



UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

**“ESTABILIDAD DE TALUDES Y SU EFECTO EN EL COSTO Y TIEMPO DE
EXPLANACIÓN CARRETERA TRAMO PAMPA CRUZ – UCHUYRUMI,
PAUCARÁ- HUANCAVELICA 2017”**

PRESENTADA POR EL BACHILLER

Jhonnior Sihuinta Huaman

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO CIVIL

HUANCAYO – PERÚ

JULIO, 2017

DEDICATORIA

A mis padres por la paciencia, comprensión y todo el apoyo brindado en mi formación como persona y profesional.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a los docentes de la E.A.P
Ingeniería Civil de la universidad Alas
Peruanas por los conocimientos aportados
durante mis estudios universitarios.

RESUMEN

La carretera en estudio se encuentra entre el barrio de PAMPA CRUZ donde empieza el Kilómetro 0+000 y termina en el Kilómetro 4 +933.84 km en el barrio de UCHUYRUMI; el actual Camino de Herradura es una vía con mal estado de conservación y no es suficiente los trabajos con faenas comunales, entre tanto, las comunidades han solicitado en reiteradas oportunidades el mejoramiento de estas vías a fin de mejorar la articulación vial del Distrito de Paucará, motivo por el cual el presente estudio nace como inquietud siendo este el resultado de una necesidad sentida de la población.

Una meta clara de la tesis es viabilizar el desarrollo social económico de las poblaciones asentadas en el radio de influencia de la tesis, así como el manejar las condiciones de vida en los aspectos de salud, educación, cultura y actividades económicas. Fomentar el desarrollo de las actividades económicas predominantes de la zona como la agricultura, la ganadería, el turismo y otros en el área de influencia de la investigación.

El trabajo de movimientos de tierras en los taludes se realizará adecuadamente para no dañar su superficie final, evitar la descompresión prematura o excesiva de su pie y contrarrestar cualquier otra causa que pueda comprometer la estabilidad del talud de corte final.

El trabajo de explanaciones en taludes sea en cualesquiera de los materiales clasificados se debe ajustar a las consideraciones técnicas (Geología y Geotecnia) tomando en cuenta las recomendaciones de los taludes de reposo, a fin de garantizar su estabilidad en el tiempo. Sin embargo a mayoría del proyecto de mejoramiento de vías de bajo tráfico obvian esta consideración y generan perjuicios por desprendimientos prematuros, derrumbes, deterioro de la carpeta.

La presente investigación titulada: LA ESTABILIDAD DE TALUDES Y SU EFECTO EN EL COSTO Y TIEMPO DE EXPLANACIÓN CARRETERA PAMPA CRUZ - UCHUYRUMI, HUANCVELICA 2017, analiza el efecto de la mala asignación de taludes de reposo en el proyecto.

SUMMARY

The road in study is located between the district of PAMPA CRUZ where the kilometer 0 + 000 starts and ends in kilometer 4 + 933.84 km in the neighborhood of UCHUYRUMI; The current Camino de Herradura is a poorly maintained road and work with communal works is not enough, meanwhile, communities have repeatedly asked for the improvement of these roads in order to improve the articulation of the Paucará District, Reason why the present study is born as restlessness being this the result of a felt need of the population.

A clear goal of the thesis is to make possible the social and economic development of the populations based on the influence of the thesis, as well as to manage living conditions in health, education, culture and economic activities. Foster the development of the predominant economic activities of the area such as agriculture, livestock, tourism and others in the area of influence of research.

The work of earthwork on the slopes will be done properly so as not to damage its final surface, to avoid premature or excessive decompression of its foot and to counter any other cause that could compromise the stability of the final cut slope. The slope work on any of the classified materials should be adjusted to the technical considerations (Geology and Geotechnics) taking into account the recommendations of the rest slopes, in order to guarantee their stability over time. However, most of the project for the improvement of low traffic routes obviate this consideration and generate damages for premature detachment, collapse, deterioration of the portfolio.

The present research entitled: STABILITY OF SLOPES AND THEIR EFFECT ON THE COST AND TIME OF EXPLANATION ROAD PAMPA CRUZ - UCHUYRUMI, HUANCVELICA 2017, analyzes the effect of poor allocation of rest slopes in the project.

SINTESIS

La estabilidad de taludes es uno de los factores críticos en la economía y seguridad en construcciones civiles superficiales; así como en la identificación, control y mitigación de riesgos geodinámicos. Sin embargo, el problema de estabilidad de taludes tiene gran incidencia; en los costos totales de construcción y mantenimiento de obras civiles tales como represas, cortes y rellenos en vías de transporte y otros. Así mismo, la inestabilidad de taludes se relaciona con los altos costos económico - sociales producto de los desastres naturales geodinámicos.

La inestabilidad de taludes producto de una inadecuada gestión de taludes; genera un considerable impacto ambiental que puede mitigarse con aplicación de tecnología adecuada de la gestión de taludes.

Existen muchas técnicas disponibles para usar la información geotécnica en la evaluación de taludes; estas incluyen el método de equilibrio límite, los métodos numéricos computacionales y los métodos probabilísticos.

Se plantea una evaluación teórica, un posible flujo de decisiones, los cuales podrían servir para las investigaciones de estabilidad de taludes.

En el capítulo I: Se describe la realidad problemática, por el cual se está haciendo la presente tesis

En el capítulo II: se menciona los antecedentes de la investigación sobre taludes, se menciona los estudios realizados con anterioridad en relación a los factores de seguridad y talud. También se hace referencia a las a las definiciones importantes de la estabilidad de taludes.

En el capítulo III: se muestra las muestras y resultados que se analizan en el programa slide v6, que considera taludes estables mayores a $FS > 1.2$.

En el capítulo IV, se refiere a la formulación del contraste de la hipótesis planteada en esta tesis, el fundamento teórico y su aplicación con datos simulados, comprobados luego con los datos reales.

Finalmente se presenta las recomendaciones conclusiones acerca del costo y tiempo en la estabilidad de taludes y las referencias bibliográficas.

INDICE

RESUMEN	iv
SUMMARY	v
SINTESIS	vi
INDICE	vii
INDICE DE TABLAS	xiii
INTRODUCCIÓN	xv
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. Descripción de la realidad problemática	1
1.2. Delimitaciones de la investigación	1
1.2.1. Temporal	1
1.2.2. Espacial	1
1.3. Planteamiento del problema	3
1.3.1. Problema general	3
1.3.2. Problemas específicos	3
1.4. Objetivos de la investigación	3
1.4.1. Objetivo general	3
1.4.2. Objetivos específicos	3
1.5. Formulación de la hipótesis de la investigación	4
1.5.1. Hipótesis General	4
1.5.2. Hipótesis Específicas	4
1.6. Variables de la investigación	4
1.6.1. Variable independiente	4
1.6.2. Variables dependientes	4
1.7. Operacionalización de Variables	4
1.8. Diseño de la investigación	5
1.9. Método de investigación	5
1.9.1. Tipo de Investigación	6

1.9.2. Nivel de Investigación	6
1.9.3. Método de Investigación	6
1.10. Población y muestra de la investigación	6
1.10.1. Población	7
1.10.2. Muestra	7
1.11. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	7
1.11.1. Técnicas.....	7
1.11.2. Instrumentos	8
1.11.3. Justificación.....	8
1.11.4. Importancia	9
CAPÍTULO II : MARCO TEÓRICO	10
2.1. Marco referencial	10
2.1.1. Antecedente internacional.....	10
2.1.2. Antecedente nacional.....	11
2.1.3. Antecedente local.....	15
2.2. Bases Teóricas	16
2.2.1. Concepto de talud o ladera	16
2.2.2. Partes de un talud	16
2.2.3. Nomenclatura de los procesos de movimiento.....	17
2.2.4. Movimientos de masa	36
2.2.5. Deslizamientos	41
2.2.6. Derrumbes	48
2.2.7. Movimientos complejos de un talud	53
2.2.8. Factores de inestabilidad.....	54
2.2.9. Resistencia al esfuerzo cortante del suelo	57
2.2.10. Factor de seguridad.....	60
2.2.11. Métodos correctivos para la estabilización de taludes	61

2.3. Definición de términos básicos.....	68
CAPÍTULO III : PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	71
3.1. Confiabilidad y validación del instrumento	71
3.1.1. Uso de observación de campo y experiencia	71
3.1.2. Análisis granulométrico	74
3.1.3. Nivel de Napa freática	81
3.1.4. Clasificación, granulometría y límites de Atterberg.....	83
3.1.5. Ángulo de Fricción y Cohesión.....	84
3.1.6. Intervalos para los niveles de riesgo en taludes según el factor de seguridad	84
3.2. Análisis cuantitativo de las variables	85
3.2.1. Análisis de estabilidad de taludes sin carga	85
3.2.2. Análisis De Secciones Con Cargas Y Cargas De Sismo	101
CAPÍTULO IV : PROCESO DE CONTRASTE DE HIPÓTESIS	109
4.1. Prueba de hipótesis.....	109
4.1.1. Análisis de costos para el movimiento de tierra	109
4.1.2. Análisis de la variación de tiempo	110
CAPÍTULO V : DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	112
CONCLUSIONES	112
RECOMENDACIONES	113
BIBLIOGRAFÍA	115

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 : Ubicación del proyecto Nacional- Regional.....	2
Figura 2 . Ubicación específica del proyecto Departamental - Distrital.....	2
Figura 3 :Diseño de investigación	5
Figura 4 :Talud artificial y ladera natural	16
Figura 5 :Nomenclatura de las diferentes partes que conforman un deslizamiento	18
Figura 6 : Esquema de caídos de roca y residuos	19
Figura 7 : Deslizamientos en suelos blandos	21
Figura 8 : Deslizamiento rotacional típico.....	22
Figura 9 : Deslizamiento rotacionales en las Bambas.....	23
Figura 10:Diferentes superficies circulares de rotura (IGME,1986).....	24
Figura 11 : Las discontinuidades de la estructura geológica determinan, en muchos casos, la ocurrencia de los desplazamientos de tierra.....	31
Figura 12 : Esquema de circulación del agua de una ladera.....	34
Figura 13:Flujos de Barro	36
Figura 14:Flujo de Derrubios.....	37
Figura 15:Flujo de bloques.....	38
Figura 16:Flujo de arena Seca	39
Figura 17 :Flujo de Arena Húmeda	39
Figura 18 : Colada.....	40
Figura 19 :Colada de barro.....	41
Figura 20:Falla plana y de cuña	44
Figura 21:: Falla de cuña.....	44
Figura 22 :Caída de lienzos rocosos	45
Figura 23 :Deslizamiento de compartimientos.....	46
Figura 24 :Deslizamiento rotacional	47
Figura 25 :Deslizamiento de derrubios.....	47
Figura 26:Volcamiento	49
Figura 27 :Caída de bloques	50

Figura 28:Desprendimientos periódico.....	51
Figura 29 :Desprendimientos de masa.....	51
Figura 32: Figura 30:Escarpas y acantilados	52
Figura 31 :Avalancha de derrubios.....	53
Figura 32 :Envolvente de falla de Mohr y los criterios de falla de Mohr-Coulomb .	58
Figura 33:Circulo de Mohr	59
Figura 34 :Fuerzas Actuantes en Dovelas	64
Figura 35 : Esquema Estático del Método Spencer	66
Figura 36 : Seccion km 0+130.....	86
Figura 37 : Factor de seguridad obtenido con el slide en el km 0+130	87
Figura 38 : Falla producida en el talud del km 0+130.....	87
Figura 39 :talud vs factor de seguridad km 0+130	88
Figura 40 :Sección km 2+630.....	88
Figura 41: Factor de seguridad obtenido con el slide en el km 2+630	89
Figura 42 :falla producida en el talud del km 2+630	90
Figura 43 :talud vs factor de seguridad km 2+630	90
Figura 44 :Seccion km 3+280.....	91
Figura 45:Factor de seguridad obtenido con el slide en el km 3+280	92
Figura 46 ::falla producida en el talud del km 3+280	92
Figura 47 :Talud vs factor de seguridad km 3+280	93
Figura 48 :Seccion km 2+320.....	93
Figura 49 : falla producida en el talud del km 2+320	94
Figura 50 Factor de seguridad obtenido con el slide en el km 2+320	95
Figura 51: Talud vs factor de seguridad km 2+320	95
Figura 52 :Seccion km 2+760.....	96
Figura 53 falla producida en el talud del km 2+760	97
Figura 54 : Factor de seguridad obtenido con el slide en el km 2+760	97
Figura 55: talud vs factor de seguridad km 2+760	98
Figura 56 :Seccion km 3+100.....	98
Figura 57 :Falla producida en el talud del km 3+100.....	99
Figura 58 :Factor de seguridad obtenido con el slide en el km 3+100	100
Figura 59 :talud vs factor de seguridad km 3+100	100

Figura 60 :Parámetros de Sitio - Territorio Nacional	101
Figura 61:Factor Z aceleración máxima	101
Figura 62 :Factor de Seguridad para la sección 0+130 carga viva y sísmica.....	102
Figura 63 :Factor de Seguridad para la sección 2+630 carga viva y sísmica.....	103
Figura 64 :Factor de Seguridad para la sección 3+280 carga viva y sísmica.....	104
Figura 65 :Factor de Seguridad para la sección 2+320 carga viva y sísmica.....	105
Figura 66 :Factor de Seguridad para la sección 2+630 carga viva y sísmica.....	106
Figura 67:Factor de Seguridad para la sección 3+280 carga viva y sísmica.....	107

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 : Tabla de Operacionalización de variables	5
Tabla 2 : Clasificación de deslizamientos	28
Tabla 3 : Factores influyentes en la inestabilidad de los taludes	29
Tabla 4 :Glosario de nombres para la caracterización de movimientos de masa. (Caracterización de los movimientos)	53
Tabla 5:Valores que determinan la estabilidad de un talud	60
Tabla 6 :Métodos correctivos para la estabilización de taludes.....	62
Tabla 7 : Comparación de los Métodos Basados en el Equilibrio Límite	68
Tabla 8:Propiedades Mecánica de los Suelos según SUCS	76
Tabla 9 :Coordenadas y ubicación de Calicatas	77
Tabla 10:Calicata 01 Factores Modificados según Dr. Karl Von Terzaghi	78
Tabla 11 :Calicata 02 Factores Modificados según Dr. Karl Von Terzaghi	79
Tabla 12 :Calicata 03 Factores Modificados según Dr. Karl Von Terzaghi	79
Tabla 13 :Calicata 04 Factores Modificados según Dr. Karl Von Terzaghi	80
Tabla 14 :Calicata 05 Factores Modificados según Dr. Karl Von Terzaghi	80
Tabla 15:Calicata 06 Factores Modificados según Dr. Karl Von Terzaghi	80
Tabla 16:Resultados para Diseño	81
Tabla 17 :Referencia de Napa Freática.....	82
Tabla 18 :Índice de Plasticidad.....	83
Tabla 19 :Clasificación de Suelos	83
Tabla 20 :Cohesión y Ángulo de Fricción	84
Tabla 21 : Relación entre el talud y el factor de seguridad.....	86
Tabla 22 :Relación entre el talud y el factor de seguridad.....	89
Tabla 23 :Relación entre el talud y el factor de seguridad.....	91
Tabla 24 : Relación entre el talud y el factor de seguridad.....	94
Tabla 25 :Relación entre el talud y el factor de seguridad.....	96
Tabla 26 :Relación entre el talud y el factor de seguridad.....	99
Tabla 27: Relación entre el talud y el factor de seguridad.....	102
Tabla 28 :Relación entre el talud y el factor de seguridad.....	103

Tabla 29 : Relación entre el talud y el factor de seguridad.....	104
Tabla 30 : Relación entre el talud y el factor de seguridad.....	105
Tabla 31: Relación entre el talud y el factor de seguridad.....	106
Tabla 32 : Relación entre el talud y el factor de seguridad.....	107
Tabla 33 : Valores de talud para el tipo de suelo en corte y relleno según el estudio inicial del proyecto.....	108
Tabla 34: Valores de talud para el tipo de suelo en corte y relleno según el programa slide v6	108
Tabla 35 :cantidad de volumen según el tipo de suelo (estudio inicial).....	109
Tabla 36 :costo del movimiento de tierra segun estudio inicial	109
Tabla 37 :cantidad de volumen segun el tipo de suelo (segun perfil estatigrafico)	110
Tabla 38 :costo del movimiento de tierra segun el analisis propuesto	110
Tabla 39 :tiempo empleado en la tarea de movimiento de tierra segun el estudio inicial	111
Tabla 40 :tiempo empleado en la tarea de movimiento de tierra segun el analizado con el slide	111

INTRODUCCIÓN

La carretera en estudio se encuentra entre el barrio de PAMPA CRUZ donde empieza el Kilómetro 0+000 y termina en el Kilómetro 4 +933.84 km en el barrio de UCHUYRUMI; el actual Camino de Herradura es una vía con mal estado de conservación y no es suficiente los trabajos con faenas comunales, entre tanto, las comunidades han solicitado en reiteradas oportunidades el mejoramiento de estas vías a fin de mejorar la articulación vial del Distrito de Paucará, motivo por el cual el presente estudio nace como inquietud siendo este el resultado de una necesidad sentida de la población.

Una meta clara de la tesis es viabilizar el desarrollo social económico de las poblaciones asentadas en el radio de influencia de la tesis, así como el manejar las condiciones de vida en los aspectos de salud, educación, cultura y actividades económicas. Fomentar el desarrollo de las actividades económicas predominantes de la zona como la agricultura, la ganadería, el turismo y otros en el área de influencia de la investigación.

El trabajo de movimientos de tierras en los taludes se realizará adecuadamente para no dañar su superficie final, evitar la descompresión prematura o excesiva de su pie y contrarrestar cualquier otra causa que pueda comprometer la estabilidad del talud de corte final.

El trabajo de explanaciones en taludes sea en cualesquiera de los materiales clasificados se debe ajustar a las consideraciones técnicas (Geología y Geotecnia) tomando en cuenta las recomendaciones de los taludes de reposo, a fin de garantizar su estabilidad en el tiempo. Sin embargo a mayoría del proyecto de mejoramiento de vías de bajo tráfico obvian esta consideración y generan perjuicios por desprendimientos prematuros, derrumbes, deterioro de la carpeta.

La presente investigación titulada: LA ESTABILIDAD DE TALUDES Y SU EFECTO EN EL COSTO Y TIEMPO DE EXPLANACIÓN CARRETERA PAMPA CRUZ - UCHUYRUMI, HUANCVELICA 2017, analiza el efecto de la mala asignación de taludes de reposo en el proyecto.

CAPÍTULO I : PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.Descripción de la realidad problemática

La presente investigación de tesis abarca la presentación del proceso constructivo (de acuerdo a las características del proyecto, materiales, mano de obra, maquinaria, etc.); es decir, desde que surge el problema de falla de un talud. Asimismo, comprende el análisis de las características del sistema y las diversas aplicaciones que puede tener la estabilidad de taludes de explanación carretera tramo Pampa Cruz – Uchuyrumi.

Además, se analizarán costos y rendimientos del sistema en estabilización de taludes en carreteras, para luego poder compararlos con los de otros sistemas en casos con condiciones similares.

1.2.Delimitaciones de la investigación

1.2.1. Temporal

La Investigación se desarrollará en un tiempo estimado de 3 meses de la las cuáles serán especificadas en el correspondiente cronograma.

1.2.2. Espacial

La carretera en estudio se encuentra entre la localidad de PAMPA CRUZ donde empieza el Kilómetro 0+00 pasara por la localidad de PAMPA CRUZ y termina en el Kilómetro 4 +933 km en la localidad de UCHUYRUMI.

- Ubicación Política:

Localidad: Centro Pampa Cruz

Distrito: Paucara

Provincia: Acobamba

Región: Huancavelica

- Ubicación Geográfica:

Sur: 124647.00 S

Oeste: 744314.00 O

Altura: 3746.00 m.s.n.m.

Ubicación del Proyecto

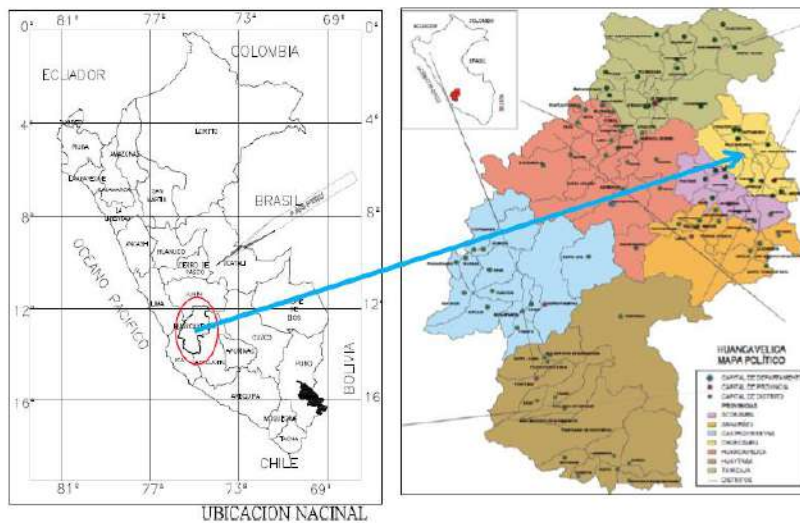


Figura 1 : Ubicación del proyecto Nacional- Regional

Fuente : Ministerio de transportes

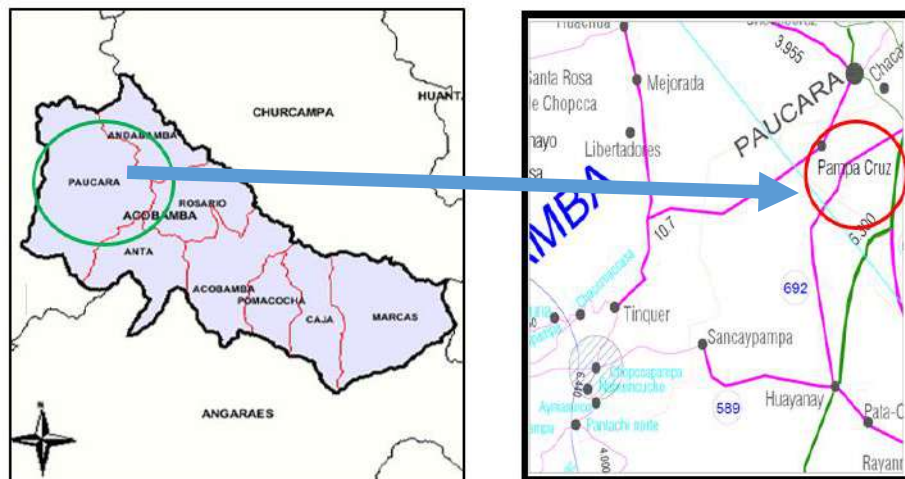


Figura 2 . Ubicación específica del proyecto Departamental - Distrital

Fuente : Ministerio de transportes

1.3. Planteamiento del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuál es la influencia de la estabilidad de taludes y su efecto en el costo y tiempo de explanación carretera tramo Pampa Cruz – Uchuyrumi, Paucará- Huancavelica 2017?

