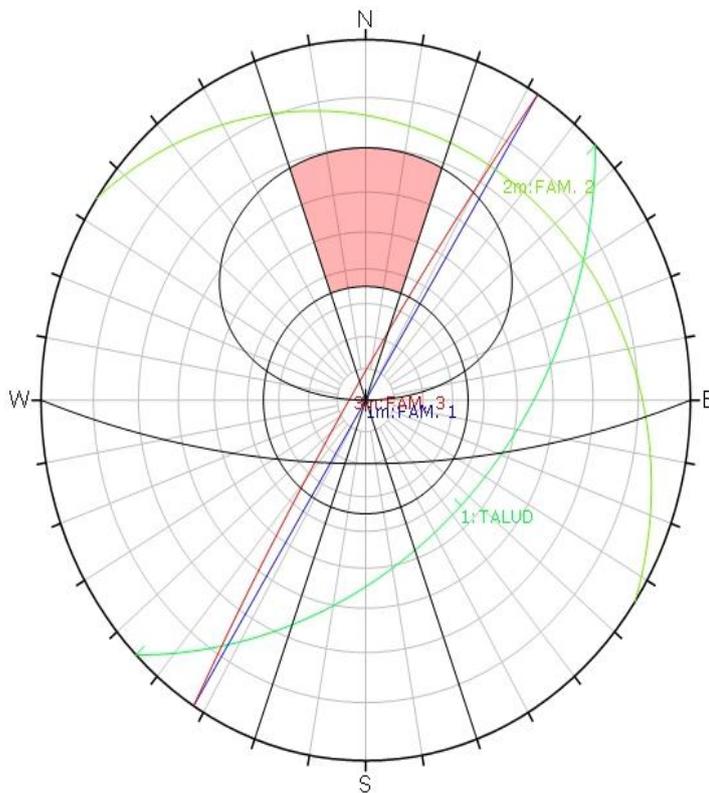
DIAGRAMA DE CONCENTRACIÓN DE POLOS (422 PUNTOS)



Escala de Poles	
Color	Car. de Concentración
Red	8.00 - 8.50
Orange	7.50 - 8.00
Yellow	7.00 - 7.50
Light Green	6.50 - 7.00
Green	6.00 - 6.50
Light Blue	5.50 - 6.00
Blue	5.00 - 5.50
Dark Blue	4.50 - 5.00
Very Dark Blue	4.00 - 4.50
Black	3.50 - 4.00

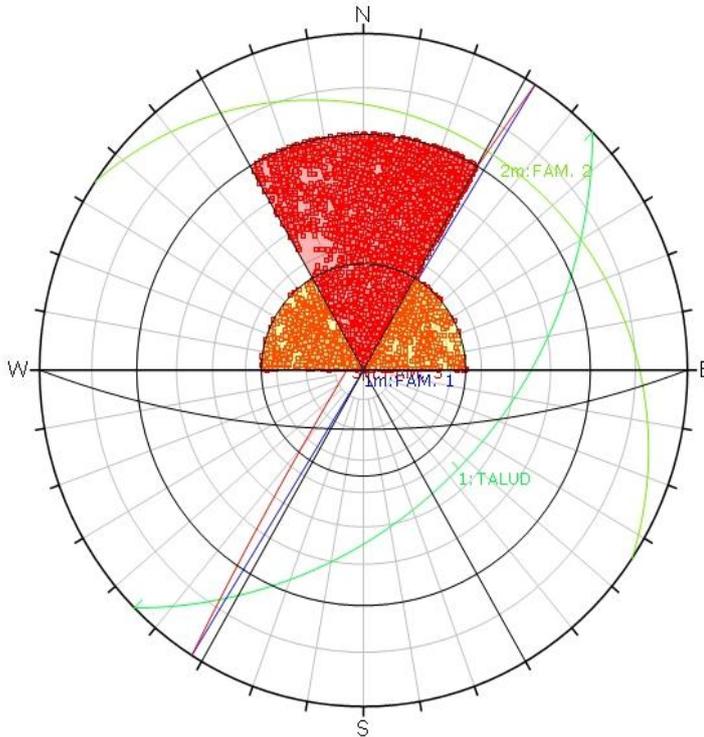
ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DEL TALUD Km. 12+000 – 12+160

1. ROTURA PLANAR



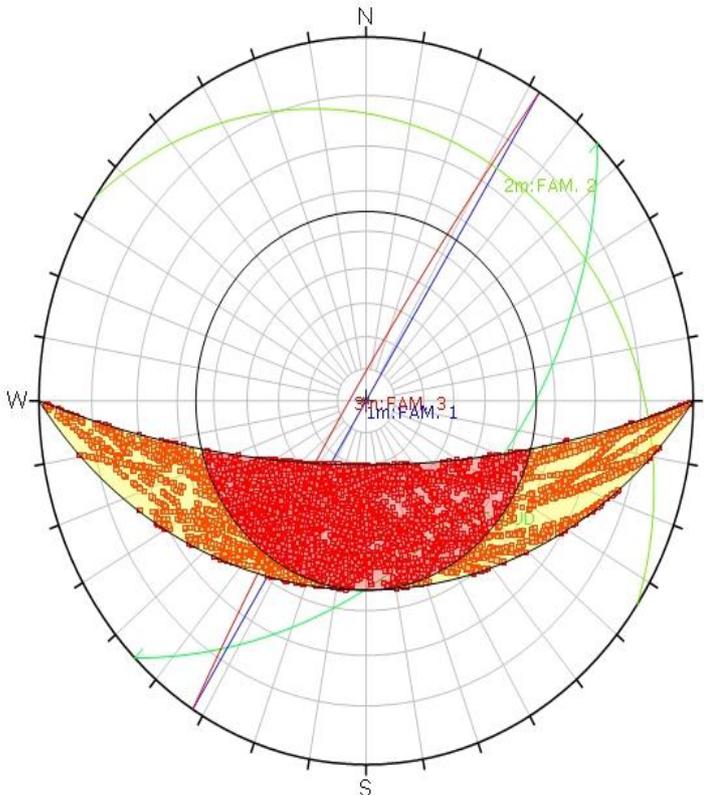
Kinematic Analysis	Plano: S16 mg		
Slope Dip	70		
Slope Dip Direction	180		
Friction Angle	35°		
Lateral Limits	20°		
	Critical	Total	%
Plano: S16 mg (All)	23	422	5.45%
Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes			
1	45	135	TALUD
Means Set Planes			
1m	90	122	FAM. 1
2m	15	34	FAM. 2
3m	85	302	FAM. 3
Plot Mode	Pole Vectors		
Vector Count	422 (422 Entries)		
Hemisphere	Lower		
Projection	Equal Angle		

2. ROTURA VUELCO



Symbol	Feature		
■	Critical Intersection		
Kinematic Analysis			
Direct Toppling	Direct Toppling		
Slope Dip	70		
Slope Dip Direction	130		
Friction Angle	35°		
Lateral Limits	30°		
	Critical	Total	%
Direct Toppling (Intersection)	10332	89320	11.63%
Oblique Toppling (Intersection)	3247	89320	3.65%
Base Plane (All)	72	422	17.06%
Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes			
1	45	135	TALUD
Mean Set Planes			
1m	90	122	FAM. 1
2m	16	34	FAM. 2
3m	85	302	FAM. 3
Plot Mode:		Pole Vectors	
Vector Count:		422 (422 Entries)	
Intersection Mode:		Grid Data Planes	
Intersections Count:		89320	
Hemisphere:		Lower	
Projection:		Equal Angle	

3. ROTURA CUÑA



Symbol	Feature		
■	Critical Intersection		
Kinematic Analysis			
Wedge Sliding	Wedge Sliding		
Slope Dip	70		
Slope Dip Direction	130		
Friction Angle	35°		
	Critical	Total	%
Wedge Sliding	14289	89320	16.09%
Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes			
1	45	135	TALUD
Mean Set Planes			
1m	90	122	FAM. 1
2m	16	34	FAM. 2
3m	85	302	FAM. 3
Plot Mode:		Pole Vectors	
Vector Count:		422 (422 Entries)	
Intersection Mode:		Grid Data Planes	
Intersections Count:		89320	
Hemisphere:		Lower	
Projection:		Equal Angle	

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Según el análisis cinemático mostrado en el diagrama, se tiene la siguiente interpretación:

1. No existe rotura Planar, porque las direcciones de buzamiento de los planos 1 y 2, no caen en la zona crítica.
2. No existe Vuelco, porque los planos 1 y 2, no caen en la zona crítica.
3. No existe Cuña, porque las intersecciones de los polos no caen en la zona crítica.

Por lo tanto: **EL TALUD ES ESTABLE**

5.2 CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA EN SUELOS

5.2.1 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD EN CONDICIONES ACTUALES

Se ha realizado el análisis de estabilidad con la obtención de los datos de laboratorio y geométricos de cada talud, haciendo un análisis particular para cada uno, los datos de entrada fueron los siguientes:

- ❖ Peso Específico " γ "
- ❖ Cohesión " c "
- ❖ Angulo de fricción " Φ "
- ❖ Altura de talud " H "
- ❖ Angulo del talud " α "
- ❖ Angulo del talud natural " β "
- ❖ Posición del nivel freático.

La adecuada toma de datos ha permitido generar los diagramas para cada talud en su condición de estabilidad actual; los resultados en todos los taludes analizados han sido de inestabilidad (talud crítico), para lo cual se ha realizado los análisis de laboratorio de mecánica de suelos de muestras tomadas en estos taludes, para obtener la calidad geotécnica del material, como se indica en forma resumida en el cuadro siguiente y con mayor detalle en el anexo respectivo.

5.2.2 DISEÑO DE TALUDES EN SUELOS

De acuerdo al comportamiento de los taludes en los cortes bajos (0.50 a 3.0m de altura), en los nuevos taludes es conveniente adoptar los valores en la siguiente tabla.

Tabla 10: Taludes en Suelos

Tipo de deposito	Consistencia	Talud (H:V)
Deposito aluvial	Densa	1:5
	Media	1:3
	Suelta	1:2
Deposito coluvial	Densa	1:4
	Media	1:2
	Suelta	1:1
Deposito residual	Densa	1:3
	Media	1:2
	Suelta	1:1

❖ TALUDES DE CORTE (H:V)

- Roca fija 1:10
- Roca suelta 1:4
- Material suelto 1:2

❖ TALUDES DE RELLENO (H:V)

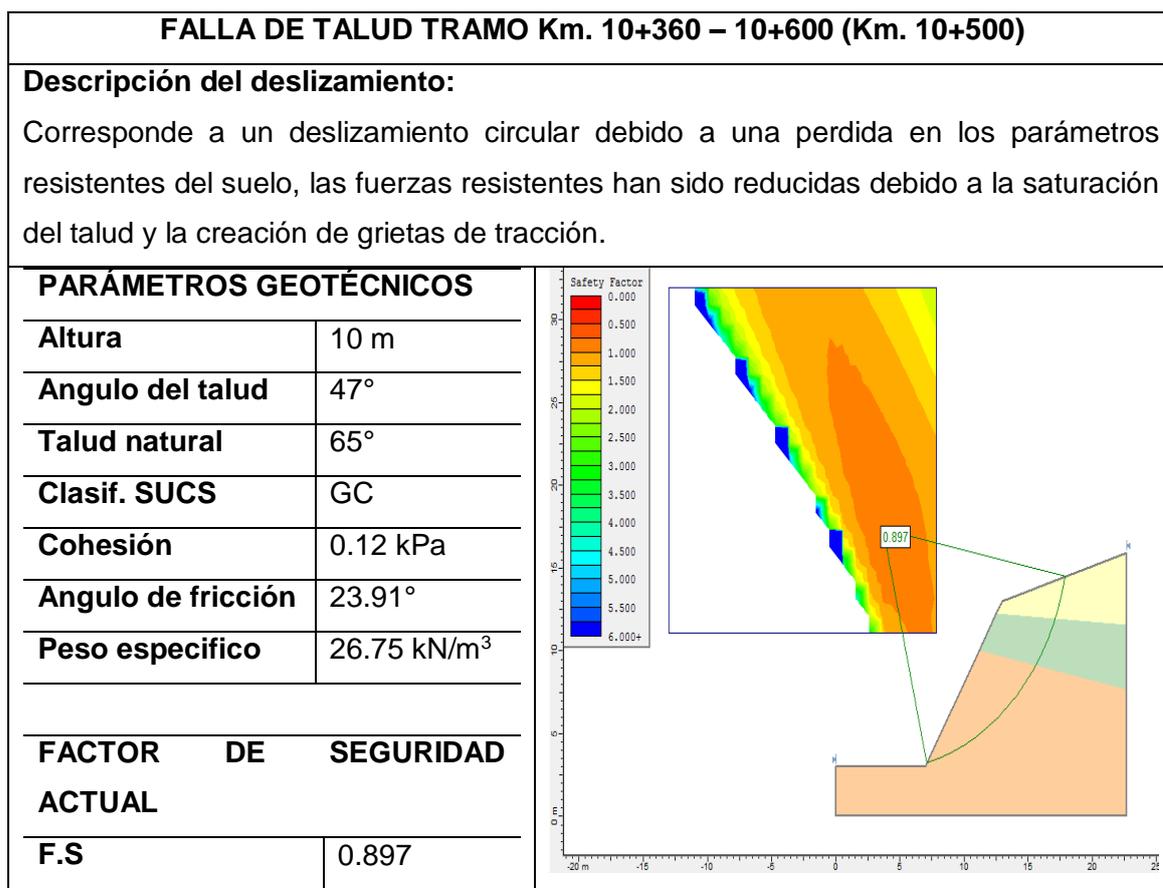
- Enrocado 1:1
- Material suelto 1.5:1

Cuadro 6: Resumen de ensayos de laboratorio de muestras de suelos

CUADRO DE RESUMEN DE ENSAYOS

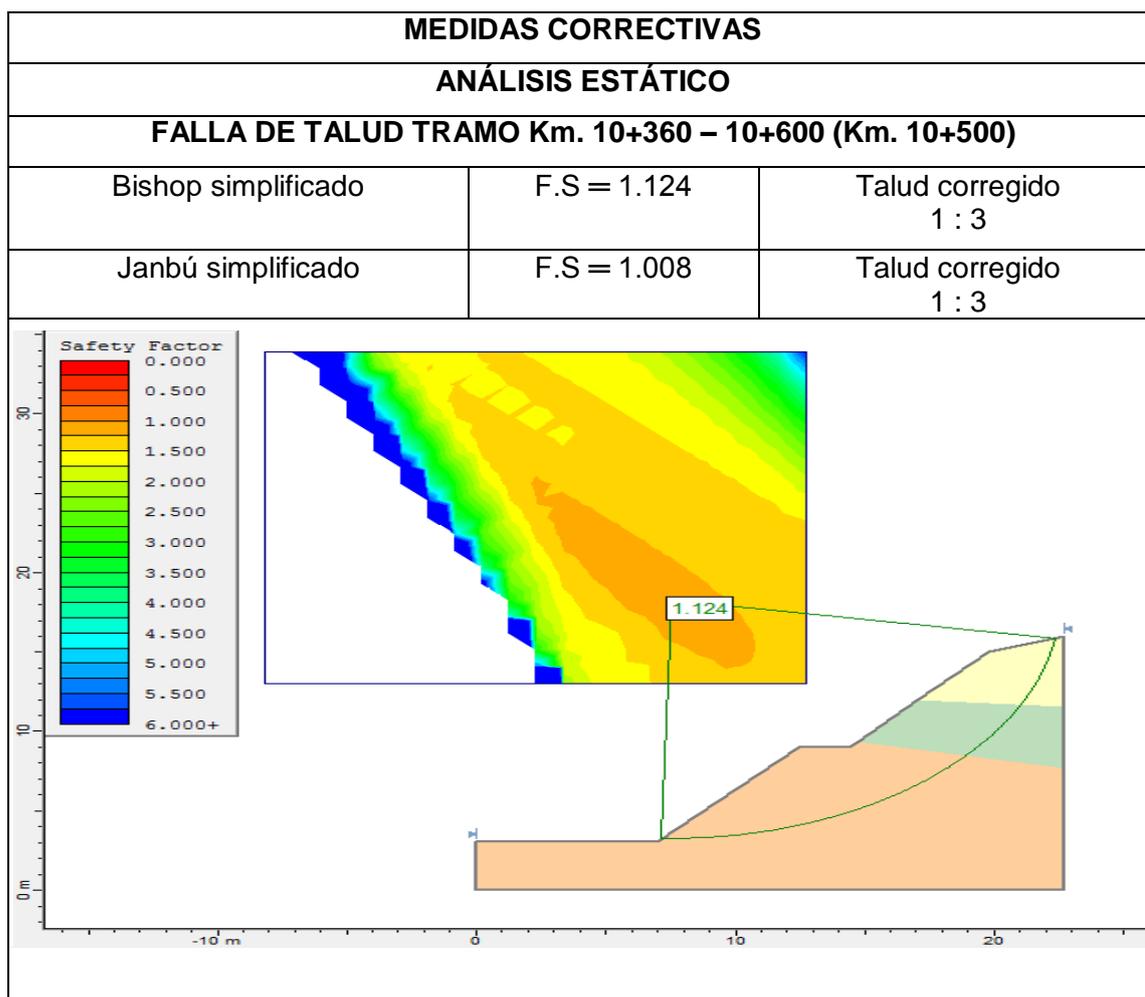
CALICATA	LADO	ESTRATO	PROFUNDIDAD	PROGRESIVA	GRANULOMETRIA													LIMITES DE CONSISTENCIA			W %	CLASIFICACION	
					% PASANTE DE LOS T AMICES													L.L.	L.P.	I.P.		AASHTO	SUCS
					2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	# 4	# 10	# 20	# 40	# 100	# 200							
01	DER.	1	0,00 - 0,70	Km. 10+500	89	86,4	71,0	63,8	55,9	46,7	41,7	34,6	32,1	30,5	27,7	23,8	38,50	28,96	9,54	8,6	A-2-4 (0)	GM	
		2	0,70 - 2,90		88,4	81,3	73,4	67,8	60	49,5	43,2	34,3	30,8	28,7	25,9	22,6	35,80	23,01	12,79	9,1	A-2-6 (0)	GC	
		3	2,90 - 5,20		94,7	91	83,8	81	75,5	69,3	64,7	57	54	52	45,8	38,7	33,65	20,93	12,72	8,8	A-6 (1)	GC	
02	DER.	1	0,00 - 0,60	Km. 11+500	82,4	58,9	50,6	43,3	36,1	27,8	23,4	17,8	15,9	14,8	13,3	11,7	24,70	18,67	6,03	9,1	A-2-6 (0)	GM - GC	
		2	0,60 - 1,70		79,6	70,7	63,3	57,4	47,7	35	28,8	21,2	18,8	17,6	15,8	13,6	22,90	18,30	4,60	8,9	A-1-a (0)	GM - GC	
		3	1,70 - 3,00		93,1	82,5	70,3	65,8	57,7	45,7	38,1	29,7	26,9	25,3	23,0	19,6	40,80	28,66	12,14	7,6	A-2-6 (0)	GM	
		4	3,00 - 3,80		100	88,9	67	62,4	54,9	43,5	36,6	29,5	27,5	26,4	24,6	21,6	37,90	24,44	13,46	6,7	A-2-6 (0)	GM	
03	IZQ.	1	0,00 - 0,80	Km. 12+440	86,7	77,8	57,2	47,3	40,9	31,8	26,5	20,5	18,4	16,8	13,9	11,0	31,25	26,79	4,46	7,2	A-1-a (0)	GM - GC	
		2	0,80 - 2,20		82,8	75,2	61,4	53,4	42,4	30,4	24,6	19	17,6	16,6	14,5	11,6	36,70	28,45	8,25	7,6	A-1-a (0)	GM	
		3	2,20 - 3,60		69,7	58,2	46,7	41,6	35,5	28,6	24,5	19,5	17,9	16,6	13,8	11,1	36,50	28,91	7,59	4,3	A-2-4 (0)	GM	
04	IZQ.	1	0,00 - 0,80	Km. 15+160	91,7	83,2	71,3	64,4	55,2	43,7	37,8	31	29,4	27,1	23	18,9	32,30	24,67	7,63	7,2	A-2-4 (0)	GM	
		2	0,80 - 2,00		78	69,3	61,1	51,9	42,6	34,4	29,9	24	21,6	19,9	16,8	13,7	35,85	27,39	8,46	4,8	A-2-4 (0)	GM	
		3	2,00 - 3,70		90,4	79,6	65,1	57,3	50,1	40,6	35,1	27,8	25,4	23,6	20,2	15,5	32,90	23,55	9,35	6,4	A-2-4 (0)	GM	
05	IZQ.	1	0,00 - 1,00	Km. 15+500	100	89,9	87,2	81,9	77,2	69,7	61,8	43	31,6	24,4	18,8	16	35,30	23,48	11,82	10,8	A-2-6 (0)	SC	
		2	1,00 - 2,10		88,6	77,5	62,4	59,2	54,4	45,8	41,4	32,5	26,8	22,3	18	15,2	30,40	22,46	7,94	6,6	A-2-4 (0)	GC	
		3	2,10 - 3,00		64,7	58,7	53,4	51,3	41,9	37	33,8	28,7	26	22,1	18	15,9	35,50	25,62	9,88	10,4	A-2-4 (0)	GM	
06	IZQ.	1	0,00 - 0,80	Km. 17+860	86,6	80,5	69,2	62,3	55,4	45,1	39,9	32,5	29,9	28,2	24,7	20,6	27,85	19,53	8,32	12,4	A-2-4 (0)	GC	
		2	0,80 - 2,00		100	92,5	81,6	76,3	68,2	58,5	50	37,1	32,9	30,4	28,1	26,6	36,80	25,34	11,46	10,8	A-2-6 (0)	GM	
		3	2,00 - 3,00		75,2	58,4	48,5	45,5	40,4	32,4	28,7	23,5	21,7	20,4	18,3	15,9	26,85	22,70	4,15	9,8	A-2-4 (0)	GM - GC	
		4	3,00 - 3,70		77,9	69,6	59,3	52,9	45,3	37,6	31,9	25,6	23,5	21,9	19,2	16,5	27,60	19,76	7,84	5,7	A-2-4 (0)	GC	
07	IZQ.	1	0,00 - 2,50	Km. 12+080	100	92,7	80,6	77,1	70	64,1	51,9	40,2	35	32,7	27,1	22,7	39,80	32,25	7,55		A-2-4 (0)	GC	
		1	0,00 - 2,50		100	91,9	88,8	85,8	82,9	80,1	74,3	69,6	65,5	37,7	22,9	18,7	28,85	24,22	4,63		A-1-b (0)	SC-SM	

A continuación se presenta los diagramas que demuestran el análisis de estabilidad de taludes críticos en las condiciones actuales de inestabilidad y su medida correctiva de estabilidad de taludes, en los cuales se hace una descripción resumida del fenómeno ocurrido; así como, se hace referencia a los parámetros geotécnicos y al factor de seguridad obtenido con los métodos de análisis aplicados.



DISCUSIÓN DE INESTABILIDAD

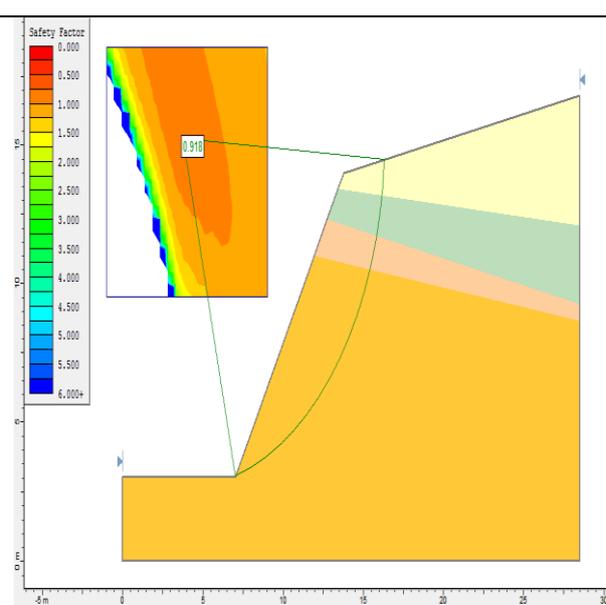
- ☞ El talud en este tramo se ubica en el lado derecho, la inestabilidad se ha producido por el desprendimiento del material grava arcillosa, esto es producto de la alteración de las areniscas.
- ☞ La inestabilidad también es producto de la creación de grietas de tracción, producida por la presencia de agua infiltrada en el terreno.
- ☞ La inestabilidad se ha producido por movimiento de tierras y corte de talud con maquinaria pesada y la ampliación de la vía.
- ☞ El factor de seguridad está por debajo de 1, con los datos obtenidos en laboratorio y análisis con el programa SLIDE.



DISCUSIÓN DE MEDIDAS CORRECTIVAS

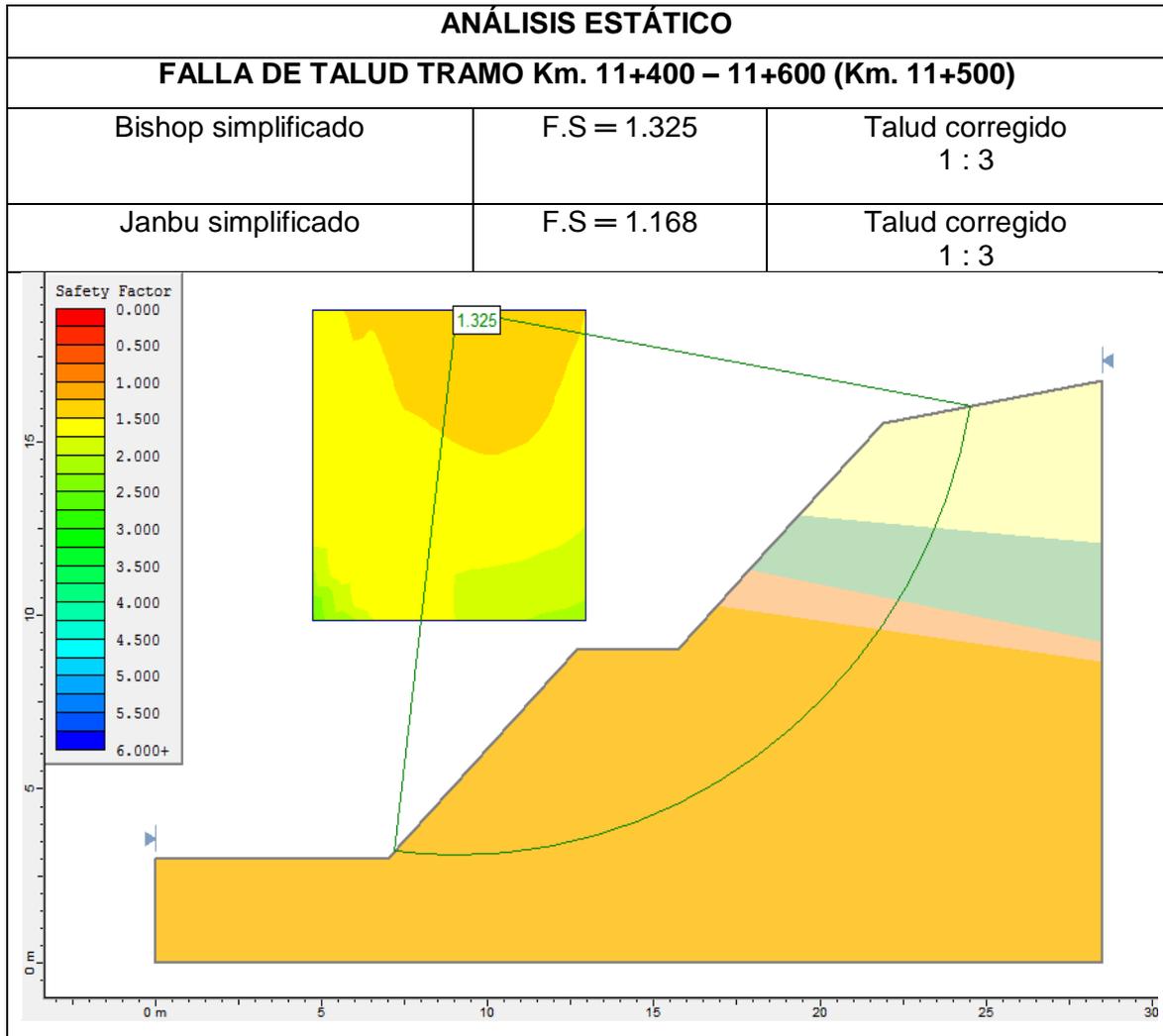
- ☞ Las medidas correctivas han sido analizadas con el programa SLIDE por dos métodos de equilibrio límite: BISHOP SIMPLIFICADO Y JANBÚ SIMPLIFICADO.
- ☞ Se ha modificado la geometría del talud para que sea más estable disminuyendo la inclinación y construyendo banquetas de estabilización con relación de 1:3 y muros de contención con gaviones tipo caja en el pie del talud.
- ☞ También en la cabecera del talud se ha construido zanjas de coronación para drenar el agua.
- ☞ El factor de seguridad ha aumentado mayor a 1. Por lo tanto el talud de este tramo es estable.

MEDIDAS CORRECTIVAS	
FALLA DE TALUD TRAMO Km. 11+400 – 11+600 (Km. 11+500)	
Descripción del deslizamiento:	
Corresponde a un deslizamiento circular de un suelo saturado que ha generado la falla de grietas de tracción remontantes, el material es grava con limo arcilloso, las precipitaciones pluviales crean en escena para inestabilizar el talud debido a una perdida en los parámetros resistentes del suelo.	
PARÁMETROS GEOTÉCNICOS	
Altura	11 m
Angulo del talud	46°
Talud natural	67°
Clasif. SUCS	GM - GC
Cohesión	0.13 kPa
Angulo de fricción	27.80°
Peso especifico	36.08 kN/m ³
FACTOR DE SEGURIDAD ACTUAL	
F.S	0.918



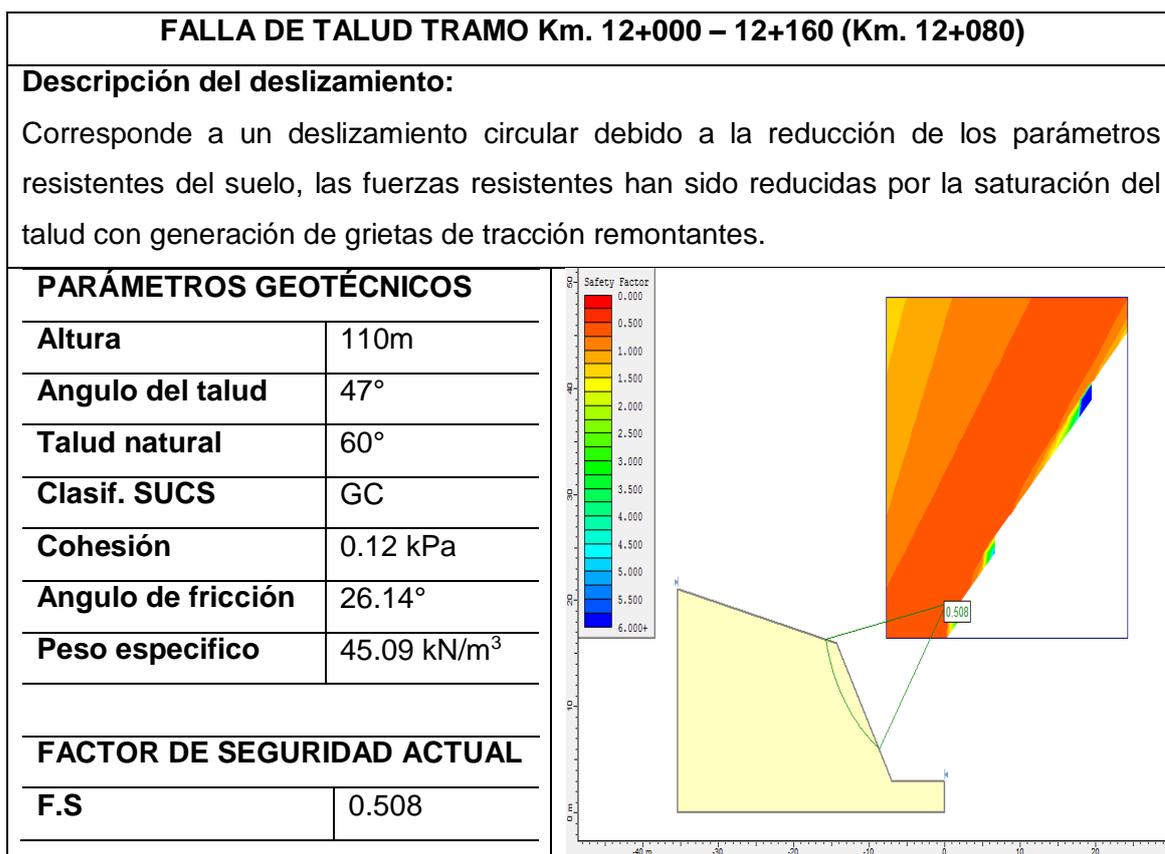
DISCUSIÓN DE INESTABILIDAD

- ☞ El talud en este tramo se ubica en el lado derecho, la inestabilidad se ha producido por el desprendimiento del material suelto compuesto de grava limosa con grava arcilloso debido a la alteración de las areniscas.
- ☞ La inestabilidad se ha producido también por la saturación del material y presencia de agua infiltrada en el terreno.
- ☞ El talud se ha inestabilizado por movimiento del material que ha generado grietas de tracción y ampliación de la vía con maquinaria pesada.
- ☞ El factor de seguridad está por debajo de 1, con los ensayos realizados en laboratorio y analizado con el programa SLIDE.



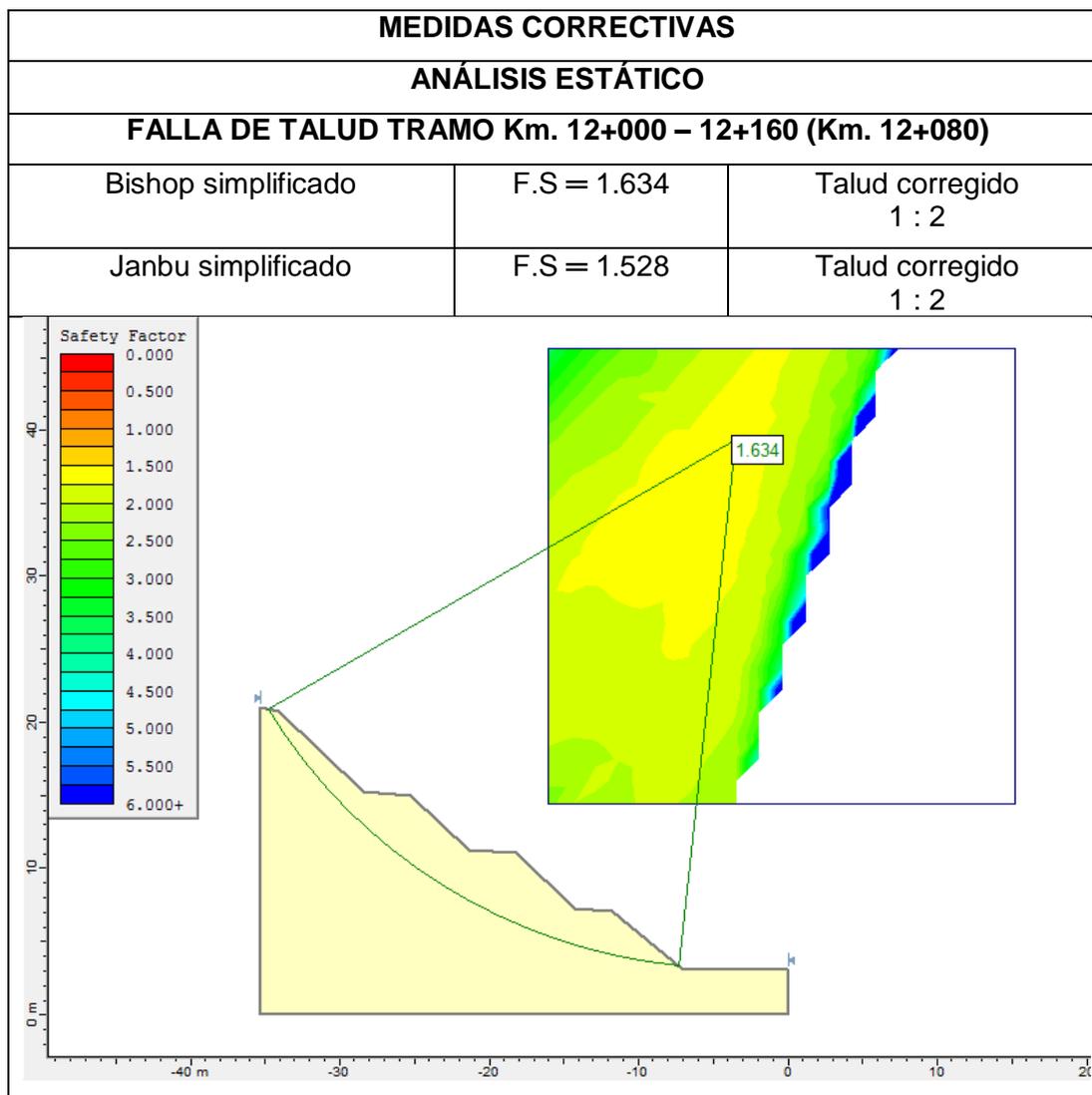
DISCUSIÓN DE MEDIDAS CORRECTIVAS

- ☞ Las medidas correctivas han sido analizadas con el programa SLIDE por dos métodos de equilibrio límite: BISHOP SIMPLIFICADO Y JANBÚ SIMPLIFICADO.
- ☞ Se ha modificado la geometría del talud disminuyendo su inclinación y haciendo banquetas de estabilización con relación 1:3 y en el pie del talud se ha construido gaviones tipo caja con pedraplen y cunetas para drenar el agua.
- ☞ El factor de seguridad ha aumentado mayor a 1. Por lo tanto el talud de este tramo es estable.



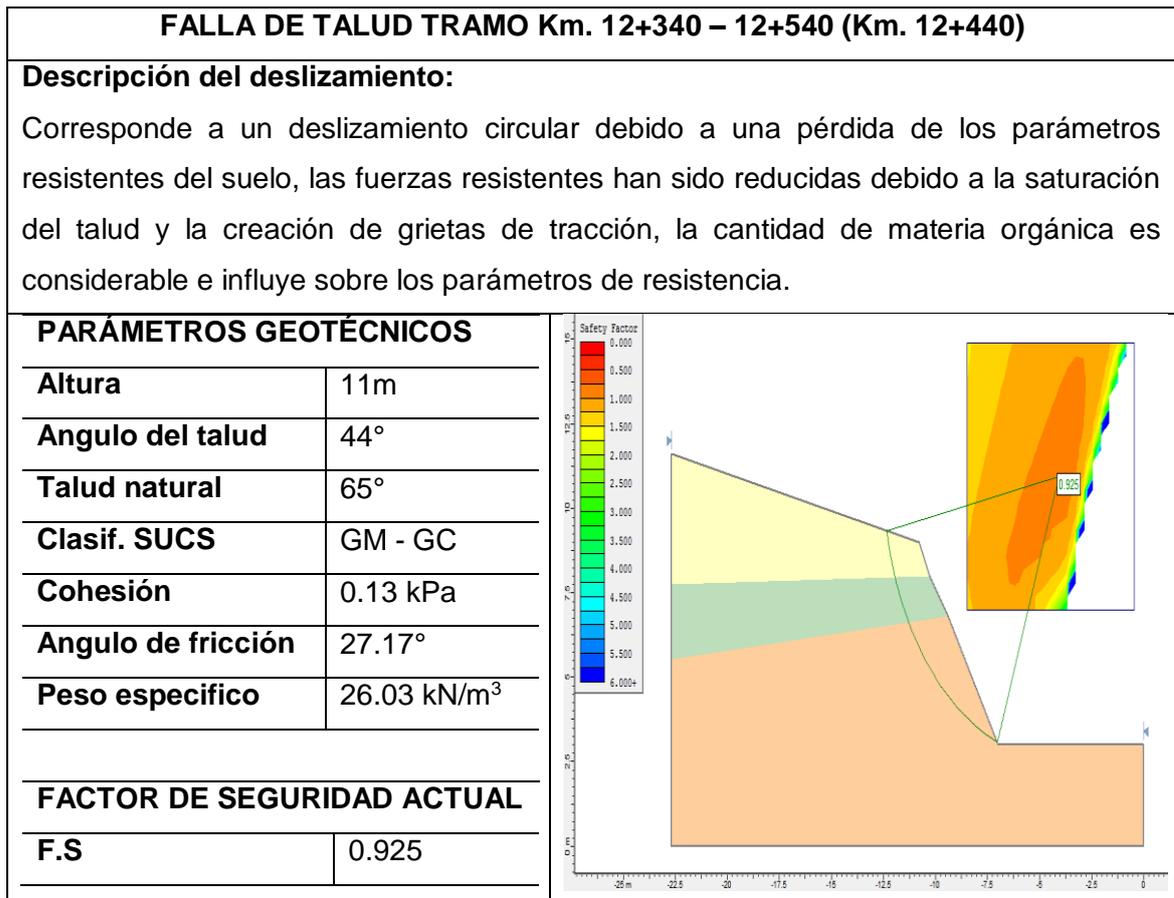
DISCUSIÓN DE INESTABILIDAD

- ☞ El talud en este tramo se ubica en el lado izquierdo, la inestabilidad se ha producido por el desprendimiento del material suelto compuesto de grava arcilloso debido a la alteración de las areniscas.
- ☞ La inestabilidad se ha producido por la saturación del material y presencia de agua infiltrada en el terreno.
- ☞ La inestabilidad también es debido al movimiento de tierras y haciendo corte para ampliar la vía que genero grietas de tracción remontante.
- ☞ El factor de seguridad es mucho menor que 1, con los ensayos realizados en laboratorio y analizado con el programa SLIDE.



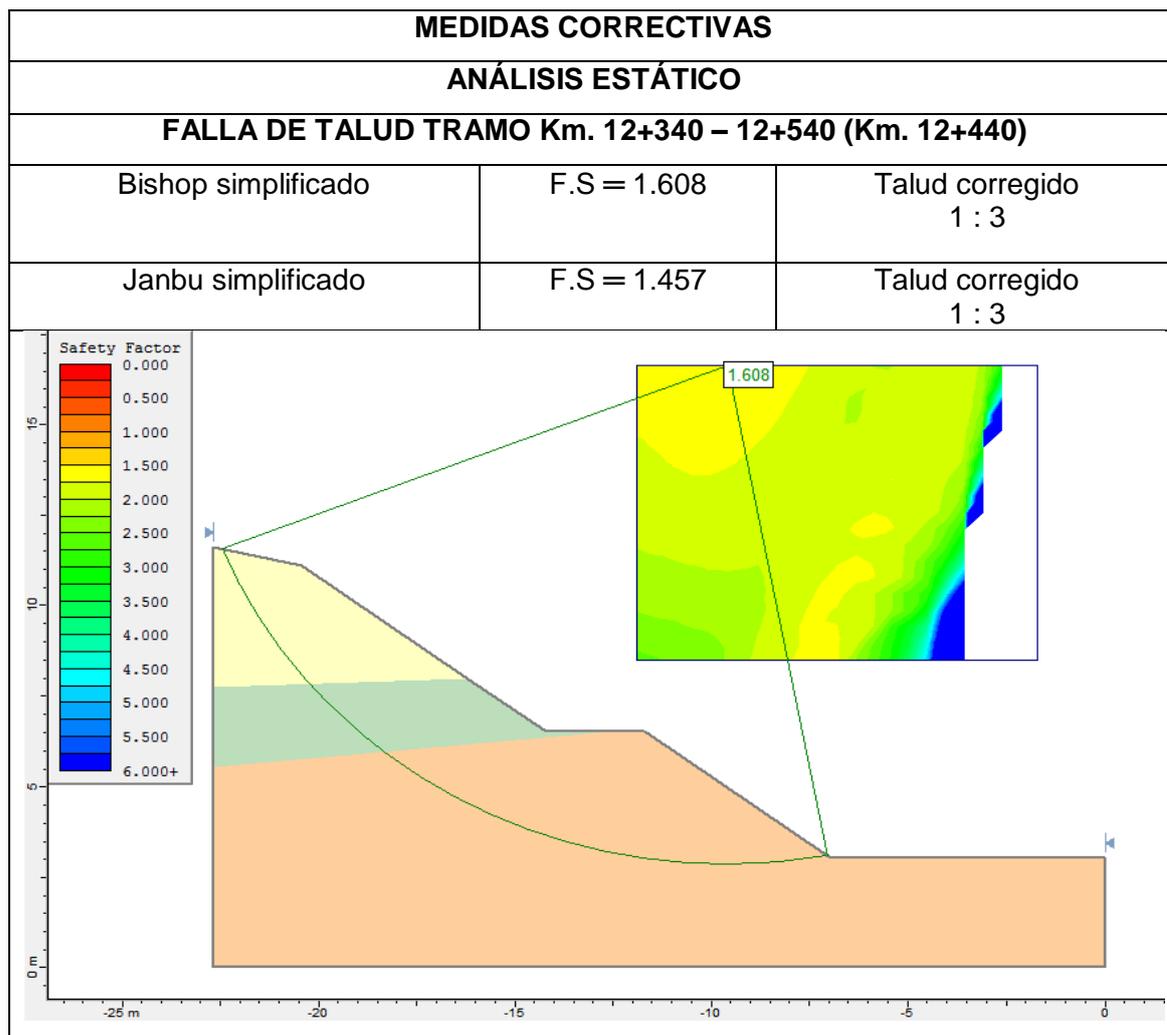
DISCUSIÓN DE MEDIDAS CORRECTIVAS

- ☞ Las medidas correctivas han sido analizadas con el programa SLIDE por dos métodos de equilibrio límite: BISHOP SIMPLIFICADO Y JANBÚ SIMPLIFICADO.
- ☞ Se ha modificado la geometría del talud disminuyendo su inclinación y haciendo banquetas de estabilización con relación 1:2, en cada banqueta, se ha construido zanjas de coronación en la cabecera del talud y a la vez en el pie del talud se ha construido muros de concreto ciclópeo con pedraplen y subdren para drenar el agua.
- ☞ El factor de seguridad ha aumentado mayor a 1: por lo tanto el talud de este tramo se ha estabilizado.



