

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



**TESIS**

---

**“Análisis estático y pseudoestático en la estabilización de talud mediante muro de suelo reforzado de la carretera PE-3N del tramo km 263+100 - 263+150, Huánuco – La Unión, 2023”**

---

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR: Herrera Correa, Joseph Brian

ASESORA: Trujillo Ariza, Yelen Lisseth

HUÁNUCO – PERÚ

2023

# 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

### 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): 48387480

### DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 70502371

Grado/Título: Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental

Código ORCID: 0000-0002-5650-3745

### 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	Martinez Morales, German Gaston	Ingeniero civil	07397555	0000-0002-9182-1861
3	Choquevilca Chinguel, Josue	Ingeniero civil	22486989	0000-0002-1663-3262

# D

# H

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO

(A) CIVIL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 11:00 horas del día **miércoles 11 de octubre de 2023**, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los **Jurados Calificadores** integrado por los docentes:

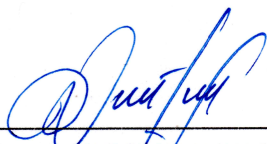
- |                                       |            |
|---------------------------------------|------------|
| ❖ MG. JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS    | PRESIDENTE |
| ❖ ING. GERMAN GASTON MARTINEZ MORALES | SECRETARIO |
| ❖ ING. JOSUE CHOQUEVILCA CHINGUEL     | VOCAL      |

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN N° 2366-2023-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: "intitulada: **ANÁLISIS ESTÁTICO Y PSEUDOESTÁTICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUD MEDIANTE MURO DE SUELO REFORZADO DE LA CARRETERA PE-3N DEL TRAMO KM 263+100 - 263+150, HUÁNUCO – LA UNIÓN, 2023**", presentado por el (la) Bachiller. **Joseph Brian HERRERA CORREA**, 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 **15** y cualitativo de **BUENO** (Art. 47).

Siendo las **12:16** horas del día 11 del mes de octubre del año 2023, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.



MG. JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS  
ORCID: 0000-0001-7920-1304

Presidente



ING. GERMAN GASTON MARTINEZ MORALES  
ORCID: 0000-0002-9182-1861

Secretario



ING. JOSUE CHOQUEVILCA CHINGUEL  
ORCID: 0000-0002-1663-3262

Vocal



## UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

### CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

Yo, **Mg. YELEN, TRUJILLO ARIZA**, Ingeniero asesor del Programa Académico de Ingeniería Civil. Designado mediante RESOLUCIÓN N° 060-2023-D-FI-UDH del Bach. HERRERA CORREA JOSEPH BRIAN, de la investigación titulada:

“ANÁLISIS ESTÁTICO Y PSEUDOESTÁTICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUD MEDIANTE MURO DE SUELO REFORZADO DE LA CARRETERA PE-3N DEL TRAMO KM 263+100 - 263+150, HUÁNUCO – LA UNIÓN, 2023”

Puedo constar que la misma tiene un índice de similitud del 18 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Antiplagio Turnitin. Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 11 de Octubre de 2023



TRUJILLO ARIZA Yelen L.  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 193288

MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA

DNI: 70502371

CODIGO ORCID: 0000-0002-5650-3745

# ANÁLISIS ESTÁTICO Y PSEUDOESTÁTICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUD MEDIANTE MURO DE SUELO REFORZADO DE LA CARRETERA PE-3N DEL TRAMO KM 263+100 - 263+150, HUÁNUCO - LA UNIÓN, 2023

## INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>18%</b>	<b>17%</b>	<b>3%</b>	<b>7%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>repositorio.udh.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>2</b>	<b>distancia.udh.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>3</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>4</b>	<b>dspace.unitru.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>repositorio.unheval.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>repositorio.urp.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>8</b>	<b>dspace.ups.edu.ec</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>

  
 TRUJILLO ARIZA Yelen L.  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 193288

MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA

DNI: 70502371

CODIGO ORCID: 0000-0002-5650-3745

## **DEDICATORIA**

A mis queridos padres y a mis hermanos ya que son los motores que impulsan mis sueños y que siempre han estado conmigo incluso en momentos difíciles durante mi vida.

Sin duda también a mi asesor quien me oriento de lo que necesitaba para culminar esta tesis.

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, quiero agradecer a mis padres y hermanos quienes siempre me han apoyado incondicionalmente para lograr todas mis metas personales y académicas.

También quiero agradecer a la Universidad de Huánuco y los profesores e Ingenieros que fueron parte de mi trayectoria universitaria y por el conocimiento que es necesario para estar hoy aquí.

Finalmente agradezco la dedicación y paciencia de mi asesor.

# ÍNDICE

DEDICATORIA .....	II
AGRADECIMIENTO .....	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS .....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
ÍNDICE DE FOTOS .....	XV
RESUMEN.....	XVI
ABSTRACT.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XVIII
CAPÍTULO I.....	20
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	20
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	20
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	21
1.2.1 PROBLEMA GENERAL .....	21
1.2.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	21
1.3 OBJETIVOS.....	22
1.3.1 OBJETIVO GENERAL .....	22
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	22
1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	22
1.4.1 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA.....	22
1.4.2 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA .....	23
1.4.3 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA.....	23



1.5 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN .....	24
1.6 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	24
CAPÍTULO II.....	25
MARCO TEÓRICO .....	25
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	25
2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES .....	25
2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES .....	28
2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES.....	32
2.2 BASES TEÓRICAS .....	33
2.2.1 ¿QUÉ ES UN TALUD?.....	33
2.2.2 PARTES DE LOS TALUDES .....	34
2.2.3 LOS TIPOS O CLASIFICACIÓN DE TALUDES.....	35
2.2.4 LOS MECANISMOS FALLA O DE ROTURA EN LOS TALUDES .....	36
2.2.5 VARIABLES QUE AFECTAN LA ESTABILIDAD DE UN TALUD .....	39
2.2.6 FENÓMENOS EN LA INESTABILIDAD EN LOS TALUDES ...	43
2.2.7 CLASIFICACIONES DE MOVIMIENTOS DE FALLA EN TALUDES.....	43
2.2.8 ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD EN EL TALUD.....	51
2.2.9 MÉTODOS PARA EL ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES.....	51
2.2.10 MÉTODO DEL EQUILIBRIO LIMITE.....	52

2.2.11	EL FACTOR DE SEGURIDAD .....	53
2.2.12	CONDICIONES ESTÁTICAS .....	54
2.2.13	CONDICIONES PSEUDOESTÁTICAS O SÍSMICAS .....	55
2.2.14	LA SISMICIDAD.....	57
2.2.15	EL COEFICIENTE SÍSMICO O PSEUDOESTÁTICO .....	59
2.2.16	EL MÉTODO POR DOVELAS.....	64
2.2.17	USO DEL SOFTWARE SLIDE VERSIÓN 6.....	71
2.3	DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	72
2.4	HIPÓTESIS .....	73
2.4.1	HIPÓTESIS GENERAL.....	73
2.5	VARIABLES.....	73
2.5.1	VARIABLE DEPENDIENTE .....	73
2.5.2	VARIABLE INDEPENDIENTE.....	73
2.6	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	74
CAPÍTULO III.....		75
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....		75
3.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	75
3.1.1	ENFOQUE .....	75
3.1.2	ALCANCE O NIVEL .....	76
3.1.3	DISEÑO .....	76
3.2	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	77

3.2.1 POBLACIÓN .....	77
3.2.2 MUESTRA.....	77
3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS . .....	81
3.3.1 PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	81
3.3.2 PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS.....	82
3.3.3 PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS..	82
CAPÍTULO IV.....	84
RESULTADOS.....	84
4.1 PROCESAMIENTO DE DATOS.....	84
4.1.1 ANÁLISIS CON EL SOFTWARE GEOTÉCNICO SLIDE V.6.0 .....	87
4.1.2 ÍNDICE DE SEGURIDAD SIN LA INCIDENCIA DEL MURO DE TIERRA REFORZADO EN CONDICIONES ESTÁTICAS.....	89
4.1.3 ÍNDICE DE SEGURIDAD SIN LA INCIDENCIA DEL MURO DE TIERRA REFORZADO EN CONDICIONES PSEUDOESTÁTICAS....	96
4.1.4 ANÁLISIS CON EL SOFTWARE GEOTÉCNICO GEO5 .....	104
4.1.5 VERIFICACIONES DEL MURO EN CONDICIONES NORMALES EN EL SOFTWARE GEO5 23 (DEMO).....	110
4.1.6 ÍNDICE DE SEGURIDAD CON LA INCIDENCIA DEL MURO EN CONDICIONES NORMALES .....	116
4.1.7 VERIFICACIONES DEL MURO EN CONDICIONES PSEUDOESTÁTICAS EN EL SOFTWARE GEO5 23 (DEMO).....	120

4.1.8 ÍNDICE DE SEGURIDAD CON LA INCIDENCIA DEL MURO EN CONDICIONES PSEUDOESTÁTICAS .....	125
4.2    CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS .. .....	129
4.2.1 LA HIPÓTESIS GENERAL .....	129
CAPÍTULO V.....	133
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	133
5.1    PRESENTAR LA CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN .....	133
CONCLUSIONES .....	136
RECOMENDACIONES.....	139
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	140
ANEXOS.....	146

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Factores de seguridad con diferentes normativas .....	54
Tabla 2 Fs mínimas en condiciones estáticas.....	55
Tabla 3 Fs mínimas en condiciones sísmicas.....	59
Tabla 4 El sistema de variables-dimensiones e indicadores.....	74
Tabla 5 Las coordenadas del borde del talud Km 263+100.....	84
Tabla 6 Las coordenadas del borde del talud Km 263+150.....	85
Tabla 7 Las cargas que actúan por tipos de categorías que circulan por la zona de estudio .....	86
Tabla 8 Las sobrecargas del pavimento estándar .....	86
Tabla 9 Resumen de los índices de seguridad en condiciones normales....	95
Tabla 10 Resumen de los índices de seguridad en condiciones sísmicas	103
Tabla 11 Las características del terreno o suelo.....	107
Tabla 12 Resumen de los factores obtenidos en la verificación de equilibrio para el vuelco y deslizamiento .....	111
Tabla 13 Resumen de los factores obtenidos de la capacidad portante del suelo .....	113
Tabla 14 Resumen de los factores obtenidos en la verificación de estudio para el vuelco y deslizamiento, en condiciones pseudoestáticas .....	121
Tabla 15 Resumen de los factores obtenidos de la capacidad portante del suelo en condiciones pseudoestáticas.....	123

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Seccion de un talud. ....	34
Figura 2 Taludes o laderas de fomra natural .....	35
Figura 3 Taludes de fomra artificial.....	36
Figura 4 Talud con falla o rotura plana .....	37
Figura 5 Talud con falla o ruptura circular en el pie del talud.....	38
Figura 6 Talud con falla circular en la parte profunda del latud .....	38
Figura 7 Talud con falla poligonal .....	39
Figura 8 Erosión en un talud .....	40
Figura 9 Talud afectado por las lluvias .....	40
Figura 10 Talud con efecto de movimientos sísmicos .....	41
Figura 11 Cargas externas en un talud .....	42
Figura 12 Talud con excavación .....	42
Figura 13 Caidas de las rocas en taludes.....	44
Figura 14 Volcamiento o toppling.....	44
Figura 15 Partes de un deslizamiento en un talud.....	45
Figura 16 Deslizamiento rotacional.....	46
Figura 17 Deslizamiento traslacional .....	47
Figura 18 Reptamientos o “creep” .....	48
Figura 19 Flujo de tierra en un talud .....	49
Figura 20 Flujo de lodo rapido en un talud.....	50
Figura 21 Estabilizacion de un talud .....	53
Figura 22 Mapa de zonificacion sismica del Peru.....	57
Figura 23 Mapa sismico del Peru del 2021 .....	58
Figura 24 Factor de zona sismicas .....	59
Figura 25 Los perfiles de suelo con las zonas sismicas .....	60
Figura 26 Mapa de ordenadas espectrales del Perú con un periodol de 0.0seg .....	61
Figura 27 Mapa de ordenadas espectrales dell Perú con un periodol de 0.20seg.....	62
Figura 28 Mapa de ordenadas espectrales dell Perú con un periodol de 1.00seg.....	63
Figura 29 Talud con el análisis de método de dovelas .....	65

Figura 30 Representación de una rebana de talud .....	65
Figura 31 Equilibrio de fuerzas por el método Fellenius .....	67
Figura 32 Equilibrio de fuerzas por el método Bishop.....	68
Figura 33 Equilibrio de fuerzas por el método Spencer .....	69
Figura 34 Diagrama para el cálculo del factor de corrección .....	70
Figura 35 Ejemplo del uso del software Slide .....	71
Figura 36 Plano topográfico del lugar de estudio.....	78
Figura 37 Perfil del talud del km 263+100.....	79
Figura 38 Perfil del talud del km 263+150.....	80
Figura 39 Geometría del perfil del talud Km 263+100 .....	87
Figura 40 Geometría del perfil del talud Km 263+150 .....	88
Figura 41 El índice de seguridad por el enfoque de Bishop Simplified en condición normales en el Km 263+100.....	89
Figura 42 El índice de seguridad por el enfoque de Morgenstern-Price en condiciones normales en el Km 263+100 .....	90
Figura 43 El índice de seguridad por el enfoque de Janbu Simplified en condiciones normales en el Km 263+100 .....	90
Figura 44 El índice de seguridad por el enfoque de Ordinary/Fellenius en condiciones normales en el Km 263+100 .....	91
Figura 45 El índice de seguridad por el enfoque de Spenser en condiciones normales en el Km 263+100 .....	91
Figura 46 El índice de seguridad por el enfoque de Bishop Simplified en condiciones normales en el Km 263+150 .....	92
Figura 47 El índice de seguridad por el enfoque de Morgenstern y Price en condiciones normales en el Km 263+150 .....	93
Figura 48 El índice de seguridad por el enfoque de Janbu Simplified en condiciones normales en el Km 263+150 .....	93
Figura 49 El índice de seguridad por el enfoque de Ordinary/Fellenius en condiciones normales en el Km 263+150 .....	94
Figura 50 El índice de seguridad por el enfoque de Spenser en condiciones normales en el Km 263+150 .....	94
Figura 51 El índice de seguridad por el enfoque de Bishop Simplified en condiciones sísmicas en el Km 263+100.....	97

Figura 52 El índice de seguridad por el enfoque de Morgenstern y Price en condiciones sísmicas en el Km263+100 .....	97
Figura 53 El índice de seguridad por el enfoque de Morgenstern y Price en condiciones sísmicas en el Km 263+100 .....	98
Figura 54 El índice de seguridad por el enfoque de Ordinary/Fellenius en condiciones sísmicas en el Km 263+100 .....	98
Figura 55 El índice de seguridad por el enfoque de Spenser en condición sísmicas en el Km 263+100 .....	99
Figura 56 El índice de seguridad por el enfoque de Bishop Simplified en condiciones sísmicas en el Km 263+150 .....	100
Figura 57 El índice de seguridad por el enfoque de Morgenstern y Price en condiciones sísmicas en el Km263+150 .....	100
Figura 58 El índice de seguridad por el enfoque de Janbu Simplified en condiciones sísmicas en el Km 263+150 .....	101
Figura 59 El índice de seguridad por el enfoque de Ordinary/Fellenius en condiciones sísmicas en el Km 263+150 .....	101
Figura 60 El índice de seguridad por el enfoque de Spenser en condiciones sísmicas en el Km 263+150 .....	102
Figura 61 Tipo de refuerzo del muro .....	104
Figura 62 La cantidad de refuerzos del muro diseñado .....	105
Figura 63 Altura y ángulo de inclinación del muro .....	106
Figura 64 Longitud efectiva y separación de los refuerzos .....	106
Figura 65 Características del suelo de la ladera del Km 263+100 .....	108
Figura 66 Características del suelo de la ladera del Km 263+150 .....	108
Figura 67 Características del suelo de la ladera del Km 263+150 .....	109
Figura 68 Introducción del coeficiente sísmico horizontal en la estructura	109
Figura 69 Geometría del muro con el coeficiente sísmico horizontal .....	110
Figura 70 Verificación de equilibrio completo del muro .....	111
Figura 71 La verificación más detallada del volcamiento y deslizamiento .	112
Figura 72 Verificación de capacidad portante del suelo del muro .....	113
Figura 73 La verificación más detallada de la capacidad portante .....	114
Figura 74 Verificación de deslizamientos en los georefuerzos del muro ...	115



Figura 75 La verificación más detallada de deslizamiento de los georefuerzos .....	115
Figura 76 Índice de seguridad por el enfoque de Bishop Simplified en condiciones normales en el Km 263+100 .....	116
Figura 77 Índice de seguridad por el enfoque de Morgenstern y Price en condiciones normales en el Km 263+100 .....	117
Figura 78 Índice de seguridad por el enfoque de Janbu Simplified en condiciones normales en el Km 263+100 .....	117
Figura 79 Índice de seguridad por el enfoque de Ordinary/Fellenius en condiciones normales en el Km 263+100 .....	118
Figura 80 Índice de seguridad por el enfoque de Spenser en condiciones normales en el Km 263+100 .....	118
Figura 81 Extracto de resumen de los índices de seguridad con la incidencia de muro en condiciones normales en el software Geo5 23 (Demo) .....	119
Figura 82 Verificación de equilibrio completo del muro en condiciones pseudoestáticas .....	120
Figura 83 La verificación más detallada del volcamiento y deslizamiento en condiciones pseudoestáticas .....	121
Figura 84 Verificación de capacidad portante del suelo del muro en condiciones pseudoestáticas .....	122
Figura 85 La verificación más detallada de la capacidad portante en condiciones pseudoestáticas .....	123
Figura 86 Verificación de deslizamientos en los georefuerzos del muro condiciones pseudoestáticas .....	124
Figura 87 La verificación más detallada de deslizamiento de los georefuerzos condiciones pseudoestáticas .....	124
Figura 88 Índice de seguridad por el enfoque de Bishop Simplified en condición sísmica en el Km 263+100, .....	125
Figura 89 Índice de seguridad por el enfoque de método Morgenstern y Price en condición sísmica en el Km 263+100.....	126
Figura 90 Índice de seguridad por el enfoque de Janbu Simplified en condición sísmica en el Km 263+100.....	126

Figura 91 Índice de seguridad por el enfoque de Ordinary/Fellenius en condición sísmica en el Km 263+100 .....	127
Figura 92 Índice de seguridad por el enfoque de Spenser en condición sísmica en el Km 263+100.....	127
Figura 93 Extracto de resumen de los índices de seguridad con la incidencia de muro en condiciones pseudoestáticas .....	128
Figura 94 Comparación de los índices de seguridad obtenidos versus recomendado por CE.020, sin la incidencia del muro en el km 263+100 y km 263+150 en condiciones normales .....	129
Figura 95 Comparación de los índices de seguridad obtenidos versus recomendado por CE.020, sin la incidencia del muro en el km 263+100 y km 263+ 150 en condiciones pseudoestáticas .....	130
Figura 96 Comparación de los índices de seguridad obtenidos versus recomendado por CE 0.20, con la incidencia del muro en el km 263+100 y 263+150 en condiciones normales .....	131
Figura 97 Comparación de los índices de seguridad obtenidos versus recomendado por CE 0.20, con la incidencia del muro en el km 263+100 y km 263+150 en condiciones pseudoestáticas .....	132

## ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1 Identificación del primer talud representativo en la progresiva 263+100.....	149
Foto 2 Identificación del segundo talud representativo en la progresiva 263+150.....	149
Foto 3 Obtención de información topográfica con ayuda de la estación total .....	150
Foto 4 Obtención de información de ubicación de puntos topográficos con ayuda del prisma.....	150
Foto 5 Medición de elementos existentes en el área de estudio .....	151
Foto 6 Toma de apuntes en las plantillas para recolectar y registrar datos .....	151
Foto 7 Ubicación y posterior realización de la calicata N° 01 en la progresiva 263+100.....	152
Foto 8 Obtención de muestra de suelo de la calicata 01 en la progresiva 263+100.....	152
Foto 9 Ubicación y posterior realización de la calicata N° 02 en la progresiva 263+150.....	153
Foto 10 Obtención de muestra de suelo de la calicata 02 en la progresiva 263+150.....	153

## RESUMEN

Los fenómenos de movimiento de masa en taludes y laderas son comunes en el Perú, debido a su inestabilidad y por ubicarse en zonas peligrosas, precisamente en zonas de cordillera o de gran altitud, también son provocadas por sismos, precipitaciones, topografía, erosión, litología y actividad humana.

El objetivo de esta tesis es analizar los taludes de la carretera PE-3N del tramo KM 263+100-263+150 Huánuco-La Unión, en condiciones estáticas y pseudoestáticas, con y sin la incidencia del muro de suelo reforzado, con georefuerzos extensibles. Calculando los factores de seguridad y precisando las características del suelo, sismicidad y topografía.

Primero se realizó los estudios de suelo y topografía de los taludes del KM 263+100-263+150, ya que estas son fundamentales para el análisis.

Para el análisis estático y pseudoestático sin la incidencia del muro, los procedimientos se realizaron en el programa Slide V.6 con el método de equilibrio límite, con sus distintos enfoques. De igual forma para el análisis estático y pseudoestático, pero con la incidencia del muro, se realizó en el programa Geo5 (DEMO), para evaluar la influencia de la estructura.

Respecto a los resultados, el análisis en condiciones estáticas sin la incidencia del muro de suelo reforzado en los Km263+100 y KM263+150, resulto factores de seguridad máximos de 1.164 Y 1.190 respectivamente, de igual manera para el análisis en condiciones pseudoestáticas resulto índices de seguridad máximos de 1.023 y 1.110 respectivamente.

Posteriormente se realizó los análisis estáticos y pseudoestáticos con la incidencia del muro dando resultados favorables.

Por último, se puede decir que los enfoques del método de las dovelas, dieron resultados favorables para la alternativa de solución, en particular índices de seguridad aceptables ante deslizamientos y vuelcos.

**Palabras Claves:** Método de las Dovelas, deslizamientos, vuelcos, muro de suelo reforzado, factores de seguridad, condiciones estáticas y pseudoestático.

## ABSTRACT

The phenomena of mass movement on slopes and slopes are common in Peru, due to their instability and because they are located in dangerous areas, precisely in mountain range or high altitude areas, they are also caused by earthquakes, precipitation, topography, erosion, lithology. and human activity.

The objective of this thesis is to analyze the slopes of the PE-3N highway of the KM 263+100-263+150 Huánuco-La Unión section, in static and pseudostatic conditions, with and without the incidence of the reinforced soil wall, with extensible georeinforcements. Calculating safety factors and specifying the characteristics of the soil, seismicity and topography.

First, the soil and topography studies of the slopes of KM 263+100-263+150 were carried out, since these are fundamental for the analysis.

For the static and pseudostatic analysis without the incidence of the wall, the procedures were carried out in the Slide V.6 program with the limit equilibrium method, with its different approaches. In the same way for the static and pseudostatic analysis, but with the incidence of the wall, it was carried out in the Geo5 (DEMO) program, to evaluate the influence of the structure.

Regarding the results, the analysis in static conditions without the incidence of the reinforced soil wall at Km263+100 and KM263+150, resulted in maximum safety factors of 1,164 and 1,190 respectively, in the same way for the analysis in pseudostatic conditions, indices were obtained. maximum security values of 1,023 and 1,110 respectively.

Subsequently, static and pseudostatic analyzes were carried out with the incidence of the wall, giving favorable results.

Finally, it can be said that the segment method approaches gave favorable results for the alternative solution, in particular acceptable safety indices against gradual and overturning.

**Keywords:** Voussoir method, landslides, overturning, reinforced soil wall, safety factors, static and pseudostatic conditions.

## INTRODUCCIÓN

Uno de los fenómenos geológicos más frecuentes en nuestro país es la vulnerabilidad de los taludes, los cuales son difíciles de detectar con anticipación y pueden resultar en importantes daños económicos y, en ocasiones, también en pérdidas humanas debido a los deslizamientos de tierra. También son comunes en la zona de Huánuco los fenómenos sísmicos, los cuales son causados por factores internos como la topografía, la geología y la humedad del suelo, así como por factores externos como el clima. Las cuales causan desastres naturales con consecuencias negativas en los ámbitos social, natural y económico. Como resultado, es necesario identificar y evaluar el estado y el estudio de los taludes de la carretera PE-3N en el tramo km 263+100 - 263+150, Huánuco-La Unión, en condiciones normales y sísmicas, con y sin la incidencia del uso de muro de tierra reforzada; mostrando los índices de seguridad actuales ante posibles deslizamientos y volcamientos de dichos taludes en condiciones normales y sísmicas como se indicó anteriormente.

En la presente tesis tiene por finalidad de analizar los taludes con condiciones estáticas y pseudoestáticas, es importante mencionar que los procedimientos y pasos se realizaron en el software Slide V.6 y Geo5 23 (Demo), la cual es de mucha ayuda ya que aportó una ventaja al momento de su ejecución con respecto a la forma tradicional, por lo que tendrá un efecto positivo, no solo el análisis permitirá identificar las regiones más probables con deficiencia ante los posibles tipos de movimientos de masas, sino también que dejara un precedente más para la ciudad de Huánuco respecto al manejo y conocimiento del tema y softwares.

En cuanto al tipo de investigación de la presente tesis es de tipo aplicada o tecnológica, también llamada utilitaria porque analizamos el equilibrio de los taludes críticos en condiciones normales y sísmicas mediante los factores de seguridad, en cuanto al tipo de enfoque es de tipo cuantitativo porque con base de los datos de la topografía y las propiedades del suelo, en términos de alcance de nivel correlacional, ya que se examinará la estabilidad sin y con la incidencia del muro de tierra reforzado en condiciones normales y sísmicas, y

por último en cuanto al diseño de la investigación es de a nivel no experimental.

Como se describe, existen cinco capítulos en el proceso de investigación, los cuales se mencionan a continuación:

Capítulo I Abarca la contextualización del problema, la formulación del problema y los objetivos generales y específicos, la justificación e importancia de la investigación, las limitaciones y la viabilidad se discuten en este capítulo.

El Capítulo II abarca los antecedentes de la investigación, incluyendo las bases teóricas y las explicaciones del análisis estático y pseudoestático. Luego, se abordan las definiciones conceptuales, las hipótesis generales y, finalmente, las variables y su implementación.

Este capítulo III describe la metodología de la investigación y define el tipo de investigación, el enfoque, el alcance, el nivel y el diseño, así como la población, la muestra y las técnicas e instrumentos para la recolección, presentación e interpretación de datos.

El Capítulo IV presenta el procesamiento de datos y la comparación de hipótesis basadas en la evidencia.

El Capítulo V presenta los resultados de la investigación, incluidas las citas mencionadas en los antecedentes de la investigación, la presentación de la contratación de los hallazgos, las conclusiones y las sugerencias.

Por último, pero no menos importante, se adjuntan las referencias bibliográficas y los anexos correspondientes.

# CAPÍTULO I

## PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El Perú está ubicado en el borde occidental de América del Sur y es la región con mayor actividad sísmica del mundo. La actividad sísmica en el territorio peruano se debe a los procesos de subducción de las placas de Nazca y Sudamericana. También es importante mencionar Casaverde y Vargas (1980) iniciaron la investigación de riesgos sísmicos, y el trabajo realizado por Castillo y Alva (1993) fue el estándar para la investigación en ingeniería y la construcción de la Norma E-030). (Tavera, 2014)

Los deslizamientos de los taludes o laderas inducidos por la acción de sismos, se debe a que nuestro territorio está ubicado en el Cinturón de Fuego, donde ocurren la subducción y las fallas geológicas intensas, y donde ocurre gran parte de la actividad sísmica del mundo. Cabe señalar que entre las zonas peligrosas provocadas por sismos se encuentran precisamente las zonas ubicadas en la cordillera y de gran altitud, que también presentan la mayor cantidad de derrumbes, aunque con mayor frecuencia son causados por otros factores como el clima (en especial todas las precipitaciones), topografía, calificación de erosión, litología y estructura geológica, presencia de depósitos en el talud y actividad humana. (Gonzáles de Vallejo, 2002).

Las carreteras son vías de transporte que permiten a las personas realizar diversas actividades. Uno de los fenómenos geológicos más frecuentes en las regiones montañosas de nuestro país es el desequilibrio de las laderas, que puede generar deslizamientos, vuelcos, derrumbes y otros fenómenos de gran magnitud, lo que puede resultar en pérdidas significativas de personas y recursos económicos (Araujo, 2019).

Es importante mencionar que la carretera PE-3N es importante ya que se encuentra en un lugar estratégico que conecta departamentos que no solo es Huánuco, sino también departamentos como Junin y Piura. En caso de Huánuco llega a conectar a Yarowilca, Ambo y Dos de Mayo; provincias que tiene actividades económicas dentro de todas ellas destacándose de agricultura, siendo la principal actividad económica de los huanuqueños, por



ello es importante mantener la carretera en un buen estado y sobre todo prevenir de los deslizamientos y sismos.

Es por ello que el proyecto se centra en los tramos de la carretera PE-3N de Huánuco - La Unión aproximadamente en el km 263+100 y km 263+150, ya que años atrás y actualmente presenta la preocupación por los deslizamientos de tierra que ocurren durante la temporada de lluvias en la ciudad de Huánuco, la cual representan la reacción de las laderas a la precipitación que cae sobre ellas y con el pasar del tiempo los taludes se encontraran débiles e inestables. Cabe resaltar que la inestabilidad no solo es ocasionada por las precipitaciones sino también por la acción sísmica, ya que como se mencionó párrafos anteriores los tramos de carreteras se encuentran ubicadas en zonas montañosas y de gran altitud, razón por la cual es indispensable analizar en condiciones estáticas y pseudoestáticas.

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1 PROBLEMA GENERAL**

¿Cómo determinar la incidencia del análisis estático y pseudoestático mediante el uso de muro de suelo reforzado en la estabilidad del talud de la carretera PE-3N del tramo km 263+100 - 263+150, Huánuco-La Unión?

### **1.2.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

- ¿Cuáles serán los índices de seguridad ante posibles deslizamientos y volcamientos mediante el análisis estático del talud de la carretera PE-3N del tramo km 263+100 - 263+150, Huánuco-La Unión?
- ¿Cuáles serán los índices de seguridad ante posibles deslizamientos y volcamientos mediante el análisis pseudoestático de la carretera PE-3N del tramo km 263+100 - 263+150, Huánuco-La Unión?

- ¿Cuál es la situación respecto a las características del suelo, la sismicidad y la topografía de la carretera PE-3N del tramo km 263+100 - 263+150, Huánuco-La Unión?

### **1.3 OBJETIVOS**

#### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

Determinar la incidencia del uso del muro de suelo reforzado en el análisis estático y pseudoestático de la estabilidad del talud de la carretera PE-3N del tramo km 263+100 - 263+150, Huánuco-La Unión

#### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Calcular los índices de seguridad ante posibles deslizamientos y volcamientos mediante el análisis estático del talud de la carretera PE-3N del tramo km 263+100 - 263+150, Huánuco-La Unión.
- Calcular los índices de seguridad ante posibles deslizamientos y volcamientos mediante el análisis pseudoestático del talud de la carretera PE-3N del tramo km 263+100 - 263+150, Huánuco-La Unión.
- Precisar la situación a las características del suelo, la sismicidad y la topografía de la carretera PE-3N del tramo km 263+100 - 263+150, Huánuco-La Unión.

### **1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.4.1 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA**

Como trató del análisis bajo condiciones normales y sísmicas de los taludes críticos del área de estudio, utilizando uno de los métodos conocidos como método de equilibrio límite o método de las dovelas, con el propósito de calcular índices de seguridad mediante el software o programa Slide v.6, con la cual permitió identificar las regiones más probables con deficiencia ante los posibles tipos de movimientos, tales como: los deslizamientos y los volcamientos. Asimismo, determinar la

incidencia del muro mediante el software o programa Geo 5 como un plan o alternativa de solución que nos permita mejorar el equilibrio de los taludes y evitar posibles deslizamientos.

#### **1.4.2 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA**

Se realizó con la finalidad de analizar los taludes con condiciones normales y sísmicas, con la idea de aplicar los métodos de Fellenius, Morgenstern Price, Spencer, Janbu simplificado y Bishop; las cuales pertenecen al método de equilibrio límite, es importante mencionar que los procedimientos y pasos se realizaron en los softwares SLIDE V.6 y Geo 5 la cual es de mucha ayuda ya que aportó una ventaja al momento de su ejecución con respecto a la forma tradicional, por lo tanto esta investigación tendrá un efecto positivo, no solo que el análisis permitirá la detección de las posibles fallas en los taludes sino también que dejara un precedente más para la ciudad de Huánuco respecto al manejo y conocimiento del tema y softwares.

#### **1.4.3 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA**

Con el fin de responder los objetivos trazados tanto generales como específicos en esta tesis, se llevó a cabo de manera planificada y sistemática. En primer lugar, es necesario señalar que los taludes del área de estudio desarrollarán problemas de inestabilidad al cabo de unos años, entonces, para obtener resultados confiables, también son muy importantes el estudio de suelos y el mapeo topográfico del área estudiada y especialmente de sus perfiles de talud; ya que proporcionaran una información fiable y veraz. Ahora lo que se espera que esta tesis es que sea de mucha ayuda y una gran contribución en un futuro, en relación con condiciones de análisis estático y pseudoestático de taludes críticos y así sugerir un diseño o una solución alternativa en el futuro.

## **1.5 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

Las limitaciones encontradas en la investigación se refirieron al manejo de los softwares geotécnicos, lamentablemente el uso y experiencia del software Slide v.6 y Geo 5 es muy escasa; Así, el precio de asesoramiento de un curso virtual es un poco caro y, sobre todo, el tiempo necesario para completarlo ralentizo un poco la tesis.

Otras de las limitaciones del estudio fue la falta de trabajos a nivel local en las dos universidades de la ciudad de Huánuco en el análisis de condiciones estáticas y pseudoestáticas, especialmente en condiciones pseudoestáticas, utilizando softwares geotécnicos.

## **1.6 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN**

El desarrollo adecuado de la investigación requirió una inversión financiera en el personal administrativo e investigación de campo, como la topografía y el de suelos. Por lo tanto, esta investigación fue viable ya que utiliza el manejo de unos de los softwares geotécnico como Slide y el Geo 5, es por ello que el tesista solventó el gasto necesario.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

##### 2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Mesías (2018), en su tesis que lleva por título: *“Estabilización de taludes aplicando el programa geotécnico GEO & SOFT y aplicación práctica en talud de la Vía Pifo”*; presentada a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador; se planteó como objetivo general analizar con los programas geotécnicos GEO y SOFT un estudio de estabilización de taludes en el km 24 de la vía E35. La ladera ubicada en el kilómetro 24 de la carretera Colibrí-Pifo es el objeto de estudio, justo antes del cambio de sentido; Después de eso, el estudio llegó a cinco deducciones: 1) Por limitaciones del propio programa, el programa "Geo&Soft" no permite la creación de estructuras de soporte distintas a los anclajes activos en un solo plano, pero los resultados son similares a los de otros programas de análisis de estabilidad de taludes. 2) El enfoque "Bishop" es el más preciso para analizar pendientes naturales porque es fácil de calcular y programar. Por otro lado, el método "Morgenstern y Price", aunque computacionalmente es más exigente, da mejores resultados al analizar taludes con muros de contención. 3) Las opciones de rediseño geométrico con muro clavado, muro anclado y muro chaveteado corresponden a los índices de seguridad mínimos seleccionados, ya que se adaptan a estructuras fijas. El factor de seguridad mínimo es un valor de referencia; por lo que el muro claveteado son la opción más económica, con un valor de \$1410.62 por 1.5 metros de pared. 4) Los anclajes activos cuestan 3,58 veces más que las opciones pasivas. Esto se debe a que los anclajes son más caros y requieren materiales y maquinaria especiales para su construcción. 5) Existen muchas incertidumbres con respecto a las interacciones suelo-estructura, por lo que se requieren pruebas de carga para garantizar la correcta realización de los trabajos de contención, pero no existe una normativa al respecto. Su resistencia de diseño se debe a que el ensayo de resistencia al

desgarro se realiza utilizando los valores típicos de la carga última que varía de 0.7 hasta 1.38 Mpa, esto da un rango, no un valor exacto.

Reyes (2019) en su tesis que lleva por título: *“Análisis de Estabilidad de Taludes Aplicando Diferentes Técnicas de Revegetalización”*; presentada a la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia; se planteó como objetivo principal que la biotecnología de ingeniería logre restaurar ecosistemas que han cambiado significativamente como resultado de la actividad humana, como la contaminación ambiental o los cambios globales; y crear nuevos ecosistemas sostenibles con beneficios tanto para la humanidad como para el medio ambiente. Los taludes examinados incluyen el primer talud ubicado en la carretera PR 4+0150 Vía San José del Fragua-Florencia en el departamento de Caquetá, el segundo en la Vía Plata - Puerto Valencia, específicamente en la PR 65+150, y el tercer talud se encuentra en la Vía Belén - Sácama, desde la PR 17+0805 hasta la PR 18+0310. Después de eso, el estudio llegó a cinco deducciones: 1) De acuerdo con las condiciones climáticas y geológicas de cada región mencionada en este trabajo, se utilizaron varios enfoques y estrategias de cultivo. Según el proyecto, se puede concluir que la compactación y el manejo del agua de lluvia están directamente relacionados con el equilibrio de las terrazas, ya que la construcción de obras de drenaje superficial y una mayor compactación reducen el impacto de la erosión. 2) Que los factores de seguridad de Slide y Midas no están en el mismo rango porque los dos métodos de análisis son diferentes: uno se basa en el balance límite y el otro corresponde a métodos numéricos utilizando tecnología de elementos finitos. Considerando que los resultados son más cercanos a la realidad y existen herramientas disponibles en la actualidad, se recomienda utilizar programas elementales. 3) Para evitar la erosión eólica e hidráulica, la regeneración de taludes debe realizarse continuamente durante el proceso de construcción de la carretera. Esto se debe a que reduce la pérdida de materiales finos como piedras y materiales de gran tamaño, que luego pueden entrar en contacto y poner en peligro a los usuarios desde la carretera. Para garantizar el suministro

de agua durante el verano, la plantación requiere mantenimiento regular y corte cuando la zona de camino supera los 30 cm. 4) Además, estos estudios se pueden llevar a cabo en taludes regenerados con una variedad de características generales, como clima, geología y topografía, con la ayuda de especialistas agrícolas y forestales para determinar la prevalencia de un índice de seguridad.

Ruiz (2022) en su tesis que lleva por título: *“Proyecto de Estabilización del Talud, en el Sector Santa Ana abscisa (0+060 a 0+100), mediante el Diseño de una pantalla Atirantada, considerando un Análisis Tridimensional con Cargas Sísmicas, aplicando el Análisis Dinámico tiempo-historia, utilizando el programa MIDAS GTS NX (3D)”*; presentada a la Universidad Politécnica Salesiana; se planteó como objetivo general; desarrollar un diseño de pantalla atirantada que, después de un análisis tridimensional, con efectos sísmicos y se aplica un análisis dinámico de historia de tiempo con el software “MIDAS GTS NX 3D” para dar solución a la estabilización de taludes en los sectores de abscisas de Santa Ana (0+060 a 0+100), después de eso, el estudio llegó a cinco deducciones: 1) Se evaluó el comportamiento dinámico del sistema de contención a través de tres eventos sísmicos obtenidos de 'PEER'. Como resultado tuvo características similares a las esperadas en el área de estudio y constaba de las metodologías más importantes dentro de esta generación. Los terremotos se registraron cuando la aceleración era alta, lo que permitió determinar el factor de seguridad para el planeo en el momento en que se produjo el pico máximo de aceleración. 2) Los índices de seguridad en el primer escenario del software "Midas Gts Nx" fueron de 1.38 bajo condiciones normales y 0.95 bajo condiciones sísmicas, mientras que en el segundo escenario fueron de 1.40 bajo condiciones normales y 1.056 bajo condiciones sísmicas, respectivamente. Si bien la norma (NEC Committee-SE-CM) indica que los índices de seguridad mínimo en condiciones normales y sísmicas son de 1,5 y 1,05, podemos concluir que solo el segundo estudio sujeto a condiciones sísmicas cumple con el factor de seguridad mínimo de diseño requerido por la norma, lo que indica que el talud de estudio es

estable. 3) Además, se utilizó el sistema de sujeción por anclaje para calcular los índices de seguridad en condiciones sísmicas y normales. El primer resultado mostró un índice de seguridad de 1,57 bajo la condición normal y un factor sísmico de 1,25. El índice de seguridad de 1,74 para el caso bajo carga estática se muestra en el segundo escenario. Esto indica que el sistema de contención utilizado en el talud analítico permite aumentar el índice de seguridad en caso de deslizamientos de valores mayores a los sugeridos. Permite el uso de sistemas de sujeción de anclaje en condiciones normales y sísmicas de acuerdo con las normas pertinentes de estabilidad contra deslizamientos. 4) En el primer escenario, el factor de seguridad de deslizamiento mínimo obtenido bajo carga sísmica sin implementar un sistema de contención en el programa Midas Gts NX fue de 1,15 y 1,20, respectivamente, cuando se aplicó un análisis dinámico lineal "Historia-Tiempo". Por lo tanto, en situaciones sísmicas, las pendientes son estables. 5) Finalmente, como solución para la estabilización de los taludes del estudio, se diseñó una pantalla atirantada. La pantalla tiene un espesor de 0,25 m y una resistencia a compresión de concreto ( $f'c$ ) de 280 kg/cm<sup>2</sup>, está conformada por una malla electrosoldada doble [ $\Phi$ : 7.00, @ 10 cm]. Además, tiene un sistema de drenaje conformado por: tubería de PVC de 3 pulgadas de diámetro y 2 metros de largo, con una pendiente. El anclaje tiene una barra de acero de 30 mm de diámetro con un diámetro de perforación de 10 cm. Tiene una carga de pretensado de 195 KN, un ángulo de inclinación de 20 grados desde el tirante hasta la sutura ideal, y una carga en el límite elástico de la barra de anclaje.

### **2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES**

Quispe y Zúñiga (2019) en su tesis que lleva por título: "*Análisis Sísmico Pseudo Estático y Pseudo Dinámico de la Estabilidad de la Presa N° 9 Acchilla-Ccochaccasa-Angaraes Huancavelica*"; la investigación se presentó a la Universidad Nacional de Huancavelica y se caracterizó por ser aplicada o tecnológica, con un enfoque explicativo, un método descriptivo y un diseño no experimental. El objetivo general



era calcular o determinar la estabilidad de la presa N° 9 Acchilla - Ccochaccasa - Angaraes - Huancavelica mediante el uso de análisis sísmico pseudoestático y pseudodinámico. Posteriormente menciona 3 objetivos específicos, la primera es calcular la estabilidad de la presa N° 9 Acchilla - Ccochaccasa -Angaraes - Huancavelica con un análisis sísmico Pseudo Estático, la segunda con un análisis sísmico Pseudo Dinámico y la tercera calcular la incidencia en la estabilidad bajo las acciones sísmicas. Luego llego a las siguientes conclusiones: 1) La conclusión general es respecto a la presa N° 9 que se logró demostrar ser estable en condiciones estáticas, pero inestable en condiciones pseudoestáticas, pseudodinámicas y dinámicas; y todo ello según norma CE.020 de la edificación. 2) La barrera residual N° 9 demostró ser inestable después de un análisis realizado en condiciones pseudoestáticas con un coeficiente de aceleración sísmica constante. 3) La segunda conclusión específica en cuanto a las condiciones pseudodinámicas, donde varía el coeficiente de aceleración sísmica, la barrera residual N° 9 Acchilla es inestable. 4) Finalmente, en el tercer objetivo específico las fuerzas sísmicas afectan significativamente la estabilidad de la Presa N° 9.

Jurado y Pérez (2019), en su tesis que lleva por título: *“Análisis Comparativo de Métodos Destructivos y no Destructivos en la Determinación de Parámetros Geotécnicos para Estabilización de un Talud en la Costa Verde-Miraflores”*; presentada a la Universidad Ricardo Palma, Lima - Perú; el tipo de investigación fue de un enfoque cuantitativo y de tipo descriptivo, con un diseño experimental; se planteó como población a los taludes de la Costa Verde, que abarca unos 23 kilómetros y está ubicada a lo largo de toda la costa del Perú en la provincia de Lima, departamento de Lima y como muestra se fue establecido un tramo del talud de 700 metros ubicada en la zona de Miraflores entre el Parque Yitzhak Rabin y el Parque Miguel Grau; de la Costa Verde. Se trazó como objetivo general; identificar los métodos destructivos y no destructivos que se pueden utilizar para obtener parámetros geotécnicos más precisos para evaluar la estabilidad del

talud para luego llegar a las siguientes conclusiones: 1) Se ha comprobado a través de las pruebas realizadas en este estudio geotécnico que las rocas de Costa Verde-Miraflores contienen una alta concentración de grava GP, GM y GP-GM. Según varios autores, los valores de fricción de la arcilla alrededor de la grava oscilan entre 38-51 y 0,10-0,80 kg/cm<sup>2</sup>. Estos valores son cruciales en geotecnia porque pueden utilizarse para determinar la estabilidad del talud. 2) Como se mencionó, los valores encontrados son relativamente altos y anormales, pero cuando se aumenta la profundidad de la investigación, los parámetros dados por la geofísica, se logra encontrar tramos de talud inestables para condiciones normales y sísmicas, lo cual es contrario a la realidad. 3) Después de completar el análisis de la estabilidad de los taludes para condiciones estáticas en el tramo de estudio, se descubrió que los factores de seguridad utilizando el método de Bishop fueron de 1.443, 1.633, 1.609 y 1.975, valores que fueron aceptables tanto en condiciones naturales como en el nivel técnico establecido. E 0,50; es importante destacar que su estabilidad se debe en gran parte a la formación de la superficie, su pendiente no es tan fuerte y su buena composición del material. 4) De igual forma se obtuvo para condiciones sísmicas, donde los valores del índice de seguridad resultaron 1.0980, 1.2590, 1.2160 y 1.4590 por el método de Bishop, entonces se puede afirmar que los valores de seguridad de las pendientes, indican inestabilidad de sus taludes. 5) Otra conclusión del análisis de estabilidad de taludes realizado que es crucial, es bajo condiciones pseudoestáticas, debido a que el área de Costa Verde, es el departamento con mayor evento sísmico, por lo cual es propensa a deslizamientos o desprendimientos de tierra, de tal manera es importante que valores de los factores de seguridad estén dentro de los valores las normas. 6) Finalmente, en términos de comparación económica, notamos una diferencia significativa entre los métodos geofísicos y los métodos tradicionales. Esto resulta en un costo de \$2000 para cinco líneas sísmicas completas y un costo preliminar estimado de \$8000 para los métodos convencionales, que es aproximadamente

cuatro veces el costo de una línea sísmica sin tener en cuenta la profundidad de la investigación. En cuanto a la optimización del tiempo, los métodos no destructivos requieren una recopilación y procesamiento de datos de alrededor de cuatro días, mientras que los métodos destructivos requieren una combinación de trabajo de campo y análisis de laboratorio para procesar los datos.