1.3.2. Problemas específicos

- a) ¿Cómo influye el tipo de suelo en el costo y tiempo de estabilidad de taludes y su efecto en el costo y tiempo de explanación carretera tramo Pampa Cruz – Uchuyrumi, Paucará- Huancavelica 2017?
- b) ¿Cómo afecta el talud de reposo en el costo y tiempo de estabilidad de taludes y su efecto en el costo y tiempo de explanación carretera tramo Pampa Cruz – Uchuyrumi, Paucará- Huancavelica 2017?
- c) ¿Cómo influye el factor de seguridad de estabilidad de taludes y su efecto en el costo y tiempo de explanación carretera tramo Pampa Cruz – Uchuyrumi, Paucará- Huancavelica 2017?

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo general

Determinar la influencia de la estabilidad de taludes y su efecto en el costo y tiempo de explanación carretera tramo Pampa Cruz – Uchuyrumi, Paucará - Huancavelica 2017.

1.4.2. Objetivos específicos

- a. Analizar si la influencia del tipo de suelo en la estabilidad de taludes y su efecto en el costo y tiempo de explanación carretera tramo Pampa Cruz – Uchuyrumi, Paucará- Huancavelica 2017.

- b. Determinar la influencia del talud en reposo y su efecto en el costo y tiempo de explanación carretera tramo Pampa Cruz – Uchuyrumi, Paucará- Huancavelica 2017
- c. Diagnosticar la influencia del factor de seguridad en la estabilidad de taludes y su efecto en el costo y tiempo de explanación carretera tramo Pampa Cruz – Uchuyrumi, Paucará- Huancavelica 2017.

1.5. Formulación de la hipótesis de la investigación

1.5.1. Hipótesis General

La estabilidad de taludes influye en el costo y tiempo de explanación carretera tramo Pampa Cruz – Uchuyrumi, Paucará- Huancavelica 2017.

1.5.2. Hipótesis Específicas

- a) El tipo de suelo influye en el costo y tiempo de explanación carretera tramo Pampa Cruz – Uchuyrumi, Paucará- Huancavelica 2017.
- b) El talud de reposo influye en el costo y tiempo de explanación carretera tramo Pampa Cruz – Uchuyrumi, Paucará- Huancavelica 2017.
- c) El factor de seguridad de estabilidad de taludes influye en el costo y tiempo de explanación carretera tramo Pampa Cruz – Uchuyrumi, Paucará- Huancavelica 2017.

1.6. Variables de la investigación

1.6.1. Variable independiente

Estabilidad del talud.

1.6.2. Variables dependientes

El Costo y tiempo de explanación.

1.7. Operacionalización de Variables.

Tabla 1 : Tabla de Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL		
		DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
VI: Estabilidad Del Talud	Un talud o ladera es una masa de tierra que no es plana, sino que posee pendiente o cambios de altura significativos.	Factor de seguridad	Numérico adimensional	Slide
VD: El Costo y tiempo de explanación	Estas condiciones se describen en términos de factores tales como los gastos y el tiempo del proyecto para la correcta estabilidad del talud en la carretera	Curvas y deslizamientos de los taludes en las carreteras	Soles y horas o día	Excel

Fuente: Elaboración propia

1.8. Diseño de la investigación



Figura 3 :Diseño de investigación

Fuente: Elaboración Propia

Donde “X, Y” son muestras

X: Muestra de construcción de la carretera Pampa Cruz –Uchuyrumi, tramo progresivo 0+000 a 4+933.84, en la provincia de Acobamba- Huancavelica 2017

Y: Observación: modelamiento y análisis de estabilidad de taludes y movimiento de tierras con: CIVIL 3D, Slide V 6.0.

1.9. Método de investigación

1.9.1. Tipo de Investigación

La investigación se caracteriza por el tipo:

- Por su fin Básico, porque tiene como finalidad mejorar el conocimiento y la comprensión de los fenómenos es el fundamento de otra investigación.
- Por su alcance temporal Seccional. Porque el estudio es en un momento y lugar determinado, pudiendo evaluar subgrupos de estudio de donde se puede recoger información sin necesidad de repetir las observaciones.
- Por su carácter Cuantitativa, centra de manera predominante la investigación en la cuantificación. Porque entre los elementos de la investigación existe una relación y que se pueda delimitar y saber dónde se inicia el problema y cuál es su dirección. Usa la metodología descriptiva, analítica y experimental

1.9.2. Nivel de Investigación

Investigación explicativa o de comprobación de hipótesis causales. Porque su objetivo es la explicación de los fenómenos y el estudio de sus relaciones para conocer su estructura y los aspectos que intervienen en la dinámica de aquéllos.

1.9.3. Método de Investigación

Experimental porque surge como resultado del desarrollo de la técnica y del conocimiento, como consecuencia del esfuerzo en lograr lo desconocido a través de una actividad transformadora.

1.10. Población y muestra de la investigación

1.10.1. Población

Conformada por la población de la zona de la carretera tramo Pampa Cruz– Uchuyrumi, en la provincia de Acobamba- Huancavelica.

1.10.2. Muestra

La muestra representativa será dada por 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.

1.11. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

1.11.1. Técnicas

- 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.
- Una descripción de las actividades realizadas durante el desarrollo del estudio geotécnico.
- 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.

- 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.
- 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.
- Toma de muestras para ensayos de suelos: contenido de humedad, límite líquido, límite plástico, granulometría, clasificación de suelos y corte directo.

1.11.2. Instrumentos

Los instrumentos que se utilizaron para la presente investigación fueron los siguientes: equipos de laboratorio para el ensayo de la muestra, equipo de cómputo (para el proceso de datos), información bibliográfica y manuales de laboratorio, equipos fotográficos, calculadoras y materiales de apunte.

1.11.3. Justificación

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.

1.11.4. Importancia

Esta investigación permite solucionar el problema de deslizamiento de talud en el tramo crítico de la carretera en mención con taludes de más de 10 m y material suelto, con alternativas económicas y efectivas tanto técnico y económicamente. La alternativa propuesta es la adecuada para nuestra zona de estudio que hoy en día es carente de recursos económicos, ya que muchas veces los presupuestos para obras civiles son limitados.

CAPÍTULO II : MARCO TEÓRICO

2.1.Marco referencial

2.1.1. Antecedente internacional

“ESTABILIZACIÓN DEL TALUD EN EL PR 55 + 950 DE LA VÍA MANIZALES – MARIQUITA”. [1]

- Para realizar el proceso de estabilización del talud interior se debe iniciar la descarga en tramos no mayores a 10 m en sentido longitudinal de la vía. Es importante que el talud debe estar libre de escombros y paralelamente se debe construir los sistemas de drenajes sub horizontales. [1]
- Para el talud exterior se debe adelantar un sistema de recuperación geomorfológica el cual consiste en la ejecución de trincho en gaviones hacia la base del flujo de tierras empotrados dentro de la zona de los esquistos, para evitar que la erosión regresiva genere taludes inestables y se pueda presentar un fenómeno de erosión remontante. [1]
- Respecto a la zona de la banca esta debe estar permanentemente bien drenada, por ello se recomienda la construcción de dos pozos de abatimiento hechos manualmente revestidos y con filtros en grava y geotéxtil entre el revestimiento y el terreno natural, dejando tuberías de paso a través de los anillos de revestimiento. [1]

“ESTABILIDAD DE TALUDES” [2]

Los métodos basados en el círculo de rozamiento y distribución de tensiones efectivas normales a la superficie de rotura concentradas en un punto, dan valores por el lado de la seguridad. Son sólo utilizables a nivel de anteproyecto cuando el suelo es homogéneo.

Los métodos “exactos” (Morgenstern y Price, Bishop, Janbu) son recomendables si se poseen herramientas informáticas adecuadas.

El método de Bishop simplificado proporciona resultados con errores menores del 7%, es fácilmente introducible en ordenadores sencillos y se adapta bien a geometrías no convencionales y a suelos heterogéneos.

Para suelos homogéneos y geometrías sencillas se recomienda el uso de ábacos.

– El análisis de estabilidad de macizos rocosos frente a roturas planas o en cuña requiere el uso de programas, aunque son fácilmente desarrollables por el propio usuario.

– Algunos métodos de equilibrio límite especialmente sencillos (talud indefinido; superficies complejas representadas por dos bloques, etc.) pueden ser muy útiles para efectuar estimaciones rápidas de la seguridad sin necesidad de acudir a programas de cálculo ni a gráficos de estabilidad.

2.1.2. Antecedente nacional

“ESTABILIZACIÓN DE TALUDES EN LA COSTA VERDE-CALLAO TRAMO AV. SANTA ROSA –JR. VIRÚ (1.3 KM)” [3]

- En el caso de secciones críticas deberá como mínimo cortar el material que esté por encima de la línea que une el pie del talud con un punto ubicado a aproximadamente 3m medidos horizontalmente por delante del edificio involucrado. [3]
- En el caso de secciones, deberá lograr un ángulo de 47° para poder asegurar que no habrá algún desprendimiento de materiales, será necesario la colocación de tierra vegetal para favorecer el crecimiento de césped que controle la estabilidad local (caída eventual de piedras). [3]
- Este presupuesto demuestra que la partida de mayor incidencia en proyectos de este tipo es la de movimiento de tierras, sobre todo en zonas urbanas como Lima debido a que no se puede simplemente

cortar y rellenar el material a una distancia corta, sino que es necesario mover el material hasta botaderos especiales. [3]

“ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES DE SUELOS DE GRAN ALTURA EN LA MINA ANTAPACCAY” [4]

Una de las recomendaciones para reducir el agua presente en los poros de los estratos podría ser implementar drenes sub horizontales en los estratos más inferiores. Adicionalmente, debería colocarse canaletas a pie de los taludes para trasladar el agua drenada y evitar que esta percole en los demás estratos. De este modo, se reduciría los riesgos de inestabilidad de los taludes. [4]

Por otro lado, se recomendaría realizar un mejor análisis de los acuíferos, además determinar de manera exacta la cota de la línea piezométrica. Se realizaron los análisis de estabilidad considerando valores de R_u variables para simular distintas posiciones de la línea piezométrica. De esta manera, se intenta representar los incrementos de niveles de agua en los taludes producto de una intensa lluvia que podría presentarse en la zona de estudio. [4]

Asimismo, los parámetros de diseño de estos taludes podrían haberse definido desde la elaboración del proyecto. Sin embargo, el poco interés que le colocaron a estos taludes debido a que los suelos no contenían mineral provocó que ciertos sectores fallaran en algunas ocasiones debido a pequeñas vibraciones generadas por la voladura y por saturación de zonas específicas. Se recomendaría que para la elaboración de futuros proyectos mineros se realicen los análisis de estabilidad de taludes de suelos con un mayor interés e importancia. Para de este modo, poder evitar gastos innecesarios. [4]

Los parámetros geotécnicos empleados en este análisis fueron determinados a partir de ensayos de corte directo, los cuales son antiguos y tienen una precisión menor a los ensayos modernos. Actualmente, los métodos más precisos para determinar la cohesión

y el ángulo de fricción de los suelos son los ensayos triaxiales. Por lo tanto, si se desearía realizar un análisis más discreto se recomendaría determinar los parámetros geotécnicos a partir de estos ensayos, los cuales son más caros y demoran más en el tiempo de ejecución. [4]

En los análisis, se consideró únicamente las propiedades geotécnicas de las matrices que envuelven las gravas y bolones, además se asumió que estas eran las mismas en la totalidad de los estratos. No se analizó la influencia de los materiales de mayor granulometría en la estabilidad de los taludes. Algunas publicaciones en el mundo explican que se han extrapolado ensayos a especímenes que contengan materiales gruesos y piedras. Para futuros proyectos, podría hacerse el intento de replicar estos ensayos para poder conocer de manera más representativa las propiedades geotécnicas de los estratos. [4]

“ESTABILIZACIÓN DE TALUD CON SISTEMA ERDOX EN TALUDES DE CARRETERAS” [5]

Este sistema es bastante conveniente para la mayoría de casos en los que existe inestabilidad de taludes, esto debido a varios factores positivos, entre los principales tenemos los siguientes:

Muy bajo impacto ambiental (debido a que es posible revegetar los elementos en la mayoría de casos). [5]

Costos menores a comparación de otros sistemas (en promedio la tercera parte que el costo del sistema Terramesh). [5]

Rendimientos muy buenos con respecto a otros sistemas parecidos presentes en el mercado local (hasta 3 veces mayor). [5]

Versatilidad para adaptarse a diversos casos en los que se necesite utilizar (por ejemplo, muro de contención, DME, defensa ribereña, espigones, disipadores de fuerza, entre otros). [5]

Bajo impacto social, ya que si por ejemplo, es necesario estabilizar un talud cercano a una carretera, no es necesario bloquearla completamente mientras se ejecuta el proyecto, lo cual es bastante beneficioso porque en ocasiones estas carreteras son la única vía de comunicación de pueblos alejados. [5]

Es una estructura antisísmica debido a la flexibilidad que posee gracias al mono-anclaje, lo que le permite poder adaptarse ante posibles asentamientos diferenciales o desprendimientos de material, sin adicionarle cargas no previstas a la estructura. [5]

En la mayoría de los casos, no es necesario transportar material de mejor calidad de otras zonas para rellenar las estructuras, sino que se usa el mismo material excavado como relleno, beneficiando tanto en términos de costos y plazos, como en impacto ambiental (causado por las emisiones de la maquinaria al transportar el material hacia el lugar del proyecto). [5]

Adquiere estabilidad inmediatamente después de rellenar la estructura (o compactarla si fuera necesario), lo que permite tener mejores rendimientos en la construcción. [5]

Al ser este un sistema nuevo en el país, es muy poco conocido, por lo que se debería difundir más su uso, debido a los beneficios mencionados, en especial porque no solo favorece a la empresa constructora en costos y rendimientos, sino que también tiene impactos positivos para el medio ambiente y los pobladores de las zonas afectadas. [5]

En el caso del sistema Terramesh, como en el de otros sistemas de contención de taludes similares, es necesario transportar material estructural de mejores características para garantizar el correcto funcionamiento del sistema; sin embargo, si se encuentra en un proyecto en el cual transportar material de buena calidad implica no solo elevar los costos, sino que también se ven afectados los plazos por la lejanía de canteras que cuenten con material de las

características necesarias. En este tipo de casos se resalta el beneficio del sistema ErdoX que no necesita transportar material de mejores características para la mayoría de casos. [5]

Los costos por m² de cada tipo de elemento ErdoX no varían significativamente, por lo que, al analizar una inestabilidad de talud, es mejor optar por los modelos reforzados, para así poder colocar la menor cantidad de elementos posible para asegurar la estabilidad del talud. [5]

2.1.3. Antecedente local

“SISTEMAS DE ESTABILIZACIÓN AL DESLIZAMIENTO DE TALUDES EN LA CARRETERA COCHAS –SAN AGUSTÍN DE CAJAS-INGENIO TRAMO KM 19+610 AL KM 20+424, HUANCAYO” [6]

- En el estudio se ha comprobado la inestabilidad del talud, ocasionado por factores naturales y antrópicos que originan el deslizamiento en el talud. Los factores naturales que han ocasionado el deslizamiento son: el factor hidrológico, el geotécnico, el geológico-geomorfológico; el factor sísmico es un agente que influye para el deslizamiento, pero su consideración es a futuro [6]
- El factor geotécnico y el geomorfológico influyen en el deslizamiento del talud, pero en menor intensidad, el factor geotécnico que afecta, es la baja cohesión del estrato del suelo con mayor espesor. [6]
- Después de haber realizado el análisis de estabilidad y comparación de sistemas con los criterios de selección analizados, se ha determinado que para el talud en estudio todos los sistemas son aplicables, pero el factor económico ha sido el criterio determinante en la definición de la alternativa más viable. [6]
- La consideración de la revegetación con plantas herbáceas en el talud superior de estudio, ha sido muy indispensable y adecuado, debido a que el material es bastante susceptible a la erosión por lluvias. [6]

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Concepto de talud o ladera

Un talud o ladera es una masa de tierra que no es plana, sino que posee pendiente o cambios de altura significativos. En la literatura técnica se define como ladera cuando su conformación actual tuvo como origen un proceso natural y talud cuando se conformó artificialmente.

[7] describe que 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,

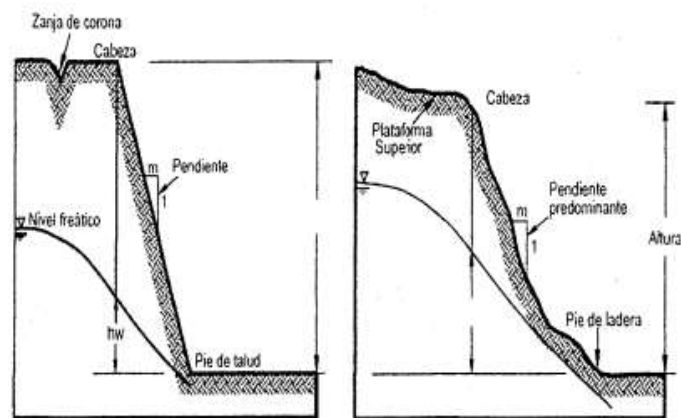


Figura 4 :Talud artificial y ladera natural

Fuente: (Suárez, 2009)

2.2.2. Partes de un talud

[7] menciona los siguientes elementos constitutivos en un talud o ladera: pie (pata o base) en la ocurren principalmente procesos de

deposición; cabeza, cresta, cima o escarpe en donde se presentan procesos de erosión; altura, altura de nivel freático y pendiente.

2.2.3. Nomenclatura de los procesos de movimiento

Los procesos geotécnicos activos de los taludes y laderas corresponden generalmente, a movimientos hacia abajo y hacia afuera de los materiales que conforman un talud de roca, suelo natural o relleno, o una combinación de ellos. Los movimientos ocurren generalmente, a lo largo de superficies de falla, por caída libre, movimientos de masa, erosión o flujos. Algunos segmentos del talud o ladera pueden moverse hacia arriba, mientras otros se mueven hacia abajo [7].

En la figura 5 se muestra un deslizamiento o movimiento en masa típico, con sus diversas partes cuya nomenclatura según [7] es la siguiente: Cabeza, cima, corona, escarpe principal, escarpe secundario, superficie de falla, pie de la superficie de falla, base, punta o uña, cuerpo principal del deslizamiento, superficie original del terreno, costado o flanco y derecha e izquierda.

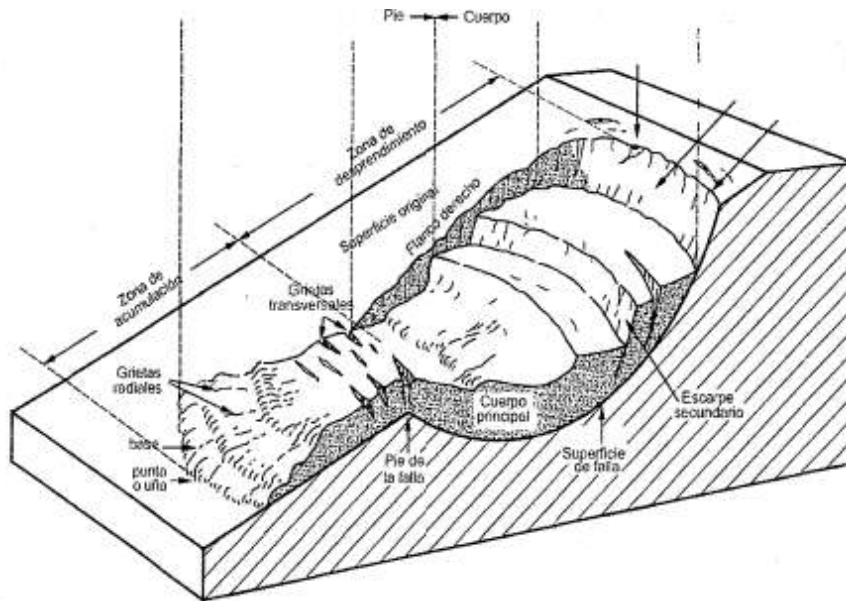


Figura 5 :Nomenclatura de las diferentes partes que conforman un deslizamiento

Fuente: (Suárez, 2009a).

2.2.3.1. Clasificación de los movimientos

[7] describe la clasificación de los movimientos en masa y presenta el sistema propuesto originalmente por Varnes (1978), el cual tipifica los principales tipos de movimiento y presenta algunas adiciones a los procesos de movimiento identificados originalmente por Varnes, a continuación, se detalla cada uno de ellos:

2.2.3.1.1. Caído

Caído es el desprendimiento y caída de materiales del talud. En los caídos se desprende una masa de cualquier tamaño desde un talud de pendiente fuerte a lo largo de una superficie en la cual el desplazamiento de corte es mínimo o no se da.

