



**Universidad
Continental**

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

**Evaluación de riesgo en deslizamientos producidos
en la zona ribereña del río Mantaro en los barrios
de Progreso-Mantaro del distrito de Huancán,
provincia de Huancayo, región Junín**

Judith Yhensy Arzapalo Campos

Huancayo, 2016

Tesis para optar el Título Profesional de
Ingeniero Civil



Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Obra protegida bajo la licencia de [Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/peru/)

ASESOR

Ing. Arturo del Pozo Castro

Co asesores

Ing. Esteban Maldonado

Ing. Miguel Salazar Zevallos

Ing. Miguel Maturano

AGRADECIMIENTO

Quisiera expresar mi agradecimiento a los docentes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Continental por el apoyo que me prestaron en el desarrollo de esta tesis, y en particular a mi asesor el Ing. Arturo del Pozo Castro, mis Co asesores, mi familia y amigos por su constante guía y aliento.

DEDICATORIA

A mis padres Pedro y Dorca por su tiempo, su paciencia, amor y, sobre todo, por la confianza y apoyo durante el proceso de desarrollo de esta tesis.

A mi hermana Zenia, por estar ahí cuando la necesito, por darme sus aportes y ayuda incondicional.

A Jacob por su comprensión, su amor y la fuerza que me dio para desarrollarme profesionalmente.

A esas personas que he conocido durante la realización de esta tesis y que me han dado su aporte y enseñanzas.

INDICE

ASESOR.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
DEDICATORIA.....	v
INDICE	vi
LISTA DE TABLAS.....	ix
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE FOTOGRAFÍAS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN.....	xvi
CAPITULO I EL PROBLEMA DE LA INYETIGACIÓN.....	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	4
1.2.1. TRABAJOS PREVIOS.....	8
1.2.2. OBJETIVOS	9
1.2.3. HIPÓTESIS	11
1.2.4. METODOLOGÍA.....	11
1.2.5. ORGANIZACIÓN DE LA TESIS.....	16
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	18
2.1. ESTABILIDAD DEL ESTRADO DE SUELOS EN LOS TALUDES.....	23
2.2. MOVIMIENTOS DE MASA.....	24
2.2.1. FLUJOS DE BARRO	24
2.2.2. FLUJO DE DERRUBIOS.....	25
2.2.3. FLUJO DE BLOQUES.....	25
2.2.4. FLUJO DE ARENA.....	26
2.2.5. COLADA.....	28
2.2.6. COLADA DE BARRO	28
2.3. DESLIZAMIENTOS	29
2.3.1. DESLIZAMIENTO DE LA COBERTURA SUPERFICIAL.....	29
2.4. DERRUMBES.....	34
2.4.1. VOLCAMIENTO	35
2.4.2. CAÍDA DE BLOQUES	36
2.4.3. DESPRENDIMIENTOS PERIÓDICOS	36
2.4.4. DESPRENDIMIENTOS EN MASA.....	37
2.4.5. FORMACIÓN DE ESCARPAS Y ACANTILADOS	38

2.4.6.	AVALANCHAS DE DERRUBIOS.....	38
2.5.	MOVIMIENTOS COMPLEJOS DE UN TALUD	39
2.6.	FACTORES DE INESTABILIDAD.....	39
2.6.1.	CONCEPTUALIZACIÓN DE SUELOS INESTABLES Y ESTABLES	39
2.6.2.	DESCRIPCIÓN DE FACTORES DE INESTABILIDAD.....	40
2.7.	MEDIDAS Y MEDIOS PARA EVITAR LAS FALLAS GRAVES O CATASTRÓFICAS....	42
2.8.	RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE DEL SUELO	43
2.8.1.	CRITERIOS DE FALLA DE MOHR-COULOMB	44
2.8.2.	INCLINACIÓN DE PLANO DE FALLA CAUSADO POR CORTANTE	45
2.9.	FACTOR DE SEGURIDAD	46
2.10.	MÉTODOS CORRECTIVOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES	47
2.11.	MÉTODO DE ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES	49
2.11.1.	MÉTODO DE LAS DOVELAS: FELLENIUS	50
2.11.2.	MÉTODO DE BISHOP SIMPLIFICADO.....	51
2.11.3.	MÉTODO DE SPENCER	51
CAPÍTULO III MÉTODO.....		55
3.1.	MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN	55
3.2.	ÁREA DE ESTUDIO.....	55
3.2.1.	ZONA RIBEREÑA DEL RÍO MANTARO EN LOS BARRIOS DE PROGRESO - MANTARO DEL DISTRITO DE HUANCÁN, PROVINCIA DE HUANCAYO, REGIÓN JUNÍN	55
3.2.2.	CARACTERIZACIÓN GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	56
3.3.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	59
3.3.1.	USO DE OBSERVACIÓN DE CAMPO Y EXPERIENCIA	60
3.3.2.	USO DE CÁLCULOS DE ESTABILIDAD MEDIANTE ÁBACOS, EN COMBINACIÓN CON OBSERVACIONES DE CAMPO Y UN NÚMERO DE SONDAJES Y ENSAYOS DE LABORATORIO.....	60
3.3.3.	USO DE CÁLCULOS DETALLADOS DE ESTABILIDAD, EN COMBINACIÓN CON UN PROGRAMA AMPLIO DE INVESTIGACIÓN DE CAMPO Y ENSAYOS DE LABORATORIO.....	61
3.4.	INVESTIGACIÓN DE INGENIERÍA	61
3.4.1.	TOMA DE MUESTRAS	61
3.5.	PROPIEDADES GEOMECÁNICAS CONSIDERADAS	66
3.6.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	67
3.7.	POBLACIÓN Y MUESTRA	68
3.7.1.	POBLACIÓN.....	68
3.7.2.	MUESTRA	68
3.8.	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	69
3.9.	TÉCNICAS DE TRATAMIENTOS DE DATOS	70

CAPÍTULO IV PROCESO	71
4.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	71
4.1.1. UBICACIÓN.....	71
4.2. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	72
4.3. DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA GENERAL Y LOCAL	72
4.3.1. GEOMORFOLOGÍA	72
4.4. GEOTECNIA	73
4.4.1. DESCRIPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DEL SUELO.....	73
4.4.2. CARACTERÍSTICAS GEOMECÁNICAS DEL SUELO.....	74
CAPÍTULO V ANÁLISIS DE DESLIZAMIENTO DE TALUD.....	81
5.1. CÁLCULO DE FACTOR DE SEGURIDAD DEL TALUD	82
5.1.1. MÉTODO DE FELLENIUS	83
5.1.2. MÉTODO DE BISHOP SIMPLIFICADO.....	84
5.2. SECCIONES CRÍTICAS	86
5.2.1. SECCIÓN CRÍTICA 0+180.....	87
5.2.2. SECCIÓN CRÍTICA 0+200.....	91
5.2.3. SECCIÓN CRÍTICA 0+220.....	96
5.2.4. SECCIÓN CRÍTICA 0+240.....	100
5.2.5. SECCIÓN CRÍTICA 0+280.....	104
5.2.6. SECCIÓN CRÍTICA 0+720.....	109
5.2.7. SECCIÓN CRÍTICA 0+740.....	113
5.2.8. SECCIÓN CRÍTICA 0+760.....	117
5.2.9. SECCIÓN CRÍTICA 1+240.....	121
5.2.10. SECCIÓN CRÍTICA 1+320.....	125
5.2.11. SECCIÓN CRÍTICA 1+340.....	129
5.2.12. SECCIÓN CRÍTICA 1+345.43.....	133
5.2.13. SECCIÓN CRÍTICA 1+400.....	137
5.3. ANÁLISIS DE SECCIONES SIN CARGAS.....	141
5.4. ANÁLISIS DE SECCIONES CON CARGAS Y CARGAS DE SISMO	155
5.5. EVALUACIÓN Y PROPUESTA.....	171
CAPÍTULO VI RESULTADOS Y DISCUSIÓN	176
CONCLUSIONES.....	179
RECOMENDACIONES	181
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	182
ANEXOS.....	190

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Metodología.....	15
Tabla 2: Cronograma de Actividades.....	17
Tabla 3: Métodos correctivos para la estabilización de taludes.....	48
Tabla 4: Comparación de los Métodos Basados en el Equilibrio Límite.....	54
Tabla 5: Distribución de temperatura y precipitación pluvial.....	59
Tabla 6: Tipo de Ensayos.....	63
Tabla 7: Propiedades Mecánica de los Suelos según SUCS.....	66
Tabla 8: Coordenadas y ubicación de Calicatas.....	67
Tabla 9: Calicata 01 Factores Modificados según Dr. Karl Von Terzaghi.....	74
Tabla 10: Calicata 02 Factores Modificados según Dr. Karl Von Terzaghi.....	74
Tabla 11: Calicata 03 Factores Modificados según Dr. Karl Von Terzaghi.....	75
Tabla 12: Calicata 04 Factores Modificados según Dr. Karl Von Terzaghi.....	75
Tabla 13: Calicata 05 Factores Modificados según Dr. Karl Von Terzaghi.....	76
Tabla 14: Calicata 06 Factores Modificados según Dr. Karl Von Terzaghi.....	76
Tabla 15: Calicata 07 Factores Modificados según Dr. Karl Von Terzaghi.....	77
Tabla 16: Calicata 08 Factores Modificados según Dr. Karl Von Terzaghi.....	77
Tabla 17: Resultados para Diseño.....	78
Tabla 18: Referencia de Napa Freática.....	78
Tabla 19: Índice de Plasticidad.....	79
Tabla 20: Clasificación de Suelos.....	79
Tabla 21: Cohesión y Ángulo de Fricción.....	80
Tabla 22: Resultados FS de secciones sin carga.....	155
Tabla 23: Resultados FS de secciones con Carga Viva y Carga Sísmica.....	171
Tabla 24: Verificación de Desprendimiento Activo (Rico Rodríguez, 2005).....	173

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Diagnóstico Urbano, Plan de Desarrollo Urbano de Huancayo 2015-2025.	2
Figura 2: Cuadro 3.2B Provincia de Huancayo, Evolución Poblacional a nivel de Distritos Periodos censales 1981, 1993,2007-2015.	3
Figura 3: Desprendimiento de bloques	5
Figura 4: Deslizamiento real en la zona de estudio	6
Figura 5: Deslizamiento en macizo rocoso	6
Figura 6: Derrumbe rotacional de la zona de estudio	7
Figura 7: Derrumbe rotacional.....	7
Figura 8: Desprendimiento del talud	8
Figura 9: Desarrollo Sistemático de la Investigación	16
Figura 10: Efectos directos e indirectos derivados de la ocurrencia de los deslizamientos de tierra	19
Figura 11: Talud de corte y Terraplén	20
Figura 12: Nomenclatura de taludes y laderas	21
Figura 13: Partes generales de un talud o ladera	21
Figura 14: Partes de un deslizamiento.....	22
Figura 15: Flujos de Barro.....	24
Figura 16: Flujo de Derrubios.....	25
Figura 17: Flujo de Bloques	26
Figura 18: Flujo de Arena Seca.....	27
Figura 19: Flujo de Arena Húmeda	27
Figura 20: Colada.....	28
Figura 21: Colada de barro	29
Figura 22: Falla plana y de cuña	30
Figura 23: Falla de cuña.....	31
Figura 24: Caída de lienzos rocosos.....	32
Figura 25: Deslizamiento de compartimientos	33
Figura 26: Deslizamiento rotacional	33
Figura 27: Deslizamiento de derrubios	34
Figura 28: Volcamiento	35
Figura 29: Caída de bloques	36
Figura 30: Desprendimientos periódico	37
Figura 31: Desprendimientos de masa	37
Figura 32: Escarpas y acantilados	38
Figura 33: Avalancha de derrubios	38
Figura 34: Glosario de nombres para la caracterización de movimientos de masa. (Caracterización de los movimientos)	39
Figura 35: Envolvente de falla de Mohr y los criterios de falla de Mohr-Coulomb.....	45
Figura 36: Círculo de Mohr y envolvente de falla.....	46
Figura 37: Valores que determinan la estabilidad de un talud	47
Figura 38: Fuerzas Actuantes en Dovelas	50
Figura 39: Esquema Estático del Método Spencer	52
Figura 40: Mapa de Ubicación Política y Geográfica	57
Figura 41: Ubicación de calicatas	68
Figura 42: Talud en Falla progresiva 0+260	82
Figura 43: Ábaco Método Bishop Simplificado	85
Figura 44: Falla en la sección 0+180	141
Figura 45: Modelación completa falla sección 0+180	141

Figura 46: Falla en la sección 0+200	142
Figura 47: Modelación completa falla sección 0+200	142
Figura 48: Falla en la sección 0+220	143
Figura 49: Modelación completa falla sección 0+220	143
Figura 50: Falla en la sección 0+240	144
Figura 51: Modelación completa falla sección 0+240	144
Figura 52: Falla en la sección 0+260	145
Figura 53: Modelación completa falla sección 0+260	145
Figura 54: Falla en la sección 0+280	146
Figura 55: Modelación completa falla sección 0+280	146
Figura 56: Falla en la sección 0+720	147
Figura 57: Modelación completa falla sección 0+720	147
Figura 58: Falla en la sección 0+740	148
Figura 59: Modelación completa falla sección 0+740	148
Figura 60: Falla en la sección 0+760	149
Figura 61: Modelación completa falla sección 0+760	149
Figura 62: Falla en la sección 1+240	150
Figura 63: Modelación completa falla sección 1+240	150
Figura 64: Falla en la sección 1+320	151
Figura 65: Modelación completa falla sección 1+320	151
Figura 66: Falla en la sección 1+340	152
Figura 67: Modelación completa falla sección 1+340	152
Figura 68: Modelación completa falla sección 1+340	153
Figura 69: Modelación completa falla sección 1+340	153
Figura 70: Falla en la sección 1+400	154
Figura 71: Modelación completa falla sección 1+400	154
Figura 72: Plan Urbano Distrital 2012-2016 Huancán (Figura 63).....	155
Figura 73: Parámetros de Sitio - Territorio Nacional.....	156
Figura 74: Factor Z aceleración máxima.....	156
Figura 75: Sección 0+180 más carga viva y sísmica	157
Figura 76: Factor de Seguridad para la sección 0+180 carga viva y sísmica	157
Figura 77: Sección 0+200 más carga viva y sísmica	158
Figura 78: Factor de Seguridad para la sección 0+200 carga viva y sísmica	158
Figura 79: Sección 0+220 más carga viva y sísmica	159
Figura 80: Factor de Seguridad para la sección 0+220 carga viva y sísmica	159
Figura 81: Sección 0+240 más carga viva y sísmica	160
Figura 82: Factor de Seguridad para la sección 0+240 carga viva y sísmica	160
Figura 83: Sección 0+260 más carga viva y sísmica	161
Figura 84: Factor de Seguridad para la sección 0+260 carga viva y sísmica	161
Figura 85: Sección 0+280 más carga viva y sísmica	162
Figura 86: Factor de Seguridad para la sección 0+280 carga viva y sísmica	162
Figura 87: Sección 0+720 más carga viva y sísmica	163
Figura 88: Factor de Seguridad para la sección 0+720 carga viva y sísmica	163
Figura 89: Sección 0+740 más carga viva y sísmica	164
Figura 90: Factor de Seguridad para la sección 0+740 carga viva y sísmica	164
Figura 91: Sección 0+760 más carga viva y sísmica	165
Figura 92: Factor de Seguridad para la sección 0+760 carga viva y sísmica	165
Figura 93: Sección 1+240 más carga viva y sísmica	166
Figura 94: Factor de Seguridad para la sección 1+240 carga viva y sísmica	166
Figura 95: Sección 1+320 más carga viva y sísmica	167

Figura 96: Factor de Seguridad para la sección 1+320 carga viva y sísmica	167
Figura 97: Sección 1+340 más carga viva y sísmica	168
Figura 98: Factor de Seguridad para la sección 1+340 carga viva y sísmica	168
Figura 99: Sección 1+345.43 más carga viva y sísmica.....	169
Figura 100: Factor de Seguridad para la sección 1+345.43 carga viva y sísmica	169
Figura 101: Sección 1+400 más carga viva y sísmica.....	170
Figura 102: Factor de Seguridad para la sección 1+400 carga viva y sísmica	170

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1 Vista parcial de la zona de Estudio.....	191
Fotografía 2 Vista de Estratos representativos	191
Fotografía 3 Vista del Talud y falla de desprendimiento	192
Fotografía 4 Representación de estratos de material fino como arcillas y arenas	192
Fotografía 5 Apreciación de desprendimientos ocasionados por la erosión	193
Fotografía 6 Presencia de material suelto entre arenas y arcillas	193
Fotografía 7 Verificación e inspección visual en zona de estudio	194
Fotografía 8 Vista de estratos en talud de estudio.....	194
Fotografía 9 Vista de quebradas donde se presenta el deslizamiento	195
Fotografía 10 Talud expuesto con desprendimiento existente	195
Fotografía 11 Visualización e inspección en campo	196
Fotografía 12 Vista de talud de la parte superior	196
Fotografía 13 Vista de talud y desprendimientos formados capas y acumulación de material	197
Fotografía 14 Talud protegido con vegetación existente	197
Fotografía 15 Calicata N°1	198
Fotografía 16 Calicata N°2	198
Fotografía 17 Calicata N°3	199
Fotografía 18 Calicata N°4	199
Fotografía 19 Calicata N°5	200
Fotografía 20 Calicata N°6	200
Fotografía 21 Calicata N°7	201
Fotografía 22 Calicata N°8	201

RESUMEN

De acuerdo a los estudios estadísticos de los considerables desastres naturales desatados a través de la historia, los movimientos de deslizamientos producidos son mayores causantes de pérdidas de vidas, económicas en materiales cuantiosos. (García López, 2005)

En cualquier punto de vista producido, se relacionan la falta de diseño y conceptualización del enfoque de evaluación de deslizamientos, por ello en la presente investigación determino los causantes, posibles daños e inestabilidades que pueden producir a la zona **RIBEREÑA DEL RÍO MANTARO EN LOS BARRIOS DE PROGRESO - MANTARO DEL DISTRITO DE HUANCÁN, PROVINCIA DE HUANCAYO, REGIÓN JUNÍN.**

Se deberá realizar estudios a mayor profundidad sobre la estabilidad global y local del talud que trabaja en paralelo a esta zona, considerando que es muy común el desprendimiento de algunas partículas de grava, presentando la condición del talud.

Para las condiciones sísmicas será de mayor importancia considerar realizar un análisis general que emite el comportamiento del talud.

El presente estudio determina utilizar toda la herramienta de modelación digital (software) para cuantificar la seguridad o factor de seguridad, previamente a un cálculo, efectuando muestreos y ensayos para asignar características geotécnicas.

En el software Slide V 5.0, realizaré la modelación de la geometría del talud y la inserción de sus características mecánicas; parámetros que regirán el funcionamiento mismo de la estructura. Se considera la versatilidad de la hipótesis que se puede asignar a los métodos usados en el análisis de estabilidad de talud (métodos matemáticos), así como las condiciones en que estos resultan confiables en la obtención del factor de seguridad. (Espinoza Durán & Tapia Berzoza, 2013)

ABSTRACT

According to statistical studies of significant natural disasters unleashed through history, landslides movements produced are major causes of loss of life, economic in substantial material. (García López, 2005)

In any view produced, the lack of design and conceptualization of assessment approach landslides are related, so in this investigation determined that cause, damage and instabilities that can lead to the area RIBEREÑA Mantaro River in neighborhoods PROGRESO - DISTRICT MANTARO Huancán, province of Huancayo, Junin Region.

Studies should be conducted to deeper on the local and global slope stability working in parallel to this area, whereas the detachments gravel particles in static conditions of the slope are very common.

For seismic conditions will be larger and importance analyzes to estimate the behavior of the slope (Global faults) that reduce human and material losses. (Granados Lopez, 2006)

This study determined using all digital modeling tool (software) to quantify the security or safety factor, prior to a calculation, performing sampling and testing for assigning geotechnical characteristics.

Slide in software V 5.0 I will make the modeling of the geometry of the slope and the insertion of its mechanical characteristics; parameters that govern the operation of the structure itself. the versatility of the hypotheses that can be assigned to the methods used in slope stability analysis (mathematical methods), as well as the conditions under which these are reliable in obtaining the safety factor is considered. (Tapia Espinoza Duran & Berzoza, 2013)

INTRODUCCIÓN

La presente investigación aplica la evaluación, conceptos y metodologías para el estudio de deslizamientos en taludes, de manera que pueda predecir y estimar el grado de daño y pérdidas asociadas a este evento.

En cualquier suelo o superficie que no sea horizontal, presentará una serie de fuerzas que tienden a nivelarlo como las fuerzas de gravedad, filtración, presión, etc. Se contrarresta a eso la resistencia del terreno, como las raíces y otros elementos, haciendo que el primer grupo de fuerzas predomine sobre el segundo, el talud se forma inestable.

En nuestro país uno de los problemas que se debe de empezar a manejar es el control de deslizamientos en los taludes ubicados en distintas zonas del Perú, debido a su ubicación geográfica, presentan una geomorfología muy accidentada, donde en combinación con aspectos geológicos, hidrológicos y sísmicos de las diferentes zonas del Perú, hacen que este tipo de eventos se presenten constantemente, poniendo en riesgo muchas zonas vulnerables a este tipo de desastre natural. (Torres Chung, 2007)

En el estudio general de la estabilidad de taludes se verifican y observan los fenómenos producidos por un estado fino o de rotura de la masa de suelo.¹

La determinación de las condiciones de estabilidad de laderas naturales es un objetivo importante de los estudios de riesgos de origen geológico, algunas veces, la ausencia de intervención humana, la frecuencia e importancia de los deslizamientos del terreno suele ser ligada a zonas de relieve montañoso, a la intensidad y duración de precipitaciones y a ciertas formaciones litológicas especialmente sensibles a los movimientos. (Olivia Gonzáles)

La zona del proyecto pertenece a la Rivera del río Mantaro en los Barrios de Progreso - Mantaro del distrito de Huancán, ubicado en el departamento de Junín. Limita al norte con el distrito de Chilca, al este con el distrito de Sapallanga, al oeste con el distrito de Tres de Diciembre y el distrito de Huamancaca, y al sur con el distrito de Huayucachi. Tiene una población de más de 9 000 habitantes.

Dada la variedad de tipos de fallas existentes en cada tipo de talud, no se puede identificar un método general para aplicarlo a todos los tipos de falla, por el cual cada método determinado especifica la falla, buscando según el problema de estabilidad que se

¹ El agente eterno responsable de la inestabilidad es una fuerza de masa: el peso y eventualmente los efectos de filtración a los que debe añadirse, generalmente como factor secundario, posibles cargas externas. (Olivia Gonzáles)

considere planteando un análisis, realizando un estudio de cada nivel de riesgo en relación a los cortes del talud y la zona de estudio.

El Capítulo I desarrolla conceptos básicos considerando la justificación del problema y los métodos empleados para esta investigación, se realizó un método experimental por el cual se obtuvieron resultados de campo mediante ensayos de laboratorio, estos resultados se obtuvieron mediante cálculos del Factor de Seguridad (FS), empleando a su vez cargas aplicables para edificaciones y cargas sísmicas que se mostrarán.

El Capítulo II contiene el marco teórico que servirá como base para toda la investigación, se brinda información de cuáles son las herramientas necesarias para realizar un análisis, y cómo esto afecta y tiene relación en el estudio del riesgo a deslizamientos en taludes.

El Capítulo III, IV y V referente al análisis de deslizamiento planteado en tres diferentes métodos como son Fellenius, Bishop Simplificado y Spencer; este último método aplicable para la modelación que se realizó en el análisis de falla.

Para finalizar, esta tesis de estudio aspira dar un aporte al proyecto proporcionado según los métodos de análisis que considere la seguridad del talud y la seguridad necesaria para las posibles construcciones en la zona, con la optimización del comportamiento estructural, cálculo de posibles superficies de falla.

CAPITULO I

EL PROBLEMA DE LA INYETIGACIÓN

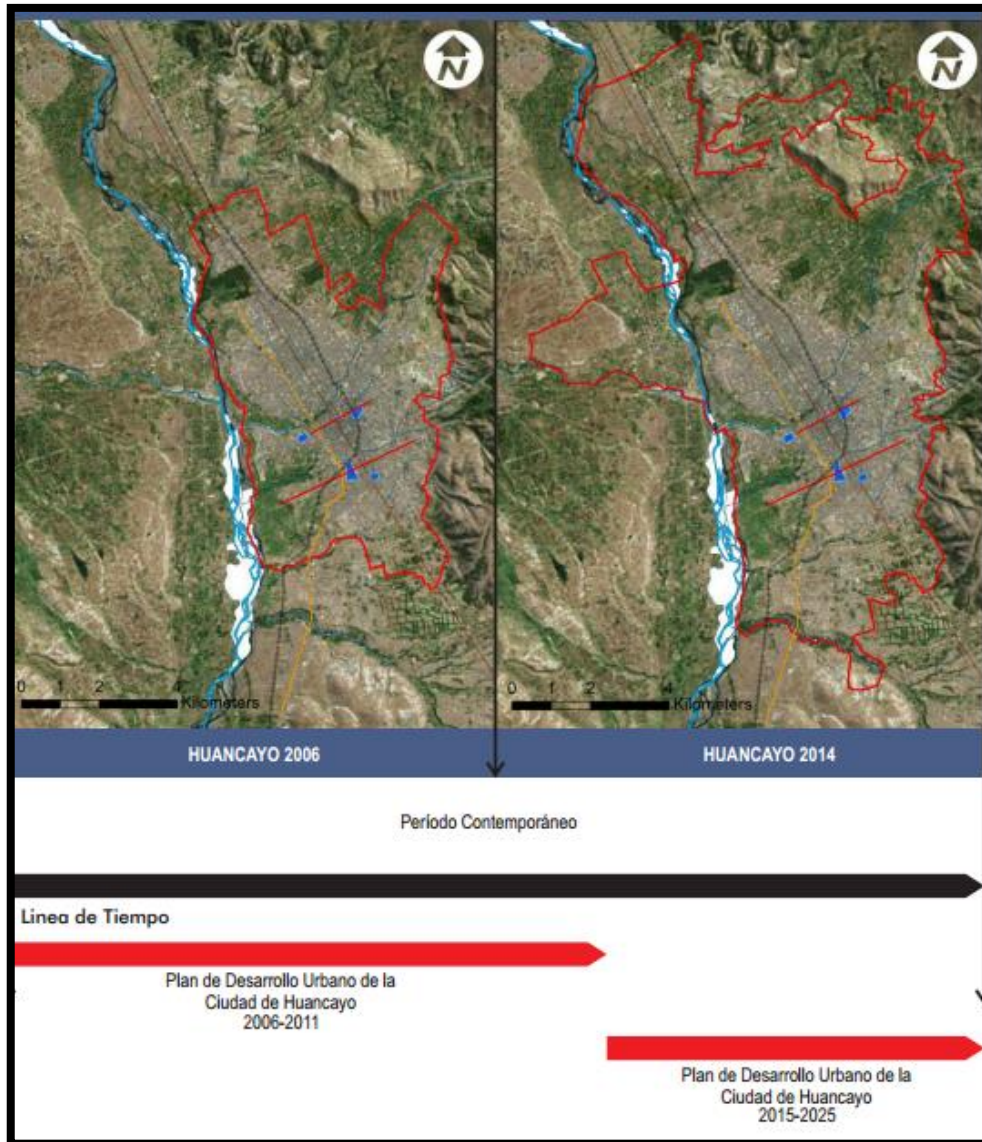
En la temporada de lluvias se ha podido evidenciar los problemas de caída de materiales de los taludes que han carcomido los cultivos aledaños, el problema se viene originando por la falta de un verdadero sistema que prevenga el deslizamiento.

Un estudio realizado al nivel de evaluación de riesgo que puede traer estos posibles deslizamientos, se avoca a considerar a la seguridad y a los posibles efectos como la pérdida de áreas dedicadas a la agricultura, y considerando a tiempo futuro, algunas posibles construcciones en estos terrenos cercanos a la ribera del río Mantaro.

Los deslizamientos superficiales presentan un deslizamiento provocando cambios sobresalientes de la estructura del suelo. Es un fenómeno abundante en el Perú, en laderas empinadas con amplias (pero no muy profundas) cubiertas eluviales y recoleticas, utilizadas para la agricultura (cultivos anuales de surco) y/o del ganado (ganadería extensiva). (Universidad Nacional de Cajamarca, 2015)

El crecimiento poblacional ha aumentado considerablemente lo cual genera una preocupación en las futuras construcciones y las áreas establecidas para usos diferentes que se dan en la zona; se muestra en el Planeamiento Urbano Huancayo 2015-2025 el crecimiento dado periódicamente durante los años transcurridos.

Figura 1: Diagnóstico Urbano, Plan de Desarrollo Urbano de Huancayo 2015-2025.



Fuente: Diagnóstico Urbano, Plan de Desarrollo Urbano de Huancayo 2015-2025.

Evolución histórica del Área de la Ciudad de Huancayo y Elaboración de Planes Urbanos.

Figura 2: Cuadro 3.2B Provincia de Huancayo, Evolución Poblacional a nivel de Distritos Periodos censales 1981, 1993,2007-2015.

CUADRO 3.2-B PROVINCIA DE HUANCAYO: EVOLUCIÓN POBLACIONAL A NIVEL DE DISTRITOS PERÍODOS CENSALES 1981-1,993-2,007-2,015 (2)								
N°	Distritos	Población				Tasa de Crecimiento		
		1,981	1,993	2,007	2,015	1,981-1,993	1,993-2,007	2,007-2,015
1	Cebucallanca	529	337	840	1.337	-3.69	6.74	5.98
2	Huancán	4.554	7.677	15.024	20.835	4.45	4.91	4.17
3	Piccolmayo	8.335	8.455	13.295	16.443	3.91	3.29	2.69
4	Hualhuas	2.335	2.837	3.903	4.488	1.64	2.30	1.76
5	San Agustín de Cajas	4.884	7.709	10.267	11.607	3.88	2.07	1.55
6	Chilca	36.918	60.466	77.392	85.628	4.20	1.78	1.27
7	El Tambo	59.533	112.284	146.847	161.429	5.43	1.94	1.19
8	Viques	1.472	1.971	2.065	2.222	2.46	0.33	0.92
9	Saño	2.161	3.523	3.778	4.026	4.16	0.50	0.80
10	Sicaya	5.459	6.367	7.532	7.988	1.29	1.21	0.74
11	Huayucachi	5.411	7.639	8.076	8.558	2.92	0.40	0.73
12	San Jerónimo de T.	6.342	8.268	9.658	10.203	2.23	1.12	0.69
13	Huancayo	88.643	100.116	112.054	116.953	1.02	0.81	0.54
14	Quilcas	3.518	3.506	4.015	4.186	-0.03	0.97	0.52
15	Colca	1.151	1.993	1.994	2.053	4.68	0.00	0.37
16	Sapallanga	12.642	12.907	13.087	12.769	0.17	0.10	-0.31
17	S. D. de Acobamba	7.615	8.202	8.055	7.737	0.62	-0.13	-0.50
18	Ingenio	3.085	2.786	2.652	2.503	-0.85	-0.35	-0.72
19	Quichuay	1.475	2.161	1.929	1.757	3.23	-0.81	-1.16
20	Huacrapuquio	1.723	1.601	1.415	1.284	-0.61	-0.88	-1.21
21	Pucará	4.575	6.539	5.655	5.063	3.02	-1.03	-1.37
22	Chupuro	1.656	2.386	2.012	1.778	2.12	-1.21	-1.53
23	Cullhuas	3.736	3.155	2.583	2.247	-1.40	-1.42	-1.73
24	Huasicancha	2.067	1.223	992	859	-4.28	-1.48	-1.78
25	Parishuanca	7.925	9.148	7.057	5.941	1.20	-1.84	-2.13
26	Chongos Alto	2.681	2.274	1.686	1.389	-1.36	-2.11	-2.39
27	Chicche	2.033	1.965	1.271	968	-0.20	-3.13	-3.35
28	Chacapampa	3.208	2.033	1.212	888	-3.73	-3.63	-3.81
	TOTAL	282.866	389.548	466.346	503.139	2.70	1.29	0.95

Fuente: Diagnóstico Urbano, Plan de Desarrollo Urbano de Huancayo 2015-2025

En el cuadro presentado, se muestra la evolución de las tasas de crecimiento inter-censales tanto de las provincias de la región Junín como en los distritos de la provincia de Huancayo.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La existencia de proyectos futuros de urbanizaciones y otros en la zona, generarían los deslizamientos a causa de desprendimientos por fenómenos naturales, la inestabilidad del suelo por la extracción de material como agregado, hacen que la estructura del suelo sea inestable, lo cual genera un problema sumamente trascendental, puesto que está poniendo en juego vidas humanas.

La falta de estudios detallados así como ensayos adecuados, nos lleva a generalizar un análisis de la zona ribereña, por lo tanto, esta investigación debe detallar la geomorfología, información de campo, así como ensayos de laboratorio, zonificación en intervalos de riesgo, análisis, presentación de alternativas de solución para la estabilización de los taludes.

Cerca de la superficie de la tierra la resistencia al cortante del suelo variará grandemente durante las diferentes estaciones del año. Algunas superficies del suelo se expanden durante la temporada de lluvias y durante dicho período tendrán mucha menor resistencia que durante la temporada de estiaje donde el nivel es más bajo o el caudal es mínimo de un río u otra corriente en época de sequía; las cuales presentarían algunos tipos de grietas en los taludes. (Guillén Martínez, 2004)

La designación cuantitativa de relación de niveles de riesgo, evaluación y seguridad, determina el empleo de técnicas y modelos propios de la Mecánica de Suelos, desarrollando los modelos de cálculo que son una parte de la solución del problema y que en general se trata de taludes naturales.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En 1974, uno de los deslizamientos de tierra más grandes en la historia ocurrió en el Valle del río Mantaro, en los Andes del Perú (Hutchinson and Kogan, 1975). Una laguna temporal fue formada cuando el deslizamiento represó el río Mantaro causando la inundación de granjas, tres puentes, y unos veinte kilómetros de carretera. Casi 500 personas en el pueblo de Mayunmarca y en sus alrededores perdieron la vida². Este desastre es un ejemplo del potencial destructivo de los deslizamientos de tierra y el por qué son considerados como peligros. Si bien no todos los deslizamientos producen catástrofes, los daños causados por muchos pequeños pueden ser igual o exceder el impacto de un solo gran deslizamiento. Así, los deslizamientos tanto grandes como pequeños son capaces de causar daños significativos y pérdidas de vida. (Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente Secretaría ejecutiva para asuntos Económicos y Sociales Organización de Estados Americanos., 1993)

Uno de los problemas encontrados permite clasificar según la índole de fallas de los taludes que se basa en la identificación de los factores geológicos y geotécnicos que condicionan

² Fuente: Manual sobre el Manejo de Peligros Naturales en la Planificación para el Desarrollo Regional Integrado.

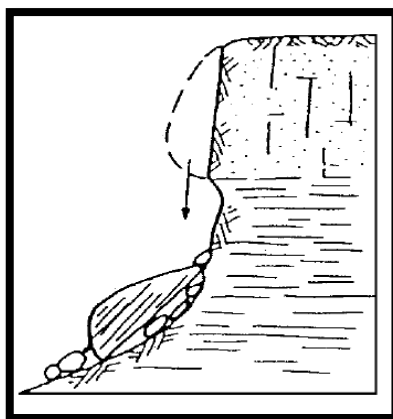
la falla. Los deslizamientos de taludes pueden ocurrir de muchas maneras y aún persistiendo cierto grado de desasosiego en su rapidez de ocurrencia y el área afectada.

Sin embargo, existen ciertos patrones que ayudan a identificar y reconocer áreas potenciales de fallas, lo cual permite el tratamiento del talud para eliminar o reducir a un mínimo el riesgo de falla.

El derrumbamiento o arrasamientos son relevantes desde el punto de vista de la ingeniería, porque la caída de uno o varios bloques pueden ocasionar perjuicios estructurales a otros taludes que se encuentren cerca o en la parte inferior originando una destrucción masiva y consecutiva.

Los desprendimientos se producen generalmente en taludes verticales de suelos débiles o de una capacidad portante menor a uno y en macizos rocosos fracturados. Generalmente se pueden identificar por la presencia de grietas de tensión.

Figura 3: Desprendimiento de bloques



Fuente: Capítulo 3, Guía para identificar problemas de deslizamientos, clasificación de fallas de taludes adaptada. (Hunt, 1984)

Los derrumbes se encuentran asociados a fallas en suelos y rocas, y de acuerdo con la forma de la superficie de falla se subdividen en rotacionales y planeares. (Hunt, 1984)

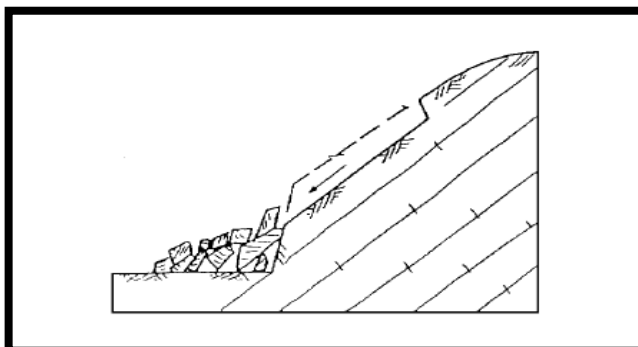
Como se muestra en la Figura N°3, se observa la caída en forma de desprendimiento de bloques que son producidos por fallas y estructura del suelo, debilitando los componentes del talud, estos movimiento deja sin vegetación la zona deslizada, desplazada por material rocoso granular mientras que los escombros quedan expuestos.

Figura 4: Deslizamiento real en la zona de estudio



Los deslizamientos en macizos rocosos consisten en el deslizamiento como una unidad o unidades (bloques) talud abajo, a lo largo de una o más superficies planas. (Hunt, 1984)

Figura 5: Deslizamiento en macizo rocoso



Fuente: Capítulo 3, Guía para identificar problemas de deslizamientos, clasificación de fallas de taludes adaptada. (Hunt, 1984)

En el área de trabajo, donde presentaré la investigación, observamos distintos tipos de deslizamientos producidos con la presencia de inestabilidad, o como por ejemplo como se muestra en la Figura N°05, por la extracción de material granular, causando desprendimientos, fallas e inestabilidad.

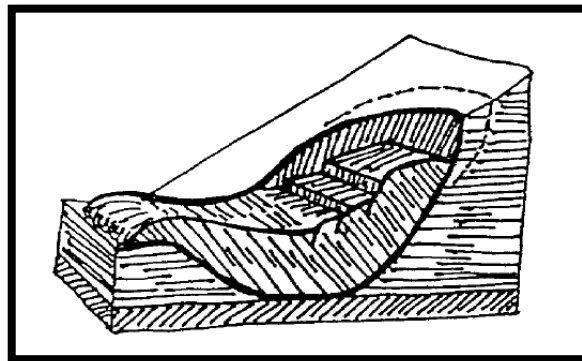
El problema se genera por tener parte agrícola y algunas viviendas en la parte superficial del talud.

Figura 6: Derrumbe rotacional de la zona de estudio



Los derrumbes rotacionales tienden a ocurrir lentamente en forma de cuchara y el material comienza a fallar por rotación a lo largo de una superficie cilíndrica, aparecen grietas en la cresta del área inestable y abombamientos al pie de la masa deslizante, al finalizar, la masa se desplaza sustancialmente y deja un escarpe en la cresta. (Hunt, 1984). Se aprecia este tipo de derrumbe en las Figuras 06 y 07.

Figura 7: Derrumbe rotacional



Fuente: Capítulo 3, Guía para identificar problemas de deslizamientos, clasificación de fallas de taludes adaptada. (Hunt, 1984)

La principal causa de este tipo de falla es el incremento de la inclinación del talud, meteorización y fuerzas de filtración, sus consecuencias no son catastróficas a pesar de que el movimiento puede causar severos daños a estructuras que se encuentran en la masa deslizante o sus alrededores (Hunt, 1984); en la Figura N° 08 se puede ver este tipo

de desprendimiento en etapa temprana ya que se forman grietas de tensión, generando pequeños desmoronamientos, y al momento de la falla total se pueden observar varios escarpes en la superficie del talud, además de grietas, así como una gran masa de material al pie del talud.

Figura 8: Desprendimiento del talud



1.2.1. TRABAJOS PREVIOS

Referente a los trabajos previos se determinarán las características generales que se obtengan en el proceso para buscar soluciones al problema de la estabilidad de la zona, teniendo como referente su ubicación, topografía, así como las características geomecánicas desarrollados en el posterior diseño, estimadas en el laboratorio como por un retro análisis.

El método planteado tiene las siguientes características:

- Se hace el uso de diversos mapas temáticos e información de la zona a trabajar.
- Está diseñado para obtener datos visualizados a fin de proporcionar información apropiada sobre el peligro de deslizamientos.
- Es aplicable para las regiones del Perú con diferentes características geomorfológicas y de vegetación.

La susceptibilidad de determinada área a los deslizamientos se puede determinar y describir en base a la zonificación del peligro. Se requiere un mapa del peligro de

deslizamientos muy al inicio del estudio de planificación y desarrollarlo en mayor detalle a medida que avanza el estudio. Se puede usar como herramienta para identificar las áreas de terrenos mejor caracterizadas para el desarrollo, examinando el riesgo potencial de los deslizamientos. (Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente Secretaría ejecutiva para asuntos Económicos y Sociales Organización de Estados Americanos., 1993)

La necesidad de información sobre el peligro de deslizamientos es el primer paso para asegurar que el peligro no exceda un grado aceptable para la planificación del uso futuro del terreno. El objetivo es identificar las áreas relativamente susceptibles a deslizamientos y determinar qué tipos de actividades de desarrollo son las más adecuadas. (Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente Secretaría ejecutiva para asuntos Económicos y Sociales Organización de Estados Americanos., 1993)

El movimiento de los deslizamientos es perceptible y puede tomar la forma de caídas, realces, deslizamientos o flujos. Puede consistir en material de libre caída de los acantilados, o en masas fragmentadas o íntegras que se deslizan por los cerros y montañas o en flujos fluidos. Los materiales pueden trasladarse a velocidades hasta de 200 kilómetros por hora o más y los deslizamientos pueden durar unos pocos segundos o minutos, o pueden ser movimientos graduales más lentos durante varias horas o aún días. En consecuencia, los deslizamientos son reconocidos en función del tipo de su movimiento. (Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente Secretaría ejecutiva para asuntos Económicos y Sociales Organización de Estados Americanos., 1993)

Para realizar este tema de investigación considero un estudio de planificación, desarrollarlo e integrarlo. Se hará una revisión principal de cada tipo y contenido de información, como la identificación de peligros naturales, misión preliminar, diagnósticos de desarrollo y plan de acción.

1.2.2. OBJETIVOS

El objetivo de esta tesis es realizar un estudio sobre la evaluación de los deslizamientos que podrían ocurrir en la zona RIBEREÑA DEL RÍO MANTARO EN LOS BARRIOS DE PROGRESO - MANTARO DEL DISTRITO DE HUANCÁN,

PROVINCIA DE HUANCAYO, REGIÓN JUNÍN, determinando tanto la identificación, la misión preliminar, el diagnóstico y el plan de acción a tratar.

1.2.2.1. Objetivo General

Evaluar el nivel de riesgo que puede ocasionar el deslizamiento producido en la zona ribereña del río Mantaro en los barrios de Progreso - Mantaro del distrito de Huancán, provincia de Huancayo, región Junín.

1.2.2.2. Objetivo Específicos

- Evaluar las causantes que producen estos deslizamientos.
- Identificar los dispositivos de falla más comunes en los distintos tipos de materiales de suelo y el proceder de los taludes.
- Identificar y describir los factores de falla en la zona de riesgo.
- Evaluar las herramientas que podemos utilizar cuando se nos presentan inestabilidades proponiendo la mejora del comportamiento en las propiedades como el aumento de la resistencia del suelo, la disminución de los esfuerzos cortantes del talud (modificación de la topografía) y el aumento de los esfuerzos de confinamiento del talud.
- Evaluar posibles problemas causados a la población.
- Evaluar un sistema de estabilización considerando ubicación, tipo de suelo, topografía y estratigrafía que estabilice el suelo.
- Obtener métodos de estabilización más aptos.
- Determinar el tipo de la estructura del suelo y obtener el factor de seguridad para futuras construcciones.

1.2.3. HIPÓTESIS

1.2.3.1. Hipótesis General

Mientras mayores sean los deslizamientos producidos en la zona ribereña del río Mantaro en los barrios de Progreso - Mantaro del distrito de Huancán, provincia de Huancayo, región Junín, mayores serán los niveles de riesgos que se ocasionarán.

1.2.3.2. Hipótesis Específica

- a. Los niveles de riesgos son producidos por la inestabilidad de la estructura del suelo ocasionando deslizamientos, carcomiendo la zona agropecuaria y de expansión urbana de los barrios de Progreso - Mantaro del distrito de Huancán.
- b. Los principales problemas que generan la inestabilidad y deslizamientos de taludes determinarán el nivel de riesgo y las soluciones que tienen y que se plantearán.

1.2.4. METODOLOGÍA

Dependiendo del tipo de talud, el tiempo, los recursos destinados a la investigación y el análisis, tendremos el siguiente procedimiento:

- Uso de observación de campo, determinar si existen evidencias de infiltración, topográficas y condiciones reales del talud.
- Determinar las condiciones de la vegetación existente y la posible inclinación de los árboles.
- Estudios Geo-técnicos como: Sondaje y ensayos de laboratorio.
- Levantamiento y mapas topográficos y reconocimiento del área a trabajar, determinando las áreas estables e inestables en base a sus alturas y pendientes.

1.2.4.1. Método

Método de investigación en campo (práctica)

La investigación se realizará con la compilación de información, datos y muestreo que se da en la misma zona de estudio especificando donde se presenta los fenómenos que estudiaremos en su naturaleza real, en la realización de esta tesis se utilizó los métodos de investigación, técnicas e instrumentos para recolectar la información en el medio donde se presentan estos fenómenos.

Estos trabajos de investigación se obtendrán de un análisis y recopilación de información comprobándolo directamente en el campo y lugar de estudio.

Método de temas prácticos

Esta investigación se apoya en la comprobación de un fenómeno o comportamiento especial que se encuentra delimitado por un ambiente de carácter práctico, su realización se ubica dentro de un campo específico. Esta tesis parte de un tema empírico, en los cuales aplican la observación de hechos, fenómenos tangibles, medibles y comprobables, que requieren ser validados mediante la aplicación del método científico. (Muñoz Razo, 2011)

1.2.4.2. Tipo y Nivel de Investigación

Según la profundidad u objetivos: Explicativa

El objetivo de estudio es analizar un fenómeno en particular con la finalidad de explicarlo en el ambiente donde se presenta, interpretarlo y dar a conocer el reporte correspondiente.

Siguiendo el método formal de investigación, tanto el planteamiento del problema, la forma y las técnicas de recopilar datos, como el análisis y la explicación de sus resultados están encaminados hacia un mejor entendimiento del comportamiento del fenómeno que se estudia. (Muñoz Razo, 2011)

Según su finalidad: Investigación aplicada

Es investigación aplicada porque se usa la ciencia ya existente para aplicarla a hechos concretos sacando la utilidad práctica de la ciencia.

Ese tipo de trabajo también recibe el nombre de investigación aplicada fundamental, se caracteriza por aplicar los conocimientos que surgen de la investigación pura para resolver problemas de carácter práctico, empírico y tecnológico para el avance y beneficio de los sectores producidos de bienes y servicios de sociedad. (Muñoz Razo, 2011)

Según el tratamiento de los datos: Cuantitativa

Es cuantitativa porque se medirán datos y se evaluarán haciendo uso de métodos matemáticos.

Obedece a un enfoque objetivo de una realidad externa que se presenta a describir, explicar y predecir en cuanto a la casualidad de sus hechos y fenómenos, para ello se requiere de un método formal, de investigación de carácter cuantitativo, en el que la recolección de datos es de tipo numérico, estandarizado y cuantificable. (Muñoz Razo, 2011)

1.2.4.3. Diseño de la Investigación

Experimental

Porque se evaluará la variable independiente (riesgos) para analizar la variable dependiente (deslizamientos de talud). El objetivo de estudio es determinar el nivel de riesgos con métodos exploratorios, estudiando el grado en que se encuentra este fenómeno.

- FINALIDAD
 - Aplicada
- ALCANCE TEMPORAL
 - Seccional
- PROFUNDIDAD
 - Explorativas
- AMPLITUD
 - Macro sociológicas
- FUENTES
 - Datos Secundarios
- CARÁCTER
 - Cualitativo
- NATURALEZA
 - Experimental
- MARCO
 - Campo
- TIPOS DE ESTUDIO
 - Sondeo

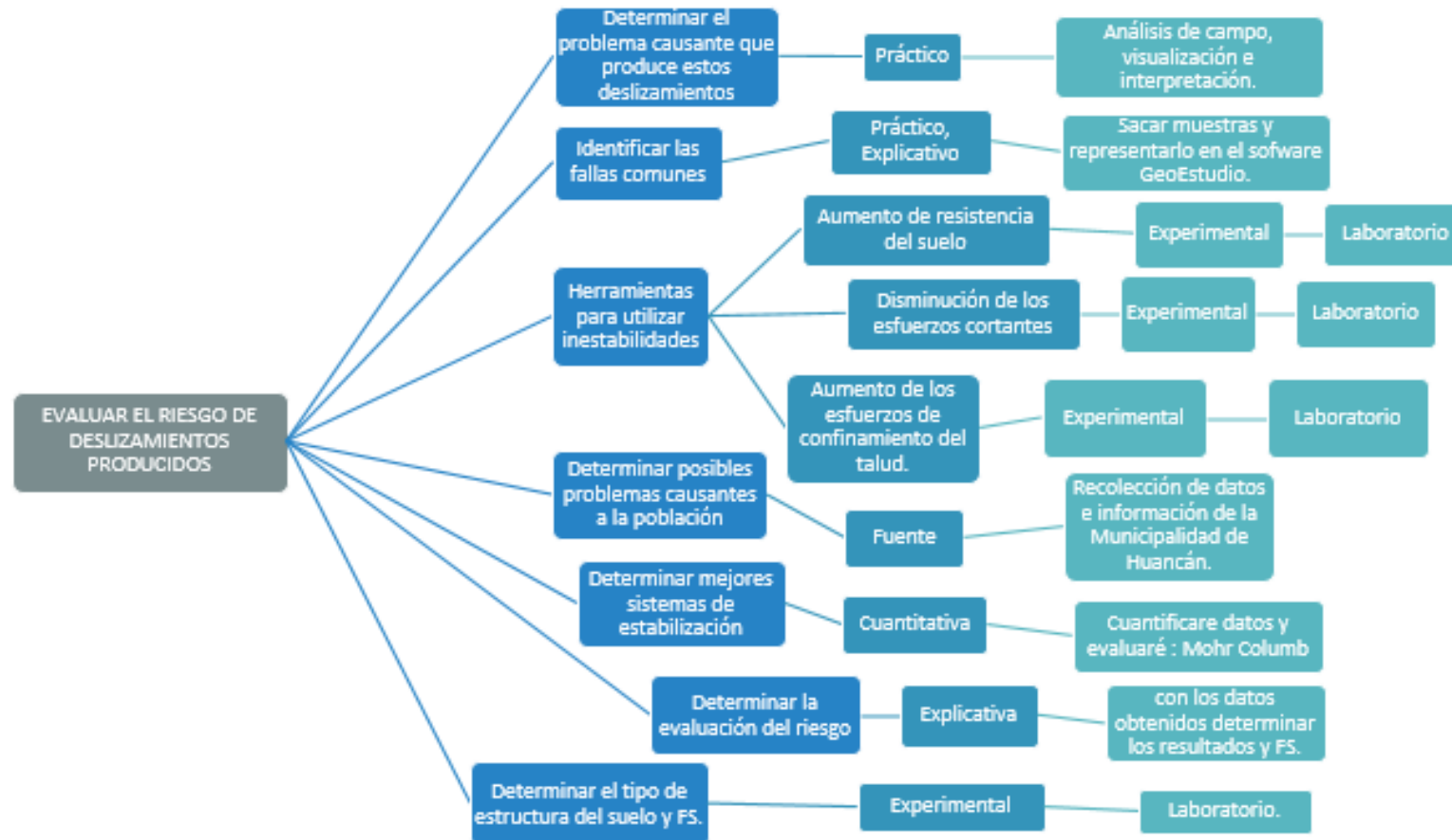
Tabla 1: Metodología

DESLIZAMIENTOS DE TALUD	
EVALUAR EL RIESGO DE DESLIZAMIENTO DE TALUD	
PARTES DEL PROBLEMA YA RESUELTAS (ANTECEDENTES)	Los deslizamientos producidos en la zona Ribereña del distrito de Huancán, ha socavado mucha área, perjudicando la zona agrícola, adicionalmente que el talud encontrado tiene fallas produciendo inestabilidad en la zona.
SISTEMAS, TEORÍAS, PROCEDIMIENTOS.	Hipótesis: Mayor sean los deslizamientos producidos, mayor serán los niveles de riesgos.
	Variables :
	INDEPENDIENTE Riesgos
	DEPENDIENTE Deslizamientos de talud
	Universo: Suelo del distrito de Huancán
	Técnicas e Instrumentos: muestreo y extracción de muestras.
	Muestras: Calicatas en puntos de zonas críticas.
	Tratamiento: Recolección de datos en campo.
Tratamiento de los datos, sistemas, procedimientos: Desarrollo de los datos de campo en laboratorio.	
Análisis de las informaciones y formulación de apreciaciones: Resultado de informes de laboratorio.	
Formulación de las conclusiones parciales: Interpretación de resultados.	
Contrastación de la hipótesis global: Verificación de fallas en el suelo y talud.	
Formulación de las conclusiones general: Verificación con los resultados obtenidos.	

1.2.5. ORGANIZACIÓN DE LA TESIS

a. Desarrollo sistemático de la investigación (DSI)

Figura 9: Desarrollo Sistemático de la Investigación



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Un deslizamiento o derrumbe es un movimiento cuesta abajo de suelo, roca, vegetación, rellenos artificiales o una combinación de ellos, en un talud natural o artificial, el cual puede ser lento o rápido y bajo la influencia directa de la gravedad, sobre una o varias superficies de rotura, al exceder la resistencia de los materiales que componen el talud. Las fuerzas que originan los deslizamientos y otros movimientos de masa pueden ser divididas en Externas o Exógenas e Internas o Endógenas.

El conocimiento de la ocurrencia de deslizamientos en el pasado en el área de los taludes, constituye un punto de partida para la detección y evaluación de potenciales deslizamientos en el futuro. (John Soto, 2011)

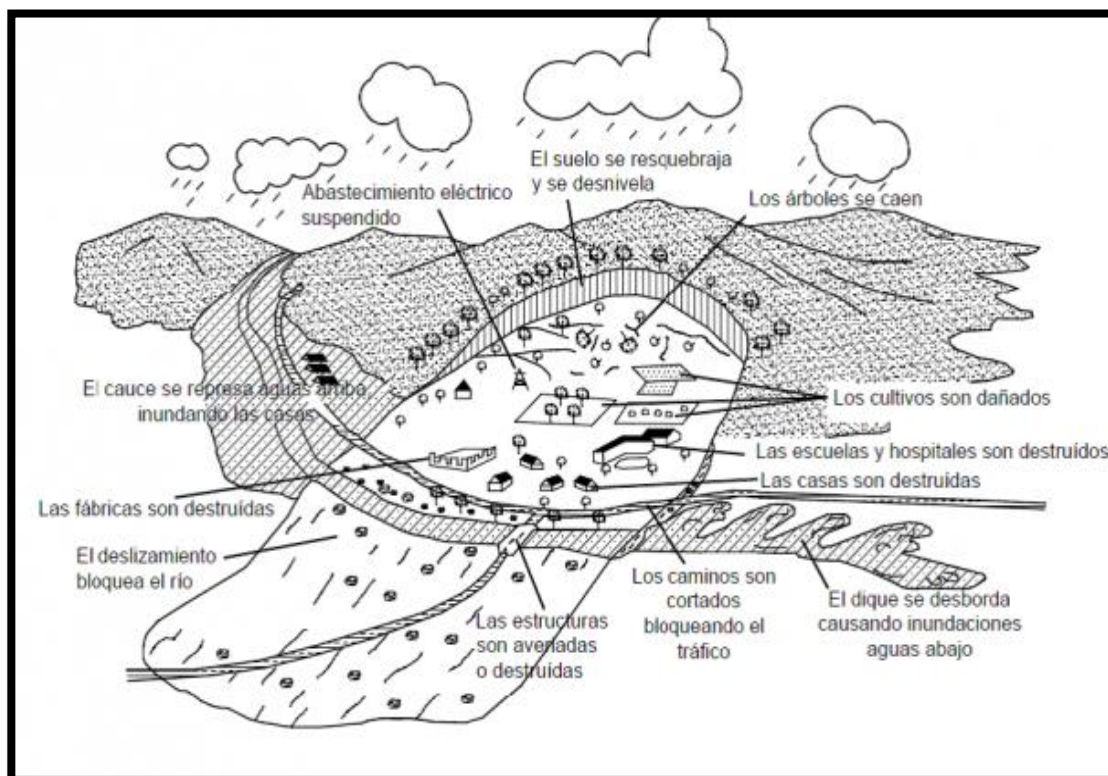
Para evaluar la estabilidad de un talud depende y tiene relación con diversos factores, los cuales incluyen: la geometría del talud, los parámetros geológicos, la presencia de grietas de tensión, acción de cargas dinámicas por efectos sísmicos, flujo de agua, propiedades del suelo, etc.