Breña (2019) en su trabajo que lleva por título: “*Estabilidad de taludes de la carretera longitudinal de la sierra; tramo Cochabamba-Cutervo-Chiple, Cajamarca-Perú*”; presentada a la Universidad Nacional Mayor de San Marcos; la tesis presenta un tipo de investigación experimental y diseño descriptiva; y como muestra del proyecto se evaluó las áreas de mayor importancia que sufrieron colapsos en las progresivas 23 + 000/23 + 040 es el eje del perfil /23 + 80 y también en la progresiva 61 + 000/61 + 100, las cuales fueron zonas con colapsos de sus taludes e infiltración de aguas y colapso en sus tramos respectivamente. Por siguiente el trabajo llevó a las siguientes conclusiones: 1) Las ondas sísmicas desconocidas son los factores que provocan el colapso de materiales de baja o alta resistividad entre el suelo y la roca. 2) Los deslizamientos de tierra bajos o altos son el resultado de las intercalaciones superficiales y altas de las rocas RMR. Para mitigar la penetración excesiva de la pendiente de la carretera, el espesor excesivo de la roca y el contacto con el suelo, se requiere un plan de drenaje de laderas agresivo y un plan hidrológico e hidrogeológico inmediato. Esto contribuye a los deslizamientos. 3) Con un índice de seguridad mínimo de 1,5, el estudio en condiciones normales se obtiene de la forma de taludes obtenida de perfiles topográficos más parámetros geotécnicos. Luego se realizan análisis del peso unitario, el coeficiente de fricción interna, la cohesión, la consistencia, la cohesión, la compresibilidad y la permeabilidad con relación de Poisson y módulo de Young, entre otros parámetros. 4) Finalmente, para el análisis sísmico, se utiliza la aceleración que es 0,30 (g) para la ubicación dada, donde el valor es 1, y el índice de seguridad sísmico se obtiene mediante el software Slide, Geo Studio o Geo5, etc.

### 2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES

Bustillos (2019) en su tesis titulado: *“Análisis Bidimensional de Estabilidad del Talud en la Falla Geológica por el Método de Equilibrio Límite de la Progresiva KM 37+700 AL KM 37+800 (Ruta Nacional PE+18A) en Pachachupán, 2018”*; presentada a la Universidad de Huánuco; el proyecto utiliza un enfoque mixto tanto cuantitativo como cualitativo, con un enfoque explicativo y un diseño transversal descriptivo. La población del proyecto se encuentra en el centro poblado de Pachachupán en el tramo carretero Huánuco - Tingo María (carretera PE 18A). La muestra del proyecto se basó en los taludes creados en la falla geológica entre las progresivas de los kilómetros 37+700 y 37+800. La tesis resultó en las siguientes conclusiones: 1) El estado de estabilidad del talud de la falla geológica del área de estudio es inestable para el estudio en condición normal y sísmico. 2) La pendiente No. 01 tiene un índice de seguridad de 0.381 para el estudio normal y 0.21 para el sísmico. 3) Como opciones de solución técnica y geotécnica, se propusieron en base a dos criterios: criterio geotécnico profesional (hacer una evaluación hidrogeológica escuchando pozos profundos usando un método sísmico como prueba de refracción sísmica, prueba de medición de superficie y prueba de Down Hole; presencia de hoyos se debe colocar agua subterránea en el subsuelo para drenarla o bombearla y luego removida se compacta adecuadamente el material con rellenos controlados o realizados o bien se fortalece la estructura interna del suelo con aspersiones químicas y otros agentes estabilizadores, finalmente por su presencia, se deben realizar pruebas químicas del suelo y el agua para detectar el ataque de ácidos, sulfatos y cloruros en el agua subterránea que se encuentre. 4) Finalmente, el criterio de beneficio (Se deben aplicar métodos biotécnicas para estabilizar el talud utilizando diferentes formas vegetales y técnicas para la vegetación; bambú guadua angustifolia como muro de contención ecológico. Además, se realizan trabajos de excavación para modificar este suelo para mejorarlo, sistemas de drenaje como drenaje de

pequeño diámetro, también se debe considerar el drenaje profundo y continuo en el área de estudio para el drenaje pluvial y finalmente se puede considerar la estabilización del suelo por métodos químicos como cal y cemento de acuerdo al tipo de material, se encontró que en la aplicación de dicho método debe estar respaldada por estudios técnicos del especialista responsable para que el suelo logre estabilidad de volumen, suficiente resistencia, permeabilidad, compresibilidad y durabilidad.

## **2.2 BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1 ¿QUÉ ES UN TALUD?**

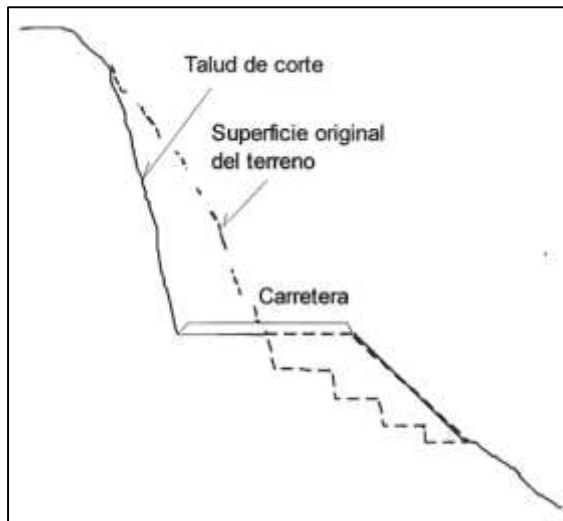
Si bien es cierto que se sabe los taludes son las estructuras más engorrosas al momento de la construcción de las vías terrestres; es por ello que aparecen problemas complicados ligados a su estabilidad, los deslizamientos entre otros fenómenos de masas. Para comprender mejor este fenómeno, es necesario tener un conocimiento profundo de varios temas relacionados con el tema de la tesis.

A base del Manual de Carreteras (2018) define que un talud es la inclinación de diseño que se le da a la vía, tanto en desmontes como en terraplenes. Dicha pendiente se forma por el nivel del suelo y la línea horizontal teórica. Los taludes de las áreas varían según las propiedades geomecánicas del terreno. Su altura, pendiente y otros detalles de diseño o procesamiento se determinan utilizando la mecánica del suelo relevante o el estudio geológico, así como las condiciones de drenaje superficial y subterráneo para determinar sus condiciones de estabilidad.

Es importante mencionar que Muños (2019) también hace referencia que cuando se menciona el término de "ladera" se refiere que fue resultado de un proceso innato de la naturaleza, y cuando se refiere al término "talud" es de forma adulterada, es decir es la consecuencia de la actividad humana.

**Figura 1**

*Sección de un talud*



*Nota.* Obtenido del Manual de Estabilidad de Taludes (Vargas, 1998)

## 2.2.2 PARTES DE LOS TALUDES

Según Suárez (2009), menciona que los taludes o laderas clasifican por características básicas:

- **Pie o también llamado base:** Tiene una forma generalmente cóncava y se refiere al punto en el que el talud cambia bruscamente con la base.
- **Cabeza o también llamado escarpe:** Se refiere al punto en el que el talud cambia bruscamente hacia la parte superior. Si la pendiente que desciende desde este punto es semivertical o empinada, es llamada escarpe. Estos escarpes también pueden coincidir con coronas de deslizamiento, que tienen una forma convexa.
- **La altura:** Es la distancia vertical entre los dos puntos mencionados anteriormente. Sin embargo, es difícil medir los taludes porque la base y el escarpe no son accidentes topográficos bien marcados.
- **La pendiente:** Corresponde a la inclinación del terreno. Los materiales débiles o blandos tienden a formar pendientes menos

profundas, mientras que los suelos o rocas más fuertes tienden a formar pendientes más empinadas.

### 2.2.3 LOS TIPOS O CLASIFICACIÓN DE TALUDES

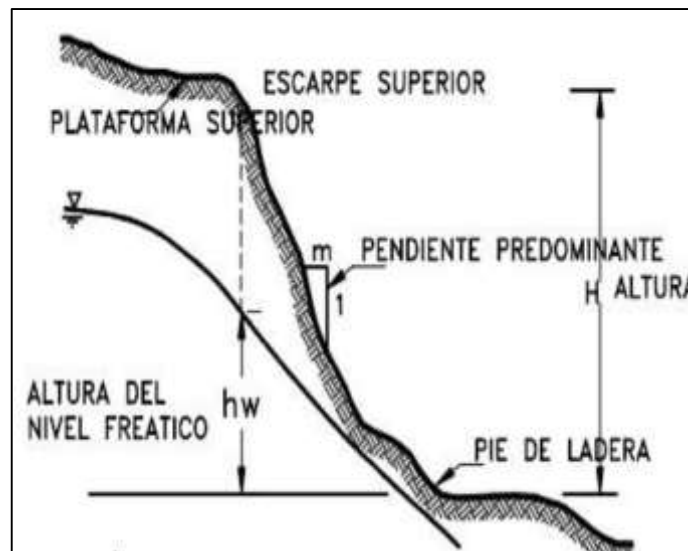
Como se mencionó Suárez (2009) divide los taludes de dos maneras:

#### Taludes o Laderas Naturales

Según Suárez (2009) los taludes naturales son taludes formados por la naturaleza durante la historia geológica e hidrológica. Su formación no requiere intervención humana, pueden ocurrir como resultado de procesos de erosión o mediante movimientos de masas, es por ello que calcular la altura es un poco difícil porque son irregulares. También es importante mencionar que estos tipos de laderas pueden fallar y modificar su estabilidad por un evento sísmico, cambios en su topografía y los flujos de aguas dentro de ellas o subterráneas.

Figura 2

*Taludes o laderas de forma natural*



Nota. Obtenido de Métodos de Manejo y Estabilización, Suarez, J. (2017)

#### Taludes Artificiales o (Cortes o Relleno)

Según Suárez (2009) los taludes artificiales es la formación de tales taludes que fueron por la intervención humana, su

formación depende del desarrollo de obras técnicas o de ingeniería, la forma más común es que la superficie sea plana en determinadas zonas de los taludes, los taludes artificiales se dividen en dos grupos, tanto los terraplenes como los cortes. Una característica que diferencia de las laderas naturales es que como está bien definido, su altura se puede calcular fácilmente.

**Figura 3**

*Taludes de forma artificial*



Nota. Obtenido de Métodos de Manejo y Estabilización, Suarez, J. (2017)

#### **2.2.4 LOS MECANISMOS FALLA O DE ROTURA EN LOS TALUDES**

Como se menciona González et al. (2002) los taludes del terreno sufren de ruptura o fallo generalmente en las de superficies curvas, su forma cambia dependiendo de la topografía y estratigrafía. La más frecuente de las rupturas son las circulares la cual ocurre en el pie del talud; pero también pueden ser semicirculares, ya que esta se ubica pasando la parte inferior del pie de talud.

También es importante mencionar que González et al. (2002) hace referencia a los diferentes tipos de roturas o fracturas con taludes con rocas, y estas están determinados por el grado de fractura del macizo rocoso, la dirección y distribución de la discontinuidad relativa al talud, con la cual la estabilidad queda determinada por la discontinuidad y los



parámetros de resistencia de la roca. Las discontinuidades determinan la ubicación de los planos de fractura en macizos rocosos duros o resistentes. La matriz rocosa en macizos formados por materiales de roca blanda débilmente competentes juega un papel importante en la formación y el mecanismo de fractura de estos planos.

Los tipos de falla más comunes son: fracturas planas, en cuña, inclinadas o vuelco, arqueadas o por pandeo y en curvas.

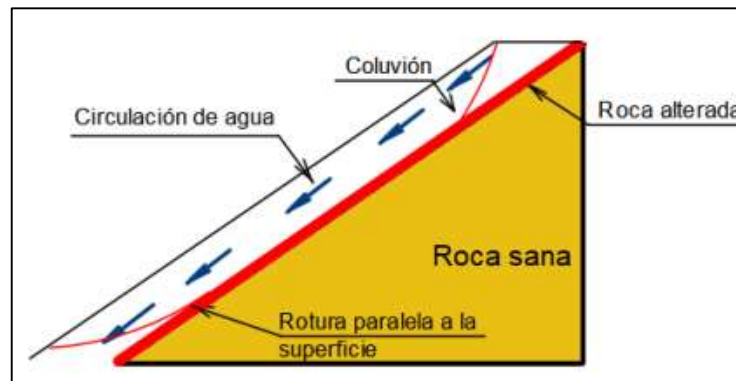
Por consiguiente, González et al. (2002), los divide en cuatro tipos de roturas en taludes:

### **Falla o rotura plana**

No es probable que dicha falla ocurra en taludes artificiales, pero es posible que ocurra en taludes naturales, donde la circulación del agua es decir la capa freática y el material rocoso están cubiertos por una capa de suelo. Por lo cual el plano de la falla es paralelo a la superficie del talud. Este defecto también se presenta en los taludes rocosos cuando hay grietas. (González et al., 2002).

**Figura 4**

*Talud con falla o rotura plana*



*Nota.* Obtenido de Ingeniería Geológica (González et al., 2002)

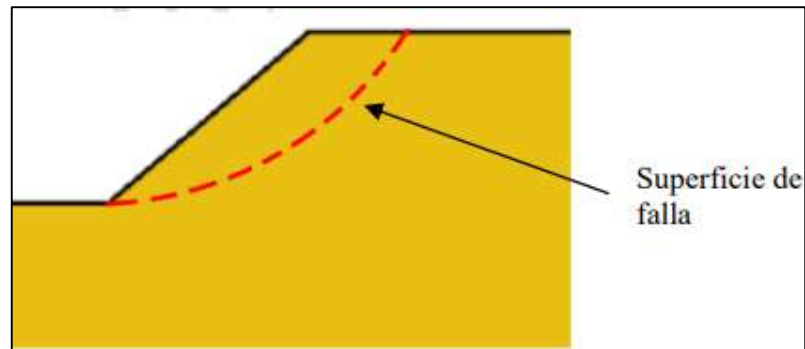
### **Falla o rotura circular en el pie del talud**

Esta falla o rotura ocurre en taludes donde el suelo es homogéneo o tiene un perfil estratigráfico similar, incluidos terrenos con taludes pronunciados y un gran coeficiente de fricción interna. La forma de esta falla es casi circular, por lo que la falla se produce

cuando el suelo de la parte superior del talud se separa, formando un perfil escalonado en su superficie y cubriendo o afectando el pie del talud. (González et al., 2002).

**Figura 5**

*Talud con falla o ruptura circular en el pie del talud*



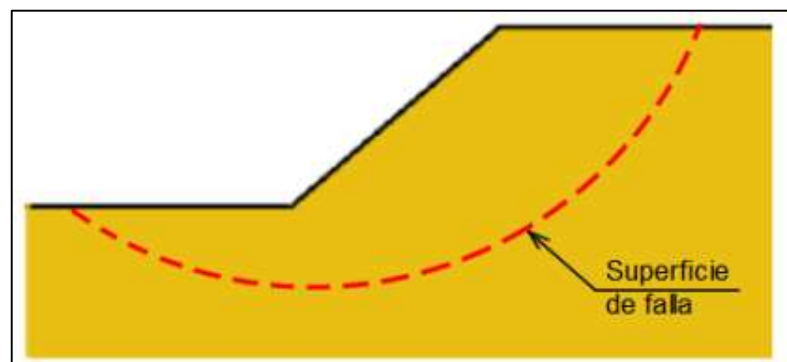
*Nota.* Obtenido de Ingeniería Geológica (González et al., 2002)

### **Falla o rotura circular en la parte profunda del talud**

Cuando la parte superior del talud cae y ejerce presión sobre la superficie cercana a la base del talud por los estratos, aumenta y asume una forma inclinada, esa falla se adentra profundamente en el talud, dañando el terreno adyacente a la base del talud o al pie de una cuesta. Es importante mencionar que este tipo de falla o rotura es similar al anterior, por lo que la falla es casi circular. (González et al., 2002).

**Figura 6**

*Talud con falla circular en la parte profunda del talud*



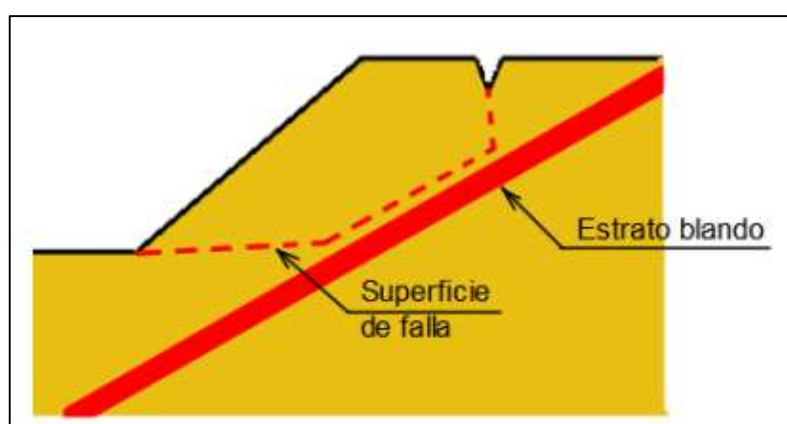
*Nota.* Obtenido de Ingeniería Geológica (González et al., 2002)

## Falla o rotura según una poligonal

La falla o grieta poligonal se compone de varias superficies planas. A diferencia de las roturas o fallas circulares que ocurren en suelos con propiedades geotécnicas similares o similares, para que se produzca una falla poligonal es necesario que las propiedades geotécnicas que componen la masa del talud sean distintas. (González et al., 2002).

**Figura 7**

*Talud con falla poligonal*



Nota. Obtenido de Ingeniería Geológica (González et al., 2002)

### 2.2.5 VARIABLES QUE AFECTAN LA ESTABILIDAD DE UN TALUD

Estrada y Soberanis (2014), menciona que los terraplenes y taludes colapsan cuando aumenta el esfuerzo aplicado o cuando disminuye la resistencia al esfuerzo cortante. Las variaciones en estos factores generalmente se deben a influencias naturales y actividades humanas.

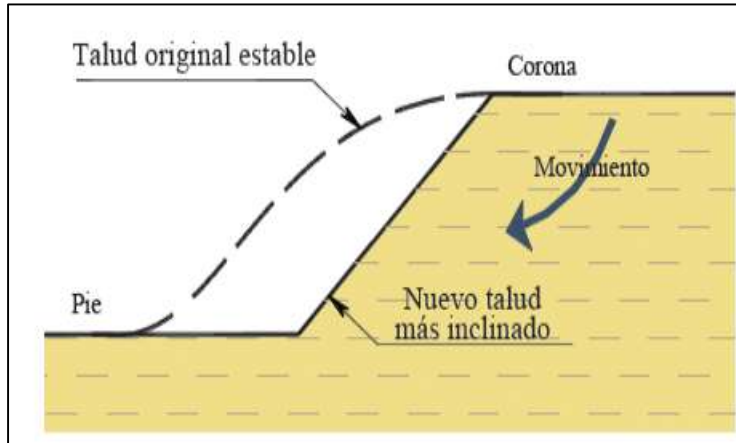
Por lo tanto, las principales variables que influyen la estabilidad de los taludes naturales o artificiales según Muni Budhu (2010) son:

- **La erosión**

De Muni Budhu (2010), menciona que las laderas están constantemente afectadas y erosionadas por el agua y el viento. La erosión cambia la forma del dique y, por lo tanto, cambia las tensiones

que experimenta, lo que da como resultado un dique diferente al analizado originalmente o un cambio en el estado del dique.

**Figura 8**  
*Erosión en un talud*

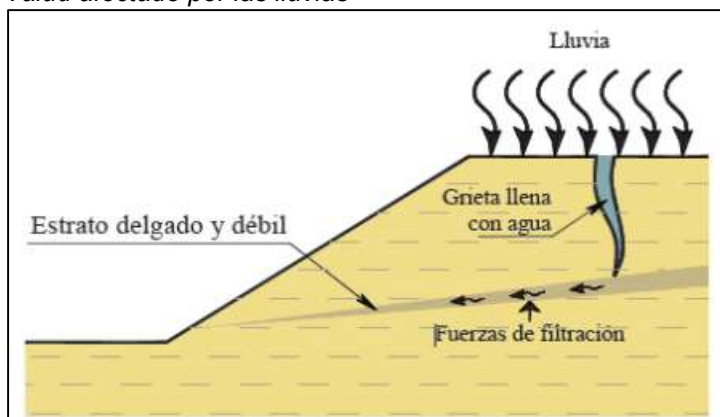


*Nota.* Obtenido de la tesis de Estrada & Soberanis (2014)

- **Las lluvias constantes**

De Muni Budhu (2010), se extrae que, durante la temporada de lluvias, las pendientes están sujetas a la saturación, lo que aumenta la masa, reduce la resistencia al esfuerzo cortante y erosiona las superficies expuestas. Cuando el agua penetra en las grietas de la pendiente, aumenta la fuerza de actuación o crea fuerzas de filtración, lo que puede conducir a la falla de la pendiente.

**Figura 9**  
*Talud afectado por las lluvias*



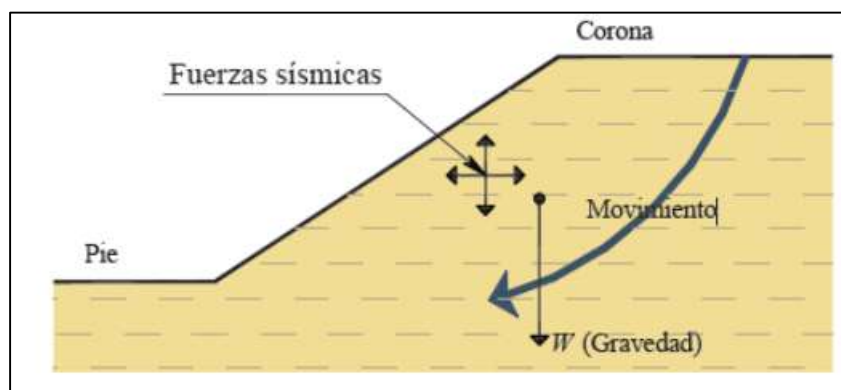
*Nota.* Obtenido de la tesis de Estrada & Soberanis (2014)

- **Los movimientos sísmos**

De Muni Budhu (2010), menciona que los terremotos o sismos agregan fuerzas dinámicas a las fuerzas estáticas ejercidas sobre el talud, lo que resulta en fuerzas cortantes dinámicas que reducen la resistencia a las fuerzas cortantes y debilitan el suelo. El aumento de la presión intersticial en los taludes formados por material particulado puede causar un fenómeno conocido como licuefacción.

**Figura 10**

*Talud con efecto de movimientos sísmicos*

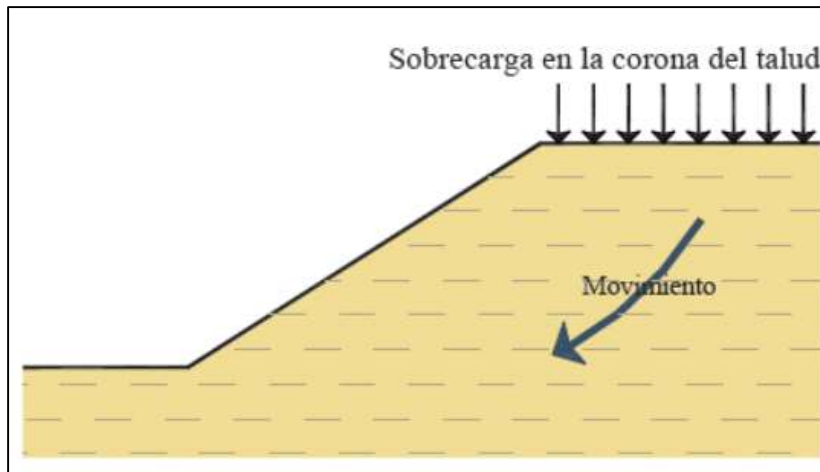


*Nota.* Obtenido de la tesis de Estrada & Soberanis (2014)

- **Las cargas externas al talud**

De Muni Budhu (2010), hace referencia a que las cargas externas aplicadas a la cresta de los taludes aumentan las fuerzas que actúan sobre el terrón y pueden provocar la falla del talud si estas cargas no se controlan o no se tienen en cuenta al evaluar la estabilidad del terraplén. En algunos casos, esta situación se mejora excavando una o más bermas en el cuerpo del terraplén. Esto reduce las fuerzas involucradas.

**Figura 11**  
*Cargas externas en un talud*

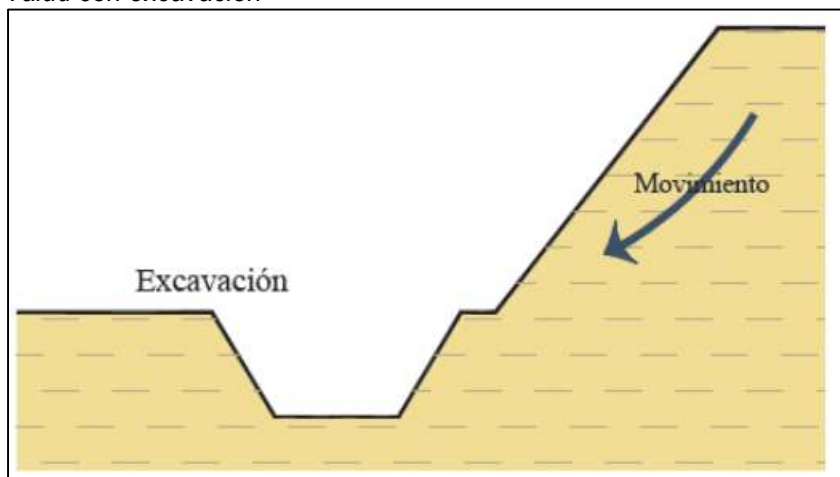


*Nota.* Obtenido de la tesis de Estrada & Soberanis (2014)

- **Las excavaciones y/o rellenos en los taludes**

De Muni Budhu (2010), menciona que estas operaciones de construcción suelen incluir la excavación y/o el relleno. Para reducir el esfuerzo general, perforar el pie del talud aumenta la presión intersticial del suelo. Durante esta disminución de este aumento de la presión intersticial, se reduce la resistencia al corte del suelo, lo que puede provocar el derrumbe de taludes.

**Figura 12**  
*Talud con excavación*



*Nota.* Obtenido de la tesis de Estrada & Soberanis (2014)

## **2.2.6 FENÓMENOS EN LA INESTABILIDAD EN LOS TALUDES**

Vargas (1998) menciona que hay muchas clasificaciones de diferentes tipos de movimiento de masas en suelo y roca, lo cual esta clasificación, de falla en pendientes o se clasifican en:

- Las caídas
- Los volcamientos
- Los deslizamientos
- Los flujos
- Los movimientos complejos.

Es importante mencionar también que Vargas (1998) hace mencionado que los cuatro primeros fenómenos son simples o básicos, mientras que el quinto se refiere a situaciones en las que se combinan dos o más de los anteriores. Además, los materiales se dividen en dos categorías: roca y suelo, el cual se divide en detritos y tierra.

## **2.2.7 CLASIFICACIONES DE MOVIMIENTOS DE FALLA EN TALUDES**

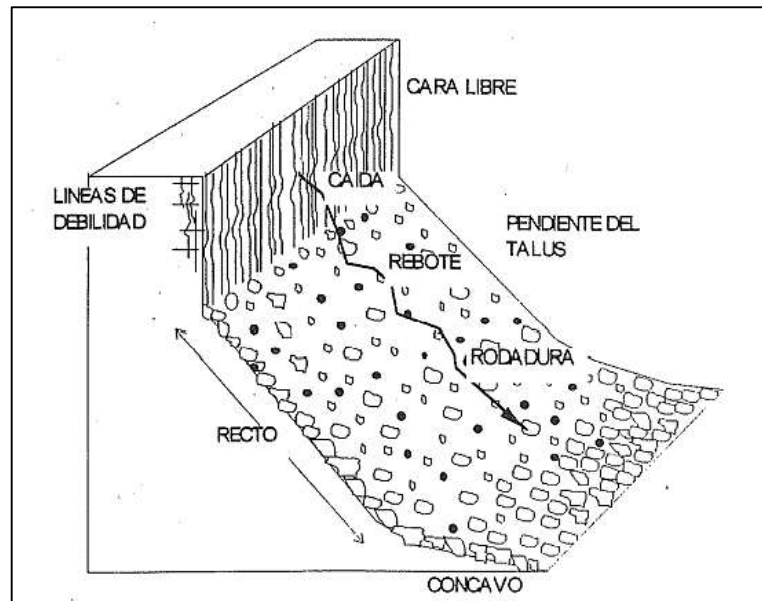
- **Las caídas**

De Vargas (1998), menciona que este tipo de movimiento es una masa de roca de cualquier tamaño que se desprende de una pendiente pronunciada o un acantilado a lo largo de una superficie con poco o ningún desplazamiento y generalmente cae libremente en el aire, saltando, rodando, etc.

Los pequeños movimientos pueden preceder o no los movimientos muy rápidos o extremadamente rápidos, lo que resulta en la separación gradual de posibles bloqueos o cuñas de su origen.

**Figura 13**

*Caidas de las rocas en taludes*



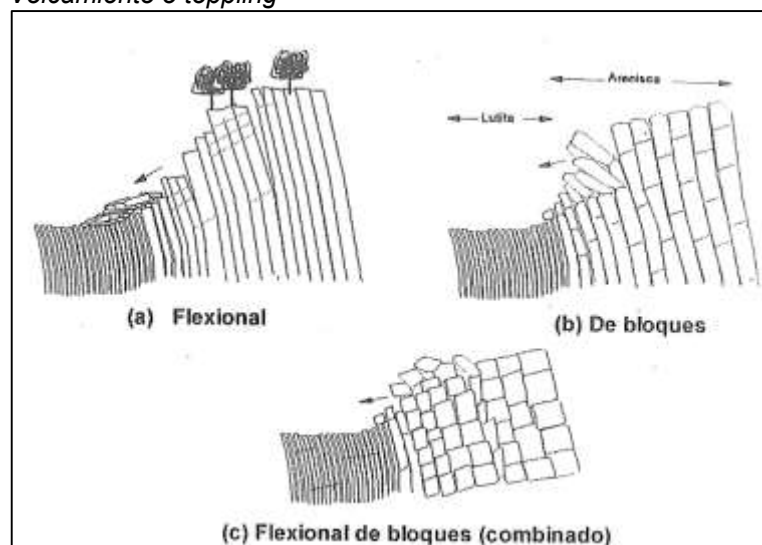
*Nota.* Obtenido del Manual de Estabilidad de Taludes (Varnes, 1998)

• **Los volcamientos**

De Vargas (1998), menciona que la rotación hacia adelante de una o más unidades en su parte inferior alrededor de un punto de pivote debajo de la unidad bajo la influencia de la gravedad y las fuerzas generadas por unidades o fluidos en grietas se conoce como volcamiento. Es una pendiente que no puede ser superada.

**Figura 14**

*Volcamiento o toppling*



*Nota.* Obtenido del Manual de Estabilidad de Taludes (Varnes, 1998)

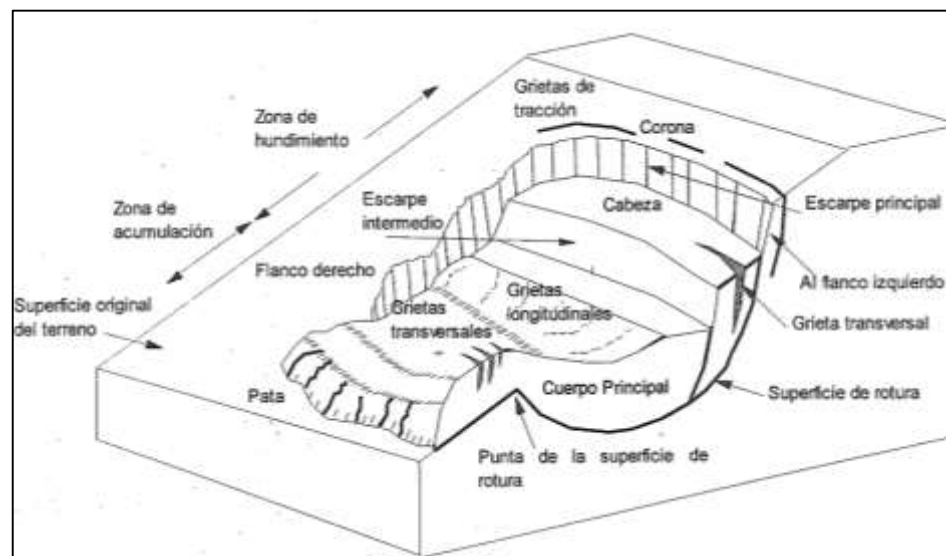


- **Los deslizamientos**

De Vargas (1998), menciona que el deslizamiento es el movimiento que consiste en la deformación al cortar y mover una o más superficies visibles o razonablemente inferidas a lo largo o dentro de una zona más o menos estrecha. La pendiente puede extenderse desde un área de falla local, pero no siempre ocurre en todos los puntos de la superficie de falla al mismo tiempo. En terreno natural, la masa dañada puede deslizarse sobre la superficie de la fractura original.

**Figura 15**

*Partes de un deslizamiento en un talud*



*Nota.* Obtenido del Manual de Estabilidad de Taludes (Varnes,1998)

Y a su vez la clasificación enfatiza la diferencia entre deslizamientos rotacionales (hundimiento) y traslacionales.

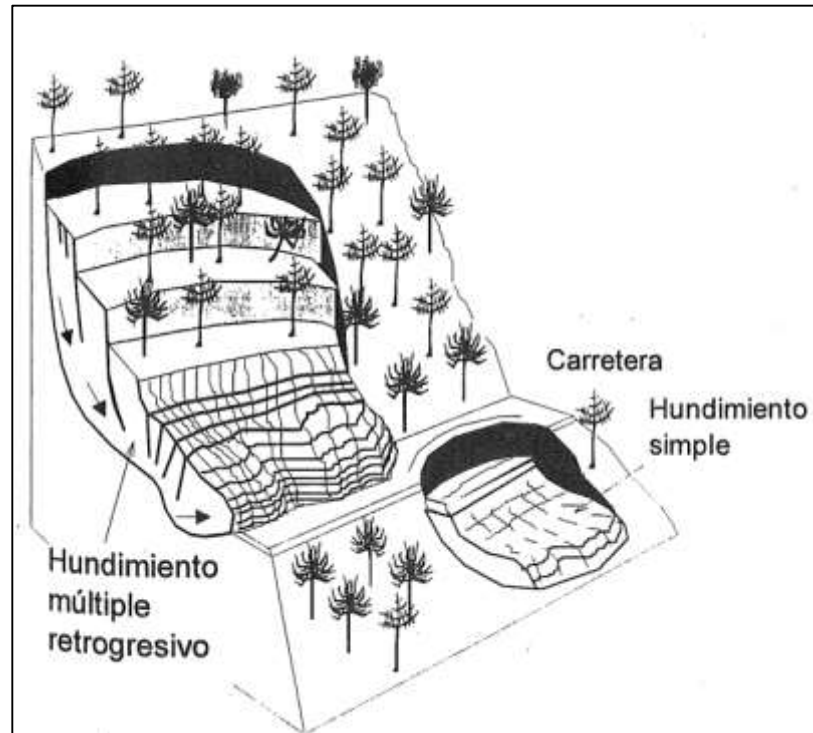
- ✓ **Hundimientos o movimientos rotacionales:** Vargas (1998), menciona que estos son deslizamientos de masas de suelo sobre una superficie cóncava claramente definida. El movimiento esencialmente gira alrededor de un eje paralelo a la pendiente o talud. Pueden ser superficiales en las capas residuales del suelo, pero en todo caso tienen un carácter

giratorio y dejan un cóncavo característico en la albura, lo que les da el nombre de " golpes de cuchara".

Los deslizamientos rotacionales múltiples retrogresivos pueden ocurrir cuando la inestabilidad se extiende más allá del caso inicial, especialmente en deslizamientos profundos.

**Figura 16**

*Deslizamiento rotacional*



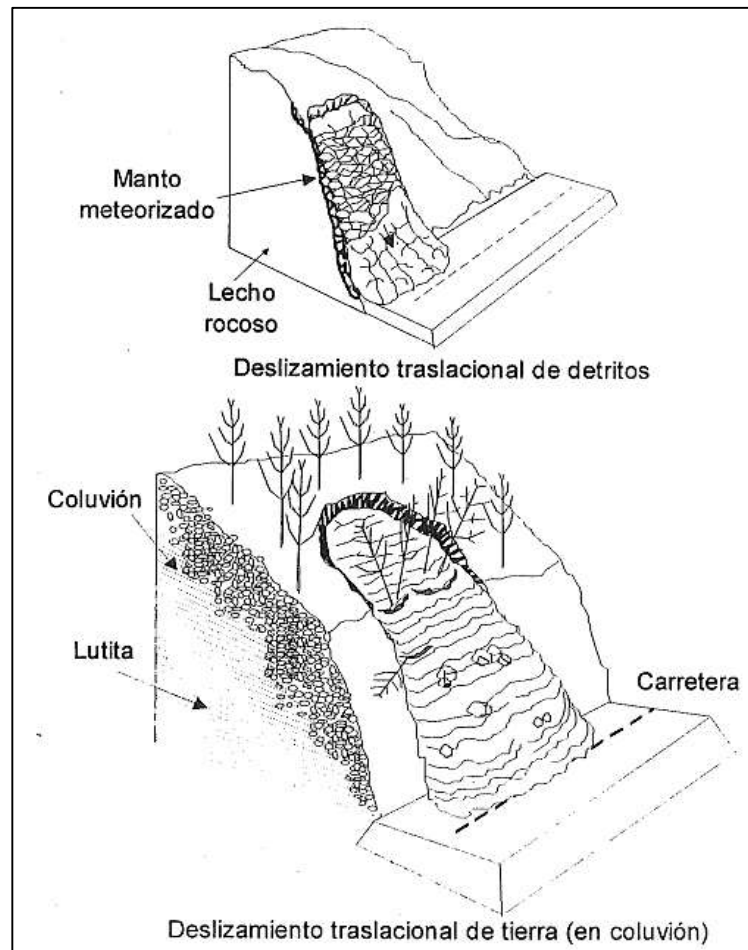
*Nota.* Obtenido del Manual de Estabilidad de Taludes (Varnes,1998)

- ✓ **Deslizamientos traslacionales:** Vargas (1998), menciona que el proceso consiste en el movimiento de fragmentos delgados de roca, suelo, roca triturada (detritos o escombros erosionados), coluvión, suelo, material orgánico y vegetación a lo largo de superficies casi planas y bien definidas, formadas en pendientes o taludes. Los más comunes caen en la categoría de deslizamientos de rocas y detritos. El movimiento de traslación provoca una mayor fragmentación de los materiales, por lo que suelen hablarse muchas

unidades en lugar de simples hundimientos o traslación de bloques.

**Figura 17**

*Deslizamiento traslacional*



*Nota.* Obtenido del Manual de Estabilidad de Taludes (Varnes, 1998)

- **Los flujos**

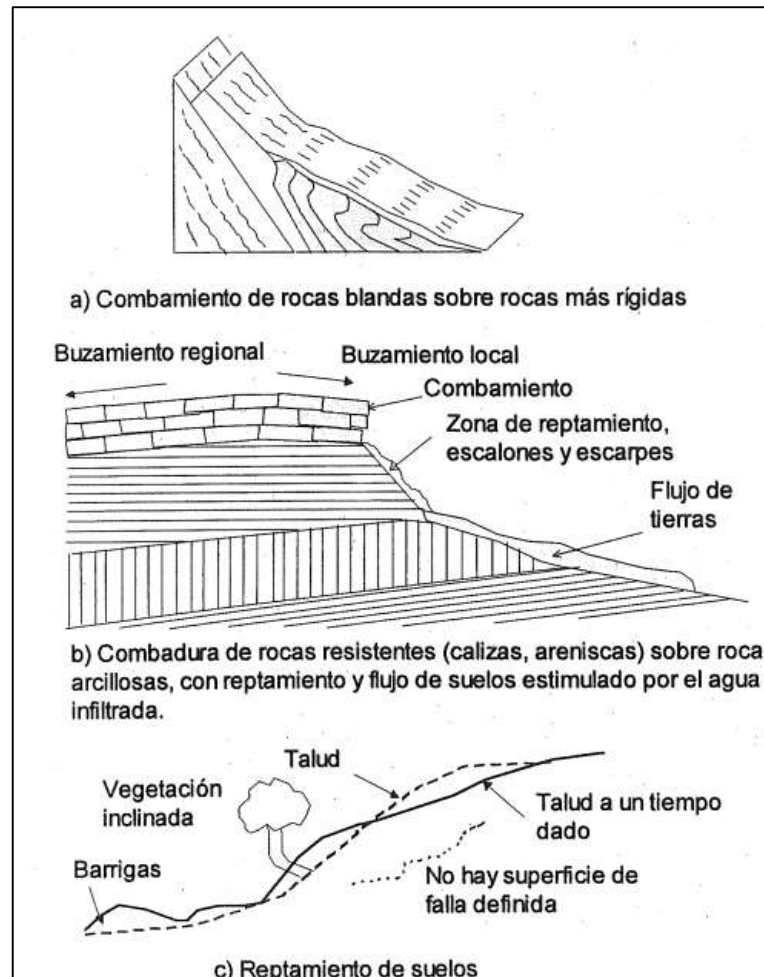
Vargas (1998), menciona que los flujos se dividen en movimientos lentos, de reptación o "de arrastre", flujos de detritos y flujos de lodo

Según Vargas (1998), el **creeping** ocurre como un movimiento muy lento de la superficie del terreno, que puede ocurrir en tiempo de lluvia y dependiendo del material que forma la pendiente. A diferencia de los deslizamientos de tierra, la fluencia no distingue entre una masa en movimiento y una masa

estacionaria; posiblemente cubriendo grandes áreas en las laderas. Hay situaciones en las que un área de arrastre puede convertirse en un flujo de tierra.

**Figura 18**

*Reptamientos o "creep"*

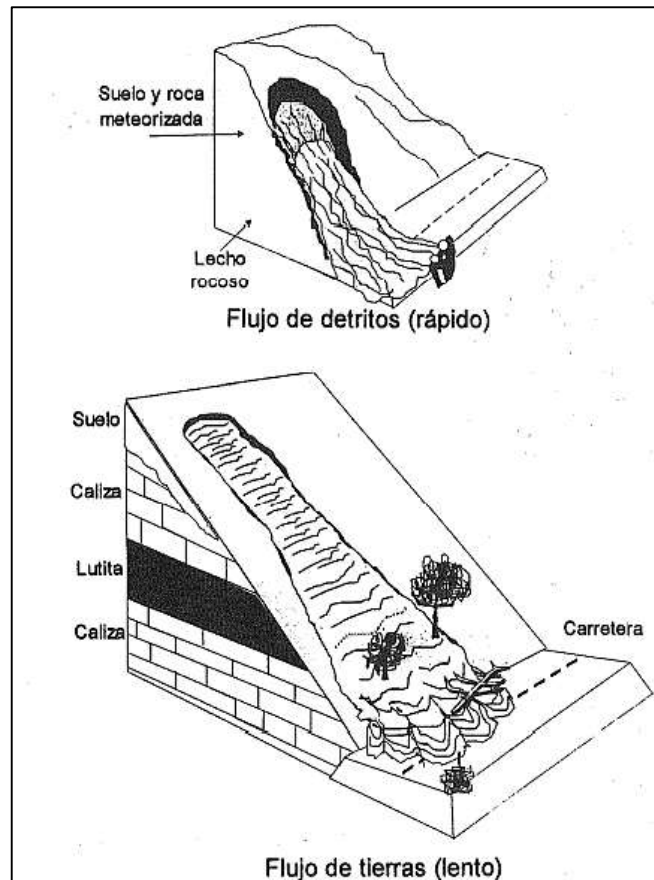


Nota. Obtenido del Manual de Estabilidad de Taludes (Varnes, 1998)

Según Vargas (1998), menciona que los **flujos de detritos** generalmente, son movimientos de velocidad variable, ocurren cuando las rocas se descomponen en materiales, a menudo resulta de las pendientes de pequeñas depresiones sucesivas.

