

**UNIVERSIDAD DE HUANUCO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL**



**UDH**  
UNIVERSIDAD DE HUANUCO  
<http://www.udh.edu.pe>

**TESIS**

---

**“SISTEMA DE BANQUETAS PARA LA ESTABILIZACION DE  
LADERA UBICADA EN EL KM 180+300 DE LA RUTA NACIONAL  
PE-3N - SAN RAFAEL HUANUCO - 2021”**

---

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR: Saavedra Rodriguez, Diego Favio

ASESOR: Guarniz Flores, Joel Luis

HUÁNUCO – PERÚ

2022



# U

### TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis ( X )
- Trabajo de Suficiencia Profesional ( )
- Trabajo de Investigación ( )
- Trabajo Académico ( )

**LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:** Geotecnia  
**AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN** (2020)

### CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

**Área:** Ingeniería, Tecnología

**Sub área:** Ingeniería ambiental

**Disciplina:** Geotecnia

# D

### DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título Profesional de Ingeniero Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

- Propio ( X )
- UDH ( )
- Fondos Concursables ( )

### DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 76439376

### DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 46064394

Grado/Título: Maestro en ingeniería, con mención en: gestión ambiental y desarrollo sostenible

Código ORCID: 0000-0003-1651-8683

# H

### DATOS DE LOS JURADOS:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Jacha Rojas, Johnny Prudencio	Maestro en ingeniería de sistemas e informática con mención en: gerencia de sistemas y tecnologías de información	40895876	0000-0001-7920-1304
2	Trujillo Ariza, Yelen Lisseth	Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental	70502371	0000-0002-5650-3745
3	Alvarado Romero, Juan Alex	Ingeniero civil	22507095	0000-0002-0596-8729

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO  
PROFESIONAL DE INGENIERO (A) CIVIL**

En la ciudad de Huánuco, siendo las 9:58 horas del día 23 del mes de Agosto del año 2022, en el Auditorio de la Facultad de Ingeniería, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron el **Jurado Calificador** integrado por los docentes:

Mg. Johnny Prodanuo Jodra Rojas (Presidente)

Mg. Yelen Lisseth Trujillo Ariza (Secretario)

Ing. Juan Alex Alvarado Romero (Vocal)

Nombrados mediante la Resolución N° 1636-2022-D-FI-UDH, para evaluar la **Tesis** intitulada:

"Sistema de Banquetas para la Estabilización de Ladera ubicada en el KM-180+300 de la ruta Nacional PE-3N - San Rafael Huánuco - 2021"

presentado por el (la) Bachiller Diego Favio Saavedra Rodríguez para optar el Título Profesional de Ingeniero (a) Civil.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo (a) APROBADO por UNANIMIDAD con el calificativo cuantitativo de 16 y cualitativo de BUENO (Art. 47)

Siendo las 10:07 horas del día 23 del mes de Agosto del año 2022, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

  
\_\_\_\_\_  
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
Secretario

  
\_\_\_\_\_  
Vocal

## **DEDICATORIA**

*A mi madre Jakely, mi padre Pedro y mi abuelo Marino, los que me enseñaron teniendo a Jehová como su guía, a tener respeto por las personas, amarlas, así como ver la vida y su alrededor como el regalo máspreciado entregado por Jehová y así tener siempre presente que las acciones que realicemos las hagamos sin interés alguno, teniendo como única satisfacción el ayudar y ver una sonrisa en el prójimo. Por todo lo que he recibido, dedico esta tesis con todo mi amor, esfuerzo y sacrificio.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Expreso mi agradecimiento a todas las personas que de una u otra forma aportaron un granito de arena para el desarrollo de esta investigación; a los profesionales involucrados, que, con su conocimiento y experiencia, nos permiten tener la base fundamental para saber que todo el esfuerzo realizado, vale pena y es un paso más para la realización de nuestros sueños.

De igual forma, agradezco a todos los familiares y amigos, que estuvieron presentes para incentivarme a no desmayar y seguir adelante, en la ejecución de este trabajo de investigación.

## INDICE

DEDICATORIA .....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
INDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS .....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
RESUMEN.....	XI
SUMMARY.....	XII
INTRODUCCION.....	XIII
CAPITULO I.....	15
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	15
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	15
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	17
1.3. OBJETIVO DE LA INVESTIGACION .....	17
1.3.1. OBJETIVO GENERAL .....	17
1.3.2. OBJETIVO ESPECIFICO.....	17
1.4. JUSTIFICACIÓN .....	18
1.5. LIMITACIONES.....	18
1.6. VIABILIDAD .....	18
CAPITULO II.....	19
MARCO TEORICO .....	19
2.1. ANTECEDENTES .....	19
2.2. BASES TEÓRICAS.....	24
2.2.1. TALUD .....	24
2.2.2. MÉTODOS USADOS PARA LA ESTABILIZACIÓN. ....	26
2.2.3. FORMAS DE LA SUPERFICIE DE FALLA.....	26
2.2.4. MÉTODOS PARA EL ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD: .	27

2.2.5. CRITERIO DE MOHR-COULOMB.....	31
2.2.6. CRITERIO DE HOEK & BROWN.....	32
2.2.7. ÍNDICE DE RESISTENCIA GEOLÓGICA (GSI) .....	35
2.2.8. ENSAYO DE CONO DE ARENA. ....	37
2.2.9. SOFTWARE ROCKLAB.....	39
2.2.10. SOFTWARE AUTOCAD CIVIL 3D. ....	39
2.2.11. SLIDE 6.0. ....	40
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES:.....	42
2.4. HIPÓTESIS: .....	46
2.4.1. HIPOTESIS GENERAL:.....	46
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS: .....	46
2.5. VARIABLES: .....	46
2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE: .....	46
2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE:.....	46
2.6. OPERACIONALIZACION DE VARIABLES: .....	47
CAPITULO III .....	48
METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION.....	48
3.1. TIPO DE INVESTIGACION.....	48
3.1.1. ENFOQUE .....	48
3.1.2. ALCANCE O NIVEL.....	48
3.1.3. DISEÑO .....	48
3.2. POBLACION Y MUESTRA .....	49
3.2.1. POBLACION.....	49
3.2.2. MUESTRA .....	49
3.3. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS.....	49
3.3.1. PRUEBAS ESTANDARIZADAS: .....	49

3.3.2. INSTRUMENTO DE RECOPIACIÓN DE VALORES:.....	50
3.4. TECNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE LA INFORMACION.....	50
CAPITULO IV.....	51
RESULTADOS .....	51
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS: .....	51
4.1.1. HIDROLOGÍA. ....	51
4.1.2. GEOLOGÍA. ....	53
4.1.3. SISMICIDAD.....	55
4.1.4. TRABAJOS DE CAMPO .....	56
4.1.5. TRABAJOS DE LABORATORIO .....	56
4.1.6. PERFIL ESTRATIGRÁFICO .....	58
4.1.7. METODOLOGIA DE CALCULO .....	59
4.1.8. PARÁMETROS GEOTÉCNICOS .....	59
4.1.9. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE LA LADERA.....	63
4.1.9.1. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE LA LADERA EN CONDICIÓN SECA.....	63
4.1.9.2. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE LA LADERA EN CONDICIÓN HUMEDA.....	64
4.1.9.3. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE LA LADERA EN OTRAS SECCIONES CRITICAS.....	65
4.1.10. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DEL SISTEMA DE BANQUETAS PROPUESTO.....	69
4.1.10.1. ANÁLISIS ESTATICO DEL SISTEMA DE BANQUETAS PROPUESTO.....	70
4.1.10.2. ANÁLISIS PSEUDO-ESTATICO DEL SISTEMA DE BANQUETAS PROPUESTO.....	71
4.2. CONTRASTACION DE HIPOTESIS Y PRUEBA DE HIPOTESIS.....	72

4.2.1. HIPÓTESIS GENERAL:.....	72
4.2.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS: .....	73
CAPITULO V.....	75
DISCUSION DE RESULTADOS .....	75
CONCLUSIONES .....	76
RECOMENDACIONES.....	77
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	78
ANEXOS.....	80

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Estimación en campo de resistencia a la compresión uniaxial .....	35
Tabla 2 Resultados de los ensayos estándar .....	57
Tabla 3 Resultados de los ensayos especiales .....	57
Tabla 4 Parámetros geológicos para el macizo .....	59
Tabla 5 Factores de seguridad de las secciones más críticas de la ladera .	68
Tabla 6 Factores de seguridad de la propuesta de un Sistema de Banquetas .....	72

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Nomenclatura de taludes y laderas. ....	24
Figura 2 Elemento de una ladera.....	25
Figura 3 Partes de un Talud o Ladera .....	25
Figura 4 Formas de la superficie de falla .....	27
Figura 5 Clasificación de Métodos de Estabilidad.....	28
Figura 6 Método de análisis de estabilidad de taludes .....	29
Figura 7 Fuerzas que actúan sobre las dovelas en el método de Spencer .	30
Figura 8 Envolvente del Criterio de rotura lineal de Morh-Coulomb, entre la tangencial y la tensión normal.....	31
Figura 9 Envolvente de Hoek y Brown, que comparan el esfuerzo máximo y mínimo .....	33
Figura 10 Pautas para estimar los factores de modificación de los criterios de rotura de Hooke y Brown .....	34
Figura 11 Índice Geológico de Resistencia (GSI) .....	36
Figura 12 Equipos para ensayo Cono de Arena .....	37
Figura 13 Métodos de estabilización en el Slide 6.0. ....	40
Figura 14 Definir propiedades de material en el Slide 6.0 .....	41
Figura 15 Precipitación pluvial acumulada promedio.....	51
Figura 16 Registro de precipitación mensual promedio en la estación Cayna .....	52
Figura 17 Geología de la Ladera de San Rafael – Progresiva Km. 180+300 .....	53
Figura 18 Estratos diversos identificados .....	54
Figura 19 Ubicación de ladera en la zonificación sísmica nacional .....	55
Figura 20 Perfil estratigráfico inferido .....	58
Figura 21 Definición de propiedades del material según el criterio de Mohr-Coulomb .....	60
Figura 22 Definición de propiedades del material según el criterio de Hoek - Brown.....	61
Figura 23 Cálculo de parámetros y contantes de los macizos rocosos .....	62
Figura 24 Parámetros Geológicos – Geotécnicos.....	62
Figura 25 Sección 180+300, análisis estático en condición “seca”.	

F.S.=1.073 .....	63
Figura 26 Sección 180+300, análisis estático en condición “húmeda”.	
F.S.=0.791 .....	64
Figura 27 Sección 180+360, análisis estático en condición “seca”. F.S.=1.23	
.....	65
Figura 28 Sección 180+360, análisis estático en condición “húmeda”.	
F.S.=0.95 .....	66
Figura 29 Sección 180+440, análisis estático en condición “seca”. F.S.=1.27	
.....	67
Figura 30 Sección 180+440, análisis estático en condición “húmeda”.	
F.S.=0.87 .....	68
Figura 31 Esquema del Sistema de Estabilización .....	69
Figura 32 Sección de estabilización. Análisis estático. F.S.=1.834 .....	70
Figura 33 Sección de estabilización. Análisis pseudo-estático (kh = 0.125).	
F.S.=1.35 .....	71

## RESUMEN

En la siguiente investigación se determinó cómo propuesta, un Sistema de Banquetas, la misma que permite la estabilización de una ladera a través de un modelamiento en el software Slide 6.0. Para el desarrollo de este trabajo de investigación, empleó una metodología con enfoque cuantitativo y nivel explicativo, siendo el diseño, no experimental. La población está delimitada por toda el área del terreno de la ladera ubicada en el Km 180+300 de la ruta nacional PE-3N – San Rafael – Huánuco.

Para el modelamiento de estabilización de la ladera se consideraron parámetros; como las propiedades del subsuelo, geología, hidrología, topografía y la sismicidad, para así poder reunir datos y elaborar un estudio de estabilización por medio del método de Spencer, teniendo en cuenta los puntos de vista de Mohr-Coulomb y Hoek – Brown, procesándolo en el software Slide 6.0.

Se obtuvo resultados, que dentro de un análisis estático el coeficiente de seguridad en estado seco es de  $FS=1.073$  y en estado húmedo es de  $FS=0.791$ , analizando ambas condiciones se identificó que la ladera presenta inestabilidad y más aún en temporadas de lluvia. Al proponer un sistema de banquetas dentro en un escenario conservador, se llevó a cabo un análisis estático en condiciones húmedas obteniendo un  $FS=1.834$  y un análisis pseudoestático en condiciones húmedas obteniendo un  $FS=1.35$ .

Se concluye que la propuesta de un sistema de banquetas, permite la estabilización moderada a través de un modelamiento de la ladera ubicada en el Km 180+300 de la ruta nacional PE-3N – San Rafael – Huánuco, cumpliendo con los límites del factor de seguridad en condiciones secas y húmedas tanto en un análisis estático como pseudoestático otorgando así la seguridad del usuario vial.

**Palabras clave:** *Análisis estático, análisis pseudoestático, coeficiente de seguridad, sistema de banquetas, ladera, geología, hidrología, topografía.*

## SUMMARY

The next investigation was made to determine how the proposal of a Sidewalk System allows the stabilization of a slope. This study belongs to the quantitative approach, the scope or level of the investigation is explanatory and with a non-experimental design in a population that is delimited by the entire area of the land of the hillside located at Km 180+300 of the national route PE-3N – San Rafael – Huanuco.

Regarding the stabilization of the slope, parameters were considered such as the properties of the subsoil, geology, hydrology, topography and seismicity, in order to collect data and prepare a stabilization analysis through the Spencer method, considering the Mohr-Coulomb and Hoek - Brown criteria, processing it in the Slide 6.0 software.

The results that were obtained within a static analysis the safety factor in dry conditions is  $FS=1.073$  and in humid conditions it is  $FS=0.791$ . When analyzing both conditions, it's identified that the slope presents instability. Therefore, when proposing a Sidewalk System in a conservative scenario, a static analysis was carried out in wet conditions, obtaining a  $FS=1.834$  and a pseudo-static analysis in wet conditions, obtaining a  $FS=1.35$ .

It was concluded that the design of a sidewalk system allows the moderate stabilization of the slope located at Km 180 + 300 of the national route PE-3N - San Rafael - Huánuco, complying with the limits of the safety factor in dry conditions and both in a static and pseudo-static analysis, thus granting the safety of the road user.

### **Keywords:**

*Static analysis, pseudostatic analysis, factor of safety, sidewalk system, hillside, geology, hydrology, topography and seismicity.*

## INTRODUCCION

El presente estudio está referido a la estabilización de una ladera mediante la implementación de un Sistema de Banquetas, la cual está situada en el km 180+300 de la ruta nacional PE-3N – San Rafael – Huánuco. Las características del subsuelo, su orografía y los diferentes agentes externos que presenta el Sector San Rafael como las precipitaciones y las fuerzas horizontales por sismicidad hacen que la ladera mencionada presente riesgos de inestabilidad que pueden ocasionar daños en cualquier momento.

El estudio a esta problemática se da por el interés de identificar la estabilidad de la ladera actual, implementando un Sistema de Banquetas, teniendo como objetivo su diseño; a través de las propiedades, parámetros y factor de seguridad, justificándose por la necesidad de una intervención por el bien de los usuarios viales de la Ruta PE-3N en el Sector San Rafael, pero se limita por la falta de recursos económicos para ensayos que otorguen datos mucho más precisos.

En el marco teórico se establecen conocimientos de las diferentes especialidades ingenieriles, como la geología, hidrología, antisísmica, mecánica de suelos y topografía; estas juntas para poder precisar el comportamiento de estabilización de una ladera, la investigación se apoya mucho de los criterios de Mohr-Coulomb y Hoek & Brown, ejecutando un estudio de estabilidad a través del cálculo por equilibrio límite, no exacto a través de dovelas siendo más precisos utilizando el método de Spencer, la cual nos otorga un factor de seguridad donde se puede conocer el estado de estabilidad.

La investigación es de tipo transversal – explicativo, cuantitativo con una población delimitada por toda el área del suelo de la ladera, lo cual las técnicas de investigación en el campo determinaron las propiedades del subsuelo y la estratigrafía a través de fichas de recolección de datos y ensayos en laboratorio; se graficó la ladera por intermedio de la topografía y se realizó el análisis de modelamiento de estabilidad a través de software Slide 6.0,

teniendo resultados más rápidos y eficaces.

Se tiene como resultado; bajo el diseño de un Sistema de Banquetas, los coeficientes de seguridad que han alcanzado valores de 1.834 en estado estático y 1.35 en estado sísmico, lo cual garantiza la estabilidad de la ladera.

# CAPITULO I

## PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Nuestro país está constituido de zonas con altitudes muy variables que llegan hasta los 5100 m.s.n.m. en la cual se puede recorrer mediante las rutas nacionales; departamentales (regionales) y vecinales o rurales, cada ruta del Perú presenta algo característico de acuerdo a su región que desfavorece el buen flujo del tránsito vehicular, tal es el caso de la Región Sierra que presenta una orografía accidentada debido a la Cordillera de los Andes, sus principales formas de esta región son las montañas, quebradas, laderas o mesetas. Por lo tanto, viene a ser una región con rutas que presentan puntos críticos como las laderas desestabilizadas, los huaicos o derrumbes ya sea estas ocasionadas por factores climáticos, geológicos o de sismicidad.

La región Huánuco ubicada en el centro del país y perteneciente a la región de la Sierra con una altitud media de 1098 m.s.n.m. presenta rutas por las cuales conectan con distintivas ciudades, pueblos y/o caseríos que permite el desarrollo de la comunicación, transporte y economía; una de las rutas más importantes que pasa por la región viene a ser la PE-3N que conecta Cerro de Pasco, Huariaca y Huánuco, una ruta accidentada que viene presentando puntos críticos que cada año son más vulnerables a los desastres que afectan la seguridad del usuario vial. De acuerdo al inventario vial establecido por PROVIAS NACIONAL, existen zonas ya reconocidas que presentan de manera cíclica, cada año estos eventos de deslizamientos de laderas tal como lo viene siendo el Sector de San Rafael, donde se pueden encontrar puntos que presentan la necesidad de obtener estudios para prevenir riesgos en la zona.

San Rafael es un Distrito de la Provincia de Ambo de la región Huánuco, con una altitud media de 2694 m.s.n.m. Se ubica al margen izquierdo del Rio Huallaga entre el km 180+000 al km 183+300 de la ruta PE-

3N, tramo en la cual se encuentran puntos de erosión pluvial, quebradas continuamente colmatadas y agrietamiento de laderas.

Parte del tramo a dicho sector se encuentra un punto crítico que es el de una ladera que requiere ser estabilizada, ubicada exactamente en el Km 180+300, por presentar constantes deslizamientos de material provenientes desde la ladera superior, no solamente en eventos de precipitación, sino también por las mismas fuerzas horizontales producto de la sismicidad de la localidad, lo cual ya desde un inicio evidencia la poca resistencia contra la erosión en su estado actual.

Se puede observar en primera instancia las grietas ya sean de hundimiento y tracción en el margen superior, provocando la filtración de agua por las constantes lluvias en la zona, por lo tanto los materiales que constituyen la ladera son saturados provocando la poca resistencia al esfuerzo cortante, por otro lado están aumentando los empujes hidrostáticos teniendo como resultado general la desestabilización de ladera, estando supeditados a masas en movimiento, por lo que se tiene que realizar una delimitación de las zonas de peligro, antes eventos de remoción de masa. La franja afectada por el deslizamiento se extiende en aproximadamente unos 180.0 m paralela al eje de la vía, en tanto que la afectación vertical debido al deslizamiento se evidencia en un desnivel de casi 100.0 m desde la plataforma, inclusive se observa que en la parte superior aún se están desarrollando superficies de deslizamiento.

Por lo tanto, se requiere realizar un análisis con criterios semejantes a la realidad considerando la sismicidad, precipitación pluvial, topografía y parámetros geotécnicos de los suelos y rocas, que permitirá conocer a que magnitud de riesgo se está exponiendo el usuario del corredor vial en el sector de San Rafael.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. PROBLEMA GENERAL**

¿La propuesta de un Sistema de Banquetas estabilizará la ladera ubicada en el KM. 180+300 de la Ruta Nacional PE-3N del Sector San Rafael - Huánuco?

### **1.2.2. PROBLEMA ESPECIFICOS**

- ¿Cuáles serán las propiedades del subsuelo de la ladera ubicada en el KM. 180+300 de la Ruta Nacional PE-3N del Sector San Rafael – Huánuco?
- ¿Cuáles serán los parámetros que influyen en el estudio de la ladera ubicada en el KM. 180+300 de la Ruta Nacional PE-3N del Sector San Rafael - Huánuco?
- ¿Cuál será el factor de seguridad óptimo para la estabilidad de la ladera ubicada en el KM. 180+300 de la Ruta Nacional PE-3N del Sector San Rafael - Huánuco?

## **1.3. OBJETIVO DE LA INVESTIGACION**

### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Diseñar un sistema de banquetas para la estabilización de la ladera ubicada en el KM. 180+300 de la Ruta Nacional PE-3N del Sector San Rafael – Huánuco.

### **1.3.2. OBJETIVO ESPECIFICO**

- Conocer las propiedades del subsuelo de la ladera ubicada en el KM. 180+300 de la Ruta Nacional PE-3N del Sector San Rafael - Huánuco.
- Conocer los parámetros que influyen en el estudio de la ladera ubicada en el KM. 180+300 de la Ruta Nacional PE-3N del Sector San Rafael – Huánuco.
- Determinar el Factor de Seguridad que garantice la estabilidad de manera estática y pseudoestática de la ladera ubicada en el KM. 180+300 de la Ruta Nacional PE-3N del Sector San Rafael – Huánuco.

#### **1.4. JUSTIFICACIÓN**

Su justificación está basada en gran la importancia de una intervención para deducir el comportamiento de la ladera ubicada en el KM. 180+300 de la Ruta Nacional PE-3N del Sector San Rafael – Huánuco ante factores externos que provocan la inestabilidad y así evaluar la incorporación de un sistema de banquetas que evite futuras catástrofes en la zona.

La investigación presentara información detallada para conocer el comportamiento de estabilidad de laderas o taludes, colaborando así el desarrollo científico a nuestra región.

El procedimiento y los instrumentos para conocer las características y propiedades de una ladera o talud inestable podrán ser utilizados en posteriores investigaciones similares, por la gran capacidad de agrupar información de gran validez para estar más cerca a la realidad de lo investigado.

#### **1.5. LIMITACIONES**

Entre las limitaciones de importancia que presenta este estudio es la estratificación real y con detalles más precisos, por lo que es necesario realizar los ensayos de Penetración Dinámica Ligera, pero ante el peligro que presenta realizar estos ensayos en la ladera por su inestabilidad, la evaluación se dará a través de una proyección visual mediante las visitas en campo y de calicatas de 1.50 a 3.0 m de profundidad.

Existen pocos antecedentes de la región Huánuco, similares a esta investigación que brinden una guía para su desarrollo.

#### **1.6. VIABILIDAD**

Por lo visible que es la inestabilidad de la ladera y lo factible que es la extracción de datos a través de la topografía, la inspección geológica, ensayos de laboratorio y bases teóricas según los criterios que van aportando los investigadores; y el poder procesarlo con un software de modelamiento ante una geodinámica externa, se puede dar como viable la siguiente investigación.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEORICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES**

Luego de realizar una indagación a las diferentes bibliotecas de las universidades como: Universidad Hermilio Valdizan, Universidad de Huánuco, Universidades del Perú y las Universidades internacionales, se han encontrado investigaciones similares, los cuales presentan la siguiente:

##### **2.1.1. A NIVEL INTERNACIONAL:**

Delgado (2018), Ecuador, propuso como investigación estudiar la estabilidad del terrenal en el barrio La Merced en Ecuador. La metodología presentó diseño experimental – descriptivo, trabajó con una población que viene a ser la Loma San Jacinto que abarca 488 320 m<sup>2</sup>. Arribo la siguiente conclusión: El Modelamiento del coeficiente de seguridad determinó que la Loma San Jacinto sea firme de acuerdo a las condiciones de verano, sin embargo, podía afectarse por puntos específicos como el aumento de nivel freático debido a las precipitaciones fluviales de gran intensidad o en su defecto, en invierno y por los sismos; Existe una zona con mayor afectación, la misma que está constituida por la parte alta de la zona de las Lomas, en dirección al río Salinas

Analusia (2019), Ecuador, tuvo como objetivo principal, presentar un diseño referente a la estabilización de laderas en una zona de deslizamiento de Chachi, La metodología presentó un estudio aplicativo, con diseño descriptivo, la muestra conformada por los geo materiales (suelos) del deslizamiento, la técnica usada el análisis documental y la topografía. Los resultados concluyeron que, las laderas de Cachi eran estables en los escenarios actuales, no obstante podría presentarse ante las presencia de factores como el agua y los sismos, inestabilidad, provocada por la reducción de cualidades geo mecánicas, con resistencia a los materiales de acuerdo a lo indicado en el retro análisis del movimiento en masa realizado a través de la topografía del anterior deslizamiento,

de igual forma se sugería como medidas de mitigación la implementación de cunetas de coronación o en su defecto sistemas de alerta temprana, así como pilotes ubicados en la parte en el pie de la quebrada, a lo largo de su trayectoria.

Bernal (2017), México, su estudio tuvo como objetivo general, analizar la estabilidad mediante la metodología de las dovelas. Para su investigación, presentó un diseño experimental – descriptivo. Arrojó resultados, siendo el coeficiente de seguridad más crítico, por debajo de la unidad, con inestabilidad al momento del corte. El estudio concluyó, que el análisis de estabilidad más eficaz, se hiciera mediante la metodología de bloques en donde, los parámetros recuperados en laboratorio se emplearon para conseguir resultados más cercanos a la realidad.

### **2.1.2. A NIVEL NACIONAL:**

Carpio (2020), Lima, su estudio tuvo como objetivo general, realizar por medio de una evaluación de laderas, la vulnerabilidad de los habitantes en las zonas de medio a alto riesgo, con propuestas de soluciones viables desde el punto de vista económico, al alcance de las autoridades, con el propósito de dar garantías a la integridad de la población. La metodología utilizada fue de tipo descriptiva y analítica, con un tamaño de población representativo de todas las áreas afectadas por los deslizamientos en las zonas de Lutto, Llusco y Kututo, mediante el análisis de estabilidad. Determinó las conclusiones siguientes: 1) Se demostró que las deficiencias de estabilidad de taludes fueron producto de la saturación de los suelos, debido a la presencia de lluvias, así como la actividad sísmica, por el aumento del nivel freático en cada zona. 2) Como opción para la solución de la inestabilidad de taludes, se propuso la modificación de la de geometría del talud natural, con el desarrollo de cortes y rellenos de enrocado de tipo medio resistente. 3) Asimismo se concluyó que de acuerdo al aumento del nivel freático, el coeficiente de seguridad de algunas zonas, no era aparente, generando como resultado los deslizamientos.

Hurtado (2017), Trujillo, propuso como objetivo general, desarrollar un estudio de comparación, desde el punto de vista técnico y económico, entre

tres sistemas constructivos, empleados para la contención de estructuras y obras de arte en carreteras, asimismo comparar los factores económicos y logísticos para el desarrollo y puesta en funcionamiento de la alternativa idónea para la solución respectiva. Con un tipo de estudio exploratorio, descriptivo y aplicativo, trabajó con una población usuaria representativa los de la vía de la carretera tramo Kishuara puente Sahuinto. Arribo las conclusiones siguientes: 1) Como primer punto, presentó una opción técnica, económica, para solucionar a la deficiencia de estabilidad de taludes en el sector comprendido por el Km 324+580 al Km 324+650, con la garantía de la estabilidad de la vía en la zona. 2) Concluyó también que los tres sistemas estudiados, cumplían con los requerimientos de empuje para la estabilización de taludes en las carreteras, teniendo en cuenta, el propio empuje del material de relleno.

Mamani (2016), Puno, propuso como objetivo principal, estudiar la estabilidad de taludes en compacto rocoso de la carretera, mediante la compresión simple y resistencia a la caracterización geológica. Su metodología estuvo basada en un diseño no experimental y descriptivo; utilizó una muestra de tres taludes de interés en la vía. Arribo la siguiente conclusión: El estudio de estabilidad de taludes por medio del sistema del equilibrio límite, se estableció el tipo de rotura y coeficiente de seguridad en cada uno de los tramos estudiados: km 1+580 al 1+700 FS=1.02; km 1+400 al 1+580 FS=1.79; km 2+500 al 2+620 FS=1.87; km 2+620 al 2+760 FS=3.89.

Gomez, Guadalupe, Bedia y Chacon (2017), Lima, tuvo como objetivo general, determinar el estado de estabilidad de la zona de Madrigal – en la región Arequipa, se trabajó mediante la recolección de datos de la zona, un análisis fotogramétrico, levantamiento topográfico, mapeo geológico, recolección de muestras para ensayo geotécnicos y elaborando una modelación Digital para reconocer las geoformas presentadas en el área de estudios. Como resultado se obtuvo que uno de los factores de la alta vulnerabilidad de Madrigal era el suelo sobre el cual se asentaba el poblado, además la profundidad del nivel freático oscilaba de 12 a 13 metros, lo que generaba sobresaturación y deficiencia en la resistencia de los suelos. Arribo

a las siguientes conclusiones: 1) El modelado geotécnico arrojó una imperfección del talud en la parte superior entre la cota 3265 m y 3250 a diferencia de la parte baja que deformación del terreno en función a los agrietamientos que se presentan entre las cotas 3080 m y 3145 m. 2) El estudio de estabilidad del deslizamiento con respecto a los estudios geofísicos y los estudios geotécnicos evidenció que siendo una condición estática el valor del FS, era 0.8 y en condición pseudo estática, el FS era 0.5 en promedio.

### **2.1.3. A NIVEL REGIONAL:**

Martínez (2019), Huánuco, su objetivo general fue, comprobar la estabilidad del talud en la falla geológica a través del método de equilibrio límite entre los progresivas km 37+700 al km 37+800 (ruta nacional PE+18A) en Pachachupán. Con un diseño transversal – descriptivo, trabajó con una población delimitada por el suelo del centro poblado de Pachachupán de la Carretera Central del Tramo Huánuco – Tingo María (Ruta Nacional PE+18A). Arribo las siguientes conclusiones: 1) Existía una condición de inestabilidad del talud en la falla geológica, de acuerdo con los análisis. 2) El coeficiente de seguridad (FS) para la condición estática y pseudo estática del talud N°01 era de 0.381 y 0.214, respectivamente. 3) Los parámetros utilizados por el método de equilibrio límite, fueron: propiedades físicas (granulometría, límites de consistencia, peso unitario seco, gravedad específica y contenido de humedad) y parámetros de resistencia cortante. Este antecedente contiene instrumentos para medir variables de investigación para adaptarse a la presente investigación.

García (2017), Huánuco, se trazó como objetivo elaborar un método de estabilización de taludes apropiados, en la carretera PE 3N km. 263+100, para avalar la estabilidad de los taludes. Su metodología de investigación consistió en un diseño no experimental y descriptivo; la muestra de estudio fue del tramo Huánuco – La Unión. Sus conclusiones fueron: 1) Al involucrar una serie de parámetros como la sismicidad, geología, la topografía, geotecnia, entre otros, para el diseño de los muros con el uso de geo sintéticos reforzados y

teniendo en cuenta el estudio de estabilidad de taludes, sus resultados serían de mayor confianza, asemejándose a la realidad. 2) El muro reforzado con geotextil, obtuvo como resultado del coeficiente de seguridad al deslizamiento de 2.87, al volcamiento 5.93, a la capacidad 3.05; dichos valores sobrepasaban los valores mínimos recomendados, concluyéndose que las dimensiones del muro eran las correctas. Este antecedente contiene instrumentos para medir variables de investigación para adaptarse a la presente investigación.