Con el fin de demostrar el riesgo que se puede producir en la zona RIBEREÑA DEL RÍO MANTARO EN LOS BARRIOS DE PROGRESO - MANTARO DEL DISTRITO DE HUANCÁN, PROVINCIA DE HUANCAYO, REGIÓN JUNÍN, se lleva a un caso real, el cual fue estudiado; para ello se delimitó una zona de estudio la cual cuenta con todas las características prácticas para emplear las metodologías estudiadas.

En la historia de nuestro país han ocurrido deslizamientos los cuales han causado muertes, heridos o pérdidas económicas, la vulnerabilidad frente a los deslizamientos responde a las condiciones topográficas, geológicas, al uso del suelo, la precipitación anual, la actividad sísmica y las actividades antrópicas relacionadas con la construcción de

viviendas, al desarrollo, la deforestación. Las zonas cordilleranas son muy susceptibles a sufrir problemas de deslizamientos de tierra debido a que generalmente se reúnen cuatro de los elementos más importantes para su ocurrencia. (John Soto, 2011)

Figura 10: Efectos directos e indirectos derivados de la ocurrencia de los deslizamientos de tierra



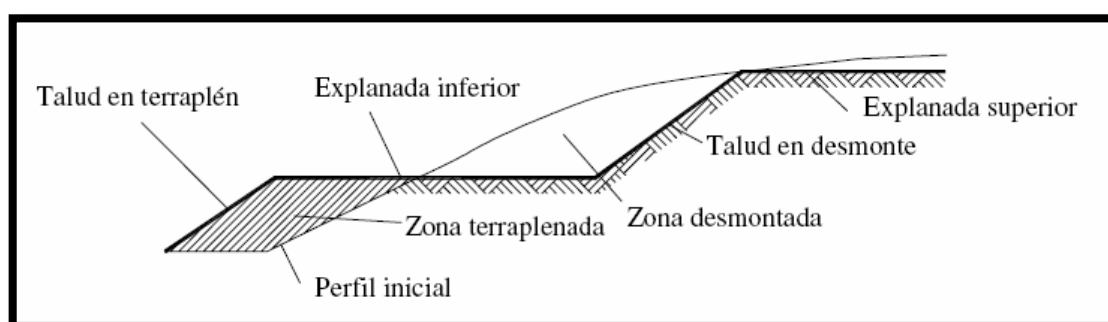
Fuente: “Protección y Estabilización de Taludes para evitar deslizamientos”, Universidad Austral de Chile. (John Soto, 2011)

La nomenclatura más comúnmente utilizada en las ciencias geotécnicas, se basa en los sistemas de clasificación propuestos por Hutchinson (1968) y por Varnes (1958 y 1978). Este último sistema fue actualizado por Cruden y Varnes en el Special Report 247 del Transportation Research Board de los Estados Unidos (1996) y es el sistema de nomenclatura y clasificación más utilizado en el mundo. Por otra parte, en cada país o región se utilizan algunos vocablos propios. Los términos básicos más aceptados universalmente son el de Talud para identificar una superficie con relieve inclinado y el de Deslizamiento para los movimientos del talud. (Suarez, 2013)

Un Talud o ladera es una masa de tierra que no es plana, sino que presenta una pendiente o cambios significativos de altura. En la literatura técnica se define como Ladera cuando

su conformación actual tuvo como origen un proceso natural y Talud cuando se conformó artificialmente (Figura 11). Los taludes se pueden agrupar en tres categorías generales: los terraplenes, los cortes de laderas naturales y los muros de contención. Se pueden presentar combinaciones de los diversos tipos de taludes y laderas. Las laderas o taludes que han permanecido estables por muchos años pueden fallar debido a cambios topográficos, sísmicos, a los flujos de agua subterránea, a los cambios en la resistencia del suelo, la meteorización o a factores de tipo antrópico o natural que modifiquen su estado natural de estabilidad. Un talud estable puede convertirse en un Deslizamiento. (Suarez, 2013)

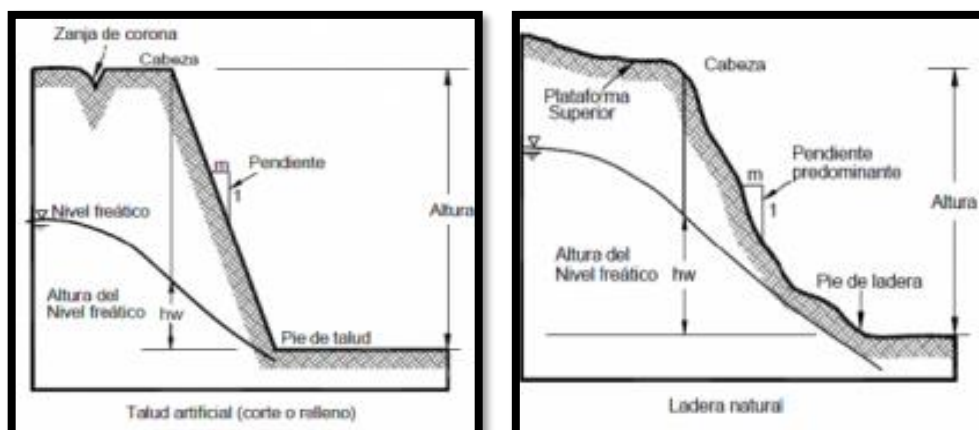
Figura 11: Talud de corte y Terraplén



Fuente: Poblete, 2006

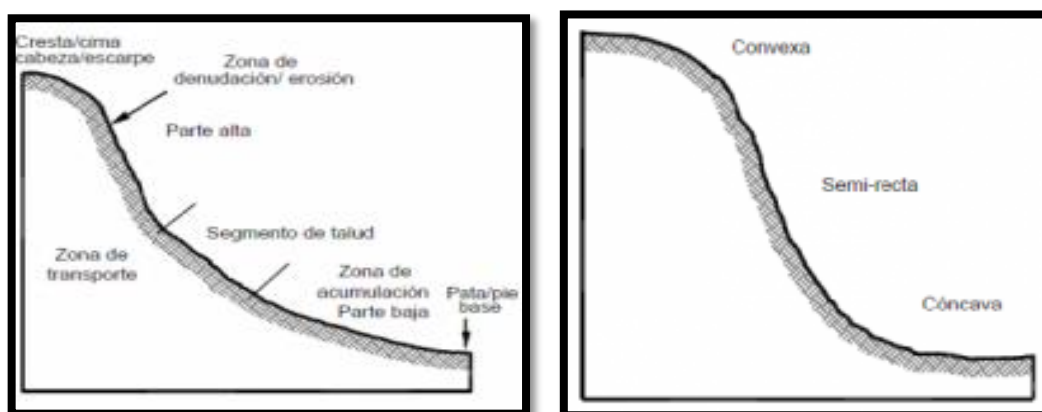
Existen algunos términos para definir las partes de un talud. El talud comprende una parte alta o superior convexa con una cabeza, cima, cresta o escarpe, donde se presentan procesos de denudación o erosión; una parte intermedia semi-recta y una parte baja o inferior cóncava con un pie, pata o base, en la cual ocurren principalmente procesos de depósito (Figura 11). (Suarez, 2013)

Figura 12: Nomenclatura de taludes y laderas



Fuente: Poblete, 2006.

Figura 13: Partes generales de un talud o ladera



Fuente: Poblete, 2006.

Siguiendo con el estudio del terreno y cuando se involucra una gran masa o volumen con una cierta configuración escalonada o inclinada, se entra en el campo de análisis de estabilidad de taludes y de laderas naturales. (John Soto, 2011)

Las laderas que han permanecido estables por muchos años pueden fallar en forma imprevista debido a cambios topográficos, sismicidad, flujos de agua subterránea, cambios en la resistencia del suelo, meteorización o factores de tipo antrópico o natural que modifiquen su estado natural de estabilidad. (John Soto, 2011)

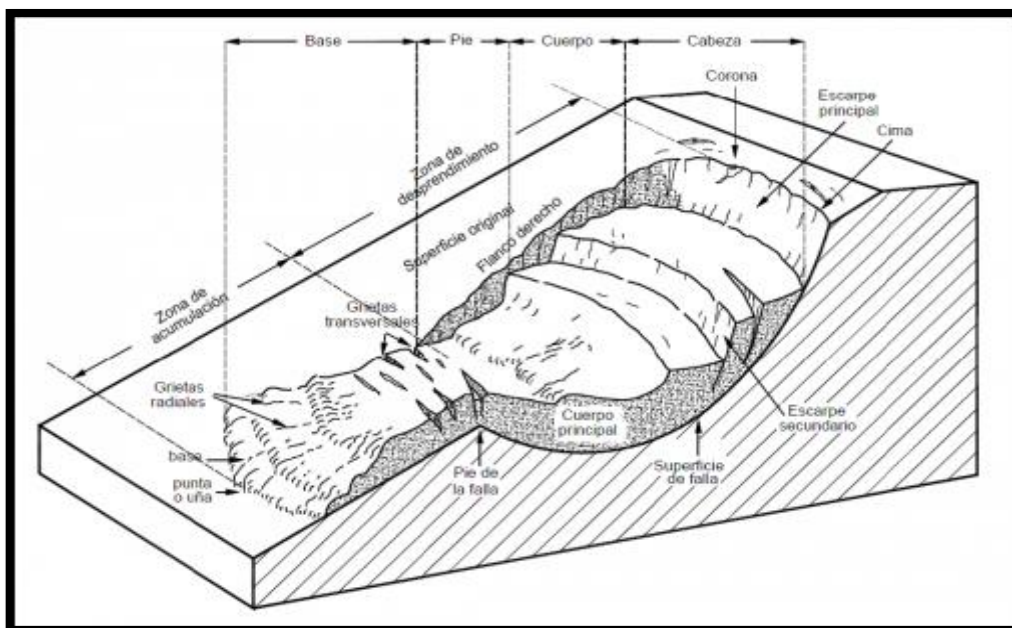
Los deslizamientos pueden ser lentos, los cuales dependen de las características del terreno por donde se deslizan, la velocidad del movimiento es tan lenta que no se percibe, este tipo de deslizamiento genera unos pocos centímetros de material al año. Se identifican por medio de una serie de características marcadas en el terreno.

Pueden ser rápidos, los cuales son movimientos bruscos, varios metros en pocos minutos. La velocidad del movimiento es tal que la caída de todo el material puede darse en pocos minutos o segundos. Son frecuentes durante las épocas de lluvias o actividades sísmicas intensas. Como son difíciles de identificar, ocasionan importantes pérdidas materiales y de vidas. (Suarez, 2013)

Los deslizamientos ocurren por lluvias torrenciales, por la erosión de los suelos y por los temblores de tierra, pudiendo producirse también en zonas cubiertas por grandes cantidades de avalanchas y actividad humana (cortes en ladera, falta de canalización de aguas, etc.). (Suarez, 2013)

Depende de las siguientes variables: Clase de rocas y suelos; Topografía (lugares montañosos con pendientes fuertes); Cantidad de lluvia en el área; Actividad sísmica de la zona; Actividad humana (cortes en ladera, falta de canalización de aguas, etc.); Erosión (por actividad humana y de la naturaleza). (Suarez, 2013)

Figura 14: Partes de un deslizamiento



Fuente: Poblete, 2006.

2.1. ESTABILIDAD DEL ESTRADO DE SUELOS EN LOS TALUDES

La seguridad de una masa de tierra contra falla o movimiento es lo que se llama ESTABILIDAD, cuando ocurren los deslizamientos, corrimientos o hundimientos es necesario hacer estudios de estabilidad para determinar la causa de la falla y poder indicar la corrección y el mejor método para prevenir. (Guillén Martínez, 2004)

En todos aquellos lugares donde el terreno no está nivelado existen fuerzas actuando, las cuales tratan de ocasionar un movimiento del suelo, de los puntos altos a los puntos bajos. La más importante de estas fuerzas es la componente de la gravedad que actúa en la dirección del movimiento probable. (Guillén Martínez, 2004)

Cerca de la superficie de la tierra la resistencia al cortante del suelo variaría grandemente durante las diferentes estaciones del año, algunas superficies del suelo se expanden durante la temporada de lluvias, y durante dicha temporada tendrán mucho menor resistencia que durante la temporada del nivel más bajo o caudal mínimo de un río... (Guillén Martínez, 2004). Como en nuestro caso se sitúa en la zona ribereña de Huancán – Mantaro.

La profundidad de la zona de deslizamiento puede variar desde unos cuantos centímetros hasta algunos metros, dependiendo de las propiedades del suelo y de las condiciones del tiempo. El deslizamiento será más pronunciado cuando se tengan mayores cambios de volúmenes en dicho suelo. (Guillén Martínez, 2004)

El fenómeno conocido como deslizamiento o escurrimiento, por lo general, no involucra la ruptura o falla de la pendiente.

Sobre un talud cubierto con mucha vegetación, el deslizamiento será resistido en cierta forma por la tensión de las raíces. La tensión aumentará gradualmente, en algunas veces por años, hasta que una raíz cualquiera falla a la tensión. Si las raíces que la rodean son incapaces de sobrellevar la carga adicional impuesta sobre ellas, puede ocurrir un derrumbe. Este tipo de derrumbe espontáneo es más común en los países tropicales donde el deslizamiento tiende siempre a ser grande. (Guillén Martínez, 2004)

Todos los análisis de estabilidad serán basados en el concepto de que un talud fallará a menos que la resistencia resultante al corte sobre cada superficie perpendicular al talud sea mayor que la resultante de todas las fuerzas ejercidas sobre la superficie de la masa en la parte superior. La superficie que es la más profunda que falle, es llamada la superficie crítica. (Guillén Martínez, 2004)

2.2. MOVIMIENTOS DE MASA

2.2.1. FLUJOS DE BARRO

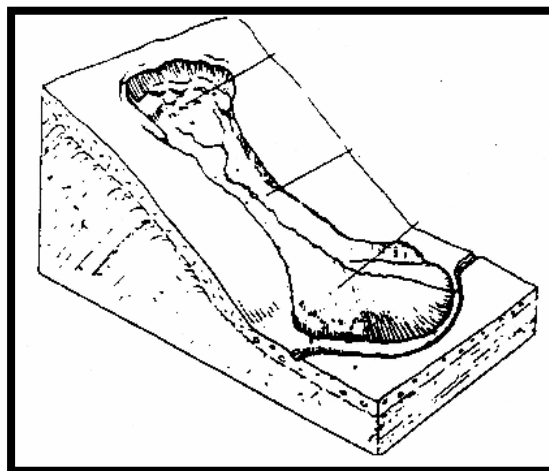
La fase principal de los flujos de barro consiste cuando la masa entra en movimiento totalmente dislocada y fluye como un cuerpo viscoso. El límite entre las masas móviles y el terreno en sitio está bien definido. (Guillén Martínez, 2004)

La velocidad con que ocurre el movimiento varía en función de la naturaleza del material transportado y de la topografía y pendientes del terreno. El rango de velocidad va desde un flujo plástico extremadamente lento, hasta una colada catastrófica de materiales sueltos compuestos por una mezcla de rocas, árboles y suelos con humedades variables. (Guillén Martínez, 2004)

Las causas principales de los flujos de barro son:

- Volcanismo: erupciones, calentamiento. (Guillén Martínez, 2004)
- Sismicidad: sismos, terremotos, vibraciones, etc. (Guillén Martínez, 2004)
- Fuertes precipitaciones durante períodos prolongados anormalmente. (Guillén Martínez, 2004)
- Fenómenos meteorológicos. (Guillén Martínez, 2004)

Figura 15: Flujos de Barro



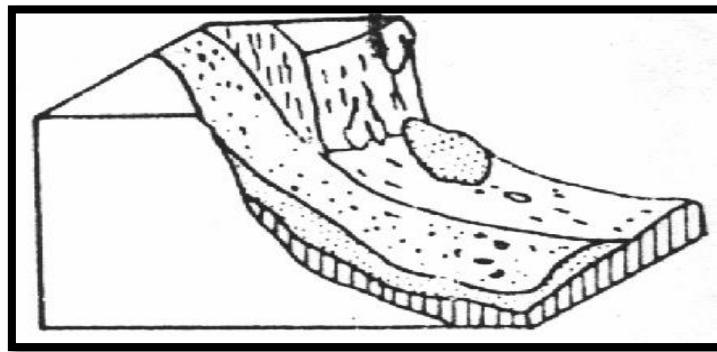
Fuente: Capítulo 3, Guía para identificar problemas de deslizamientos, clasificación de fallas de taludes adaptada. (Hunt, 1984)

2.2.2. FLUJO DE DERRUBIOS

El flujo de derrubios se puede presentar con dos velocidades posibles, un movimiento muy rápido; mecanismo catastrófico, reducción de la fricción interna en pendientes fuertes y disminución de la resistencia al deslizamiento de los materiales sobre el sustrato rocoso. Al llegar a una superficie menos inclinada, horizontal o en contra pendiente, hay un aumento repentino de la fricción interna y disipación rápida de la energía cinética y en consecuencia una acumulación de la masa al pie de la ladera.

También existe un movimiento lento, el movimiento se origina debido a la caída de rocas y las masas de derrubios se desplazan lentamente. (Guillén Martínez, 2004)

Figura 16: Flujo de Derrubios



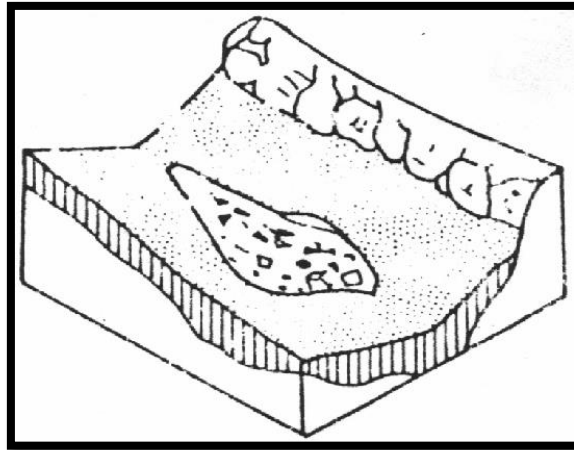
Fuente: Capítulo 3, Guía para identificar problemas de deslizamientos, clasificación de fallas de taludes adaptada. (Hunt, 1984)

2.2.3. FLUJO DE BLOQUES

Aglomeración considerable de bloques, a veces mezclados con material fino, la cual se desplaza lentamente. La morfología se asemeja exteriormente a la de un glaciar, limitado a las regiones de nieves permanentes. La gravedad es el principal motor de este movimiento. (Guillén Martínez, 2004)

Estos bloques, también, pueden contener material grueso, pero es poco probable que se dé en estos casos de movimiento lento, ya que el material grueso no presenta deslizamiento de movimiento rápido al poder desprenderse de su lugar de origen. (Guillén Martínez, 2004)

Figura 17: Flujo de Bloques



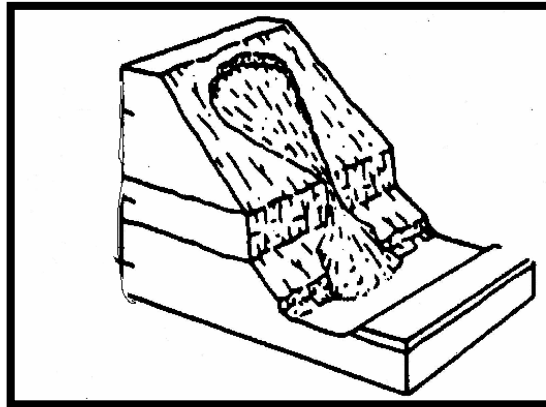
Fuente: Capítulo 3, Guía para identificar problemas de deslizamientos, clasificación de fallas de taludes adaptada de Hunt (1984).

2.2.4. FLUJO DE ARENA

Movimiento rápido o muy rápido, dependiendo del contenido de humedad, de dichos flujos. Existen varios tipos de flujos de arena, los cuáles se describen a continuación:

Flujos secos muy rápidos, los materiales se acumulan en forma de conos y ocurre únicamente en períodos secos. Los bordes del movimiento no están definidos. El material es arena suelta sin finos. Las causas principales son: vibraciones debido a explosivos, sismos, etc. pérdida de cohesión aparente debido a desecación. (Guillén Martínez, 2004)

Figura 18: Flujo de Arena Seca

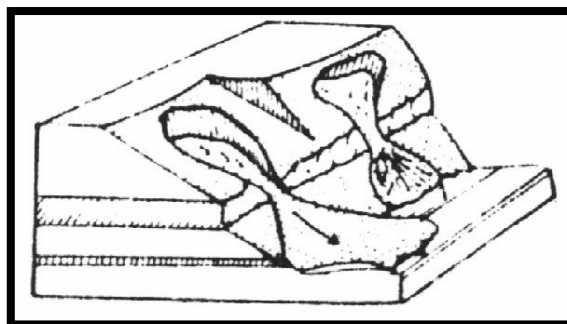


Fuente: Capítulo 3, Guía para identificar problemas de deslizamientos, clasificación de fallas de taludes adaptada. (Hunt, 1984)

Los flujos de arena húmedos tienen lixiviación y movimiento lento de masas en terrenos de superficies poco inclinadas, fluyendo como un líquido viscoso debido a efectos de la saturación. (Guillén Martínez, 2004)

Los bordes están bien definidos y hay nichos de desprendimiento más profundo que en los secos. Las causas más comunes son sobrecarga por saturación proveniente de precipitaciones o derretimiento de nieves. (Guillén Martínez, 2004)

Figura 19: Flujo de Arena Húmeda



Fuente: Capítulo 3, Guía para identificar problemas de deslizamientos, clasificación de fallas de taludes adaptada. (Hunt, 1984)

2.2.5. COLADA

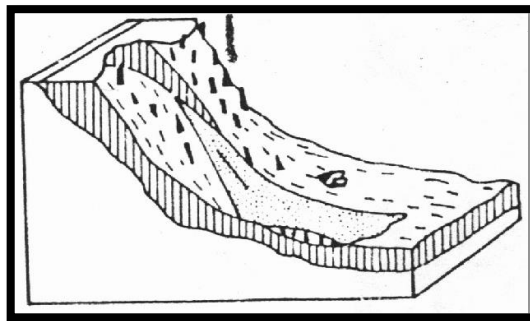
Movimiento originado por una sobrecarga debido a una absorción considerable de agua trayendo como consecuencia una disminución de la fricción interna y un aumento en la presión de agua intersticial. (Guillén Martínez, 2004)

Por las fuertes pendientes y topografía abrupta la masa puede desarrollar grandes velocidades y altos niveles de energía cinética. Se considera como una evolución de la solifluxión. (Guillén Martínez, 2004)

Materiales de alta porosidad son susceptibles de entrar en este movimiento. La masa está compuesta por finos mezclados con guijarros y bloques. La ruptura deja en el suelo nichos en forma de "V". (Guillén Martínez, 2004)

La causa principal es absorción de agua proveniente de fuertes y extraordinarias precipitaciones considerables de agua, trayendo como consecuencia una disminución de la fricción interna y un aumento en la presión de agua intersticial. (Guillén Martínez, 2004)

Figura 20: Colada



Fuente: Capítulo 3, Guía para identificar problemas de deslizamientos, clasificación de fallas de taludes adaptada. (Hunt, 1984)

2.2.6. COLADA DE BARRO

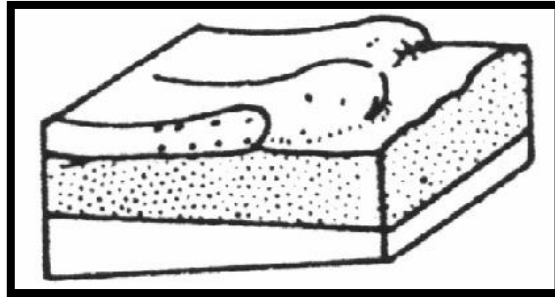
Los productos de la meteorización son arrastrados aguas abajo en formas de coladas.

Las velocidades de flujo pueden ser elevadas y el espesor de la masa en movimiento también puede ser considerable. (Guillén Martínez, 2004)

La humedad natural de los materiales finos sobrepasa el límite líquido con lo que cambian su estado de consistencia. (Guillén Martínez, 2004)

La masa puede transportar bloques grandes en suspensión sin redondearlos, la roca queda descubierta al perder su cobertura. (Guillén Martínez, 2004)

Figura 21: Colada de barro



Fuente: Capítulo 3, Guía para identificar problemas de deslizamientos, clasificación de fallas de taludes adaptada. (Hunt, 1984)

2.3. DESLIZAMIENTOS

2.3.1. DESLIZAMIENTO DE LA COBERTURA SUPERFICIAL

Pérdida de la cobertura de suelos en vertientes donde la pendiente es ligeramente superior al ángulo de fricción del material sobre la roca. (Guillén Martínez, 2004)

La principal fase de los deslizamientos se expresa de la siguiente forma:

- La superficie de falla sigue una dirección preferencial. (Guillén Martínez, 2004)
- Movimiento de masas de suelo roca y fragmentos. (Guillén Martínez, 2004)
- La superficie puede ser plana o circular. (Guillén Martínez, 2004)
- El movimiento puede ser lento o catastrófico. (Guillén Martínez, 2004)
- Al pie del talud se observan deformaciones. (Guillén Martínez, 2004)
- Los desplazamientos son más pequeños que el ancho y largo del bloque en movimiento. (Guillén Martínez, 2004)
- Se forman grietas de tracción en la cresta. (Guillén Martínez, 2004)

Como causas del deslizamiento tenemos:

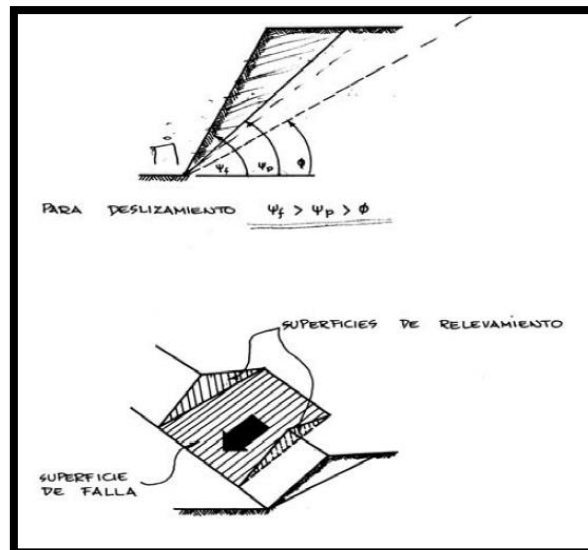
- Absorción de agua proveniente de lluvias. (Guillén Martínez, 2004)
- Rotura de tuberías. (Guillén Martínez, 2004)
- Aumento de sobrecarga en la cresta de los taludes. (Guillén Martínez, 2004)
- Vibración por sismos, voladuras, etc. (Guillén Martínez, 2004)
- Cortes al pie de los taludes y laderas. (Guillén Martínez, 2004)

Presentando en consecuencia varios tipos:

2.3.1.1. Planar

El rumbo de la discontinuidad es paralelo al rumbo del talud. La discontinuidad buza con un ángulo menor a la pendiente del talud. El ángulo de fricción interna es menor que el buzamiento de la discontinuidad (Guillén Martínez, 2004)

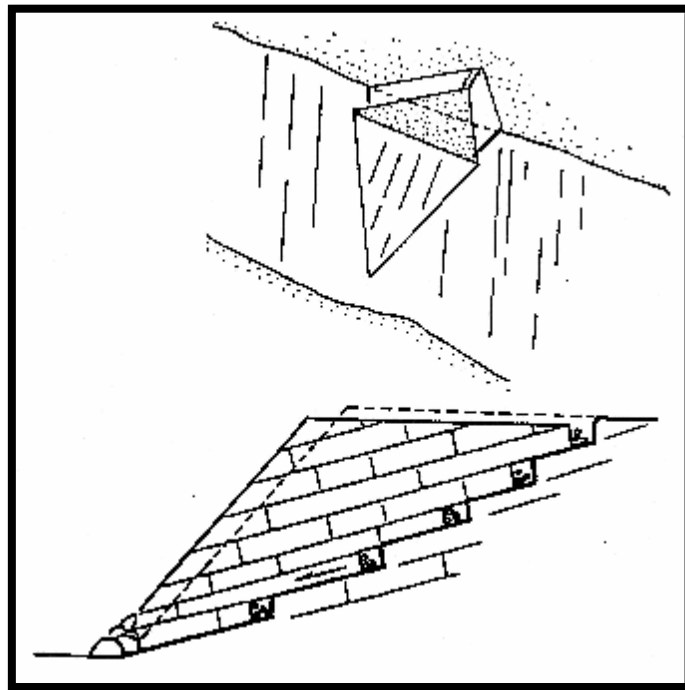
Figura 22: Falla plana y de cuña



Fuente: Capítulo 3, Guía para identificar problemas de deslizamientos, clasificación de fallas de taludes adaptada. (Hunt, 1984)

Las discontinuidades se interceptan según una línea la cual se inclina en la misma dirección que la pendiente del talud. El ángulo de inclinación de esta línea es menor que la pendiente del talud en esa dirección, y la fricción en las discontinuidades es menor que la inclinación de la línea de intercepción. (Guillén Martínez, 2004)

Figura 23: Falla de cuña



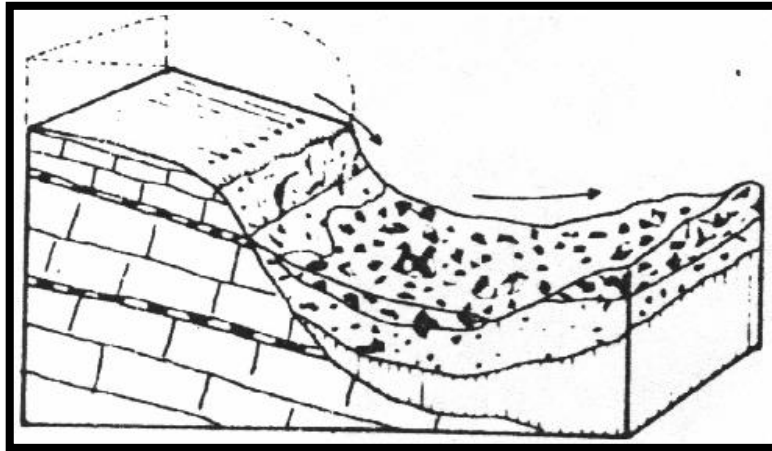
Fuente: Capítulo 3, Guía para identificar problemas de deslizamientos, clasificación de fallas de taludes adaptada. (Hunt, 1984)

2.3.1.2. Caída de lienzos rocosos

Los planos de deslizamientos están constituidos por uno o varios estratos cuyos buzamientos son ligeramente menor a la pendiente del talud. El agua de lluvia lubrica el contacto. La masa desarrolla grandes niveles de energía y velocidad, fluye como un torrente de derrubios. (Guillén Martínez, 2004)

Los fragmentos se remontan sobre la ladera opuesta donde se depositan. Hay un aumento de la fricción debido a la disminución de la velocidad (Guillén Martínez, 2004)

Figura 24: Caída de lienzos rocosos



Fuente: Capítulo 3, Guía para identificar problemas de deslizamientos, clasificación de fallas de taludes adaptada. (Hunt, 1984)

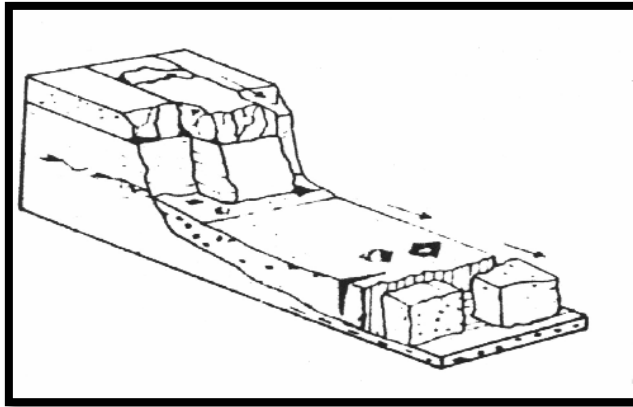
2.3.1.3. Deslizamiento de compartimentos

Deslizamiento lento de grandes bloques compactos sin perturbación de la pendiente original sobre planos poco inclinados. Es posible una fragmentación en elementos más pequeños según planos de deslizamientos secundarios. (Guillén Martínez, 2004)

El deslizamiento de los fragmentos es menor que el de los bloques principales. En el pie ocurre una dislocación en forma de colada de derrubio que se desplaza lentamente, y esto está limitado lateralmente y detrás por grietas y fisuras. Se desarrolla siguiendo la dirección de la foliación y/o estratificación. (Guillén Martínez, 2004)

Entre las causas principales esta la absorción de agua proveniente de lluvia, deshielo, derretimiento de nieve, rotura de tuberías, etc. (Guillén Martínez, 2004)

Figura 25: Deslizamiento de compartimientos



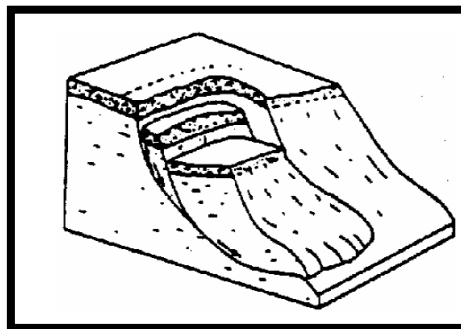
Fuente: Capítulo 3, Guía para identificar problemas de deslizamientos, clasificación de fallas de taludes adaptada. (Hunt, 1984)

2.3.1.4. Deslizamiento rotacional

La parte superior de la ladera colapsa según una superficie curva con la convexidad hacia adentro. El desequilibrio provocado por el primer deslizamiento origina otros movimientos sucesivos hacia arriba. (Guillén Martínez, 2004)

En la parte inferior la lengua del desplazamiento toma la forma colada de una colada de derrubio. (Guillén Martínez, 2004)

Figura 26: Deslizamiento rotacional



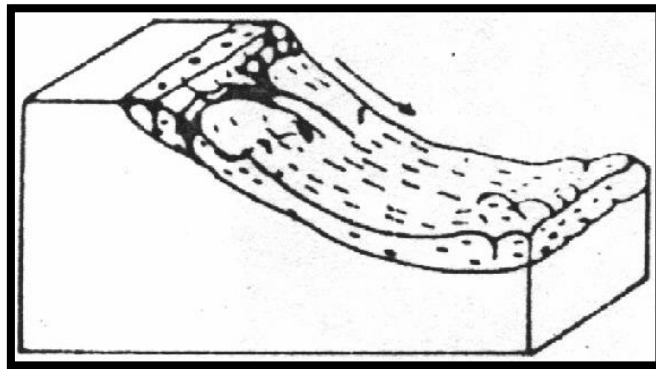
Fuente: Capítulo 3, Guía para identificar problemas de deslizamientos, clasificación de fallas de taludes adaptada. (Hunt, 1984)

2.3.1.5. Deslizamiento de derrubio

La masa en movimiento forma un bloque uniforme de grandes dimensiones. El conjunto presenta una superficie de rotura única. Cada roca se desplaza individualmente pero sujetas al movimiento de la masa. (Guillén Martínez, 2004)

La superficie de deslizamiento presionada por las rocas deslizadas, corta las capas inferiores y en ocasiones las pliega. Involucra materiales sueltos de orígenes diversos. (Guillén Martínez, 2004)

Figura 27: Deslizamiento de derrubios



Fuente: Capítulo 3, Guía para identificar problemas de deslizamientos, clasificación de fallas de taludes adaptada. (Hunt, 1984)

2.4. DERRUMBES

La fase principal ocurre el derrumbe súbito de la masa mediante caída libre o deslizamiento a gran velocidad. La masa en movimiento se dispersa completamente y no se origina una superficie de deslizamiento definida. La superficie de falla no sigue una dirección preferencial (Guillén Martínez, 2004)

Se producen caídas de bloques a gran velocidad los cuales giran sobre sí mismos y rebotan con proyección y poco rozamiento entre ellos.

Hay nubes de polvo y se escuchan ruidos estruendosos. Se generan corrientes de aire turbulento y destructivo. (Guillén Martínez, 2004)

En terrenos planos la energía cinética de la masa en movimiento disminuye totalmente con el consiguiente detenimiento de la masa. A los lados y delante de la masa en movimiento

ocurren lluvias de fragmentos. La forma del movimiento está gobernada por la morfología del terreno. (Guillén Martínez, 2004)

Los obstáculos y accidentes topográficos pueden producir variaciones y cambios bruscos en el curso o dirección de la masa derrumbada. En terrenos planos la pérdida rápida de energía cinética la formación de un frente abrupto delante de la masa. El flujo de detritos suele detener su marcha en la ladera opuesta. (Guillén Martínez, 2004)

Las causas de los derrumbes se presentan comúnmente:

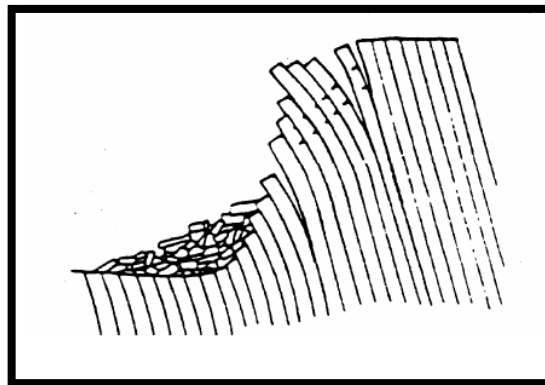
- Meteorización de materiales expuestos. (Guillén Martínez, 2004)
- Cambios en la temperatura. (Guillén Martínez, 2004)
- Aumento de presión de agua en las fisuras y grietas. (Guillén Martínez, 2004)
- Vibraciones por sismo, explosivos, tráfico de vehículos pesados, maquinarias, etc. (Guillén Martínez, 2004)
- Erosión en surco y cárcavas. (Guillén Martínez, 2004)

2.4.1. VOLCAMIENTO

El rumbo de la discontinuidad es paralelo al rumbo de la cara libre del talud. El buzamiento de la discontinuidad es en sentido contrario a la exposición del talud.

El ángulo de buzamiento es muy alto superior a 70° . La falla se produce por fatiga. (Guillén Martínez, 2004)

Figura 28: Volcamiento



Fuente: Capítulo 3, Guía para identificar problemas de deslizamientos, clasificación de fallas de taludes adaptada. (Hunt, 1984)

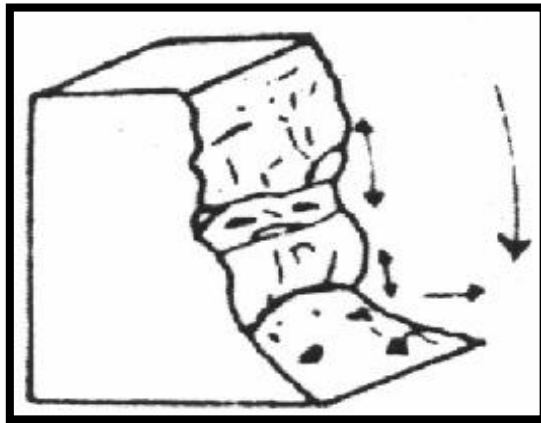
2.4.2. CAÍDA DE BLOQUES

Caída de uno o más bloques en intervalos breves. Los bloques resbalan en caída libre o rebotan contra las paredes hasta llegar a una superficie poco inclinada donde pierden energía cinética. (Guillén Martínez, 2004)

Se genera un talud de escombros o conos de derrubios secos.

Los bloques son de tamaño variable. (Guillén Martínez, 2004)

Figura 29: Caída de bloques



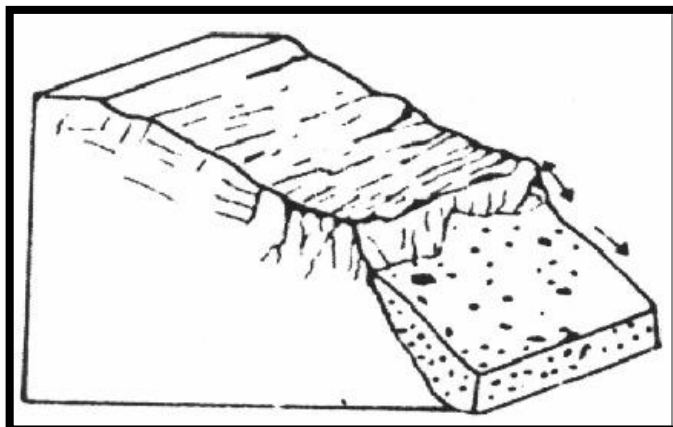
Fuente: Capítulo 3, Guía para identificar problemas de deslizamientos, clasificación de fallas de taludes adaptada. (Hunt, 1984)

2.4.3. DESPRENDIMIENTOS PERIÓDICOS

Este tipo de derrumbes se resumen presentando las siguientes características:

- Caída de bloques aislados con grandes intervalos de tiempo. (Guillén Martínez, 2004)
- Acompañados de pequeños derrumbes. (Guillén Martínez, 2004)
- Hay formación de numerosas grietas de tracción. (Guillén Martínez, 2004)
- Se generan grandes taludes de derrubios. (Guillén Martínez, 2004)
- Pueden ser un signo premonitorio de grandes derrumbes catastróficos. (Guillén Martínez, 2004)

Figura 30: Desprendimientos periódico



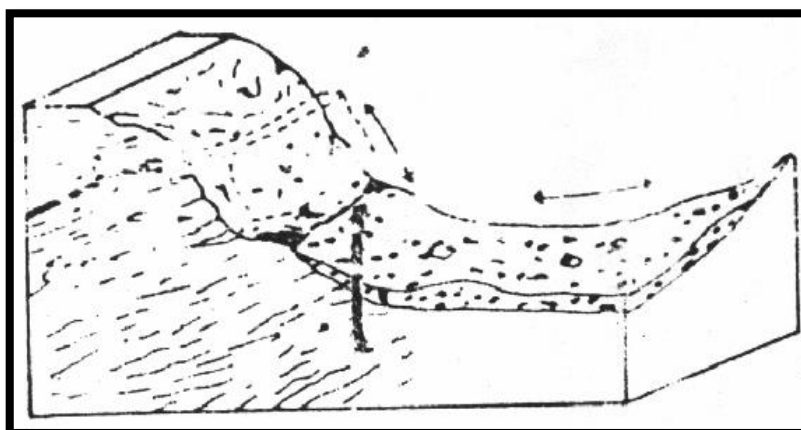
Fuente: Capítulo 3, Guía para identificar problemas de deslizamientos, clasificación de fallas de taludes adaptada. (Hunt, 1984)

2.4.4. DESPRENDIMIENTOS EN MASA

Se caracteriza por el paso brusco de la masa de la condición de reposo a la condición de movimiento y caída libre. La masa se fragmenta y forma un flujo de derrubio que se comporta como una cascada. (Guillén Martínez, 2004)

Los fragmentos cubren grandes zonas aguas abajo en el valle. Se forman conos de deyección. Se observan grandes nubes de polvo. Las dimensiones de los bloques son variables. (Guillén Martínez, 2004)

Figura 31: Desprendimientos de masa

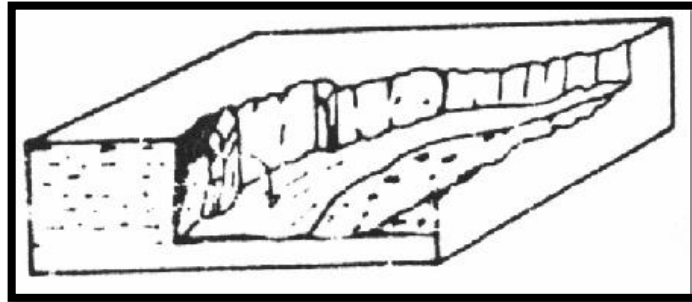


Fuente: Capítulo 3, Guía para identificar problemas de deslizamientos, clasificación de fallas de taludes adaptada. (Hunt, 1984)

2.4.5. FORMACIÓN DE ESCARPAS Y ACANTILADOS

Socavamiento de las orillas por corrientes de agua o choque de olas. Se produce ruptura brusca y caída de las rocas que quedaron en voladizo. En regiones kársticas se producen procesos de disolución interna y lixiviación subterránea que dan origen a caídas bruscas de bloques. (Guillén Martínez, 2004)

Figura 32: Escarpas y acantilados



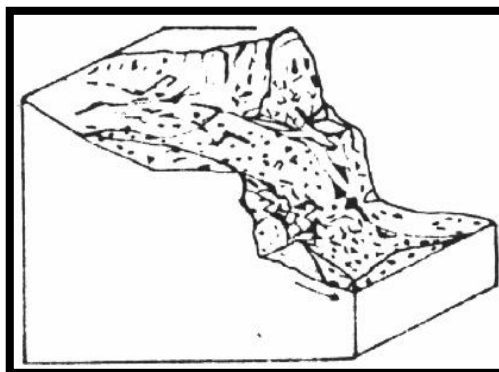
Fuente: Capítulo 3, Guía para identificar problemas de deslizamientos, clasificación de fallas de taludes adaptada. (Hunt, 1984)

2.4.6. AVALANCHAS DE DERRUBIOS

La trayectoria de la masa en movimiento es cortada por un acantilado. La masa deslizante se desplaza en caída libre y vuelve a formar un flujo al pie del acantilado.

Los bloques son fuertemente triturados por la caída y el roce entre ellos. Hay proyección de fragmentos alrededor de la zona de avalancha. Se producen nubes de polvo y ruidos estruendosos. (Guillén Martínez, 2004)

Figura 33: Avalancha de derrubios



Fuente: Capítulo 3, Guía para identificar problemas de deslizamientos, clasificación de fallas de taludes adaptada. (Hunt, 1984)

2.5. MOVIMIENTOS COMPLEJOS DE UN TALUD

Los movimientos de un talud incluyen una combinación de dos o más de los principales tipos de desplazamientos, un tipo de proceso activo puede convertirse en otro a medida que progresa el fenómeno de desintegración; es así como una inclinación puede determinar en caída o un deslizamiento en flujo. (Caracterización de los movimientos)

Figura 34: Glosario de nombres para la caracterización de movimientos de masa. (Caracterización de los movimientos)

Tipo	Secuencia	Estado de actividad	Estilo	Velocidad	Humedad	Material
Caído	Progresivo	Activo	Complejo	Extremadamente	Seco	Roca
Inclinación	Retrogresivo	Reactivado	Compuesto	rápido	Húmedo	Tierra
Deslizamiento	Ampliándose	Suspendido	Múltiple	Muy rápido	Mojado	Residuos
Esparcimiento	Alargándose	Inactivo	Sucesivo	Rápido	Muy	
Flujo	Confinado	Dormido	Sencillo	Moderado	Mojado	
	Disminuyendo	Abandonado		Lento		
	Moviéndose	Estabilizado		Muy lento		
		Relicto		Extremadamente lento		

Fuente: Cruden y Varnes, 1996. (Caracterización de los movimientos)

2.6. FACTORES DE INESTABILIDAD

Los factores que intervienen la inestabilidad más importante de cualquier talud son:

2.6.1. CONCEPTUALIZACIÓN DE SUELOS INESTABLES Y ESTABLES

2.6.1.1. Suelos Inestables

Los suelos eminentemente granulares en los cuales no existe ningún tipo de cementación o material que pueda producir adherencia, la cohesión se supone igual a cero, es a estos suelos que se les denomina suelos no cohesivos, por lo tanto, se puede decir también que son suelos inestables. (Caracterización de los movimientos)

2.6.1.2. Suelos Estables

Se dice que un suelo es estable cuando presenta una resistencia a la penetración, generalmente estos suelos llamados estables son los suelos cohesivos como las arcillas que presentan una fácil cementación o adherencia entre sus partículas. (Caracterización de los movimientos)

2.6.2. DESCRIPCIÓN DE FACTORES DE INESTABILIDAD

2.6.2.1. Factor Agua

El agua es uno de los factores más negativos que intervienen en las fallas de los taludes sobre todo de las zonas tropicales y en periodos lluviosos, en los que además de tratar con el agua superficial tenemos que controlar también el agua subterránea ya que está íntegramente relacionada con los deslizamientos. (Caracterización de los movimientos)

Para conocer mejor este factor de inestabilidad debemos estudiar las diversas formas en las que se encuentra el agua, además de los efectos que provoca y en lo posible obtener la información precisa de las lluvias en el tramo donde se encuentra el talud en estudio por la pendiente. (Caracterización de los movimientos)

La humedad superficial del terreno define porcentajes de escorrentía e infiltración y en algunas ocasiones el comportamiento de los taludes, ya que está controlada por la pendiente, características climáticas, tipo de suelo y la vegetación. (Caracterización de los movimientos)

La infiltración es el movimiento del agua que penetra desde la superficie del terreno hacia el suelo o roca por los poros de la masa terrestre y está sujeta a varios factores como la cantidad, intensidad y tipo de precipitación, el ritmo de la precipitación, la pendiente superficial, la permeabilidad de suelos y rocas, la cantidad y tipo de vegetación existente. (Caracterización de los movimientos)

2.6.2.2. Factor Viento

El viento es un factor que está relacionado con el clima y también con la vegetación, las fuerzas del viento son significativas ya que este, junto con el agua, son los agentes principales en el proceso de meteorización, proceso por el cual los fragmentos de roca se hacen cada vez más pequeños, se disuelven o van a formar nuevos compuestos.

El viento o aire atmosférico por sí solo, cuando es muy fuerte puede causar un efecto negativo sobre la vegetación y puede causar también procesos erosivos o lo que se conoce como erosión eólica que generan inestabilidad en el talud. (Caracterización de los movimientos)

2.6.2.3. Factor Sismo

El sismo o los movimientos sísmicos también afectan de gran medida la estabilidad de un talud, puesto que pueden activarlos deslizamientos ya que aumenta el esfuerzo cortante y disminuye la resistencia debido al aumento de la presión de los poros, y puede producirse una falla al cortante y hasta la licuación en el caso de los suelos granulares saturados. (Caracterización de los movimientos)

Existen factores a tomar muy en cuenta para el análisis de un talud expuesto a movimientos sísmicos, factores como el valor de las fuerzas sísmicas aplicadas sobre las masas de suelo potencialmente deslizables; la disminución de la resistencia debida a las cargas vibratorias; el aumento de la presión de los poros especialmente en suelos limosos y arenas finas en los cuales se produce una disminución de resistencia y esto origina el fenómeno de la licuación; el aumento de la fuerza sísmica generado por la amplificación en los mantos de los suelos blandos; posibles fenómenos de resonancia relacionados con la similitud entre la frecuencia de vibración del talud y la del evento sísmico; la magnitud de las deformaciones en las masas de suelo. (Caracterización de los movimientos)

Por lo que se puede apreciar que los sismos son eventos naturales que pueden provocar grandes deslizamientos de masas de suelo y de roca cuando ésta es fracturada, volviendo estas zonas en zonas de falla

geológica, zonas con las que es muy difícil tratar debido a la tremenda inestabilidad que presentan. (Caracterización de los movimientos)

2.6.2.4. Factor Sobrecargas

Las sobrecargas a las que se somete un talud es también motivo de preocupación, ya que el hombre es el permanente modificador de los elementos que conforman la superficie de la tierra, modificaciones que afectan en forma importante la estabilidad de un talud. (Caracterización de los movimientos)

Como ejemplos de estas modificaciones tenemos el descargue del talud por remoción de suelos y rocas por corte; la sobrecarga por medio de rellenos, casas o edificios; el hundimiento debido a excavaciones para túneles; los procesos de urbanización; incluso la deforestación y la ausencia de cobertura vegetal provocan una sobrecarga, puesto que al no existir vegetación, el agua de precipitación infiltra con mayor rapidez aumentando de esta manera el peso propio del talud y originando una carga extra que lo vuelve aún más inestable originando deslizamientos. (Caracterización de los movimientos)

La modificación de la topografía mediante cortes o rellenos puede producir la activación de un deslizamiento (Caracterización de los movimientos)

La colocación de rellenos directamente sobre los taludes, que generalmente están sin compactar o mal compactados, permiten también una sobrecarga del talud o ladera y la saturación y colapso de los suelos sueltos, facilitando los escurrimientos de suelo y la formación de cárcavas por erosión. (Caracterización de los movimientos)

2.7. MEDIDAS Y MEDIOS PARA EVITAR LAS FALLAS GRAVES O CATASTRÓFICAS

Mediante el cálculo de un factor de seguridad se procede al análisis de la estabilidad de cada talud, de forma que se pueda definir el tipo de medidas correctoras que deben ser aplicadas en caso de fallas potenciales. Para este procedimiento se vuelve necesario un

estudio geológico y geomecánico de los materiales conformantes del talud; de los posibles mecanismos de rotura que pueden tener lugar y de los factores que influyen, condicionan y desencadenan las inestabilidades. (Espinoza Durán & Tapia Berzoza, 2013)

La estabilidad de un talud está determinada por factores geométricos (altura en inclinación), factores geológicos (presencia de planos y zonas de debilidad), factores hidrogeológicos (presencia de agua) y factores geotécnicos relacionados con el comportamiento mecánico del terreno. ³(Espinoza Durán & Tapia Berzoza, 2013)

Todos estos factores pueden determinar la condición de rotura a lo largo de una superficie de falla. La probabilidad de rotura y los mecanismos de esta están controlados principalmente por factores geológicos y geométricos. (Espinoza Durán & Tapia Berzoza, 2013)

El factor de seguridad expresa la reducción que experimentan los índices de resistencia a cortante c y $\tan \phi$, para alcanzar un estado de equilibrio límite. (Espinoza Durán & Tapia Berzoza, 2013)

Los cálculos para obtener los factores de seguridad dependen de:

- El método de análisis de estabilidad.
- El método elegido para el análisis que defina la forma y valores que se usarán para determinar la estabilidad del talud.

2.8. RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE DEL SUELO

La resistencia al esfuerzo cortante se define como la oposición que ofrecen las partículas al desplazamiento relativo; puesto que depende de la interacción entre estas, la naturaleza de las interacciones será la que determine la magnitud de la resistencia. (Espinoza Durán & Tapia Berzoza, 2013)

La resistencia al esfuerzo cortante depende de la composición del suelo. En los suelos granulares, constituidos por partículas microscópicas, la resistencia parece derivar exclusivamente de efectos de fricción entre los granos. (Espinoza Durán & Tapia Berzoza, 2013)

³ Carlos Espinoza – Leando Tapia Diseño de taludes

Es importante entender la naturaleza de la resistencia cortante para pronosticar los problemas de estabilidad de taludes, tales como fallas y deslizamientos. (Espinoza Durán & Tapia Berzoza, 2013)

2.8.1. CRITERIOS DE FALLA DE MOHR-COULOMB

Mohr (1900) presentó una teoría sobre la ruptura de los materiales que afirma que estos fallan debido a una combinación crítica de esfuerzo normal y esfuerzo cortante, y no solamente por la presencia de un esfuerzo máximo de uno de estos. (Espinoza Durán & Tapia Berzoza, 2013).