Este desplazamiento se produce principalmente por caída libre, a saltos o rodando. Los caídos de suelo, en escarpes semi-verticales, representan un riesgo importante para los elementos que están debajo del talud. Los caídos pueden incluir desde suelo y partículas relativamente pequeñas, hasta bloques de varios metros cúbicos. Los fragmentos son de diferentes tamaños y generalmente se rompen en el proceso de caído.

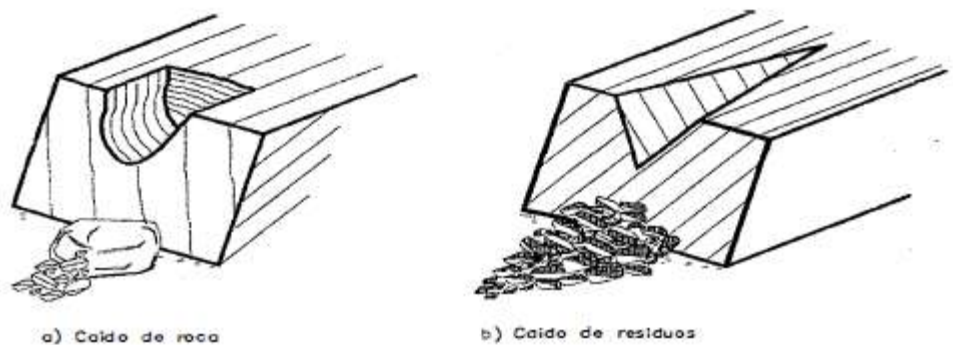


Figura 6 : Esquema de caídos de roca y residuos

2.2.3.1.2. Inclinación o volteo

Este tipo de movimiento consiste en una rotación hacia adelante de una unidad o unidades de material térreo con centro de giro por debajo del centro de gravedad de la unidad. Generalmente, los volcamientos ocurren en las formaciones rocosas, pero también, se presentan en suelos cohesivos secos y en suelos residuales. La inclinación puede abarcar zonas muy pequeñas o incluir volúmenes grandes hasta de varios millones de metros cúbicos. Varían de extremadamente lentas a extremadamente rápidas.

Dependiendo de las características geométricas y de la estructura geológica, la inclinación puede o no terminar en caídos o en derrumbes. Las fuerzas que producen el

volcamiento son generadas por las unidades adyacentes, el agua en las grietas o juntas, las expansiones y los movimientos sísmicos. Las inclinaciones pueden a menudo terminar en caídos de roca o residuos, derrumbes (caídos de suelo) o flujos [7].

2.2.3.1.3. Reptación

La reptación o "creep" consiste en movimientos del suelo subsuperficial desde muy lentos a extremadamente lentos sin una superficie definida de falla. La profundidad del movimiento puede ser desde pocos centímetros hasta varios metros. Generalmente, el desplazamiento horizontal es de unos pocos centímetros al año y afecta a grandes áreas de terreno. Las evidencias de reptación consisten en la inclinación de postes y cercas y/o la inclinación o curvatura de los troncos de los árboles y arbustos.

La reptación puede preceder a movimientos más rápidos como los flujos o deslizamientos traslacionales. La reptación comúnmente ocurre en las laderas con pendiente baja a media. Se le atribuye a las alteraciones climáticas relacionadas con los procesos de humedecimiento y secado en los suelos, usualmente arcillosos, muy blandos o alterados, con características expansivas [7].

2.2.3.1.4. Deslizamiento

El deslizamiento consiste en un desplazamiento de corte a lo largo de una o varias superficies, que pueden detectarse fácilmente o dentro de una zona relativamente delgada. Los deslizamientos pueden obedecer a procesos naturales o a desestabilización de masas de tierra por el efecto de cortes, rellenos, deforestación, etc.

El movimiento puede ser progresivo, o sea, que no se inicia simultáneamente a lo largo de toda la que sería la superficie de falla, sino que se va generando en un proceso gradual. La superficie de falla es una zona de determinado espesor, en la cual se producen cambios volumétricos y desplazamientos relacionados con la falla o rotura, al cortante de los materiales.

Los desplazamientos en masa se pueden subdividir en subtipos denominados deslizamientos rotacionales, deslizamientos traslacionales o planares y deslizamientos compuestos de rotación y traslación (ver figura 7). Esta diferenciación es importante porque puede definir el sistema de análisis y el tipo de estabilización que se va a emplear.

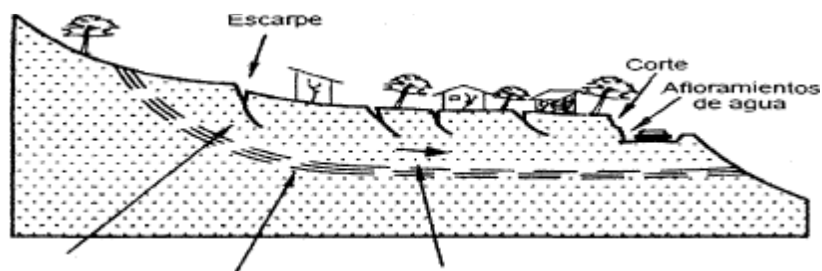


Figura 7 : Deslizamientos en suelos blandos

Fuente: (Suárez, 2009)

a) Deslizamiento rotacional

En un deslizamiento rotacional, la superficie de falla es formada por una o es cóncava hacia arriba cuyo centro de giro se encuentra por encima del centro de gravedad del cuerpo del movimiento. Según [7] ,visto en planta el deslizamiento de rotación posee una serie .de agrietamientos concéntricos y cóncavos en la dirección del movimiento (ver figura 8). El movimiento produce un área superior de hundimiento y otra inferior de deslizamiento, lo

cual genera, comúnmente, flujos de materiales por debajo del pie del deslizamiento. La cabeza del movimiento oscila hacia atrás y los árboles se inclinan, de forma diferente, en la cabeza y en el pie del deslizamiento.

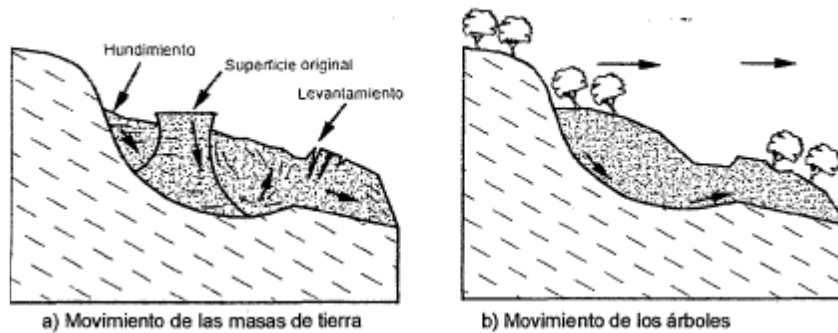


Figura 8 : Deslizamiento rotacional típico

Fuente: [7]

2.2.3.1.5. Curvatura de la superficie de falla

Los deslizamientos estrictamente rotacionales (círculos de falla) ocurren usualmente en suelos homogéneos, sean naturales o artificiales y debido a su facilidad de análisis son el tipo de deslizamiento más estudiado en la literatura. En las zonas tropicales cuando existe rotación, la superficie de falla generalmente es curva, pero no necesariamente circular, y está relacionada con la presencia de materiales residuales donde la resistencia al corte de los materiales aumenta con la profundidad. Sin embargo, en las zonas de meteorización muy profunda y en los rellenos de altura significativa, algunas superficies de falla se asemejan a círculos.

En la mayoría de los desplazamientos rotacionales se forma una superficie cóncava en forma de "cuchara". Los

desplazamientos rotacionales generalmente tienen una relación D_r/L_r entre 0.15 y 0.33 [7].

Los casos más conocidos de deslizamientos de rotación, (ver figura 9), se presentan en suelos arcillosos blandos con perfil profundo y en suelos residuales con perfiles meteorizados de gran espesor. También se presentan con frecuencia en los terraplenes. Generalmente, la forma y localización de la superficie de falla está influenciada por las discontinuidades y juntas o planos de estratificación [7].

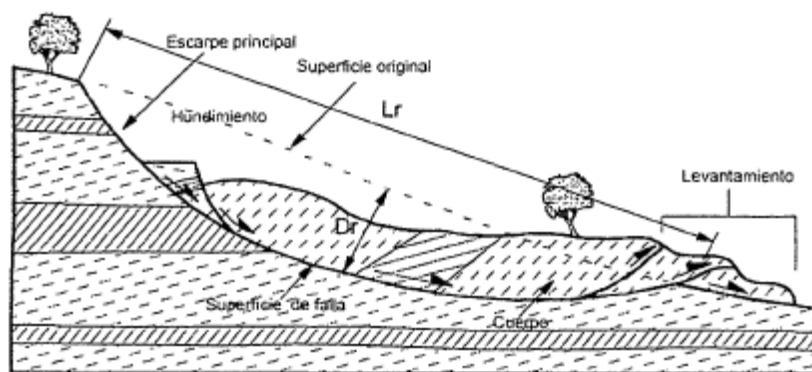


Figura 9 : Deslizamiento rotacionales en las Bambas

Fuente: Alternativas de acceso a mineraducto-Apurimac-Perú (Carrasco,2012)

2.2.3.2. Tipos de rotura circular de taludes en suelos

Según el Manual de Ingeniería de Taludes del Instituto Geológico y Minero de España [IGME], (1986), la salida de superficies circulares sobre las que se produce la rotura puede originarse en tres partes diferentes del talud, según las características resistentes del material e inclinación del talud, etc. Si la superficie de rotura corta al talud por encima de su pie, se denomina superficie de rotura de talud (deslizamiento superficial).

Cuando la salida se produce por el pie del talud y queda por encima de la base de dicho talud, recibe el nombre de superficie de rotura de pie de talud

Si la superficie de rotura pasa por debajo bajo del pie del talud con salida en la base del mismo y alejada del pie, se denomina superficie de rotura de base de talud (Deslizamiento profundo).

[7]mencionaron que los taludes en suelos rompen generalmente a favor de superficies curvas, con forma diversa condicionada por la morfología y estratigrafía del talud.

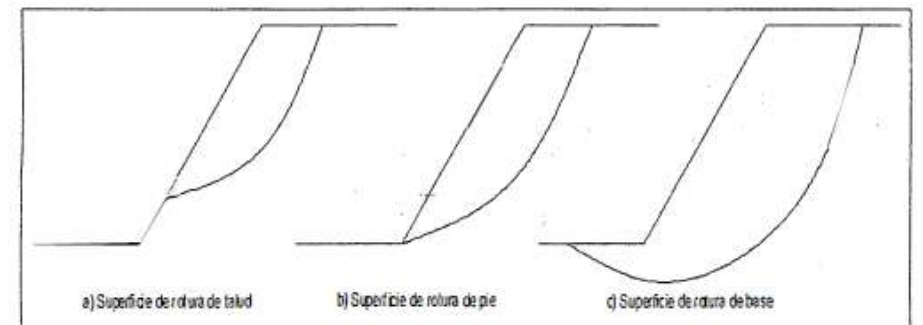


Figura 10:Diferentes superficies circulares de rotura (IGME,1986)

Fuente: Gonzales et al.,2002

Según [7] se presenta diferentes modelos de deslizamientos curvos o rotacionales tales como: Múltiple que se denomina a un deslizamiento que muestra movimientos del mismo tipo, generalmente ampliando la superficie de falla; en cambio, un movimiento sucesivo corresponde a movimientos repetidos, pero que no comparten la misma superficie de falla y el de tipo sencillo en donde se presenta un solo tipo de movimiento [8]

2.2.3.2.1. Deslizamiento de traslación

En el deslizamiento de traslación el movimiento de la masa se desplaza hacia fuera o hacia abajo, a lo largo de una

superficie más o menos plana o ligeramente ondulada y tiene muy poco o nada de movimiento de rotación o volteo. Los movimientos traslacionales tienen generalmente, una relación D_r/L_r de menos de 0.1. La diferencia importante entre los movimientos de rotación y traslación está principalmente, en la aplicabilidad o no de los diversos sistemas de estabilización [8].

Sin embargo, un movimiento de rotación trata de autoestabilizarse, mientras uno de traslación puede progresar indefinidamente a lo largo de la ladera hacia abajo. Los movimientos de traslación son comúnmente controlados por superficies de debilidad tales como fallas, juntas, fracturas, planos de estratificación y zonas de cambio de estado de meteorización que corresponden en términos cuantitativos a cambios en la resistencia al corte de los materiales o por el contacto entre la roca y materiales blandos o coluviones. En muchos deslizamientos de traslación la masa se deforma y/o rompe y puede convertirse en flujo [8].

2.2.3.2.2. . Análisis de superficies planas

Cuando existen discontinuidades planas en la roca o en el suelo del talud, se acostumbra realizar el análisis de falla a traslación. Esta técnica asume el deslizamiento traslacional de un cuerpo rígido a lo largo de un plano o a lo largo de la intersección de dos planos, como el caso de la falla en cuña [7].

2.2.3.2.3. Deslizamientos compuestos de traslación y rotación

Con frecuencia se presentan movimientos que incluyen dentro del patrón de desplazamiento general, movimientos

de traslación y de rotación. A estos movimientos se les conoce como "compuestos". Igualmente se pueden presentar hundimientos o extensiones laterales en forma conjunta [7]. La mayoría de los movimientos incluyen varios tipos de desplazamiento, aunque muchas veces sólo predomina uno.

2.2.3.3. Extensión lateral

Se denomina extensión o esparcimiento lateral a los movimientos con componentes, principalmente laterales, en taludes de baja pendiente. En los esparcimientos laterales el modo de movimiento dominante es la extensión lateral acomodada por fracturas de corte y tensión. El mecanismo de falla puede incluir elementos no solo de rotación y traslación sino también de flujo. Generalmente, los movimientos son complejos y difíciles de caracterizar. La rata de movimiento es por lo general extremadamente lenta. Los esparcimientos laterales pueden ocurrir en masas de roca sobre suelos plásticos y también se forman en suelos finos, tales como arcillas y limos sensitivos que pierden gran parte de su resistencia al remodelarse [7]

La falla es generalmente progresiva, o sea, que se inicia en un área local y se extiende. Los esparcimientos laterales son muy comunes en sedimentos glaciales y marinos, pero no los son en zonas de suelos tropicales residuales.

2.2.3.4. Flujo

En un flujo existen movimientos relativos de las partículas o bloques pequeños dentro de una masa que se mueve o desliza sobre una superficie de falla. Los flujos pueden ser lentos o rápidos, así como secos o húmedos y los puede haber de roca, de residuos o de suelo o tierra. El flujo puede ser laminar a turbulento. Al

aumentar la densidad y la viscosidad, el flujo puede transportar grandes bloques hacia la parte superior.

Los flujos muy lentos o extremadamente lentos pueden asimilarse en ocasiones, a los fenómenos de reptación y la diferencia consiste en que en los flujos existe una superficie fácilmente identificable de separación entre el material que se mueve y el subyacente, mientras en la reptación la velocidad del movimiento disminuye al profundizarse en el perfil, sin que exista una superficie definida de rotura.

Según [7] la ocurrencia de flujos puede estar relacionada con los siguientes factores: Las lluvias, el deshielo de nevados, los sismos y la alteración de suelos sensitivos.

Los flujos se clasifican de acuerdo con las características del material deslizado en: flujos de bloques de roca, flujos de residuos (detritos), flujo de suelo o tierra y flujos de lodo.

2.2.3.5. Avalanchas

Cuando los flujos alcanzan grandes velocidades se clasifican como avalanchas. En las avalanchas el flujo desciende formando una especie de "ríos de roca, suelo y residuos diversos". Estos flujos comúnmente se relacionan con las lluvias ocasionales de índices pluviométricos excepcionalmente altos, el deshielo de los nevados o los movimientos sísmicos en zonas de alta montaña y la ausencia de vegetación. Esto último, aunque es un factor influyente, no es un pre-requisito para que ocurran [7].

2.2.3.6. Movimientos complejos

Con mucha frecuencia los movimientos de un talud incluyen una combinación de dos o más tipos de desplazamiento descritos anteriormente. A este tipo de deslizamiento que involucra varios

tipos de movimientos, se le denomina "Complejo". Adicionalmente, un tipo de proceso activo puede convertirse en otro, a medida que progresa el fenómeno de desintegración; es así como una inclinación puede terminar en un caído o en un deslizamiento en flujo [7].

A continuación, se describe la clasificación de los movimientos, (ver Tabla 2).

Tabla 2 : Clasificación de deslizamientos

Tipo de movimiento		Tipo de material		
		Roca	Suelo	
			De grano grueso	De grano fino
Caídas		Caídas de rocas	Caídas de detritos	Caídas de suelos
Basculamientos		Basculamiento de rocas	Basculamiento de rocas	Basculamiento de rocas
Deslizamientos	rotacionales	Deslizamiento rotacional de rocas	Deslizamiento rotacional de detritos	Deslizamiento rotacional de suelos
	traslacionales	Deslizamiento traslacional de rocas	Deslizamiento traslacional de detritos	Deslizamiento traslacional de suelos
Separaciones laterales		Separación lateral en roca	Separación lateral en detritos	Separación lateral en suelos
flujos		Flujo de rocas	Flujo de detritos	Flujo de suelos
complejos		Combinación de rocas de dos o más tipos		

Fuente: Tomado de Vames (1978, citado por Carrasco,2012)

2.2.3.7. Factores que influyen en los deslizamientos de taludes

En el análisis de los deslizamientos es de vital importancia el reconocimiento de los factores que condicionan la estabilidad de los taludes y aquellos otros que actúan como desencadenantes de los movimientos.

[9] La estabilidad de un talud está detenida por factores geométricos (altura e inclinación), factores geológicos (que condicionan la presencia de planos y zonas de debilidad y anisotropía en el talud), factores hidrológicos (presencia de agua) y factores geotécnicos o relacionados con el comportamiento mecánico del terreno (resistencia y defomabilidad).

La combinación de los factores citados puede determinar la condición de rotura a lo largo de una o varias superficies, y que sea cinemáticamente posible el movimiento de un cierto volumen de masa de suelo o roca. La posibilidad de rotura y los mecanismos y modelos de inestabilidad de los taludes están controlados principalmente por factores geológicos y geométricos.

Tabla 3 : Factores influyentes en la inestabilidad de los taludes

Factores condicionantes	Factores desencadenantes
Estrategia y litología	Sobrecarga
Estructura geológica	Cargas dinámicas
Condiciones hidrogeológicas y comportamiento hidrogeológico de los materiales	Cambios en las condiciones hidrogeológicas
Propiedades físicas, resistentes y deformacionales.	Factores climáticos
Tensiones naturales y estado tenso-deformacional	Variaciones en la geometría

Fuente: tomado de Gonzales et al (2002)

Según IGME (1986) los factores que influyen en la estabilidad de taludes se describen en dos grupos, como factores naturales y debidos a la actividad humana, pero el criterio es el mismo que la tabla anterior, en seguida se menciona dichos factores:

a. Factores naturales: El agua (Ríos y oleaje, aguas subterráneas y la lluvia), hielo y nieve, sismicidad y vulcanismo, actividad biológica y subsidencia regional (movimientos que existen en la corteza terrestre).

b. Factores debidos a la actividad humana (Factores antrópicos):

Excavaciones, voladuras, sobrecargas y la actividad minera.

A continuación, se detalla los factores que influyen en la estabilidad de taludes.

2.2.3.8. Estratigrafía y litología

La naturaleza del material que forma un talud está íntimamente relacionada con el tipo de inestabilidades que éste puede sufrir, presentando las diferentes litologías distinto grado de susceptibilidad potencial ante la ocurrencia de deslizamientos o roturas. Las propiedades físicas y resistentes de cada tipo de material, junto con la presencia de agua, gobiernan su comportamiento tenso deformativo y, por tanto, su estabilidad [9]. Aspectos como la alternancia de materiales de diferente litología, competencia y grado de alteración, o la presencia de capas de material blando o de estratos duros, controlan los tipos y la disipación de las superficies de rotura. En los suelos, que generalmente se pueden considerar homogéneos en comparación con los materiales rocosos, las diferencias en el grado de compactación, cementación o granulometría predisponen zonas de debilidad y de circulación de agua, que pueden generar inestabilidad.

2.2.3.9. Estructura geológica y discontinuidades

Es común que los deslizamientos ocurran a lo largo de las superficies de debilidad existentes en el suelo o la roca. A estas superficies de debilidad se les conoce como la "estructura

geológica" la cual está conformada por las discontinuidades, fracturas, planos de estratificación o superficies de debilidad del macizo o talud.

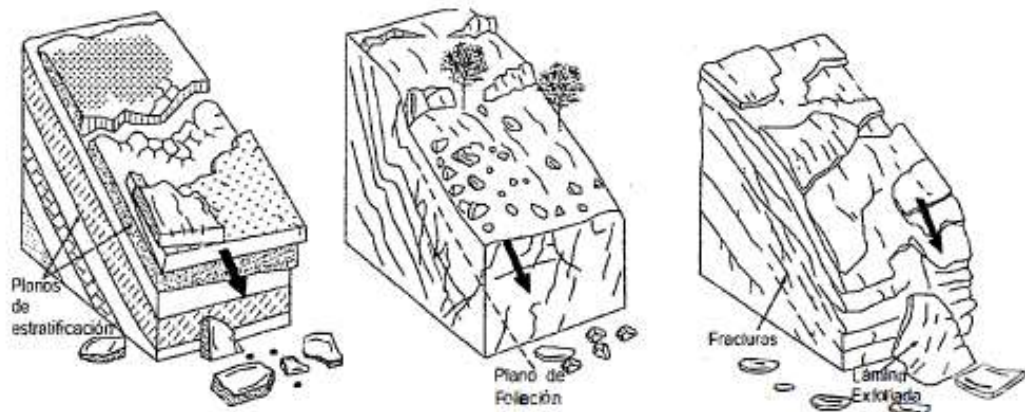


Figura 11 : Las discontinuidades de la estructura geológica determinan, en muchos casos, la ocurrencia de los desplazamientos de tierra

Fuente: Suárez, 2009

La estructura geológica juega un papel definitivo en las condiciones de estabilidad de los taludes en macizos rocosos. La combinación de los elementos estructurales con los parámetros geométricos del talud, altura e inclinación, y su orientación, define los problemas de estabilidad que se pueden presentar [9].