Espinoza (2019), Huánuco, se trazó como objetivo determinar los coeficientes de seguridad de los taludes inestables de una carretera de la región Huánuco. Con un diseño no experimental – descriptivo, trabajó con una muestra comprendida entre el tramo del km 100+00 al km 115+000 de la carretera Huánuco-La Unión. Llegó a las siguientes conclusiones: 1) Los parámetros geotécnicos establecían que el coeficiente de seguridad presentaba un peso propio de la masa deslizante que vendría a ser la principal fuerza desestabilizadora, en donde la densidad del suelo era de gran relevancia. 2) En los 8 taludes inestables identificados, se alcanzaron factores de seguridad  $<1$ . 3) De igual forma, los coeficientes de seguridad presentaban valores menores para demandas sísmicas a diferencia de las estáticas

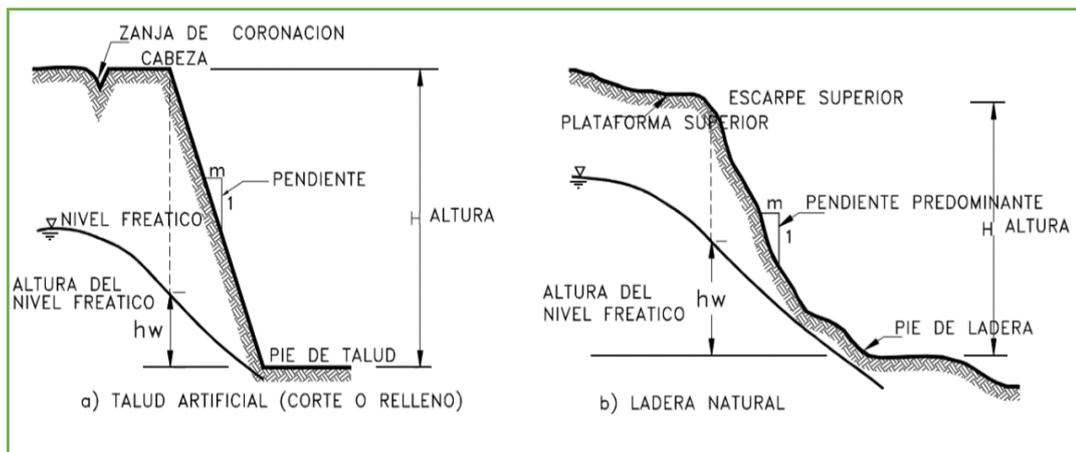
## 2.2. BASES TEÓRICAS

### 2.2.1. TALUD

La ladera o talud, consiste en una masa de tierra sin forma plana, con presencia de alturas significativas o pendientes. En las laderas que por muchos años ha estado estables, suelen presentarse fallas de manera imprevista, generados por flujos de agua subterránea, cambios topográficos, cambios en la resistencia del suelo, por sismicidad, meteorización o causas de tipo antrópico o natural las cuales ocasionan cambios en la estabilidad de su estado natural (Suarez, 2009).

#### Figura 1

*Nomenclatura de taludes y laderas.*



FUENTE: Suarez 2009.

#### Partes de un Talud.

Está compuesta por una parte superior convexa como una cresta, sobre la cual se muestran técnicas de erosión o denudación; también presenta una parte baja cóncava como un pie y una intermedia semirrecta, en este suceden procesos principalmente de deposición.

## Figura 2

### Elemento de una ladera

**Pie, pata o base.** viene a ser el cambio brusco de la pendiente, ubicado en el inferior del talud. La forma del pie de una ladera es cóncava, en la mayoría de veces.

**Cabeza, cresta, cima o escarpe.** viene a ser el cambio brusco de la pendiente, ubicada parte superior del talud. Cuando resulta que la pendiente de este punto hacia abajo es semivertical, se llama escarpe, estos pueden concordar con coronas de deslizamientos. La cabeza por lo general, es convexa.

**Altura.** es la separación vertical entre el pie y la cabeza, se presenta en taludes artificiales; pero es difícil de cuantificar en las laderas ya que estos por lo general, no son accidentes topográficos bien notorios.

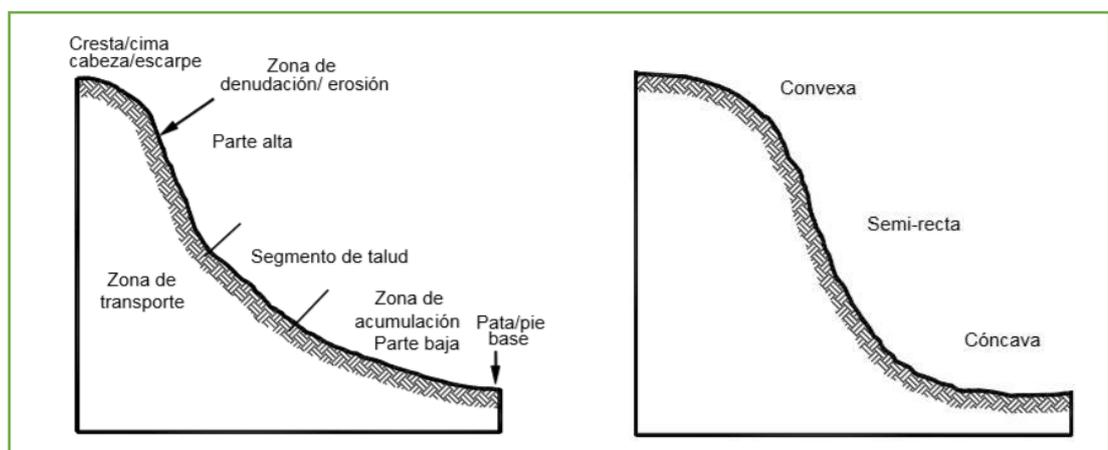
**Altura de nivel freático.** Es la separación vertical desde el pie del talud hasta el nivel de agua (la presión en el agua es igual a la presión atmosférica). La altura del nivel freático por lo general se mide debajo de la cabeza del talud.

**Pendiente.** viene a ser la inclinación de la superficie del talud. Se mide en grados, porcentaje o en relación m:1, siendo m la distancia horizontal que corresponde a una unidad de distancia vertical.

FUENTE: Suarez 2009.

## Figura 3

### Partes de un Talud o Ladera



FUENTE: Suarez 2009.

### **2.2.2. MÉTODOS USADOS PARA LA ESTABILIZACIÓN.**

Luego de establecer el estado de estabilidad de la ladera, se procede a la selección de métodos combinados de estabilización que, en base a un análisis realizado, deben evidenciar su capacidad para dar solución a los problemas de la estabilidad. Posteriormente deberá evaluarse en condiciones pseudoestáticas y también estáticas (El Peruano, 2006)

**Sistema de Banquetas:** Este sistema se emplea para proteger el talud de la infiltración y erosión, mediante la reducción del ángulo efectivo. Sabiendo que hay un periodo de máximas avenidas de caudal en los ríos, las banquetas se diseñan para realizar un control de la infiltración, de tal forma que la pendiente traslade el agua de lluvias a un río u otra opción como un sub-dren especial. Este sistema también se diseña con un fin de inspección de comunicación o también para el aprovechamiento de áreas de agricultura, generando así, dos métodos de reforzamiento. (Asociación de carreteras del Japón, 1984)

Se debe tener en cuenta en el momento del diseño, los accesos, los mismo que debe ser utilizados para mantenimiento, inspecciones o en todo para el desarrollo de la agricultura. Siendo importante que el diseño presente un idóneo talud de corte, en referencia a la viabilidad económica, a las propiedades de los suelos y demás condiciones.

### **2.2.3. FORMAS DE LA SUPERFICIE DE FALLA**

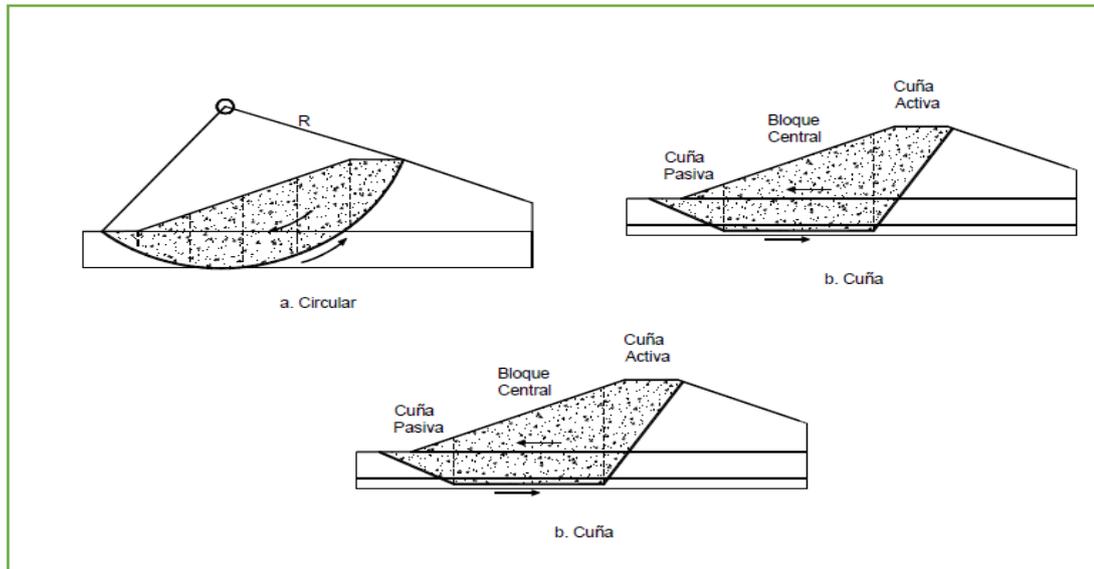
Las técnicas de límite de equilibrio se emplean cuando las fallas se originan por los deslizamientos de rotación o traslación en determinadas superficies de falla. En la actualidad se vienen ejecutando modelos cuyas superficies de falla son no geométricas.

En las rocas blandas (suelos), estas superficies suelen presentar una superficie curva, además, suelen denominarse como “superficies de falla rotacionales o también círculos de falla”. En lo que refiere al análisis de

estabilidad, debe establecerse el coeficiente de seguridad sobre la superficie además de la localización de la superficie de falla crítica (Suarez 2002).

**Figura 4**

*Formas de la superficie de falla*



FUENTE: (U. S. Corps of Engineers, 2003)

#### **2.2.4. MÉTODOS PARA EL ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD:**

Existen metodologías como los métodos numéricos, de límite de equilibrio y los dinámicos para determinar el estudio de flujos y caídos de roca (Suarez 2002).

##### **Metodología de Equilibrio Límite:**

Permite obtener un coeficiente de seguridad y mediante un estudio regresivo, conseguir los datos de la resistencia al cortante en el momento de la falla, esta metodología es fácil de usar y además permite examinar las fallas traslacionales, las fallas en cuña, las rotacional y las de inclinación (Suarez 2002).

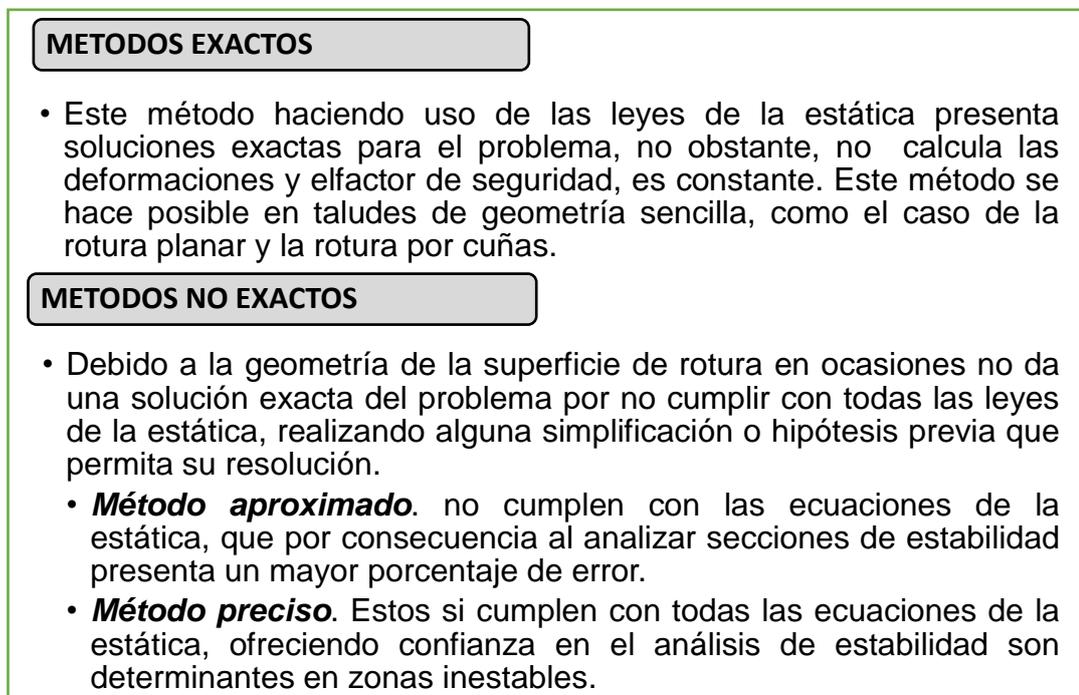
Este análisis permite conocer la capacidad suficiente de resistencia en los suelos del talud para que este pueda absorber las fuerzas de cortante que

suelen generar el deslizamiento o falla. Además, esta metodología permite combinaciones probabilísticas de técnicas (Stead y otros, 2000).

Asimismo, el factor de seguridad viene a ser la semejanza de la resistencia al corte real, calculada de los esfuerzos de corte críticos que suelen producir la falla y del material del talud, en referencia a una superficie con una posible falla. (Fellenius 1922).

## Figura 5

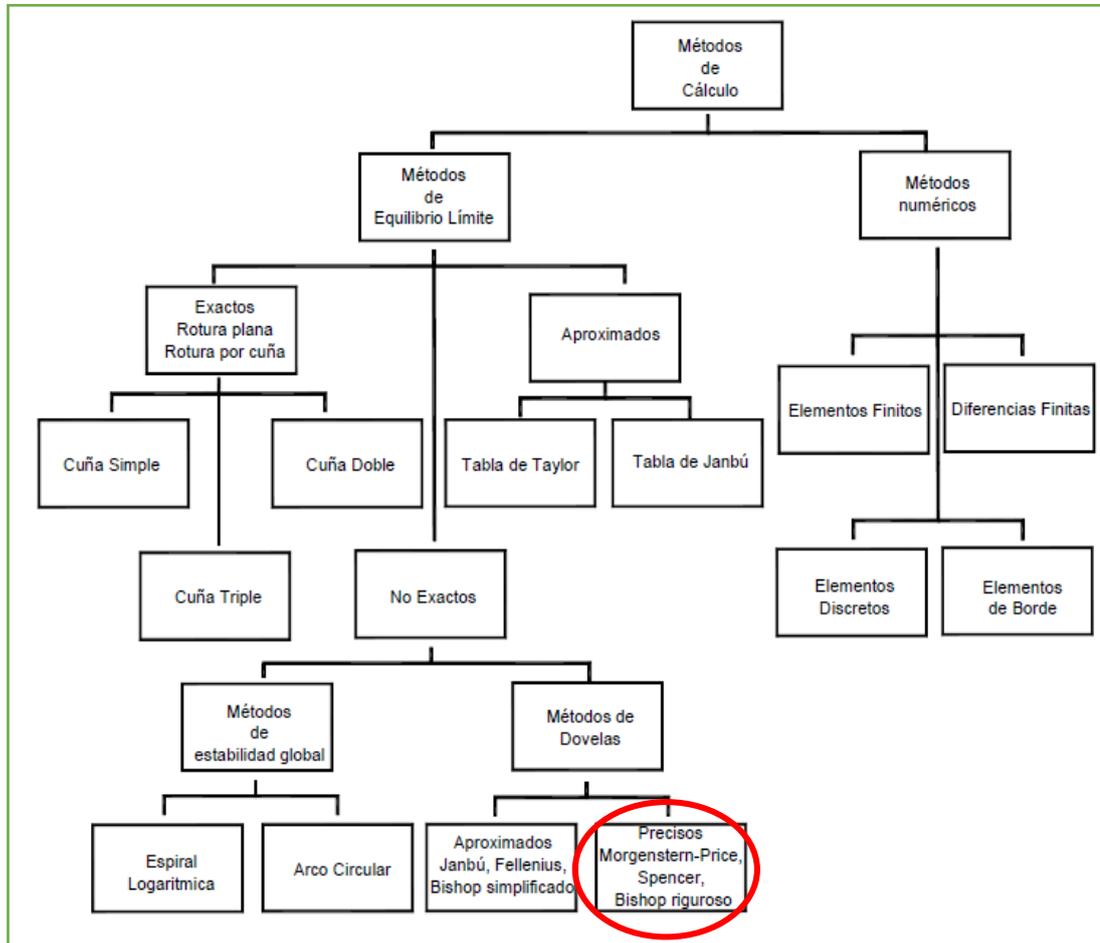
### *Clasificación de Métodos de Estabilidad*



FUENTE: (U. S. Corps of Engineers, 2003)

**Figura 6**

*Método de análisis de estabilidad de taludes*



FUENTE: (Suarez 2002)

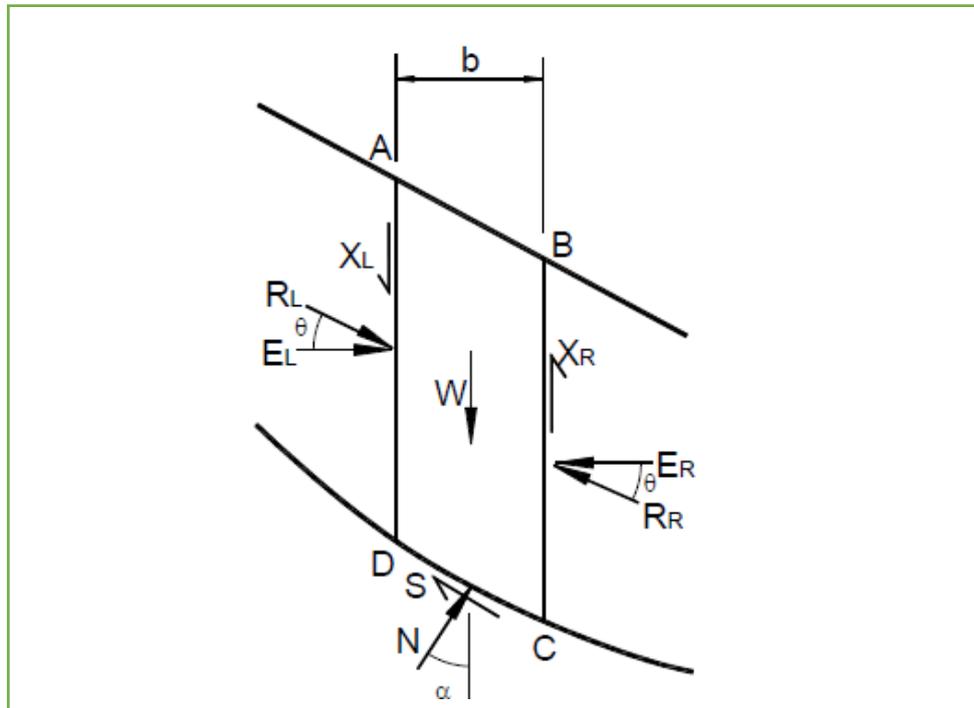
▪ **Método de Spencer**

Este método repara completamente el equilibrio en momentos y esfuerzos. En este método, hay dos ecuaciones: el equilibrio de fuerzas y la de momentos, estas sirven para realizar el cálculo de los ángulos de inclinación de las fuerzas entre dovelas  $\theta$  y los factores de seguridad  $F$ .

Asimismo, este método es aplicable y preciso, generalmente para todo tipo de perfiles de suelo y geometría de talud, también viene a ser el método más sencillo y completo, el cual permite calcular el coeficiente de seguridad (Duncan y Wright, 2005).

## Figura 7

*Fuerzas que actúan sobre las dovelas en el método de Spencer*



FUENTE: Duncan y Wright, 2005

Para la resolución de las ecuaciones  $F$  y  $\theta$ , se hace uso de un sistema de ensayo y error, en el cual se toman los valores de estos factores constantemente hasta conseguir un nivel admisible de error. Posterior a ello, los datos obtenidos de  $F$  y  $\theta$ , pasa a calcularse el resto de las fuerzas las dovelas individuales.

## 2.2.5. CRITERIO DE MOHR-COULOMB

Viene a ser la gráfica de la tensión normal y tangencial, en la superficie de falla, graficándose la envolvente de Morh Coulomb para obtener la cohesión y ángulo de fricción del material en investigación, para fines de análisis geotécnicos.

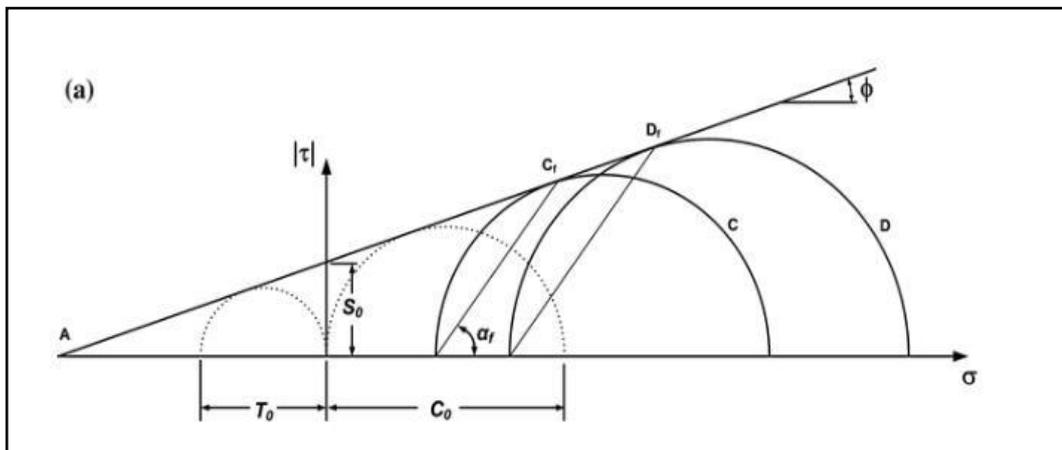
$$\tau = c + \sigma_n \operatorname{tag} \phi$$

Donde:

- $\tau$  y  $\sigma_n$  es la tensión tangencial y normal en el plano de rotura.
- $c$  y  $\phi$  es la cohesión y ángulo de fricción interna del suelo.

**Figura 8**

*Envolvente del Criterio de rotura lineal de Morh-Coulomb, entre la tangencial y la tensión normal*



FUENTE: (Suarez, Deslizamientos: Análisis Geotécnico, 2002)

El criterio de Mohr – Coulomb tiene como a la sencillez como ventaja, asimismo involucra una fractura por corte al conseguir la resistencia de pico del material. Asimismo, puede presentar los siguientes inconvenientes:

**Cohesión:** La cohesión es una propiedad mecánica del suelo y mide la adhesión entre las partículas del suelo. También se convierte en una propiedad importante junto con el ángulo de fricción que resiste esfuerzos

cortantes por cementación o adhesión, pero en suelos granulares sin cementación o adhesión la cohesión es 0 o cercana a ella, por lo que estos suelos se denominan suelos no cohesivos.

**Ángulo de fricción:** Es una representación matemática del coeficiente de fricción, un concepto fundamental en física que depende de su forma, tamaño, densidad de partículas y distribución. (Suarez, Deslizamientos: Análisis Geotécnico, 2002).

## 2.2.6. CRITERIO DE HOEK & BROWN

En el criterio de Hooke y Brown, que representa un criterio de falla no lineal que se ajusta mejor al comportamiento de la matriz rocosa, a diferencia del criterio de Morch-Coulomb, la gráfica es cóncava. También es un criterio empírico para evaluar la calidad de rocas isotrópicas en condiciones triaxiales.

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sqrt{m_i \sigma_{ci} \sigma_3 + \sigma_{ci}^2}$$

Donde  $\sigma_1$  y  $\sigma_3$  representa las cargas principales.

$\sigma_1$  : Máximo esfuerzo

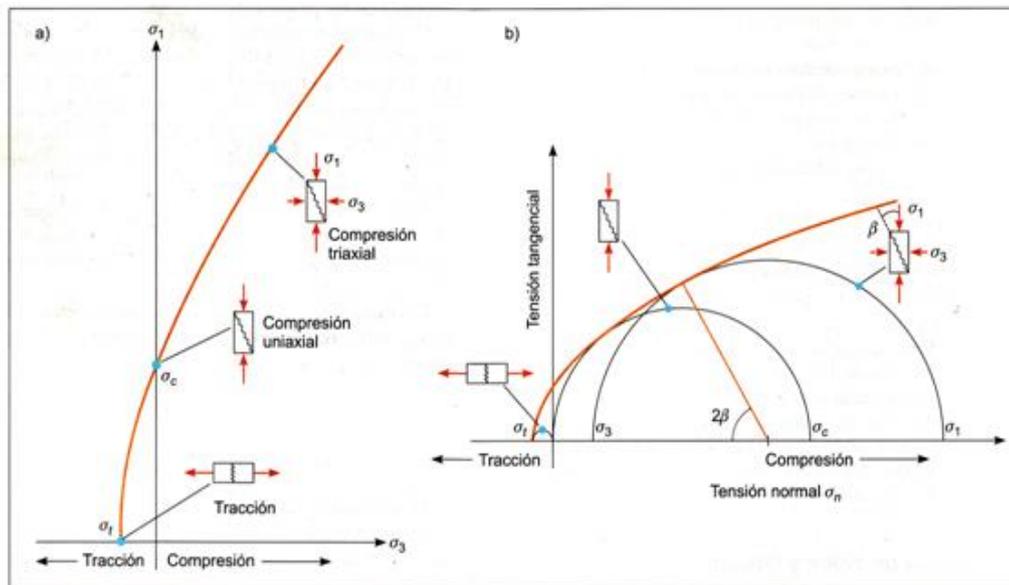
$\sigma_3$  : Mínimo esfuerzo.

$\sigma_{ci}$  : Resistencia a compresión simple de la matriz de roca

$m_i$  ,  $s$ : son constantes que dependen de la piedra intacta.

**Figura 9**

*Envolvente de Hoek y Brown, que comparan el esfuerzo máximo y mínimo*



FUENTE: (Hoek, Carranza-Torres, & Corkum, 2002)

El estándar, que se aplica tanto a macizos rocosos homogéneos como a macizos rocosos quebradizos o muy meteorizados, ha sido revisado para incluir nuevos parámetros para evaluar los macizos rocosos. Su última versión está representada por la siguiente fórmula:

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 + \sigma_{ci} \left( m_b * \frac{\sigma'_3}{\sigma_{ci}} + s \right)^a$$

Donde  $\sigma'_1$  y  $\sigma'_3$  son los esfuerzos principales efectivos primario y secundario en condiciones de falla, respectivamente, y **mb** es el valor de la constante de Hooke-Brown de la roca maciza dada por

$$m_b = m_1 \exp \left( \frac{GSI - 100}{28 - 14D} \right)$$

Dado que el índice de resistividad geológica GSI derivado de la clasificación geomecánica (Hoek, 1994; Hoek, Kaiser y Bawden, 1995), **s** y **a**, por otro lado, son constantes que dependen de las propiedades del macizo rocoso y se obtienen. :

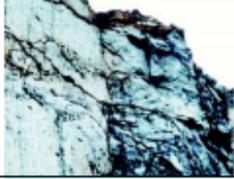
$$s = \exp\left(\frac{GSI - 100}{9 - 3D}\right)$$

$$a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6}(e^{-GSI/15} - e^{-20/3})$$

En el que “D” representa al factor de disturbancia, cuantificado como un cambio en la masa rocosa, los valores de “D” están de acuerdo con la siguiente tabla:

**Figura 10**

*Pautas para estimar los factores de modificación de los criterios de rotura de Hooke y Brown*

Apariencia del macizo rocoso	Descripción del macizo rocoso	Valor D sugerido
	Excelente calidad de voladura controlada o excavación con tuneladora, TBM, con resultados de alteración mínima del macizo rocoso confinado circundante al túnel.	D=0
	Excavación mecánica o manual en macizos rocosos de mala calidad (sin voladuras) con una alteración mínima en el macizo circundante. Cuando aparezcan problemas de deformación en el piso durante el avance, la alteración puede ser severa a menos que se coloquen una contrabóveda temporal, tal como se muestra en la figura.	D=0  D=0.5 No invert
	Voladura de muy mala calidad en un túnel en roca competente con daños locales severos, extendiéndose 2 o 3m en el macizo rocoso circundante.	D=0.8
	Pequeñas voladuras en taludes de ingeniería civil dan lugar a pequeños daños al macizo rocoso, particularmente si se usan voladuras de contorno como se muestra en el lado izquierdo de la fotografía. Sin embargo la liberación de tensión resulta en alguna alteración.	D=0.7 Good blasting  D=1.0 Poor blasting
	Los taludes en las grandes minas a cielo abierto sufren alteraciones significativas debido a las grandes voladuras de producción y también debido a la relajación de tensiones al retirar el estéril de recubrimiento. En algunas rocas blandas la excavación puede llevarse a cabo mediante el ripado y empuje con tractores de orugas y el grado de afección a los taludes será menor.	D=1.0 Production blasting  D=0.7 Mechanical excavation

FUENTE: (El Criterio de Rotura de Hoek - Brown, 2002)

Para el cálculo estimado de  $\sigma_{ci}$  que viene a ser la resistencia a la compresión unilateral de bloques de roca intactos o bloques que forman el macizo rocoso, se estima a través de la (Ver Tabla 1).

**Tabla 1**

*Estimación en campo de resistencia a la compresión uniaxial*

Clase (a)	Clasificación de la roca según su resistencia	Resistencia Uniaxial (MPa)	Índice de Carga Puntual (MPa)	Ejemplo
R6	Extremadamente Resistente	>250	>10	Basalto, fresco, chert, dabasa, gneiss, granito, cuarcita
R5	Muy Resistente	100 - 250	4 - 10	Anfibolita, arenisca, basalto, grabo, gneiss, granodiorita, caliza, marmol, riolita, toba
R4	Resistente	50 - 100	2 - 4	Caliza, marmol, filitas, arenisca, esquistos, pizarras
R3	Moderadamente Resistente	25 - 50	1 - 2	Arcilolita, carbon, concreto, esquistos, pizarras, limolitas
R2	Débil	5 - 25		Creta, sal, mineral, potacio.
R1	Muy Débil	1 - 5	(b)	Roca muy alterada o muy meteorizada
R0	Extremadamente Débil	0.25 - 1		Salbanda, arcillosa dura

NOTA: (a) Clases según Brown, (b) Para las rocas con una resistencia en compresión uniaxial menor que 25 MPa  
FUENTE: (Hoek y Brown)

### 2.2.7. ÍNDICE DE RESISTENCIA GEOLÓGICA (GSI)

La resistencia de un macizo rocoso fracturado requiere bloques rocosos intactas o también trozos, de igual manera el desplazamiento libre para que estos puedan girar bajo diferentes condiciones de esfuerzo o puedan deslizarse. Los trozos de roca angulosos que tengan superficies abruptas y lisas originan un macizo rocoso más fuerte a diferencia de otro que tenga bloques con material alterado o intemperizado.

El **GSI** facilita evaluar los sistemas de reducción de arrastre que expondrán macizos rocosos con diferentes condiciones geológicas

**Figura 11**

*Índice Geológico de Resistencia (GSI)*

INDICE DE RESISTENCIA GEOLOGICO GSI (Hoek & Marinos, 2000). A partir de la litología, estructura y la condición de superficie de las discontinuidades, se estima el valor promedio de GSI. No intente ser muy preciso. Escoger un rango de 33 a 37 es mas realista que fijar GSI=35. También notar que esta tabla no se aplica a mecanismos de falla controlado por estructuras. Donde se presenten planos estructuralmente débiles en una orientación desfavorable con respecto a la cara de la excavación, estos dominarán el comportamiento del macizo rocoso. La resistencia al corte de las superficies en rocas que son propensas a deteriorarse como resultado de cambios en la humedad, se reducirá cuando exista presencia de agua. Cuando se trabaje con rocas de categoría regular a muy mala, puede moverse hacia la derecha para condiciones húmedas. La presión de poros se maneja con un análisis de esfuerzos efectivos.		CONDICIONES SUPERFICIALES					
ESTRUCTURA		MUY BUENA Muy rugoso. Superficies frescas sin meteorización	BUENO Rugoso, ligeramente meteorizada, superficies con óxido.	REGULAR Lizas, moderadamente meteorizadas y superficies alteradas.	MALA Espejo de falla, altamente meteorizadas con recubrimiento compacto o rellenos o fragmentos	MUY MALA Espejo de falla, superficies altamente meteorizadas con recubrimiento de arcilla suave o rellenos	
		DISMINUYE CALIDAD DE SUPERFICIE →					
 <p>Intacta o Masivo: Especímenes de roca intacta o masivo in situ con pocas discontinuidades ampliamente espaciadas.</p>	DISMINUYE EL ENTRELAZADO DE PEDAZOS DE ROCA	90			N/A	N/A	
		80					
			70				
			60				
			50				
			40				
 <p>Foliado/Laminado/Cizallado: Falta de formación de bloques debido al pequeño espaciamiento o esquistocidad débil o planos de corte</p>	DISMINUYE EL ENTRELAZADO DE PEDAZOS DE ROCA				30		
					20		
		← DISMINUYE EL ENTRELAZADO DE PEDAZOS DE ROCA					
		N/A	N/A			10	

FUENTE: (Hoek, Marinos 2000)

## 2.2.8. ENSAYO DE CONO DE ARENA.

Este método se usa para determinar la densidad del suelo local (in situ) usando un dispositivo llamado cono de arena.