De tal manera que la relación funcional entre estos esfuerzos sobre un plano de falla se expresa:

$$Tf = f(\sigma)$$

Siendo:

Tf= Esfuerzo cortante sobre el plano de falla

σ = Esfuerzo normal sobre el plano de falla

La envolvente de falla definida por esta ecuación es una línea curva, pero en la práctica es suficiente aproximar el esfuerzo cortante sobre el plano de falla como una función lineal de esfuerzo normal (Coulomb, 1776). (Espinoza Durán & Tapia Berzoza, 2013). Tal relación se escribe como:

$$Tf = c + \sigma \tan \varphi$$

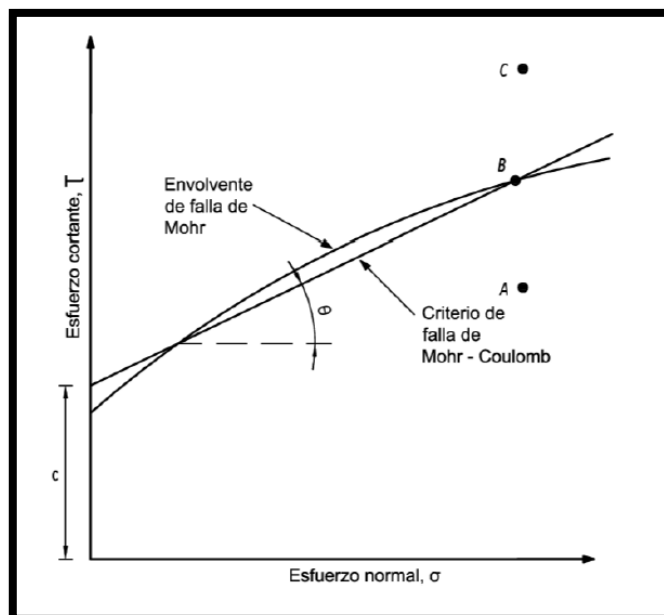
Siendo:

C= Cohesión

φ = Ángulo de fricción interna

Esta ecuación es conocida como criterio de falla de Mohr-Coulomb. (Espinoza Durán & Tapia Berzoza, 2013)

Figura 35: Envolvente de falla de Mohr y los criterios de falla de Mohr-Coulomb



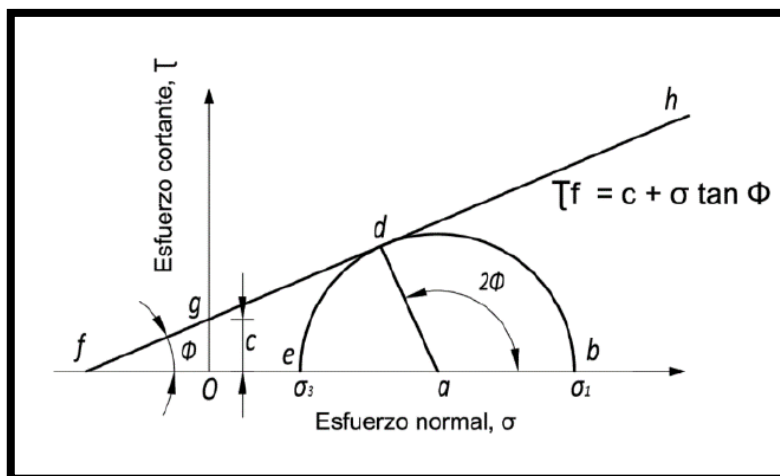
Fuente: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, Braja M. Das. (M. Das, 1999)

Como se muestra en la Figura 35, en el esfuerzo normal y el esfuerzo cortante sobre un plano en una masa de suelo son tales que son representados por el punto A, entonces no ocurrirá una falla cortante a lo largo de ese plano. Si el fueru normal y el esfuerzo cortante pueden ser representados por el punto B, ocurrirá una falla cortante a lo largo de ese plano. Si un estado de esfuerzos se representa por el punto C, no existe ya que este se encuentra arriba de la envolvente de falla, por lo que la falla a cortante ya habría ocurrido antes. (M. Das, 1999)

2.8.2. INCLINACIÓN DE PLANO DE FALLA CAUSADO POR CORTANTE

La falla por cortante ocurre cuando el esfuerzo cortante sobre un plano alcanza un valor dado por la ecuación de Columb. Para determinar la inclinación del plano de falla respecto al plano principal mayor, siendo σ_1 y σ_3 los esfuerzos principales mayor y menor. El plano de falla EF forma un ángulo θ con el plano principal mayor. Para determinar el ángulo θ y la relación entre σ_1 y σ_3 se utiliza el círculo de Mohr y la envolvente de falla. (M. Das, 1999)

Figura 36: Círculo de Mohr y envolvente de falla



Fuente: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, Braja M. Das. (M. Das, 1999)

Muestra la envolvente de falla definida por la relación $S=c+\sigma \tan \phi$.

El radio del círculo define el plano principal mayor, y la línea radial el plano de falla.
(M. Das, 1999)

2.9. FACTOR DE SEGURIDAD

La relación entre fuerzas actuantes y fuerzas en un talud es la que define el factor de seguridad del mismo. La condición de equilibrio mínima considerada es un factor de seguridad igual a uno ($FS=1$).

Esto significa que las fuerzas o esfuerzos resistentes serán iguales a las fuerzas actuantes. A su vez se considera que la altura crítica del talud se alcanza bajo ese mismo valor.

Las superficies de falla y superficies de los taludes son definidos por el factor de seguridad, mientras que las superficies críticas de deslizamiento son aquellas que poseen el menor factor de seguridad entre todas las demás.

En la siguiente tabla se muestra algunos de los valores de factor de seguridad así como comentarios sobre la estabilidad que se genera en la estructura de suelo dicho factor:

Figura 37: Valores que determinan la estabilidad de un talud

Valores que determinan la estabilidad de un talud.	
Factor de seguridad	Estabilidad
<1	Inestable
1-1,20	Estabilidad cuestionable
1,20-1,50	Estable bajo condiciones estáticas
>1,50	Estable bajo condiciones dinámicas

Fuente: Polo Aguilar (2005)

2.10. MÉTODOS CORRECTIVOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES

Con la finalidad de aumentar el factor de seguridad de un terreno, ya sea aumentando las fuerzas resistentes y/o disminuyendo las actuantes, se crean métodos correctivos que superan la condición que se pueden aplicar según la modificación de la topografía existente, la retención de obras de tierra, su estructura y otros métodos, los cuales se encuentran en detalle:

Tabla 3: Métodos correctivos para la estabilización de taludes

MÉTODOS CORRECTIVOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES	
SOLUCIÓN	OBSERVACIONES
Modificación de la topografía existente	<ul style="list-style-type: none"> • Reducir la cara del talud. • Suavizar la pendiente del talud. • Hacer bermas en la cara del talud.
Contención con obras de tierra	<ul style="list-style-type: none"> • Terraplenes al pie del talud. • Muros ecológicos. • Suelo reforzado.
Estructural	<p>Estabilización mecánica extrema construcción de obras de contención.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Muro de gravedad. • Muros de cantiléver. • Muros atirantados. • Pantallas atirantadas. • Pantallas discontinuas. • Pantalla secante. • Pilotes con o sin tirantes. • Tablestacas. • Muros prefabricados. <p>Estabilización mecánica interna: refuerzo del terreno o métodos de inclusión:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inclusión de barras o clavos de acero. • Inyección de agente cementante o geo sintético. • Inclusión de cualquier material dentro de la masa de suelo.
Métodos especiales	<ul style="list-style-type: none"> • Inyección de químicos • Electroósmosis • Congelación del agua en los poros del terreno. • Calcinación de estratos en suelos arcillosos.

Fuente: Polo Aguilar (2005)

2.11. MÉTODO DE ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES

Es necesario recalcar que el uso de estos métodos define los diferentes estados de fuerza en los diferentes puntos de la masa de suelo que constituye un talud; esto provoca que los procedimientos usuales de estabilidad estructural no puedan realizarse, por lo que surge la necesidad de recurrir a métodos de tipo especial llamados de Análisis de Equilibrio Límite. (Espinoza Durán & Tapia Berzoza, 2013)

Esta Tesis plantea el uso de tres métodos: Método de las dovelas Fellenius, Método de Bishop Simplificado y Método de Spencer; los cuales representan los resultados de acuerdo a sus diferentes aplicaciones y cálculos. (Espinoza Durán & Tapia Berzoza, 2013)

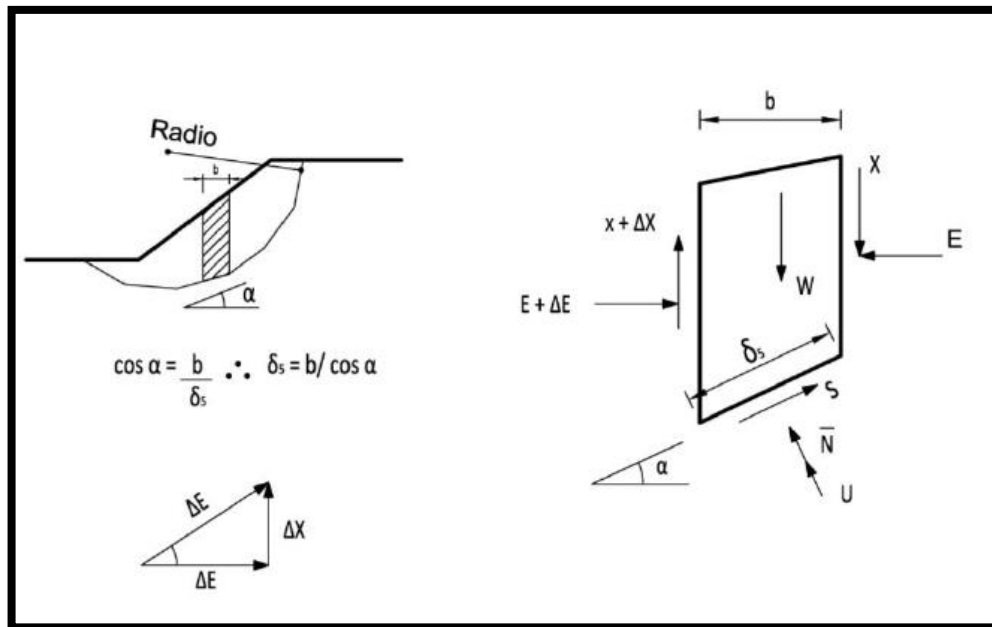
Para lo cual desarrollo esta información a fin de obtener datos de resultados comparativos y diferencias entre lo conservado y real en el Talud planteado. Estos métodos consisten en suponer un mecanismo de falla a través del Talud y aplicar a dicho mecanismo los criterios de resistencia mecánica propios del material, de manera, que con tal resistencia existe la posibilidad de que el mecanismo supuesto llegue a suceder. (Espinoza Durán & Tapia Berzoza, 2013)

En taludes siempre se ha considerado y observado que la falla ocurre como un deslizamiento de masa de suelo, actuando como un cuerpo rígido a lo largo de la superficie de falla supuesta. Al analizar la posibilidad de dicho suceso se admite que el suelo desarrolla en todo punto de la superficie de falla la máxima resistencia considerada. (Espinoza Durán & Tapia Berzoza, 2013)

Para hacer un análisis para suelos que tienen cohesión y fricción es necesario dividir la masa que se va a deslizar en dovelas. (Espinoza Durán & Tapia Berzoza, 2013)

Surge entonces la necesidad de resolver un problema indeterminado desde el punto de vista estático para encontrar el factor de seguridad para una superficie en deslizamiento cualquiera. (Espinoza Durán & Tapia Berzoza, 2013)

Figura 38: Fuerzas Actuantes en Dovelas



Fuente: Juárez Badillo, "Mecánica de Suelos". (Juárez Badillo & Rico Rodríguez, 2005)

Se observa una dovela en donde se representan las fuerzas que actúan sobre la misma y las incógnitas asociado al equilibrio de fuerzas y momentos para cada una de las "n" dovelas en que se divide la masa deslizante. (Espinoza Durán & Tapia Berzoza, 2013)

Según el análisis estático se observan las incógnitas asociadas al equilibrio de fuerzas, de la siguiente manera:

- " n " resultante normal sobre cada dovela.
- Un factor de seguridad.
- " n-1" resultante de las fuerzas laterales en la cara de contacto entre dovelas ΔT con respecto a la horizontal.

2.11.1. MÉTODO DE LAS DOVELAS: FELLENIUS

Este método supone que las fuerzas de interacción entre rebanadas no influye de manera significativa en el cálculo de la estabilidad, ya que son de pequeña magnitud o se anulan casi totalmente entre ellas; aunque este hecho no es totalmente cierto para determinados casos donde hay cargas no uniformes sobre el terreno. (Espinoza Durán & Tapia Berzoza, 2013)

Es recomendable, pero no es posible del todo conocer las características físicas y mecánicas (τ , c , ϕ) para comprobar su estabilidad.

Se deduce, que la presión intersticial es una fuerza que afecta la superficie de deslizamiento, disminuyendo el efecto de fricción entre la dovela de terreno supra yacente y dicha superficie de contacto. Uno de los mayores problemas presentados para el diseño es una estimación confiable para el valor de esta supresión. (Espinoza Durán & Tapia Berzoza, 2013)

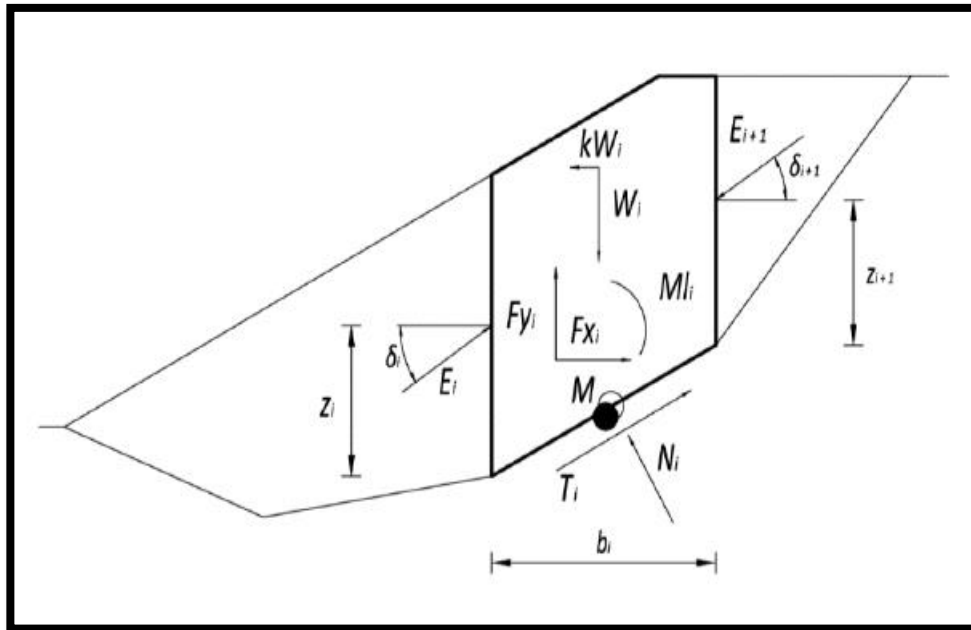
2.11.2. MÉTODO DE BISHOP SIMPLIFICADO

Bishop (1955) propuso un método más riguroso de análisis para deslizamientos en superficies de falla esférica. El supuso, en una versión simplificada de su método, que la resultante de las fuerzas a ambos lados de una dovela es horizontal y que el factor de seguridad encontrado es el mismo para todas las fajas. La resistencia al cortante utilizada en el análisis del método es la resistencia solicitada en lugar de la resistencia máxima; la relación entre una y otra es igual al inverso del factor de seguridad. (Espinoza Durán & Tapia Berzoza, 2013)

2.11.3. MÉTODO DE SPENCER

Es un método general de cortes realizados en la base del equilibrio límite. Se requiere satisfacer el equilibrio de fuerzas y momentos actuando en bloques individuales. El bloque es creado mediante la división del suelo sobre la superficie de deslizamiento dividiendo planos. Las fuerzas actuando en bloques individuales (Espinoza Durán & Tapia Berzoza, 2013)

Figura 39: Esquema Estático del Método Spencer



Fuente: (Juárez Badillo & Rico Rodríguez, 2005)

Cada bloque asume una contribución debido a las siguientes fuerzas:

- W_i -Peso del bloque, incluyendo material de sobrecarga que tenga la influencia del coeficiente vertical de sismo K_v . (Espinoza Durán & Tapia Berzoza, 2013)
- $K_h \cdot W_i$ -Fuerza de inercia horizontal representando el efecto del sismo K_h es factor de aceleración horizontal durante el sismo. (Espinoza Durán & Tapia Berzoza, 2013)
- N_i -Fuerza normal actuando en la superficie de deslizamiento. (Espinoza Durán & Tapia Berzoza, 2013)
- T_i -Fuerza de corte actuando en la superficie de deslizamiento. (Espinoza Durán & Tapia Berzoza, 2013)
- E_i E_{i+1} -Fuerza ejercidas por bloques vecinos, inclinados desde el plano horizontal por el ángulo. (Espinoza Durán & Tapia Berzoza, 2013)
- F_{x_i} F_{y_i} -Otra fuerza horizontal y vertical actuando en el bloque. (Espinoza Durán & Tapia Berzoza, 2013)

- M -Momento de Fuerzas F_{xI} , F_{yI} rotando alrededor del punto M, el cual es el centro del segmento de la superficie de deslizamiento. (Espinoza Durán & Tapia Berzoza, 2013)
- UI -Presión de poro resultante en el segmento de la superficie de deslizamiento. (Espinoza Durán & Tapia Berzoza, 2013)

Las siguientes suposiciones se introducen en el método de Spencer para calcular el equilibrio límite de fuerzas y momento de bloques individuales:

- La división de los planos entre bloques son siempre verticales.
- La línea de acción del peso del corte WI pasa a través del centro del segmento de la superficie de deslizamiento por el punto M.
- La fuerza normal N, está activa en el centro del segmento i segmento de la superficie de deslizamiento, en el punto M.
- La inclinación de fuerzas E actuando entre bloques es constante para todos los bloques y es igual, solo en el punto final de la superficie de deslizamiento es igual a 0.
- La relación entre valores efectivos y totales de la fuerza normal actuando en la superficie de deslizamiento.
- La fuerza ecuación de equilibrio en dirección normal al segmento de la superficie de deslizamiento.

Generalmente los métodos rigurosos convergen mejor que los métodos simples (Bishop, Fellenius), incluyen dos secciones de superficie de deslizamiento empinada, geometría compleja o salto significativo en sobrecargas. (Espinoza Durán & Tapia Berzoza, 2013)

Tabla 4: Comparación de los Métodos Basados en el Equilibrio Límite

MÉTODO	SUPERFICIES DE FALLA	EQUILIBRIO	CARACTERÍSTICAS
Fellenius	Circulares	De fuerzas	Este método no tiene en cuenta las fuerzas entre las dovelas y no satisface el equilibrio de las fuerzas, tanto para la masa deslizada como dovelas individuales. Sin embargo, este método es muy utilizado por su procedimiento simple. Muy impreciso para taludes planos con alta presión de poros. Factores de seguridad bajos.
Bishop Simplificado	Circulares	De momentos	Asume que todas las fuerzas de cortante entre dovelas son cero reduciendo el número de incógnitas. La solución es sobre determinar debido a que no se establecen condiciones de equilibrio para una dovela.
Spencer	Cualquier forma de superficie de falla	Momentos y fuerzas	Asume que la inclinación de las fuerzas laterales son las mismas para cada tajada. Rigurosamente satisface el equilibrio estático asumiendo que la fuerza resultante entre tajadas tiene una inclinación constante pero desconocida.

Fuente: (Juárez Badillo & Rico Rodríguez, 2005)

CAPÍTULO III

MÉTODO

3.1. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se caracteriza por el tipo:

- Por su fin Básico, tiene como finalidad mejorar el conocimiento. Comprensión de los fenómenos es el fundamento de otra investigación
- Por su alcance temporal Seccional
- Por su profundidad Explicativo
- Por su fuentes datos primarios
- Por su carácter Cuantitativa, centra de manera predominante la investigación en la cuantificación.
- Por su naturaleza Experimental, pues será demostrado por ensayos de laboratorio.
- Por su marco de Laboratorio.

3.2. ÁREA DE ESTUDIO

3.2.1. ZONA RIBEREÑA DEL RÍO MANTARO EN LOS BARRIOS DE PROGRESO - MANTARO DEL DISTRITO DE HUANCÁN, PROVINCIA DE HUANCAYO, REGIÓN JUNÍN

El área de estudio ocupa una extensión de 1.5 km ubicados en la Zona Ribereña del río Mantaro en los barrios de Progreso - Mantaro del distrito de Huancán,

provincia de Huancayo, región Junín. El área del proyecto está constituida por zonas definidas, desde la bajada del río Mantaro de norte a sur.

Huancán tiene una población de 15.024 habitantes según datos del INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática). De los 15.024 habitantes de Huancán, 7.784 son mujeres y 7.240 son hombres. Por lo tanto, el 48,19% de la población son hombres y el 51,81% son mujeres. (Autoridades del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2015)

Si comparamos los datos de Huancán con los del departamento de Junín, concluimos que ocupa el puesto 19 de los 124 distritos que hay en el departamento y representa un 1,226% de la población total de ésta. (Autoridades del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2015)

3.2.2. CARACTERIZACIÓN GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.2.2.1. Geografía y geología

Tiene una altitud de 3 241 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.), el distrito es eminentemente agrícola, comercial y turístico.

Región Natural: Quechua

Altitud: 3 215 m.s.n.m.

Latitud Sur: 12°6`40``

Longitud Oeste: 75°3`8``

El Distrito de Huancán se encuentra a 5 km. de distancia de la provincia de Huancayo.

Figura 40: Mapa de Ubicación Política y Geográfica



Fuente: Plan de Desarrollo concertado del Distrito de Huancán 2011 al 2021.

El Territorio tiene una altitud de 3 215 m.s.n.m. El distrito es eminentemente agropecuario. Donde la actividad pecuaria es tradicional sin ningún apoyo técnico de ninguna institución pública o privada. La superficie del territorio de Huancán es de 12 km². Cuenta con una superficie agropecuaria de 698.00 hectáreas y 640.6 hectáreas dedicado a la agropecuaria, cuenta con 1461 de unidades agropecuarias. Tierras de labranza bajo riego 262.80 ha, Tierras de labranza en seco 377.81 Ha. El 85% de la producción agropecuaria son destinados al autoconsumo y están conformados por producción de maíz, papa, arveja, cebada, habas, trigo; del mismo modo, la producción de vacunos de leche, vacunos de engorde (carne), porcinos, ovinos, aves, cuyes destinados al autoconsumo (orientados a la seguridad alimentaria). (Autoridades del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2015)

3.2.2.2. Hidrología

En el distrito de Huancán tenemos la cuenca del río Mantaro. Los recursos hídricos de la cuenca del río Mantaro, a diferencia de otros ríos de la costa del Perú, tienen uso energético, agrícola, poblacional y minero, sin embargo, no se utilizan adecuadamente por falta de infraestructura de regulación y de riego en general, y por la contaminación de las aguas del río Mantaro. (Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos Área de aguas superficiales, 2010)

Su territorio esta demarcado de la siguiente manera:

Por el Oeste: Con el río Mantaro.

Por el Sur: Con el río Chanchas y Centro Poblado de Huamanmarca (Huayucachi).

Por el Norte: Con el distrito de Chilca.

Por el Este: Con el camino de herradura que va al Centro Poblado de Huayllaspanca, con la Comunidad de Azapampa (Chilca) y Centro Poblado de Huayllaspanca.

El incremento del caudal del río Mantaro en la región Junín, a causa de las lluvias torrenciales, es mayor en algunas épocas como en los meses de octubre - diciembre.

El problema de las lluvias puede agravar el volumen de las aguas, causando el desborde y colapso de los diques que se construyeron para los botaderos.

Tabla 5: Distribución de temperatura y precipitación pluvial

MESES	PRECIPITACIÓN PLUVIAL(mm)	TEMPERATURA (°C)		
		MAXIMA	MEDIA	MINIMA
ENERO	121	18,4	12,5	6,7
FEBRERO	120	18,0	12,2	6,8
MARZO	116	18,8	12,2	6,2
ABRIL	56	18,6	12,0	4,8
MAYO	22	19,0	11,2	2,2
JUNIO	8	18,9	10,0	0,6
JULIO	6	18,6	10,2	0,2
AGOSTO	16	19,5	11,2	1,8
SETIEMBRE	46	19,5	11,2	4,8
OCTUBRE	68	20,1	16,2	5,6
NOVIEMBRE	70	20,3	13,3	5,7
DICIEMBRE	80	19,3	13,0	6,2
PROMEDIO ANUAL	60.75	19,02	11,95	4,28
TOTAL	729			

Fuente SENAMHI – HUANCAYO

- **TEMPERATURAS MÁXIMAS:**

La temperatura máxima oscila entre 18.0°C y 20.3°C; en el mes de noviembre se alcanza la temperatura máxima, siendo la media anual de 19.02°C. (Autoridades del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2015)

- **TEMPERATURAS MÍNIMAS:**

La temperatura mínima oscila entre 0.2°C a 6.8°C, siendo los meses más fríos de mayo – agosto, y más calientes de diciembre - marzo con temperaturas mínimas de 6.2°C a 6.8°C; según la temperatura media anual mensual, los meses más cálidos son octubre, noviembre y diciembre con 16.2°C a 13.0°C. (Autoridades del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2015)

3.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Experimental, la tesis presenta un procedimiento de ensayos Normados determinando los parámetros si la hipótesis es falsa o verdadera, dando claros puntos para poder diseñar y obtener un FS (Factor de Seguridad).

El tipo de talud encontrado en campo, es un talud natural, el recurso para esta investigación de campo y análisis se representará en tres niveles de complejidad que son los siguientes:

- Nivel alto de riesgo de deslizamiento
- Nivel medio de riesgo de deslizamiento
- Nivel bajo de riesgo de deslizamiento

3.3.1. USO DE OBSERVACIÓN DE CAMPO Y EXPERIENCIA

Se observara en campo los taludes existentes y expuestos del lugar de estudio, área ya propuesta, revisando mapas geológicos y un reconocimiento de la geología, estudiando la topografía y condiciones de los taludes, determinando la vegetación existente, cobertura y la inclinación de los árboles.

Se anota los taludes estables e inestables en base a sus alturas y pendientes, para la preparación se inventariarán los deslizamientos y taludes estables de la zona.

3.3.2. USO DE CÁLCULOS DE ESTABILIDAD MEDIANTE ÁBACOS, EN COMBINACIÓN CON OBSERVACIONES DE CAMPO Y UN NÚMERO DE SONDAJES Y ENSAYOS DE LABORATORIO

Este procedimiento se emplea para determinar el tipo preliminar, usando ábacos conocidos para la interpretación que consideran efectos de sobrecarga, grietas de tensión, infiltración y aumento de resistencia al cortante con la profundidad. (Alva Hurtado, 1994)

Usaré los ábacos propuestos como alternativas para comparar el chequeo detallado de estabilidad y análisis retrospectivo de taludes. ⁴(Alva Hurtado, 1994)

⁴ En la mayoría de los casos planteados en sus Notas Sobre Estabilidad de Taludes del Doctor Jorge E. Alva Hurtado, menciona que los ábacos tienen una aproximación del 15% en el factor de seguridad, por lo tanto cuando no se tiene datos suficientes de resistencia del terreno y condiciones de campo, el uso de ábacos puede ser suficientemente aproximado. (Alva Hurtado, 1994)

3.3.3. USO DE CÁLCULOS DETALLADOS DE ESTABILIDAD, EN COMBINACIÓN CON UN PROGRAMA AMPLIO DE INVESTIGACIÓN DE CAMPO Y ENSAYOS DE LABORATORIO

El estudio detallado de estabilidad incluye el estudio geológico, observación de campo, sondaje de exploración, ensayos de laboratorio y cálculos detallados de estabilidad.

Los estudios de observación de campo pueden ejecutarse para comprobar el comportamiento del talud, determinar la zona de falla y chequear los métodos utilizados. (Alva Hurtado, 1994)

3.4. INVESTIGACIÓN DE INGENIERÍA

Para la siguiente etapa es necesario tener una idea de las condiciones reales en campo de la geotecnia de los suelos en los que se determinará el estado del talud, es necesario, por lo tanto, un profundo estudio del entorno como estudios exploratorios y de laboratorio para caracterizar y definir el área de estudio.

Luego, se realizará los estudios metodológicos en el campo de terreno, donde analizo si el suelo real podrá soportar y cumplir con todas las exigencias de esfuerzos a lo cual estará sometido.

3.4.1. TOMA DE MUESTRAS

El muestreo del suelo es fundamental para la obtención de sus parámetros físicos y mecánicos. Es importante recalcar que la muestra nunca va a estar completamente inalterada, debido al proceso de extracción en el que se pierde su estado natural de esfuerzos y hay una variación de humedad debido a la exposición que sufre al medio ambiente. (Espinoza Durán & Tapia Berzoza, 2013)

Una de las normas utilizadas es el RNE E.050, donde establecen las condiciones para el desarrollo de Estudios de Mecánica de Suelos (EMS), alcances del EMS, responsabilidad profesional por el EMS, responsabilidad por la aplicación de la Norma; mencionan los ensayos mínimos que se realizarán para determinar y caracterizar la muestra encontradas en campo.

El manual de Ensayos de Materiales para Obras Viales (EM-2000), menciona las normas de ensayos establecida por las instituciones técnicas reconocidas internacionalmente como AASHTO, ASTM contrastadas con las condiciones propias y particulares de nuestro país.

Ensayos para el reconocimiento del terreno se realizará calicatas con profundidad mínima de 2 metros, cada 250 m.⁵, considerando que tenemos una longitud de estudio de 1.5 km, se tendrán 08 calicatas intercaladas, en la parte superior e inferior del talud.

Dependiendo de la finalidad de la muestra, se realizará una inspección de campo, determinación de la realidad en el área de estudio y obtención de muestras para laboratorio.

Los trabajos de exploración básicamente comprenden:

Realización de calicatas, en el área a investigar tanto en la zona propiamente del movimiento como por fuera de él. (Ministerio de Transporte e Infraestructura Manual para la Revisión de Estudios Geotécnicos, 2008)

Los sondeos se ejecutarán con muestreo continuo. Cada sondeo se efectuará siguiendo el procedimiento de perforación y muestreo de la ASTM D-1586 (Prueba de Penetración Estándar, SPT), en los estratos de suelo y ASTM D- 2113, en los estratos duros o rocosos. Los sondeos deben profundizarse hasta identificar materiales estables por debajo de los movimientos reales o potenciales, en caso de entrar el nivel freático debe registrarse la profundidad a que se encuentra dicho nivel, se tomará muestras de los estratos encontrados en cada sondeo realizado, las que serán trasladadas al laboratorio para su análisis respectivo. (Ministerio de Transporte e Infraestructura Manual para la Revisión de Estudios Geotécnicos, 2008)

La exploración que se desarrolla en campo se ejecutará calicatas para obtener la clasificación y el perfil stratigráfico del talud.

⁵ Fuente: Juárez Badillo, Y. Rico, Mecánica de Suelos Tomo I

3.4.1.1. Trabajos de Laboratorio

Los ensayos de laboratorio que se desarrolla al estudio de suelos se definirá en los puntos estratégicos donde se realizarán conforme a las Normas AASHTO o ASTM que corresponden a:

3.4.1.1.1 Clasificación visual de todas las muestras

Se ejecutarán los ensayos de las muestras que se tomen en los sondeos efectuados para su clasificación y ensayos para determinar la resistencia al Corte y la consolidación de los materiales existentes en área de estudio, para lo cual se desarrollarán:

Tabla 6: Tipo de Ensayos

TIPO DE ENSAYO	DESIGNACIÓN	
	AASHTO	ASTM
Análisis Granulométrico de los suelos	T-888	D-422
Límite Líquido de los Suelos	T-89	D-423
Límite Plástico e Índice de Plasticidad de los Suelos	T-90	D-424
Humedad Natural	-	D-2216
Clasificación SUCS	-	D-2487
Corte Directo	-	D-3080

Análisis granulométrico

Consiste en el proceso de clasificar por tamaños los granos que componen un suelo, con dicha distribución se puede determinar otras propiedades del mismo. Dependiendo de la composición del suelo, el método a usar puede ser por tamices o por hidrómetro o

una combinación de ambos. (Espinoza Durán & Tapia Berzoza, 2013)

El análisis mecánico que se realiza consiste en segregar el suelo por medio de una serie de tamices y luego clasificarlo por medio del tamaño de las partículas obtenidas. (Espinoza Durán & Tapia Berzoza, 2013)

El análisis granulométrico es un proceso general para cualquier tipo de muestra, independientemente de si su procedencia es alterada o inalterada, ya que el proceso mecánico de cribado disgrega las partículas que componen la muestra. (Espinoza Durán & Tapia Berzoza, 2013)

La clasificación del suelo se dispone de AASHTO y SUCS, la primera es usada con frecuencia para diseño de carreteras y vías, por lo que a nosotros incumbe, usaremos la segunda como método de clasificación. De tal manera que las consideraciones de clasificación que indica la norma se muestra a continuación:

Suelo grueso: se considera grueso si más de la mitad del material es retenido sobre el tamiz N°200 y se divide en:

- Gravas: si más de la mitad de los gruesos es retenido en el tamiz #4
- Arenas : si más de la mitad del suelo grueso pasa el tamiz #4

Suelo fino: se considera fino si más de la mitad de material atraviesa el tamiz #200, el cual puede estar compuesto por limos y arcillas.

De tal manera se usará la carta de plasticidad para la clasificación de los finos.

Análisis granulométrico por hidrómetro MTC E 109 (Espinoza Durán & Tapia Berzoza, 2013)

3.4.1.2. Límites de Atterberg

Para bajos contenidos de agua, el suelo se comporta como un sólido frágil, por el contrario, cuando el contenido de agua es muy alto, este se

comporta como un líquido. Si el contenido de agua en suspensión es elevado, esta se vuelve muy concentrada y carece de resistencia estática al esfuerzo cortante. Si se pierde agua va aumentando esa resistencia hasta alcanzar un estado plástico en el que el material se vuelve maleable, al continuar con el proceso, el material llega a comportarse como un sólido, pudiendo soportar relativamente grandes esfuerzos de compresión y tensión. (Espinoza Durán & Tapia Berzoza, 2013)

Por lo tanto, el contenido de agua presente en el material se le puede distinguir por cuatro etapas básicas que dependen de la naturaleza de su comportamiento, siendo los estados sólido, semisólido, plástico y líquido. El contenido de agua en porcentaje, en que se da el cambio de estado sólido a semisólido, se define como límite de contracción. El contenido de agua en el punto de cambio de estado semisólido a plástico es el límite plástico, y del estado plástico a líquido es el estado de límite líquido. A estos límites se les conoce como límites de Atterberg o de Consistencia. (Espinoza Durán & Tapia Berzoza, 2013)

El Límite Líquido (LL) está expresado como un porcentaje del contenido de agua en relación del peso seco que debe obtener un suelo remodelado, de manera que, al ser sometido al impacto de 25 golpes bien definidos según la práctica normada, se cierra la ranura de dimensiones estándar sin resbalar en su apoyo. (Espinoza Durán & Tapia Berzoza, 2013)

El Límite Plástico (LP) está fijado como el contenido de agua presente en una tira de suelo formada en laboratorio de aproximadamente 3.2mm de diámetro cuando esta empieza a agrietarse, y que debe ser rodada sobre una superficie lisa que no observa la humedad, como una placa de vidrio. (Espinoza Durán & Tapia Berzoza, 2013)

El Límite de Contracción (LC) es el contenido de agua que se satura a un suelo contraído por secamiento de evaporación, con la progresiva pérdida de agua se llega a un punto en el que ya no se produce cambios de volumen. (Espinoza Durán & Tapia Berzoza, 2013)

El Índice de Plasticidad es la diferencia entre el Límite Líquido y el Límite Plástico de un suelo:

$$IP = LL - LP$$

- Humedad natural MTC E 108
- Determinación del límite líquido MTC E 110
- Determinación del límite plástico MTC E 111
- Gravedad específica de los suelos MTC E 113
- Corte directo MTC E

3.5. PROPIEDADES GEOMECÁNICAS CONSIDERADAS

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) nos da valores aproximados de las propiedades mecánicas para los diferentes tipos de suelos, los cuales presentan en la siguiente tabla: (Espinoza Durán & Tapia Berzoza, 2013)

Tabla 7: Propiedades Mecánica de los Suelos según SUCS

Grupo	Resistencia al corte (tensiones efectivas)	
	c' (kg/cm ²)	tan ϕ'
GW	-	> 0.79
GP	-	> 0.74
GM	0.05	> 0.67
GC	0.05	> 0.60
SP	-	0.72 – 0.76
SM	0.13 – 0.27	0.65 – 0.69
SC	0.09 – 0.21	0.59 – 0.73
SC	0.05 – 0.17	0.53 – 0.67
ML	0.09	0.58 – 0.66
CL	0.22	0.56 – 0.68
CL	0.1 – 0.15	0.50 – 0.58
MH	0.11 – 0.29	0.42 – 0.52

Fuente: Tablas y Ábacos, curso de Geología de Ingeniería e Introducción a la Mecánica de Suelos.

3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Los puntos elegidos para la toma de muestras en cada punto se definieron según la zona y las fallas presentadas en los taludes, considerando zonas críticas para la exploración de campo y para extracción de materiales.

El muestreo se efectuó en las siguientes coordenadas:

Tabla 8: Coordenadas y ubicación de Calicatas

CALICATA	COORDENADA	COTA
C1	18L 04751172 E 8661641 S	3195 m
C2	18L 0475189 E 8661828 S	3191 m
C3	18L 0475203 E 8661972 S	3189 m
C4	18L 0475243 E 8661871 S	3207 m
C5	18L 0475206 E 8661742 S	3200 m
C6	18L 0475158 E 8661417 S	3207 m
C7	18L 0475102 E 8661345 S	3190 m
C8	18L 0475046 E 8661237 S	3187 m

Figura 41: Ubicación de calicatas



Fuente: Vista satelital Google Earth.

3.7. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.7.1. POBLACIÓN

Conformada por la población de la zona ribereña del río Mantaro en los barrios de Progreso – Mantaro del Distrito de Huancán, provincia de Huancayo, Región Junín.

3.7.2. MUESTRA

La muestra representativa será dada por 08 calicatas expuestas en el talud de estudio, a cada uno de ellas se realizó un perfil estratigráfico determinando el estado en que se encuentra el suelo, para ello se extraerá de forma alterada e inalterada según se observe y se detalle en campo en el informe de visualización. Conformado por muestras representativas en puntos (calicatas) extracción de material para ensayos de laboratorio, correspondientes y que indiquen en la norma E-050 RNE.

3.8. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

- Levantamiento topográfico de la zona establecida para fines de estudio.
- Estudio geológico con indicación de las unidades geomorfológicas existentes en el área de investigación, esta información será presentada en un mapa en el que se incluirán todos los detalles y datos obtenidos en el estudio realizado, como identificación de unidades estructurales más importantes y demás de utilidad al desarrollo del estudio. (Ministerio de Transporte e Infraestructura Manual para la Revisión de Estudios Geotécnicos, 2008)
- Una descripción de las actividades realizadas durante el desarrollo del estudio geotécnico. (Ministerio de Transporte e Infraestructura Manual para la Revisión de Estudios Geotécnicos, 2008)
- Gráficos de prospección de cada sondeo realizado, indicando en forma gráfica y descriptiva cada característica encontrada como número de estratos, material orgánico, profundidad de nivel freático, si este es detectado. (Ministerio de Transporte e Infraestructura Manual para la Revisión de Estudios Geotécnicos, 2008)
- Análisis de resultados de los ensayos de laboratorio, indicando las características del sub suelo explorado, tales como la clasificación, espesor, humedad de los estratos encontrados a través de las profundidades alcanzadas en cada sondeo. (Ministerio de Transporte e Infraestructura Manual para la Revisión de Estudios Geotécnicos, 2008)
- Tablas donde se presente en forma resumida los resultados de los ensayos de laboratorio indicando sus propiedades físicas, para posteriormente utilizarlos en el análisis de deslizamiento de talud investigado. (Ministerio de Transporte e Infraestructura Manual para la Revisión de Estudios Geotécnicos, 2008)
- Toma de muestras para ensayos de suelos: contenido de humedad, límite líquido, límite plástico, granulometría, clasificación de suelos y corte directo. (Ministerio de Transporte e Infraestructura Manual para la Revisión de Estudios Geotécnicos, 2008)

3.9. TÉCNICAS DE TRATAMIENTOS DE DATOS

Se trabajará con software Slide V 5.0 que me permitirá modelar el talud y con los datos obtenidos en campo, realizar un mapeo y zonas de riesgo para futuras construcciones y evitar deslizamientos que pueden ocasionar mayores problemas como la inestabilidad del talud.

CAPÍTULO IV

PROCESO

4.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES

En este capítulo presentaré una breve descripción de las características generales que se involucran para resolver el problema de deslizamientos y el nivel de riesgo producidos en la zona de estudio como son: la ubicación, topografía y geología.

4.1.1. UBICACIÓN

Huancán es uno de los 28 distritos que conforman la provincia de Huancayo, ubicada en el departamento de Junín - Perú. Limita al norte con el distrito de Chilca, al este con el distrito de Sapallanga, al oeste con el distrito de Tres de Diciembre y el distrito de Huamancaca, y al sur con el distrito de Huayucachi. (WIKIPEDIA, 2016)

Su clima es templado, seco con días de intenso calor envuelto con un cielo azul, y contrariamente con noches frías entre los meses de abril a setiembre. (WIKIPEDIA, 2016)

Con vientos en el mes de agosto, y la época de lluvias es de octubre a marzo, lo cual se aprovecha para la agricultura con sembríos de maíz, papas, frijoles, arvejas, habas, y linaza, así como una variedad de hortalizas, entre otros productos. (WIKIPEDIA, 2016)

4.2. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Para la identificación del tramo del talud representativa se consideró los siguientes factores:

- Construcción existente: se tiene en cuenta que las edificaciones más cercanas al talud tienen un mayor peligro de deslizamientos y, por lo tanto, generan mayor riesgo en caso de movimientos sísmicos, presentando un potencial peligro para la población que viven y transitan en el mismo.
- Pendiente y altura de acantilado: se consideró que a mayor pendiente y altura, la probabilidad de falla aumenta, generando una relación pendiente altura. Para utilizar este criterio se revisaron cartas nacionales de IGN así como inspecciones visuales.
- Accesibilidad del equipo Topográfico: se tiene accesibilidad para la toma de puntos en el talud de la zona ribereña de los barrios de Progreso – Mantaro del distrito de Huancán.
- Plano de Curvas de nivel y Secciones.
- Plano de Planeamiento Urbano- Huancán.

En el distrito de Huancán, específicamente en la zona de estudio, el talud de 1.5 km tiene un Reservoirio de Agua que abastece a la población, viviendas existentes a unos 10 – 15 m de distancia del talud, esta distancia cubre el área de vegetación, árboles y zona agrícola.⁶

Tiene una elevación superior de 23.25m en el estacado 0+240 con cota superior 3189.88.

4.3. DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA GENERAL Y LOCAL

4.3.1. GEOMORFOLOGÍA

La Geomorfología peruana, es el estudio de los relieves que tiene el Perú a lo largo y ancho de su territorio. (Mundo Geografía, s.f.)

La geomorfología peruana se divide en tres grande niveles:

- Geomorfología costera (Mundo Geografía, s.f.)
- Geomorfología andina (Mundo Geografía, s.f.)

⁶ Verificación con plano de Planeamiento Urbano de La Provincia de Huancán, Fuente de la Municipalidad Distrital de Huancán

- Geomorfología amazónica (Mundo Geografía, s.f.)

La investigación se acerca a la geomorfología andina, la cual se encuentra en el distrito de Huancán.

Está conformada por las altitudes del macizo andino es un conjunto de elevaciones que corren alineadas en cadenas paralelas: tres en el norte, tres en el centro, dos en el sur. (Mundo Geografía, s.f.)

4.4. GEOTECNIA

Con el propósito de confirmar la hipótesis, se realizaron los estudios correspondientes para interpretar la muestra y sus características, presentando algunas discontinuidades en su clasificación, en toda su extensión del área de estudio.

En la parte alta del talud se encuentra la primera capa con un espesor máximo de 0.50 m de material limo orgánico, raíces, material orgánico; por la presencia de área agrícola, el estrato más predominante es la arcilla con grava CL, contenido hasta un máximo de 17,48 de porcentaje de humedad.

Las calicatas se desarrollaron 3 en la parte superior y 5 en la parte inferior del talud presentando.

4.4.1. DESCRIPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DEL SUELO

El objetivo principal de la investigación en la ciencia del suelo es la comprensión de la naturaleza, propiedades, dinámicas y funciones del suelo como parte del estudio. Un requerimiento básico para lograr ese objetivo es la disponibilidad de información confiable sobre la morfología de los suelos y otras características obtenidas a través del estudio y la descripción del suelo en el campo. (Land and Water Division, 2006)

Es importante que la descripción del suelo sea hecha exhaustivamente; esto sirve como base para la clasificación del suelo y la evaluación del sitio, así como para realizar interpretaciones. Una buena descripción de suelos y el conocimiento derivado en cuanto a la génesis del mismo, son también herramientas útiles para guiar, ayudar en la explicación y regular el costoso trabajo de laboratorio. Asimismo, puede prevenir errores en el esquema de muestreo. (Land and Water Division, 2006) Lo cual presentaremos a continuación.

4.4.2. CARACTERÍSTICAS GEOMECÁNICAS DEL SUELO

USANDO CARGA LOCAL – FACTORES MODIFICADOS SEGÚN DR. KARL VON TERZAGHI C-1

Tabla 9: Calicata 01 Factores Modificados según Dr. Karl Von Terzaghi

Descripción de calicata	Profundidad de Calicata	Profundidad de Cimentación	Factor de Seguridad	Ángulo de Fricción (°)	Cohesión kg/cm ²	Capacidad Admisible del terreno de Cimentación Corrida	Capacidad Admisible del terreno de Cimentación Cuadrada	Capacidad admisible del terreno Cimentación Circular
C-1	2.00 m	1.50 m	2.50	37.19	0.033	2.23 kg/cm ²	1.94 kg/cm ²	1.98 kg/cm ²
C-1	2.00 m	1.50 m	3.00	37.19	0.033	1.86 kg/cm ²	1.62 kg/cm ²	1.65 kg/cm ²
C-1	2.00 m	1.50 m	3.50	37.19	0.033	1.59 kg/cm ²	1.39 kg/cm ²	1.42 kg/cm ²
C-1	2.00 m	1.50 m	4.00	37.19	0.033	1.39 kg/cm ²	1.21 kg/cm ²	1.24 kg/cm ²

USANDO CARGA LOCAL – FACTORES MODIFICADOS SEGÚN DR. KARL VON TERZAGHI C-2

Tabla 10: Calicata 02 Factores Modificados según Dr. Karl Von Terzaghi

Descripción de calicata	Profundidad de Calicata	Profundidad de Cimentación	Factor de Seguridad	Ángulo de Fricción (°)	Cohesión kg/cm ²	Capacidad Admisible del terreno de Cimentación Corrida	Capacidad Admisible del terreno de Cimentación Cuadrada	Capacidad admisible del terreno Cimentación Circular
C-2	2.00 m	1.50 m	2.50	31.79	0.167	2.02 kg/cm ²	2.16 kg/cm ²	2.17 kg/cm ²
C-2	2.00 m	1.50 m	3.00	31.79	0.167	1.68 kg/cm ²	1.80 kg/cm ²	1.81 kg/cm ²
C-2	2.00 m	1.50 m	3.50	31.79	0.167	1.44 kg/cm ²	1.54 kg/cm ²	1.55 kg/cm ²
C-2	2.00 m	1.50 m	4.00	31.79	0.167	1.26 kg/cm ²	1.35 kg/cm ²	1.36 kg/cm ²

USANDO CARGA LOCAL – FACTORES MODIFICADOS SEGÚN DR. KARL VON TERZAGHI C-3

Tabla 11: Calicata 03 Factores Modificados según Dr. Karl Von Terzaghi

Descripción de calicata	Profundidad de Calicata	Profundidad de Cimentación	Factor de Seguridad	Ángulo de Fricción (°)	Cohesión kg/cm ²	Capacidad Admisible del terreno de Cimentación Corrida	Capacidad Admisible del terreno de Cimentación Cuadrada	Capacidad admisible del terreno Cimentación Circular
C-3	2.00 m	1.50 m	2.50	35.07	0.128	2.80 kg/cm ²	3.09 kg/cm ²	3.09 kg/cm ²
C-3	2.00 m	1.50 m	3.00	35.07	0.128	2.34 kg/cm ²	2.58 kg/cm ²	2.57 kg/cm ²
C-3	2.00 m	1.50 m	3.50	35.07	0.128	2.00 kg/cm ²	2.21 kg/cm ²	2.21 kg/cm ²
C-3	2.00 m	1.50 m	4.00	35.07	0.128	1.75 kg/cm ²	1.93 kg/cm ²	1.93 kg/cm ²

USANDO CARGA LOCAL – FACTORES MODIFICADOS SEGÚN DR. KARL VON TERZAGHI I C-4

Tabla 12: Calicata 04 Factores Modificados según Dr. Karl Von Terzaghi

Descripción de calicata	Profundidad de Calicata	Profundidad de Cimentación	Factor de Seguridad	Ángulo de Fricción (°)	Cohesión kg/cm ²	Capacidad Admisible del terreno de Cimentación Corrida	Capacidad Admisible del terreno de Cimentación Cuadrada	Capacidad admisible del terreno Cimentación Circular
C-4	2.00 m	1.50 m	2.50	33.45	0.047	1.44 kg/cm ²	1.41 kg/cm ²	1.42 kg/cm ²
C-4	2.00 m	1.50 m	3.00	33.45	0.047	1.20 kg/cm ²	1.17 kg/cm ²	1.18 kg/cm ²
C-4	2.00 m	1.50 m	3.50	33.45	0.047	1.03 kg/cm ²	1.00 kg/cm ²	1.01 kg/cm ²
C-4	2.00 m	1.50 m	4.00	33.45	0.047	0.88 kg/cm ²	0.88 kg/cm ²	0.89 kg/cm ²

USANDO CARGA LOCAL – FACTORES MODIFICADOS SEGÚN DR. KARL VON TERZAGHI C-5

Tabla 13: Calicata 05 Factores Modificados según Dr. Karl Von Terzaghi

Descripción de calicata	Profundidad de Calicata	Profundidad de Cimentación	Factor de Seguridad	Ángulo de Fricción (°)	Cohesión kg/cm ²	Capacidad Admisible del terreno de Cimentación Corrida	Capacidad Admisible del terreno de Cimentación Cuadrada	Capacidad admisible del terreno Cimentación Circular
C-5	2.00 m	1.50 m	2.50	18.18	0.143	0.75 kg/cm ²	0.86 kg/cm ²	0.86 kg/cm ²
C-5	2.00 m	1.50 m	3.00	18.18	0.143	0.62 kg/cm ²	0.72 kg/cm ²	0.72 kg/cm ²
C-5	2.00 m	1.50 m	3.50	18.18	0.143	0.54 kg/cm ²	0.61 kg/cm ²	0.62 kg/cm ²
C-5	2.00 m	1.50 m	4.00	18.18	0.143	0.47 kg/cm ²	0.54 kg/cm ²	0.54 kg/cm ²

USANDO CARGA LOCAL – FACTORES MODIFICADOS SEGÚN DR. KARL VON TERZAGHI C-6

Tabla 14: Calicata 06 Factores Modificados según Dr. Karl Von Terzaghi

Descripción de calicata	Profundidad de Calicata	Profundidad de Cimentación	Factor de Seguridad	Ángulo de Fricción (°)	Cohesión kg/cm ²	Capacidad Admisible del terreno de Cimentación Corrida	Capacidad Admisible del terreno de Cimentación Cuadrada	Capacidad admisible del terreno Cimentación Circular
C-6	2.00 m	1.50 m	2.50	29.90	0.072	1.12 kg/cm ²	1.18 kg/cm ²	1.19 kg/cm ²
C-6	2.00 m	1.50 m	3.00	29.90	0.072	0.93 kg/cm ²	0.99 kg/cm ²	0.99 kg/cm ²
C-6	2.00 m	1.50 m	3.50	29.90	0.072	0.80 kg/cm ²	0.85 kg/cm ²	0.85 kg/cm ²
C-6	2.00 m	1.50 m	4.00	29.90	0.072	0.70 kg/cm ²	0.74 kg/cm ²	0.74 kg/cm ²

USANDO CARGA LOCAL – FACTORES MODIFICADOS SEGÚN DR. KARL VON TERZAGHI C-7

Tabla 15: Calicata 07 Factores Modificados según Dr. Karl Von Terzaghi

Descripción de calicata	Profundidad de Calicata	Profundidad de Cimentación	Factor de Seguridad	Ángulo de Fricción (°)	Cohesión kg/cm ²	Capacidad Admisible del terreno de Cimentación Corrida	Capacidad Admisible del terreno de Cimentación Cuadrada	Capacidad admisible del terreno Cimentación Circular
C-7	2.00 m	1.50 m	2.50	30.94	0.146	1.84 kg/cm ²	1.93 kg/cm ²	1.95 kg/cm ²
C-7	2.00 m	1.50 m	3.00	30.94	0.146	1.53 kg/cm ²	1.61 kg/cm ²	1.62 kg/cm ²
C-7	2.00 m	1.50 m	3.50	30.94	0.146	1.31 kg/cm ²	1.38 kg/cm ²	1.39 kg/cm ²
C-7	2.00 m	1.50 m	4.00	30.94	0.146	1.15 kg/cm ²	1.21 kg/cm ²	1.22 kg/cm ²

USANDO CARGA LOCAL – FACTORES MODIFICADOS SEGÚN DR. KARL VON TERZAGHI C-8

Tabla 16: Calicata 08 Factores Modificados según Dr. Karl Von Terzaghi

Descripción de calicata	Profundidad de Calicata	Profundidad de Cimentación	Factor de Seguridad	Ángulo de Fricción (°)	Cohesión kg/cm ²	Capacidad Admisible del terreno de Cimentación Corrida	Capacidad Admisible del terreno de Cimentación Cuadrada	Capacidad admisible del terreno Cimentación Circular
C-8	2.00 m	1.50 m	2.50	33.60	0.081	1.92 kg/cm ²	1.86 kg/cm ²	1.88 kg/cm ²
C-8	2.00 m	1.50 m	3.00	33.60	0.081	1.60 kg/cm ²	1.55 kg/cm ²	1.57 kg/cm ²
C-8	2.00 m	1.50 m	3.50	33.60	0.081	1.37 kg/cm ²	1.33 kg/cm ²	1.34 kg/cm ²
C-8	2.00 m	1.50 m	4.00	33.60	0.081	1.20 kg/cm ²	1.16 kg/cm ²	1.18 kg/cm ²

Tabla 17: Resultados para Diseño

TIPO DE SUELO	COHESIÓN kg/cm2	ÁNGULO DE FRICCIÓN	PESO VOLUMÉTRICO gr/cm3
CL-ML	0.047	33.45	1.768
SM	0.167	31.79	1.876
CL	0.143	18.18	1.769
SW	0	34	1.645
GP-GW	0.033	37.19	1.986
GC	0.146	30.94	1.943
GM	0.081	33.6	2.046
GW	0.023	36	1.986
SP-SM	0.128	35.07	1.892
CL	0.072	29.9	1.731

4.4.2.1. Nivel de Napa freática

Las calicatas se desarrollaron 3 en la parte superior y 5 en la parte inferior del talud presentando:

Tabla 18: Referencia de Napa Freática

NÚMERO DE CALICATA	PROFUNDIDAD	OBSERVACIÓN
C-1	2.00 m	No presenta N.F.
C-2	2.00 m	No presenta N.F.
C-3	2.00 m	No presenta N.F.
C-4	2.00 m	No presenta N.F.
C-5	2.00 m	No presenta N.F.
C-6	2.00 m	No presenta N.F.
C-7	2.00 m	No presenta N.F.
C-8	2.00 m	No presenta N.F.

* Se investigó en la municipalidad y en la población si existía algún pozo de agua, a lo cual mencionan que no existe ninguno, por lo tanto, comprueba que no se tiene N.F.

4.4.2.2. Clasificación, granulometría y límites de Atterberg

Tabla 19: Índice de Plasticidad

CALICATA	PROFUNDIDAD	% LÍMITE LÍQUIDO	% LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD
C-1	2.00 M	18.68	N.P.	N.P.
C-2	2.00 M	18.73	N.P.	N.P.
C-3	2.00 M	25.5	N.P.	N.P.
C-4	2.00 M	20.49	15.94	4.54
C-5	2.00 M	34.17	22.57	11.59
C-6	2.00 M	28.79	16.62	12.17
C-7	2.00 M	31.41	18.25	13.17
C-8	2.00 M	21.21	N.P.	N.P.

Tabla 20: Clasificación de Suelos

CALICATA	PROFUNDIDAD	SUCS	NOMBRE DEL GRUPO
C-1	2.00 M	GP-GM	GRAVA MAL GRADUADA CON LIMO Y ARENA
C-2	2.00 M	SM	ARENA LIMOSA CON GRAVA
C-3	2.00 M	SP-SM	ARENA MAL GRADUADA CON LIMO
C-4	2.00 M	CL-ML	ARCILLA LIMOSA CON ARENA
C-5	2.00 M	CL	ARCILLA LIGERA CON GRAVA
C-6	2.00 M	CL	ARCILLA LIGERA
C-7	2.00 M	GC	GRAVA ARCILLOSA
C-8	2.00 M	GM	GRAVA LIMOSA CON ARENA

4.4.2.3. Ángulo de Fricción y Cohesión

Tabla 21: Cohesión y Ángulo de Fricción

CALICATA	ÁNGULO DE FRICCIÓN (°)	COHESIÓN
C-1	37.19	0.033
C-2	31.79	0.167
C-3	35.07	0.128
C-4	33.45	0.047
C-5	18.18	0.143
C-6	29.9	0.072
C-7	30.94	0.146
C-8	33.6	0.081

CAPÍTULO V

ANÁLISIS DE DESLIZAMIENTO DE TALUD

En este capítulo se resolverá una de las conclusiones de la sección anterior, para ello se verificará si nuestro análisis y los resultados están dentro de los factores de seguridad sugerido para una situación sísmica, dinámica o saturada.