La presencia de discontinuidades implica un comportamiento anisótropo del macizo y unos planos preferenciales de rotura; por ejemplo, un determinado sistema de fracturas condicionará tanto la dirección de movimiento como el tamaño de los bloques a deslizar, o la presencia de una falla buzando hacia el talud limitará la zona inestable y condicionará el mecanismo de rotura. Los cambios y singularidades estructurales en un macizo rocoso,

como zonas tectonizadas o de cizalla, cambios bruscos en el buzamiento de los estratos, etc., suponen heterogeneidades que pueden condicionar las zonas de rotura [9].

2.2.3.10. Condiciones hidrogeológicas

La mayor parte de las roturas e inestabilidades de taludes se producen por los efectos del agua en el terreno, como la generación de presiones intersticiales, o los arrastres y erosión, superficial o interna, de los materiales que conforman el talud. En general, puede decirse que el agua es el mayor enemigo de la estabilidad de los taludes (además de las acciones antrópicas, cuando se realizan excavaciones inadecuadas sin criterios geotécnicos) [9] Respecto a lo anterior el IGME (1986) indicó que el agua constituye el agente natural de mayor incidencia como factor condicionante y desencadenante en la aparición de inestabilidades de taludes.

La presencia de agua en un talud reduce su estabilidad al disminuir la resistencia del terreno y aumentar las fuerzas tendentes a la inestabilidad. Sus efectos más importantes son:

- Reducción de la resistencia al corte de los planos de rotura al disminuir la tensión normal efectiva.
- La presión ejercida sobre grietas de tracción aumenta las fuerzas que tienden al deslizamiento.
- Aumento del peso del material por saturación.
- Erosión interna por flujo sub superficial o subterráneo.
- Meteorización y cambios en la composición mineralógica de los materiales.
- Apertura de discontinuidades por agua congelada.

La forma de la superficie freática en un talud depende de diferentes factores, entre los que se encuentran la permeabilidad de los materiales, la geometría o forma del talud y las condiciones de contorno.

El nivel freático puede sufrir cambios estacionales o como consecuencia de largos periodos lluviosos o de sequía. Se representa la distribución del agua en el interior de una ladera. Solo parte del agua de lluvia o escorrentía penetra en el terreno, y una mínima parte alcanza el nivel freático. Si bien la modificación del nivel freático obedece generalmente a cambios lentos y periodos largos, en caso de materiales muy permeables puede llegar a producirse un ascenso relativamente rápido como consecuencia de precipitaciones intensas.

Además del agua en el interior del terreno, se debe considerar el papel del agua superficial (por precipitación, escorrentía, etc.), que puede causar problemas importantes de estabilidad al crearse altas presiones en las discontinuidades y grietas por las que se introduce, y en la zona más superficial del terreno; de hecho, las roturas en taludes en suelos son más frecuentes en periodos de lluvias intensas, tras una fuerte tormenta o en épocas de deshielo [9]

La infiltración del agua de lluvia produce flujos sub-superficiales y subterráneos en las laderas, el aumento del contenido en agua de la zona no saturada y la elevación del nivel freático, recargando la zona saturada.

La influencia de agua en las propiedades de los materiales depende de su comportamiento hidrogeológico. El efecto más importante es la presión ejercida, definida por la altura del nivel piezométrico.

Los aspectos más importantes que deben conocerse para evaluar la magnitud y la distribución de las presiones intersticiales en el talud y los efectos del agua son:

- Comportamiento hidrogeológico de los materiales.
- Presencia de niveles freáticos y piezométricos.
- Flujo de agua en el talud.

Parámetros hidrogeológicos de interés: coeficiente de permeabilidad o conductividad hidráulica, gradiente hidráulico, transmisividad y coeficiente de almacenamiento.

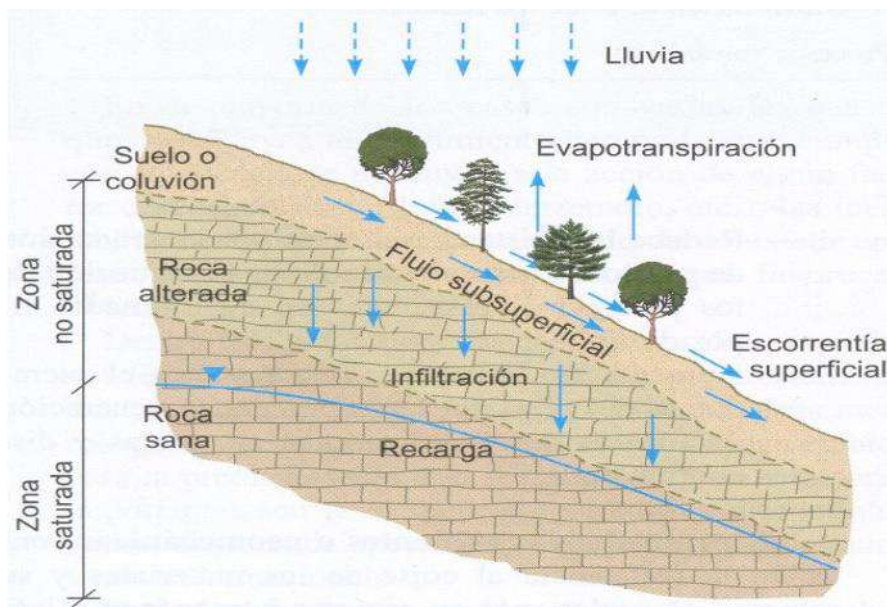


Figura 12 : Esquema de circulación del agua de una ladera

Fuente: [9]

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. [10]

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. [10]

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... [10] 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. [10]

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. [10]

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. [10]

2.2.4. Movimientos de masa

2.2.4.1. 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. [10]

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. [10]

Las causas principales de los flujos de barro son:

- Volcanismo: erupciones, calentamiento. [10]
- Sismicidad: sismos, terremotos, vibraciones, etc. [10]
- Fuertes precipitaciones durante períodos prolongados anormalmente. [10]
- Fenómenos meteorológicos. [10]



Figura 13:Flujos de Barro

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

2.2.4.2. 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. [10]

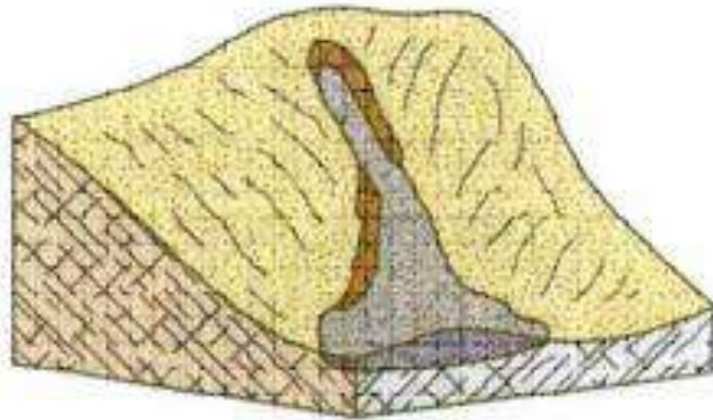


Figura 14: Flujo de Derrubios

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

2.2.4.3. 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)

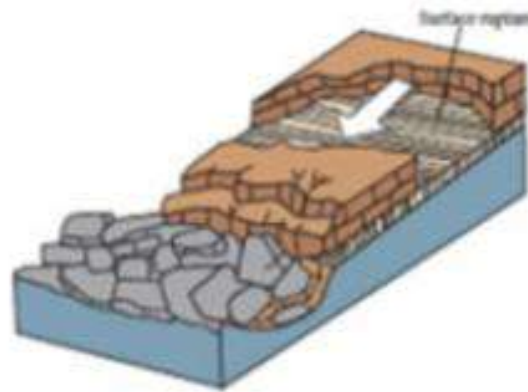


Figura 15: Flujo de bloques

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

2.2.4.4. 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. [10]

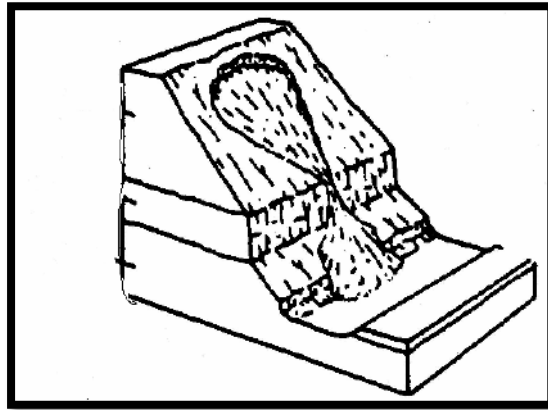


Figura 16:Flujo de arena Seca

Fuente: 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. [10]

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. [10]

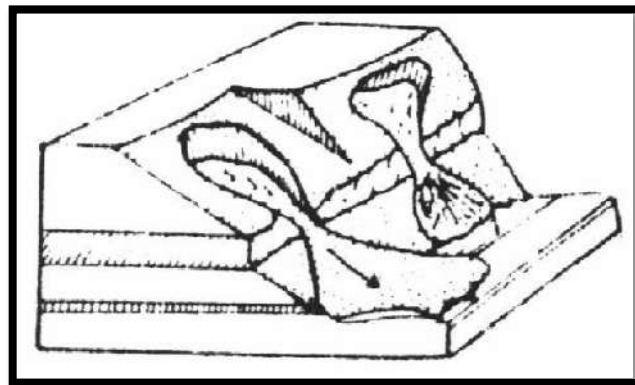


Figura 17 :Flujo de Arena Húmeda

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

2.2.4.5. 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. [10]

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. [10]

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". [10]

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. [10]

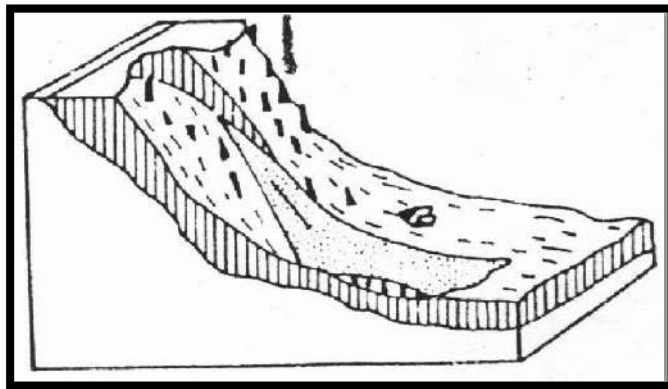


Figura 18 : Colada

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

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

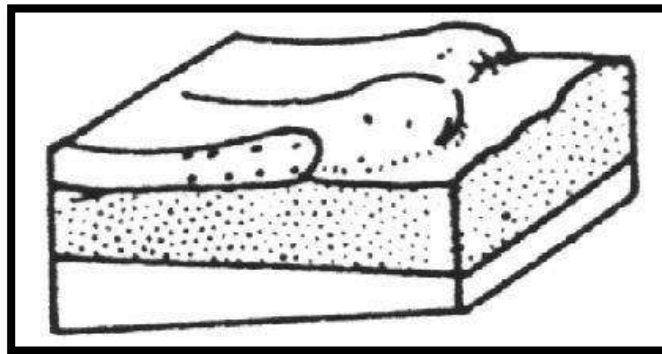


Figura 19 :Colada de barro

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

2.2.5. Deslizamientos

2.2.5.1. Deslizamiento de la cobertura superficial

Se denomina deslizamiento a la rotura y al desplazamiento del suelo situado debajo de un talud, que origina un movimiento hacia abajo y hacia fuera de toda la masa que participa del mismo. Los deslizamientos pueden producirse de distintas maneras, es decir en forma lenta o rápida, con o sin provocación aparente, etc. Generalmente se producen como consecuencia de excavaciones o socavaciones en el pie del talud. Sin embargo existen otros casos

donde la falla se produce por desintegración gradual de la estructura del suelo, aumento de las presiones intersticiales debido a filtraciones de agua, etc.

El resultado del deslizamiento de un talud puede ser a menudo catastrófico, con la pérdida de considerables bienes y muchas vidas. Por otro lado el costo de rebajar un talud para alcanzar mayor estabilidad suele ser muy grande. Es por esto que la estabilidad se debe asegurar, pero un conservadorismo extremo sería antieconómico.

El moderno desarrollo de las actuales vías de comunicación, tales como canales, caminos y ferrocarriles, así como el impulso de la construcción de presas de tierra, y el desenvolvimiento de obras de protección contra la acción de ríos han puesto al diseño y construcción de taludes en un plano de importancia ingenieril de primer orden.

Tanto por el aspecto de inversión, como por las consecuencias derivadas de su falla, los taludes constituyen hoy una de las estructuras ingenieriles que exigen mayor cuidado por parte del proyectista. Con la expansión de los canales, del ferrocarril y de las carreteras, provocaron los primeros intentos para realizar un estudio racional en este campo, pero no fue sino hasta el advenimiento de la Mecánica de los Suelos cuando fue posible aplicar al diseño de taludes normas y criterios.

Estas normas y criterios apuntan directamente a la durabilidad del talud, esto es a su estabilidad a lo largo del tiempo. pérdida de la cobertura de suelos en vertientes donde la pendiente es ligeramente superior al ángulo de fricción del material sobre la roca. [10]

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

- La superficie de falla sigue una dirección preferencial. [10]
- Movimiento de masas de suelo roca y fragmentos. [10]
- La superficie puede ser plana o circular. [10]

- El movimiento puede ser lento o catastrófico. [10]
- Al pié del talud se observan deformaciones. [10]
- Los desplazamientos son más pequeños que el ancho y largo del bloque en movimiento. [10]
- Se forman grietas de tracción en la cresta. [10]
- Como causas del deslizamiento tenemos:
- Absorción de agua proveniente de lluvias. [10]
- Rotura de tuberías. [10]
- Aumento de sobrecarga en la cresta de los taludes. [10]
- Vibración por sismos, voladuras, etc. [10]
- Cortes al pie de los taludes y laderas. [10]

Presentando en consecuencia varios tipos:

2.2.5.1.1. 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 [10].

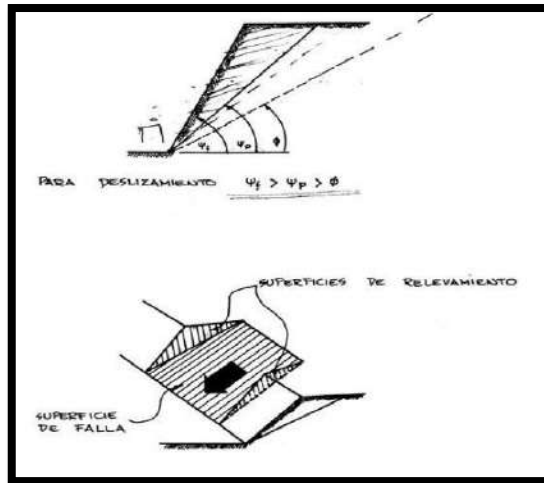


Figura 20:Falla plana y de cuña

Fuente: 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. [10]

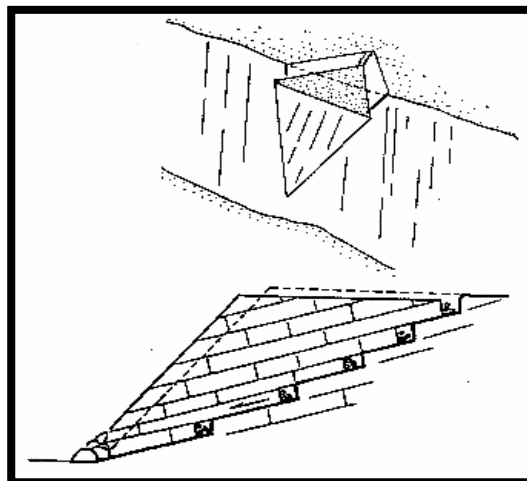


Figura 21:: Falla de cuña

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

2.2.5.1.2. 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. [10]

Los fragmentos se remontan sobre la ladera opuesta donde se depositan. Hay un aumento de la fricción debido a la disminución de la velocidad [10]

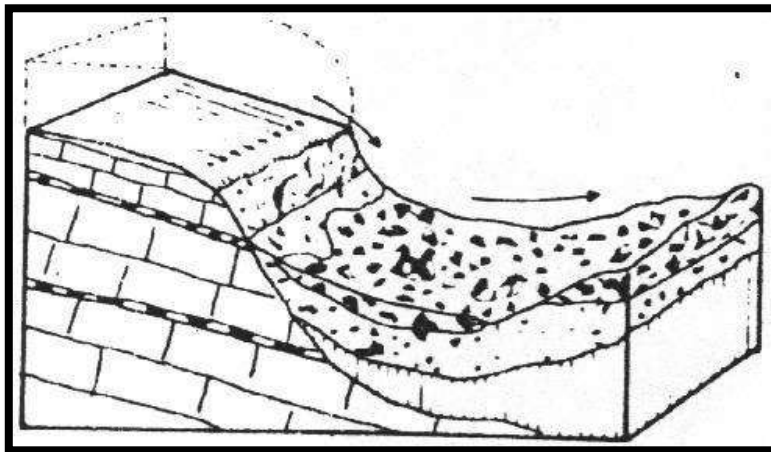


Figura 22 :Caída de lienzos rocosos

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

2.2.5.1.3. 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. [10]

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. [10]

Entre las causas principales esta la absorción de agua proveniente de lluvia, deshielo, derretimiento de nieve, rotura de tuberías, etc. [10]

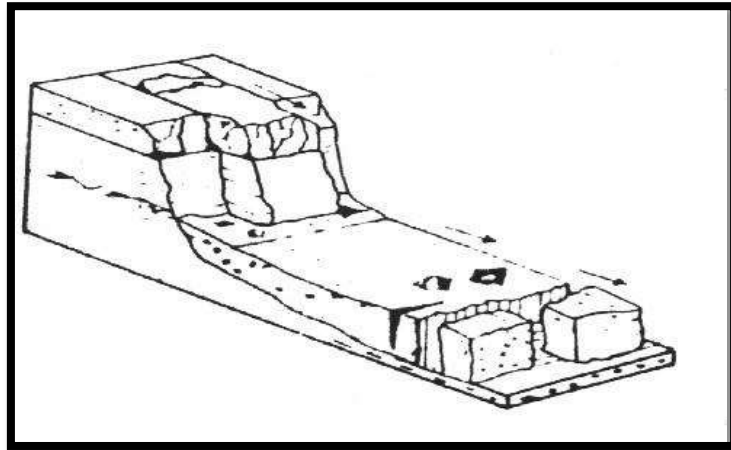


Figura 23 :Deslizamiento de compartimientos

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

2.2.5.1.4. 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. [10]

En la parte inferior la lengua del desplazamiento toma la forma colada de una colada de derrubio. [10]

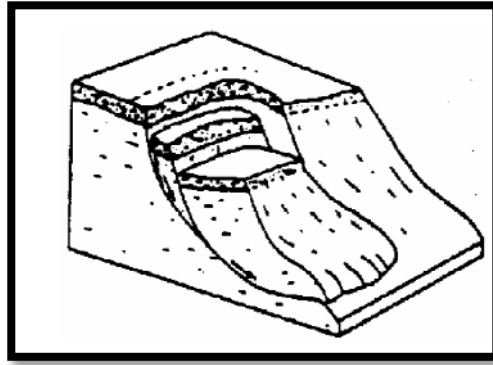


Figura 24 :Deslizamiento rotacional

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

2.2.5.1.5. 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. [10]

La superficie de deslizamiento presionada por las rocas deslizadas, corta las capas inferiores y en ocasiones las pliega. Involucra materiales sueltos de orígenes diversos. [10]

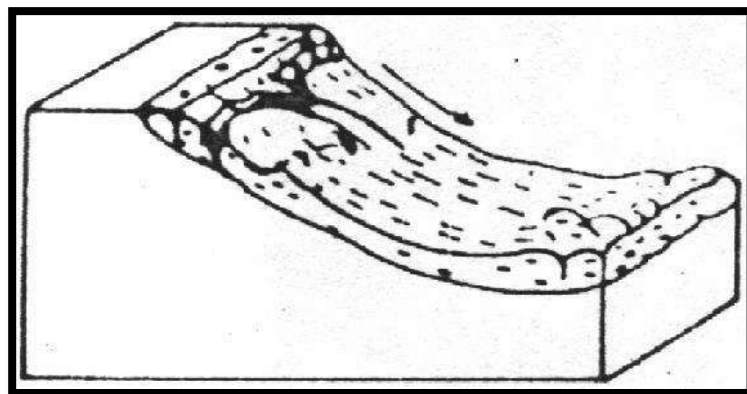


Figura 25 :Deslizamiento de derrubios

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

2.2.6. 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. [10]

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. [10]

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. [10]

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. [10]

Las causas de los derrumbes se presentan comúnmente:

- Meteorización de materiales expuestos. [10]
- Cambios en la temperatura. [10]
- Aumento de presión de agua en las fisuras y grietas. [10]
- Vibraciones por sismo, explosivos, tráfico de vehículos pesados, maquinarias, etc. [10]
- Erosión en surco y cárcavas. [10]

2.2.6.1. 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. [10]

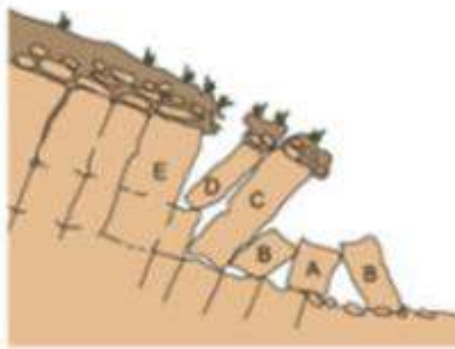


Figura 26: Volcamiento

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

2.2.6.2. 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. [10]