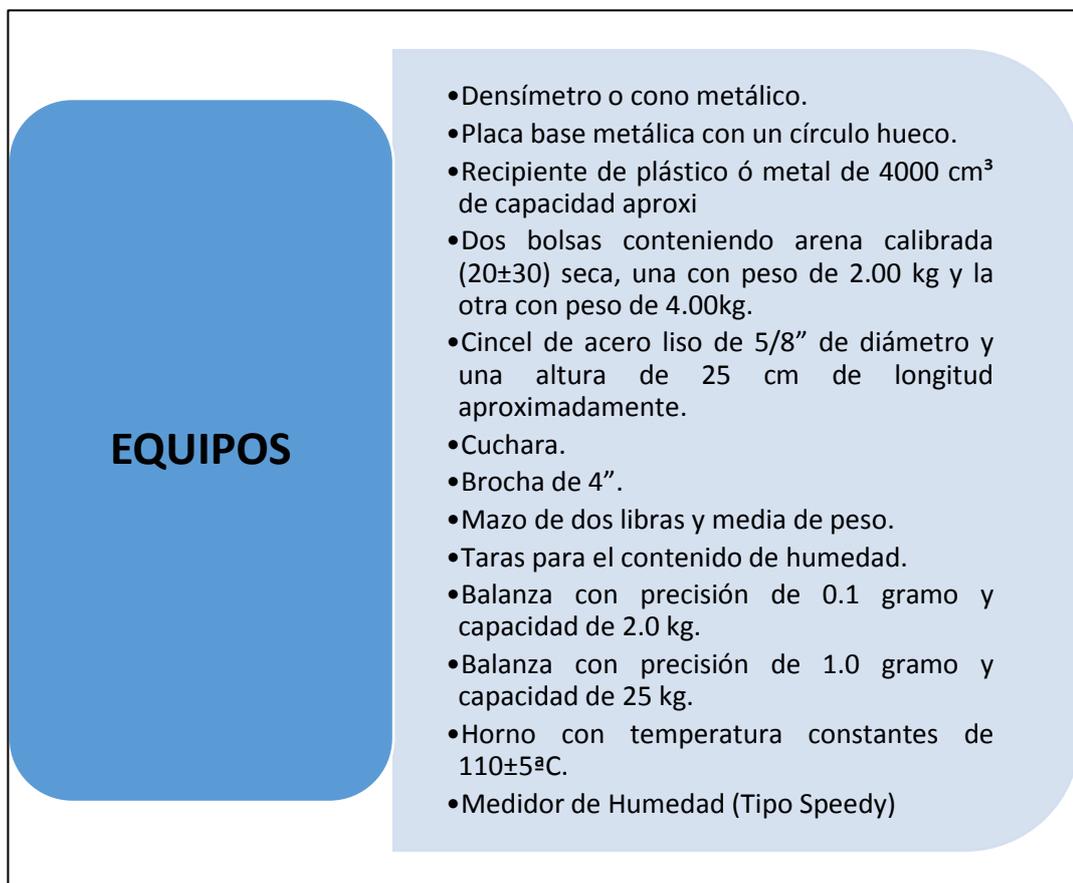
. Este método se usa para suelos, que no representan una gran cantidad de material grueso o roca con diámetro superior a 1 ½ "(38 mm). El suelo a utilizarse para ensayos debe presentar la atracción o cohesión necesaria entre partículas, las cuales permitirán la estabilización de los lados de una excavación o de un hoyo pequeño. Asimismo, este debe ser lo suficiente para aguantar las presiones que son ejercidas al realizar el hoyo y a la hora de colocar el aparato sobre él, sin que este se caiga o se deforme.

### Figura 12

#### *Equipos para ensayo Cono de Arena*

FUENTE: (Manual de Ensayos de Materiales, 2016)

#### Resumen del Procedimiento.



**EQUIPOS**

- Densímetro o cono metálico.
- Placa base metálica con un círculo hueco.
- Recipiente de plástico ó metal de 4000 cm<sup>3</sup> de capacidad aproxi
- Dos bolsas conteniendo arena calibrada (20±30) seca, una con peso de 2.00 kg y la otra con peso de 4.00kg.
- Cinzel de acero liso de 5/8" de diámetro y una altura de 25 cm de longitud aproximadamente.
- Cuchara.
- Brocha de 4".
- Mazo de dos libras y media de peso.
- Taras para el contenido de humedad.
- Balanza con precisión de 0.1 gramo y capacidad de 2.0 kg.
- Balanza con precisión de 1.0 gramo y capacidad de 25 kg.
- Horno con temperatura constantes de 110±5°C.
- Medidor de Humedad (Tipo Speedy)

Se hace un hoyo en el suelo a probar y coloca el material reciclado en el contenedor. Luego se llena el hoyo con arena de densidad de caída libre conocida y se determina el volumen. Por otro lado, la densidad húmeda del suelo se verifica por división (masa húmeda de material removido/volumen de poros). Después de sacar el material del hoyo, use la masa húmeda del suelo, el volumen del hoyo y el contenido de agua para calcular el contenido de humedad, la densidad seca en ese lugar y la masa seca del material.

### **Cálculos.**

Estos son mostrados en gramos para lo que respecta el volumen. Asimismo, se accede otras unidades, pero si es que estas cuentan con los apropiados coeficientes de conversión; lo que permite un mantenimiento de manera cuidadosa la consistencia de las unidades a calcularse.

Cálculo del volumen de poro de prueba, siendo este el siguiente:

$$V = \frac{(M1 - M2)}{\rho1}$$

Donde:

*V* : *Volmen del orificio de prueba (cm<sup>3</sup>)*

*M1* : *Masa de la arena utilizada para llenar el orificio de prueba, embudo y el plato de base (g)*

*M2* : *Masa de la arena utilizada para llenar el embudo y el plato de base (g)*

*ρ1* : *Densidad del Volumen de la arena (g/cm<sup>3</sup>)*

Cálculo de la masa seca del material obtenido de los pozos de prueba tal como sigue:

$$M4 = \frac{100 * M3}{(W + 100)}$$

Donde:

*W* : *Contenido de humedad del material extraido del orificio de prueba (cm<sup>3</sup>)*

*M3* : *Masa humeda del material del hueco de ensayo (g)*

*M4* : *Masa seca del material del hueco de ensayo (g)*

Cálculo de la densidad húmeda y seca in-situ del material probado, siendo de esta forma:

$$\rho_m = \frac{M3}{V}$$

$$\rho_d = \frac{M4}{V}$$

Donde:

*V* : Volmen del orificio de prueba ( $cm^3$ )

*M3* : Masa húmeda del material del hueco de ensayo (*g*)

*M4* : Masa seca del material del hueco de ensayo (*g*)

$\rho_1$  : Densidad húmeda del material probado ( $g/cm^3$ )

$\rho_1$  : Densidad seca del material probado ( $g/cm^3$ )

### **2.2.9. SOFTWARE ROCKLAB.**

RocLab es un programa de computadora para determinar los parámetros de resistencia del macizo rocoso basado en el criterio de rotura generalizado de Hooke-Brown. Las propiedades especificadas por el programa se utilizan a menudo como datos de entrada en programas de análisis numérico tales como Slide. (Rocscience, 2004).

### **2.2.10. SOFTWARE AUTOCAD CIVIL 3D.**

Es un software de aplicación para la documentación y desarrollo de proyectos técnicos que proporciona equipos de modelado 3D que facilitan la ejecución de los principales productos de diseño de taludes, tales como:

- Crear superficies (contornos)
- Ajuste horizontal -
- Perfil longitudinal
- Secciones transversales

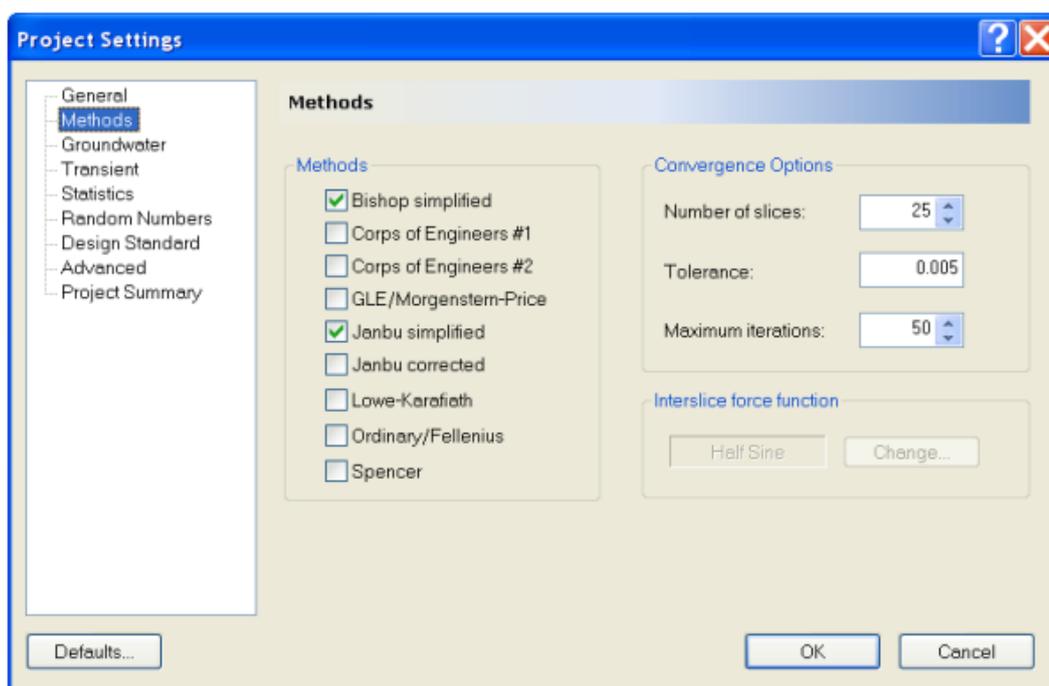
Se deben proporcionar datos topográficos para la puesta en marcha y el funcionamiento normal. (Acusi y Cutimbo, 2016)

### 2.2.11. SLIDE 6.0.

Es un poderoso programa de análisis de estabilidad de taludes que utiliza el método de equilibrio límite bidimensional, se emplean para cálculos de taludes, para su diseño, para el análisis de cualquier modelo de pendientes, estructuras de anclada retención, terraplenes, muros de suelo reforzado cortes de tierra.

**Figura 13**

*Métodos de estabilización en el Slide 6.0.*

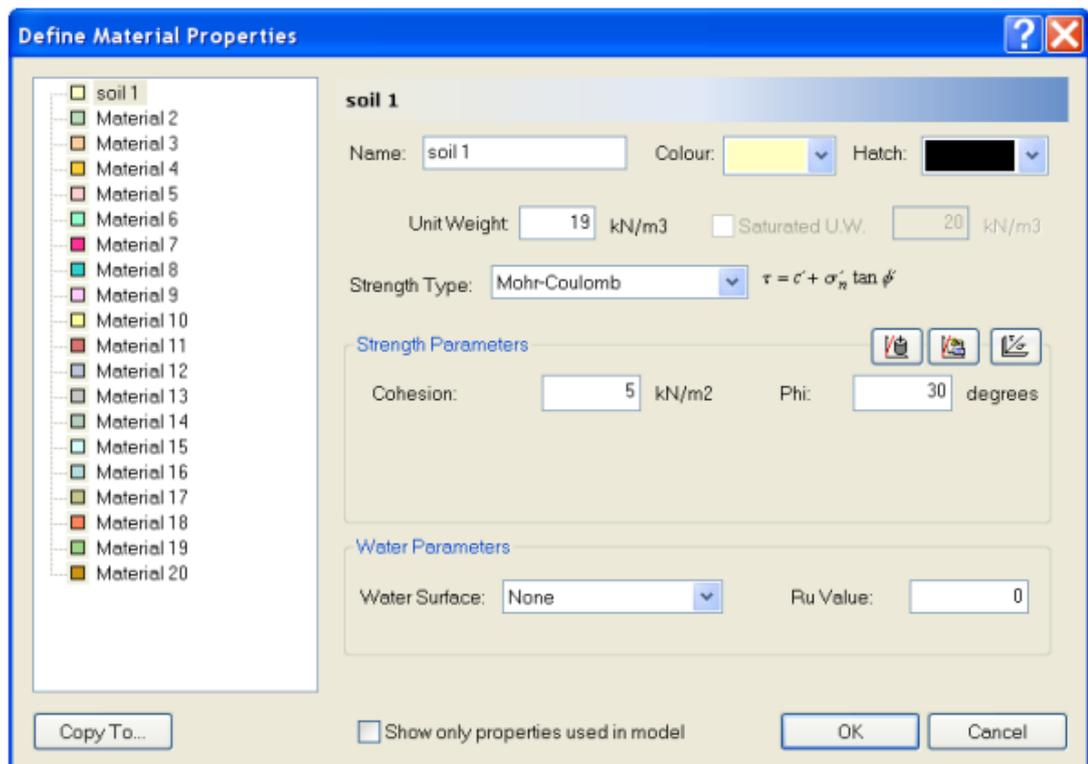


FUENTE: Slide 6.0

Se puede considerar circular a la superficie de deslizamiento mediante los métodos: Janbu, Bishop, Spencer y Fellenius/Peterson, o poligonal mediante los métodos: Sarma, Spencer y Janbu. Este programa incluye un modelado multipanorama de construcción en análisis finito de infiltración de agua subterránea, y soporte de diseño análisis probabilístico (Medina y Cartaya, 2018).

**Figura 14**

*Definir propiedades de material en el Slide 6.0*



FUENTE: Slide 6.0

El programa Slide 6.0 permite ingresar y procesar datos según las propiedades del tipo de material, el criterio establecido y las dimensiones del subsuelo, de la misma manera la ubicación del nivel de la napa freática para condiciones húmedas.

### 2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES:

- **Análisis Estático**

El análisis estático considera únicamente los esfuerzos externos que pueda haber en el talud (sobrecarga, presión intersticial, presión efectiva, napa freática, agua subterránea, etc.) y el peso del material característico del talud en un sistema estático, es decir sin considerar los efectos dinámicos de fuerzas horizontales (fuerzas sísmicas). (Bustillos, 2019).

- **Aceleración Sísmica**

Es una mediada empleada en casos de terremotos, esta accede a medir directamente las aceleraciones las cuales aguantan la superficie del suelo (Norma E.030).

- **Análisis Granulométrico**

Es el valor cuantitativo de los tamaños distribuidos de partículas de suelo. (Manual de Ensayo de Materiales, 2016)

- **Análisis Pseudo - estático**

Es un acercamiento al análisis dinámico, además, se basa en la inclusión de una fuerza horizontal la cual reemplaza al efecto dinámico. La fuerza horizontal es dependiente del coeficiente sísmico. (Bustillos, 2019).

- **Banquetas**

Obra de equilibrio o estabilización de taludes permanente en la construcción de una o más terrazas continuadas en el talud. (Resolución Directoral N° 18-2013-MTC/14, 2013).

En ingeniería una banqueta es un diseño funcional en forma de escalera para dotar a las pendientes de mayor estabilidad, reducir la infiltración y cambiar la geometría. (Carpio 2020).

- **Calicata**

Son excavaciones las cuales conllevan a estudiar edafológicamente de proximidad entre 3 y 4 metros de fondo. (Hoyos, 2001, p.28).

- **Clima e Hidrología.**

La temperatura y el clima son vitales en la estabilización de taludes, debido a que estos factores determinan procedimientos de meteorización química y física en las rocas y minerales que suceden de forma cerca o sobre la superficie (Suarez J., 1998).

- **Densidad**

Es la magnitud la cual sirve para medir la cantidad de masa con respecto a un material por unidad de volumen. Esta magnitud depende de la presión, así como de la temperatura (Martha Marie, 2002)

- **Deslizamiento**

Se refiere a las deformaciones las cuales sufre la masa de una roca o un suelo, esto suele ser consecuencia de lentos movimientos a efectos de la gravedad (De Matteis, 2003)

- **Discontinuidad**

Es el apartamiento que sucede entre dos partes referentes a una masa de material. Estos apartamientos en masas roca y de suelo, suelen contener fallas, planos de foliación, diaclasas, grietas, planos de estratificación, etc., (Hoyos, 2001).

- **Estabilidad**

Se entiende como la seguridad de la masa terrestre frente a fallas o desplazamientos. Esta es una cualidad en equilibrio (De Matteis, 2003)

- **Estratigrafía**

Viene a ser la rama de la Geología, sirve para interpretar, estudiar, describir y poder identificar de las rocas estratificadas. Es el análisis sucesivo de rocas (Bustillos, 2019)

- **Factor de Seguridad**

Es utilizada para conocer el coeficiente de amenaza en una ladera que presenta fallas con respecto a las condiciones peores de comportamiento del cual se ha diseñado. (Suarez, 2002).

- **Geología**

Es el estudio de la tierra la cual se aplica para solución de problemas en la ingeniería y del medio ambiente, este estudio tiene como fin el asegurar que los factores de la geología que condicionan en este caso a algún proyecto de ingeniería sean tomados en consideración y a la vez reciban una interpretación alineada en evitar riesgos. (Gonzales, 2002).

- **Geodinámica externa**

Estudia las acciones de los factores externos atmosféricos como los vientos, mares, hielos, agua, glaciares y gravedad, los cuales generan lentamente el deterioro y destrucción de los suelos, del relieve o paisajes rocosos, etc. (RNE, 2018).

- **Índice de Plasticidad**

Es la diferencia entre el límite plástico y el límite líquido del suelo o material. (Manual de Ensayos de Materiales, 2016)

- **Hidrología**

Es la ciencia del agua y su comportamiento en la atmósfera por encima y por debajo de la superficie terrestre; también estudia sus propiedades y sus interrelaciones naturales. (Guevara y Cartaya, 2004).

- **Limite Liquido del suelo**

Es la contención de humedad, descrito en porcentaje, donde el suelo se encuentra en el límite en referencia a los estados líquido y plástico. (Manual de Ensayos de Materiales, 2016)

- **Limite Plástico**

Viene a ser la humedad contenida en porcentaje, donde un suelo presenta cambios si la humedad disminuye con respecto a su consistencia plástica cambia a la semisólida (Manual de Ensayos de Materiales, 2016).

- **Nivel freático**

Es el superior nivel del agua subterránea a la hora de realizar una exploración. (RNE, 2018)

- **Topografía**

Permite para describir el estudio y análisis de manera detallada con respecto a la superficie de tierra (Mendoza Dueñas, 2009)

- **Roca Intacta**

Son cuerpos continuos de una o más especies minerales.. Suelen ser Isótropos, Homogéneos o Anisotrópicos o Heterogéneos (Barletta, 2008).

- **Sismicidad**

Consiste en la medida con respecto a la actividad sísmica en referencia a un lugar específico, ya sea por su intensidad o frecuencia durante un determinado periodo (Budhu M., 2007).

- **Suelo residual**

Son suelos conformados por granos minerales, del cual su procedimiento de formación presenta un origen en la meteorización de rocas mediante acciones químicas o también físicas (RNE, 2018).

## **2.4. HIPÓTESIS:**

### **2.4.1. HIPOTESIS GENERAL:**

La propuesta de un Sistema de Banquetas, permite la estabilización de la ladera ubicada en el Km 180+300 de la ruta nacional PE-3N – San Rafael – Huánuco.

### **2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS:**

- Las propiedades físicas y mecánicas del subsuelo serán fundamentales para determinar la estabilidad de la ladera y así poder diseñar un sistema de banquetas a través de un estudio de suelos.
- La geología, topografía, sismicidad y la hidrología serán parámetros fundamentales para obtener resultados más confiables del comportamiento de un sistema de banquetas establecido.
- El factor de seguridad óptimo de un talud será en solicitaciones estáticas de 1.5 y en solicitaciones sísmicas de 1.25, asegurando así la estabilidad de un sistema de banquetas.

## **2.5. VARIABLES:**

### **2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE:**

Estabilización de Ladera.

### **2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE:**

Sistema de Banquetas.

## 2.6. OPERACIONALIZACION DE VARIABLES:

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	ESCALA	INSTRUMENTO
Estabilización de Ladera	Análisis Estático	Coeficiente de Seguridad	Adimensional	Intervalo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Software Slide 6.0</li> </ul>
	Análisis Pseudo-estático				
	Propiedades del Subsuelo	Análisis Granulométrico	mm	Razón	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ficha de Reporte de Ensayo Análisis Granulométrico</li> </ul>
		Limite líquido, Limite Plástico e Índice de Plasticidad	%	Intervalo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ficha de Reporte de Ensayo LL, LP y IP</li> </ul>
		Densidad	g/cm <sup>3</sup>	Razón	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ficha de Reporte de Ensayo Cono de Arena</li> </ul>
		Cohesión	KPa	Razón	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ficha de Reporte de Ensayo de Corte Directo.</li> </ul>
		Angulo de fricción	Grado Sexagesimal	Razón	
		Resistencia al Esfuerzo Cortante para Macizos Rocosos	MPa	Razón	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tablas del Criterio de Hoek &amp; Brown</li> </ul>
	Geología	Estratigrafía	Adimensional	Nominal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ficha de Reporte de Ensayo de Clasificación de Suelos.</li> <li>• Carta Geológica Nacional.</li> </ul>
	Topografía	Geometría de la Ladera	Largo, ancho, altura, pendiente, etc.	Ordinal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipos Topográficos</li> <li>• Data de Puntos Topograficos.</li> </ul>
	Hidrología	Precipitaciones	mm	Razón	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ficha de Reporte Pluviométrico (SENAMHI)</li> </ul>
Sismicidad	Aceleración sísmica.	g	Intervalo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zonificación Sísmica de la Norma E-030</li> </ul>	
Sistema de Banquetas	Diseño	Geometría del Talud	Largo, ancho, altura, pendiente, etc.	Ordinal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Software AutoCAD Civil 3D.</li> </ul>

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION**

#### **3.1. TIPO DE INVESTIGACION**

El siguiente análisis viene a ser un estudio transversal – explicativo, cuantitativo.

##### **3.1.1. ENFOQUE**

Bajo el enfoque cuantitativo el estudio busca realizar un análisis de la ladera ubicada en el KM. 180+300 de la Ruta Nacional PE-3N del Sector San Rafael – Huánuco, a través de la recopilación de valores extraídos en base a la medición numérica. (Hernández y Baptista, 2010)

##### **3.1.2. ALCANCE O NIVEL**

El alcance o nivel de estudio es explicativo, por lo que expone el comportamiento de una ladera inestable ante una geodinámica externa siendo esta la causa de la inestabilidad, teniendo como alcance el de analizar y asociar variables para predecir el escenario más inestable de la ladera ubicada en el KM. 180+300 de la Ruta Nacional PE-3N del Sector San Rafael. (Hernández y Baptista, 2010)

##### **3.1.3. DISEÑO**

Este trabajo se realizó bajo un Diseño No Experimental porque se basa en la obtención de información sin manipular los valores de la variable.

De acuerdo con el fenómeno estudiado es transversal, estando la ladera ubicada en el KM. 180+300 de la Ruta Nacional PE-3N del Sector San Rafael y luego se procede a definir el coeficiente de seguridad. (Hernández y Baptista, 2010).

## **3.2. POBLACION Y MUESTRA**

### **3.2.1. POBLACION**

Lo conforma toda la superficie del terreno de la ladera ubicada en el KM. 180+300 de la Ruta Nacional PE-3N del Sector San Rafael.

### **3.2.2. MUESTRA**

Está referido a un muestreo no probabilístico, debido a que no se tiene referencias precisas de la población total por lo tanto se seleccionara los objetos de estudio a criterio del investigador. (Borja, 2012)

La muestra estará conformada mediante el estudio del subsuelo en 6 puntos de la ladera ubicada en el KM. 180+300 de la Ruta Nacional PE-3N del Sector San Rafael.

## **3.3. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS**

La técnica empleada será la observación, realizando una visita técnica al área de investigación identificando los indicadores de la investigación.

### **3.3.1. PRUEBAS ESTANDARIZADAS:**

Para el caso de la realización de las pruebas, la metodología se basa en los criterios, normas y ensayos en laboratorio de suelos tales como:

- Método de Spencer
- Carta Geográfica Nacional de Ambo (INGEMMET).
- Norma E.020
- Norma E.050
- Manual de Ensayo de Materiales
- Manuel de Carreteras EG-2013
- Diseño Sismo resistente – Norma E-030
- SUCS
- AASHTO
- Criterio de Mohr-Coulomb
- Criterio de Hoek Brown

### **3.3.2. INSTRUMENTO DE RECOPIACIÓN DE VALORES:**

Se tiene como instrumento las fichas de recolección de datos, para los siguientes casos de la investigación:

- Ficha de Reporte de Ensayo Análisis Granulométrico
- Ficha de Reporte de Ensayo LL, LP y IP
- Ficha de Reporte de Ensayo de Corte Directo.
- Ficha de Reporte de Ensayo Cono de Arena
- Ficha para la data de puntos topográficos
- Zonificación Sísmica.
- Estratigrafía

### **3.4. TECNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE LA INFORMACION**

Se realizo por medio de los modelamientos donde se podrá analizar de una manera cuantitativa el comportamiento de la ladera en los diferentes escenarios por la geodinámica externa, por el cual se utilizará:

- Slide 6.0  
Para el modelamiento con los datos obtenidos y así determinar y ubicar el coeficiente de seguridad, dando como resultado en que condición de estabilidad está sometida la ladera.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS

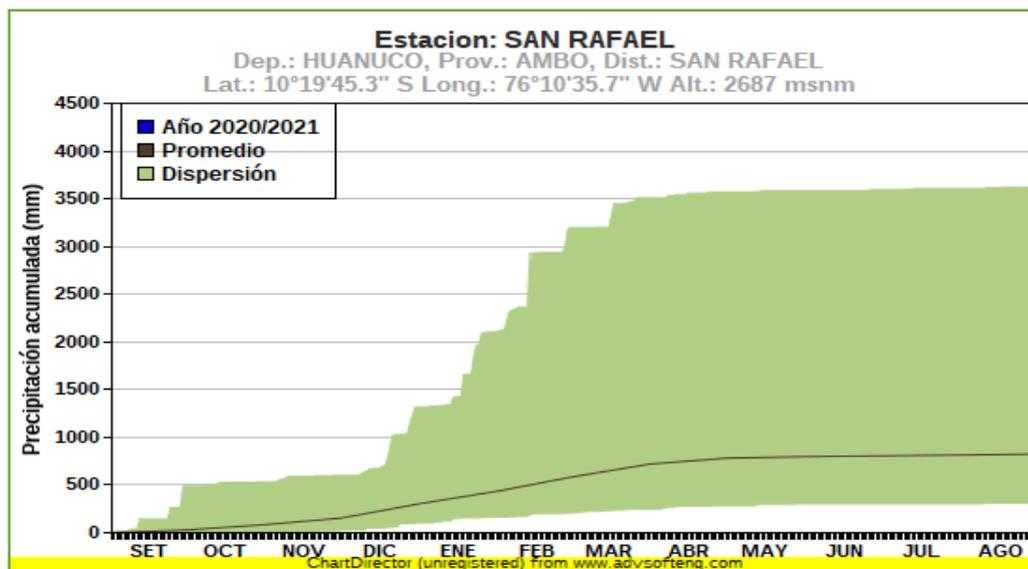
#### 4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS:

##### 4.1.1. HIDROLOGÍA.

Según la información recopilada por la estación meteorológica más cercana al sector Las Vegas, estación San Rafael, perteneciente al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, se tiene una temperatura promedio que oscila en 15.5 °C a lo largo del año.

**Figura 15**

*Precipitación pluvial acumulada promedio*

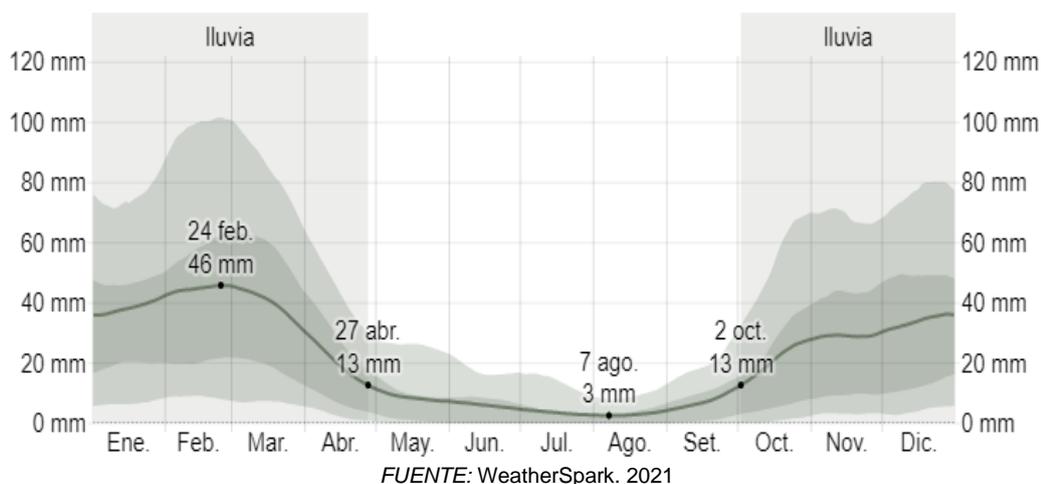


FUENTE: SENAMHI, 2021

Tal como se puede observar, la zona verde viene a ser la dispersión de precipitaciones acumuladas durante el año 2020/2021 llegando a más de 3500 mm, mientras que la línea la cual traza la zona de dispersión viene a ser la precipitación pluvial acumulada promedio llegando a 700 mm; es lluvioso en verano y seco en invierno con fuertes heladas.

**Figura 16**

*Registro de precipitación mensual promedio en la estación Cayna*



Respecto a las precipitaciones mensuales promedio, en la estación meteorológica de Cayna se puede observar la línea promedio a la dispersión de lluvias mensuales (WeatherSpark, 2021), indicando tiempo de lluvias entre enero y abril, llegando a los 46 mm en el mes de febrero, ingresando a una temporada “seca” entre los meses de mayo a agosto; de 13 mm a 3 mm respectivamente y culminando el año con el retorno de las lluvias entre los meses de setiembre a diciembre del 2021.

#### 4.1.2. GEOLOGÍA.

En la inspección de campo, se recorrió la ladera hasta un desnivel con respecto a la carretera de aproximadamente 250 m, según el levantamiento de información de campo detallado la ladera a intervenir está fuertemente zonificada, identificándose varias regiones estratigráficas.

**Figura 17**

*Geología de la Ladera de San Rafael – Progresiva Km. 180+300*



FUENTE: Google Earth, 2021

En el área de estudio se realizó la zonificación de estratos visibles, identificándose por regiones de diferente color tal como se muestra. Por la cresta y la mayor parte de la zona de denudación de la ladera se observa la presencia de material residual como también de esquistos semiduros e intrusivos que descansan sobre arenisca tanto sana como fracturada, además toda la franja del pie de la ladera presenta esquistos, pero fracturados y al posicionarse adyacente al río también se identifican depósitos aluviales con cierta área de depósito de material excedente (DME).

La sección más crítica a nivel de inestabilidad corresponde a la secuencia de Material Residual - Esquistos Fracturados - Aluvial.

## Figura 18

### *Estratos diversos identificados*



NOTA: Se tiene la siguiente clasificación: a) Esquistos, b) Aluvial con fragmentos de esquistos fracturados, y c) Intrusivo andesítico

Se constataron los estratos ya identificados con la geología regional correspondientes al aluvial, esquistos e intrusivos andesíticos, además de signos evidentes de sobrepastoreo y deforestación agresiva, factores que han degradado la resistencia de la ladera contra la erosión.