Se realizó el análisis de estabilidad de talud, para cada una de las secciones planteadas (secciones críticas), por ser representativas y tenerlas modeladas en el Software Slide V.5., para ello se consideró lo siguiente:

- El análisis seudos-estático se realizó con las recomendaciones dadas por el Reglamento Nacional de Estructuras en la Norma E.050 en la que el Factor de Seguridad oscilan entre 1.2 y 1.5 (yang. H. Huang, "Stability Analisis of Earth Slopes"). El análisis se realizó para condiciones estáticas debido a que la realidad demuestra que son taludes estables, con pequeños deslizamientos.
- Considerando secciones críticas del talud. (Granados López, 2006)

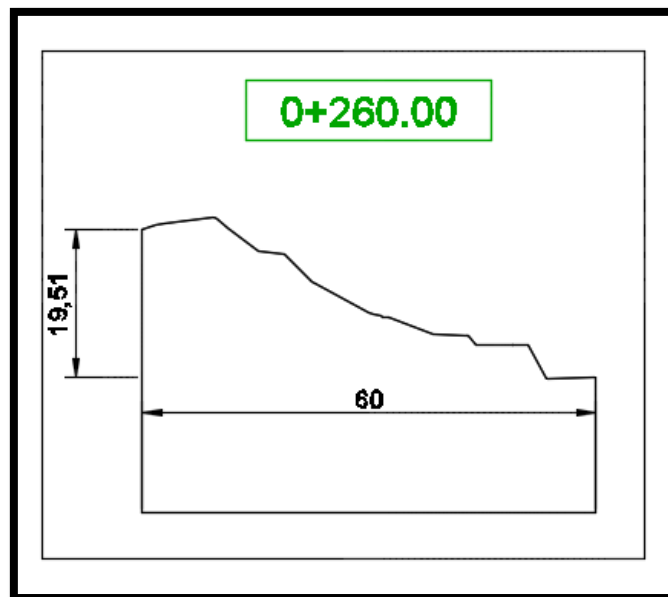
Considerando un retro análisis del talud que presenta falla o deslizamiento para tener en cuenta el grado de inestabilidad y proceder con la respuesta a mi hipótesis.

Figura 42: Talud en Falla progresiva 0+260



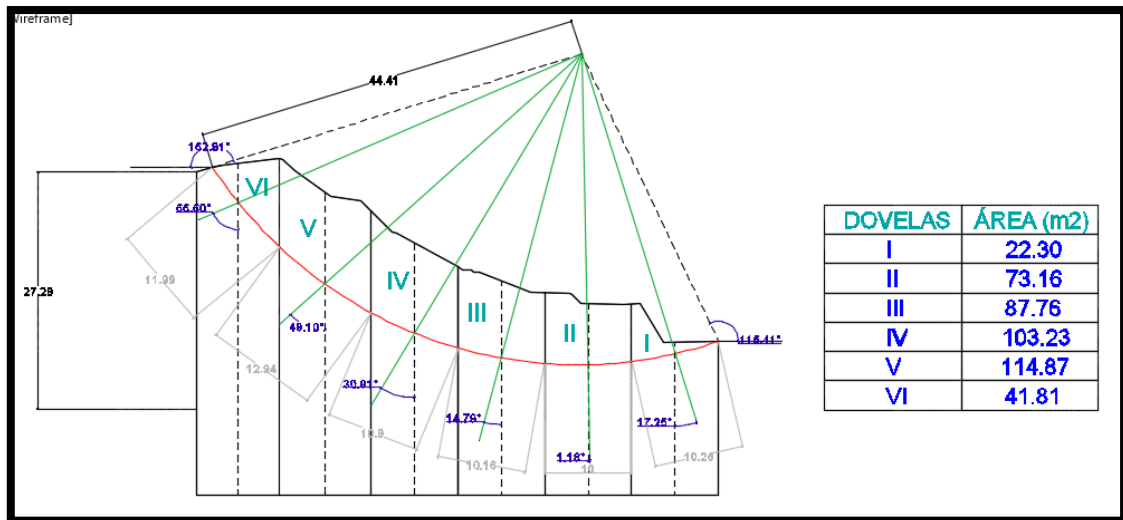
5.1. CÁLCULO DE FACTOR DE SEGURIDAD DEL TALUD

El material conformante del talud posee las siguientes características



DATOS	γ_m (kg/cm ³)	1.85
	R (m)	44.41
	ϕ	33.45 °
	c (kg/cm ²)	0.047

5.1.1. MÉTODO DE FELLENIUS



$$F. S. = \frac{\sum c. \Delta l + W. \cos \alpha. \tan \phi}{\sum W. \sin \alpha}$$

Donde:

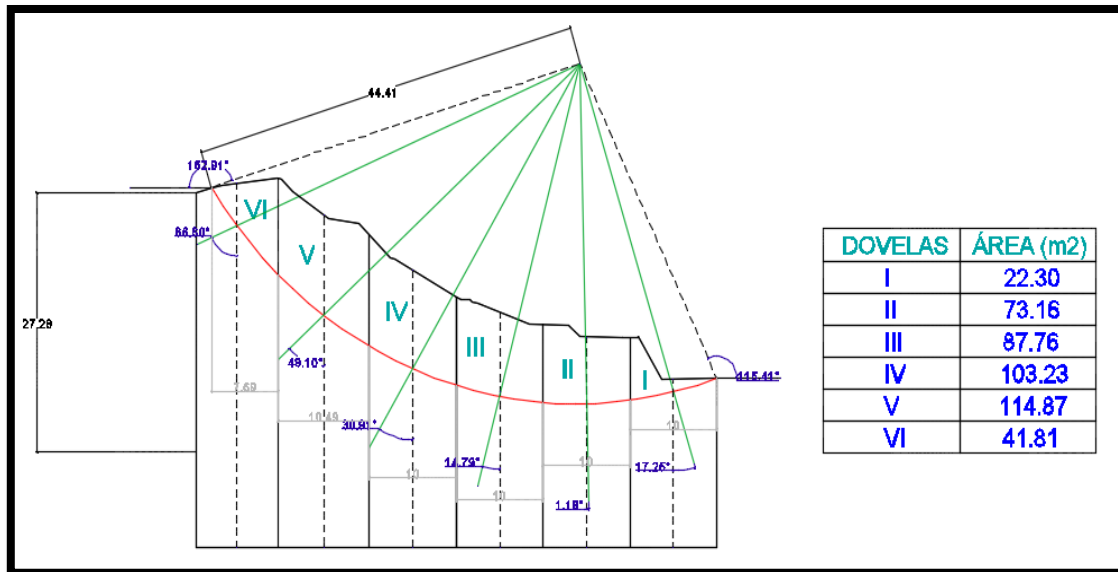
Dovela	Área (m2)	W (ton)	α (°)	Cos α	Sen α	Δl x 1m
I	22.3	41.14	17.22	0.955	0.296	10.26
II	73.16	134.98	1.18	1.000	0.021	73.16
III	87.76	161.92	14.79	0.967	0.255	87.76
IV	103.23	190.46	30.91	0.858	0.514	103.23
V	114.87	211.94	48.1	0.668	0.744	114.87
VI	41.87	77.25	66.6	0.397	0.918	41.81

Finalmente:

$\sum c.\Delta l+W \text{ Cos}\alpha.Tan\phi$	$\sum W.Sen\alpha$
26.44	12.18
92.59	2.78
107.55	41.33
112.81	97.84
98.90	157.75
22.23	70.90
460.53	382.77

FACTOR DE SEGURIDAD	1.203
----------------------------	--------------

5.1.2. MÉTODO DE BISHOP SIMPLIFICADO

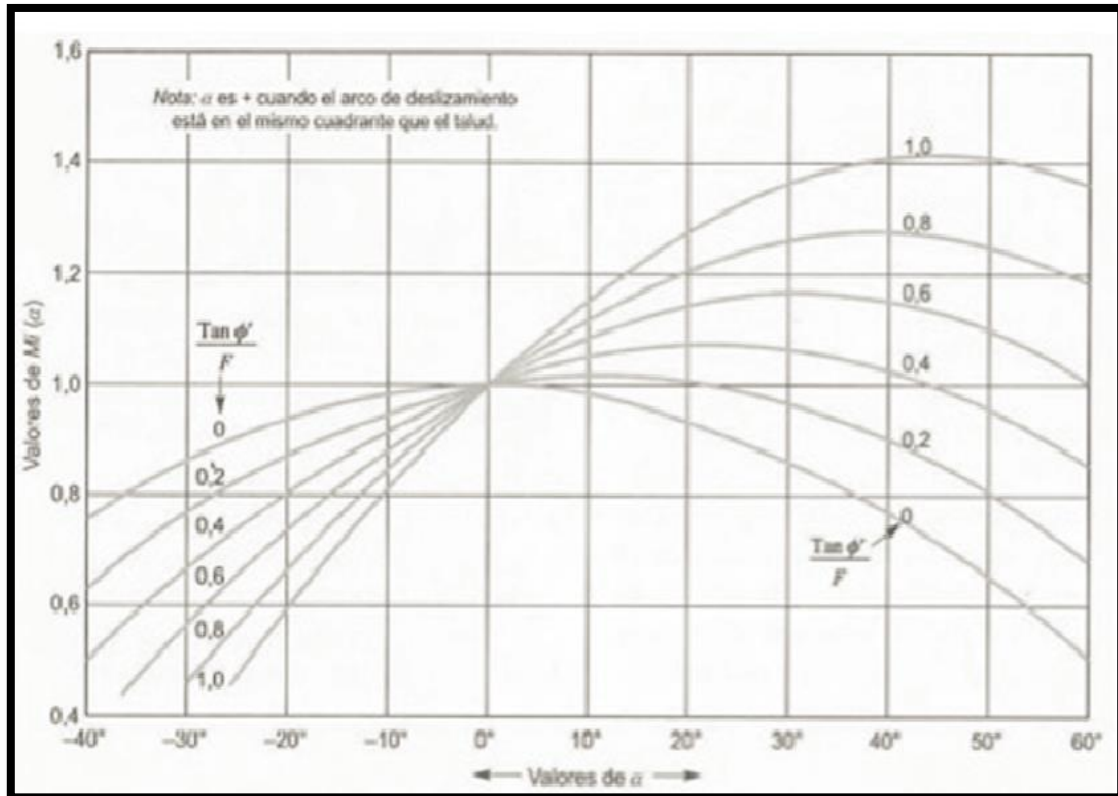


$$F.S. = \frac{\sum (c.b + W.Tan\phi). 1/m_{\alpha}}{\sum W.Sen \alpha}$$

$$m_{\alpha} = \text{Cosa} + \frac{\text{Tan}\phi.Sen\alpha}{\text{F.S.}}$$

Para este método es necesario realizar varias iteraciones hasta obtener el valor del F.S. o también podemos emplear el Ábaco contiguo para hallar el m_α :

Figura 43: Ábaco Método Bishop Simplificado



Entonces:

Dovela	Área (m ²)	W (ton)	α (°)	Cos α	Sen α	Tan ϕ	m_α	b (m)
I	2.35	4.34	17.22	0.955	0.296	0.66	1.60	10
II	6.81	12.56	1.18	1.000	0.021	0.66	1.10	10
III	10.88	20.07	14.79	0.967	0.255	0.66	1.30	10
IV	18.71	34.52	30.91	0.858	0.514	0.66	1.14	10
V	8.33	15.37	48.1	0.668	0.744	0.66	1.30	10.49
VI	41.87	77.25	66.6	0.397	0.918	0.66	1.02	7.69

Finalmente:

$\sum(c.b+W \tan\phi).1/m\alpha$	$\sum W.Sen\alpha$
2.08	1.28
7.97	0.26
10.56	5.12
20.42	17.73
8.19	11.44
50.39	70.90
99.61	106.74

FACTOR DE SEGURIDAD	0.933
----------------------------	--------------

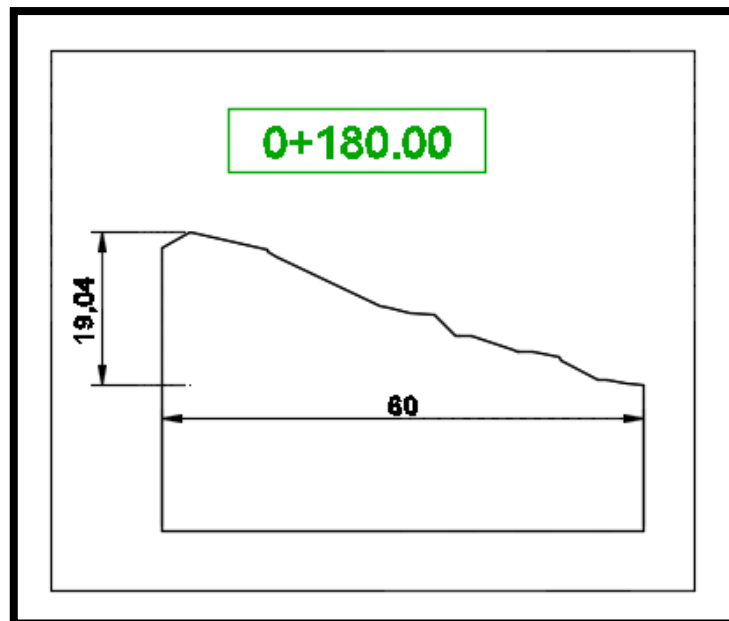
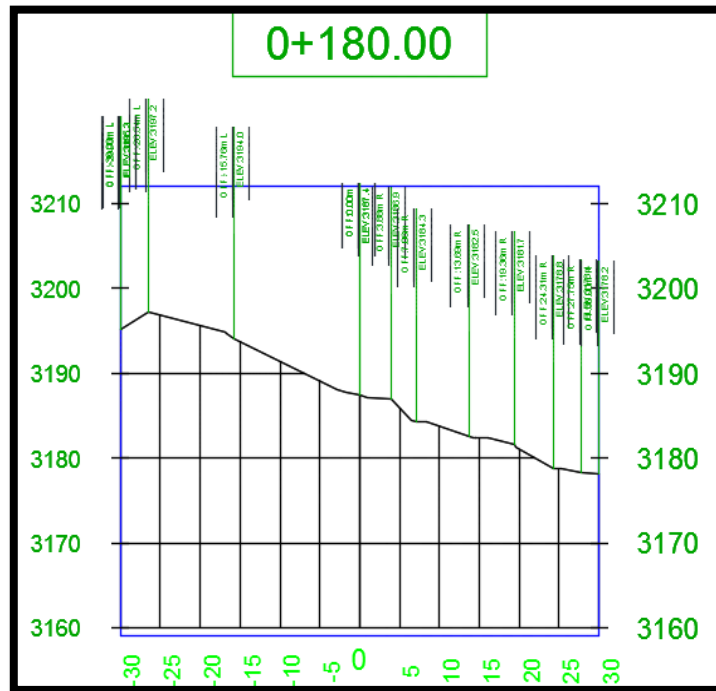
El sistema evaluado, mediante un retro análisis, y teniendo en cuenta que en esta progresiva ya existen deslizamientos mostrados, se observa que en ambos métodos se obtienen valores menores a 1.3, estando debajo del mínimo admisible, comprueba mi hipótesis: mientras mayores sean los deslizamientos, mayores serán los niveles de riesgo.

5.2. SECCIONES CRÍTICAS

Se establece como parte inferior del talud en sección a nivel 3180-3170 m de lo cual la altura correspondiente en el eje "Y" y en el eje "X" la distancia total de 60 m del talud.

5.2.1. SECCIÓN CRÍTICA 0+180

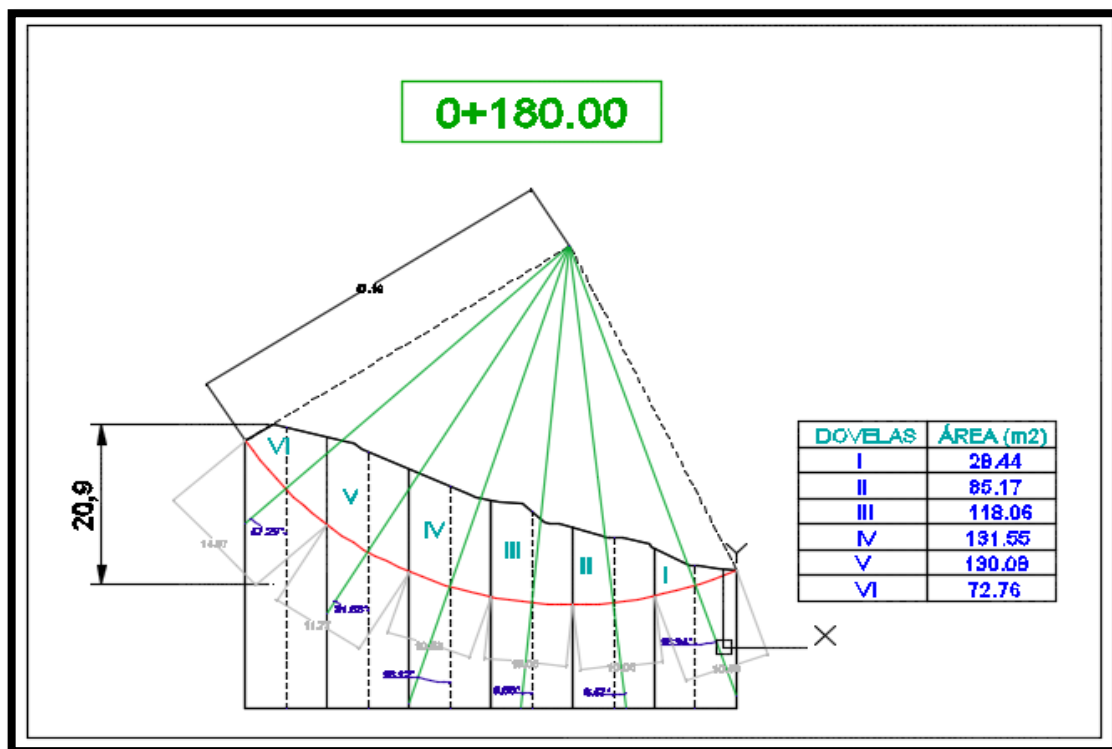
Esta sección consta con una altura de talud de 19.04 m y una distancia de 60 m.



Los datos correspondientes de estudio de suelos para la verificación correspondientes son:

DATOS	γ_m (kg/cm ³)	1.892
	R (m)	47.19
	ϕ	35.07 °
	c (kg/cm ²)	0.1280

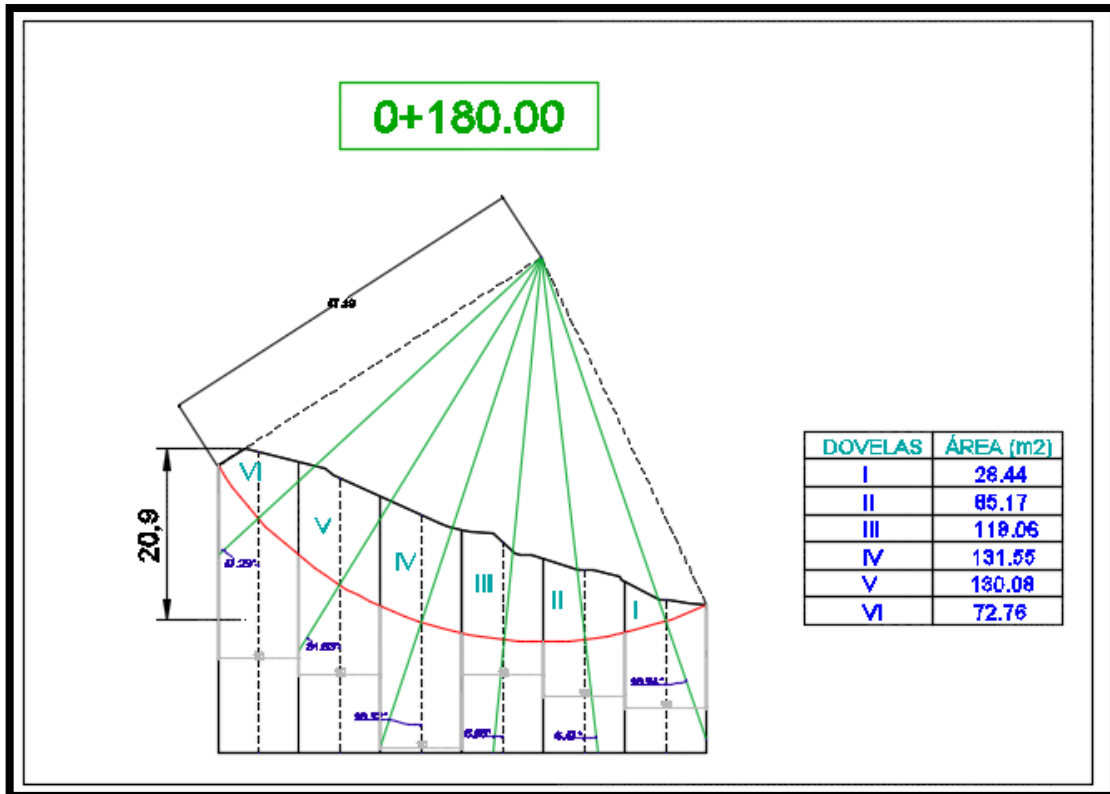
5.2.1.1. Método Fellenius Sección 0+180



Dovela	Area (m2)	W (ton)	α (°)	Cos α	Sen α	$\Delta li \times 1m$
I	28.44	53.81	18.94	0.946	0.325	10.58
II	85.17	161.14	6.47	0.994	0.113	10.06
III	118.06	223.37	5.58	0.995	0.097	10.05
IV	131.55	248.89	18.12	0.950	0.311	10.53
V	130.08	246.11	31.53	0.852	0.523	11.77
VI	72.76	137.66	47.29	0.678	0.735	14.97
$\Sigma c. \Delta l + W \cos \alpha \cdot \tan \phi$				$\Sigma W \cdot \text{Sen} \alpha$		
37.08				17.47		
113.69				18.16		
157.36				21.72		
167.41				77.41		
148.78				128.70		
67.47				101.15		
691.79				364.61		

FACTOR DE SEGURIDAD	1.897
----------------------------	--------------

5.2.1.2. Método de Bishop Simplificado sección 0+180



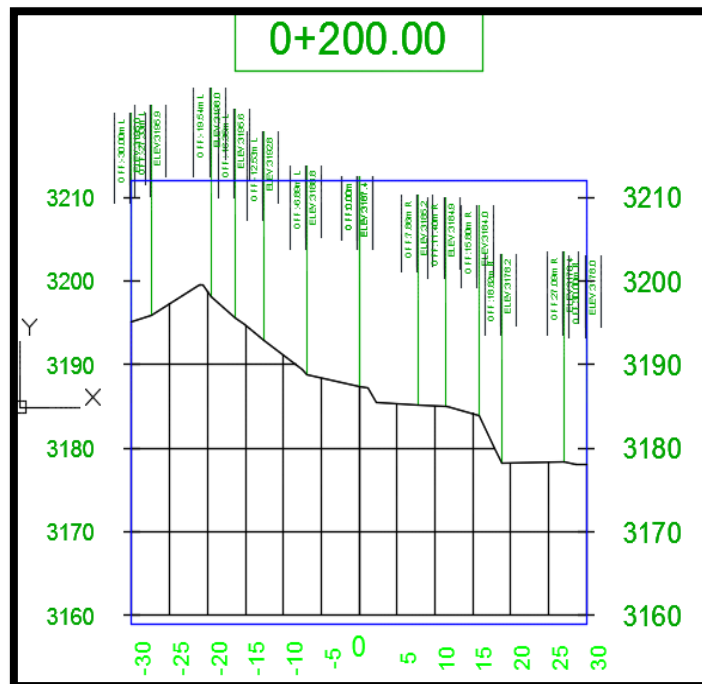
Dovela	Area (m ²)	W (ton)	α (°)	Cos α	Sen α	Tan ϕ	m_α	b (m)
I	28.44	53.81	18.94	0.946	0.325	0.70	1.18	10
II	85.17	161.14	6.47	0.994	0.113	0.70	1.15	10
III	118.06	223.37	5.58	0.995	0.097	0.70	1.16	10
IV	131.55	248.89	18.12	0.950	0.311	0.70	1.15	10
V	130.08	246.11	31.53	0.852	0.523	0.70	1.18	10.00
VI	130.08	246.11	47.29	0.678	0.735	0.70	1.13	10

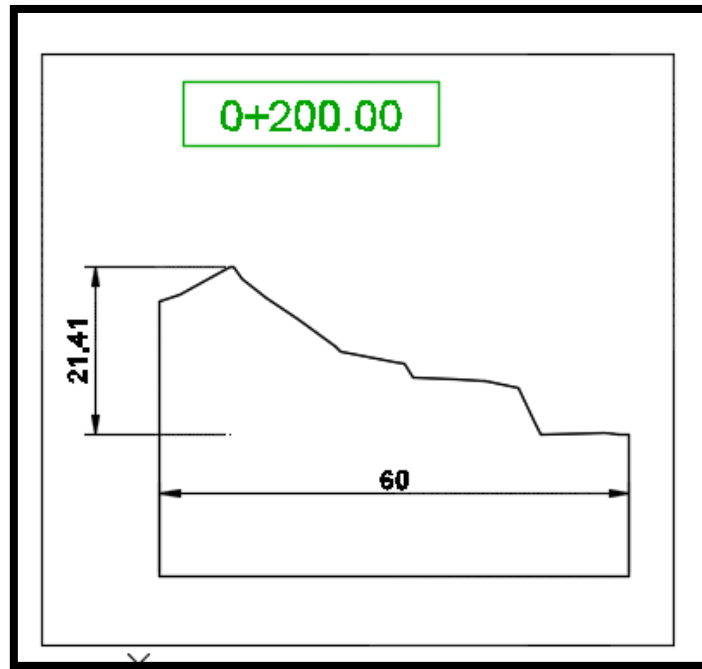
$\Sigma(c.b+W \text{ Tan}\phi).1/m\alpha$	$\Sigma W.Sen\alpha$
33.10	17.47
99.48	18.16
136.29	21.72
153.05	77.41
147.51	128.70
154.03	180.84
723.46	444.29

FACTOR DE SEGURIDAD	1.628
----------------------------	--------------

5.2.2. SECCIÓN CRÍTICA 0+200

Esta sección consta con una altura de talud de 21.41 m y una distancia de 60 m.

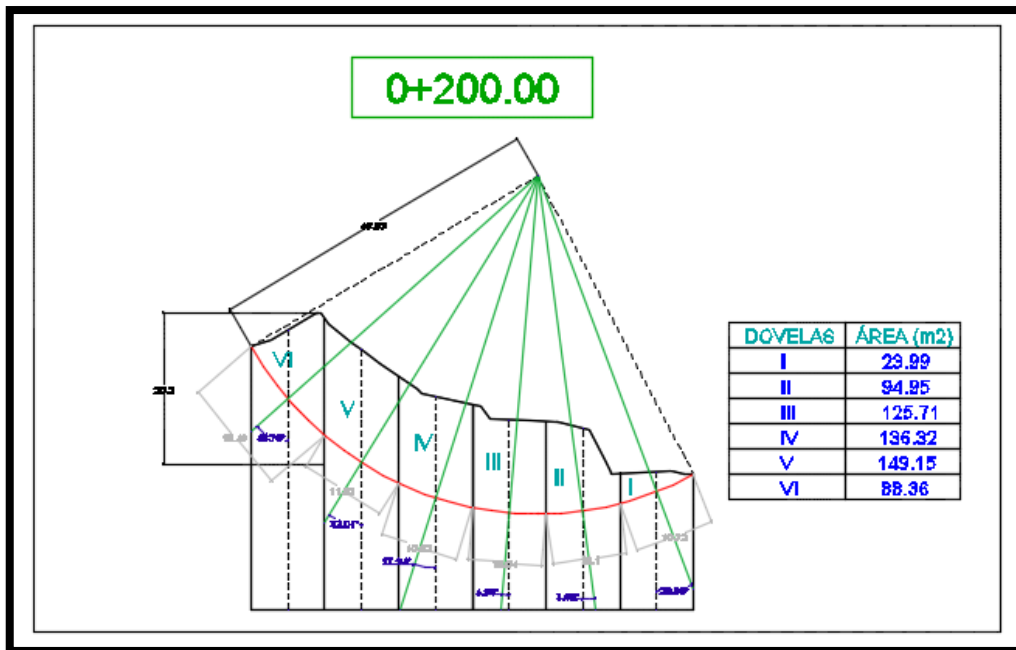




Los datos correspondientes de estudio de suelos para la verificación correspondientes son:

DATOS	γ_m (kg/cm ³)	1.845
	R (m)	45.030
	ϕ	33.450
	c (kg/cm ²)	0.047

5.2.2.1. Método Fellenius Sección 0+200

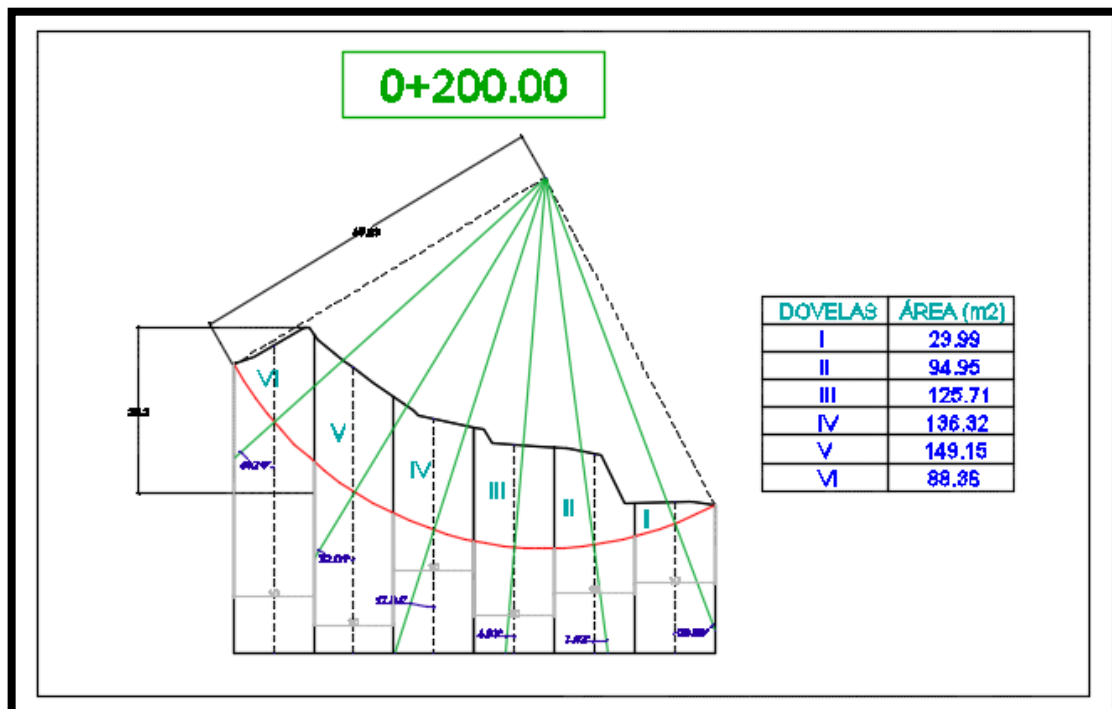


Dovela	Área (m ²)	W (ton)	α (°)	Cos α	Sen α	$\Delta li \times 1m$
I	23.99	44.26	20.99	0.934	0.358	10.72
II	94.95	175.18	7.82	0.991	0.136	10.1
III	125.71	231.93	4.93	0.996	0.086	10.04
IV	136.32	251.51	17.94	0.951	0.308	10.52
V	149.15	275.18	32.01	0.848	0.530	11.83
VI	88.36	163.02	48.78	0.659	0.752	15.49

$\sum c \cdot \Delta l + W \cos \alpha \cdot \tan \phi$	$\sum W \cdot \text{Sen} \alpha$
27.80	15.85
115.13	23.84
153.13	19.93
158.57	77.47
154.71	145.86
71.70	122.62
681.04	405.58

FACTOR DE SEGURIDAD	1.679
----------------------------	--------------

5.2.2.2. Método de Bishop Simplificado sección 0+200



Dovela	Área (m ²)	W (ton)	α (°)	Cos α	Sen α	Tan ϕ	m_{α}	b (m)
I	23.99	44.26	20.99	0.934	0.358	0.66	1.15	10
II	94.95	175.18	7.82	0.991	0.136	0.66	1.00	10
III	125.71	231.93	4.93	0.996	0.086	0.66	1.00	10
IV	136.32	251.51	17.94	0.951	0.308	0.66	1.12	10
V	149.15	275.18	32.01	0.848	0.530	0.66	1.18	10
VI	88.36	163.02	48.78	0.659	0.752	0.66	1.15	10

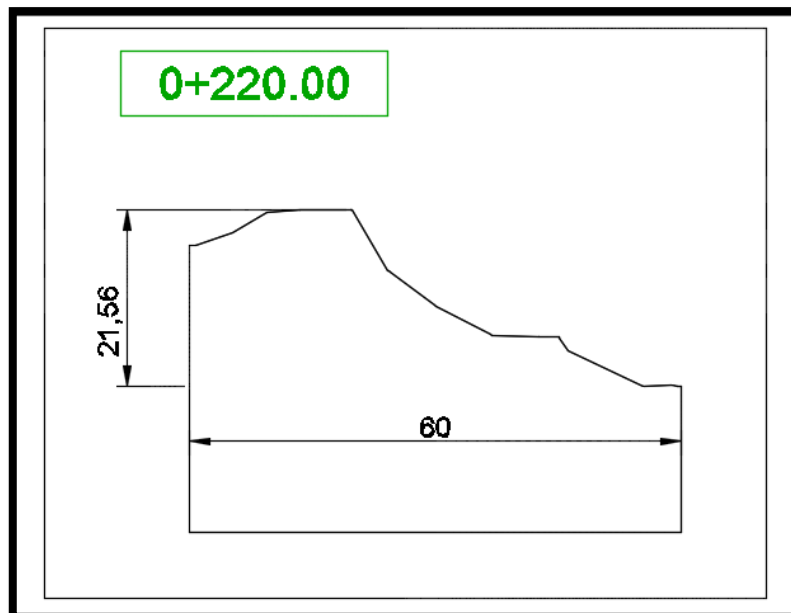
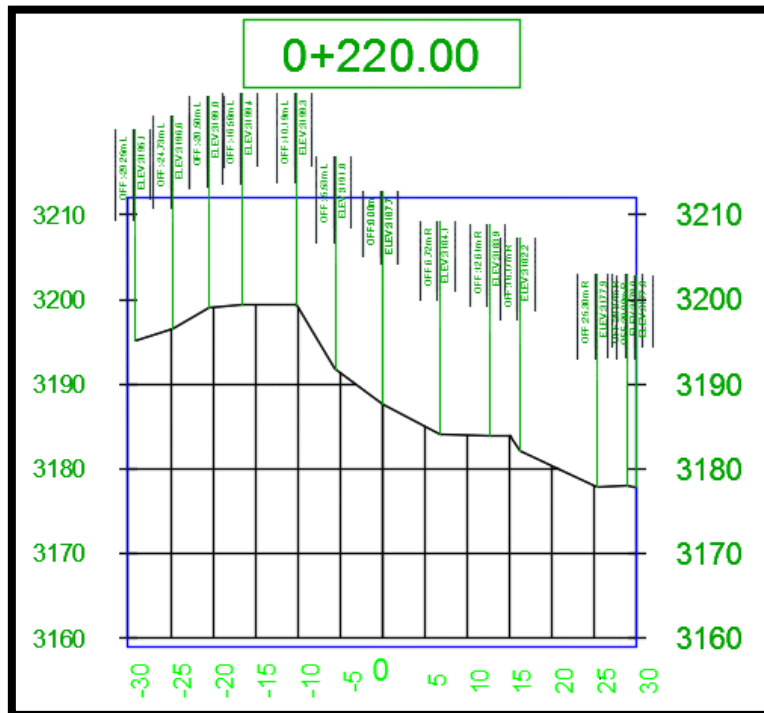
$\sum(c.b+W \text{ Tan}\phi).1/m_{\alpha}$	$\sum W.Sen\alpha$
25.84	15.85
116.20	23.84
153.69	19.93
148.77	77.47
154.46	145.86
94.06	122.62
693.02	405.58

FACTOR DE SEGURIDAD	1.709
----------------------------	--------------

Por lo tanto, en los dos métodos el factor de seguridad es mayor a 1.5 esta sección muestra estabilidad.

5.2.3. SECCIÓN CRÍTICA 0+220

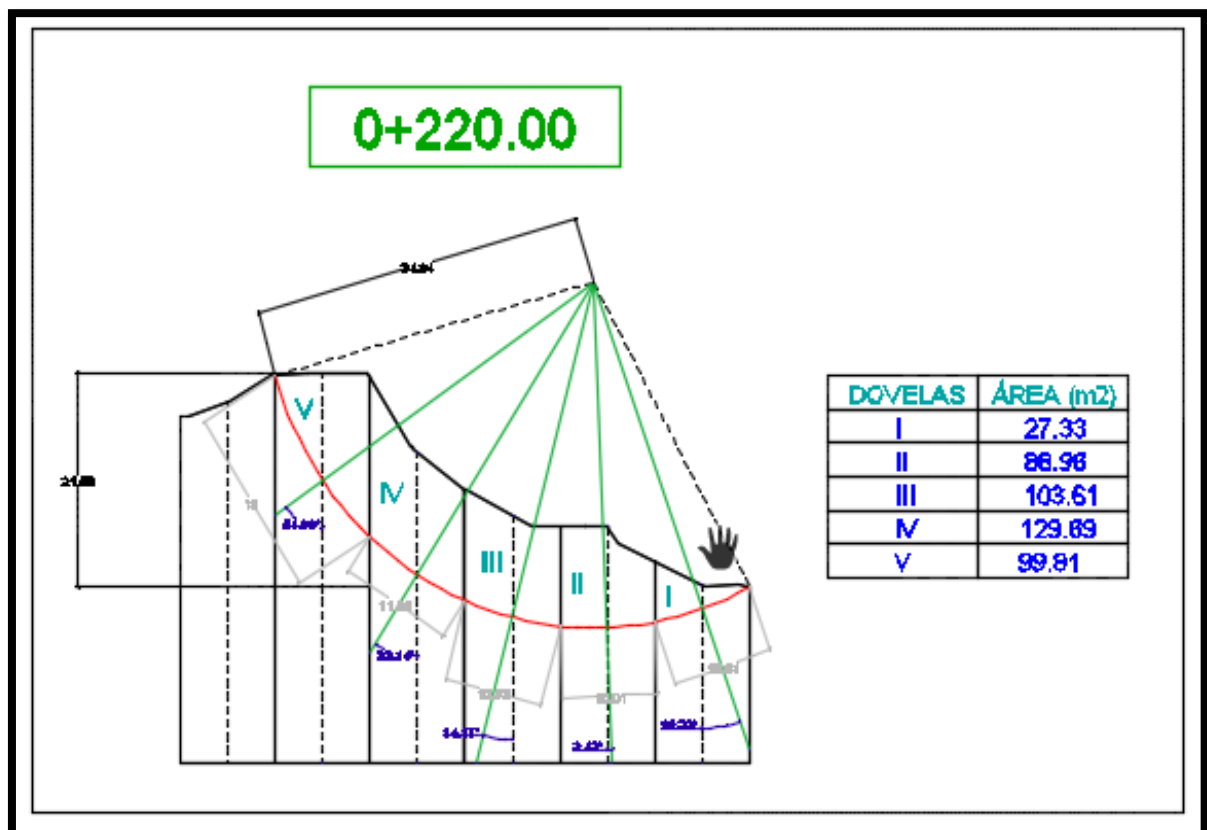
Esta sección consta con una altura de talud de 21.56 m y una distancia de 60 m.



Los datos correspondientes de estudio de suelos para la verificación correspondientes son:

DATOS	γ_m (kg/cm ³)	1.845
	R (m)	34.840
	ϕ	33.450
	c (kg/cm ²)	0.047

5.2.3.1. Método Fellenius Sección 0+ 220

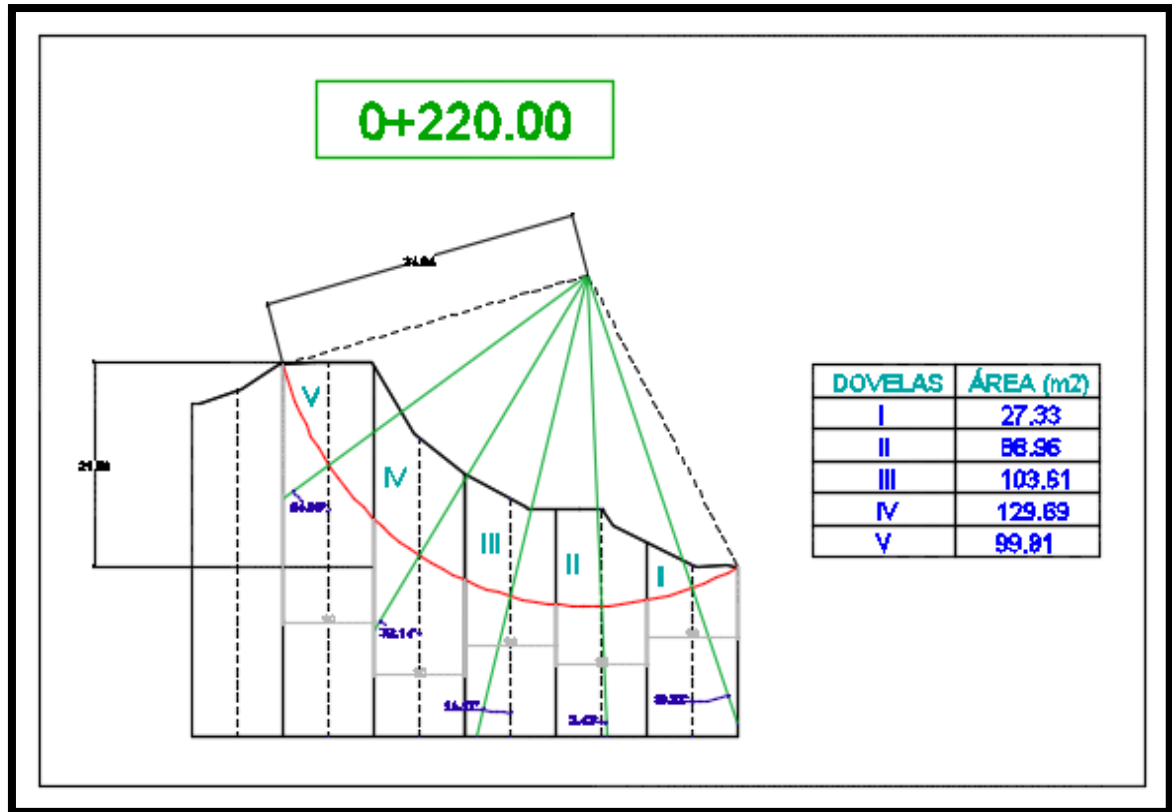


Dovela	Área (m2)	W (ton)	α (°)	Cos α	Sen α	$\Delta li \times 1m$
I	27.33	50.42	19.22	0.944	0.329	10.61
II	88.96	164.13	2.42	0.999	0.042	10.01
III	103.61	191.16	14.17	0.970	0.245	10.32
IV	129.69	239.28	32.14	0.847	0.532	11.92
V	99.81	184.15	54.98	0.574	0.819	19.00

$\sum c.\Delta l+W \text{ Cos}\alpha.Tan\phi$	$\sum W.Sen\alpha$
31.95	16.60
108.80	6.93
122.93	46.80
134.41	127.29
70.71	150.81
468.80	348.43

FACTOR DE SEGURIDAD	1.345
----------------------------	--------------

5.2.3.2. Método de Bishop Simplificado sección 0+ 220



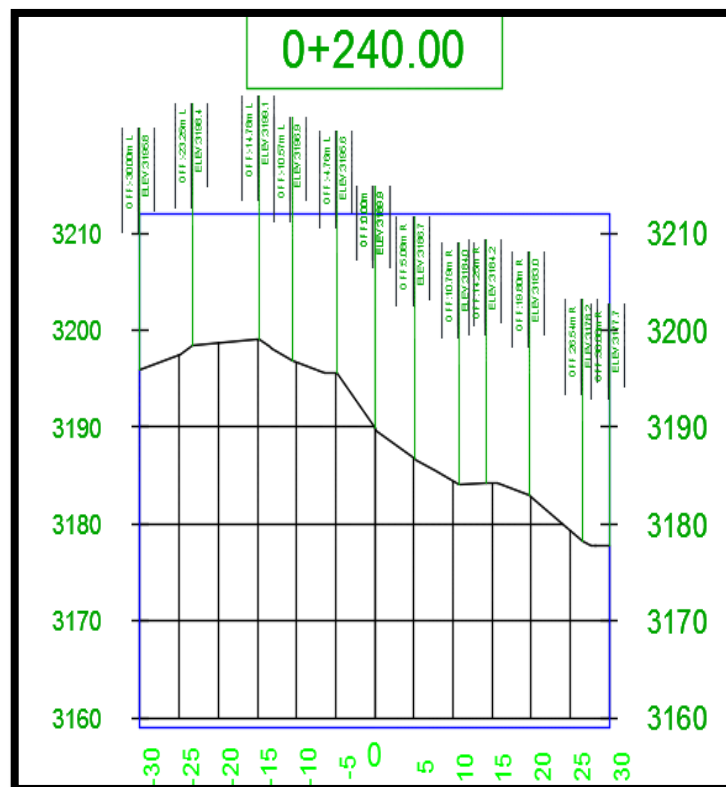
Dovela	Área (m ²)	W (ton)	α (°)	Cos α	Sen α	Tan ϕ	m_α	b (m)
I	27.33	50.42	19.22	0.944	0.329	0.66	1.17	10
II	88.96	164.13	2.42	0.999	0.042	0.66	1.04	10
III	103.61	191.16	14.17	0.970	0.245	0.66	1.03	10
IV	129.69	239.28	32.14	0.847	0.532	0.66	1.18	10
V	99.81	184.15	54.98	0.574	0.819	0.66	1.10	10.00

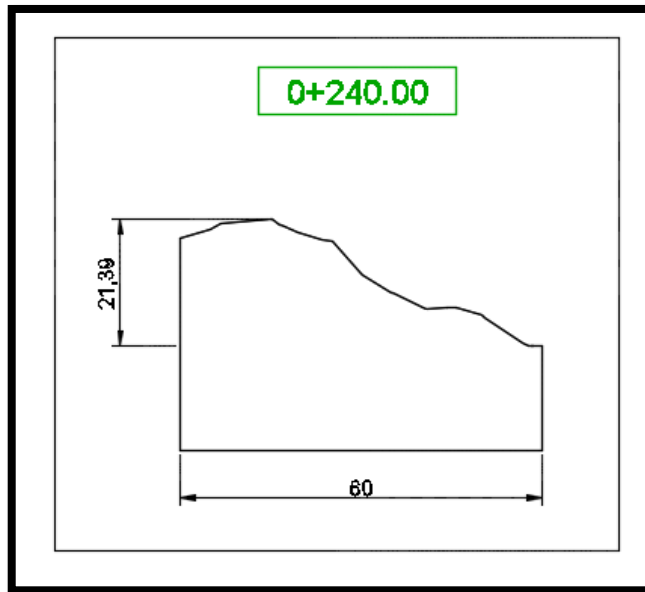
$\Sigma(c.b+W \tan\phi).1/m\alpha$	$\Sigma W.Sen\alpha$
28.87	16.60
104.71	6.93
123.06	46.80
134.36	127.29
111.02	150.81
502.03	348.43

FACTOR DE SEGURIDAD	1.441
----------------------------	--------------

5.2.4. SECCIÓN CRÍTICA 0+240

Esta sección consta con una altura de talud de 21,39 m y una distancia de 60 m.

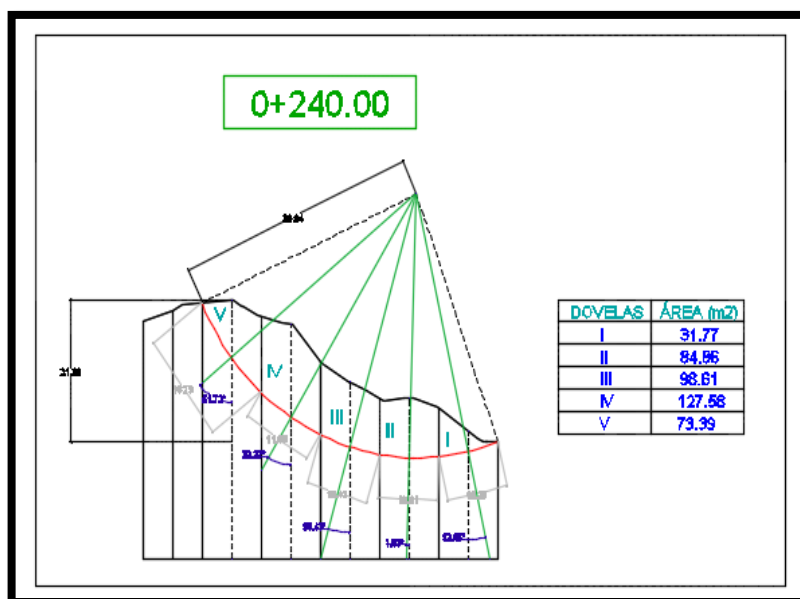




Los datos correspondientes de estudio de suelos para la verificación correspondientes son:

DATOS	γ_m (kg/cm ³)	1.85
	R (m)	39.84
	ϕ	33.45 °
	c (kg/cm ²)	0.047

5.2.4.1. Método Fellenius Sección 0+240

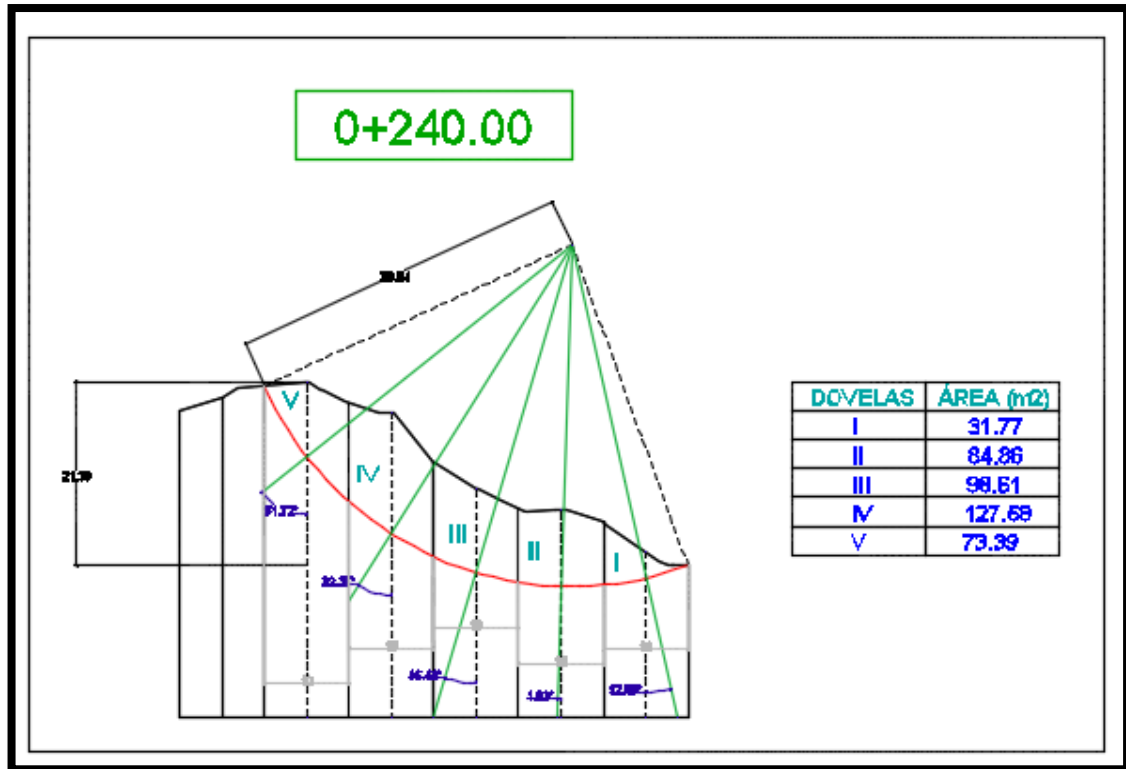


7Dovela	Área (m2)	W (ton)	α (°)	Cos α	Sen α	$\Delta li \times 1m$
I	31.77	58.62	12.65	0.976	0.219	10.25
II	84.86	156.57	1.83	0.999	0.032	10.01
III	98.61	181.94	16.43	0.959	0.283	10.43
IV	127.58	235.39	32.27	0.846	0.534	11.88
V	73.39	135.40	51.72	0.620	0.785	16.79

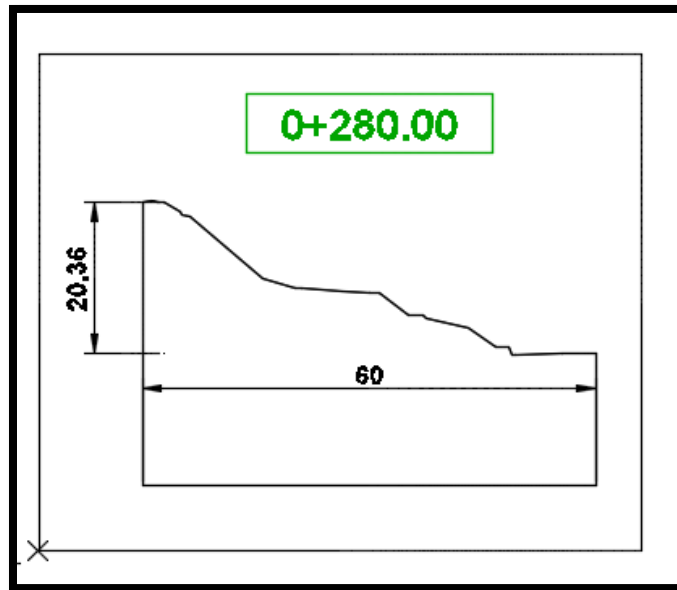
$\sum c.\Delta l+W \text{ Cos}\alpha.Tan\phi$	$\sum W.Sen\alpha$
38.27	12.84
103.85	5.00
115.77	51.46
132.04	125.67
56.21	106.29
446.14	301.26

FACTOR DE SEGURIDAD	1.481
----------------------------	--------------

5.2.4.2. Método de Bishop Simplificado sección 0+ 240



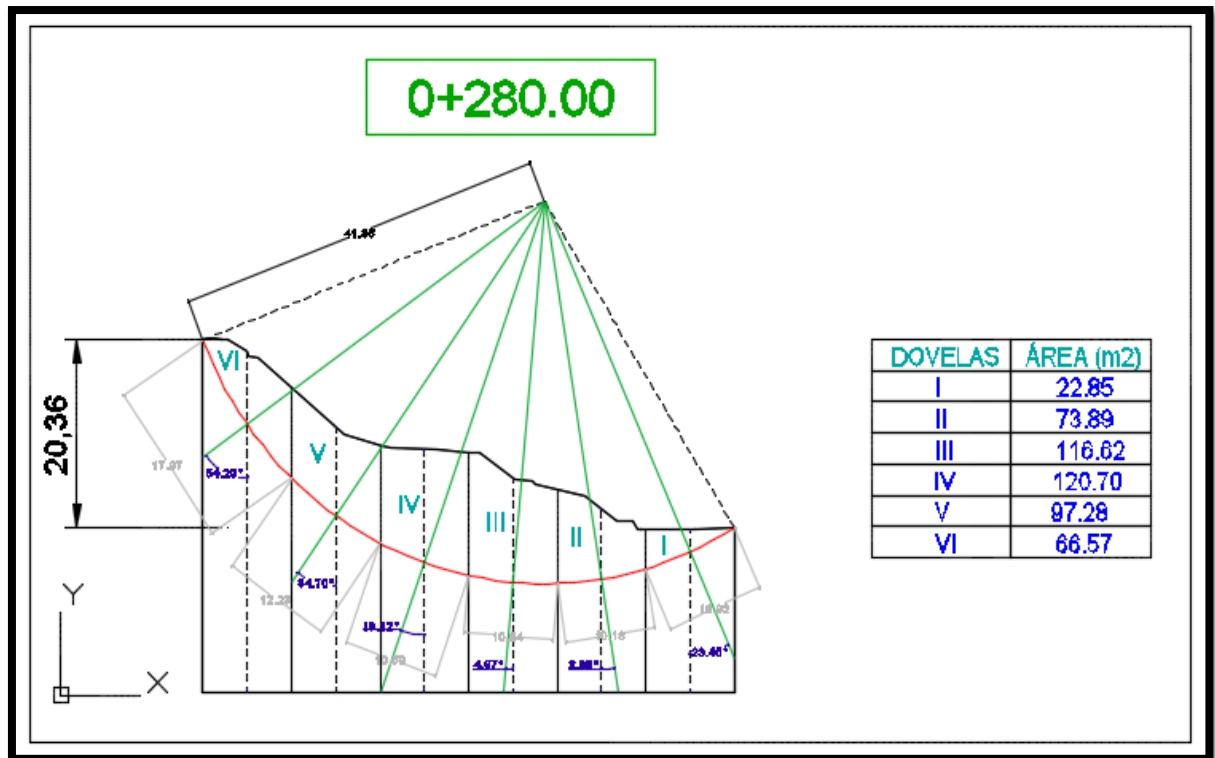
Dovela	Área (m ²)	W (ton)	α (°)	Cos α	Sen α	Tan ϕ	m_α	b (m)
I	31.77	58.62	12.65	0.976	0.219	0.66	1.10	10
II	84.86	156.57	1.83	0.999	0.032	0.66	1.00	10
III	98.61	181.94	16.43	0.959	0.283	0.66	1.15	10
IV	127.58	235.39	32.27	0.846	0.534	0.66	1.18	10
V	73.39	135.40	51.7	0.620	0.785	0.66	1.13	10