Se genera un talud de escombros o conos de derrubios secos. Los bloques son de tamaño variable. [10]

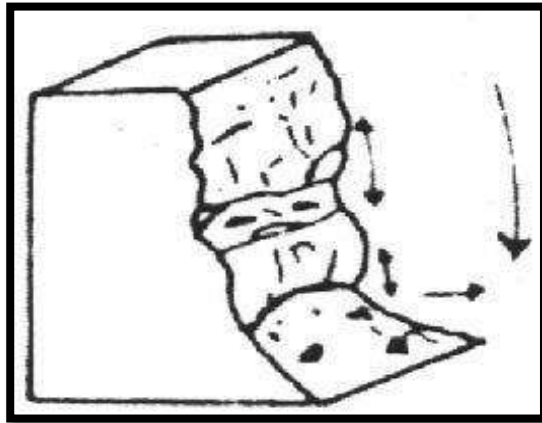


Figura 27 :Caída de bloques

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

2.2.6.3. DESPRENDIMIENTOS PERIÓDICOS

Este tipo de derrumbes se resumen presentando las siguientes características:

- Caída de bloques aislados con grandes intervalos de tiempo. [10]
- Acompañados de pequeños derrumbes. [10]
- Hay formación de numerosas grietas de tracción. [10]
- Se generan grandes taludes de derrubios. [10]
- Pueden ser un signo premonitorio de grandes derrumbes catastróficos. [10]

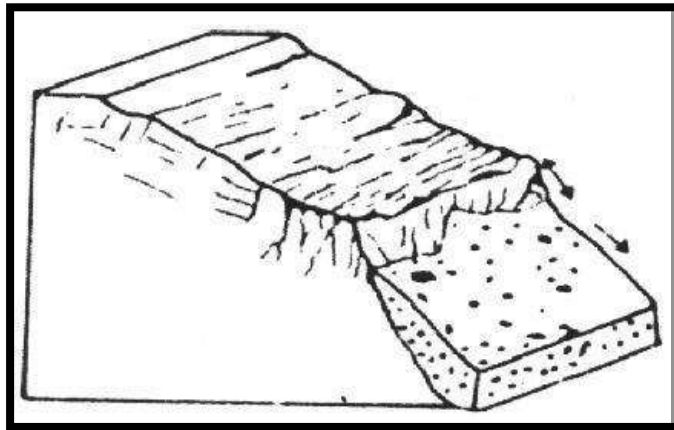


Figura 28:Desprendimientos periódico

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

2.2.6.4. 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. [10]

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. [10]

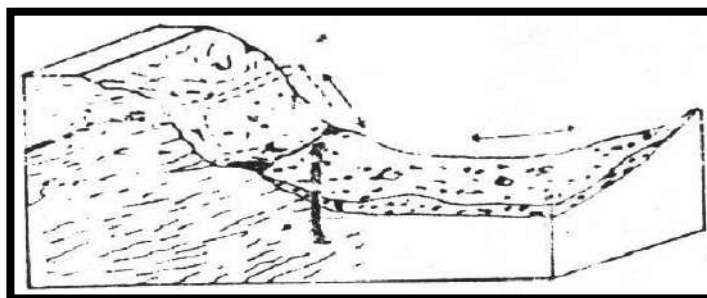


Figura 29 :Desprendimientos de masa

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

2.2.6.5. 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. [10]

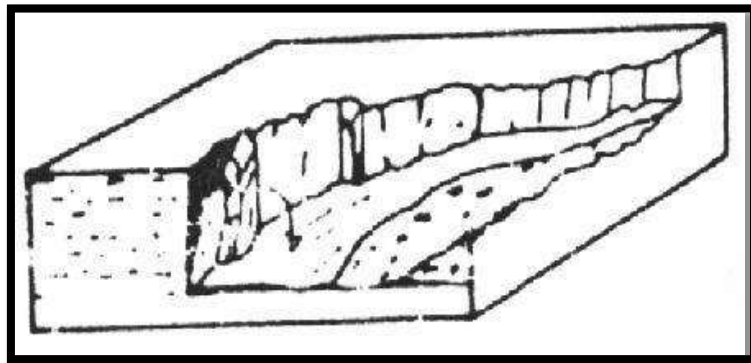


Figura 32: Figura 30: Escarpas y acantilados

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

2.2.6.6. 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. [10]

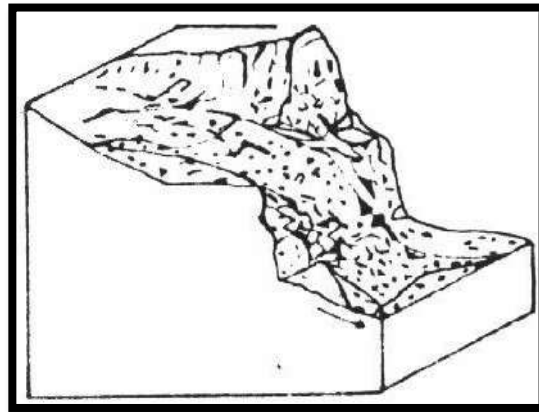


Figura 31 :Avalancha de derrubios

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

2.2.7. 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.

Tabla 4 :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 rápido	Seco	Roca
Inclinación	Retrogresivo	Reactivado	Compuesto	Muy rápido	Húmedo	Tierra
Deslizamiento	Ampliándose	Suspendido	Múltiple	Rápido	Mojado	Residuos
Esparcimiento	Alargándose	Inactivo	Sucesivo	Moderado	Muy Mojado	
Flujo	Confinado	Dormido	Sencillo	Lento		
	Disminuyendo	Abandonado		Muy lento		
	Moviéndose	Estabilizado		Extremadamente lento		
		Relicto				

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

2.2.8. Factores de inestabilidad

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

2.2.8.1. Conceptualización de suelos inestables y estables

2.2.8.2. 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.

2.2.8.3. 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.

2.2.8.4. Descripción de factores de inestabilidad

2.2.8.4.1. 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.

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.

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.

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.

2.2.8.4.2. 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.

2.2.8.4.3. 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.

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.

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.

2.2.8.4.4. 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.

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.

La modificación de la topografía mediante cortes o rellenos puede producir la activación de un deslizamiento.

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.

2.2.9. 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. [11]

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. [11]

Es importante entender la naturaleza de la resistencia cortante para pronosticar los problemas de estabilidad de taludes, tales como fallas y deslizamientos. [11]

2.2.9.1. 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. [11]

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). [11]. 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. [11]

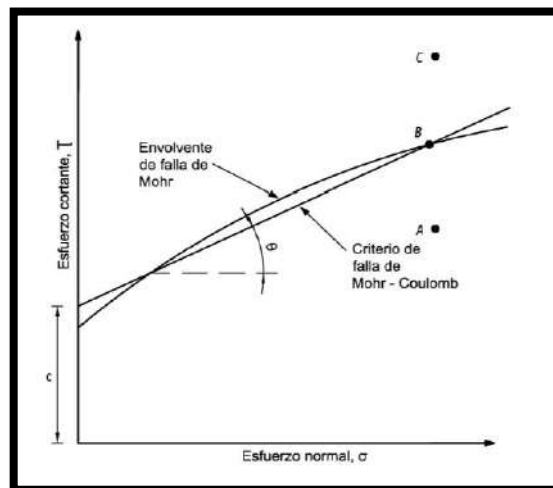


Figura 32 :Envolvente de falla de Mohr y los criterios de falla de Mohr-Coulomb

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

Como se muestra en la Figura 32, 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 fuero 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. [12]

2.2.9.2. 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. [12]

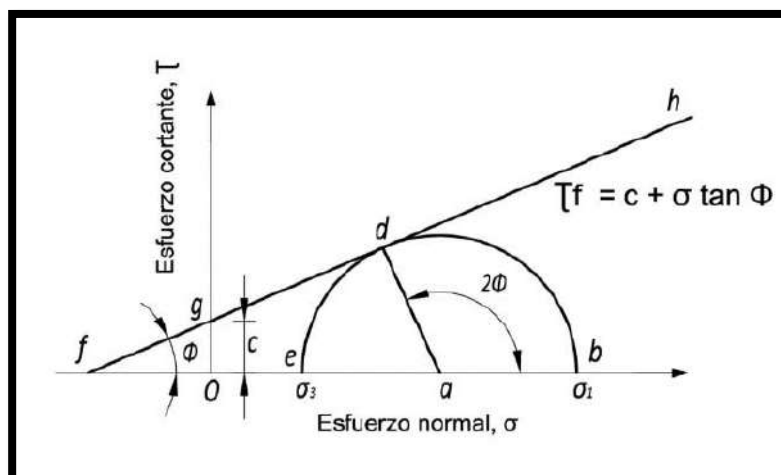


Figura 33: Círculo de Mohr

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. [12]

2.2.10. 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:

Tabla 5: 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	Estable cuestionable
1.20 – 1.50	Estable bajo condiciones estáticas
>1.50	Estable bajo condiciones dinámicas

Fuente: Polo Aguilar (2005)

2.2.11. 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 6 :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. • Terraplenes al pie del talud. • Muros ecológicos. • Suelo reforzado.
		<p>Estabilización mecánica extrema construcción de obras de contención.</p>
Contención con obras de tierra		<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>
Estructural		<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) 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. [11]

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. [11]

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. [11]

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. [11]

Para hacer un análisis para suelos que tienen cohesión y fricción es necesario dividir la masa que se va a deslizar en dovelas. [11]

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. [11]

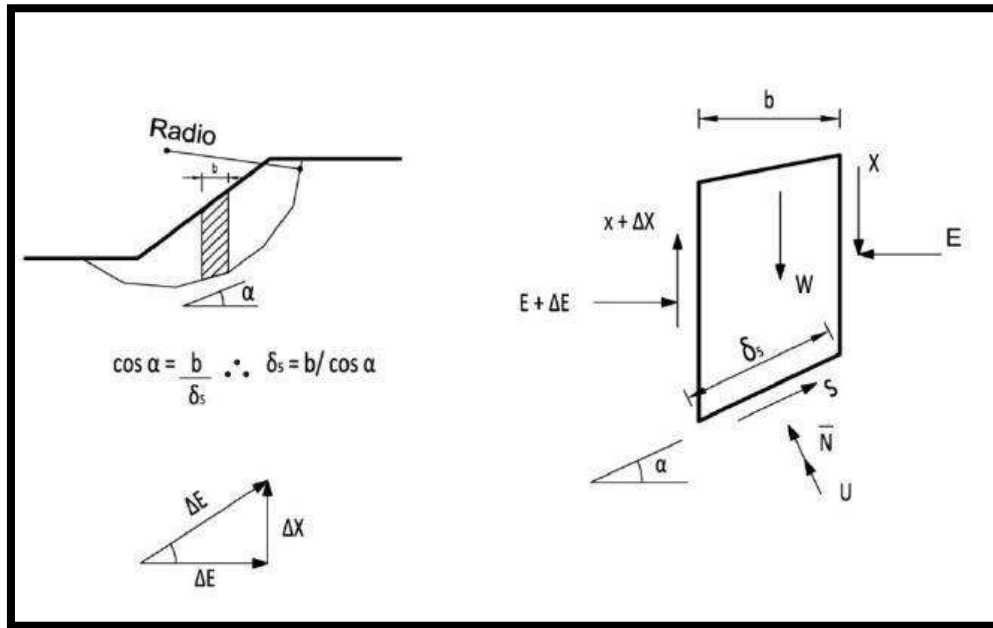


Figura 34 :Fuerzas Actuantes en Dovelas

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. [11]

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.

2.2.11.1. 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. [11]

Es recomendable, pero no es posible del todo conocer las características físicas y mecánicas (γ , 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. [11]

2.2.11.2. 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. [11]

2.2.11.3. 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 [11]

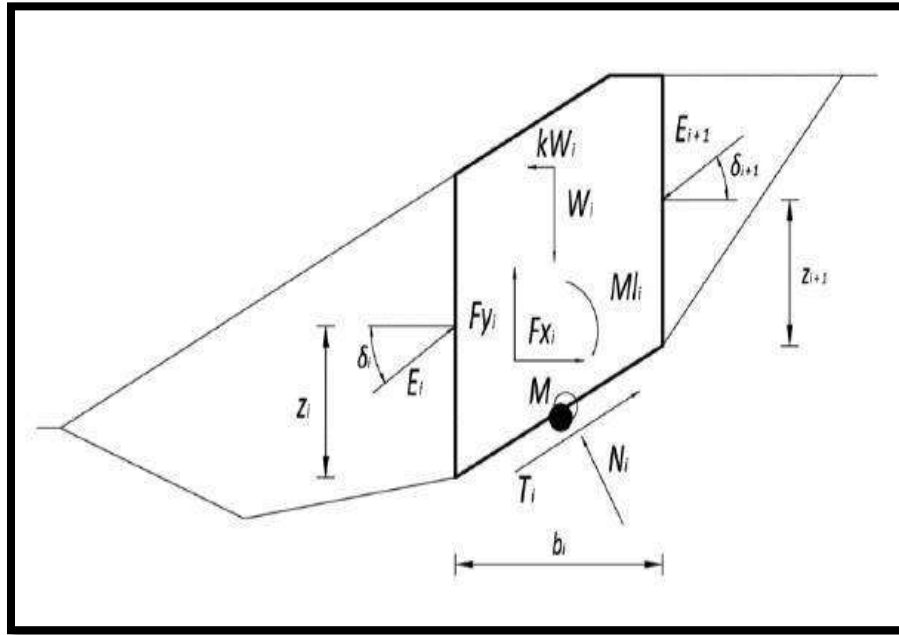


Figura 35 : Esquema Estático del Método Spencer

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 . [11]
$K_h \cdot W_i$	-Fuerza de inercia horizontal representando el efecto del sismo K_h es factor de aceleración horizontal durante el sismo. [11]
N _i	-Fuerza normal actuando en la superficie de deslizamiento. [11]
T _i	-Fuerza de corte actuando en la superficie de deslizamiento. [11]
$E_f E_{i+1}$	-Fuerza ejercidas por bloques vecinos, inclinados desde el plano horizontal por el ángulo. [11]
$F_{x_i} F_{y_i}$	-Otra fuerza horizontal y vertical actuando en el bloque. [11]

M	-Momento de Fuerzas F_{xl} , F_{yl} rotando alrededor del punto M, el cual es el centro del segmento de la superficie de deslizamiento. [11]
UI	-Presión de poro resultante en el segmento de la superficie de deslizamiento. [11]

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. [11]

Tabla 7 : 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)

2.3. Definición de términos básicos

Estabilidad de taludes

Un talud o ladera es una masa de tierra que no es plana, sino que posee pendiente o cambios de altura significativos. En la literatura técnica se define como ladera cuando su conformación actual tuvo como origen un proceso natural y talud cuando se conformó artificialmente. [13]

El campo de la estabilidad de taludes estudia la estabilidad o posible inestabilidad de un talud a la hora de realizar un proyecto, o llevar a cabo una obra de construcción de ingeniería civil, siendo un aspecto directamente relacionado con la ingeniería geológica - geotécnica [13]. La inestabilidad de un talud, se puede producir por un desnivel, que tiene lugar por diversas razones:

- Razones geológicas: laderas posiblemente inestables, orografía acusada, estratificación, meteorización, etc.
- Variación del nivel freático: situaciones estacionales, u obras realizadas por el hombre.
- Obras de ingeniería: rellenos o excavaciones tanto de obra civil, como de minería.

Los taludes además serán estables dependiendo de la resistencia del material del que estén compuestos, los empujes a los que son sometidos o las discontinuidades que presenten. Los taludes pueden ser de roca o de tierras. Ambos tienden a estudiarse de forma distinta [13].

Rocscience slide

Slide es el software de análisis de estabilidad de pendientes más completo disponible, completo con análisis de filtración de aguas subterráneas de elementos finitos, reducción rápida, sensibilidad y análisis probabilístico y diseño de soporte. Se pueden analizar todos los tipos de pendientes de suelo y roca, terraplenes, presas de tierra y muros de contención. Las avanzadas capacidades de CAD le permiten crear y editar modelos complejos muy fácilmente. [13]

Slide es el único software de estabilidad de pendientes con análisis de filtración de aguas subterráneas de elementos finitos incorporado para condiciones de estado estacionario o transitorio. Los caudales, presiones y gradientes se calculan en función de las condiciones límite hidráulicas definidas por el usuario. El análisis de filtrado está totalmente integrado con el análisis de

estabilidad de pendientes o puede utilizarse como un módulo independiente. [13]

Slide tiene amplias capacidades de análisis probabilístico - puede asignar distribuciones estadísticas a casi cualquier parámetro de entrada, incluyendo propiedades del material, propiedades de soporte, cargas y ubicación de la mesa de agua. Se calcula la probabilidad de fallo / índice de fiabilidad y se proporciona una medida objetiva del riesgo de fallo asociado con un diseño de pendiente. El análisis de sensibilidad permite determinar el efecto de las variables individuales sobre el factor de seguridad de la pendiente. [13]

Secciones transversales

La sección transversal de una carretera en un punto de ésta, es un corte vertical normal al alineamiento horizontal, el cual permite definir la disposición y dimensiones de los elementos que forman la carretera en el punto correspondiente a cada sección y su relación con el terreno natural. [13]

Para agrupar los tipos de carreteras se acude a normalizar las secciones transversales, teniendo en cuenta la importancia de la vía, el tipo de tránsito, las condiciones del terreno, los materiales por emplear en las diferentes capas de la estructura de pavimento u otros, de tal manera que la sección típica adoptada influye en la capacidad de la carretera, en los costos de adquisición de zonas, en la construcción, mejoramiento, rehabilitación, mantenimiento y en la seguridad de la circulación. [13]

CAPÍTULO III : PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

3.1. Confiabilidad y validación del instrumento

3.1.1. Uso de observación de campo y experiencia

Se observará 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.

3.1.1.1. 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. [11]

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.¹

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. [14]

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. [14]

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

¹ Fuente: Juárez Badillo, Y. Rico, Mecánica de Suelos Tomo I

3.1.1.2. Trabajos de laboratorio

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

3.1.1.3. 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

3.1.2. 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. [11]

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. [11]

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. [11]

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 muestran 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.

3.1.2.1. 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. [11]

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. [11]

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. [11]

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. [11]

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. [11]

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

3.1.2.2. 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: [11]

Tabla 8: 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.

3.1.2.3. Pruebas de normalidad

3.1.2.4. 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 9 :Coordenadas y ubicación de Calicatas

CALICATA	COORDENADA	COTA
C1	18L 535351.5 E 8592328.5 S	3803.39 m
C2	18L 534428.0 E 8592573.2 S	3911.19 m
C3	18L 534283.7 E 8592570.0S	3950.47 m
C4	18L 534701.9 E 8592582.7S	3902.69 m
C5	18L 534353.3 E 8592497.7 S	3914.43 m
C6	18L 534169.2 E 8592475.2 S	3940.43 m

Fuente: Elaboración propia

3.1.2.5. Características geomecánicas del suelo

3.1.2.5.1. Usando carga local – factores modificados según dr. Karl von terzaghi c-1

Tabla 10: 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/cm²	Capacidad Admisible del terreno de	Capacidad Admisible del terreno de	Capacidad admisible del terreno Ciment
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

Fuente: Elaboración propia

3.1.2.5.2. Usando carga local – factores modificados según dr. Karl von terzaghi c-2

Tabla 11 :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	Capacidad Admisible del terreno de	Capacidad admisible del terreno Ciment
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

Fuente: Elaboración propia

3.1.2.5.3. Usando carga local – factores modificados según dr. Karl von terzaghi c-3

Tabla 12 :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	Capacidad Admisible del terreno de	Capacidad admisible del terreno Ciment
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

Fuente: Elaboración propia

3.1.2.5.4. Usando carga local – factores modificados según dr. Karl von terzaghi c-4

Tabla 13 :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	Capacidad Admisible del terreno de	Capacidad admisible del terreno Ciment
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

Fuente: Elaboración propia

3.1.2.5.5. Usando carga local – factores modificados según dr. Karl von terzaghi c-5

Tabla 14 :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	Capacidad Admisible del terreno de	Capacidad admisible del terreno Ciment
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

Fuente: Elaboración propia

3.1.2.5.6. Usando carga local – factores modificados según dr. Karl von terzaghi c-6

Tabla 15: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	Capacidad Admisible del terreno de	Capacidad admisible del terreno Ciment
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

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16: Resultados para Diseño

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

Fuente: Elaboración propia

3.1.3. Nivel de Napa freática

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

Tabla 17 :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.

Fuente: Elaboración propia

* 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.

3.1.4. Clasificación, granulometría y límites de Attemberg

Tabla 18 :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

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19 :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

Fuente: Elaboración propia

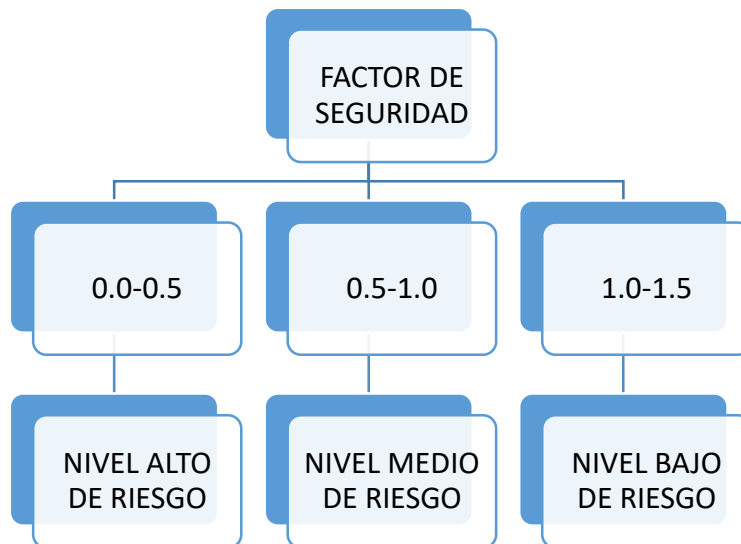
3.1.5. Ángulo de Fricción y Cohesión

Tabla 20 :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

Fuente: Elaboración propia

3.1.6. Intervalos para los niveles de riesgo en taludes según el factor de seguridad



3.2. Análisis cuantitativo de las variables

3.2.1. Análisis de estabilidad de taludes sin carga

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 [15]. 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. [16]

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.