DISCUSIÓN DE INESTABILIDAD

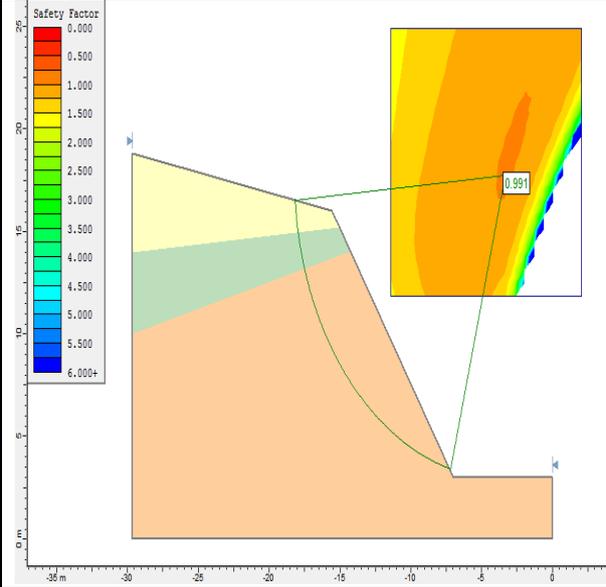
- ☞ El talud en este tramo se ubica en el lado izquierdo, la inestabilidad se ha producido por el desprendimiento del material suelto compuesto de grava limosa con grava arcilloso debido a la alteración de las areniscas.
- ☞ La inestabilidad se ha producido por la presencia de agua estacional circulando por el interior del terreno.
- ☞ La inestabilidad también es debido al movimiento de tierras y haciendo corte para ampliar la vía que genero grietas de tracción y deslizamiento del material.
- ☞ El factor de seguridad es menor a 1, con los ensayos realizados en laboratorio y analizado con el programa SLIDE.



DISCUSIÓN DE MEDIDAS CORRECTIVAS

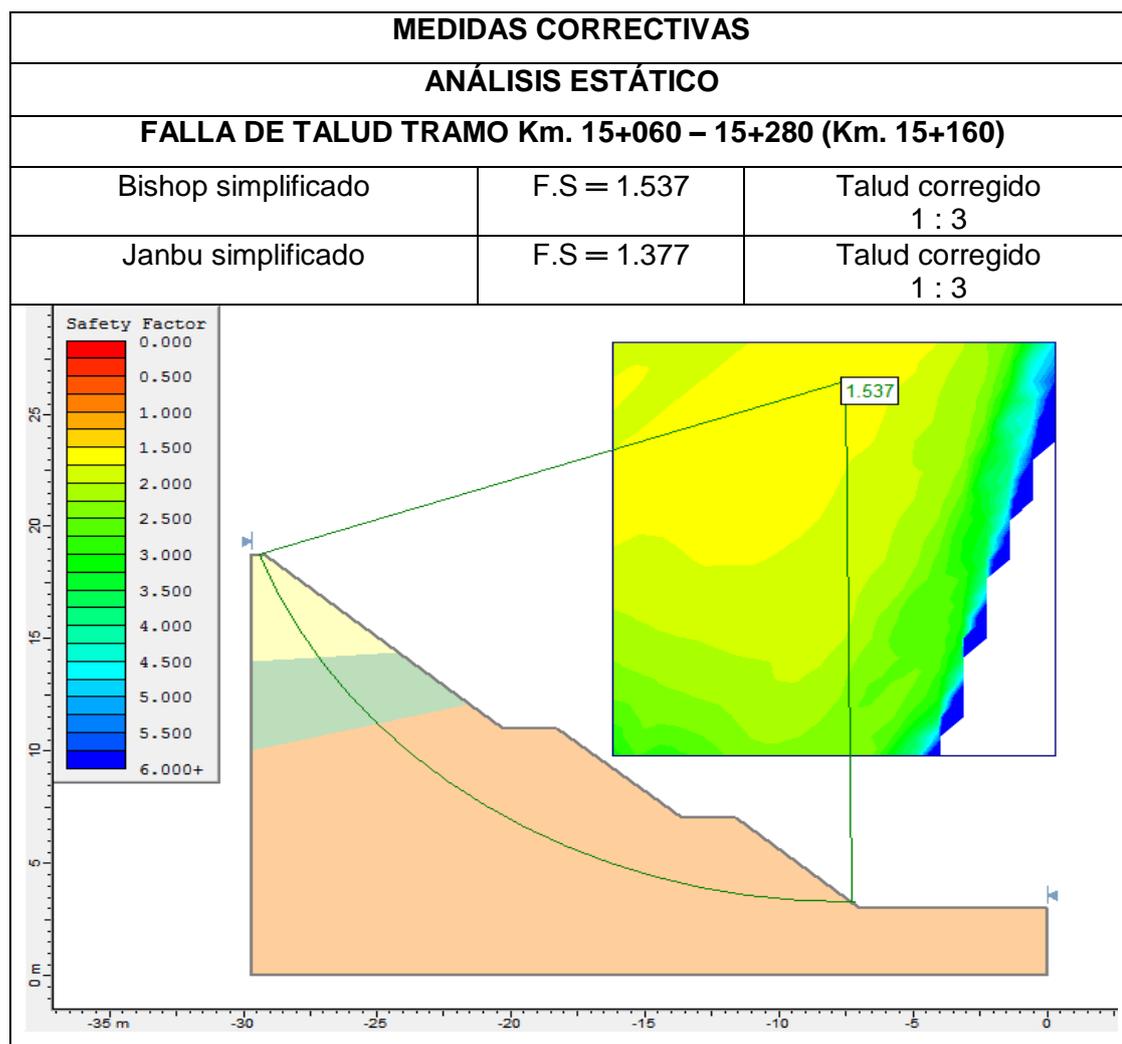
- ☞ Las medidas correctivas han sido analizadas con el programa SLIDE por dos métodos de equilibrio límite: BISHOP SIMPLIFICADO Y JANBÚ SIMPLIFICADO.
- ☞ Se ha modificado la geometría del talud disminuyendo su inclinación y haciendo banquetas de estabilización con relación 1:3, en cada banqueta y plantación de árboles de la zona, se ha construido zanjas de coronación en la cabecera del talud para drenar el agua estacional y a la vez en el pie del talud se ha construido pedraplen con gaviones tipo caja.
- ☞ El factor de seguridad ha aumentado mayor a 1: por lo tanto el talud de este tramo es estable.

FALLA DE TALUD TRAMO Km. 15+060 – 15+280 (Km. 15+160)	
Descripción del deslizamiento:	
Corresponde a un desprendimiento del talud debido a la saturación del material en tiempos de precipitaciones pluviales, no representa peligro para la vía, se recomienda limpieza y control de drenaje.	
PARÁMETROS GEOTÉCNICOS	
Altura	20m
Angulo del talud	46°
Talud natural	70°
Clasif. SUCS	GM
Cohesión	0.14 kPa
Angulo de fricción	27.36°
Peso especifico	33.13 kN/m ³
FACTOR DE SEGURIDAD ACTUAL	
F.S	0.991



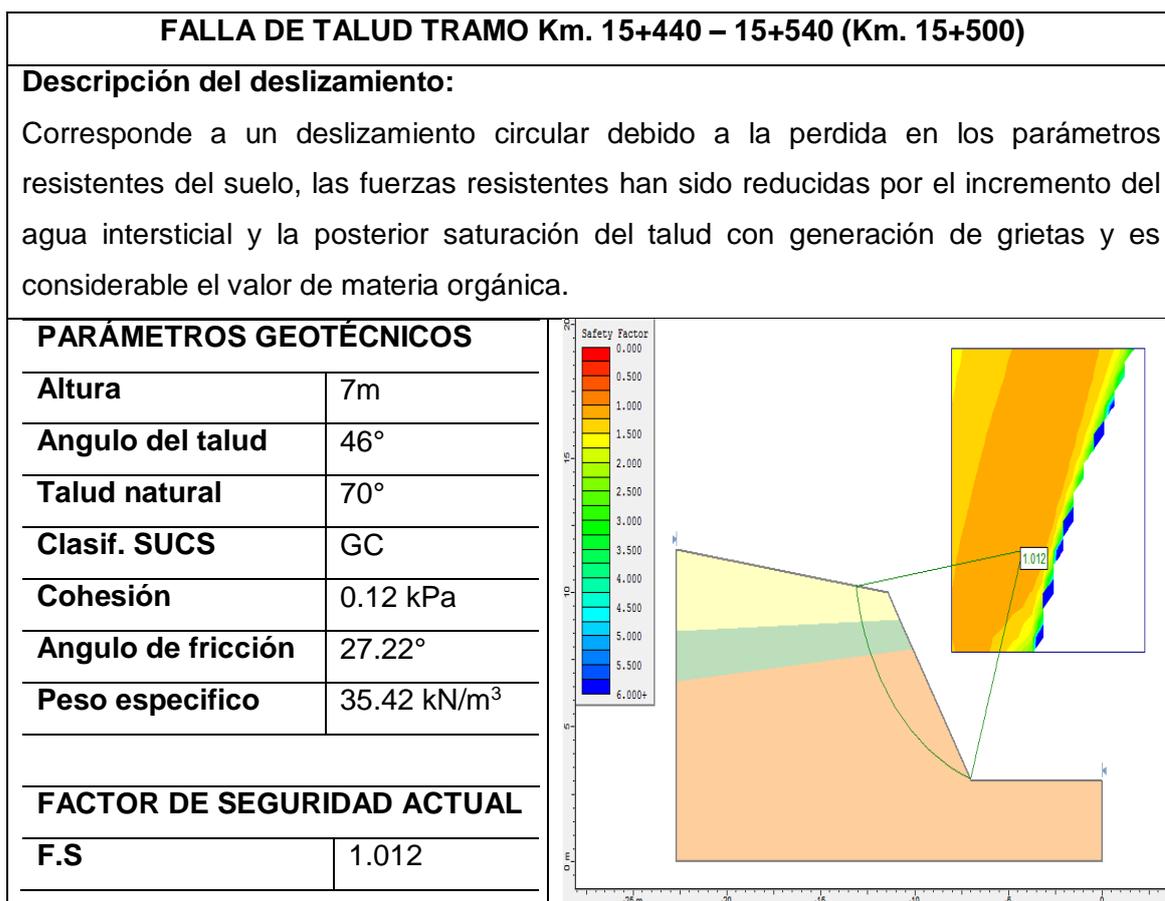
DISCUSIÓN DE INESTABILIDAD

- ☞ El talud en este tramo se ubica en el lado izquierdo, la inestabilidad se ha producido por el desprendimiento del material suelto compuesto de grava limosa debido a la alteración de las de la brecha volcánica del Grupo Mitu.
- ☞ La inestabilidad se ha producido por la presencia de agua superficial circulando por el terreno.
- ☞ La inestabilidad también es debido al movimiento de tierras y haciendo corte para ampliar la vía que genero grietas de tracción y deslizamiento del material.
- ☞ El factor de seguridad es menor a 1, con los ensayos realizados en laboratorio y analizado con el programa SLIDE.



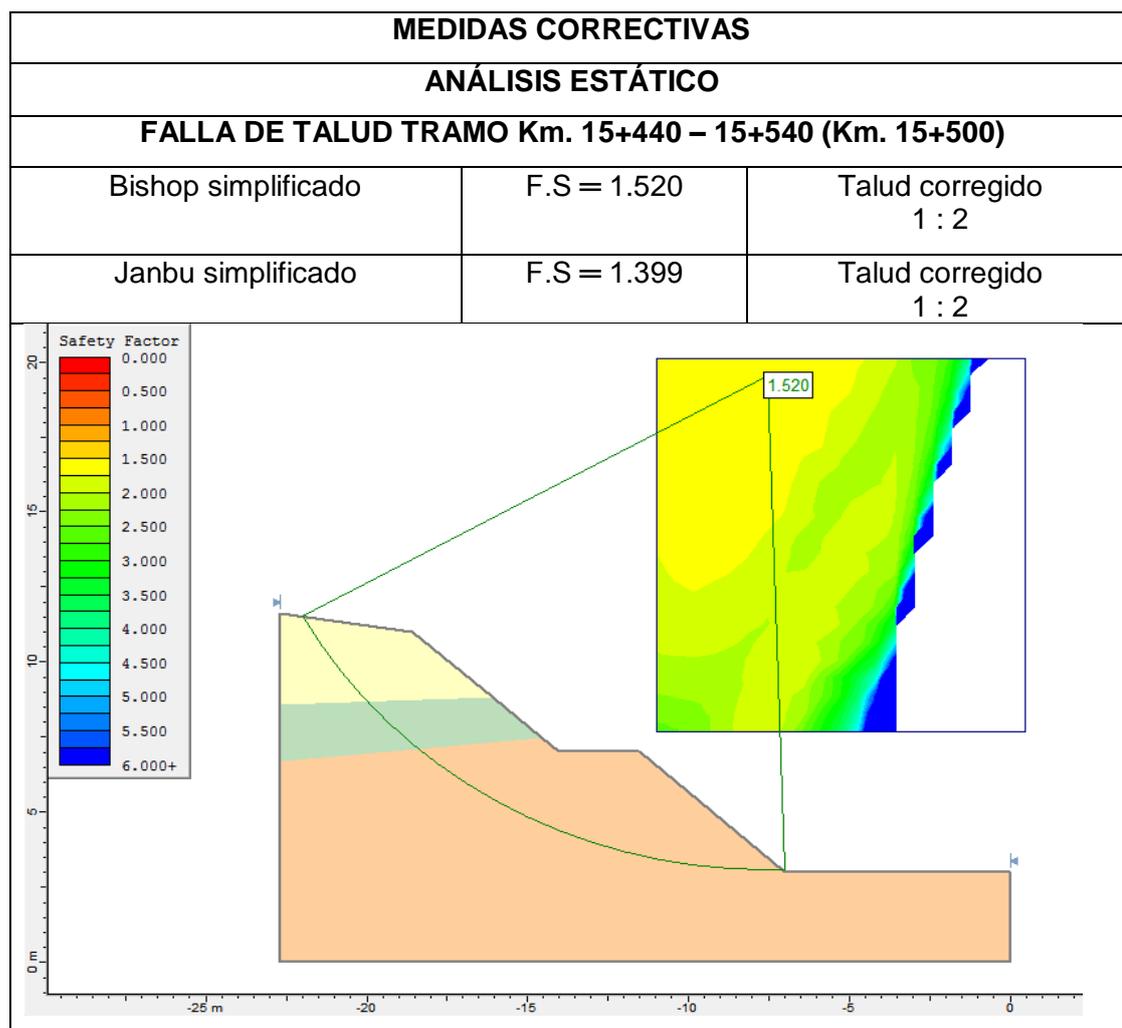
DISCUSIÓN DE MEDIDAS CORRECTIVAS

- ☞ Las medidas correctivas han sido analizadas con el programa SLIDE por dos métodos de equilibrio límite: BISHOP SIMPLIFICADO Y JANBÚ SIMPLIFICADO.
- ☞ Se ha modificado la geometría del talud disminuyendo su inclinación y haciendo banquetas de estabilización con relación 1:3, en cada banqueta, se ha construido zanjas de coronación en la cabecera del talud para drenar el agua superficial, plantación de árboles de la zona para evitar erosión del material y a la vez en el pie del talud se ha construido muro de concreto simple con muros de gaviones tipo caja.
- ☞ El factor de seguridad ha aumentado mayor a 1: por lo tanto el talud de este tramo es estable.



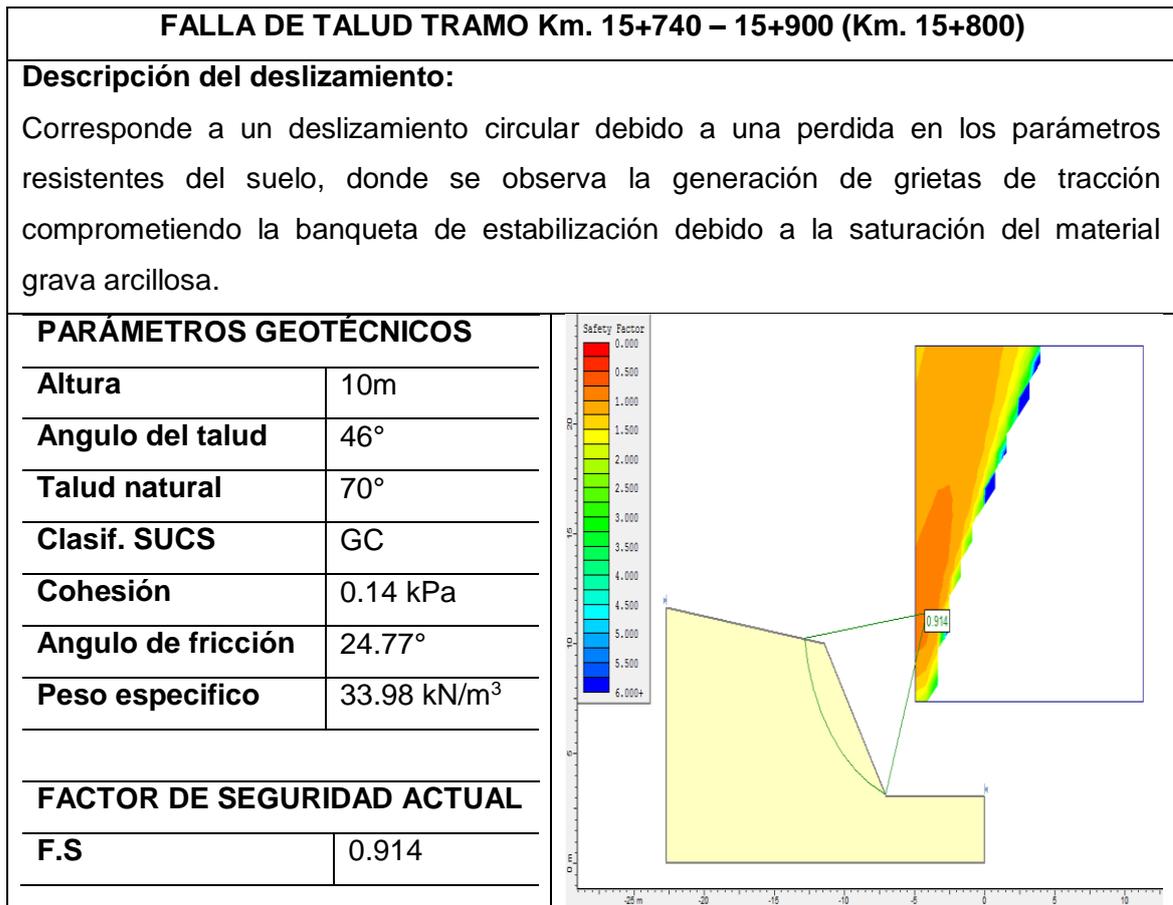
DISCUSIÓN DE INESTABILIDAD

- ☞ El talud en este tramo se ubica en el lado izquierdo, la inestabilidad se ha producido por el desprendimiento del material suelto compuesto de grava arcillosa debido a la alteración de la andesita.
- ☞ La inestabilidad se ha producido por la presencia de agua subterránea estacional circulando por el interior del terreno.
- ☞ La inestabilidad también es debido al movimiento de tierras y haciendo corte para ampliar la vía que generó grietas de tracción y deslizamiento del material.
- ☞ El factor de seguridad es a 1, con los ensayos realizados en laboratorio y analizado con el programa SLIDE.



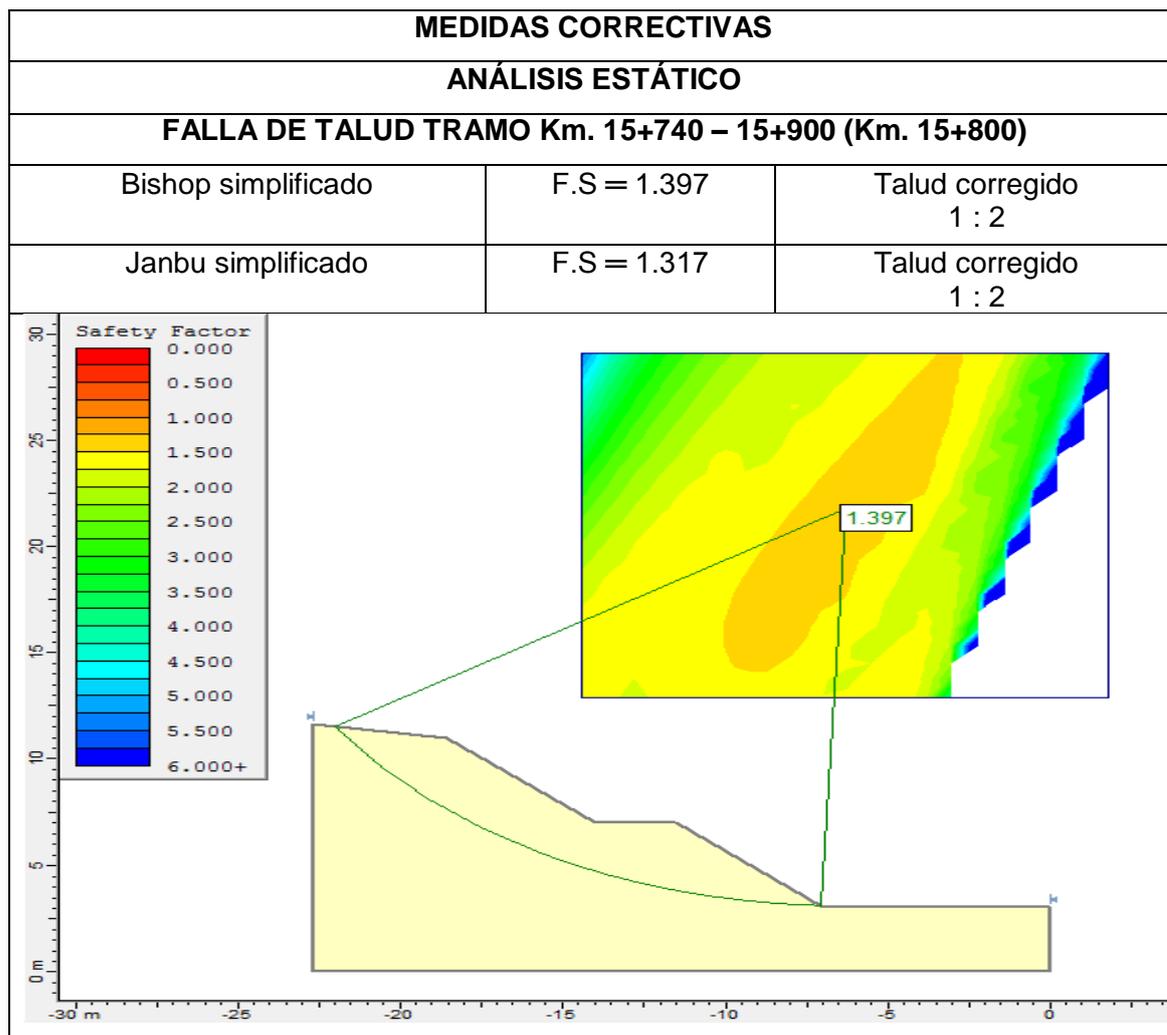
DISCUSIÓN DE MEDIDAS CORRECTIVAS

- ☞ Las medidas correctivas han sido analizadas con el programa SLIDE por dos métodos de equilibrio límite: BISHOP SIMPLIFICADO Y JANBÚ SIMPLIFICADO.
- ☞ Se ha modificado la geometría del talud disminuyendo su inclinación y haciendo banquetas de estabilización con relación 1:2, se ha construido zanjas de coronación en la cabecera del talud para drenar el agua superficial, plantación de árboles de la zona para evitar erosión del material y a la vez en el pie del talud se ha construido muro de concreto simple ciclópeo con cunetas.
- ☞ El factor de seguridad ha aumentado mayor a 1: por lo tanto el talud de este tramo es estable.



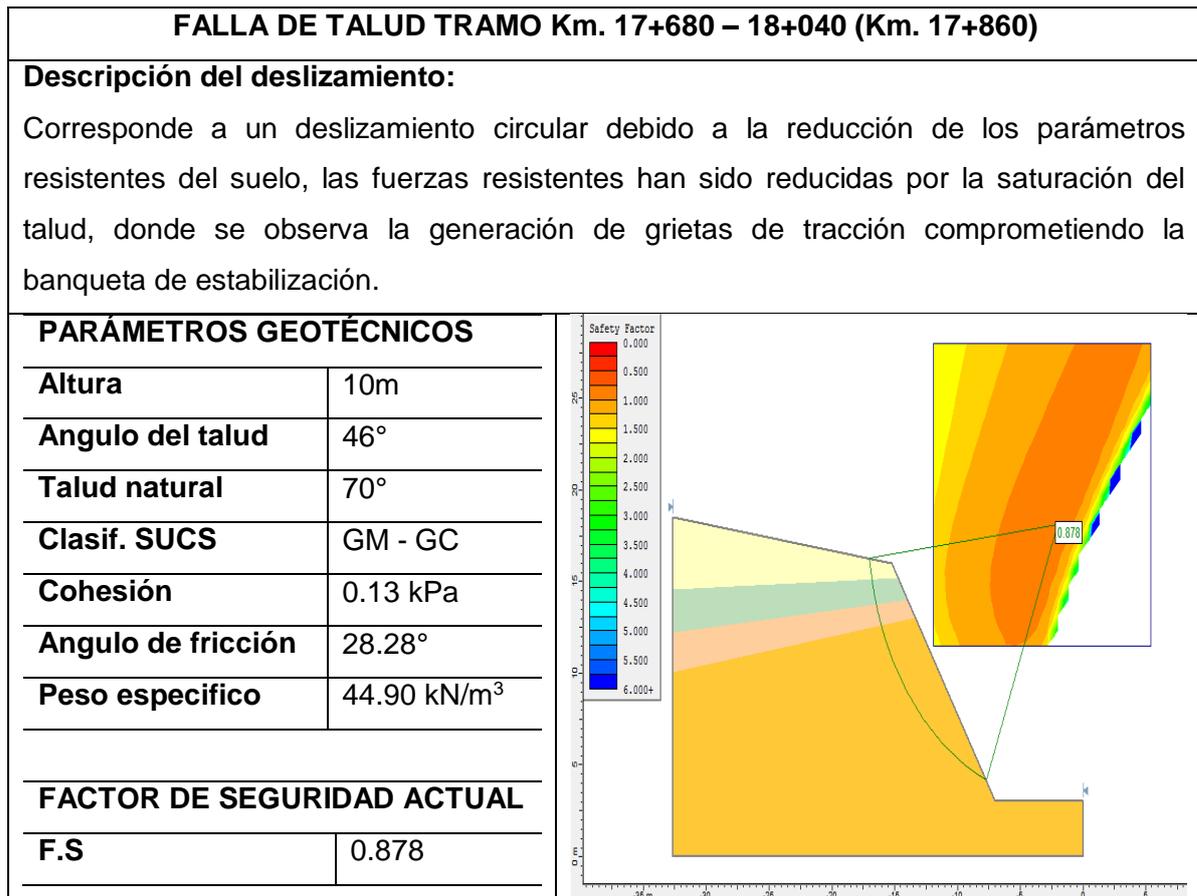
DISCUSIÓN DE INESTABILIDAD

- ☞ El talud en este tramo se ubica en el lado izquierdo, la inestabilidad se ha producido por el desprendimiento del material suelto compuesto de grava arcillosa debido a la alteración de la arenisca cuarzosa.
- ☞ La inestabilidad se ha producido por la presencia de agua infiltrada en el terreno.
- ☞ La inestabilidad también es debido al movimiento de tierras y haciendo corte para ampliar la vía que generó grietas de tracción y deslizamiento del material.
- ☞ El factor de seguridad es menor a 1, con los ensayos realizados en laboratorio y analizado con el programa SLIDE.



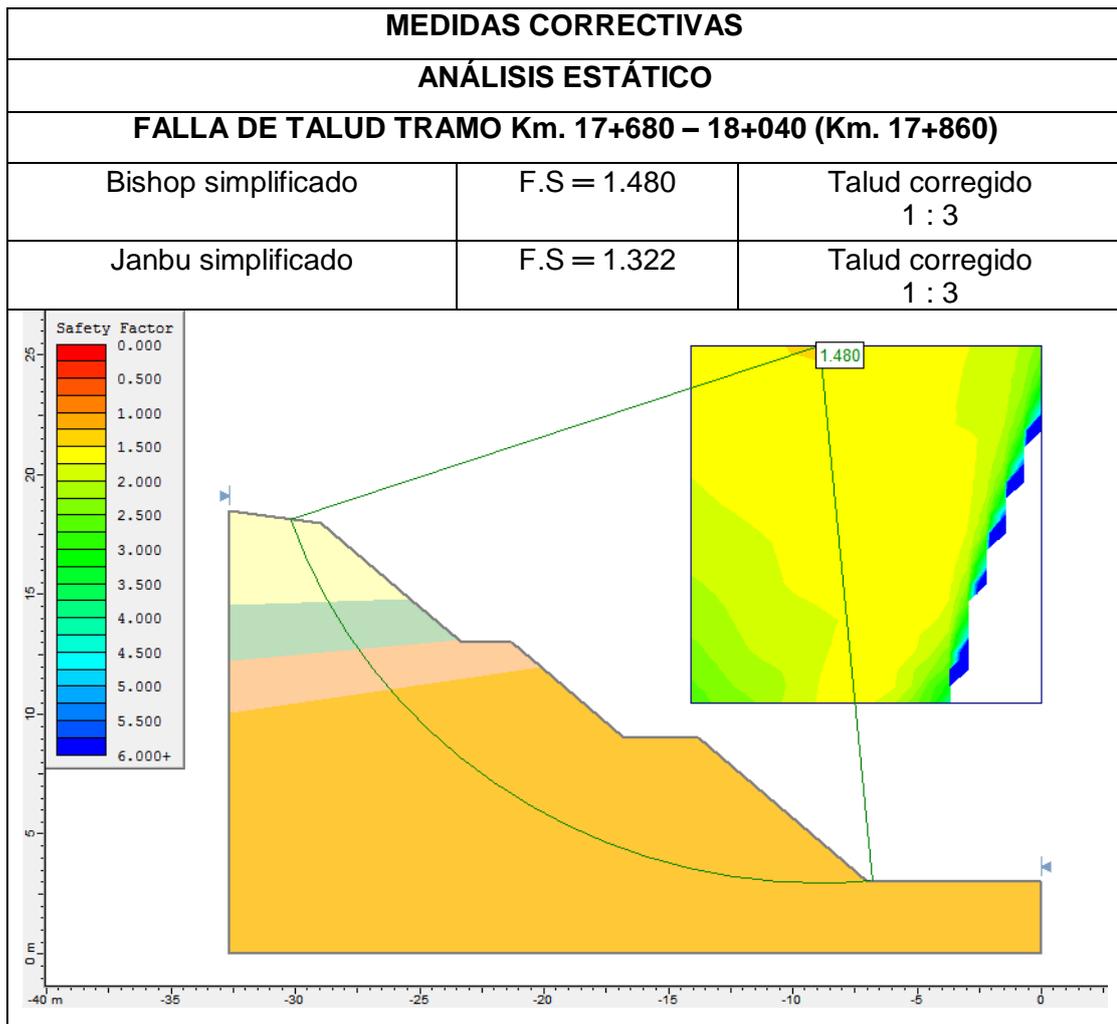
DISCUSIÓN DE MEDIDAS CORRECTIVAS

- ☞ Las medidas correctivas han sido analizadas con el programa SLIDE por dos métodos de equilibrio límite: BISHOP SIMPLIFICADO Y JANBÚ SIMPLIFICADO.
- ☞ Se ha modificado la geometría del talud disminuyendo su inclinación y haciendo banquetas de estabilización con relación 1:2, se ha construido zanjas de coronación en la cabecera del talud para drenar el agua superficial, plantación de árboles de la zona para evitar erosión del material y a la vez en el pie del talud se ha construido pedraplen y cunetas.
- ☞ El factor de seguridad ha aumentado mayor a 1: por lo tanto el talud de este tramo es estable.



DISCUSIÓN DE INESTABILIDAD

- ☞ El talud en este tramo se ubica en el lado izquierdo, la inestabilidad se ha producido por el desprendimiento del material suelto compuesto de grava limosa con grava arcillosa debido a la alteración de la arenisca.
- ☞ La inestabilidad se ha producido por la presencia de agua infiltrada en el terreno.
- ☞ La inestabilidad también es debido al movimiento de tierras y haciendo corte para ampliar la vía que genero grietas de tracción y deslizamiento del material.
- ☞ El factor de seguridad es menor a 1, con los ensayos realizados en laboratorio y analizado con el programa SLIDE.



DISCUSIÓN DE MEDIDAS CORRECTIVAS

- ☞ Las medidas correctivas han sido analizadas con el programa SLIDE por dos métodos de equilibrio límite: BISHOP SIMPLIFICADO Y JANBÚ SIMPLIFICADO.
- ☞ Se ha modificado la geometría del talud disminuyendo su inclinación y haciendo banquetas de estabilización con relación 1:3, se ha construido zanjas de coronación en la cabecera del talud para drenar el agua superficial, plantación de árboles de la zona para evitar erosión del material y a la vez en el pie del talud se ha construido muros de concreto ciclópeo y cunetas.
- ☞ El factor de seguridad ha aumentado mayor a 1: por lo tanto el talud de este tramo es estable.

5.3 MEDIDAS CORRECTIVAS EN TALUDES DE CORTE EN SUELOS

5.3.1 PROYECTOS DE ESTABILIZACIÓN

El proyecto de estabilización de taludes debe procurar actuar directamente sobre los mecanismos de inestabilización actuantes o posibles de actuación. En este caso, como el mecanismo de inestabilización son consecuencia de problemas de filtraciones interna en el macizo, se debe primeramente adoptar soluciones que ataquen directamente esta causa, por ejemplo obras de drenaje.

En el caso de que la estabilización sea provocada por problemas de erosión debido al escurrimiento superficial, se debe realizar drenaje lateral y protección superficial. Cuando se trata de inestabilidad por acción gravitacional (alturas o inclinaciones excesivas en los taludes), el retaludamiento (banqueta) debe ser la primera solución a ser enfocada.

Generalmente las soluciones simples, que no comprenden obras de contención de magnitud, cuando son técnicamente viables, implican costos inferiores que aquellas más sofisticadas.

5.3.2 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD CON OBRAS CORRECTIVAS

Las obras correctivas que han permitido la estabilización de los taludes en el modelamiento mecánico han consistido en la descarga de taludes de las masas desestabilizantes asociado con obras de drenaje superficial, en vista de que el factor de agua ha sido fundamental para las condiciones actuantes de inestabilidad.

5.3.2.1 DESCARGA DE TALUDES

La descarga de taludes es imprescindible en todos los casos, se muestra necesario para lograr un equilibrio entre las fuerzas y momentos actuantes en los cortes de la carretera. La manera más eficiente para la descarga se efectúa consiguiendo un ángulo más cercano al ángulo de reposos del material, habiéndose conseguido optimizar el ángulo más adecuado para cada talud.

Cuando los taludes poseen alturas cercanas a los 10.0m es necesario realizar un sistema de banquetas, las cuales poseen anchos de 3.0m en la banqueta del talud se construirá el debido drenaje para evitar la infiltración.

Todos los sistemas de descarga de talud estarán asociados por las obras de drenaje superficial para preservar el ángulo óptimo de trabajo y evitar deslizamientos superficiales.

5.3.2.2 CANAL DE CORONACIÓN (ZANJAS DE CORONACIÓN)

Se ha previsto la construcción de zanjias de coronación emplazadas a 50.0m del eje, en la parte alta de la ladera de los cerros adyacentes a la carretera; han sido diseñados con un caudal de 125lt/seg, la pendiente se adaptará a las condiciones topográficas y al punto de entrega, siendo necesario que sean conectadas con los sistemas de Alcantarilla y recolección ubicados en las quebradas a los flancos de los taludes críticos.

Esta estructura de drenaje se sección trapezoidal revestida de mampostería de piedra $e = 0.15$, permite captar el escurrimiento superficial originado por las lluvias, evitando que se origine la erosión y la desestabilización de los taludes próximos a la vía así como derrumbes que atenten contra la operatividad de la vía.

La evacuación de la precipitación captada y conducida por las zanjias de coronación se entregará indistintamente a la quebrada próxima, el cabezal de un Alcantarilla o a una caja receptora.

Para el caso específico del talud de las progresivas Km. 12+000 al 12+120 y Km. 15+730 al 15+800, donde la grieta de tracción continúa remontando, la ubicación del drenaje será a 10.0m de la última grieta del talud, manteniendo todos los datos geométricos establecidos.

5.3.2.3 ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN

Las estructuras de contención o de relleno son obras civiles construidas con la finalidad de proveer estabilidad contra la rotura del macizo de tierra (suelo) o roca. Son estructuras que proveen soporte a estos macizos y evitan el deslizamiento causado por su peso propio o por cargas externas. Aunque la geometría, el proceso constructivo y los materiales utilizados en las estructuras

citadas sean muy diferentes entre sí, todas ellas son construidas para contener la posible rotura del macizo, soportando las presiones laterales ejercidas por este.

En función del tipo de material utilizado para su construcción, estas estructuras pueden ser subdivididas en:

- ❖ **ESTRUCTURAS RÍGIDAS.-** Aquellas construidas con materiales que no aceptan cualquier tipo de deformación. En esta categoría se encuentran los muros de concreto reforzado, concreto simple, concreto ciclópeo, emboquillado de piedras, etc.
- ❖ **ESTRUCTURAS FLEXIBLES.-** Aquellas formadas por materiales deformables y que pueden, dentro de límites aceptables, adaptarse a las deformaciones y movimientos del terreno, sin perder su estabilidad y eficiencia. Se incluyen los muros en gaviones, los muros criba, los pedraplenes, bloques articulados y los tierra con llantas usadas, entre otros.

5.3.2.3.1 ESTRUCTURAS RÍGIDAS

Son estructuras de contención generalmente de concreto que no permiten deformaciones importantes sin romperse. Se apoyan sobre suelos competentes para transmitir fuerzas de su cimentación al cuerpo del muro y de esta forma generar fuerzas de contención. La utilización de muros rígidos es una de las formas más sencillas de manejar cortes y terraplenes. Los muros rígidos actúan como una masa relativamente concentrada que sirva de elemento contenedor de la masa inestable.

El empleo de muros de contención rígidas para estabilizar deslizamientos es una práctica común en todo el mundo, pero su éxito ha sido limitado por la dificultad que hay en el análisis de cada caso en particular y por las diferencias que existen entre las fuerzas reales que actúan sobre el muro en un caso de deslizamiento y los procedimientos de análisis basados en criterios de presiones activas, utilizando las teorías de presión de tierras de Rankine o Coulomb.

Se diseña para que se a capaz de resistir las cargas de desequilibrio debidas al deslizamiento adicionadas por un factor de seguridad que se recomienda no sea inferior a 2.0.

a) MUROS DE CONCRETO CICLÓPEO

El concreto ciclópeo es una mezcla de concreto con cantos o bloques de roca dura. Generalmente se utilizan mezclas de 60% de concreto y 40% de volumen de bloque de roca. En algunos países se utilizan porcentajes mayores de bloques de roca.

Sin embargo, debe tenerse en cuenta que a mayor cantidad de roca, existe mayor posibilidad de agrietamiento del muro por presencia de zonas de debilidad estructural interna. El diseño de un muro de concreto ciclópeo es muy similar a un muro de concreto simple.

❖ Diseño de muros de concreto ciclópeo

- ☞ Deben utilizarse bloques de roca angulosa. Si se quiere utilizar redondeados estos deben romperse o “rajonearse” para que tengan caras rugosas y bordes angulosos. Es muy importante una buena adherencia entre los bloques de roca y el concreto.
- ☞ Los muros de concreto ciclópeo poseen resistencia baja a la tensión y no se permiten muros esbeltos.
- ☞ No se debe utilizar bloques de roca frágil o blanda (por ejemplo, Lutitas o Esquistos).

❖ Ventajas

- ☞ Son similares a los de concreto simple. Utilizan bloques o cantos de roca como material embebido, disminuyendo los volúmenes de concreto. Generalmente son más económicos que los de concreto simple o reforzado.

❖ Desventajas

- ☞ Se requiere muy buena fundación. El concreto ciclópeo (cantos de roca y concreto) no puede soportar esfuerzos de flexión grandes. Se requiere la disponibilidad de bloque de roca.

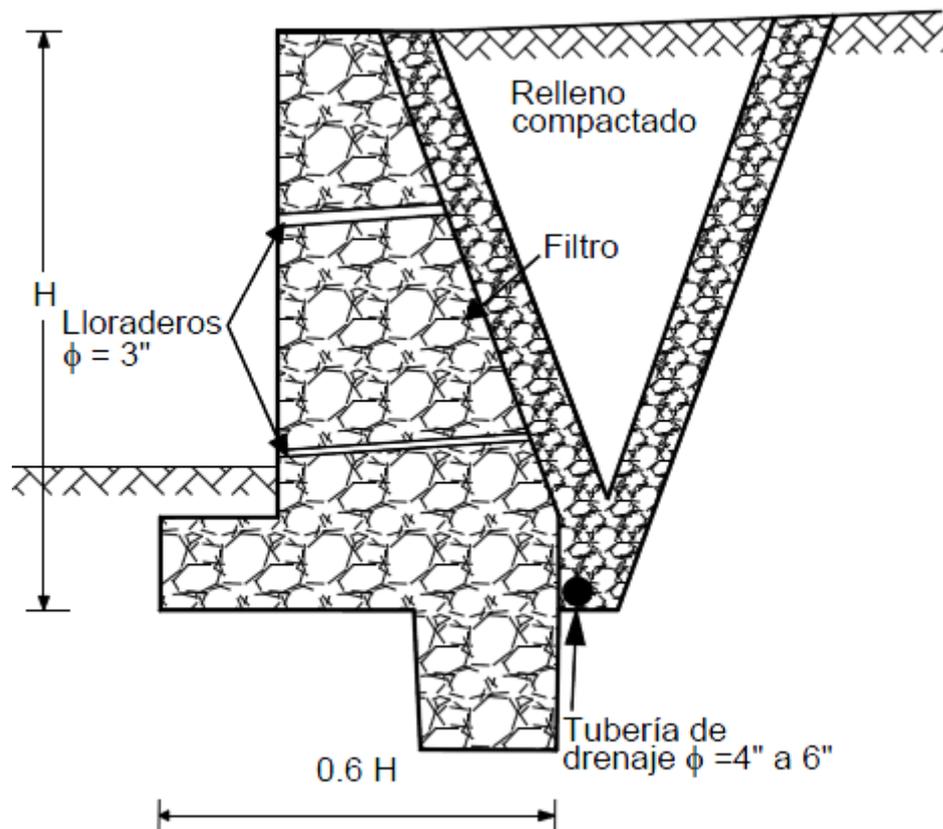


Figura 26: Esquema de un muro de concreto ciclópeo.

Fuente: Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales (Suarez Díaz, J., 1998)

5.3.2.3.2 ESTRUCTURAS FLEXIBLES

Son estructuras masivas y flexibles. Se adaptan a los movimientos. Su efectividad depende de su peso y de la capacidad de soportar deformaciones importantes sin que se rompa su estructura. Los muros flexibles son estructuras que se deforman fácilmente por las presiones de la tierra sobre ellas o que se acomodan a los movimientos del suelo y generalmente, se diseñan para resistir presiones activas en lo que se refiere a su estabilidad intrínseca y actúan como masas de gravedad para la estabilización de deslizamiento de tierras.

a) Muros en gaviones

Los gaviones son cajones de malla de alambre galvanizado que se rellenan de cantos de roca. Los muros en gaviones son estructuras de gravedad y su diseño sigue la práctica estándar de la Ingeniería Civil.

Debe tenerse en cuenta, la manera muy especial, el amarre entre unidades de gaviones para evitar el movimiento de unidades aisladas y poder garantizar un muro monolítico. Por su flexibilidad el muro de gaviones puede deformarse fácilmente al ser sometido a presiones, diferenciándose un poco su comportamiento de los muros convencionales.

El muro puede flectarse sin necesidad de que ocurra su volcamiento o deslizamiento, y es común encontrar deflexiones hasta el 20% de la altura.

En este caso hemos utilizado **Gavión tipo caja**, que es una estructura metálica, en forma de paralelepípedo, producida a partir de un único paño de malla hexagonal de doble torsión, que forma la base, la tapa y las paredes frontal y trasera. A este paño base son unidas, durante la fabricación, paneles que formarán las dos paredes de las extremidades y los diafragmas.

❖ **Ventajas**

- ☞ Simple de construir, mantener y utilizar los cantos y rocas disponibles en el sitio.
- ☞ Se puede construir sobre fundaciones débiles.
- ☞ Su estructura es flexible, puede tolerar asentamientos diferenciales mayores que otro tipo de muros y es fácil de demoler o reparar.
- ☞ Fácil alivio de presiones de agua. Soportan movimientos sin pérdida de eficiencia. Es de construcción sencilla y económica.

❖ **Desventajas**

- ☞ Las mallas de acero galvanizado se corroen fácilmente en ambientes ácidos, por ejemplo, en suelos residuales de granitos se requiere cantos o bloques de roca, los cuales no necesariamente están disponibles en todos los sitios. Al amarre de la malla y las unidades generalmente no se le hace un buen control de calidad.

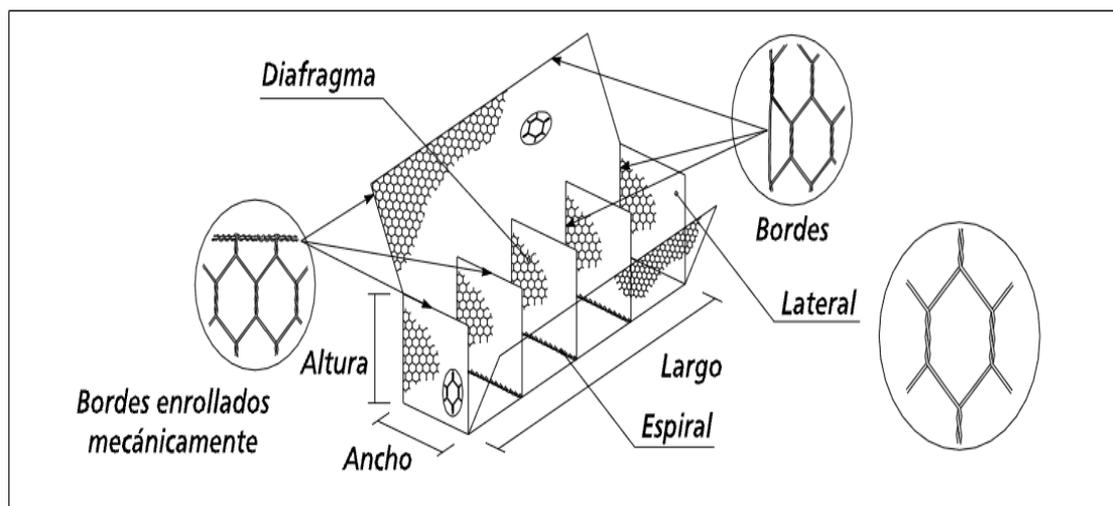


Figura 27: Elementos constituyentes de los gaviones tipo caja.

Fuente: Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales (Suarez Díaz, J., 1998).

b) Muros de bloques de roca (pedraplenes)

Los muros en roca son estructuras construidas con bloques o cantos grandes de roca, los cuales se colocan unos sobre otros en forma manual o al volteo.