**Figura 19**

*Flujo de tierra en un talud*

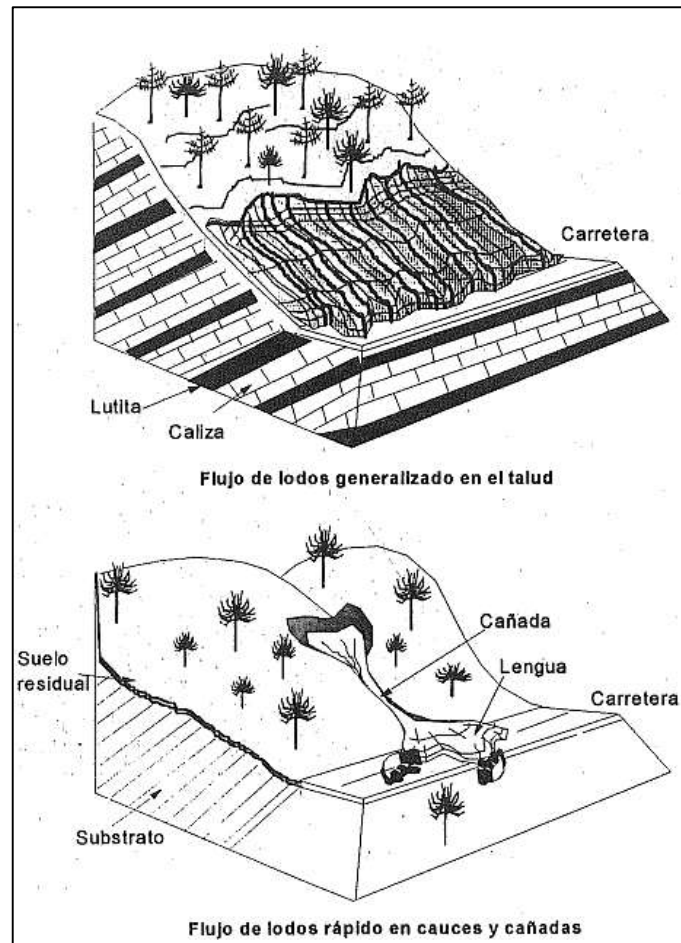


*Nota.* Obtenido del Manual de Estabilidad de Taludes (Varnes, 1998)

Según Vargas (1998), menciona que los **flujos de lodo** a menudo se forman por la acción del agua hasta que son blandas y fluidas, moviéndose y alcanzando gran velocidad, según la intensidad, la duración y la inclinación del terreno. Las corrientes de lodo se mueven por gravedad, y su velocidad depende en gran medida de la pendiente del terreno y de la viscosidad del lodo.

**Figura 20**

*Flujo de lodo rapido en un talud*



*Nota.* Obtenido del Manual de Estabilidad de Taludes (Vargas, 1998)

- **Los movimientos complejos.**

Como se dijo anteriormente, es posible que haya una combinación de los fenómenos mencionados. Por lo tanto, los flujos de hundimiento del suelo y la avalancha de escombros de desprendimiento de rocas son los más comunes, según Vargas (1998). El primer tipo se presenta con frecuencia en deslizamientos rotacionales que incorporan un componente traslacional. El desprendimiento de cantos rodados en laderas muy pronunciadas, cuya forma y tamaño están controlados por discontinuidades en el macizo rocoso, es otro tipo.

## 2.2.8 ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD EN EL TALUD

Según González et al. (2002), el análisis de estabilidad se utiliza cuando se diseñan taludes o se abordan problemas de inestabilidad. Se debe elegir un factor de seguridad adecuado según el propósito de la excavación y si el terraplén es temporal o permanente, considerando factores como la seguridad, el costo de ejecución, las consecuencias o los riesgos que pueden causar su colapso, entre otros.

Como se mencionó anteriormente, hay una variedad de métodos de modelado matemático y con la utilización de software, dependiendo del propósito del análisis y los resultados deseados. Estos incluyen:

- Obtener las condiciones de su estabilidad, es decir, determinar si es estable.
- Determina la sensibilidad o vulnerabilidad de los taludes.
- Comparar los diferentes métodos de restauración o estabilización.
- Diseñando el talud óptimo desde el punto de vista de seguridad, confiabilidad y economía.

## 2.2.9 MÉTODOS PARA EL ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES

Según González et al. (2002), los enfoques o técnicas de análisis de estabilidad se basan en enfoques físico-matemáticos que toman en cuenta las fuerzas estabilizadoras y desestabilizadoras que actúan sobre el talud, determinando su comportamiento y las condiciones de estabilidad. Luego se pueden dividir en las siguientes categorías:

- **Métodos deterministas:** Estos métodos dependen de si las condiciones del talud son conocidas o supuestas; para decirlo de otra manera, estos métodos determinan si el talud es estable. El factor de estabilidad o seguridad de los taludes y las leyes de comportamiento correspondientes se determinan seleccionando los valores adecuados de los parámetros físicos y de resistencia que rigen el

comportamiento del material. Asimismo, González et al. (2002) resalta que hay dos grupos en este método:

- El método de equilibrio límite.
- El método de tensión-deformación.
- **Métodos probabilísticos:** En cuanto a González et al. (2002) toma en cuenta la probabilidad de que un talud colapse en condiciones específicas. En los análisis es esencial comprender las características de distribución de los diversos valores considerados como variables aleatorias. Esta es la principal dificultad debido a la gran cantidad de datos requeridos y la incertidumbre de las características de los materiales. Se utilizan procesos iterativos para realizar los cálculos del factor de seguridad.

Ahora la elección de estos tipos de métodos dependerá de las características geotécnicas, geológicas, datos que se tienen a la mano y sobre todo de lo que se está buscando es decir el objetivo del estudio de los proyectos, para la mayoría de las evaluaciones de estabilidad de taludes, los métodos numéricos o probabilísticos son los que ofrecen la mejor aproximación de las condiciones de estabilidad.

Sin embargo, el método de equilibrio límite es simple de usar y permite el análisis de casos de fallas rotacionales y traslacionales. De manera similar, el método de equilibrio límite permite el análisis en conjunto con técnicas de probabilidades y, actualmente, con software geotécnico especializado en el tema.

#### **2.2.10 MÉTODO DEL EQUILIBRIO LIMITE**

Según Alva y Contreras (2022), El método de equilibrio limite puede calcular los valores del factor de seguridad en sistemas en equilibrio de fuerzas.

El método de equilibrio límite, según González et al. (2002), es uno de los más utilizados y consiste en analizar el equilibrio de una masa potencialmente inestable y comparar las fuerzas que tienden a moverse



a lo largo de un plano de fractura específico con las fuerzas de arrastre que se oponen a ellas. Esta se basa en:

- Seleccionar un área de falla.
- El criterio de fallo o rotura de Mohr-Coulomb.
- Definir el coeficiente de seguridad.

### 2.2.11 EL FACTOR DE SEGURIDAD

Según González et al. (2002), el análisis proporciona un valor del factor de seguridad del talud para la superficie analizada una vez que se ha establecido la ecuación de equilibrio entre la fuerza causante del deslizamiento y la fuerza de arrastre. Representa un equilibrio o un límite estricto entre las fuerzas que actúan. Es decir, dividir la fuerza de arrastre tangencial (o multiplicarla por la fuerza cortante desestabilizadora) para lograr un factor de equilibrio ajustado (FS).

$$F = \frac{\text{Fuerzas estabilizadoras}}{\text{Fuerzas desestabilizadoras}}$$

**Figura 21**

*Estabilización de un talud*



*Nota.* Obtenido de la Revista de Estabilidad de Taludes (Valiente et al., 2015)

Suarez (2009) también menciona el factor de seguridad como la relación entre el esfuerzo cortante crítico que tiende a causar la falla a lo largo del plano de falla y la resistencia al esfuerzo cortante real calculada del material del talud.

$$FS = \frac{S}{\tau}$$

Donde:

- S: Viene a ser la resistencia al esfuerzo cortante.
- T: Viene a ser el esfuerzo cortante o esfuerzo deslizante.

En la actualidad, el Perú tiene una serie de regulaciones nacionales e internacionales ampliamente reconocidas que regulan el aspecto de seguridad al momento de su utilización. Es importante considerar el momento de la obra (provisional o final) y las condiciones de cálculo (estáticas o sísmicas). La siguiente tabla muestra un resumen de los múltiples elementos regulatorios. Casos de Valiente et al. (2015).

**Tabla 1**

*Factores de seguridad con diferentes normativas*

NORMA	TALUD PERMANENTE		TALUD TEMPORAL	
	ESTATICA	SISMICA	ESTATICA	SISMICA
<b>NAVFAC-DM7</b>	1.5	1.2-1.15	1.3-1.25	1.2-1.15
<b>FHWA-NHI-11-032</b>	...	1.1	...	1.1
<b>AASHTO LRFD</b>	1.33-1.53	1.1	1.33-1.53	1.1
<b>CE.020</b>	1.5	1.25	...	...

*Nota.* Obtenido de la revista Estabilidad de Taludes (Valiente et al., 2015)

## 2.2.12 CONDICIONES ESTÁTICAS

Según Kramer (1996), los taludes se vuelven inestables cuando los esfuerzos requeridos para mantener el equilibrio igualan o superan los esfuerzos cortantes disponibles en las superficies de rotura potencial. En taludes donde el esfuerzo cortante requerido para mantener el equilibrio bajo gravedad estática es alto, el esfuerzo dinámico adicional requerido para crear inestabilidad es pequeño.

La estabilidad estática de un talud tiene un impacto significativo en su estabilidad sísmica. De manera similar, los métodos comúnmente utilizados para el análisis de estabilidad sísmica se basan en el análisis

de estabilidad estática. Como resultado, el primer paso para realizar un análisis sísmico es el análisis estático.

Es importante recordar que el análisis de equilibrio límite es el método más popular para analizar la estabilidad en una condición estática.

Entonces el análisis debe considerar los siguientes parámetros: Si la pendiente para factor de seguridad mayor a 1 es estable y si en todo caso es igual 1, la pendiente conduce a un riesgo directo de falla.

A base de Norma peruana CE.020 (2016), para el análisis del talud en condiciones estática,  $FS > 1.5$  se considera un factor de seguridad aceptable y si está por debajo de ella se considera inestable y puede conducir a todo tipo de fallas. Teniendo esto en cuenta, los coeficientes de seguridad basados en los códigos de construcción nacionales se consideran en este análisis de estabilidad de taludes.

**Tabla 2**

*Fs mínimas en condiciones estáticas*

<b>Condiciones</b>	<b>FS mínima</b>
Análisis estático	1.5

*Nota.* obtenido de la Norma Peruana -RNE, CE.020 (2016)

Por otro lado, Braja (2013) afirma que un factor de seguridad de  $FS = 1$  indica inestabilidad y que, si el factor de seguridad es de 1,5 o más, la pendiente de estudio de un estudio es estable.

### **2.2.13 CONDICIONES PSEUDOESTÁTICAS O SÍSMICAS**

Según Kramer (1996), el análisis de la estabilidad de los taludes en condiciones pseudoestáticas (también conocidas como "bajo acción sísmica") se puede modelar mediante aceleración horizontal constante.

También según Terzaghi (1950) explica que fue el primero en estudiar la estabilidad de taludes durante la actividad sísmica utilizando un modelo pseudoestático bajo actividad sísmica. En este tipo de modelo, los efectos sísmicos se pueden representar mediante aceleraciones horizontales pseudoestáticas que pueden generar fuerzas

de inercia ubicadas en el centroide de cada uno de las rebanas o también conocidas con dovelas.

En su forma más amplia, el estudio sísmico incluye la interpretación de las fuerzas horizontales ( $F_h$ ) y verticales ( $F_v$ ), así como la multiplicación del peso ( $W$ ) del bloque de falla y los módulos sísmicos ( $K_h$  y  $k_v$ ).

$$F_h = \frac{w * ah}{g} = W * K_h$$

$$F = \frac{a1}{g} = K1$$

Donde:

- $ah$  y  $a1$ : Viene a ser la aceleración pseudoestática y aceleración horizontal respectivamente.
- $K_v$  y  $K_h$ : Viene a ser el coeficiente vertical y coeficiente pseudoestático, respectivamente.
- $W$ : Viene a ser la masa del talud con falla.

Muñoz (2017) destaca que el análisis de carga sísmica, también conocido como análisis pseudoestático, es un tipo de análisis que simplemente simula los efectos del movimiento sísmico en las estructuras utilizando la fuerza externa ( $F=m.a$ ) basada en la masa del talud y donde el coeficiente de aceleración se define como parte del PGA (aceleración del suelo de piedra).

En el artículo "Amenazas sísmicas en el Perú" (Alva y Castillo 1993), se presenta un mapa de aceleración uniforme o isoaceleraciones, a través del cual se pueden obtener valores de aceleración para un evento sísmico con un período de recurrencia o retorno de 75 años.

Pero también es importante diferenciar un análisis con condición pseudoestático con un análisis dinámico; esta última considera el período durante el cual ocurre la máxima aceleración, si el período de oscilación del suelo es significativamente diferente del período de oscilación, también puede haber un efecto de filtrado de ondas sísmicas.

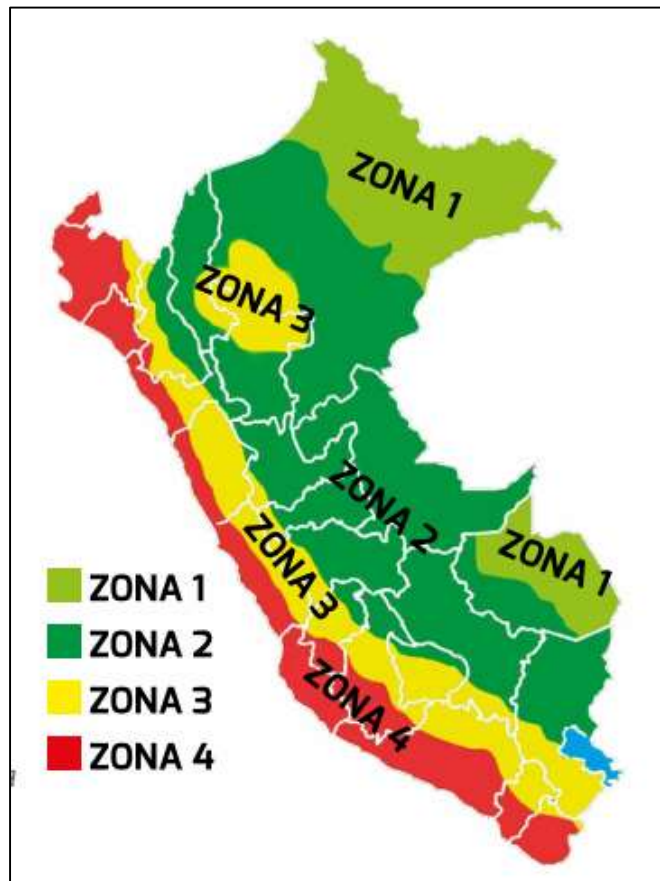
A diferencia del análisis dinámico, el análisis pseudoestático aplica una fuerza constante al talud, pero no tiene en cuenta las consideraciones del análisis dinámico.

## 2.2.14 LA SISMICIDAD

De acuerdo con el mapa de zona sísmica propuesto en el Código de Diseño Sísmico E.030 del Reglamento Nacional de Edificación (RNE, 2018), existen cuatro zonas sísmicas.

**Figura 22**

*Mapa de zonificación sísmica del Perú*



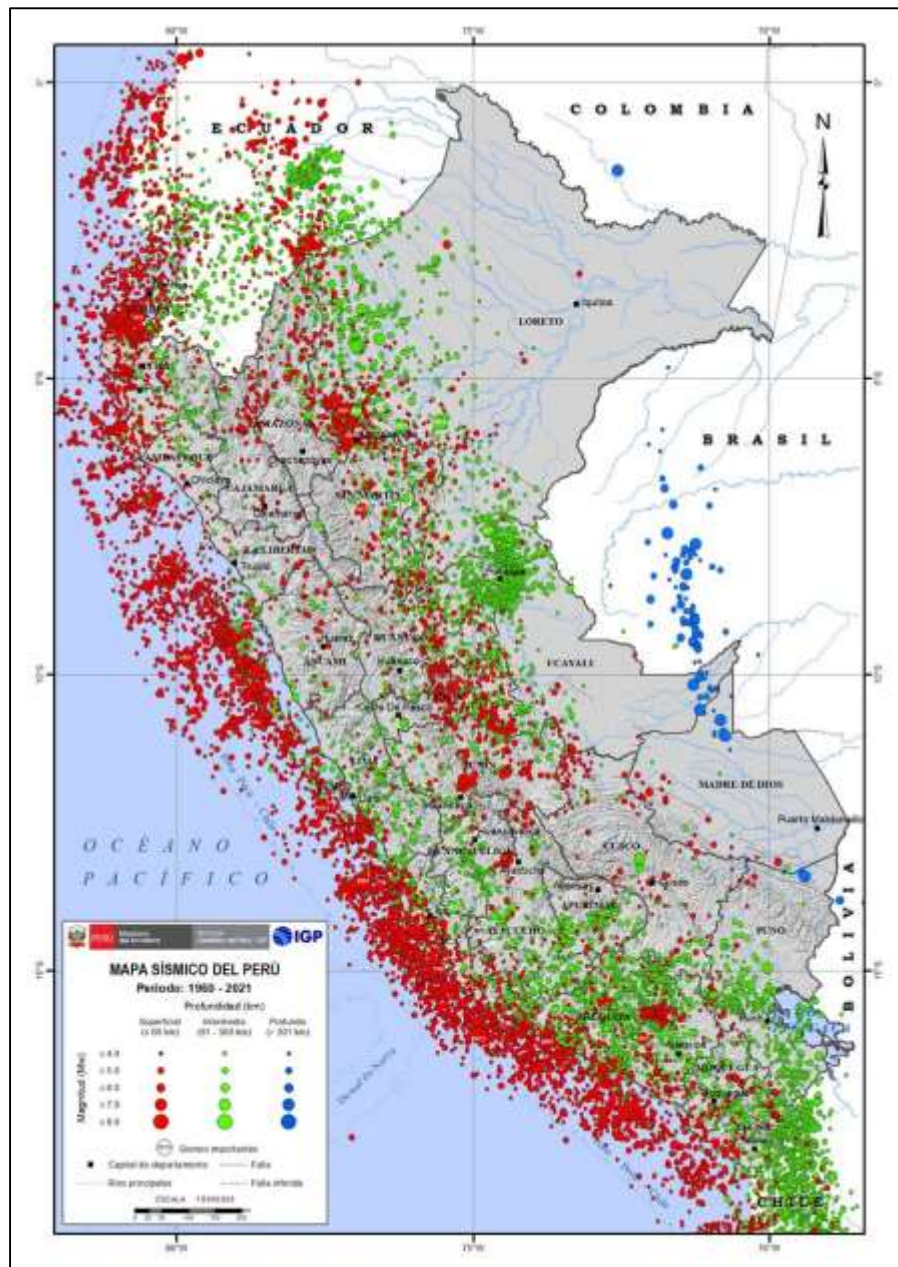
*Nota.* Obtenido de la norma E030 (2018)

Según Tavera (2014), el Perú es uno de los países con mayor tendencia y potencial para eventos sísmicos a nivel mundial debido a su ubicación en el cinturón del fuego. La Zona Geográfica Protegida (IGP) ha creado un mapa de la actividad sísmica en Perú que incluye información sobre los terremotos que ocurrieron entre 1960 y 2021. Su

ubicación muestra que nunca ha habido un solo lugar en la historia que no haya sido afectado por terremotos o sismos de diversa intensidad. Los sismos superficiales con círculos rojos son más comunes en alta mar, mientras que los sismos de color verde ocurren en las montañas.

**Figura 23**

*Mapa sísmico del Perú del 2021*



*Nota.* Obtenido del catálogo del Instituto Geofísico del Perú y de Engdahl & Villaseñor (2002)

## 2.2.15 EL COEFICIENTE SÍSMICO O PSEUDOESTÁTICO

El coeficiente sísmico es un factor de fuerza cortante en el análisis de equilibrio límite pseudoestático. Y se recomienda realizar un análisis utilizando la técnica de equilibrio límite para representar la carga sísmica de los taludes.

Según la norma la CE.020. también hace referencia con el índice de seguridad a condiciones sísmicas, como se muestra a continuación.

**Tabla 3**

*Fs mínimas en condiciones sísmicas*

Condiciones	FS mínima
Análisis sísmico	1.25

*Nota.* obtenido de la Norma Peruana -RNE, CE.020 (2016)

En su revista "Estabilidad de taludes", Valiente et al. (2015) menciona la aceleración máxima de diseño horizontal ( $A_{max-d}$ ), que podría calcularse de la siguiente manera:

$$A_{max-d} = PGA * 5$$

También hace referencia que cuando se piensa considerar métodos pseudoestáticos con el fin de diseñar los taludes, por la normativa de la AASHTO y la FHWA es conveniente reducir valor de la formula a la mitad.

$$A_{max-d} = PGA * 2.5$$

Además, la PGA (Peak Ground Acceleration) en Perú ha proporcionado una tabla con los coeficientes relacionados con cada zona sísmica, con un período de retorno de  $T=500$  años y según la norma técnica peruana E.030.

**Figura 24**

*Factor de zona sísmicas*

Zona	4	3	2	1
PGA	0,45	0,35	0,25	0,10

*Nota.* Obtenido de la norma E.030 (2018)

De acuerdo a Valiente et al. (2015) y la normativa E.030 ya mencionada anteriormente, los suelos se clasifican de acuerdo con sus propiedades mecánicas, espesor de capa, período fundamental, etc. Es por ello que se dividen según los cuatros zonas sísmicas.

**Figura 25**

*Los perfiles de suelo con las zonas sísmicas*

	<b>S<sub>0</sub>: Roca Dura</b>	<b>S<sub>1</sub>: Roca o suelos muy rígidos</b>	<b>S<sub>2</sub>: Suelos Intermedios</b>	<b>S<sub>3</sub>: Suelos Blandos</b>
Zona 4	0.80	1.00	1.05	1.10
Zona 3	0.80	1.00	1.15	1.20
Zona 2	0.80	1.00	1.20	1.40
Zona 1	0.80	1.00	1.60	2.00

*Nota.* Obtenido de la norma E.030 (2018)

El coeficiente sísmico es igual a una aceleración máxima de diseño del 50% se recomienda y sugiere por el US Army Corps of Engineers. Las recomendaciones del Cuerpo de Ingenieros se basan en el uso del método de Newmark para calcular el desplazamiento permanente de terraplenes utilizando más de 350 registros sísmicos; además, mediante el método pseudoestático, estas estructuras tienen factores de seguridad superiores a 1.0. No se produjo deformación superior a 1,0 m en una intensidad sísmica horizontal de 0,5 x PGA.

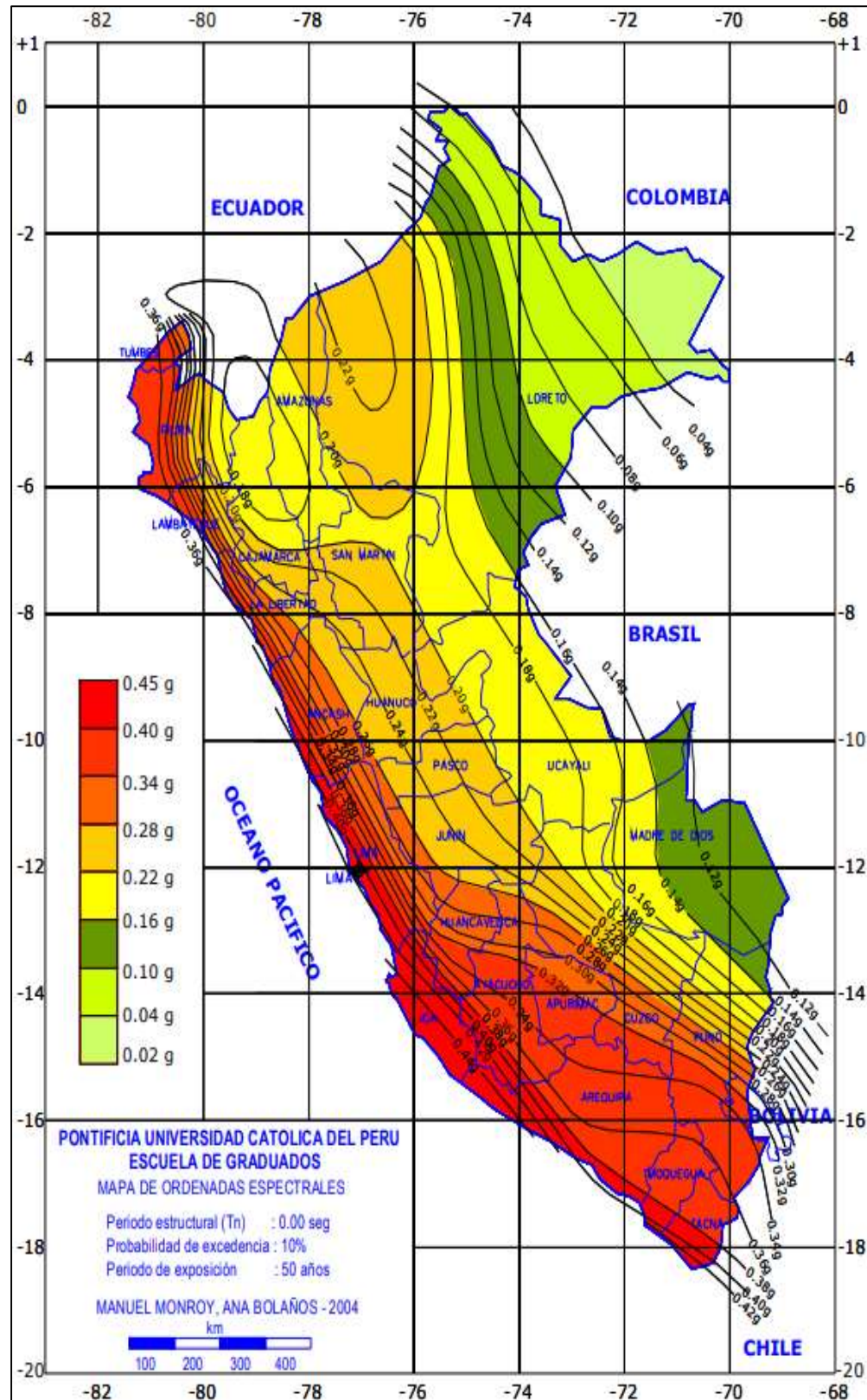
Aunque esto es cierto, las normas peruanas del Reglamento Nacional de Edificaciones E.050, que se ocupa de "Suelos y Cimentaciones", y CE.020, que se ocupa de "Suelos y Taludes", no hacen referencia ni recomendaciones sobre la aceleración del suelo de piedra (PGA) correspondiente a los coeficientes sísmicos utilizados para el análisis pseudoestático en la estabilidad de los taludes.

Es por ello que el siguiente mapa de iso-aceleraciones para un periodo de 50 años y con un 10 por ciento de probabilidad de excedencia, respecto a la distribución de aceleraciones del Perú.



**Figura 26**

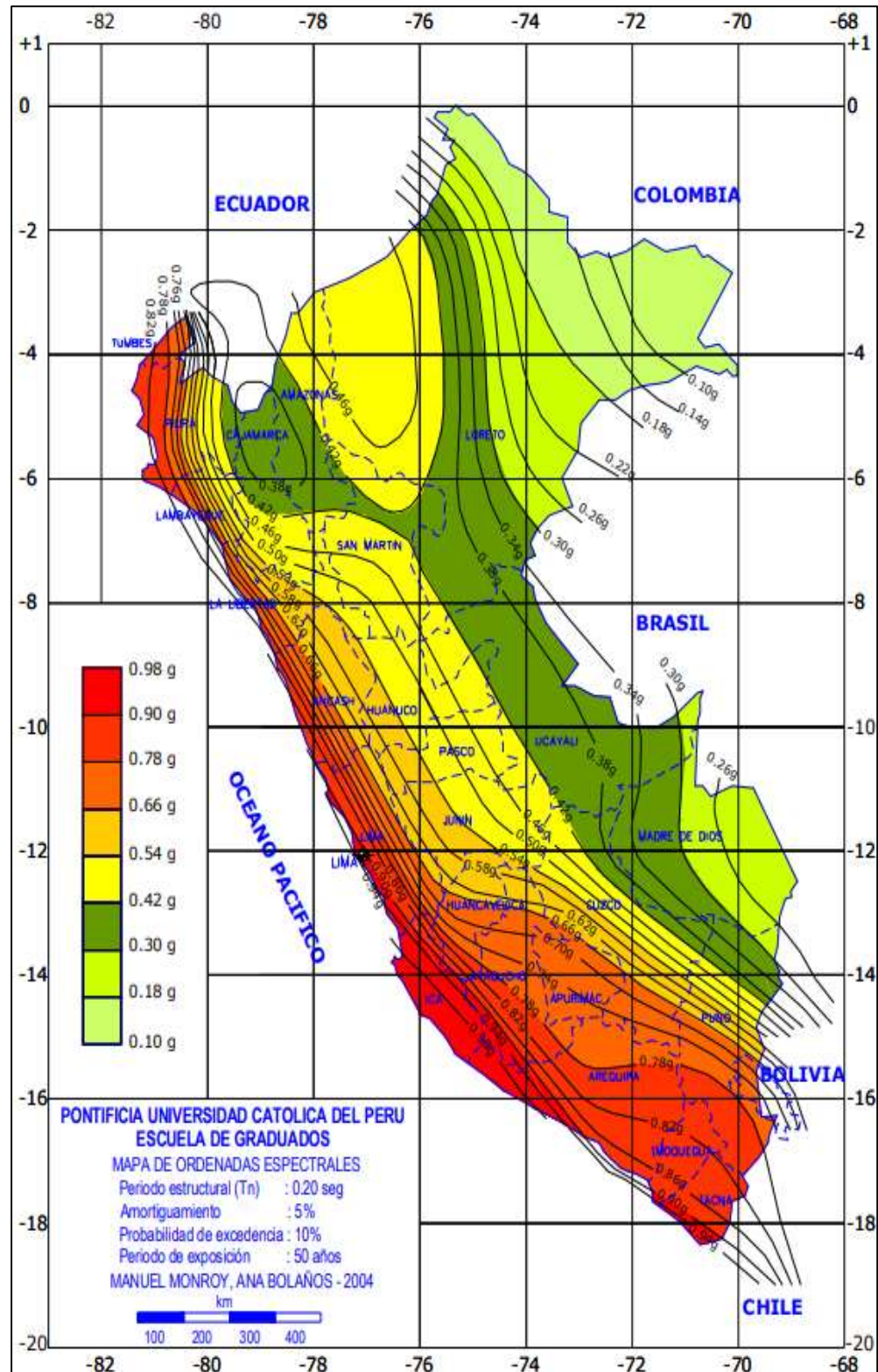
Mapa de ordenadas espectrales del Perú con un periodo de 0.0seg



Nota. Obtenido de la Tesis para el grado de Magister (Bolaños y Monroy, 2004)

**Figura 27**

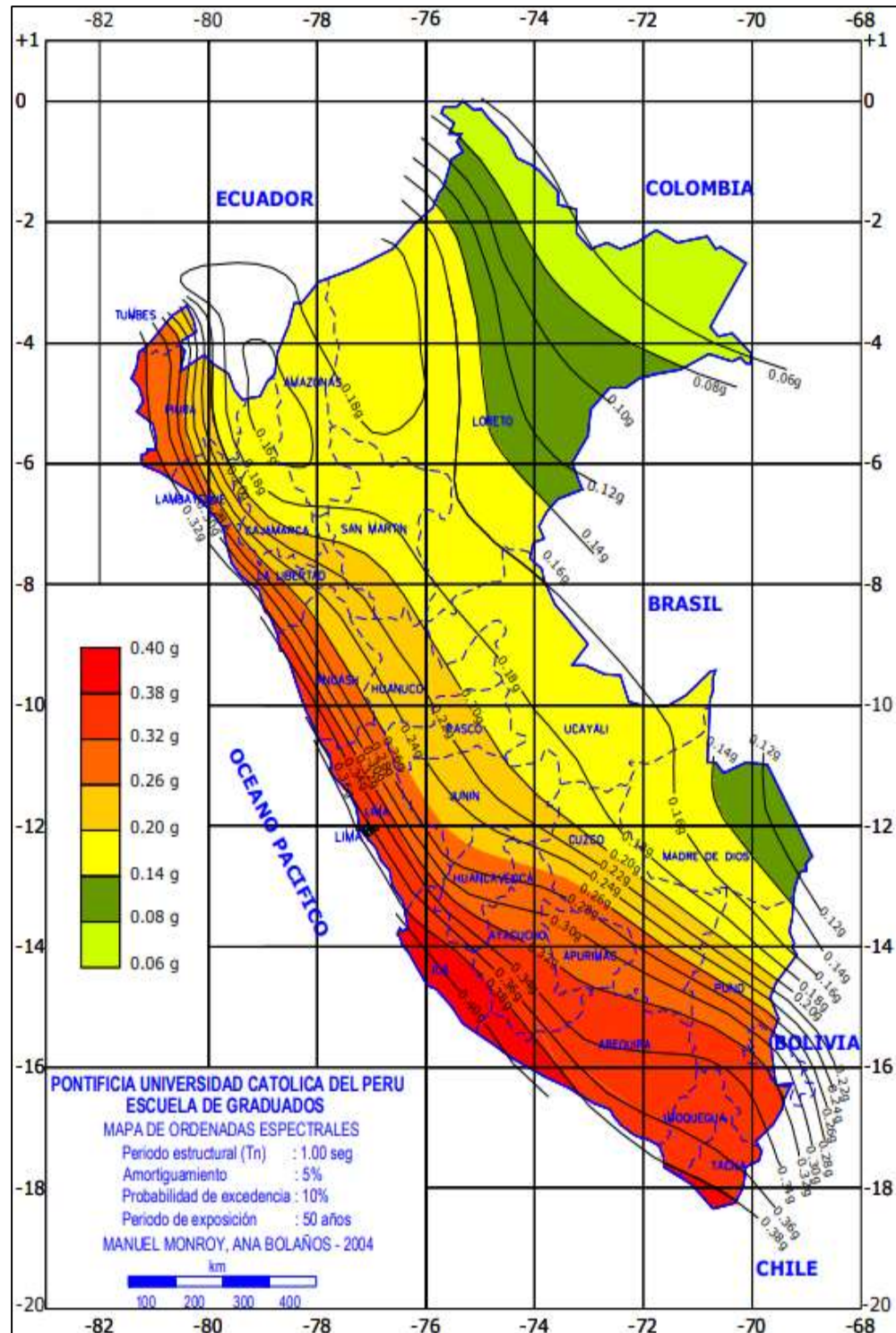
*Mapa de ordenadas espectrales del Perú con un periodo de 0.20seg*



*Nota.* Obtenido de la Tesis para el grado de Magister (Bolaños y Monroy, 2004)

**Figura 28**

Mapa de ordenadas espectrales del Perú con un periodo de 1.00seg



Nota. Obtenido de la Tesis para el grado de Magister (Bolaños y Monroy, 2004)

## 2.2.16 EL MÉTODO POR DOVELAS

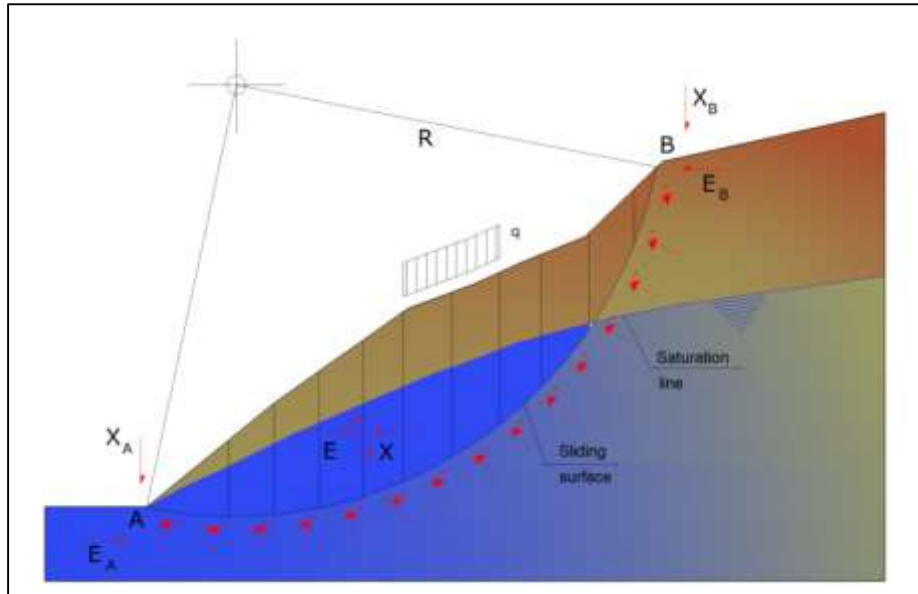
Según González et al. (2002), hay dos métodos para el análisis de la estabilidad de los taludes que utilizan el equilibrio límite. El método de masa total es el primero y el método de las dovelas es el segundo.

- **El método de masa total:** Afirma que debe evaluar la masa de suelo de la superficie de la fractura como un bloque, es decir, la masa total. Es importante mencionar que este método es útil para taludes con una composición de suelo uniforme y se calcula el equilibrio de tensión que actúa en un punto de la superficie de la fractura.
- **El método de las dovelas:** Respecto a este método se menciona, que las masas superpuestas a las posibles superficies de fractura se dividen en cortes verticales, las cuales estos cortes o rebanadas es analizado por separado. Este método se puede utilizar para terraplenes hechos de materiales que no son homogéneos. Esto se debe a que la mayoría de los terraplenes naturales son irregulares.

Braja, M. (2015) menciona el método de las dovelas y dice que se desarrolló como respuesta a geometrías de fallas complejas, lo que dificultaba definir la distribución de esfuerzos normales y cortantes a lo largo del plano de falla. El suelo en la superficie de la fractura de prueba se dividió en varios segmentos verticales, conocidos como rebanas o dovelas, cada uno con el mismo ancho.

**Figura 29**

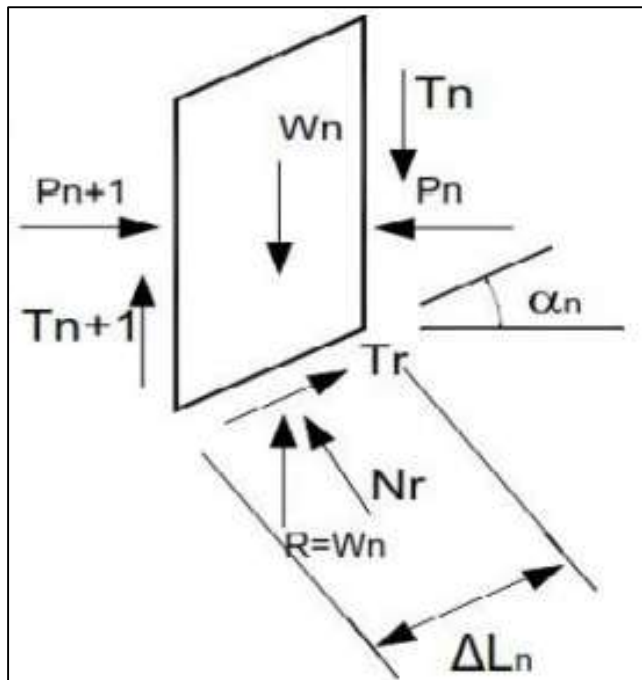
*Talud con el análisis de método de dovelas*



*Nota.* Obtenido de la página web GeoStru (Filippo Catanzariti, 2014)

**Figura 30**

*Representación de una rebana de talud*



*Nota.* Obtenido de la página web GeoStru (Filippo Catanzariti, 2014)

Donde:

- $W_n$ : Viene a ser el peso específico de la rebana.

- $N_r$ : Viene a ser la descomposición normal de la reacción  $R$ .
- $T_r$ : Viene a ser el componente tangencial.
- $P_n, P_{n+1}$ : Viene a ser las fuerzas normales.
- $T_n, T_{n+1}$ : Viene a ser las fuerzas cortantes.

Además (Braja, 2015) resalta que existen varios métodos de segmentación, rebanadas o dovelas siendo los más importantes:

- El enfoque Fellenius
- El enfoque simplificado Bishop
- El enfoque Spencer
- El enfoque Jambu simplificado
- El enfoque Morgenstern-Price

Hoy en día se ha vuelto muy útil analizar la estabilidad del talud por medios de softwares geotécnicos para conocer las posibles fallas del material que lo compone, por lo que es necesario conocer los parámetros y características geotécnicas y geológicas del material que conforma

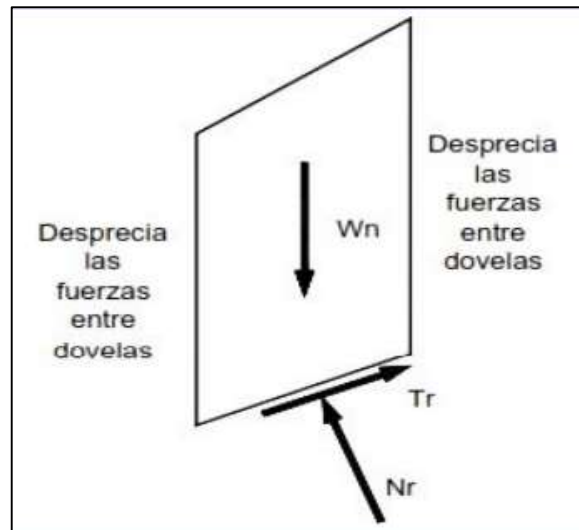
### **EL MÉTODO FELLENIUS U ORDINARIO**

En el libro de González et al. (2002) se explica que esta técnica divide la superficie del talud en rebanadas o tajadas verticales para obtener las fuerzas actuantes y resultantes de cada segmento de rebanada. Luego, se suman los momentos alrededor del centro del círculo y se calcula asumiendo una superficie de fractura circular con un factor de seguridad.

El método es aplicable tanto a taludes irregulares como a taludes con nivel freático. El factor de seguridad se puede calcular manualmente o utilizando un software geotécnico.

**Figura 31**

*Equilibrio de fuerzas por el método Fellenius*



*Nota.* Obtenido Informe Técnico CGI (Gamarra & Rodríguez, 2017)

$$F_s = \frac{\sum(C' \Delta L + (W \cos \alpha - u \Delta l \cos \alpha^2) \tan \phi')}{\sum W \sin \alpha}$$

Donde:

- $\alpha$ : Angulo entre la superficie de falla y la horizontal
- $W$ : Viene a ser el peso de cada rebanada
- $c'$ : Viene a ser la cohesión del suelo
- $\phi$ : Viene a ser el ángulo de fricción
- $\Delta l$ : Viene a ser longitud de la base de cada rebanada
- $u$ : Viene a ser la presión intersticial

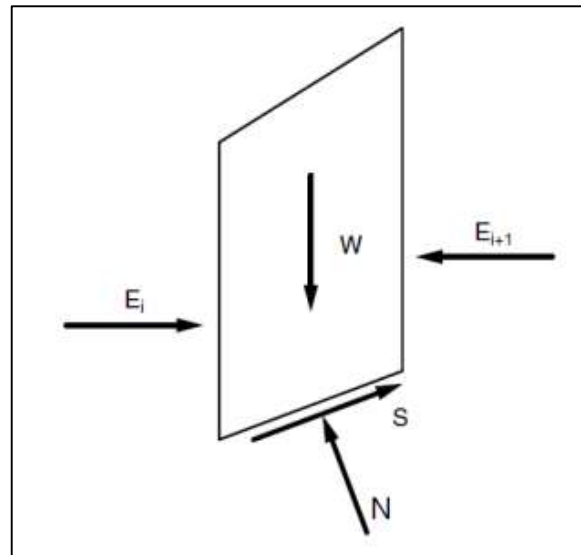
### **EL MÉTODO SIMPLIFICADO BISHOP**

González et al. (2002) hace referencia que este método es una extensión del método Fellenius y se aplica solo a superficies de fractura circular. Este método, a diferencia de Fellenius, tiene en cuenta las fuerzas que surgen durante el contacto del segmento, pero satisface parcialmente el equilibrio general, el momento y las fuerzas están equilibradas. Sin embargo, en el eje horizontal, se supone que las fuerzas verticales sobre los segmentos son cero.

Porque los momentos y fuerzas no satisfacen las condiciones de equilibrio mecánico, con respecto al método de Bishop riguroso, la cual si se cumplen las condiciones de equilibrio de tanto de las fuerzas y momentos.

**Figura 32**

*Equilibrio de fuerzas por el método Bishop*



*Nota.* Obtenido Informe Técnico CGI (Gamarra & Rodríguez, 2017)

$$F = \sum \left( \frac{C' \Delta \cos \alpha + (W - u \Delta l \cos \alpha) \tan \varphi'}{\cos \alpha + (\sin \alpha \tan \varphi') / F} \right) \frac{1}{\sum W \sin \alpha}$$

Donde:

- W: Viene a ser el peso del segmento de la dovela
- u: Viene a ser la presión de poros
- c': Viene a ser la cohesión de máxima resistencia tangencial
- $\varphi'$ : Viene a ser el ángulo de fricción efectivo
- $\alpha$ : Viene a ser el ángulo entre la base de la rebanada y la horizontal
- $\Delta l$ : Viene a ser la longitud de la base de la rebanada

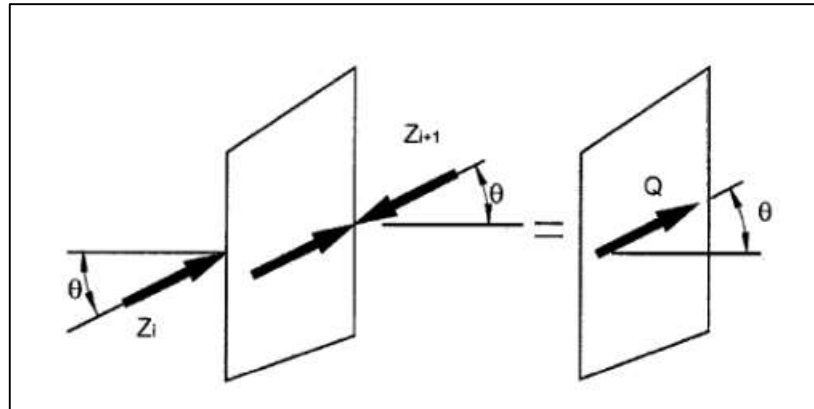


## EL MÉTODO SPENCER

Gonzales et al. (2002) menciona que la técnica de Spencer es una técnica que logra un equilibrio entre momentos y tensiones. Es útil para calcular el factor de seguridad independientemente de la forma de la falla porque se puede utilizar para taludes con fallas circulares y no circulares. Aunque las iteraciones convergentes pueden determinar el valor del factor de seguridad, la complejidad de las ecuaciones requiere el uso de software de computadora.