3.2.1.1. Secciones críticas de corte

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

3.2.1.1.1. +Sección Crítica Km 0+130

Esta sección consta con una altura de talud de 4.16 m y una distancia de 12.28 m.



Figura 36 : Seccion km 0+130

Fuente: Elaboración Propia

El análisis de estabilidad con su respectivo estrato en la progresiva km 0+130 es el que se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 21 : Relación entre el talud y el factor de seguridad

TALUD	FS
1.96	1.34
1.60	1.093
1.33	0.925
1.11	0.811
0.93	0.636
0.78	0.633
0.65	0.542
0.53	0.439
0.42	0.479
0.32	0.428
0.23	0.46
0.14	0.468
0.05	0.416

Fuente: Elaboración Propia

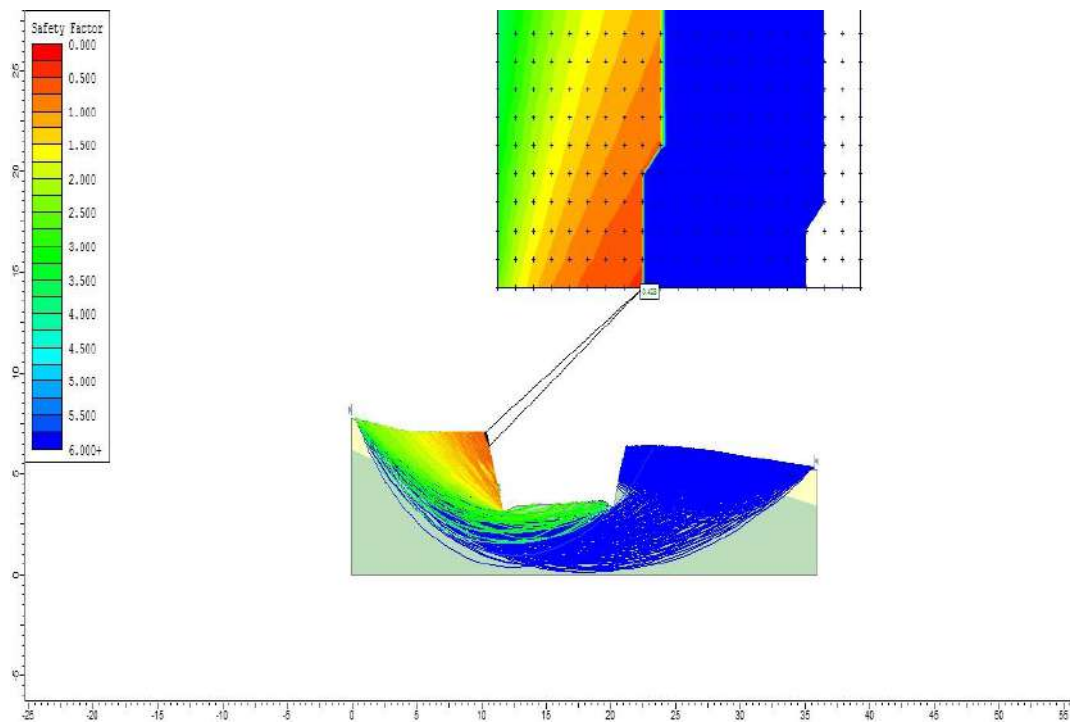


Figura 37 : Factor de seguridad obtenido con el slide en el km 0+130

Fuente: Elaboración Propia

Se analizo los diversos taludes y se logro obtener un talud estable.

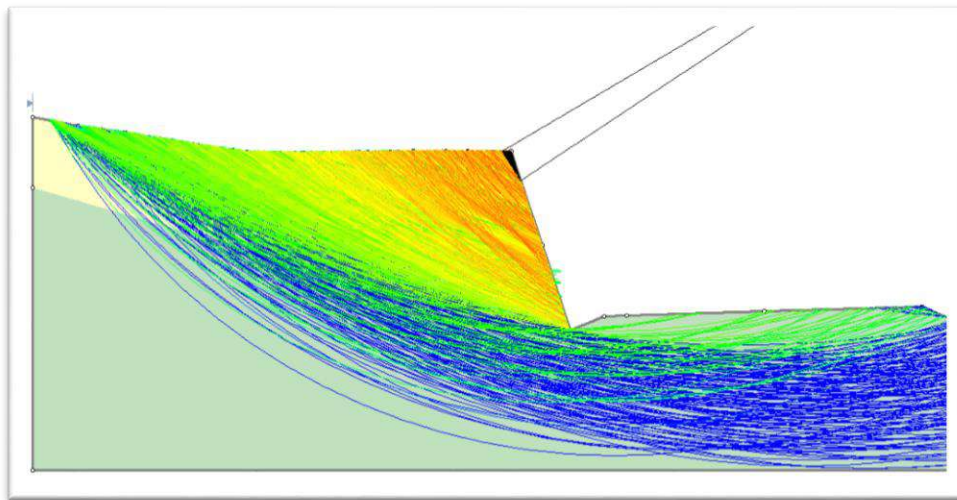


Figura 38 : Falla producida en el talud del km 0+130

Fuente: Elaboración Propia

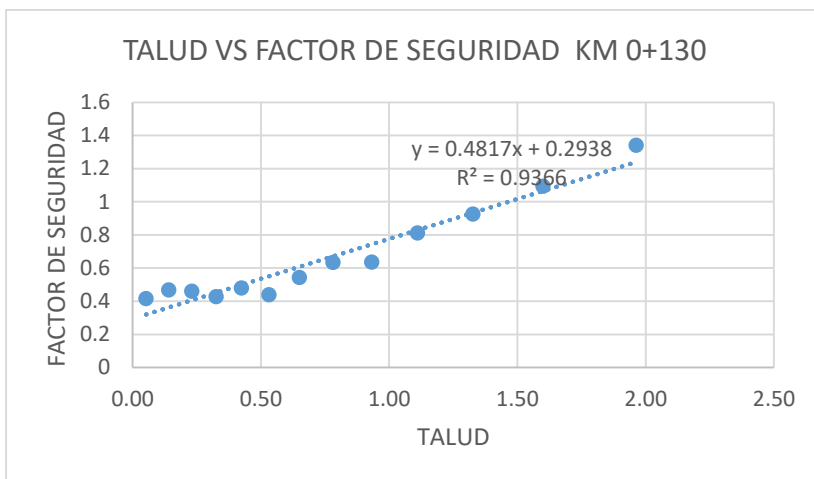


Figura 39 :talud vs factor de seguridad km 0+130

Fuente: Elaboración propia

3.2.1.1.2. Sección crítica km 2+630

Esta sección consta con una altura de talud de 8.87 m y una distancia de 13.25 m.

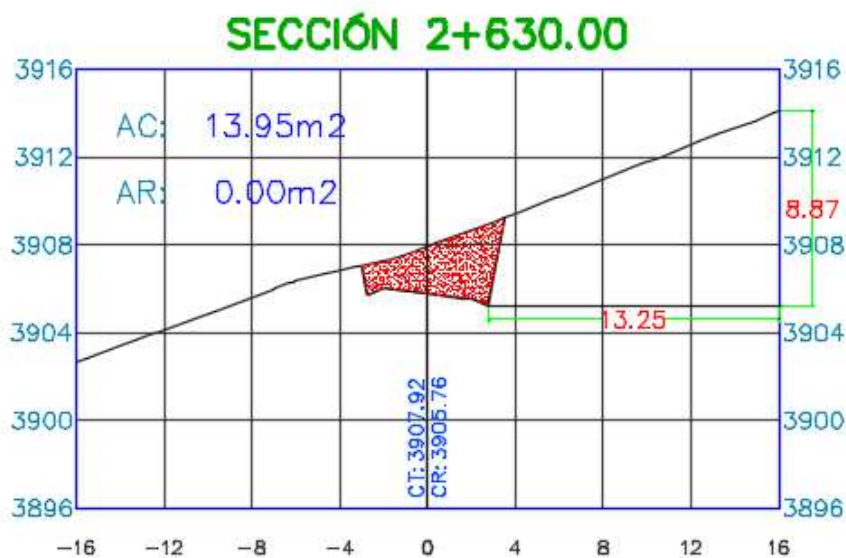


Figura 40 :Sección km 2+630

Fuente: Elaboración Propia

El análisis de estabilidad con su respectivo estrato en la progresiva km 2+630 es el que se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 22 :Relación entre el talud y el factor de seguridad

TALUD	FS
1.33	2.028
1.11	1.892
0.93	1.862
0.78	1.809
0.65	1.769
0.53	1.749
0.42	1.679
0.32	1.597
0.23	1.502
0.14	1.429
0.05	1.327

Fuente: Elaboración Propia

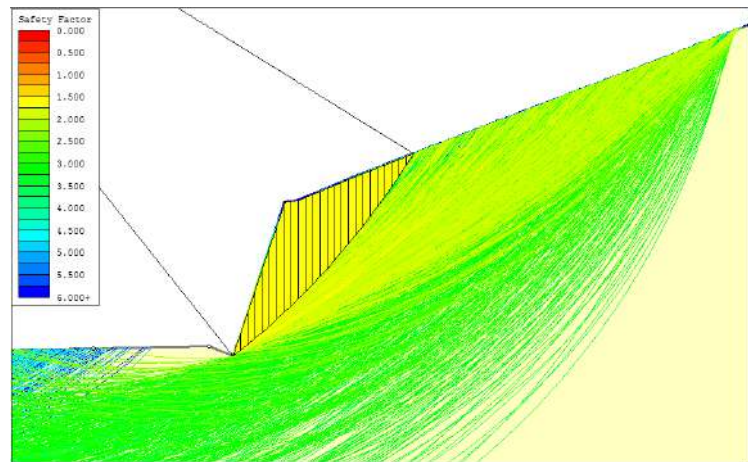


Figura 41: Factor de seguridad obtenido con el slide en el km 2+630

Fuente: Elaboración Propia

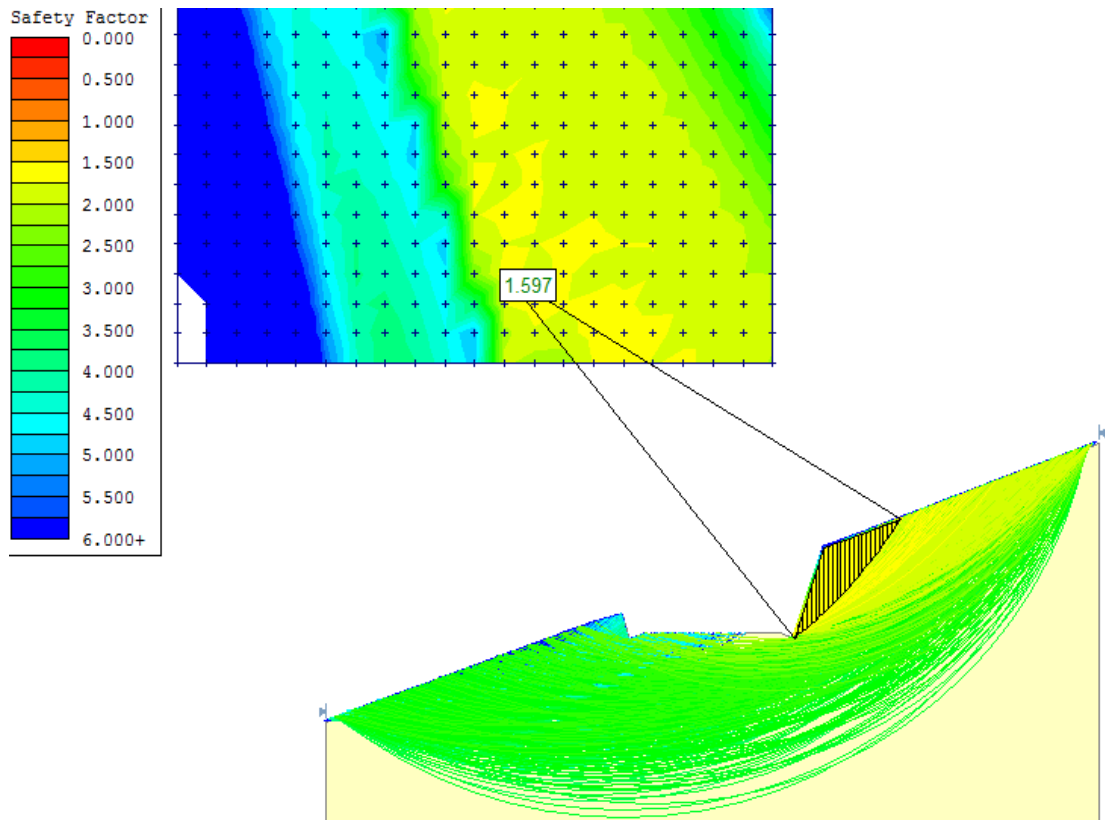


Figura 42 :falta producida en el talud del km 2+630

Fuente: Elaboración Propia

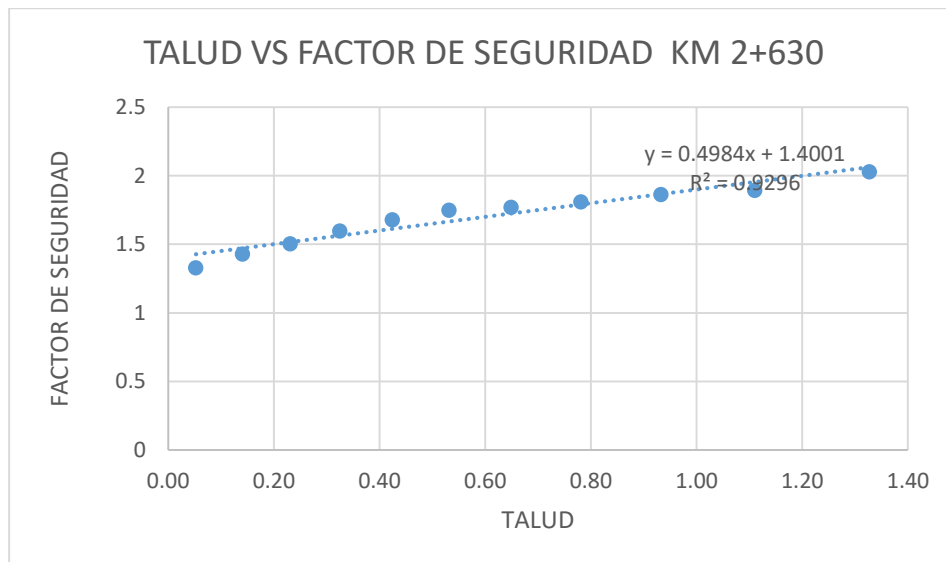


Figura 43 :talud vs factor de seguridad km 2+630

Fuente: Elaboración Propia

3.2.1.1.3. Sección Crítica Km 3+280

Esta sección consta con una altura de talud de 13.45 m y una distancia de 13.25 m.

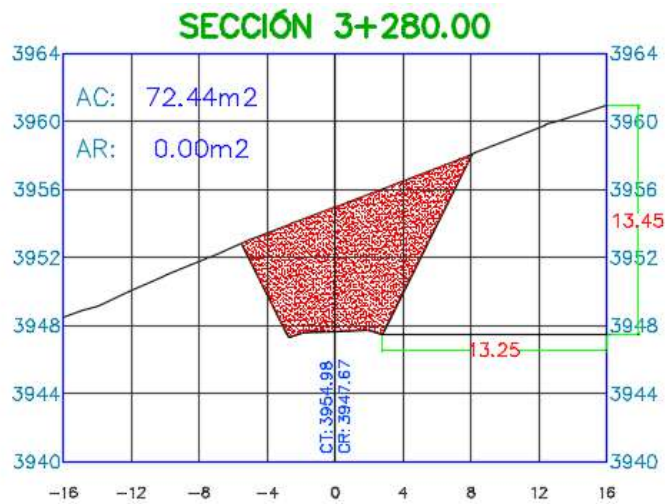


Figura 44 :Seccion km 3+280

Fuente: Elaboración Propia

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

Tabla 23 :Relación entre el talud y el factor de seguridad

TALUD	FS
1.00	1.387
0.84	1.232
0.70	1.127
0.58	1.046
0.47	0.978
0.36	0.923
0.27	0.894
0.18	0.861

Fuente: Elaboración Propia

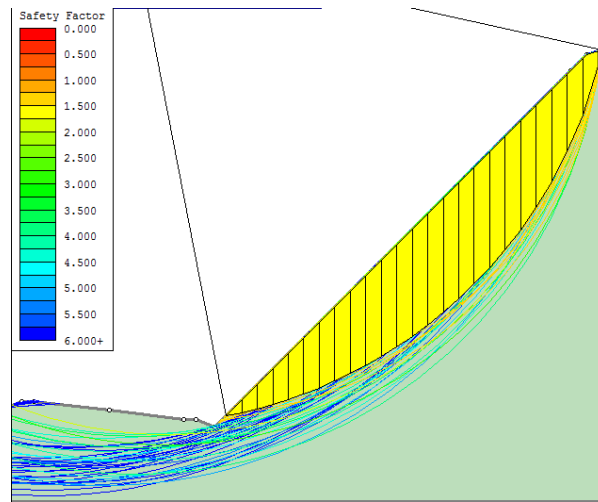


Figura 45: Factor de seguridad obtenido con el slide en el km 3+280

Fuente: Elaboración Propia

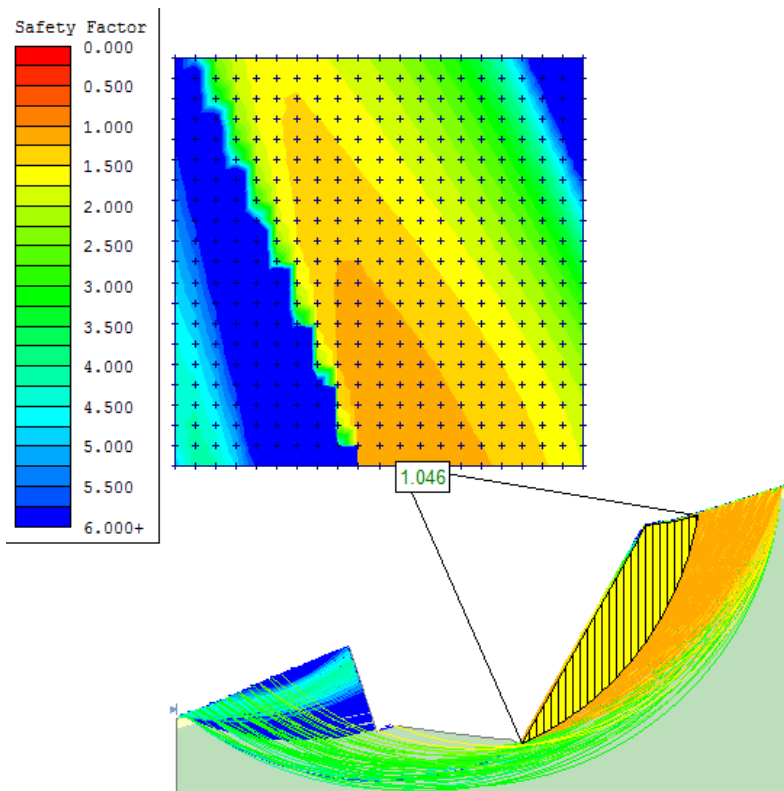


Figura 46 :: falla producida en el talud del km 3+280

Fuente: Elaboración Propia

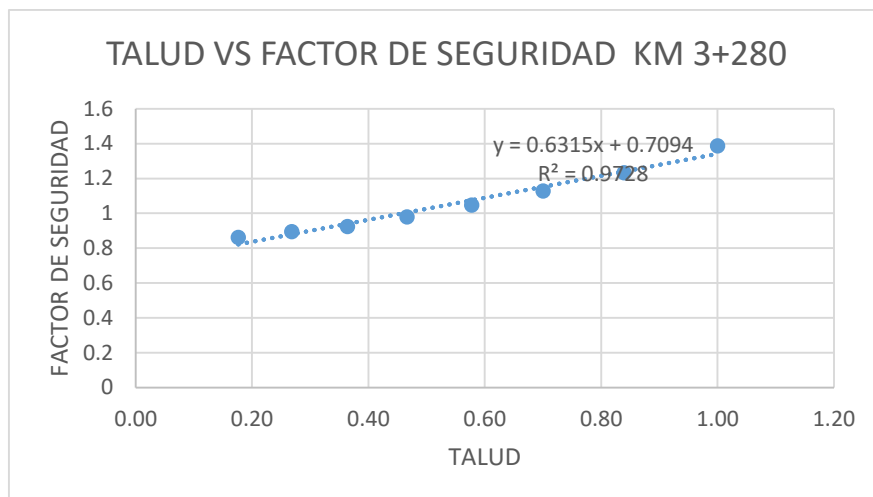


Figura 47 : Talud vs factor de seguridad km 3+280

Fuente: Elaboración Propia

3.2.1.2. Secciones Críticas De Zona De Relleno

3.2.1.2.1. Sección Crítica Km 2+320

Esta sección consta con una altura de talud de 4.54 m y una distancia de 16 m.