El tamaño de los bloques utilizados generalmente, supera las 3 pulgadas y pueden utilizarse bloques hasta de un metro de diámetro, si se tiene equipo adecuado para la colocación.

❖ Diseño de muros de enrocado

- ☞ El diseño consiste en determinar las dimensiones exteriores del terraplén.
- ☞ El ancho de la base del pedreplén comúnmente, es superior a su altura o por lo menos igual. El ancho mínimo de la parte superior del muro es de un metro. Se acostumbra colocarle un geotextil en la interface entre el pedreplén y el suelo, y un subdrén en forma similar a los muros en gaviones.
- ☞ El ángulo de inclinación de la pared exterior depende del tipo de roca, tamaño y angulosidad. Para bloques grandes se pueden utilizar pendientes de hasta 1/16H: 1V.

❖ **Ventajas**

☞ Son fáciles de construir y económicos cuando hay roca disponible.

❖ **Desventajas**

☞ Requieren de la utilización de bloques o cantos de tamaño relativamente grande.

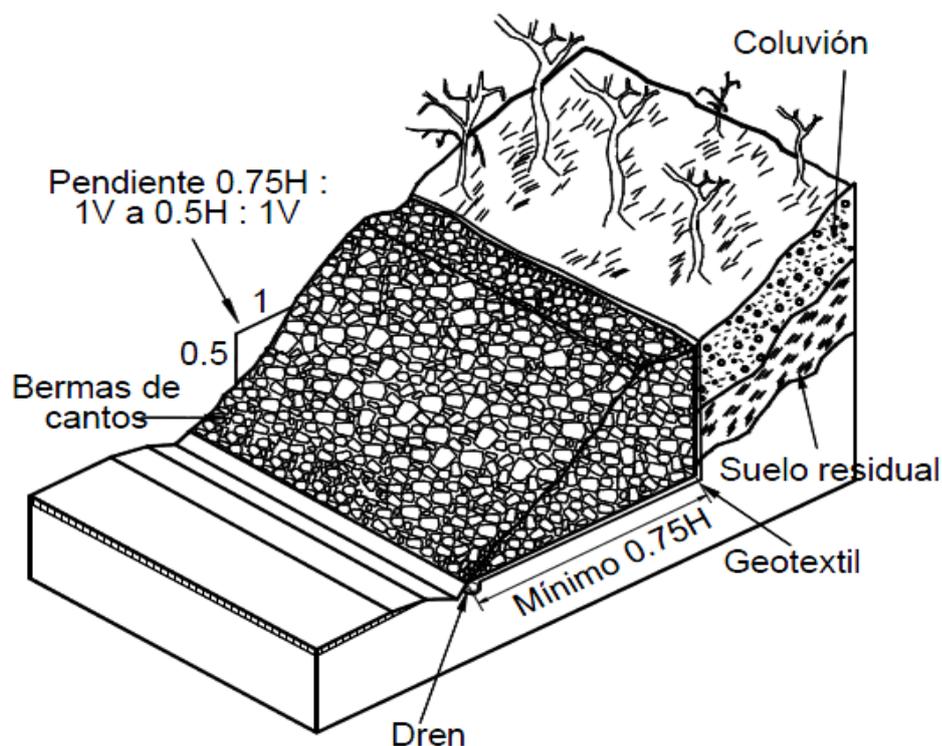


Figura 28: Elementos constituyentes de muro de enrocado.

Fuente: Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales (Suarez Díaz, J., 1998).

5.3.2.3 REVEGETACIÓN DE TALUDES

La revegetación evitara la erosión e infiltración del agua por efectos de la precipitación y escorrentía superficial. Es fundamental su utilización en la zona de la corona del talud, debido a la posible formación de zonas de debilidad como grietas y debido a estas se genere infiltración de agua. La revegetación se hará con especies nativas de la zona, las cuales funcionan adecuadamente como cobertores sobre los taludes, precisando una adecuada distribución del sembrado.

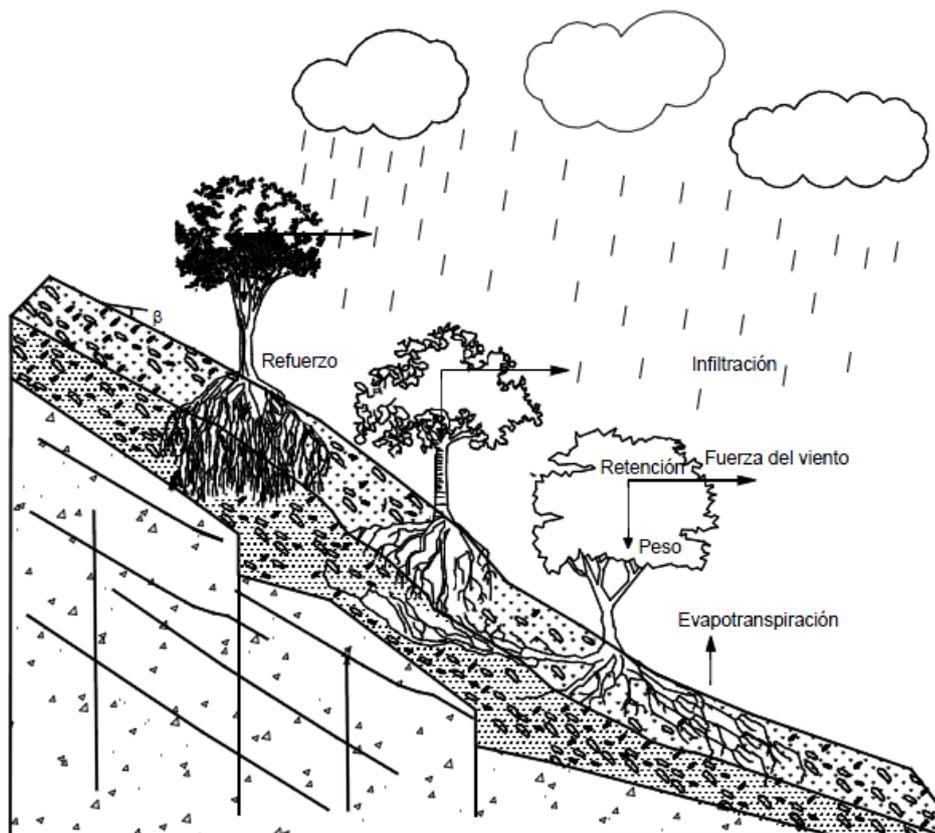


Figura 29: Estabilización de taludes utilizando vegetación.

Fuente: Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales (Suarez Díaz, J., 1998).

5.3.3 ANÁLISIS SÍSMICO DE TALUDES

El método pseudo-estático de análisis de estabilidad de taludes simula las condiciones de los taludes bajo la adición del coeficiente lateral sísmico. Uno de los principales problemas con este método es determinar el coeficiente lateral sísmico, que depende de la sismicidad del país y es de naturaleza semi-empírica (Seed y Martin, 1966).

5.3.3.1 SISMICIDAD

Desde el punto de vista sísmico, el Territorio Peruano, pertenece al Círculo Circumpacífico, que comprende las zonas de mayor actividad sísmica en el Mundo y por lo tanto se encuentra sometido con frecuencia a movimientos Telúricos. Pero, dentro del Territorio Nacional. Existen varias zonas que se diferencian por su mayor o menor frecuencia de estos movimientos, así

tenemos que las Normas Sismo resistentes del Reglamento Nacional de Construcciones, divide al país en tres zonas:

- ❖ **Zona 1.-** Comprende el Departamentos de Iquitos, parte de los Departamentos de Ucayali y Madre de Dios; En esta zona la sismicidad es Baja.
- ❖ **Zona 2.-** En esta zona la sismicidad es Media. Comprende el resto de la región de la Selva, los Departamentos de Puno, Madre de Dios, y parte del Cusco. En esta zona los sismos se presentan con mucha frecuencia, pero no son percibidos por las personas en la mayoría de las veces.
- ❖ **Zona 3.-** Es la zona de más Alta sismicidad. Comprende toda la Costa Peruana desde Tumbes a Tacna, la Sierra Norte y Central; así como parte de ceja de Selva, es la zona más afectada por los fenómenos Telúricos.

El área del presente trabajo, se encuentra en la **ZONA 2, de Baja Sismicidad**. A pesar de ello en sus características estructurales no se identifican rasgos sobre fenómenos de tectonismo que hayan influido en la Estructura Geológica de la Zona.

En el Departamento de Puno, cerca de los límites de Arequipa y Cusco se han registrado sismos con una intensidad de VI MM (Mercalli Modificado) que se considera Sismicidad Alta, según el Mapa de Distribuciones de Máximas Intensidades Sísmicas (Alva et al, 1984). Según esta intensidad los sismos causan daños ligeros, así mismo se conoce estos tienen Hipocentros de profundidades intermedias que varía de 40 a 130Km. Con respecto a la magnitud de estos sismos producidos están en el orden de 4.0 a 6.5Mb.

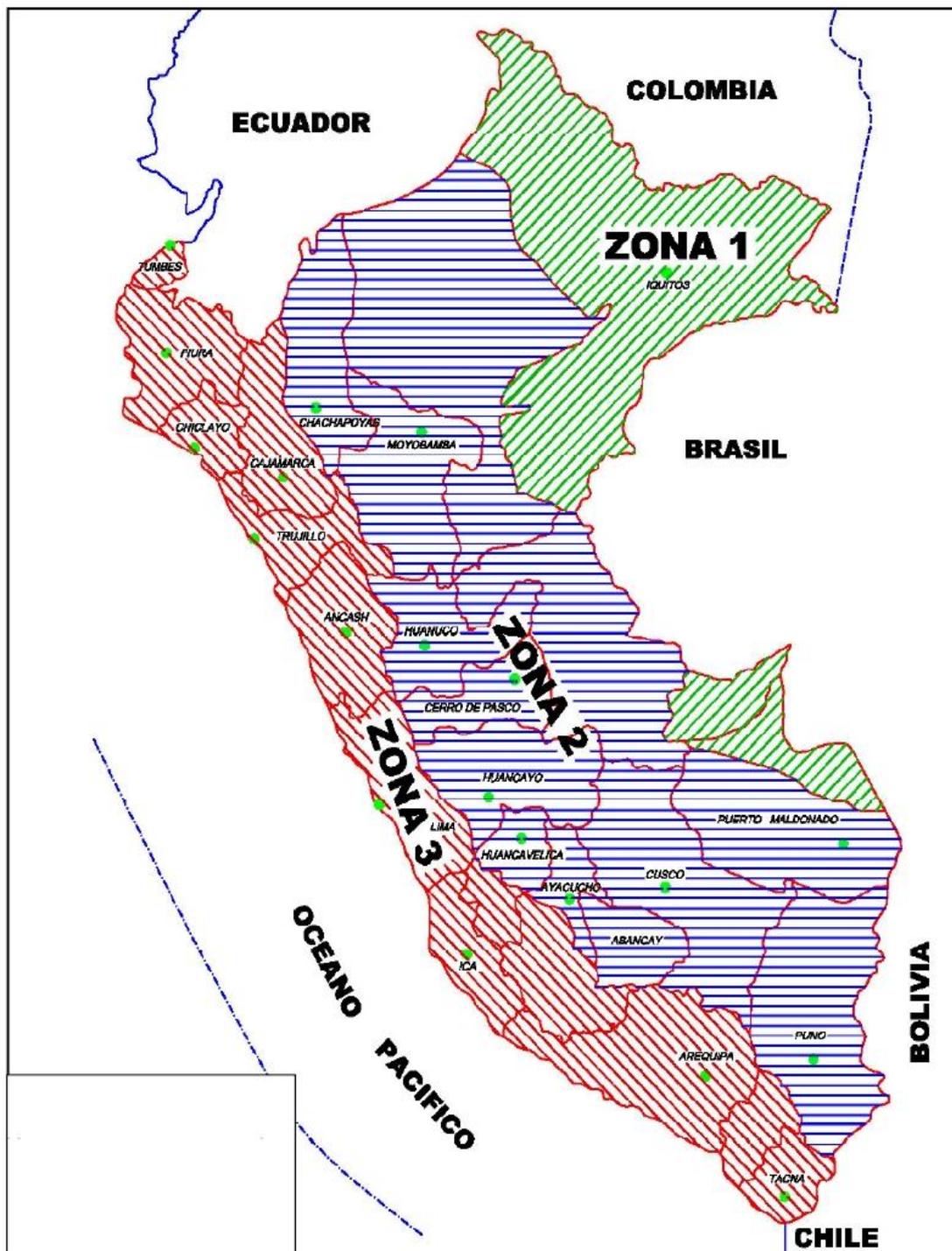


Figura 30: Zonas sísmicas del Perú, el área de investigación se encuentra en la zona 2.

Fuente: Instituto Geofísico del Perú.

El presente trabajo de investigación tiene por objeto evaluar el riesgo sísmico de la zona donde se emplazara la carretera. La primera etapa comprende una revisión de la actividad sísmica del pasado, presentando la

información de los datos históricos de sismos que afectaron la región, las características de los terremotos en los últimos años se presentan en el catálogo sísmico, también se resume la información macrotectónica.

5.3.3.2 SISMICIDAD REGIONAL

La máxima sismicidad con que se espera que una determinada zona sea sacudida, dentro de un cierto periodo de tiempo se basa en los movimientos ocurridos en el pasado; por lo tanto la mejor manera de establecer parámetros que permitan un cálculo probabilístico, es tener en consideración toda la historia sísmica instrumental y sismotectónica.

5.3.3.3 SISMICIDAD HISTÓRICA

Los sismos más importantes de la región cuya historia se conoce son:

- ☞ **19 de Febrero de 1600.-** A las 05:00 fuerte sismo causado por la explosión del Volcán Huaynaputina (Omate), la lluvia de ceniza oscureció el cielo de la ciudad de Arequipa, según el relato del Padre Bartolomé Descaurt. Se desplomaron todos los edificios con excepción de los más pequeños, alcanzando una intensidad de XI en la Escala Modificada de Mercalli, en la zona del volcán.
- ☞ **18 de Setiembre de 1833.-** A las 05:45 violento movimiento sísmico que ocasiono la destrucción de Tacna y grandes daños en Moquegua, Arequipa, Sama, Arica, Torata, Locumba e Ilbaya, murieron 18 personas: fue sentido en la Paz y Cochabamba, en Bolivia.
- ☞ **24 de Agosto de 1942.-** A las 17:51 terremoto en la región limítrofe de los departamentos de Ica y Arequipa, alcanzando intensidades de grado IX de la Escala Modificada de Mercalli, el epicentro fue situada entre los paralelos de 14° y 16° de latitud Surt. Causo gran destrucción en un área de 18000 Km². Murieron 30 personas por los desplomes de las casas y 25 heridos por diversas causas. Se sentido fuertemente en las poblaciones de Camaná, Chuquibamba, Aplao y Mollendo, con menor intensidad en Moquegua, Huancayo, Cerro de Pasco, Ayacucho, Huancavelica, Cusco, Cajatambo, Huaraz y Lima. Suposición geográfica

fue -15° Latitud S y -76° Longitud W y una magnitud de 8.4 en Arequipa tuvo una intensidad de V en la Escala Modificada de Mercalli.

- ☞ **03 de Octubre de 1951.-** Ala 06:08 fue temblor en el Sur del país. En la ciudad de Tacna se cuartearon las paredes de un edificio moderno, alcanzo una intensidad de grado VI en la Escala Modificada de Mercalli. Se sentido fuertemente en las ciudades de Moquegua y Arica. La posición Geográfica fue de -17 Latitud S y -71° Longitud W y su profundidad de 100Km.
- ☞ **15 de Enero de 1958.-** A las 14:14:29 terremoto en Arequipa que causo 28 muertos y 133 heridos. Alcanzo una intensidad del grado VII en la Escala Modificada de Mercalli y de grado VIII en la Escala Internacional de Intensidad Sísmica M.S.K (Medvedev, Sponheuer y Karnik), este movimiento causo daños de diversa magnitud en todas las viviendas construidas a base de Sillar, resistiendo solo MUEBLES CONSTRUIDOS DESPUES DE 1940.
- ☞ **23 de Junio de 2001.-** A las 15: 33 minutos, terremoto destructor que afecto el Sur del Perú, particularmente los Departamentos de Moquegua, Tacna y Arequipa. Este sismo tuvo características importantes entre las que se destaca la complejidad de su registro y ocurrencia. El terremoto ha originado varios, miles de post-sacudidas o replicas.

Las localidades más afectadas por el terremoto fueron las ciudades de Moquegua, Tacna, Arequipa, Valle de Tambo, Caravelí, Chuquibamba, Ilo, algunos pueblos del interior y Camaná por el efecto de Tsunami. El Sistema de Defensa Civil y medios de comunicación han informado la muerte de 35 personas en los Departamentos antes mencionados, así como desaparecidos y miles de edificaciones destruidas.

5.3.3.4 DISEÑO SISMICO

El periodo de retorno para un episodio sísmico de magnitud 7.0, que es la máxima registrada en el listado de sismos en el área, para un periodo de vida útil de la carreta de 50 y 100 años, con una probabilidad de excedencia del 10% según la siguiente expresión:

$$PR = 1/(1 - \sqrt[n]{1 - Pe})$$

Dónde:

PR = Periodo de retorno

n = Vida útil de la estructura = 50 a 100 años

Pe = Probabilidad de excedencia = 10%

Resolviendo la ecuación anterior determinamos un periodo de retorno de 475 años, mientras que la aceleración sísmica de diseño la calculamos según la expresión:

$$a_c = \rho a_b$$

Dónde:

a_c = Aceleración sísmica de diseño

a_b = Aceleración sísmica según el Mapa de distribución de isoaceleraciones

ρ = Coeficiente adimensional de riesgo, función del periodo de vida en años

$$\rho = (t/50)^{0.37}$$

$$\rho = (t/100)^{0.37}$$

En la ecuación anterior (t) es el periodo de vida útil; para t=50 – 100 años, $\rho=1$ y $a_c=0.22$, es decir que la aceleración sísmica de diseño es equivalente al valor máximo reportado en la isoista correspondiente en el Mapa de isoaceleraciones 0.28g a 0.30g ó 2.57 m/seg² a 2.97m/seg². Castigando en 50% por variables de sismicidad, el valor final queda como a=0.10g.

5.3.3.5 LOS MOVIMIENTOS SÍSMICOS Y SU INFLUENCIA EN LA ESTABILIDAD DE TALUDES

Por la topografía de la zona de estudio y las condiciones de taludes que son inestables. El sismo genera una serie de vibraciones, que se prolonga como ondas de diferente frecuencia. La aceleración vertical y horizontal asociada a esas ondas, origina una fluctuación del estado de esfuerzos en el interior del terreno afectando el equilibrio de un talud y finalmente se produce inestabilidad como deslizamientos, derrumbes, etc. El factor sísmico de mayor incidencia en los movimientos de los taludes es la intensidad de la sacudida o de la fuerza a partir de V (Escala Modificada de Mercalli), y en menor medida de duración.

5.4 IMPACTO AMBIENTAL

Existe un consentimiento general que acepta que el desarrollo de las carreteras tiene impactos ambientales mayores. Algunos de los impactos ambientales mayores de los proyectos de carreteras incluyen daños a los Ecosistemas sensitivos, perdida de tierras productivas agrícolas, reasentamiento de un gran número de personas, disturbio permanente de actividades económicas locales, cambios demográficos, urbanización acelerada e introducción de enfermedades.

Un número agravante de planificadores de desarrollo reconocen ahora que un Estudio de Impacto Ambiental (E.I.A) es una excelente herramienta preventiva, siempre que ella sea implementada tempranamente en la secuencia del desarrollo del proyecto.

5.4.1 EVALUACIÓN AMBIENTAL

La evaluación ambiental se ha llevado a cabo utilizando el método de las matrices causa – efecto.

Como aspectos resaltantes de la aplicación de esta metodología, se tiene:

- ☞ Los mayores impactos negativos que se presentan es en la fase de construcción.
- ☞ Durante la fase de operación y mantenimiento el impacto es positivo.
- ☞ Los aspectos que tienen mayor incidencia de impactos negativos en la fase de construcción soen los fisicoquímicos.

5.4.2 IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

La identificación y evaluación de los impactos ambientales se define como: la identificación y valorización de los efectos potenciales de proyectos, planes, programas o acciones relativos a los componentes físico, bióticos, culturales y socio económicos del entorno (Canter, 1998).

5.4.2.1 GENERALIDADES

La importancia de la identificación de Impactos Ambientales, radica en que éstas constituyen la base para la Elaboración del Plan de Manejo Ambiental en donde se plantean medidas que permitirán evitar o mitigar los Impactos

Ambientales Negativos a favor de la conservación del ecosistema del entorno del área del proyecto.

5.4.2.2 METODOLOGÍA

La metodología para el desarrollo del presente capítulo está basada en una matriz tipo LEOPOLD (ver ANEXO I).

Se ha elaborado la Matriz de Leopold (Doble Entrada), donde en el eje “Y” se localiza los componentes del ambiente, y en el eje “X” se localizan las acciones del proyecto. Posteriormente se interrelacionaron las principales actividades del proyecto con los componentes del Medio Ambiente afectados. Se estableció una estimación subjetiva del impacto sobre el medio ambiente, es decir: si es POSITIVO (+) O NEGATIVO (-), y por último se estableció la intensidad del impacto, asignando distintos valores para su evaluación final.

5.4.3 PARÁMETROS DE EVALUACIÓN

Para evaluar los efectos ocasionados por la construcción y operación del proyecto se utilizaron los parámetros – valores cualitativos: magnitud, importancia, duración y carácter de los impactos, que permite visualizar de manera rápida y clara los principales impactos ambientales; estos parámetros se definen de la siguiente manera:

Cuadro 7: Parámetros de Impacto Ambiental.

MAGNITUD (Ma)	RIESGO (Ri)	DURACIÓN (Du)	CARÁCTER (Ca)
Alta = 3	Alta = 3	Permanente = 3	Positivo (+)
Media = 2	Media = 2	Periódica = 2	
Baja = 1	Baja = 1	Temporal = 1	Negativo (-)
Nula = 0	Nula = 0	Nula = 0	

Lo cual en valores de impacto equivale a la siguiente escala:

No genera impacto	(0)
Impacto débil	(21 - 40)
Impacto moderado	(41 - 60)
Impacto fuerte	(61 a más)

5.4.4 DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS

Parámetros	Definición
MAGNITUD	<p>ALTA.- Si el evento puede perturbar o transformar radicalmente las características del entorno o estado de los componentes y elementos del medio ambiente.</p> <p>MEDIA.- Cuando el evento perturbador ocasiona cambios que pueden ser significativos en los elementos del medio y características del entorno.</p> <p>BAJA.- Si el evento perturbador ocasiona cambios parciales o puntuales que apenas son perceptibles en los elementos del medio ambiente.</p>
RIESGO	<p>ALTA.- Si el efecto ocurre y la alteración es permanente.</p> <p>MEDIA.- El efecto ocurre y ocasiona cambios que son significativos en los elementos del medio y el entorno.</p> <p>BAJA.- El evento perturbador es de importancia parcial o puntual que apenas son perceptibles en los elementos del medio ambiente.</p>
DURACIÓN	<p>ALTA.- Si el efecto es permanente.</p> <p>MEDIA.- El efecto puede permanecer perturbando a mediano plazo.</p> <p>BAJA.- El efecto perturbador tiene una duración mínima de días.</p>
CARÁCTER	<p>POSITIVA.- Cualidad que se considera como benéfico o beneficio con respecto al estado previo de la acción.</p> <p>NEGATIVA.- Cualidad considerada como no benéfico, con respecto al estado de la acción.</p>

5.4.5 INFORMACIÓN GENERAL DE ALCANCE DE LOS TRABAJOS

Las actividades relacionadas con la construcción y operación de la infraestructura vial, tienen el objetivo de que preste un servicio seguro, duradero y sostenible, lo que permitirá a futuro una mejor calidad de vida de los pobladores de su jurisdicción.

Las obras y acciones propuestas deberán ser factibles técnica y económicamente, con miras a ser diseñadas e integradas al proyecto definitivo en un adecuado PLAN DE MITIGACION AMBIENTAL, estableciendo sus ejecutores, costos y cumplimiento de acuerdo a lo que se estipula en el marco técnico legal vigente.

5.5 DISCUSIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES DE ACUERDO AL VALOR TOTAL DE IMPACTOS AMBIENTALES NEGATIVOS

5.5.1 ETAPA PRELIMINAR Y EJECUCIÓN

De la matriz de Leopold (**Ver ANEXO I**), establecemos que:

En la etapa preliminar y ejecución, el Impacto Negativo más significativo se da en el proceso de: Explotación de Canteras, Movimiento de Tierras, Acopio de materiales.

El alto volumen requerido por la obra generará una explotación de la cantera que afectará de manera temporal el Paisaje Urbano y Natural en el sitio de la cantera; de igual manera, genera polución mediante las partículas suspendidas que se originan por el polvo producido en los procesos constructivos.

Volúmenes de requerimiento de agregados y material de préstamo para el proceso de Mejoramiento de la superficie de rodadura con Asfalto.

MOVIMIENTO DE TIERRAS (TRAMO I):

✓ Limpieza y Deforestación	: 6,41Has
✓ Corte de terreno con Maquinaria	: 83 730.64m ³
✓ Corte en Roca Suelta	: 17 405.63m ³
✓ Corte en Roca Fija	: 103 816.79m ³
✓ Excavaciones	: 4 186.53m ³
✓ Escarificado de capa de rodadura existente	: 107 000.00m ³

SUB BASE (TRAMO I):

✓ Materia seleccionado	: 14 519.14m ³
✓ Material mezclado	: 29 038.27m ³

BASE (TRAMO I):

✓ Materia seleccionado	: 7 408.19m ³
✓ Material hormigón	: 22 224.58m ³

5.5.2 ETAPA DE OPERACIÓN

En la Etapa de Operación, se muestran Impactos Ambientales Negativos leves por el funcionamiento de la vía, en la cual se corre el riesgo de generar residuos sólidos por parte de los vehículos en tránsito, por lo que su tratamiento y disposición final será clave para mitigar cualquier impacto negativo al medio ambiente. De igual forma, la implementación de un monitoreo ambiental, permitirá contribuir al cuidado de los factores contaminantes por debajo de los límites permisibles.

5.5.3 ETAPA DE MANTENIMIENTO

En la Etapa de Mantenimiento, no se muestran Impactos Ambientales Negativos, excepto una leve generación de partículas suspendidas producto de la limpieza periódica de la vía por los residuos sólidos que puedan permanecer en su curso, con lo cual se genera un impacto positivo.

5.5.4 ETAPA DE ABANDONO

El proceso de restauración forestal y estabilización de taludes producto de las etapas de extracción de canteras previsto por el presente proyecto, generará impactos positivos por la revegetación masiva y reconfiguración de las áreas de extracción no metálica.

En la etapa de abandono, el impacto será positivo por las consideraciones ambientales que el proyecto tiene para el proceso de Restauración Forestal en las canteras de extracción de material.

5.6 DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

☞ De Los IMPACTOS NEGATIVOS Ocasionados Por PROCESOS CONSTRUCTIVOS:

El Impacto más Negativo está en la afectación por los procesos de movimientos de tierras: CORTE DE TERRENO CON MAQUINARIA (Remoción de cobertura vegetal, extracción de canteras, movimientos de tierras y corte de terreno con maquinaria para explanaciones) los cuales generan un Impacto Negativo de **-34 Puntos**, generación un Impacto débil al sitio de extracción de material de cantera, o erosión y/o compactación en los sitios de Movimientos

de Tierras y procesos de compactaciones, los cuales tienen una durabilidad temporal. Se considera **DÉBIL** por el grado de resiliencia y recuperación de los espacios intervenidos.

Se tiene un Impacto Negativo en el proceso de EXPLOTACIÓN DE CANTERAS, en vista al volumen de material que requiere el proceso constructivo de la obra, teniendo un valor de **-33 Puntos**.

Luego se tiene el Impacto Negativo por los procesos de acondicionamiento de accesos a las canteras, lo cual tiene un valor de **-28 Puntos** (Impacto Débil y mitigable por la capacidad de resiliencia y los programas previstos para su reacondicionamiento final).

☞ **De Los IMPACTOS NEGATIVOS Ocasionados Por Afectación a los FACTORES AMBIENTALES:**

De los Factores Ambientales, se tiene la afectación a la CALIDAD DEL AIRE (Generación de polvo temporal, emisiones de partículas suspendidas y Generación de Ruidos) con -28 Puntos; CALIDAD DE AGUA (por los posibles vertimientos de aceites y grasas a los cuerpos de agua del entorno a la vía) con **-25 Puntos** respectivamente, estando como un Impacto Débil considerando la acumulación de todos.

El Factor Ecológico sigue a estos Impactos, con **-20 Puntos** por Afectación al paisajismo, lo cual es temporal y remediable con las consideraciones de mitigación ambiental.

Estos Impactos por su temporalidad, son débiles, pues terminan cuando se acaba la partida en ejecución.

☞ **De Los IMPACTOS POSITIVOS Ocasionados:**

El Impacto más Positivo está en la afectación al medio SOCIOECONÓMICO (Generación de empleo y mano de obra local) con **47 Puntos**, lo cual beneficia con mano de obra e ingresos per cápita a los trabajadores de la obra.

De igual forma, en el proceso de Monitoreo Ambiental, se tiene Impactos Positivos con **23 Puntos**, y con el mantenimiento vial (principalmente para la conservación y limpieza y disposición de residuos sólidos) se tiene **13 Puntos**.

Estos resultados, nos permitirán establecer los programas o subprogramas de remediación o mitigación para el proceso de construcción y funcionamiento de la carretera, los cuales considerarán el presupuesto adecuado para que

dicha mitigación permita mantener un medio ambiente en las condiciones naturales o mejores a las iniciales al proceso de la construcción de la carretera.

5.6.1 IDENTIFICACIÓN DE RECURSOS AMBIENTALES DEL ENTORNO AFECTADOS

- ☞ **CALIDAD DEL AIRE.-** Se producirá un incremento temporal de gases de combustión debido a la instalación de equipo, maquinaria y acopio de residuos vegetales u orgánicos, manejo de basuras, circulación vehicular.
- ☞ **RUIDO, VIBRACIONES, GASES.-** Los niveles de ruido se producirán por la operación de la maquinaria (retroexcavadoras, Volquetes, Generadores Eléctricos, Compresoras, Soldaduras, etc.), así mismo por la circulación vehicular. En las actividades de operación, la generación de ruidos, vibraciones y gases serán mitigados en especial por el uso de Mascarillas y Equipo para el control de Ruidos (Orejas, Tapones Auriculares, etc.) por parte de los obreros y personal trabajador.
- ☞ **DRENAJE SUPERFICIAL.-** La concentración de sólidos dispersos se verá incrementada de manera temporal y localmente durante la construcción de la Infraestructura Vial en los campamentos de personal de obra. De igual manera, en la etapa de construcción, la ocupación del área de campamento tiene el riesgo de contaminación de forma puntual y temporal. En la fase de operación, los riesgos de contaminación serán mínimos y casi nulos, toda vez que se prevé la capacitación al personal que labora, y utiliza insumos que no generen contaminación en la superficie.
- ☞ **MANEJO DE AGUAS RESIDUALES.-** El manejo de las aguas residuales cuando las actividades se desarrollan a plenitud con las instalaciones y operación de la carretera es nulo por evacuarse al finalizar el proyecto los campamentos de personal como generadores de aguas residuales. Sin embargo, el diseño del proyecto vial en su etapa constructiva, cuenta con un área destinada al manejo de aguas residuales donde se acumularán las aguas provenientes de Cocina, Lavados, Aguas Servidas (Inodoros y Duchas), mediante procesos de decantación que se realizarán en el tanque Séptico y pozos

percoladores, lo cual posterior al tratamiento final, se procederá al vertido del drenaje existente o su percolación a áreas verdes para riego.

- ☞ **USOS DEL SUELO.-** El proceso de compactación por el proceso de movimiento de tierras y maquinaria, hará que algunos sectores del terreno sufran la compactación y pérdida para generar áreas verdes, por lo que se deberá prever caminos fijos que luego sean utilizados como veredas, así se daña la menor área de suelo:

En general, las actividades constructivas y de operación y mantenimiento de la Carretera, generarán lo siguiente:

- a) **Cambio Brusco de la Morfología.-** Debido a la explotación indiscriminada de las canteras que proveen los materiales para la ejecución de las obras donde se emplea el hormigón y agregados como parte conformante del proceso constructivo para el mejoramiento de Base y Sub base, se producirá una erosión progresiva del suelo natural de las canteras, y por ende, alteraciones bruscas en el paisaje natural.
- b) **Malestar Psico Fisiológico Social.-** Debido al funcionamiento de la maquinaria en las diferentes obras del proyecto, se producirán altos grados de nivel sonoro y polucion en su funcionamiento, lo cual podría generar stress masivo tanto en la población como en el personal de obra por el incremento de la contaminación sonora en el sector, y por ende la posible aparición de enfermedades respiratorias agudas. (ERAS) en la población asentada cerca al terreno del proyecto.
- c) **Alteración Negativa del Desarrollo Social.-** Debido al funcionamiento de la planta de asfalto y chancadora, se identifica la presencia de contaminación sonora masiva en el sector, incremento de enfermedades respiratorias y pulmonares de manera temporal.
- d) **Variación del Caudal de Aguas Subterráneas.-** Producto de las excavaciones y conformaciones del proyecto, se podría presentar contaminación y pérdida o desviación progresiva del desarrollo natural de aguas subterráneas, y por ende podría influir en la forma de vida de los pobladores del sector que proveen agua a sus domicilios por pozos.
- e) **Presencia de Contaminación Sonora por Encima del LMP.-** Por efecto del funcionamiento de maquinarias y/o equipo pesado en el lugar,

se prevé perturbaciones del estilo de vida del lugar, presencia de problemas y perturbaciones de carácter psico - fisiológicos.

- f) **Producción de Altos Niveles de Polución.-** Como producto de las demoliciones, excavaciones y otros procesos constructivos que se realizarán en el lugar, se identifica la presencia de problemas respiratorios y pulmonares masivos, y presencia de perturbaciones psico – fisiológicos.
- g) **Ocupación Indiscriminada de Sectores Destinados a Áreas Verdes.-** La ocupación de campamentos para el almacenamiento de materiales y maquinarias, el funcionamiento del área administrativa generará una alteración en el estilo de vida y depredación parcial de espacios destinados a áreas verdes o zonas de cultivo o pastoreo.
- h) **Congestión Vehicular Progresiva.-** Debido al gran acopio de material de cantera (agregados) considerados para la ejecución de las obras, se producirá una alta contaminación sonora de manera temporal, sobrepasando la isolínea de 60 Db (Límite Máximo Permitido), esto producirá cambios de hábitos de vida e incremento de polución.
- i) **Cambio Brusco de la Conformación del Suelo.-** Por las características del proyecto, el relleno que consideran las obras producirán un impacto especialmente en la variación brusca de la circulación de aguas subterráneas, afectando a los pobladores asentados en las zonas aledañas al terreno de la obra.
- j) **Cambio Brusco de los Hábitos de Vida.-** Con la construcción y mejoramiento de Base, Sub Base y Estructuras u obras de arte que plantea el proyecto, durante el proceso de ejecución se podría presentar un desorden social progresivo, afectación negativa psico – fisiológica y posible incremento de inseguridad ciudadana.
- k) **Uso de Recursos Hídricos Insostenibles.-** Será necesario el abastecimiento de agua para la ejecución de la obra, la misma que requiere un gran volumen de agua, lo cual podría ocasionar el desabastecimiento de agua en los pobladores del entorno, con la consecuente alteración de la población asentada. De igual forma, el

manejo de los cuerpos de agua deberá respetar las indicaciones de los estudios hidrológicos.

- l) **Variación Negativa de Actividades Sociales.**- La instalación del campamento producirá la aparición de actividades comerciales clandestinas, generando inseguridad ciudadana y cambios de hábitos de vida que afecten las costumbres y tradiciones de la población del entorno.
- m) **Alteración de Ecosistemas.**- Los procesos constructivos pueden alterar los ecosistemas asentados en los cuerpos de agua, riachuelos o lagunas, lo que se debe prever a fin de evitar migraciones de aves asentadas en el entorno.

5.6.2 EXPLOTACIÓN Y TRATAMIENTO DE CANTERAS

El plan de manejo para canteras de origen fluvio-aluvial es el siguiente:

- ☞ El material de descapote (top soil) extraído de una zona de préstamo, debe ser almacenado para ser reutilizado posteriormente en las restauraciones futuras.
- ☞ El método extractivo más recomendado para la explotación de los lechos aluviales es mediante la utilización de equipo mecánico como Retroexcavadora y Volquete.
- ☞ Se recomienda labores de explotación por el método de Bancos.
- ☞ Establecer sistemas adecuados de drenaje para aguas de escorrentía a nivel de frentes de explotación y patios de carguíos.
- ☞ Señalizar adecuadamente los frentes de trabajo, para evitar el ingreso de personas ajenas a la explotación.
- ☞ Dotar de señales auditivas a la maquinaria de carguío y transporte para las acciones de retroceso.
- ☞ Humedecer los patios de carguío y maniobras para evitar la emisión de material particulado (polvo).

Para mejorar el paisaje y reducir los impactos ambientales ocasionados es imprescindible elaborar un plan de revegetalización utilizando especies adaptadas a la zona como especies arbustivas o herbáceas.

5.6.3 RESTAURACIÓN DE CANTERAS Y BOTADEROS

Para tener éxito en una práctica de restauración de las canteras: Cara Cara I, Cara Cara II, Sutuca Urinsaya y La U (Km. 12+000) se recomienda:

- ☞ Retirar y almacenar la tierra vegetal, junto con su vegetación enraizada en un lugar seguro y protegerlo.
- ☞ Nivelar y formar terrazas si es posible; cubrir superficialmente con la tierra vegetal superficial que se almacenó o conseguir tierra agrícola, mezclada con guano de corral.
- ☞ Revegetar la cantera ya sea con hierbas del campo, con sembrío al voleo de esquejes, con arbustos de la zona y otros vegetales o comprando las plántulas en viveros comerciales.

CONCLUSIONES

1. La caracterización Geológica en el área de investigación presenta:
 - ❖ Los materiales que están expuestos en el área de investigación son areniscas finas micáceas intercaladas con limolitas y fangolitas con intercalaciones de lutitas micáceas ferruginosas con secuencia clástica detrítica formada con derrames, lavas y brechas volcanoclasticas y areniscas cuarzosas de grano grueso.
 - ❖ El afloramiento de arenisca de la formación Lampa de corte de talud de la progresiva Km. 12+000 – 12+160, ha permitido la toma de datos estructurales y realizado el análisis cinemático para determinar la estabilidad del talud, con lo cual se determinó que no existe ningún tipo de falla que podría ocurrir en el talud, salvo algunos desprendimientos de pequeños bloques.
2. El comportamiento Geomecánico en los taludes de corte en suelo han sido analizados con el programa SLIDE por dos métodos, dando los siguientes resultados:
 - ❖ En el tramo Km. 10+500, en condiciones actuales el Factor de Seguridad es 0.897 y de acuerdo el análisis realizado con Bishop Simplificado es 1.124 y Janbú Simplificado es 1.008; En el tramo Km. 11+500, en condiciones actuales el Factor de Seguridad es 0.918 y de acuerdo el análisis realizado con Bishop Simplificado es 1.325 y Janbú Simplificado es 1.168; En el tramo Km. 12+080, en condiciones actuales el Factor de Seguridad es 0.508 y de acuerdo el análisis realizado con Bishop Simplificado es 1.634 y Janbú Simplificado es 1.528; En el tramo Km. 12+440, en condiciones actuales el Factor de Seguridad es 0.925 y de acuerdo el análisis realizado con Bishop Simplificado es 1.608 y Janbú Simplificado es 1.457; En el tramo Km. 15+160, en condiciones actuales el Factor de Seguridad es 0.991 y de acuerdo el análisis realizado con Bishop Simplificado es 1.537 y Janbú Simplificado es 1.377; En el tramo Km. 15+500, en condiciones actuales el Factor de Seguridad es 1.012 y de acuerdo el análisis realizado con Bishop Simplificado es 1.520 y Janbú Simplificado es 1.399; En el tramo Km.

15+800, en condiciones actuales el Factor de Seguridad es 0.914 y de acuerdo el análisis realizado con Bishop Simplificado es 1.397 y Janbú Simplificado es 1.317; En el tramo Km. 17+860, en condiciones actuales el Factor de Seguridad es 0.878 y de acuerdo el análisis realizado con Bishop Simplificado es 1.480 y Janbú Simplificado es 1.322.

3. Las medidas correctivas propuestas son:

- ❖ En los tramos Km. 10+500; 11+500, realizar zanjas de coronación en la cabecera del talud, banquetas de estabilización (retaludamiento) con relación de 1:3; 1:3 y en el pie de los taludes construir muros de gaviones tipo caja, para evitar el deslizamiento del material hacia la pista respectivamente.
 - ❖ En el tramo Km. 12+080, Km. 15+500; Km. 15+800 realizar zanjas de coronación en la cabecera del talud, banquetas de estabilización (retaludamiento) con relación de 1:2; 1:2; 1:2, revegetar en el banco del talud con especie nativa de la zona para evitar la erosión y en el pie de los taludes construir muros de pedraplen y muros de concreto ciclópeo para evitar el deslizamiento del material con su subdren para drenar el agua infiltrada respectivamente.
 - ❖ En los tramos Km. 12+440; Km. 15+160; Km. 17+860, realizar zanjas de coronación en la cabecera del talud, banquetas de estabilización (retaludamiento) con relación de 1:3; 1:3; 1:3, revegetar en el banco del talud con especie nativa de la zona para evitar la erosión y en el pie de los taludes construir muros de pedraplen y muros de gavión tipo caja; concreto ciclópeo y sobre esto muros de gavión tipo caja para evitar el deslizamiento del material respectivamente.
4. El principal impacto negativo en el corte del talud en suelo, se dará en la etapa preliminar y de ejecución de la obras (movimiento de tierras, nivelación y proceso constructivo, que comprenderá el empleo de maquinaria y equipos generadores de ruidos y gases nocivos, vibraciones, polvo, materiales particulados), y también alteraciones en la calidad de vida de la población por el cambio de rutinas en el entorno al proyecto. Dichos impactos son temporales y mitigables.

RECOMENDACIONES

1. Temporalmente evitar descalzar los taludes paralizando las obras en las zonas críticas para garantizar la estabilidad con obras de mitigación.
2. En las zonas críticas son necesarias obras de drenaje superficial con zanjas de coronación, ubicados a 10 metros sobre la última grieta de tracción, lo cual permite crear un perímetro alrededor de todo el talud y trasvasar las aguas de escorrentía a las obras de drenaje de la carretera; asociados a la descarga de talud (retaludamiento) y muros de concreto ciclópeo, pedraplen, gaviones tipo caja con subdrenes para drenar el agua infiltrada con el ángulo propuesto y banqueteta de estabilización.
3. Realizar una contra sección, para ver el talud real de corte durante el proceso de construcción, y con esta información variar el diseño cambiando la inclinación según los requerimientos.
4. Con el personal técnico se debe monitorear permanentemente las grietas de tracción generadas por los deslizamientos.
5. El fenómeno de congelamiento del suelo en el altiplano debe ser tomado muy en cuenta en los programas de mantenimiento de MTC. Para solucionar problemas similares en el Sur del Altiplano Peruano.
6. Cumplir con las normas peruanas para la construcción, mantenimiento y diseño de carreteras.
7. En la parte ambiental se deberá planificar la zona de extracción de material de cantera, a fin de prever la posterior revegetación y estabilización de los taludes generados por el proceso extractivo. De igual forma los accesos se deberán reconformar para dejar el entorno con las mismas características iniciales, o mejorar esta situación con procesos de forestación masiva.
8. Se deberá velar por la implementación de programas y sub programas de mitigación ambiental y su cumplimiento periódico y constante; generar conciencia ambiental y promover una cultura de uso correcto y adecuado de tachos y basureros.

BIBLIOGRAFÍA

- ❖ Ayala C., J. (1991). *"Manual de Ingeniería de Taludes"*. Editorial Gráfica Monterreyna S. A - España.
- ❖ Berry, Peter; Reid, David;. (1997). *"Mecánica de Suelos"*. Editorial Nomos S.A - Colombia.
- ❖ Bieniawski Z, T. (1979). The Geomechanics Clasification in Rock Engineering Applications in International Congress ISMR". Montreux, v2.
- ❖ Billing M., P. (1974). *"Geología Estructural"*. Cuarta Edición. Editrial Argentina.
- ❖ Bishop A., W. (1955). "The Use of Slip Circle in the Stability Analysis of Slopes". London: Geotechnique, vol. 5, N° 1.
- ❖ Bishop A., W; Morgenstern N., R.;. (1960). "Stability Coefficients for Earth Slopes". Geotechnique, vol. 10, N° 4.
- ❖ Bowles, E. (1978). *"Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil"*. Segunda Edición. Editorial Mograw – Hill Latinoamericana S.A – Colombia.
- ❖ Bowles, E. (1982). *"Propiedades Geofísicas de los Suelos"*. Bogotá: Editorial Ferner Ltda. Bogotá – Colombia.
- ❖ Braja M., D. (2001). *"Fundamentos de Ingeniería Geotécnica"*. Thompson Learning - Mexico.
- ❖ Carnero Guzman, G. G. (2011). *"Estudio Geotecnico para la Estabilidad de Taludes en la Carretera: Patahuasi – Yauri – Sicuani Tramo: El descanso - Langui"*. Puno: Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Geólogo. Universidad Nacional del Altiplano. Puno – Perú.
- ❖ Carrillo Hill, A. (1996). *"Estabilidad y Comportamiento de los suelos del Perú"*. Lima: Lima – Perú.
- ❖ Chaiña, W. (2000). *"Estimación del Angulo de Fricción y Cohesión del Suelo Mediante Correlación con Parámetros Geológicos"*. Lima: X Congreso Peruano de Geología. Lima – Perú.
- ❖ Córdova R., D. (1979). *"Estudio de Estabilidad de Taludes en Minas a Cielo Abierto con Aplicaciones a la Mina Cerro Verde"*. Lima: Tesis de Grado, Universidad Nacional de Ingeniería. Lima – Perú. .