**Figura 33**

*Equilibrio de fuerzas por el método Spencer*



*Nota.* Obtenido Informe Técnico CGI (Gamarra & Rodríguez, 2017)

## EL MÉTODO JAMBU SIMPLIFICADO

Suárez (1998) destaca que este enfoque, al igual que el de Bishop, solo considera fuerzas horizontales en lugar de fuerzas cortantes entre los segmentos. Sin embargo, se basa en un equilibrio de fuerzas en lugar de un equilibrio de momentos. Jambu especifica un factor de corrección  $f_0$  y asume que la superficie de la fractura no es necesariamente circular. El factor  $f_0$  está influenciado por la curvatura de la superficie de la fractura. Este proceso se sigue para cada superficie fracturada.

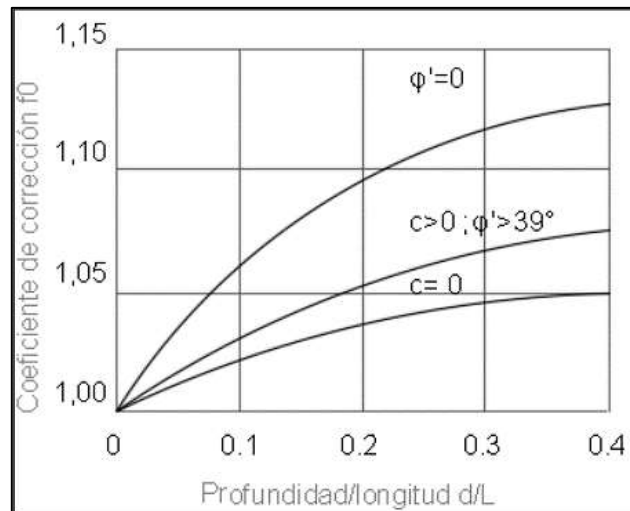
$$F_S = \frac{f_0 \sum [c' b + (W - ub) \tan \phi] \frac{1}{\cos \alpha} m a}{\sum W \sin \alpha}$$

Donde:

- $\alpha$ : Es el ángulo entre la superficie de falla y la horizontal
- $W$ : Viene a ser el peso de cada rebanada
- $c'$ : Viene a ser la cohesión del suelo
- $\phi$ : Viene a ser el coeficiente de fricción interna
- $b$ : Viene a ser el ancho de cada rebanada
- $u$ : Viene a ser la presión intersticial
- $f_0$ : Viene a ser el factor de corrección

**Figura 34**

*Diagrama para el cálculo del factor de corrección*



*Nota.* Obtenido de (García & Casusol, 2018)

## **EL MÉTODO MORGENSTERN-PRICE**

Según Suárez (1998), este método se puede aplicar a cualquier tipo de superficie de fractura. Además, se espera que las fuerzas cortantes sigan un sistema determinado. El método de Morgenstern-Price y el método de Spencer son muy similares, pero el método de Morgenstern-Price usa el gradiente como resultado del resultado. Se supone que las funciones arbitrarias determinan la variación de las fuerzas entre los segmentos. Como resultado, los métodos de Morgenstern-Price y Spencer son los más precisos para el análisis, pero también son complejos.

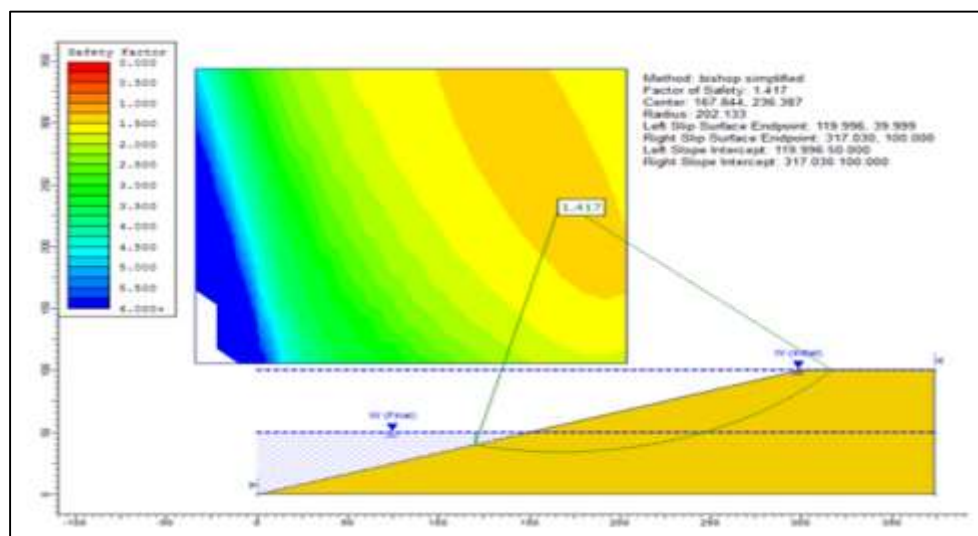
## 2.2.17 USO DEL SOFTWARE SLIDE VERSIÓN 6

Ya en la actualidad y algunos años atrás, es muy útil e indispensable utilizar softwares geotécnicos para analizar la estabilidad de taludes e identificar posibles defectos en los materiales que componen los taludes, ayudando mucho en simplificar los procesos numéricos e iterativos que se suele hacer comúnmente. Para esto, necesitamos conocer los parámetros geológicos y las propiedades de los materiales que componen el gradiente. Además, es importante saber qué software utilizar y cómo es su funcionamiento. Dentro de los softwares geotécnicos encontramos muchos en el mercado, pero en esta investigación se consideró el uso del Slide v.6.

**Slide versión 6.** Rocscience (2016) menciona que Slide es un software de análisis de estabilidad de taludes en 2D que utiliza el método de equilibrio límite para calcular la estabilidad. Utiliza métodos como Fellenius u regular, Bishop, Jambú, Spencer, Morgenstern y Price. Sus campos de aplicación son muy diversos en la minería e ingeniería civil y permiten evaluar una amplia gama de problemas geotécnicos, incluida la estabilidad de diques, represas, tajos de minas o minas dentro de edificios, efectos de cargas externas, sismos, eficiencia de elementos de refuerzo, entre otros.

**Figura35**

*Ejemplo del uso del software Slide*



*Nota.* Obtenido del Manual Práctico del Software para la Estabilidad de Taludes "SLIDE (2012)

## 2.3 DEFINICIONES CONCEPTUALES

**Estabilidad:** Es un término que se relaciona con los taludes, por ende, tiene un fuerte impacto positivo en el estado de la infraestructura circundante, ya sea sosteniéndola o, por el contrario, causando daños. (Estabilidad de Taludes en Suelos, 2014)

**Período de retorno:** Es el tiempo esperado o promedio entre dos eventos que es poco probable que tengan consecuencias catastróficas. (RNE, Norma CE.020 "Suelos y Taludes", 2016)

**Condición estática:** Se dice que una pendiente es estable si su fuerza de arrastre es mayor que la fuerza de deslizamiento asociada con su geometría. Pero en un sismo la fuerza de deslizamiento aumenta y la pendiente puede volverse inestable. (Comportamiento sísmico de taludes de roca; Sepúlveda Barraza, 2011)

**Pseudoestático:** Este término o método se utiliza en el cálculo de equilibrio límite del factor de seguridad para la estabilidad de taludes y agregar un factor para el lado sísmico. (Suarez, 2009)

**Nivel freático:** En un lugar donde la presión del agua es igual a la presión atmosférica y la distancia medida entre el agua subterránea y la superficie corresponde al nivel freático, se puede definir como "punto de equilibrio". (RNE, Norma CE.020 "Suelos y Taludes", 2016)

**Peso específico:** Viene a ser un valor que depende de la gravedad específica de la humedad, el arrastre de aire y las partículas sólidas como una relación peso-volumen. (NTP 339.131)

**Mohr-Coulomb:** Establece que la falla de las pendientes de los terrenos es causada por cizallamiento. Es decir, cuando el lugar pierde su elasticidad y capacidad de resistencia. (RNE, Norma CE.020 "Suelos y Taludes", 2016)

**Ángulo de fricción:** Viene a ser el ángulo interno de reposo, es una propiedad del material particulado que tiene una interpretación física simple. (Crespo, 2004)

## **2.4 HIPÓTESIS**

### **2.4.1 HIPÓTESIS GENERAL**

Hi: El uso de muro de suelo reforzado incidirá significativamente en el análisis estático y pseudoestático de estabilidad de los taludes en la carretera PE-3N del tramo km 263+100 - 263+150, Huánuco- La Unión.

Ho: El uso de muro de suelo reforzado **no** incidirá significativamente en el análisis estático y pseudoestático de estabilidad de los taludes en la carretera PE-3N del tramo km 263+100 - 263+150, Huánuco- La Unión.

## **2.5 VARIABLES**

### **2.5.1 VARIABLE DEPENDIENTE**

La estabilidad de Talud

### **2.5.2 VARIABLE INDEPENDIENTE**

El muro de suelo reforzado

## 2.6 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

**Tabla 4**

*El sistema de variables-dimensiones e indicadores*

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICIÓN
<b>V. independiente</b> <b>El muro de suelo reforzado</b>	La topografía	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El índice de seguridad al volcamiento</li> <li>• El índice de seguridad al deslizamiento</li> </ul>	Cuantitativa	Discreta
	Las propiedades del suelo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Densidad</li> <li>• Cohesión</li> <li>• Peso específico</li> <li>• Angulo de fricción</li> </ul>		
<b>V. dependientes</b> <b>La estabilidad de Talud</b>	Los factores de seguridad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis sísmico</li> <li>• Análisis estático</li> </ul>	Cuantitativa	Discreta
	Equilibrio limite	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El método de Spencer</li> <li>• El método de Janbu simplificado</li> <li>• El método de Bishop</li> <li>• El método de Fellenius</li> </ul>		

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

En cuanto al tipo de investigación en el presente trabajo es de tipo aplicada o tecnológica, también llamada utilitaria. Según Baena (2014) menciona que este tipo de investigación se trata cuando se presenta problemas específicos que requieren soluciones inmediatas e igualmente específicas. El objeto de la investigación aplicada es la investigación de un problema puesto en acción, puede revelar nuevos hechos, si diseñamos nuestra investigación aplicada lo suficientemente bien como para confiar en los hechos revelados, la nueva información puede ser útil y valiosa para la teoría. En los proyectos de ingeniería civil se sitúan en este tipo de clasificación siempre que resuelven un problema.

Por lo tanto, será de tipo aplicada o tecnología porque analizamos la estabilidad de los taludes críticos en condiciones estáticas y pseudoestáticas mediante los factores de seguridad, la cual nos brindará la información de las posibles fallas en los taludes; además de brindar la solución inmediata y específica que en este caso es el muro de suelo reforzado.

##### **3.1.1 ENFOQUE**

En cuanto al tipo de enfoque de investigación en el presente trabajo es de enfoque tipo cuantitativo. Según Quinteros & Velázquez (2020) menciona que este tipo enfoque se basa en la observación y evaluación de fenómenos, y como resultado de la observación y evaluación surgen suposiciones o ideas, luego contrasta dichas suposiciones con la evidencia o el análisis. Los estudios cuantitativos ofrecen una mayor generalización de resultados, control de fenómenos y perspectiva y cálculo de sus cantidades. También nos brinda una excelente oportunidad para repetir y enfocarnos en puntos específicos de tales fenómenos.

Como se mencionó, esta tesis es de un enfoque cuantitativo, porque con base de los datos de la topografía y las propiedades del suelo, podemos cuantificar numéricamente su estabilidad con un factor de seguridad, analizando en condiciones estáticas y pseudoestáticas, la cual se confía en el uso software Slide v.6.

### **3.1.2 ALCANCE O NIVEL**

En cuanto al alcance o nivel de la investigación en el presente trabajo es de nivel correlacional. Según Quinteros & Velázquez (2020), menciona que una investigación de alcance correlacional se refiere a la decisión del investigador de medir dos variables específicas, a este tipo de método de investigación se le denomina no experimental porque en ningún momento se afecta ninguna variable, solo se entiende y evalúa su relación estadística para explicar los resultados. Es importante explicar que este tipo de investigación busca la interacción entre dos variables, para que luego se sepa con certeza que cuando cambia una variable, también cambia la otra variable.

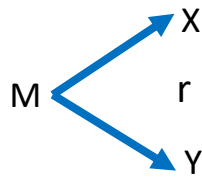
Será de un nivel o alcance correlacional debido a que se analizó la estabilidad sin la incidencia del muro de suelo reforzado en condiciones estáticas y pseudoestáticas; y luego se analizó con la incidencia del muro de suelo reforzado, también en condiciones estáticas y pseudoestáticas.

### **3.1.3 DISEÑO**

En cuanto al diseño de la investigación en el presente trabajo es de diseño a nivel no experimental, ya que según Lancheros (2012), menciona que las categorías, conceptos, variables, eventos, comunidades o contextos que aparecen sin intervención directa del investigador, es decir; sin cambiar el objeto de investigación del investigador. En la investigación no experimental, los fenómenos o eventos se observan tal como ocurren en su contexto natural y luego se analizan. En la investigación no experimental no se construye la situación, sino que se observan las situaciones existentes.



Esquema del diseño de la Investigación



Donde:

M: La muestra

X: La estabilidad del talud

Y: El muro de suelo reforzado

r: Relación existente entre la variable dependiente e independiente.

## 3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

### 3.2.1 POBLACIÓN

En cuanto a la población en el presente trabajo desde un punto de vista estadístico, López (2015) hace mención universo o población son expresiones análogas que hacen referencia al número total de elementos que componen el área de interés analítico y de los que queremos sacar las conclusiones de nuestro análisis, que son tanto de carácter estadístico como material o teórico.

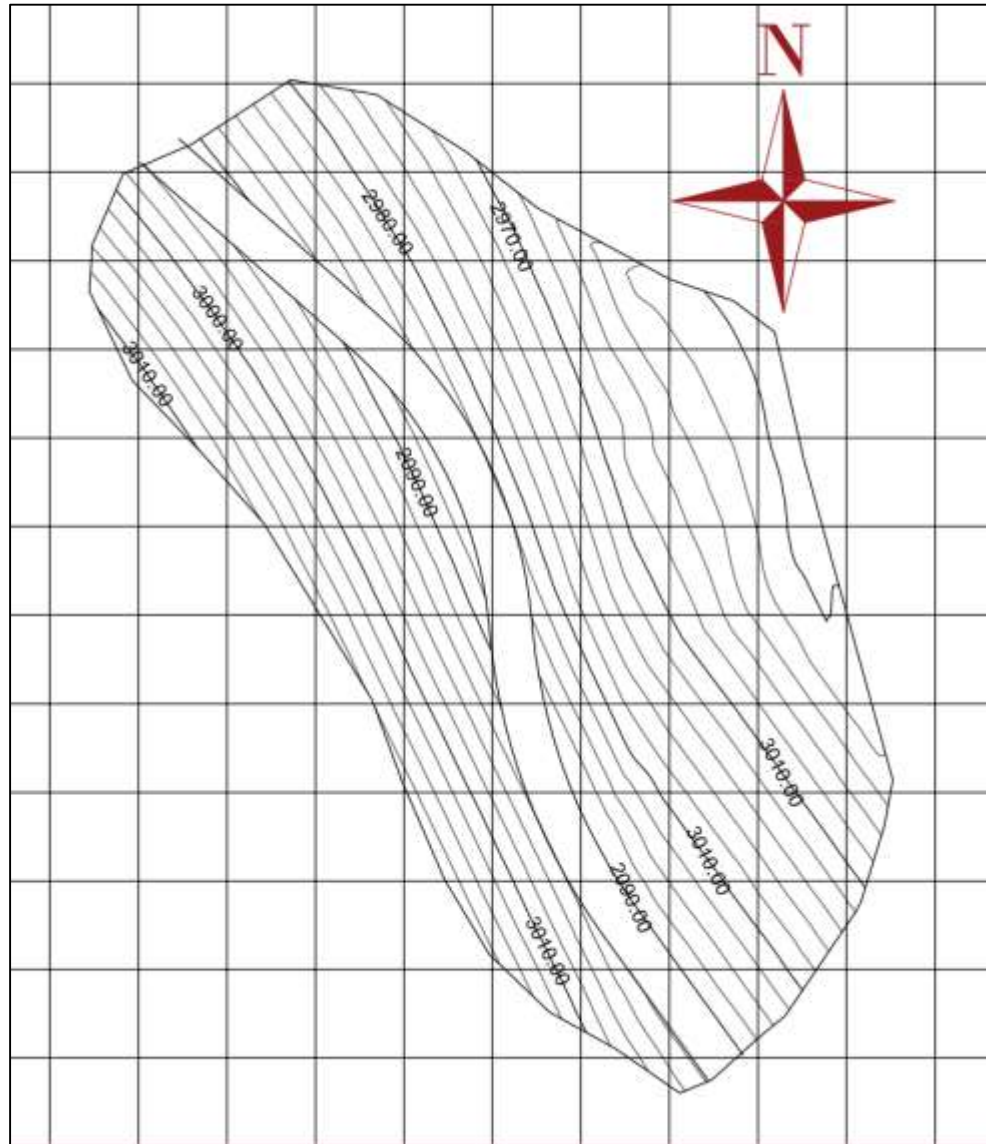
Por lo tanto, en la presente tesis se consideró como población a la longitudinal de la Sierra o mejor dicho Ruta nacional con el código (PE-3N) de la carretera Huánuco - La Unión, ubicado en distrito de Quisqui, provincia y región de Huánuco.

### 3.2.2 MUESTRA

En cuanto a la muestra en esta tesis. López (2015) menciona que una muestra es una parte o subconjunto de un conjunto de unidades representativas, denominadas población o universo, una vez elegido se somete a observación para obtener resultados válidos para todo el universo en estudio dentro de los límites de error y probabilidad de todos modos.

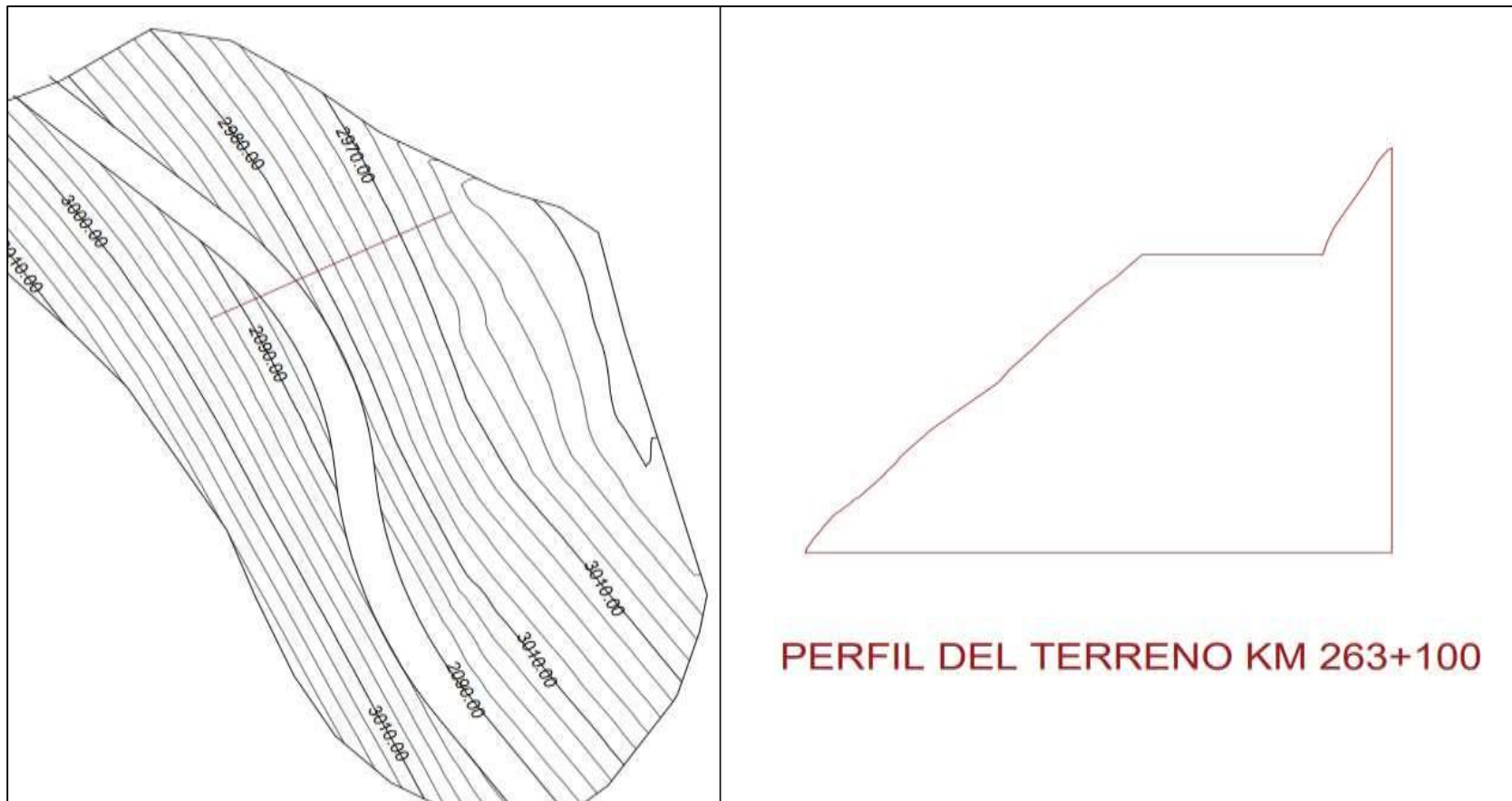
Por lo tanto, en esta tesis se consideró como muestra; 2 perfiles más representativos a base del levantamiento topográfico y de observar las pendientes del lugar de estudio del tramo de la Ruta nacional PE-3N específicamente en los km 263+100 - 263+150, Huánuco – La Unión.

**Figura36**  
*Plano topográfico del lugar de estudio*



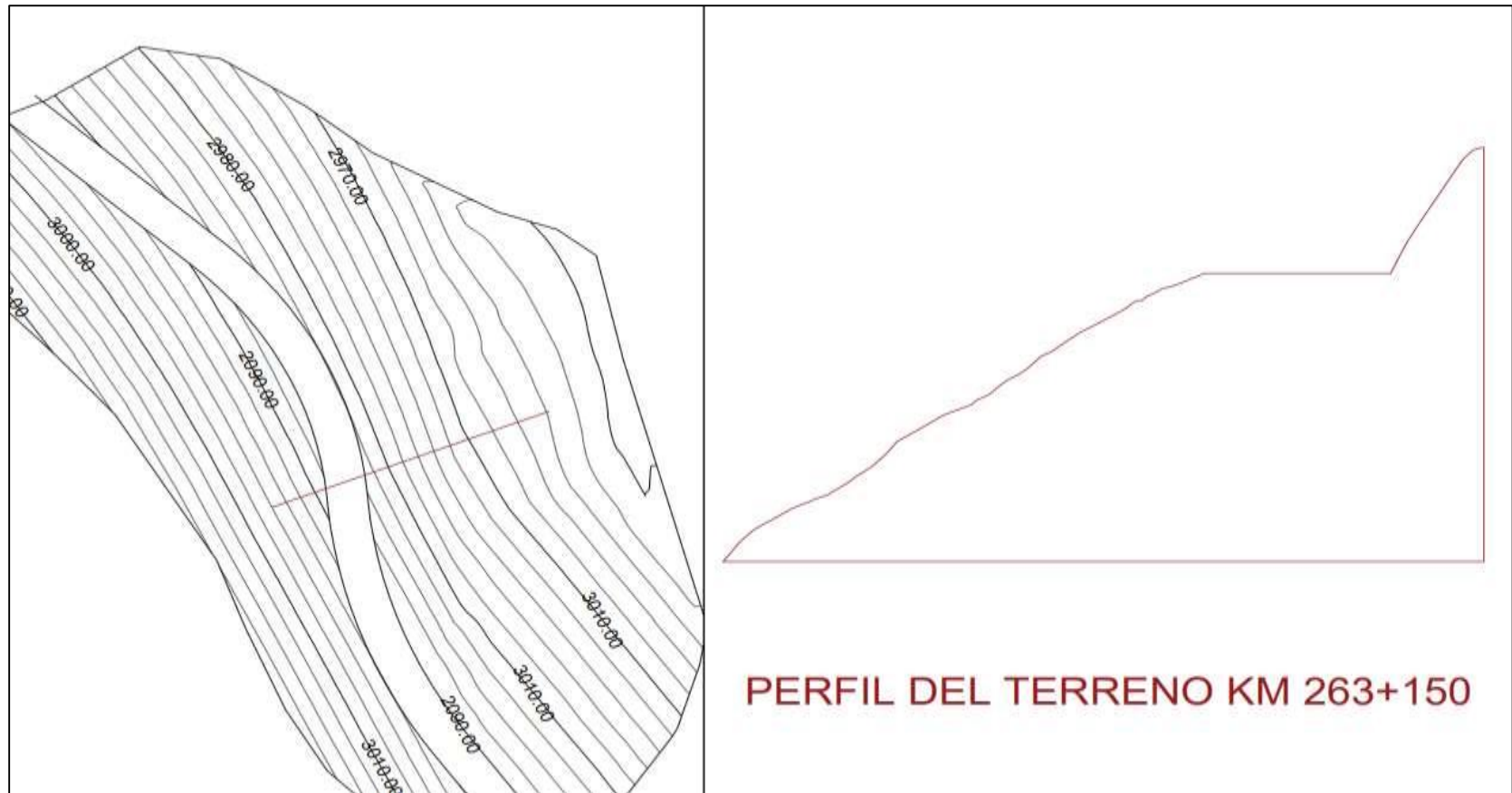
**Figura37**

*Perfil del talud del km 263+100*



**Figura38**

*Perfil del talud del km 263+150*



### 3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

#### 3.3.1 PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

**TÉCNICAS:** En este apartado Borja (2012), hace mención que “para los trabajos o proyectos que se deben utilizar, como método principal es la observación, la cual es muy importante ya que todo parte de ella, cabe mencionar que en esta sección se debe describir las técnicas utilizadas para recopilar todos los datos de campo y presentar todos los formatos utilizados en esa tarea.”

En el caso de la presente tesis la técnica primordial que se empleó con el fin de recolectar los datos fue la observación, por lo cual se comenzó reconociendo las características de los problemas de movimientos de masas de la región de Huánuco y el lugar específico de estudio de la tesis, después de ello se realizó los estudios necesarios tanto el estudio de suelos como el levantamiento topográfico del lugar.

Además, las técnicas que se utilizó para recopilar datos de la presente tesis en el caso de la realización de las pruebas, la metodología que se basa en los criterios, normas y ensayos en laboratorio de suelos tales como:

- ✓ Carta Geográfica Nacional de Huánuco (INGEMMET).
- ✓ Normas ASTM
- ✓ Norma CE.020
- ✓ Norma E.030
- ✓ DG 2018
- ✓ El criterio de Mohr-Coulomb
- ✓ Métodos de Bishop Simplified, Morgenstern y Price, Janbu Simplified, Ordinary/Fellenius y Spenser.

**INSTRUMENTOS:** Según Mejía (2005) hace mención que “los instrumentos son el mecanismo utilizado por el investigador para recolectar y registrar datos: formularios, pruebas, test, escalas de opinión y listas de verificación; con el fin de medir las variables y esto ayudar a que la información producida por las herramientas, son precisas o no; así poder saber si son éxitos y fracasos.”

Las herramientas imprescindibles que se utilizó para recopilar datos de la presente tesis son:

- ✓ Formatos de plantillas para el estudio de suelos.
- ✓ Plantillas para la topografía.
- ✓ Plano de localización y ubicación
- ✓ Libros recomendados y Manuales de Estabilidad de Taludes
- ✓ Manual de uso del software Slide v.6
- ✓ Una laptop
- ✓ El equipo de protección personal (EPP)
- ✓ Los instrumentos de medición (La wincha y en otros)
- ✓ Pico y pala para tomar muestras
- ✓ El equipo topográfico

### **3.3.2 PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS**

Para la presentación de datos se hizo el empleo del manejo del software Excel versión 2016, a base de tablas de resúmenes exportados, además se utilizó los diversos gráficos y/o diagramas para una mejor comprensión de los resultados.

Luego cuando se analizó la estabilidad de los taludes con las condiciones estáticas y pseudoestáticas se basó en los cuadros de las normas ya mencionadas y sobre todo el uso de los softwares Slide versión 6 y Geo 5 con lo se exporto todos los resúmenes de los resultados del análisis de los factores de seguridad tanto al deslizamientos o vuelcos, la cual no resulto tedioso ni trabajoso la presentación de los datos.

### **3.3.3 PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS**

Como se mencionó para el análisis e interpretación de los datos se comenzó primero delimitando el lugar de estudio con los softwares Google Maps y Google Earth Pro; posteriormente para la interpretación de las curvas de nivel o topografía se procedió mediante los softwares AutoCAD civil 3D y ArcGIS versión 10.5 y respecto a la exportación de

los puntos de los perfiles críticos de los taludes también se realizó en ellas.

Ahora en el caso del análisis de estabilidad del talud en condiciones estáticas y pseudoestáticas se procedió en el software Slide versión 6, mediante el método de Equilibrio o de las dovelas, lo cual se usó los puntos exportados de los softwares mencionados anteriormente con el fin de calcular los factores de seguridad considerando los métodos más conocidos y confiables como: El método de Bishop simplificado, el método de Fellenius y el método de Morgenstern Price y Spencer.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1 PROCESAMIENTO DE DATOS

Para un análisis correcto en los softwares geotécnicos Slide v.6.0 y GEO5, se muestra en las siguientes **tablas 5 y 6**; las coordenadas de los puntos exteriores de los taludes más representativos; del Km 263+100 con 53 puntos importados y del Km 236+150 con 61 puntos respectivamente del software Civil 3D.

**Tabla 5**

*Las coordenadas del borde del talud Km 263+100*

Puntos	X	Y
1	59.9553	33.1007
2	59.5489	32.6943
3	59.1475	32.2930
4	58.4018	31.7016
5	57.4628	30.7627
6	56.0695	29.3694
7	55.5728	28.7933
8	54.5375	27.7580
9	54.0382	27.0954
10	53.463	26.6364
11	52.9039	26.1902
12	52.3213	25.7253
13	51.7996	25.3090
14	51.4148	24.9978
15	51.0143	24.6739
16	50.4781	24.1377
17	50.0879	23.7475
18	49.6823	23.3419
19	49.3944	22.9213
20	49.0668	22.5937
21	48.9061	22.3552
22	48.5905	22.0396
23	48.1844	21.6336
24	47.8331	21.2823
25	47.646	21.1694
26	47.3745	20.8979
27	47.1568	20.7341
28	47.0442	20.6215
29	46.9473	20.5560
30	46.8495	20.4898
31	46.733	20.3733
32	46.6148	20.2551
33	46.5059	20.1014
34	46.384	19.9293
35	46.256	19.8012
36	46.1761	19.6333
37	46.0381	19.4536
38	45.8337	19.2039
39	45.6528	18.9117
40	45.5272	18.7088
41	45.4665	18.4848
42	45.4259	18.4848
43	45.4259	38.8806
44	45.4259	38.7716
45	45.4259	38.4282
46	45.4259	38.2445
47	45.4259	37.4051
48	45.4259	36.5524
49	45.4259	35.7175
50	45.4259	34.8700
51	45.4259	34.1568
52	45.4259	33.5011
53	45.4259	33.5011



**Tabla 6***Las coordenadas del borde del talud Km 263+150*






<b>Puntos</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>			
1	28.1246	12.5368	31	44.1038	24.073
2	60.6518	12.5368	32	43.4788	23.7287
3	60.5095	32.6433	33	43.0848	23.4416
4	60.1838	32.5194	34	42.8616	23.2788
5	59.9841	32.3196	35	42.6171	23.1007
6	59.7803	32.1159	36	42.1264	22.7133
7	59.1839	31.1235	37	41.7484	22.5289
8	58.7959	30.4778	38	41.4316	22.2121
9	58.4483	29.8925	39	41.1282	21.9087
10	58.1087	29.3466	40	40.7173	21.5977
11	57.7055	28.6567	41	40.2807	21.3647
12	57.3202	27.9626	42	39.8472	20.9942
13	56.9959	27.2618	43	39.5094	20.6565
14	56.6661	26.5258	44	38.9373	20.36
15	48.6661	26.5258	45	38.7408	20.1635
16	48.2461	26.3294	46	38.1326	19.9037
17	47.7801	26.1116	47	37.6063	19.6789
18	47.4831	25.9727	48	36.3372	18.8694
19	47.1674	25.8704	49	35.5461	18.3648
20	46.8483	25.767	50	35.1415	17.8191
21	46.6325	25.6264	51	34.4762	17.1539
22	46.3691	25.4837	52	33.8125	16.6717
23	46.2049	25.3948	53	32.6315	15.8042
24	45.8316	25.2206	54	32.1387	15.6127
25	45.5833	25.0576	55	31.6076	15.3697
26	45.4143	24.8886	56	31.11	15.1421
27	45.1361	24.7121	57	30.2543	14.6041
28	44.8375	24.5272	58	29.8149	14.3278
29	44.6653	24.4206	59	29.4342	14.0885
30	44.4269	24.273	60	28.8589	13.5132
			61	28.3973	12.8994

Como se observa en tabla 7 se realizó un pequeño metrado, pero significativo respecto a las cargas vehiculares; por ello se extrae del Manual de Carreteras Diseño Geométrico DG (2018) las categorías de los vehículos más representativas que circulan por la zona de estudio son del tipo M (M1, M2 y M3) y del tipo N (N1, N2 y N3).

Además, en la tabla 8 se muestra las sobrecargas de la estructura de pavimentación se considera los siguientes espesores y pesos unitarios estándares a base de Norma técnica CE.010; con una capa de rodadura, base granular y subbase granular.

**Tabla 7**

*Las cargas que actúan por tipos de categorías que circulan por la zona de estudio*

CATEGORIAS-VEHICULOS	CARGA	APROX.
M1 	casi una 1 tn	0.5
M2 	hasta 5 tn	3.5
M3 	más de 5 tn	4.4
N1 	de 3.5 tn o menos	3.2
N2 	mayor de 3.5 tn hasta 12 tn	4
Suma Promedio:		15.6
		155.44
		Ton
		kN/m

**Tabla 8**

*Las sobrecargas del pavimento estándar*

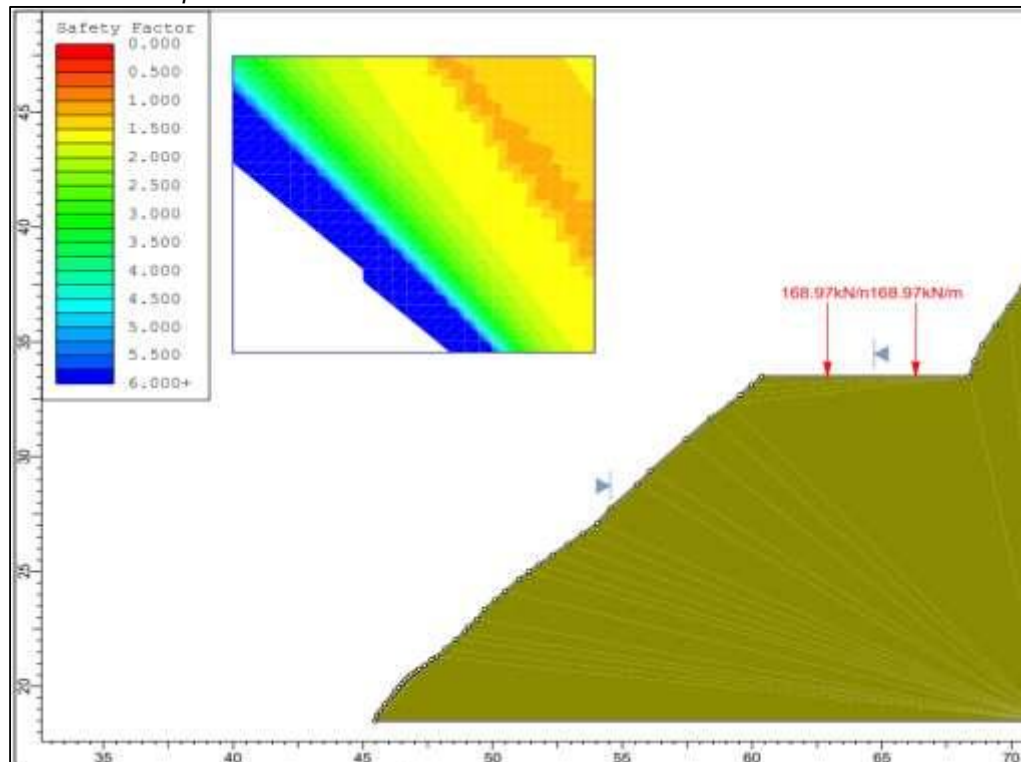
Subbase granular	0.4 m	1.9	Tn/m <sup>3</sup>
Base granular	0.2 m	2	Tn/m <sup>3</sup>
Carpeta asfáltica	0.1 m	2.2	Tn/m <sup>3</sup>
Suma de los productos		1.38	Tn/m <sup>2</sup>
		13.53	<b>kN/m</b>

**Nota.** Como se observa en las tablas 7 y 8 resultando un aproximado de 15.6 Ton convertidos a 155.44 Kn/m respecto a las cargas de los vehículos y con respecto a las sobrecargas del pavimento resulta 1.38 Tn/m<sup>2</sup>, convertido a 13.53 Kn/m, la cual la suma de ambos resulta 168.97 Kn/m, que será introducidos al programa Slide.

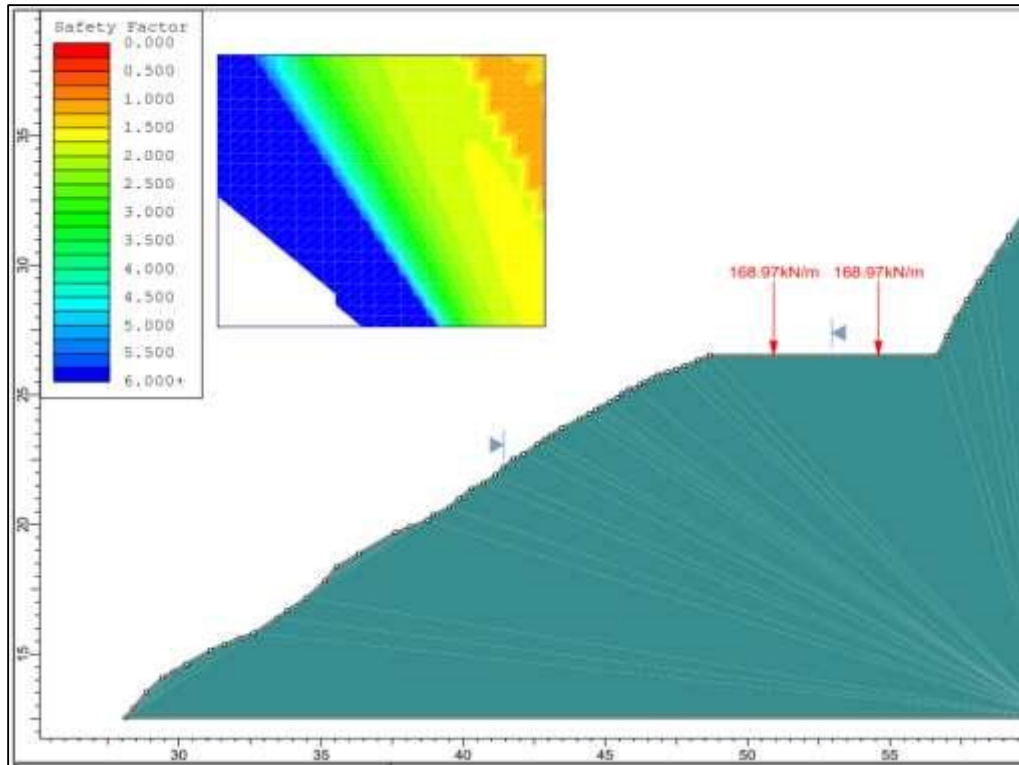
#### 4.1.1 ANÁLISIS CON EL SOFTWARE GEOTÉCNICO SLIDE V.6.0

El software Slide v6.0 se utilizó para el procesamiento mediante los métodos de las dovelas, tales como: Bishop Simplified, Morgenstern y Price, Janbu Simplified, Ordinary/Fellenius y Spenser. Los valores de la resistencia cohesiva, peso específico y el coeficiente de fricción interno del suelo en estudio son cruciales para el uso del software geotécnico Slide v6.0.

**Figura 39**  
*Geometría del perfil del talud Km 263+100*



**Figura 40**  
Geometría del perfil del talud Km 263+150



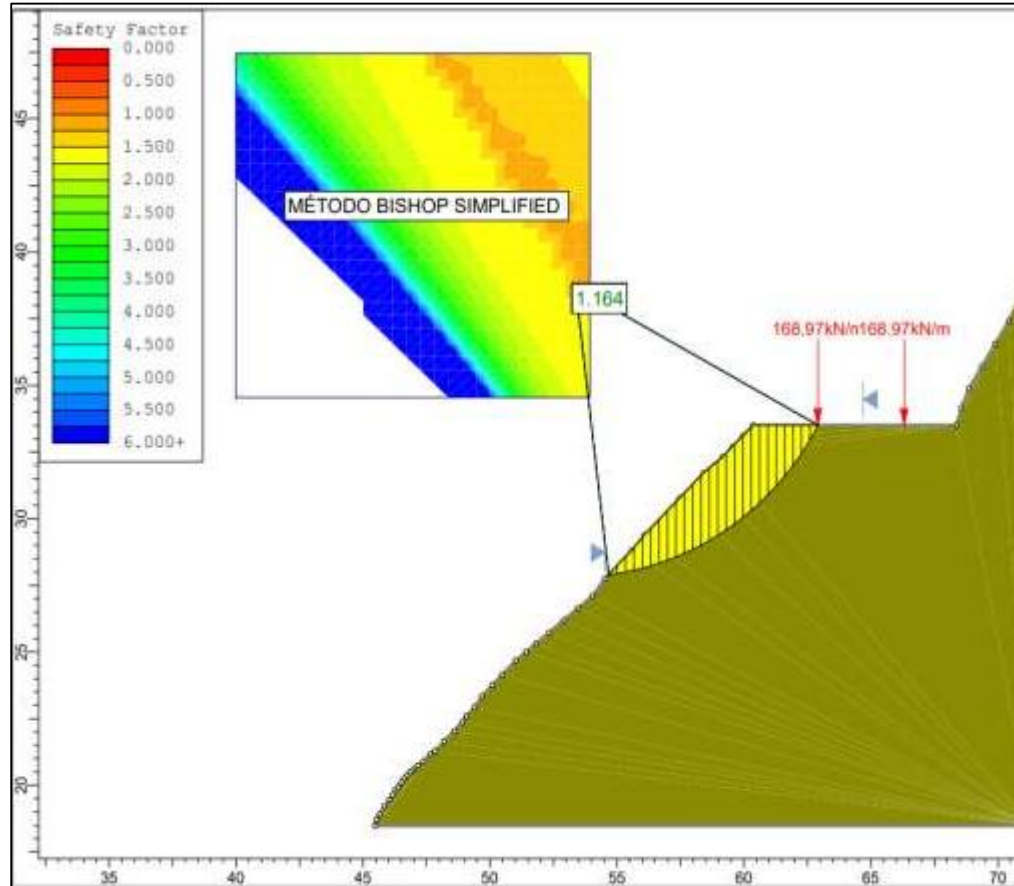
### Interpretación

Como se muestra en las **figuras 39 y 40**, se utiliza el programa Slide para modelar los taludes más característicos en el Km 263+100 y Km 263+150, utilizando las coordenadas exportadas del perfil en Civil 3D. Además, se muestran las cargas puntuales generadas por los vehículos que más circulan por la zona, que son de 168.97 Kn/m<sup>2</sup>, así como los parámetros del suelo como la resistencia cohesiva, el peso específico y coeficiente de fricción interno.