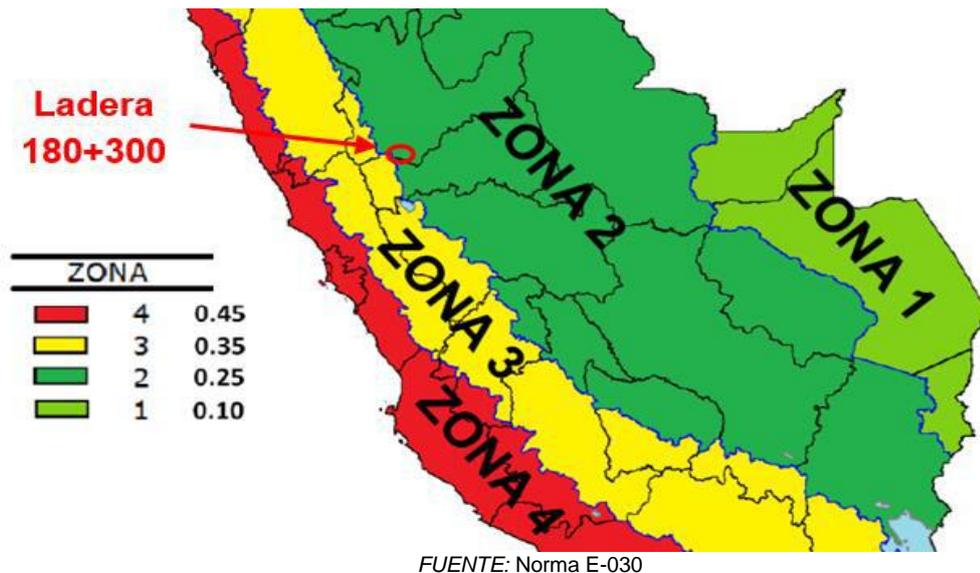
A lo largo de la ladera, se observan múltiples superficies de falla, grietas de tracción amplias hasta de 4" de espesor, y terreno totalmente segmentado y cuarteado, especialmente en la zona por encima de los 120 m de desnivel hasta aproximadamente los 250 m, donde se evidencia modificaciones en el tamaño de vegetación, lo que indica además que previamente ya ha deslizado esta zona. También se aprecian afloramientos de intrusivos andesíticos espaciados cada 20 o 30 m, y distribuidos de forma errática.

### 4.1.3. SISMICIDAD

Dentro de la sismicidad, se obtuvieron resultados de acuerdo a la ubicación del área de investigación.

**Figura 19**

*Ubicación de ladera en la zonificación sísmica nacional*



Con base en lo mencionado, en la presente evaluación se utiliza un valor de coeficiente sísmico de  $1/2$  de la aceleración horizontal pico del suelo. El distrito de San Rafael se ubica en la zona 2, a esta zonificación le corresponde una aceleración máxima horizontal en suelo rígido de  $0.25g$ , siendo su probabilidad de excedencia de  $10\%$  en  $50$  años, por lo que para el análisis pseudoestático se ha considerado un coeficiente sísmico,  $k_h$ , igual a **0.125**, que representa la sismicidad de la zona y los niveles de aceleración esperados en el área de estudio para eventos con periodo de retorno de  $475$  años.

#### **4.1.4. TRABAJOS DE CAMPO**

Con el fin de identificar los estratos de suelos superficiales, se ejecutó la siguiente investigación de campo.

1. Excavación de tres (03) calicatas, denominadas C1, C2 y C3, las cuales alcanzaron profundidades entre 2.20 a 3.00 m sobre la superficie del terreno actual. Estas calicatas fueron ubicadas en la parte superior de la ladera.
2. Excavación de tres (03) calicatas, denominadas CP-1, CP-2 y CP-3, las cuales alcanzaron profundidades mayores que 1.59 m, registrándose en cada una de ellas el material rocoso subyacente. Estas calicatas fueron distribuidas en el pie de la ladera, adyacente a la vía de circulación.
3. Ejecución de dos (02) ensayos de densidad de campo por el método del cono de arena. Estas pruebas se realizaron en las calicatas C1 y C2, a profundidades de 0.75 y 0.50 m, respectivamente.

Los trabajos de excavaciones manuales se complementan con las inspecciones visuales que se realizaron durante las visitas hechas en las cuales se pudo evidenciar los fenómenos geológico-geotécnicos que se han producido en la zona evaluada, tales como se especifica en el informe del anexo 3. En el anexo 2 se adjuntan el plano de ubicación de los sondajes. Mientras que en el anexo 4 se presentan los resultados de los ensayos de densidad in-situ.

#### **4.1.5. TRABAJOS DE LABORATORIO**

Estos ensayos sirvieron para identificar las propiedades físicas y geotécnicas de los suelos provenientes de las excavaciones. Con estos resultados se pudieron actualizar las propiedades de los modelos de análisis. A continuación, se mencionan los ensayos realizados.

1. Dos (02) ensayos de clasificación SUCS – AASHTO, los cuales

incluyen análisis granulométrico por tamizado, límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad

2. Dos (02) ensayos de contenido de agua
3. Dos (02) ensayos de gravedad específica de los suelos
4. Dos (02) ensayos de corte directo

**Tabla 2**

*Resultados de los ensayos estándar*

Calicata	Prof. (m)	SUCS	$\omega$ (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	Grava (%)	Arena (%)	Fino (%)
C=1	0.75	CL	9.0	37.0	22.0	15.0	16.7	27.9	55.4
C=2	1.00	GC	6.0	28.0	18.0	10.0	38.8	37.6	23.6

NOTA: Los resultados reportados son aplicables a la muestra de acuerdo a las condiciones en que se recibió, la fecha de ejecución de los ensayos se indican en los reportes de ensayo adjuntos. FUENTE: Laboratorios MEP.

Dentro de los ensayos estándares se obtuvieron resultados del porcentaje de humedad, límite líquido, límite plástico y el índice de plasticidad por otra parte podemos observar que en la Calicata 1 existe mayor porcentaje de Finos mientras que en la Calicata 2 existe mayor porcentaje de Gravas.

**Tabla 3**

*Resultados de los ensayos especiales*

Calicata	Prof. (m)	SUCS	$Y_d$ (g/cm <sup>3</sup> )	$Y$ (KN/m <sup>3</sup> )	$c$ (KPa)	$\Phi$ (°)
C=1	0.75	CL	1.71	17	3.2	30.2
C=2	1.00	GC	1.80	18	5.8	35.1

NOTA: Los resultados reportados son aplicables a la muestra de acuerdo a las condiciones en que se recibió, la fecha de ejecución de los ensayos se indican en los reportes de ensayo adjuntos. FUENTE: Laboratorios MEP.

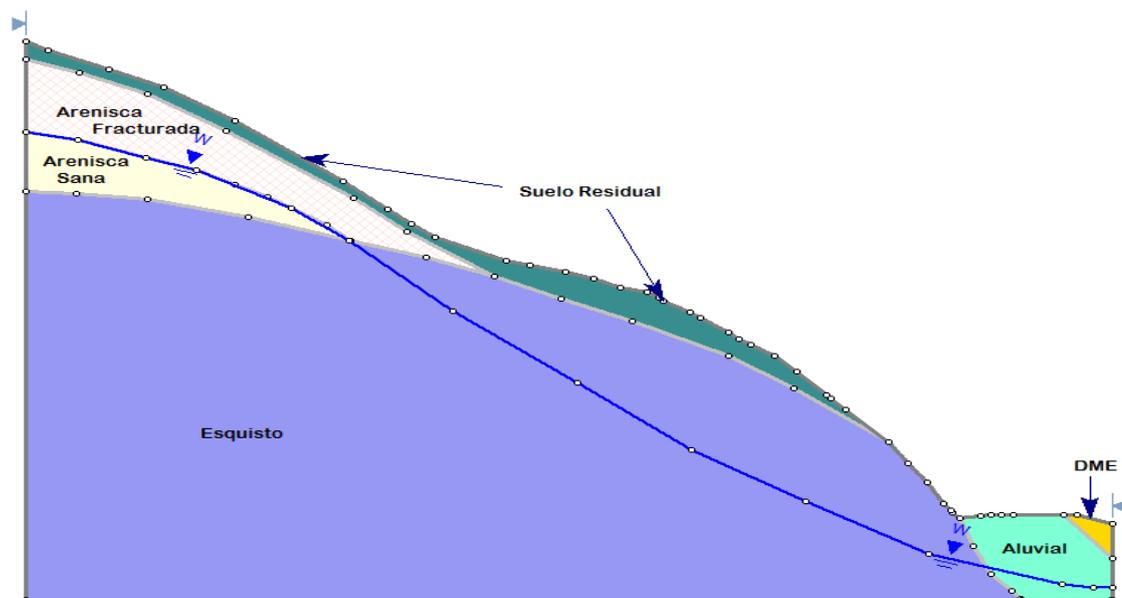
Los valores de los ensayos especiales nos indican la densidad, el peso específico, la cohesión y el ángulo de fricción de las muestras extraídas, considerando siempre los valores más altos que en este caso sería la calicata C=2 para estar dentro de un análisis conservador.

#### 4.1.6. PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Con base en las inspecciones visuales y las excavaciones a cielo abierto, se ha inferido el perfil estratigráfico de la ladera en evaluación.

**Figura 20**

*Perfil estratigráfico inferido*



FUENTE: Propia

La secuencia estratigráfica definida para la ladera es la siguiente: un suelo residual superficial de 2.0 a 5.0 m de espesor, bajo el cual subyace una arenisca, la misma que se ha considerado fracturada en los primeros 20.0 m de profundidad. Esta arenisca sobre yace a los esquistos del Complejo Marañón, los cuales afloran sobre la parte baja de la ladera hasta una altura entre 20.0 y 30.0 m. Debido a los deslizamientos, los suelos residuales han reposado totalmente en la zona central de la ladera, aproximadamente entre las progresivas 180+300 a 180+460. En la parte norte, se ha observado que la ladera queda restringida por un macizo intrusivo. Se infiere que, debido a la cercanía con el río Huallaga, la plataforma inferior sobre la que descansa la vía se encuentra conformada por suelos aluviales que sobre yacen a los esquistos del Complejo Marañón.

La línea azul define el nivel de napa freática según la hidrología de la zona, para temporadas secas se considera por debajo de los 20 metros, pero en temporadas de lluvia la línea se ubicará al margen de toda la ladera.

#### 4.1.7. METODOLOGIA DE CALCULO

El método de equilibrio límite escogido para los análisis de estabilidad es el método de Spencer, el cual es un método que puede ser utilizado para analizar superficies de deslizamiento de cualquier forma, además, se cumplen todas las condiciones de equilibrio estático (fuerzas y momentos).

Los coeficientes de seguridad mínimos exigidos para la estabilización del talud se han definido en 1.50 y 1.25, para condiciones estática y sísmica, respectivamente. Estos factores de seguridad son establecidos en las normas peruanas E.050 Suelos y Cimentaciones y CE.020 Estabilización de Suelos y Taludes.

#### 4.1.8. PARÁMETROS GEOTÉCNICOS

La configuración estratigráfica de la ladera se ha definido con base en la geología regional revisada en el boletín geológico N° 77 y las auscultaciones realizadas durante las visitas a la zona. No obstante, para el estudio de estabilidad es necesario definir los patrones geológico-geotécnicos del macizo, razón por la cual se ha hecho uso de recursos bibliográficos existentes en cuanto a la caracterización del macizo rocoso. (González de Vallejo, Ingeniería Geológica, 2004).

**Tabla 4**

*Parámetros geológicos para el macizo*

Material	Y (KN/m <sup>3</sup> )	UCS (Kpa)	mi	GSI
Arenisca Fracturada	24.0	140000.0	19	55
Arenisca Sana	25.0	235000.0	19	80
Esquisto	25.0	60000.0	8	35

FUENTE: González de Vallejo, Ingeniería Geológica, 2004

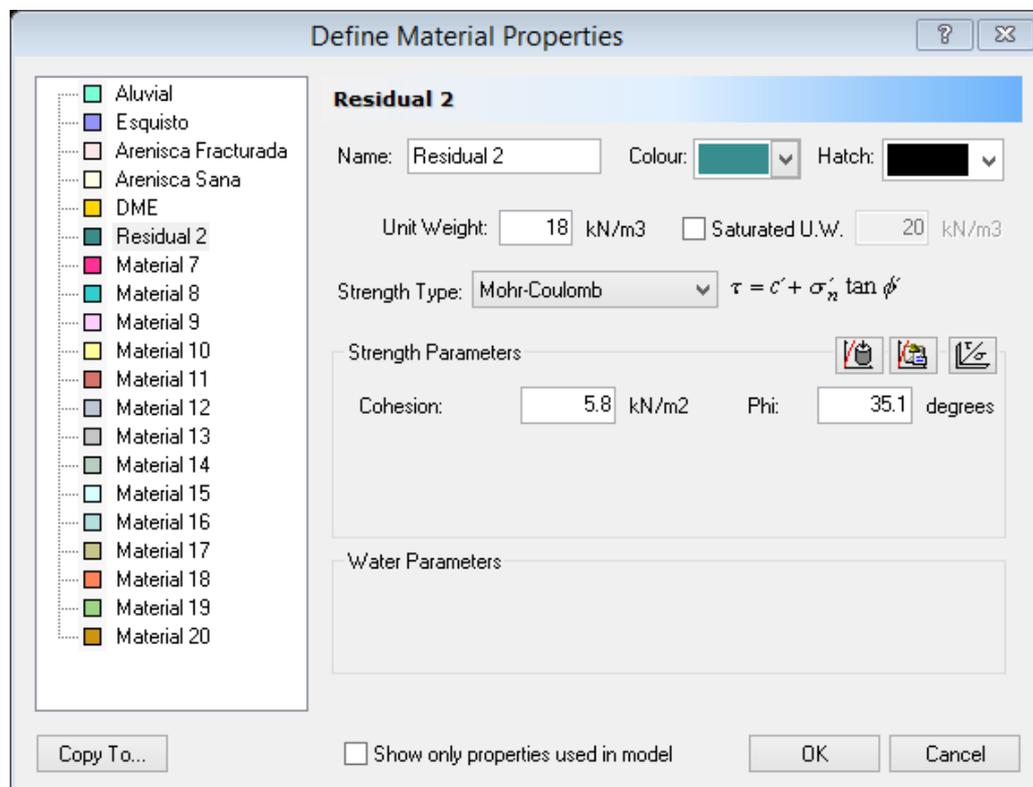
Se definieron los siguientes parámetros para el material rocoso tales

como su peso específico, la resistencia a la compresión uniaxial y la constante “mi” según el tipo de roca que se identificó en la sección estratigráfica. Para estimar el Índice Geológico de Resistencia (GSI) del macizo, se consideró el uso del nomograma elaborado por Hoek y Marinos (Ver Figura 11).

Para el procesamiento de datos, el programa Slide 6.0 requiere la información de cada tipo de suelo con su respectivo criterio.

**Figura 21**

*Definición de propiedades del material según el criterio de Mohr-Coulomb*

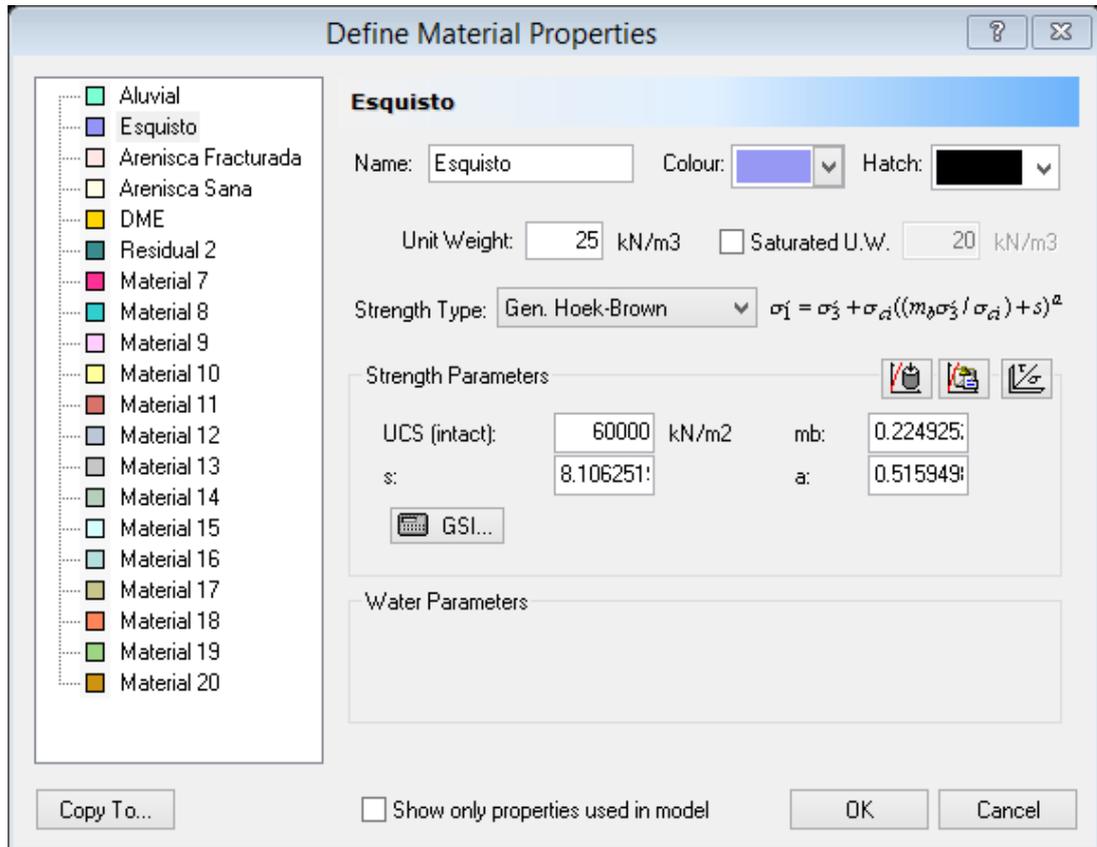


FUENTE: Slide 6.0

Los datos que el software Slide 6.0 requieren según el criterio de Mohr-Coulomb son el peso específico, cohesión y el ángulo de fricción, la cual se definieron con los estudios especiales en laboratorio de los suelos residuales (Ver Tabla 3). Para los depósitos aluviales y material excedente se tendrán en cuenta valores estimados ya que no altera la estabilidad según el perfil estratigráfico (Ver Figura 20).

**Figura 22**

*Definición de propiedades del material según el criterio de Hoek - Brown*



FUENTE: Slide 6.0

Según este criterio, el software Slide 6.0 solicita datos como el peso específico (Ver Tabla 4) y constantes de evaluación de los macizos rocosos que son en este caso para los Esquistos y Arenisca Fracturada.

Para la Arenisca Sana al ser un macizo rocoso que están a un nivel de 30 metros de profundidad cubierta por la Arenisca fracturada y suelo residual, presentan pocas probabilidades de erosión y colapso por su alta resistencia a la compresión axial e índice geológico de resistencia (Ver Tabla 4), además presenta una estabilidad fija en la ladera por lo que se considera un criterio infinito dentro de su análisis.

**Figura 23**

*Cálculo de parámetros y constantes de los macizos rocosos*

FUENTE: Slide 6.0

Se calcula las constantes “mb” “s” y “a” que permiten la evaluación del macizo rocoso considerando los parámetros como la Resistencia uniaxial del macizo (UCS), el Índice Geológico de Resistencia (GSI), la constante “mi” ya sea para Esquistos o Areniscas (Ver Tabla 4) y el factor de disturbancia “D” será igual a 0.7 por ser un macizo rocoso en taludes de ingeniería civil (Ver Figura 10).

**Figura 24**

*Parámetros Geológicos – Geotécnicos.*

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Strength Type	Cohesion (kN/m <sup>2</sup> )	Phi	UCS (kN/m <sup>2</sup> )	m	s	a
Aluvial		20	Mohr-Coulomb	20	38				
Esquisto		25	Generalised Hoek-Brown			60000	0.224925	8.10625e-005	0.51595
Arenisca Fracturada		24	Generalised Hoek-Brown			140000	1.60306	0.00147111	0.504048
Arenisca Sana		25	Infinite strength						
DME		20	Mohr-Coulomb	5	38				
Residual 2		18	Mohr-Coulomb	5.8	35.1				

FUENTE: Slide 6.0

Juntamente con los valores de los ensayos de laboratorio y los criterios respectivos para cada tipo de suelo, se han definido los siguientes parámetros geológicos-geotécnicos dentro del software Slide 6.0, que servirán para el modelamiento bidimensional, con la finalidad de analizar la estabilidad de la ladera.

#### 4.1.9. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE LA LADERA.

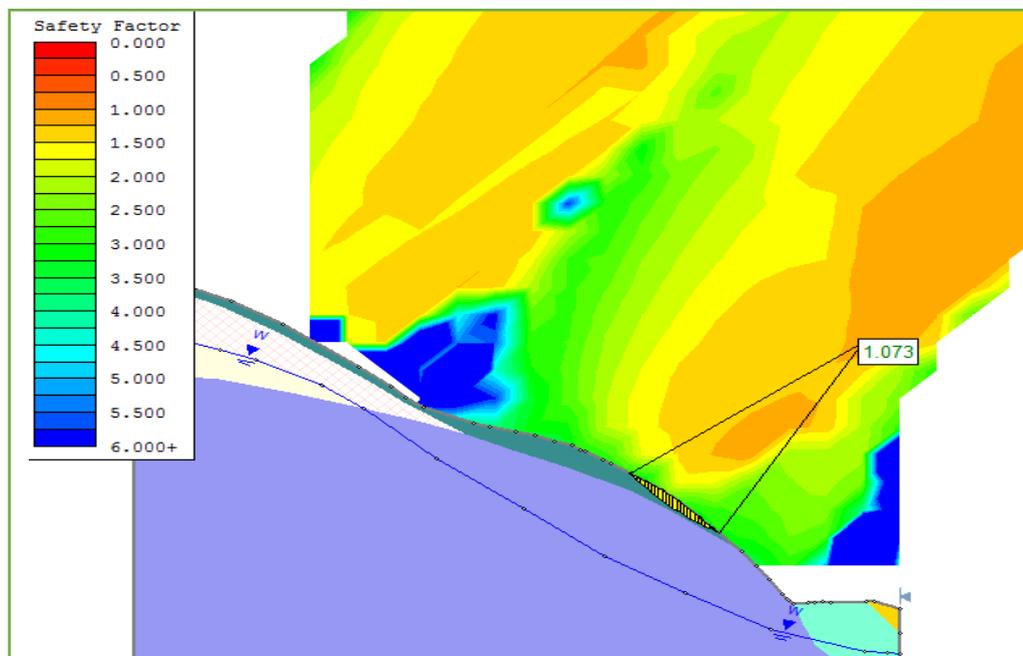
En general, el estudio de la 'condición actual' se ha efectuado a la progresiva KM 180+300 para evidenciar los deslizamientos ocurridos anteriormente. En este sentido, considerando que existe un contacto entre el suelo residual y la arenisca fracturada, se han determinado los coeficientes de seguridad en la interfaz, de tal forma que se pueda corroborar lo que se ha identificado en campo a través de los escarpes y grietas de tensión.

##### 4.1.9.1. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE LA LADERA EN CONDICIÓN SECA.

Este estudio se ha realizado para una condición seca, en la cual el nivel de la napa freática se ubica por debajo de los 20 metros de la superficie de la ladera, entre los meses de mayo y agosto según la hidrología de la zona.

**Figura 25**

*Sección 180+300, análisis estático en condición "seca". F.S.=1.073*



FUENTE: Slide 6.0.

El perfil de la ladera a analizar presenta diferentes factores de seguridad según el color de la región en el que se encuentre; los niveles van desde los factores de seguridad más altos con un color azul, cambiando a los niveles moderados que esta entre el color verde y amarillo, llegando a los niveles más bajos con el color naranja y siendo ya inestable con el color rojo.

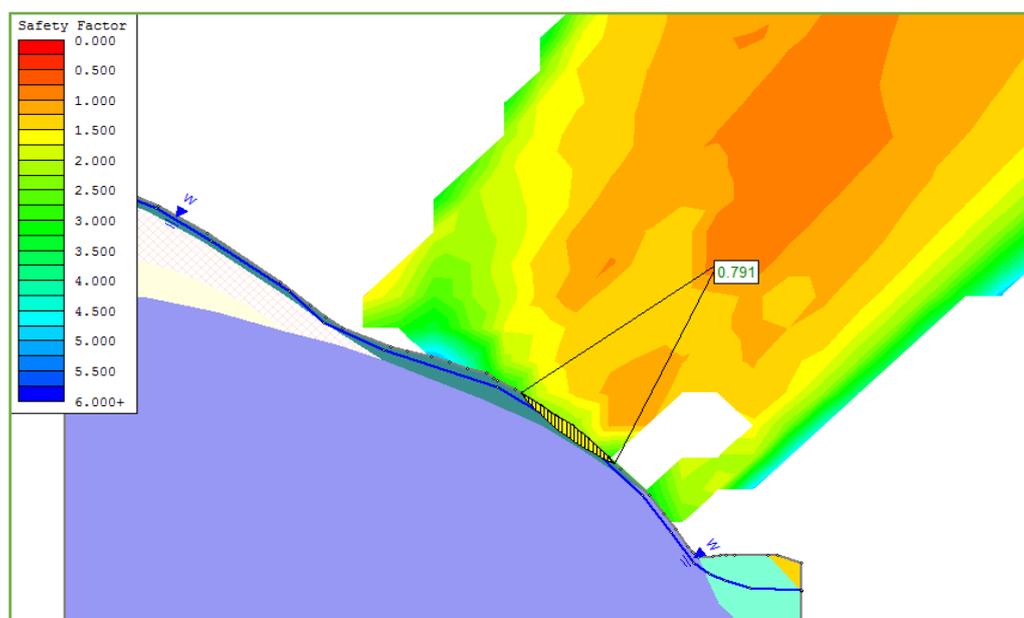
De acuerdo con lo visto, el coeficiente de seguridad más crítico para la condición denominada seca es de 1.073 siendo parte de la región de color naranja llegando casi a su límite de estabilidad, si bien es cierto, no superan al valor de 1.50 para un análisis estático.

#### 4.1.9.2. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE LA LADERA EN CONDICIÓN HUMEDA.

El estudio se ha realizado para una condición húmeda, ya que cuando las lluvias son moderadas y generan un aumento del contenido de agua del material residual, hace que este se aproxime a su límite líquido y se genere aún más una condición de inestabilidad.

**Figura 26**

*Sección 180+300, análisis estático en condición "húmeda". F.S.=0.791*



FUENTE: Slide 6.0.

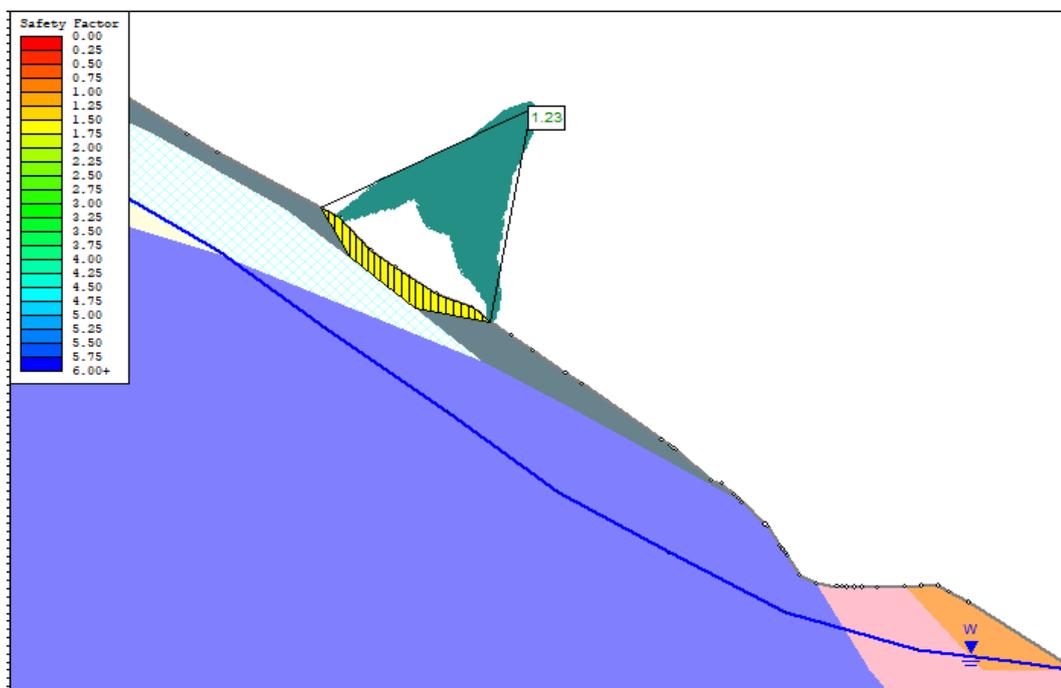
En condiciones de precipitaciones fuertes, la línea de la napa freática se ubica al margen de toda la ladera, en la que el factor de seguridad más crítico es de 0.791 siendo parte de la región de color rojo por ser menor a 1, lo cual sugiere inestabilidad provocando deslizamientos inminentes del material superficial residual de la ladera.

#### 4.1.9.3. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE LA LADERA EN OTRAS SECCIONES CRITICAS.

Mediante las visitas en campo se pudo observar 2 puntos críticos adicionales de deslizamiento de material, estas han sido el Km.180+360 y el Km 180+440, por lo que se realizó un análisis de estabilidad a las secciones de cada progresiva, tanto en condiciones secas y húmedas con el objetivo de garantizar que el Km 180+300 es la sección más crítica de la ladera.

**Figura 27**

*Sección 180+360, análisis estático en condición “seca”. F.S.=1.23*

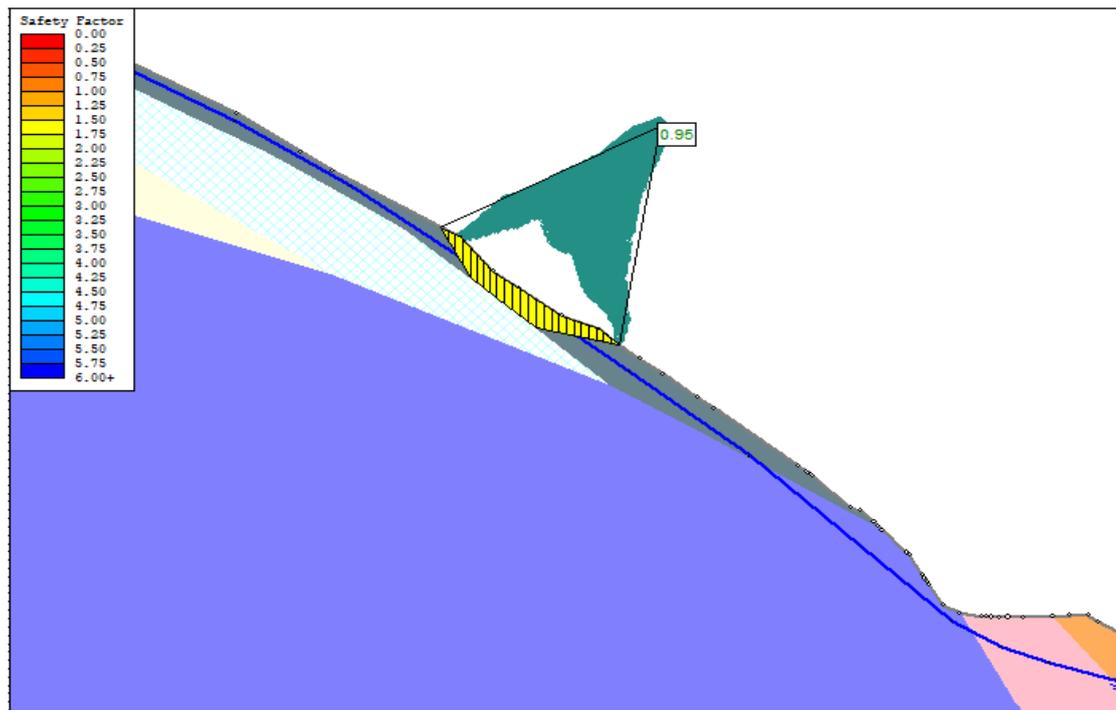


FUENTE: Slide 6.0.

En la sección del KM. 180+360, se proyecta una nueva topografía y estratigrafía, podemos observar que, mediante condición seca, esta presenta estabilidad en la capa de suelo residual con un factor de seguridad de 1.23, no superando al valor de 1.50 para un análisis estático.