Los datos correspondientes de estudio de suelos para la verificación correspondientes son:

DATOS	γ_m (kg/cm ³)	1.85
	R (m)	41.35
	ϕ	33.45 °
	c (kg/cm ²)	0.047

5.2.5.1. Método Fellenius Sección 0+ 280

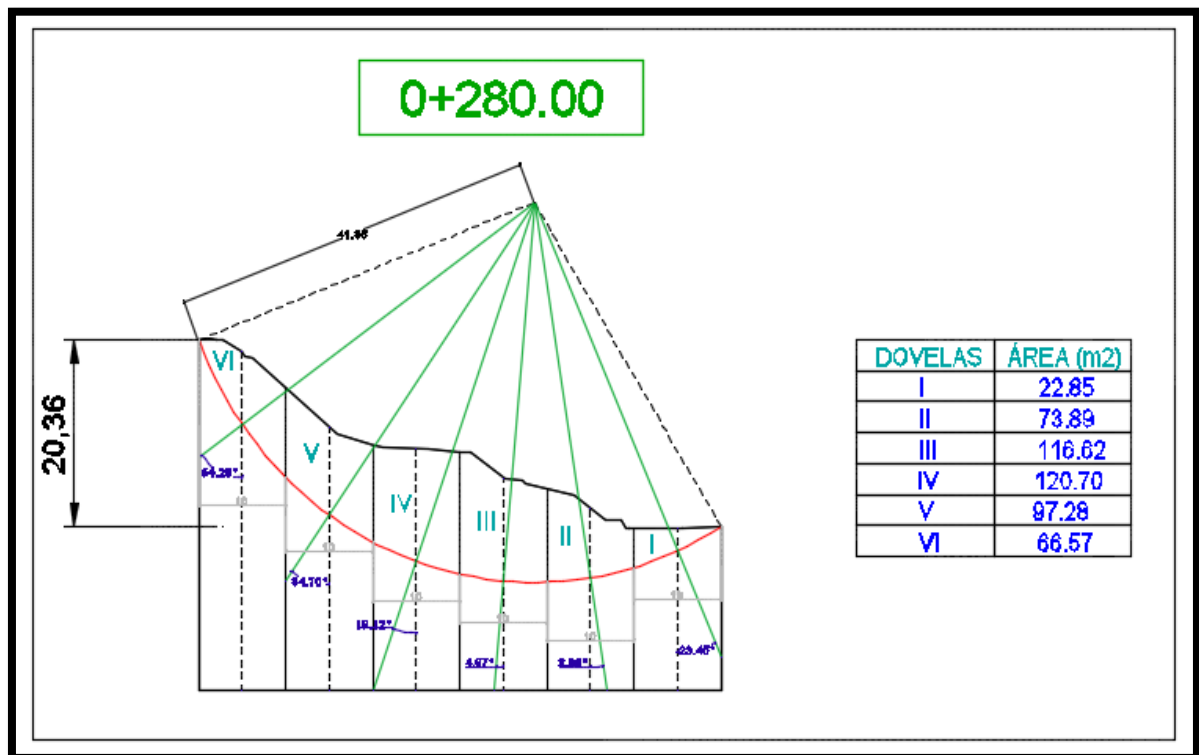


Dovela	Área (m2)	W (ton)	α (°)	Cos α	Sen α	$\Delta l_i \times 1m$
I	22.85	42.16	23.45	0.917	0.398	10.92
II	73.89	136.33	8.98	0.988	0.156	10.13
III	116.62	215.16	4.87	0.996	0.085	10.04
IV	120.7	222.69	19.12	0.945	0.328	10.59
V	97.28	179.48	34.7	0.822	0.569	12.23
VI	66.57	122.82	54.2	0.585	0.811	17.97

$\sum c.\Delta l+W \text{ Cos}\alpha.Tan\phi$	$\sum W.Sen\alpha$
26.06	16.78
89.43	21.28
142.10	18.27
139.50	72.94
98.06	102.18
48.31	99.62
543.47	331.06

FACTOR DE SEGURIDAD	1.642
----------------------------	--------------

5.2.5.2. Método de Bishop Simplificado sección 0+280



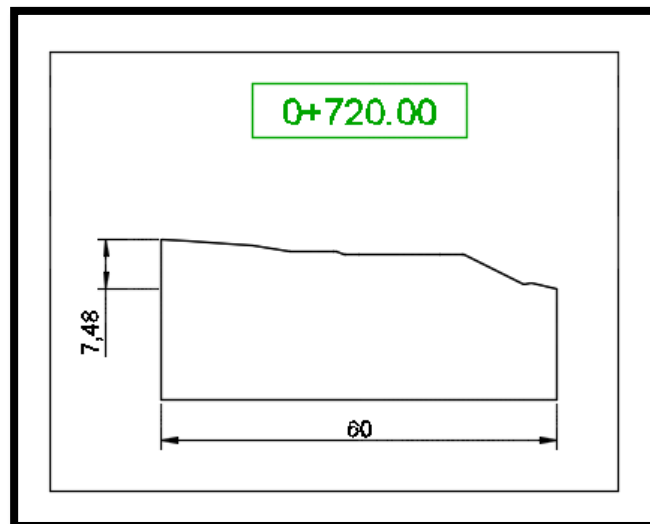
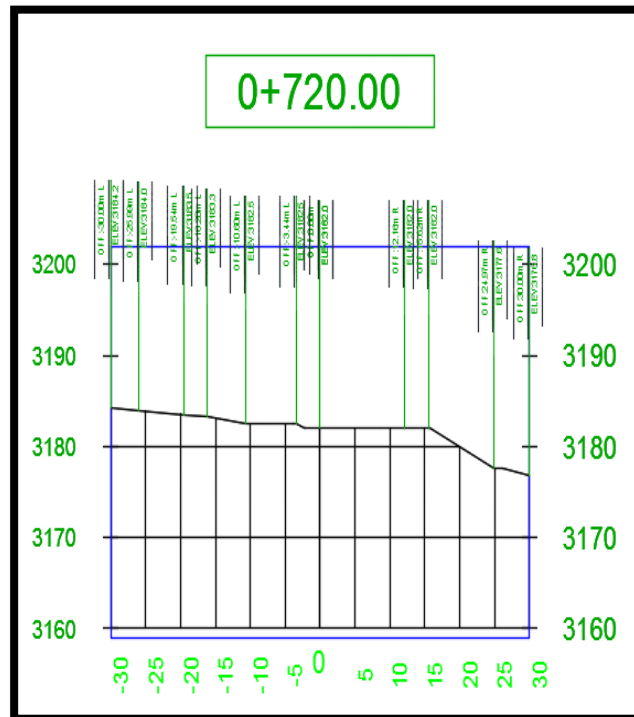
Dovela	Área (m ²)	W (ton)	α (°)	Cos α	Sen α	Tan ϕ	m_{α}	b (m)
I	22.85	42.16	23.45	0.917	0.398	0.66	1.15	10
II	73.89	136.33	8.98	0.988	0.156	0.66	1.12	10
III	116.62	215.16	4.87	0.996	0.085	0.66	1.10	10
IV	120.7	222.69	19.12	0.945	0.328	0.66	1.15	10
V	97.28	179.48	34.7	0.822	0.569	0.66	1.20	10
VI	66.57	122.82	54.2	0.585	0.811	0.66	1.15	10

$\sum(c.b+W \text{ Tan}\phi).1/m_{\alpha}$	$\sum W.Sen\alpha$
24.63	16.78
80.83	21.28
129.65	18.27
128.34	72.94
99.20	102.18
70.97	99.62
533.61	331.06

FACTOR DE SEGURIDAD	1.612
----------------------------	--------------

5.2.6. SECCIÓN CRÍTICA 0+720

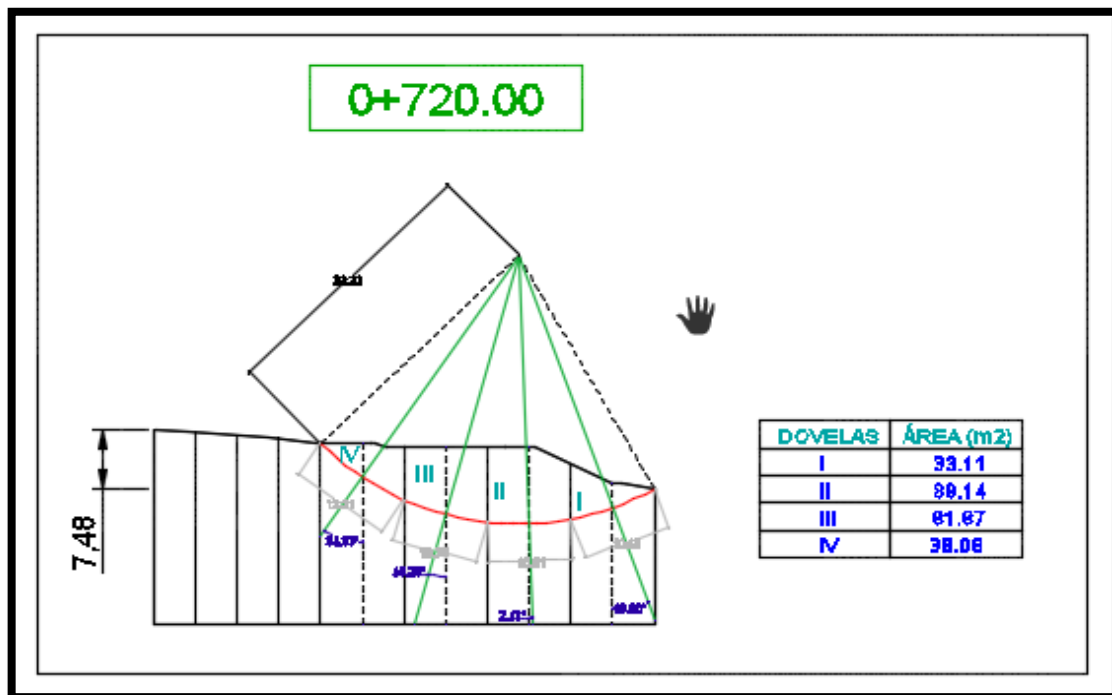
Esta sección consta con una altura de talud de 7.48 m y una distancia de 60 m.



Los datos correspondientes de estudio de suelos para la verificación correspondientes son:

DATOS	γ_m (kg/cm ³)	1.769
	R (m)	33.23
	ϕ	18.18 °
	c (kg/cm ²)	0.143

5.2.6.1. Método Fellenius Sección 0+720

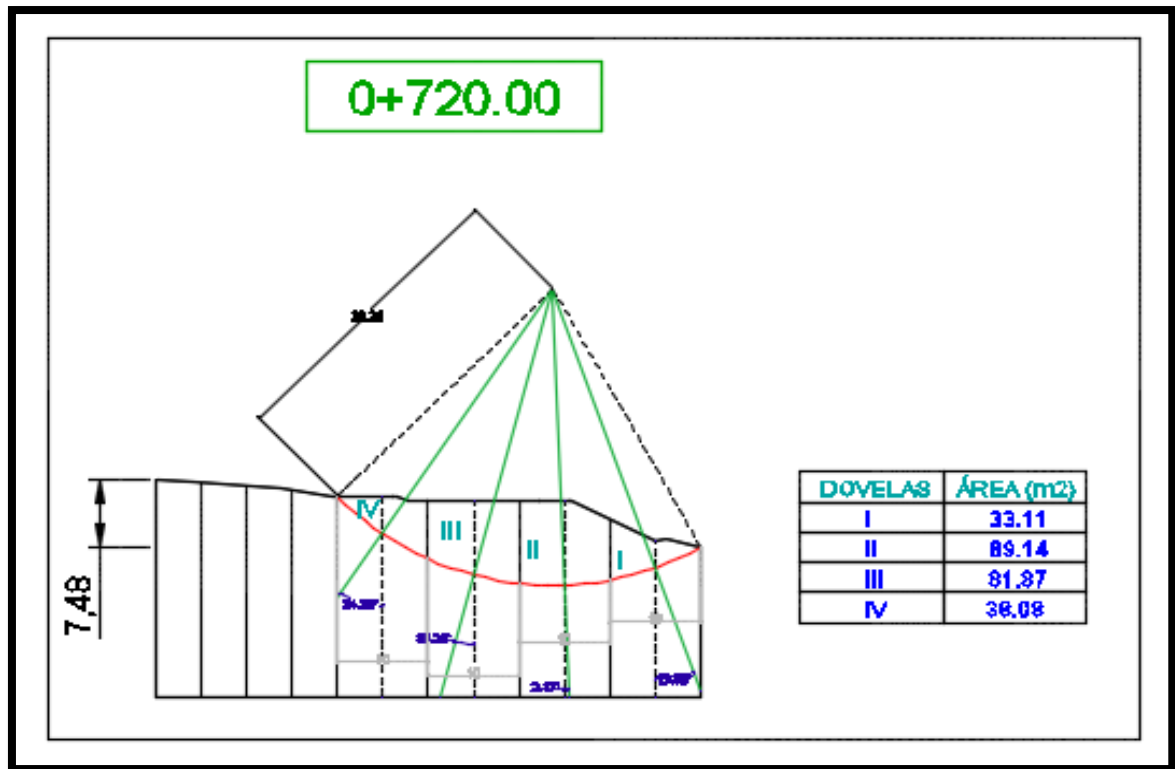


Dovela	Área (m2)	W (ton)	α (°)	Cos α	Sen α	$\Delta l_i \times 1m$
I	33.11	58.57	19.8	0.941	0.339	10.65
II	89.14	157.69	2.17	0.999	0.038	10.01
III	81.87	144.83	15.25	0.965	0.263	10.38
IV	38.08	67.36	34.33	0.826	0.564	12.21

$\sum c.\Delta l + W \text{ Cos}\alpha.Tan\phi$	$\sum W.Sen\alpha$
19.62	19.84
53.18	5.97
47.37	38.09
20.01	37.99
140.18	101.90

FACTOR DE SEGURIDAD	1.376
----------------------------	--------------

5.2.6.2. Método de Bishop Simplificado sección 0+720



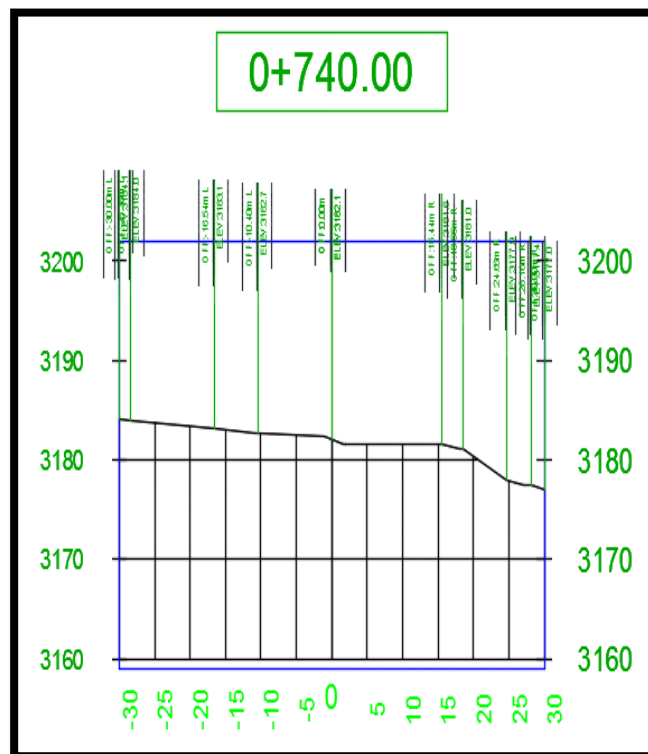
Dovela	Área (m ²)	W (ton)	α (°)	Cos α	Sen α	Tan ϕ	m_α	b (m)
I	33.11	58.57	19.8	0.941	0.339	0.33	1.18	10
II	89.14	157.69	2.17	0.999	0.038	0.33	1.15	10
III	81.87	144.83	15.25	0.965	0.263	0.33	1.12	10
IV	38.08	67.36	34.33	0.826	0.564	0.33	1.18	10

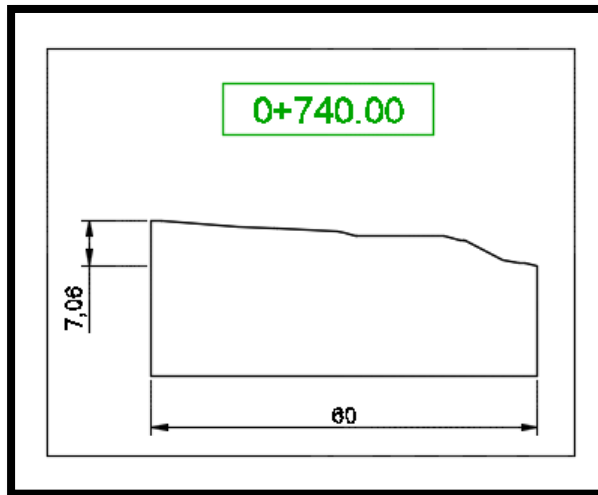
$\Sigma(c.b+W \text{ Tan}\phi).1/m\alpha$	$\Sigma W.Sen\alpha$
17.51	19.84
46.27	5.97
43.74	38.09
19.96	37.99
127.49	101.90

FACTOR DE SEGURIDAD	1.251
----------------------------	--------------

5.2.7. SECCIÓN CRÍTICA 0+740

Esta sección consta con una altura de talud de 7.06 m y una distancia de 60 m.

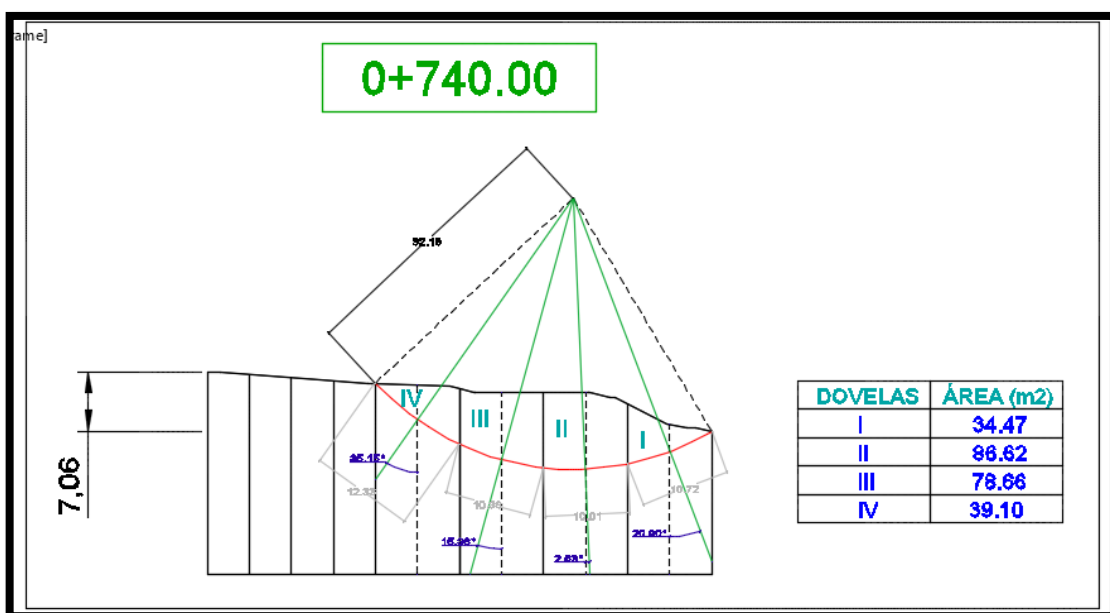




Los datos correspondientes de estudio de suelos para la verificación correspondientes son:

DATOS	γ_m (kg/cm ³)	1.769
	R (m)	32.18
	ϕ	18.18 °
	c (kg/cm ²)	0.143

5.2.7.1. Método Fellenius Sección 0+740

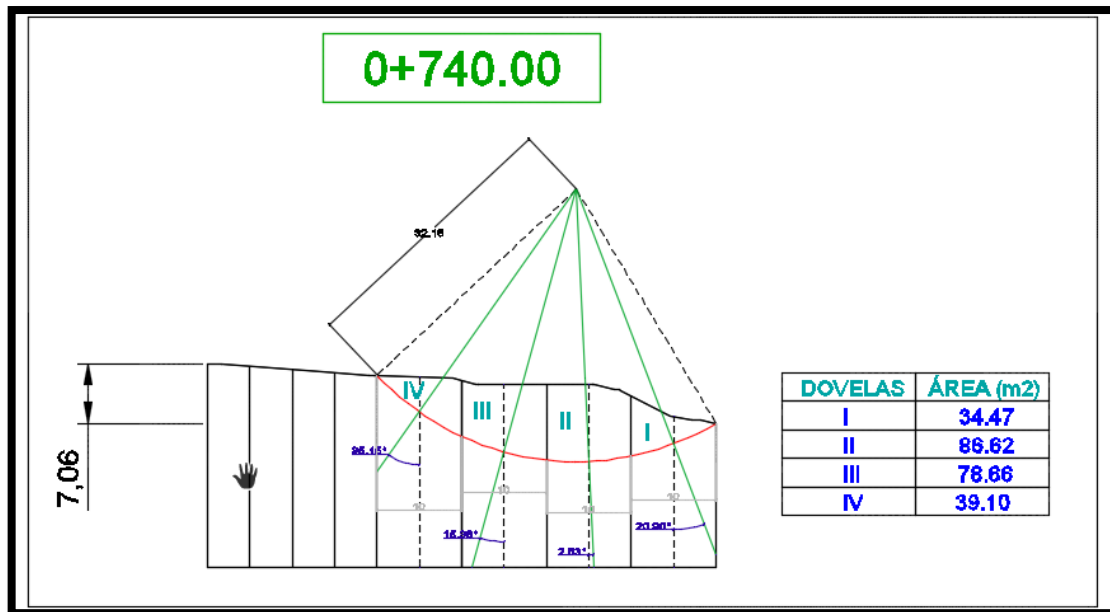


Dovela	Area (m2)	W (ton)	α (°)	Cos α	Sen α	$\Delta li \times 1m$
I	34.47	60.98	20.9	0.934	0.357	10.72
II	86.62	153.23	2.63	0.999	0.046	10.01
III	78.66	139.15	15.36	0.964	0.265	10.38
IV	39.1	69.17	35.15	0.818	0.576	12.33

$\sum c.\Delta l+W \text{ Cos}\alpha.Tan\phi$	$\sum W.Sen\alpha$
20.24	21.75
51.70	7.03
45.55	36.86
20.34	39.82
137.82	105.46

FACTOR DE SEGURIDAD	1.307
----------------------------	--------------

5.2.7.2. Método de Bishop Simplificado sección 0+740



Dovela	Área (m ²)	W (ton)	α (°)	Cos α	Sen α	Tan ϕ	m_{α}	b (m)
I	34.47	60.98	20.9	0.934	0.357	0.33	1.18	10
II	86.62	153.23	2.63	0.999	0.046	0.33	1.10	10
III	78.66	139.15	15.36	0.964	0.265	0.33	1.15	10
IV	39.1	69.17	35.15	0.818	0.576	0.33	1.18	10

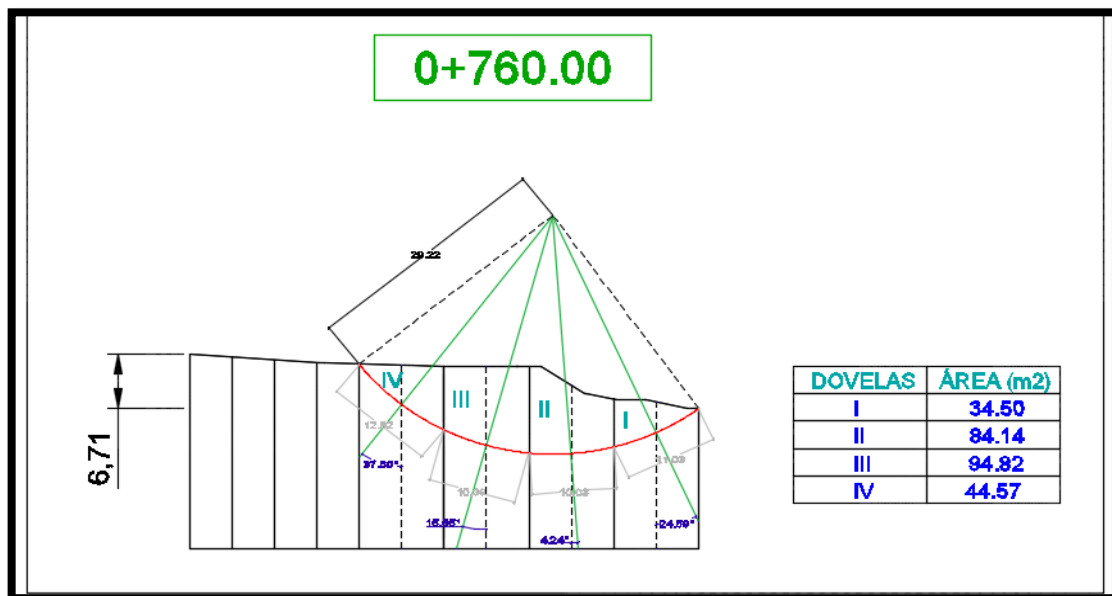
$\sum(c.b+W \text{ Tan}\phi).1/m_{\alpha}$	$\sum W.Sen\alpha$
18.18	21.75
47.05	7.03
40.98	36.86
20.46	39.82
126.67	105.46

FACTOR DE SEGURIDAD	1.201
----------------------------	--------------

Los datos correspondientes de estudio de suelos para la verificación correspondientes son:

DATOS	γ_m (kg/cm ³)	1.769
	R (m)	29.22
	ϕ	18.18 °
	c (kg/cm ²)	0.143

5.2.8.1. Método Fellenius Sección 0+760

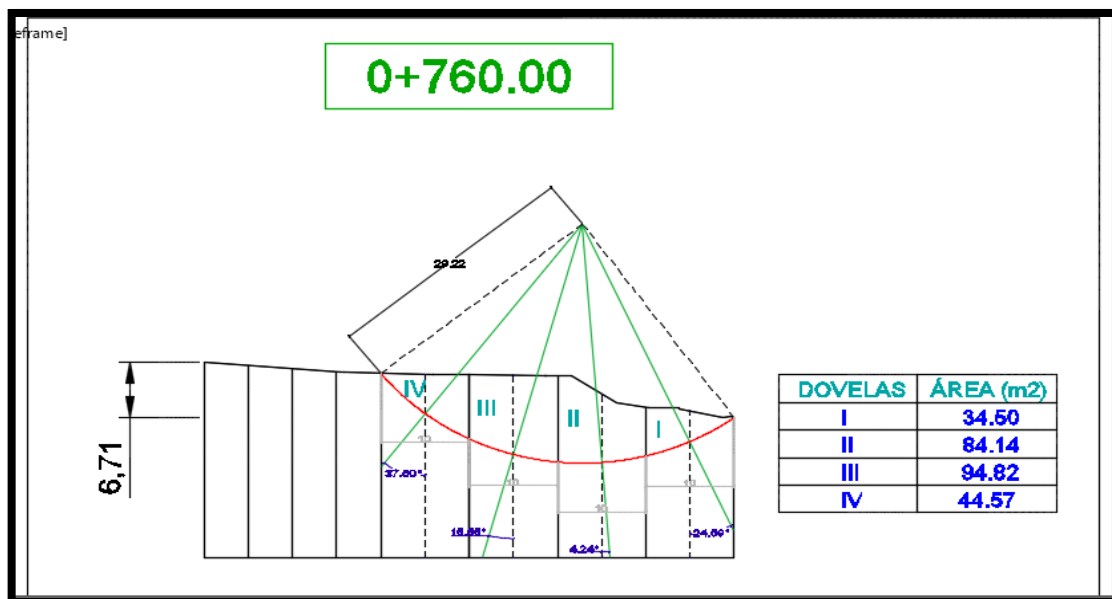


Dovela	Área (m ²)	W (ton)	α (°)	Cos α	Sen α	Δli x 1m
I	34.5	61.03	24.59	0.909	0.416	11.03
II	84.14	148.84	4.24	0.997	0.074	10.03
III	94.82	167.74	15.55	0.963	0.268	10.39
IV	44.57	78.84	37.6	0.792	0.610	12.82

$\sum c \cdot \Delta l + W \cos \alpha \cdot \tan \phi$	$\sum W \cdot \text{Sen} \alpha$
19.80	25.40
50.18	11.00
54.55	44.97
22.35	48.11
146.88	129.47

FACTOR DE SEGURIDAD	1.134
----------------------------	--------------

5.2.8.2. Método de Bishop Simplificado sección 0+760



Dovela	Área (m ²)	W (ton)	α (°)	Cos α	Sen α	Tan ϕ	m_{α}	b (m)
I	34.5	61.03	24.59	0.909	0.416	0.33	1.18	10
II	84.14	148.84	4.24	0.997	0.074	0.33	1.12	10
III	94.82	167.74	15.55	0.963	0.268	0.33	1.18	10
IV	44.57	78.84	37.6	0.792	0.610	0.33	1.15	10

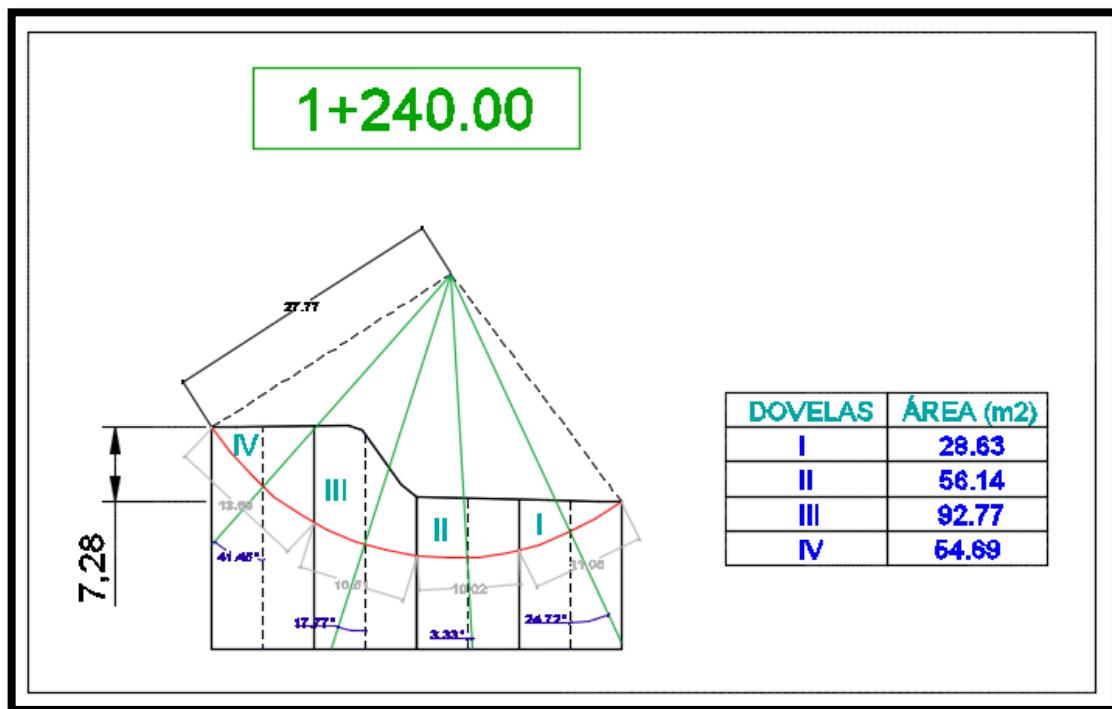
$\Sigma(c.b+W \text{ Tan}\phi).1/m_{\alpha}$	$\Sigma W.Sen\alpha$
18.20	25.40
44.92	11.00
47.89	44.97
23.76	48.11
134.77	129.47

FACTOR DE SEGURIDAD	1.041
----------------------------	--------------

Los datos correspondientes de estudio de suelos para la verificación correspondientes son:

DATOS	γ_m (kg/cm ³)	1.731
	R (m)	27.77
	ϕ	29.90 °
	c (kg/cm ²)	0.072

5.2.9.1. Método Fellenius Sección 1+240



Dovela	Área (m ²)	W (ton)	α (°)	Cos α	Sen α	$\Delta l_i \times 1m$
I	28.63	49.56	24.72	0.908	0.418	11.06
II	56.14	97.18	3.33	0.998	0.058	10.02
III	92.77	160.58	17.77	0.952	0.305	10.51
IV	54.69	94.67	41.45	0.750	0.662	13.69

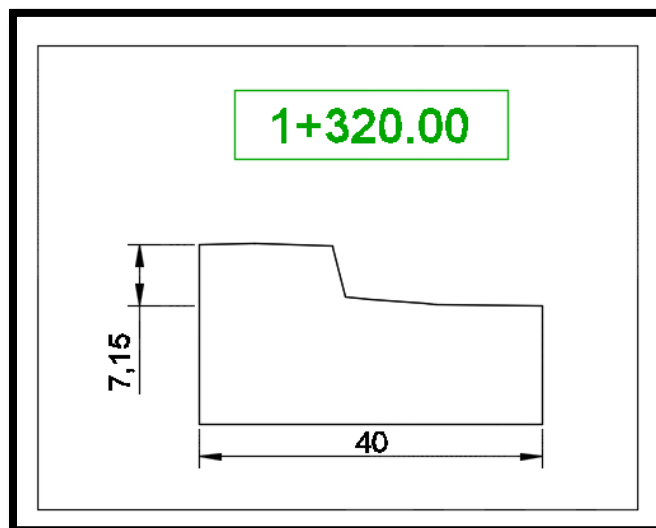
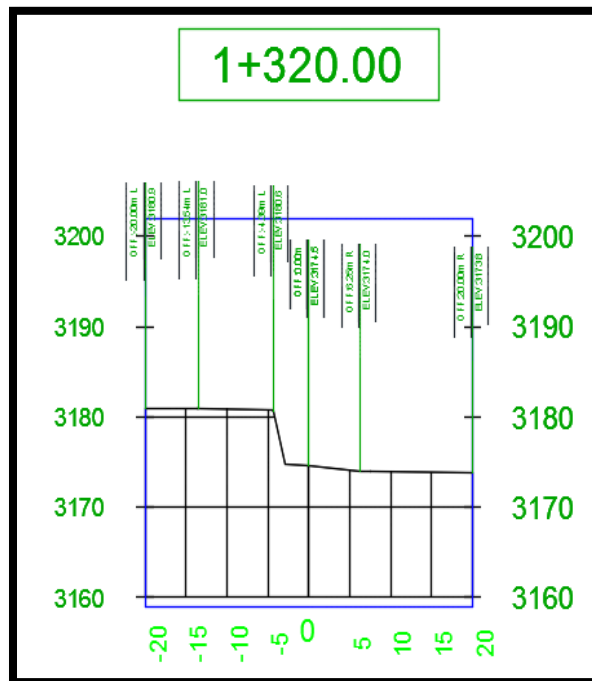
Dovela	Área (m ²)	W (ton)	α (°)	Cos α	Sen α	Tan ϕ	m_α	b (m)
I	28.63	49.56	24.72	0.908	0.418	0.58	1.18	10
II	56.14	97.18	3.33	0.998	0.058	0.58	1.10	10
III	92.77	160.58	17.77	0.952	0.305	0.58	1.15	10
IV	54.69	94.67	41.45	0.750	0.662	0.58	1.18	10

$\Sigma(c.b+W \text{ Tan}\phi).1/m_\alpha$	$\Sigma W.Sen\alpha$
24.76	20.72
51.45	5.64
80.92	49.01
46.74	62.67
203.88	138.05

FACTOR DE SEGURIDAD	1.477
----------------------------	--------------

5.2.10. SECCIÓN CRÍTICA 1+320

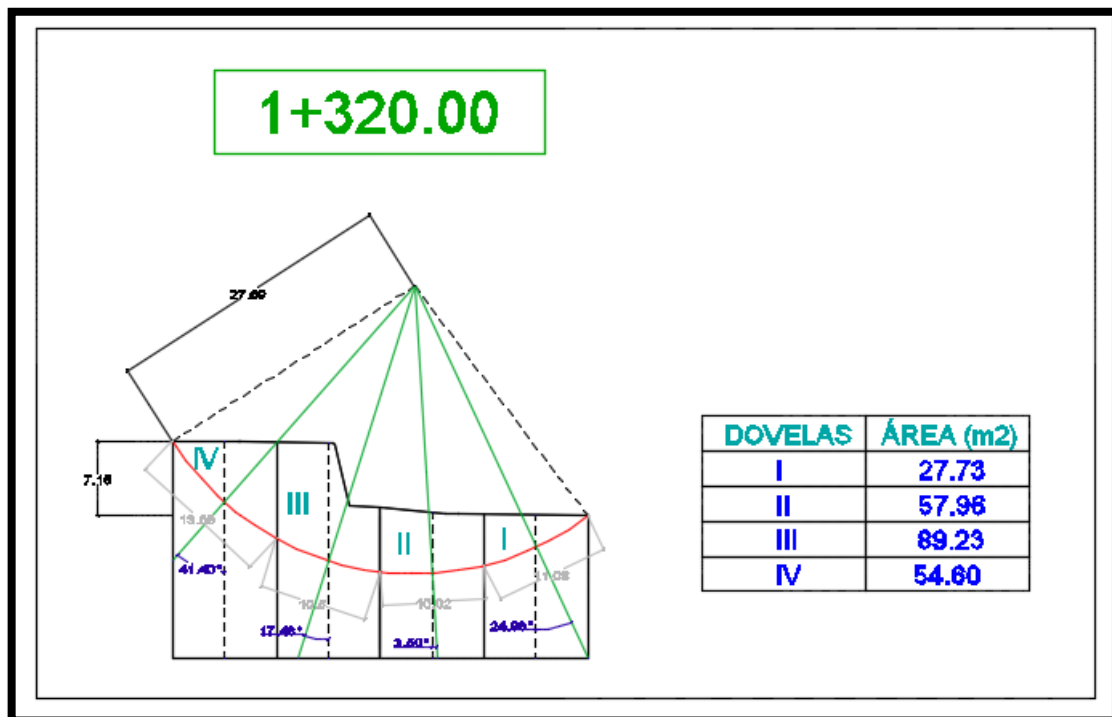
Esta sección consta con una altura de talud de 7.15 m y una distancia de 40 m.



Los datos correspondientes de estudio de suelos para la verificación correspondientes son:

DATOS	γ_m (kg/cm ³)	1.943
	R (m)	27.69
	ϕ	30.94 °
	c (kg/cm ²)	0.146

5.2.10.1. Método Fellenius Sección 1+320

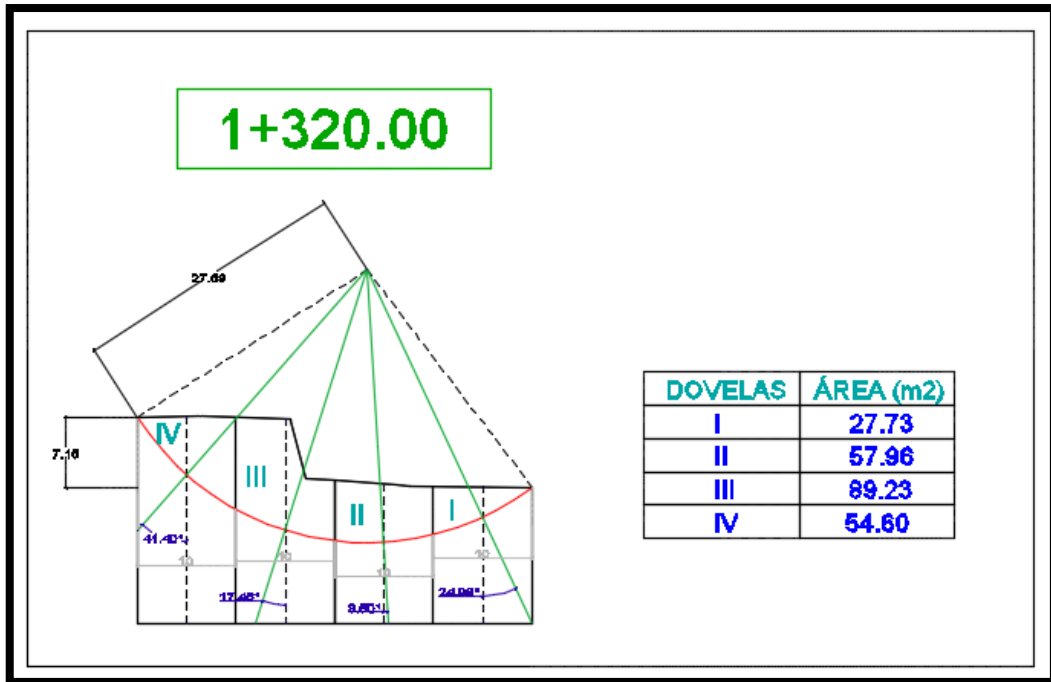


Dovela	Área (m2)	W (ton)	α (°)	Cos α	Sen α	$\Delta l_i \times 1m$
I	27.73	53.88	24.98	0.906	0.422	11.08
II	57.96	112.62	3.5	0.998	0.061	10.02
III	89.23	173.37	17.46	0.954	0.300	10.5
IV	54.6	106.09	41.4	0.750	0.661	13.68

$\sum c \cdot \Delta l + W \cdot \text{Cos} \alpha \cdot \text{Tan} \phi$	$\sum W \cdot \text{Sen} \alpha$
30.89	22.75
68.84	6.88
100.67	52.02
49.70	70.16
250.11	151.80

FACTOR DE SEGURIDAD	1.648
----------------------------	--------------

5.2.10.2. Método de Bishop Simplificado sección 1+320



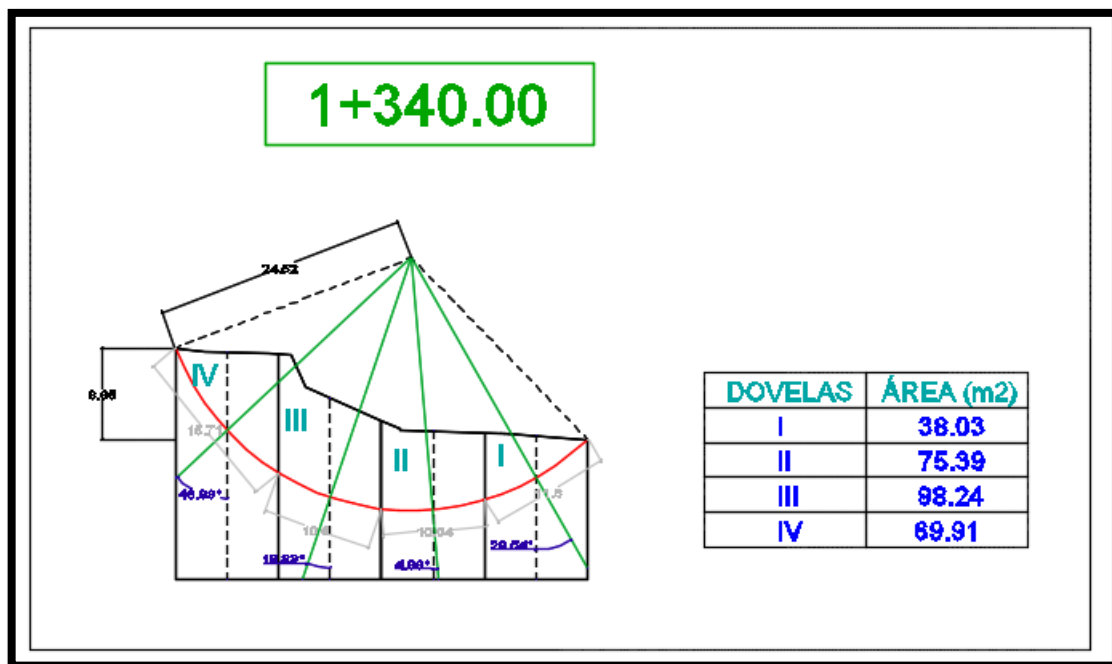
Dovela	Área (m ²)	W (ton)	α (°)	Cos α	Sen α	Tan ϕ	m_α	b (m)
I	27.73	53.88	24.98	0.906	0.422	0.60	1.18	10
II	57.96	112.62	3.5	0.998	0.061	0.60	1.15	10
III	89.23	173.37	17.46	0.954	0.300	0.60	1.17	10
IV	54.6	106.09	41.4	0.750	0.661	0.60	1.18	10

$\sum(c.b+W \text{ Tan}\phi).1/m_\alpha$	$\sum W.Sen\alpha$
28.61	22.75
59.97	6.88
90.07	52.02
55.13	70.16
233.78	151.80

FACTOR DE SEGURIDAD	1.540
----------------------------	--------------

DATOS	γ_m (kg/cm ³)	1.943
	R (m)	24.52
	ϕ	30.94 °
	c (kg/cm ²)	0.146

5.2.11.1. Método Fellenius Sección 1+340

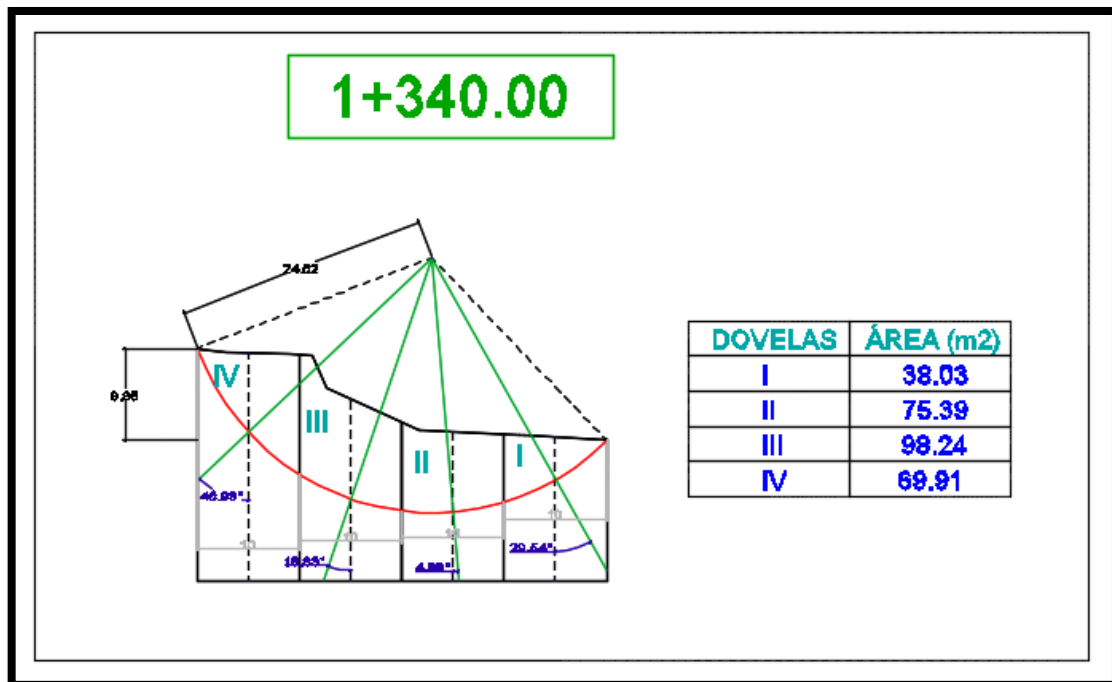


Dovela	Área (m ²)	W (ton)	α (°)	Cos α	Sen α	$\Delta l_i \times 1m$
I	38.03	73.89	29.54	0.870	0.493	11.6
II	75.39	146.48	4.88	0.996	0.085	10.04
III	98.24	190.88	18.83	0.946	0.323	10.6
IV	69.91	135.84	46.93	0.683	0.731	15.71

$\sum c.\Delta l+W \text{ Cos}\alpha.Tan\phi$	$\sum W.Sen\alpha$
40.23	36.43
88.95	12.46
109.84	61.61
57.90	99.23
296.93	209.73

FACTOR DE SEGURIDAD	1.416
----------------------------	--------------

5.2.11.2. Método de Bishop Simplificado sección 1+340



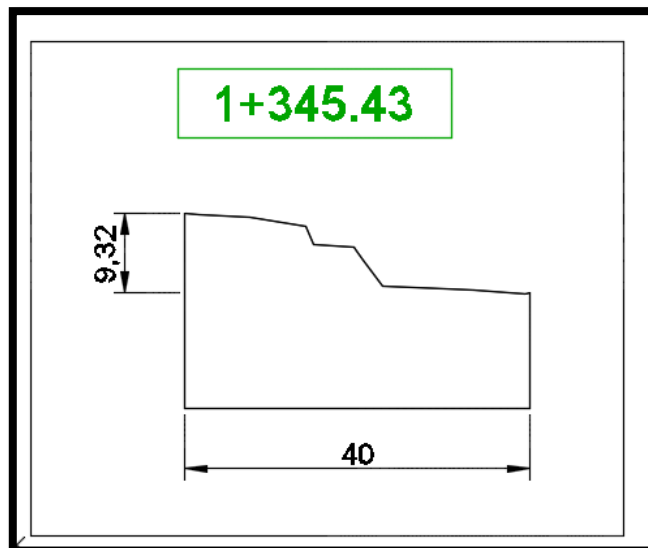
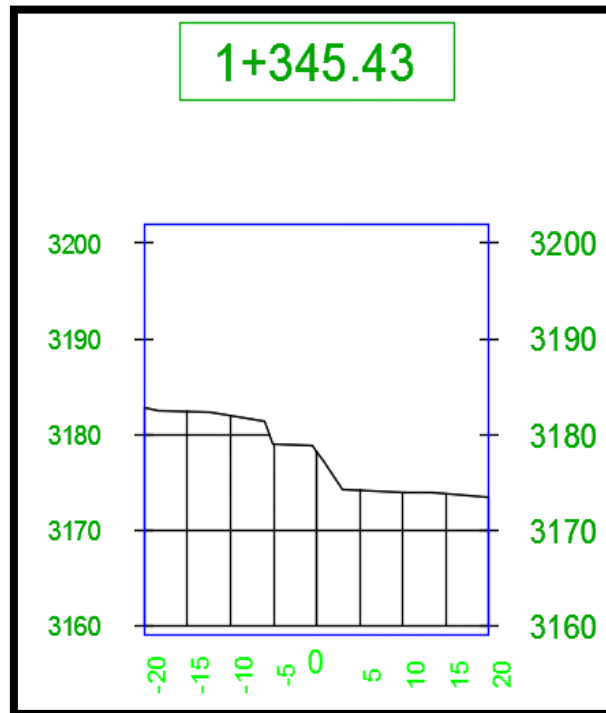
Dovela	Área (m ²)	W (ton)	α (°)	Cos α	Sen α	Tan ϕ	m_{α}	b (m)
I	38.03	73.89	29.54	0.870	0.493	0.60	1.18	10
II	75.39	146.48	4.88	0.996	0.085	0.60	1.10	10
III	98.24	190.88	18.83	0.946	0.323	0.60	1.15	10
IV	69.91	135.84	46.93	0.683	0.731	0.60	1.13	10

$\Sigma(c.b+W \text{ Tan}\phi).1/m_{\alpha}$	$\Sigma W.Sen\alpha$
38.77	36.43
81.15	12.46
100.77	61.61
73.35	99.23
294.04	209.73

FACTOR DE SEGURIDAD	1.402
----------------------------	--------------

5.2.12. SECCIÓN CRÍTICA 1+345.43

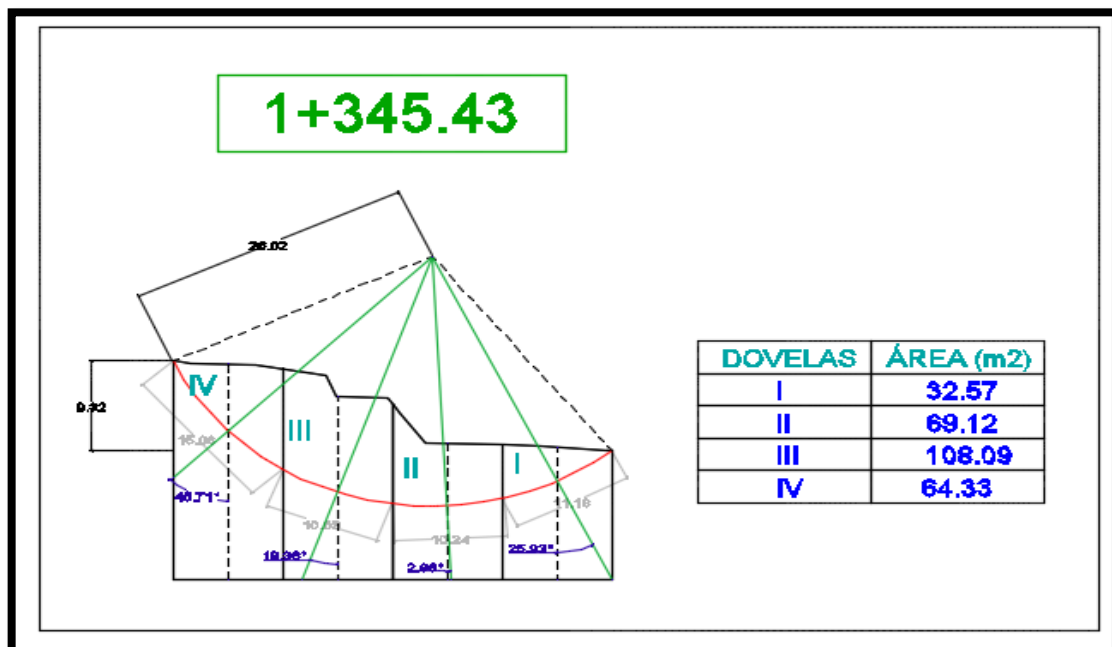
Esta sección consta con una altura de talud de 9.32 m y una distancia de 40 m.