#### 4.1.2 ÍNDICE DE SEGURIDAD SIN LA INCIDENCIA DEL MURO DE TIERRA REFORZADO EN CONDICIONES ESTÁTICAS

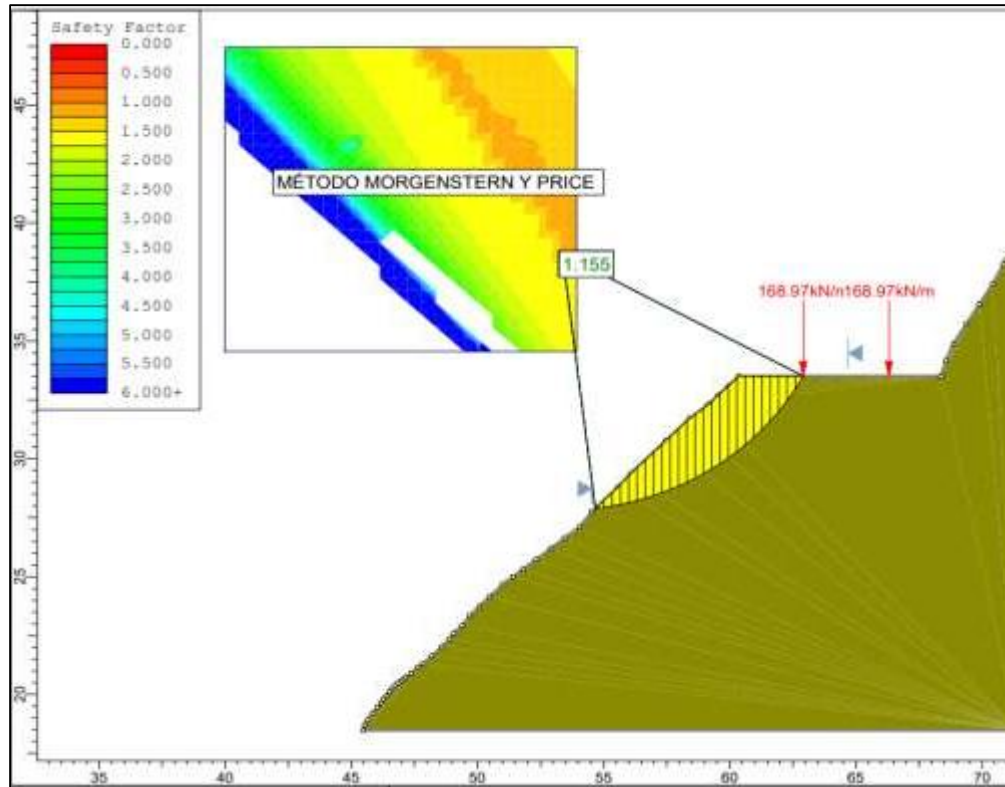
**Figura 41**

*El índice de seguridad por el enfoque de Bishop Simplified en condición normales en el Km 263+100*



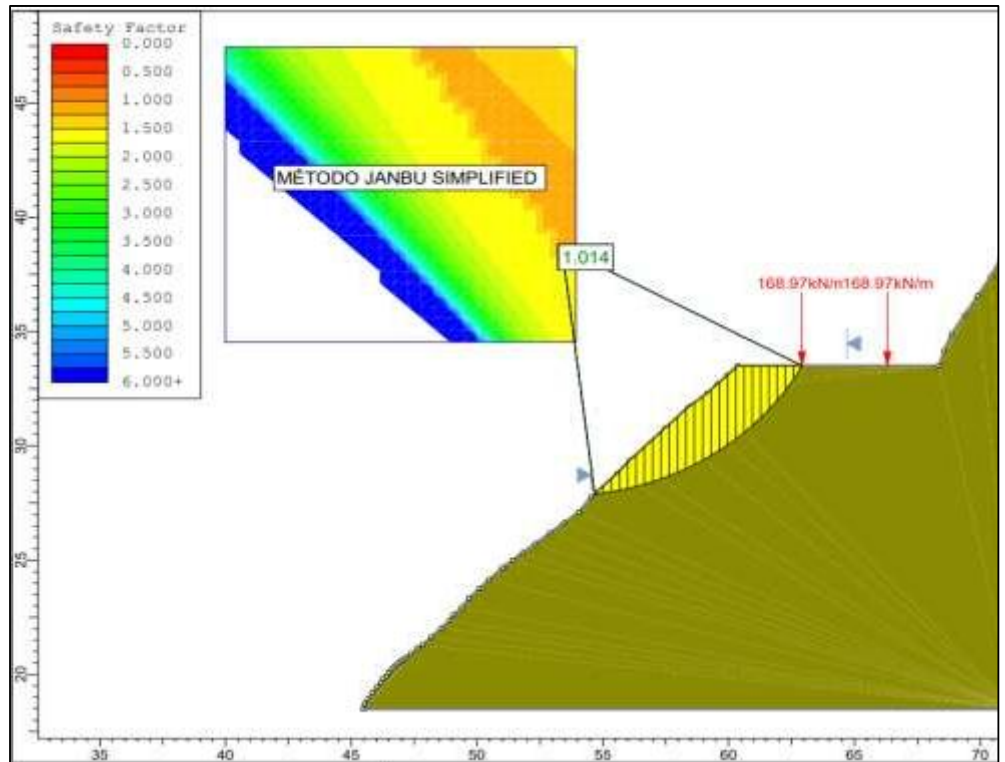
**Figura 42**

*El índice de seguridad por el enfoque de Morgenstern-Price en condiciones normales en el Km 263+100*



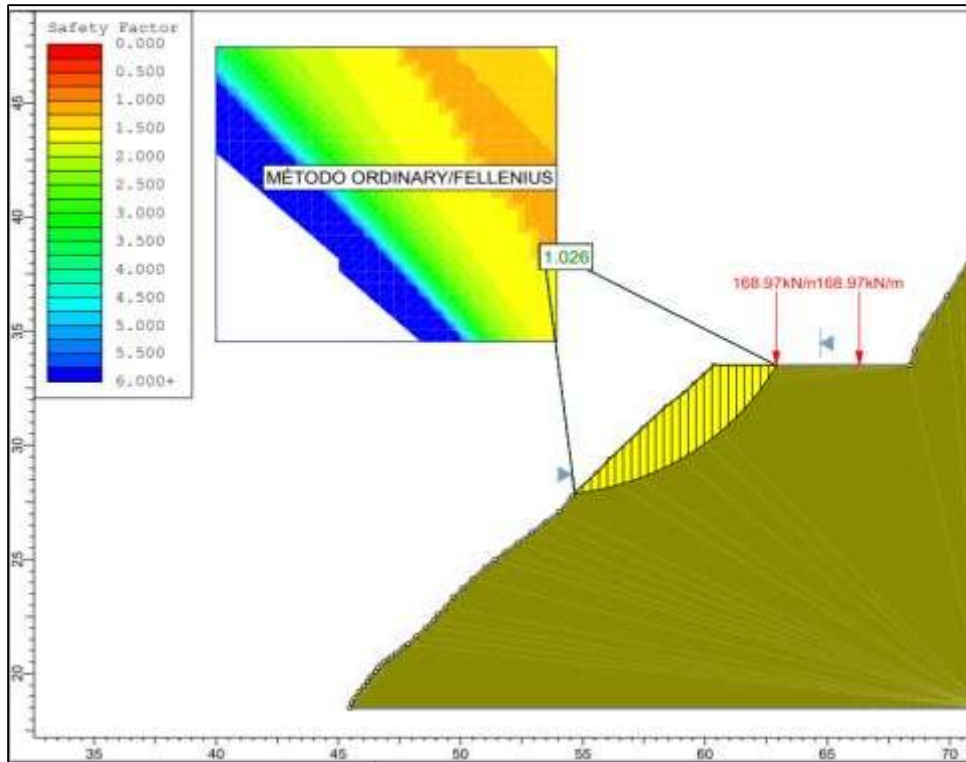
**Figura 43**

*El índice de seguridad por el enfoque de Janbu Simplified en condiciones normales en el Km 263+100*



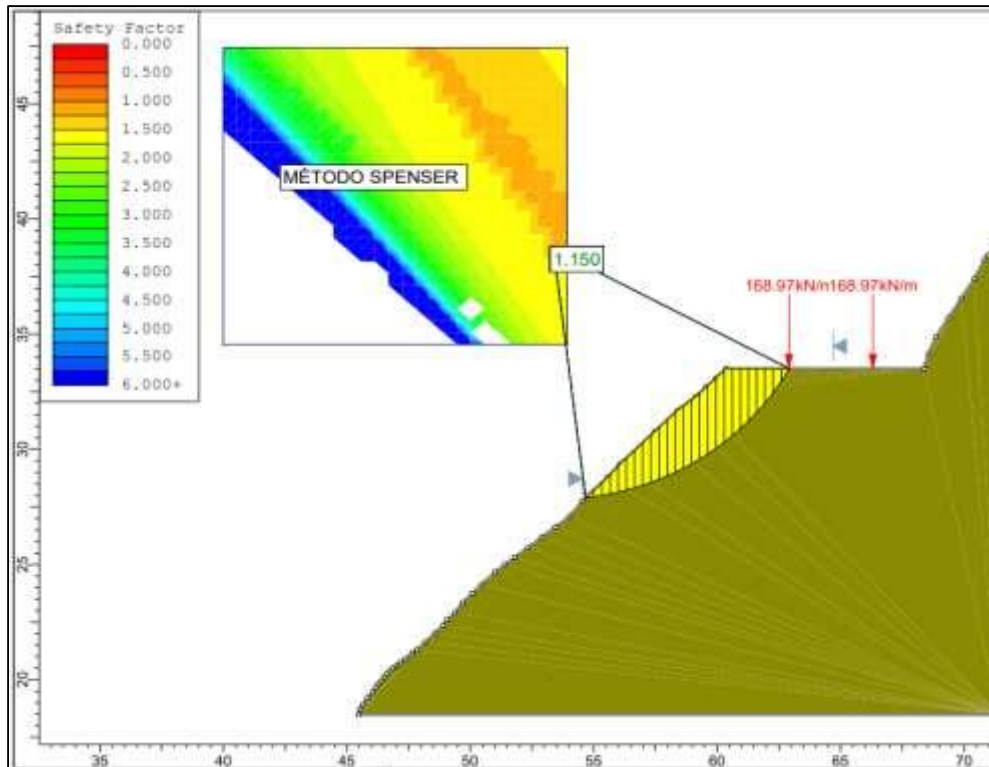
**Figura 44**

*El índice de seguridad por el enfoque de Ordinary/Fellenius en condiciones normales en el Km 263+100*



**Figura 45**

*El índice de seguridad por el enfoque de Spenser en condiciones normales en el Km 263+100*



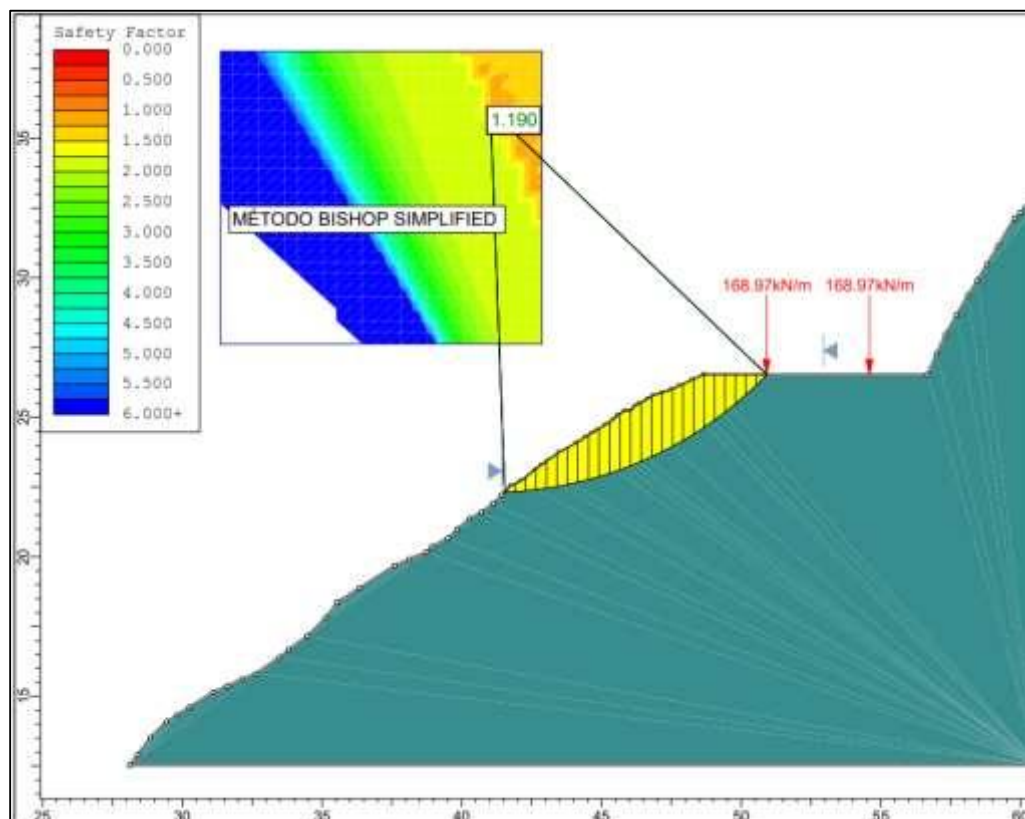
## Interpretación

Como se puede observar en las **figuras 41, 42, 43, 44 y 45** respectivamente con los métodos Bishop Simplified, Morgenstern y Price, Janbu Simplified, Ordinary/Fellenius y Spenser, los cuales se calculó el mínimo índice de seguridad en el Km 236+100 en el programa Slide en condición estáticas; es importante mencionar que los índices de seguridad se calcularon por el método de las rebanadas. Con base a la CE. 020 se asegura que ninguno se verifica con el factor mínimo (FS>1.5).

Entonces, a partir del análisis establecido por los 5 métodos de las rebanadas se obtiene; por el método Bishop Simplified resultó 1.164, por el método Morgenstern y Price resultó 1.155, por el método de Janbu Simplified resultó 1.014, por el método Ordinary/Fellenius resultó 1.026 y finalmente por el método Spenser resultó 1.150.

### Figura 46

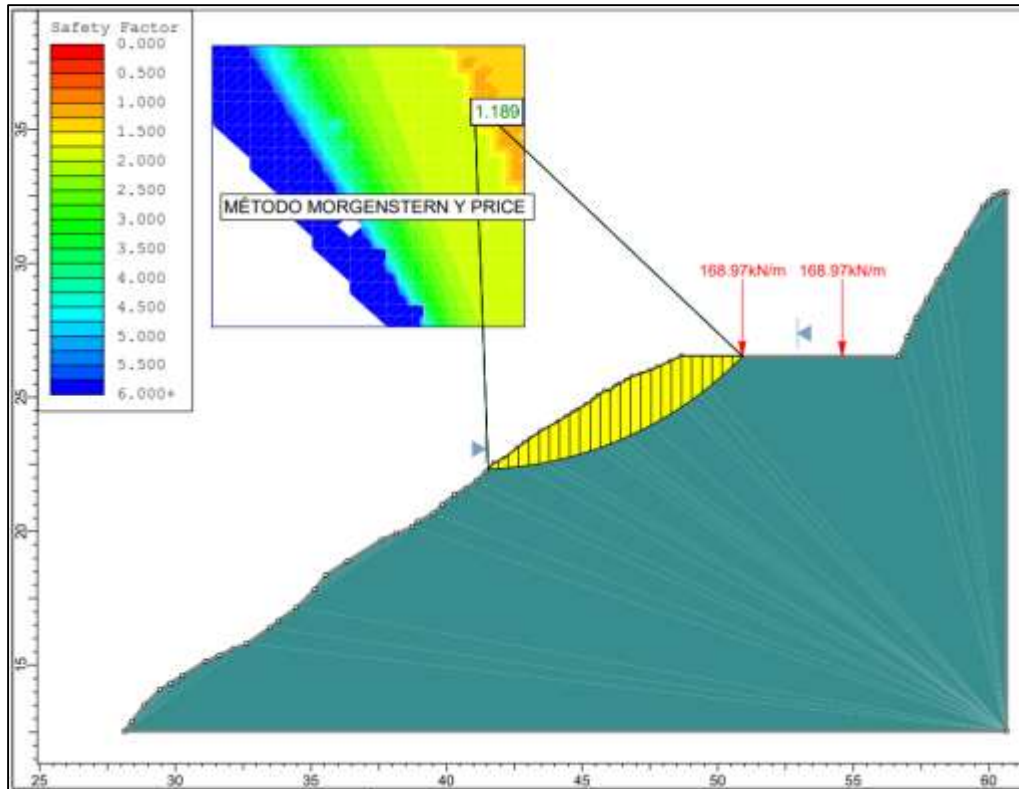
*El índice de seguridad por el enfoque de Bishop Simplified en condiciones normales en el Km 263+150*





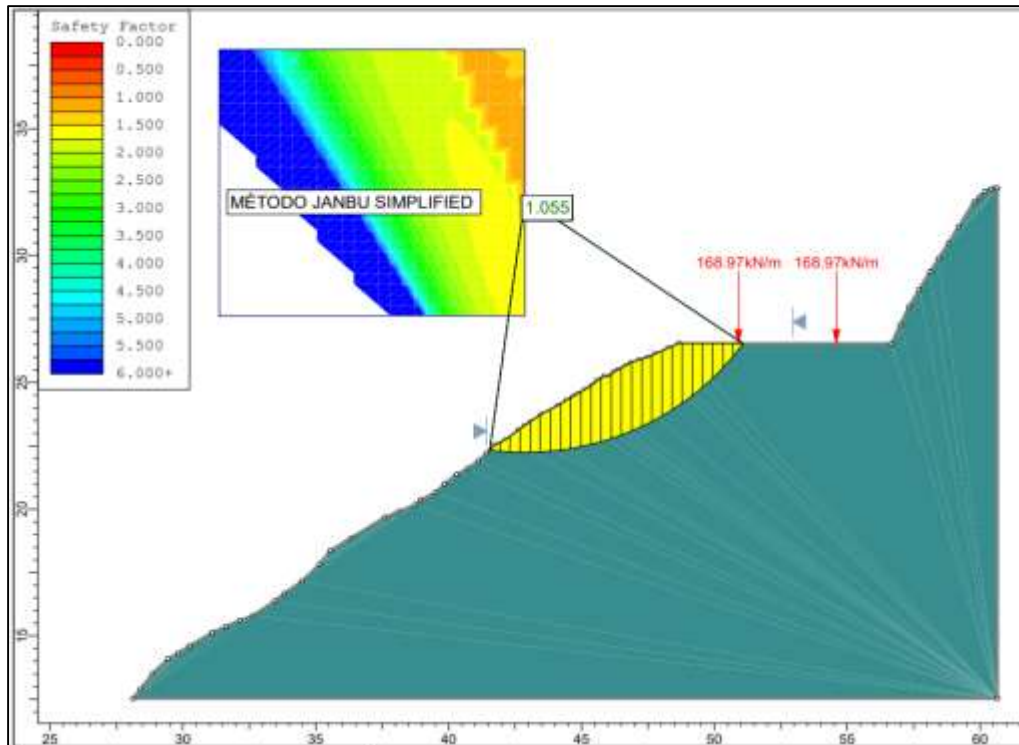
**Figura 47**

*El índice de seguridad por el enfoque de Morgenstern y Price en condiciones normales en el Km 263+150*



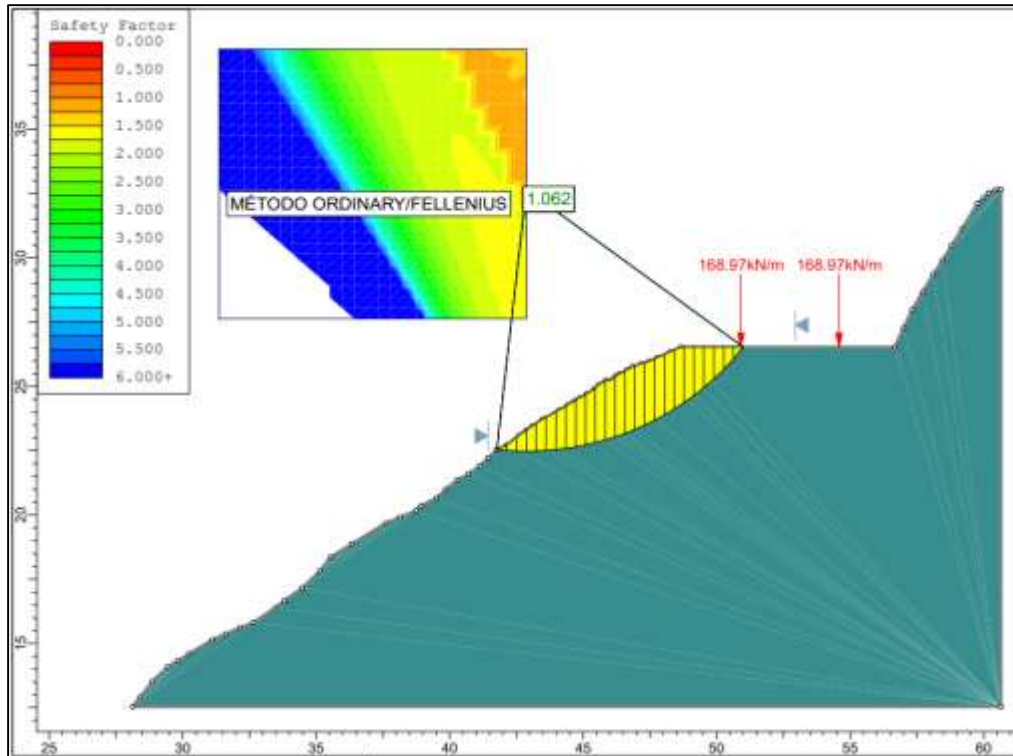
**Figura 48**

*El índice de seguridad por el enfoque de Janbu Simplified en condiciones normales en el Km 263+150*



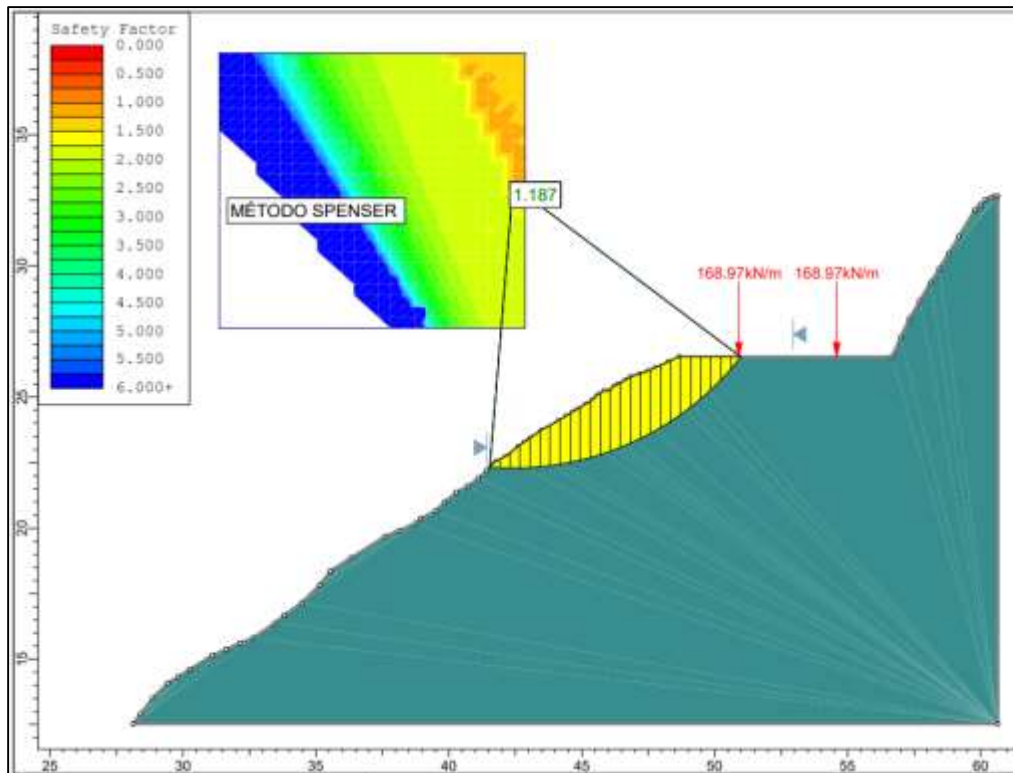
**Figura 49**

*El índice de seguridad por el enfoque de Ordinary/Fellenius en condiciones normales en el Km 263+150*



**Figura 50**

*El índice de seguridad por el enfoque de Spenser en condiciones normales en el Km 263+150*



## Interpretación

Como se observa en las figuras **46, 47, 48, 49 y 50** respectivamente con los métodos Bishop Simplified, Morgenstern y Price, Janbu Simplified, Ordinary/Fellenius y Spenser, los cuales se calcularon el mínimo índice de seguridad del Km 236+150 en el programa Slide en condición estáticas, es importante mencionar que los índices de seguridad se calcularon por el enfoque de las rebanadas. Con base a la CE. 020 se asegura que ninguno se verifica con el factor mínimo ( $FS > 1.5$ ).

Entonces, a partir del análisis establecido por los 5 métodos de las rebanadas se obtiene; por el método Bishop Simplified resultó 1.190, por el método Morgenstern y Price resultó 1.189, por el método de Janbu Simplified resultó 1.055, por el método Ordinary/Fellenius resultó 1.062 y finalmente por el método Spenser resultó 1.187.

Posteriormente, se presenta un cuadro resumen de los resultados obtenidos de los índices de seguridad en condiciones normales en los Km 263+100 y Km 263+150.

**Tabla 9**

*Resumen de los índices de seguridad en condiciones normales*

Métodos Usados	Factor de seguridad en condiciones estáticas	
	Km 263+100	Km 263+150
MÉTODO BISHOP SIMPLIFIED	1.164	1.190
MÉTODO MORGENSTERN Y PRICE	1.155	1.189
MÉTODO JAMBU SIMPLIFIED	1.014	1.055
MÉTODO ORDINARY/FELLENIOUS	1.026	1.062
MÉTODO SPENSER	1.150	1.187

**Nota:** Con el fin de observar una manera más rápida los cálculos obtenidos por 5 métodos de las rebanadas de los índices de seguridad en condiciones normales de los taludes de Km 263+100 y Km 236+150 que se observaron en las **figuras 41, 42, 43, 44, 45 46, 47, 48, 49 y 50**, se elabora la **tabla 9**. Como se observa en la tabla son los factores calculados por los métodos: Bishop Simplified, Morgenstern y Price, Janbu Simplified, Ordinary/Fellenius y Spenser.

#### **4.1.3 ÍNDICE DE SEGURIDAD SIN LA INCIDENCIA DEL MURO DE TIERRA REFORZADO EN CONDICIONES PSEUDOESTÁTICAS**

Respecto al análisis en condiciones pseudoestático de los taludes del Km 263+100 y Km 263+150, se está considerando el Mapa de ordenadas espectrales del Perú con un periodo de 0.0seg de la **figura 26**, presentada por Bolaños y Monroy (2004); donde el área de Huánuco presenta un PGA según el mapa de **0.24g**.

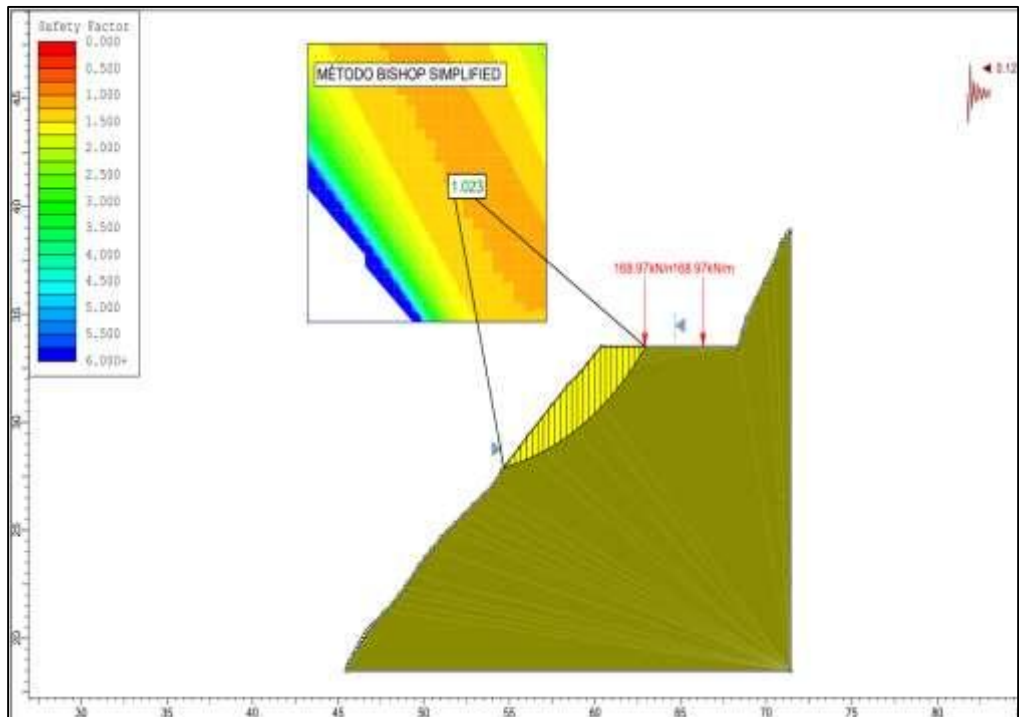
Además, en el Perú el movimiento principal o predominante es la horizontal, ya que la vertical es más pequeña y no influye mucho; por consiguiente, el coeficiente sísmico Horizontal sería de **0.12g**.

También, se tiene en cuenta que se acepta como estable los taludes si los índices de seguridad superan a 1.25 en condiciones sísmicas a base de la Norma Peruana-RNE, CE.020 (2016) y en todo caso si dichos valores son menores, son considerados taludes inestables.

En la **figura 22** se observa “La zonificación sísmica del Peru” de la región de Huánuco la cual le corresponde la zona 2, por lo tanto, en coeficiente sísmico sería **0.25g** en base a la norma E.30, si comparamos con el Mapa de ordenadas espectrales del Perú de la **figura 26**, no se diferencia mucho y además no se utilizó el valor de la norma E.30 ya que estas fueron desarrollados o estimadas para un diseño de estructuras.

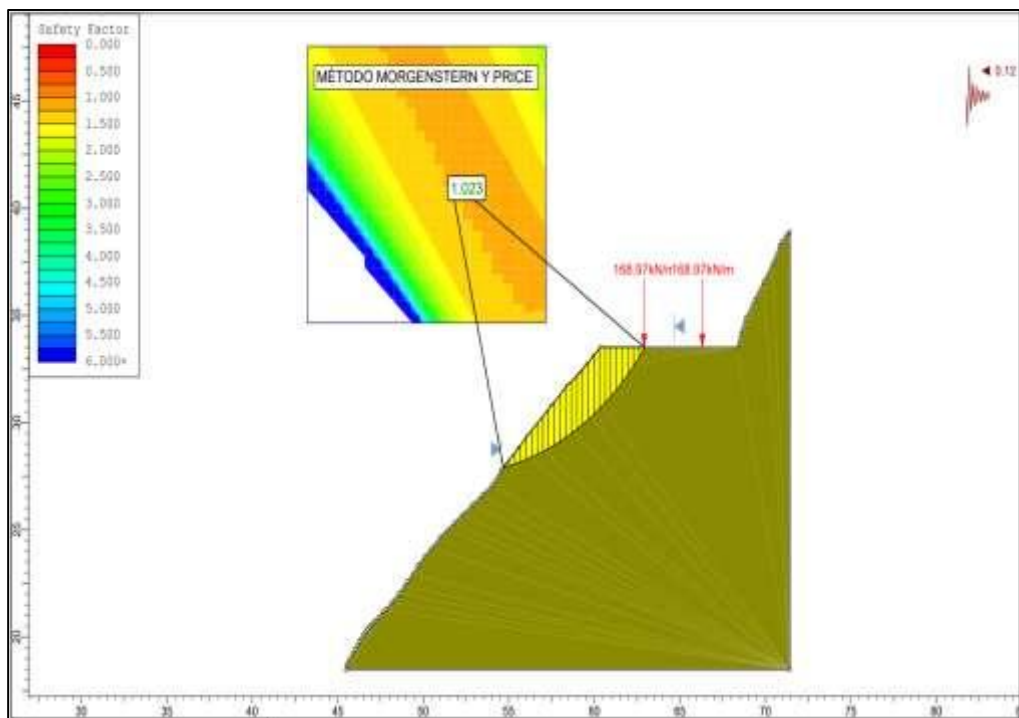
**Figura 51**

*El índice de seguridad por el enfoque de Bishop Simplified en condiciones sísmicas en el Km 263+100*



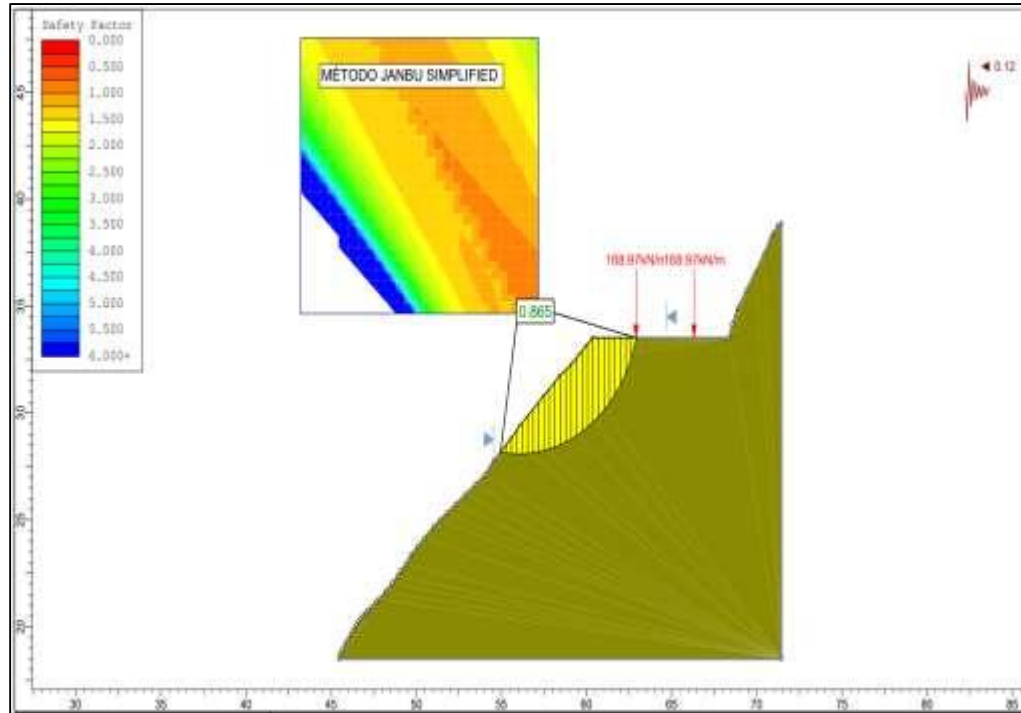
**Figura 52**

*El índice de seguridad por el enfoque de Morgenstern y Price en condiciones sísmicas en el Km263+100*



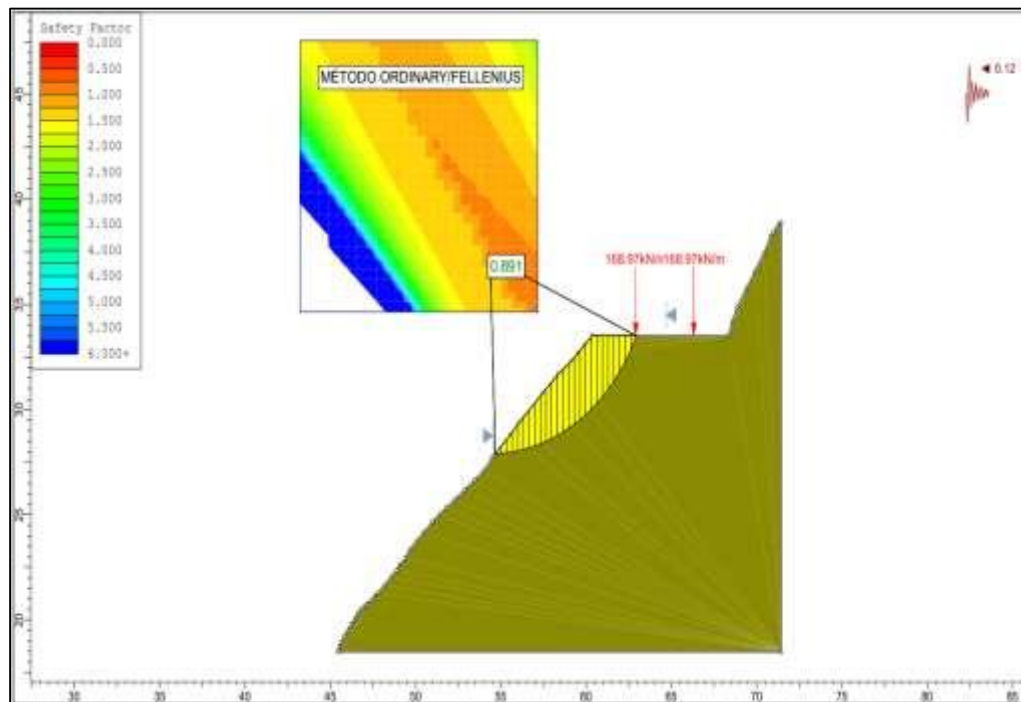
**Figura 53**

*El índice de seguridad por el enfoque de Morgenstern y Price en condiciones sísmicas en el Km 263+100*



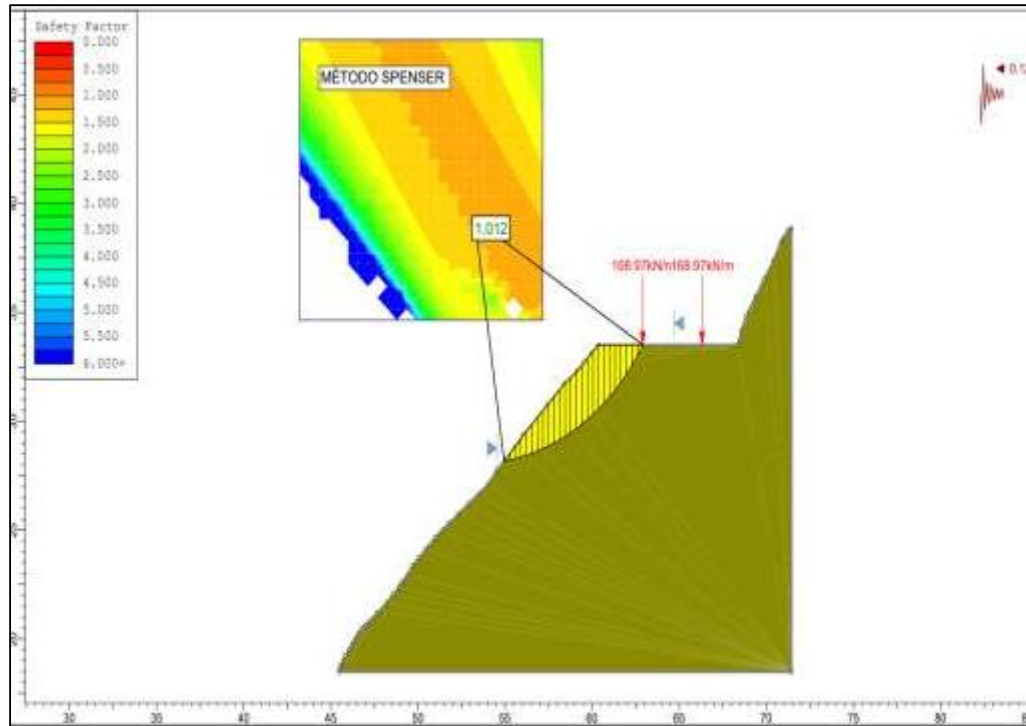
**Figura 54**

*El índice de seguridad por el enfoque de Ordinary/Fellenius en condiciones sísmicas en el Km 263+100*



**Figura 55**

*El índice de seguridad por el enfoque de Spenser en condición sísmicas en el Km 263+100*

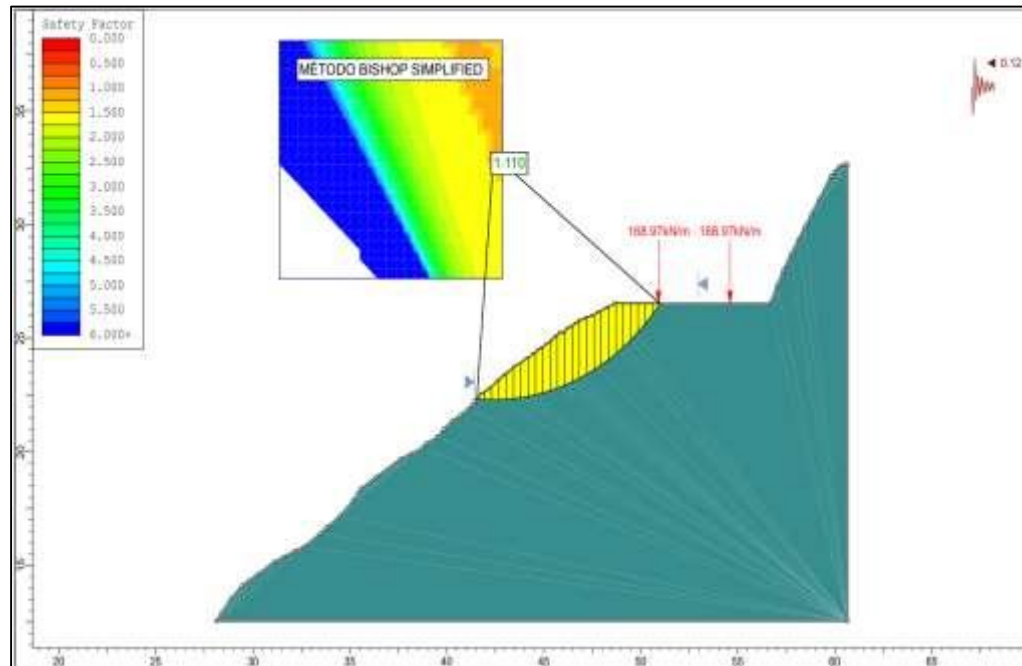


### **Interpretación**

Como se puede observar en las **figuras 51, 52, 53, 54 y 55** respectivamente con los métodos Bishop Simplified, Morgenstern y Price, Janbu Simplified, Ordinary/Fellenius y Spenser, los cuales se cálculos el mínimo índice de seguridad del Km 236+100 en el programa Slide en condición pseudoestáticas, es importante mencionar que los índices de seguridad se calcularon por el método de las rebanadas. Con base a CE. 020 se asegura que ninguno cumple con el factor mínimo ( $FS > 1.25$ ). Entonces, a partir del análisis establecido por los 5 métodos de las rebanadas se obtiene; por el método Bishop Simplified resultó 1.023, por el método Morgenstern y Price resultó 1.023, por el método de Janbu Simplified resultó 0.865, por el método Ordinary/Fellenius resultó 0.891 y finalmente por el método Spenser resultó 1.012.