### Figura 28

Sección 180+360, análisis estático en condición "húmeda". F.S.=0.95

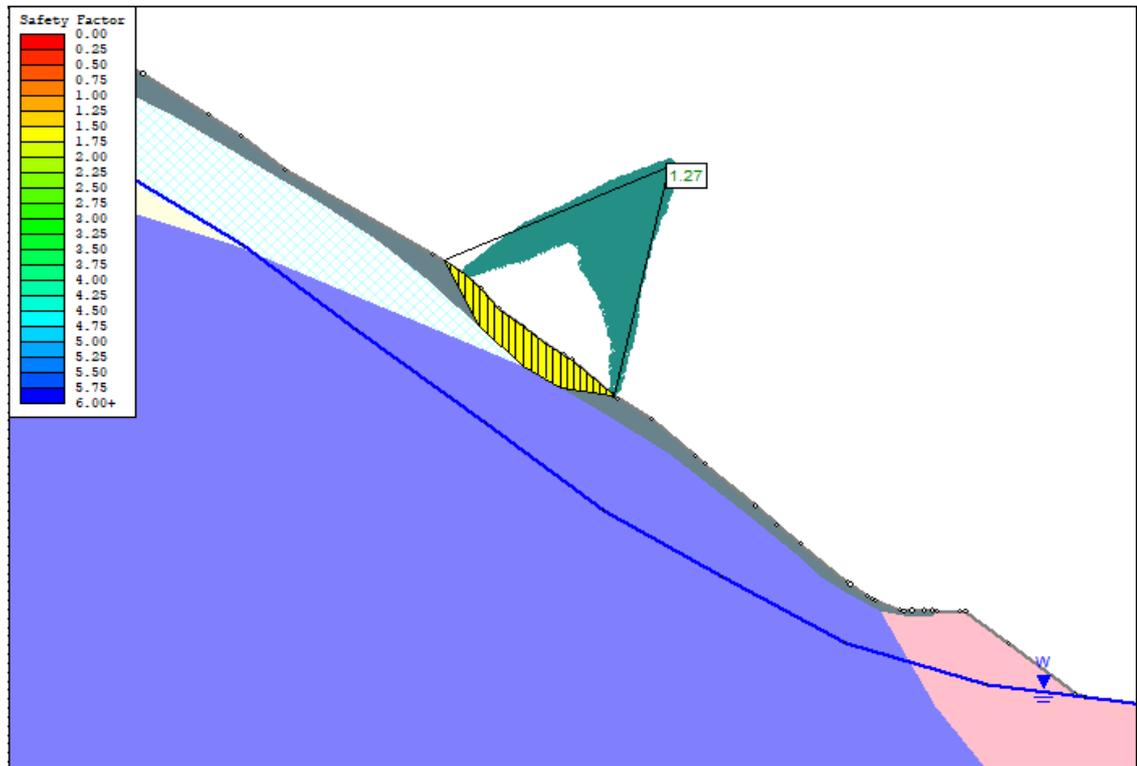


FUENTE: Slide 6.0.

En un escenario de condiciones húmedas en el KM. 180+360, al insertar la línea de la napa freática en la superficie de la ladera por las intensas lluvias en la zona, esta presenta un factor de seguridad de 0.95 no superando al valor de 1.50 para un análisis estático.

**Figura 29**

*Sección 180+440, análisis estático en condición “seca”. F.S.=1.27*

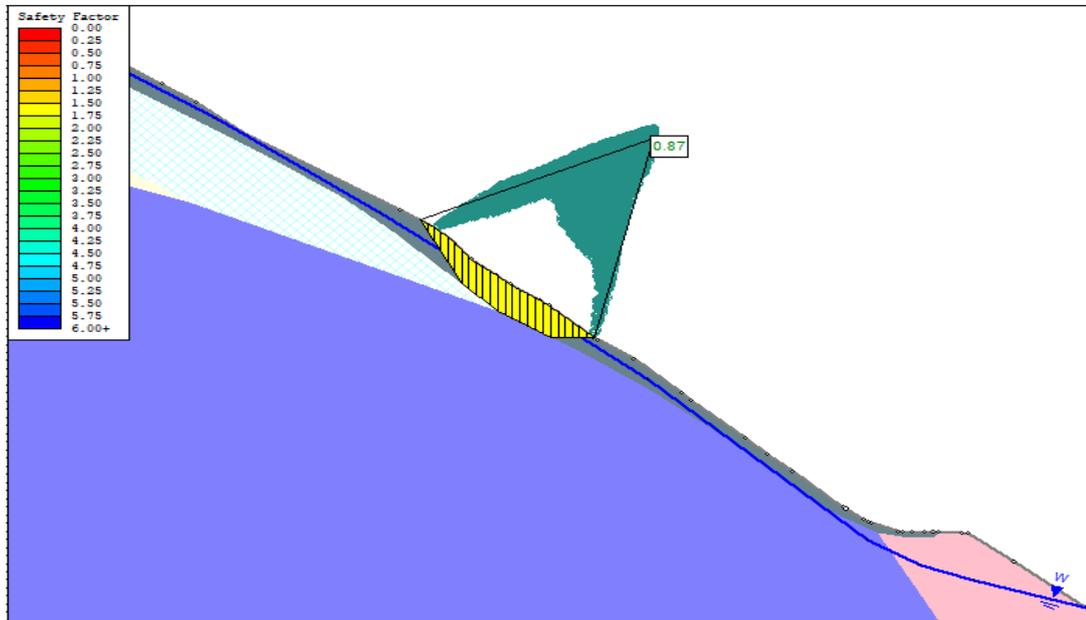


FUENTE: Slide 6.0.

La sección del KM. 180+440 presenta una nueva topografía y estratigrafía, en la cual nos muestra la ausencia del depósito de material excedente (DME), de tal forma que en este nuevo escenario al considerar un análisis en condiciones secas; ubicando la línea de napa freática por debajo de la capa de arenisca fracturada pero atravesando a la capa de esquisto, podemos decir que también presenta estabilidad en la capa del suelo residual con un factor de seguridad de 1.27, no superando al valor de 1.50 para un análisis estático.

**Figura 30**

*Sección 180+440, análisis estático en condición “húmeda”. F.S.=0.87*



En un escenario de condiciones húmedas en el KM. 180+440 ubicando la línea de napa freática al borde de la ladera, presenta un coeficiente de seguridad de 0.87 siendo menor a 1 lo cual sugiere inestabilidad, provocando deslizamientos inminentes del material superficial residual de la ladera.

**Tabla 5**

*Factores de seguridad de las secciones más críticas de la ladera*

KM	F. S. (SECO)	F. S. (HUMEDAD)
180+300	1.073	0.791
180+360	1.230	0.950
180+440	1.270	0.870

FUENTE: Propia.

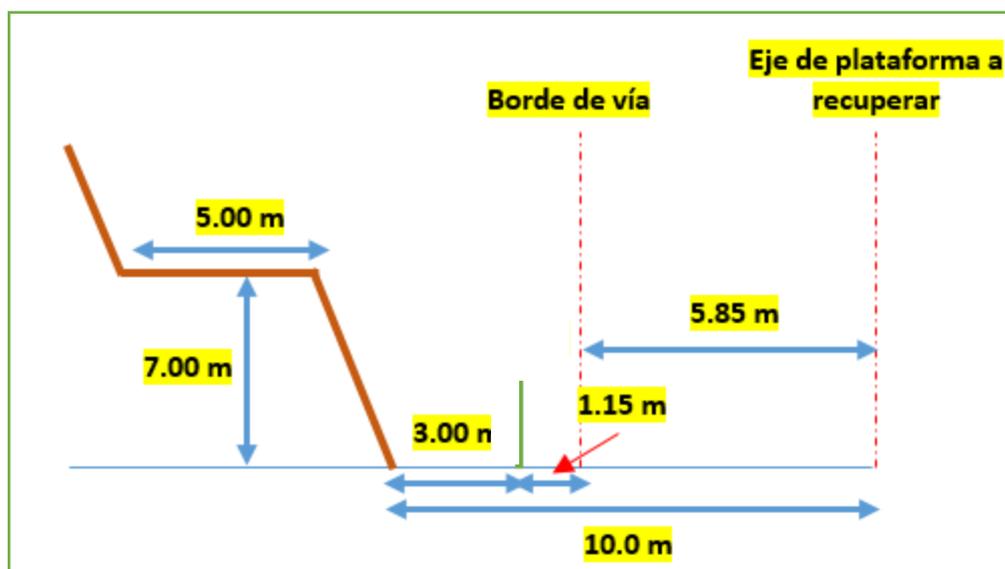
Se garantiza que el resultado más vulnerable, pertenece a la progresiva del KM 180+300 con un coeficiente de seguridad de 1.073 en estado seco y 0.791 en estado húmedo, la cual se confirma que es el punto ideal para su estudio siendo el más conservador.

#### 4.1.10. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DEL SISTEMA DE BANQUETAS PROPUESTO.

A fin de avalar la estabilidad del conjunto y satisfacer los requerimientos y exigencias mínimas señaladas en las normas E.050 Suelos y Cimentaciones y CE.020 Estabilización de Suelos y Taludes en cuanto a los factores de seguridad, se han seguido las recomendaciones del Manual de Diseño Geométrico de carreteras en la conformación de los taludes de corte.

**Figura 31**

*Esquema del Sistema de Estabilización*



FUENTE: Propia

Así, después de una serie de simulaciones con diversas configuraciones, la conformación del talud de corte ha quedado definida por la geometría mostrada.

1. Un sistema típico de banqueteo (terráceo)
2. Las banquetas tendrán un ancho de 5.0 m y una pendiente hacia el talud de 3.0 %
3. La altura de la primera banqueta es de 7.0 m y la de las siguientes es de 10.0 m

4. Las banquetas tendrán una pendiente 1H:1.6V excepto la banqueta de cierre que tendrá una pendiente de 1H:1.3V. En general, se consideran hasta ocho (08) banquetas que conforman la estabilización

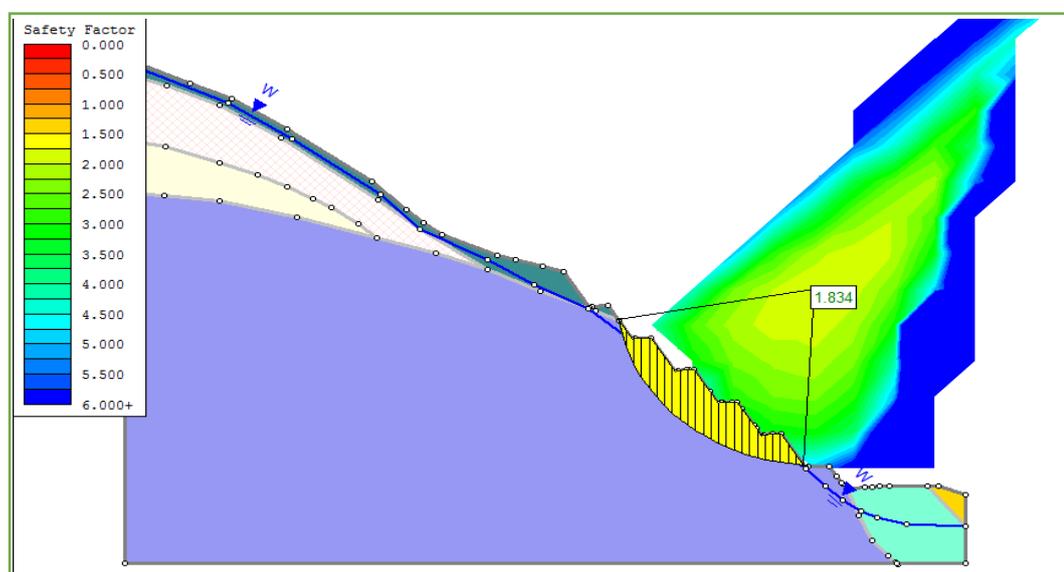
La altura máxima de intervención es de aproximadamente 87.0 m en una franja de actuación de 180.0 m.

#### 4.1.10.1. ANÁLISIS ESTÁTICO DEL SISTEMA DE BANQUETAS PROPUESTO.

A través de la propuesta del sistema de banquetas planteado (Ver Figura 31), se realizó el análisis estático considerando la condición húmeda por ser un escenario conservador, obteniendo como resultado el modelamiento de estabilidad.

#### Figura 32

*Sección de estabilización. Análisis estático. F.S.=1.834*



FUENTE: Slide 6.0.

Se ubica el nivel de la napa freática en la superficie de la ladera estabilizada en el Km 180+300, obteniendo un factor de seguridad de 1.834 situado dentro de una región de color verde, rodeada por la región de color

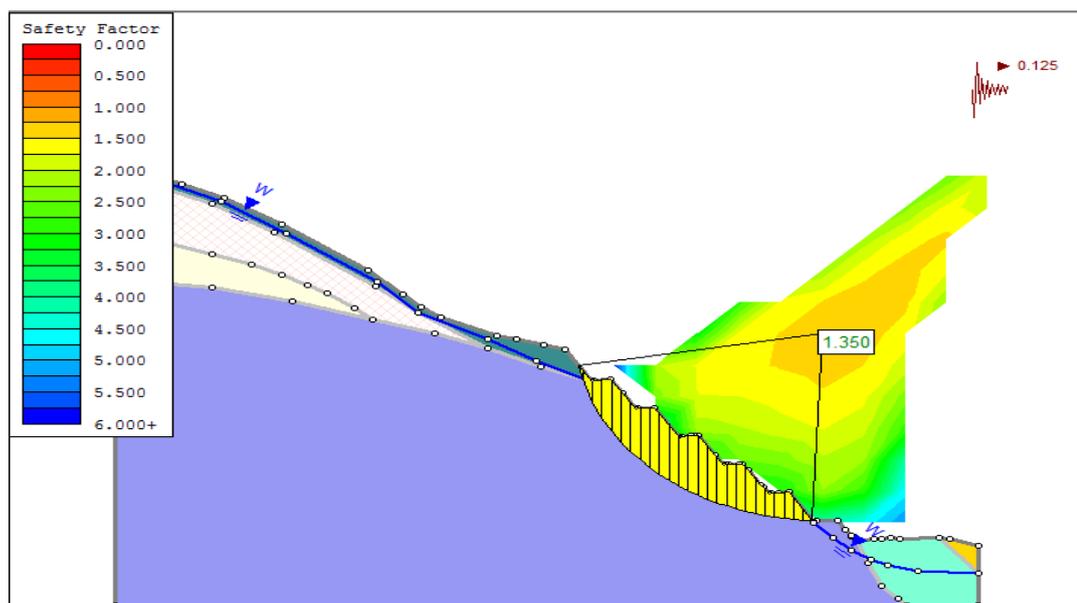
azul con factores de seguridad mayores a 6, este análisis nos indica que el factor de seguridad supera a los exigidos por la normativa nacional de 1.3 en un análisis pseudo-estático.

#### 4.1.10.2. ANÁLISIS PSEUDO-ESTÁTICO DEL SISTEMA DE BANQUETAS PROPUESTO.

Bajo la probabilidad de la intervención de una fuerza horizontal a la zona de estudio se realizó el análisis pseudo-estático, considerando la condición húmeda por ser un escenario conservador, obteniendo como resultado el modelamiento de estabilidad.

**Figura 33**

*Sección de estabilización. Análisis pseudo-estático ( $kh = 0.125$ ). F.S.=1.35*



FUENTE: Slide 6.0.

En el análisis pseudoestático se ha considerado un factor sísmico ( $kh$ ), igual a 0.125, que representa la sismicidad de la zona y los niveles de aceleración esperados en el área de estudio para eventos con periodo de retorno de 475 años. El resultado del modelamiento de estabilidad, muestra

un factor de seguridad de 1.35, la cual supera a los exigidos por la normativa nacional de 1.25 en un análisis pseudo-estático.

## 4.2. CONTRASTACION DE HIPOTESIS Y PRUEBA DE HIPOTESIS:

### 4.2.1. HIPÓTESIS GENERAL:

Hi: La propuesta de un Sistema de Banquetas, permite la estabilización de la ladera ubicada en el Km 180+300 de la ruta nacional PE-3N – San Rafael – Huánuco.

Ho: La propuesta de un Sistema de Banquetas, no permite la estabilización de la ladera ubicada en el Km 180+300 de la ruta nacional PE-3N – San Rafael – Huánuco.

**Tabla 6**

*Factores de seguridad de la propuesta de un Sistema de Banquetas*

KM	F. S. (ESTATICO)	F. S. (PSEUDO-ESTATICO)
180+300	1.834	1.350

FUENTE: Slide 6.0.

El factor de seguridad en el KM. 180+300 en un análisis estático y pseudo-estático con el diseño de un sistema de banquetas, obtiene como resultado admisible la estabilización de la ladera.

Por lo tanto, podemos estar seguros de que existe evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis de investigación propuesta que la propuesta de un Sistema de Banquetas, permite la estabilización de la ladera ubicada en el Km 180+300 de la ruta nacional PE-3N – San Rafael – Huánuco.

## **4.2.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS:**

### **HIPÓTESIS 1**

Hi: Las propiedades físicas y mecánicas del subsuelo serán fundamentales para determinar la estabilidad de la ladera y así poder diseñar un sistema de banquetas a través de un estudio de suelos.

Ho: Las propiedades físicas y mecánicas del subsuelo no serán fundamentales para determinar la estabilidad de la ladera y así poder diseñar un sistema de banquetas a través de un estudio de suelos.

Queda demostrado que conocer la granulometría, la densidad, la cohesión, el ángulo de fricción y el contenido de humedad de los suelos de la ladera, es fundamental para los resultados de estabilidad, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de investigación, la cual demuestra que las propiedades físicas y mecánicas del subsuelo son determinantes para determinar la estabilidad de taludes y así poder diseñar un sistema de banquetas a través de un estudio de suelos.

### **HIPÓTESIS 2**

Hi: La geología, topografía, sismicidad y la hidrología serán parámetros fundamentales para obtener resultados más confiables del comportamiento de un sistema de banquetas establecido.

Ho: La geología, topografía, sismicidad y la hidrología no serán parámetros fundamentales para obtener resultados más confiables del comportamiento de un sistema de banquetas establecido.

Se demuestra que el conocer de que tipo de materiales está compuesto la ladera, la representación de los accidentes del terreno y la influencia de agentes externos como las precipitaciones y las fuerzas horizontales. Hacen que la proyección de esta investigación se acerque a la realidad, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de investigación, la que establece que la geología, topografía, sismicidad y la hidrología serán

parámetros fundamentales para obtener resultados más confiables del comportamiento de un sistema de banquetas establecido.

### **HIPÓTESIS 3**

Hi: El factor de seguridad óptimo de un talud, será en solicitaciones estáticas de 1.5 y en solicitaciones sísmicas de 1.25, asegurando así la estabilidad de un sistema de banquetas.

Ho: El factor de seguridad óptimo de un talud, no será en solicitaciones estáticas de 1.5 y en solicitaciones sísmicas de 1.25, asegurando así la estabilidad de un sistema de banquetas.

Queda demostrado que a través del modelamiento de la ladera podemos observar óptimas condiciones de estabilidad, con un factor de seguridad mayor o igual a 1.5 y 1.25, en un análisis estático (Ver Figura 32) y pseudo-estático (Ver Figura 33) respectivamente, pese a escenarios críticos en la que se pueda encontrar, cabe resaltar que también se indica en la Norma CE.020 Estabilización de suelos y taludes, de manera que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de investigación, la cual establece que el factor de seguridad óptimo de un talud será en solicitaciones estáticas de 1.5 y en solicitaciones sísmicas de 1.25, asegurando así la estabilidad de un sistema de banquetas.

## CAPITULO V

### DISCUSION DE RESULTADOS

A partir de los valores obtenidos del coeficiente de seguridad en un análisis estático y pseudo-estático (Ver Tabla 6), aceptamos la hipótesis general donde se establece que la propuesta de un Sistema de Banquetas, permite la estabilización de la ladera ubicada en el Km 180+300 de la ruta nacional PE-3N – San Rafael – Huánuco.

Estos resultados guardan relación con la ejecución de las investigaciones que sostienen Martínez (2019), García (2017) y Espinoza (2019) en la cual determinan un coeficiente de seguridad, para garantizar la estabilidad de una ladera a través de la geología, topografía, hidrología, estratigrafía, sismicidad y las propiedades del terreno de estudio, considerando las bases teóricas como el método de Spencer y el criterio de Mohr – Coulomb y el de Hoek y Brown.

Los resultados del análisis estático en condiciones secas de cada sección establecida en la ladera actual, nos brinda un factor de seguridad mayor a 1, no superando al valor recomendable de 1.50 para un análisis estático, la cual se considera que el talud es estable, teniendo en cuenta que sin la existencia de precipitaciones fuertes, la ladera puede resistir la carga geo estática, lo cual coincide con lo observado en campo.

Los resultados del análisis pseudo-estático a través del diseño de un sistema de banquetas en condiciones húmedas, nos brinda un factor de seguridad mayor al valor recomendable de 1.3 (Ver Figura 33), sin embargo, es importante resaltar que no resuelve el problema de los deslizamientos que puedan ocurrir más allá de la altura de intervención, cada vez que el suelo residual quedara expuesto a las condiciones de intemperie sin alguna estabilización.

## CONCLUSIONES

- La ladera ubicada en el Km 180+300 de la ruta nacional PE-3N – San Rafael – Huánuco presenta inestabilidad por los factores climáticos, geológicos, topográficos y sísmicos, generando un riesgo potencial para los usuarios de la vía.
- El diseño de un sistema de banquetas, permite la estabilización moderada de la ladera ubicada en el Km 180+300 de la ruta nacional PE-3N – San Rafael – Huánuco, cumpliendo con los límites del factor de seguridad en condiciones secas y húmedas tanto en un análisis estático como pseudoestático, otorgando así la seguridad del usuario vial.
- Mediante los estudios empleados en campo y en el laboratorio de Mecánica de Suelos, con el objetivo de conocer las propiedades del subsuelo de la ladera, podemos concluir con que el material residual propenso a deslizarse hacia la vía, está clasificado como grava arcillosa con arena de baja plasticidad, con una densidad de 18 KN/m<sup>3</sup>, cohesión de 5.8 KN/m<sup>2</sup> y un ángulo de fricción de 35.1°, mientras que el material de la parte del pie de la ladera está conformado por esquistos con una densidad de 25 KN/m<sup>3</sup>, arenisca sana y fracturada con densidad 25 y 24 KN/m<sup>3</sup> respectivamente.
- Estableciendo un modelamiento de estabilización podemos garantizar que los parámetros necesarios son la hidrología para definir la línea freática; la topografía para conocer las dimensiones de la ladera y el diseño del talud; la geología por el interés de saber la conformación del suelo y subsuelo; y la sismicidad del sector a estudiar por la fuerza horizontal que percibe la ladera y genera gran inestabilidad.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda que los resultados de estabilización dados por un factor de seguridad siempre sean conservadores para optimizar de la mejor manera y dar seguridad de que la proyección a un sistema de banquetas siempre sea el adecuado para estabilizar, en este estudio se tuvo control a través de la Norma CE.020 Estabilización de Suelos y Taludes.
- Como medida paliativa, se recomienda la proyección de una barrera estática que se ubique a tres metros del pie de talud de corte; a su vez, esta barrera podrá contener la proyección de bloques menores de roca que puedan desprenderse de la parte superior de la ladera.
- Analizar con otros sistemas de estabilización que permita el buen funcionamiento y con un presupuesto accesible para su ejecución en esta zona, los sistemas de estabilización pueden otorgar muchas alternativas de solución, pero es muy importante el análisis de recursos con la cual se va a ejecutar.
- Tener en cuenta un sistema de drenaje es esencial para evitar riesgos de infiltración y erosión en el terreno dentro de la zona intervenida, de esta forma, disminuirá aún más la probabilidad de ocurrencia de deslizamientos superficiales. Se proyecta un sistema de drenaje compuesto por cunetas y colectores laterales, los cuales transportarán las aguas de lluvias hacia las cunetas de la vía existente. Los colectores laterales deberán acoplarse a la pendiente natural del terreno. En cuanto al desarrollo del drenaje superficial, se recomienda que las cunetas deben tener una pendiente longitudinal mínima de 0.2% en el caso de que sean revestidas y 0.5%, en el caso de ser sin revestir, se considera que las secciones de las cunetas en banquetas de estabilización puedan ser triangulares, rectangulares o trapezoidales. Asimismo, la construcción de zanjas de colección que pueden ser de sección trapezoidal o rectangular con base mínima de 1.00 m y altura no menor que 0.50 m.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Ayala Carcedo, F.J. et al. (1987). *Manual de taludes*. Madrid: IGME.
- Medina y Cartaya, (2018) *Uso del software Slide para el análisis del comportamiento sísmico de taludes*
- Jaime Suarez, (2002) *Deslizamientos: Análisis Geotécnico*.
- Obregon Mitma. (2020). *Introducción al Calculo Geotécnico de estabilidad de taludes en suelos y rocas*.
- GEOTADI (2020), *Criterios de rotura de macizos rocosos, suelos y discontinuidades*.
- Cobbing Edwin John, Quispesivana Quispe Luis Juan y Paz Maidana, Manuel. (1996). *Geología de los Cuadrantes de Ambo, Cerro de Pasco y Ondores*.
- Nuñez (2011). *Inspeccion Geodinamica en el Sector de San Rafael, Valle del Huallaga y Quebrada Rosayoc/Batan, Instituto Geológico Minero Y Metalúrgico*.
- Carpio (2020). *“Analizar la estabilidad de laderas de los deslizamientos en suelos arcillosos” caso de los poblados de Lutto, Kututo y Llusco, región Cusco, Universidad Nacional Mayor de San Marcos*.
- De Matteis (2003). *Estabilidad de Taludes, Universidad Nacional del Rosario*.
- Analuisa (2019), *Estabilización de laderas en la zona del deslizamiento de Cachi, ubicado en la parroquia y cantón Pujilí, provincia de Cotopaxi, Universidad Central del Ecuador*.
- Zabala y Vilchez (2005). *Zonas Críticas por peligros Geológicos en la Región Huánuco, Instituto Geológico Minero Y Metalúrgico*.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación* (5ta ed.). México D.F.: McGraw-Hill Interamericana
- Norma ASTM D 1556-90, MTC E 117 – 2000 - AASHTO T 191-61, *Ensayo para determinar la densidad de los suelos en el campo por el método del cono de arena*.
- Gonzales de Vallejo Luis (2002), *Ingeniería Geológica*.

Hoek, E., Carranza-Torres, C., & Corkum, B. (2002). *El criterio de rotura de Hoek - Brown*. Consulting engineer, University of Minnesota, RocScience Inc.

## **ANEXOS**

### **Anexo 1**

#### **Panel Fotográfico**



Inspección en campo de la ladera en el km 180+300 de la ruta PE-3N – San Rafael



Inspección aérea de la ladera en Dron.



Ladera ubicada en el Km 180+300 de la ruta PE-3N – San Rafael



Presencia de grietas en la parte superior de la ladera



Extracción de la muestra 01





Extracción de la muestra 02





Muestras C=1 y C=2 – San Rafael





Ensayo de granulometría





Ensayo de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad



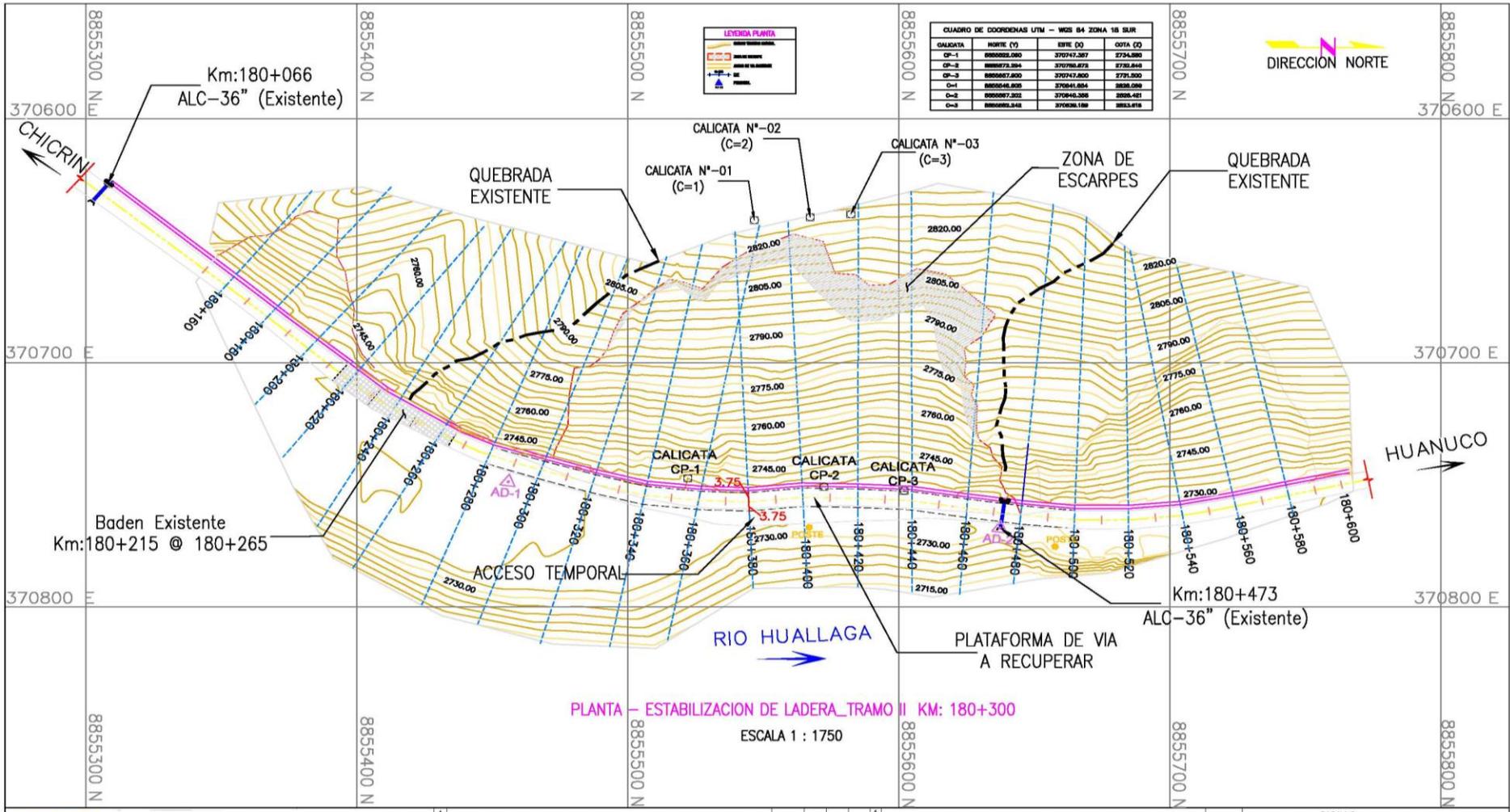


Ensayo de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad



## **Anexo 2**

### **Plano de Ubicación de calicatas**



**LEYENDA PLANTA**

- LINEA DE LADERA EXISTENTE
- LINEA DE LADERA PROYECTADA
- ACCESO TEMPORAL
- POSTO DE VIGILANCIA

**CUADRO DE COORDENADAS UTM - WGS 84 ZONA 18 SUR**

CALICATA	NORTE (Y)	ESTE (X)	COTA (Z)
CP-1	8855522.000	370747.307	2704.880
CP-2	8855573.394	370786.873	2735.846
CP-3	8855567.800	370747.800	2721.500
C-1	8855546.800	370641.804	2658.000
C-2	8855567.200	370641.200	2658.417
C-3	8855583.543	370636.100	2653.616



**PLANTA - ESTABILIZACION DE LADERA TRAMO II KM: 180+300**  
 ESCALA 1 : 1750



**TESISTA:**  
**SAAVEDRA RODRIGUEZ**  
**DIEGO FAVIO**

4									
3									
2									
1									
0									
REV	FECHA	ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	NO				

PROYECTO N°		TITULO	
ESCALA		ESTADIA	
NACION		MUNICIPALIDAD	
PLANO N°		NÚMERO DE PLANO	

PROYECTO N°		TITULO	
ESCALA		ESTADIA	
NACION		MUNICIPALIDAD	
PLANO N°		NÚMERO DE PLANO	

**Anexo 3**  
**Registros de trabajos en campo**

## TRABAJO EN CAMPO EN LA PARTE SUPERIOR DE LA LADERA

### CALICATAS

Se realizaron tres (03) calicatas o exploraciones con la finalidad de definir las características del subsuelo del talud superior, distribuidas convenientemente en el área de estudio.