- ❖ Crespo V., C. (1998). *"Mecánica de Suelos y Cimentación"*. Limusa Noriega, Editores – México.
- ❖ Dávila, J. (2000). *"Diccionario Geológico"*. Lima: INGEMMET. Lima - Perú.
- ❖ Derruau, M. (1981). *"Geomorfología"*. Barcelona: Tercera Edición. Editrial Ariel. Barcelona - Mexico.
- ❖ Fellenius , W. (1936). "Calculation of the Stability of Earth Dams". En W. Fellenius, *"Calculation of the Stability of Earth Dams"* (págs. 445 - 462). Trans. 2nd. Congress on Large Dams, International commission on Large Dams of the World Power Conference, vol 4.
- ❖ Gonzales de Vallejo, Luis I.; Ferrer, Mercedes; Otuño, Luis; Oteo, Carlos;. (2002). *"Ingeniería Geológica"*. Madrid: Pearson Educacion Madrid.
- ❖ Goodman E., R. (1989). *"Introduction to Rock Mechanics"*. John Wiley y Sons pág. 562.
- ❖ Gutierrez, M. (2008). *"Geomorfología"*. Madrid: Editorial Pearso. Madrid - España.
- ❖ Heredia M., H. (2002). *"Manual Práctico de Ingeniero Civil"*. Lima: Primera Edición. Lima – Perú.
- ❖ Herrera García, M. (2006). *"Estabilidad de Taludes en Carretera"*. Morelia.: Tesis para obtener el Título de Ingeniero Civil. Morelia.
- ❖ Hoek , E. & Bray J., W;. (1981). *"Rock Slope Engineering"*. London UK: Institution of Mining and Metalurgy, London. UK. pág. 358.
- ❖ INGEMMET. (1993). *Boletín N° 42 (1993). "Geología de la Cordillera Occidental y Altiplano al Oeste del Lago Titicaca – Sur del Perú". (Proyecto Integrado del Sur). Primera Edición, Lima – Perú.* Lima: Primera Edición, Lima – Perú.
- ❖ Janbú, N. (1954). En N. Janbú, *"Aplication of Composite Slip Surface for Stability Analysis"* (págs. 43-49). Proc. European Conference Stability of Earth Slopes. Stockholm, vol. 3.
- ❖ Janbú, N. (1973). "Slope Stability Computations". En N. Janbú, *"Slope Stability Computations"* (págs. 47 - 86). Embankments Dam Engineering, the Casagrande Volume, Jhon Wiley.
- ❖ Juárez Badillo, E.; Rico Rodriguez, A.;. (1986). *"Teoría y Aplicaciones de la Mecánica de Suelos"*. Tomo II. Editorial Limusa - México.

- ❖ Juárez Badillo, E; Rico Rodriguez, A;. (1982). *“Fundamentos de Mecánica de suelos”*. Tomo I. Editorial Limusa – México. .
- ❖ Lambe W., T.; Whitman , Robert;. (1995). *“Mecánica de Suelos”*. Editorial Limusa – México. .
- ❖ Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (1999). *“Manual de Ensayo de Materiales para Carretera EM 2000”*. Lima: Impreso por el programa de Rehabilitacion de Transportes. Lima - Perú.
- ❖ Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2000). *“Manual de Carreteras - Especificaciones Técnicas Generales para Construcción - EG-2000”*. Lima: Lima – Perú.
- ❖ Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013) . (2013). *“Manual de Carreteras - Especificaciones Técnicas Generales para Construcción - EG-2013”*. Lima: (Versión Final - Enero 2013). Lima – Perú.
- ❖ Ruiz V., M., & Gonzales H., S. (2002). *“Geología Aplicada a Ingeniería Civil”*. Tercera Reimpresión. Editorial Luminosa, S.A – México.
- ❖ Suárez Diaz, J. (1998). *“Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales”*. Colombia: Editorial aiingeniería de Suelos Ltda - Colombia.
- ❖ Terzaghi, Karl; Peck, Ralp;. (1986). *“Mecánica de Suelos en la Ingeniería Práctica”*. Buenops Aires: Editorial Ateneo. Buenos Aires – Argentina.
- ❖ Varnes, D. (1978). *“Slope Movement Types and Proceses Transportation”*. Washington: Research Board National Academy of Scienses Washington.
- ❖ Whitlow, R. (1998). *“Fundamentos de Mecánica de Suelos”*. Segunda Edición. Printed in México. .

ANEXOS

ANEXO I
MATRIZ DE LEOPOLD

ANEXO II

CARACTERIZACIÓN DE MACIZO ROCOSO

		CARACTERIZACION DE MACIZOS ROCOSOS										
		PROYECTO: Estabilidad de Taludes en Roca					LEVANTADO POR: Bach. Oligario Cabana Ticona.					
ESTUDIO: Geológico - Geotécnico.		UBICACIÓN: Km. 12+000 – 12+160 Tramo I Dv. Cara Cara - Lampa					FECHA: 28/09/14					
		REGISTRO LINEAL: Azimut					Inclinación:					
TALUD				TIPO DE ROCA: Sedimentaria (Formación Lampa)							HOJA DE: 31-y	
INCLINACIÓN		AZIMUT		CONDICIONES DE EXPOSICIÓN								
N° DISCONTINUIDAD	Distancia (m)	Orientación discontinuidad		Resist. (MPa)	Long. (m)	Abertura (mm)	Regosidad	Relleno	Alteración	Agua	N° de fracturas	Tipo
	Intersección de de la discontinuidad	BUZAMIENTO	DIRECCION DE BUZAMIENTO	Compresión Uniaxial	Longitud de la traza	1. Cerrada < 0,1 mm 2. Angosta 0,1 - 1mm 3. Moderada 0,1 - 5mm 4. Amplio 1 - 5mm 5. Muy Amplio > 5mm	1. Suave 2. Ondulada 3. Ligera rugosa 4. Rugosa 5. Muy rugosa	1. Ninguno 2. Relleno duro < 5mm 3. Relleno duro > 5mm 4. Relleno blando < 5mm 5. Relleno blando > 5mm	1. Inalterada 2. Ligera 3. Moderada 4. Muy alterada 5. Descompuesta	1. Seco 2. Ligeramente Húmedo 3. Húmedo 4. Goteando 5. Agua fluendo	Fracturas / metro lineal	1. Falla 2. Estratificación 3. Tensión (juntas) 4. Corte 5. otros (indicar)
D1	00+03	74	295	100	1.25	5	4	4	2	2	3,00	3
	00+03	82	230	80	2.15	5	4	4	2	2	3,00	3
	00+03	71	113	90	1.75	5	3	4	3	1	2,00	3
D2	03+06	83	270	100	1.2	5	3	4	3	1	2,00	3
	03+06	75	210	80	1.44	5	3	4	2	2	2,00	3
	03+06	70	105	80	1.6	5	3	4	2	2	2,00	3
D3	06+09	74	124	100	3	5	4	4	2	2	2,00	3
	06+09	49	53	100	2	5	4	4	2	2	1,00	3
	06+09	87	306	80	1.4	5	2	4	2	2	2,00	3
D4	09+12	84	219	80	3	5	3	4	2	3	3,00	2
	09+12	76	206	80	2.5	5	3	4	2	3	2,00	3
	09+12	90	330	80	1.5	5	3	4	2	2	2,00	3
D5	12+15	85	314	80	2.4	5	3	4	2	2	1,00	2
	12+15	82	185	80	1.1	5	3	4	2	3	2,00	2
	12+15	87	300	80	2.3	5	1	4	2	3	3,00	3
D6	15+18	89	215	100	2.3	5	1	4	2	3	2,00	3
	15+18	83	211	80	2.2	5	1	4	2	3	3,00	3
	15+18	84	210	80	2.3	5	1	4	2	3	3,00	3
D7	18+21	88	296	80	3	5	1	4	2	3	3,00	3
	18+21	86	294	80	2.8	5	1	4	2	3	3,00	3
	18+21	84	296	90	3	5	1	4	2	3	3,00	3
D1	00+03	77	104	90	1.6	5	3	4	2	3	3,00	3
	00+03	54	12	80	1	5	3	4	2	3	2,00	3
	00+03	84	293	90	0.8	5	3	4	2	3	2,00	3
D2	03+06	88	119	90	3	5	3	4	2	3	3,00	2
	03+06	89	218	90	0.75	5	3	4	2	3	4,00	2
	03+06	81	296	80	3	5	3	4	2	3	2,00	2
D3	06+09	84	132	100	0.6	5	3	4	2	3	4,00	3
	06+09	78	198	90	0.74	5	4	4	2	3	3,00	3
	06+09	86	250	100	1	5	4	4	2	3	3,00	3
D4	09+12	77	299	90	1.35	5	3	4	2	3	4,00	3
	09+12	87	215	90	0.75	5	3	4	2	3	5,00	3
	09+12	90	289	90	3	5	3	4	2	3	3,00	2
D5	12+15	87	294	90	0.6	5	3	4	2	3	3,00	2
	12+15	88	214	90	0.45	5	3	4	2	3	2,00	2
	12+15	87	277	90	0.8	5	3	4	2	3	2,00	2
D6	15+18	85	121	90	0.88	5	3	2	2	3	6,00	3
	15+18	86	167	90	0.8	5	3	4	2	3	3,00	3
	15+18	83	283	90	0.6	5	3	4	2	3	5,00	2
D7	18+21	90	111	90	1	5	3	4	2	3	3,00	3
	18+21	81	185	80	1.1	5	3	4	2	3	4,00	3
	18+21	82	167	90	0.4	5	3	4	2	3	3,00	2

FUENTE: Elaboración propia

ANEXO III

TOMA DE DATOS ESTRUCTURALES / TOMA DE

ACTITUDES

N°	Buzamiento	Dirección/Bz	N°	Buzamiento	Dirección/Bz	N°	Buzamiento	Dirección/Bz
1	79	305	51	64	54	101	86	0
2	42	61	52	66	135	102	22	275
3	18	217	53	86	133	103	39	21
4	81	174	54	74	119	104	38	213
5	58	107	55	18	21	105	31	78
6	68	356	56	24	346	106	56	197
7	41	170	57	79	190	107	48	276
8	15	36	58	74	135	108	29	73
9	70	6	59	54	184	109	39	16
10	51	84	60	44	51	110	10	24
11	16	66	61	62	207	111	4	141
12	71	217	62	46	98	112	71	175
13	76	294	63	72	185	113	24	35
14	15	194	64	62	161	114	71	59
15	41	48	65	64	121	115	79	300
16	9	59	66	36	136	116	50	258
17	82	74	67	79	110	117	25	19
18	45	198	68	65	164	118	36	236
19	15	28	69	88	115	119	31	44
20	87	115	70	26	44	120	49	165
21	79	185	71	8	226	121	21	57
22	58	95	72	59	226	122	68	292
23	43	66	73	61	164	123	79	115
24	86	147	74	3	27	124	26	63
25	14	34	75	29	137	125	84	298
26	84	111	76	54	201	126	24	68
27	52	159	77	90	100	127	80	290
28	22	215	78	34	51	128	45	213
29	59	154	79	70	175	129	24	243
30	14	61	80	53	180	130	88	230
31	67	180	81	19	35	131	36	226
32	26	100	82	81	291	132	87	304
33	7	162	83	31	195	133	28	60
34	42	136	84	17	227	134	19	139
35	42	48	85	87	224	135	36	53
36	47	152	86	52	39	136	4	52
37	83	24	87	35	26	137	37	219
38	66	144	88	40	183	138	58	95
39	20	199	89	89	118	139	85	300
40	54	34	90	48	204	140	35	61
41	82	121	91	34	89	141	24	345
42	31	47	92	17	7	142	54	265
43	69	116	93	46	36	143	15	19
44	17	52	94	88	132	144	38	24
45	87	185	95	35	194	145	84	320
46	6	35	96	41	50	146	37	36
47	86	309	97	57	207	147	46	298
48	84	120	98	22	14	148	75	88
49	56	34	99	66	69	149	43	188
50	80	106	100	48	71	150	24	41

N°	Buzamiento	Dirección/Bz	N°	Buzamiento	Dirección/Bz	N°	Buzamiento	Dirección/Bz
151	71	356	201	54	222	251	67	62
152	19	40	202	6	219	252	34	137
153	85	300	203	75	313	253	74	125
154	16	15	204	42	225	254	64	180
155	90	306	205	90	302	255	83	124
156	41	330	206	21	271	256	58	65
157	34	334	207	71	29	257	79	114
158	71	92	208	87	297	258	57	138
159	28	45	209	31	13	259	52	133
160	17	28	210	90	300	260	12	104
161	82	248	211	37	211	261	39	282
162	33	192	212	47	113	262	65	21
163	79	311	213	79	132	263	85	30
164	84	315	214	32	248	264	61	331
165	86	312	215	36	16	265	68	294
166	84	301	216	83	292	266	80	305
167	14	36	217	80	230	267	27	45
168	15	21	218	45	200	268	34	299
169	86	306	219	30	215	269	38	26
170	31	34	220	82	220	270	86	305
171	29	39	221	74	274	271	58	232
172	28	26	222	71	280	272	41	45
173	88	294	223	73	282	273	69	288
174	90	302	224	72	275	274	29	207
175	16	25	225	76	296	275	27	20
176	79	308	226	81	295	276	27	21
177	14	56	227	79	297	277	44	214
178	88	316	228	75	300	278	67	335
179	28	38	229	40	281	279	26	264
180	82	307	230	86	272	280	58	268
181	86	312	231	71	260	281	88	300
182	14	26	232	74	280	282	38	305
183	21	4	233	85	295	283	78	359
184	15	207	234	81	270	284	16	305
185	13	3	235	48	293	285	79	302
186	79	311	236	59	268	286	88	307
187	84	311	237	77	247	287	42	42
188	80	299	238	80	303	288	65	312
189	11	322	239	72	295	289	34	35
190	79	310	240	77	345	290	58	4
191	85	315	241	64	323	291	90	304
192	60	206	242	71	212	292	87	301
193	90	312	243	76	211	293	56	330
194	6	218	244	57	223	294	36	34
195	71	310	245	58	36	295	77	318
196	40	29	246	47	6	296	82	304
197	86	296	247	52	8	297	90	4
198	14	26	248	75	340	298	15	24
199	2	219	249	54	70	299	89	318
200	85	310	250	68	76	300	76	347

N°	Buzamiento	Dirección/Bz	N°	Buzamiento	Dirección/Bz	N°	Buzamiento	Dirección/Bz
301	82	311	351	15	324	401	85	175
302	87	25	352	67	187	402	10	55
303	84	301	353	71	134	403	50	205
304	79	260	354	63	54	404	80	165
305	90	22	355	72	292	405	45	120
306	41	240	356	16	326	406	55	210
307	8	278	357	71	134	407	21	24
308	90	303	358	75	21	408	57	212
309	60	298	359	55	69	409	75	287
310	28	36	360	16	232	410	2	290
311	14	30	361	75	157	411	67	333
312	89	296	362	51	151	412	74	243
313	46	10	363	34	114	413	79	288
314	53	230	364	82	161	414	67	279
315	81	298	365	24	113	415	58	251
316	22	340	366	82	99	416	87	266
317	38	250	367	22	142	417	25	276
318	39	25	368	28	73	418	79	252
319	90	359	369	75	116	419	83	248
320	44	172	370	69	173	420	81	227
321	42	351	371	51	131	421	73	195
322	71	229	372	18	127	422	74	197
323	22	309	373	73	109			
324	40	204	374	56	165			
325	51	251	375	5	124			
326	45	21	376	34	45			
327	71	92	377	66	300			
328	52	24	378	15	32			
329	34	299	379	53	289			
330	62	310	380	56	210			
331	34	276	381	79	284			
332	63	300	382	5	284			
333	40	233	383	75	22			
334	37	338	384	81	114			
335	57	125	385	53	102			
336	74	298	386	45	65			
337	61	215	387	42	185			
338	54	185	388	67	155			
339	47	155	389	20	52			
340	54	130	390	43	80			
341	15	39	391	50	75			
342	58	232	392	65	218			
343	89	305	393	14	210			
344	32	25	394	90	170			
345	7	329	395	25	95			
346	63	293	396	30	50			
347	50	190	397	42	88			
348	67	314	398	24	204			
349	52	193	399	57	266			
350	28	48	400	35	51			

ANEXO IV

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DE RMR

 CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA RMR																	
PROYECTO: Estabilidad de Taludes en Roca										CALCULADO POR: Bach. Oligario Cabana Ticona							
UBICACIÓN: Km. 12+000 – 12+160 Tramo I Dv. Cara Cara - Lampa																	
ORIENTACION DEL REGISTRO LINEAL:										FECHA: 05/10/14							
ESTUDIO: Geológico -					TIPO DE ROCA: Sedimentaria					HOJA DE: 31-v							
TRAMO		RESISTENCIA		RQD		ESPACIAMIENTO		CONDICION DE JUNTAS						AGUA FREATICA		RMR	RMR/ TRAMO
DESDE	HASTA	σc	PTJE.	%	PTJE.	m.	PTJE.	PUNTUACION						ESTADO	PIJE.		
								LONG.	ABERT.	RUGOS.	RELL.	ALT.	TOTAL				
0	3	100	7	88,6	17	1,50	15	4	0	5	2	5	16	Lig. H	10	65	
0	3	80	7	88,6	17	2,15	20	4	0	5	2	5	16	Lig. H	10	70	
0	3	90	7	88,6	17	1,75	15	4	0	3	2	3	12	Seco	15	66	
3	6	100	7	95,2	20	1,20	15	4	0	3	2	5	14	Lig. H	10	66	
3	6	80	7	95,2	20	1,44	15	4	0	3	2	5	14	Lig. H	10	66	
3	6	80	7	95,2	20	1,60	15	4	0	3	2	5	14	Lig. H	10	66	
6	9	100	7	98,5	20	3,00	20	2	0	5	2	5	14	Lig. H	10	71	
6	9	100	7	98,5	20	2,00	15	4	0	5	2	5	16	Lig. H	10	68	
6	9	80	7	98,5	20	1,40	15	4	0	1	2	5	12	Lig. H	10	64	
9	12	80	7	91,9	20	3,00	20	2	0	3	2	5	12	Húmedo	7	66	
9	12	80	7	91,9	20	2,50	20	4	0	3	2	5	14	Húmedo	7	68	
9	12	80	7	91,9	20	1,50	15	4	0	3	2	5	14	Lig. H	10	66	
12	15	80	7	95,2	20	2,40	20	4	0	3	2	5	14	Lig. H	10	71	
12	15	80	7	95,2	20	1,10	15	4	0	3	2	3	12	Húmedo	7	61	
12	15	80	7	95,2	20	2,30	20	4	0	0	2	5	11	Húmedo	7	65	
15	18	100	7	88,6	17	2,30	20	4	0	0	2	5	11	Húmedo	7	62	
15	18	80	7	88,6	17	2,20	20	4	0	0	2	5	11	Húmedo	7	62	
15	18	80	7	88,6	17	2,30	20	4	0	0	2	5	11	Húmedo	7	62	
18	21	80	7	85,3	17	3,00	20	2	0	0	2	5	9	Húmedo	7	60	
18	21	80	7	85,3	17	2,80	20	4	0	0	2	5	11	Húmedo	7	62	
18	21	90	7	85,3	17	3,00	20	2	0	5	2	5	14	Húmedo	7	65	
0	3	90	7	91,9	20	1,60	15	4	0	3	2	5	14	Húmedo	7	63	
0	3	80	7	91,9	20	1,00	15	4	0	3	2	5	14	Húmedo	7	63	
0	3	90	7	91,9	20	0,80	15	6	0	3	2	5	16	Húmedo	7	65	
3	6	90	7	85,3	17	3,00	20	2	0	3	2	5	12	Húmedo	7	68	
3	6	90	7	85,3	17	0,75	15	6	0	3	2	5	16	Húmedo	7	62	
3	6	80	7	85,3	17	3,00	20	2	0	3	2	5	12	Húmedo	7	63	
6	9	100	7	82,0	17	0,60	15	6	0	3	2	5	16	Húmedo	7	62	
6	9	90	7	82,0	17	0,74	15	6	0	5	2	5	18	Húmedo	7	64	
6	9	100	7	82,0	17	1,00	15	4	0	5	2	5	16	Húmedo	7	62	
9	12	90	7	75,4	17	1,35	15	4	0	3	2	5	14	Húmedo	7	60	
9	12	90	7	75,4	17	0,75	15	6	0	3	2	5	16	Húmedo	7	62	
9	12	90	7	75,4	17	3,00	20	2	0	3	2	5	12	Húmedo	7	63	
12	15	90	7	91,9	20	0,60	15	6	0	3	2	5	16	Húmedo	7	65	
12	15	90	7	91,9	20	0,45	10	6	0	3	2	5	16	Húmedo	7	60	
12	15	90	7	91,9	20	0,80	15	6	0	3	2	5	16	Húmedo	7	65	
15	18	90	7	68,8	13	0,88	15	6	0	3	4	5	18	Húmedo	7	60	
15	18	90	7	68,8	13	0,80	15	6	0	3	2	5	16	Húmedo	7	58	
15	18	90	7	68,8	13	0,60	15	6	0	3	2	5	16	Húmedo	7	58	
18	21	90	7	82,0	17	1,00	15	4	0	3	2	5	14	Húmedo	7	60	
18	21	80	7	82,0	17	1,10	15	4	0	3	2	5	14	Húmedo	7	60	
18	21	90	7	82,0	17	0,40	10	6	0	3	2	5	16	Húmedo	7	57	
																63,62	

FUENTE: Elaboración propia

ANEXO V
ÁLBUM FOTOGRÁFICO



FOTO N° 01: Tramo Km. 10+360 – 10+660, talud fallado en suelo residual, constituido mayormente de arcillas gravosas de color amarillento.



FOTO N° 02: Tramo Km. 10+360 – 10+660, talud fallado en suelos residuales areno limo gravoso de color pardo amarillento de la Formación Lampa.



FOTO N° 03: Tramo Km. 11+400 – 11+600, se observa el talud fallado con superficie de ruptura circular y grieta de tracción. Medida de profundidad de la fractura.



FOTO N° 04: Tramo Km. 12+000 – 12+160, falla del talud comprometiendo la banqueta de estabilización en suelo residual grava arcilloso de color pardo amarillento de la Formación Lampa.



FOTO N° 05: Tramo Km. 12+000 – 12+160, falla del talud en suelo residual donde se observa la generación de grietas de tracción comprometiendo la banqueta de estabilización, debido a la saturación del material grava arcilloso de color amarillento.



FOTO N° 06: Tramo Km. 12+000 – 12+160, se observa grieta de tracción en la cresta del talud superior en suelos residuales compuesto de material areno limo con grava de color pardo grisáceo. Medida del ancho de la fractura.



FOTO N° 07: Tramo Km. 12+000 – 12+160, falla del talud con superficie de ruptura rotacional en suelo limo arcilloso residual con grava debido a la saturación del material de color amarillento de la Formación Lampa.



FOTO N° 08: Tramo Km. 12+340 – 12+540, talud fallado en suelo residual constituido por limos y arcillas residuales producto de la alteración de las areniscas.



FOTO N° 09: Tramo Km. 12+340 – 12+540, se observa grieta de tracción en la cresta del talud superior en suelos residuales areno limo gravoso de color amarillento.



FOTO N° 10: Tramo 15+060 – 15+280, talud fallado con superficie de ruptura rotacional superficial en suelos residuales compuesto de material limo arenoso con grava de color pardo rojizo del Grupo Mitu.



FOTO N° 11: Tramo Km. 15+440 – 15+540, talud fallado con superficie de ruptura rotacional en suelos limo arcillosos con grava arcilloso residual con bloques de piedra.

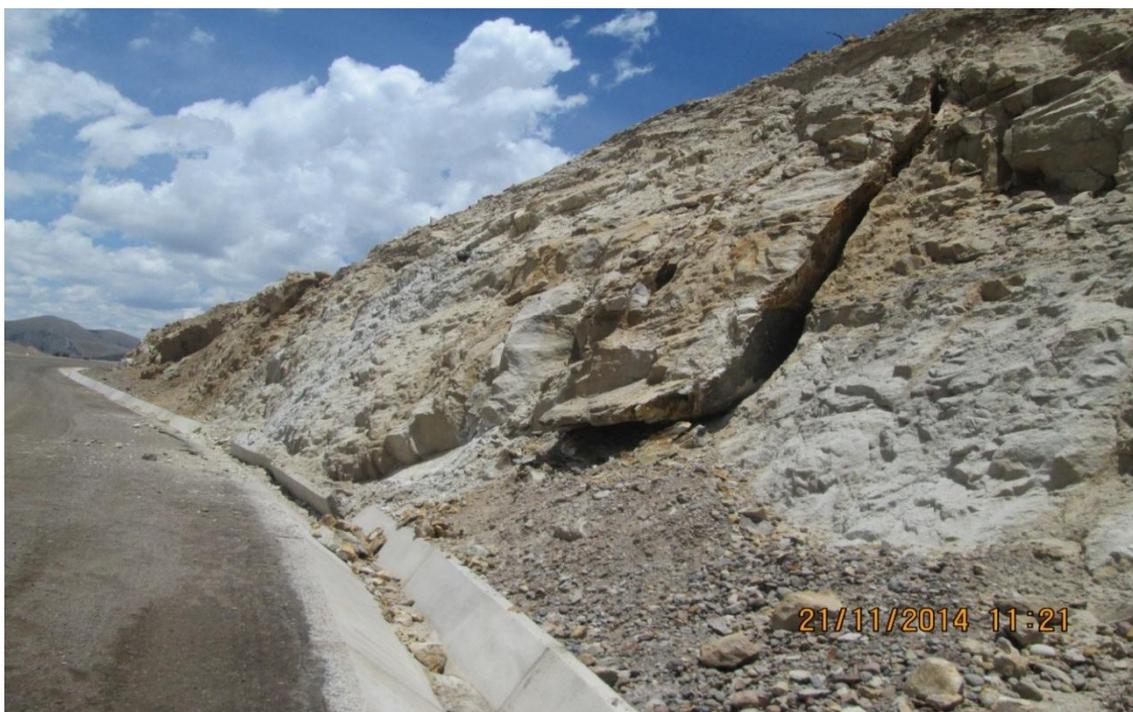


FOTO N° 12: Tramo Km. 15+740 – 15+900, talud fallado con superficie de ruptura circular superficial y rotacional en suelos de material grava arcilloso de color blanco amarillento debido a la alteración de la arenisca cuarzosa del Grupo Iscay.



FOTO N° 13: Tramo Km. 17+680 – 18+000, falla del talud con superficie de ruptura circular en suelo residual comprometiendo la banquetta de estabilización de material grava limo arcilloso de color gris amarillento.

ANEXO VI

ENSAYOS DE LABORATORIO

- ❖ **Contenido de Humedad Natural**
- ❖ **Análisis Granulométrico por Tamizado**
- ❖ **Límites de Consistencia**
- ❖ **Densidad Natural**
- ❖ **Calculo de la Densidad Relativa y Ángulo de Fricción Interna**



**Laboratorio de Mecánica de Suelos,
Concretos, Pavimentos y Control de Calidad**

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (Método ASTM D-2216)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAM"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL

ESTRATO : 1

CALICATA : 1

PROFUNDIDAD : 0,00 - 0,70

UBICACIÓN : Km. 10+360 - 10+660

LADO : DER.

PROGRESIVA : Km. 10+500

FECHA : 25/09/2014

HUMEDAD NATURAL			
N° de tara	154	163	
Peso tara + suelo húmedo	52,3	75,6	
Peso tara + suelo seco	48,7	70,1	
Peso tara	6,9	6,8	
Peso del agua	3,6	5,5	
Peso suelo seco	41,8	63,3	
Humedad (%)	8,6	8,7	
Promedio	8,6		



Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concretos, Pavimentos y Control de Calidad

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E-107 ASTM D-422)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL

CALICATA : 1

UBICACIÓN : Km. 10+360 - 10+660

PROGRESIVA : Km. 10+500

ESTRATO : 1

PROFUNDIDAD : 0,00 - 0,70

LADO : DER.

FECHA : 25/09/2014

Tamices ASTM	Apertura en mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones A
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0	
2 1/2"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0	
2"	50,800	491,0	10,6	10,6	89,4	
1 1/2"	38,100	139,0	3,0	13,6	86,4	
1"	25,400	716,0	15,4	29,0	71,0	
3/4"	19,050	337,0	7,2	36,2	63,8	
1/2"	12,700	369,0	7,9	44,1	55,9	
3/8"	9,525	427,0	9,2	53,3	46,7	
No.04	4,760	231,0	5,0	58,3	41,7	
No.10	2,000	332,0	7,1	65,4	34,6	
No.20	0,840	118,0	2,5	67,9	32,1	
No.40	0,420	73,5	1,6	69,5	30,5	
No.100	0,149	130,0	2,8	72,3	27,7	
No.200	0,074	183,5	3,9	76,2	23,8	
< 200						
TOTAL						

DATOS DE LA MUESTRA	
Peso inicial	Grs. 4654,00
Peso fracción	Grs. 0,00

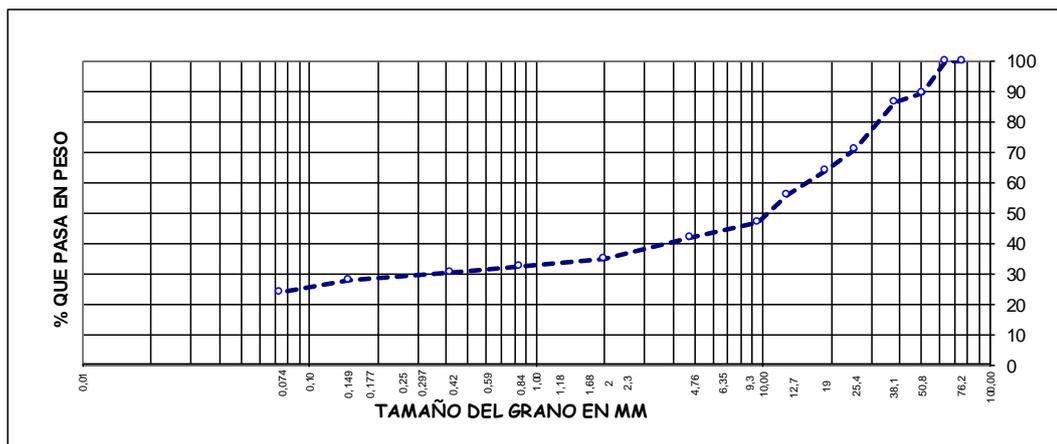
CONSTANTES FISICAS	
Limite Liquido	% 38,50
Limite plastico	% 28,96
Indice Plastico	% 9,54

Grava	% 58,30
Arena	% 17,90
Fino	% 23,80
Total	% 100,00

CLASIFICACION	
SUCS	: GM
AASHTO	: A-2-4 (0)

OBSERVACIONES	

CURVA GRANULOMETRICA





Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concretos, Pavimentos y Control de Calidad

LIMITES DE CONSISTENCIA (MTC E-111 ASTM D-4318)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL

ESTRATO : 1

CALICATA : 1

PROFUNDIDAD : 0,00 - 0,70

UBICACIÓN : Km. 10+360 - 10+660

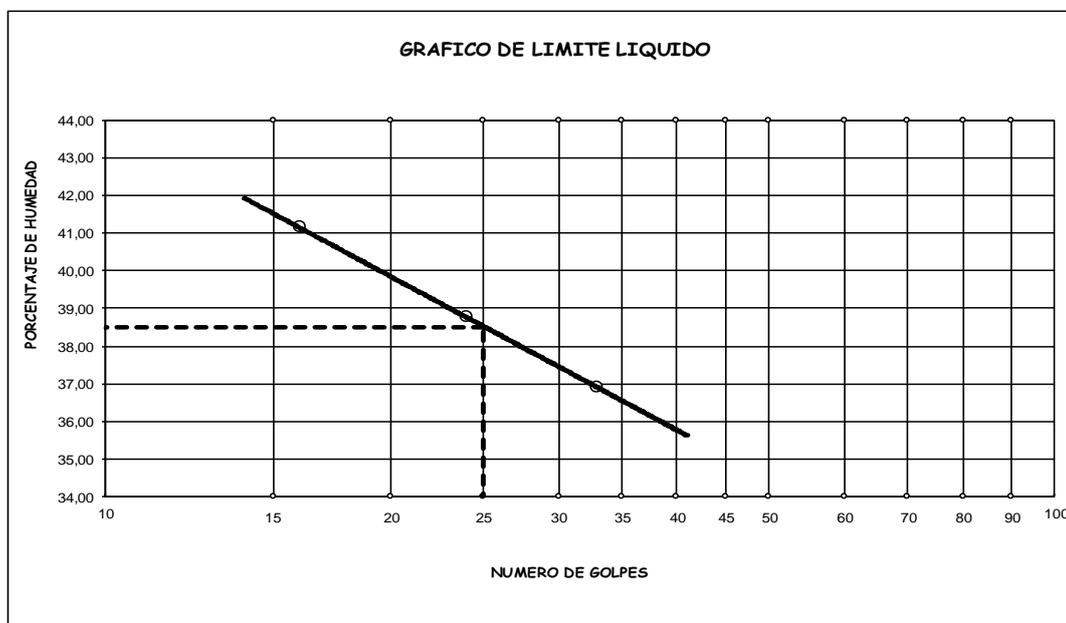
LADO : DER.

PROGRESIVA : Km. 10+500

FECHA : 25/09/2014

LIMITE LIQUIDO				
Nº de tara	174	171	159	
Peso tara + suelo húmedo	71,76	76,64	91,41	
Peso tara + suelo seco	52,80	57,18	68,59	
Peso tara	6,72	6,97	6,75	
Peso del agua	18,96	19,46	22,82	
Peso suelo seco	46,08	50,21	61,84	
Humedad (%)	41,15	38,76	36,90	
Nro. de golpes	16	24	33	

LIMITE PLASTICO				
Nº de tara	13	V53		
Peso tara + suelo húmedo	20,39	19,37		
Peso tara + suelo seco	17,21	16,21		
Peso tara	5,87	5,63		
Peso del agua	3,18	3,16		
Peso suelo seco	11,34	10,58		
Humedad (%)	28,04	29,87		
Humedad promedio	28,96			



LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE DE PLASTICIDAD
LL (%) : 38,50	LP (%) : 28,96	IP (%) : 9,54



DENSIDAD NATURAL (ASTM D 1556)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL	ESTRATO : 1
CALICATA : 1	PROFUNDIDAD : 0,00 - 0,70
UBICACIÓN : Km. 10+360 - 10+660	LADO : DER.
PROGRESIVA : Km. 10+500	FECHA : 25/09/2014

ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO - METODO CONO Y ARENA

Fecha	20/09/2014	-		
Ubicación	C - 1	-		
Profundidad	.	-		
Capa	T.Natural	-		

1	Peso del Frasco + arena Gr	5986	-		
2	Peso Frasco. + arena sobrante Gr	1924	-		
3	Peso arena empleada (1-2)	4062	-		
4	Peso arena del cono Gr	1714	-		
5	Peso arena del hueco (3-4)	2348	-		
6	Densidad de la Arena Gr/cc	1,365	-		
7	Volumen de Hueco cc (5-6)	1720	-		
8	Peso de Tara Gr	0	-		
9	Peso del Suelo + Grava+Tara Gr	3268	-		
10	Peso retenido en el Tamiz No 4 " + Tara Gr	1432	-		
11	% Grava No 4	43,8	-		
12	Peso especifico de la grava g/cc	2,58	-		
13	Volumen de la grava c.c. (10 - 8) / (12)	555,0	-		
14	Peso del suelo pasante No 4 (9-10)	1836	-		
15	Volumen del suelo pasante No 4 (7-13)	1165	-		
16	Densidad humeda g/cc	1,58	-		
17	Contenido de Humedad	8,60	-		
18	Densidad seca g/cc (16*100) / (17+100)	1,451	-		
		-	-		

CUADRO N° 1

CALCULO DE LA DENSIDAD RELATIVA Y ANGULO DE FRICCION INTERNA

PROYECTO: TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"
LOCALIDAD: LAMPA
PROVINCIA: LAMPA
DPTO.: PUNO
SOLICITADO: Bach. OLIGARIO CABANA TICONA
PROGRESIVA: Km. 10+500
FECHA: Octubre del 2014

Calicata Muestra Ubicación Prof. SUCS	Densidades secas			Densidad Relativa (DR) %	% que pasa la malla N° 200	Meyerhaf 0.15*DR+25 Ang. de Fricc. interna (ϕ)	Factor de Corrección "n" 100-%N°200)+	Corrección del Angulo de Fricc. interna (ϕ)
	Natural de Campo (γ)	Mín.	Máx.					
C-1 M-1 Talud 0,00 - 0.70 GM	1,58	1,48	1,72	45,359	23,80	31,804	81,200	25,825



**Laboratorio de Mecánica de Suelos,
Concretos, Pavimentos y Control de Calidad**

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (Método ASTM D-2216)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAM"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL

ESTRATO : 2

CALICATA : 1

PROFUNDIDAD : 0,70 - 2,90

UBICACIÓN : Km. 10+360 - 10+660

LADO : DER.

PROGRESIVA : Km. 10+500

FECHA : 25/09/2014

HUMEDAD NATURAL				
N° de tara	164	167		
Peso tara + suelo húmedo	57,3	105,4		
Peso tara + suelo seco	53,3	96,9		
Peso tara	6,8	7,2		
Peso del agua	4,0	8,5		
Peso suelo seco	46,5	89,7		
Humedad (%)	8,6	9,5		
Promedio	9,1			



Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concretos, Pavimentos y Control de Calidad

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (MTC E-107 ASTM D-422)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL

CALICATA : 1

UBICACIÓN : Km. 10+360 - 10+660

PROGRESIVA : Km. 10+500

ESTRATO : 2

PROFUNDIDAD : 0,70 - 2,90

LADO : DER.

FECHA : 25/09/2014

Tamices ASTM	Apertura en mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones A
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0	
2 1/2"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0	
2"	50,800	588,5	11,6	11,6	88,4	
1 1/2"	38,100	360,5	7,1	18,7	81,3	
1"	25,400	402,0	7,9	26,6	73,4	
3/4"	19,050	287,5	5,6	32,2	67,8	
1/2"	12,700	399,0	7,8	40,0	60,0	
3/8"	9,525	533,0	10,5	50,5	49,5	
No.04	4,760	318,5	6,3	56,8	43,2	
No.10	2,000	450,5	8,9	65,7	34,3	
No.20	0,840	176,0	3,5	69,2	30,8	
No.40	0,420	104,5	2,1	71,3	28,7	
No.100	0,149	140,5	2,8	74,1	25,9	
No.200	0,074	169,0	3,3	77,4	22,6	
< 200						
TOTAL						

DATOS DE LA MUESTRA	
Peso inicial	Grs. 5089,00
Peso fracción	Grs. 0,00

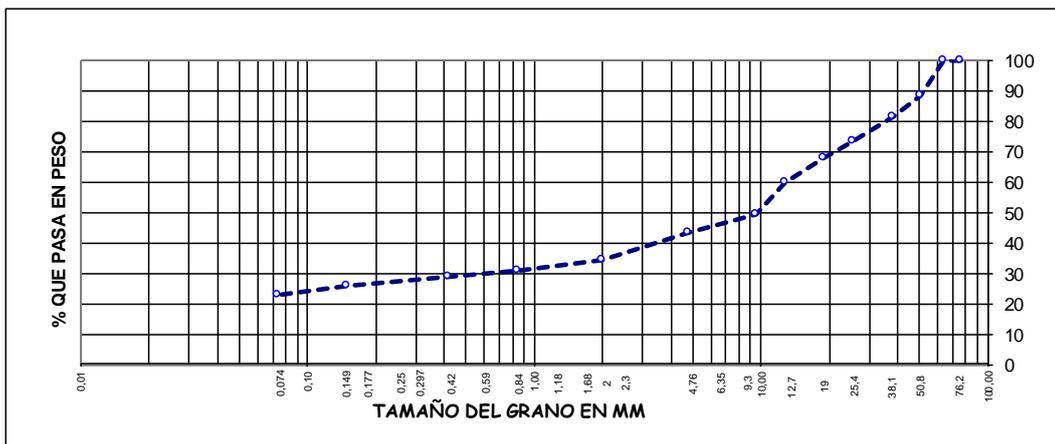
CONSTANTES FISICAS	
Limite Liquido	% 35,80
Limite plastico	% 23,01
Indice Plastico	% 12,79

Grava	% 56,80
Arena	% 20,60
Fino	% 22,60
Total	% 100,00

CLASIFICACION	
SUCS	: GC
AASHTO	: A-2-6 (0)

OBSERVACIONES	

CURVA GRANULOMETRICA





Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concretos, Pavimentos y Control de Calidad

LIMITES DE CONSISTENCIA (MTC E-111 ASTM D-4318)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL

CALICATA : 1

UBICACIÓN : Km. 10+360 - 10+660

PROGRESIVA : Km. 10+500

ESTRATO : 2

PROFUNDIDAD : 0,70 - 2,90

LADO : DER.

FECHA : 25/09/2014

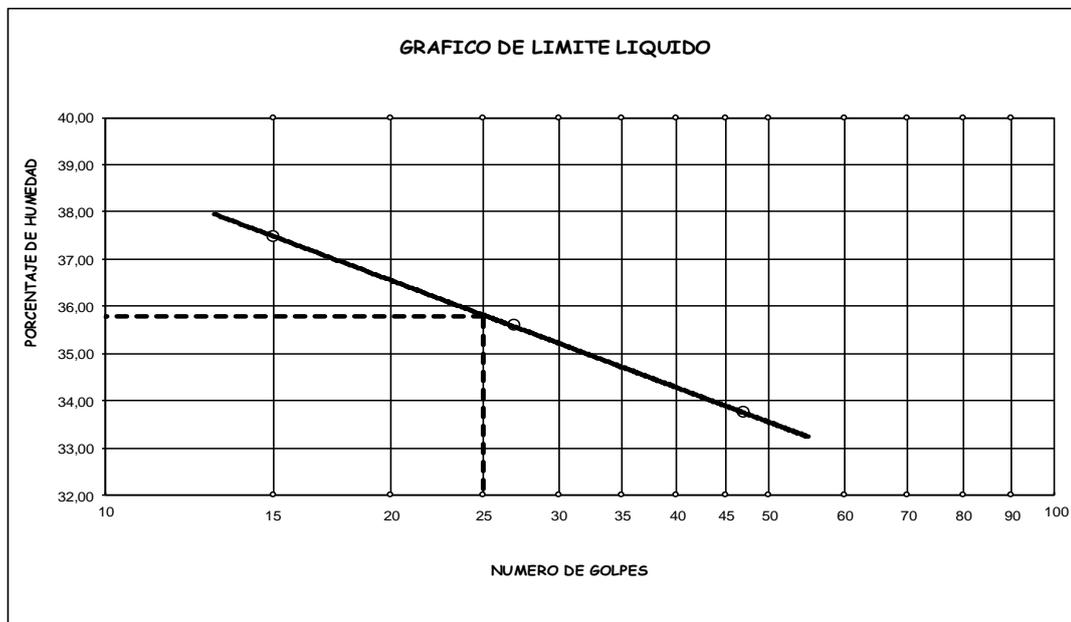
LIMITE LIQUIDO

N° de tara	13	N8T	16
Peso tara + suelo húmedo	18,96	18,27	19,91
Peso tara + suelo seco	14,62	14,27	16,32
Peso tara	3,04	3,03	5,68
Peso del agua	4,34	4,00	3,59
Peso suelo seco	11,58	11,24	10,64
Humedad (%)	37,48	35,59	33,74
Nro. de golpes	15	27	47

LIMITE PLASTICO

N° de tara	V11	22
Peso tara + suelo húmedo	5,45	4,62
Peso tara + suelo seco	5,01	4,33
Peso tara	3,05	3,10
Peso del agua	0,44	0,29
Peso suelo seco	1,96	1,23
Humedad (%)	22,45	23,58
Humedad promedio	23,01	

GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO



LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE DE PLASTICIDAD
LL (%) : 35,80	LP (%) : 23,01	IP (%) : 12,79



DENSIDAD NATURAL (ASTM D 1556)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv . CARA CARA - LAMPA"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL

ESTRATO : 2

CALICATA : 1

PROFUNDIDAD : 0,70 - 2,90

UBICACIÓN : Km. 10+360 - 10+660

LADO : DER.

PROGRESIVA : Km. 10+500

FECHA : 25/09/2014

ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO - METODO CONO Y ARENA

Fecha	20/09/2014	-		
Ubicación	C - 1	-		
Profundidad	.	-		
Capa	T.Natural	-		

1	Peso del Frasco + arena Gr	5942	-		
2	Peso Frasco + arena sobrante Gr	1857	-		
3	Peso arena empleada (1-2)	4085	-		
4	Peso arena del cono Gr	1714	-		
5	Peso arena del hueco (3-4)	2371	-		
6	Densidad de la Arena Gr/cc	1,365	-		
7	Volumen de Hueco cc (5-6)	1737	-		
8	Peso de Tara Gr	0	-		
9	Peso del Suelo + Grava+Tara Gr	3328	-		
10	Peso retenido en el Tamiz No 4 " + Tara Gr	1521	-		
11	% Grava No 4	45,7	-		
12	Peso especifico de la grava g/cc	2,58	-		
13	Volumen de la grava c.c. (10 - 8) / (12)	589,5	-		
14	Peso del suelo pasante No 4 (9-10)	1807	-		
15	Volumen del suelo pasante No 4 (7-13)	1147	-		
16	Densidad humeda g/cc	1,57	-		
17	Contenido de Humedad	9,10	-		
18	Densidad seca g/cc (16*100) / (17+100)	1,443	-		
		-	-		

CUADRON N° 1

CALCULO DE LA DENSIDAD RELATIVA Y ANGULO DE FRICCION INTERNA

PROYECTO: TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"
LOCALIDAD: LAMPA
PROVINCIA: LAMPA
DPTO.: PUNO
SOLICITADO: Bach. OLIGARIO CABANA TICONA
PROGRESIVA: Km. 10+500
FECHA: Octubre del 2014

Calicata Muestra Ubicación Prof. SUCS	Densidades secas			Densidad Relativa (DR) %	% que pasa la malla N° 200	Meyerhaf 0.15*DR+25 Ang. de Fricc. interna (ϕ)	Factor de Corrección "n" 100-%N°200)+	Corrección del Angulo de Fricc. interna (ϕ)
	Natural de Campo (γ)	Mín.	Máx.					
C-1 M-2 Talud 0,70 - 2.90 GC	1,57	1,50	1,80	26,752	22,60	29,013	82,400	23,906

GEOPOL EIRL
Laboratorio de Mecánica de Suelos,
Concretos, Pavimentos y Control de Calidad

**CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL
(Método ASTM D-2216)**

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAM"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL

ESTRATO : 3

CALICATA : 1

PROFUNDIDAD : 2,90 - 5,20

UBICACIÓN : Km. 10+360 - 10+660

LADO : DER.

PROGRESIVA : Km. 10+500

FECHA : 25/09/2014

HUMEDAD NATURAL				
N° de tara	150	154		
Peso tara + suelo húmedo	214,5	123,3		
Peso tara + suelo seco	198,0	114,0		
Peso tara	8,5	8,3		
Peso del agua	16,5	9,3		
Peso suelo seco	189,5	105,7		
Humedad (%)	8,7	8,8		
Promedio	8,8			



Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concretos, Pavimentos y Control de Calidad

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (MTC E-107 ASTM D-422)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL

CALICATA : 1

UBICACIÓN : Km. 10+360 - 10+660

PROGRESIVA : Km. 10+500

ESTRATO : 3

PROFUNDIDAD : 2,90 - 5,20

LADO : DER.