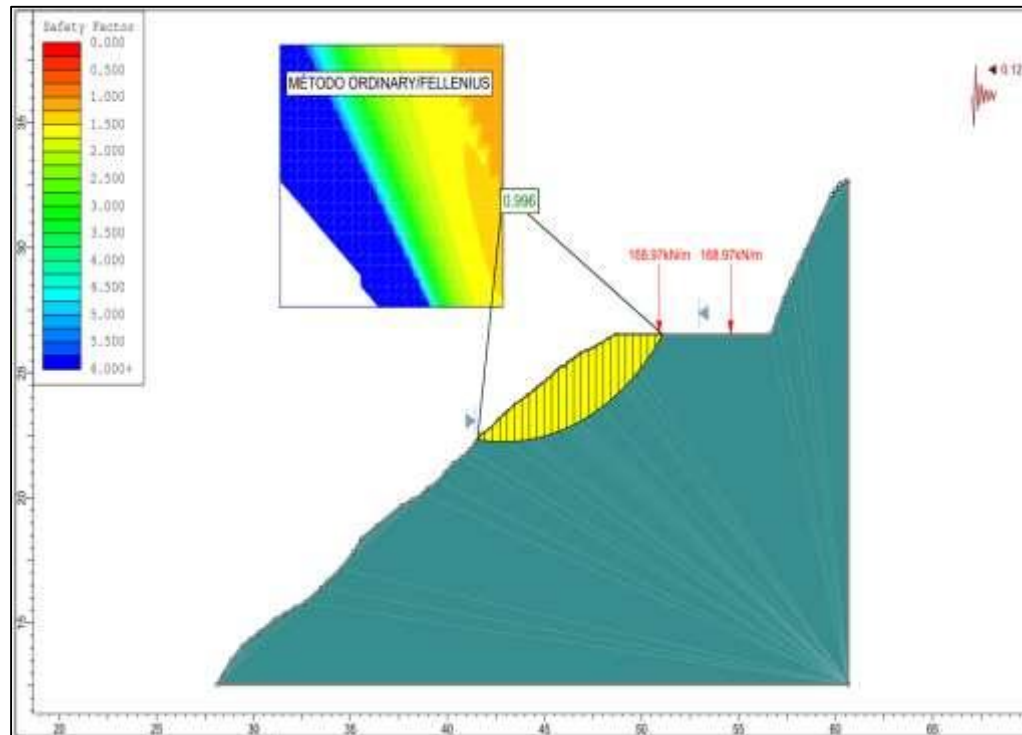
**Figura 56**

*El índice de seguridad por el enfoque de Bishop Simplified en condiciones sísmicas en el Km 263+150*



**Figura 57**

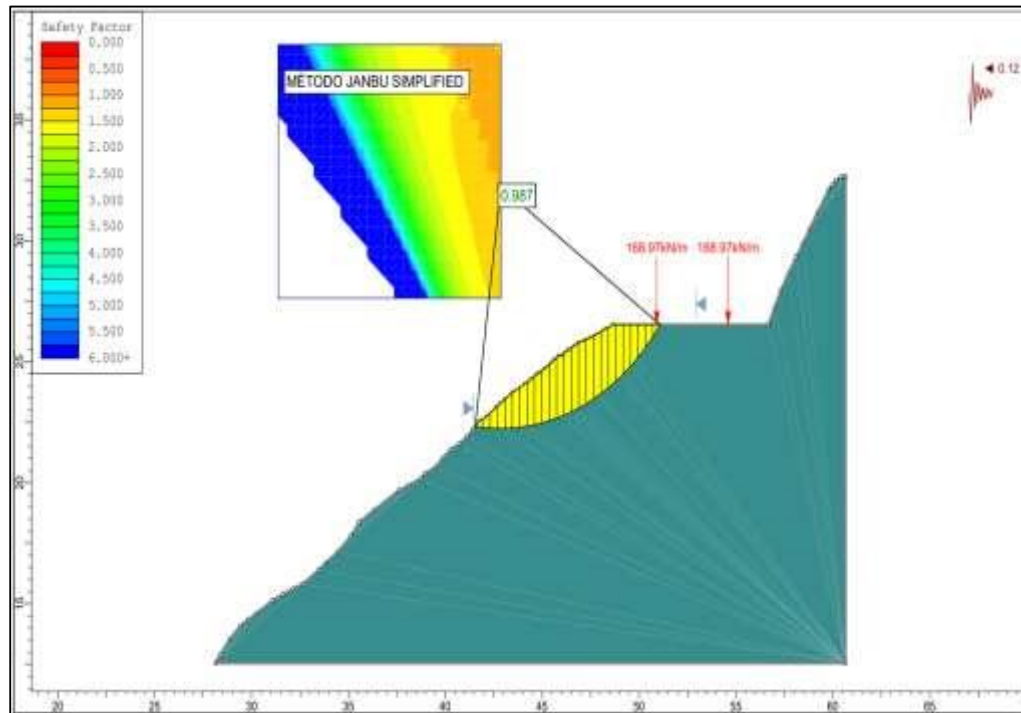
*El índice de seguridad por el enfoque de Morgenstern y Price en condiciones sísmicas en el Km263+150*





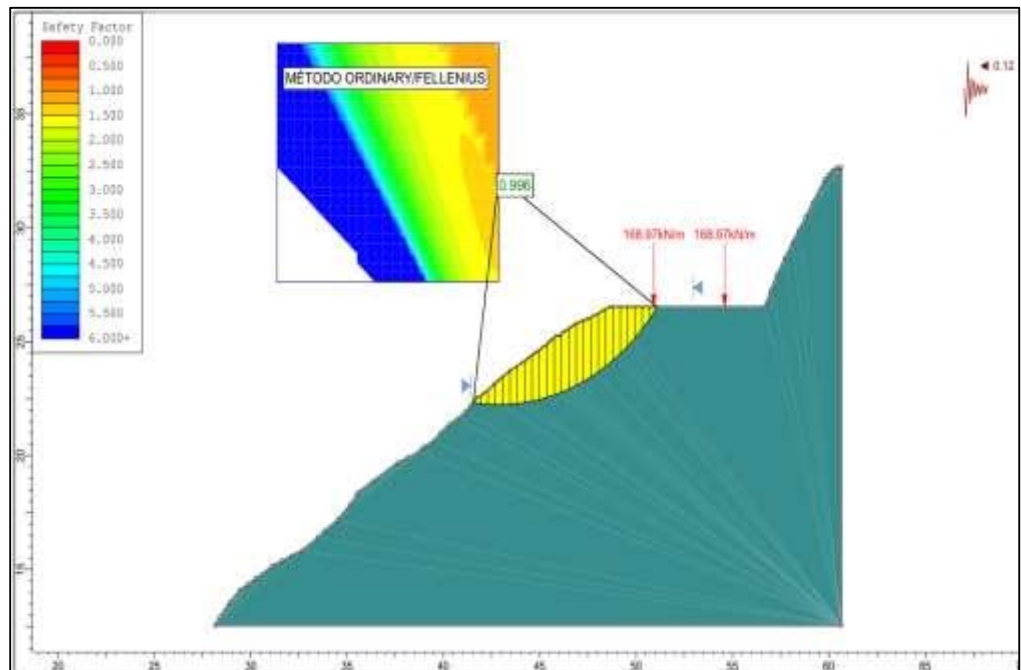
**Figura 58**

*El índice de seguridad por el enfoque de Janbu Simplified en condiciones sísmicas en el Km 263+150*



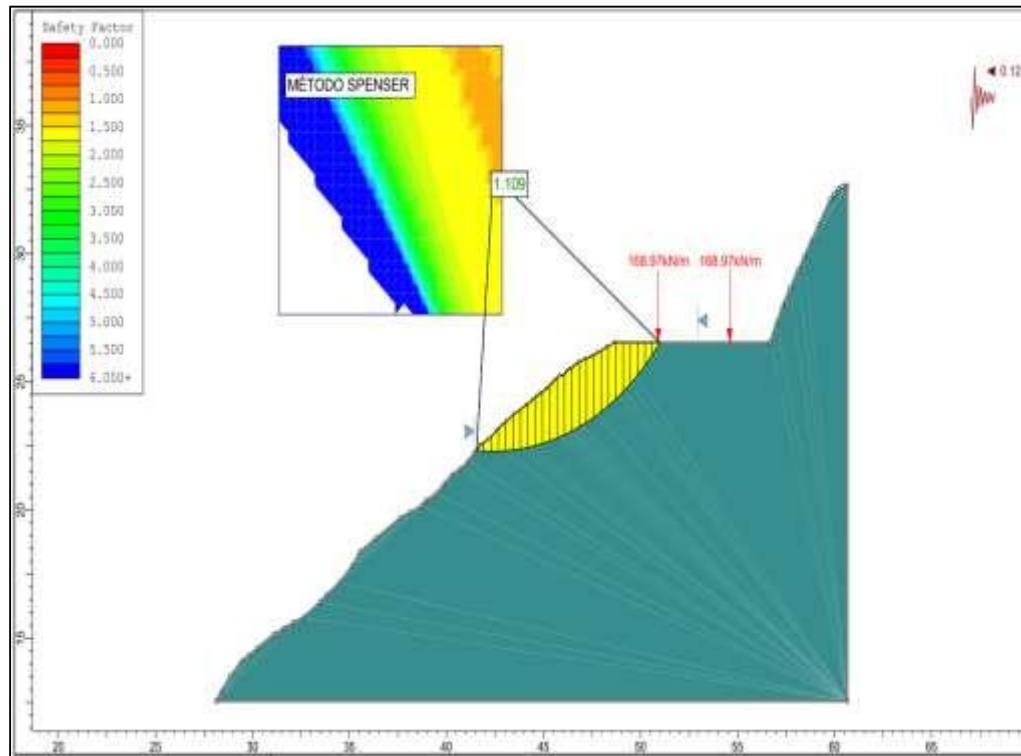
**Figura 59**

*El índice de seguridad por el enfoque de Ordinary/Fellenius en condiciones sísmicas en el Km 263+150*



**Figura 60**

*El índice de seguridad por el enfoque de Spenser en condiciones sísmicas en el Km 263+150*



### **Interpretación**

Como se observa en las figuras **56, 57, 58, 59 y 60** respectivamente con los métodos Bishop Simplified, Morgenstern y Price, Janbu Simplified, Ordinary/Fellenius y Spenser, los cuales se cálculos el mínimo índice de seguridad del Km 236+150 en el programa Slide en condiciones pseudoestáticas, es importante mencionar que los índices de seguridad se calcularon por el enfoque de las rebanadas. Con base a CE. 020 se asegura que ninguno cumple con el índice mínimo ( $FS > 1.25$ ).

Entonces, a partir del análisis establecido por los 5 métodos de las rebanadas se obtiene; por el método Bishop Simplified resultó 1.110, por el método Morgenstern Price resultó 0.996, por el método de Janbu Simplified resultó 0.987, por el método Ordinary/Fellenius resultó 0.996 y finalmente por el método Spenser resultó 1.109.

Posteriormente, se creó un cuadro resumen de los resultados obtenidos de los índices de seguridad en condiciones sísmicas en los Km 263+100 y Km 263+150.

**Tabla 10**

*Resumen de los índices de seguridad en condiciones sísmicas*

Métodos Usados	Factor de seguridad en condiciones pseudoestáticas	
	Km 263+100	Km 263+150
MÉTODO BISHOP SIMPLIFIED	1.023	1.110
MÉTODO MORGENSTERN PRICE	1.023	0.996
MÉTODO JANBU SIMPLIFIED	0.865	0.987
MÉTODO ORDINARY/FELLENIOUS	0.891	0.996
MÉTODO SPENSER	1.012	1.109

**Nota:** Con el fin de observar una manera más rápida los cálculos obtenidos por 5 métodos de las rebanadas de los índices de seguridad en condiciones sísmicas de los taludes de Km 263+100 y Km 236+150 que se observaron en las **figuras 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59 y 60**, se elabora la **tabla 10**.

Como se muestra en la tabla son los índices calculados por los métodos: Bishop Simplified, Morgenstern y Price, Janbu Simplified, Ordinary/Fellenius y Spenser.

#### 4.1.4 ANÁLISIS CON EL SOFTWARE GEOTÉCNICO GEO5

### PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN CON EL USO MURO DE SUELO REFORZADOS CON GEOMALLA FORTRAC

Existen diferentes tipos de estructuras de tierra armada, siendo las más destacadas los muros de tierra reforzados con elementos tensados o extensibles y los muros de tierra reforzados con elementos inextensibles. Los elementos de refuerzo continuo o inextensibles consisten en un anillo o malla de acero, mientras que los elementos tensados son georedes (geomallas) o geotextiles. Arévalo (2012).

Es por ello que para la estabilización del talud se utiliza el tipo de refuerzo extensible de geomalla **Fortrac R 400/30-20T**.

**Figura 61**

*Tipo de refuerzo del muro*

Editar tipo de refuerzo 1

Nombre : Fortrac R 400/50-30T  Configuración de usuario

Conjunto de producción : Fortrac T

**Tipo de refuerzo : Fortrac R 400/50-30T**

Resistencia a la tensión

Caract.de resistencia a corto plazo :  $T_{uB} = 400.00$  [kN/m]

Diseño de resistencia a largo plazo  $R_d$  : **Calculo de coeficientes parciales**

Tiempo de vida : 120 años  $R_{FCR} = 1.52$  [-]

Química : pH 4.0-9.0  $R_{FD} = 1.03$  [-]

Tamaño parcial :  $D_{90} \leq 32$  mm  $R_{FIG} = 1.02$  [-]

Coef. global de modelo incierto :  $F_{SUNC} = 1.50$  [-]

Diseño de resistencia a largo plazo  $R_d = 166.99$  kN/m

Resistencia al desplazamiento

Coefficiente de desplazamiento directo a lo largo del refuerzo :  $C_{dB} = 0.60$  [-]

Resistencia al arrancamiento

Coefficiente de interacción de suelo y geo-refuerzo :  $C_i = 0.70$  [-]

Resistencia de la conexión

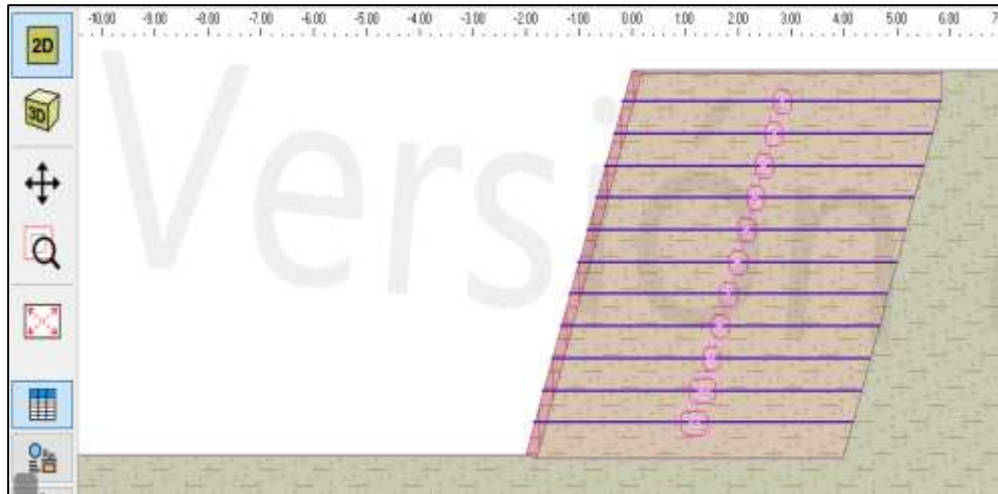
no verificar

Catálogo de usuarios

OK Cancelar

**Figura 62**

*La cantidad de refuerzos del muro diseñado*



Como se observa en las **figuras 61 y 62**, se muestra el tipo de refuerzo que se usó en el modelamiento del muro con sus respectivas especificaciones, lo cual se obtiene de la base de datos del software Geo5 23 (Demo) y también se muestra el número de los refuerzos que se utiliza en la estructura del muro, un total de 11 refuerzos con una separación de 0.5 cm, haciendo un total de 5.5m más 0.5cm de la base haciendo un total a la altura del muro.

## **DIMENSIONAMIENTO DE LA ESTRUCTURA**

**Angulo de inclinación:** Arévalo (2012) menciona que este parámetro juega un papel menor en la estabilidad estructural. Por otro lado, se tiene en cuenta que para muros de contención el ángulo de inclinación se establece de 70°.

**Altura máxima del muro:** A base del Instituto Mexicano del Transporte, (2013); señala que la relación principal de la altura de muro es que deben respetarse para el buen funcionamiento de las estructuras y también estas las razones económicas; la altura mínima de pared es de 4 metros. En este caso se fijó una altura de 6 metros.

**Figura 63**

*Altura y ángulo de inclinación del muro*



**La longitud efectiva del refuerzo:** Arévalo (2012) hace referencia que la mayoría de las normas establecen que la longitud mínima que se recomienda respecto al refuerzo es de  $0,7(H)$ . También menciona que el espacio o la separación horizontal y vertical de los refuerzos suele ser de 75cm. Cabe recordar que se está considerando el tipo de refuerzo extensible.

**Figura 64**

*Longitud efectiva y separación de los refuerzos*



**La base empotrada:** Arévalo (2012) menciona respecto a la profundidad de la base empotrada se basa en consideraciones de soporte de carga, asentamiento y estabilidad debido a la pendiente del muro. Por otro lado, en el plano horizontal se puede considerar una profundidad de empotramiento que se recomienda al menos **H/20**.

## **LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE RELLENO**

Como se requiere formar o establecer muros de tierra reforzados, con el fin de obtener un área adicional y formar un terraplén de carretera de un solo carril para resistir el tráfico pesado.

Arévalo (2012) sugiere parámetros respecto al suelo, además la estructura está sostenida por un terreno granular, en nuestro caso si se está considerando en condiciones pseudoestáticas y N.F. (Nivel Freático) no se está considerando en el talud.

**Tabla 11**

*Las características del terreno o suelo*

Parámetros	Angulo de fricción Interna	Peso Unitario (kN/m <sup>3</sup> )
El suelo detrás de la Cimentación	30°	20
El suelo Relleno	34°	20

Es por ello que el suelo utilizado como material de relleno en la estructura reforzada es los alrededores del km 263+100, ya que estas tienen las propiedades geomecánicas que cumplen con los requisitos mínimos para material de relleno.

**Figura 65**

*Características del suelo de la ladera del Km 263+100*

Editar parámetros de suelo

Identificación

Nombre: ARENA ARCILLOSA Y LIMOSA (1)

Datos Básicos

Peso unitario:  $\gamma = 19.87$  [kN/m<sup>3</sup>]

Ángulo de fricción interna:  $\phi_{int} = 34.45$  [°]

Cohesión de suelo:  $c_e = 8.48$  [kPa]

Ángulo de fricción estructura-suelo:  $\delta = 30.00$  [°]

Subpresión

Modo de cálculo de subpresión: Estándar

Peso unitario de suelo saturado:  $\gamma_{sat} = 19.87$  [kN/m<sup>3</sup>]

Dibujar

Categoría de patrón: GED

Buscar:

Subcategoría: Suelos (T - 16)

Patrón: 11 Arena arcillosa

Color:

Fondo: automático

Saturación  $\langle 10 - 90 \rangle$ : 50 [%]

Clasificar Limpiar OK + OK Cancelar

Como observa en la **figura 65** los datos o características de suelo de alrededor del talud km 263+100 cumple con las exigencias establecidas en la **tabla 11**; por ende, el suelo de la ladera servirá como material de relleno.

**Figura 66**

*Características del suelo de la ladera del Km 263+150*

Editar parámetros de suelo

Identificación

Nombre: ARENA ARCILLOSA Y LIMOSA (2)

Datos Básicos

Peso unitario:  $\gamma = 18.35$  [kN/m<sup>3</sup>]

Ángulo de fricción interna:  $\phi_{int} = 29.15$  [°]

Cohesión de suelo:  $c_e = 5.16$  [kPa]

Ángulo de fricción estructura-suelo:  $\delta = 28.00$  [°]

Subpresión

Modo de cálculo de subpresión: Estándar

Peso unitario de suelo saturado:  $\gamma_{sat} = 18.35$  [kN/m<sup>3</sup>]

Dibujar

Categoría de patrón: GED

Buscar:

Subcategoría: Suelos (T - 16)

Patrón: 11 Arena arcillosa

Color:

Fondo: automático

Saturación  $\langle 10 - 90 \rangle$ : 50 [%]

Clasificar Limpiar OK + OK Cancelar



Como observa en la **figura 66** los datos o características de suelo de alrededor del talud km 263+150 cumple con las exigencias establecidas para usarse en la fundación.

**Figura 67**

*Características del suelo de la ladera del Km 263+150*

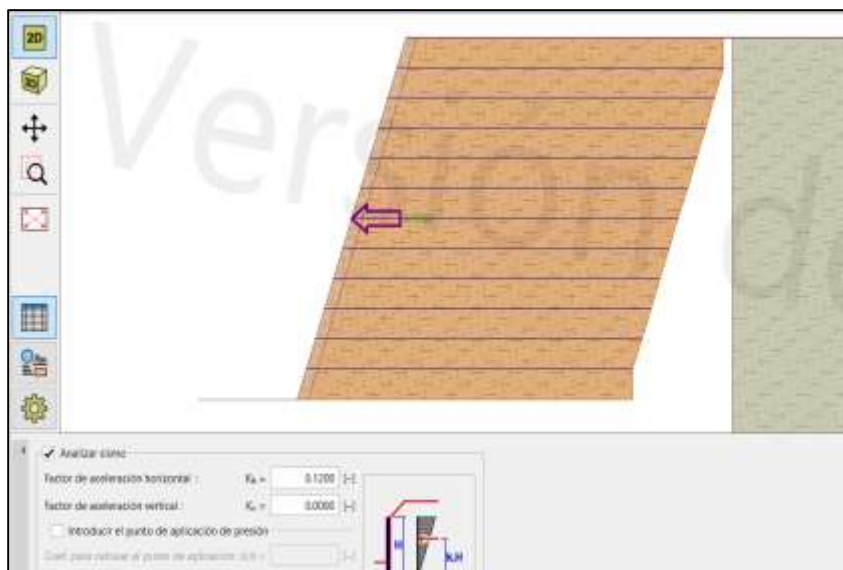


En la **figura 67** se observa la geometría de muro con refuerzo extensible de geomalla Fortrac R 400/30-20T y la asignación de los características y parámetros de los suelos.

De la misma manera, en la condición pseudoestática como se introdujo el coeficiente sísmico Horizontal de **0.12g** en el software Slide V.6, se hace en el software Geo5.

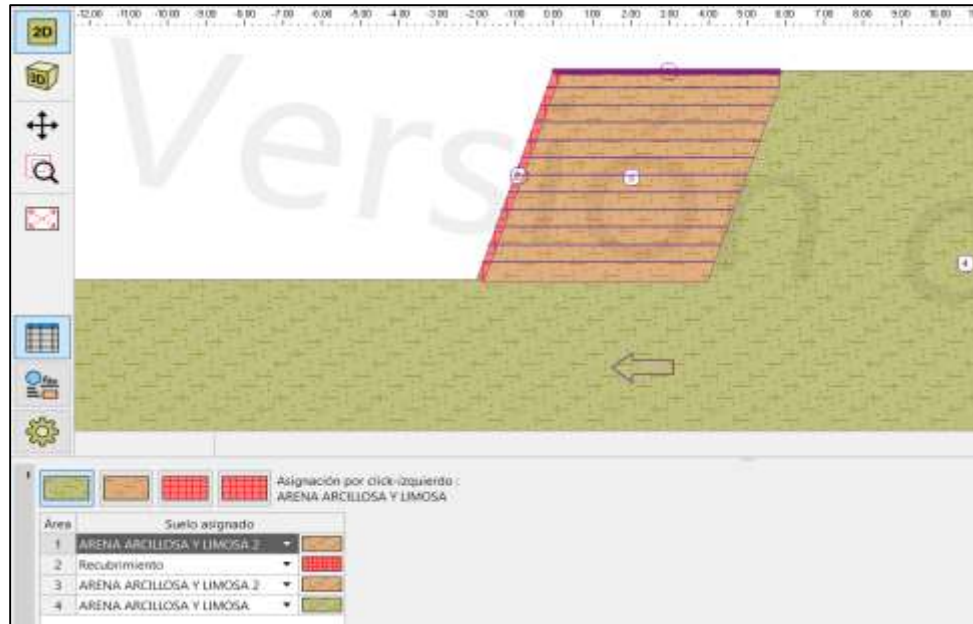
**Figura 68**

*Introducción del coeficiente sísmico horizontal en la estructura*



**Figura 69**

*Geometría del muro con el coeficiente sísmico horizontal*



Como observa en las **figuras 68 y 69**, se muestra en el software Geo5 23 (Demo) la introducción del coeficiente sísmico Horizontal con las mismas propiedades del suelo, geometría, refuerzo, etc.; ya mencionadas anteriormente en las condiciones estáticas.

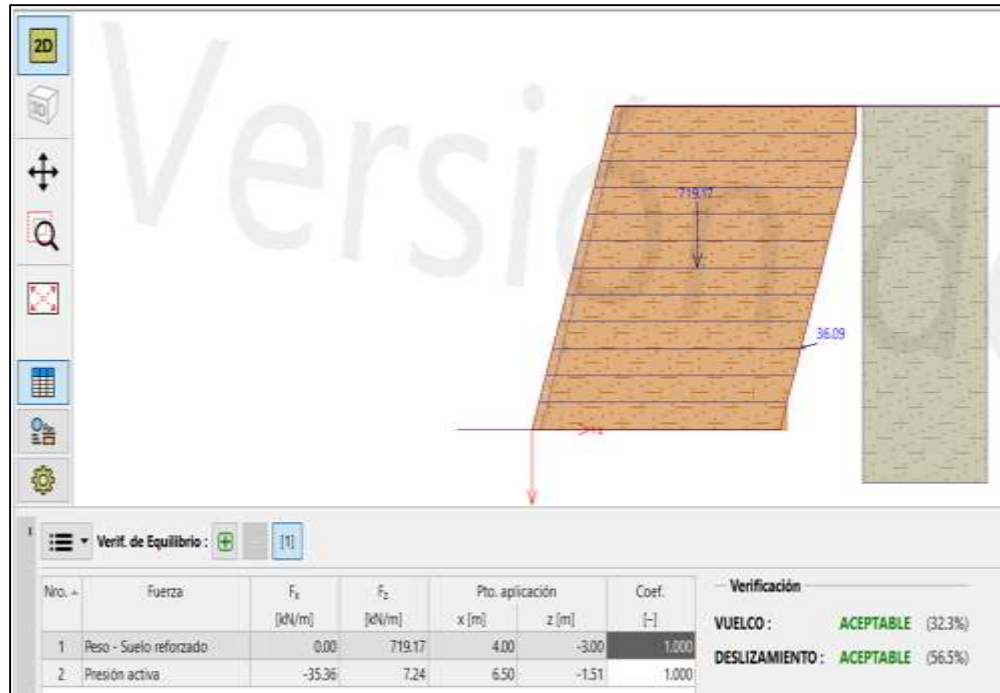
#### **4.1.5 VERIFICACIONES DEL MURO EN CONDICIONES NORMALES EN EL SOFTWARE GEO5 23 (DEMO)**

##### **LA VERIFICACIÓN DE EQUILIBRIO COMPLETO DEL MURO**

En el programa Geo5 23 (Demo) se verificó los índices de seguridad del equilibrio completo del muro, tanto para la verificación de estabilidad de vuelco como la verificación del deslizamiento, de tal manera se obtuvo resultados positivos en cuanto a los factores de seguridad.

**Figura 70**

*Verificación de equilibrio completo del muro*



### Interpretación

En la **figura 70** se observa la geometría modelada del muro con refuerzo extensible de geomalla Fortrac R 400/30-20T; y la verificación completa del muro para el vuelco y deslizamiento que el software Geo5 23 (Demo) proporciona en su base de datos.

De tal manera las verificaciones resultan favorables al diseño realizado, ya que obtenemos un porcentaje “ACEPTABLE”, es importante mencionar que a base del Manual de diseño de Geo&Soft Pavco sugiere que para el tipo de análisis como en vuelco y deslizamientos; los factores de seguridad mínimas son 2.0 y 1.5 respectivamente.

**Tabla 12**

*Resumen de los factores obtenidos en la verificación de equilibrio para el vuelco y deslizamiento*

Análisis Realizado	F.S. (obtenido)	Aceptación (%)
Vuelco	4.64	32.3
Deslizamiento	2.65	56.5

**Figura 71**

*La verificación más detallada del volcamiento y deslizamiento*



### **Interpretación**

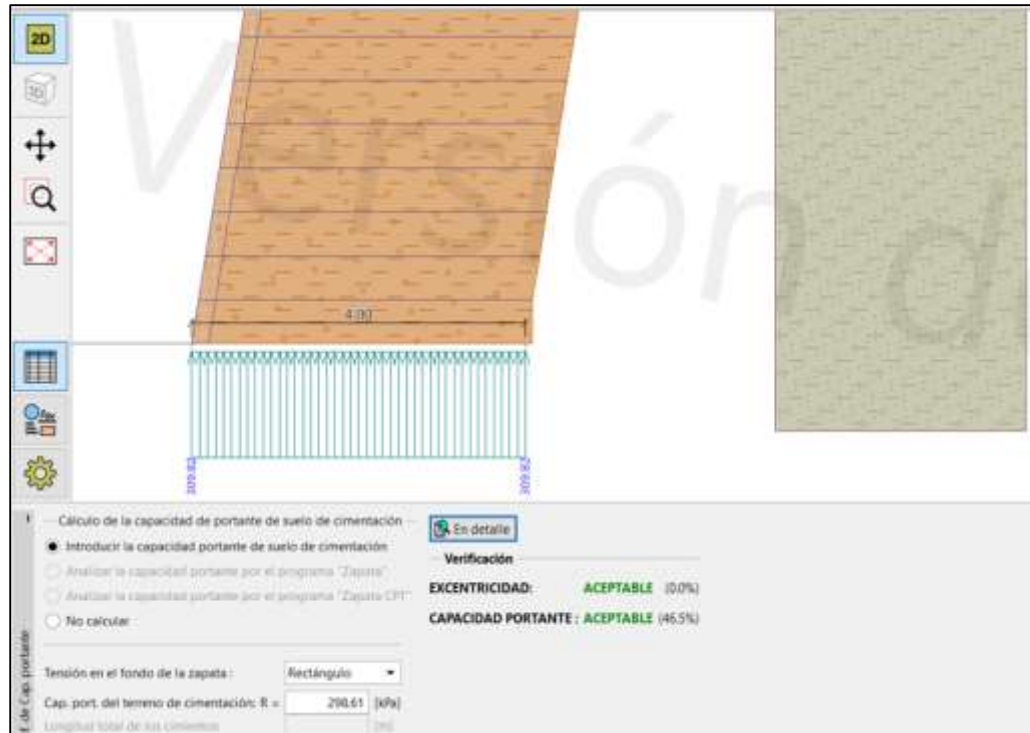
En la **tabla 12** se observa de un mejor manera los resultados obtenidos con respecto a los índices de seguridad, en la **figura 71** se muestra la verificación más detallada, respecto al vuelco con un factor de seguridad de 4.63 la cual está por encima del mínimo (F.S.  $>2.0$ ), además nos muestra el momento estabilizador de 3588.81 kNm/m y un momento de vuelco de 773.38 kNm/m; de la misma manera respecto al deslizamiento con un factor de seguridad de 2.65 la cual está por encima del mínimo (F.S.  $>1.5$ ), además también nos muestra la fuerza horizontal resistente de 735.50 kN/m y la fuerza horizontal activa de 277.06 kN/m.

### **LA VERIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL MURO**

En el programa Geo5 23 (Demo) se verificó el índice de seguridad de la capacidad de soporte del suelo, respecto del muro de suelo reforzado, de tal manera se obtuvo resultados positivos en cuanto al índice de seguridad.

**Figura 72**

*Verificación de capacidad portante del suelo del muro*



### Interpretación

En la **figura 72** se observa la geometría modelada del muro con refuerzo extensible de geomalla Fortrac R 400/30-20T; y la verificación de la capacidad portante de suelo que el software Geo5 23 (Demo) proporciona en su base de datos; se opta tomar el valor de la capacidad de soporte del terreno de cimentación un valor de 298.61 kPa.

De tal manera las verificaciones resultan favorables al diseño realizado, ya que obtenemos un porcentaje “ACEPTABLE”, es importante mencionar que a base del Manual de diseño de Geo&Soft Pavco sugiere que para el tipo de estudio de capacidad portante el índice mínimo es de 3.0.

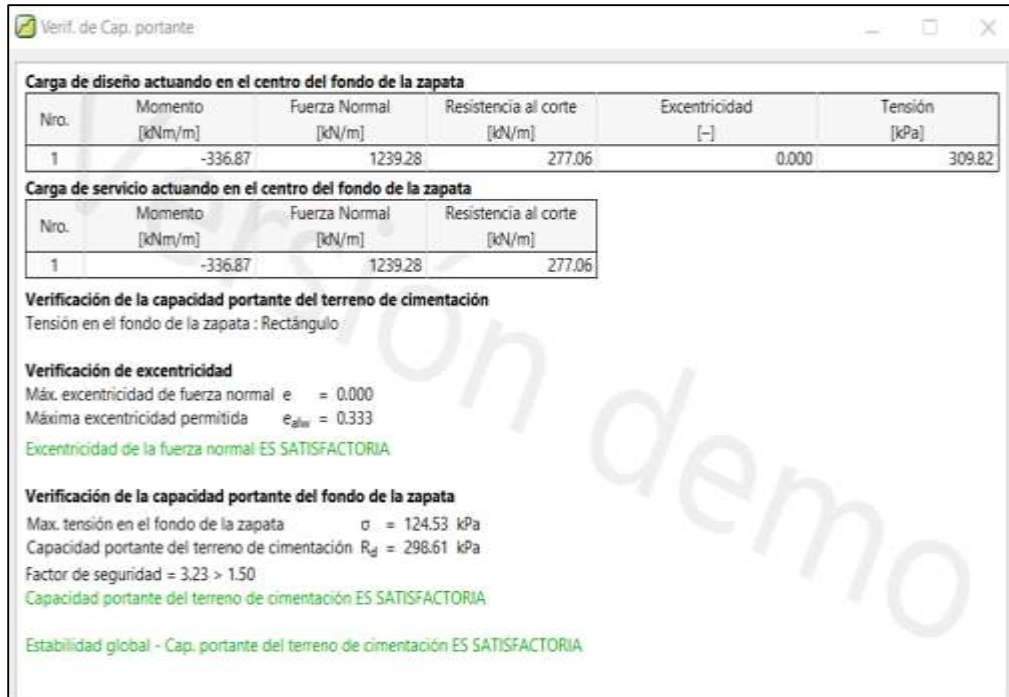
**Tabla 13**

*Resumen de los factores obtenidos de la capacidad portante del suelo*

Análisis Realizado	F.S. (obtenido)	Aceptación (%)
Excentricidad	0.333	0.01
Capacidad portante	3.23	46.5

**Figura 73**

*La verificación más detallada de la capacidad portante*



### Interpretación

En la **tabla 13** se muestra de una mejor manera los resultados obtenidos con respecto a los índices de seguridad, en la figura **73** se muestra la verificación más detallada, respecto a la verificación de excentricidad con un factor de seguridad de 0.333; de la misma manera respecto a la capacidad de soporte del fondo de cimentación con un factor de seguridad de 3.23 la cual está por encima del mínimo (F.S. >3.0).

## LA VERIFICACIÓN DE DESLIZAMIENTO EN LOS GEOREFUERZOS

Figura 74

Verificación de deslizamientos en los georeforzos del muro

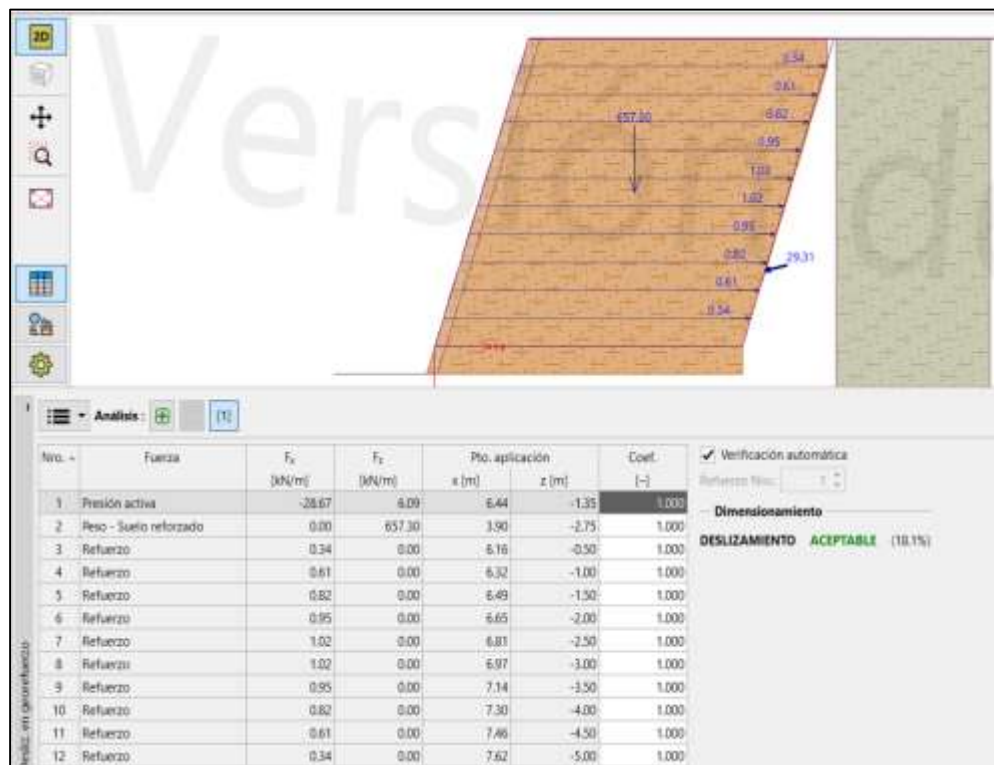
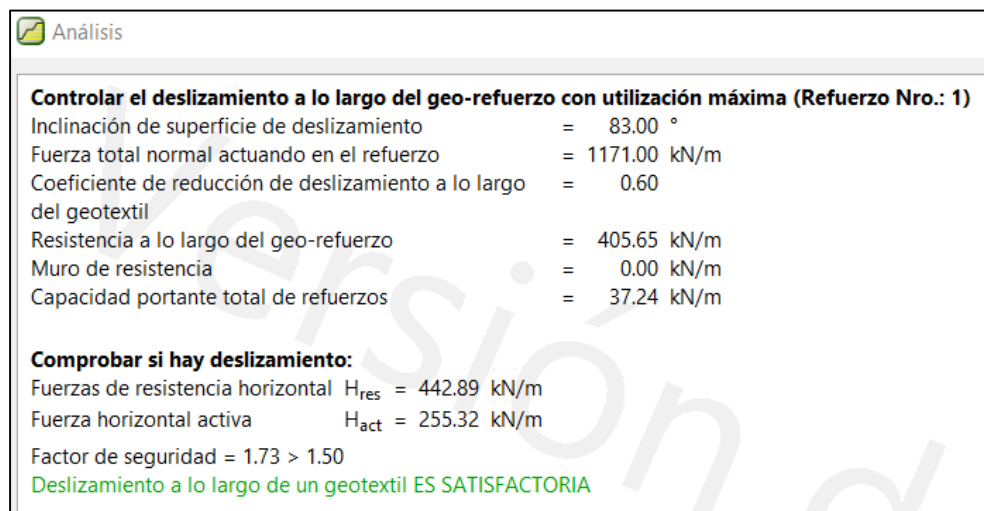


Figura 75

La verificación más detallada de deslizamiento de los georeforzos



## Interpretación

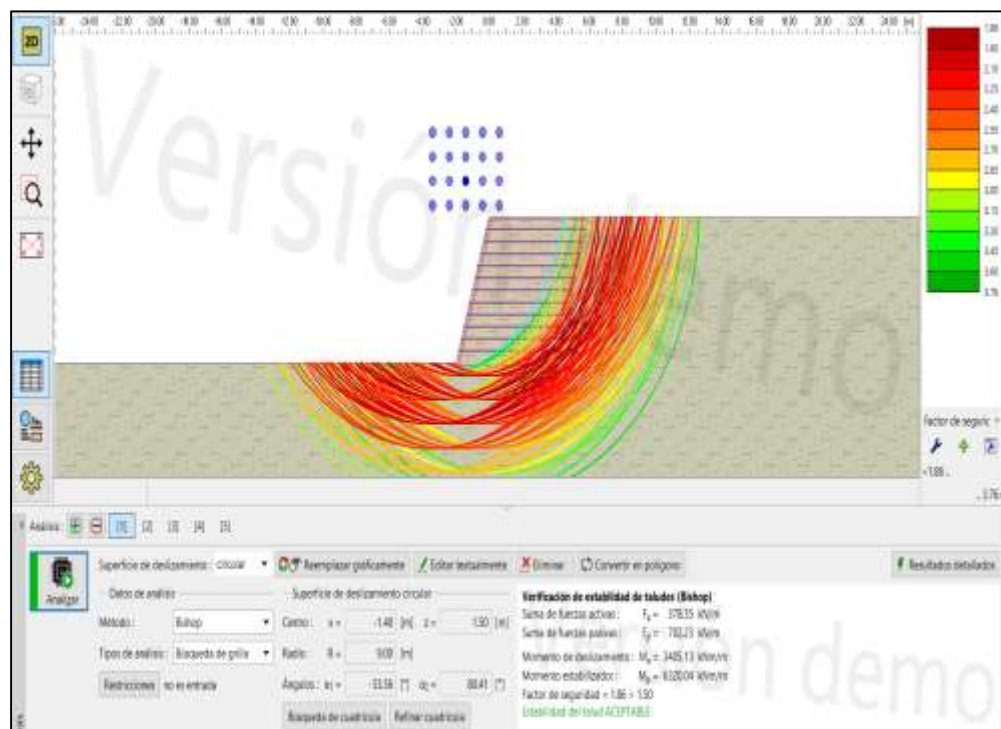
En la **figura 74** se observa la forma modelada del muro con refuerzo extensible de geomalla Fortrac R 400/30-20T; con un total de 11 refuerzos y la verificación del deslizamiento de los georeforzos en el software Geo5 23 (Demo). De tal manera la verificación resulta favorables al diseño realizado, ya que obtenemos un porcentaje “ACEPTABLE”.

En la **figura 75** se observa de una mejor manera los resultados obtenidos con respecto a los índices de seguridad, respecto a la verificación de deslizamiento de los georeforzos con un factor de seguridad de 1.73 la cual está por encima del mínimo (F.S. >1.5).

### 4.1.6 ÍNDICE DE SEGURIDAD CON LA INCIDENCIA DEL MURO EN CONDICIONES NORMALES

Figura 76

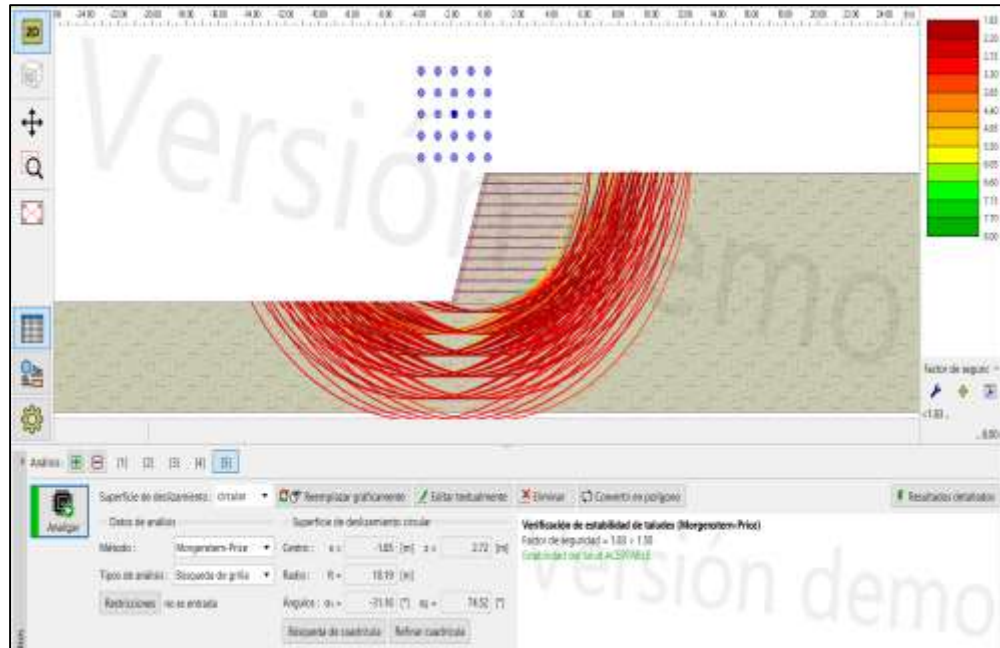
Índice de seguridad por el enfoque de Bishop Simplified en condiciones normales en el Km 263+100





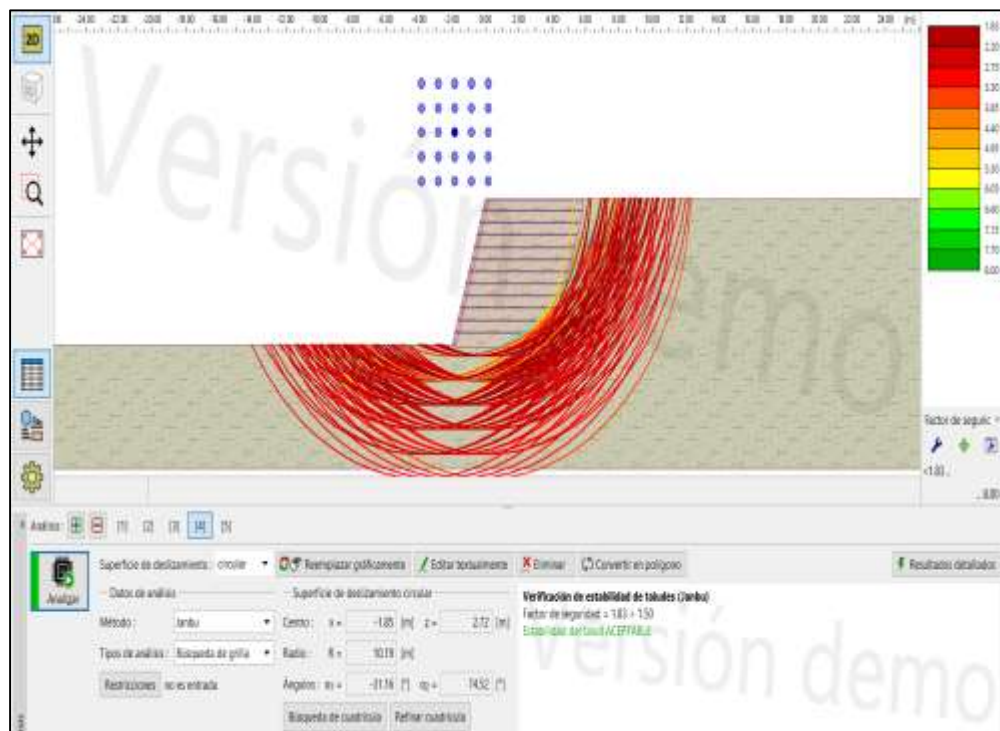
**Figura 77**

*Índice de seguridad por el enfoque de Morgenstern y Price en condiciones normales en el Km 263+100*



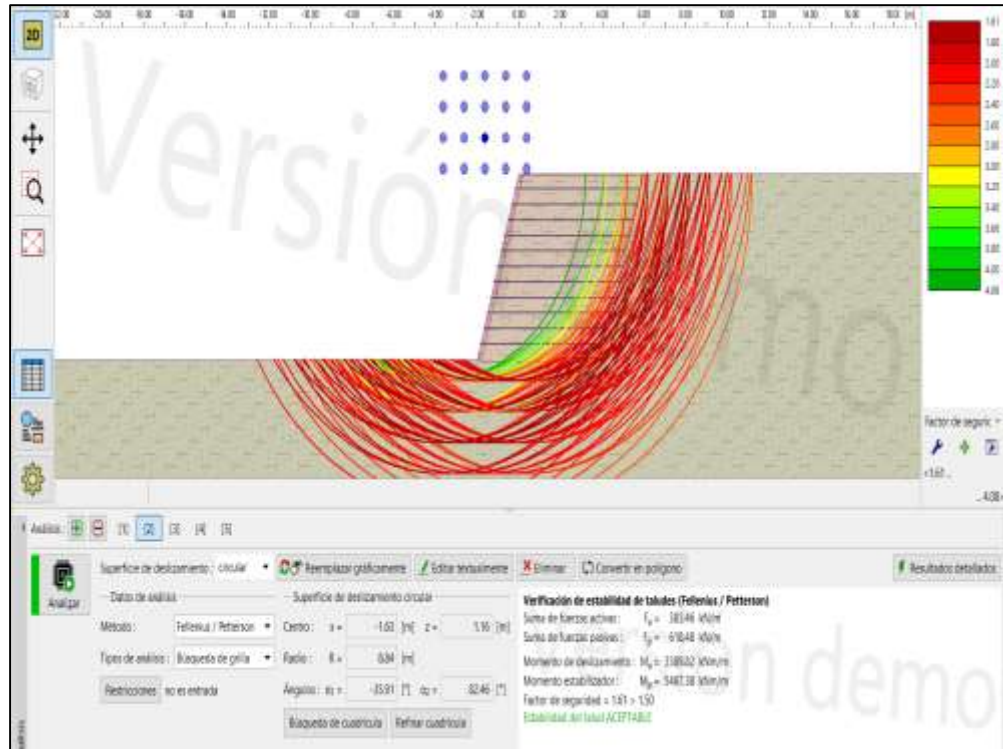
**Figura 78**

*Índice de seguridad por el enfoque de Janbu Simplified en condiciones normales en el Km 263+100*



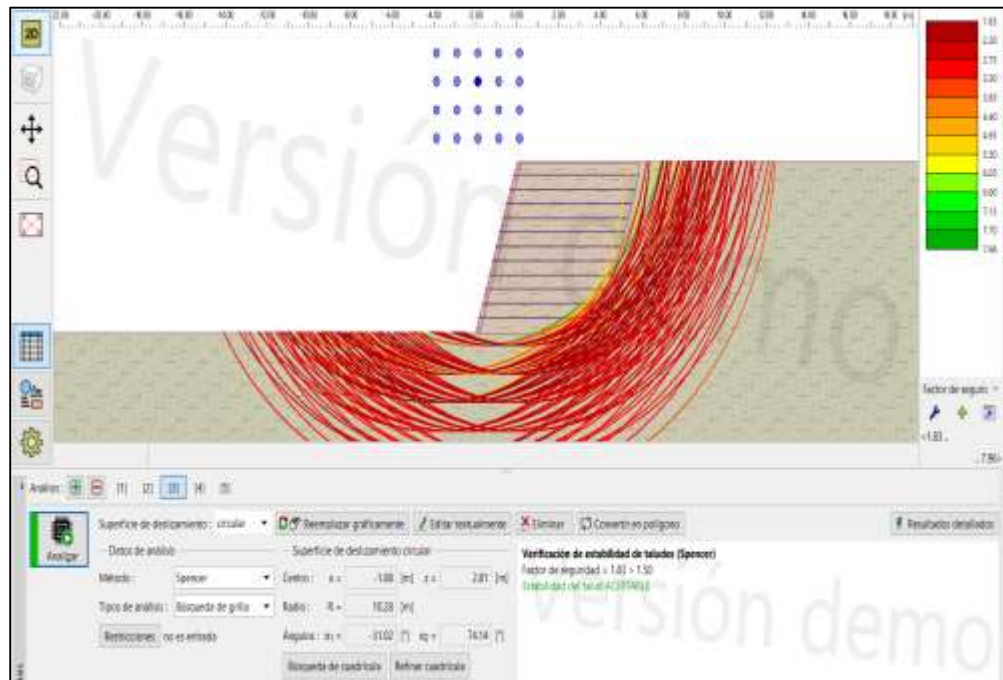
**Figura 79**

*Índice de seguridad por el enfoque de Ordinary/Fellenius en condiciones normales en el Km 263+100*



**Figura 80**

*Índice de seguridad por el enfoque de Spenser en condiciones normales en el Km 263+100*



## Interpretación

Como se puede observar en las **figuras 76, 77, 78, 79 y 80** respectivamente con los métodos Bishop Simplified, Morgenstern y Price, Janbu Simplified, Ordinary/Fellenius y Spenser, los cuales se calculó el índice de seguridad del Km 236+100 con incidencia del muro en el programa Geo5 23 (Demo) en condición estáticas. Con base a CE. 020 se asegura que cumplen con el índice mínimo ( $FS > 1.5$ ).