Estructura (Tramo I)	Ubicación (km)	Pozo de Exploración	Sondaje (km)	Estrato	Prof. Estrato (m)	Capa de Cimentación
Parte Superior de la ladera	180+300 al 180+480	C=1	N/A	M-1	0.00 1.70	Mat. arcilla Gravoso rojizo semi compacto
				M-2	1.70 3.00	Mat. Granular suelto de color plomo
		C=2	N/A	M-1	0.00 0.50	Mat. Arcilla Gravoso rojizo semi compacto
				M-2	0.50 2.20	Mat. Granular suelto de color plomo
		C=3	N/A	M-1	0.00 1.00	Mat. Arcilla Gravoso rojizo semi compacto
				M-2	1.00 mas	Mat. Granular suelto de color plomo con restos de arcilla

### DESCRIPCIÓN DEL PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Las calicatas se realizaron en la localidad de San Rafael, fueron a cielo abierto. De acuerdo con estas perforaciones se puede describir cada calicata como sigue:

CALICATA N° 01 (C=1):

De 0.00 m. a 0.75 m.: material topsoil con vegetación y presencia de gravas menores a 3"

De 0.75 m. 1.70 m.: material de arcilla con presencia de grava de color rojizo semi compacta, quedando material de tamaños variables desde

fino hasta 6" de grava (según se observa en las imágenes). Así mismo el material fino representa más del 50% de toda la muestra.

De 1.70 a 3.00 m.: se registró material granular de color plomo con gravas menor a 8" se encuentra material semi compacto predomina el fino.

**CALICATA N° 02 (C=2):**

De 0.00 m. – 0.50 m.: se observa un material de con vegetales y arcilla con grava menor a 5" siendo un terreno semi compacto lo cual predomina los finos.

De 0.50 a 2.20 m.: se registró material de color plomo con boloneras como tamaño máximo de 12" como también se encuentra vetas de arcillas en el mismo. No se pudo continuar los trabajos por la presencia de gravas que dificulta el trabajo manual.

**CALICATA N° 03 (C=3):**

De 0.00 m. – 1.00 m.: se observó material arcilloso de color rojizo con gravas menores a 6" terreno semi compacto

De 1.00 m. – más.: se registró material granular de color plomo con mayor presencia de gravas menor a 8" lo cual se visualiza en la foto así mismo el material se encuentra suelto.

Los trabajos realizados son a tajo abierto.

## PANEL FOTOGRÁFICO DE LA CALICATA # 01 (C=1)

Densidades en terreno natural y toma de muestra a 0.75 m



Toma de muestra y obtención de la humedad natural mediante un Speedy.



Visualización de la calicata y del perfil estratigráfico





## PANEL FOTOGRÁFICO DE LA CALICATA 02 (C=2)

Densidades a nivel de terreno natural a 0.50 m



Toma de muestra y obtención de la humedad natural mediante un Speedy



## Toma de muestra y perfil estratigráfico de la calicata



## Material extraído



## PANEL FOTOGRÁFICO DE LA CALICATA 03 (C=3)

Perfil estratigráfico de 0.00 a 1.00 m



Perfil estratigráfico de 1.00 m a más



Las gravas que se encuentran en las calicatas son duras y fracturadas en sus diferentes tamaños.

## TRABAJO EN CAMPO EN EL PIE DE TALUD CALICATAS

Se realizaron tres (03) calicatas o exploraciones con la finalidad de definir las características del subsuelo del pie de talud, distribuidas convenientemente en el área de estudio.

Estructura (Tramo I)	Ubicación (km)	Pozo de Exploración	Sondaje (km)	Estrato	Prof. Estrato (m)	Capa de Cimentación
Talud Inestable (Pie de Talud)	180+300 al 180+480	CP-1	180+320	M-1	0.00-1.00	Roca desmenuzable
				M-2	1.00-más	Roca dura fragmentada
		CP-2	180+375	M-1	0.00-1.59	Roca desmenuzable
				M-2	1.59-más	Roca dura fragmentada
		CP-3	180+430	M-1	0.00-1.43	Roca desmenuzable
				M-2	1.43-más	Roca dura fragmentada

### DESCRIPCIÓN DEL PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Las calicatas se realizaron en la Localidad de San Rafael, fueron a cielo abierto. De acuerdo con estas perforaciones podemos describir cada calicata como sigue:

CALICATA N° 01:

- De 0.00 m. 1.00m.: se registró material de roca débil desmenuzable, que al contacto con la máquina se desmenuza y quiebra, quedando material de tamaño variables desde fino hasta 15 cm (según se observa en las imágenes). Así mismo el material fino representa más de 50% de toda la muestra.
- De 1.00m. más.: se encontró material de roca más dura que la primera capa, fragmentada en varias piezas de mayor dimensión, el equipo encontró mayor resistencia para extraer, finalizando la excavación hasta este punto. Así mismo se observó que los tamaños eran superiores a los 25cm.

Se aclara que el material superficial (encima de la calicata) es el mismo

que la primera capa(según se observa en la imagen).

#### CALICATA N° 02:

- De 0.00 m. 1.59m.: se observó material de roca débil desmenuzable, que al contacto con la máquina se desmenuza y quiebra, quedando material de tamaño variables desde fino hasta 25 cm (según se observa en las imágenes). Así mismo el material fino representa casi el 5% de toda la muestra siendo el material sólido de mayor representatividad con 95%.
- De 1.59m. más.: se encontró material de Roca más dura que la primera capa, fragmentada en varias piezas de mayor dimensión, el equipo encontró mayor resistencia para extraer, finalizando la excavación hasta este punto. Asimismo, se observó que los tamaños eran superiores a los 25 cm.

Se indica sobre la calicata existen dos tipos de materiales (roca desintegrada y suelo rojizo), producto del sedimento causado por el deslizamiento de material superior.

#### CALICATA N° 03:

- De 0.00 m. 1.43m.: Se encontró material de roca débil desmenuzable, que al contacto con la máquina se desmenuza y quiebra, quedando material de tamaño variables desde fino hasta 25 cm (según se observa en las imágenes). Así mismo el material fino representa casi el 5% de toda la muestra siendo el material sólido de mayor representatividad con 95%.
- De 1.43m. más.: se encontró material de roca más dura que la primera capa, fragmentada en varias piezas de mayor dimensión, el equipo encontró mayor resistencia para extraer, finalizando la excavación hasta este punto. Asimismo, se observó que los tamaños eran superiores a los 25 cm. Se indica sobre la calicata existen un tipo de material (suelo rojizo), producto del sedimento causado por el deslizamiento de material superior.

## PANEL FOTOGRÁFICO CALICATA CP-1



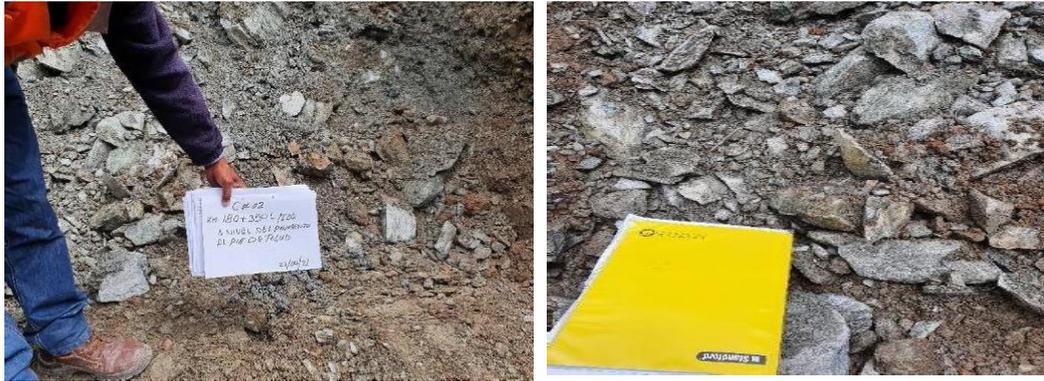
Vista del estrato superior y cartel de identificación de la CP-1



Medición de 1m de espesor del primer estrato.



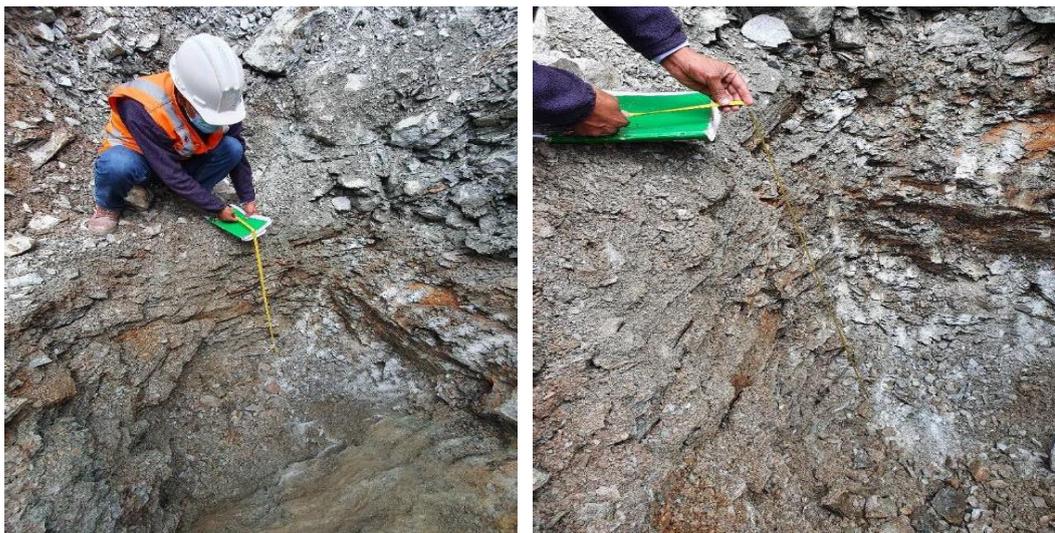
## PANEL FOTOGRAFICO CALICATA CP-2



Vista de los estratos superiores (Material generado por sedimentación y deslizamiento del material superior del talud)



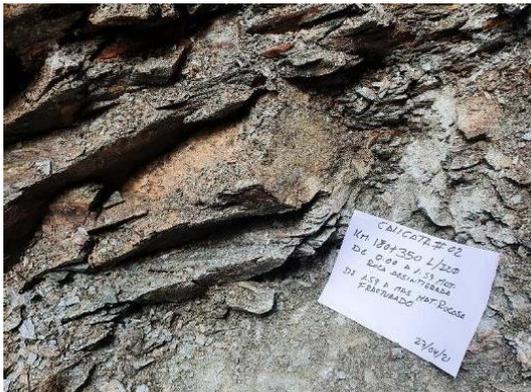
Material deslizado y sedimentado (1era material superior a la calicata)



Medición 1.59 m del primer estrato



Vista del estrato en la CP-2



Vista de la base de la CP-2, así mismo el primer estrato



Vista general después de la exploración

### PANEL FOTOGRÁFICO CALICATA CP-3



Foto panorámica del punto de extracción de la CP-3.



Vista del estrato superior (Material generado por sedimentación y deslizamiento del material superior del talud).



Material deslizado y sedimentado (material superior a la calicata)



Medición de 1.43m del primer estrato



Vista de la base de la CP-3, así mismo el primer estrato



Vista del material de fondo calicata

## **Anexo 4**

### **Resultados de ensayo de densidad in-situ.**

LABORATORIO MEP DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS								
MTC E 117 - AASHTO T 191-93 - ASTM D 1556								
PROYECTO	ESTABILIZACION DE LADERA EN EL KM 180+300	HECHO POR: ALFONSO CASTILLO SANCHEZ FECHA: 03/11/2021						
CLIENTE	SAAVEDRA RODRIGUEZ DIEG FAVO							
MATERIAL								
ESTRUCTURA								
UBICACIÓN	KM.180+300							
SECTOR	SAN RAFAEL							
CARRIL/LADO	TALUD SUPERIOR DE LA FALLA GEOLÓGICA							
DATOS DEL ENSAYO DE DENSIDAD								
ENSAYO N°	1	2	3	4	5	6	7	8
Capa	1	1						
Espesor (m)	N/A	N/A						
Lado	N/A	N/A						
Peso Inicial de arena (gr)	9340	9384						
Peso residual arena (gr)	4289	3722						
Peso arena + cono (gr)	1411	1411						
Peso arena en el hueco (gr)	3640	4231						
Densidad arena (gr/cc)	1.350	1.350						
Volumen hueco (cc)	2696	3134						
Peso suelo extraído (gr)	5182	6100						
Densidad de grava (gr/cc)	2.650	2.650						
Peso suelo (gr)	5182	6100						
Volumen del suelo (cc)	2696	3134						
Densidad húmeda (gr/cc)	1.922	1.946						
Densidad seca (gr/cc)	1.711	1.797						
CONTENIDO DE HUMEDAD								
Con Speedy ( AASHTO T-217 )	12.30	8.30						
Recipiente N°								
Peso recip.más suelo húmedo (gr)								
Peso recip.más suelo seco (gr)								
Peso del recipiente (gr)								
Peso del agua (gr)								
Peso de la muestra seca (gr)								
% de humedad ( AASHTO T-265 )								
Observaciones :								
Firma:  Nombre: ALFONSO CASTILLO SANCHEZ F Fecha: 03/11/2021	Firma:  Nombre: Saavedra Rodriguez Dieg Favo Fecha: 03/11/2021	Firma: ..... Nombre: ..... Fecha: .....	Firma: ..... Nombre: ..... Fecha: .....					

MOTA - ENGIL PERÚ S.A.

  
 ALFONSO CASTILLO SANCHEZ  
 TÉCNICO SUELOS Y PAVIMENTOS

**Anexo 5**

***Certificados de resultado de ensayos de laboratorio***

**LABORATORIO MEP**

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN  
INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-076

**INFORME DE ENSAYO**

0394/20  
18/11/2021  
Pág. 1 de 2

**Información interna del Laboratorio MEP:**

Caracterización del proceso  
Caracterización de Suelos

Estudio N.º Muestra N.º Fecha de recepción  
**L.024.21 A0415/20 05/11/2021**

**Información proporcionada por el cliente:**

Sistema de Banquetas para la estabilización de la ladera  
ubicada en el Km 180+300 - San Rafael - Huánuco

Datos del cliente  
Saavedra Rodriguez Diego Favio  
San Rafael - Huánuco - Perú

Muestreo Responsabilidad del solicitante Fecha de muestreo  
03/11/2021

Tipo de material / Referencia del cliente

**Suelo / C=1 de 0.75 cm se tomó la Muestra**

Procedencia  
Km 180+300 - Calicatas de la parte superior del Talud

**Informe:**

ENSAYO	MÉTODO	RESULTADO [Incertidumbre si aplica]	REPORTE DE ENSAYO N.º	
01.01 Análisis Granulométrico por Tamizado en Suelos	ASTM D422-63 (Reaprobado 2007) e2	<b>Material Pasante Fracción Retenida en el Tamiz No. 10</b> 1 1/2 in = 100.0% 1 in = 98.8% 3/4 in = 97.5% 3/8 in = 90.7% No. 4 = 83.3% No. 10 = 73.0%	<b>Material Pasante Fracción Pasante en el Tamiz No. 10</b> No. 20 = 68.4% No. 40 = 64.5% No. 60 = 62.0% No. 140 = 57.4% No. 200 = 55.4%	1355.21
01.02 - Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de Suelos	ASTM D4318-17e1	LL = 37 LP = 22 IP = 15	1356.21	
01.06 - Clasificación de Suelos (*)	SUCS-Unificada y AASHTO	SUCS: CL - Arcilla arenosa de baja plasticidad con grava AASHTO: A-6 (6)	1357.21	
01.09 - Contenido de Agua de un Suelo o Roca	ASTM D2216-19	Contenido de Agua (promedio) = 9%	1358.21	
01.10 - Gravedad Específica de Suelos	ASTM D854-14	Gravedad Específica (Promedio de las partículas a 20°C) = 2.78	1359.21	

Los resultados de ensayo presentados se refieren únicamente a la muestra ensayada.

El Laboratorio MEP no se responsabiliza cuando la información proporcionada por el solicitante pueda afectar a la validez de los resultados reportados.

Los resultados reportados en el presente informe de ensayo son aplicables a la muestra de acuerdo a las condiciones en que se recibió. El muestreo y entrega de la muestra en las instalaciones del Laboratorio MEP son responsabilidad del solicitante.

La fecha de ejecución de los ensayos se indica en los reportes de ensayo adjuntos que forman parte del presente informe.

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

**LABORATORIO MEP**  
Av. Nicolás Ayllón 2634 Ate - Lima 3 - Perú  
Teléfono: +51 1 414 3570  
e-mail: laboratoriompe@mota-engil.pe

LABMEP.670.3

**MOTA-ENGIL PERU S.A.**  
Ing. Pamela Santa Cruz  
JEFE CORPORATIVO  
DE CONTROL DE CALIDAD

**LABORATORIO MEP**

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN  
INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-076

**INFORME DE ENSAYO**

0394/20  
18/11/2021  
Pág. 2 de 2



Registro N° LE - 076

01.12 – Corte Directo (**)	ASTM D3080	- Angulo de Fricción = 30.2° - Cohesión = 3.2 kPa Muestra Alterada/Condición Drenada	1360.21
----------------------------	------------	--	---------

**Observaciones:** ---

**Anexos:** 6 Reportes de Ensayo (8 Páginas).

Los resultados de ensayo presentados se refieren únicamente a la muestra ensayada.

El Laboratorio MEP no se responsabiliza cuando la información proporcionada por el solicitante pueda afectar a la validez de los resultados reportados.

Los resultados reportados en el presente informe de ensayo son aplicables a la muestra de acuerdo a las condiciones en que se recibió. El muestreo y entrega de la muestra en las instalaciones del Laboratorio MEP son responsabilidad del solicitante.

La fecha de ejecución de los ensayos se indica en los reportes de ensayo adjuntos que forman parte del presente informe.

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

**LABORATORIO MEP**  
Av. Nicolás Ayllón 2634 Ate - Lima 3 - Perú  
Teléfono: +51 1 414 3570  
e-mail: laboratoriompe@mota-engil.pe

LABMEP.670.3

  
Ing. Patricia Santa Cruz  
JEFE CORPORATIVO  
DE CONTROL DE CALIDAD

## REPORTE DE ENSAYO



<b>Muestra N.º</b> A0415/21	<b>Reporte N.º</b> 1355.21	<b>Página</b> 1/1	<b>Fecha</b> 11/Nov/21
--------------------------------	-------------------------------	----------------------	---------------------------

### 01.01 - Análisis Granulométrico por Tamizado en Suelos ASTM D422-63 (Reaprobado 2007)e2

Masa Inicial de la Muestra Global Seca (0.1 g) = 10331.1  Muestra Seca al Aire Fecha de inicio de ensayo: 08/11/2021  
 Masa Retenida en Tamiz No.10 (0.1 g) = 2789.6 Fecha de fin de ensayo: 11/11/2021  
 Masa Pasante en Tamiz No.10 (0.1 g) = 7541.5  Muestra Seca en Estufa (110 ± 5 °C)

Porcentaje de Material Retenido en Tamiz No. 10 (0.1 %) = 27.0					
Tamiz (Abertura)		Masa Retenida	Parcial Retenido	Acumulado Retenido	Acumulado Pasante
		$p_i'$	$N_i = \frac{p_i'}{p_1} \times 100$	$N_i'$	$N_i'' = 100 - N_i'$
		(0.1 g)	(0.1 %)	(0.1 %)	(0.1 %)
3 in	75 mm	0.0	0.0	0.0	100.0
2 in	50 mm	0.0	0.0	0.0	100.0
1 ½ in	37.5 mm	0.0	0.0	0.0	100.0
1 in	25.0 mm	127.0	1.2	1.2	98.8
¾ in	19.0 mm	129.5	1.3	2.5	97.5
½ in	9.5 mm	708.0	6.9	9.3	90.7
No. 4	4.75 mm	765.6	7.4	16.7	83.3
No. 10	2.00 mm	1059.5	10.3	27.0	73.0

Grava (0.1 %)	16.7
Arena (0.1 %)	27.9
Finos (0.1 %)	55.4

D <sub>10</sub> (0.01 mm)	--
D <sub>50</sub> (0.01 mm)	--
D <sub>60</sub> (0.01 mm)	0.16
C <sub>u</sub>	--
C <sub>c</sub>	--

Porcentaje de Material Pasante en Tamiz No. 10 (0.1 %) = 73.0					
Masa Inicial de la Muestra Seca (Pasante en el Tamiz No. 10) (0.01 g) = 202.19					
Tamiz (Abertura)		Masa Retenida	Parcial Retenido	Acumulado Retenido	Acumulado Pasante
		$p_i'$	$N_i = \frac{p_i'}{p_1} \times 100$	$N_i'$	$N_i'' = 100 - N_i'$
		(0.01 g)	(0.1 %)	(0.1 %)	(0.1 %)
No. 20	850 µm	12.85	4.6	31.6	68.4
No. 40	425 µm	10.69	3.9	35.5	64.5
No. 60	250 µm	6.88	2.5	38.0	62.0
No. 140	106 µm	12.67	4.6	42.6	57.4
No. 200	75 µm	5.77	2.1	44.6	55.4

**Características del Material (Análisis Visual)**

**Forma**

Redondeado  Angular

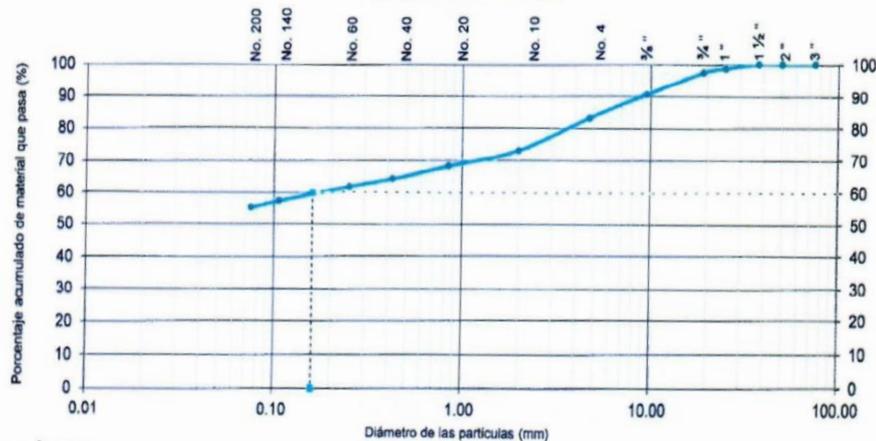
**Dureza**

Duro y Durable  Suave

Meteorizada y Friable

Material Pasante en el Tamiz No. 200 (0.01 g) = 0.3

#### CURVA GRANULOMÉTRICA



#### Observaciones:

Los valores indicados de los registros de pesajes de las masas retenidas en la fracción No. 10, se encuentran redondeados a 01 decimal, tal como establece el método de ensayo; sin embargo los valores reales se encuentran registrados con 02 decimales.

LABMEP-001.8

**Revisado por**

MOTA-ENGIL PERU S.A.  
Ing. Pamela Santa Cruz  
JEFF CORPORATIVO  
DE CONTROL DE CALIDAD

## REPORTE DE ENSAYO



Muestra N.º  
A0415/21

Reporte N.º  
1356.21

Página  
1/1

Fecha  
11/Nov/21

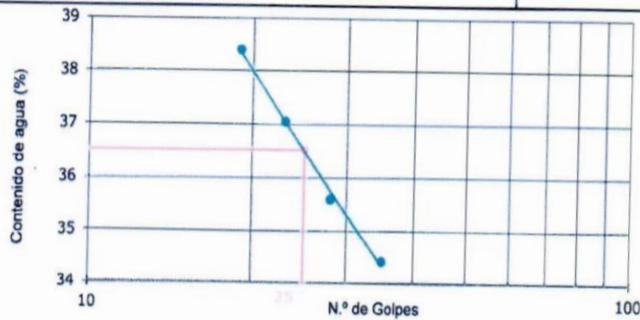
### 01.02 - Limite Líquido, Limite Plástico e Índice de Plasticidad de Suelos ASTM D4318-17e1

Preparación de la muestra				Equipo de ensayo utilizado			
Vía Húmeda:	<input checked="" type="checkbox"/>	Lavado en tamiz No. 40	<input checked="" type="checkbox"/>	Limite Plástico:	Manual	<input checked="" type="checkbox"/>	
Secado al Aire:	<input type="checkbox"/>	Tamizado en seco en tamiz No. 40	<input type="checkbox"/>		Mecánico	<input type="checkbox"/>	
Secado en Estufa:	<input type="checkbox"/>	Mecánicamente por tamiz No. 40	<input type="checkbox"/>	Limite Líquido:	Manual	<input type="checkbox"/>	
Mezcladas sobre plato de vidrio y retiradas las partículas medianas de arena					Mecánico	<input checked="" type="checkbox"/>	
Agua de Mezcla:				Espátula Casagrande:	Metálica	<input checked="" type="checkbox"/>	
Destilada	<input checked="" type="checkbox"/>	Desmineralizada	<input type="checkbox"/>		Otras:	Plástica	<input type="checkbox"/>

Fecha de inicio de ensayo: 08/11/2021

Fecha de fin de ensayo: 11/11/2021

			Limite Líquido			
Número de la cápsula			3	14	16	21
Masa de la cápsula	$m_1$	(0.01 g)	37.40	37.40	41.12	38.39
Masa de la cápsula + Suelo húmedo	$m_2$	(0.01 g)	48.22	48.22	55.03	51.80
Masa de la cápsula + Suelo seco	$m_3$	(0.01 g)	45.24	45.32	51.37	48.36
Masa del suelo seco	$w_s = m_3 - m_1$	(0.01 g)	7.76	7.84	10.26	9.98
Masa del agua	$w_w = m_2 - m_3$	(0.01 g)	2.98	2.91	3.65	3.44
Contenido de agua	$w = \frac{w_w}{w_s} \times 100$	(0.1 %)	38.4	37.1	35.6	34.4
Número de golpes			19	23	28	35
<b>Limite Líquido</b>			<b>37</b>			



			Limite de Plasticidad	
Número de la cápsula			12	132
Masa de la cápsula	$m_1$	(0.01 g)	37.56	36.89
Masa de la cápsula + Suelo húmedo	$m_2$	(0.01 g)	45.28	44.51
Masa de la cápsula + Suelo seco	$m_3$	(0.01 g)	43.91	43.16
Masa del suelo seco	$w_s = m_3 - m_1$	(0.01 g)	6.35	6.27
Masa del agua	$w_w = m_2 - m_3$	(0.01 g)	1.37	1.36
Contenido de agua	$w = \frac{w_w}{w_s} \times 100$	(0.1 %)	21.6	21.6
<b>Limite de Plasticidad</b>			<b>22</b>	
<b>Índice de Plasticidad</b>			<b>15</b>	

**Observaciones:** Los valores indicados de los registros de todos los pesajes realizados, se encuentran redondeados a 02 decimales, tal como establece el método de ensayo; sin embargo los valores reales se encuentran registrados con 03 decimales.

LABMEP 003.7

Revisado por

WOTA-ENCH-PERU S.A.  
Ing. Pamela Santa Cruz  
JEFE CORPORATIVO  
DE CONTROL DE CALIDAD

**REPORTE DE ENSAYO**

Muestra N.°  
A0415/21

Reporte N.°  
1357.21

Página  
1/1

Fecha  
11/Nov/21

01.06 - Clasificación de Suelos  
Clasificación SUCS - Unificada / Clasificación AASHTO

**Datos de la Muestra**

<b>Referencia / Procedencia</b>	SUELO - KM 180+300 CALICATAS DEL PARTE SUPERIOR DEL TALUD
---------------------------------	---

**Resultados Obtenidos en el Ensayo de Análisis Granulométrico (ASTM D422)**  
**% Acumulado Pasante**

3 in (%)	2 in (%)	1½ in (%)	1 in (%)	¾ in (%)	½ in (%)	No. 4 (%)	No. 10 (%)	No. 20 (%)	No. 40 (%)	No. 60 (%)	No. 140 (%)	No. 200 (%)
100.0	100.0	100.0	98.8	97.5	90.7	83.3	73.0	68.4	64.5	62.0	57.4	55.4

**Resultados Obtenidos en el Ensayo de Límites de Consistencia (ASTM D4318)**

LL	LP	IP
37	22	15

**Clasificación de Suelos**

<b>SUCS - Unificada</b>	CL - Arcilla arenosa de baja plasticidad con grava
<b>AASHTO</b>	A-6 (6)

Observaciones:

**Revisado por**

MOTA-ENCL PERU S.A.  
Ing. Pamela Santa Cruz  
JEFE CORPORATIVO  
DE CONTROL DE CALIDAD

## REPORTE DE ENSAYO

**Muestra N.º**  
A0415/21

**Reporte N.º**  
1358.21

**Página**  
1/1

**Fecha**  
11/Nov/21



01.09 - Contenido de Agua de un Suelo o Roca  
**ASTM D2216-19**

MÉTODO DE ENSAYO:  Método A  
 Método B

TAMAÑO MÁXIMO DE LAS PARTICULAS: 1 1/2 in

Fecha de inicio de ensayo: 08/11/21

Fecha de fin de ensayo: 11/11/21

Número del Recipiente			10	19
Masa del Recipiente	$M_1$	(1 g)	275	717
Masa del Recipiente + Muestra Húmeda	$M_2$	(1 g)	2848	3243
Masa del Recipiente + Muestra Seca	$M_3$	(1 g)	2641	3036
Masa del Agua	$M_w = M_2 - M_3$	(1 g)	207	207
Masa de la Muestra Seca	$M_s = M_3 - M_1$	(1 g)	2366	2319
Contenido de Agua	$W = \frac{M_w}{M_s} \times 100$	(1%)	9	9
<b>Contenido de Agua (Promedio)</b>		<b>(1%)</b>	<b>9</b>	

**Observaciones:**

Los valores indicados de los registros de pesajes de las masas  $M_1$ ,  $M_2$  y  $M_3$ , se encuentran redondeados a la unidad, tal como establece el método de ensayo; sin embargo los valores reales se encuentran registrados con 02 decimales, salvo excepción si la muestra ensayada retenga material en el tamiz de 1 1/4 in.