FECHA : 25/09/2014

Tamices ASTM	Abertura en mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones A
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0	
2 1/2"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0	
2"	50,800	283,0	5,3	5,3	94,7	
1 1/2"	38,100	197,0	3,7	9,0	91,0	
1"	25,400	383,0	7,2	16,2	83,8	
3/4"	19,050	147,5	2,8	19,0	81,0	
1/2"	12,700	292,0	5,5	24,5	75,5	
3/8"	9,525	328,5	6,2	30,7	69,3	
No.04	4,760	247,0	4,6	35,3	64,7	
No.10	2,000	410,0	7,7	43,0	57,0	
No.20	0,840	160,0	3,0	46,0	54,0	
No.40	0,420	107,0	2,0	48,0	52,0	
No.100	0,149	329,5	6,2	54,2	45,8	
No.200	0,074	379,5	7,1	61,3	38,7	
< 200						
TOTAL						

DATOS DE LA MUESTRA	
Peso inicial	Grs. 5336,00
Peso fracción	Grs. 0,00

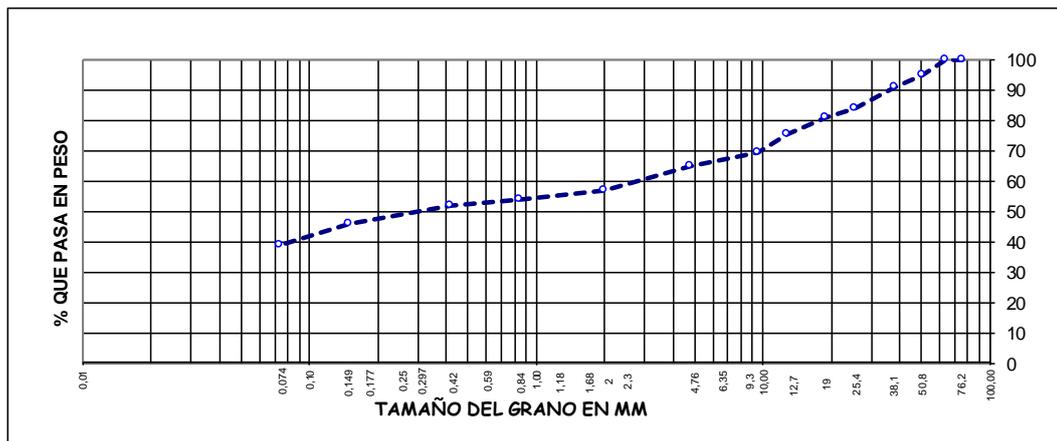
CONSTANTES FISICAS	
Limite Liquido	% 33,65
Limite plastico	% 20,93
Indice Plastico	% 12,72

Grava	% 35,30
Arena	% 26,00
Fino	% 38,70
Total	% 100,00

CLASIFICACION	
SUCS	: GC
AASHTO	: A-6 (1)

OBSERVACIONES	

CURVA GRANULOMETRICA



GEOPOL EIRL
 Laboratorio de Mecánica de Suelos,
 Concretos, Pavimentos y Control de Calidad

LIMITES DE CONSISTENCIA
 (MTC E-111 ASTM D-4318)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL

ESTRATO : 3

CALICATA : 1

PROFUNDIDAD : 2,90 - 5,20

UBICACIÓN : Km. 10+360 - 10+660

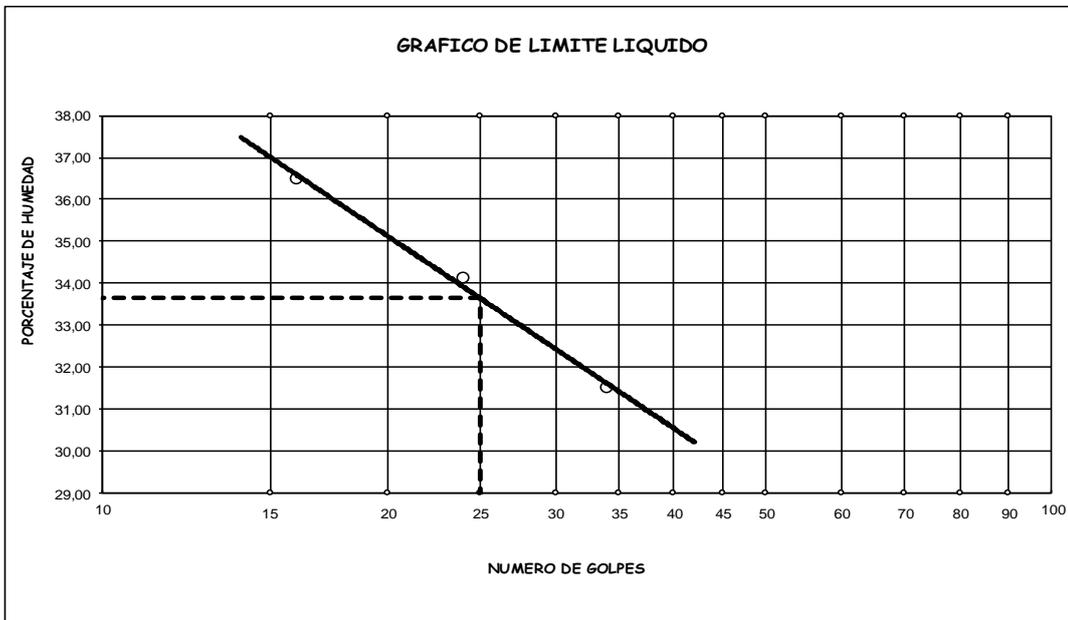
LADO : DER.

PROGRESIVA : Km. 10+500

FECHA : 25/09/2014

LIMITE LIQUIDO				
N° de tara	V2	54	V17R	
Peso tara + suelo húmedo	19,45	18,17	20,57	
Peso tara + suelo seco	15,75	14,89	17,02	
Peso tara	5,61	5,28	5,75	
Peso del agua	3,70	3,28	3,55	
Peso suelo seco	10,14	9,61	11,27	
Humedad (%)	36,49	34,13	31,50	
Nro. de golpes	16	24	34	

LIMITE PLASTICO				
N° de tara	V8T	V11		
Peso tara + suelo húmedo	5,19	5,58		
Peso tara + suelo seco	4,83	5,13		
Peso tara	3,05	3,05		
Peso del agua	0,36	0,45		
Peso suelo seco	1,78	2,08		
Humedad (%)	20,22	21,63		
Humedad promedio	20,93			



LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE DE PLASTICIDAD
LL (%) : 33,65	LP (%) : 20,93	IP (%) : 12,72



DENSIDAD NATURAL (ASTM D 1556)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL	ESTRATO : 3
CALICATA : 1	PROFUNDIDAD : 2,90 - 5,20
UBICACIÓN : Km. 10+360 - 10+660	LADO : DER.
PROGRESIVA : Km. 10+500	FECHA : 25/09/2014

ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO - METODO CONO Y ARENA

Fecha	20/09/2014	-		
Ubicación	C - 1	-		
Profundidad	.	-		
Capa	T.Natural	-		

1	Peso del Frasco + arena Gr	5875	-		
2	Peso Frasco + arena sobrante Gr	1754	-		
3	Peso arena empleada (1-2)	4121	-		
4	Peso arena del cono Gr	1714	-		
5	Peso arena del hueco (3-4)	2407	-		
6	Densidad de la Arena Gr/cc	1,365	-		
7	Volumen de Hueco cc (5-6)	1763	-		
8	Peso de Tara Gr	0	-		
9	Peso del Suelo + Grava+Tara Gr	3368	-		
10	Peso retenido en el Tamiz No 4 " + Tara Gr	1563	-		
11	% Grava No 4	46,4	-		
12	Peso especifico de la grava g/cc	2,58	-		
13	Volumen de la grava c.c. (10 - 8) / (12)	605,8	-		
14	Peso del suelo pasante No 4 (9-10)	1805	-		
15	Volumen del suelo pasante No 4 (7-13)	1158	-		
16	Densidad humeda g/cc	1,56	-		
17	Contenido de Humedad	8,80	-		
18	Densidad seca g/cc (16*100) / (17+100)	1,433	-		
		-	-		

CUADRON N° 1

CALCULO DE LA DENSIDAD RELATIVA Y ANGULO DE FRICCION INTERNA

PROYECTO: TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"
LOCALIDAD: LAMPA
PROVINCIA: LAMPA
DPTO.: PUNO
SOLICITADO: Bach. OLIGARIO CABANA TICONA
PROGRESIVA: Km. 10+500
FECHA: Octubre del 2014

Calicata Muestra Ubicación Prof. SUCS	Densidades secas			Densidad Relativa (DR) %	% que pasa la malla N° 200	Meyerhaf 0.15*DR+25 Ang. de Fricc. interna (ϕ)	Factor de Corrección "n" 100-%N°200)+	Corrección del Angulo de Fricc. interna (ϕ)
	Natural de Campo (γ)	Mín.	Máx.					
C-1 M-3 Talud 2,90 - 5,20 GC	1,56	1,49	1,75	30,202	38,70	29,530	66,300	19,579

GGEOPOL EIRL
Laboratorio de Mecánica de Suelos,
Concretos, Pavimentos y Control de Calidad

**CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL
(Método ASTM D-2216)**

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAM"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL

ESTRATO : 1

CALICATA : 2

PROFUNDIDAD : 0,00 - 0,60

UBICACIÓN : Km. 11+400 - 11+600

LADO : DER.

PROGRESIVA : Km. 11+500

FECHA : 25/09/2014

HUMEDAD NATURAL			
N° de tara	151	132	
Peso tara + suelo húmedo	82,5	96,7	
Peso tara + suelo seco	76,5	88,7	
Peso tara	5,7	6,1	
Peso del agua	6,0	8,0	
Peso suelo seco	70,8	82,7	
Humedad (%)	8,5	9,7	
Promedio	9,1		

GEOPOL EIRL
 Laboratorio de Mecánica de Suelos,
 Concretos, Pavimentos y Control de Calidad

LIMITES DE CONSISTENCIA
 (MTC E-111 ASTM D-4318)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"

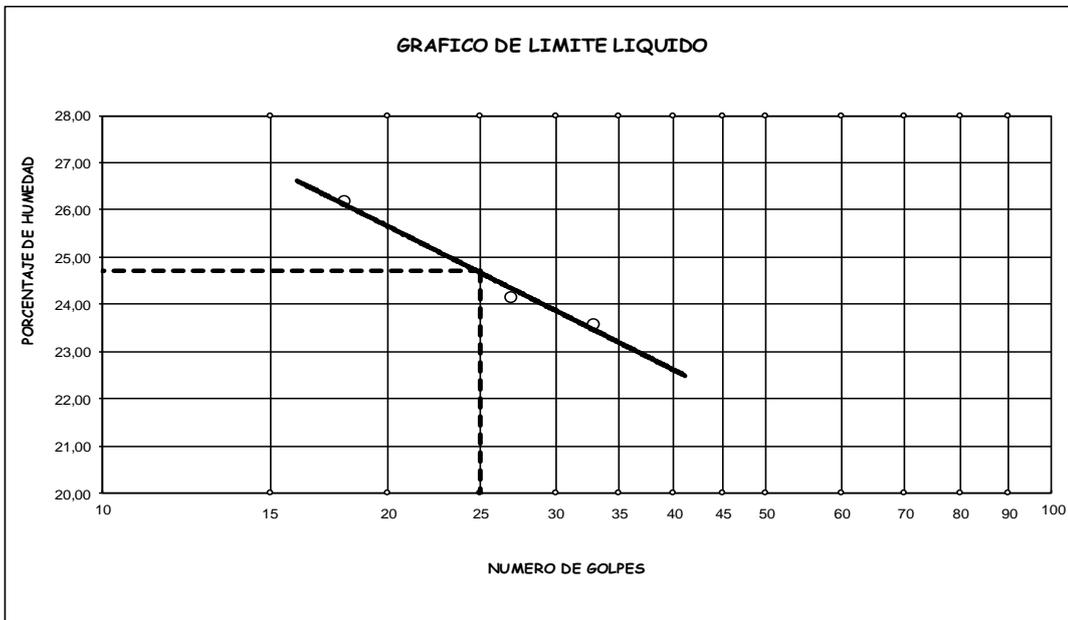
SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL
CALICATA : 2
UBICACIÓN : Km. 11+400 - 11+600
PROGRESIVA : Km. 11+500
ESTRATO : 1
PROFUNDIDAD : 0,00 - 0,60
LADO : DER.
FECHA : 25/09/2014

LIMITE LIQUIDO				
Nº de tara	18	30	21	
Peso tara + suelo húmedo	19,56	20,54	20,96	
Peso tara + suelo seco	16,59	17,54	17,99	
Peso tara	5,24	5,12	5,39	
Peso del agua	2,97	3,00	2,97	
Peso suelo seco	11,35	12,42	12,60	
Humedad (%)	26,17	24,15	23,57	
Nro. de golpes	18	27	33	

LIMITE PLASTICO				
Nº de tara	14	24		
Peso tara + suelo húmedo	5,68	5,42		
Peso tara + suelo seco	5,23	5,02		
Peso tara	2,86	2,84		
Peso del agua	0,45	0,40		
Peso suelo seco	2,37	2,18		
Humedad (%)	18,99	18,35		
Humedad promedio	18,67			



LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE DE PLASTICIDAD
LL (%) : 24,70	LP (%) : 18,67	IP (%) : 6,03



DENSIDAD NATURAL (ASTM D 1556)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL	ESTRATO : 1
CALICATA : 2	PROFUNDIDAD : 0,00 - 0,60
UBICACIÓN : Km. 11+400 - 11+600	LADO : DER.
PROGRESIVA : Km. 11+500	FECHA : 25/09/2014

ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO - METODO CONO Y ARENA

Fecha	20/09/2014	-	-	-
Ubicación	C - 1	-	-	-
Profundidad	.	-	-	-
Capa	T.Natural	-	-	-

1	Peso del Frasco + arena Gr	5843	-	-	-
2	Peso Frasco + arena sobrante Gr	1794	-	-	-
3	Peso arena empleada (1-2)	4049	-	-	-
4	Peso arena del cono Gr	1714	-	-	-
5	Peso arena del hueco (3-4)	2335	-	-	-
6	Densidad de la Arena Gr/cc	1,365	-	-	-
7	Volumen de Hueco cc (5-6)	1711	-	-	-
8	Peso de Tara Gr	0	-	-	-
9	Peso del Suelo + Grava+Tara Gr	3295	-	-	-
10	Peso retenido en el Tamiz No 4 " + Tara Gr	1524	-	-	-
11	% Grava No 4	46,3	-	-	-
12	Peso especifico de la grava g/cc	2,58	-	-	-
13	Volumen de la grava c.c. (10 - 8) / (12)	590,7	-	-	-
14	Peso del suelo pasante No 4 (9-10)	1771	-	-	-
15	Volumen del suelo pasante No 4 (7-13)	1120	-	-	-
16	Densidad humeda g/cc	1,58	-	-	-
17	Contenido de Humedad	9,10	-	-	-
18	Densidad seca g/cc (16*100) / (17+100)	1,449	-	-	-
		-	-	-	-

CUADRON N° 1

CALCULO DE LA DENSIDAD RELATIVA Y ANGULO DE FRICCION INTERNA

PROYECTO: TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"
LOCALIDAD: LAMPA
PROVINCIA: LAMPA
DPTO.: PUNO
SOLICITADO: Bach. OLIGARIO CABANA TICONA
PROGRESIVA: Km. 11+500
FECHA: Octubre del 2014

Calicata Muestra Ubicación Prof. SUCS	Densidades secas			Densidad Relativa (DR) %	% que pasa la malla N° 200	Meyerhaf 0.15*DR+25 Ang. de Fricc. interna (ϕ)	Factor de Corrección "n" 100-%N°200)+	Corrección del Angulo de Fricc. interna (ϕ)
	Natural de Campo (γ)	Mín.	Máx.					
C-2 M-1 Talud 0,00 - 0,60 GM - GC	1,58	1,51	1,72	36,287	11,70	30,443	93,300	28,403



**Laboratorio de Mecánica de Suelos,
Concretos, Pavimentos y Control de Calidad**

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (Método ASTM D-2216)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAM"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL

ESTRATO : 2

CALICATA : 2

PROFUNDIDAD : 0,60 - 1,70

UBICACIÓN : Km. 11+400 - 11+600

LADO : DER.

PROGRESIVA : Km. 11+500

FECHA : 25/09/2014

HUMEDAD NATURAL				
N° de tara	177	169		
Peso tara + suelo húmedo	77,9	89,5		
Peso tara + suelo seco	72,2	82,7		
Peso tara	7,0	7,2		
Peso del agua	5,8	6,8		
Peso suelo seco	65,2	75,5		
Humedad (%)	8,9	9,0		
Promedio	8,9			



Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concretos, Pavimentos y Control de Calidad

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (MTC E-107 ASTM D-422)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL

CALICATA : 2

UBICACIÓN : Km. 11+400 - 11+600

PROGRESIVA : Km. 11+500

ESTRATO : 2

PROFUNDIDAD : 0,60 - 1,70

LADO : DER.

FECHA : 25/09/2014

Tamices ASTM	Apertura en mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones A
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0	
2 1/2"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0	
2"	50,800	698,5	20,4	20,4	79,6	
1 1/2"	38,100	305,5	8,9	29,3	70,7	
1"	25,400	255,0	7,4	36,7	63,3	
3/4"	19,050	202,5	5,9	42,6	57,4	
1/2"	12,700	333,5	9,7	52,3	47,7	
3/8"	9,525	435,5	12,7	65,0	35,0	
No.04	4,760	214,0	6,2	71,2	28,8	
No.10	2,000	260,0	7,6	78,8	21,2	
No.20	0,840	81,5	2,4	81,2	18,8	
No.40	0,420	42,5	1,2	82,4	17,6	
No.100	0,149	62,5	1,8	84,2	15,8	
No.200	0,074	75,0	2,2	86,4	13,6	
< 200						
TOTAL						

DATOS DE LA MUESTRA	
Peso inicial	Grs. 3428,00
Peso fracción	Grs. 0,00

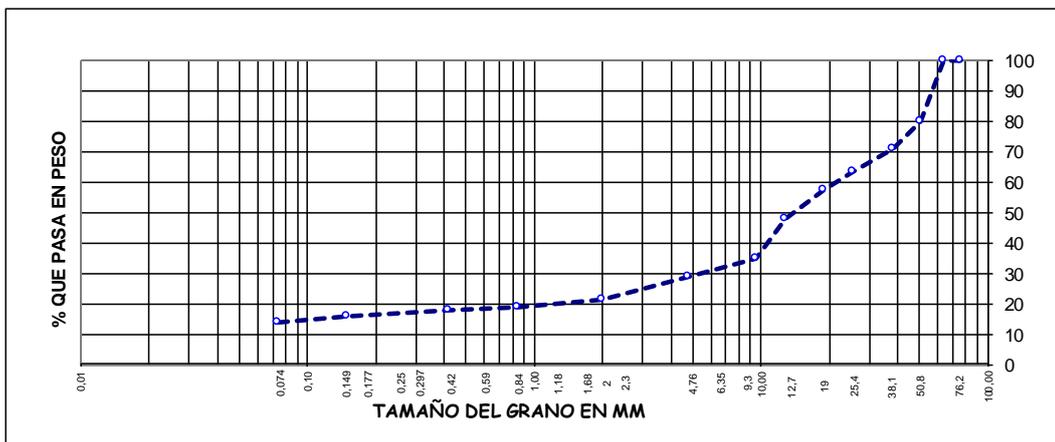
CONSTANTES FISICAS	
Limite Liquido	% 22,90
Limite plastico	% 18,30
Indice Plastico	% 4,60

Grava	% 71,20
Arena	% 15,20
Fino	% 13,60
Total	% 100,00

CLASIFICACION	
SUCS	: GM - GC
AASHTO	: A-1-a (0)

OBSERVACIONES	

CURVA GRANULOMETRICA





Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concretos, Pavimentos y Control de Calidad

LIMITES DE CONSISTENCIA (MTC E-111 ASTM D-4318)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL

ESTRATO : 2

CALICATA : 2

PROFUNDIDAD : 0,60 - 1,70

UBICACIÓN : Km. 11+400 - 11+600

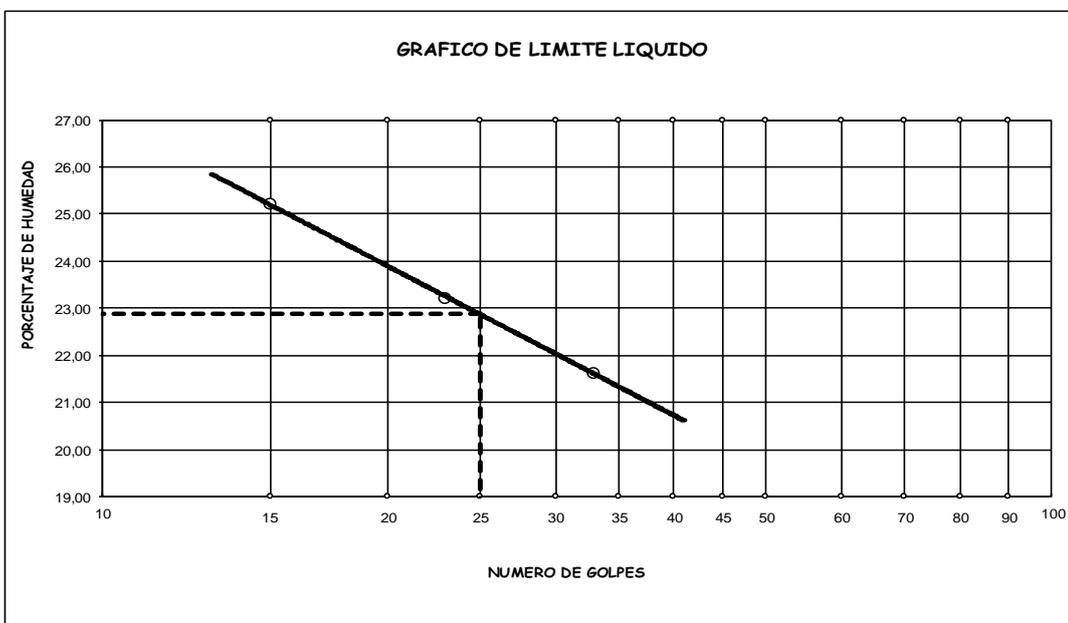
LADO : DER.

PROGRESIVA : Km. 11+500

FECHA : 25/09/2014

LIMITE LIQUIDO				
Nº de tara	19	31	24	
Peso tara + suelo húmedo	22,35	21,45	21,65	
Peso tara + suelo seco	18,88	18,33	18,75	
Peso tara	5,12	4,89	5,34	
Peso del agua	3,47	3,12	2,90	
Peso suelo seco	13,76	13,44	13,41	
Humedad (%)	25,22	23,21	21,63	
Nro. de golpes	15	23	33	

LIMITE PLASTICO				
Nº de tara	12	V11		
Peso tara + suelo húmedo	6,35	5,89		
Peso tara + suelo seco	5,82	5,43		
Peso tara	2,86	2,97		
Peso del agua	0,53	0,46		
Peso suelo seco	2,96	2,46		
Humedad (%)	17,91	18,70		
Humedad promedio	18,30			



LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE DE PLASTICIDAD
LL (%) : 22,90	LP (%) : 18,30	IP (%) : 4,60

AGEOPOL
Laboratorio de Mecánica de Suelos,
Concretos, Pavimentos y Control de Calidad

DENSIDAD NATURAL (ASTM D 1556)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL	ESTRATO : 2
CALICATA : 2	PROFUNDIDAD : 0,60 - 1,70
UBICACIÓN : Km. 11+400 - 11+600	LADO : DER.
PROGRESIVA : Km. 11+500	FECHA : 25/09/2014

ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO - METODO CONO Y ARENA

Fecha	20/09/2014	-		
Ubicación	C - 1	-		
Profundidad	.	-		
Capa	T.Natural	-		

1	Peso del Frasco + arena Gr	5821	-		
2	Peso Frasco + arena sobrante Gr	1695	-		
3	Peso arena empleada (1-2)	4126	-		
4	Peso arena del cono Gr	1714	-		
5	Peso arena del hueco (3-4)	2412	-		
6	Densidad de la Arena Gr/cc	1,365	-		
7	Volumen de Hueco cc (5-6)	1767	-		
8	Peso de Tara Gr	0	-		
9	Peso del Suelo + Grava+Tara Gr	3375	-		
10	Peso retenido en el Tamiz No 4 " + Tara Gr	1598	-		
11	% Grava No 4	47,3	-		
12	Peso específico de la grava g/cc	2,58	-		
13	Volumen de la grava c.c. (10 - 8) / (12)	619,4	-		
14	Peso del suelo pasante No 4 (9-10)	1777	-		
15	Volumen del suelo pasante No 4 (7-13)	1148	-		
16	Densidad húmeda g/cc	1,55	-		
17	Contenido de Humedad	8,90	-		
18	Densidad seca g/cc (16*100) / (17+100)	1,422	-		
		-	-		

CUADRO N° 1

CALCULO DE LA DENSIDAD RELATIVA Y ANGULO DE FRICCION INTERNA

PROYECTO: TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"
LOCALIDAD: LAMPA
PROVINCIA: LAMPA
DPTO.: PUNO
SOLICITADO: Bach. OLIGARIO CABANA TICONA
PROGRESIVA: Km. 11+500
FECHA: Octubre del 2014

Calicata Muestra Ubicación Prof. SUCS	Densidades secas			Densidad Relativa (DR) %	% que pasa la malla N° 200	Meyerhaf 0.15*DR+25 Ang. de Fricc. interna (ϕ)	Factor de Corrección "n" 100-%N°200)+	Corrección del Angulo de Fricc. interna (ϕ)
	Natural de Campo (γ)	Mín.	Máx.					
C-2 M-2 Talud 0,60 - 1,70 GM - GC	1,55	1,46	1,74	36,083	13,60	30,412	91,400	27,797

GGEOPOL EIRL
Laboratorio de Mecánica de Suelos,
Concretos, Pavimentos y Control de Calidad

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL
(Método ASTM D-2216)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAM"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL

ESTRATO : 3

CALICATA : 2

PROFUNDIDAD : 1,70 - 3,00

UBICACIÓN : Km. 11+400 - 11+600

LADO : DER.

PROGRESIVA : Km. 11+500

FECHA : 25/09/2014

HUMEDAD NATURAL			
N° de tara	155	168	
Peso tara + suelo húmedo	91,3	125,4	
Peso tara + suelo seco	85,5	116,7	
Peso tara	7,1	6,9	
Peso del agua	5,7	8,7	
Peso suelo seco	78,4	109,8	
Humedad (%)	7,3	7,9	
Promedio	7,6		



Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concretos, Pavimentos y Control de Calidad

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (MTC E-107 ASTM D-422)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL

CALICATA : 2

UBICACIÓN : Km. 11+400 - 11+600

PROGRESIVA : Km. 11+500

ESTRATO : 3

PROFUNDIDAD : 1,70 - 3,00

LADO : DER.

FECHA : 25/09/2014

Tamices ASTM	Abertura en mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones A
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0	
2 1/2"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0	
2"	50,800	306,0	6,9	6,9	93,1	
1 1/2"	38,100	473,5	10,6	17,5	82,5	
1"	25,400	541,5	12,2	29,7	70,3	
3/4"	19,050	199,5	4,5	34,2	65,8	
1/2"	12,700	359,5	8,1	42,3	57,7	
3/8"	9,525	535,0	12,0	54,3	45,7	
No.04	4,760	340,0	7,6	61,9	38,1	
No.10	2,000	374,0	8,4	70,3	29,7	
No.20	0,840	125,5	2,8	73,1	26,9	
No.40	0,420	72,0	1,6	74,7	25,3	
No.100	0,149	102,5	2,3	77,0	23,0	
No.200	0,074	150,5	3,4	80,4	19,6	
< 200						
TOTAL						

DATOS DE LA MUESTRA	
Peso inicial	Grs. 4454,00
Peso fracción	Grs. 0,00

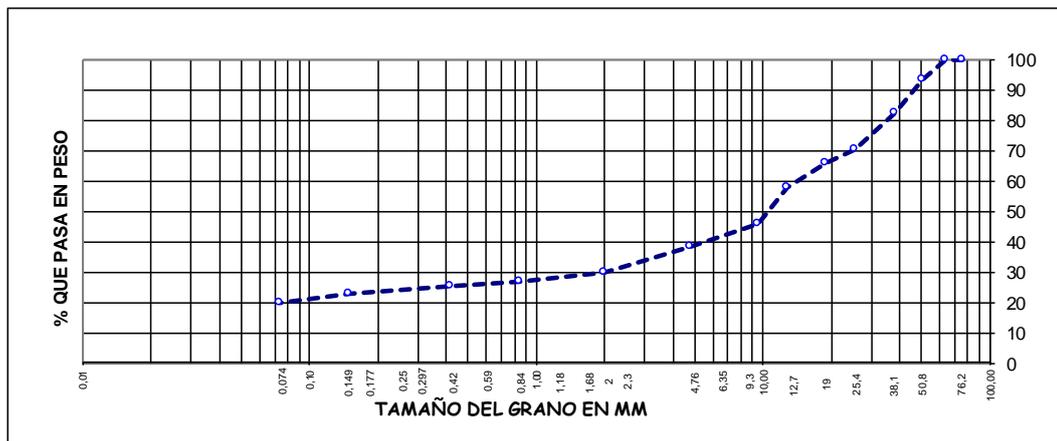
CONSTANTES FISICAS	
Limite Liquido	% 40,80
Limite plastico	% 28,66
Indice Plastico	% 12,14

Grava	% 61,90
Arena	% 18,50
Fino	% 19,60
Total	% 100,00

CLASIFICACION	
SUCS	: GM
AASHTO	: A-2-6 (0)

OBSERVACIONES	

CURVA GRANULOMETRICA





Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concretos, Pavimentos y Control de Calidad

LIMITES DE CONSISTENCIA (MTC E-111 ASTM D-4318)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL

ESTRATO : 3

CALICATA : 2

PROFUNDIDAD : 1,70 - 3,00

UBICACIÓN : Km. 11+400 - 11+600

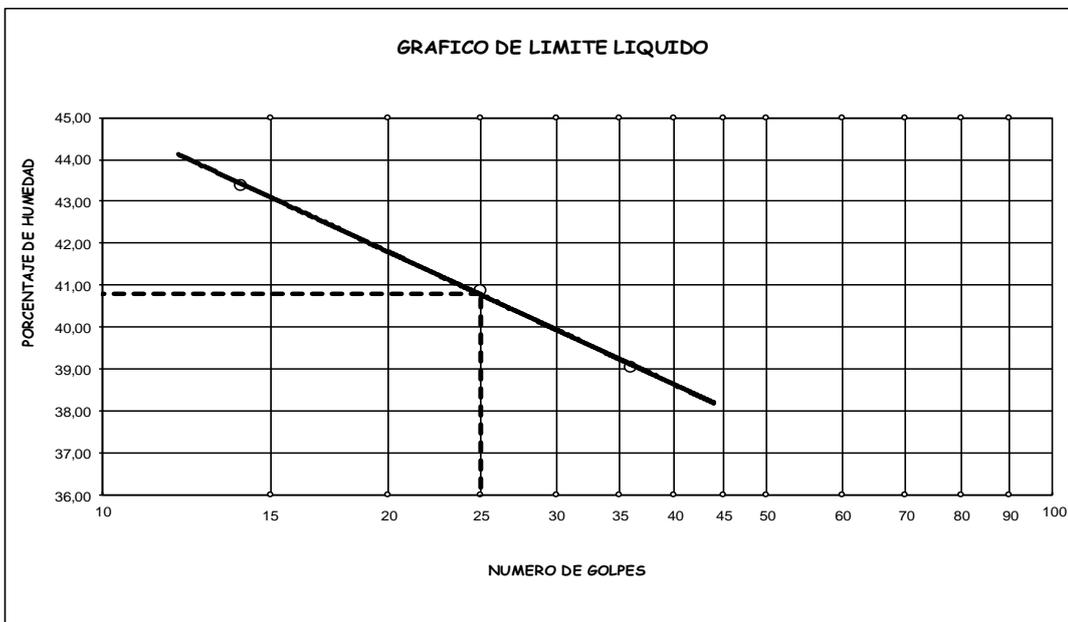
LADO : DER.

PROGRESIVA : Km. 11+500

FECHA : 25/09/2014

LIMITE LIQUIDO				
Nº de tara	24	33	16	
Peso tara + suelo húmedo	19,08	17,46	19,08	
Peso tara + suelo seco	14,79	13,76	15,05	
Peso tara	4,90	4,71	4,73	
Peso del agua	4,29	3,70	4,03	
Peso suelo seco	9,89	9,05	10,32	
Humedad (%)	43,38	40,88	39,05	
Nro. de golpes	14	25	36	

LIMITE PLASTICO				
Nº de tara	13	V11		
Peso tara + suelo húmedo	4,28	4,35		
Peso tara + suelo seco	3,88	3,96		
Peso tara	2,54	2,54		
Peso del agua	0,40	0,39		
Peso suelo seco	1,34	1,42		
Humedad (%)	29,85	27,46		
Humedad promedio	28,66			



LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE DE PLASTICIDAD
LL (%) : 40,80	LP (%) : 28,66	IP (%) : 12,14

AGEOPOL
Laboratorio de Mecánica de Suelos,
Concretos, Pavimentos y Control de Calidad

DENSIDAD NATURAL (ASTM D 1556)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL	ESTRATO : 3
CALICATA : 2	PROFUNDIDAD : 1,70 - 3,00
UBICACIÓN : Km. 11+400 - 11+600	LADO : DER.
PROGRESIVA : Km. 11+500	FECHA : 25/09/2014

ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO - METODO CONO Y ARENA

Fecha	20/09/2014	-		
Ubicación	C - 1	-		
Profundidad	.	-		
Capa	T.Natural	-		

1	Peso del Frasco + arena Gr	5798	-		
2	Peso Frasco. + arena sobrante Gr	1624	-		
3	Peso arena empleada (1-2)	4174	-		
4	Peso arena del cono Gr	1714	-		
5	Peso arena del hueco (3-4)	2460	-		
6	Densidad de la Arena Gr/cc	1,365	-		
7	Volumen de Hueco cc (5-6)	1802	-		
8	Peso de Tara Gr	0	-		
9	Peso del Suelo + Grava+Tara Gr	3465	-		
10	Peso retenido en el Tamiz No 4 " + Tara Gr	1634	-		
11	% Grava No 4	47,2	-		
12	Peso específico de la grava g/cc	2,58	-		
13	Volumen de la grava c.c. (10 - 8) / (12)	633,3	-		
14	Peso del suelo pasante No 4 (9-10)	1831	-		
15	Volumen del suelo pasante No 4 (7-13)	1169	-		
16	Densidad húmeda g/cc	1,57	-		
17	Contenido de Humedad	7,60	-		
18	Densidad seca g/cc (16*100) / (17+100)	1,456	-		
		-	-		

CUADRO N° 1

CALCULO DE LA DENSIDAD RELATIVA Y ANGULO DE FRICCION INTERNA

PROYECTO: TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"
LOCALIDAD: LAMPA
PROVINCIA: LAMPA
DPTO.: PUNO
SOLICITADO: Bach. OLIGARIO CABANA TICONA
PROGRESIVA: Km. 11+500
FECHA: Octubre del 2014

Calicata Muestra Ubicación Prof. SUCS	Densidades secas			Densidad Relativa (DR) %	% que pasa la malla N° 200	Meyerhaf 0.15*DR+25 Ang. de Fricc. interna (ϕ)	Factor de Corrección "n" 100-%N°200)+	Corrección del Angulo de Fricc. interna (ϕ)
	Natural de Campo (γ)	Mín.	Máx.					
C-2 M-3 Talud 1,70 - 3,00 GM	1,57	1,49	1,77	32,211	19,60	29,832	85,400	25,476



**Laboratorio de Mecánica de Suelos,
Concretos, Pavimentos y Control de Calidad**

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (Método ASTM D-2216)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAM"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL

ESTRATO : 4

CALICATA : 2

PROFUNDIDAD : 3,00 - 3,80

UBICACIÓN : Km. 11+400 - 11+600

LADO : DER.

PROGRESIVA : Km. 11+500

FECHA : 25/09/2014

HUMEDAD NATURAL				
N° de tara	154	165		
Peso tara + suelo húmedo	67,2	89,6		
Peso tara + suelo seco	63,3	84,3		
Peso tara	5,8	6,2		
Peso del agua	3,9	5,3		
Peso suelo seco	57,6	78,1		
Humedad (%)	6,7	6,8		
Promedio	6,7			



Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concretos, Pavimentos y Control de Calidad

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E-107 ASTM D-422)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL

CALICATA : 2

UBICACIÓN : Km. 11+400 - 11+600

PROGRESIVA : Km. 11+500

ESTRATO : 4

PROFUNDIDAD : 3,00 - 3,80

LADO : DER.

FECHA : 25/09/2014

Tamices ASTM	Apertura en mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones A
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0	
2 1/2"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0	
2"	50,800	0,0	0,0	0,0	100,0	
1 1/2"	38,100	581,0	11,1	11,1	88,9	
1"	25,400	1.145,5	21,9	33,0	67,0	
3/4"	19,050	240,0	4,6	37,6	62,4	
1/2"	12,700	390,0	7,5	45,1	54,9	
3/8"	9,525	598,0	11,4	56,5	43,5	
No.04	4,760	362,0	6,9	63,4	36,6	
No.10	2,000	371,0	7,1	70,5	29,5	
No.20	0,840	107,0	2,0	72,5	27,5	
No.40	0,420	58,0	1,1	73,6	26,4	
No.100	0,149	95,0	1,8	75,4	24,6	
No.200	0,074	157,0	3,0	78,4	21,6	
< 200						
TOTAL						

DATOS DE LA MUESTRA	
Peso inicial	Grs. 5223,00
Peso fracción	Grs. 0,00

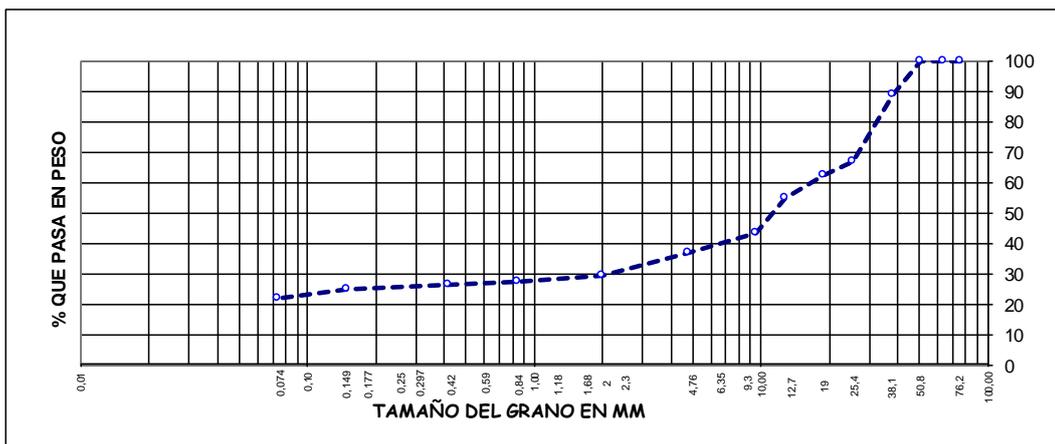
CONSTANTES FISICAS	
Limite Liquido	% 37,90
Limite plastico	% 24,44
Indice Plastico	% 13,46

Grava	% 63,40
Arena	% 15,00
Fino	% 21,60
Total	% 100,00

CLASIFICACION	
SUCS	: GM
AASHTO	: A-2-6 (0)

OBSERVACIONES	

CURVA GRANULOMETRICA





Laboratorio de Mecánica de Suelos,
Concretos, Pavimentos y Control de Calidad

LIMITES DE CONSISTENCIA (MTC E-111 ASTM D-4318)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL

ESTRATO : 4

CALICATA : 2

PROFUNDIDAD : 3,00 - 3,80

UBICACIÓN : Km. 11+400 - 11+600

LADO : DER.

PROGRESIVA : Km. 11+500

FECHA : 25/09/2014

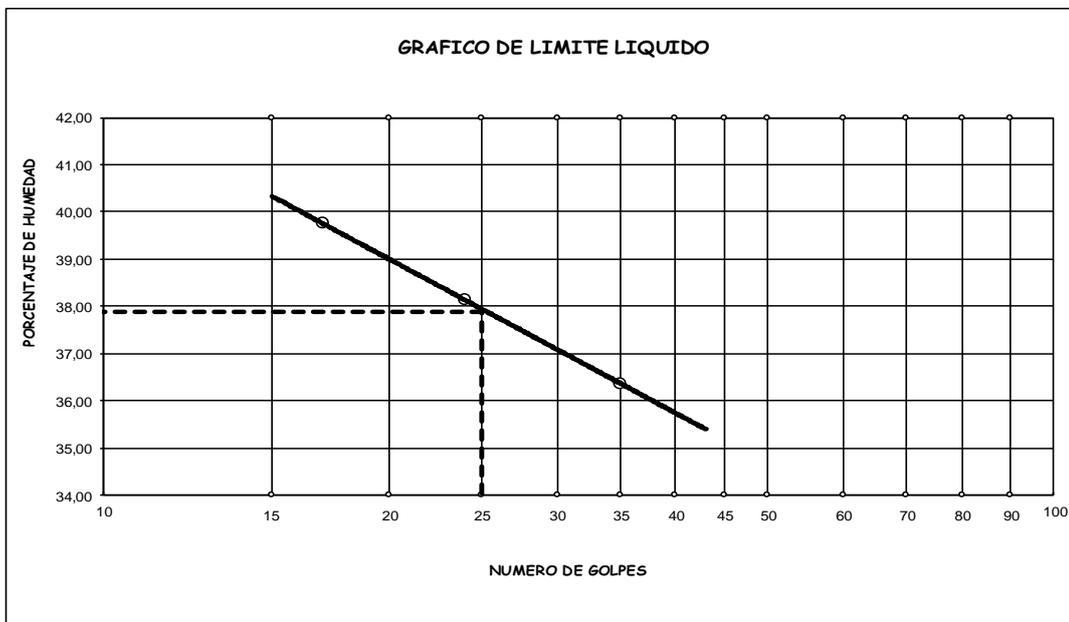
LIMITE LIQUIDO

Nº de tara	25	V2	V1	
Peso tara + suelo húmedo	23,71	21,69	18,45	
Peso tara + suelo seco	18,59	17,25	14,97	
Peso tara	5,71	5,61	5,40	
Peso del agua	5,12	4,44	3,48	
Peso suelo seco	12,88	11,64	9,57	
Humedad (%)	39,75	38,14	36,36	
Nro. de golpes	17	24	35	

LIMITE PLASTICO

Nº de tara	V9T	V112		
Peso tara + suelo húmedo	4,96	4,66		
Peso tara + suelo seco	4,55	4,34		
Peso tara	2,86	3,04		
Peso del agua	0,41	0,32		
Peso suelo seco	1,69	1,30		
Humedad (%)	24,26	24,62		
Humedad promedio	24,44			

GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO



LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE DE PLASTICIDAD
LL (%) : 37,90	LP (%) : 24,44	IP (%) : 13,46



DENSIDAD NATURAL (ASTM D 1556)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv . CARA CARA - LAMPA"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL	ESTRATO : 4
CALICATA : 2	PROFUNDIDAD : 3,00 - 3,80
UBICACIÓN : Km. 11+400 - 11+600	LADO : DER.
PROGRESIVA : Km. 11+500	FECHA : 25/09/2014

ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO - METODO CONO Y ARENA

Fecha	20/09/2014	-		
Ubicación	C - 1	-		
Profundidad	.	-		
Capa	T.Natural	-		

1	Peso del Frasco + arena Gr	6054	-		
2	Peso Frasco + arena sobrante Gr	1968	-		
3	Peso arena empleada (1-2)	4086	-		
4	Peso arena del cono Gr	1714	-		
5	Peso arena del hueco (3-4)	2372	-		
6	Densidad de la Arena Gr/cc	1,365	-		
7	Volumen de Hueco cc (5-6)	1738	-		
8	Peso de Tara Gr	0	-		
9	Peso del Suelo + Grava+Tara Gr	3341	-		
10	Peso retenido en el Tamiz No 4 " + Tara Gr	1521	-		
11	% Grava No 4	45,5	-		
12	Peso específico de la grava g/cc	2,58	-		
13	Volumen de la grava c.c. (10 - 8) / (12)	589,5	-		
14	Peso del suelo pasante No 4 (9-10)	1820	-		
15	Volumen del suelo pasante No 4 (7-13)	1148	-		
16	Densidad humeda g/cc	1,59	-		
17	Contenido de Humedad	6,70	-		
18	Densidad seca g/cc (16*100) / (17+100)	1,486	-		
		-	-		

CUADRO N° 1

CALCULO DE LA DENSIDAD RELATIVA Y ANGULO DE FRICCION INTERNA

PROYECTO: TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"
LOCALIDAD: LAMPA
PROVINCIA: LAMPA
DPTO.: PUNO
SOLICITADO: Bach. OLIGARIO CABANA TICONA
PROGRESIVA: Km. 11+500
FECHA: Octubre del 2014

Calicata Muestra Ubicación Prof. SUCS	Densidades secas			Densidad Relativa (DR) %	% que pasa la malla N° 200	Meyerhaf 0.15*DR+25 Ang. de Fricc. interna (ϕ)	Factor de Corrección "n" 100-%N°200)+	Corrección del Angulo de Fricc. interna (ϕ)
	Natural de Campo (γ)	Mín.	Máx.					
C-2 M-4 Talud 3,00 - 3,80 GM	1,59	1,52	1,79	29,187	21,60	29,378	83,400	24,501

GEOPOL EIRL
Laboratorio de Mecánica de Suelos,
Concretos, Pavimentos y Control de Calidad

**CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL
(Método ASTM D-2216)**

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAM"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL

ESTRATO : 1

CALICATA : 3

PROFUNDIDAD : 0,00 - 0,80

UBICACIÓN : Km. 12+340 - 12+540

LADO : IZQ.

PROGRESIVA : Km. 12+440

FECHA : 25/09/2014

HUMEDAD NATURAL			
N° de tara	175	167	
Peso tara + suelo húmedo	103,3	188,7	
Peso tara + suelo seco	96,8	176,6	
Peso tara	6,5	6,7	
Peso del agua	6,5	12,1	
Peso suelo seco	90,3	169,9	
Humedad (%)	7,2	7,1	
Promedio	7,2		



Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concretos, Pavimentos y Control de Calidad

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (MTC E-107 ASTM D-422)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL

CALICATA : 3

UBICACIÓN : Km. 12+340 - 12+540

PROGRESIVA : Km. 12+440

ESTRATO : 1

PROFUNDIDAD : 0,00 - 0,80

LADO : IZQ.