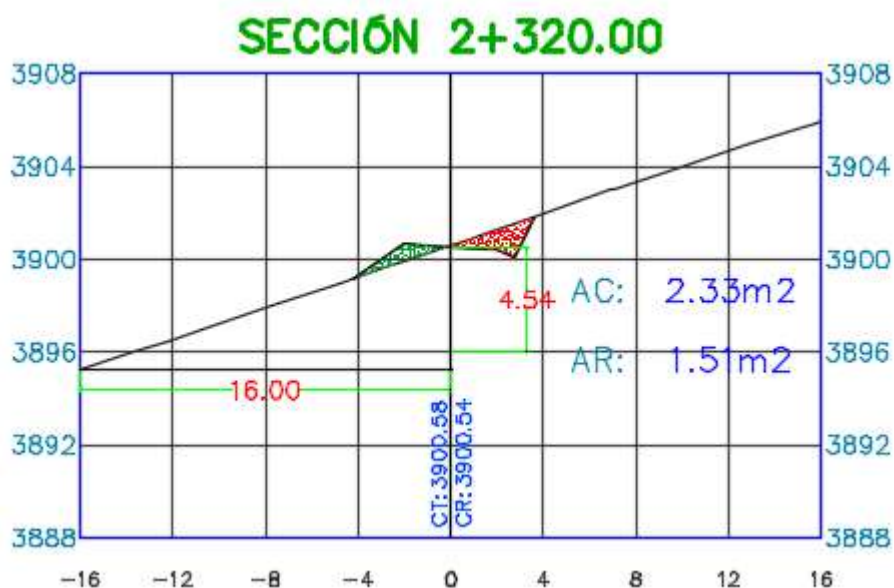


Figura 48 : Sección km 2+320

Fuente: Elaboración Propia

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

Tabla 24 : Relación entre el talud y el factor de seguridad

TALUD	FS
1.88	2.2673
1.54	2.2362
1.28	2.2051
1.07	2.174
0.90	2.137
0.75	2.117
0.62	2.088
0.51	2.043
0.40	1.992
0.31	1.938

Fuente: Elaboración Propia

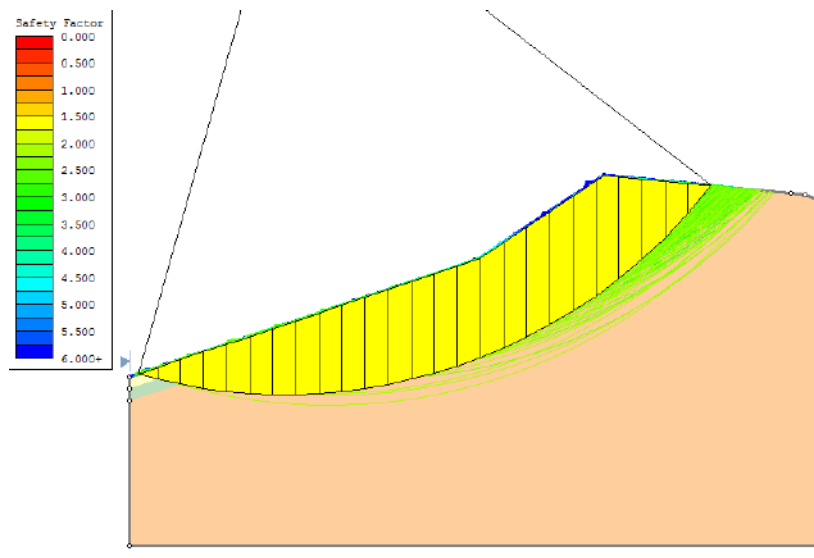


Figura 49 : falla producida en el talud del km 2+320

Fuente: Elaboración Propia

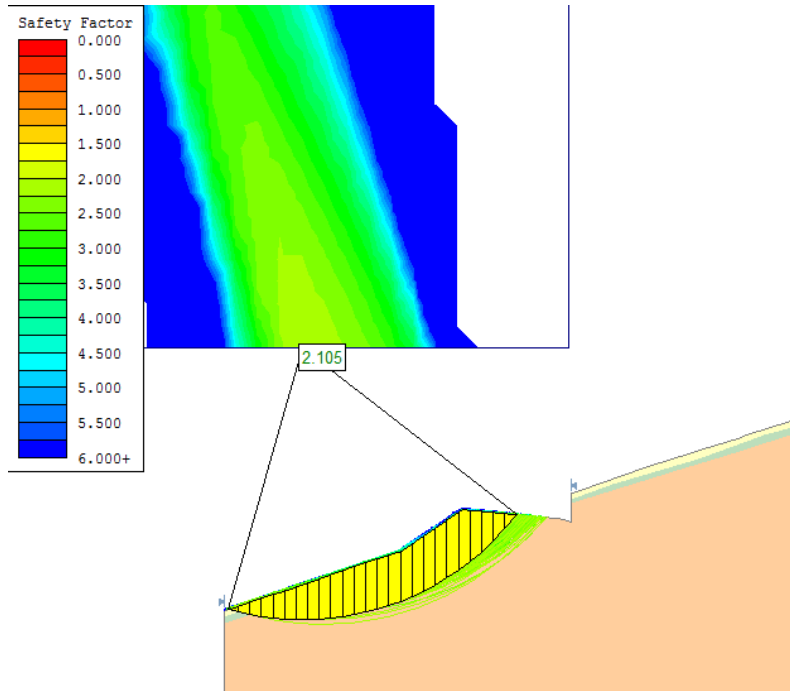


Figura 50 Factor de seguridad obtenido con el slide en el km 2+320

Fuente: Elaboración Propia

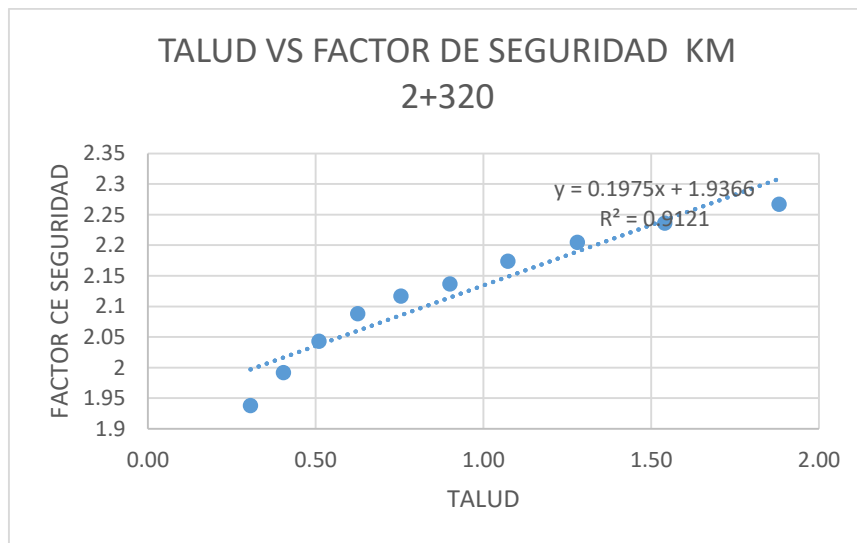


Figura 51: Talud vs factor de seguridad km 2+320

Fuente: Elaboración Propia

3.2.1.2.2. Sección Crítica Km 2+760

Esta sección consta con una altura de talud de 6.23 m y una distancia de 14.43 m.

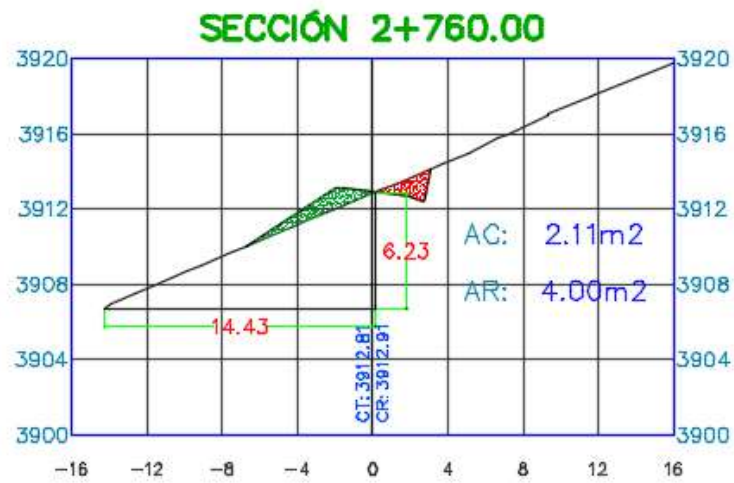


Figura 52 :Seccion km 2+760

Fuente: Elaboración Propia

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

Tabla 25 :Relación entre el talud y el factor de seguridad

TALUD	FS
11.43	2.184
5.67	2.177
3.73	2.17
2.75	2.163
2.14	2.156
1.73	2.149
1.43	2.142
1.19	2.135
1.00	2.128

Fuente: Elaboración Propia

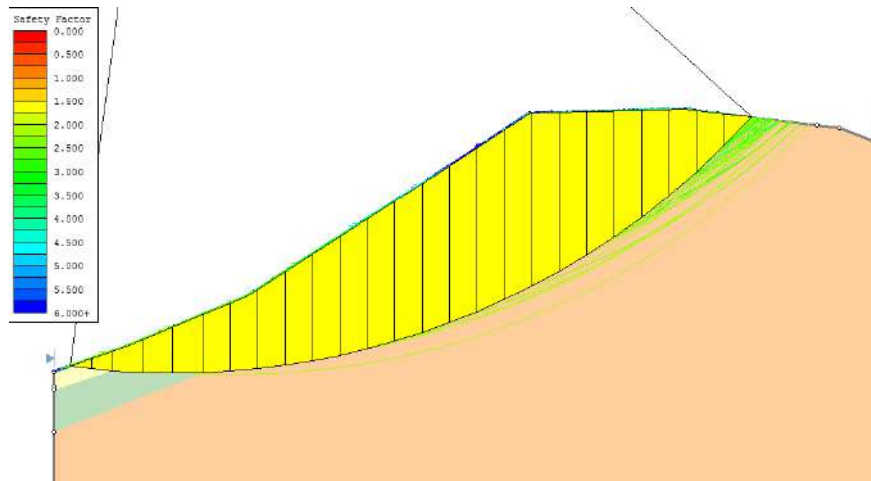


Figura 53 falla producida en el talud del km 2+760

Fuente: Elaboración Propia

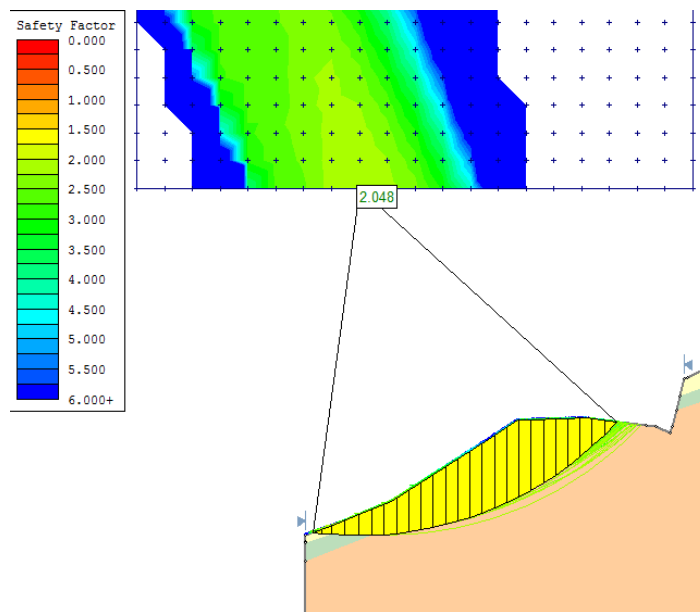


Figura 54 : Factor de seguridad obtenido con el slide en el km 2+760

Fuente: Elaboración Propia

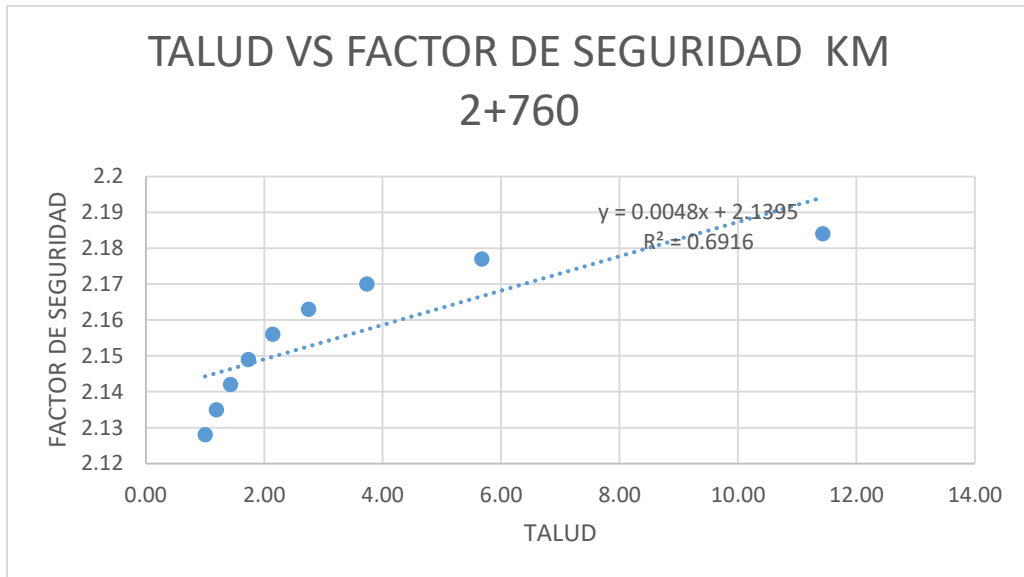


Figura 55: talud vs factor de seguridad km 2+760

Fuente: Elaboración Propia

3.2.1.2.3. Sección Crítica Km 3+100

Esta sección consta con una altura de talud de 4.88 m y una distancia de 10.58 m.



Figura 56 :Seccion km 3+100

Fuente: Elaboración Propia

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

Tabla 26 :Relación entre el talud y el factor de seguridad

TALUD	FS
11.43	1.701
5.67	1.702
3.73	1.697
2.75	1.694
2.14	1.694
1.73	1.692
1.43	1.695
1.19	1.688
1.00	1.686

Fuente: Elaboración Propia

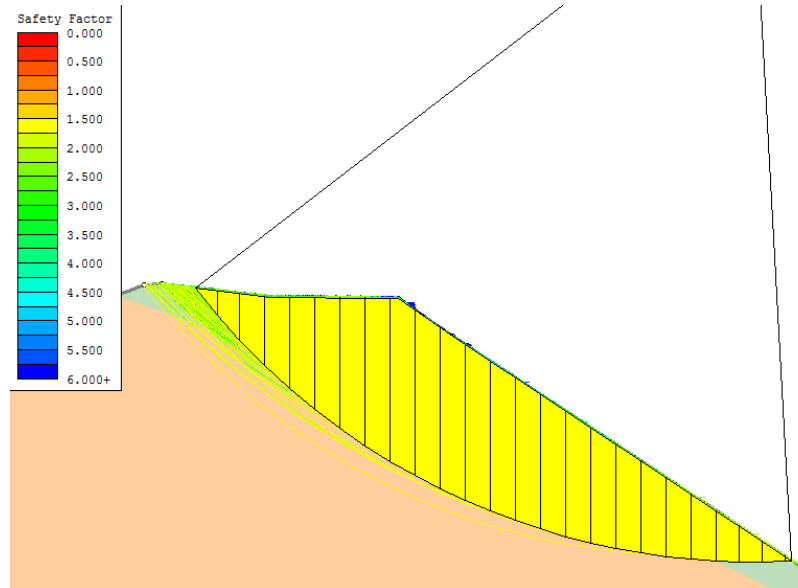


Figura 57 :Falla producida en el talud del km 3+100

Fuente: Elaboración Propia

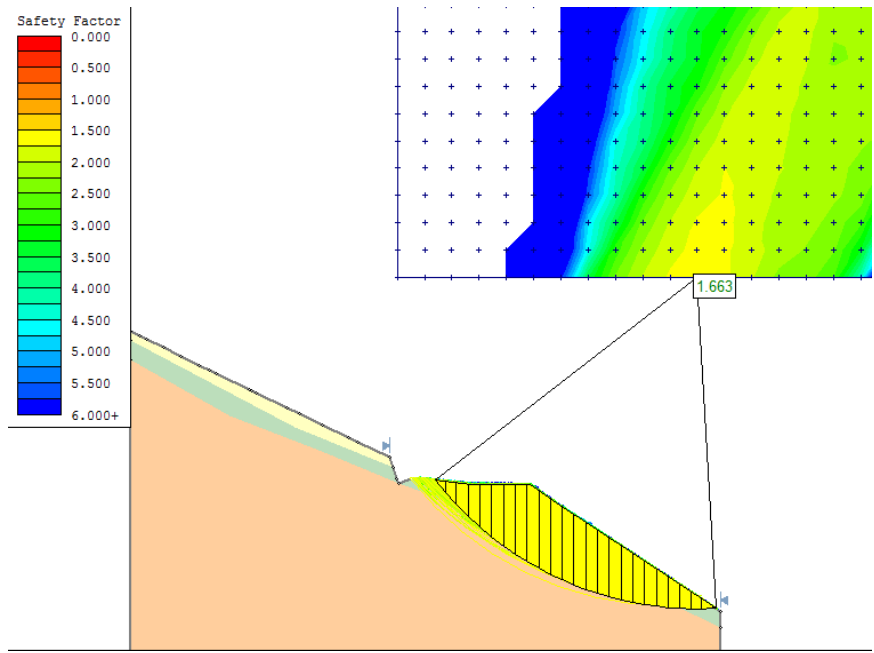


Figura 58 :Factor de seguridad obtenido con el slide en el km 3+100

Fuente: Elaboración Propia

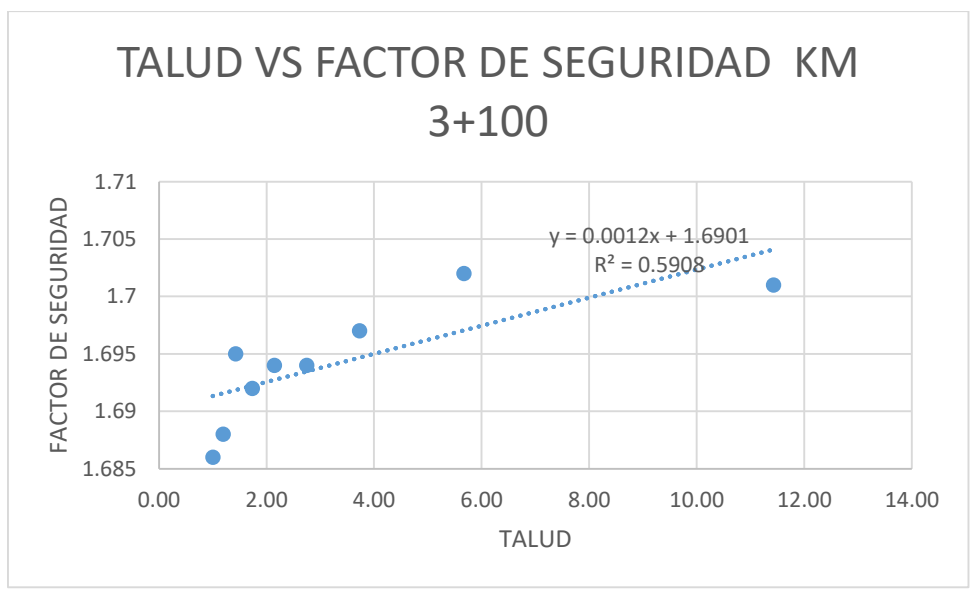


Figura 59 :talud vs factor de seguridad km 3+100

Fuente: Elaboración Propia

3.2.2. Análisis De Secciones Con Cargas Y Cargas De Sismo

Como se tiene entendido según el planeamiento del distrito de Paucara planteado y actualizado hasta el 2017 se tiene un área de recreación y agricultura, por lo que la carga viva se considerará de 300 kg/m².

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 60 :Parámetros de Sitio - Territorio Nacional

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones RNE.