LABMEP 004.6

**Revisado por**

MOTA-ENCIL PERU S.A.  
Ing. Pamela Santa Cruz  
JEFE CORPORATIVO  
DE CONTROL DE CALIDAD

## REPORTE DE ENSAYO

**Muestra N.º**  
A0415/21

**Reporte N.º**  
1359.21

**Página**  
1/1

**Fecha**  
16/Nov/21



### 01.10 - Gravedad Específica de Suelos ASTM D854-14

**Procedimiento de Preparación de la Muestra:** Método A (Muestra Húmeda)  Método B (Muestra Seca)

**Características del Material (Análisis Visual):**

**% Material Pasante Tamiz No. 4: 83.3%**

Forma:

Redondeado  Angular

Dureza:

Duro y Durable  Suave  Meteorizada y Friable

**Fecha de inicio de ensayo:** 09/11/21

**Fecha de fin de ensayo:** 11/11/21

#### CALIBRACIÓN DEL PICNÓMETRO

Temperatura de calibración del picnómetro	$T_c$	(0.1 °C)	22.3	22.3
Masa promedio del picnómetro seco calibrado	$M_p$	(0.01 g)	164.12	170.68
Masa del picnómetro + agua a la temperatura de calibración	$M_{pw,c}$	(0.01 g)	691.18	686.63
Densidad del agua a la temperatura de calibración $T_c$	$\rho_{w,c}$	(0.00001 g/mL)	0.99773	0.99773
Volumen promedio de calibración del picnómetro	$V_p$	(0.01 mL)	528.26	517.13

#### DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LAS PARTICULAS

Número del picnómetro	-	-	11	15
Masa del picnómetro + agua	$M_{pw,t}$	(0.01 g)	690.84	686.31
Masa del picnómetro + muestra + agua	$M_{pws,t}$	(0.01 g)	739.60	734.65
Masa de la muestra seca	$M_s$	(0.01 g)	76.09	75.54
Temperatura del ensayo	$T_t$	(0.1 °C)	24.8	24.8
Densidad del agua a la temperatura de ensayo $T_t$	$\rho_{w,t}$	(0.00001 g/mL)	0.99710	0.99710
Coefficiente de Temperatura del agua ( $T_t$ ) a 20 °C	K	-	0.99889	0.99889
Gravedad Específica de las partículas sólidas a la temperatura de ensayo $T_t$	$G_t$	(0.01 g/cm <sup>3</sup> )	2.78	2.78
Gravedad Específica de las partículas a 20 °C	$G_{20^\circ C}$	(0.01)	2.78	2.77
<b>Gravedad Específica de las partículas a 20 °C Promedio</b>	$G_{20^\circ C}$ Promedio	(0.01)	<b>2.78</b>	

**Observaciones:**

**Revisado por**

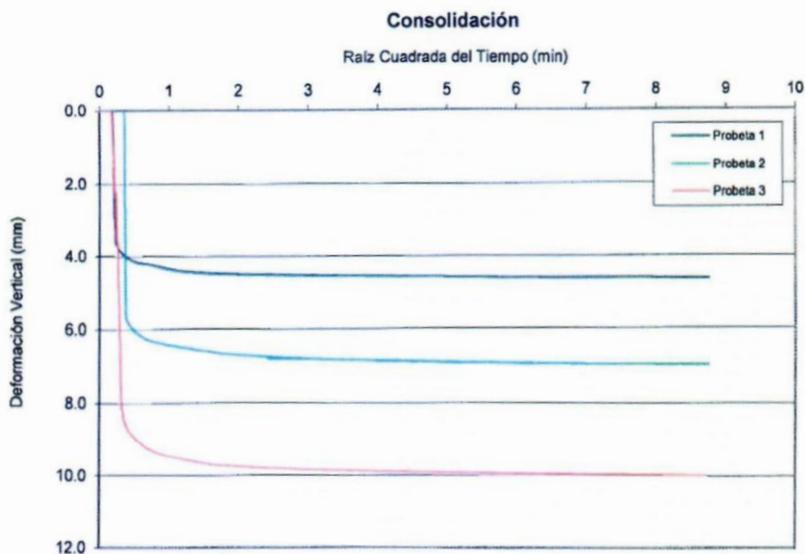
MOTA-ENCK PERUS A.  
Ing. Pamela Santa Cruz  
JEFE CORPORATIVO  
DE CONTROL DE CALIDAD

## REPORTE DE ENSAYO

01.12 - Corte Directo  
ASTM D3080

Muestra N.º: A0415/21  
Reporte N.º: 1360.21  
Página: 1/3  
Fecha: 16/Nov/21

Características Generales		Probeta N.º		
		1	2	3
Tensión Aplicada	kPa	50	100	200
Velocidad de Corte	mm/min	0.10	0.10	0.10
Masa húmeda Inicial de la Muestra	g	130.22	130.21	130.21
Masa Seca Final de la Muestra	g	115.96	115.95	115.95
Volumen de la Muestra	cm <sup>3</sup>	67.98	67.98	67.98
Densidad húmeda	Mg/m <sup>3</sup>	1.92	1.92	1.92
Contenido de Agua	%	12.3	12.3	12.3
Densidad seca	Mg/m <sup>3</sup>	1.71	1.71	1.71
Peso esp. part. sólidas	Mg/m <sup>3</sup>	2.78	2.78	2.78



**Observaciones:**

Muestra Alterada. Datos de remoldeo: Máxima Densidad Seca: 1.705g/cm<sup>3</sup>; Óptimo Contenido de humedad: 12.30% (Información brindada por el cliente).

Ensayo realizado en Condición Drenada (CD).

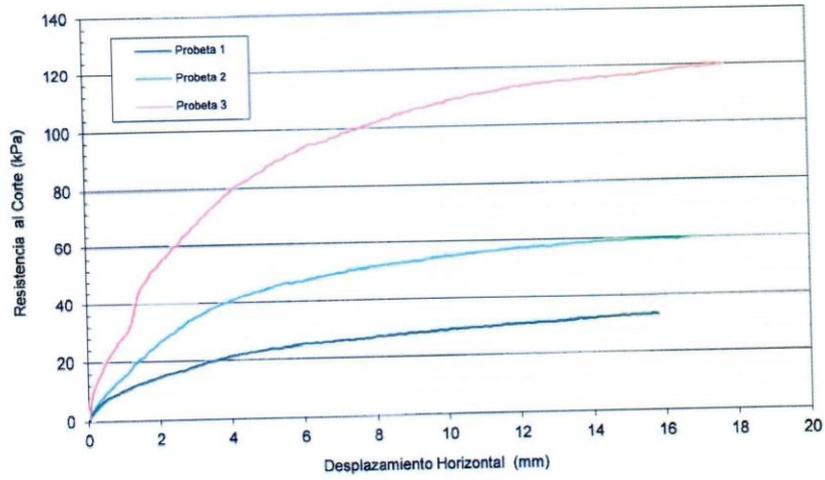
Revisado por

  
 MOTA-ENGENIERO S.A.  
 Ing. Pamela Santa Cruz  
 JEFE CORPORATIVO  
 DE CONTROL DE CALIDAD

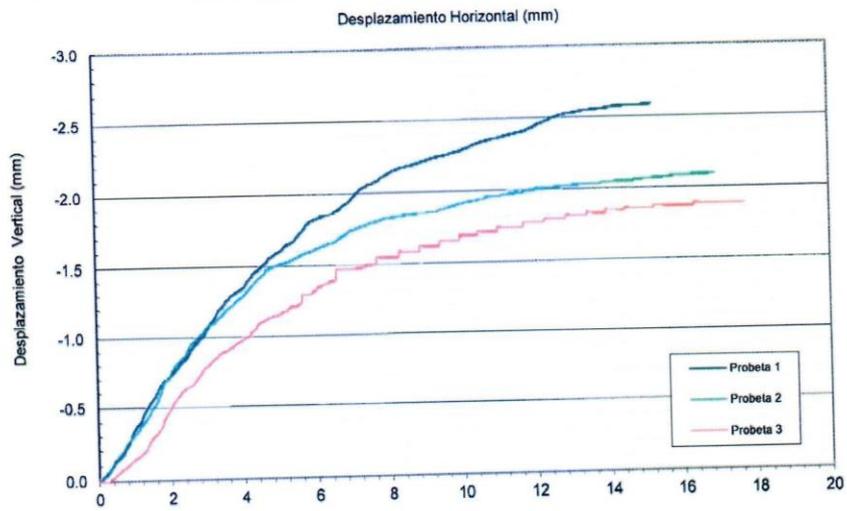
**REPORTE DE ENSAYO**  
 01.12 - Corte Directo  
**ASTM D3080**

Muestra N.º: A0415/21  
 Reporte N.º: 1360.21  
 Página: 2/3  
 Fecha: 16/Nov/21

**Resistencia al Corte vs Desplazamiento Horizontal**



**Desplazamiento Vertical vs Desplazamiento Horizontal**



**Observaciones:**

LABMEP.01.5.1

Revisado por

  
**MOTA-ENCIL PERU S.A.**  
 Ing. Pamela Santa Cruz  
 GERENTE CORPORATIVO  
 DE CONTROL DE CALIDAD

## REPORTE DE ENSAYO

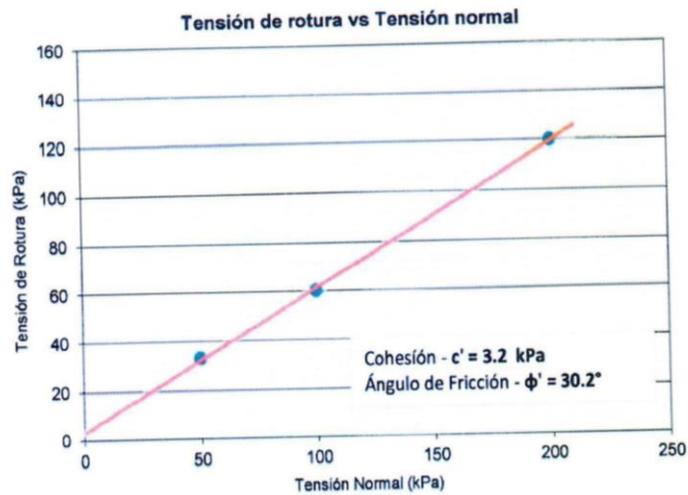
01.12 - Corte Directo  
ASTM D3080

Muestra N.º: A0415/21  
Reporte N.º: 1360.21  
Página: 3/3  
Fecha: 16/Nov/21

### Resultados Finales

Tensión aplicada (kPa)	Probeta		
	1	2	3
50	50	100	200
Tensión de corte (0.01kPa)	33.06	60.14	119.83

### Determinación del Ángulo de Fricción y Cohesión



#### Observaciones:

Los parámetros de cohesión y ángulo de fricción del suelo del presente reporte, podrán ser reinterpretados en caso de ser considerado pertinente por un profesional especialista en geotecnia.

LABMEP.015.1

Revisado por

MOTA-ENGIN PERU S.A.  
Ing. Pamela Santa Cruz  
JEFE CORPORATIVO  
DE CONTROL DE CALIDAD



**Información interna del Laboratorio MEP:**

Caracterización del proceso  
 Caracterización de Suelos

Estudio N.º **L.024.21**      Muestra N.º **A0416/20**      Fecha de recepción **05/11/2021**

**Información proporcionada por el cliente:**

Sistema de Banquetas para la estabilización de la ladera ubicada en el Km 180+300 - San Rafael - Huánuco

Datos del cliente  
 Saavedra Rodríguez Diego Favio  
 San Rafael - Huánuco - Perú

Muestreo      Fecha de muestreo  
 Responsabilidad del solicitante      03/11/2021

Tipo de material / Referencia del cliente

**Suelo / C=2 de 1.00 m se tomó la Muestra**

Procedencia  
 Km 180+300 - Calicatas de la parte superior del Talud

**Informe:**

ENSAYO	MÉTODO	RESULTADO [Incertidumbre si aplica]	REPORTE DE ENSAYO N.º																		
01.01 Análisis Granulométrico por Tamizado en Suelos	ASTM D422-63 (Reprobado 2007) e2	<table border="0"> <tr> <td><b>Material Pasante Fracción Retenida en el Tamiz No. 10</b></td> <td><b>Material Pasante Fracción Pasante en el Tamiz No. 10</b></td> </tr> <tr> <td>3 in = 100.0%</td> <td>No. 20 = 39.1%</td> </tr> <tr> <td>2 in = 94.7%</td> <td>No. 40 = 32.9%</td> </tr> <tr> <td>1 1/2 in = 94.0%</td> <td>No. 60 = 29.3%</td> </tr> <tr> <td>1 in = 91.7%</td> <td>No. 140 = 24.9%</td> </tr> <tr> <td>3/4 in = 87.3%</td> <td>No. 200 = 23.6%</td> </tr> <tr> <td>3/8 in = 74.1%</td> <td></td> </tr> <tr> <td>No. 4 = 61.2%</td> <td></td> </tr> <tr> <td>No. 10 = 47.7%</td> <td></td> </tr> </table>	<b>Material Pasante Fracción Retenida en el Tamiz No. 10</b>	<b>Material Pasante Fracción Pasante en el Tamiz No. 10</b>	3 in = 100.0%	No. 20 = 39.1%	2 in = 94.7%	No. 40 = 32.9%	1 1/2 in = 94.0%	No. 60 = 29.3%	1 in = 91.7%	No. 140 = 24.9%	3/4 in = 87.3%	No. 200 = 23.6%	3/8 in = 74.1%		No. 4 = 61.2%		No. 10 = 47.7%		1361.21
<b>Material Pasante Fracción Retenida en el Tamiz No. 10</b>	<b>Material Pasante Fracción Pasante en el Tamiz No. 10</b>																				
3 in = 100.0%	No. 20 = 39.1%																				
2 in = 94.7%	No. 40 = 32.9%																				
1 1/2 in = 94.0%	No. 60 = 29.3%																				
1 in = 91.7%	No. 140 = 24.9%																				
3/4 in = 87.3%	No. 200 = 23.6%																				
3/8 in = 74.1%																					
No. 4 = 61.2%																					
No. 10 = 47.7%																					
01.02 - Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de Suelos	ASTM D4318-17e1	LL = 28 LP = 18 IP = 10	1362.21																		
01.06 - Clasificación de Suelos (*)	SUCS-Unificada y AASHTO	SUCS: GC -Grava Arcillosa con arena AASHTO: A-2-4 (0)	1363.21																		
01.09 - Contenido de Agua de un Suelo o Roca	ASTM D2216-19	Contenido de Agua (promedio) = 6%	1364.21																		
01.10 - Gravedad Especifica de Suelos	ASTM D854-14	Gravedad Especifica (Promedio de las partículas a 20°C) = 2.80	1365.21																		

Los resultados de ensayo presentados se refieren únicamente a la muestra ensayada.

El Laboratorio MEP no se responsabiliza cuando la información proporcionada por el solicitante pueda afectar a la validez de los resultados reportados.

Los resultados reportados en el presente informe de ensayo son aplicables a la muestra de acuerdo a las condiciones en que se recibió. El muestreo y entrega de la muestra en las instalaciones del Laboratorio MEP son responsabilidad del solicitante.

La fecha de ejecución de los ensayos se indica en los reportes de ensayo adjuntos que forman parte del presente informe.

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

**LABORATORIO MEP**  
 Av. Nicolás Aylón 2634 Ate - Lima 3 - Perú  
 Teléfono: +51 1 414 3570  
 e-mail: laboratoriomep@mota-engil.pe

LABMEP.670.3

Ing. Pamela Santa Cruz  
 JEFE CORPORATIVO  
 DE CONTROL DE CALIDAD

**LABORATORIO MEP**

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN  
INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-076

**INFORME DE ENSAYO**

0395/20  
18/11/2021  
Pág. 2 de 2



01.12 – Corte Directo (*)	ASTM D3080	- Angulo de Fricción = 35.1° - Cohesión = 5.8 kPa Muestra Alterada/Condición Drenada	1366.21
---------------------------	------------	--	---------

**Observaciones:** ---

**Anexos:** 6 Reportes de Ensayo (8 Páginas).

Los resultados de ensayo presentados se refieren únicamente a la muestra ensayada.

El Laboratorio MEP no se responsabiliza cuando la información proporcionada por el solicitante pueda afectar a la validez de los resultados reportados.

Los resultados reportados en el presente informe de ensayo son aplicables a la muestra de acuerdo a las condiciones en que se recibió. El muestreo y entrega de la muestra en las instalaciones del Laboratorio MEP son responsabilidad del solicitante.

La fecha de ejecución de los ensayos se indica en los reportes de ensayo adjuntos que forman parte del presente informe.

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

**LABORATORIO MEP**

Av. Nicolás Ayllón 2634 Ate - Lima 3 - Perú  
Teléfono: +51 1 414 3570  
e-mail: laboratoriomep@mota-engil.pe

LABMEP.670.3

MOTA-ENGIL PERU S.A.  
Ing. Pamela Santa Cruz  
RRE CORPORATIVO  
DE CONTROL DE CALIDAD

# REPORTE DE ENSAYO



<b>Muestra N.º</b> A0416/21	<b>Reporte N.º</b> 1361.21	<b>Página</b> 1/1	<b>Fecha</b> 11/Nov/21
--------------------------------	-------------------------------	----------------------	---------------------------

## 01.01 - Análisis Granulométrico por Tamizado en Suelos ASTM D422-63 (Reaprobado 2007)e2

Masa Inicial de la Muestra Global Seca (0.1 g) = 13112.5  Muestra Seca al Aire Fecha de inicio de ensayo: 08/11/2021  
 Masa Retenida en Tamiz No.10 (0.1 g) = 6860.8 Fecha de fin de ensayo: 11/11/2021  
 Masa Pasante en Tamiz No.10 (0.1 g) = 6251.8  Muestra Seca en Estufa (110 ± 5 °C)

Porcentaje de Material Retenido en Tamiz No. 10 (0.1 %) = 52.3					
Tamiz (Abertura)	Masa Retenida		Parcial Retenido	Acumulado Retenido	Acumulado Pasante
	$P_i$		$N_i = \frac{P_i}{P_1} \times 100$	$N_i'$	$N_i'' = 100 - N_i'$
	(0.1 g)		(0.1 %)	(0.1 %)	(0.1 %)
3 in 75 mm	0.0		0.0	0.0	100.0
2 in 50 mm	698.0		5.3	5.3	94.7
1 1/2 in 37.5 mm	86.1		0.7	6.0	94.0
1 in 25.0 mm	310.3		2.4	8.3	91.7
3/4 in 19.0 mm	572.9		4.4	12.7	87.3
1/2 in 9.5 mm	1732.8		13.2	25.9	74.1
No. 4 4.75 mm	1686.0		12.9	38.8	61.2
No. 10 2.00 mm	1774.6		13.5	52.3	47.7

Grava (0.1 %)	38.8
Arena (0.1 %)	37.6
Finos (0.1 %)	23.6

D <sub>10</sub> (0.01 mm)	---
D <sub>30</sub> (0.01 mm)	0.26
D <sub>60</sub> (0.01 mm)	4.20
C <sub>u</sub>	---
C <sub>c</sub>	---

Porcentaje de Material Pasante en Tamiz No. 10 (0.1 %) = 47.7					
Masa Inicial de la Muestra Seca (Pasante en el Tamiz No. 10) (0.01 g) = 200.42					
Tamiz (Abertura)	Masa Retenida		Parcial Retenido	Acumulado Retenido	Acumulado Pasante
	$P_i$		$N_i = \frac{P_i}{P_1} \times 100$	$N_i'$	$N_i'' = 100 - N_i'$
	(0.01 g)		(0.1 %)	(0.1 %)	(0.1 %)
No. 20 850 µm	36.23		8.6	60.9	39.1
No. 40 425 µm	25.77		6.1	67.1	32.9
No. 60 250 µm	15.37		3.7	70.7	29.3
No. 140 106 µm	18.20		4.3	75.1	24.9
No. 200 75 µm	5.61		1.3	76.4	23.6

**Características del Material (Análisis Visual)**

**Forma**

Redondeado  Angular

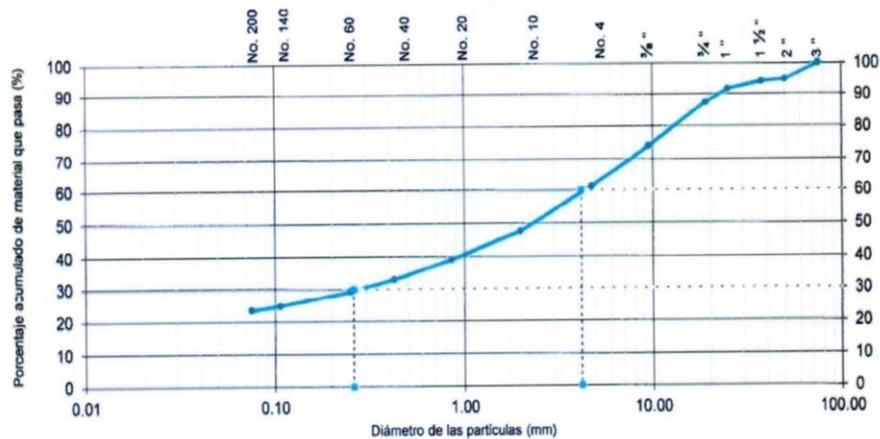
**Dureza**

Duro y Durable  Suave

Meteorizada y Friable

Material Pasante en el Tamiz No. 200 (0.01 g) = 0.46

### CURVA GRANULOMÉTRICA



**Observaciones:**

Los valores indicados de los registros de pesajes de las masas retenidas en la fracción No. 10, se encuentran redondeados a 01 decimal, tal como establece el método de ensayo; sin embargo los valores reales se encuentran registrados con 02 decimales.

**Revisado por**

NOTA-ENGIL PERU S.A.  
Ing. Pamela Santa Cruz  
JEFE CORPORATIVO  
DE CONTROL DE CALIDAD

## REPORTE DE ENSAYO



Muestra N.º  
A0416/21

Reporte N.º  
1362.21

Página  
1/1

Fecha  
11/Nov/21

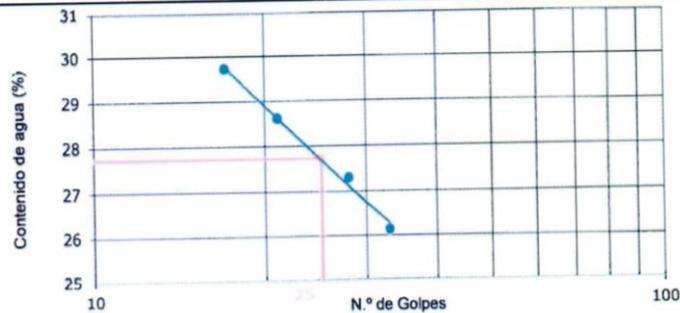
### 01.02 - Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de Suelos ASTM D4318-17e1

Preparación de la muestra		Equipo de ensayo utilizado	
Via Húmeda: <input checked="" type="checkbox"/>	Lavado en tamiz No. 40 <input checked="" type="checkbox"/>	Límite Plástico:	Manual <input checked="" type="checkbox"/>
Secado al Aire: <input type="checkbox"/>	Tamizado en seco en tamiz No. 40		Mecánico <input type="checkbox"/>
Secado en Estufa: <input type="checkbox"/>	Mecánicamente por tamiz No. 40	Límite Líquido:	Manual <input type="checkbox"/>
Mezcladas sobre plato de vidrio y retiradas las partículas medianas de arena			Mecánico <input checked="" type="checkbox"/>
Agua de Mezcla:		Espátula Casagrande:	Metálica <input checked="" type="checkbox"/>
Destilada <input checked="" type="checkbox"/> Desmineralizada <input type="checkbox"/> Otras: <input type="checkbox"/>			Plástica <input type="checkbox"/>

Fecha de inicio de ensayo: 08/11/2021

Fecha de fin de ensayo: 11/11/2021

			32	2	28	19
Número de la cápsula						
Masa de la cápsula	$m_1$	(0.01 g)	38.41	38.93	39.02	38.41
Masa de la cápsula + Suelo húmedo	$m_2$	(0.01 g)	55.13	55.62	56.53	54.08
Masa de la cápsula + Suelo seco	$m_3$	(0.01 g)	51.29	51.90	52.78	50.83
Masa del suelo seco	$w_s = m_3 - m_1$	(0.01 g)	12.88	12.97	13.76	12.42
Masa del agua	$w_w = m_2 - m_3$	(0.01 g)	3.83	3.71	3.76	3.25
Contenido de agua	$w = \frac{w_w}{w_s} \times 100$	(0.1 %)	29.7	28.6	27.3	26.1
Número de golpes			17	21	28	33
<b>Límite Líquido</b>			<b>28</b>			



			42	63
Número de la cápsula				
Masa de la cápsula	$m_1$	(0.01 g)	37.45	38.26
Masa de la cápsula + Suelo húmedo	$m_2$	(0.01 g)	44.78	45.82
Masa de la cápsula + Suelo seco	$m_3$	(0.01 g)	43.68	44.68
Masa del suelo seco	$w_s = m_3 - m_1$	(0.01 g)	6.23	6.42
Masa del agua	$w_w = m_2 - m_3$	(0.01 g)	1.10	1.14
Contenido de agua	$w = \frac{w_w}{w_s} \times 100$	(0.1 %)	17.6	17.7
<b>Límite de Plasticidad</b>			<b>18</b>	
<b>Índice de Plasticidad</b>			<b>10</b>	

**Observaciones:** Los valores indicados de los registros de todos los pesajes realizados, se encuentran redondeados a 02 decimales, tal como establece el método de ensayo; sin embargo los valores reales se encuentran registrados con 03 decimales.

Revisado por

Ing. Paola Santa Cruz  
 JEFE CORPORATIVO  
 DE CONTROL DE CALIDAD

**REPORTE DE ENSAYO**Muestra N.º  
A0416/21Reporte N.º  
1363.21Página  
1/1Fecha  
11/Nov/2101.06 - Clasificación de Suelos  
Clasificación SUCS - Unificada / Clasificación AASHTO**Datos de la Muestra**

Referencia / Procedencia	SUELO - KM 180+300 CALICATAS DEL PARTE SUPERIOR DEL TALUD
--------------------------	---

**Resultados Obtenidos en el Ensayo de Análisis Granulométrico (ASTM D422)**

% Acumulado Pasante												
3 in	2 in	1½ in	1 in	¾ in	½ in	No. 4	No. 10	No. 20	No. 40	No. 60	No. 140	No. 200
(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
100.0	94.7	94.0	91.7	87.3	74.1	61.2	47.7	39.1	32.9	29.3	24.9	23.6

**Resultados Obtenidos en el Ensayo de Límites de Consistencia (ASTM D4318)**

LL	LP	IP
28	18	10

**Clasificación de Suelos**

SUCS - Unificada	GC - Grava arcillosa con arena
AASHTO	A-2-4 (0)

Observaciones:

Revisado por

MOTA-ENGIN PERU S.A.  
Ing. Pamela Santa Cruz  
JEFE CORPORATIVO  
DE CONTROL DE CALIDAD

## REPORTE DE ENSAYO

**Muestra N.º**  
A0416/21

**Reporte N.º**  
1364.21

**Página**  
1/1

**Fecha**  
11/Nov/21



01.09 - Contenido de Agua de un Suelo o Roca  
**ASTM D2216-19**

MÉTODO DE ENSAYO:  Método A  
 Método B

TAMAÑO MÁXIMO DE LAS  
PARTÍCULAS: 3 in

Fecha de inicio de ensayo: 08/11/2021

Fecha de fin de ensayo: 11/11/2021

Número del Recipiente			7	6
Masa del Recipiente	$M_1$	(1 g)	440	705
Masa del Recipiente + Muestra Húmeda	$M_2$	(1 g)	2821	3900
Masa del Recipiente + Muestra Seca	$M_3$	(1 g)	2692	3733
Masa del Agua	$M_w = M_2 - M_3$	(1 g)	129	167
Masa de la Muestra Seca	$M_s = M_3 - M_1$	(1 g)	2252	3028
Contenido de Agua	$W = \frac{M_w}{M_s} \times 100$	(1%)	6	6
<b>Contenido de Agua (Promedio)</b>		<b>(1%)</b>	<b>6</b>	

**Observaciones:**

Los valores indicados de los registros de pesajes de las masas  $M_1$ ,  $M_2$  y  $M_3$ , se encuentran redondeados a la unidad, tal como establece el método de ensayo; sin embargo los valores reales se encuentran registrados con 02 decimales, salvo excepción si la muestra ensayada retenga material en el tamiz de 1 ½ in.

LABMEP.004.6

**Revisado por**

MOTA-ENGIN PERU S.A.  
Ing. Pamela Santa Cruz  
JEFF CORPORATIVO  
DE CONTROL DE CALIDAD

## REPORTE DE ENSAYO

Muestra N.º  
A0416/21

Reporte N.º  
1365.21

Página  
1/1

Fecha  
16/Nov/21



### 01.10 - Gravedad Específica de Suelos ASTM D854-14

Procedimiento de Preparación de la Muestra: Método A (Muestra Húmeda)  Método B (Muestra Seca)

Características del Material (Análisis Visual): % Material Pasante Tamiz No. 4: 61.2%

Forma:

Redondeado  Angular

Dureza:

Duro y Durable  Suave  Meteorizada y Friable

Fecha de inicio de ensayo: 08/11/2021 Fecha de fin de ensayo: 11/11/2021

#### CALIBRACIÓN DEL PICNÓMETRO

Temperatura de calibración del picnómetro	$T_c$	(0.1 °C)	22.2	22.6
Masa promedio del picnómetro seco calibrado	$M_p$	(0.01 g)	162.79	162.64
Masa del picnómetro + agua a la temperatura de calibración	$M_{pw,c}$	(0.01 g)	675.15	688.26
Densidad del agua a la temperatura de calibración $T_c$	$\rho_{w,c}$	(0.00001 g/mL)	0.99775	0.99764
Volumen promedio de calibración del picnómetro	$V_p$	(0.01 mL)	513.52	526.86

#### DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LAS PARTICULAS

Número del picnómetro	-	-	18	19
Masa del picnómetro + agua	$M_{pw,t}$	(0.01 g)	674.83	687.98
Masa del picnómetro + muestra + agua	$M_{pws,t}$	(0.01 g)	739.70	752.42
Masa de la muestra seca	$M_s$	(0.01 g)	100.86	100.11
Temperatura del ensayo	$T_t$	(0.1 °C)	24.7	24.7
Densidad del agua a la temperatura de ensayo $T_t$	$\rho_{w,t}$	(0.00001 g/mL)	0.99712	0.99712
Coefficiente de Temperatura del agua ( $T_t$ ) a 20 °C	K	-	0.99892	0.99892
Gravedad Específica de las partículas sólidas a la temperatura de ensayo $T_t$	$G_t$	(0.01 g/cm <sup>3</sup> )	2.80	2.81
Gravedad Específica de las partículas a 20 °C	$G_{20^\circ C}$	(0.01)	2.80	2.80
<b>Gravedad Específica de las partículas a 20 °C Promedio</b>	$G_{20^\circ C}$ Promedio	(0.01)	<b>2.80</b>	

Observaciones:

Revisado por

INOTA-ENCA PERU S.A.  
 Ing. Pamela Santa Cruz  
 JEFE CORPORATIVO  
 DE CONTROL DE CALIDAD

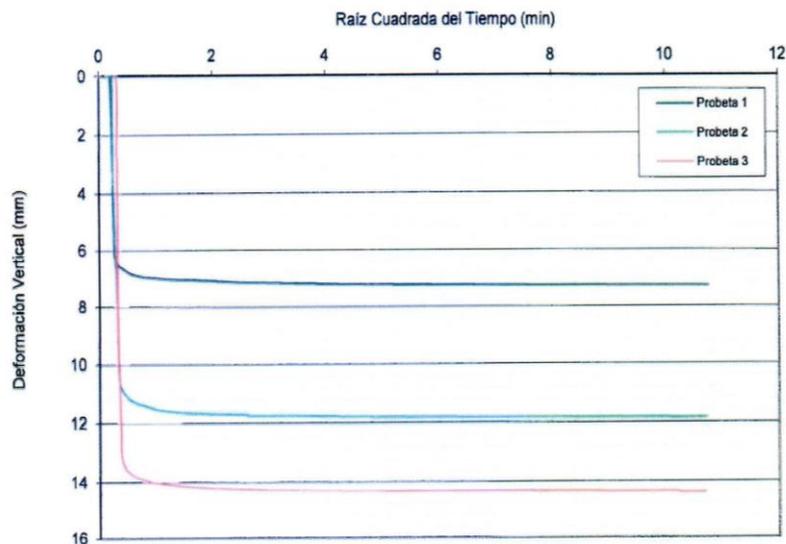
## REPORTE DE ENSAYO

01.12 - Corte Directo  
ASTM D3080

Muestra N.º: A0416/21  
Reporte N.º: 1366.21  
Página: 1/3  
Fecha: 18/Nov/21

Características Generales		Probeta N.º		
		1	2	3
Tensión Aplicada	kPa	50	100	200
Velocidad de Corte	mm/min	0.10	0.10	0.10
Masa húmeda Inicial de la Muestra	g	132.74	132.75	132.74
Masa Seca Final de la Muestra	g	122.57	122.58	122.57
Volumen de la Muestra	cm <sup>3</sup>	67.98	67.98	67.98
Densidad húmeda	Mg/m <sup>3</sup>	1.95	1.95	1.95
Contenido de Agua	%	8.3	8.3	8.3
Densidad seca	Mg/m <sup>3</sup>	1.80	1.80	1.80
Peso esp. part. sólidas	Mg/m <sup>3</sup>	2.80	2.80	2.80

### Consolidación



**Observaciones:**

Muestra Alterada. Datos de remoldeo: Máxima Densidad Seca: 1.803g/cm<sup>3</sup>; Óptimo Contenido de humedad: 8.30% (Información brindada por el cliente).

Ensayo realizado en Condición Drenada (CD).