FECHA : 25/09/2014

Tamices ASTM	Apertura en mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones A
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0	
2 1/2"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0	
2"	50,800	611,0	13,3	13,3	86,7	
1 1/2"	38,100	411,0	8,9	22,2	77,8	
1"	25,400	950,5	20,6	42,8	57,2	
3/4"	19,050	455,5	9,9	52,7	47,3	
1/2"	12,700	293,0	6,4	59,1	40,9	
3/8"	9,525	418,0	9,1	68,2	31,8	
No.04	4,760	242,5	5,3	73,5	26,5	
No.10	2,000	275,5	6,0	79,5	20,5	
No.20	0,840	95,5	2,1	81,6	18,4	
No.40	0,420	71,5	1,6	83,2	16,8	
No.100	0,149	134,0	2,9	86,1	13,9	
No.200	0,074	133,0	2,9	89,0	11,0	
< 200						
TOTAL						

DATOS DE LA MUESTRA	
Peso inicial	Grs. 4608,00
Peso fracción	Grs. 0,00

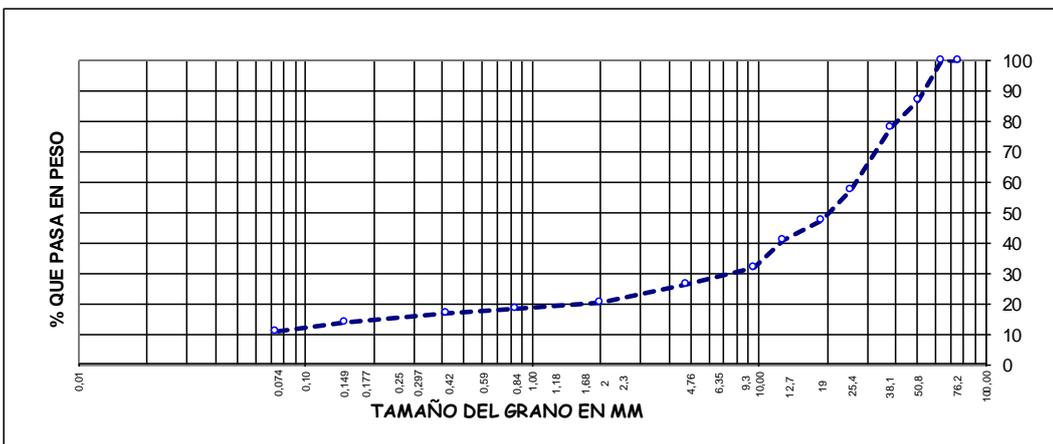
CONSTANTES FISICAS	
Limite Liquido	% 31,25
Limite plastico	% 26,79
Indice Plastico	% 4,46

Grava	% 73,50
Arena	% 15,50
Fino	% 11,00
Total	% 100,00

CLASIFICACION	
SUCS	: GM - GC
AASHTO	: A-1-a (0)

OBSERVACIONES	

CURVA GRANULOMETRICA





Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concretos, Pavimentos y Control de Calidad

LIMITES DE CONSISTENCIA (MTC E-111 ASTM D-4318)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL

ESTRATO : 1

CALICATA : 3

PROFUNDIDAD : 0,00 - 0,80

UBICACIÓN : Km. 12+340 - 12+540

LADO : IZQ.

PROGRESIVA : Km. 12+440

FECHA : 25/09/2014

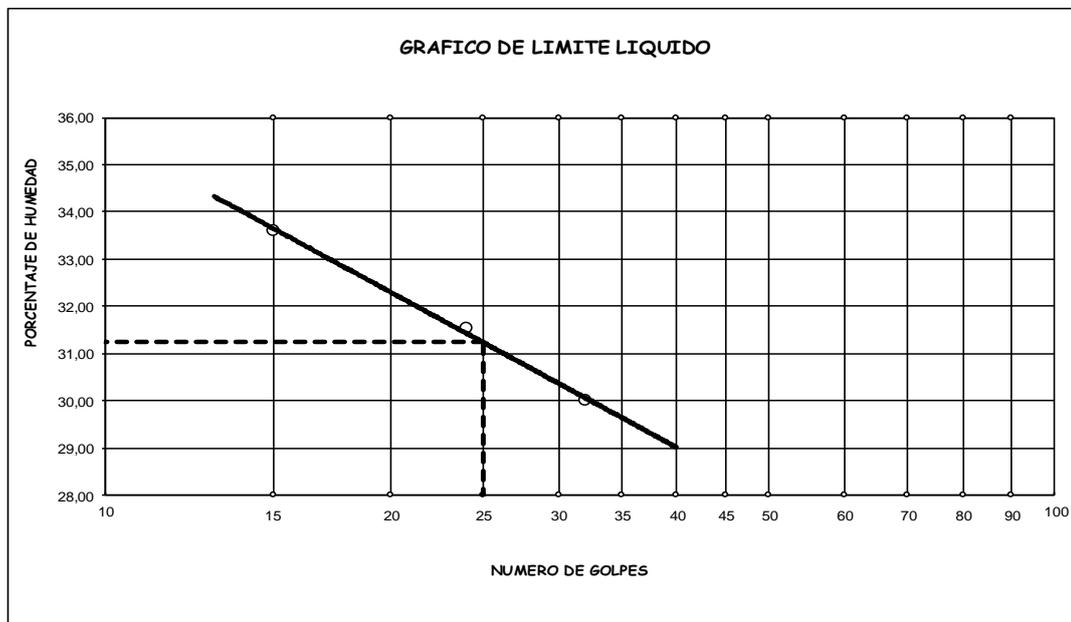
LIMITE LIQUIDO

N° de tara	V17R	16	V30	
Peso tara + suelo húmedo	21,60	21,25	22,60	
Peso tara + suelo seco	17,60	17,45	18,70	
Peso tara	5,70	5,40	5,70	
Peso del agua	4,00	3,80	3,90	
Peso suelo seco	11,90	12,05	13,00	
Humedad (%)	33,61	31,54	30,00	
Nro. de golpes	15	24	32	

LIMITE PLASTICO

N° de tara	V11	8		
Peso tara + suelo húmedo	5,80	5,40		
Peso tara + suelo seco	5,20	4,90		
Peso tara	3,00	3,00		
Peso del agua	0,60	0,50		
Peso suelo seco	2,20	1,90		
Humedad (%)	27,27	26,32		
Humedad promedio	26,79			

GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO



LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE DE PLASTICIDAD
LL (%) : 31,25	LP (%) : 26,79	IP (%) : 4,46



DENSIDAD NATURAL (ASTM D 1556)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL	ESTRATO : 1
CALICATA : 3	PROFUNDIDAD : 0,00 - 0,80
UBICACIÓN : Km. 12+340 - 12+540	LADO : IZQ.
PROGRESIVA : Km. 12+440	FECHA : 25/09/2014

ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO - METODO CONO Y ARENA

Fecha	20/09/2014	-		
Ubicación	C - 1	-		
Profundidad	.	-		
Capa	T.Natural	-		

1	Peso del Frasco + arena Gr	5821	-		
2	Peso Frasco + arena sobrante Gr	1784	-		
3	Peso arena empleada (1-2)	4037	-		
4	Peso arena del cono Gr	1714	-		
5	Peso arena del hueco (3-4)	2323	-		
6	Densidad de la Arena Gr/cc	1,365	-		
7	Volumen de Hueco cc (5-6)	1702	-		
8	Peso de Tara Gr	0	-		
9	Peso del Suelo + Grava+Tara Gr	3256	-		
10	Peso retenido en el Tamiz No 4 " + Tara Gr	1486	-		
11	% Grava No 4	45,6	-		
12	Peso especifico de la grava g/cc	2,58	-		
13	Volumen de la grava c.c. (10 - 8) / (12)	576,0	-		
14	Peso del suelo pasante No 4 (9-10)	1770	-		
15	Volumen del suelo pasante No 4 (7-13)	1126	-		
16	Densidad humeda g/cc	1,57	-		
17	Contenido de Humedad	7,20	-		
18	Densidad seca g/cc (16*100) / (17+100)	1,467	-		
		-	-		

CUADRO N° 1

CALCULO DE LA DENSIDAD RELATIVA Y ANGULO DE FRICCION INTERNA

PROYECTO: TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"
LOCALIDAD: LAMPA
PROVINCIA: LAMPA
DPTO.: PUNO
SOLICITADO: Bach. OLIGARIO CABANA TICONA
PROGRESIVA: Km. 12+440
FECHA: Octubre del 2014

Calicata Muestra Ubicación Prof. SUCS	Densidades secas			Densidad Relativa (DR) %	% que pasa la malla N° 200	Meyerhaf 0.15*DR+25 Ang. de Fricc. interna (ϕ)	Factor de Corrección "n" 100-%N°200)+	Corrección del Angulo de Fricc. interna (ϕ)
	Natural de Campo (γ)	Mín.	Máx.					
C-3 M-1 Talud 0,00 - 0,80 GM - GC	1,57	1,50	1,81	26,032	11,00	28,905	94,000	27,171



**Laboratorio de Mecánica de Suelos,
Concretos, Pavimentos y Control de Calidad**

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (Método ASTM D-2216)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAM"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL

ESTRATO : 2

CALICATA : 3

PROFUNDIDAD : 0,80 - 2,20

UBICACIÓN : Km. 12+340 - 12+540

LADO : IZQ.

PROGRESIVA : Km. 12+440

FECHA : 25/09/2014

HUMEDAD NATURAL				
N° de tara	172	163		
Peso tara + suelo húmedo	145,3	185,4		
Peso tara + suelo seco	135,6	172,8		
Peso tara	6,7	7,4		
Peso del agua	9,7	12,6		
Peso suelo seco	128,9	165,4		
Humedad (%)	7,5	7,6		
Promedio	7,6			



Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concretos, Pavimentos y Control de Calidad

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (MTC E-107 ASTM D-422)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL

CALICATA : 3

UBICACIÓN : Km. 12+340 - 12+540

PROGRESIVA : Km. 12+440

ESTRATO : 2

PROFUNDIDAD : 0,80 - 2,20

LADO : IZQ.

FECHA : 25/09/2014

Tamices ASTM	Apertura en mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones A
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0	
2 1/2"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0	
2"	50,800	1.149,5	17,2	17,2	82,8	
1 1/2"	38,100	506,5	7,6	24,8	75,2	
1"	25,400	926,5	13,8	38,6	61,4	
3/4"	19,050	538,5	8,0	46,6	53,4	
1/2"	12,700	736,0	11,0	57,6	42,4	
3/8"	9,525	804,0	12,0	69,6	30,4	
No.04	4,760	391,0	5,8	75,4	24,6	
No.10	2,000	378,0	5,6	81,0	19,0	
No.20	0,840	94,0	1,4	82,4	17,6	
No.40	0,420	64,0	1,0	83,4	16,6	
No.100	0,149	138,0	2,1	85,5	14,5	
No.200	0,074	191,0	2,9	88,4	11,6	
< 200						
TOTAL						

DATOS DE LA MUESTRA	
Peso inicial	Grs. 6690,50
Peso fracción	Grs. 0,00

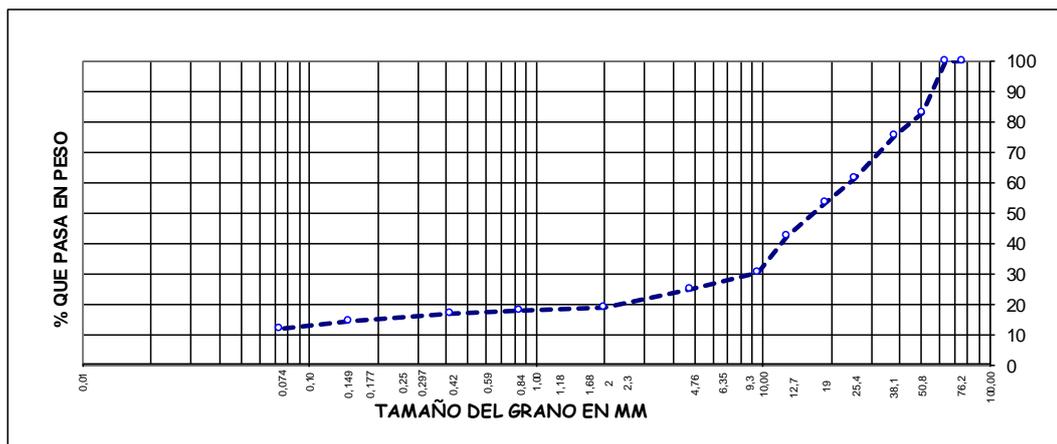
CONSTANTES FISICAS	
Limite Liquido	% 36,70
Limite plastico	% 28,45
Indice Plastico	% 8,25

Grava	% 75,40
Arena	% 13,00
Fino	% 11,60
Total	% 100,00

CLASIFICACION	
SUCS	: GM
AASHTO	: A-1-a (0)

OBSERVACIONES	

CURVA GRANULOMETRICA





Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concretos, Pavimentos y Control de Calidad

LIMITES DE CONSISTENCIA (MTC E-111 ASTM D-4318)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"
0

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL

ESTRATO : 2

CALICATA : 3

PROFUNDIDAD : 0,80 - 2,20

UBICACIÓN : Km. 12+340 - 12+540

LADO : IZQ.

PROGRESIVA : Km. 12+440

FECHA : 25/09/2014

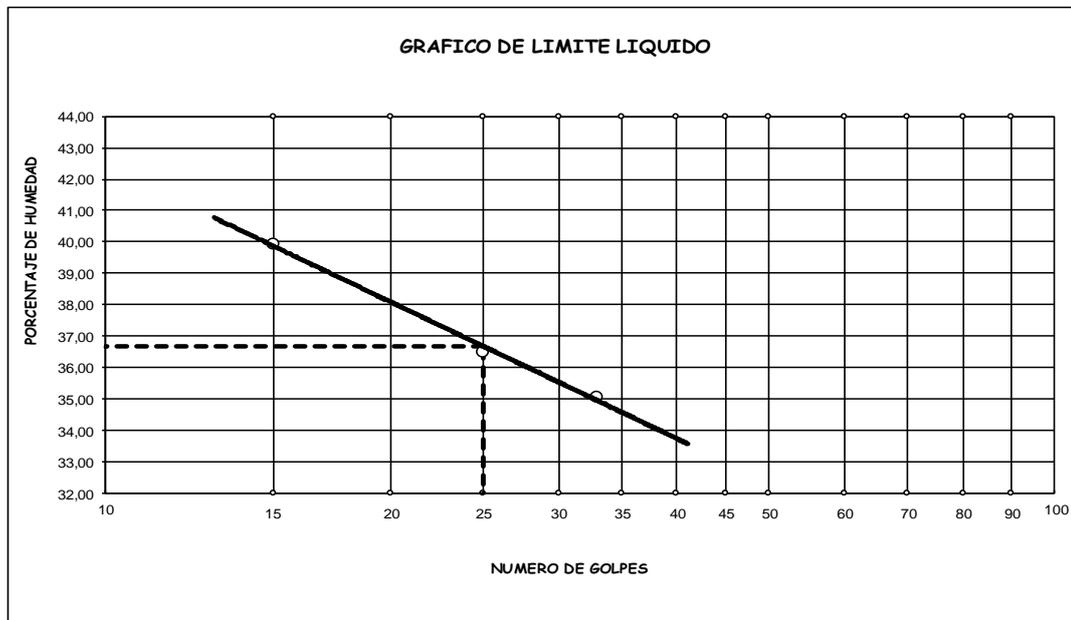
LIMITE LIQUIDO

Nº de tara	54	V2	V33	
Peso tara + suelo húmedo	21,10	24,30	23,70	
Peso tara + suelo seco	16,59	19,30	19,00	
Peso tara	5,30	5,60	5,60	
Peso del agua	4,51	5,00	4,70	
Peso suelo seco	11,29	13,70	13,40	
Humedad (%)	39,95	36,50	35,07	
Nro. de golpes	15	25	33	

LIMITE PLASTICO

Nº de tara	13	V11		
Peso tara + suelo húmedo	4,89	5,81		
Peso tara + suelo seco	4,50	5,20		
Peso tara	3,10	3,10		
Peso del agua	0,39	0,61		
Peso suelo seco	1,40	2,10		
Humedad (%)	27,86	29,05		
Humedad promedio	28,45			

GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO



LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE DE PLASTICIDAD
LL (%) : 36,70	LP (%) : 28,45	IP (%) : 8,25



DENSIDAD NATURAL (ASTM D 1556)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL	ESTRATO : 2
CALICATA : 3	PROFUNDIDAD : 0,80 - 2,20
UBICACIÓN : Km. 12+340 - 12+540	LADO : IZQ.
PROGRESIVA : Km. 12+440	FECHA : 25/09/2014

ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO - METODO CONO Y ARENA

Fecha	20/09/2014	-		
Ubicación	C - 1	-		
Profundidad	.	-		
Capa	T.Natural	-		

1	Peso del Frasco + arena Gr	5812	-		
2	Peso Frasco + arena sobrante Gr	1689	-		
3	Peso arena empleada (1-2)	4123	-		
4	Peso arena del cono Gr	1714	-		
5	Peso arena del hueco (3-4)	2409	-		
6	Densidad de la Arena Gr/cc	1,365	-		
7	Volumen de Hueco cc (5-6)	1765	-		
8	Peso de Tara Gr	0	-		
9	Peso del Suelo + Grava+Tara Gr	3369	-		
10	Peso retenido en el Tamiz No 4 " + Tara Gr	1564	-		
11	% Grava No 4	46,4	-		
12	Peso especifico de la grava g/cc	2,58	-		
13	Volumen de la grava c.c. (10 - 8) / (12)	606,2	-		
14	Peso del suelo pasante No 4 (9-10)	1805	-		
15	Volumen del suelo pasante No 4 (7-13)	1159	-		
16	Densidad humeda g/cc	1,56	-		
17	Contenido de Humedad	7,60	-		
18	Densidad seca g/cc (16*100) / (17+100)	1,448	-		
		-	-		

CUADRON N° 1

CALCULO DE LA DENSIDAD RELATIVA Y ANGULO DE FRICCION INTERNA

PROYECTO: TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"
LOCALIDAD: LAMPA
PROVINCIA: LAMPA
DPTO.: PUNO
SOLICITADO: Bach. OLIGARIO CABANA TICONA
PROGRESIVA: Km. 12+440
FECHA: Octubre del 2014

Calicata Muestra Ubicación Prof. SUCS	Densidades secas			Densidad Relativa (DR) %	% que pasa la malla N° 200	Meyerhaf 0.15*DR+25 Ang. de Fricc. interna (ϕ)	Factor de Corrección "n" 100-%N°200)+	Corrección del Angulo de Fricc. interna (ϕ)
	Natural de Campo (γ)	Mín.	Máx.					
C-3 M-2 Talud 0,80 - 2,20 GM	1,56	1,50	1,79	23,740	11,60	28,561	93,400	26,676

GEOPOL EIRL
Laboratorio de Mecánica de Suelos,
Concretos, Pavimentos y Control de Calidad

**CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL
(Método ASTM D-2216)**

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAM"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL

ESTRATO : 3

CALICATA : 3

PROFUNDIDAD : 2,20 - 3,60

UBICACIÓN : Km. 12+340 - 12+540

LADO : IZQ.

PROGRESIVA : Km. 12+440

FECHA : 25/09/2014

HUMEDAD NATURAL			
N° de tara	179	161	
Peso tara + suelo húmedo	128,0	135,6	
Peso tara + suelo seco	123,0	130,2	
Peso tara	6,0	7,6	
Peso del agua	5,0	5,4	
Peso suelo seco	117,0	122,6	
Humedad (%)	4,3	4,4	
Promedio	4,3		



Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concretos, Pavimentos y Control de Calidad

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (MTC E-107 ASTM D-422)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL

CALICATA : 3

UBICACIÓN : Km. 12+340 - 12+540

PROGRESIVA : Km. 12+440

ESTRATO : 3

PROFUNDIDAD : 2,20 - 3,60

LADO : IZQ.

FECHA : 25/09/2014

Tamices ASTM	Apertura en mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones A
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0	
2 1/2"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0	
2"	50,800	1.150,5	30,3	30,3	69,7	
1 1/2"	38,100	436,0	11,5	41,8	58,2	
1"	25,400	436,5	11,5	53,3	46,7	
3/4"	19,050	193,0	5,1	58,4	41,6	
1/2"	12,700	230,5	6,1	64,5	35,5	
3/8"	9,525	262,0	6,9	71,4	28,6	
No.04	4,760	154,0	4,1	75,5	24,5	
No.10	2,000	190,0	5,0	80,5	19,5	
No.20	0,840	61,0	1,6	82,1	17,9	
No.40	0,420	48,0	1,3	83,4	16,6	
No.100	0,149	106,0	2,8	86,2	13,8	
No.200	0,074	103,5	2,7	88,9	11,1	
< 200						
TOTAL						

DATOS DE LA MUESTRA	
Peso inicial	Grs. 3795,00
Peso fracción	Grs. 0,00

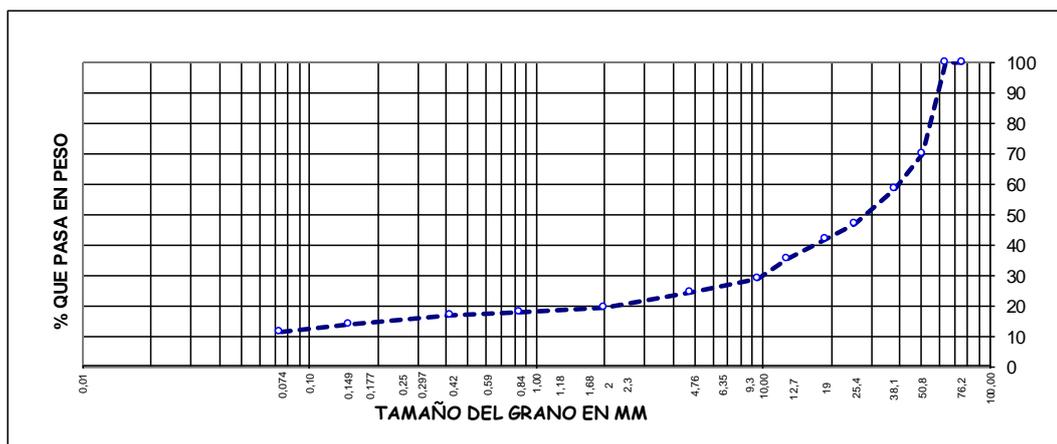
CONSTANTES FISICAS	
Limite Liquido	% 36,50
Limite plastico	% 28,91
Indice Plastico	% 7,59

Grava	% 75,50
Arena	% 13,40
Fino	% 11,10
Total	% 100,00

CLASIFICACION	
SUCS	: GM
AASHTO	: A-2-4 (0)

OBSERVACIONES	

CURVA GRANULOMETRICA





Laboratorio de Mecánica de Suelos,
Concretos, Pavimentos y Control de Calidad

LIMITES DE CONSISTENCIA (MTC E-111 ASTM D-4318)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL

ESTRATO : 3

CALICATA : 3

PROFUNDIDAD : 2,20 - 3,60

UBICACIÓN : Km. 12+340 - 12+540

LADO : IZQ.

PROGRESIVA : Km. 12+440

FECHA : 25/09/2014

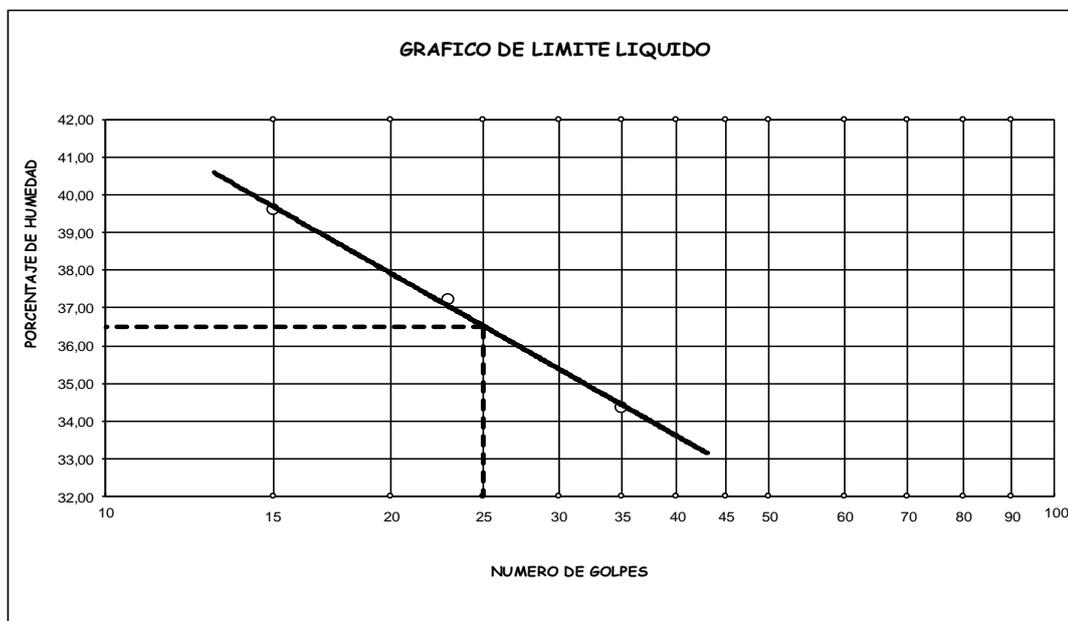
LIMITE LIQUIDO

N° de tara	16	21	24	
Peso tara + suelo húmedo	19,80	19,64	19,20	
Peso tara + suelo seco	15,80	15,93	15,80	
Peso tara	5,70	5,96	5,90	
Peso del agua	4,00	3,71	3,40	
Peso suelo seco	10,10	9,97	9,90	
Humedad (%)	39,60	37,21	34,34	
Nro. de golpes	15	23	35	

LIMITE PLASTICO

N° de tara	22	26		
Peso tara + suelo húmedo	5,60	6,24		
Peso tara + suelo seco	5,05	5,56		
Peso tara	3,20	3,14		
Peso del agua	0,55	0,68		
Peso suelo seco	1,85	2,42		
Humedad (%)	29,73	28,10		
Humedad promedio	28,91			

GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO



LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE DE PLASTICIDAD
LL (%) : 36,50	LP (%) : 28,91	IP (%) : 7,59



DENSIDAD NATURAL (ASTM D 1556)

PROYECTO : TESIS ESTABILIDAD DE TALUD DE CARRETERA LAMPA - CARA CARA

SOLICITANTE : Bach. OLEGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL

ESTRATO : 3

CALICATA : 3

PROFUNDIDAD : 2,20 - 3,60

UBICACIÓN : Km. 11+400 - 11+600

LADO : IZQ.

PROGRESIVA : Km. 11+500

FECHA : 25/09/2014

ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO - METODO CONO Y ARENA

Fecha	20/09/2014	-		
Ubicación	C - 1	-		
Profundidad	.	-		
Capa	T.Natural	-		

1	Peso del Frasco + arena Gr	5772	-		
2	Peso Frasco. + arena sobrante Gr	1652	-		
3	Peso arena empleada (1-2)	4120	-		
4	Peso arena del cono Gr	1714	-		
5	Peso arena del hueco (3-4)	2406	-		
6	Densidad de la Arena Gr/cc	1,365	-		
7	Volumen de Hueco cc (5-6)	1763	-		
8	Peso de Tara Gr	0	-		
9	Peso del Suelo + Grava+Tara Gr	3278	-		
10	Peso retenido en el Tamiz No 4 " + Tara Gr	1518	-		
11	% Grava No 4	46,3	-		
12	Peso especifico de la grava g/cc	2,58	-		
13	Volumen de la grava c.c. (10 - 8) / (12)	588,4	-		
14	Peso del suelo pasante No 4 (9-10)	1760	-		
15	Volumen del suelo pasante No 4 (7-13)	1174	-		
16	Densidad humeda g/cc	1,50	-		
17	Contenido de Humedad	4,30	-		
18	Densidad seca g/cc (16*100) / (17+100)	1,437	-		
		-	-		

CUADRO N° 1

CALCULO DE LA DENSIDAD RELATIVA Y ANGULO DE FRICCION INTERNA

PROYECTO: TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"
LOCALIDAD: LAMPA
PROVINCIA: LAMPA
DPTO.: PUNO
SOLICITADO: Bach. OLIGARIO CABANA TICONA
PROGRESIVA: Km. 12+440
FECHA: Octubre del 2014

Calicata Muestra Ubicación Prof. SUCS	Densidades secas			Densidad Relativa (DR) %	% que pasa la malla N° 200	Meyerhaf 0.15*DR+25 Ang. de Fricc. interna (ϕ)	Factor de Corrección "n" 100-%N°200)+	Corrección del Angulo de Fricc. interna (ϕ)
	Natural de Campo (γ)	Mín.	Máx.					
C-3 M-3 Talud 2,20 - 3,60 GM	1,50	1,41	1,68	37,333	11,10	30,600	93,900	28,733

GEOPOL EIRL
Laboratorio de Mecánica de Suelos,
Concretos, Pavimentos y Control de Calidad

**CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL
(Método ASTM D-2216)**

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAM"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL

ESTRATO : 1

CALICATA : 4

PROFUNDIDAD : 0,00 - 0,80

UBICACIÓN : Km. 15+060 - 15+280

LADO : IZQ.

PROGRESIVA : Km. 15+160

FECHA : 25/09/2014

HUMEDAD NATURAL				
N° de tara	163	169		
Peso tara + suelo húmedo	93,9	106,5		
Peso tara + suelo seco	88,1	99,7		
Peso tara	5,7	6,1		
Peso del agua	5,9	6,8		
Peso suelo seco	82,4	93,6		
Humedad (%)	7,1	7,3		
Promedio	7,2			



Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concretos, Pavimentos y Control de Calidad

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (MTC E-107 ASTM D-422)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL

CALICATA : 4

UBICACIÓN : Km. 15+060 - 15+280

PROGRESIVA : Km. 15+160

ESTRATO : 1

PROFUNDIDAD : 0,00 - 0,80

LADO : IZQ.

FECHA : 25/09/2014

Tamices ASTM	Abertura en mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones A
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0	
2 1/2"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0	
2"	50,800	314,0	8,3	8,3	91,7	
1 1/2"	38,100	321,0	8,5	16,8	83,2	
1"	25,400	449,5	11,9	28,7	71,3	
3/4"	19,050	261,5	6,9	35,6	64,4	
1/2"	12,700	350,5	9,2	44,8	55,2	
3/8"	9,525	434,5	11,5	56,3	43,7	
No.04	4,760	223,0	5,9	62,2	37,8	
No.10	2,000	256,0	6,8	69,0	31,0	
No.20	0,840	60,5	1,6	70,6	29,4	
No.40	0,420	87,5	2,3	72,9	27,1	
No.100	0,149	153,5	4,1	77,0	23,0	
No.200	0,074	154,0	4,1	81,1	18,9	
< 200						
TOTAL						

DATOS DE LA MUESTRA	
Peso inicial	Grs. 3789,50
Peso fracción	Grs. 0,00

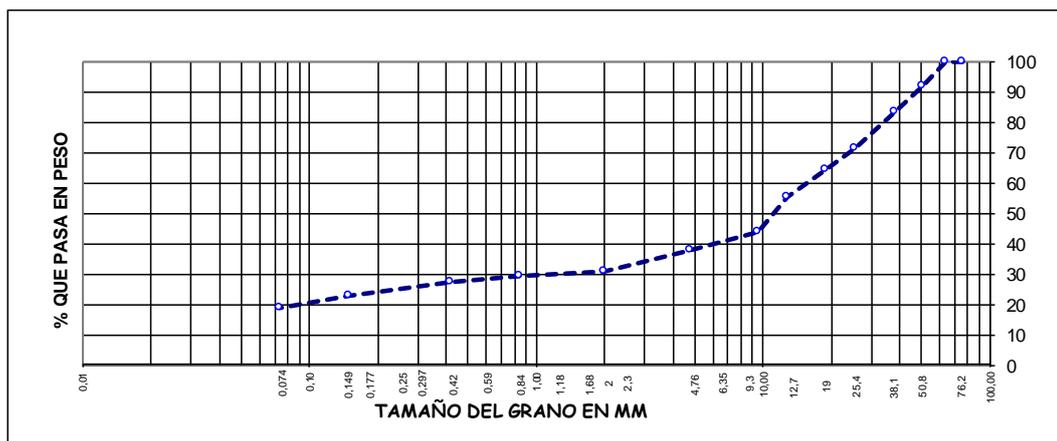
CONSTANTES FISICAS	
Limite Liquido	% 32,30
Limite plastico	% 24,67
Indice Plastico	% 7,63

Grava	% 62,20
Arena	% 18,90
Fino	% 18,90
Total	% 100,00

CLASIFICACION	
SUCS	: GM
AASHTO	: A-2-4 (0)

OBSERVACIONES	

CURVA GRANULOMETRICA





Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concretos, Pavimentos y Control de Calidad

LIMITES DE CONSISTENCIA (MTC E-111 ASTM D-4318)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL

ESTRATO : 1

CALICATA : 4

PROFUNDIDAD : 0,00 - 0,80

UBICACIÓN : Km. 15+060 - 15+280

LADO : IZQ.

PROGRESIVA : Km. 15+160

FECHA : 25/09/2014

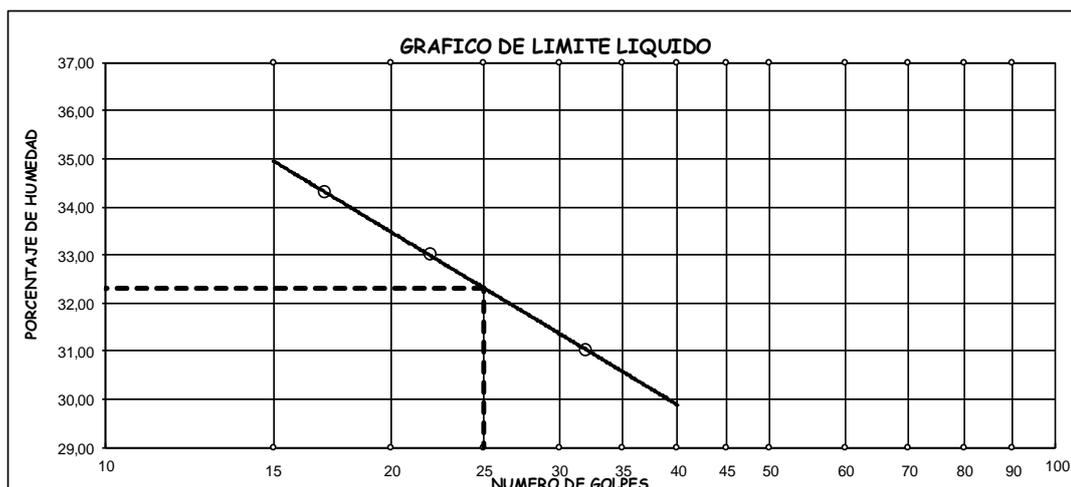
LIMITE LIQUIDO

	V30	V53	V1
N° de tara	24,00	21,30	20,60
Peso tara + suelo húmedo	19,30	17,43	17,00
Peso tara + suelo seco	5,60	5,70	5,40
Peso tara	4,70	3,87	3,60
Peso del agua	13,70	11,73	11,60
Peso suelo seco	34,31	32,99	31,03
Humedad (%)	17	22	32
Nro. de golpes			

LIMITE PLASTICO

	8	V11
N° de tara	5,89	5,62
Peso tara + suelo húmedo	5,30	5,10
Peso tara + suelo seco	2,90	3,00
Peso tara	0,59	0,52
Peso del agua	2,40	2,10
Peso suelo seco	24,58	24,76
Humedad (%)	24,67	
Humedad promedio		

GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO



LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE DE PLASTICIDAD
LL (%) : 32,30	LP (%) : 24,67	IP (%) : 7,63



DENSIDAD NATURAL (ASTM D 1556)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL	ESTRATO : 1
CALICATA : 4	PROFUNDIDAD : 0,00 - 0,80
UBICACIÓN : Km. 15+060 - 15+280	LADO : IZQ.
PROGRESIVA : Km. 15+160	FECHA : 25/09/2014

ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO - METODO CONO Y ARENA

Fecha	20/09/2014	-		
Ubicación	C - 1	-		
Profundidad	.	-		
Capa	T.Natural	-		

1	Peso del Frasco + arena Gr	5742	-		
2	Peso Frasco + arena sobrante Gr	1689	-		
3	Peso arena empleada (1-2)	4053	-		
4	Peso arena del cono Gr	1714	-		
5	Peso arena del hueco (3-4)	2339	-		
6	Densidad de la Arena Gr/cc	1,365	-		
7	Volumen de Hueco cc (5-6)	1714	-		
8	Peso de Tara Gr	0	-		
9	Peso del Suelo + Grava+Tara Gr	3225	-		
10	Peso retenido en el Tamiz No 4 " + Tara Gr	1456	-		
11	% Grava No 4	45,1	-		
12	Peso específico de la grava g/cc	2,58	-		
13	Volumen de la grava c.c. (10 - 8) / (12)	564,3	-		
14	Peso del suelo pasante No 4 (9-10)	1769	-		
15	Volumen del suelo pasante No 4 (7-13)	1149	-		
16	Densidad humeda g/cc	1,54	-		
17	Contenido de Humedad	7,20	-		
18	Densidad seca g/cc (16*100) / (17+100)	1,436	-		
		-	-		

CUADRO N° 1

CALCULO DE LA DENSIDAD RELATIVA Y ANGULO DE FRICCION INTERNA

PROYECTO: TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"
LOCALIDAD: LAMPA
PROVINCIA: LAMPA
DPTO.: PUNO
SOLICITADO: Bach. OLIGARIO CABANA TICONA
PROGRESIVA: Km. 15+160
FECHA: Octubre del 2014

Calicata Muestra Ubicación Prof. SUCS	Densidades secas			Densidad Relativa (DR) %	% que pasa la malla N° 200	Meyerhaf 0.15*DR+25 Ang. de Fricc. interna (ϕ)	Factor de Corrección "n" 100-%N°200)+	Corrección del Angulo de Fricc. interna (ϕ)
	Natural de Campo (γ)	Mín.	Máx.					
C-4 M-1 Talud 0,00 - 0,80 GM	1,54	1,45	1,73	36,109	18,90	30,416	86,100	26,188

GEOPOL EIRL
Laboratorio de Mecánica de Suelos,
Concretos, Pavimentos y Control de Calidad

**CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL
(Método ASTM D-2216)**

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAM"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL

ESTRATO : 2

CALICATA : 4

PROFUNDIDAD : 0,80 - 2,00

UBICACIÓN : Km. 15+060 - 15+280

LADO : IZQ.

PROGRESIVA : Km. 15+160

FECHA : 25/09/2014

HUMEDAD NATURAL				
N° de tara	179	166		
Peso tara + suelo húmedo	85,4	98,7		
Peso tara + suelo seco	81,7	94,5		
Peso tara	5,1	6,1		
Peso del agua	3,7	4,2		
Peso suelo seco	76,5	88,4		
Humedad (%)	4,9	4,8		
Promedio	4,8			



Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concretos, Pavimentos y Control de Calidad

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E-107 ASTM D-422)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL

CALICATA : 4

UBICACIÓN : Km. 15+060 - 15+280

PROGRESIVA : Km. 15+160

ESTRATO : 2

PROFUNDIDAD : 0,80 - 2,00

LADO : IZQ.

FECHA : 25/09/2014

Tamices ASTM	Abertura en mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones A
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0	
2 1/2"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0	
2"	50,800	945,5	22,0	22,0	78,0	
1 1/2"	38,100	373,0	8,7	30,7	69,3	
1"	25,400	352,0	8,2	38,9	61,1	
3/4"	19,050	397,5	9,2	48,1	51,9	
1/2"	12,700	399,0	9,3	57,4	42,6	
3/8"	9,525	351,5	8,2	65,6	34,4	
No.04	4,760	193,0	4,5	70,1	29,9	
No.10	2,000	256,0	5,9	76,0	24,0	
No.20	0,840	101,5	2,4	78,4	21,6	
No.40	0,420	72,0	1,7	80,1	19,9	
No.100	0,149	132,5	3,1	83,2	16,8	
No.200	0,074	133,5	3,1	86,3	13,7	
< 200						
TOTAL						

DATOS DE LA MUESTRA	
Peso inicial	Grs. 4306,50
Peso fracción	Grs. 0,00

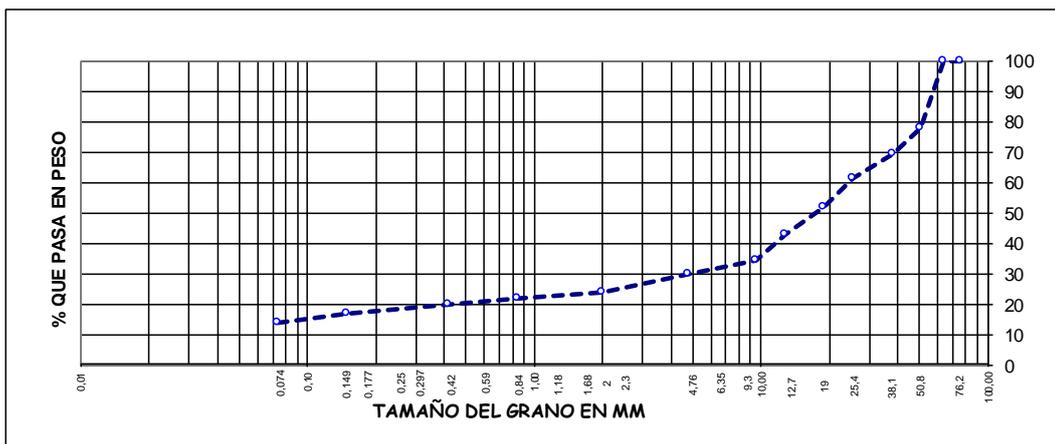
CONSTANTES FISICAS	
Limite Liquido	% 35,85
Limite plastico	% 27,39
Indice Plastico	% 8,46

Grava	% 70,10
Arena	% 16,20
Fino	% 13,70
Total	% 100,00

CLASIFICACION	
SUCS	: GM
AASHTO	: A-2-4 (0)

OBSERVACIONES	

CURVA GRANULOMETRICA





Laboratorio de Mecánica de Suelos,
Concretos, Pavimentos y Control de Calidad

LIMITES DE CONSISTENCIA (MTC E-111 ASTM D-4318)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL

ESTRATO : 2

CALICATA : 4

PROFUNDIDAD : 0,80 - 2,00

UBICACIÓN : Km. 15+060 - 15+280

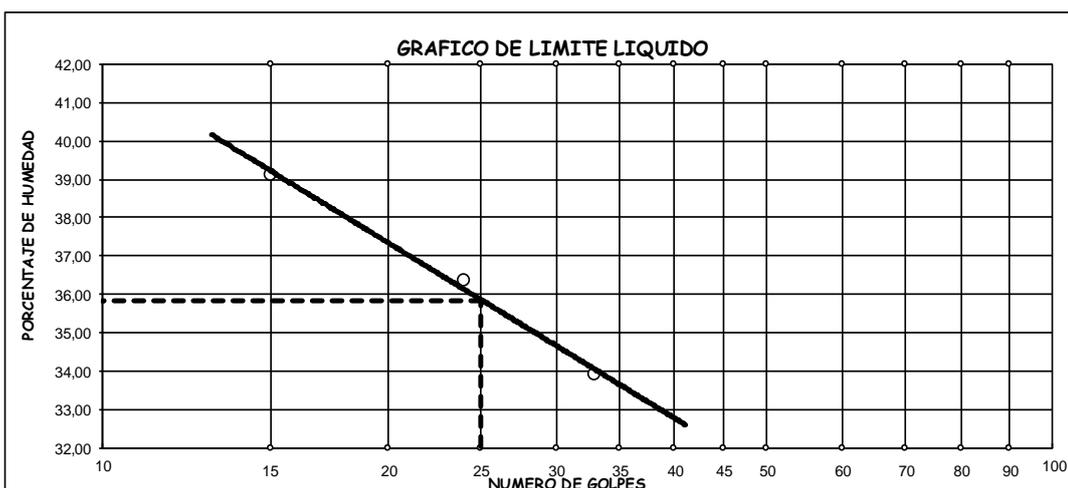
LADO : IZQ.

PROGRESIVA : Km. 15+160

FECHA : 25/09/2014

LIMITE LIQUIDO				
Nº de tara	25	V15	V22	
Peso tara + suelo húmedo	18,60	19,50	21,80	
Peso tara + suelo seco	15,00	15,82	17,80	
Peso tara	5,80	5,70	6,00	
Peso del agua	3,60	3,68	4,00	
Peso suelo seco	9,20	10,12	11,80	
Humedad (%)	39,13	36,36	33,90	
Nro. de golpes	15	24	33	

LIMITE PLASTICO				
Nº de tara	V23T	V16		
Peso tara + suelo húmedo	5,54	5,96		
Peso tara + suelo seco	5,00	5,36		
Peso tara	3,00	3,20		
Peso del agua	0,54	0,60		
Peso suelo seco	2,00	2,16		
Humedad (%)	27,00	27,78		
Humedad promedio	27,39			



LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE DE PLASTICIDAD
LL (%) : 35,85	LP (%) : 27,39	IP (%) : 8,46

AGEOPOL
Laboratorio de Mecánica de Suelos,
Concretos, Pavimentos y Control de Calidad

DENSIDAD NATURAL (ASTM D 1556)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL	ESTRATO :	2
CALICATA : 4	PROFUNDIDAD :	0,80 - 2,00
UBICACIÓN : Km. 15+060 - 15+280	LADO :	IZQ.
PROGRESIVA : Km. 15+160	FECHA :	25/09/2014

ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO - METODO CONO Y ARENA

Fecha	20/09/2014	-		
Ubicación	C - 1	-		
Profundidad	.	-		
Capa	T.Natural	-		

1	Peso del Frasco + arena Gr	5715	-		
2	Peso Frasco + arena sobrante Gr	1625	-		
3	Peso arena empleada (1-2)	4090	-		
4	Peso arena del cono Gr	1714	-		
5	Peso arena del hueco (3-4)	2376	-		
6	Densidad de la Arena Gr/cc	1,365	-		
7	Volumen de Hueco cc (5-6)	1741	-		
8	Peso de Tara Gr	0	-		
9	Peso del Suelo + Grava+Tara Gr	3321	-		
10	Peso retenido en el Tamiz No 4 " + Tara Gr	1542	-		
11	% Grava No 4	46,4	-		
12	Peso específico de la grava g/cc	2,58	-		
13	Volumen de la grava c.c. (10 - 8) / (12)	597,7	-		
14	Peso del suelo pasante No 4 (9-10)	1779	-		
15	Volumen del suelo pasante No 4 (7-13)	1143	-		
16	Densidad húmeda g/cc	1,56	-		
17	Contenido de Humedad	4,80	-		
18	Densidad seca g/cc (16*100) / (17+100)	1,485	-		
		-	-		

CUADRON N° 1

CALCULO DE LA DENSIDAD RELATIVA Y ANGULO DE FRICCION INTERNA

PROYECTO: TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"
LOCALIDAD: LAMPA
PROVINCIA: LAMPA
DPTO.: PUNO
SOLICITADO: Bach. OLIGARIO CABANA TICONA
PROGRESIVA: Km. 15+160
FECHA: Octubre del 2014

Calicata Muestra Ubicación Prof. SUCS	Densidades secas			Densidad Relativa (DR) %	% que pasa la malla N° 200	Meyerhaf 0.15*DR+25 Ang. de Fricc. interna (ϕ)	Factor de Corrección "n" 100-%N°200)+	Corrección del Angulo de Fricc. interna (ϕ)
	Natural de Campo (γ)	Mín.	Máx.					
C-4 M-2 Talud 0,80 - 2,00 GM	1,56	1,47	1,78	33,127	13,70	29,969	91,300	27,362

GEOPOL EIRL
Laboratorio de Mecánica de Suelos,
Concretos, Pavimentos y Control de Calidad

**CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL
(Método ASTM D-2216)**

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAM"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL

ESTRATO : 3

CALICATA : 4

PROFUNDIDAD : 2,00 - 3,70

UBICACIÓN : Km. 15+060 - 15+280

LADO : IZQ.