Los datos correspondientes de estudio de suelos para la verificación correspondientes son:

DATOS	γ_m (kg/cm ³)	2.05
	R (m)	26.02
	ϕ	33.60 °
	c (kg/cm ²)	0.081

5.2.12.1. Método Fellenius Sección 1+345.43

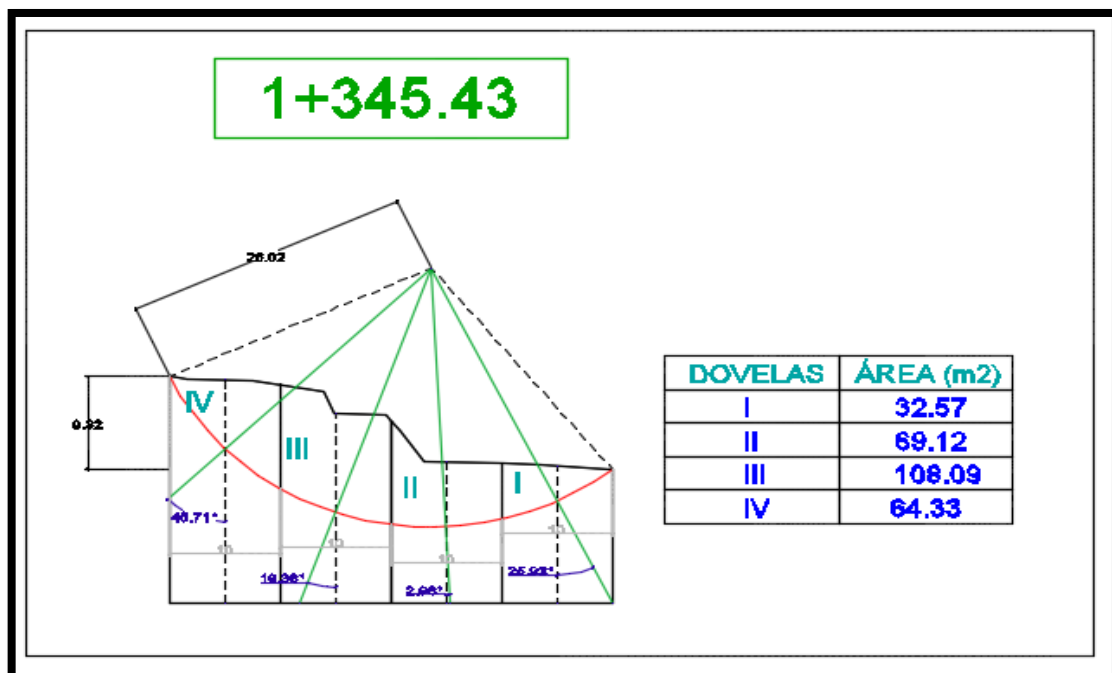


Dovela	Área (m ²)	W (ton)	α (°)	Cos α	Sen α	$\Delta l_i \times 1m$
I	32.57	66.64	25.93	0.899	0.437	11.18
II	69.12	141.42	2.96	0.999	0.052	10.24
III	108.09	221.15	19.36	0.943	0.332	10.63
IV	64.33	131.62	45.71	0.698	0.716	15.06

$\sum c \cdot \Delta l + W \cdot \cos \alpha \cdot \tan \phi$	$\sum W \cdot \sin \alpha$
40.72	29.14
94.66	7.30
139.49	73.31
62.28	94.21
337.16	203.97

FACTOR DE SEGURIDAD	1.653
----------------------------	--------------

5.2.12.2. Método de Bishop Simplificado sección 1+345.43



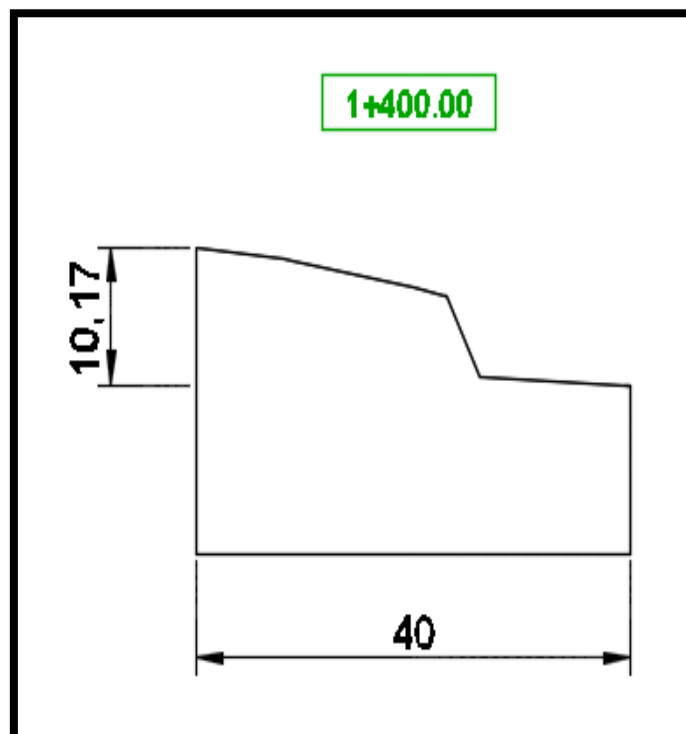
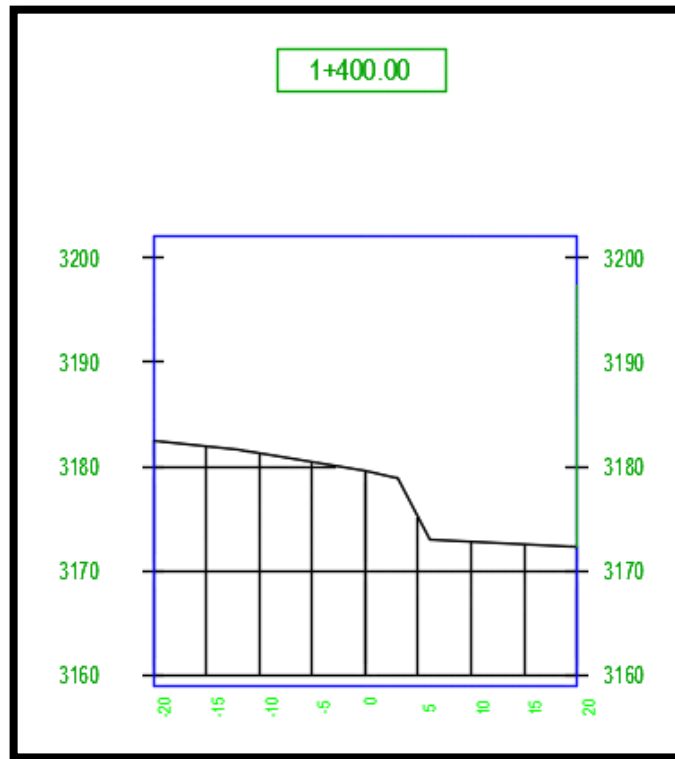
Dovela	Área (m ²)	W (ton)	α (°)	Cos α	Sen α	Tan ϕ	m_{α}	b (m)
I	32.57	66.64	25.93	0.899	0.437	0.66	1.18	10
II	69.12	141.42	2.96	0.999	0.052	0.66	1.05	10
III	108.09	221.15	19.36	0.943	0.332	0.66	1.13	10
IV	64.33	131.62	45.71	0.698	0.716	0.66	1.10	10

$\Sigma(c.b+W \text{ Tan}\phi).1/m_{\alpha}$	$\Sigma W.Sen\alpha$
38.21	29.14
90.26	7.30
130.75	73.31
80.23	94.21
339.44	203.97

FACTOR DE SEGURIDAD	1.664
----------------------------	--------------

5.2.13. SECCIÓN CRÍTICA 1+400

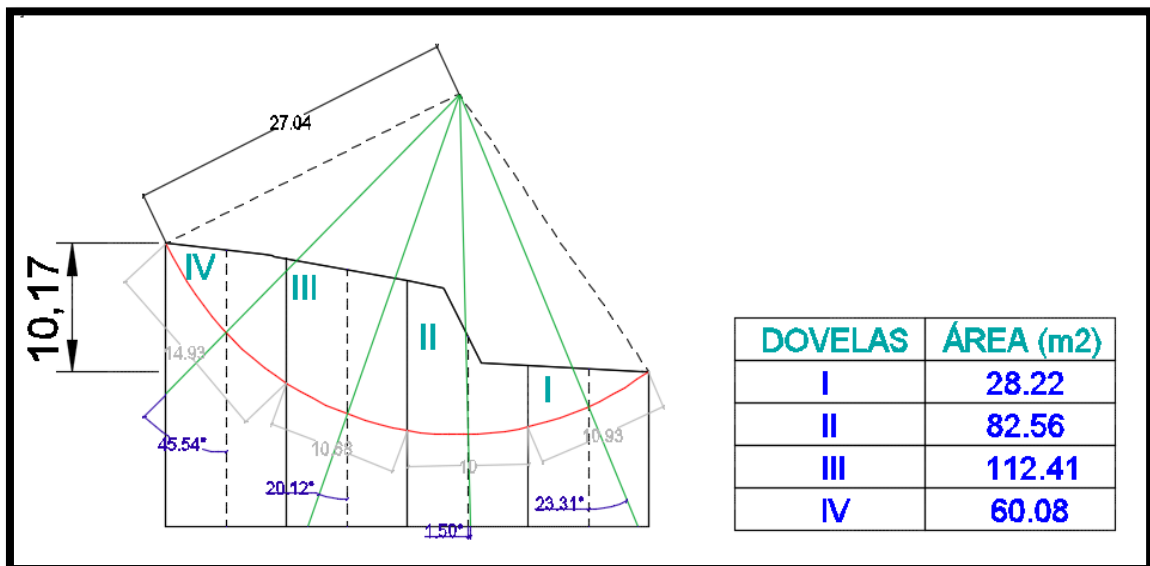
Esta sección consta con una altura de talud de 10.17 m y una distancia de 40 m.



Los datos correspondientes de estudio de suelos para la verificación correspondientes son:

DATOS	γ_m (kg/cm ³)	2.05
	R (m)	27.04
	ϕ	33.60 °
	c (kg/cm ²)	0.081

5.2.13.1 Método Fellenius Sección 1+400

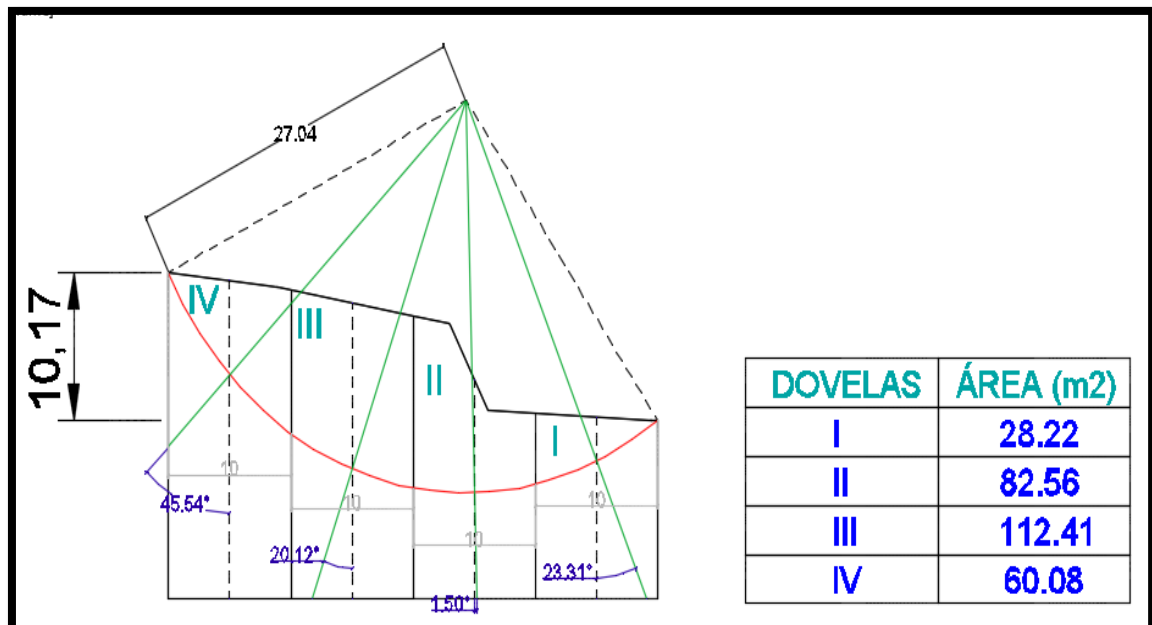


Dovela	Área (m ²)	W (ton)	α (°)	Cos α	Sen α	$\Delta li \times 1m$
I	28.22	57.74	23.31	0.918	0.396	10.93
II	82.56	168.92	1.5	1.000	0.026	10
III	112.41	229.99	20.12	0.939	0.344	10.68
IV	60.08	122.92	45.54	0.700	0.714	14.93

$\sum c \cdot \Delta l + W \cdot \cos \alpha \cdot \tan \phi$	$\sum W \cdot \sin \alpha$
36.12	22.85
113.00	4.42
144.35	79.11
58.41	87.74
351.87	194.12

FACTOR DE SEGURIDAD	1.813
----------------------------	--------------

5.2.13.1. Método de Bishop Simplificado sección 1+400



Dovela	Area (m ²)	W (ton)	α (°)	Cos α	Sen α	Tan ϕ	m_α	b (m)
I	28.22	57.74	23.31	0.918	0.396	0.66	1.18	10
II	82.56	168.92	1.5	1.000	0.026	0.66	1.05	10
III	112.41	229.99	20.12	0.939	0.344	0.66	1.13	10
IV	60.08	122.92	45.54	0.700	0.714	0.66	1.10	10

$\Sigma(c.b+W \text{ Tan}\phi).1/m\alpha$	$\Sigma W.Sen\alpha$
33.20	22.85
107.66	4.42
135.94	79.11
74.98	87.74
351.78	194.12

FACTOR DE SEGURIDAD	1.812
----------------------------	--------------

Los resultados del análisis realizado de las 14 secciones sin carga son los siguientes:

SECCIÓN	FS	
	MÉTODO FELLENIOUS	MÉTODO DE BISHOP SIMPLIFICADO
0+180	1.897	1.628
0+200	1.679	1.709
0+220	1.345	1.441
0+240	1.481	1.514
0+260	1.203	0.933
0+280	1.642	1.612
0+720	1.376	1.251
0+740	1.307	1.201
0+760	1.134	1.041
1+240	1.548	1.477
1+320	1.648	1.540
1+340	1.416	1.402
1+345.43	1.653	1.664
1+400	1.813	1.812

5.3. ANÁLISIS DE SECCIONES SIN CARGAS

El análisis se desarrolló mediante el método de Spencer (equilibrio de momentos y fuerzas) en el programa Slide V.5. Se decidió utilizar las secciones críticas planteadas debido a que presentan menores factores de seguridad. Los resultados graficados fueron los siguientes:

- **SECCIÓN 0+180**

Figura 44: Falla en la sección 0+180

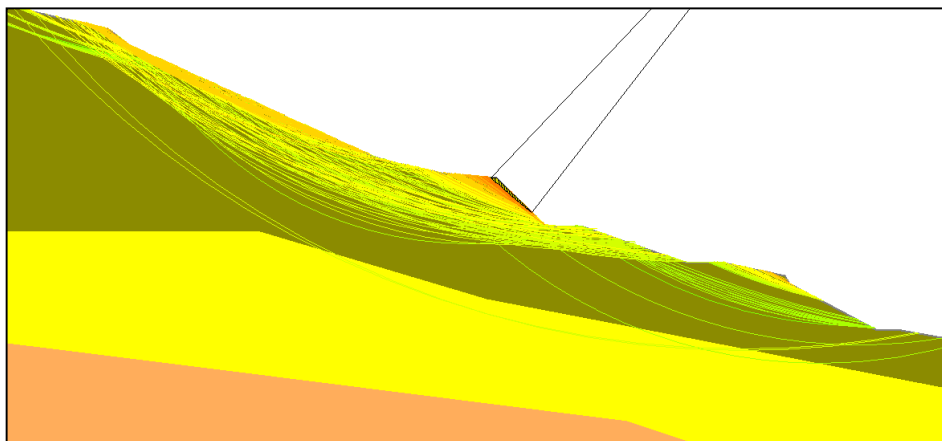
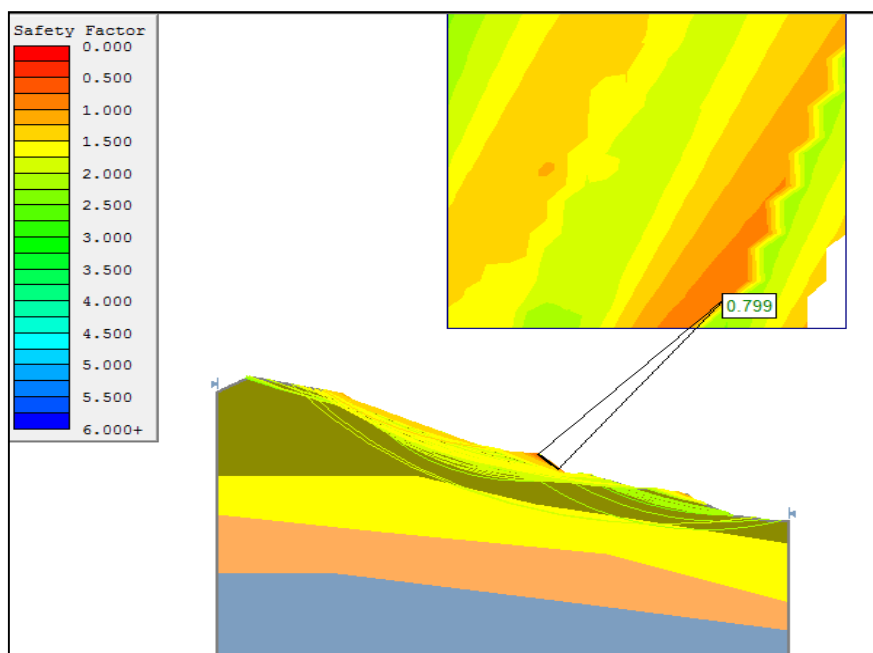


Figura 45: Modelación completa falla sección 0+180



Para llegar a este FS se realizaron varias corridas del modelo para diferentes posiciones de la malla de centro de círculos de falla, lo que resultó en el primer estrato mostrando una falla menor a 1.5.

- **SECCIÓN 0+200**

Figura 46: Falla en la sección 0+200

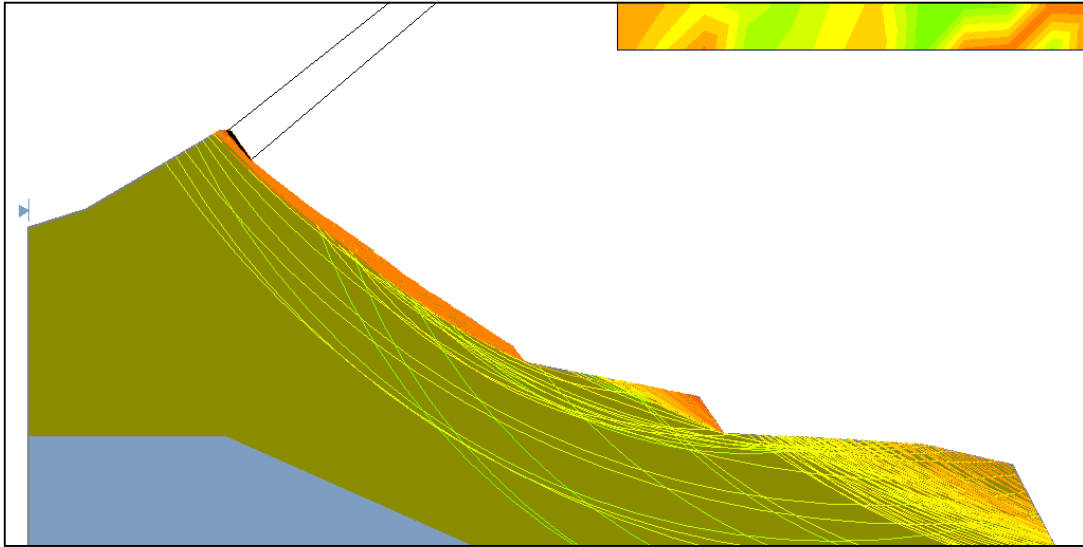
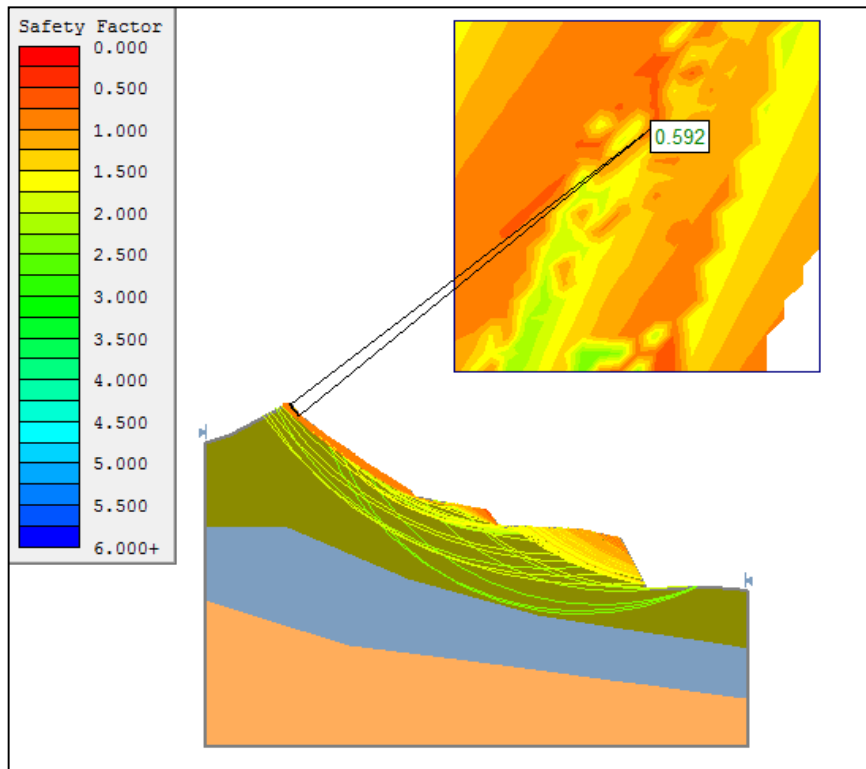


Figura 47: Modelación completa falla sección 0+200



- **SECCIÓN 0+220**

Figura 48: Falla en la sección 0+220

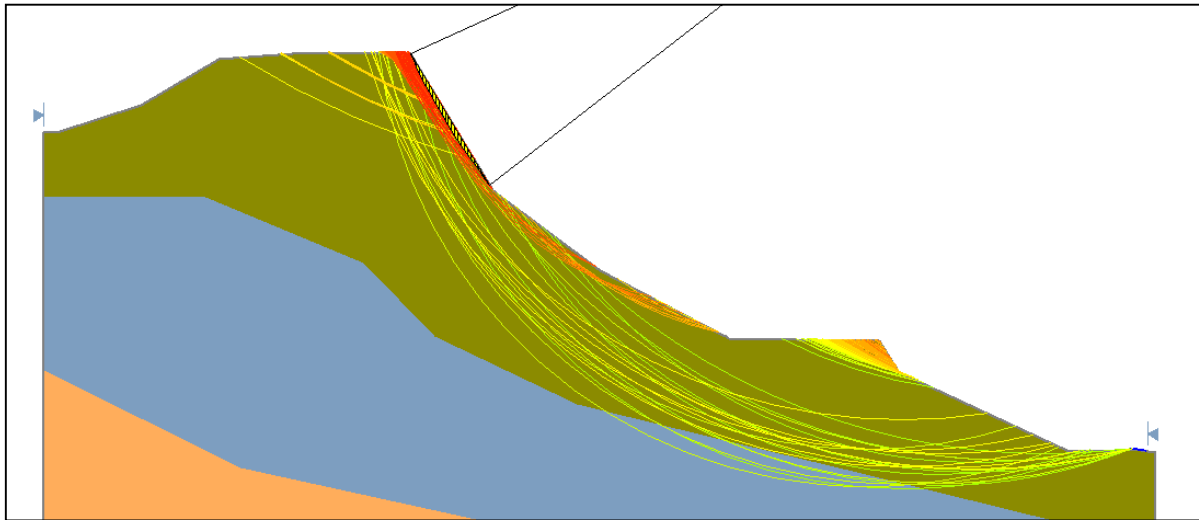
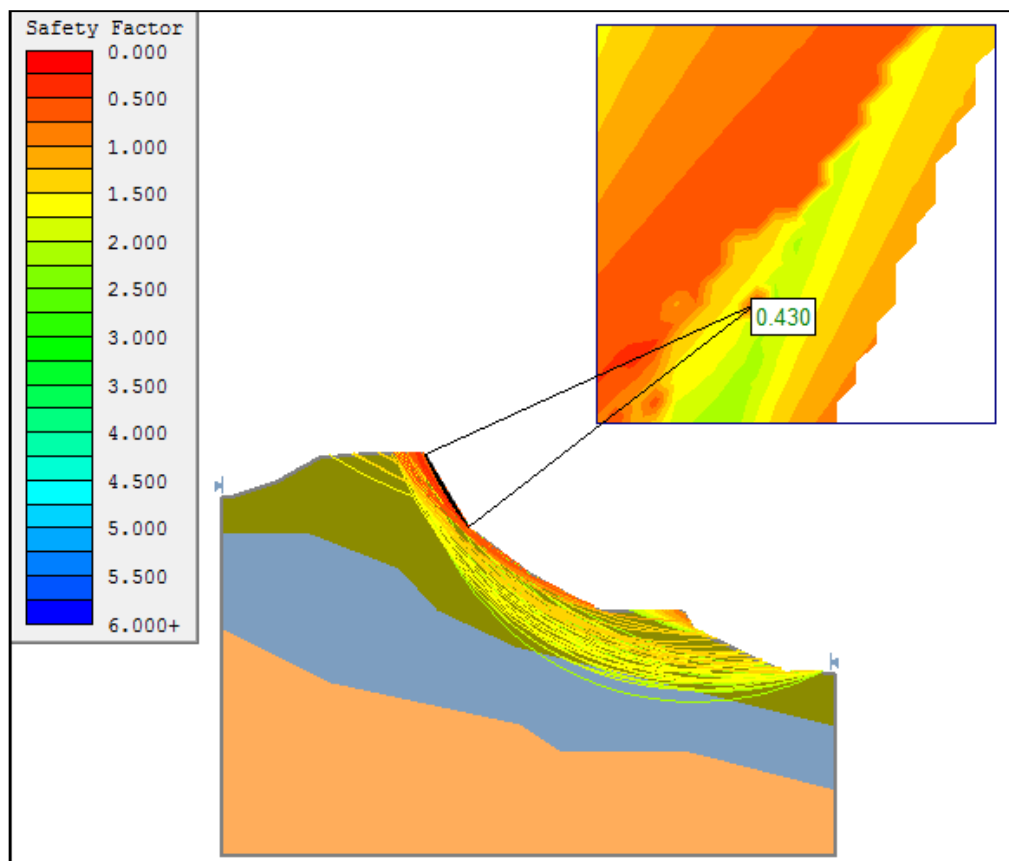


Figura 49: Modelación completa falla sección 0+220



- **SECCIÓN 0+240**

Figura 50: Falla en la sección 0+240

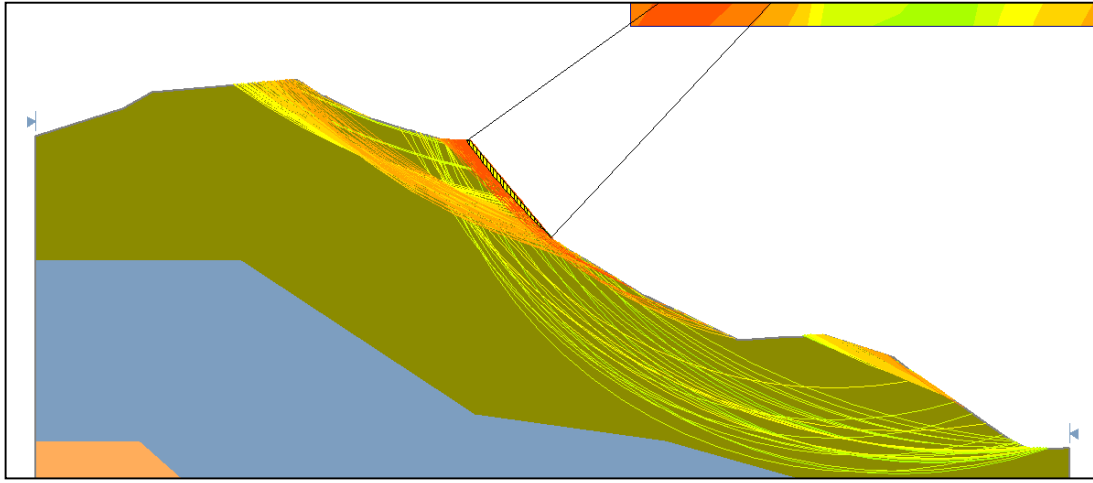
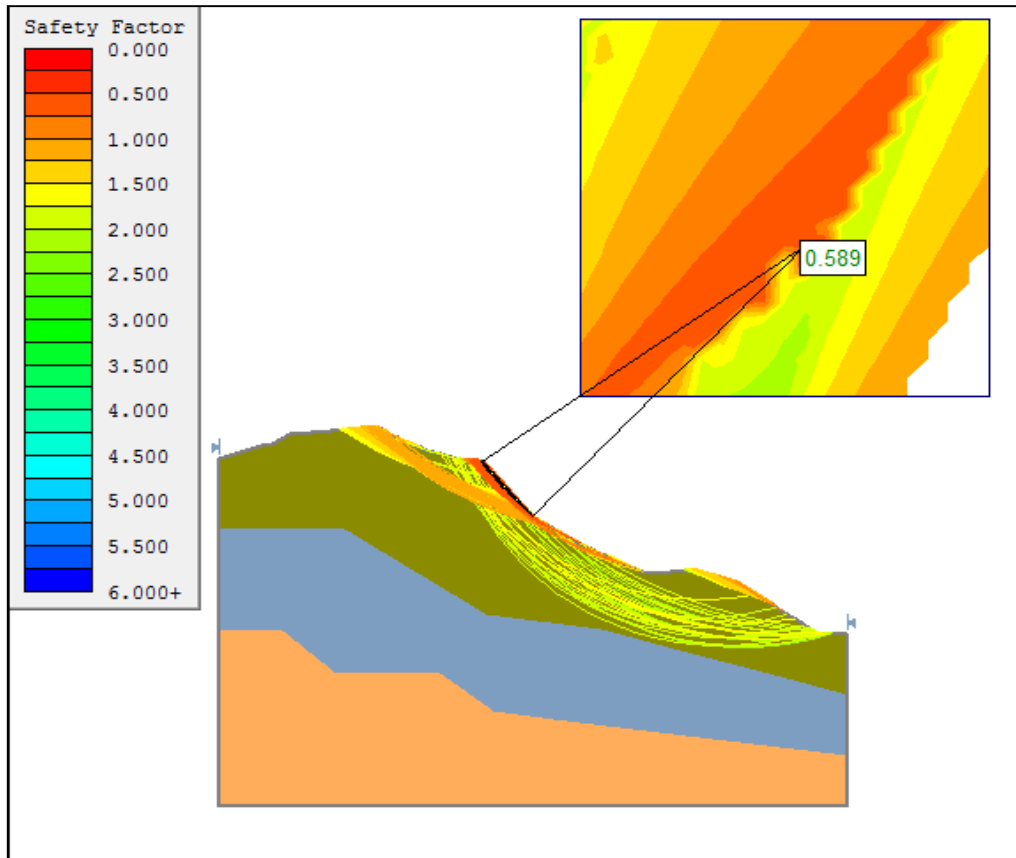


Figura 51: Modelación completa falla sección 0+240



- SECCIÓN 0+260

Figura 52: Falla en la sección 0+260

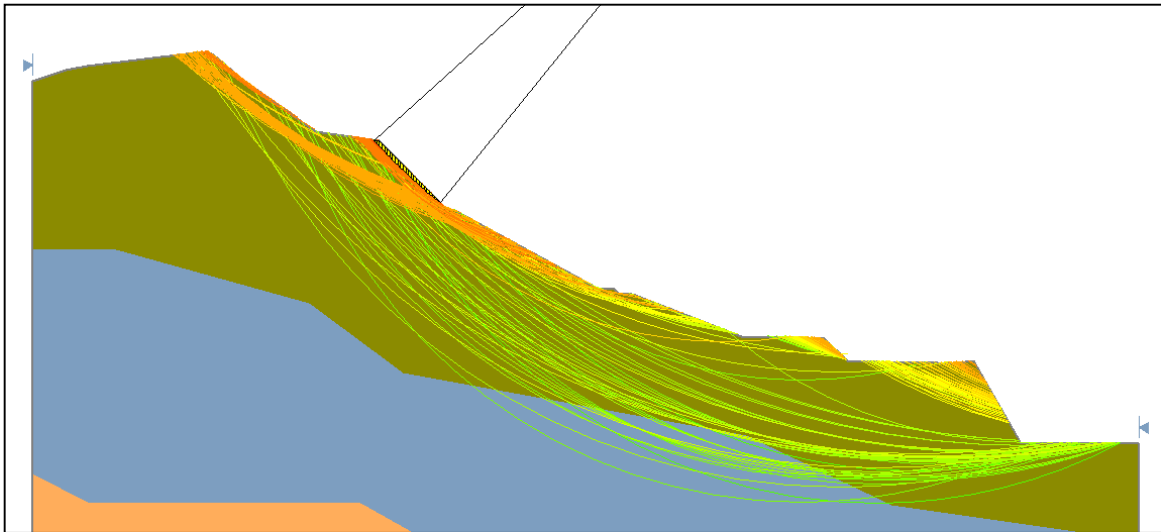
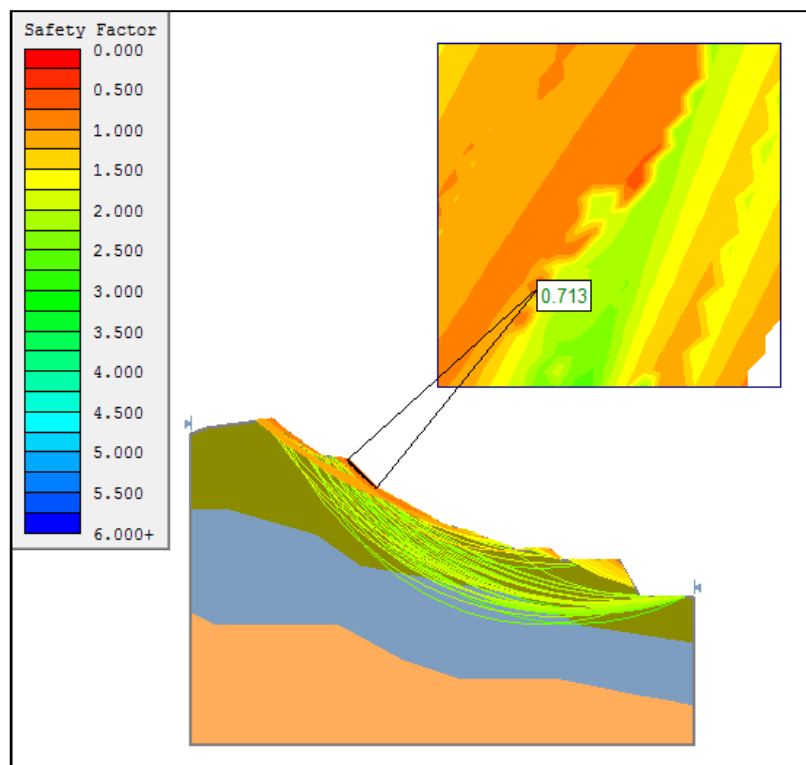


Figura 53: Modelación completa falla sección 0+260



- **SECCIÓN 0+280**

Figura 54: Falla en la sección 0+280

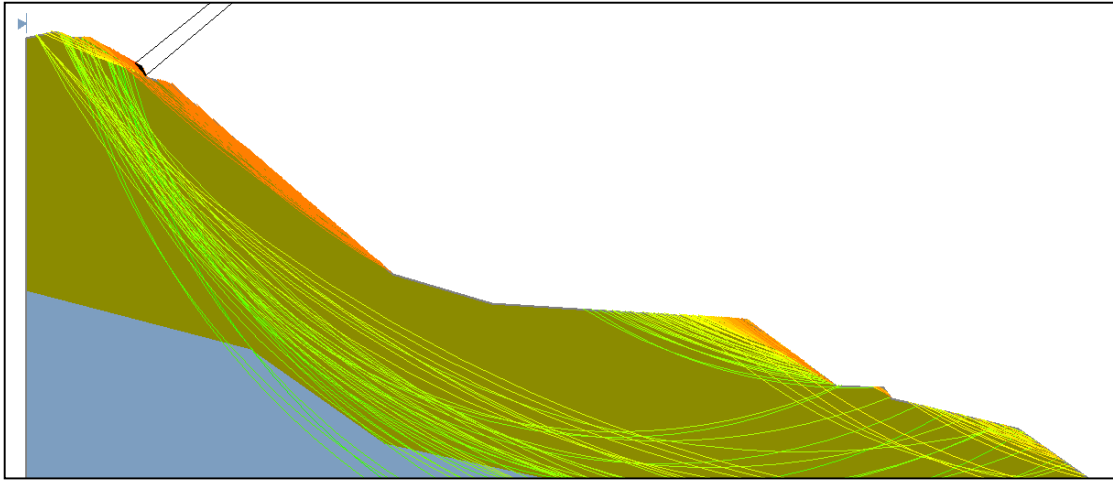
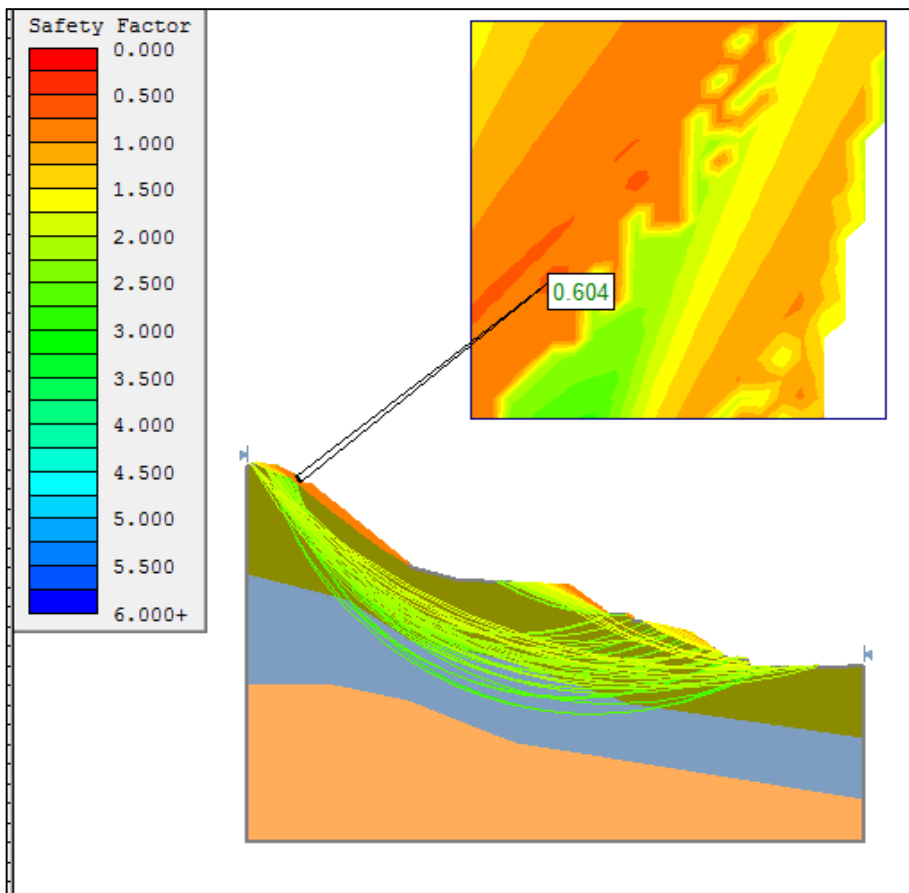


Figura 55: Modelación completa falla sección 0+280



- SECCIÓN 0+720

Figura 56: Falla en la sección 0+720

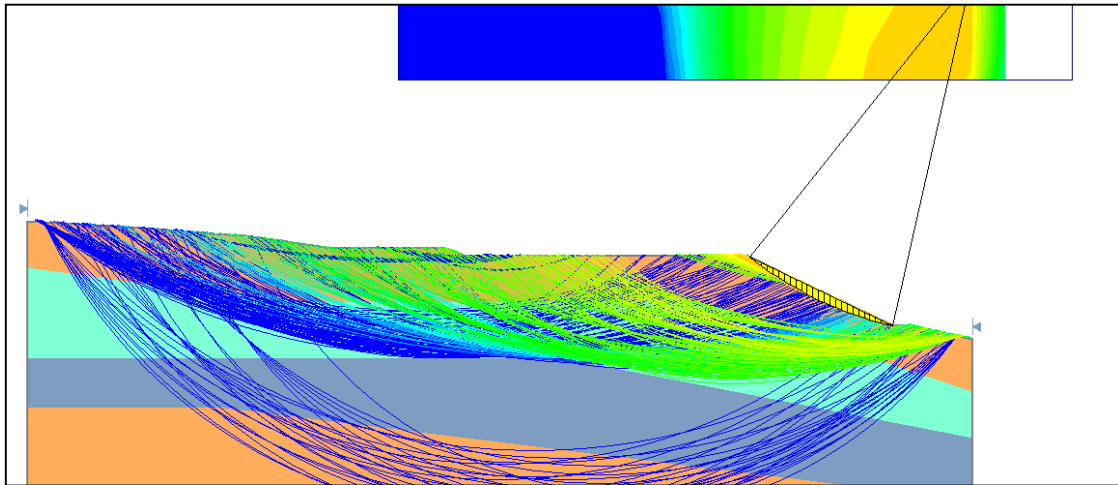
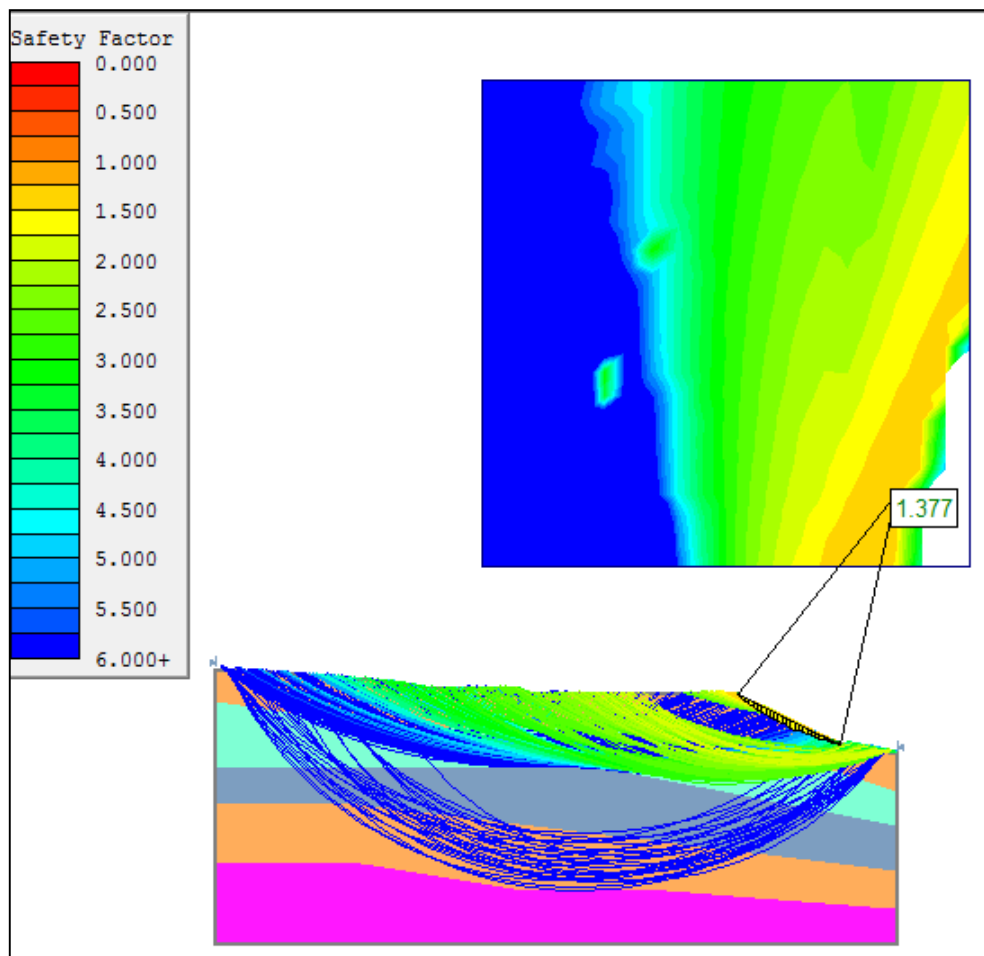


Figura 57: Modelación completa falla sección 0+720



- SECCIÓN 0+740

Figura 58: Falla en la sección 0+740

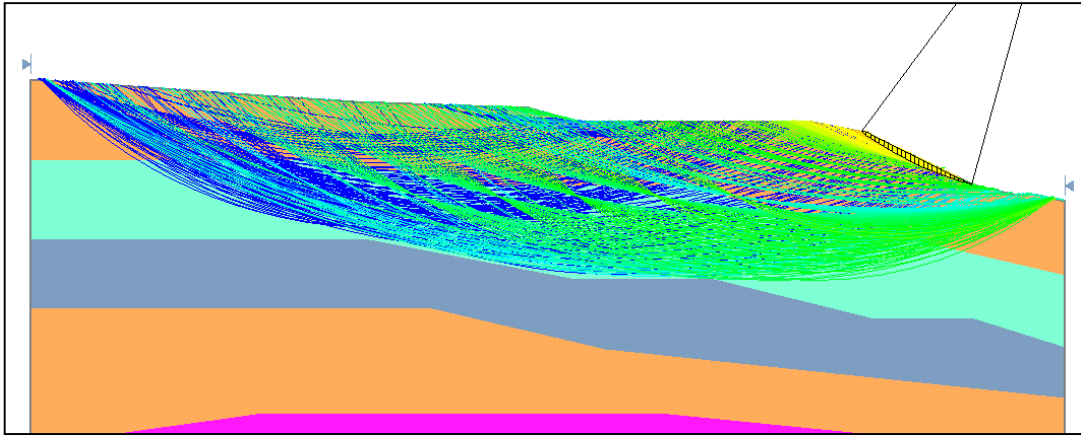
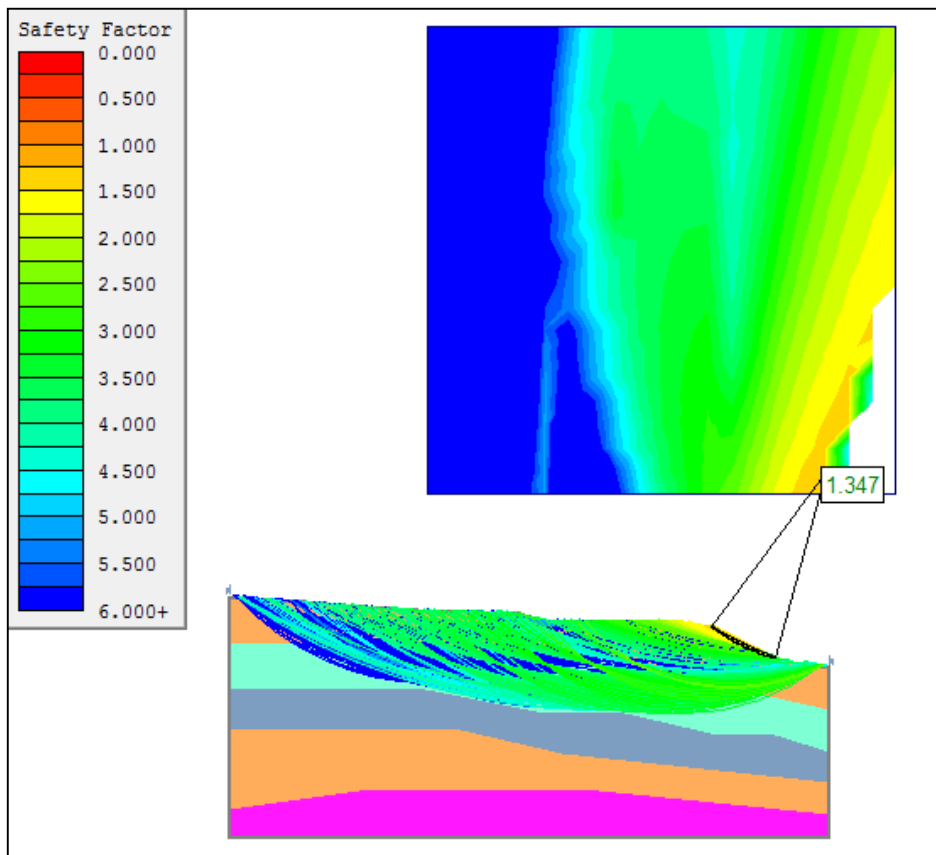


Figura 59: Modelación completa falla sección 0+740



- SECCIÓN 0+760

Figura 60: Falla en la sección 0+760

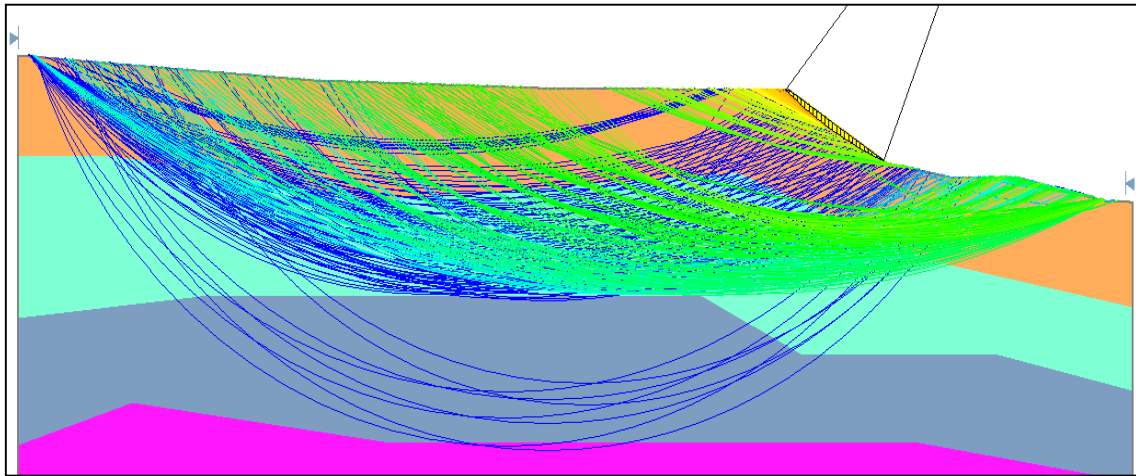
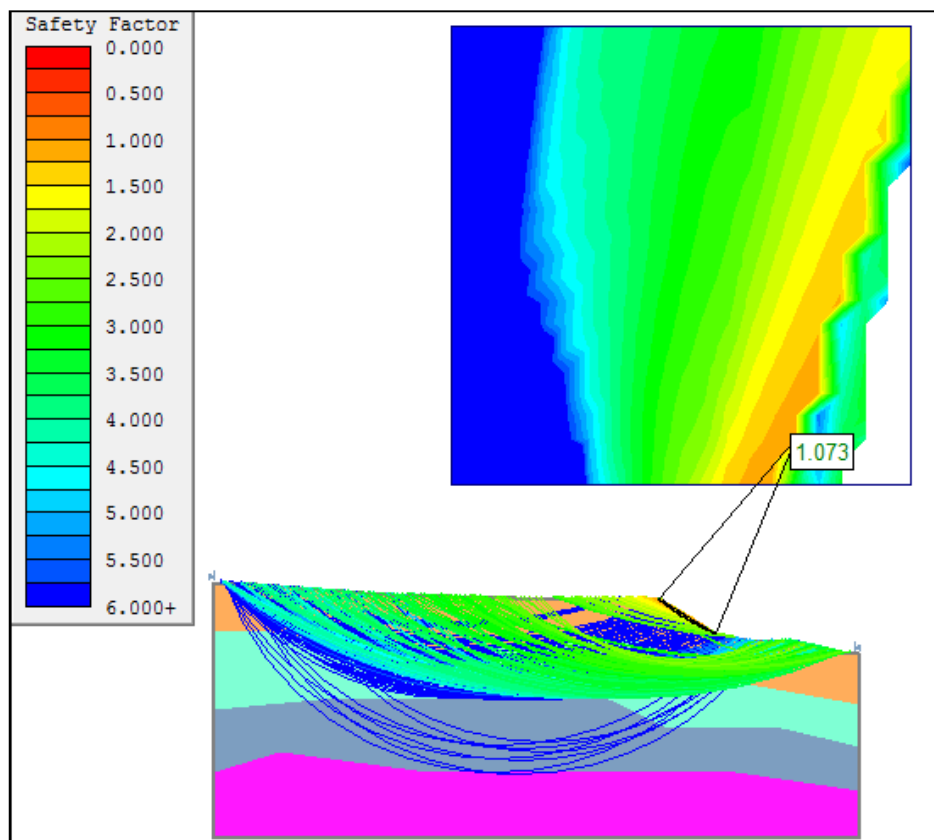


Figura 61: Modelación completa falla sección 0+760



- **SECCIÓN 1+240**

Figura 62: Falla en la sección 1+240

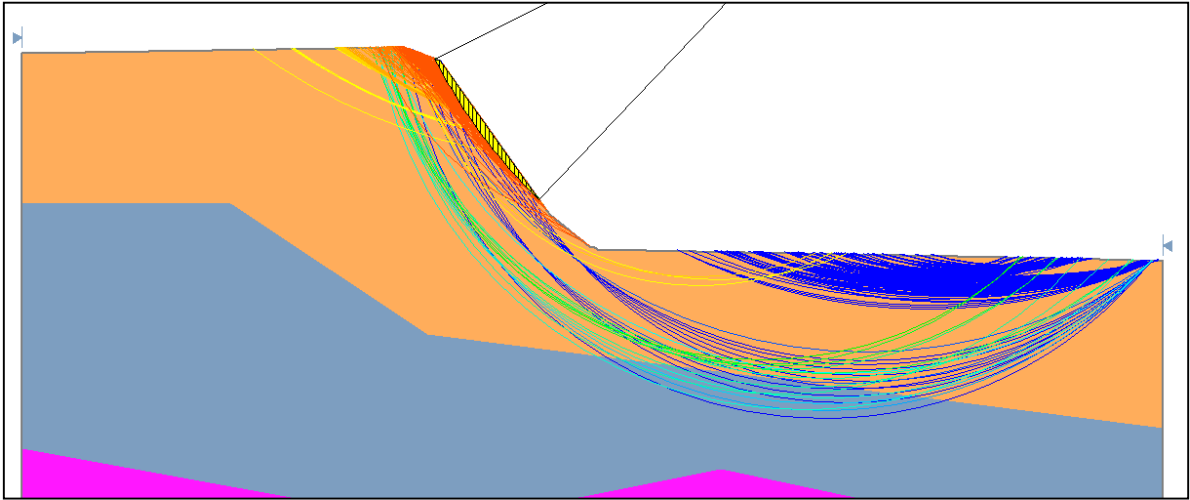
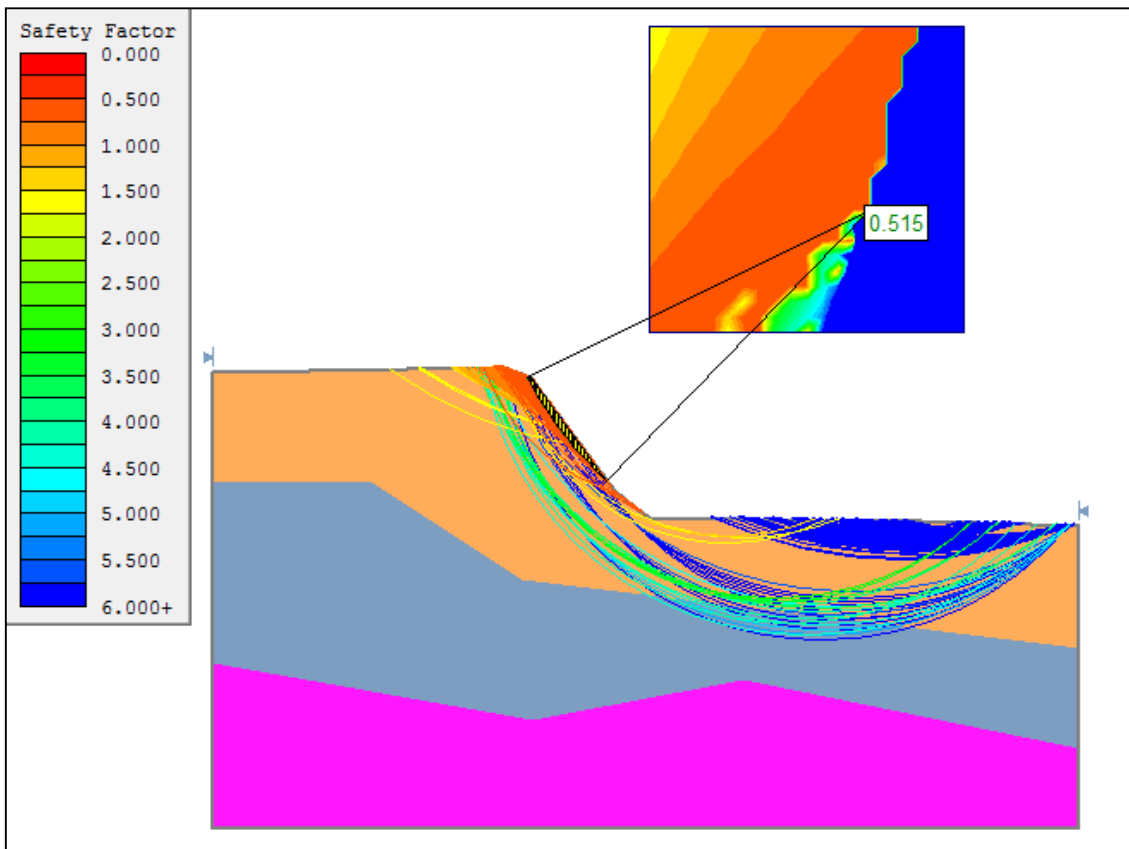