Entonces, a partir del análisis establecido por los 5 métodos; por el método Bishop Simplified resultó 1.860 por el método Morgenstern y Price resultó 1.850, por el método de Janbu Simplified resultó 1.850, por el método Ordinary/Fellenius resultó 1.63 y finalmente por el método Spenser resultó 1.850.

### Figura 81

*Extracto de resumen de los índices de seguridad con la incidencia de muro en condiciones normales en el software Geo5 23 (Demo)*

<b>Verificación de estabilidad de taludes (todos los métodos)</b>		
Bishop :	FS = 1.86 > 1.50	ACEPTABLE
Fellenius / Petterson :	FS = 1.63 > 1.50	ACEPTABLE
Spencer :	FS = 1.85 > 1.50	ACEPTABLE
Janbu :	FS = 1.85 > 1.50	ACEPTABLE
Morgenstern-Price :	FS = 1.85 > 1.50	ACEPTABLE

Como se puede observar en la **figura 81** un extracto de resumen de los factores de seguridad con la incidencia la estructura en el software Geo5 23 (Demo) de las **figuras 76, 77, 78, 79 y 80**; la cual se puede percatarse que los índices de seguridad obtenidos en el estudio en condición normales con la incidencia del muro de suelo reforzados resultan un “ACEPTABLE” en cada uno de los 5 métodos por el software Geo5.

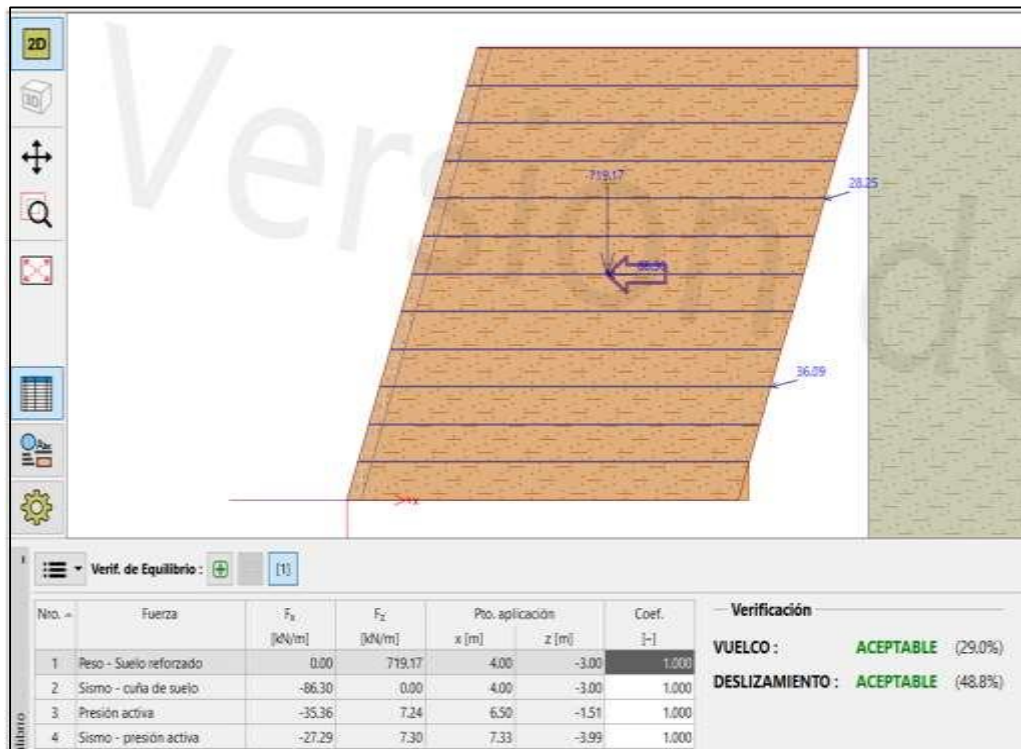
#### 4.1.7 VERIFICACIONES DEL MURO EN CONDICIONES PSEUDOESTÁTICAS EN EL SOFTWARE GEO5 23 (DEMO)

##### LA VERIFICACIÓN DE EQUILIBRIO COMPLETO DEL MURO EN CONDICIONES PSEUDOESTÁTICAS

En el software Geo5 23 (Demo) se verifica los índices de seguridad del equilibrio completo del muro en condiciones pseudoestáticas, tanto para la verificación de estabilidad de vuelco como la verificación del deslizamiento, de tal manera se obtuvo resultados positivos en cuanto a los factores de seguridad.

**Figura 82**

*Verificación de equilibrio completo del muro en condiciones pseudoestáticas*



##### Interpretación

En la **figura 82** se observa la forma modelada del muro con refuerzo extensible de geomalla Fortrac R 400/30-20T; y la verificación completa del muro para el vuelco y deslizamiento en condiciones pseudoestáticas que el software Geo5 23 (Demo) proporciona en su base de datos.

De tal manera las verificaciones resultan favorables al diseño realizado, ya que obtenemos un porcentaje “ACEPTABLE”, es importante mencionar que a base del Manual de diseño de Geo&Soft Pavco sugiere que para el tipo de análisis como en vuelco y deslizamientos en condiciones pseudoestáticas; los índices de seguridad mínimas son 1.50 y 1.125.

**Tabla 14**

*Resumen de los factores obtenidos en la verificación de estudio para el vuelco y deslizamiento, en condiciones pseudoestáticas*

Análisis Realizado	F.S. (obtenido)	Aceptación (%)
Vuelco	3.44	29.0
Deslizamiento	2.05	48.8

**Figura 83**

*La verificación más detallada del volcamiento y deslizamiento en condiciones pseudoestáticas*



### Interpretación

Respecto con la **tabla 14** se muestra de un mejor manera los resultados obtenidos con respecto a los índices de seguridad, en la **figura 83** se muestra la verificación más detallada, respecto al vuelco con un factor de seguridad de 3.44 la cual está por encima del mínimo

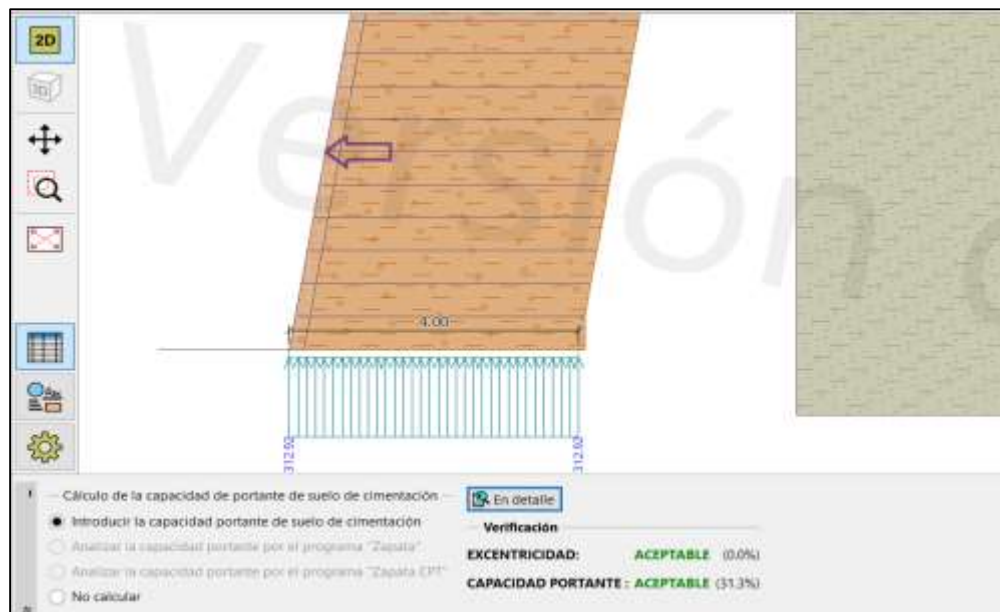
(F.S. >1.50), además nos muestra el momento estabilizador de 3646.65 kNm/m y un momento de vuelco de 1058.59 kNm/m; de la misma manera respecto al deslizamiento con un factor de seguridad de 2.05 la cual está por encima del mínimo (F.S. >1.125), además también nos muestra la fuerza horizontal resistente de 742.65 kN/m y la fuerza horizontal activa de 362.76 kN/m.

## LA VERIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL MURO EN CONDICIONES PSEUDOESTÁTICAS

En el software Geo5 23 (Demo) se verifica el índice de seguridad de la capacidad de soporte en condiciones pseudoestáticas, respecto del muro de suelo reforzado, de tal manera se obtuvo resultados positivos en cuanto al factor de seguridad.

**Figura 84**

*Verificación de capacidad portante del suelo del muro en condiciones pseudoestáticas*



### Interpretación

En la **figura 72** se observa la forma modelada del muro de suelo reforzado con refuerzo extensible de geomalla Fortrac R 400/30-20T; y la verificación de la capacidad portante de suelo en condiciones pseudoestáticas que el software Geo5 23 (Demo) proporciona en su base de datos.

De tal manera las verificaciones resultan favorables al diseño realizado, ya que obtenemos un porcentaje “ACEPTABLE”, es importante mencionar que a base del Manual de diseño de Geo&Soft Pavco sugiere que para el tipo de estudio de capacidad portante el índice mínimo es de 3.0.

**Tabla 15**

*Resumen de los factores obtenidos de la capacidad portante del suelo en condiciones pseudoestáticas*

Análisis Realizado	F.S. (obtenido)	Aceptación (%)
Excentricidad	0.333	0.01
Capacidad portante	3.20	31.3

**Figura 85**

*La verificación más detallada de la capacidad portante en condiciones pseudoestáticas*



## Interpretación

Respecto con la **tabla 15** se muestra de una mejor manera los resultados obtenidos con respecto a los índices de seguridad en condiciones sísmicas, en la figura **85** se observa la verificación más detallada, respecto a la verificación de excentricidad con un factor de seguridad de 0.333; de la misma manera respecto a la capacidad de soporte del fondo con un índice de seguridad de 3.20 la cual está por encima del mínimo (F.S. >3.0).

## LA VERIFICACIÓN DE DESLIZAMIENTO EN LOS GEORFUERZOS EN CONDICIONES PSEUDOESTÁTICAS

Figura 86

Verificación de deslizamientos en los geofuerzos del muro condiciones pseudoestáticas

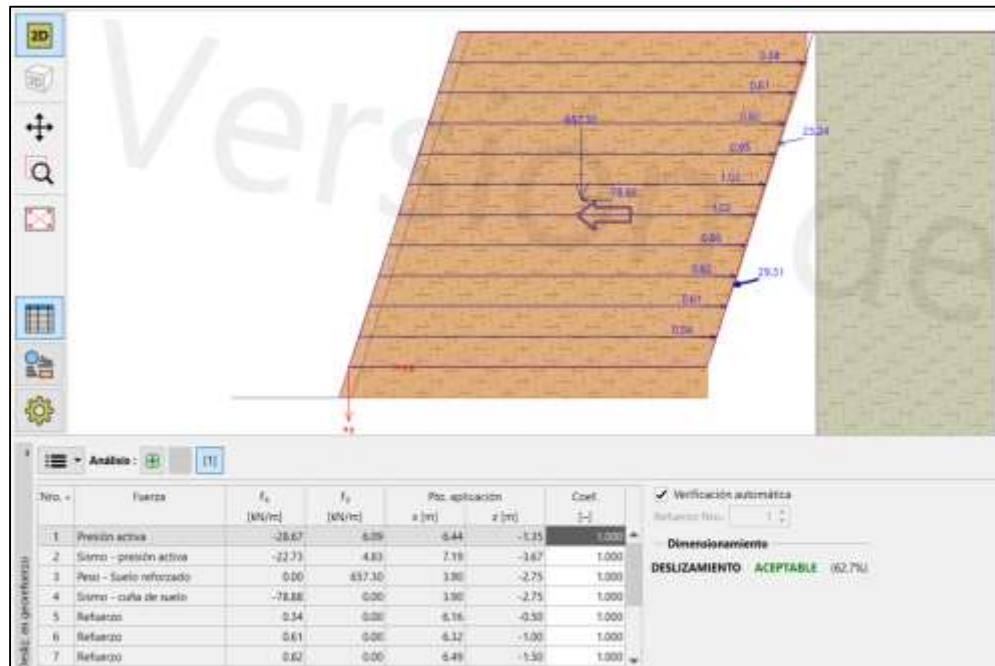
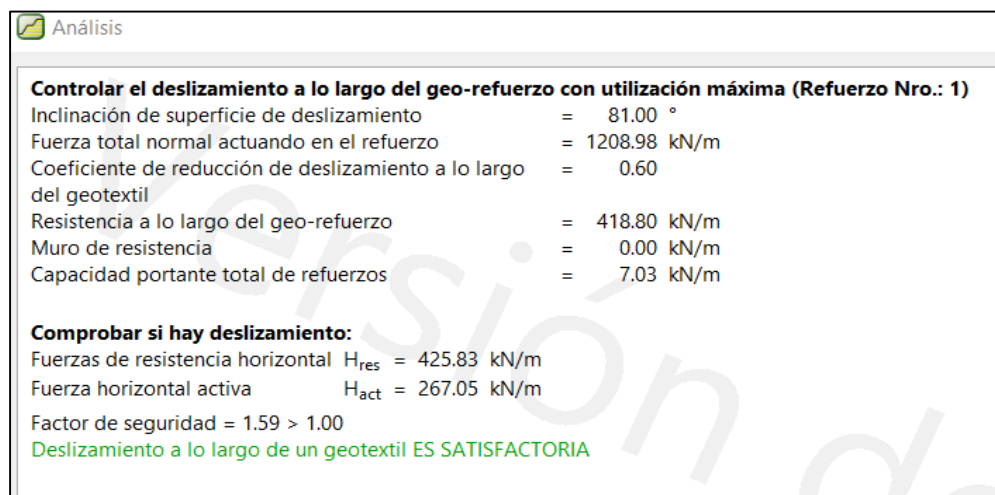


Figura 87

La verificación más detallada de deslizamiento de los geofuerzos condiciones pseudoestáticas





## Interpretación

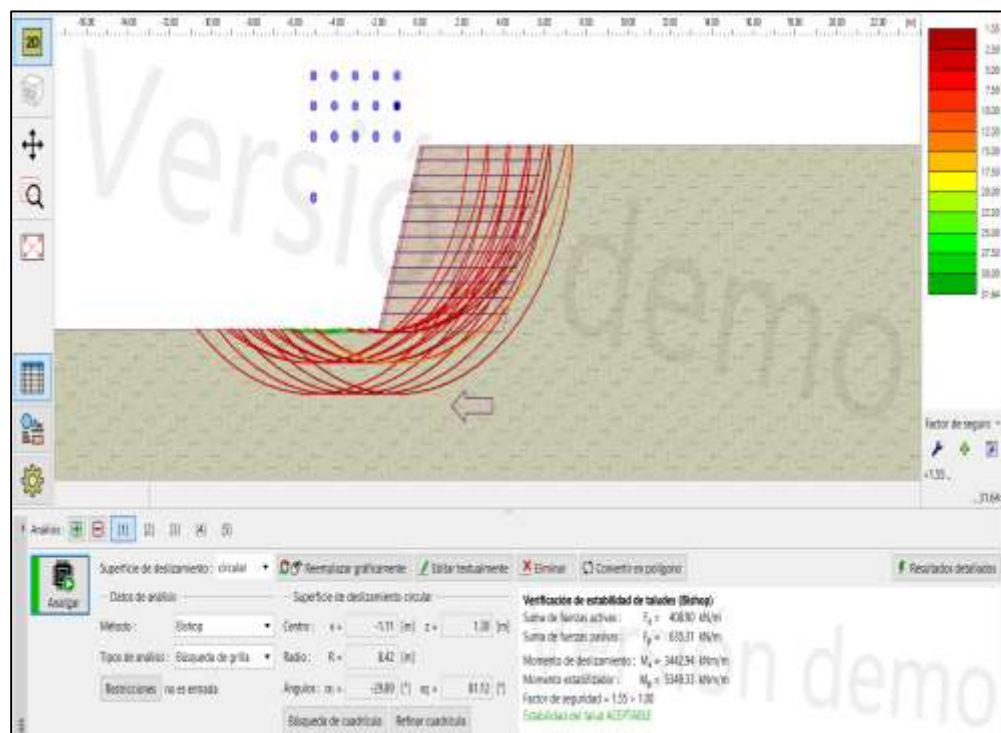
En la **figura 86** se observa la forma modelada del muro con refuerzo extensible de geomalla Fortrac R 400/30-20T; con un total de 11 refuerzos y la verificación del deslizamiento de los georeforzos en el software Geo5 23 (Demo). De tal manera la verificación resulta favorables al diseño realizado, ya que obtenemos un porcentaje “ACEPTABLE”.

En la **figura 87** se observa de una mejor manera los resultados obtenidos con respecto a los índices de seguridad en condiciones sísmicas, respecto a la verificación de deslizamiento de los georeforzos con un factor de seguridad de 1.59 la cual está por encima del mínimo (F.S. >1.5).

### 4.1.8 ÍNDICE DE SEGURIDAD CON LA INCIDENCIA DEL MURO EN CONDICIONES PSEUDOESTÁTICAS

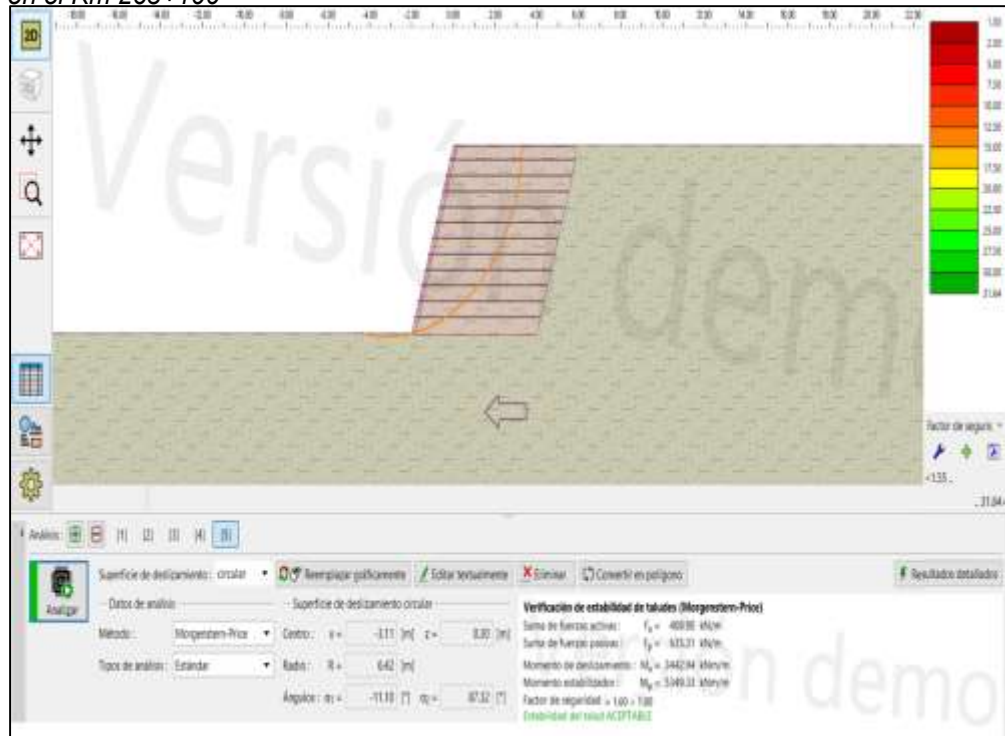
Figura 88

*Índice de seguridad por el enfoque de Bishop Simplified en condición sísmica en el Km 263+100*



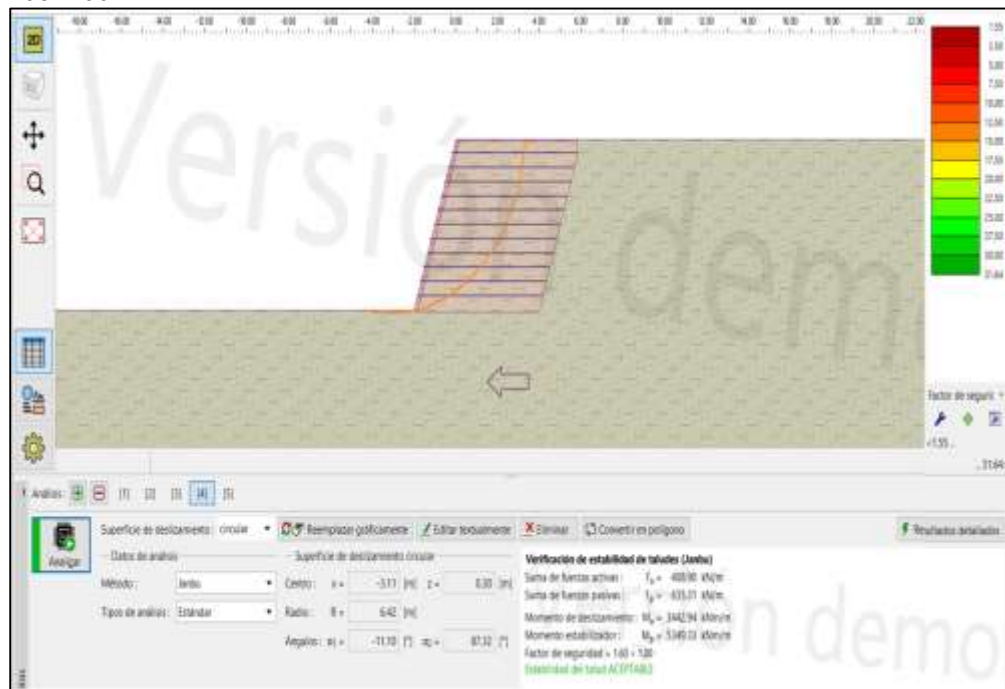
**Figura 89**

*Índice de seguridad por el enfoque de método Morgenstern y Price en condición sísmica en el Km 263+100*



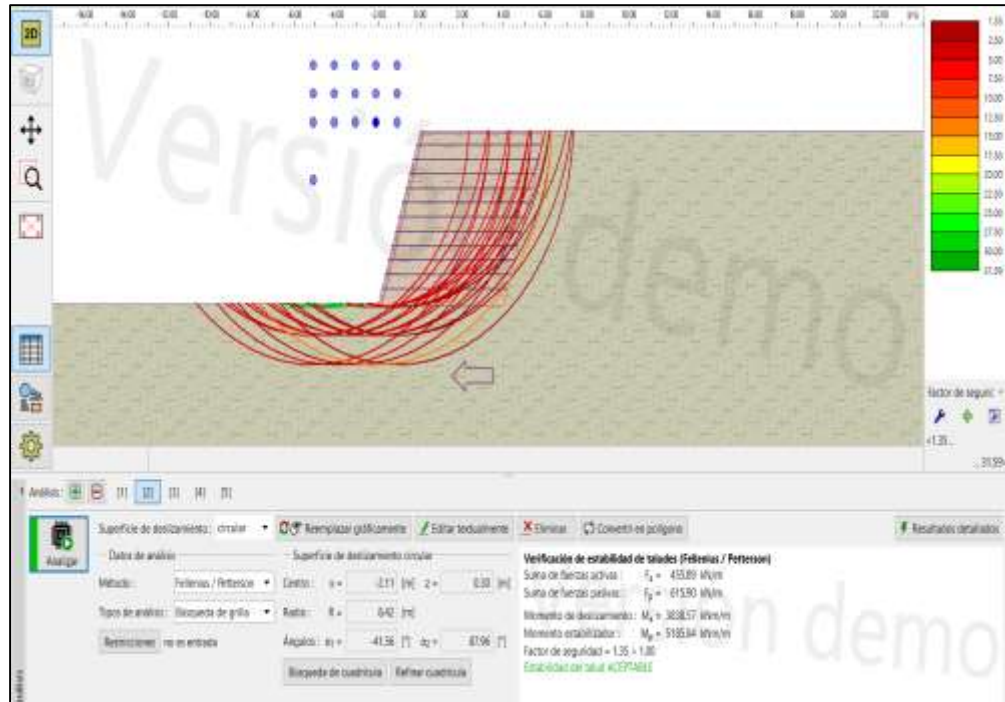
**Figura 90**

*Índice de seguridad por el enfoque de Janbu Simplified en condición sísmica en el Km 263+100*



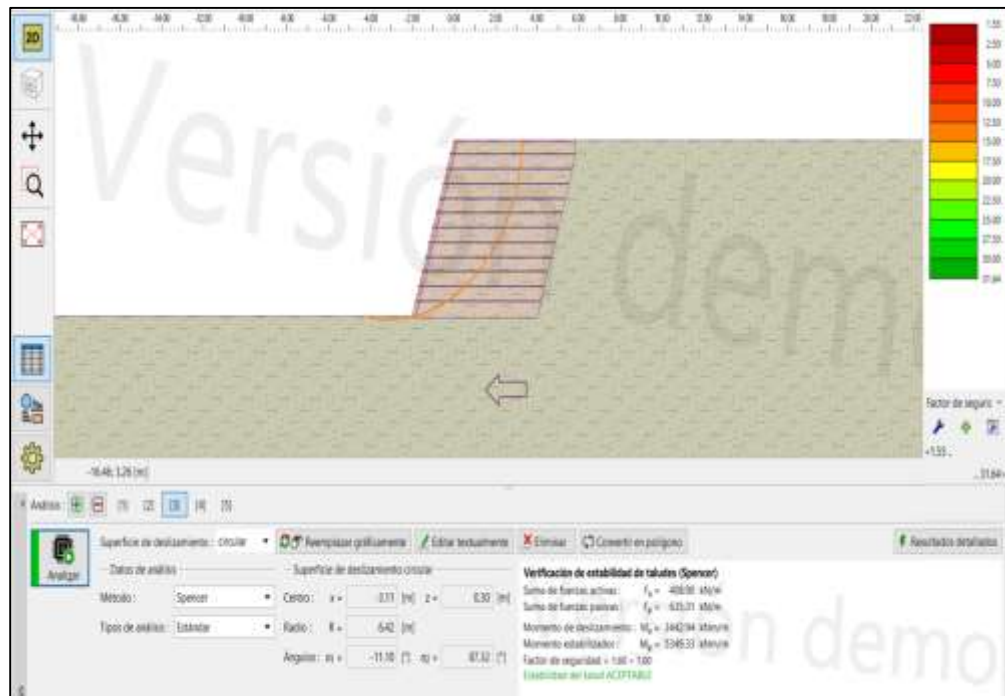
**Figura 91**

Índice de seguridad por el enfoque de Ordinary/Fellenius en condición sísmica en el Km 263+100



**Figura 92**

Índice de seguridad por el enfoque de Spenser en condición sísmica en el Km 263+100



## Interpretación

Como se puede observar en las **figuras 88, 89, 90, 91 y 92** respectivamente con los métodos Bishop Simplified, Morgenstern y Price, Janbu Simplified, Ordinary/Fellenius y Spenser, los cuales se calculó el índice de seguridad del Km 236+100 con incidencia del muro en el programa Geo5 23 (Demo) en condiciones pseudoestáticas. Con base a CE. 020 se asegura que cumplen con el índice mínimo ( $FS > 1.25$ ).

Entonces, a partir del análisis establecido por los 5 métodos; por el método Bishop Simplified resulto 1.550 por el método Morgenstern y Price resulto 1.600, por el método de Janbu Simplified resulto 1.600, por el método Ordinary/Fellenius resulto 1.370 y finalmente por el método Spenser resulto 1.600.

### Figura 93

*Extracto de resumen de los índices de seguridad con la incidencia de muro en condiciones pseudoestáticas*

Verificación de estabilidad de taludes (todos los métodos)		
Bishop :	FS = 1.55 > 1.00	ACEPTABLE
Fellenius / Petterson :	FS = 1.37 > 1.00	ACEPTABLE
Spencer :	FS = 1.60 > 1.00	ACEPTABLE
Janbu :	FS = 1.60 > 1.00	ACEPTABLE
Morgenstern-Price :	FS = 1.60 > 1.00	ACEPTABLE

Como se puede observar en la **figura 93** un extracto de resumen de los factores de seguridad con la incidencia la estructura en el software Geo5 23 (Demo) de las **figuras 88, 89, 90, 91 y 92**; la cual se puede percatarse que los índices obtenidos en el estudio en condición sísmicas con la incidencia del muro resultan un “ACEPTABLE” en cada uno de los 5 métodos por el software Geo5.

## 4.2 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

### 4.2.1 LA HIPÓTESIS GENERAL

**Hi:** El uso de muro de suelo reforzado incidirá significativamente en el análisis estático y pseudoestático de estabilidad de los taludes en la carretera PE-3N del tramo km 263+100 - 263+150, Huánuco- La Unión.

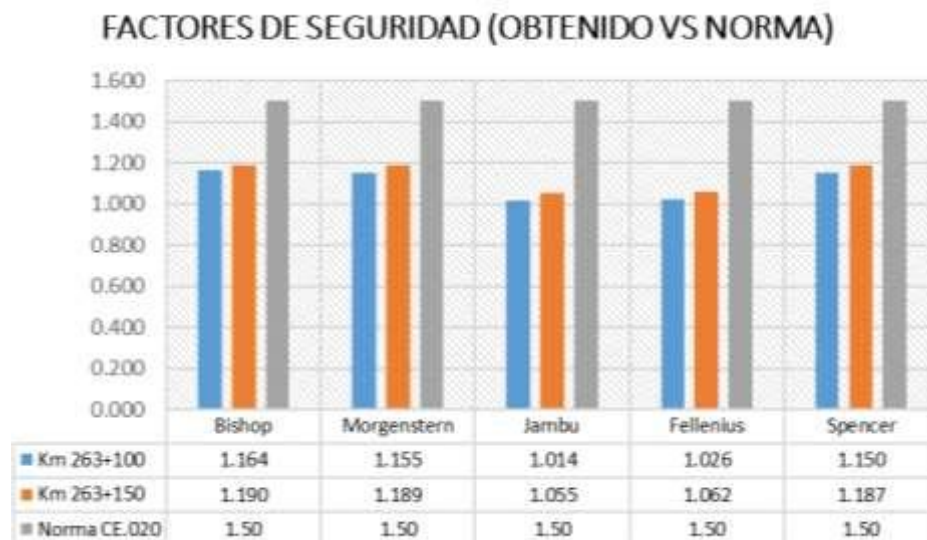
**Ho:** El uso de muro de suelo reforzado no incidirá significativamente en el análisis estático y pseudoestático de estabilidad de los taludes en la carretera PE-3N del tramo km 263+100 - 263+150, Huánuco- La Unión.

#### Contraste sin la incidencia del muro

Por ello buscamos comparar los **“Índices de seguridad sin la incidencia del muro en condiciones normales tanto para el km 263+100 y km 263+150”** se hizo una síntesis de los índices calculados, de lo cual se obtuvo lo siguiente:

**Figura 94**

*Comparación de los índices de seguridad obtenidos versus recomendado por CE.020, sin la incidencia del muro en el km 263+100 y km 263+150 en condiciones normales*



#### Interpretación

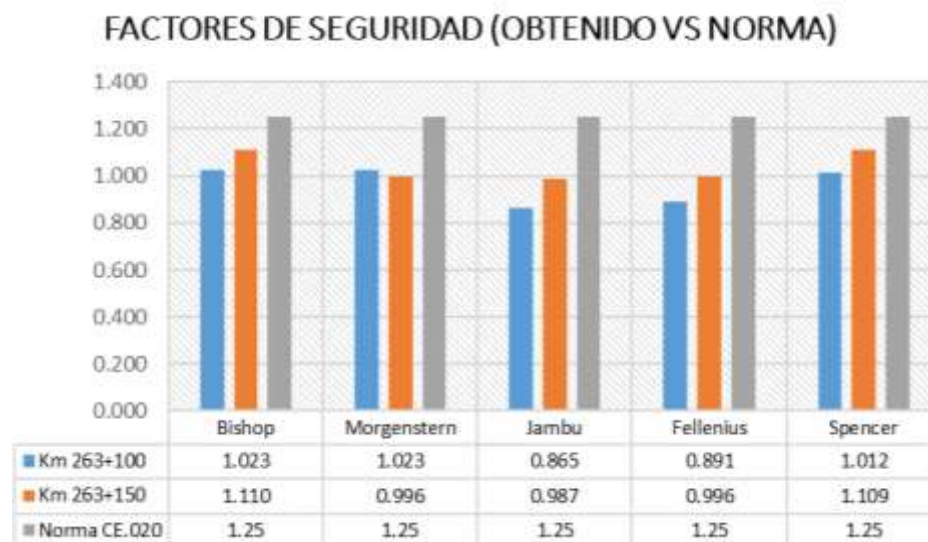
Como se observa en la **figura 94**, se realizó una comparación con gráficos de columnas agrupadas para los km 263+100 y km 263+150; de color azul y naranja respectivamente son los índices de seguridad que se

obtuvo del estudio en condiciones normales en el programa Slide y los de color gris son los factores mínimos recomendados por la norma CE.020, **por lo cual ninguno índice de seguridad cumple con lo recomendado (FS>1.5).**

Así mismo comparamos los “**Índices de seguridad sin la incidencia del muro en condiciones pseudoestáticas tanto para el km 263+100 y km 263+150**” se hizo una síntesis de los índices calculados, de lo cual se obtuvo lo siguiente:

**Figura 95**

*Comparación de los índices de seguridad obtenidos versus recomendado por CE.020, sin la incidencia del muro en el km 263+100 y km 263+ 150 en condiciones pseudoestáticas*



### Interpretación

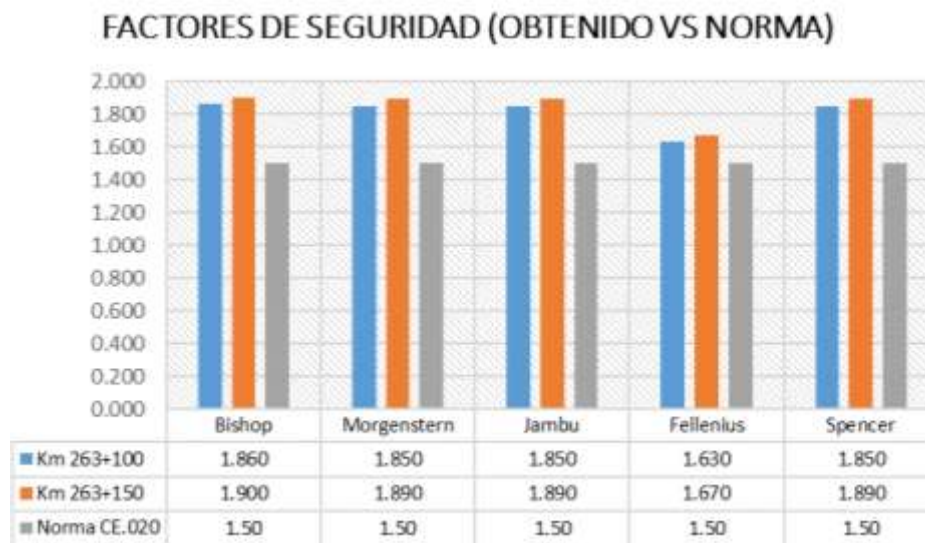
Como se observa en la **figura 95**, se realizó una comparación con gráficos de columnas agrupadas para los km 263+100 y km 263+150; de color azul y naranja respectivamente son los índices de seguridad que se obtuvo del estudio en condiciones normales en el programa Slide y los de color gris son los factores mínimos recomendados por la norma CE.020, por lo cual ninguno índice de seguridad cumple con lo recomendado (FS>1.25).

### Contraste con la incidencia del muro

De la misma manera comparamos los “Índices de seguridad con la incidencia del muro en condiciones normales tanto para el km 263+100 y km 263+150” se muestran un resumen de los valores obtenidos, de lo cual se obtuvo lo siguiente:

**Figura 96**

*Comparación de los índices de seguridad obtenidos versus recomendado por CE 0.20, con la incidencia del muro en el km 263+100 y 263+150 en condiciones normales*



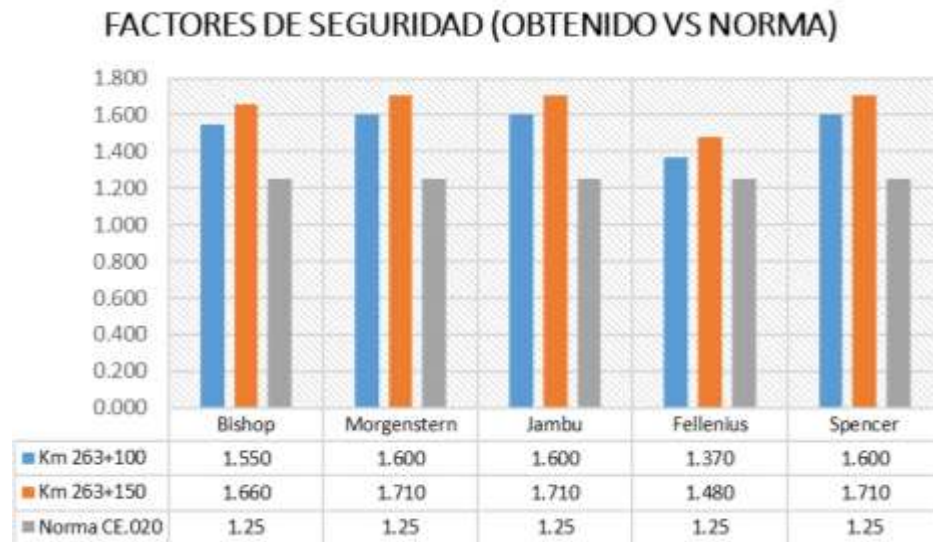
### Interpretación

Como se observa en la **figura 96**, se realizó una comparación con gráficos de columnas agrupadas para los km 263+100 y km 263+150; de color azul y naranja respectivamente son los índices de seguridad que se obtuvo del estudio con condiciones normales en el programa Geo5 23 (Demo) y los de color gris son los factores mínimos recomendados por la norma CE.020, por lo que todos los índices de seguridad cumplen con lo recomendado ( $FS > 1.50$ ).

De igual forma comparamos los “Índices de seguridad con la incidencia del muro en condiciones pseudoestáticas tanto para el km 263+100 y 263+150” se muestra una síntesis de los índices calculados, de lo cual se obtuvo lo siguiente:

**Figura 97**

Comparación de los índices de seguridad obtenidos versus recomendado por CE 0.20, con la incidencia del muro en el km 263+100 y km 263+150 en condiciones pseudoestáticas



### Interpretación

Como se observa en la **figura 97**, se realizó una comparación con gráficos de columnas agrupadas para los km 263+100 y km 263+150; de color azul y naranja respectivamente son los índices de seguridad que se obtuvo del estudio con condiciones normales en el programa Geo5 23 (Demo) y los de color gris son los factores mínimos recomendados por la norma CE.020, por lo que todos los índices de seguridad cumplen con lo recomendado ( $FS > 1.25$ ).

Por lo tanto, en bases de las **figuras 96 y 97**, podemos estar seguros de que existe evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis de investigación propuesta que el uso de muro de suelo reforzado incide significativamente en el análisis estático y pseudoestático de estabilidad de los taludes en la carretera PE-3N del tramo km 263+100 - 263+150, Huánuco- La Unión.



## **CAPÍTULO V**

### **DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

#### **5.1 PRESENTAR LA CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

La presente tesis sostiene como objetivo primordial determinar la incidencia del uso muro de suelo reforzado en el análisis estático y pseudoestático de la estabilidad del talud de la carretera PE-3N del tramo km 263+100 - 263+150, Huánuco-La Unión. Por ello, comparamos los resultados obtenidos con los trabajos citados en este estudio.

Breña (2019), en su tesis analiza la estabilidad de los taludes en condición estática tomando en cuenta la geometría de la pendiente, la cual lo obtuvo del perfil topográfico y además los parámetros geotécnicos; con un FS mínimo de 1.5 para las condiciones normales. De manera similar, con el análisis pseudoestático utiliza la aceleración de 0,30g a base del mapa de Isoaceleraciones para la ubicación determinada del lugar, donde el índice de seguridad pseudoestático tiene valor no menor a 1, y todo ello obtuvo de los softwares Slide y GeoStudio o Geo5, etc. Lo cual estamos en concordancia de lo que sostiene, porque se obtuvieron los resultados esperados al usar como el relleno del talud en cada uno de los taludes estudiados; luego, los resultados del software Slide y Geo5 dieron factores de seguridad superiores a 1.5 y 1 en análisis estáticos y pseudoestáticos, respectivamente, igual a nuestros análisis realizados en nuestros taludes con la alternativa de solución del muro de tierra reforzado.

Por otro lado, de la misma manera existe relación la tesis de Jurado y Pérez (2019), en cuanto a la elección de métodos ya sean destructivos o no destructivos se basó en la eficiencia de los resultados del equilibrio de los taludes y en también los términos de comparación económica, la cual resulto ser mejor los métodos no destructivos (estas consisten en ensayos geofísicos) en cuanto a utilidad de economía y costo-beneficio sobre el otro método.

De la misma manera optamos la alternativa de solución de muros de suelo reforzados con refuerzo extensible porque tiene una ventaja importante,

una de ellas es que este sistema es más asequible porque se pueden utilizar los materiales del suelo disponibles del lugar para el material de relleno, tiene menos ocupación respecto al suelo, un proceso de construcción más fácil, mejor tolerancia a diferentes asentamientos y sobre todo un mejor comportamiento frente a sismos.

Sin embargo, en nuestro estudio no se realizó la comparación económica, pero nos guiamos del estudio de Izquierdo (2019) la cual realizó un análisis técnico-económico de la construcción de un muro de suelo reforzado, respecto a las diferentes opciones, como la construcción de un muro de hormigón armado, la cual bajo las mismas condiciones geotécnicas y de construcción, un muro de suelo reforzado puede reducir los costos totales en un 40% a 60% en comparación con los muros de hormigón armado.

A base de los resultados obtenidos de la tesis de Reyes (2019) al obtener los índices de seguridad por programas Slide y Midas se notó que no están en el mismo rango debido a que los métodos de análisis son diferentes, uno se determina en base a balance límite y el otro al de los EFM. Por ejemplo, en la condición estática para los softwares Slide y Midas con y sin nivel freático se obtuvieron 0.77-1.28 y 0.31-0.82 respectivamente; de la misma manera para la condición Pseudoestática para los softwares Slide y Midas con y sin nivel freático se obtuvieron 0.64-0.94 y 0.19-0.23 respectivamente; la cual el tesista recomienda utilizar programas con el método de elementos finitos, porque los resultados se acercan más a la realidad y existen herramientas disponibles actualmente.