PROGRESIVA : Km. 15+160

FECHA : 25/09/2014

HUMEDAD NATURAL			
N° de tara	179	168	
Peso tara + suelo húmedo	65,6	95,6	
Peso tara + suelo seco	62,0	90,2	
Peso tara	5,1	5,9	
Peso del agua	3,6	5,4	
Peso suelo seco	56,9	84,3	
Humedad (%)	6,3	6,4	
Promedio	6,4		



Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concretos, Pavimentos y Control de Calidad

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E-107 ASTM D-422)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL

CALICATA : 4

UBICACIÓN : Km. 15+060 - 15+280

PROGRESIVA : Km. 15+160

ESTRATO : 3

PROFUNDIDAD : 2,00 - 3,70

LADO : IZQ.

FECHA : 25/09/2014

Tamices ASTM	Abertura en mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones A
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0	
2 1/2"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0	
2"	50,800	616,5	9,6	9,6	90,4	
1 1/2"	38,100	698,5	10,8	20,4	79,6	
1"	25,400	933,0	14,5	34,9	65,1	
3/4"	19,050	503,5	7,8	42,7	57,3	
1/2"	12,700	462,5	7,2	49,9	50,1	
3/8"	9,525	612,0	9,5	59,4	40,6	
No.04	4,760	352,5	5,5	64,9	35,1	
No.10	2,000	467,5	7,3	72,2	27,8	
No.20	0,840	155,5	2,4	74,6	25,4	
No.40	0,420	116,5	1,8	76,4	23,6	
No.100	0,149	221,5	3,4	79,8	20,2	
No.200	0,074	300,5	4,7	84,5	15,5	
< 200						
TOTAL						

DATOS DE LA MUESTRA	
Peso inicial	Grs. 6445,00
Peso fracción	Grs. 0,00

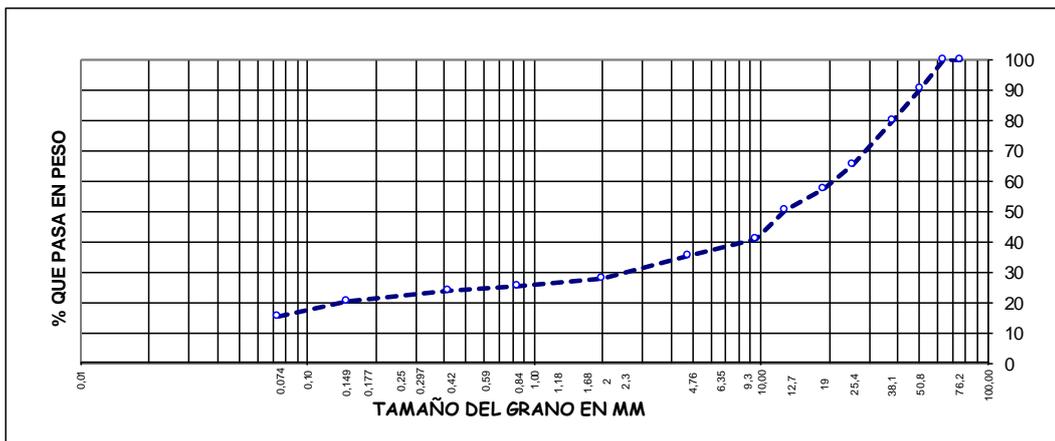
CONSTANTES FISICAS	
Limite Liquido	% 32,90
Limite plastico	% 23,55
Indice Plastico	% 9,35

Grava	% 64,90
Arena	% 19,60
Fino	% 15,50
Total	% 100,00

CLASIFICACION	
SUCS	: GM
AASHTO	: A-2-4 (0)

OBSERVACIONES	

CURVA GRANULOMETRICA





Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concretos, Pavimentos y Control de Calidad

LIMITES DE CONSISTENCIA (MTC E-111 ASTM D-4318)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL

ESTRATO : 3

CALICATA : 4

PROFUNDIDAD : 2,00 - 3,70

UBICACIÓN : Km. 15+060 - 15+280

LADO : IZQ.

PROGRESIVA : Km. 15+160

FECHA : 25/09/2014

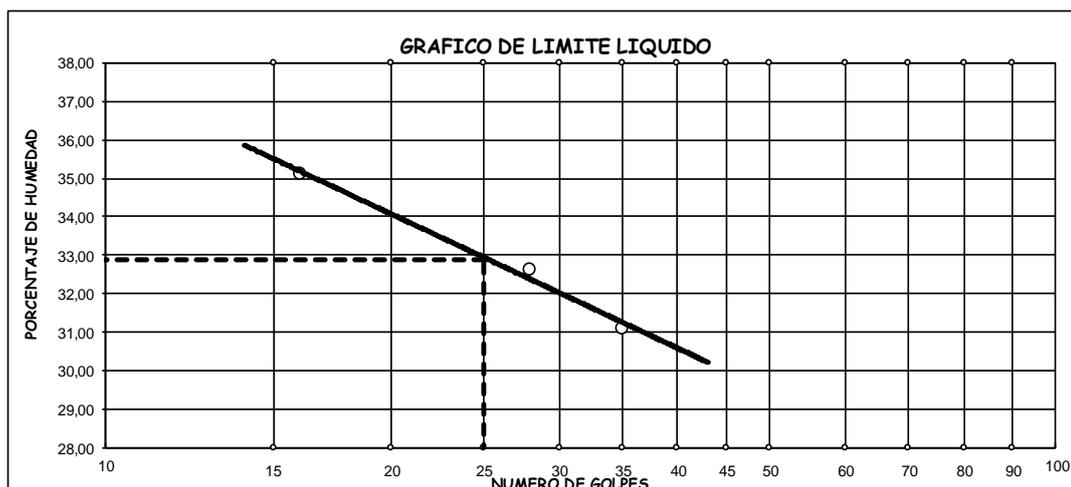
LIMITE LIQUIDO

N° de tara	V22	V53	33
Peso tara + suelo húmedo	18,14	16,45	16,31
Peso tara + suelo seco	14,72	13,56	13,56
Peso tara	4,98	4,70	4,71
Peso del agua	3,42	2,89	2,75
Peso suelo seco	9,74	8,86	8,85
Humedad (%)	35,11	32,62	31,07
Nro. de golpes	16	28	35

LIMITE PLASTICO

N° de tara	18	12T
Peso tara + suelo húmedo	4,12	4,13
Peso tara + suelo seco	3,81	3,83
Peso tara	2,52	2,53
Peso del agua	0,31	0,30
Peso suelo seco	1,29	1,30
Humedad (%)	24,03	23,08
Humedad promedio	23,55	

GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO



LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE DE PLASTICIDAD
LL (%) : 32,90	LP (%) : 23,55	IP (%) : 9,35



DENSIDAD NATURAL (ASTM D 1556)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL	ESTRATO : 3
CALICATA : 4	PROFUNDIDAD : 2,00 - 3,70
UBICACIÓN : Km. 15+060 - 15+280	LADO : IZQ.
PROGRESIVA : Km. 15+160	FECHA : 25/09/2014

ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO - METODO CONO Y ARENA

Fecha	20/09/2014	-		
Ubicación	C - 1	-		
Profundidad	.	-		
Capa	T.Natural	-		

1	Peso del Frasco + arena Gr	5685	-		
2	Peso Frasco + arena sobrante Gr	1659	-		
3	Peso arena empleada (1-2)	4026	-		
4	Peso arena del cono Gr	1714	-		
5	Peso arena del hueco (3-4)	2312	-		
6	Densidad de la Arena Gr/cc	1,365	-		
7	Volumen de Hueco cc (5-6)	1694	-		
8	Peso de Tara Gr	0	-		
9	Peso del Suelo + Grava+Tara Gr	3389	-		
10	Peso retenido en el Tamiz No 4 " + Tara Gr	1635	-		
11	% Grava No 4	48,2	-		
12	Peso específico de la grava g/cc	2,58	-		
13	Volumen de la grava c.c. (10 - 8) / (12)	633,7	-		
14	Peso del suelo pasante No 4 (9-10)	1754	-		
15	Volumen del suelo pasante No 4 (7-13)	1060	-		
16	Densidad húmeda g/cc	1,65	-		
17	Contenido de Humedad	6,40	-		
18	Densidad seca g/cc (16*100) / (17+100)	1,555	-		
		-	-		

CUADRO N° 1

CALCULO DE LA DENSIDAD RELATIVA Y ANGULO DE FRICCION INTERNA

PROYECTO: TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"
LOCALIDAD: LAMPA
PROVINCIA: LAMPA
DPTO.: PUNO
SOLICITADO: Bach. OLIGARIO CABANA TICONA
PROGRESIVA: Km. 15+160
FECHA: Octubre del 2014

Calicata Muestra Ubicación Prof. SUCS	Densidades secas			Densidad Relativa (DR) %	% que pasa la malla N° 200	Meyerhaf 0.15*DR+25 Ang. de Fricc. interna (ϕ)	Factor de Corrección "n" 100-%N°200)+	Corrección del Angulo de Fricc. interna (ϕ)
	Natural de Campo (γ)	Min.	Máx.					
C-4 M-3 Talud 2,00 - 3,70 GM	1,65	1,53	1,84	43,167	15,50	31,475	89,500	28,170

GEOPOL EIRL
Laboratorio de Mecánica de Suelos,
Concretos, Pavimentos y Control de Calidad

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL
(Método ASTM D-2216)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAM"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL

ESTRATO : 1

CALICATA : 5

PROFUNDIDAD : 0,00 - 1,00

UBICACIÓN : Km. 15+440 - 15+540

LADO : IZQ.

PROGRESIVA : Km. 15+500

FECHA : 25/09/2014

HUMEDAD NATURAL				
N° de tara	164	154		
Peso tara + suelo húmedo	116,3	129,0		
Peso tara + suelo seco	106,2	116,5		
Peso tara	7,4	6,8		
Peso del agua	10,1	12,5		
Peso suelo seco	98,8	109,7		
Humedad (%)	10,2	11,4		
Promedio	10,8			



Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concretos, Pavimentos y Control de Calidad

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (MTC E-107 ASTM D-422)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL

CALICATA : 5

UBICACIÓN : Km. 15+440 - 15+540

PROGRESIVA : Km. 15+500

ESTRATO : 1

PROFUNDIDAD : 0,00 - 1,00

LADO : IZQ.

FECHA : 25/09/2014

Tamices ASTM	Apertura en mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones A
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0	
2 1/2"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0	
2"	50,800	0,0	0,0	0,0	100,0	
1 1/2"	38,100	214,0	10,1	10,1	89,9	
1"	25,400	57,5	2,7	12,8	87,2	
3/4"	19,050	112,0	5,3	18,1	81,9	
1/2"	12,700	99,0	4,7	22,8	77,2	
3/8"	9,525	157,5	7,5	30,3	69,7	
No.04	4,760	167,0	7,9	38,2	61,8	
No.10	2,000	396,5	18,8	57,0	43,0	
No.20	0,840	240,0	11,4	68,4	31,6	
No.40	0,420	151,5	7,2	75,6	24,4	
No.100	0,149	119,0	5,6	81,2	18,8	
No.200	0,074	58,5	2,8	84,0	16,0	
< 200						
TOTAL						

DATOS DE LA MUESTRA	
Peso inicial	Grs. 2111,00
Peso fracción	Grs. 0,00

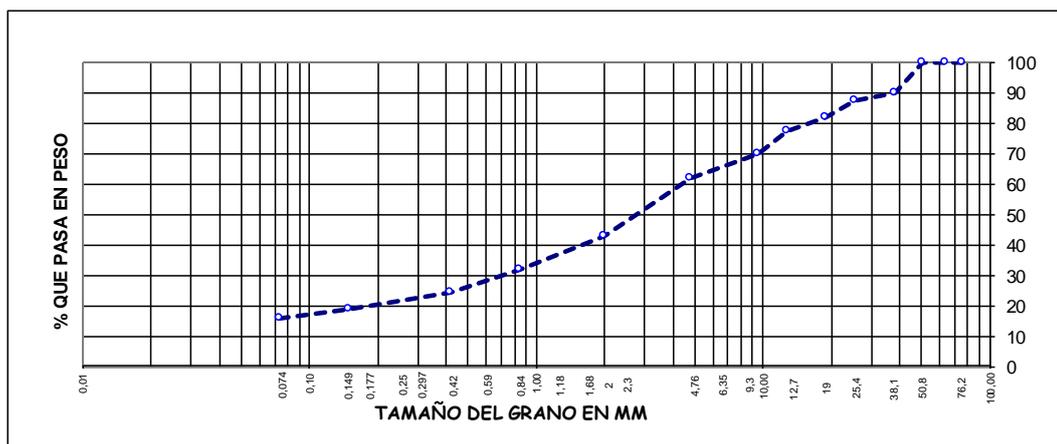
CONSTANTES FISICAS	
Limite Liquido	% 35,30
Limite plastico	% 23,48
Indice Plastico	% 11,82

Grava	% 38,20
Arena	% 45,80
Fino	% 16,00
Total	% 100,00

CLASIFICACION	
SUCS	: SC
AASHTO	: A-2-6 (0)

OBSERVACIONES	

CURVA GRANULOMETRICA





Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concretos, Pavimentos y Control de Calidad

LIMITES DE CONSISTENCIA (MTC E-111 ASTM D-4318)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL

ESTRATO : 1

CALICATA : 5

PROFUNDIDAD : 0,00 - 1,00

UBICACIÓN : Km. 15+440 - 15+540

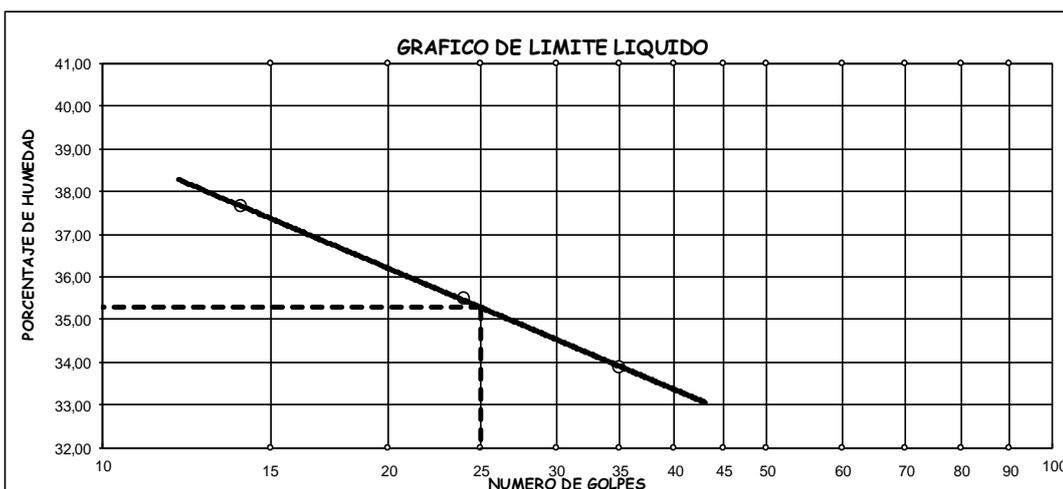
LADO : IZQ.

PROGRESIVA : Km. 15+500

FECHA : 25/09/2014

LIMITE LIQUIDO				
Nº de tara	V22	16	V53	
Peso tara + suelo húmedo	23,14	24,59	27,50	
Peso tara + suelo seco	18,45	19,64	21,97	
Peso tara	5,99	5,69	5,65	
Peso del agua	4,69	4,95	5,53	
Peso suelo seco	12,46	13,95	16,32	
Humedad (%)	37,64	35,48	33,88	
Nro. de golpes	14	24	35	

LIMITE PLASTICO				
Nº de tara	V23T	V12		
Peso tara + suelo húmedo	4,82	5,64		
Peso tara + suelo seco	4,47	5,12		
Peso tara	2,97	2,92		
Peso del agua	0,35	0,52		
Peso suelo seco	1,50	2,20		
Humedad (%)	23,33	23,64		
Humedad promedio	23,48			



LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE DE PLASTICIDAD
LL (%) : 35,30	LP (%) : 23,48	IP (%) : 11,82



DENSIDAD NATURAL (ASTM D 1556)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL	ESTRATO : 1
CALICATA : 5	PROFUNDIDAD : 0,00 - 1,00
UBICACIÓN : Km. 15+440 - 15+540	LADO : IZQ.
PROGRESIVA : Km. 15+500	FECHA : 25/09/2014

ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO - METODO CONO Y ARENA

Fecha	20/09/2014	-		
Ubicación	C - 1	-		
Profundidad	.	-		
Capa	T.Natural	-		

1	Peso del Frasco + arena Gr	5978	-		
2	Peso Frasco + arena sobrante Gr	1821	-		
3	Peso arena empleada (1-2)	4157	-		
4	Peso arena del cono Gr	1714	-		
5	Peso arena del hueco (3-4)	2443	-		
6	Densidad de la Arena Gr/cc	1,365	-		
7	Volumen de Hueco cc (5-6)	1790	-		
8	Peso de Tara Gr	0	-		
9	Peso del Suelo + Grava+Tara Gr	3568	-		
10	Peso retenido en el Tamiz No 4 " + Tara Gr	1754	-		
11	% Grava No 4	49,2	-		
12	Peso específico de la grava g/cc	2,58	-		
13	Volumen de la grava c.c. (10 - 8) / (12)	679,8	-		
14	Peso del suelo pasante No 4 (9-10)	1814	-		
15	Volumen del suelo pasante No 4 (7-13)	1110	-		
16	Densidad húmeda g/cc	1,63	-		
17	Contenido de Humedad	10,80	-		
18	Densidad seca g/cc (16*100) / (17+100)	1,475	-		
		-	-		

CUADRON N° 1

CALCULO DE LA DENSIDAD RELATIVA Y ANGULO DE FRICCION INTERNA

PROYECTO: TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"
LOCALIDAD: LAMPA
PROVINCIA: LAMPA
DPTO.: PUNO
SOLICITADO: Bach. OLIGARIO CABANA TICONA
PROGRESIVA: Km. 15+500
FECHA: Octubre del 2014

Calicata Muestra Ubicación Prof. SUCS	Densidades secas			Densidad Relativa (DR) %	% que pasa la malla N° 200	Meyerhaf 0.15*DR+25 Ang. de Fricc. interna (ϕ)	Factor de Corrección "n" 100-%N°200)+	Corrección del Angulo de Fricc. interna (ϕ)
	Natural de Campo (γ)	Mín.	Máx.					
C-5 M-1 Talud 0,00 - 1,00 SC	1,63	1,56	1,87	25,905	16,00	28,886	89,000	25,708

GEOPOL EIRL
Laboratorio de Mecánica de Suelos,
Concretos, Pavimentos y Control de Calidad

**CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL
(Método ASTM D-2216)**

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAM"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL

ESTRATO : 2

CALICATA : 5

PROFUNDIDAD : 1,00 - 2,10

UBICACIÓN : Km. 15+440 - 15+540

LADO : IZQ.

PROGRESIVA : Km. 15+500

FECHA : 25/09/2014

HUMEDAD NATURAL			
N° de tara	163	160	
Peso tara + suelo húmedo	124,5	135,5	
Peso tara + suelo seco	117,3	127,4	
Peso tara	7,1	6,1	
Peso del agua	7,2	8,1	
Peso suelo seco	110,2	121,3	
Humedad (%)	6,5	6,7	
Promedio	6,6		



Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concretos, Pavimentos y Control de Calidad

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (MTC E-107 ASTM D-422)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL

CALICATA : 5

UBICACIÓN : Km. 15+440 - 15+540

PROGRESIVA : Km. 15+500

ESTRATO : 2

PROFUNDIDAD : 1,00 - 2,10

LADO : IZQ.

FECHA : 25/09/2014

Tamices ASTM	Apertura en mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones A
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0	
2 1/2"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0	
2"	50,800	472,0	11,4	11,4	88,6	
1 1/2"	38,100	460,0	11,1	22,5	77,5	
1"	25,400	628,5	15,1	37,6	62,4	
3/4"	19,050	131,0	3,2	40,8	59,2	
1/2"	12,700	200,5	4,8	45,6	54,4	
3/8"	9,525	356,5	8,6	54,2	45,8	
No.04	4,760	182,5	4,4	58,6	41,4	
No.10	2,000	371,5	8,9	67,5	32,5	
No.20	0,840	237,5	5,7	73,2	26,8	
No.40	0,420	189,0	4,5	77,7	22,3	
No.100	0,149	180,5	4,3	82,0	18,0	
No.200	0,074	116,5	2,8	84,8	15,2	
< 200						
TOTAL						

DATOS DE LA MUESTRA	
Peso inicial	Grs. 4156,00
Peso fracción	Grs. 0,00

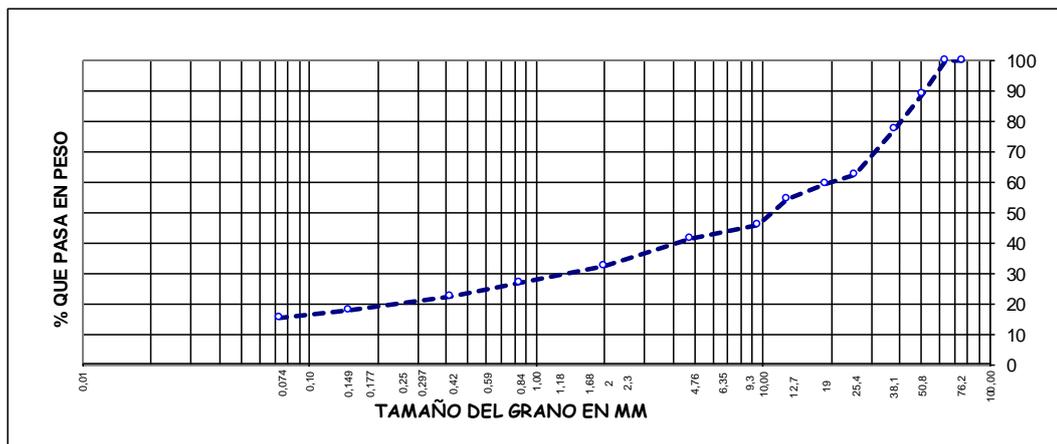
CONSTANTES FISICAS	
Limite Liquido	% 30,40
Limite plastico	% 22,46
Indice Plastico	% 7,94

Grava	% 58,60
Arena	% 26,20
Fino	% 15,20
Total	% 100,00

CLASIFICACION	
SUCS	: GC
AASHTO	: A-2-4 (0)

OBSERVACIONES	

CURVA GRANULOMETRICA





Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concretos, Pavimentos y Control de Calidad

LIMITES DE CONSISTENCIA (MTC E-111 ASTM D-4318)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL

ESTRATO : 2

CALICATA : 5

PROFUNDIDAD : 1,00 - 2,10

UBICACIÓN : Km. 15+440 - 15+540

LADO : IZQ.

PROGRESIVA : Km. 15+500

FECHA : 25/09/2014

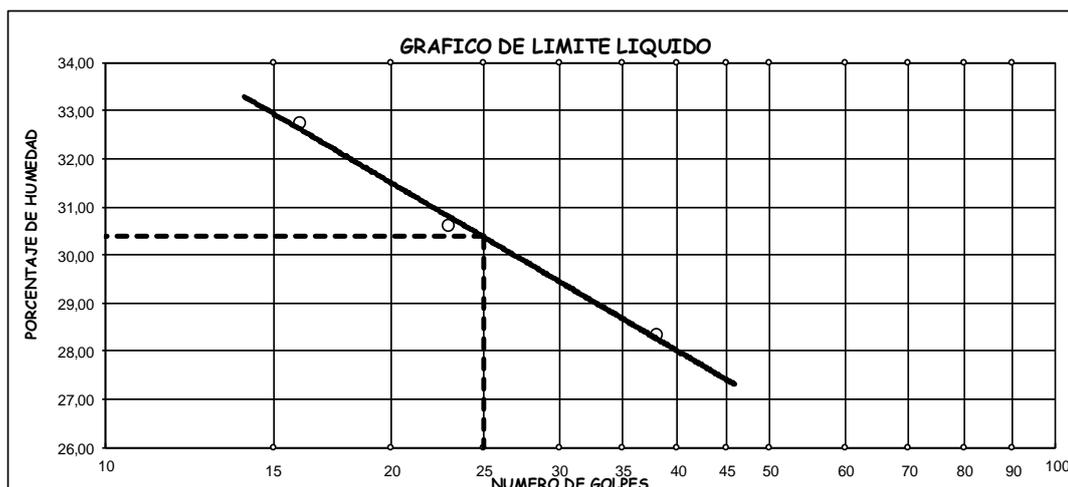
LIMITE LIQUIDO

N° de tara	V5	V22	54
Peso tara + suelo húmedo	20,52	24,56	22,54
Peso tara + suelo seco	16,85	20,21	18,73
Peso tara	5,64	5,99	5,29
Peso del agua	3,67	4,35	3,81
Peso suelo seco	11,21	14,22	13,44
Humedad (%)	32,74	30,59	28,35
Nro. de golpes	16	23	38

LIMITE PLASTICO

N° de tara	8	V26
Peso tara + suelo húmedo	5,50	6,21
Peso tara + suelo seco	5,03	5,63
Peso tara	2,96	3,02
Peso del agua	0,47	0,58
Peso suelo seco	2,07	2,61
Humedad (%)	22,71	22,22
Humedad promedio	22,46	

GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO



LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE DE PLASTICIDAD
LL (%) : 30,40	LP (%) : 22,46	IP (%) : 7,94



DENSIDAD NATURAL (ASTM D 1556)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv . CARA CARA - LAMPA"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL	ESTRATO : 2
CALICATA : 5	PROFUNDIDAD : 1,00 - 2,10
UBICACIÓN : Km. 15+440 - 15+540	LADO : IZQ.
PROGRESIVA : Km. 15+500	FECHA : 25/09/2014

ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO - METODO CONO Y ARENA

Fecha	20/09/2014	-	-	-
Ubicación	C - 1	-	-	-
Profundidad	.	-	-	-
Capa	T.Natural	-	-	-

1	Peso del Frasco + arena Gr	5946	-	-	-
2	Peso Frasco + arena sobrante Gr	1785	-	-	-
3	Peso arena empleada (1-2)	4161	-	-	-
4	Peso arena del cono Gr	1714	-	-	-
5	Peso arena del hueco (3-4)	2447	-	-	-
6	Densidad de la Arena Gr/cc	1,365	-	-	-
7	Volumen de Hueco cc (5-6)	1793	-	-	-
8	Peso de Tara Gr	0	-	-	-
9	Peso del Suelo + Grava+Tara Gr	3478	-	-	-
10	Peso retenido en el Tamiz No 4 " + Tara Gr	1621	-	-	-
11	% Grava No 4	46,6	-	-	-
12	Peso específico de la grava g/cc	2,58	-	-	-
13	Volumen de la grava c.c. (10 - 8) / (12)	628,3	-	-	-
14	Peso del suelo pasante No 4 (9-10)	1857	-	-	-
15	Volumen del suelo pasante No 4 (7-13)	1164	-	-	-
16	Densidad humeda g/cc	1,59	-	-	-
17	Contenido de Humedad	6,60	-	-	-
18	Densidad seca g/cc (16*100) / (17+100)	1,496	-	-	-
		-	-	-	-
		-	-	-	-

CUADRO N° 1

CALCULO DE LA DENSIDAD RELATIVA Y ANGULO DE FRICCION INTERNA

PROYECTO: TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"
LOCALIDAD: LAMPA
PROVINCIA: LAMPA
DPTO.: PUNO
SOLICITADO: Bach. OLIGARIO CABANA TICONA
PROGRESIVA: Km. 15+500
FECHA: Octubre del 2014

Calicata Muestra Ubicación Prof. SUCS	Densidades secas			Densidad Relativa (DR) %	% que pasa la malla N° 200	Meyerhaf 0.15*DR+25 Ang. de Fricc. interna (ϕ)	Factor de Corrección "n" 100-%N°200)+	Corrección del Angulo de Fricc. interna (ϕ)
	Natural de Campo (γ)	Min.	Máx.					
C-5 M-2 Talud 1,00 - 2,10 GC	1,59	1,51	1,76	35,421	15,20	30,313	89,800	27,221



**Laboratorio de Mecánica de Suelos,
Concretos, Pavimentos y Control de Calidad**

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (Método ASTM D-2216)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAM"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL

ESTRATO : 3

CALICATA : 5

PROFUNDIDAD : 2,10 - 3,00

UBICACIÓN : Km. 15+440 - 15+540

LADO : IZQ.

PROGRESIVA : Km. 15+500

FECHA : 25/09/2014

HUMEDAD NATURAL				
N° de tara	176A	161		
Peso tara + suelo húmedo	146,6	140,0		
Peso tara + suelo seco	133,5	127,4		
Peso tara	7,0	6,1		
Peso del agua	13,1	12,6		
Peso suelo seco	126,5	121,3		
Humedad (%)	10,4	10,4		
Promedio	10,4			



Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concretos, Pavimentos y Control de Calidad

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (MTC E-107 ASTM D-422)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL

CALICATA : 5

UBICACIÓN : Km. 15+440 - 15+540

PROGRESIVA : Km. 15+500

ESTRATO : 3

PROFUNDIDAD : 2,10 - 3,00

LADO : IZQ.

FECHA : 25/09/2014

Tamices ASTM	Abertura en mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones A
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0	
2 1/2"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0	
2"	50,800	1.009,5	35,3	35,3	64,7	
1 1/2"	38,100	173,0	6,0	41,3	58,7	
1"	25,400	152,5	5,3	46,6	53,4	
3/4"	19,050	61,5	2,1	48,7	51,3	
1/2"	12,700	270,0	9,4	58,1	41,9	
3/8"	9,525	140,5	4,9	63,0	37,0	
No.04	4,760	90,5	3,2	66,2	33,8	
No.10	2,000	146,0	5,1	71,3	28,7	
No.20	0,840	77,0	2,7	74,0	26,0	
No.40	0,420	111,0	3,9	77,9	22,1	
No.100	0,149	118,0	4,1	82,0	18,0	
No.200	0,074	61,0	2,1	84,1	15,9	
< 200						
TOTAL						

DATOS DE LA MUESTRA	
Peso inicial	Grs. 2860,50
Peso fracción	Grs. 0,00

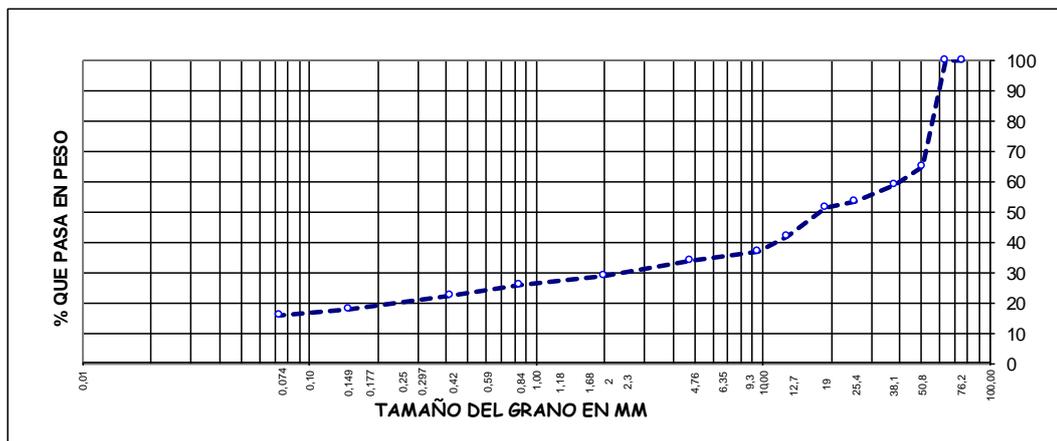
CONSTANTES FISICAS	
Limite Liquido	% 35,50
Limite plastico	% 25,62
Indice Plastico	% 9,88

Grava	% 66,20
Arena	% 17,90
Fino	% 15,90
Total	% 100,00

CLASIFICACION	
SUCS	: GM
AASHTO	: A-2-4 (0)

OBSERVACIONES	

CURVA GRANULOMETRICA





Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concretos, Pavimentos y Control de Calidad

LIMITES DE CONSISTENCIA (MTC E-111 ASTM D-4318)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"

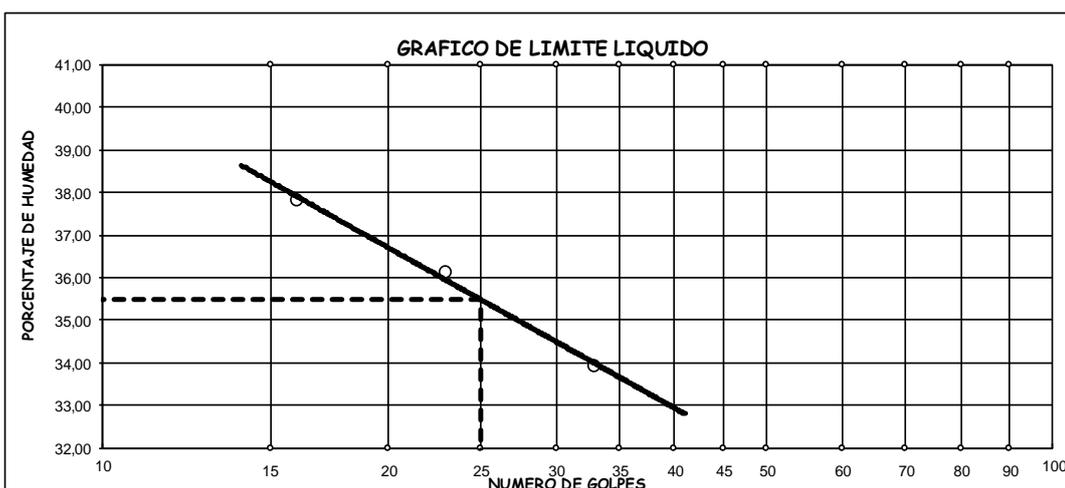
SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL	ESTRATO : 3
CALICATA : 5	PROFUNDIDAD : 2,10 - 3,00
UBICACIÓN : Km. 15+440 - 15+540	LADO : IZQ.
PROGRESIVA : Km. 15+500	FECHA : 25/09/2014

LIMITE LIQUIDO				
Nº de tara	25	V26	V22	
Peso tara + suelo húmedo	18,48	19,51	21,80	
Peso tara + suelo seco	15,00	15,90	17,80	
Peso tara	5,80	5,90	6,00	
Peso del agua	3,48	3,61	4,00	
Peso suelo seco	9,20	10,00	11,80	
Humedad (%)	37,83	36,10	33,90	
Nro. de golpes	16	23	33	

LIMITE PLASTICO				
Nº de tara	V23T	V26		
Peso tara + suelo húmedo	5,52	5,83		
Peso tara + suelo seco	5,00	5,30		
Peso tara	3,00	3,20		
Peso del agua	0,52	0,53		
Peso suelo seco	2,00	2,10		
Humedad (%)	26,00	25,24		
Humedad promedio	25,62			



LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE DE PLASTICIDAD
LL (%) : 35,50	LP (%) : 25,62	IP (%) : 9,88



DENSIDAD NATURAL (ASTM D 1556)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL	ESTRATO : 3
CALICATA : 5	PROFUNDIDAD : 2,10 - 3,00
UBICACIÓN : Km. 15+440 - 15+540	LADO : IZQ.
PROGRESIVA : Km. 15+500	FECHA : 25/09/2014

ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO - METODO CONO Y ARENA

Fecha	20/09/2014	-	-	-
Ubicación	C - 1	-	-	-
Profundidad	.	-	-	-
Capa	T.Natural	-	-	-

1	Peso del Frasco + arena Gr	5924	-	-	-
2	Peso Frasco + arena sobrante Gr	1756	-	-	-
3	Peso arena empleada (1-2)	4168	-	-	-
4	Peso arena del cono Gr	1714	-	-	-
5	Peso arena del hueco (3-4)	2454	-	-	-
6	Densidad de la Arena Gr/cc	1,365	-	-	-
7	Volumen de Hueco cc (5-6)	1798	-	-	-
8	Peso de Tara Gr	0	-	-	-
9	Peso del Suelo + Grava+Tara Gr	3589	-	-	-
10	Peso retenido en el Tamiz No 4 " + Tara Gr	1786	-	-	-
11	% Grava No 4	49,8	-	-	-
12	Peso específico de la grava g/cc	2,58	-	-	-
13	Volumen de la grava c.c. (10 - 8) / (12)	692,2	-	-	-
14	Peso del suelo pasante No 4 (9-10)	1803	-	-	-
15	Volumen del suelo pasante No 4 (7-13)	1106	-	-	-
16	Densidad húmeda g/cc	1,63	-	-	-
17	Contenido de Humedad	10,40	-	-	-
18	Densidad seca g/cc (16*100) / (17+100)	1,477	-	-	-
		-	-	-	-

CUADRO N° 1

CALCULO DE LA DENSIDAD RELATIVA Y ANGULO DE FRICCION INTERNA

PROYECTO: TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"
LOCALIDAD: LAMPA
PROVINCIA: LAMPA
DPTO.: PUNO
SOLICITADO: Bach. OLIGARIO CABANA TICONA
PROGRESIVA: Km. 15+500
FECHA: Octubre del 2014

Calicata Muestra Ubicación Prof. SUCS	Densidades secas			Densidad Relativa (DR) %	% que pasa la malla N° 200	Meyerhaf 0.15*DR+25 Ang. de Fricc. interna (ϕ)	Factor de Corrección "n" 100-%N°200)+	Corrección del Angulo de Fricc. interna (ϕ)
	Natural de Campo (γ)	Mín.	Máx.					
C-5 M-3 Talud 2,10 - 3,00 GM	1,63	1,56	1,79	33,422	15,90	30,013	89,100	26,742



**Laboratorio de Mecánica de Suelos,
Concretos, Pavimentos y Control de Calidad**

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (Método ASTM D-2216)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAM"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL

ESTRATO : 1

CALICATA : 6

PROFUNDIDAD : 0,00 - 0,80

UBICACIÓN : Km. 17+680 - 18+040

LADO : IZQ.

PROGRESIVA : Km. 17+860

FECHA : 25/09/2014

HUMEDAD NATURAL				
N° de tara	179	127		
Peso tara + suelo húmedo	98,7	136,5		
Peso tara + suelo seco	88,2	122,6		
Peso tara	6,2	6,9		
Peso del agua	10,5	13,9		
Peso suelo seco	82,0	115,7		
Humedad (%)	12,8	12,0		
Promedio	12,4			



Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concretos, Pavimentos y Control de Calidad

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (MTC E-107 ASTM D-422)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL

CALICATA : 6

UBICACIÓN : Km. 17+680 - 18+040

PROGRESIVA : Km. 17+860

ESTRATO : 1

PROFUNDIDAD : 0,00 - 0,80

LADO : IZQ.

FECHA : 25/09/2014

Tamices ASTM	Apertura en mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones A
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0	
2 1/2"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0	
2"	50,800	530,5	13,4	13,4	86,6	
1 1/2"	38,100	242,5	6,1	19,5	80,5	
1"	25,400	445,0	11,3	30,8	69,2	
3/4"	19,050	273,0	6,9	37,7	62,3	
1/2"	12,700	274,0	6,9	44,6	55,4	
3/8"	9,525	409,0	10,3	54,9	45,1	
No.04	4,760	204,0	5,2	60,1	39,9	
No.10	2,000	294,0	7,4	67,5	32,5	
No.20	0,840	102,5	2,6	70,1	29,9	
No.40	0,420	68,5	1,7	71,8	28,2	
No.100	0,149	136,5	3,5	75,3	24,7	
No.200	0,074	163,0	4,1	79,4	20,6	
< 200						
TOTAL						

DATOS DE LA MUESTRA	
Peso inicial	Grs. 3954,00
Peso fracción	Grs. 0,00

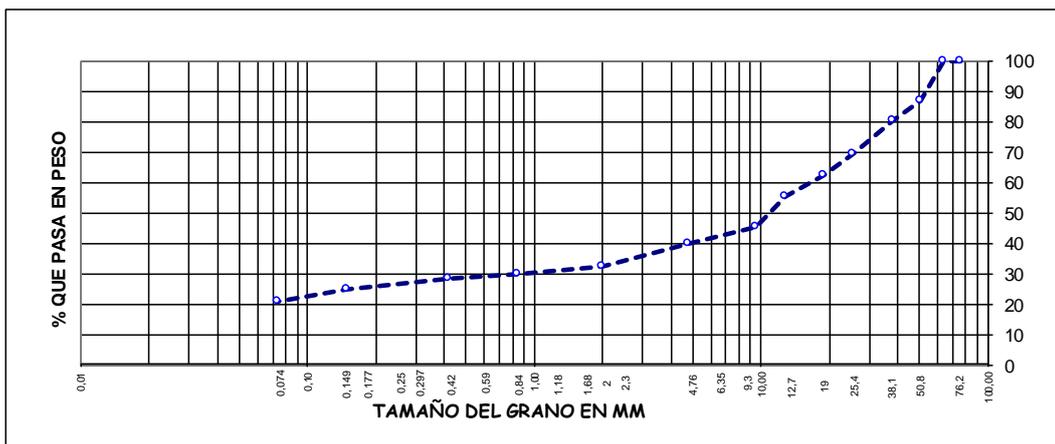
CONSTANTES FISICAS	
Limite Liquido	% 27,85
Limite plastico	% 19,53
Indice Plastico	% 8,32

Grava	% 60,10
Arena	% 19,30
Fino	% 20,60
Total	% 100,00

CLASIFICACION	
SUCS	: GC
AASHTO	: A-2-4 (0)

OBSERVACIONES	

CURVA GRANULOMETRICA





Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concretos, Pavimentos y Control de Calidad

LIMITES DE CONSISTENCIA (MTC E-111 ASTM D-4318)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL

ESTRATO : 1

CALICATA : 6

PROFUNDIDAD : 0,00 - 0,80

UBICACIÓN : Km. 17+680 - 18+040

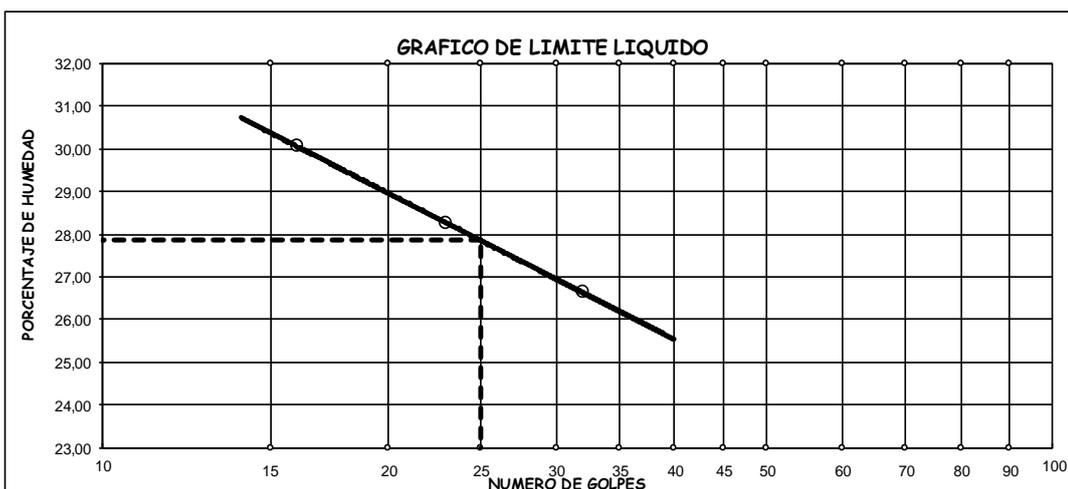
LADO : IZQ.