Figura 63: Modelación completa falla sección 1+240



- **SECCIÓN 1+320**

Figura 64: Falla en la sección 1+320

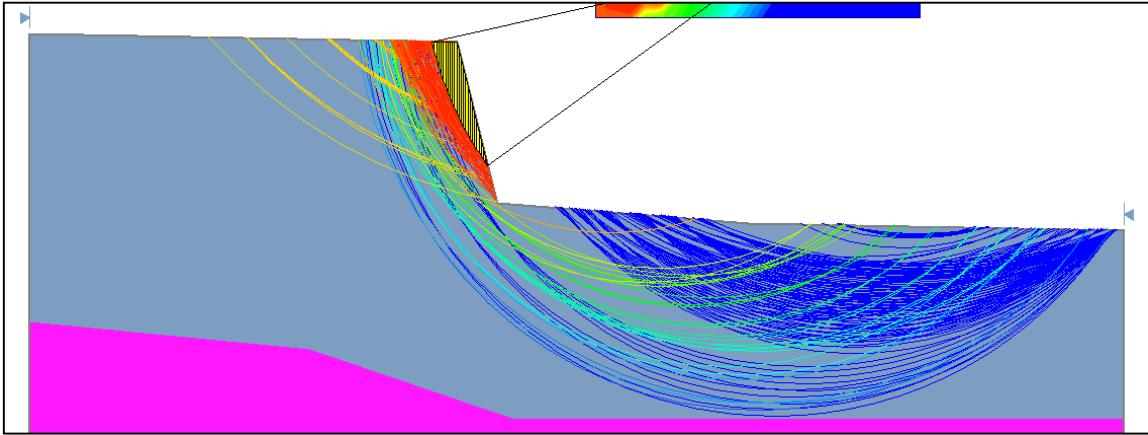
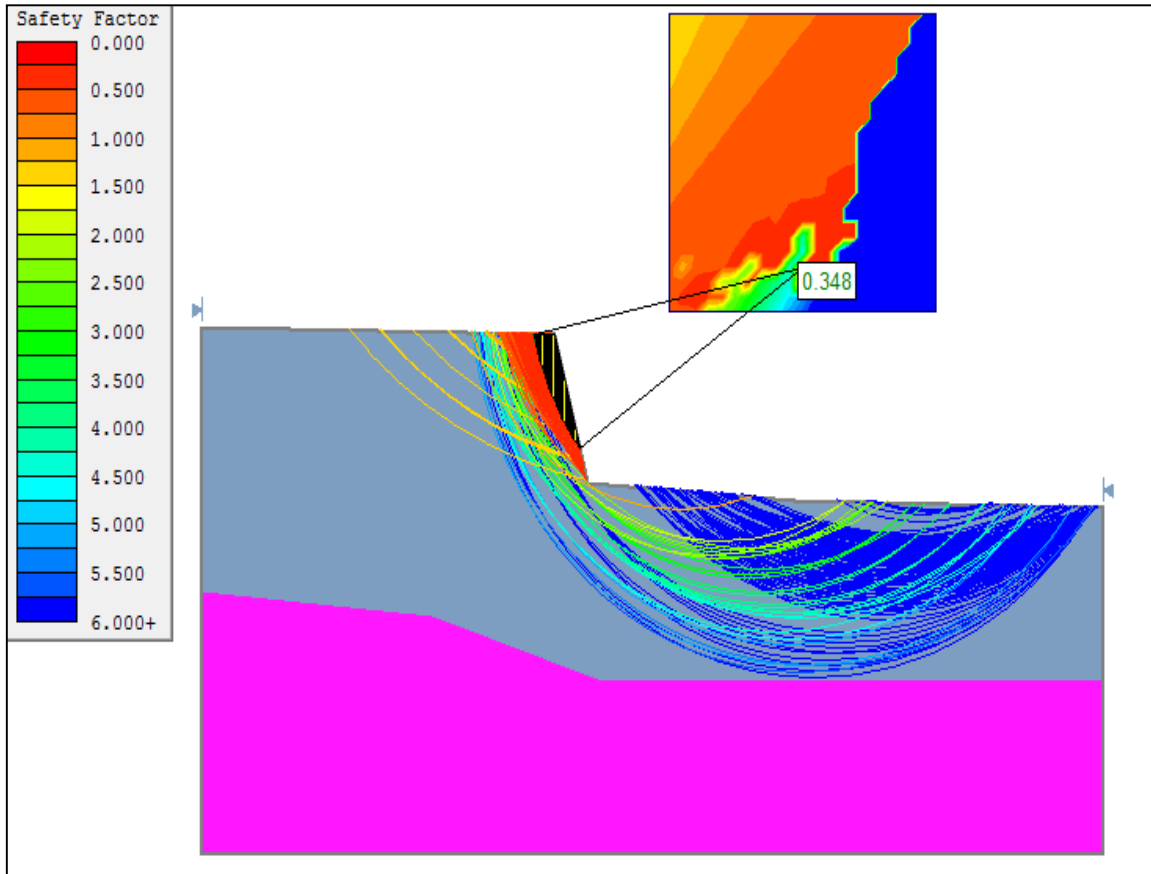


Figura 65: Modelación completa falla sección 1+320



- **SECCIÓN 1+340**

Figura 66: Falla en la sección 1+340

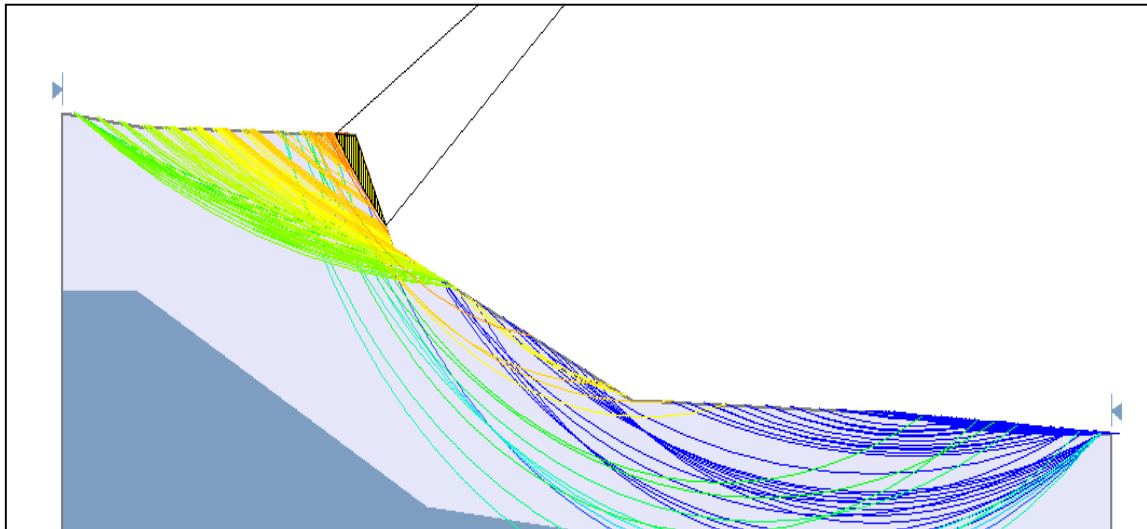
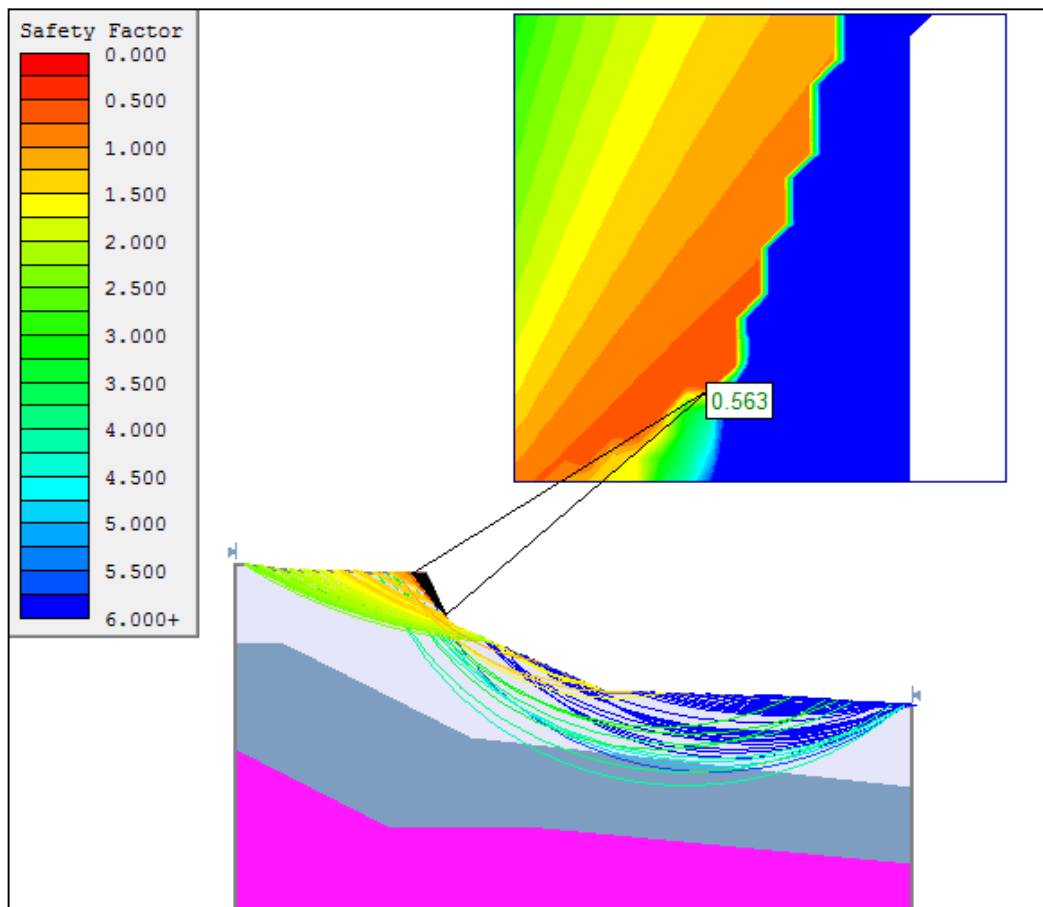


Figura 67: Modelación completa falla sección 1+340



- SECCIÓN 1+345.43

Figura 68: Modelación completa falla sección 1+340

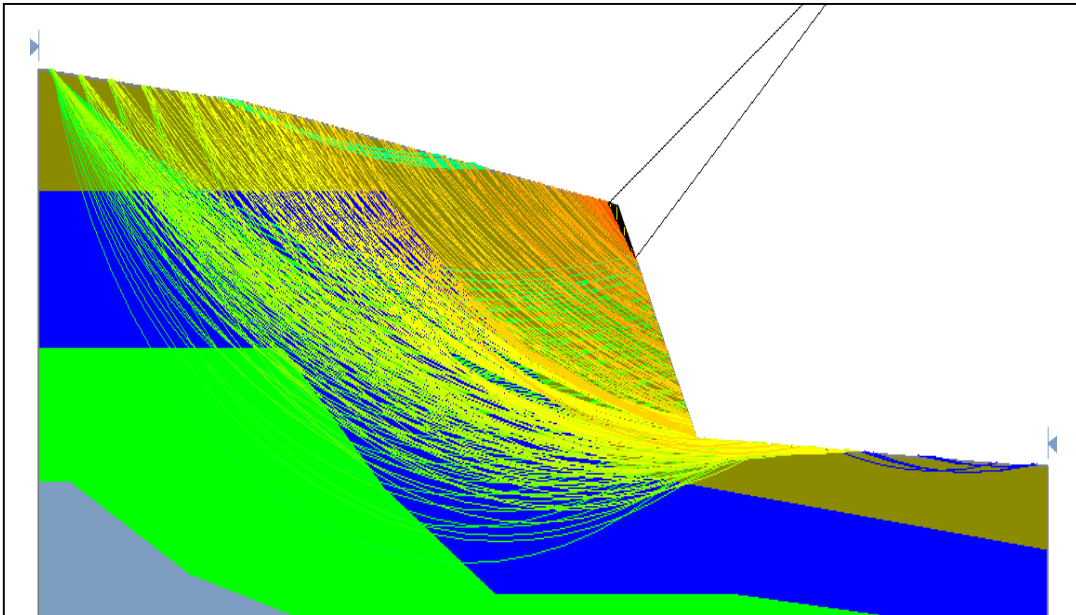
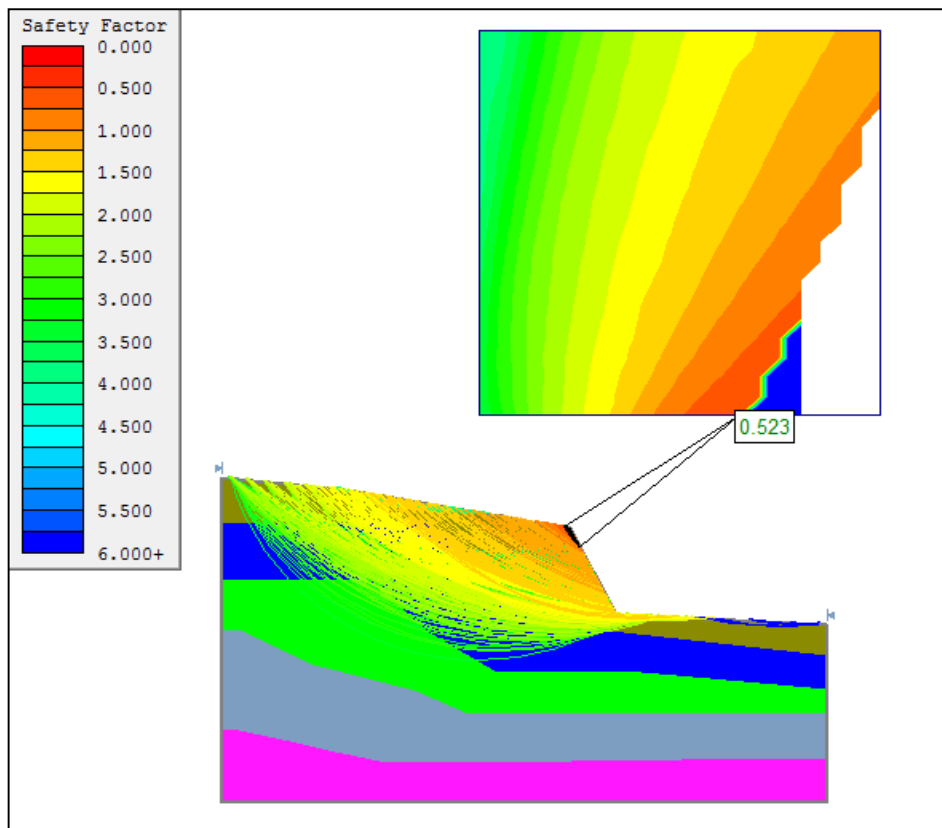


Figura 69: Modelación completa falla sección 1+340



- SECCIÓN 1+400

Figura 70:Falla en la sección 1+400

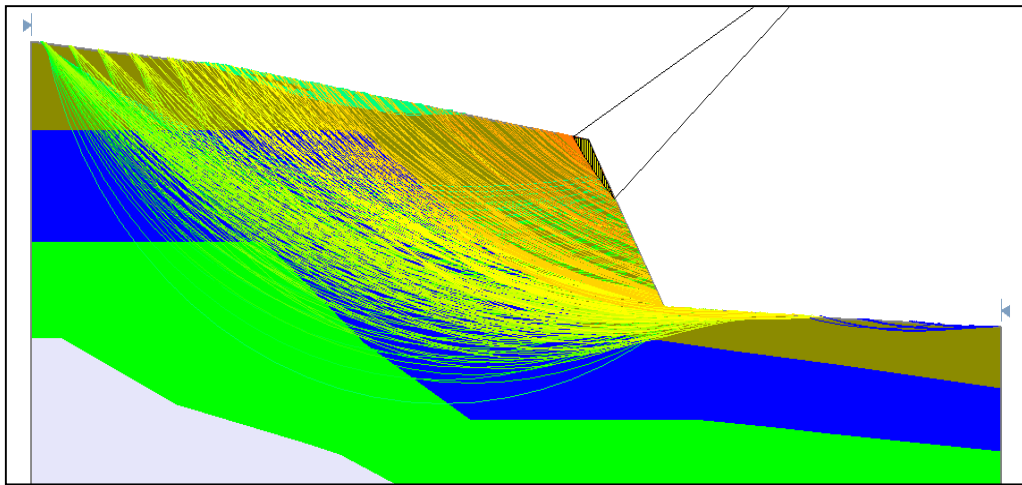
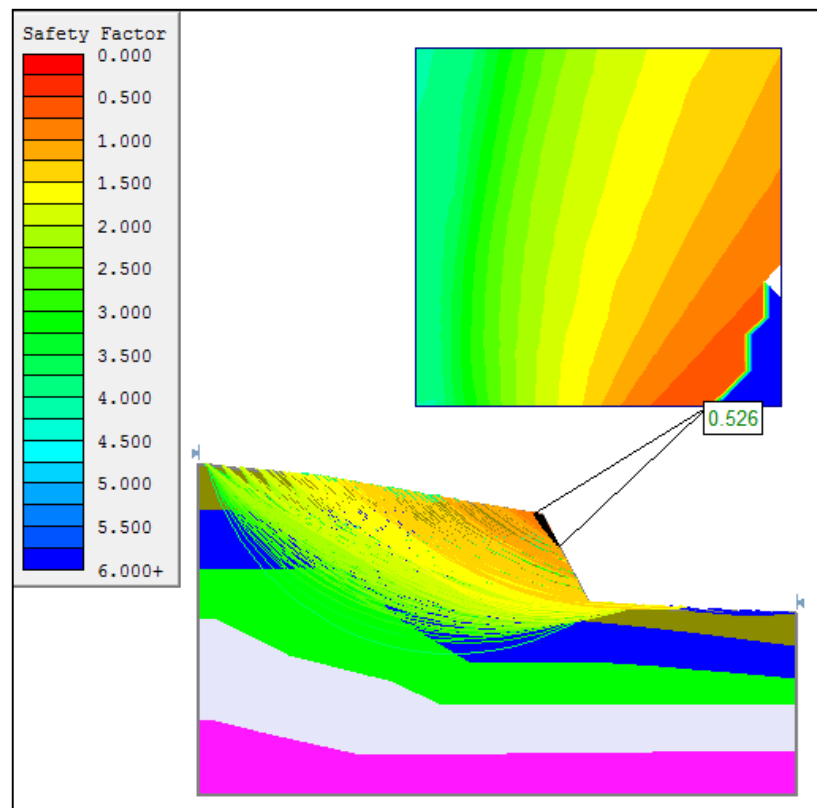


Figura 71: Modelación completa falla sección 1+400



Los resultados del análisis realizado de las 14 secciones sin carga son los siguientes:

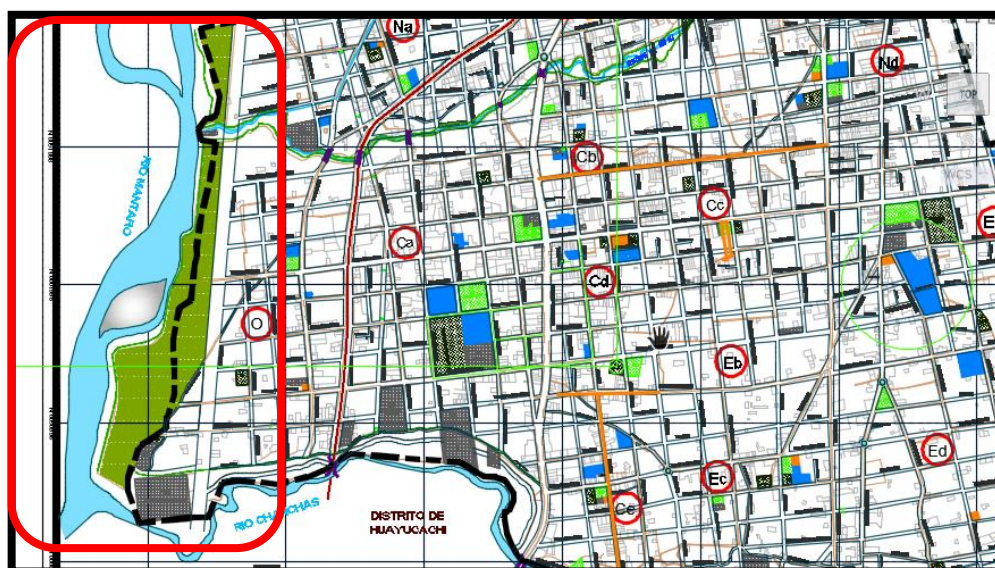
Tabla 22: Resultados FS de secciones sin carga.

SECCIÓN	FS
0+180	0.799
0+200	0.592
0+220	0.430
0+240	0.589
0+260	0.713
0+280	0.604
0+720	1.377
0+740	1.347
0+760	1.073
1+240	0.515
1+320	0.348
1+340	0.563
1+345.43	0.523
1+400	0.526

5.4. ANÁLISIS DE SECCIONES CON CARGAS Y CARGAS DE SISMO

Como se tiene entendido según el planeamiento urbano del distrito de Huancán planteado y actualizado hasta el 2016 se tiene un área de recreación y agricultura, por lo que la carga viva se considerará de 300 kg/m².

Figura 72: Plan Urbano Distrital 2012-2016 Huancán (Figura 63)



Fuente: Plan Urbano Distrital de Huancán, actualización y ampliación 2012-2016.

Según la ubicación, se zonifica para determinar la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos a lo cual correspondería ZONA 2 con una aceleración de 0.3.

Figura 73: Parámetros de Sitio - Territorio Nacional



Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones RNE.

Figura 74: Factor Z aceleración máxima

ZONA	Z
3	0,4
2	0,3
1	0,15

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones RNE.

- SECCIÓN 0+180

Figura 75: Sección 0+180 más carga viva y sísmica

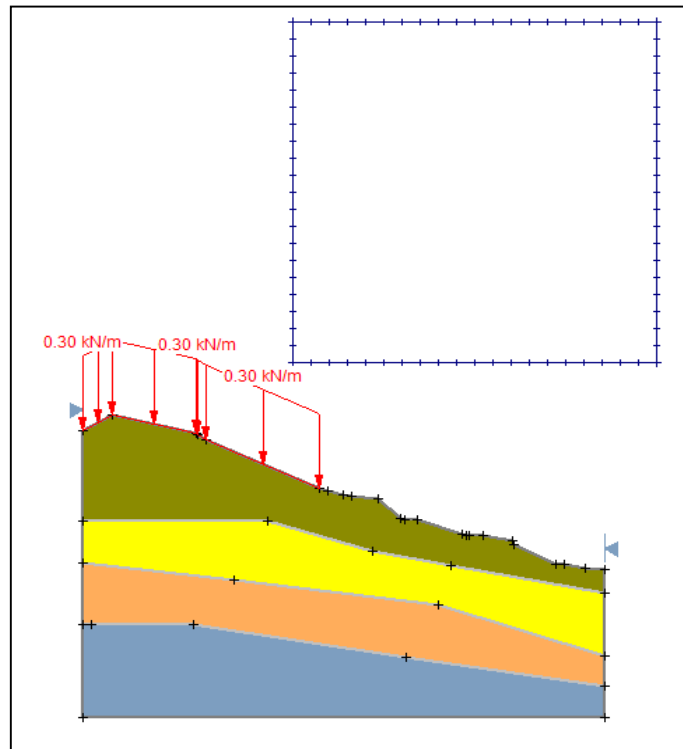
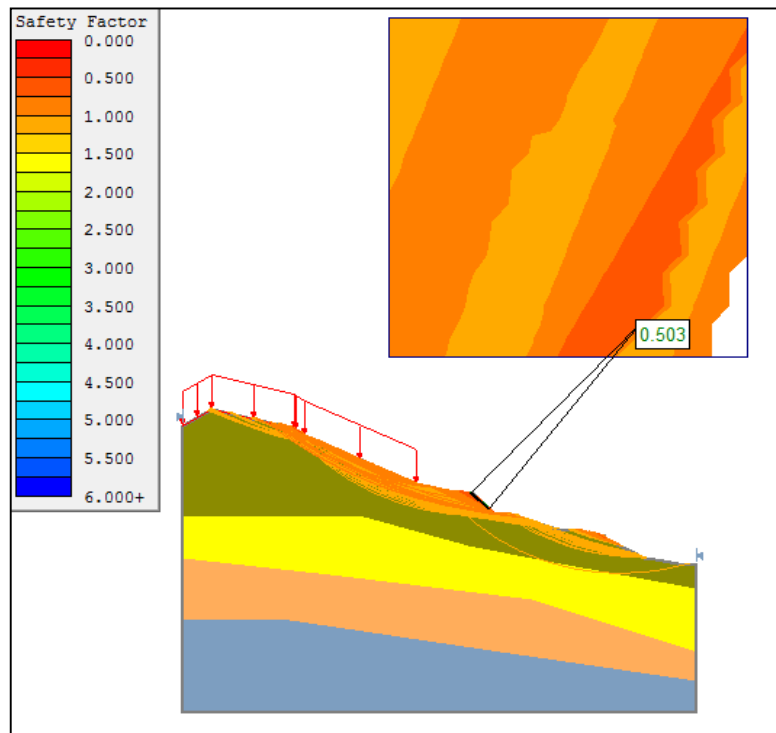


Figura 76: Factor de Seguridad para la sección 0+180 carga viva y sísmica



- SECCIÓN 0+200

Figura 77: Sección 0+200 más carga viva y sísmica

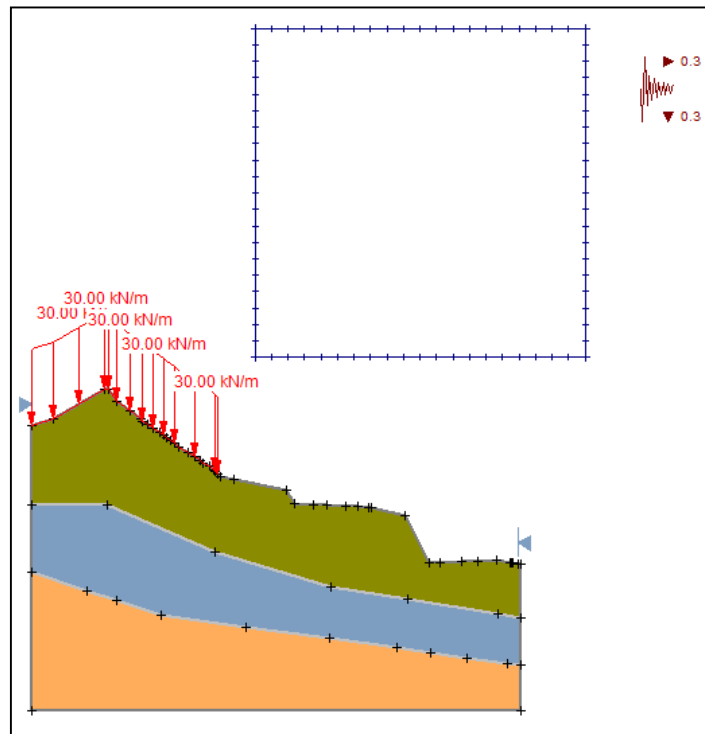
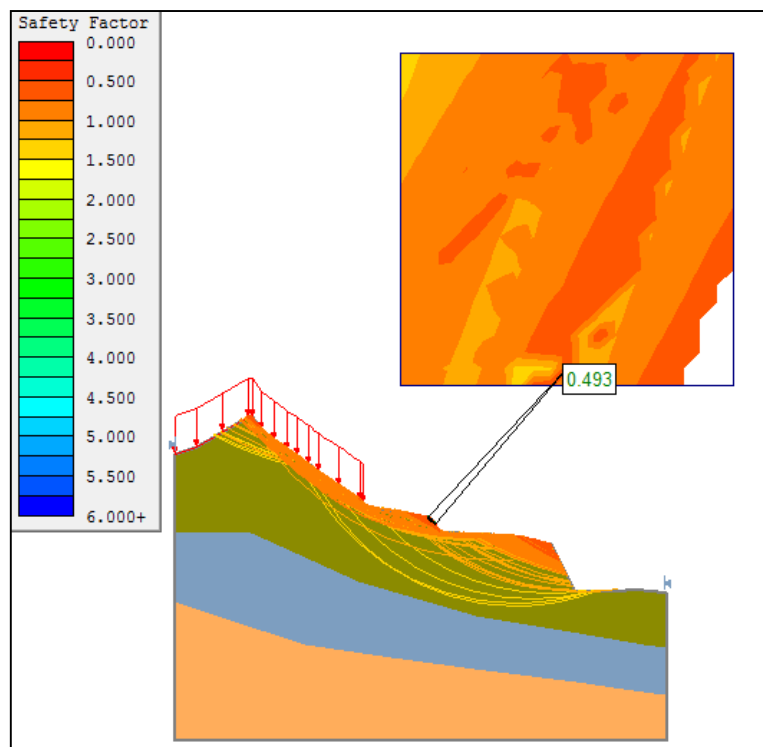


Figura 78: Factor de Seguridad para la sección 0+200 carga viva y sísmica



- SECCIÓN 0+220

Figura 79: Sección 0+220 más carga viva y sísmica

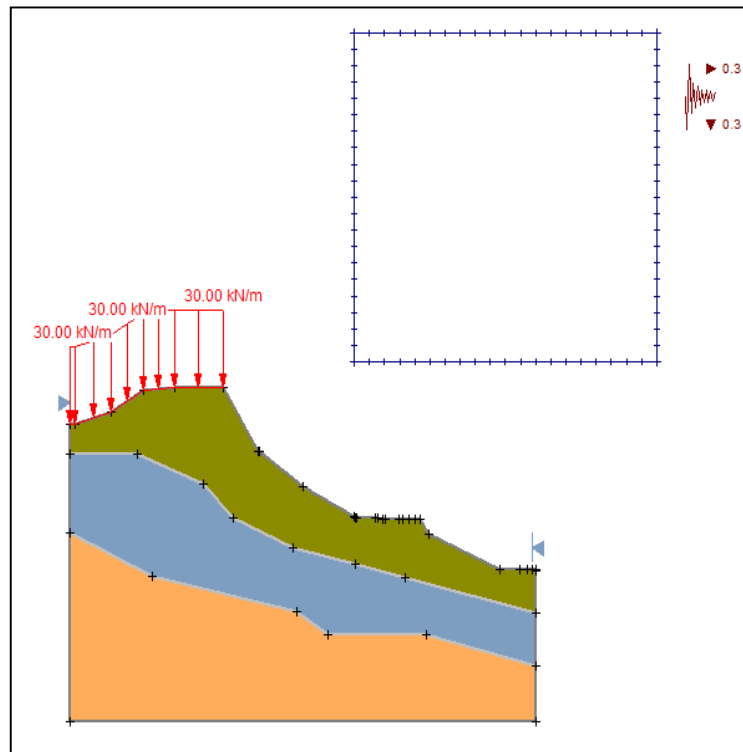
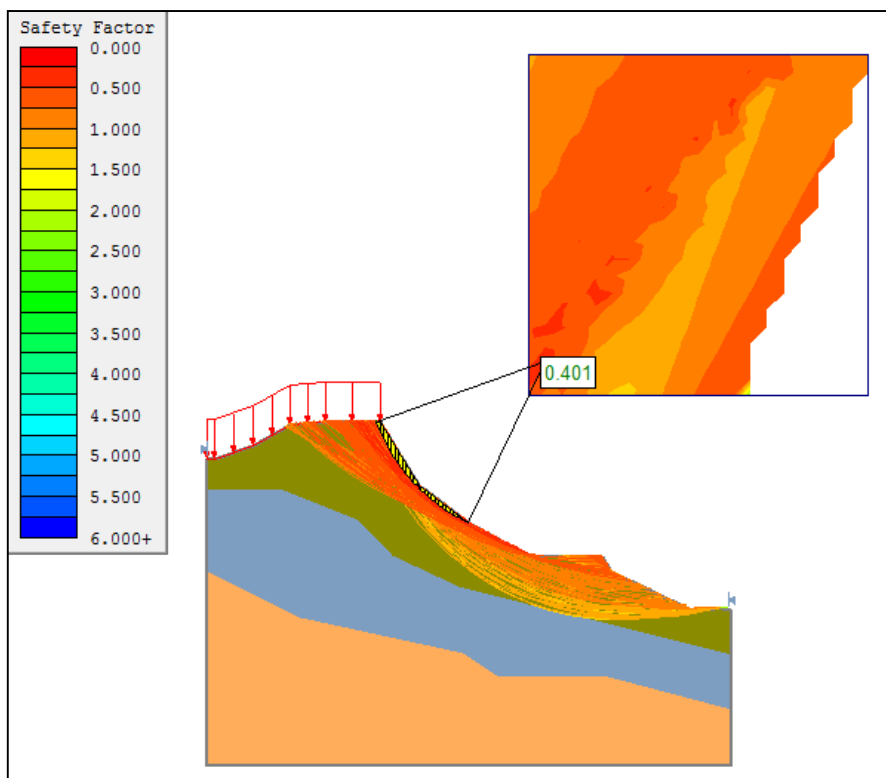


Figura 80: Factor de Seguridad para la sección 0+220 carga viva y sísmica



- SECCIÓN 0+240

Figura 81: Sección 0+240 más carga viva y sísmica

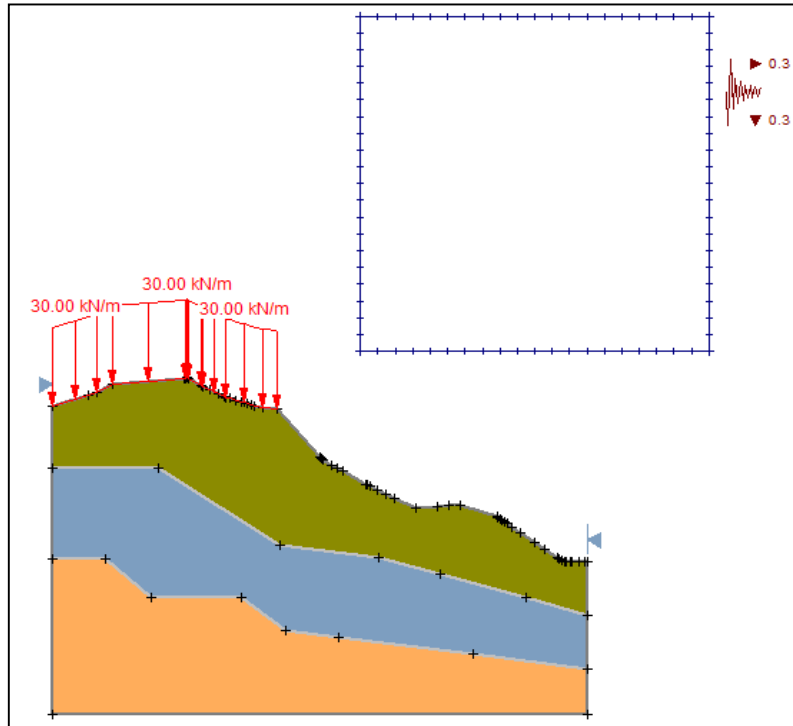
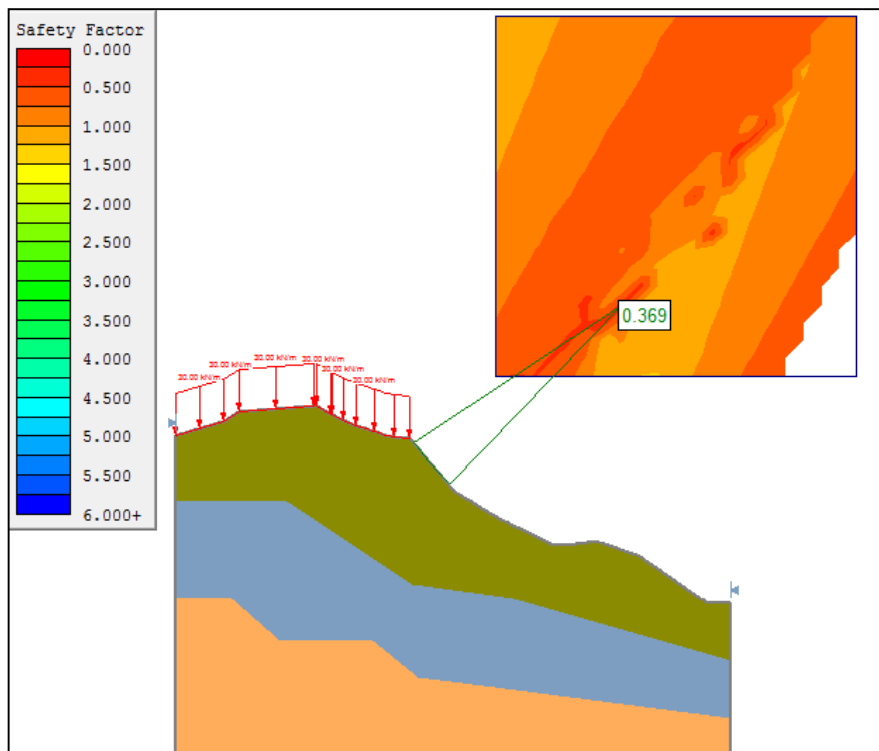


Figura 82: Factor de Seguridad para la sección 0+240 carga viva y sísmica



- SECCIÓN 0+260

Figura 83: Sección 0+260 más carga viva y sísmica

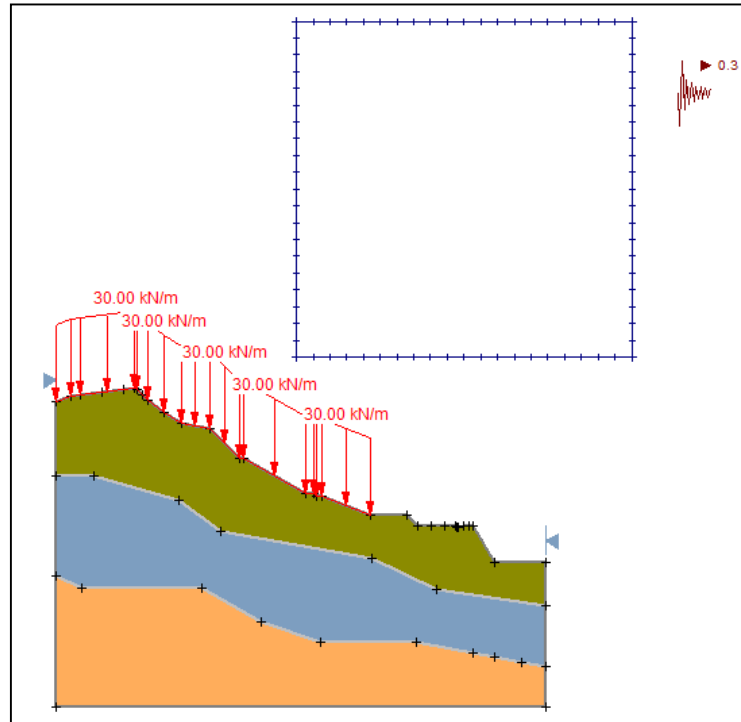
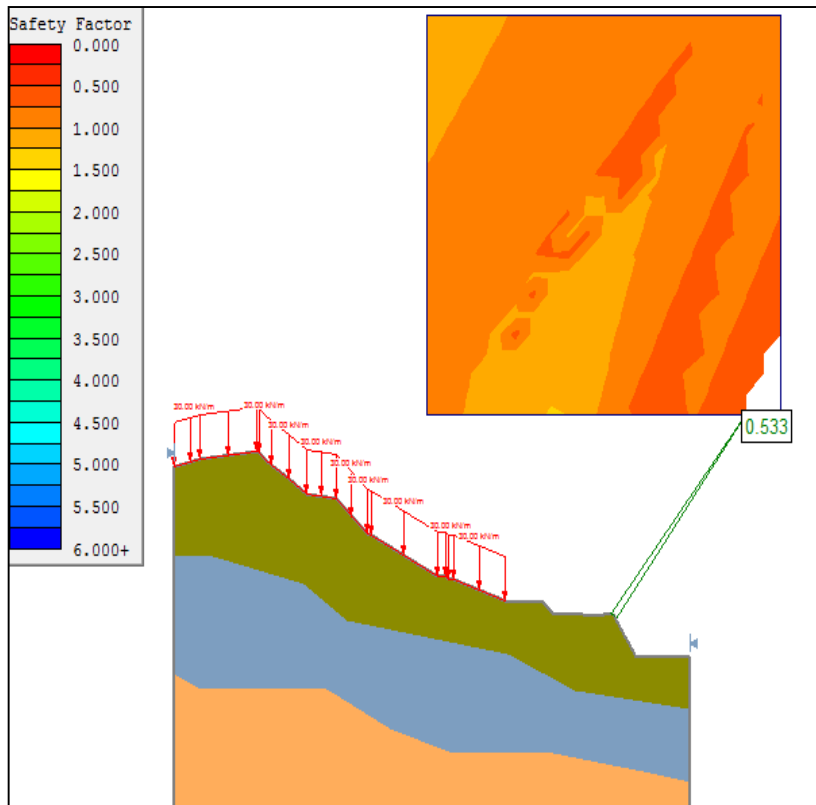


Figura 84: Factor de Seguridad para la sección 0+260 carga viva y sísmica



- SECCIÓN 0+280

Figura 85: Sección 0+280 más carga viva y sísmica

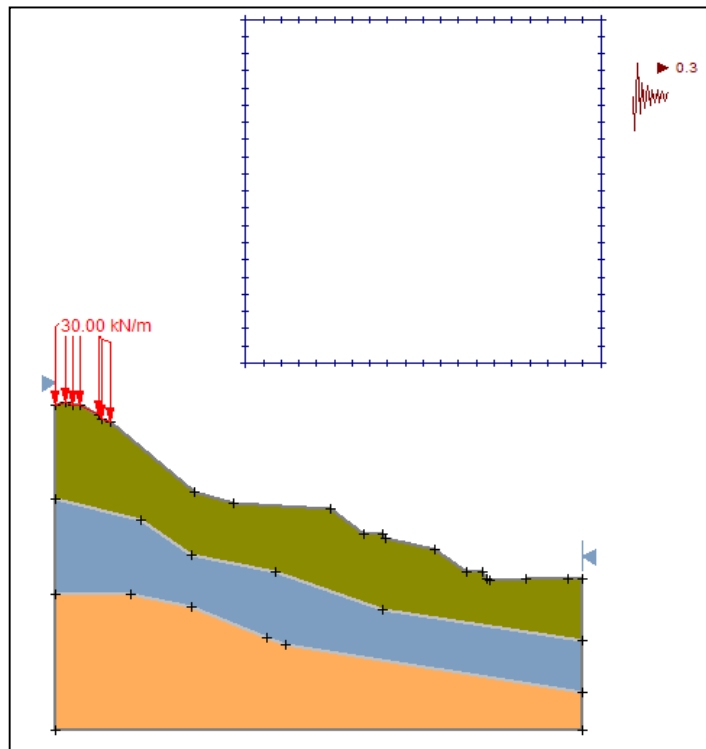
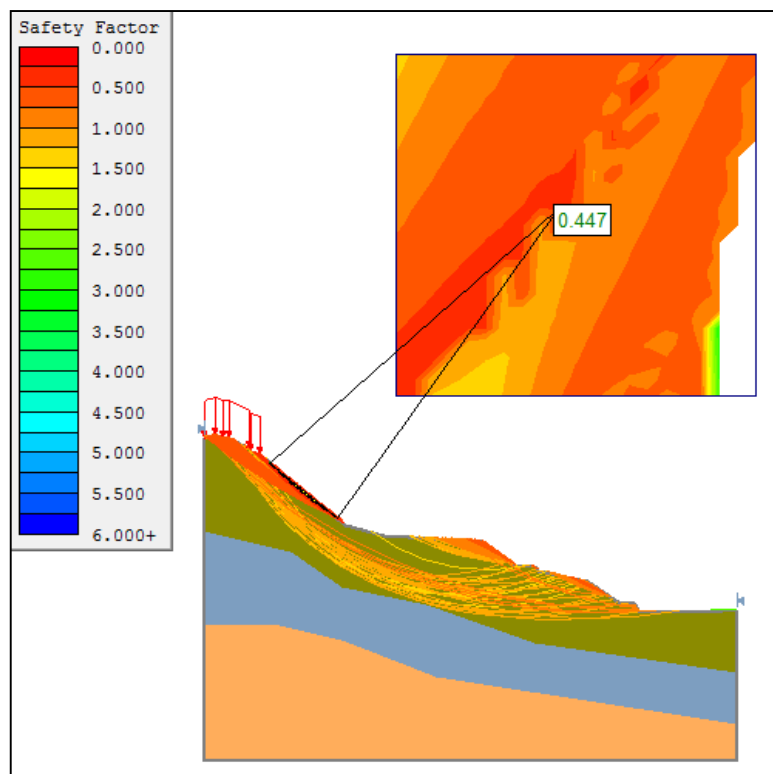


Figura 86: Factor de Seguridad para la sección 0+280 carga viva y sísmica



- SECCIÓN 0+720

Figura 87: Sección 0+720 más carga viva y sísmica

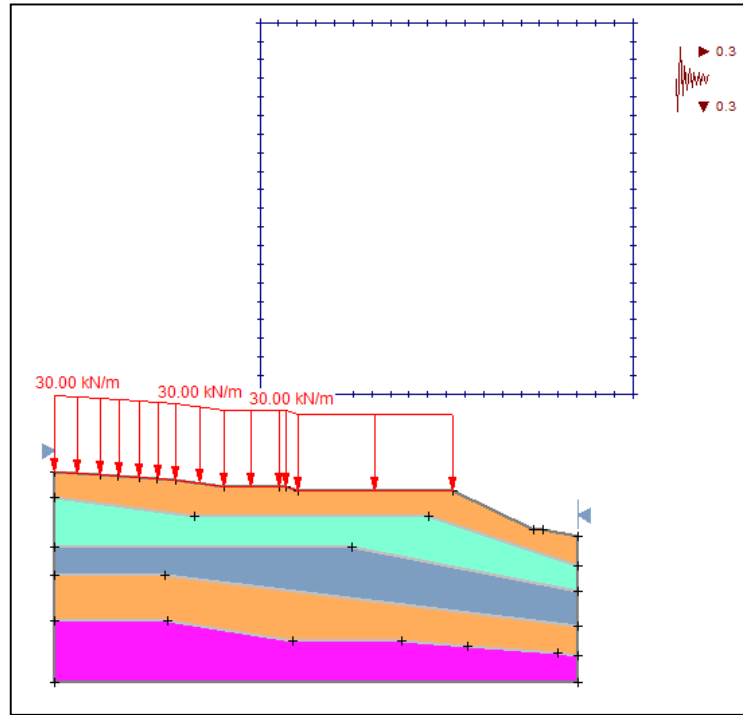
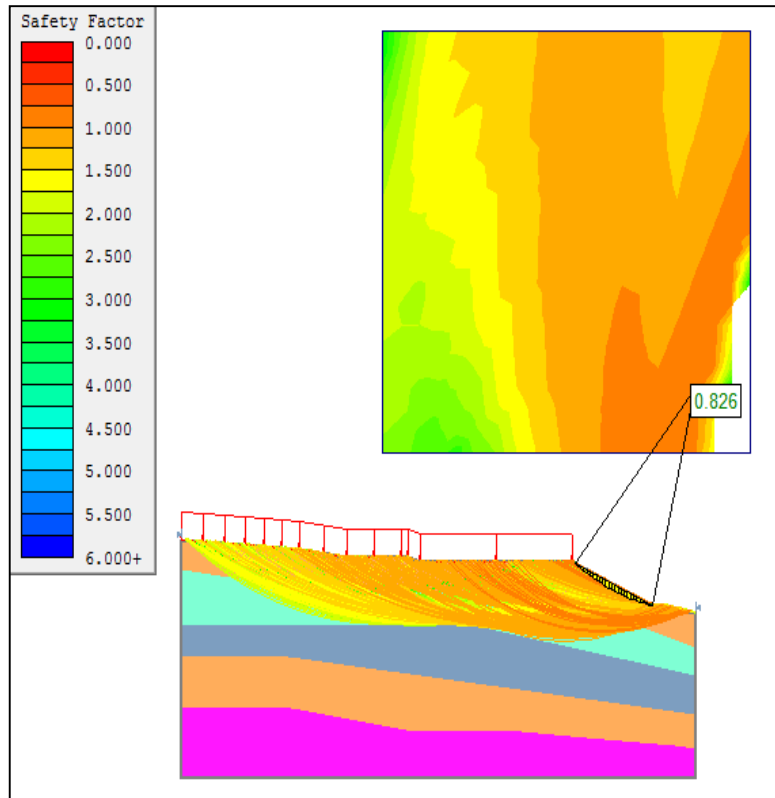


Figura 88: Factor de Seguridad para la sección 0+720 carga viva y sísmica



- SECCIÓN 0+740

Figura 89: Sección 0+740 más carga viva y sísmica

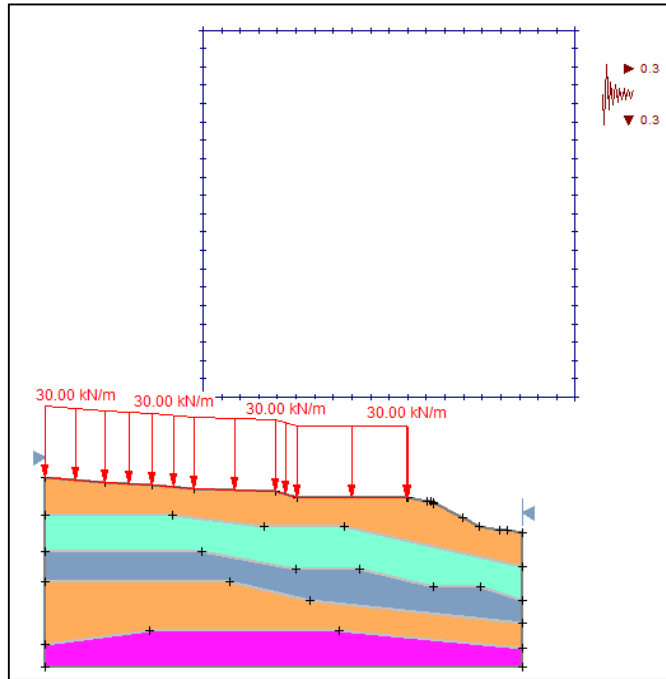
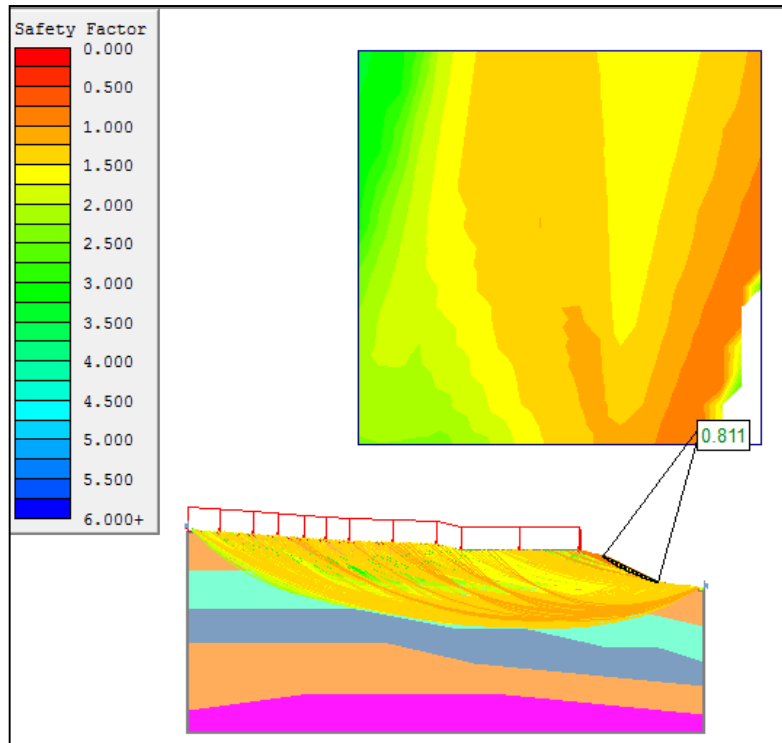


Figura 90: Factor de Seguridad para la sección 0+740 carga viva y sísmica



- SECCIÓN 0+760

Figura 91: Sección 0+760 más carga viva y sísmica

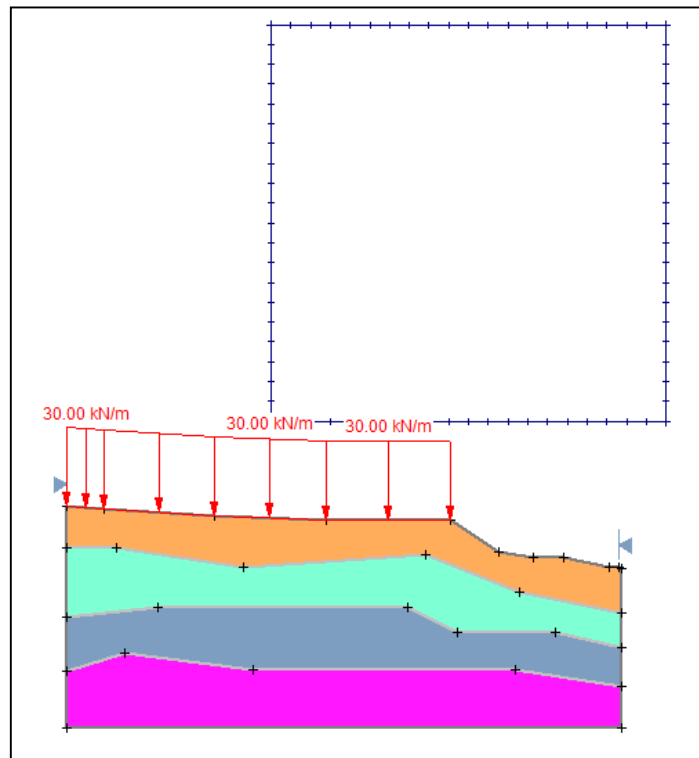
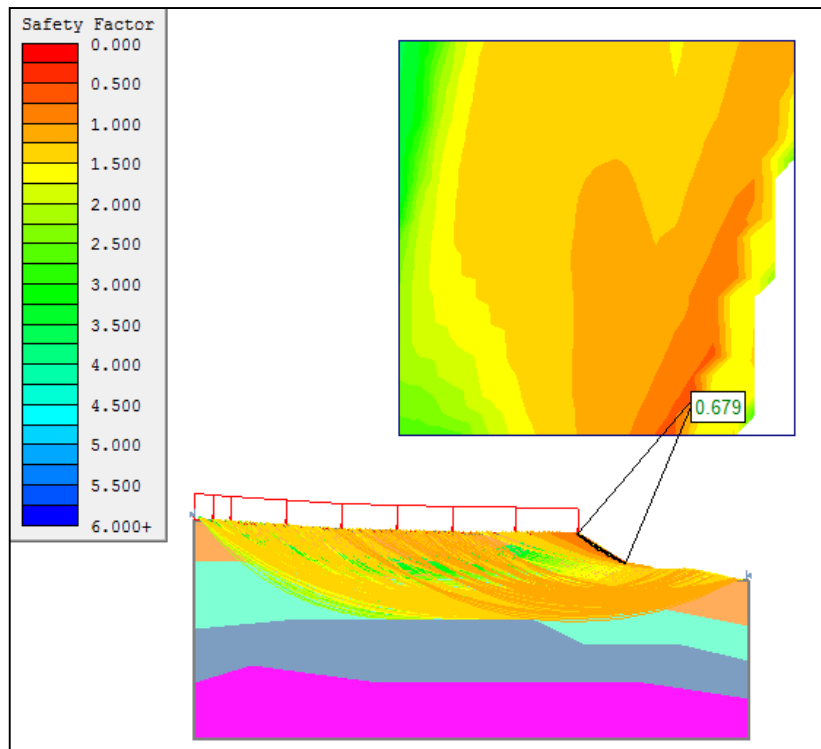


Figura 92: Factor de Seguridad para la sección 0+760 carga viva y sísmica



- SECCIÓN 1+240

Figura 93: Sección 1+240 más carga viva y sísmica

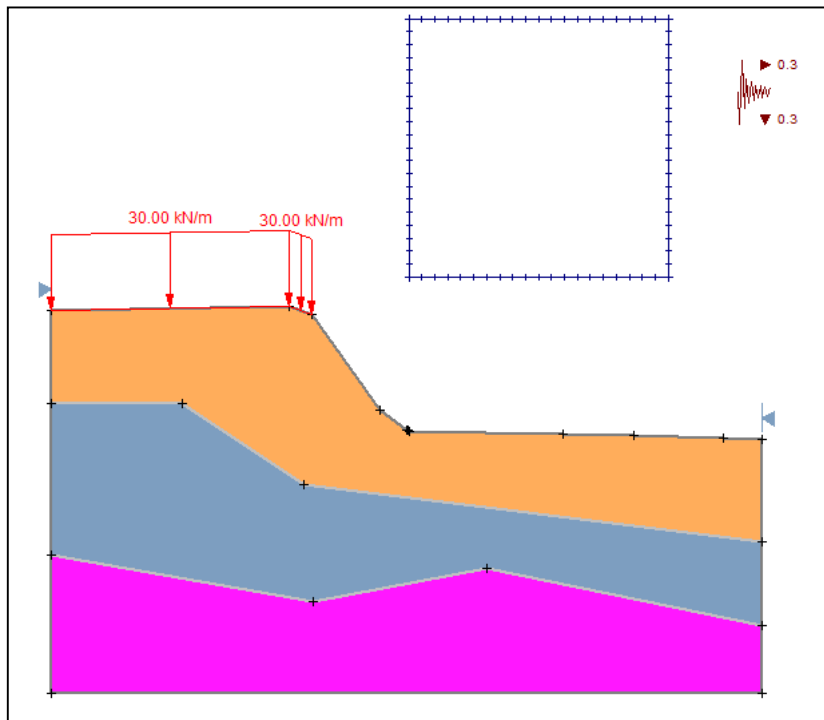
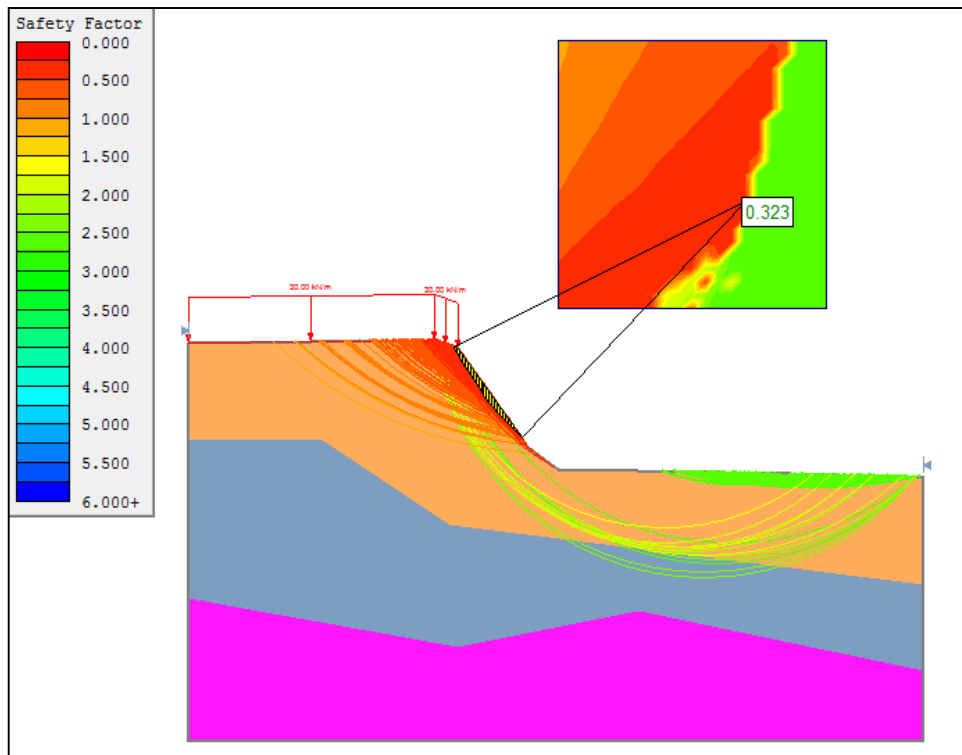