Caso de nuestro estudio opto por los softwares Slide V.6 y Geo5 23 (Demo) con el enfoque del equilibrio limite y de las rebanadas, la cual para las condiciones normales y pseudoestáticas con la incidencia del muro de suelo reforzada y sin ella obtuvimos factores de seguridad favorables.

Sin embargo, en concordancia con Rafael (2017) respecto a los resultados obtenidos son consistentes en todos los aspectos, dando resultados similares para cada modelo, lo que indica que el índice de seguridad se reduce mucho cuando se considera en condición pseudoestático, pero la inclusión del nivel freático minimiza la variación. En

este caso, no hay sensibilidad de componente en el análisis de presencia de NF; además en el análisis de FEM no brinda resultados confiables en ciertos casos. Esto se debe principalmente a la presencia de fuertes pendientes, suelos con malas propiedades geomecánicas, como subsuelo y presencia de NF en el área de estudio. Para este tipo de pendiente, el análisis de equilibrio marginal se convierte en la principal herramienta computacional., pero en algunos casos del estudio con equilibrio límite el factor de seguridad es mayor que FEM, se debe usar el más bajo por razones de seguridad.

## CONCLUSIONES

### • OBJETIVO GENERAL

Se concluye que la alternativa de solución propuesta del muro reforzado ante los problemas de estabilidad que los taludes de los km 263+100 y km 263+150 que presenta con frecuencia afectando a las personas que viven cercas de ellas y los transportistas que circulan por la vía, dio buenos y favorables resultados respecto a los índices de seguridad por los cinco enfoques de dovelas y sobre todo los factores de seguridad aceptables antes los deslizamientos y vuelcos.

En cuanto a los factores de seguridad ante los deslizamientos y volcamientos mediante el **análisis estático** respecto a taludes de estudio de los km 263+100 y km 263+150 con la incidencia del muro reforzado en el software Geo5 23 (Demo) se obtuvo resultados favorables con base a la alternativa de solución propuesta, con 56.6% de aceptación en la verificación de estabilidad del deslizamiento y con 32.3% de aceptación en la verificación de la estabilidad de vuelco y con un índice de seguridad de 2.56 para deslizamiento, superando el factor mínimo establecido por el Manual de diseño de Geo&Soft Pavco que es de 1.50 ( $FS > 1.50$ ) y de igual manera un factor de seguridad de 4.64 ante el vuelco; que también supera al valor mínimo establecido por el Manual ya mencionado ( $FS > 2.0$ ).

De igual forma en cuanto a los factores de seguridad ante los deslizamientos y volcamientos mediante el **análisis pseudoestático** de taludes en estudio de los km263+100 y km263+150 con la incidencia del muro reforzado en el software Geo5 23 (Demo) se obtuvo resultados favorables con base a la alternativa de solución propuesta, con 48.8% de aceptación en la verificación de estabilidad del deslizamiento y con 29.0% de aceptación en la verificación de la estabilidad de vuelco y con un índice de seguridad de 2.05 para deslizamiento, superando el factor mínimo establecido por el Manual de diseño de Geo&Soft Pavco que es de 1.125 ( $FS > 1.125$ ) y de igual manera un factor de seguridad de 3.44 ante el vuelco; que también supera al valor mínimo establecido por el Manual ya mencionado ( $FS > 1.5$ ).

- **OBJETIVO ESPECÍFICO 1**

Cuando se obtuvo los resultados del análisis estático **sin la incidencia del muro** se suelos reforzados en los km 263+100 y km 263+150, resulto factores de seguridad que no superan el mínimo recomendado por CE. 020 que es mayor a 1.5, respecto al enfoque Bishop Simplified resulto 1.164 y 1.190, respecto al enfoque de Morgenstern y Price resulto 1.155 y 1.189, con el enfoque Janbu Simplified valores de 1.014 y 1.055, con el enfoque Ordinary/Fellenius 1.026 y 1.062 y finalmente con el enfoque Spenser valores como 1.150 y 1.187, respectivamente.

En el caso de los resultados obtenidos del análisis estático **con la incidencia del muro** se suelos reforzados en el km 263+100, resulto factores de seguridad que si superan el mínimo recomendado por CE. 020 que es mayor a 1.5, respecto al enfoque Bishop Simplified resulto 1.86, respecto al enfoque de Morgenstern y Price resulto 1.85, con el enfoque Janbu Simplified el valor de 1.85, con el enfoque Ordinary/Fellenius 1.63 y finalmente con el enfoque Spenser el valor de 1.85.

- **OBJETIVO ESPECÍFICO 2**

De igual manera respecto a los resultados del análisis pseudoestático **sin la incidencia del muro** se suelos reforzados en los km 263+100 y km 263+150, resulto factores de seguridad que tampoco superan el mínimo recomendado por CE. 020 que es mayor a 1.125, respecto al enfoque Bishop Simplified resulto 1.023 y 1.110, respecto al enfoque de Morgenstern y Price resulto 1.023 y 0.996, con el enfoque Janbu Simplified valores de 0.865 y 0,987 con el enfoque Ordinary/Fellenius 0.891 y 0.996 y finalmente con el enfoque Spenser valores como 1.012 y 1.109, respectivamente.

De igual manera respecto a los resultados del análisis pseudoestático **con la incidencia del muro** se suelos reforzados en el km 263+100, resulto factores de seguridad que también superan el mínimo recomendado por CE. 020 que es mayor a 1.125, respecto al enfoque Bishop Simplified resulto 1.25, respecto al enfoque de Morgenstern y Price resulto 1.60, con

el enfoque Janbu Simplified el valor de 1.60, con el enfoque Ordinary/Fellenius 1.37 y finalmente con el enfoque Spenser también el valor de 1.60.

- **OBJETIVO ESPECÍFICO 3**

Se determinó **los parámetros y características del suelo** respecto a los taludes en estudio y se concluyó que en los Km 263+100 y Km 263+150 existe un solo estrato; con un suelo de Arenas Limosas y Arcillosas (SC-SM) y con un suelo de Arenas Arcillosas (SC) respectivamente. Además, el coeficiente de fricción interno ( $\phi=34.45^\circ$ ), la resistencia cohesiva ( $c= 8.45\text{KN/m}^2$ ) y el peso específico de ( $\gamma=19.87 \text{ KN/m}^3$ ) para el km 2063+100 y respecto al km 263+150 se obtuvo el coeficiente de fricción interno ( $\phi=29.15^\circ$ ), la resistencia cohesiva ( $c= 5.16 \text{ KN/m}^2$ ) y el peso específico ( $\gamma=18.35 \text{ KN/m}^3$ ).

Respecto al análisis pseudoestático para los taludes del Km 263+100 y Km 263+150, se considera el mapa de isoaceleraciones, lo cual el área de Huánuco presenta un PGA según el mapa de 0.24g y por recomendación del Cuerpo de Ingenieros de EE. UU. se usó el coeficiente de 1/2 del PGA. Resultando el índice sísmico Horizontal de 0.12g y respecto a la vertical en el Perú el movimiento principal o predominante es la horizontal, ya que la vertical es más pequeña y no influye mucho, por lo tanto, asumimos un valor cero.

## RECOMENDACIONES

- La primera recomendación es sobre la solución manual respecto a los métodos para calcular los factores de seguridad, como se sabe hoy en día existen muchos programas o softwares que ayudan en el proceso de análisis, por ello se sugiere que adopten un poco más el uso de los softwares geotécnicos, ya que son muy fáciles de usarlos siempre y cuando se tenga el asesoramiento adecuado y así ahorrar tiempo respecto a los cálculos manuales, sin embargo se es consciente que sería adecuado el uso de ambos para mayor certidumbre en los resultados.
- La segunda recomendación es respecto al método aplicado y la utilización de los softwares o programas, se sugiere la aplicación del Método de Elementos Finitos (MEF) con el software Plaxis 2D ya que este tipo de método es muy sensible a diversas características y parámetros al momento de introducirlos en el programa por lo que le hace un método un poco difícil de entender en poco tiempo, pero al momento de arrojar los resultados son muy cercanos a la realidad.
- La tercera recomendación se refiere al análisis realizado en condiciones pseudoestáticas, si bien se sabe que este tipo de análisis es un poco más complicado de realizar, por ello simplificamos asumiendo el valor sísmico como una constante en nuestro estudio, lo cual no refleja con precisión la realidad de un evento sísmico, ya que el movimiento de un sismo viene en ondas o de manera compleja, por lo que se sugiere hacer un estudio más intenso respecto a ello, pero nuestro trabajo sirve como una guía para trabajos futuros.
- La cuarta recomendación es respecto a las alternativas de solución se sugeriré para los futuros tesis proponer más tipos de soluciones como: construcción de banquetas, sin en caso hubiera filtraciones de agua pues obras de drenaje como cunetas y subdrenes, también técnicas modernas de Revegetalización en otras; de igual forma así poder hacer una comparación entre todos ellos no solo un estudio de equilibrio sino también el de precios en construcción.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alva H. J., Castillo A. J. (1993). "Amenazas sísmicas en el Perú"
- Arévalo, M. A. (2012). *Comparación entre Muros de Suelo Reforzado Comparación entre Muros de Suelo Reforzad*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Borja S. Manuel (2012). Metodología de la investigación científica para ingenieros.
- Baena, G. (2014). Metodología de la investigación. México, D.F.: Grupo Editorial Patria.
- Balestrini Acuña, M. (1997). *Como se Elabora el Proyecto de Investigación*. Caracas, Venezuela: BI Consultores Asociados.
- BELLO, E. B. (2014). *ESTABILIDAD DE TALUDES EN NEZAHUALCÓYOTL, EDO. DE MÉXICO: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO*.
- Bernal Villate, A. (2012). *Manual Practico del Software para la Estabilidad de Taludes "SLIDE"*. Colombia: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
- Blanco Blasco, A. (1996). *estructuración y Diseño de Edificaciones de Concreto Armado*. Lima-Perú.
- Bolaños A. y Monroy O. (2004). "Espectros de peligro sísmico uniforme" Tesis de maestría PUCP
- Braja M. Das (2013). "Fundamentos de la ingeniería geotécnica"
- Comunicaciones, M. d. (2003). *MANUAL DE DISEÑO DE CAMINOS Y PUENTES*. Lima: MACRO.



- Concepto.pe. (2021). *Concepto.pe*. Fonte: <https://concepto.de/>
- Concha, B. L. (2004). *Espectro de Peligros Sísmicos*. Lima-Perú: La Pontificia Universidad Católica.
- Cotrado, B. (2019). *Análisis Bidimensional de Estabilidad del Talud en la Falla Geológica por el Método de Equilibrio Límite de la Progresiva KM 37+700 AL KM 37+800 (Ruta Nacional PE+18A) en Pachachupán, 2018*. Huánuco-Perú: Universidad de Huánuco.
- Contreras, Alva, D. (2022). *Diseño de estabilidad del talud mediante los softwares Slide y Plaxis en la carretera PE-10A sector Plazapampa en el año 2021*. Trujillo-Perú: UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO.
- Cruz, P. &. (2020). *Análisis de Estabilidad de Talud de la Carretera Nic.7 en el Km 176, Municipio de Santo Tomas, del Departamento de Chontales*. Universidad Autónoma de Nicaragua, Managua.
- DAS, B. (2001). *“Principios de Ingeniería de Cimentaciones”*. International Thomson Learning.
- Engdahl, E y Villaseñor (2002). Global seismicity: 1900- 1999, in W.H.K.LEE, h. Kanamori,p.c. Jennings, and c. Kisslinger
- Estrada Bautista, Verónica Valeria. (2014). "Estabilidad de taludes en suelos". (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- FERROCARRILES, D. G. (2018). *Manual de Carreteras ( Diseño Geometrico)*. Lima-Perú: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Hernández Sampieri, R., Baptista, P., & Fernández, C. (2010). *Metodología de la investigación*. Mexico: McGraw-Hill.

- Hernandez, R. F. (2014). *Metodología de la Investigación. (6ta ed.)*. México D.F: McGraw-Hill.
- IZQUIERDO, R. L. (2019). *ANÁLISIS ECONÓMICO DEL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE MUROS DE SUELO REFORZADO COMO BASE DE INSTALACIÓN DE UNA CHANCADORA PRIMARIA SEMI – MÓVIL*. LIMA: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ.
- Kaur, O. S. (2020). *Diseño de muros de suelo reforzado: comparativa y sensibilidad entre normas internacionales*. España: Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona.
- Kramer, S.L. (1996). *Geotechnical Earthquake Engineering*. Prentice-Hall, New Jersey.
- López, P. (2015). *Metodología de la Investigación Social Cuantitativa*. Barcelona: Esitorial Creative Commons.
- Lugo. (2018). *Combinación de los Métodos Janbú – Spencer en el Análisis de Estabilidad de Taludes para el Empleo de Sistemas Flexibles de Alta Resistencia en la Construcción de Carreteras*. Universidad Nacional Federico Villareal.
- Luis I. González de Vallejo, M. F. (2002). *Ingeniería Geologica*. España: Prentice Hall.
- Mejia, Elias (2005). *Técnicas e instrumentos de investigación*. UNMSM
- Muni Budhu (2010). "Mecánica de suelos y fundaciones"
- NORMA TÉCNICA. (2016). *CE. 010 PAVIMENTOS URBANOS*. NORMA TÉCNICA PERUANA.
- Pérez, J. &. (2019). *Análisis Comparativo de Métodos Destructivos y no Destructivos en la Determinación de Parámetros Geotécnicos para*

*Estabilización de un Talud en la Costa Verde-Miraflores.* Lima-Perú: Universidad Ricardo Palma.

PERU, M. d. (2018). *Manual de carreteras: Diseño geométrico (MTC) DG – 2018.* Diseño Geométrico PERU.

Rafael, G. C. (2017). *Comparacion de los metodos de Equilibrio Limite y elementos finitos aplicados en la estabilidad de taludes.* Ecuador: Universidad Tecnica de Particular de Loja.

Ramírez, M. (2017). *Evaluación de soluciones de estabilidad para deslizamientos Evaluación de soluciones de estabilidad para deslizamientos – Camilaca, distrito de Ilabaya – Jorge Basadre – Tacna.* Lima-Perú: UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS.

Ricardo Valiente Sanz, S. S. (2015). *Estabilidad de Taludes: Conceptos Básicos, Parámetros de Diseño y Métodos de Cálculo.* España: CIV.

RNE. (2016). *Norma CE.020 "Suelos y Taludes", 2016.* Fonte: NORMA CE.020:

<http://www.munisantamariadelmar.gob.pe/documentos/Licencia%20de%20Edificacion%202/titulo2/2/CE.020%20SUELOS%20Y%20TALUDES%20DS%20N%C2%B0%20017-2012.pdf>

RNE. (2019). *NORMA E.030.* Fonte: NORMA E.030:

<http://www3.vivienda.gob.pe/dgprvu/docs/RNE/T%C3%ADtulo%20III%20Edificaciones/51%20E.030%20DISENO%20SISMORRESISTENTE.pdf>

RUIZ, G. (2017). *Análisis de la Estabilidad Global de un Relleno Reforzado con Geo sintético en la Localidad de Llico.* Chile: Universidad Católica de la Santísima Concepción.

- Sepúlveda, G. (2017). *Evaluación de Herramientas para el Análisis de Estabilidad Física de una Presa de Relaves Espesados*. Chile: Universidad de Chile.
- SUAREZ, J. (2009). *Nomenclatura y Clasificación de los Movimientos*. Erosion.
- Suarez, J. (2017). *Métodos de Manejo y Estabilización*. Colombia: Universidad Industrial de Santander UIS.
- Suárez, R. (2019). *Análisis de Estabilidad de Taludes Aplicando Diferentes Técnicas de Revegetalización*. Colombia: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
- Tamayo y Tamayo, M. (2004). *El proceso de la investigación científica*. Limusa.
- Tavera H. (2014). "Evaluación del peligro asociado a los sismos y efectos secundarios en Perú"
- Terzaghi, K. (1950). "Mechanisms of landslides". Geological Society of America. Engineering Geology. Berkeley Volume
- Vargas, F. A. (1998). *Manual de Estabilidad de Taludes*. Santafé de Bogotá, D.C. : Instituto Nacional de Vías.
- VÁSQUEZ, B. (2019). *Estabilidad de taludes de la carretera longitudinal de la sierra; tramo Cochabamba-Cutervo-Chiple, Cajamarca-Perú* . Lima, Perú : Universidad Nacional Mayor de San Marcos .
- Zúñiga, Q. &. (2019). *Análisis Sísmico Pseudo Estático y Pseudo Dinámico de la Estabilidad de la Presa N° 9 Acchilla-Ccochaccasa-Angaraes Huancavelica*. Huancavelica, Perú: Universidad Nacional de Huancavelica.

## COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Herrera Correa, J. (2023). *Análisis estático y pseudoestático en la estabilización de talud mediante muro de suelo reforzado de la carretera PE-3N del tramo Km 263+100 - 263+150, Huánuco – La unión, 2023* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio institucional UDH. <http://...>

## **ANEXOS**

## ANEXO 1

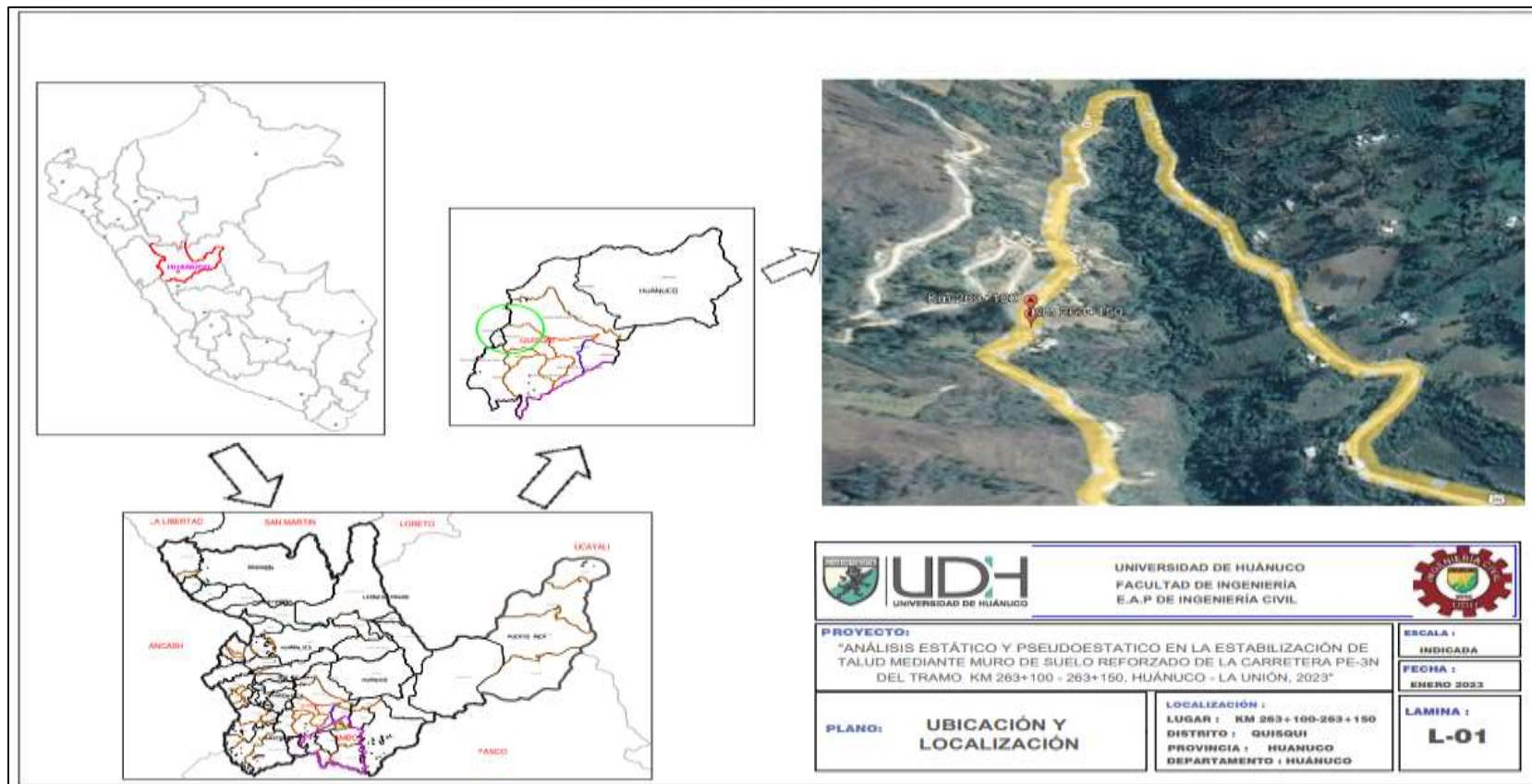
### MATRIZ DE CONSISTENCIA

**TÍTULO: “ANÁLISIS ESTÁTICO Y PSEUDOESTÁTICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUD MEDIANTE MURO DE SUELO REFORZADO DE LA CARRETERA PE-3N DEL TRAMO KM 263+100 - 263+150, HUÁNUCO – LA UNIÓN, 2023”**

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología	Población y muestra
<p><b>Problema general:</b> ¿Cómo determinar la incidencia del análisis estático y pseudoestático mediante el uso muro de suelo reforzado en la estabilidad del talud de la carretera PE-3N del tramo km 263+100 - 263+150, Huánuco-La Unión?</p> <p><b>Problema específico:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cuáles serán los índices de seguridad ante posibles deslizamientos y volcamientos mediante el análisis estático del talud de la carretera 3N del tramo km 263+100 - 263+150, Huánuco-La Unión?</li> <li>• ¿Cuáles serán los índices de seguridad ante posibles deslizamientos y volcamientos mediante el análisis pseudoestático de la carretera 3N del tramo km 263+100 - 263+150, Huánuco-La Unión?</li> <li>• ¿Cuál es la situación respecto a las características del suelo, la sismicidad y la topografía de la carretera 3N del tramo km 263+100 - 263+150, Huánuco-La Unión?</li> </ul>	<p><b>Objetivo General</b> Determinar la incidencia del uso muro de suelo reforzado en el análisis estático y pseudoestático de la estabilidad del talud de la carretera PE-3N del tramo km 263+100 - 263+150, Huánuco-La Unión.</p> <p><b>Objetivos específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Calcular los índices de seguridad ante posibles deslizamientos y volcamientos mediante el análisis estático del talud de la carretera 3N del tramo km 263+100 - 263+150, Huánuco-La Unión.</li> <li>• Calcular los índices de seguridad ante posibles deslizamientos y volcamientos mediante el análisis pseudoestático del talud de la carretera 3N del tramo km 263+100 - 263+150, Huánuco-La Unión.</li> <li>• Precisar la situación a las características del suelo, la sismicidad y la topografía de la carretera PE-3N del tramo km 263+100 - 263+150, Huánuco-La Unión.</li> </ul>	<p><b>Hipótesis General</b></p> <p><b>Hi:</b> El uso de muro de suelo reforzado repercutirá significativamente en el análisis estático y pseudoestático de estabilidad de los taludes en la carretera PE-3N del tramo km 263+100 - 263+150, Huánuco- La Unión.</p> <p><b>H0:</b> El uso de muro de suelo reforzado no repercutirá significativamente en el análisis estático y pseudoestático de estabilidad de los taludes en la carretera PE-3N del tramo km 263+100 - 263+150, Huánuco- La Unión.</p>	<p><b>Variable dependiente:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La estabilidad de Talud</li> </ul> <p><b>Variable independiente:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El muro de suelo reforzado</li> </ul>	<p><b>Enfoque</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Es cuantitativo.</li> </ul> <p><b>Alcance o nivel</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Es de nivel correlacional.</li> </ul> <p><b>Diseño</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Es de diseño no experimental.</li> </ul>	<p><b>Población</b> En el presente proyecto se considerará como población a la longitudinal de la Sierra o mejor dicho Ruta nacional con el código (PE-3N) de la carretera Huánuco - La Oroya, ubicado en distrito de Quisqui, provincia y región de Huánuco.</p> <p><b>Muestra</b> En el presente proyecto se está considerará como muestra; 2 perfiles más representativos a base del levantamiento topográfico y de observar las pendientes del lugar de estudio del tramo de la Ruta nacional PE-3N específicamente en los km 263+100 - 263+150, Huánuco – La Unión.</p>

## ANEXO 2

### PLANO DE UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO





### ANEXO 3

## PANEL FOTOGRAFICO DEL TRABAJO EN EL CAMPO

**Foto 1**

*Identificación del primer talud representativo en la progresiva 263+100*



**Foto 2**

*Identificación del segundo talud representativo en la progresiva 263+150*



**Foto 3**

*Obtención de información topográfica con ayuda de la estación total*



**Foto 4**

*Obtención de información de ubicación de puntos topográficos con ayuda del prisma*



**Foto 5**

*Medición de elementos existentes en el área de estudio*



**Foto 6**

*Toma de apuntes en las plantillas para recolectar y registrar datos*



**Foto 7**

*Ubicación y posterior realización de la calicata N°01 en la progresiva 263+100*



**Foto 8**

*Obtención de muestra de suelo de la calicata 01 en la progresiva 263+100*



**Foto 9**

*Ubicación y posterior realización de la calicata N° 02 en la progresiva 263+150*



**Foto 10**

*Obtención de muestra de suelo de la calicata 02 en la progresiva 263+150*



## ANEXO 4

### ESTUDIO DE SUELO

#### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

**PROYECTO** : "ANÁLISIS ESTÁTICO Y PSEUDOESTÁTICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUD MEDIANTE MURO DE SUELO REFORZADO DE LA CARRETERA PE-3N DEL TRAMO KM 263+100 - 263+150, HUÁNUCO – LA UNIÓN,

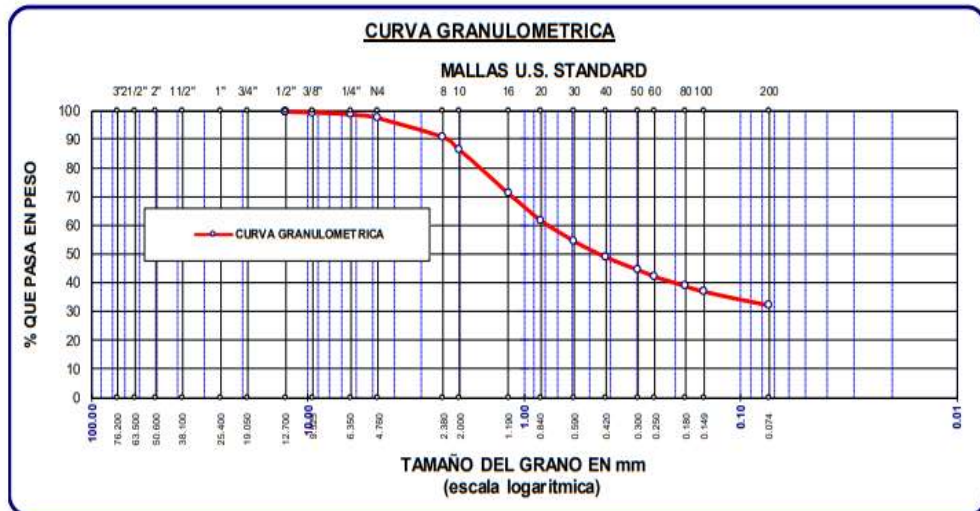
**UBICACIÓN** : TRAMO KM 263+100 - 263+150, LA CARRETERA PE-3N, HUÁNUCO – LA UNIÓN

**SOLICITANTE** : BACH. HERRERA CORREA , JOSEPH BRIAN

**FECHA** : FEBRERO 2023

**MUESTRA** : SUELO DE FUNDACION CALICATA 01

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	MATERIAL OBTENIDO	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200					GRAVA GRUESA	<b>CALICATA N° 01</b> Profundidad = 2.30 mts. Límites de Consistencia : LL = 32 LP = 26 IP = 6  Peso de la Muestra: 3742.00 gr.  GRAVA 2.54 % ARENA 65.37 % LIMO Y ARCILLA 32.10 %  <b>CLASIFICACION SUCS:</b> (SC-SM) Arena limosa Arcillosa  <b>OBSERVACIONES</b> La muestra corresponde al estrato N° 1 de 0.00 a-2.30 m de profundidad.
2 1/2"	63.500				100.00		
2"	50.600				100.00		
1 1/2"	38.100				100.00		
1"	25.400				100.00		
3/4"	19.050				100.00	GRAVA FINA	
1/2"	12.700	10.00	0.27	0.27	99.73		
3/8"	9.525	15.00	0.40	0.67	99.33	ARENA GRUESA	
1/4"	6.350	20.00	0.53	1.20	98.80		
No4	4.760	50.00	1.34	2.54	97.46	ARENA MEDIA	
No8	2.380	253.00	6.76	9.30	90.70		
No10	2.000	167.00	4.46	13.76	86.24	ARENA FINA	
No16	1.190	557.00	14.89	28.65	71.35		
No20	0.840	358.00	9.57	38.21	61.79	LIMOS	
No30	0.590	271.00	7.24	45.46	54.54		
No40	0.420	211.00	5.64	51.10	48.90		
No50	0.300	165.00	4.41	55.51	44.49		
No60	0.250	85.00	2.27	57.78	42.22		
No80	0.180	125.00	3.34	61.12	38.88		
No100	0.149	69.00	1.84	62.96	37.04		
No200	0.074	185.00	4.94	67.90	32.10		
<b>BASE</b>		1201.00	32.10	100.00	<b>0.00</b>		
<b>TOTAL</b>		3742.00	100.00				



### PERFIL ESTRATIGRAFICO CALICATA C-1

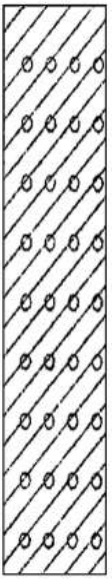
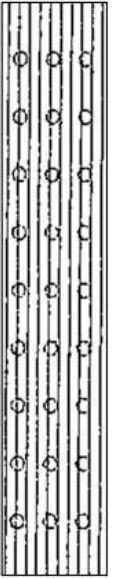

**PROYECTO** : "ANÁLISIS ESTÁTICO Y PSEUDOESTÁTICO EN LA ESTABILIZACIÓN DEL ALUD MEDIANTE MURO DE SUELO REFORZADO DE LA CARRETERA PE-3N DEL TRAMO KM 263+100 - 263+150, HUÁNUCO – LA UNIÓN, 2023"

**UBICACIÓN** : TRAMO KM 263+100 - 263+150, LA CARRETERA PE-3N, HUÁNUCO – LA UNIÓN

**SOLICITANTE** : BACH. HERRERA CORREA, JOSEPH BRIAN

**FECHA** : FEBREO 2023

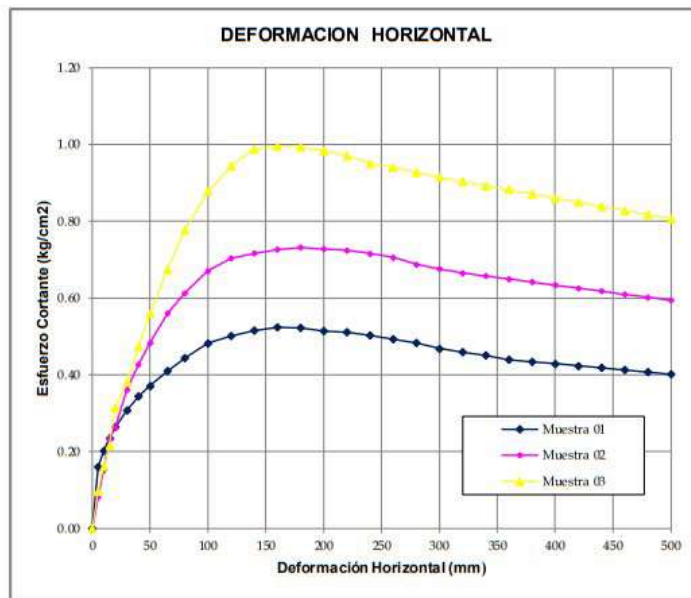
**MUESTRA** : SUELO DE FUNDACION CALICATA 01

PROFUNDIDAD		Nº DE ESTRATO	CLASIFICACION	CLASIFICACION GRAFICA		CARACTERISTICA DEL SUELO	FOTOGRAFIA
10	cm	<b>ESTRATO Nº 1</b>	<b>SC-SM</b>			<b>ARENA LIMOSA - ARCILLOSA</b>	
20	cm						
30	cm						
40	cm						
50	cm						
60	cm						
70	cm						
80	cm						
90	cm						
100	cm						
110	cm						
120	cm						
130	cm						
140	cm						
150	cm						
160	cm						
170	cm						
180	cm						
190	cm						
200	cm						
210	cm						
220	cm						
230	cm						
240	cm						
250	cm						

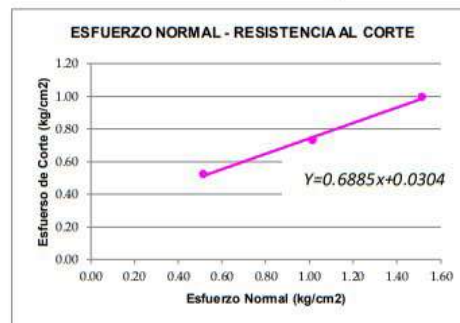
### ENSAYO DE CORTE DIRECTO (ASTM - D3080)

**PROYECTO** : "ANÁLISIS ESTÁTICO Y PSEUDOESTÁTICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUD MEDIANTE MURO DE SUELO REFORZADO DE LA CARRETERA PE-3N DEL TRAMO KM 263+100 - 263+150, HUÁNUCO – LA UNIÓN, 2023"  
**UBICACIÓN** : TRAMO KM 263+100 - 263+150, LA CARRETERA PE-3N, HUÁNUCO – LA UNIÓN  
**SOLICITANTE** : BACH. HERRERA CORREA, JOSEPH BRIAN  
**FECHA** : FEBRERO 2023  
**MUESTRA** : SUELO DE FUNDACION CALICATA 01  
**CALICATA** : Nº 01 **PROFUNDIDAD** : -2.30 mts.

#### GRAFICO DE CORTE DIRECTO



**COHESIÓN** ( c )      0.0848 Kg/cm<sup>2</sup>  
**ANGULO DE FRICCIÓN** ( f )      34.45°





### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

**PROYECTO** : "ANÁLISIS ESTÁTICO Y PSEUDOESTÁTICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUD MEDIANTE MURO DE SUELO REFORZADO DE LA CARRETERA PE-3N DEL TRAMO KM 263+100 - 263+150, HUÁNUCO – LA UNIÓN, 2023"

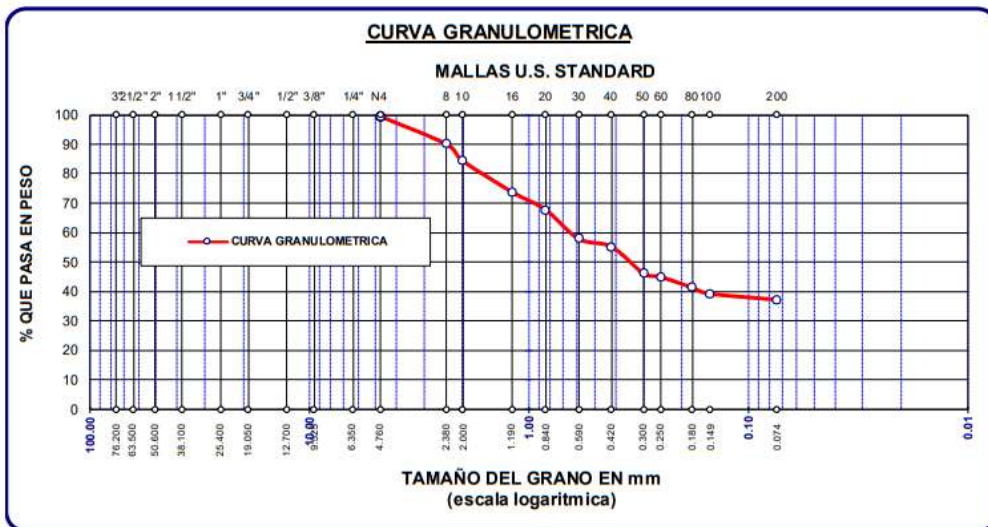
**UBICACIÓN** : TRAMO KM 263+100 - 263+150, LA CARRETERA PE-3N, HUÁNUCO – LA UNIÓN

**SOLICITANTE** : BACH. HERRERA CORREA , JOSEPH BRIAN

**FECHA** : FEBRERO 2023

**MUESTRA** : SUELO DE FUNDACION CALICATA 02

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	MATERIAL OBTENIDO	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200					GRAVA GRUESA	<b>CALICATA N° 02</b> Profundidad = 2.20 mts. Límites de Consistencia: LL = 31 LP = 23 IP = 8  Peso de la Muestra: 3005.00 gr.  GRAVA 0.50 % ARENA 62.33 % LIMO Y ARCILLA 37.17 %  <b>CLASIFICACION SUCS:</b>  [SC] Arena Arcillosa  <b>OBSERVACIONES</b> La muestra corresponde al estrato N° 1 de 0.00 a 2.20 m de profundidad.
2 1/2"	63.500				100.00		
2"	50.600				100.00		
1 1/2"	38.100				100.00		
1"	25.400				100.00		
3/4"	19.050				100.00		
1/2"	12.700				100.00	GRAVA FINA	
3/8"	9.525				100.00		
1/4"	6.350				100.00	ARENA	
No4	4.760	15.00	0.50	0.50	99.50		
No8	2.380	278.00	9.25	9.75	90.25		
No10	2.000	176.00	5.86	15.61	84.39		
No16	1.190	317.00	10.55	26.16	73.84		
No20	0.840	183.00	6.09	32.25	67.75		
No30	0.590	293.00	9.75	42.00	58.00		
No40	0.420	83.00	2.76	44.76	55.24		
No 50	0.300	270.00	8.99	53.74	46.26		
No60	0.250	39.00	1.30	55.04	44.96		
No80	0.180	107.00	3.56	58.60	41.40	ARENA FINA	
No100	0.149	63.00	2.10	60.70	39.30		
No200	0.074	64.00	2.13	62.83	37.17		
<b>BASE</b>		1117.00	37.17	100.00	0.00	<b>UMOS</b>	
<b>TOTAL</b>		3005.00	100.00				



**ENSAYO DE LIMITE DE CONSISTENCIA**  
**LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO - INDICE DE PLASTICIDAD**

**PROYECTO** : "ANÁLISIS ESTÁTICO Y PSEUDOESTÁTICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUD MEDIANTE MURO DE SUELO REFORZADO DE LA CARRETERA PE-3N DEL TRAMO KM 263+100 - 263+150, HUÁNUCO – LA UNIÓN, 2023"

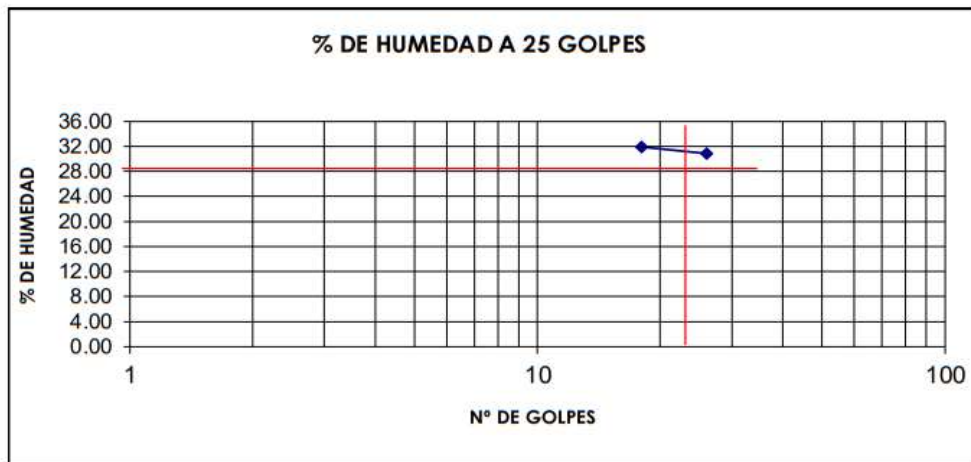
**UBICACIÓN** : TRAMO KM 263+100 - 263+150, LA CARRETERA PE-3N, HUÁNUCO – LA UNIÓN

**SOLICITANTE** : BACH. HERRERA CORREA, JOSEPH BRIAN

**FECHA** : FEBRERO 2023

**MUESTRA** : SUELO DE FUNDACION CALICATA 02

CALICATA N°2	LIMITE LIQUIDO		LIMITE PLASTICO	
	I	II	I	II
N° Prueba	1	2	1	2
N° Tara	3	4	3	4
N° de golpes	18	26	18	26
Peso tara + suelo húmedo (g)	34.34	33.58	34.34	33.58
Peso tara + suelo seco (g)	28.07	27.30	28.07	27.30
Peso del agua (g)	8.44	6.97	8.44	6.97
Peso de la tara (g)	6.26	6.28	6.26	6.28
Peso del suelo seco (g)	19.63	20.23	19.63	20.23
Contenido de humedad (%)	31.91	30.92	31.91	30.92
		<b>LL = 31%</b>		
		<b>IP = 8%</b>		
		<b>LP = 23%</b>		



LL a los 25 golpes (según fórmula) por casa ensayo	30.67	31.07
Promedio de contenidos de humedad a los 25 golpes %	<b>30.87%</b>	

### PERFIL ESTRATIGRAFICO CALICATA C-2

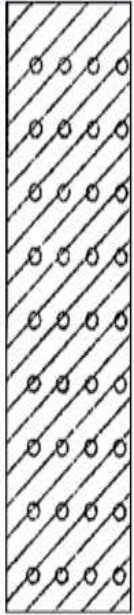

**PROYECTO** : "ANÁLISIS ESTÁTICO Y PSEUDOESTÁTICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUD MEDIANTE MURO DE SUELO REFORZADO DE LA CARRETERA PE-3N DEL TRAMO KM 263+100 - 263+150, HUÁNUCO – LA UNIÓN, 2023"

**UBICACIÓN** : TRAMO KM 263+100 - 263+150, LA CARRETERA PE-3N, HUÁNUCO – LA UNIÓN

**SOLICITANTE** : BACH. HERRERA CORREA , JOSEPH BRIAN

**FECHA** : FEBREO 2023

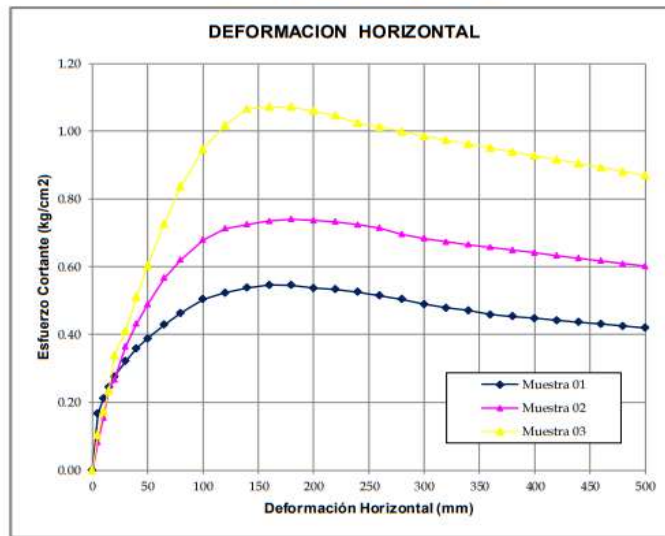
**MUESTRA** : SUELO DE FUNDACION CALICATA 02

PROFUNDIDAD		Nº DE ESTRATO	CLASIFICACION	CLASIFICACION GRAFICA	ESQUEMA	FOTOGRAFIA
10	cm	<b>ESTRATO Nº 1</b>	<b>SC</b>		<b>ARENA ARCILLOSA</b>	
20	cm					
30	cm					
40	cm					
50	cm					
60	cm					
70	cm					
80	cm					
90	cm					
100	cm					
110	cm					
120	cm					
130	cm					
140	cm					
150	cm					
160	cm					
170	cm					
180	cm					
190	cm					
200	cm					
210	cm					
220	cm					
230	cm					
240	cm					
250	cm					

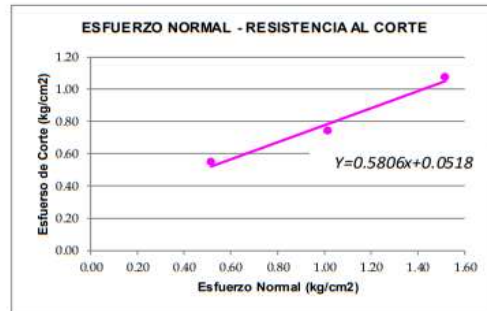
### ENSAYO DE CORTE DIRECTO (ASTM - D3080)

**PROYECTO** : "ANÁLISIS ESTÁTICO Y PSEUDOESTÁTICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUD MEDIANTE MURO DE SUELO REFORZADO DE LA CARRETERA PE-3N DEL TRAMO KM 263+100 - 263+150, HUÁNUCO – LA UNIÓN, 2023"  
**UBICACIÓN** : TRAMO KM 263+100 - 263+150, LA CARRETERA PE-3N, HUÁNUCO – LA UNIÓN  
**SOLICITANTE** : BACH. HERRERA CORREA , JOSEPH BRIAN  
**FECHA** : FEBRERO 2023  
**MUESTRA** : SUELO DE FUNDACION CALICATA 02  
**CALICATA** : N° 02 **PROFUNDIDAD** : -2.20 mts.

#### GRAFICO DE CORTE DIRECTO



COHESIÓN (c) 0.0516 Kg/cm<sup>2</sup>  
 ANGULO DE FRICCIÓN (f) 29.15°



## ANEXO 5 INSTRUMENTOS UTILIZADOS