PROGRESIVA : Km. 17+860

FECHA : 25/09/2014

LIMITE LIQUIDO				
Nº de tara	V18	26	35	
Peso tara + suelo húmedo	21,56	22,45	23,15	
Peso tara + suelo seco	17,89	18,79	19,52	
Peso tara	5,68	5,84	5,89	
Peso del agua	3,67	3,66	3,63	
Peso suelo seco	12,21	12,95	13,63	
Humedad (%)	30,06	28,26	26,63	
Nro. de golpes	16	23	32	

LIMITE PLASTICO				
Nº de tara	V29	34		
Peso tara + suelo húmedo	5,96	5,62		
Peso tara + suelo seco	5,49	5,21		
Peso tara	3,05	3,14		
Peso del agua	0,47	0,41		
Peso suelo seco	2,44	2,07		
Humedad (%)	19,26	19,81		
Humedad promedio	19,53			



LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE DE PLASTICIDAD
LL (%) : 27,85	LP (%) : 19,53	IP (%) : 8,32



DENSIDAD NATURAL (ASTM D 1556)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv . CARA CARA - LAMPA"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL
CALICATA : 6
UBICACIÓN : Km. 17+680 - 18+040
PROGRESIVA : Km. 17+860

ESTRATO : 1
PROFUNDIDAD : 0,00 - 0,80
LADO : IZQ.
FECHA : 25/09/2014

ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO - METODO CONO Y ARENA

Fecha	20/09/2014	-		
Ubicación	C - 1	-		
Profundidad	.	-		
Capa	T.Natural	-		

1	Peso del Frasco + arena Gr	5874	-		
2	Peso Frasco + arena sobrante Gr	1785	-		
3	Peso arena empleada (1-2)	4089	-		
4	Peso arena del cono Gr	1714	-		
5	Peso arena del hueco (3-4)	2375	-		
6	Densidad de la Arena Gr/cc	1,365	-		
7	Volumen de Hueco cc (5-6)	1740	-		
8	Peso de Tara Gr	0	-		
9	Peso del Suelo + Grava+Tara Gr	3468	-		
10	Peso retenido en el Tamiz No 4 " + Tara Gr	1687	-		
11	% Grava No 4	48,6	-		
12	Peso especifico de la grava g/cc	2,58	-		
13	Volumen de la grava c.c. (10 - 8) / (12)	653,9	-		
14	Peso del suelo pasante No 4 (9-10)	1781	-		
15	Volumen del suelo pasante No 4 (7-13)	1086	-		
16	Densidad humeda g/cc	1,64	-		
17	Contenido de Humedad	12,40	-		
18	Densidad seca g/cc (16*100) / (17+100)	1,459	-		
		-	-		

CUADRO N° 1

CALCULO DE LA DENSIDAD RELATIVA Y ANGULO DE FRICCION INTERNA

PROYECTO: TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"
LOCALIDAD: LAMPA
PROVINCIA: LAMPA
DPTO.: PUNO
SOLICITADO: Bach. OLIGARIO CABANA TICONA
PROGRESIVA: Km. 17+860
FECHA: Octubre del 2014

Calicata Muestra Ubicación Prof. SUCS	Densidades secas			Densidad Relativa (DR) %	% que pasa la malla N° 200	Meyerhaf 0.15*DR+25 Ang. de Fricc. interna (ϕ)	Factor de Corrección "n" 100-%N°200)+	Corrección del Angulo de Fricc. interna (ϕ)
	Natural de Campo (γ)	Mín.	Máx.					
C-6 M-1 Talud 0,00 - 0,80 GC	1,64	1,51	1,76	55,805	20,60	33,371	84,400	28,165



**Laboratorio de Mecánica de Suelos,
Concretos, Pavimentos y Control de Calidad**

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (Método ASTM D-2216)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAM"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL

ESTRATO : 2

CALICATA : 6

PROFUNDIDAD : 0,80 - 2,00

UBICACIÓN : Km. 17+680 - 18+040

LADO : IZQ.

PROGRESIVA : Km. 17+860

FECHA : 25/09/2014

HUMEDAD NATURAL				
N° de tara	167	146		
Peso tara + suelo húmedo	129,4	128,4		
Peso tara + suelo seco	117,7	116,2		
Peso tara	6,9	6,2		
Peso del agua	11,7	12,2		
Peso suelo seco	110,8	110,0		
Humedad (%)	10,6	11,1		
Promedio	10,8			



Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concretos, Pavimentos y Control de Calidad

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (MTC E-107 ASTM D-422)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL
CALICATA : 6
UBICACIÓN : Km. 17+680 - 18+040
PROGRESIVA : Km. 17+860

ESTRATO : 2
PROFUNDIDAD : 0,80 - 2,00
LADO : IZQ.
FECHA : 25/09/2014

Tamices ASTM	Abertura en mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones A
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0	
2 1/2"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0	
2"	50,800	0,0	0,0	0,0	100,0	
1 1/2"	38,100	419,0	7,5	7,5	92,5	
1"	25,400	613,0	10,9	18,4	81,6	
3/4"	19,050	300,0	5,3	23,7	76,3	
1/2"	12,700	458,0	8,1	31,8	68,2	
3/8"	9,525	543,0	9,7	41,5	58,5	
No.04	4,760	476,0	8,5	50,0	50,0	
No.10	2,000	725,0	12,9	62,9	37,1	
No.20	0,840	236,0	4,2	67,1	32,9	
No.40	0,420	142,0	2,5	69,6	30,4	
No.100	0,149	129,0	2,3	71,9	28,1	
No.200	0,074	85,0	1,5	73,4	26,6	
< 200						
TOTAL						

DATOS DE LA MUESTRA	
Peso inicial	Grs. 5622,00
Peso fracción	Grs. 0,00

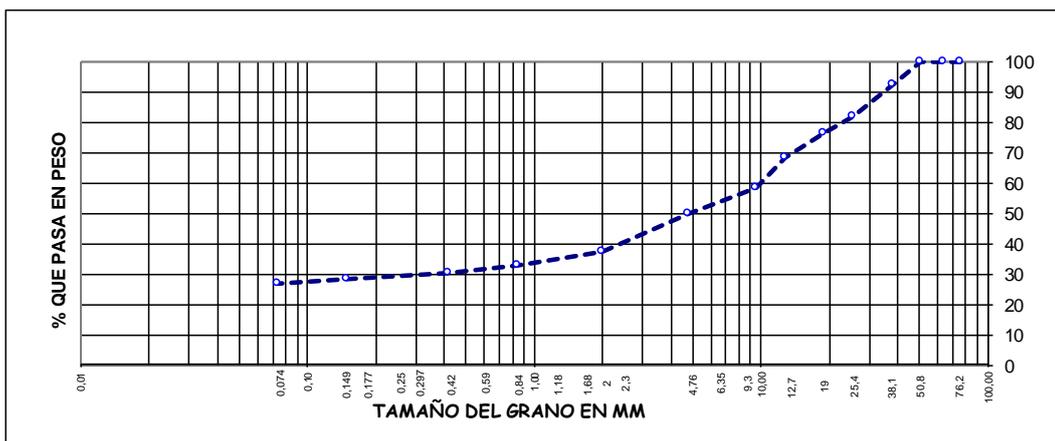
CONSTANTES FISICAS	
Limite Liquido	% 36,80
Limite plastico	% 25,34
Indice Plastico	% 11,46

Grava	% 50,00
Arena	% 23,40
Fino	% 26,60
Total	% 100,00

CLASIFICACION	
SUCS	: GM
AASHTO	: A-2-6 (0)

OBSERVACIONES	

CURVA GRANULOMETRICA





Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concretos, Pavimentos y Control de Calidad

LIMITES DE CONSISTENCIA (MTC E-111 ASTM D-4318)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL

ESTRATO : 2

CALICATA : 6

PROFUNDIDAD : 0,80 - 2,00

UBICACIÓN : Km. 17+680 - 18+040

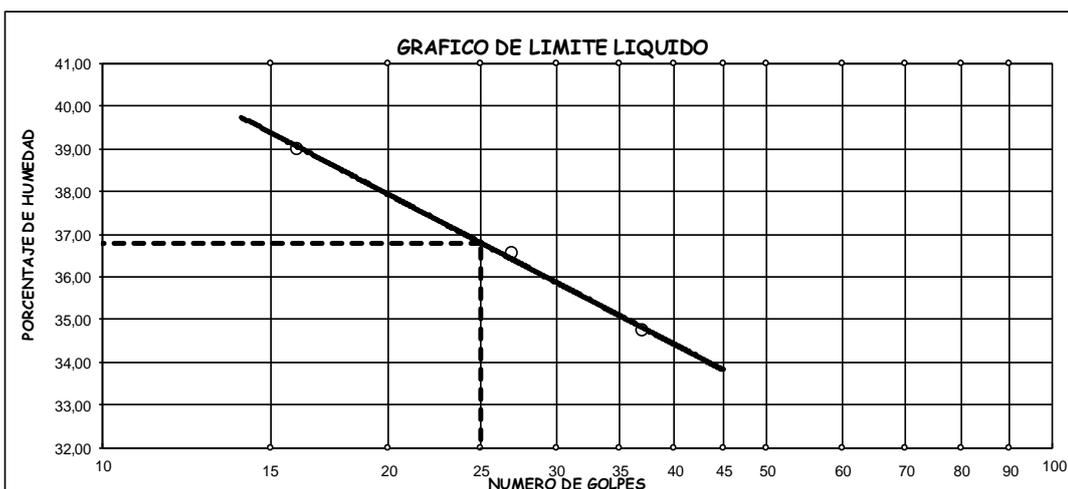
LADO : IZQ.

PROGRESIVA : Km. 17+860

FECHA : 25/09/2014

LIMITE LIQUIDO				
Nº de tara	13	54	25	
Peso tara + suelo húmedo	22,63	20,71	21,24	
Peso tara + suelo seco	17,93	16,58	17,24	
Peso tara	5,88	5,28	5,72	
Peso del agua	4,70	4,13	4,00	
Peso suelo seco	12,05	11,30	11,52	
Humedad (%)	39,00	36,55	34,72	
Nro. de golpes	16	27	37	

LIMITE PLASTICO				
Nº de tara	8	16		
Peso tara + suelo húmedo	6,15	5,89		
Peso tara + suelo seco	5,52	5,29		
Peso tara	2,97	2,98		
Peso del agua	0,63	0,60		
Peso suelo seco	2,55	2,31		
Humedad (%)	24,71	25,97		
Humedad promedio	25,34			



LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE DE PLASTICIDAD
LL (%) : 36,80	LP (%) : 25,34	IP (%) : 11,46



DENSIDAD NATURAL (ASTM D 1556)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv . CARA CARA - LAMPA"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL	ESTRATO : 2
CALICATA : 6	PROFUNDIDAD : 0,80 - 2,00
UBICACIÓN : Km. 17+680 - 18+040	LADO : IZQ.
PROGRESIVA : Km. 17+860	FECHA : 25/09/2014

ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO - METODO CONO Y ARENA

Fecha	20/09/2014	-	-	-
Ubicación	C - 1	-	-	-
Profundidad	.	-	-	-
Capa	T.Natural	-	-	-

1	Peso del Frasco + arena Gr	5842	-	-	-
2	Peso Frasco + arena sobrante Gr	1716	-	-	-
3	Peso arena empleada (1-2)	4126	-	-	-
4	Peso arena del cono Gr	1714	-	-	-
5	Peso arena del hueco (3-4)	2412	-	-	-
6	Densidad de la Arena Gr/cc	1,365	-	-	-
7	Volumen de Hueco cc (5-6)	1767	-	-	-
8	Peso de Tara Gr	0	-	-	-
9	Peso del Suelo + Grava+Tara Gr	3524	-	-	-
10	Peso retenido en el Tamiz No 4 " + Tara Gr	1725	-	-	-
11	% Grava No 4	49,0	-	-	-
12	Peso específico de la grava g/cc	2,58	-	-	-
13	Volumen de la grava c.c. (10 - 8) / (12)	668,6	-	-	-
14	Peso del suelo pasante No 4 (9-10)	1799	-	-	-
15	Volumen del suelo pasante No 4 (7-13)	1098	-	-	-
16	Densidad humeda g/cc	1,64	-	-	-
17	Contenido de Humedad	10,80	-	-	-
18	Densidad seca g/cc (16*100) / (17+100)	1,478	-	-	-
		-	-	-	-
		-	-	-	-

CUADRO N° 1

CALCULO DE LA DENSIDAD RELATIVA Y ANGULO DE FRICCION INTERNA

PROYECTO: TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"
LOCALIDAD: LAMPA
PROVINCIA: LAMPA
DPTO.: PUNO
SOLICITADO: Bach. OLIGARIO CABANA TICONA
PROGRESIVA: Km. 17+860
FECHA: Octubre del 2014

Calicata Muestra Ubicación Prof. SUCS	Densidades secas			Densidad Relativa (DR) %	% que pasa la malla N° 200	Meyerhaf 0.15*DR+25 Ang. de Fricc. interna (ϕ)	Factor de Corrección "n" 100-%N°200)+	Corrección del Angulo de Fricc. interna (ϕ)
	Natural de Campo (γ)	Mín.	Máx.					
C-6 M-2 Talud 0,80 - 2,00 GM	1,69	1,60	1,80	47,929	26,60	32,189	78,400	25,236



**Laboratorio de Mecánica de Suelos,
Concretos, Pavimentos y Control de Calidad**

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (Método ASTM D-2216)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAM"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL

ESTRATO : 3

CALICATA : 6

PROFUNDIDAD : 2,00 - 3,00

UBICACIÓN : Km. 17+680 - 18+040

LADO : IZQ.

PROGRESIVA : Km. 17+860

FECHA : 25/09/2014

HUMEDAD NATURAL				
N° de tara	162	159		
Peso tara + suelo húmedo	109,1	136,5		
Peso tara + suelo seco	99,7	125,2		
Peso tara	6,6	6,2		
Peso del agua	9,4	11,3		
Peso suelo seco	93,1	119,0		
Humedad (%)	10,1	9,5		
Promedio	9,8			



Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concretos, Pavimentos y Control de Calidad

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (MTC E-107 ASTM D-422)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL

CALICATA : 6

UBICACIÓN : Km. 17+680 - 18+040

PROGRESIVA : Km. 17+860

ESTRATO : 3

PROFUNDIDAD : 2,00 - 3,00

LADO : IZQ.

FECHA : 25/09/2014

Tamices ASTM	Apertura en mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones A
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0	
2 1/2"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0	
2"	50,800	1.541,5	24,8	24,8	75,2	
1 1/2"	38,100	1.045,0	16,8	41,6	58,4	
1"	25,400	616,5	9,9	51,5	48,5	
3/4"	19,050	188,0	3,0	54,5	45,5	
1/2"	12,700	316,5	5,1	59,6	40,4	
3/8"	9,525	498,5	8,0	67,6	32,4	
No.04	4,760	227,0	3,7	71,3	28,7	
No.10	2,000	322,0	5,2	76,5	23,5	
No.20	0,840	109,0	1,8	78,3	21,7	
No.40	0,420	80,5	1,3	79,6	20,4	
No.100	0,149	133,5	2,1	81,7	18,3	
No.200	0,074	148,5	2,4	84,1	15,9	
< 200						
TOTAL						

DATOS DE LA MUESTRA	
Peso inicial	Grs. 6212,50
Peso fracción	Grs. 0,00

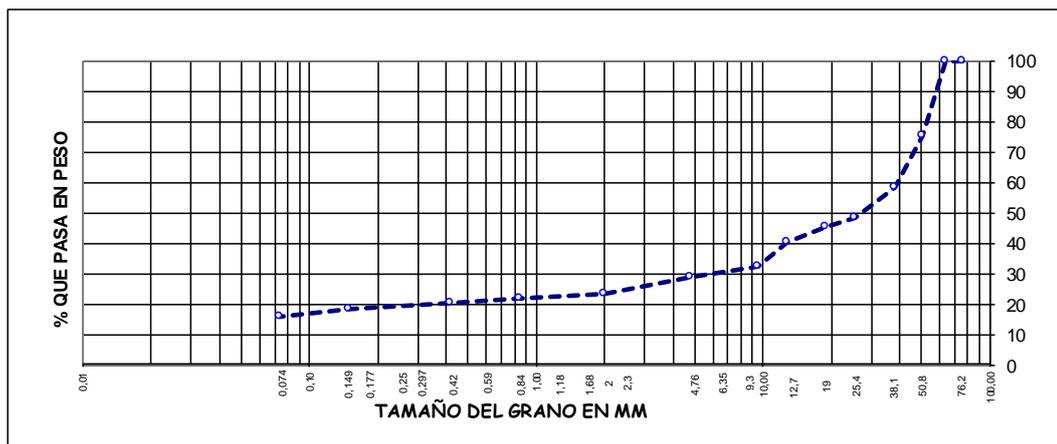
CONSTANTES FISICAS	
Limite Liquido	% 26,85
Limite plastico	% 22,70
Indice Plastico	% 4,15

Grava	% 71,30
Arena	% 12,80
Fino	% 15,90
Total	% 100,00

CLASIFICACION	
SUCS	: GM - GC
AASHTO	: A-2-4 (0)

OBSERVACIONES	

CURVA GRANULOMETRICA





Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concretos, Pavimentos y Control de Calidad

LIMITES DE CONSISTENCIA (MTC E-111 ASTM D-4318)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL

ESTRATO : 3

CALICATA : 6

PROFUNDIDAD : 2,00 - 3,00

UBICACIÓN : Km. 17+680 - 18+040

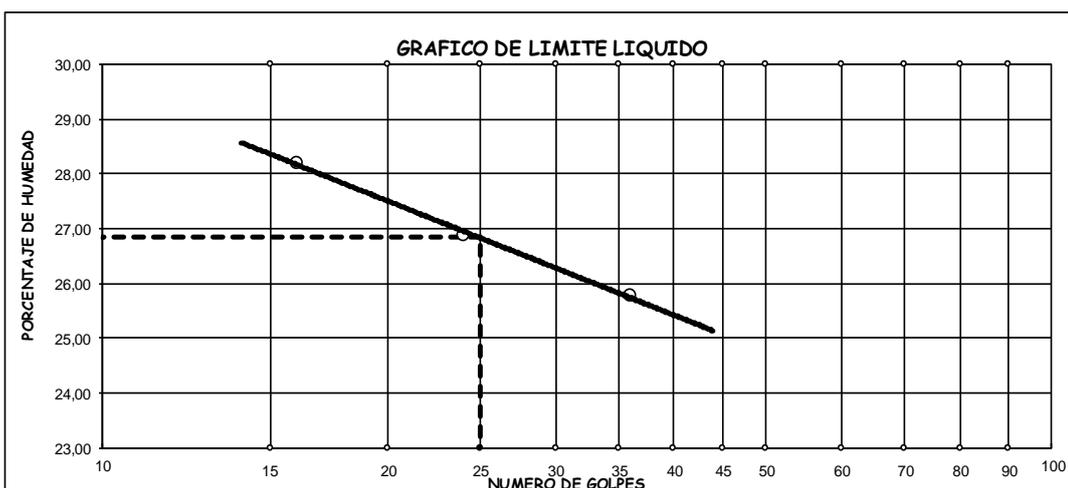
LADO : IZQ.

PROGRESIVA : Km. 17+860

FECHA : 25/09/2014

LIMITE LIQUIDO				
Nº de tara	54	V1	V2	
Peso tara + suelo húmedo	16,30	19,70	19,80	
Peso tara + suelo seco	13,88	16,65	16,89	
Peso tara	5,30	5,30	5,60	
Peso del agua	2,42	3,05	2,91	
Peso suelo seco	8,58	11,35	11,29	
Humedad (%)	28,21	26,87	25,78	
Nro. de golpes	16	24	36	

LIMITE PLASTICO				
Nº de tara	13	19		
Peso tara + suelo húmedo	5,60	6,12		
Peso tara + suelo seco	5,10	5,51		
Peso tara	2,90	2,82		
Peso del agua	0,50	0,61		
Peso suelo seco	2,20	2,69		
Humedad (%)	22,73	22,68		
Humedad promedio	22,70			



LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE DE PLASTICIDAD
LL (%) : 26,85	LP (%) : 22,70	IP (%) : 4,15

AGEOPOL
Laboratorio de Mecánica de Suelos,
Concretos, Pavimentos y Control de Calidad

DENSIDAD NATURAL (ASTM D 1556)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv . CARA CARA - LAMPA"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL

ESTRATO : 3

CALICATA : 6

PROFUNDIDAD : 2,00 - 3,00

UBICACIÓN : Km. 17+680 - 18+040

LADO : IZQ.

PROGRESIVA : Km. 17+860

FECHA : 25/09/2014

ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO - METODO CONO Y ARENA

Fecha	20/09/2014	-		
Ubicación	C - 1	-		
Profundidad	.	-		
Capa	T.Natural	-		

1	Peso del Frasco + arena Gr	5813	-		
2	Peso Frasco + arena sobrante Gr	1684	-		
3	Peso arena empleada (1-2)	4129	-		
4	Peso arena del cono Gr	1714	-		
5	Peso arena del hueco (3-4)	2415	-		
6	Densidad de la Arena Gr/cc	1,365	-		
7	Volumen de Hueco cc (5-6)	1769	-		
8	Peso de Tara Gr	0	-		
9	Peso del Suelo + Grava+Tara Gr	3562	-		
10	Peso retenido en el Tamiz No 4 " + Tara Gr	1756	-		
11	% Grava No 4	49,3	-		
12	Peso específico de la grava g/cc	2,58	-		
13	Volumen de la grava c.c. (10 - 8) / (12)	680,6	-		
14	Peso del suelo pasante No 4 (9-10)	1806	-		
15	Volumen del suelo pasante No 4 (7-13)	1089	-		
16	Densidad húmeda g/cc	1,66	-		
17	Contenido de Humedad	9,80	-		
18	Densidad seca g/cc (16*100) / (17+100)	1,511	-		
		-	-		

CUADRO N° 1

CALCULO DE LA DENSIDAD RELATIVA Y ANGULO DE FRICCION INTERNA

PROYECTO: TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"
LOCALIDAD: LAMPA
PROVINCIA: LAMPA
DPTO.: PUNO
SOLICITADO: Bach. OLIGARIO CABANA TICONA
PROGRESIVA: Km. 17+860
FECHA: Octubre del 2014

Calicata Muestra Ubicación Prof. SUCS	Densidades secas			Densidad Relativa (DR) %	% que pasa la malla N° 200	Meyerhaf 0.15*DR+25 Ang. de Fricc. interna (ϕ)	Factor de Corrección "n" 100-%N°200)+	Corrección del Angulo de Fricc. interna (ϕ)
	Natural de Campo (γ)	Mín.	Máx.					
C-6 M-3 Talud 2,00 - 3,00 GM - GC	1,66	1,58	1,77	44,895	15,90	31,734	89,100	28,275

GEOPOL EIRL
Laboratorio de Mecánica de Suelos,
Concretos, Pavimentos y Control de Calidad

**CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL
(Método ASTM D-2216)**

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAM"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL

ESTRATO : 4

CALICATA : 6

PROFUNDIDAD : 3,00 - 3,70

UBICACIÓN : Km. 17+680 - 18+040

LADO : IZQ.

PROGRESIVA : Km. 17+860

FECHA : 25/09/2014

HUMEDAD NATURAL			
N° de tara	165	124	
Peso tara + suelo húmedo	100,5	135,4	
Peso tara + suelo seco	95,5	128,2	
Peso tara	5,8	6,1	
Peso del agua	5,0	7,2	
Peso suelo seco	89,7	122,1	
Humedad (%)	5,6	5,9	
Promedio	5,7		



Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concretos, Pavimentos y Control de Calidad

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (MTC E-107 ASTM D-422)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL

CALICATA : 6

UBICACIÓN : Km. 17+680 - 18+040

PROGRESIVA : Km. 17+860

ESTRATO : 4

PROFUNDIDAD : 3,00 - 3,70

LADO : IZQ.

FECHA : 25/09/2014

Tamices ASTM	Apertura en mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones A
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0	
2 1/2"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0	
2"	50,800	1.324,5	22,1	22,1	77,9	
1 1/2"	38,100	495,0	8,3	30,4	69,6	
1"	25,400	619,0	10,3	40,7	59,3	
3/4"	19,050	384,5	6,4	47,1	52,9	
1/2"	12,700	453,0	7,6	54,7	45,3	
3/8"	9,525	459,5	7,7	62,4	37,6	
No.04	4,760	338,0	5,7	68,1	31,9	
No.10	2,000	375,5	6,3	74,4	25,6	
No.20	0,840	123,5	2,1	76,5	23,5	
No.40	0,420	93,5	1,6	78,1	21,9	
No.100	0,149	159,5	2,7	80,8	19,2	
No.200	0,074	163,5	2,7	83,5	16,5	
< 200						
TOTAL						

DATOS DE LA MUESTRA	
Peso inicial	Grs. 5981,50
Peso fracción	Grs. 0,00

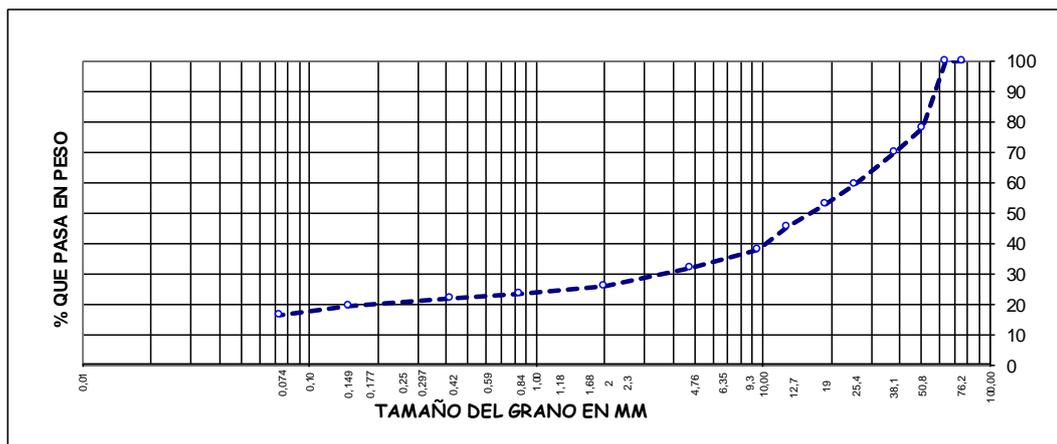
CONSTANTES FISICAS	
Limite Liquido	% 27,60
Limite plastico	% 19,76
Indice Plastico	% 7,84

Grava	% 68,10
Arena	% 15,40
Fino	% 16,50
Total	% 100,00

CLASIFICACION	
SUCS	: GC
AASHTO	: A-2-4 (0)

OBSERVACIONES	

CURVA GRANULOMETRICA





Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concretos, Pavimentos y Control de Calidad

LIMITES DE CONSISTENCIA (MTC E-111 ASTM D-4318)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL

ESTRATO : 4

CALICATA : 6

PROFUNDIDAD : 3,00 - 3,70

UBICACIÓN : Km. 17+680 - 18+040

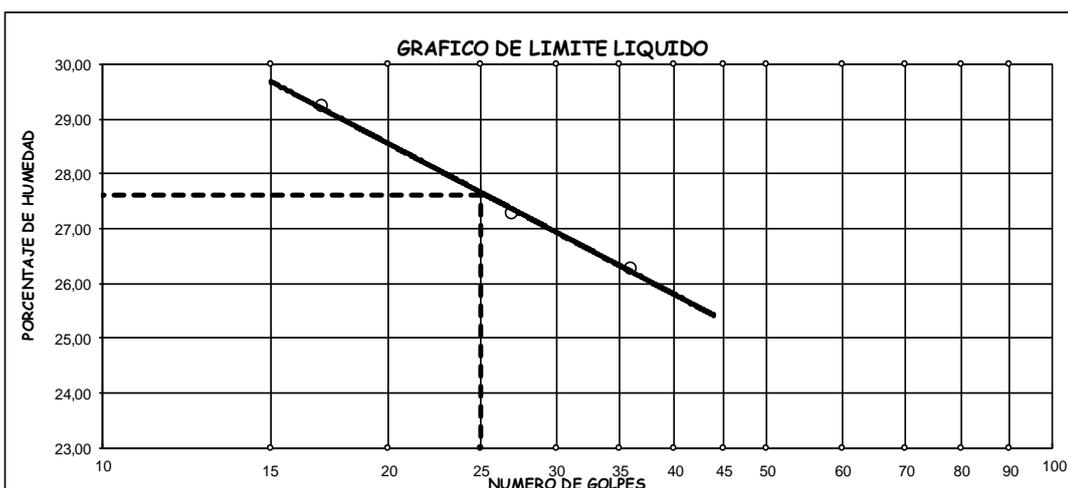
LADO : IZQ.

PROGRESIVA : Km. 17+860

FECHA : 25/09/2014

LIMITE LIQUIDO				
Nº de tara	V17	V1	V22	
Peso tara + suelo húmedo	25,50	20,70	21,10	
Peso tara + suelo seco	21,00	17,40	17,98	
Peso tara	5,60	5,30	6,10	
Peso del agua	4,50	3,30	3,12	
Peso suelo seco	15,40	12,10	11,88	
Humedad (%)	29,22	27,27	26,26	
Nro. de golpes	17	27	36	

LIMITE PLASTICO				
Nº de tara	T17	21		
Peso tara + suelo húmedo	5,50	6,29		
Peso tara + suelo seco	5,08	5,78		
Peso tara	3,00	3,14		
Peso del agua	0,42	0,51		
Peso suelo seco	2,08	2,64		
Humedad (%)	20,19	19,32		
Humedad promedio	19,76			



LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE DE PLASTICIDAD
LL (%) : 27,60	LP (%) : 19,76	IP (%) : 7,84



DENSIDAD NATURAL (ASTM D 1556)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL	ESTRATO : 4
CALICATA : 6	PROFUNDIDAD : 3,00 - 3,70
UBICACIÓN : Km. 17+680 - 18+040	LADO : IZQ.
PROGRESIVA : Km. 17+860	FECHA : 25/09/2014

ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO - METODO CONO Y ARENA

Fecha	20/09/2014	-		
Ubicación	C - 1	-		
Profundidad	.	-		
Capa	T.Natural	-		

1	Peso del Frasco + arena Gr	5768	-		
2	Peso Frasco + arena sobrante Gr	1654	-		
3	Peso arena empleada (1-2)	4114	-		
4	Peso arena del cono Gr	1714	-		
5	Peso arena del hueco (3-4)	2400	-		
6	Densidad de la Arena Gr/cc	1,365	-		
7	Volumen de Hueco cc (5-6)	1758	-		
8	Peso de Tara Gr	0	-		
9	Peso del Suelo + Grava+Tara Gr	3495	-		
10	Peso retenido en el Tamiz No 4 " + Tara Gr	1653	-		
11	% Grava No 4	47,3	-		
12	Peso específico de la grava g/cc	2,58	-		
13	Volumen de la grava c.c. (10 - 8) / (12)	640,7	-		
14	Peso del suelo pasante No 4 (9-10)	1842	-		
15	Volumen del suelo pasante No 4 (7-13)	1118	-		
16	Densidad humeda g/cc	1,65	-		
17	Contenido de Humedad	5,70	-		
18	Densidad seca g/cc (16*100) / (17+100)	1,559	-		
		-	-		

CUADRON N° 1

CALCULO DE LA DENSIDAD RELATIVA Y ANGULO DE FRICCION INTERNA

PROYECTO: TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"
LOCALIDAD: LAMPA
PROVINCIA: LAMPA
DPTO.: PUNO
SOLICITADO: Bach. OLIGARIO CABANA TICONA
PROGRESIVA: Km. 17+860
FECHA: Octubre del 2014

Calicata Muestra Ubicación Prof. SUCS	Densidades secas			Densidad Relativa (DR) %	% que pasa la malla N° 200	Meyerhaf 0.15*DR+25 Ang. de Fricc. interna (ϕ)	Factor de Corrección "n" 100-%N°200)+	Corrección del Angulo de Fricc. interna (ϕ)
	Natural de Campo (γ)	Min.	Máx.					
C-6 M-4 Talud 3,00 - 3,70 GC	1,65	1,54	1,75	55,556	16,50	33,333	88,500	29,500



Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concretos, Pavimentos y Control de Calidad

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E-107 ASTM D-422)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL

CALICATA : 7

UBICACIÓN : Km. 12+000 - 12+160

PROGRESIVA : Km. 12+080

ESTRATO : 1

PROFUNDIDAD : 0,00 - 2,50

LADO : IZQ.

FECHA : 12/06/2014

Tamices ASTM	Abertura en mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones A
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0	
2 1/2"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0	
2"	50,800	0,0	0,0	0,0	100,0	
1 1/2"	38,100	120,0	7,3	7,3	92,7	
1"	25,400	199,0	12,1	19,4	80,6	
3/4"	19,050	58,0	3,5	22,9	77,1	
1/2"	12,700	117,0	7,1	30,0	70,0	
3/8"	9,525	98,0	5,9	35,9	64,1	
No.04	4,760	202,0	12,2	48,1	51,9	
No.10	2,000	193,0	11,7	59,8	40,2	
No.20	0,840	86,0	5,2	65,0	35,0	
No.40	0,420	38,0	2,3	67,3	32,7	
No.100	0,149	93,0	5,6	72,9	27,1	
No.200	0,074	72,0	4,4	77,3	22,7	
< 200						
TOTAL						

DATOS DE LA MUESTRA	
Peso inicial	Grs. 1651,00
Peso fracción	Grs. 0,00

CONSTANTES FISICAS	
Limite Liquido	% 39,80
Limite plastico	% 32,25
Indice Plastico	% 7,55

Grava	% 48,10
Arena	% 29,20
Fino	% 22,70
Total	% 100,00

CLASIFICACION	
SUCS	: GC
AASHTO	: A-2-4 (0)

OBSERVACIONES	

CURVA GRANULOMETRICA





Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concretos, Pavimentos y Control de Calidad

LIMITES DE CONSISTENCIA (MTC E-111 ASTM D-4318)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL

ESTRATO : 1

CALICATA : 7

PROFUNDIDAD : 0,00 - 2,50

UBICACIÓN : Km. 12+000 - 12+160

LADO : IZQ.

PROGRESIVA : Km. 12+080

FECHA : 12/06/2014

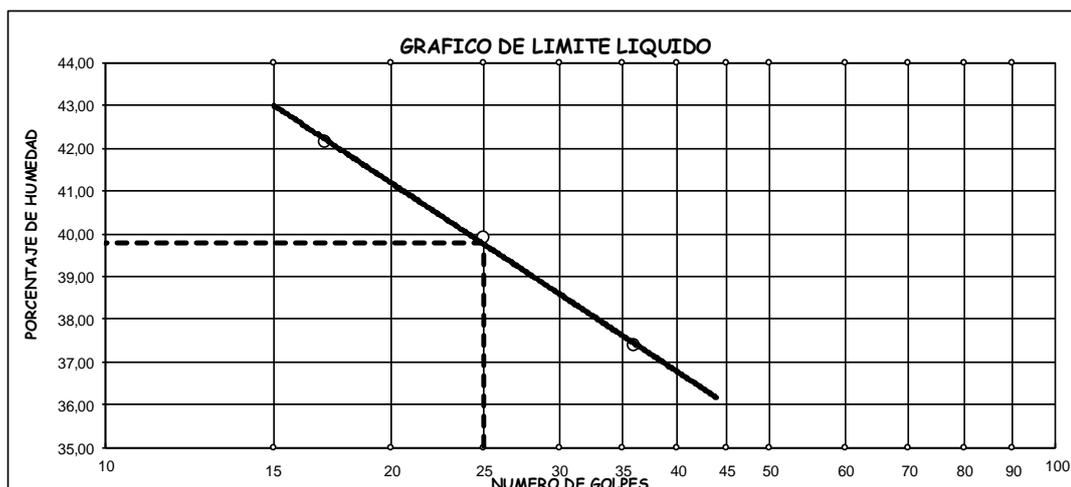
LIMITE LIQUIDO

	16	17	18
N° de tara	16	17	18
Peso tara + suelo húmedo	32,21	28,96	32,22
Peso tara + suelo seco	26,50	23,89	25,99
Peso tara	11,22	11,18	11,21
Peso del agua	5,71	5,07	6,23
Peso suelo seco	15,28	12,71	14,78
Humedad (%)	37,37	39,89	42,15
Nro. de golpes	36	25	17

LIMITE PLASTICO

N° de tara	29	31
Peso tara + suelo húmedo	11,42	10,54
Peso tara + suelo seco	9,68	9,02
Peso tara	4,28	4,31
Peso del agua	1,74	1,52
Peso suelo seco	5,40	4,71
Humedad (%)	32,22	32,27
Humedad promedio	32,25	

GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO



LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE DE PLASTICIDAD
LL (%) : 39,80	LP (%) : 32,25	IP (%) : 7,55



DENSIDAD NATURAL (ASTM D 1556)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv . CARA CARA - LAMPA"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL	ESTRATO : 1
CALICATA : 7	PROFUNDIDAD : 0,00 - 2,50
UBICACIÓN : Km. 12+000 - 12+160	LADO : IZQ.
PROGRESIVA : Km. 12+080	FECHA : 12/06/2014

ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO - METODO CONO Y ARENA

Fecha	30/05/2014	-	-	-
Ubicación	C - 1	-	-	-
Profundidad	.	-	-	-
Capa	T.Natural	-	-	-

1	Peso del Frasco + arena Gr	7174	-	-	-
2	Peso Frasco + arena sobrante Gr	2245	-	-	-
3	Peso arena empleada (1-2)	4929	-	-	-
4	Peso arena del cono Gr	1508	-	-	-
5	Peso arena del hueco (3-4)	3421	-	-	-
6	Densidad de la Arena Gr/cc	1,39	-	-	-
7	Volumen de Hueco cc (5-6)	2461	-	-	-
8	Peso de Tara Gr	0	-	-	-
9	Peso del Suelo + Grava+Tara Gr	4123	-	-	-
10	Peso retenido en el Tamiz No 4 " + Tara Gr	0	-	-	-
11	% Grava No 4	0,0	-	-	-
12	Peso específico de la grava g/cc	2,54	-	-	-
13	Volumen de la grava c.c. (10 - 8) / (12)	0,0	-	-	-
14	Peso del suelo pasante No 4 (9-10)	4123	-	-	-
15	Volumen del suelo pasante No 4 (7-13)	2461	-	-	-
16	Densidad humeda g/cc	1,68	-	-	-
17	Contenido de Humedad	-	-	-	-
18	Densidad seca g/cc (16*100) / (17+100)	-	-	-	-
		-	-	-	-
		-	-	-	-

CUADRO N° 1

CALCULO DE LA DENSIDAD RELATIVA Y ANGULO DE FRICCION INTERNA

PROYECTO: TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"
LOCALIDAD: LAMPA
PROVINCIA: LAMPA
DPTO.: PUNO
SOLICITADO: Bach. OLIGARIO CABANA TICONA
PROGRESIVA: Km. 12+080
FECHA: Junio del 2014

Calicata Muestra Ubicación Prof. SUCS	Densidades secas			Densidad Relativa (DR) %	% que pasa la malla N° 200	Meyerhaf 0.15*DR+25 Ang. de Fricc. interna (ϕ)	Factor de Corrección "n" 100-%N°200)+	Corrección del Angulo de Fricc. interna (ϕ)
	Natural de Campo (γ)	Min.	Máx.					
C-7 M-1 Talud 0,00 - 2,50 GC	1,68	1,37	2,33	45,093	22,70	31,764	82,300	26,142



Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concretos, Pavimentos y Control de Calidad

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (MTC E-107 ASTM D-422)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL

CALICATA : 8

UBICACIÓN : Km. 15+740 - 15+900

PROGRESIVA : Km. 15+800

ESTRATO : 1

PROFUNDIDAD : 0,00 - 2,50

LADO : IZQ.

FECHA : 12/06/2014

Tamices ASTM	Apertura en mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones A
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0	
2 1/2"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0	
2"	50,800	0,0	0,0	0,0	100,0	
1 1/2"	38,100	165,0	8,1	8,1	91,9	
1"	25,400	63,0	3,1	11,2	88,8	
3/4"	19,050	61,0	3,0	14,2	85,8	
1/2"	12,700	60,0	2,9	17,1	82,9	
3/8"	9,525	58,0	2,8	19,9	80,1	
No.04	4,760	119,0	5,8	25,7	74,3	
No.10	2,000	96,0	4,7	30,4	69,6	
No.20	0,840	84,0	4,1	34,5	65,5	
No.40	0,420	568,0	27,8	62,3	37,7	
No.100	0,149	302,0	14,8	77,1	22,9	
No.200	0,074	85,0	4,2	81,3	18,7	
< 200						
TOTAL						

DATOS DE LA MUESTRA	
Peso inicial	Grs. 2046,00
Peso fracción	Grs. 0,00

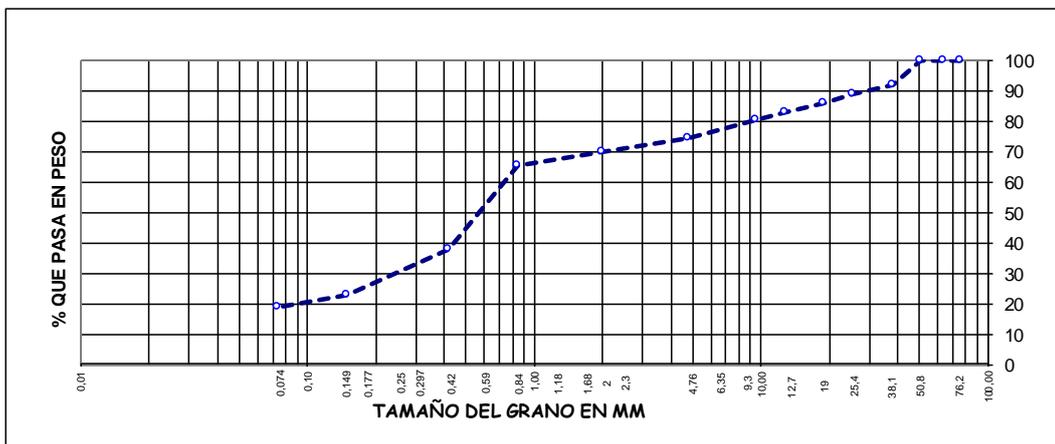
CONSTANTES FISICAS	
Limite Liquido	% 28,85
Limite plastico	% 24,22
Indice Plastico	% 4,63

Grava	% 25,70
Arena	% 55,60
Fino	% 18,70
Total	% 100,00

CLASIFICACION	
SUCS	: SC-SM
AASHTO	: A-1-b (0)

OBSERVACIONES	

CURVA GRANULOMETRICA





Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concretos, Pavimentos y Control de Calidad

LIMITES DE CONSISTENCIA (MTC E-111 ASTM D-4318)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL

ESTRATO : 1

CALICATA : 8

PROFUNDIDAD : 0,00 - 2,50

UBICACIÓN : Km. 15+740 - 15+900

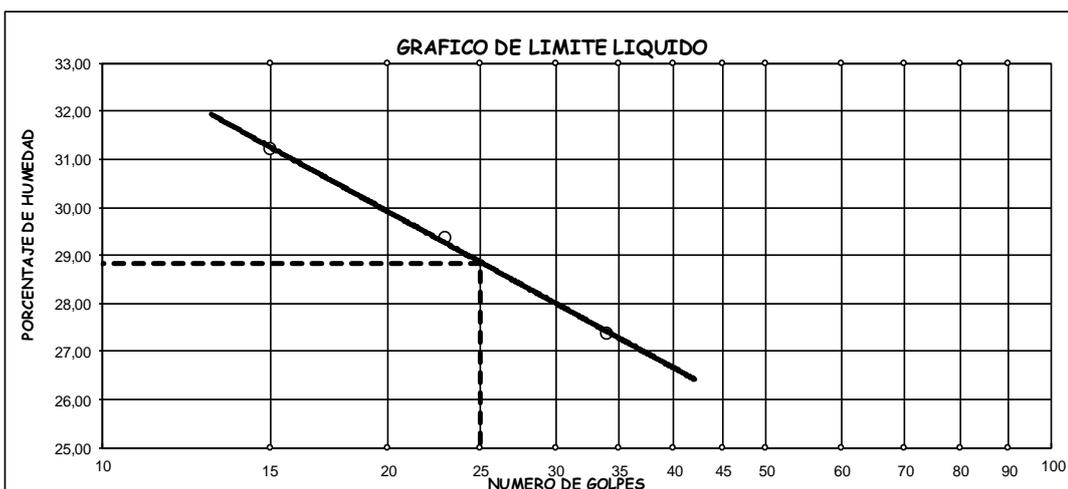
LADO : IZQ.

PROGRESIVA : Km. 15+800

FECHA : 12/06/2014

LIMITE LIQUIDO				
Nº de tara	12	15	13	
Peso tara + suelo húmedo	29,71	26,51	34,88	
Peso tara + suelo seco	25,74	23,03	29,25	
Peso tara	11,23	11,18	11,21	
Peso del agua	3,97	3,48	5,63	
Peso suelo seco	14,51	11,85	18,04	
Humedad (%)	27,36	29,37	31,21	
Nro. de golpes	34	23	15	

LIMITE PLASTICO				
Nº de tara	1T	2T		
Peso tara + suelo húmedo	12,32	13,51		
Peso tara + suelo seco	10,74	11,72		
Peso tara	4,26	4,28		
Peso del agua	1,58	1,79		
Peso suelo seco	6,48	7,44		
Humedad (%)	24,38	24,06		
Humedad promedio	24,22			



LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE DE PLASTICIDAD
LL (%) : 28,85	LP (%) : 24,22	IP (%) : 4,63



DENSIDAD NATURAL (ASTM D 1556)

PROYECTO : TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv . CARA CARA - LAMPA"

SOLICITANTE : Bach. OLIGARIO CABANA TICONA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : TALUD NATURAL	ESTRATO : 1
CALICATA : 8	PROFUNDIDAD : 0,00 - 2,50
UBICACIÓN : Km. 15+740 - 15+900	LADO : IZQ.
PROGRESIVA : Km. 15+800	FECHA : 12/06/2014

ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO - METODO CONO Y ARENA

Fecha	30/05/2014	-		
Ubicación	C - 1	-		
Profundidad	.	-		
Capa	T.Natural	-		

1	Peso del Frasco + arena Gr	7206	-		
2	Peso Frasco + arena sobrante Gr	2198	-		
3	Peso arena empleada (1-2)	5008	-		
4	Peso arena del cono Gr	1508	-		
5	Peso arena del hueco (3-4)	3500	-		
6	Densidad de la Arena Gr/cc	1,39	-		
7	Volumen de Hueco cc (5-6)	2518	-		
8	Peso de Tara Gr	0	-		
9	Peso del Suelo + Grava+Tara Gr	4038	-		
10	Peso retenido en el Tamiz No 4 " + Tara Gr	0	-		
11	% Grava No 4	0,0	-		
12	Peso especifico de la grava g/cc	2,54	-		
13	Volumen de la grava c.c. (10 - 8) / (12)	0,0	-		
14	Peso del suelo pasante No 4 (9-10)	4038	-		
15	Volumen del suelo pasante No 4 (7-13)	2518	-		
16	Densidad humeda g/cc	1,60	-		
17	Contenido de Humedad	-	-		
18	Densidad seca g/cc (16*100) / (17+100)	-	-		
		-	-		

CUADRO N° 1

CALCULO DE LA DENSIDAD RELATIVA Y ANGULO DE FRICCION INTERNA

PROYECTO: TESIS "EVALUACION GEOTECNICA PARA ESTABILIDAD DE TALUDES DE CARRETERA Dv. CARA CARA - LAMPA"
LOCALIDAD: LAMPA
PROVINCIA: LAMPA
DPTO.: PUNO
SOLICITADO: Bach. OLIGARIO CABANA TICONA
PROGRESIVA: Km. 15+800
FECHA: Junio del 2014

Calicata Muestra Ubicación Prof. SUCS	Densidades secas			Densidad Relativa (DR) %	% que pasa la malla N° 200	Meyerhaf 0.15*DR+25 Ang. de Fricc. interna (ϕ)	Factor de Corrección "n" 100-%N°200)+	Corrección del Angulo de Fricc. interna (ϕ)
	Natural de Campo (γ)	Min.	Máx.					
C-8 M-1 Talud 0,00 - 2,50 SC-SM	1,60	1,39	2,29	33,979	22,70	30,097	82,300	24,770

ANEXO VII

PLANOS

- ❖ **Plano de Ubicación**
- ❖ **Plano Geológico local**