Revisado por

  
 MOTA-ENGL PERU S.A.  
 Ing. Pamela Santa Cruz  
 JEFE CORPORATIVO  
 DE CONTROL DE CALIDAD

# REPORTE DE ENSAYO

01.12 - Corte Directo  
ASTM D3080

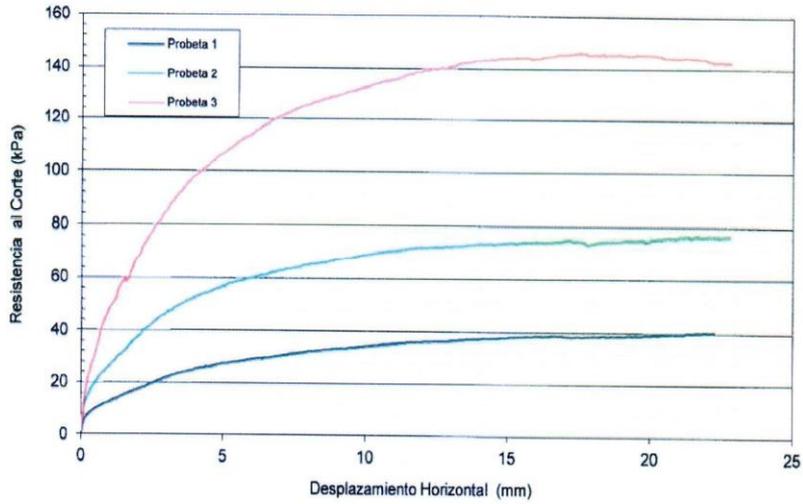
Muestra N.º: A0416/21

Reporte N.º: 1366.21

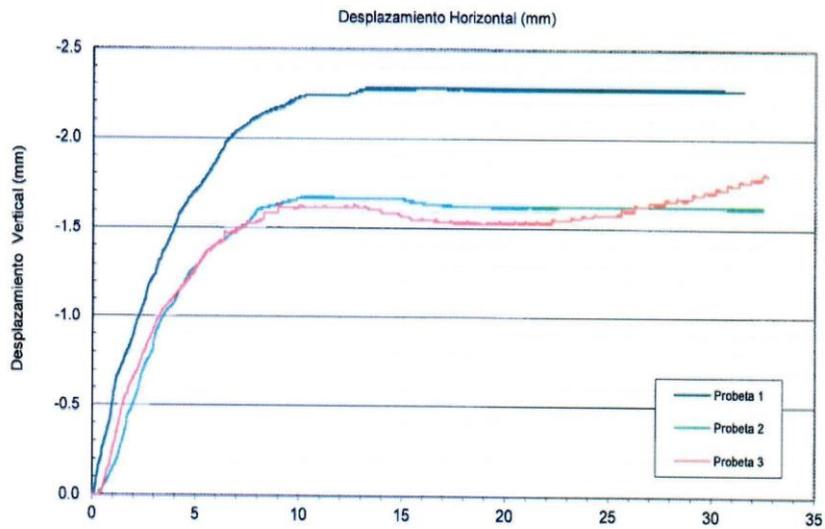
Página: 2/3

Fecha: 18/Nov/21

## Resistencia al Corte vs Desplazamiento Horizontal



## Desplazamiento Vertical vs Desplazamiento Horizontal



Observaciones:

LABMEP.015.1

Revisado por

  
WJIA-ENGI PERU S.A.  
Ing. Pamela Santa Cruz  
JEFE CORPORATIVO  
DE CONTROL DE CALIDAD

## REPORTE DE ENSAYO

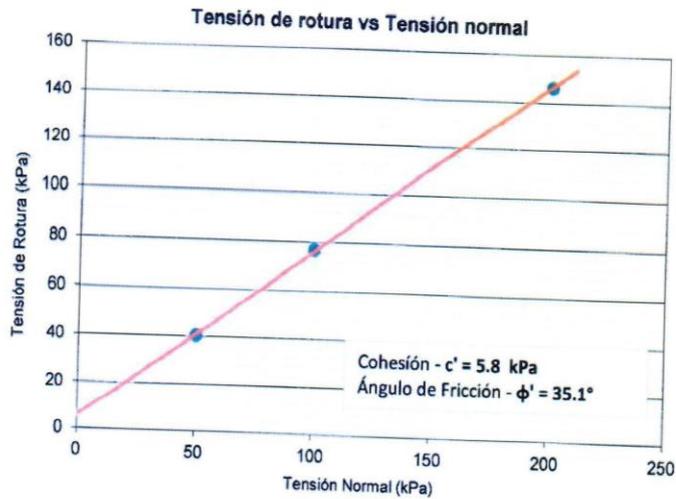
01.12 - Corte Directo  
ASTM D3080

Muestra N.º: A0416/21  
Reporte N.º: 1366.21  
Página: 3/3  
Fecha: 18/Nov/21

### Resultados Finales

Tensión aplicada (1kPa)	Probeta		
	1	2	3
	50	100	200
Tensión de corte (0.01kPa)	40.44	76.89	146.25

### Determinación del Ángulo de Fricción y Cohesión



#### Observaciones:

Los parámetros de cohesión y ángulo de fricción del suelo del presente reporte, podrán ser reinterpretados en caso de ser considerado pertinente por un profesional especialista en geotecnia.

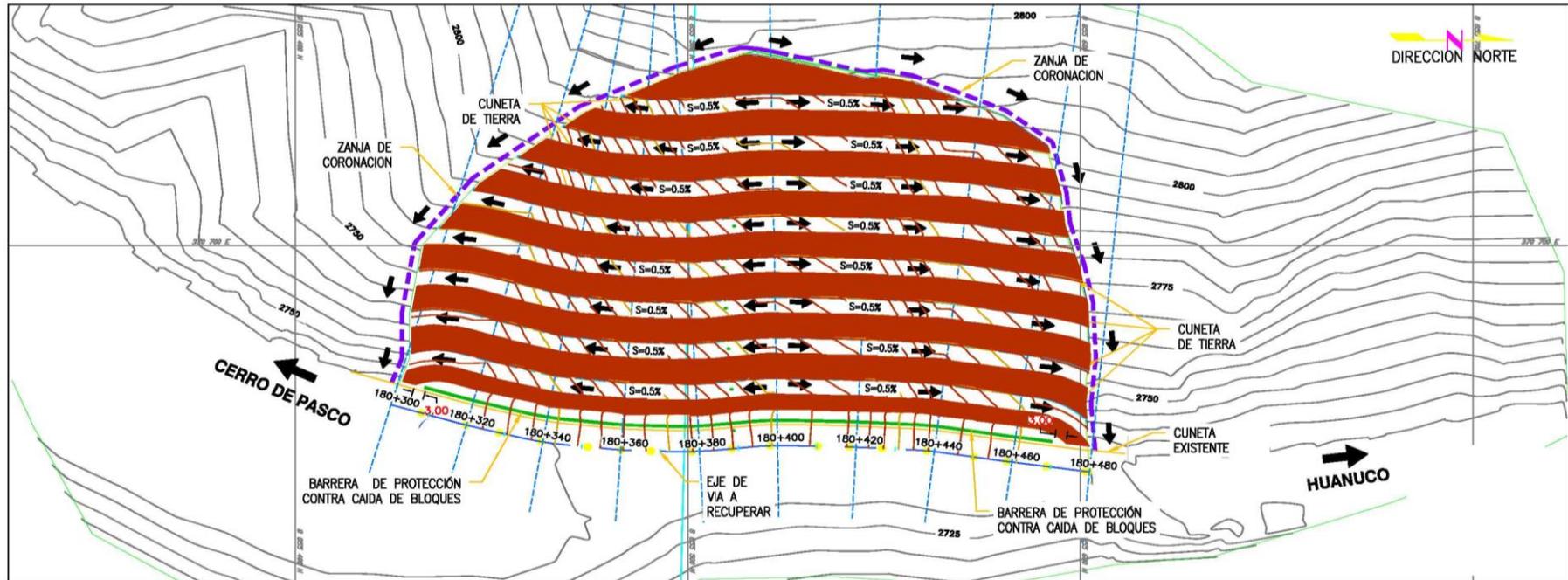
LABMEP.015.1

Revisado por

NOTA-ENGIL PERU S.A.  
Ing. Pamela Santa Cruz  
JEFE CORPORATIVO  
DE CONTROL DE CALIDAD

**Anexo 6**

**Plano del Sistema de Banquetas.**



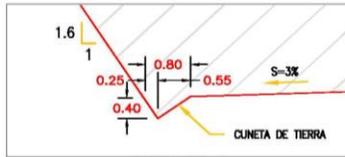
PLANTA – ESTABILIZACION DE TALUD KM: 180+300 AL 180+480

ESCALA 1 : 1250

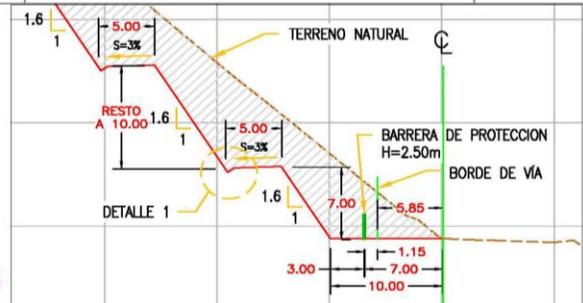
CUADRO DE VOLUMENES			
P.M.	DEST. (M)	AREA (M <sup>2</sup> ) CORTE	VOLUMEN (M <sup>3</sup> ) CORTE
0+000	20.00	0	0
0+100	20.00	879.81	8,798.10
0+200	20.00	677.98	13,575.78
0+300	20.00	356.07	12,349.30
0+380	20.00	592.98	11,480.50
0+380	20.00	621.89	11,948.70
0+400	20.00	606.18	12,089.70
0+420	20.00	385.88	8,909.80
0+440	20.00	375.06	8,209.40
0+460	20.00	616.80	8,453.80
0+480	20.00	616.80	8,193.80
			88,919.80

**LEYENDA PLANTA**

- CURVAS TERRENO NATURAL
- CUNETA DE TIERRA
- ZANJA DE CORONACION
- BARRERA DE PROTECCION CONTRA CAIDA DE BLOQUES
- ANCHO DE VIA EXISTENTE
- EJE
- SENTIDO DE FLUJO
- POLDOWN



DETALLE 1  
ESCALA 1 : 100



SECCION TÍPICA  
ESCALA 1 : 1500

- NOTAS:**
1. EL SISTEMA DE COORDENADAS UTILIZADO ES UTM DATUM WGS-84, ZONA 18 SUR.
  2. EL PLANO FUE REALIZADO EN FORMATO A-C.
  3. TODAS LAS DIMENSIONES SE EXPRESARÁN EN METROS.
  4. LA BARRERA ESTÁ CONFORMADA POR PISOS DE CONCRETO PREFABRICADO, UNILA ORLANDO Y CABLE ACERADO.



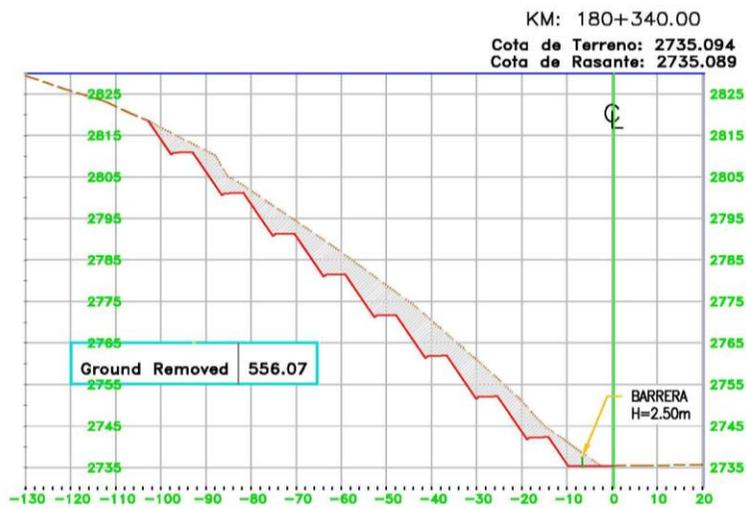
TESISTA:  
**AAVEDRA RODRIGUEZ  
DIEGO FAVIO**

NO.	FECHA	CLAS. POR	MODIFICADO POR	VERIFICADO POR	NO.
1	17-08-2021	R.S.M.	R.S.M.	J.Z.H.	1
2					2
3					3
4					4

PROYECTO N°	ESTABILIZACION DEL TALUD DEL KM 180+300, SECTOR SAN RAFAEL
ESCALA INDICADA	PLANTA Y DETALLES DE ESTABILIZACION
PLANO N°	AT.006.2021-01
NÚM. PLANO	1-7
BOLSA	0



LEYENDA SECCIÓN	
	TERRENO NATURAL
	ESTABILIZACIÓN DE TALUD
	CORTE



**SECCIONES TRANSVERSALES**  
ESCALA 1 : 1250

- NOTA:**
1. EL SISTEMA DE COORDENADAS UTILIZADO ES UTM; DATUM WGS-84, ZONA 18 SUR.
  2. EL PLANO USA UNIDADES EN FORMATO P-M.
  3. TODAS LAS DIMENSIONES SE ENCUENTRAN EN METROS.

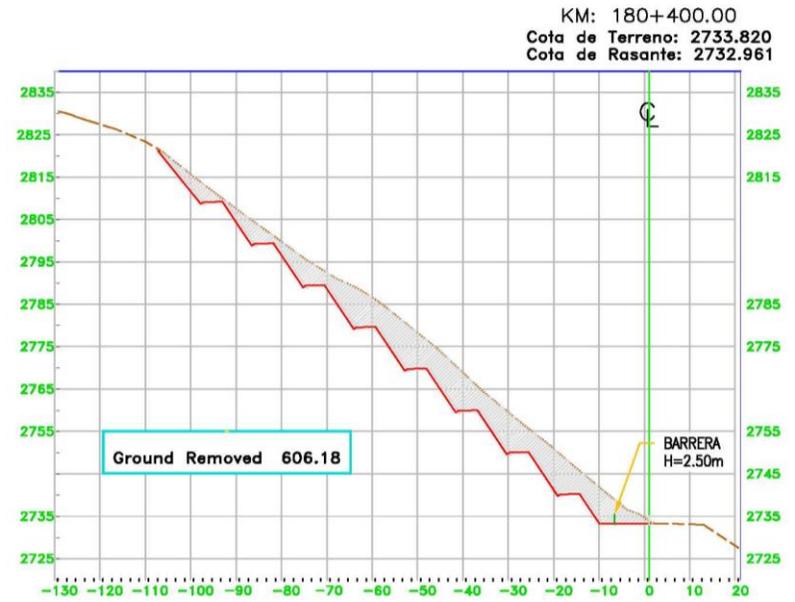
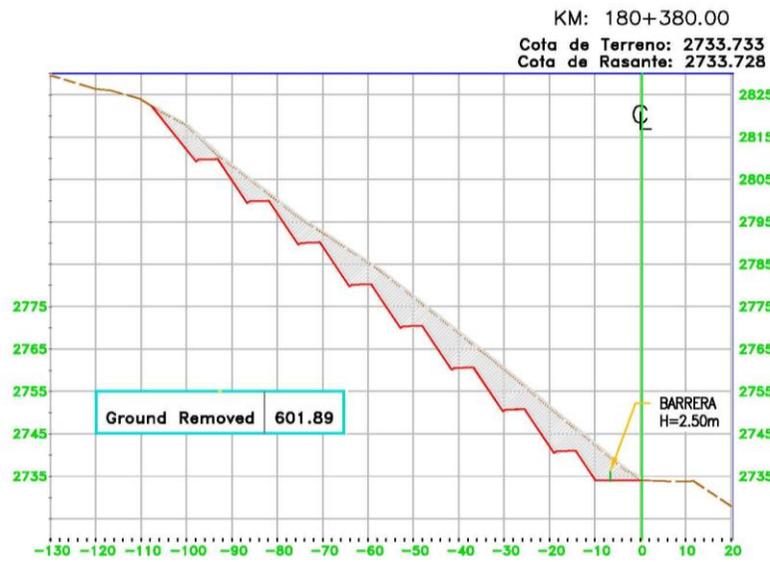


TESISTA:  
**SAAVEDRA RODRIGUEZ**  
**DIEGO FAVIO**

REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	DISEÑADO POR	ELABORADO POR	VERIFICADO POR	APROBADO POR	TÍTULO DE PLANO DE REFERENCIA
1	PLANO (MISMO TÍTULO ANTERIOR)	07-08-2021	E.S.M.	R.S.M.	J.Z.H.		

PROYECTO N°	ESTABILIZACIÓN DEL TALUD DEL KM 180+300; SECTOR SAN RAFAEL		
ESCALA	SECCIONES TRANSVERSALES 2 DE 5		
INDICAR			
PLANO N°	AT.006.2021-01	Nº PLANO	3-7
REV.	0		

LEYENDA SECCIÓN	
	TERRENO NATURAL
	ESTABILIZACIÓN DE TALUD
	CORTE



SECCIONES TRANSVERSALES  
ESCALA 1 : 1250

- NOTA:
1. EL SISTEMA DE COORDENADAS UTILIZADO ES UTM, DATUM WGS-84, ZONA 18 SUR.
  2. EL PLANO ESTÁ REALIZADO EN FORMATO A-3.
  3. TOMAR LAS DIMENSIONES DE ENCUENTRO EN METROS.



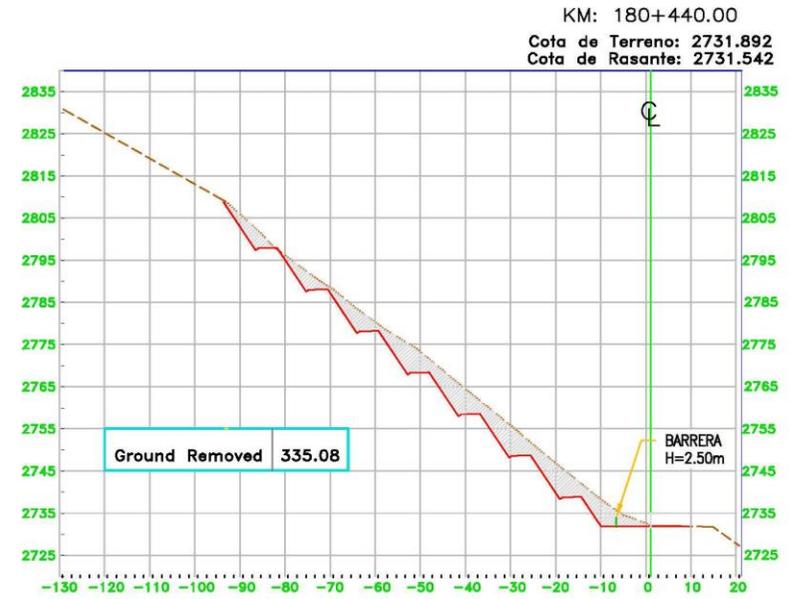
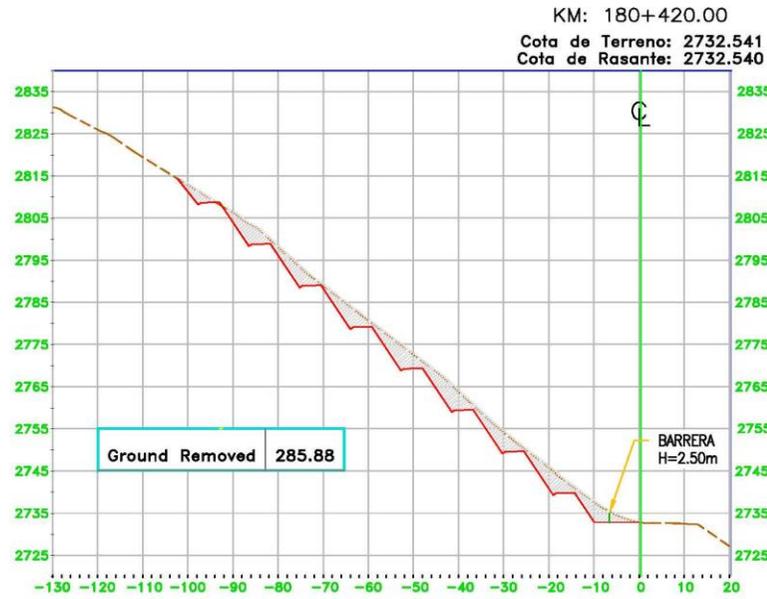
**UDH**  
UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS EXACTAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

TESISTA:  
**SAAVEDRA RODRIGUEZ  
DIEGO FAVIO**

REG.	FECHA	CLAS. POR	REVISOR POR	VER. POR	NO.	TÍTULO DE PLANOS DE REFERENCIA
1	17-08-2021	R.S.M.	R.S.M.	J.Z.F.	0	

PROYECTO N°	ESTABILIZACIÓN DEL TALUD DEL KM 180+300. SECTOR SAN RAFAEL		
ESCALA:	SECCIONES TRANSVERSALES 3 DE 5		
INDICIA			
PLANO N°	AT.006.2021-01	NÚM. PLANO	4-7
REV.			0

LEYENDA SECCIÓN	
	TERRENO NATURAL
	ESTABILIZACIÓN DE TALUD
	CORTE



SECCIONES TRANSVERSALES  
ESCALA 1 : 1250

- NOTAS:**
1. EL SISTEMA DE COORDENADAS UTILIZADO ES UTM DATUM WGS-84, ZONA 18 SUR.
  2. EL PLANO FUE REALIZADO EN FORMATO A3.
  3. TODAS LAS DIMENSIONES SE EXPRESARÁN EN METROS.



**UBB**  
UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO  
FACULTAD DE INGENIERÍA

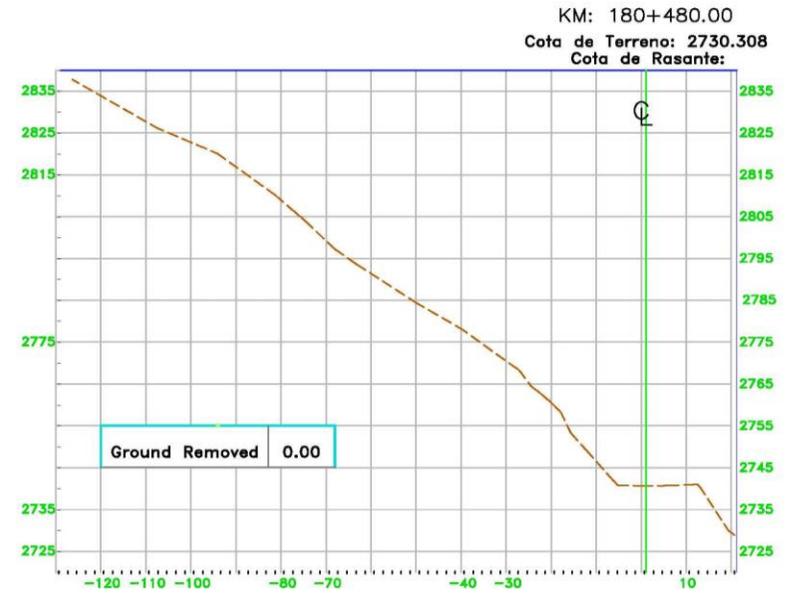
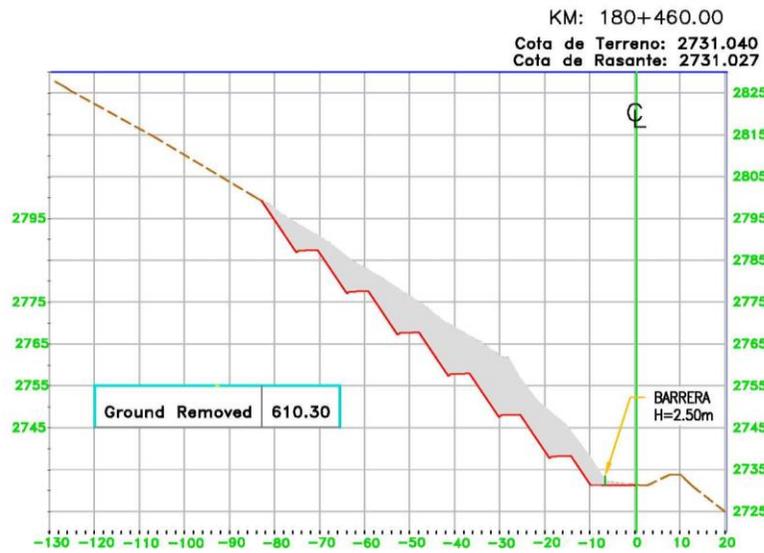
TESISTA:  
**SAAVEDRA RODRIGUEZ  
DIEGO FAVIO**

REV	FECHA	ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR
1	17-08-2021	R.S.M.	R.S.M.	J.Z.H.
2				
3				
4				

PROYECTO N°	ESCALA	INDICACIÓN
ESTABILIZACIÓN DEL TALUD DEL KM 180+300, SECTOR SAN RAFAEL		

TÍTULO DE PLANOS DE REFERENCIA	PLANO N°	NÚM. PLANO	HOJ. TOTAL
	AT.006.2021-01	5-7	9

LEYENDA SECCIÓN	
	TERRENO NATURAL
	ESTABILIZACIÓN DE TALUD
	CORTE



SECCIONES TRANSVERSALES  
ESCALA 1 : 1250

- NOTAS:**
1. EL SISTEMA DE COORDENADAS UTILIZADO ES UTM; DATUM WGS-84, ZONA 18 SUR.
  2. EL PLANO ESTO REALIZADO EN FORMATO A-3.
  3. TODAS LAS DIMENSIONES SE EXPRESARÁN EN METROS.



**UDCH**  
UNIVERSIDAD DE CHILE  
UNIVERSITY OF CHILE

TESISTA:  
**SAAVEDRA RODRIGUEZ  
DIEGO FAVIO**

REV.	DESCRIPCION	FECHA	DISEÑADO POR	REVISADO POR	V.P. POR	NO.
1						
2						
3						
4						
5	PLANO DISEÑO PARA ANEXOS	17-08-2021	R.S.M.	R.S.M.	J.Z.H.	2
6						

PROYECTO N°:	ESTABILIZACIÓN DEL TALUD DEL KM 180+300. SECTOR SAN RAFAEL
ESCALA:	1:1250
INDICADA:	SECCIONES TRANSVERSALES 5 DE 5
PLANO N°:	AT.006.2021-01
FECHA PLANO:	6-7
REV.:	0

## MATRIZ DE CONSISTENCIA

### TITULO: SISTEMA DE BANQUETAS PARA LA ESTABILIZACION DE LADERA UBICADA EN EL KM 180+300 DE LA RUTA NACIONAL PE-3N - SAN RAFAEL HUANUCO – 2021.

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGIA
<p><b>PROBLEMA GENERAL</b></p> <p>¿El Sistema de Banquetas estabilizará la ladera ubicada en el KM. 180+300 de la Ruta Nacional PE-3N del Sector San Rafael - Huánuco?</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL</b></p> <p>• Diseñar un sistema de banquetas para la estabilización de la ladera la ladera ubicada en el KM. 180+300 de la Ruta Nacional PE-3N del Sector San Rafael – Huánuco.</p>	<p><b>HIPOTESIS GENERAL</b></p> <p>La propuesta de un Sistema de Banquetas, permite la estabilización de la ladera ubicada en el Km 180+300 de la ruta nacional PE-3N – San Rafael – Huánuco.</p>	<p><b>VARIABLE DEPENDIENTE</b></p> <p>Estabilización de Ladera en el KM. 180+300 de la Ruta Nacional PE-3N del Sector San Rafael – Huánuco</p>	<p><b>TIPO DE INVESTIGACION</b></p> <p>La siguiente investigación viene a ser un estudio transversal – explicativo, cuantitativo.</p>
<p><b>PROBLEMAS ESPECIFICOS</b></p> <p>• ¿Cuáles serán las propiedades del subsuelo de la ladera ubicada en el KM. 180+300 de la Ruta Nacional PE-3N del Sector San Rafael – Huánuco?</p> <p>• ¿Cuáles serán los parámetros que influyen en el estudio de la ladera ubicada en el KM. 180+300 de la Ruta Nacional PE-3N del Sector San Rafael - Huánuco?</p> <p>• ¿Cuál será el factor de seguridad óptimo para la estabilidad de la ladera ubicada en el KM. 180+300 de la Ruta Nacional PE-3N del Sector San Rafael - Huánuco?</p>	<p><b>OBJETIVOS ESPECIFICOS</b></p> <p>• Conocer las propiedades del subsuelo de la ladera ubicada en el KM. 180+300 de la Ruta Nacional PE-3N del Sector San Rafael - Huánuco.</p> <p>• Conocer los parámetros que influye en el estudio de la ladera ubicada en el KM. 180+300 de la Ruta Nacional PE-3N del Sector San Rafael – Huánuco.</p> <p>• Determinar el Factor de Seguridad que garantice la estabilidad de manera estática y pseudoestática de la ladera ubicada en el KM. 180+300 de la Ruta Nacional PE-3N del Sector San Rafael – Huánuco.</p>	<p><b>HIPOTESIS ESPECIFICAS</b></p> <p>• Las propiedades físicas y mecánicas del subsuelo serán fundamentales para determinar la estabilidad de la ladera y así poder diseñar un sistema de banquetas a través de un estudio de suelos..</p> <p>• La geología, topografía, sismicidad y la hidrología serán parámetros fundamentales para obtener resultados más confiables del comportamiento de un sistema de banquetas establecido.</p> <p>• El factor de seguridad óptimo de un talud será en sollicitaciones estáticas de 1.5 y en sollicitaciones sísmicas de 1.25, asegurando así la estabilidad de un sistema de banquetas.</p>	<p><b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b></p> <p>Sistema de Banquetas.</p>	<p><b>POBLACION Y MUESTRA</b></p> <p><b>POBLACION</b> . La población estará delimitada por toda el área del suelo de la ladera ubicada en el KM. 180+300 de la Ruta Nacional PE-3N del Sector San Rafael.</p> <p><b>MUESTRA</b>. La muestra de este estudio es de un muestreo no probabilístico, debido a que no se tiene referencias precisas de la población total por lo tanto se seleccionara los objetos de estudio a criterio del investigador.</p> <p>La muestra estará conformada mediante el estudio del subsuelo en 6 puntos de la ladera ubicada en el KM. 180+300 de la Ruta Nacional PE-3N del Sector San Rafael.</p>

# UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

## Facultad de Ingeniería

### RESOLUCIÓN N° 1271-2022-D-FI-UDH

Huánuco, 24 de junio de 2022

Visto, el Oficio N° 803-2022-C-PAIC-FI-UDH, mediante el cual el Coordinador Académico de Ingeniería Civil, remite el dictamen de los jurados revisores, del Informe Final de Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: "SISTEMA DE BANQUETAS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE LADERA UBICADA EN EL KM 180+300 DE LA RUTA NACIONAL PE-3N - SAN RAFAEL HUÁNUCO - 2021", presentado por el (la) Bach. Diego Favio SAAVEDRA RODRIGUEZ.

#### CONSIDERANDO:

Que, según mediante Resolución N° 006-2001-R-AU-UDH, de fecha 24 de julio de 2001, se crea la Facultad de Ingeniería, y;

Que, mediante Resolución de Consejo Directivo N° 076-2019-SUNEDU/CD, de fecha 05 de junio de 2019, otorga la Licencia a la Universidad de Huánuco para ofrecer el servicio educativo superior universitario, y;

Que, mediante Resolución N° 1422-2021-D-FI-UDH, de fecha 02 de noviembre de 2021, se aprobó el Trabajo de Investigación (Tesis) y su ejecución, del Bach. Diego Favio SAAVEDRA RODRIGUEZ, y;

Que, según Oficio N° 803-2022-C-PAIC-FI-UDH, del Coordinador Académico quien informa que los JURADOS REVISORES del Informe Final de Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: "SISTEMA DE BANQUETAS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE LADERA UBICADA EN EL KM 180+300 DE LA RUTA NACIONAL PE-3N - SAN RAFAEL HUÁNUCO - 2021", presentado por el (la) Bach. Diego Favio SAAVEDRA RODRIGUEZ, integrado por los siguientes docentes: Mg. Johnny Prudencio Jacha Rojas (Presidente), Mg. Yelen Lisseth Trujillo Ariza (Secretario) y Ing. Juan Alex Alvarado Romero (Vocal), quienes declaran APTO para la Sustentación de su Tesis, y;

Estando a las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

#### SE RESUELVE:

Artículo Único. - APROBAR, el Informe Final de Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: "SISTEMA DE BANQUETAS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE LADERA UBICADA EN EL KM 180+300 DE LA RUTA NACIONAL PE-3N - SAN RAFAEL HUÁNUCO - 2021", presentado por el (la) Bach. Diego Favio SAAVEDRA RODRIGUEZ, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil, del Programa Académico de Ingeniería Civil de la Universidad de Huánuco.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Ing. Ethel Jeannett Muzama Lazado  
SECRETARÍA DECRETOS



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO  
DECANO  
Mg. Bertha Campos Ríos  
DECANA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

#### Distribución:

Fac. de Ingeniería - PAIC - Exp. Graduando - Interesado - Archivo.  
RCS/EML/ata.