Figura 94: Factor de Seguridad para la sección 1+240 carga viva y sísmica



- SECCIÓN 1+320

Figura 95: Sección 1+320 más carga viva y sísmica

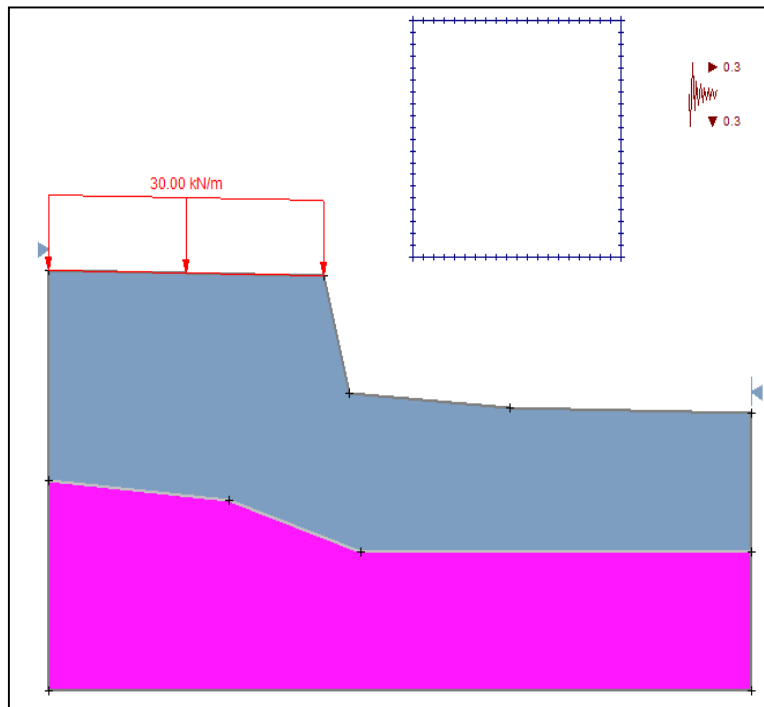
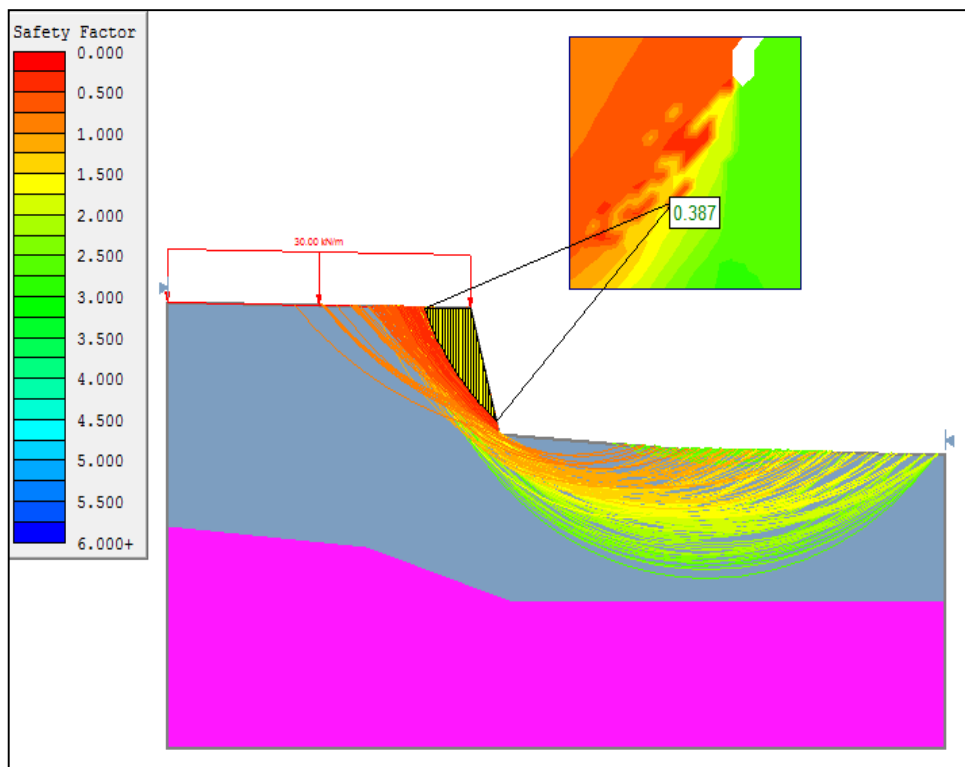


Figura 96: Factor de Seguridad para la sección 1+320 carga viva y sísmica



- SECCIÓN 1+340

Figura 97: Sección 1+340 más carga viva y sísmica

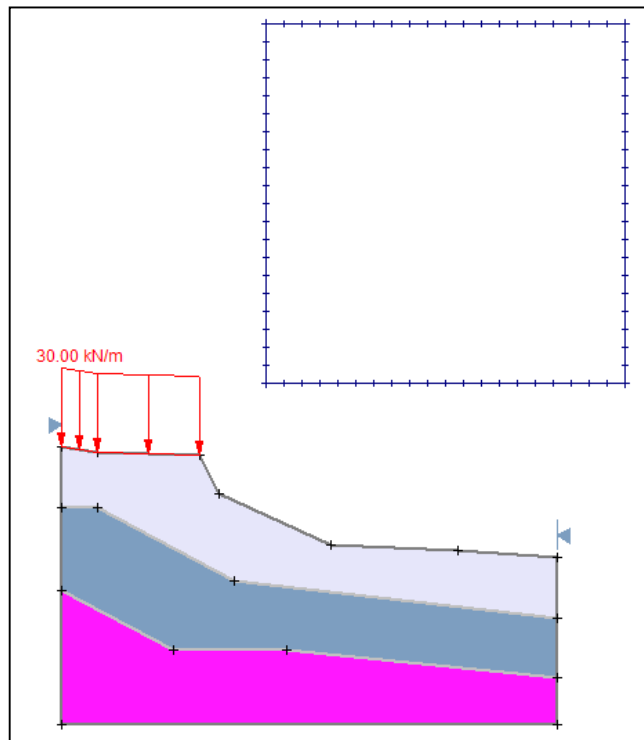
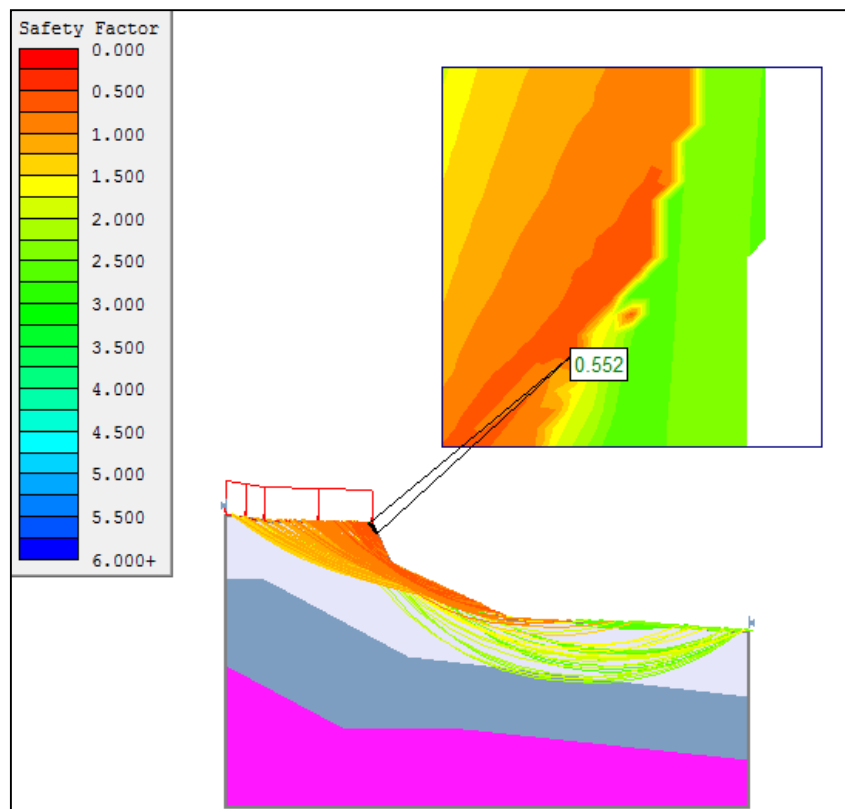


Figura 98: Factor de Seguridad para la sección 1+340 carga viva y sísmica



- SECCIÓN 1+345.43

Figura 99: Sección 1+345.43 más carga viva y sísmica

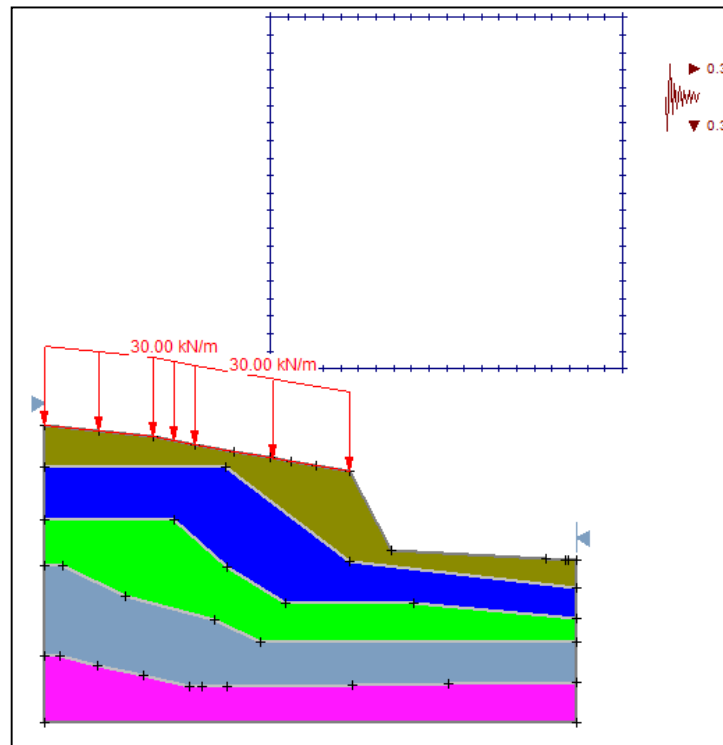
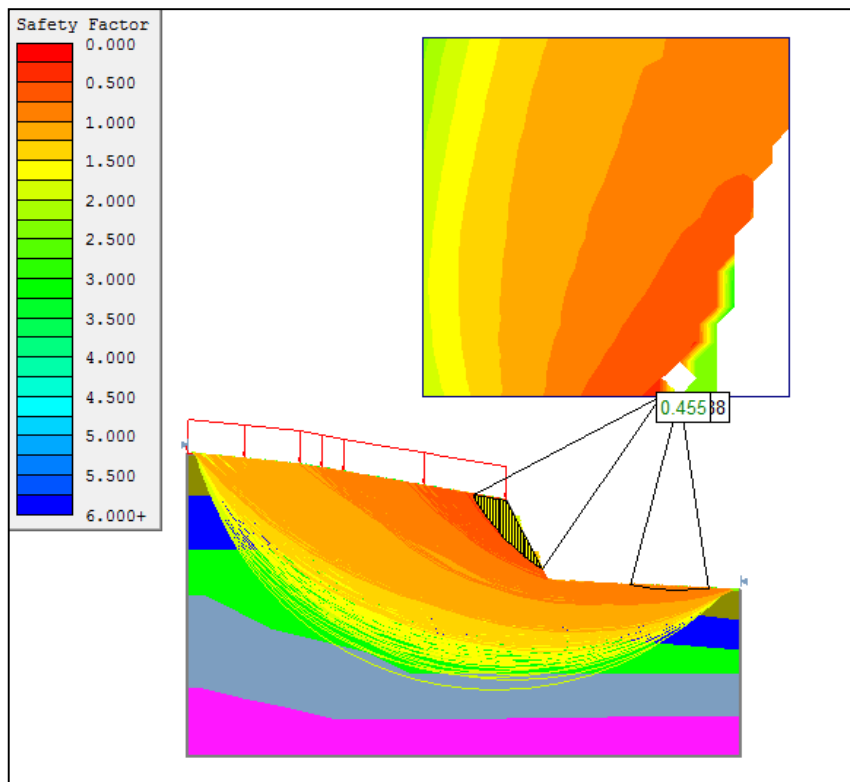


Figura 100: Factor de Seguridad para la sección 1+345.43 carga viva y sísmica



- SECCIÓN 1+400

Figura 101: Sección 1+400 más carga viva y sísmica

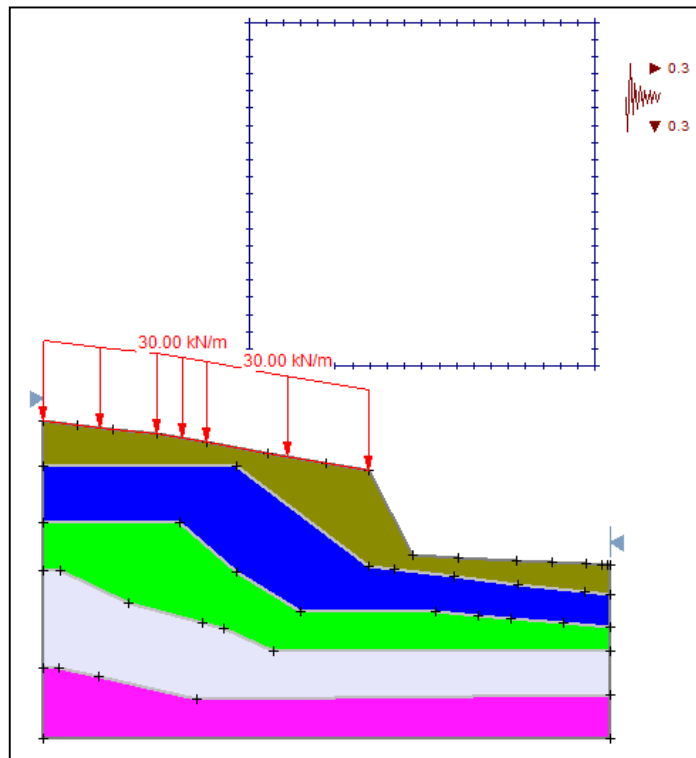
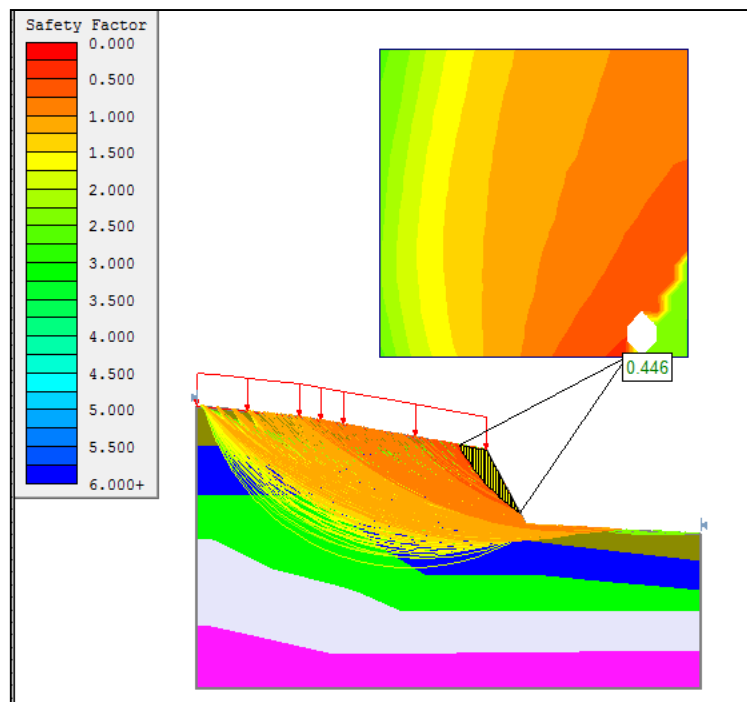


Figura 102: Factor de Seguridad para la sección 1+400 carga viva y sísmica



Los resultados del análisis realizado de las 13 secciones sin carga son los siguientes:

Tabla 23: Resultados FS de secciones con Carga Viva y Carga Sísmica

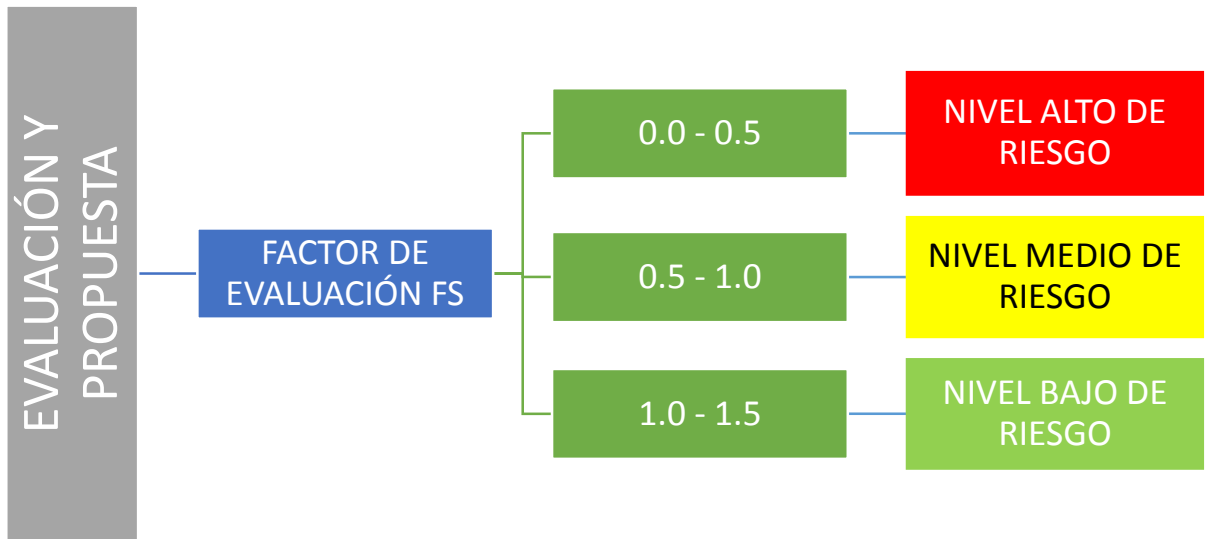
SECCIÓN	FS
0+180	0.503
0+200	0.493
0+220	0.401
0+240	0.369
0+260	0.533
0+280	0.447
0+720	0.826
0+740	0.811
0+760	0.679
1+240	0.323
1+320	0.387
1+340	0.552
1+345.43	0.455
1+400	0.446

5.5. EVALUACIÓN Y PROPUESTA

En la presente investigación se tiene como evaluación los estándares de deslizamientos del talud a un nivel alto, medio y bajo en riesgo, lo cual presenta el talud sin cargas desde la progresiva 0+000 hasta 0+720 un nivel medio, de la progresiva 0+720 hasta 1+240 un nivel bajo y desde la progresiva 1+240 hasta 1+400 un nivel alto.

Talud con carga viva y carga sísmica tenemos desde la progresiva 0+000 hasta 0+180 un nivel medio, de la progresiva 0+200 hasta 0+240 un nivel alto, de la progresiva 0+240 hasta 0+760 un nivel medio y desde la progresiva 1+240 hasta 1+400 un nivel alto.

Estableciendo un diagrama de flujo para evaluación y propuesta:



HECHOS QUE AYUDAN A RECONOCER DESLIZAMIENTOS ACTIVOS O RECIENTEMENTE ACTIVOS

Tabla 24: Verificación de Desprendimiento Activo (Rico Rodríguez, 2005)

TIPO DE MOVIMIENTO	CLASE DE MATERIAL	PARTES ESTABLES QUE RODEAN AL DESLIZAMIENTO			PARTES QUE SE HAN MOVIDO			
		CORONA O INICIACIÓN DE LA ZONA FALLADA	TALUD PRINCIPAL DE LA ZONA FALLADA	FLANCOS	CABEZA	CUERPO	BASE	PIE
Caídas y derrumbes								
1. Caída de rocas	Roca	Roca suelta, grietas probables detrás de la línea de falla, aspecto irregular caracterizado por sistemas de juntas.	Normalmente casi vertical, irregular, liso, roca de aspecto fresco. Roca juntada.	En general filos de roca limpios.	Generalmente no esté bien definido. El material caído forma un montón de rocas cerca del escarpio.	Superficie irregular con fragmentos de roca. Si es muy grande y si tiene árboles o materiales de colores contrastantes, el material puede indicar dirección del movimiento radial desde el escarpio. Puede contener depresiones.	La base comúnmente enterrada. Si esta visible presenta generalmente las razones de la falla, tales como roca subyacente débil o estratos socavados por el agua.	Si el caído es pequeño tiene un talud irregular de detritos. Si la caída de rocas es grande el pie puede tener un contorno redondo.
2. Caída de Suelos (Derrumbes)	Suelos	Grietas detrás de la línea de falla.	Casi vertical, Suelo Húmedo, superficialmente muy agrietado.	Con frecuencia casi verticales.	Generalmente no esté bien definido. El material caído forma un montón de rocas cerca del escarpio.	Irregular.	Como el de arriba.	Irregular.
Deslizamiento								
1. Circular	Suelo	Numerosas grietas, la mayoría de ellas	Inclinado, limpio, cóncavo hacia el	Las estrías en los flancos del	La parte superior del material	La parte del suelo que se mueve se	Normalmente se desarrollan	Con frecuencia una zona de

		cóncavas hacia el deslizamiento.	deslizamiento, comúnmente alto. Puede presentar estrías y zanjas en la superficie, que van de la corona de la cabeza. La parte superior del talud tras la falla puede ser vertical.	escarpio tienen grandes componentes verticales cerca de la cabeza y notables componentes horizontales cerca de la base. La altura de los flancos decrece hacia la base. El flanco del deslizamiento puede ser más alto que las superficies originales del terreno entre la base y el pie. Grietas en escalón rodean el deslizamiento en las primeras etapas.	fallado conserva partes del terreno natural antes de fallar. Se producen al pie del talud principal encharcamientos. Toda la cabeza de falla está surcada por grietas y los árboles en la zona de caída apuntan cerro arriba.	rompe y disgrega. Grietas longitudinales, bufamiento. Generalmente se desarrollan encharcamientos justo arriba de la base.	bufamientos transversales y grietas sobre la base. Zona de levantamiento, ausencia de bloques individuales grandes. Los árboles inclinados cuesta abajo.	flujo de tierra con forma lobulada, material rodado encima y enterrado. Los árboles están tendidos o en varios ángulos mezclados entre el material del pie.
De Material Húmedo								
1. Flujo de fragmentos de roca	Roca	Roca suelta, grietas entre bloques.	Generalmente escalonado de acuerdo con el espaciamiento de juntas o planos de estratificación.	Irregular.	Muchos bloques de roca.	Superficie irregular de fragmentos de roca mezclados, derramados hacia abajo en	No hay base.	Compuesta de lenguas. Puede deslizarse siguiendo líneas de cauce natural.

			Superficie irregular en la parte superior y ligeramente inclinada en la parte baja; puede ser casi plana o compuesta de derrames de rocas.			abanico. Muestra valles y lomas transversales lobuladas.		
2.Flujo de arena		Suelo	No hay grietas	Forma de embudo cuando alcanza el ángulo en reposo.	Desarrollados			

CAPÍTULO VI

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvo como resultados para diseño:

Tabla con factores de seguridad con método Fellenius y Bishop simplificado, dando como resultado un factor muy conservador, pasando a un nivel bajo de riesgo de deslizamiento.

PROGRESIVA	FS	
	MÉTODO FELLENIOUS	BISHOP SIMPLIFICADO
0+180	1.897	1.628
0+200	1.679	1.709
0+220	1.345	1.441
0+240	1.481	1.514
0+260	1.203	0.933
0.+280	1.642	1.612
0+720	1.376	1.251
0+740	1.307	1.201
0+760	1.134	1.041
1+240	1.548	1.477
1+320	1.648	1.540
1+340	1.416	1.402
1+345.43	1.653	1.664
1+400	1.813	1.812

Para el siguiente cuadro se tiene los resultados de la modelación con el programa Slide.V5 con el método Spencer, manteniendo todas las fuerzas de equilibrio uniformes y dando factores de seguridad más reales.

Factores de seguridad sin cargas:

SECCIÓN	FS
0+180	0.799
0+200	0.592
0+220	0.430
0+240	0.589
0+260	0.713
0+280	0.604
0+720	1.377
0+740	1.347
0+760	1.073
1+240	0.515
1+320	0.348
1+340	0.563
1+345.43	0.523
1+400	0.526

Factores de seguridad con cargas vivas y cargas sísmicas.

SECCIÓN	FS
0+180	0.503
0+200	0.493
0+220	0.401
0+240	0.369
0+260	0.533
0+280	0.447
0+720	0.826
0+740	0.811
0+760	0.679
1+240	0.323
1+320	0.387
1+340	0.552
1+345.43	0.455
1+400	0.446

- El resultado de la zonificación términos de riesgo es:

En la presente investigación se tiene como evaluación los estándares de deslizamientos del talud a un nivel alto, medio y bajo en riesgo, lo cual presenta el talud sin cargas desde la progresiva 0+000 hasta 0+720 un nivel medio, de la progresiva 0+720 hasta 1+240 un nivel bajo y desde la progresiva 1+240 hasta 1+400 un nivel alto.

Talud con carga viva y carga sísmica tenemos desde la progresiva 0+000 hasta 0+180 un nivel medio, de la progresiva 0+200 hasta 0+240 un nivel alto, de la progresiva 0+240 hasta 0+760 un nivel medio y desde la progresiva 1+240 hasta 1+400 un nivel alto.

- En el análisis de estabilidad consideré todos los parámetros de resistencia obtenidos del ensayo de Corte Directo los cuales son los siguientes:

TIPO DE SUELO	COHESIÓN kg/cm ²	ÁNGULO DE FRICCIÓN	PESO VOLUMÉTRICO gr/cm ³
CL-ML	0.047	33.45	1.768
SM	0.167	31.79	1.876
CL	0.143	18.18	1.769
SW	0	34	1.645
GP-GW	0.033	37.19	1.986
GC	0.146	30.94	1.943
GM	0.081	33.6	2.046
GW	0.023	36	1.986
SP-SM	0.128	35.07	1.892
CL	0.072	29.9	1.731

- El contenido de humedad varía entre 4% y 17%.
- Para el desarrollo se consideró el estudio de peligro sísmico obtenido en base al registro sísmico y al registro histórico ($K_c=0.20$ y 0.3), para el cual deben de ser proyectadas en todo el talud. El coeficiente sísmico de análisis de taludes será $\alpha = 0.3$ según la zonificación y área propuesta en el Reglamento de Edificaciones.

CONCLUSIONES

1. En las zonas de alto nivel de riesgo se podrían mejorar y corregir el talud, considerando un sistema de terrazas, otorgando una estabilidad considerable para los efectos de derrumbes y desmoronamientos que se producen.
2. En las zonas críticas se debe tener mucha consideración en proyectar al futuro alguna construcción en los bordes, tener como alternativa la construcción de banquetas, terrazas que aportarán un mejor sostenimiento, retirando el material suelto que causa el peligro.
3. La vegetación evita la erosión y el aporte de ello impedirá el desmoronamiento del material, para ello se necesitará su instalación, manejo y cuidado a fin de vegetar el talud en la zona ribereña del distrito de Huancán.
4. Los métodos más utilizados en el análisis de estabilidad de taludes son los de Fellenius y Bishop Simplificado, los cuales en su concepción teórica no satisfacen equilibrios de fuerzas y momentos. Los valores de factores de seguridad que se obtienen por estos métodos, generalmente, difieren en forma importante de resultados utilizando procedimientos que satisfacen el equilibrio, como son los métodos de Spencer. (Suarez, 2013)
5. No existe un procedimiento que proporcione un factor de seguridad totalmente confiable, por lo que se realizó el análisis de estabilidad usando varios métodos, para obtener un rango de valores en los que el más conservador fue el método de Spencer y el más alto de Bishop. (Suarez, 2013)
6. Los métodos planteados y utilizados en esta investigación son usados generalmente por su aporte e importancia de cálculo, puesto que nos da a entender la condición en que se encuentra, así como los resultados que nos permiten construir o visualizar un proyecto considerando su calidad y seguridad del proyecto.
7. El aplicativo y uso del software, en cierto modo, tiene un gran aporte a la ingeniería y al desarrollo de temas como este, considerando la parte técnica y el criterio para la toma de datos que representarán para el diseño y evaluación de un talud.
8. Los taludes que son expuestos y se muestran cortadas sus masas de suelo, generará un deslizamiento macizo sujeto a cargas que actuarán sobre él, ocasionando las fallas en las crestas del talud.

9. Lo más importante en el estudio de estos es el análisis de su estabilidad, es lo que conlleva una gran gama de datos adicionales, como lo son los tipos de fallas, la causa de estas, y todos los factores que están involucrados en estas causas, como por ejemplo lo son en gran importancia los sismos y el comportamiento con el agua, desde un punto de vista natural, y las cargas externas que representan las construcciones o diferentes sobrecargas que se le den al suelo. (Suarez, 2013)
10. Es fundamental el estudio de taludes en la ingeniería, ya que como hemos visto, es de gran importancia porque están presentes en la gran mayoría de proyectos en los cuales el trabajo ingenieril se puede ver involucrado. El origen de estos puede ser de índole natural o artificial, es decir, muchos taludes podrán ser un gran desafío en el aspecto de diseño constructivo, protección o de estabilización, inclusive en el sentido de lidiar con ellos para un proyecto sobre estos. (Suarez, 2013)
11. Es de suma importancia evaluar antes de diseñar, considerar todos los parámetros de diseños, visualizar y proyectarse a todos los eventos que podrían ocurrir, la base de toda construcción es el suelo, por ende, se debe realizar un estudio correcto del mismo. Esta tesis tiene el fin de continuar una evaluación o alargar el estudio a una zona general más grande para proyectarse a construcciones en laderas o terrenos agrícolas.
12. En todo terreno que no sea horizontal, la estabilidad del talud ejercerá unas fuerzas tratando de nivelarlo (fuerzas de gravedad, la filtración, presión, etc). Por ello el terreno muestra resistencia con las raíces en la estructura del suelo.
13. En temporada de lluvias, los daños que producen al talud ocasionan deslizamientos, generando fuerzas de filtración siendo algo crítico para la conformación geológica. Los fenómenos de inestabilidad generalmente suavizan el suelo debilitando las pendientes.

RECOMENDACIONES

1. El cálculo confiable de seguridad tiene relación con la exactitud de cuanto se cuantifique los límites geotécnicos de los suelos usados en el área de estudio, por lo que deben efectuar los ensayos requeridos y determinar la caracterización del suelo.
2. El talud ha presentado pequeñas fallas por deslizamiento y esfuerzos de corte, mostrando inicios de debilitamiento aun sin causar alguna perturbación al talud, esto es una alerta que contribuirá al estudio para analizar su consolidación y protección.
3. Se necesita un estudio completo de Evaluación de Deslizamientos en toda la zona ribereña del Valle del Mantaro para posibles construcciones.
4. Se tiene una evaluación ya realizada con esta investigación, el cual podría conllevar realizar un diseño para la protección del talud si se tuviera una construcción o habilitada la zona agraria con cargas mayores que debiliten el talud.
5. Se recomienda tener laderas y/o contrafuertes de protección, pues actualmente las cargas son mínimas y el deslizamiento que se produce en su defecto son por erosión.
6. Un estudio significativo de caracterización en la zona de Huancán ayudaría en la creciente sensibilización y buenas prácticas de la construcción para evitar catástrofes, ya que en su mayoría se realizan empíricamente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Montiel Mansilla Adolfo, “Protección y Estabilización de Taludes para evitar Deslizamientos”, Tesis para optar al título de Ingeniero Constructor, Universidad Austral de Chile.
2. Espinoza Duran Carlos Eduardo, Tapia Berzoza Leandro Enrique, “Análisis Comparativo entre los métodos de Estabilidad de Taludes”, Proyecto de Graduación previo a la Obtención del grado de Ingeniero Civil, Universidad de Cuenca – Ecuador.
3. Dr. Jorge Alva Hurtado, Ing. Mariella Geovanna Cañarí Sánchez, “Análisis de la Estabilidad de Taludes de la Costa Verde”, Artículo de Investigación, Perú.
4. Guillen Martínez Carlos Eduardo, “Estabilización De Taludes En Los Departamentos De Guatemala Y Alta Verapaz, Casos Reales”, Tesis para optar al título de Ingeniero Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala.
5. Torres Chung Cesar Roberto, “Valorización del Riesgo en Deslizamientos”, Tesis para Optar el Título de Ingeniero Civil, Universidad Ricardo Palma, Lima – Perú.
6. Alan Raúl Granados López, “Estabilización del Talud de la Costa Verde en la zona del Distrito de Barranco”, Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil, Pontificia Universidad Católica del Perú.
7. Ministerio de Transportes y Comunicaciones – Dirección General de Caminos, ‘Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carreteras -20000’
8. Braja M. Das, “Principios de Ingeniería de Cimentaciones”, Quinta Edición, México D.F.: Editorial Thomson 2006.
9. Crespo Villalaz, Carlos. “Mecánica de suelos y cimentaciones”, 4da. Ed. México D.F.: Editorial Limusa. 1995.
10. Alan Raúl Granados López, “Estabilización del Talud de la Costa Verde en la Zona del distrito de Barranco”, Tesis para Optar el Título de Ingeniero Civil, Pontificia Universidad Católica del Perú.

11. Bladimir Zelaya Gutiérrez. "Ministerio de Transporte e Infraestructura Manual para la Revisión de Estudios Geotécnicos", Corea y Asociados S.A. (CORASCO), Nicaragua 2008.
12. Carlos Muños Razo, "Como elaborar y asesor una investigación de Tesis", 2da Ed. Pearson Educacion, Mexico, 2011.
13. Rico Rodríguez, Alfonso. "La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres 1 : Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas". Mexico: Limusa, 2008.
14. Departamento de Desarrollo de Asistencia para Desastres en el Extranjero Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional. "Manual sobre el Manejo de Peligros Naturales en la Planificación para el Desarrollo Regional Integrado". Washington, D.C., 1993.
15. Autoridades del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. "Plan de Desarrollo Urbano de Huancayo 2015-2025"
16. Reglamento Nacional de Edificaciones.
17. John Soto, J. R. (2011). *Cybertesis*. Obtenido de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2011/bmfciij.65p/doc/bmfciij.65p.pdf>
18. Alva Hurtado, J. (Febrero de 1994). *Cismid*. Obtenido de Facultad de Ingeniería Civil: http://www.cismid.uni.edu.pe/descargas/a_labgeo/labgeo02_a.pdf
19. Autoridades del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2015). Plan de Desarrollo Urbano de Huancayo. *Diagnostico Urbano*.
20. Caracterización de los movimientos. (s.f.). *Erosión*. Obtenido de www.erosion.com: [file:///C:/Users/JUDITH/Downloads/184-1_caracterizaciondelosmovimientos%20%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/JUDITH/Downloads/184-1_caracterizaciondelosmovimientos%20%20(1).pdf)

21. Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente Secretaría ejecutiva para asuntos Económicos y Sociales Organización de Estados Americanos. (1993). *Manual sobre el Manejo de Peligros Naturales en la Planificación para el Desarrollo Regional Integrado*. Washington, D.C.: Casma.

22. Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos Área de aguas superficiales. (Diciembre de 2010). *Autoridad Nacional del Agua*. Obtenido de http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/evaluacion_rh_superficiales_rio_mantaro_0.pdf

23. Espinoza Durán, C. E., & Tapia Berzoza, F. E. (2013). *Análisis comparativo entre los métodos de estabilidad de taludes aplicados a las presas de tierra del Proyecto PACALORI*. Obtenido de [dspace.ucuenca.edu.ec: http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/4572/1/TESIS.pdf](http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/4572/1/TESIS.pdf)

24. García López, J. (2005). *Análisis de vulnerabilidad por movimientos de ladera: Desarrollo de las metodologías para evaluación y cartografía de la vulnerabilidad*. Obtenido de http://info.igme.es/SIDIMAGENES/113000/263/113263_0000010.PDF

25. Granados López, A. R. (2006). *Estabilización del Talud de la Costa Verde en la zona del Distrito de Barranco*. Obtenido de PUPC: http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/170/GRANADOS_ALAN_ESTABILIZACION_TALUD_COSTA_VERDE.pdf;jsessionid=34E2A981BDD41C4C007370E8375E43D6?sequence=1

26. Guillén Martínez, C. E. (2004). *Estabilidad de Taludes en los Departamentos de Guatemala y alta Verapaz ,casos reales*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.

27. Hunt. (1984). *Guía para identificar problemas de deslizamientos*.

28. Juárez Badillo, E., & Rico Rodríguez, A. (2005). *Fundamentos de la Mecánica de Suelos*. Mexico: Limusa.

29. Land and Water Division. (2006). *Guía para la Descripción de Suelos*. Deputy Directory - Generak Natural Resources.

30. M. Das, B. (1999). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. Mexico, D.F.: THOMSON.

31. Ministerio de Transporte e Infraestructura Manual para la Revisión de Estudios Geotécnicos. (3 de Octubre de 2008). *Manual para la Revisión de Estudios Geotécnicos*.

- Geotécnicos*. Obtenido de <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-para-revision-estudios-geotecnicos.pdf>
32. Mundo Geografía. (s.f.). *Geomorfología Peruana*. Obtenido de <http://mundogeografiaa.blogspot.pe/2012/03/geomorfologia-peruana.html>
33. Muñoz Razo, C. (2011). *Cómo elaborar y asesorar una Investigación de Tesis*. Mexico: Pearson Educación.
34. Olivia Gonzáles, A. O. (s.f.). *Grupo ITEICO*. Obtenido de https://www.academia.edu/12465089/ESTABILIDAD_DE_TALUDES_Y_LADERAS._AN%C3%81LISIS_CUANTITATIVO_Y_CUALITATIVO
35. Rico Rodríguez, A. (2005). *La ingeniería de suelos en las vías Terrestres: Carreteras, ferrocarriles y aeropistas*. Mexico: Limusa.
36. Suarez, J. (Abril de 2013). *Deslizamientos: Análisis Geotécnico*. Obtenido de Estabilidad de Taludes : file:///C:/Users/JUDITH/Downloads/librodeslizamientosti_cap1.pdf
37. Torres Chung, C. R. (2007). *alicia.concytec.gob.pe*. Obtenido de [file:///C:/Users/JUDITH/Downloads/torres_cr%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/JUDITH/Downloads/torres_cr%20(1).pdf)
38. Universidad Nacional de Cajamarca. (03 de Diciembre de 2015). *DocSlide*. Obtenido de <http://myslide.es/documents/informe-ronquillo-sustentacion-verdadero-impresiondocx.html#>
39. WIKIPEDIA. (2 de Junio de 2016). *WIKIPEDIA La Enciclopedia Libre*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Distrito_de_Sapallanga
40. John Soto, J. R. (2011). *Cybertesis*. Obtenido de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2011/bmfci.65p/doc/bmfci.65p.pdf>
41. Alva Hurtado, J. (Febrero de 1994). *Cismid*. Obtenido de Facultad de Ingeniería Civil: http://www.cismid.uni.edu.pe/descargas/a_labgeo/labgeo02_a.pdf
42. Autoridades del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2015). Plan de Desarrollo Urbano de Huancayo. *Diagnostico Urbano*.

43. Caracterización de los movimientos. (s.f.). *Erosión*. Obtenido de www.erosion.com: file:///C:/Users/JUDITH/Downloads/184-1_caracterizaciondelosmovimientos%201%20(1).pdf
44. Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente Secretaría ejecutiva para asuntos Económicos y Sociales Organización de Estados Americanos. (1993). *Manual sobre el Manejo de Peligros Naturales en la Planificación para el Desarrollo Regional Integrado*. Washington, D.C.: Casma.
45. Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos Área de aguas superficiales. (Diciembre de 2010). *Autoridad Nacional del Agua*. Obtenido de http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/evaluacion_rh_superficiales_rio_mantaro_0.pdf
46. Espinoza Durán, C. E., & Tapia Berzoza, F. E. (2013). *Análisis comparativo entre los métodos de estabilidad de taludes aplicados a las presas de tierra del Proyecto PACALORI*. Obtenido de [dspace.ucuenca.edu.ec](http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/4572/1/TESIS.pdf): <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/4572/1/TESIS.pdf>
47. García López, J. (2005). *Análisis de vulnerabilidad por movimientos de ladera: Desarrollo de las metodologías para evaluación y cartografía de la vulnerabilidad*. Obtenido de http://info.igme.es/SIDIMAGENES/113000/263/113263_0000010.PDF
48. Granados López, A. R. (2006). *Estabilización del Talud de la Costa Verde en la zona del Distrito de Barranco*. Obtenido de PUPC: http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/170/GRANADOS_ALAN_ESTABILIZACION_TALUD_COSTA_VERDE.pdf;jsessionid=34E2A981BDD41C4C007370E8375E43D6?sequence=1
49. Guillén Martínez, C. E. (2004). *Estabilidad de Taludes en los Departamentos de Guatemala y alta Verapaz ,casos reales*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
50. Hunt. (1984). *Guía para identificar problemas de deslizamientos*.
51. Juárez Badillo, E., & Rico Rodríguez, A. (2005). *Fundamentos de la Mecánica de Suelos*. Mexico: Limusa.
52. Land and Water Division. (2006). *Guía para la Descripción de Suelos*. Deputy Directory - Generak Natural Resources.

53. M. Das, B. (1999). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. Mexico, D.F.: THOMSON.
54. Ministerio de Transporte e Infraestructura Manual para la Revisión de Estudios Geotécnicos. (3 de Octubre de 2008). *Manual para la Revisión de Estudios Geotécnicos*. Obtenido de <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-para-revision-estudios-geotecnicos.pdf>
55. Mundo Geografía. (s.f.). *Geomorfología Peruana*. Obtenido de <http://mundogeografiaa.blogspot.pe/2012/03/geomorfologia-peruana.html>
56. Muñoz Razo, C. (2011). *Cómo elaborar y asesorar una Investigación de Tesis*. Mexico: Pearson Educación.
57. Olivia Gonzáles, A. O. (s.f.). *Grupo ITEICO*. Obtenido de https://www.academia.edu/12465089/ESTABILIDAD_DE_TALUDES_Y_LADERAS._AN%C3%81LISIS_CUANTITATIVO_Y_CUALITATIVO
58. Rico Rodríguez, A. (2005). *La ingeniería de suelos en las vías Terrestres: Carreteras, ferrocarriles y aeropistas*. Mexico: Limusa.
59. Suarez, J. (Abril de 2013). *Deslizamientos: Análisis Geotécnico*. Obtenido de Estabilidad de Taludes : file:///C:/Users/JUDITH/Downloads/librodeslizamientosti_cap1.pdf
60. Torres Chung, C. R. (2007). *alicia.concytec.gob.pe*. Obtenido de [file:///C:/Users/JUDITH/Downloads/torres_cr%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/JUDITH/Downloads/torres_cr%20(1).pdf)
61. Universidad Nacional de Cajamarca. (03 de Diciembre de 2015). *DocSlide*. Obtenido de <http://myslide.es/documents/informe-ronquillo-sustentacion-verdadero-impresiondocx.html#>
62. WIKIPEDIA. (2 de Junio de 2016). *WIKIPEDIA La Enciclopedia Libre*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Distrito_de_Sapallanga
63. John Soto, J. R. (2011). *Cybertesis*. Obtenido de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2011/bmfciij.65p/doc/bmfciij.65p.pdf>

64. Alva Hurtado, J. (Febrero de 1994). *Cismid*. Obtenido de Facultad de Ingeniería Civil: http://www.cismid.uni.edu.pe/descargas/a_labgeo/labgeo02_a.pdf
65. Autoridades del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2015). Plan de Desarrollo Urbano de Huancayo. *Diagnostico Urbano*.
66. Caracterización de los movimientos. (s.f.). *Erosión*. Obtenido de www.erosion.com: [file:///C:/Users/JUDITH/Downloads/184-1_caracterizaciodelosmovimientos%201%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/JUDITH/Downloads/184-1_caracterizaciodelosmovimientos%201%20(1).pdf)
67. Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente Secretaría ejecutiva para asuntos Económicos y Sociales Organización de Estados Americanos. (1993). *Manual sobre el Manejo de Peligros Naturales en la Planificación para el Desarrollo Regional Integrado*. Washington, D.C.: Casma.
68. Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos Área de aguas superficiales. (Diciembre de 2010). *Autoridad Nacional del Agua*. Obtenido de http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/evaluacion_rh_superficiales_rio_mantaro_0.pdf
69. Espinoza Durán, C. E., & Tapia Berzoza, F. E. (2013). *Análisis comparativo entre los métodos de estabilidad de taludes aplicados a las presas de tierra del Proyecto PACALORI*. Obtenido de dspace.ucuenca.edu.ec: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/4572/1/TESIS.pdf>
70. García López, J. (2005). *Análisis de vulnerabilidad por movimientos de ladera: Desarrollo de las metodologías para evaluación y cartografía de la vulnerabilidad*. Obtenido de http://info.igme.es/SIDIMAGENES/113000/263/113263_0000010.PDF
71. Granados López, A. R. (2006). *Estabilización del Talud de la Costa Verde en la zona del Distrito de Barranco*. Obtenido de PUPC: http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/170/GRANADOS_ALAN_ESTABILIZACION_TALUD_COSTA_VERDE.pdf;jsessionid=34E2A981BDD41C4C007370E8375E43D6?sequence=1
72. Guillén Martínez, C. E. (2004). *Estabilidad de Taludes en los Departamentos de Guatemala y alta Verapaz ,casos reales*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
73. Hunt. (1984). *Guía para identificar problemas de deslizamientos*.

74. Juárez Badillo, E., & Rico Rodríguez, A. (2005). *Fundamentos de la Mecánica de Suelos*. Mexico: Limusa.
75. Land and Water Division. (2006). *Guía para la Descripción de Suelos*. Deputy Directory - Generak Natural Resources.
76. M. Das, B. (1999). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. Mexico, D.F.: THOMSON.
77. Ministerio de Transporte e Infraestructura Manual para la Revisión de Estudios Geotécnicos. (3 de Octubre de 2008). *Manual para la Revisión de Estudios Geotécnicos*. Obtenido de <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-para-revision-estudios-geotecnicos.pdf>
78. Mundo Geografía. (s.f.). *Geomorfología Peruana*. Obtenido de <http://mundogeografiaa.blogspot.pe/2012/03/geomorfologia-peruana.html>
79. Muñoz Razo, C. (2011). *Cómo elaborar y asesorar una Investigación de Tesis*. Mexico: Pearson Educación.
80. Olivia Gonzáles, A. O. (s.f.). *Grupo ITEICO*. Obtenido de https://www.academia.edu/12465089/ESTABILIDAD_DE_TALUDES_Y_LADERAS._AN%3%81LISIS_CUANTITATIVO_Y_CUALITATIVO
81. Rico Rodríguez, A. (2005). *La ingeniería de suelos en las vías Terrestres: Carreteras, ferrocarriles y aeropiastas*. Mexico: Limusa.
82. Suarez, J. (Abril de 2013). *Deslizamientos: Análisis Geotecnico*. Obtenido de Estabilidad de Taludes : file:///C:/Users/JUDITH/Downloads/librodeslizamientosti_cap1.pdf
83. Torres Chung, C. R. (2007). *alicia.concytec.gob.pe*. Obtenido de [file:///C:/Users/JUDITH/Downloads/torres_cr%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/JUDITH/Downloads/torres_cr%20(1).pdf)
84. Universidad Nacional de Cajamarca. (03 de Diciembre de 2015). *DocSlide*. Obtenido de <http://myslide.es/documents/informe-ronquillo-sustentacion-verdadero-impresiondocx.html#>
85. WIKIPEDIA. (2 de Junio de 2016). *WIKIPEDIA La Enciclopedia Libre*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Distrito_de_Sapallanga

ANEXOS

A continuación se presentan los ensayos realizados para calcular las características geotécnicas extraídas en campo. También se presentan fotografías del talud de la Zona Ribereña del río Mantaro en los Barrios de Progreso - Mantaro del distrito de Huancán, provincia de Huancayo, Región Junín durante la etapa de elaboración de esta tesis.

ANEXO A. FOTOGRAFÍAS



Fotografía 1 Vista parcial de la zona de Estudio



Fotografía 2 Vista de Estratos representativos



Fotografía 3 Vista del Talud y falla de desprendimiento



Fotografía 4 Representación de estratos de material fino como arcillas y arenas



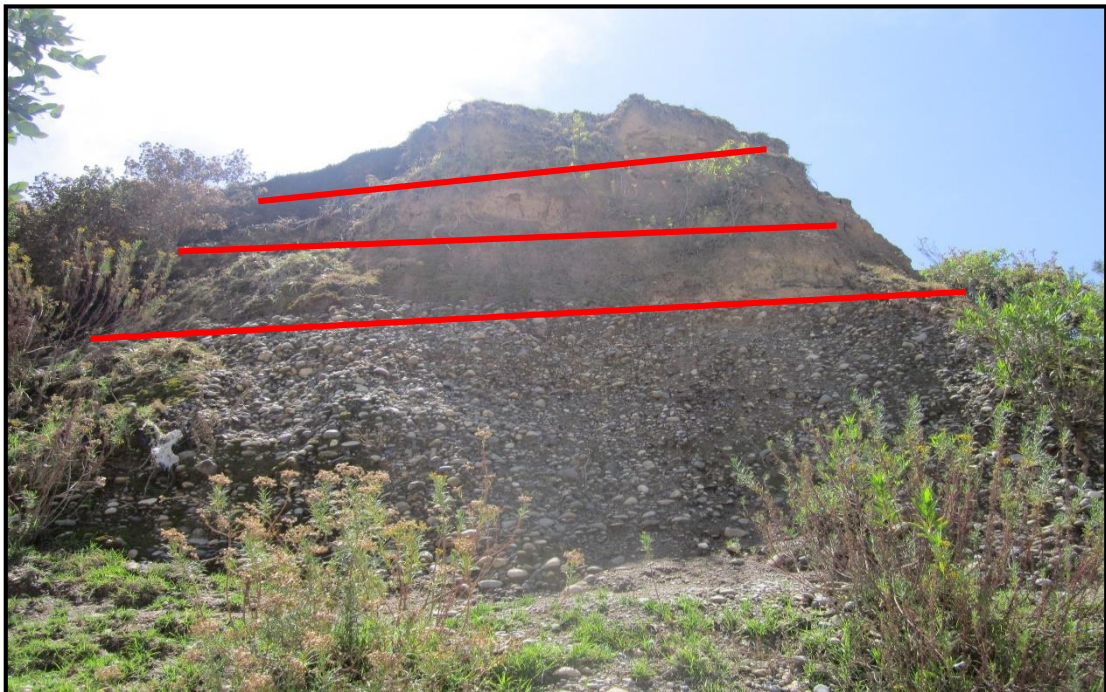
Fotografía 5 Apreciación de desprendimientos ocasionados por la erosión



Fotografía 6 Presencia de material suelto entre arenas y arcillas



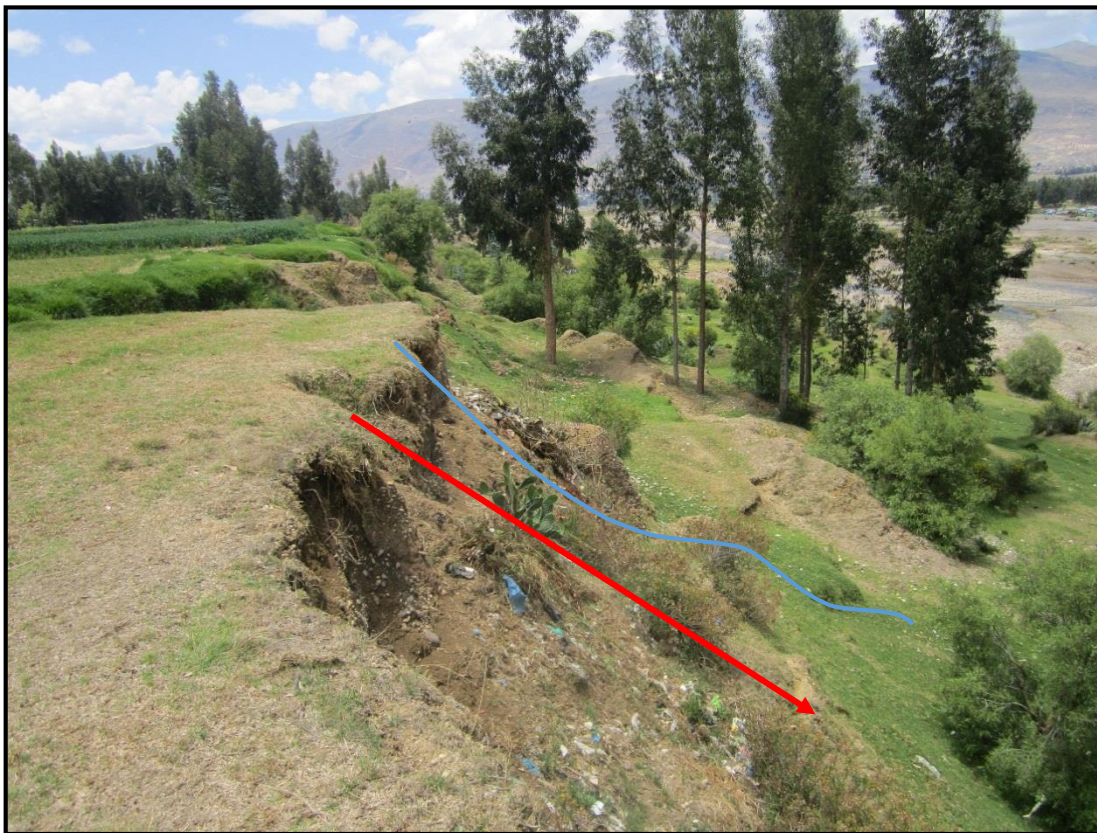
Fotografía 7 Verificación e inspección visual en zona de estudio



Fotografía 8 Vista de estratos en talud de estudio



Fotografía 9 Vista de quebradas donde se presenta el deslizamiento



Fotografía 10 Talud expuesto con desprendimiento existente



Fotografía 11 Visualización e inspección en campo



Fotografía 12 Vista de talud de la parte superior



Fotografía 13 Vista de talud y desprendimientos formados capas y acumulación de material



Fotografía 14 Talud protegido con vegetación existente



Fotografía 15 Calicata N°1



Fotografía 16 Calicata N°2



Fotografía 17 Calicata N°3



Fotografía 18 Calicata N°4



Fotografía 19 Calicata N°5



Fotografía 20 Calicata N°6



Fotografía 21 Calicata N°7



Fotografía 22 Calicata N°8

ANEXO B. ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

ANEXO C. PLANO DE LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DE TALUD - HUANCAN

ANEXO D. PLANO DE PERFIL DE TALUD – HUANCAN

ANEXO E. PLANO DE PLANEAMIENTO URBANO

ANEXO F. PLANO DE SECCIONES DE TALUD – HUANCAN

ANEXO G. PLANO DE SECCIONES CRITICAS PARA CÁLCULO