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

Figura 61:Factor Z aceleración máxima

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones RNE

3.2.2.1. Secciones De Corte

3.2.2.1.1. Sección Crítica Km 0+130

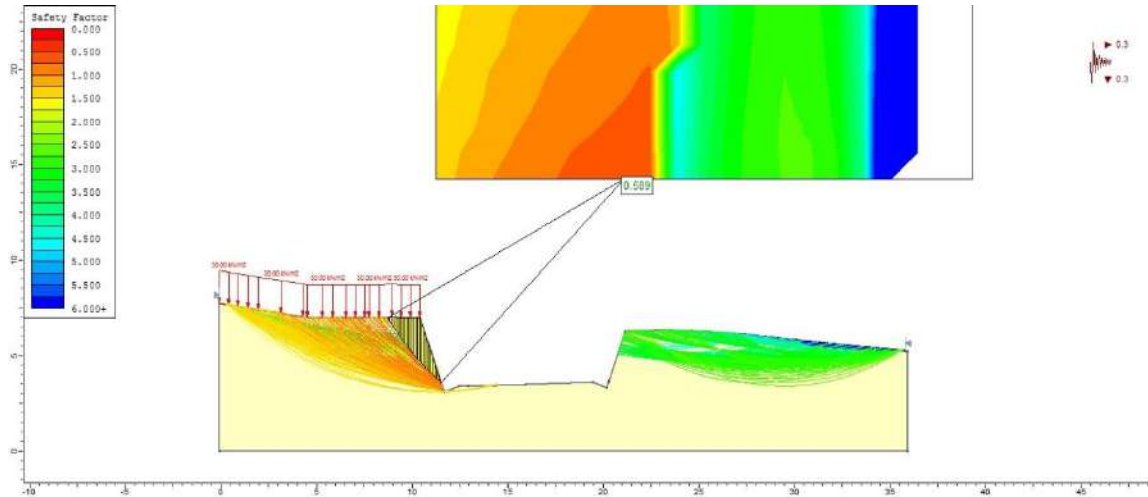


Figura 62 :Factor de Seguridad para la sección 0+130 carga viva y sísmica

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27: Relación entre el talud y el factor de seguridad

TALUD	FS
1.96	1.22
1.60	0.983
1.33	0.855
1.11	0.691
0.93	0.526
0.78	0.563
0.65	0.422
0.53	0.329
0.42	0.409
0.32	0.308
0.23	0.35
0.14	0.398
0.05	0.296

Fuente: Elaboración propia

3.2.2.1.2. Sección Crítica Km 2+630

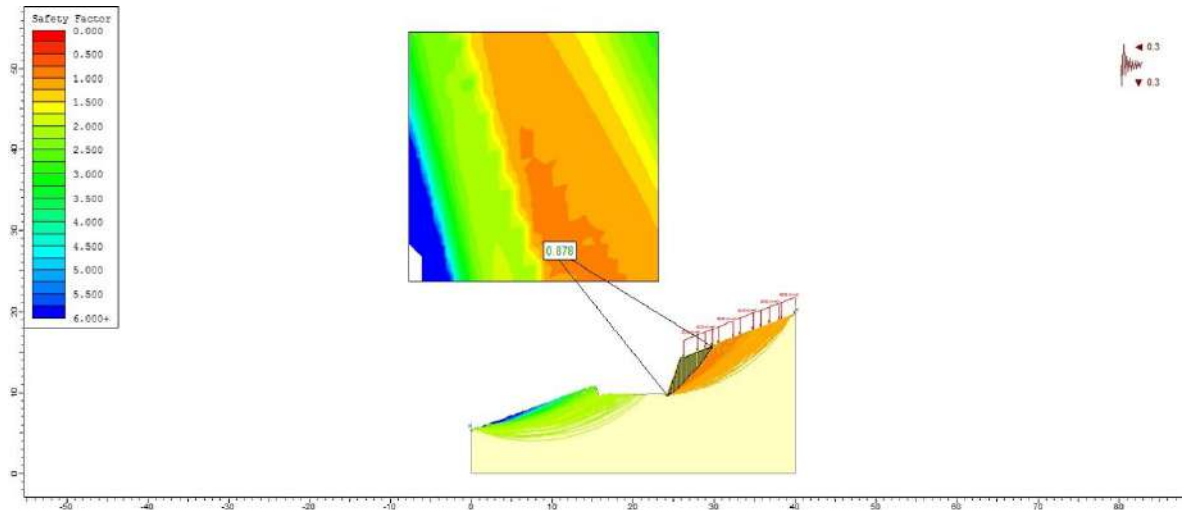


Figura 63 :Factor de Seguridad para la sección 2+630 carga viva y sísmica

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28 :Relación entre el talud y el factor de seguridad

TALUD	FS
1.33	1.828
1.11	1.592
0.93	1.712
0.78	1.609
0.65	1.469
0.53	1.599
0.42	1.479
0.32	1.297
0.23	1.352
0.14	1.229
0.05	1.027

Fuente: Elaboración propia

3.2.2.1.3. Sección Crítica Km 3+280

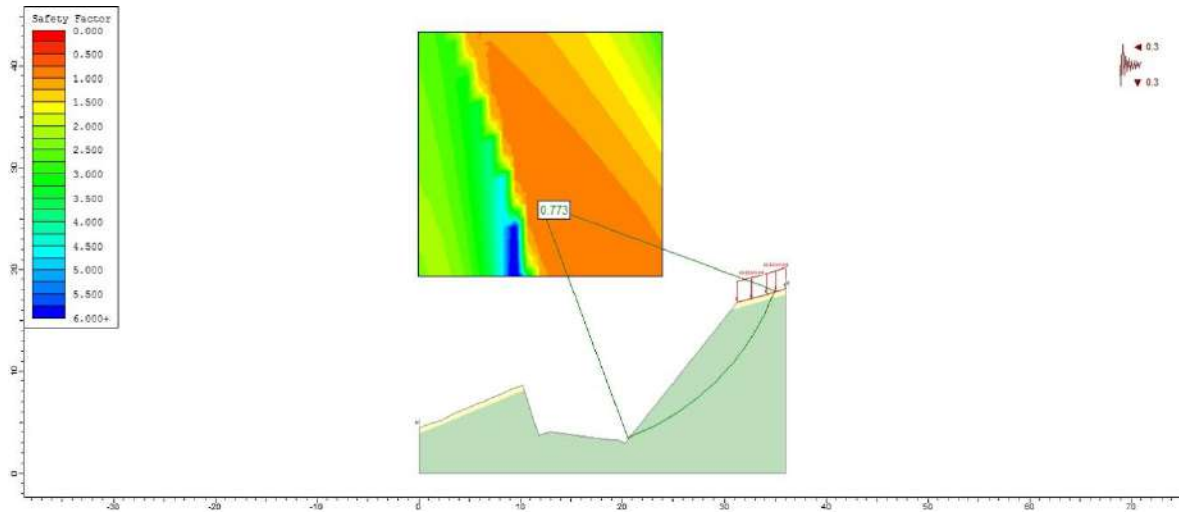


Figura 64 :Factor de Seguridad para la sección 3+280 carga viva y sísmica

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29 : Relación entre el talud y el factor de seguridad

TALUD	FS
1.00	1.087
0.84	0.832
0.70	0.987
0.58	0.746
0.47	0.578
0.36	0.783
0.27	0.594
0.18	0.461

Fuente: Elaboración propia

3.2.2.2. Secciones Críticas De Zona De Relleno

3.2.2.2.1. Sección Crítica Km 2+320

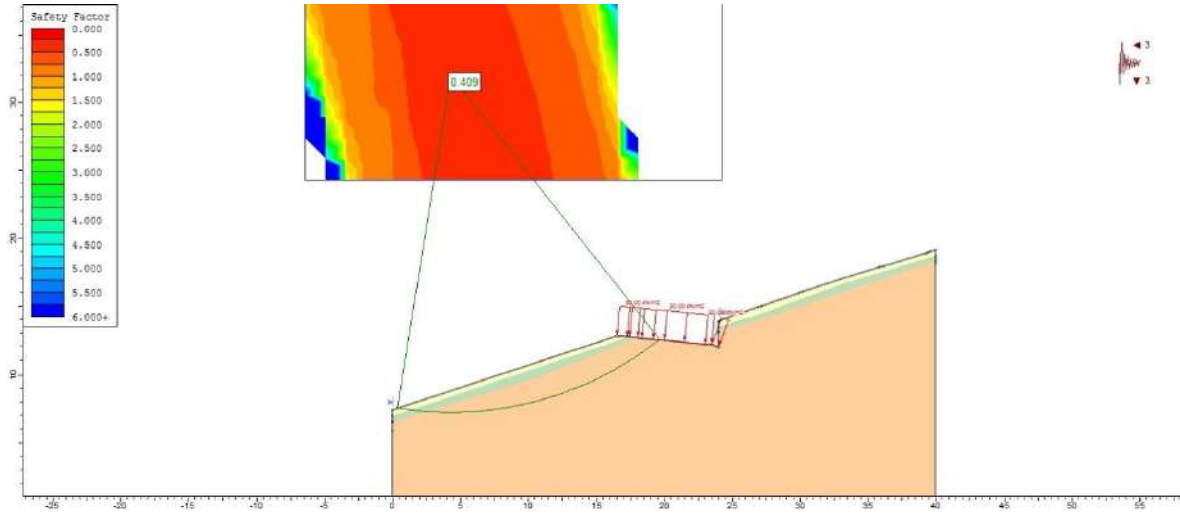


Figura 65 :Factor de Seguridad para la sección 2+320 carga viva y sísmica

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30 : Relación entre el talud y el factor de seguridad

TALUD	FS
1.88	2.1473
1.54	2.1262
1.28	2.1351
1.07	2.054
0.90	2.027
0.75	2.047
0.62	1.968
0.51	1.933
0.40	1.922
0.31	1.818

Fuente: Elaboración propia

3.2.2.2.2. Sección Crítica Km 2+630

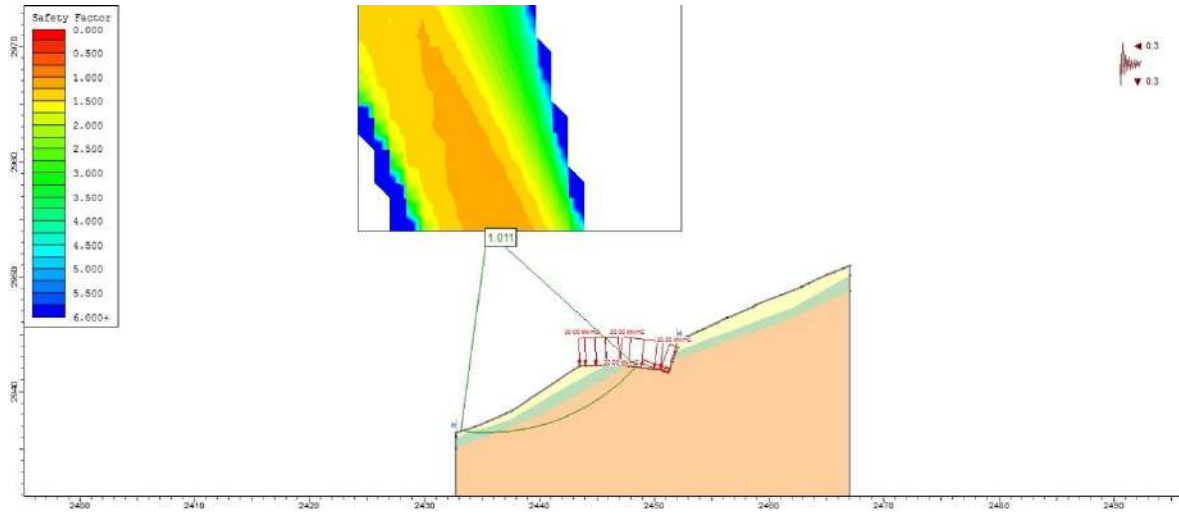


Figura 66 :Factor de Seguridad para la sección 2+630 carga viva y sísmica

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31: Relación entre el talud y el factor de seguridad

TALUD	FS
1.88	2.1473
1.54	2.1262
1.28	2.1351
1.07	2.054
0.90	2.027
0.75	2.047
0.62	1.968
0.51	1.933
0.40	1.922
0.31	1.818

Fuente: Elaboración propia

3.2.2.2.3. Sección Crítica Km 3+280

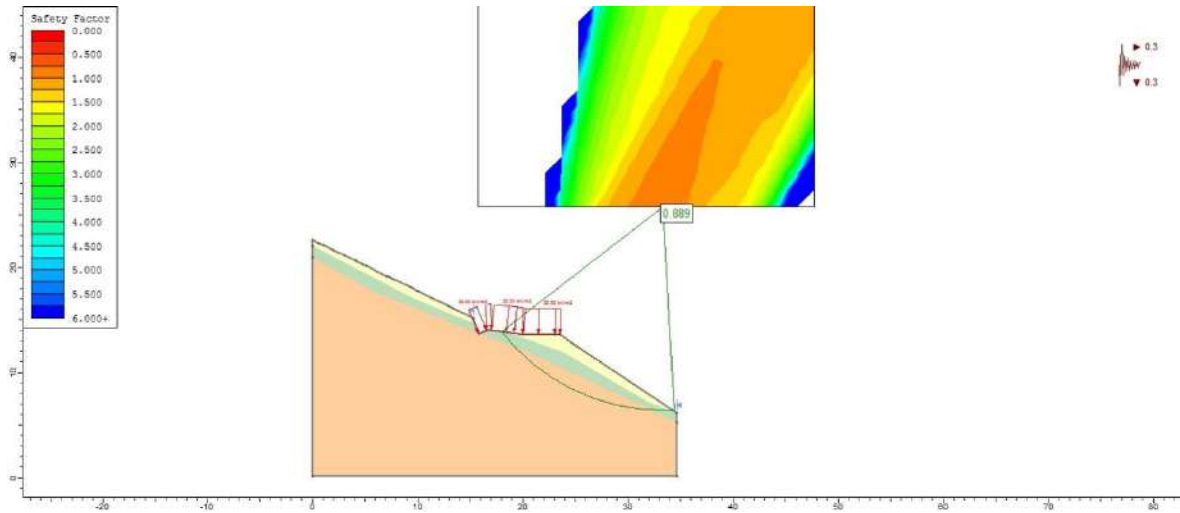


Figura 67: Factor de Seguridad para la sección 3+280 carga viva y sísmica

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32 : Relación entre el talud y el factor de seguridad

TALUD	FS
1.00	1.087
0.84	0.832
0.70	0.987
0.58	0.746
0.47	0.578
0.36	0.783
0.27	0.594
0.18	0.461

Fuente: Elaboración propia

Los taludes propuestos por el estudio inicial del proyecto se muestran según su tipo de suelo se muestran a continuación.

Tabla 33 : Valores de talud para el tipo de suelo en corte y relleno según el estudio inicial del proyecto

TIPO DE SUELO	V : H
TALUD DE CORTE MATERIAL SUELTO	3: 1
TALUD DE CORTE ROCA FRACTURADA	4: 1
TALUD RELLENO	1,5: 1

Fuente: Elaboración Propia

Según el análisis de estabilidad de taludes y la obtimizacion de un factor de seguridad para cada tipo de suelo, como propuesta se detalla a continuación:

Tabla 34: Valores de talud para el tipo de suelo en corte y relleno según el programa slide v6

TIPO DE SUELO	V : H
TALUD DE CORTE MATERIAL SUELTO	0,5: 1
TALUD DE CORTE ROCA FRACTURADA	0.2: 1
TALUD RELLENO	1,5: 1

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO IV : PROCESO DE CONTRASTE DE HIPÓTESIS

4.1. Prueba de hipótesis

4.1.1. Análisis de costos para el movimiento de tierra

Se compara los análisis de resultados del costo en función del movimiento de tierra tanto del estudio inicial como de los taludes obtenidos en el Slide v6.

Según los datos propuestos por norma

Tabla 35 :cantidad de volumen según el tipo de suelo (estudio inicial)

ESTUDIO INICIAL	CORTE (m3)	RELLENO (m3)
MATERIAL SUELTO	13411.45	358.03
ROCA SUELTA	3811.1	91.33
MATERIAL SUELTO	15323.74	587.82
	32546.29	1037.18

Fuente: Elaboración Propia

Se muestra el costo de movimiento de tierra según su tipo de suelo, que se describe en la norma

Tabla 36 :costo del movimiento de tierra segun estudio inicial

MOVIMIENTO DE TIERRAS (ESTUDIO UNICIAL)	Unid.	Metrado	Precio por (m3)	Parcial
Corte en material suelto	m3	28735.19	3.74	107469.611
Corte en roca suelta	m3	3811.1	10.84	41312.324
Perfilado, nivelado y compactado de la razante en zona de corte	m2	19735.36	1.16	22893.0176
Conformación de terraplen con material propio	m3	1037.18	5.85	6067.503
				177742.455

Fuente: Elaboración Propia

Los valores obtenidos en el slide v6 para los tres tramos que se demarcaron según el estudio inicial, pero ahora analizados según su tipo de estratigrafía se muestran en la siguiente tabla

Tabla 37 :cantidad de volumen según el tipo de suelo (según perfil estratigráfico)

SLIDE V6	CORTE (m3)	RELLENO (m3)
MATERIAL SUELTO	14348.07	359.73
ROCA SUELTA	3692.93	91.08
MATERIAL SUELTO	16763.29	589.56
	34804.29	1040.37

Fuente: Elaboración Propia

El costo que se obtiene al hacer el movimiento de tierras se muestra en la siguiente tabla

Tabla 38 :costo del movimiento de tierra según el análisis propuesto

MOVIMIENTO DE TIERRAS (SLIDE)	Unid.	Metrado	Precio (m3)	Parcial
Corte en material suelto	m3	31111.36	3.74	116356.486
Corte en roca suelta	m3	3692.93	10.84	40031.3612
Perfilado, nivelado y compactado de la razante en zona de corte	m2	19735.36	1.16	22893.0176
Conformación de terraplen con material propio	m3	1040.37	5.85	6086.1645
				185367.03

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla se puede observar que el costo incrementado al ejecutar la obra con el estudio inicial comparado con los taludes del slide es de 7624.57 soles; que es un incremento del 4.29% con respecto al planteado en el estudio inicial.

4.1.2. Análisis de la variación de tiempo

Tabla 39 :tiempo empleado en la tarea de movimiento de tierra segun el estudio inicial

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
MOVIMIENTO DE TIERRAS (Estudio inicial)	95 días	jue 02/03/17	lun 05/06/17
CORTE EN MATERIAL SUELTO	80 días	jue 02/03/17	dom 21/05/17
CORTE EN ROCA SUELTA	80 días	vie 03/03/17	lun 22/05/17
PERFILADO, NIVELACION Y COMPACTACION DE LA SUB RAZANTE EN ZONAS DE CORTE	80 días	dom 05/03/17	mié 24/05/17
CONFORMACION DE TERRAPLEN CON MATERIAL PROPIO	80 días	lun 06/03/17	jue 25/05/17

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 40 :tiempo empleado en la tarea de movimiento de tierra segun el analizado con el slide

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
MOVIMIENTO DE TIERRAS (SLIDE V6)	98 días	jue 02/03/17	lun 28/05/17
CORTE EN MATERIAL SUELTO	87 días	jue 02/03/17	dom 28/05/17
CORTE EN ROCA SUELTA	78 días	vie 03/03/17	sab 19/05/17
PERFILADO, NIVELACION Y COMPACTACION DE LA SUB RAZANTE EN ZONAS DE CORTE	80 días	dom 05/03/17	mié 24/05/17
CONFORMACION DE TERRAPLEN CON MATERIAL PROPIO	81 días	lun 06/03/17	vie 26/05/17

Fuente: Elaboración Propia

Se observa que si se emplea los taludes obtenidos en el slide con respecto al los taludes del estudio inicial el incremento es de 3.16%.

CAPÍTULO V : DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

1. En la tabla se puede observar que el costo incrementado al ejecutar la obra con el estudio inicial comparado con los taludes del slide es de 7624.57 soles; que es un incremento del 4.29% con respecto al planteado en el estudio inicial del proyecto.
2. Se analizó que si se emplea los taludes obtenidos en el slide con respecto a los taludes del estudio inicial del proyecto el tiempo de se incrementa en 3.16%.
3. Se puede afirmar que el análisis en el que se consideran todos los estratos presentes en el talud era realmente necesario. por lo cual, no basta con sumir que todo el suelo era un estrato único, tal como se hizo en el estudio inicial del proyecto. Los análisis de las secciones del estudio inicial del proyecto no cumplían un factor de seguridad estable.
4. No existe un procedimiento que proporcione un factor de seguridad totalmente confiable, por ello se realizó el análisis de estabilidad usando un rango de valores en los que el más conservador de Bishop.
5. El método utilizado y planteado en esta investigación es usado generalmente por su aporte e importancia de cálculo, puesto que nos da a entender la condición en que se encuentra el análisis predeterminado.
6. El aplicativo y uso del software, en cierto modo, tiene un gran aporte a la ingeniera 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 la estabilidad del talud.

RECOMENDACIONES

1. Se recomendaría realizar un mejor análisis de los acuíferos, además determinar de manera exacta la cota de la línea piezométrica. Se realizaron los análisis de estabilidad considerando valores de R_u variables para simular distintas posiciones de la línea piezométrica. De esta manera, se intenta representar los incrementos de niveles de agua en los taludes producto de una intensa lluvia que podría presentarse en la zona de estudio.
2. Asimismo, los parámetros de diseño de estos taludes podrían haberse definido desde la elaboración del proyecto. Sin embargo, el poco interés que le colocaron a estos taludes debido a que los suelos no contenían mineral provocó que ciertos sectores fallaran en algunas ocasiones debido a pequeñas vibraciones generadas por la voladura y por saturación de zonas específicas. Se recomendaría que para la elaboración de futuros proyectos mineros se realicen los análisis de estabilidad de taludes de suelos con un mayor interés e importancia. Para de este modo, poder evitar gastos innecesarios.
3. Los parámetros geotécnicos empleados en este análisis fueron determinados a partir de ensayos de corte directo, los cuales son antiguos y tienen una precisión menor a los ensayos modernos. Actualmente, los métodos más precisos para determinar la cohesión y el ángulo de fricción de los suelos son los ensayos triaxiales. Por lo tanto, si se desearía realizar un análisis más discreto se recomendaría determinar los parámetros geotécnicos a partir de estos ensayos, los cuales son más caros y demoran más en el tiempo de ejecución.
4. 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.
5. 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.

6. 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.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. J. Poveda Orduña y G. Vargas Aldana, "Estabilidad Del Talud En El Pr 55+950 de la Vía Manizales - Mariquita", BOGOTA, 2006.
- [2] E. A. Pérez de Ágreda, Estabilidad De Taludes, España, 2005.
- [3] A. A. Alvarado Salazar y A. R. Cornejo Guardia.
- [4] J. A. Mendoza Loayza, "Análisis De Estabilidad De Taludes De Suelos De Gran Altura En La Mina Antapaccay ", Lima, 2016.
- [5] C. A. Urteaga Posadas, "Estabilización De Talud Con Sistema Erdox En Taludes De Carreteras", Lima, 2017.
- [6] P. L. De La Cruz Inga y J. Orosco Torres, "Sistemas De Estabilización Al Deslizamiento De Taludes En La Carretera Cochabamba –San Agustín De Cajas-Ingenio Tramo Km 19+610 al Km 20+424,Huancayo", Huancayo, 2013.
- [7] D. J. Suárez, Deslizamientos: Análisis Geotécnico, Bucaramanga, 2009.
- [8] D. J. Suárez, Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales, Colombia, 1998.
- [9] E. A. Gonzales, La estructura de la planta en la estabilidad de suelos, 2002.
- [10] C. E. Guillén Martínez, "ESTABILIDAD DE TALUDES EN LOS DEPARTAMENTOS", Guatemala, 2004.

- [11] C. E. Espinoza Duran y L. E. Tapia Berzoza, "Análisis Comparativo entre los métodos de Estabilidad de Taludes", Ecuador, 2013.
- [12] D. Braja M., "Fundamentos de Ingeniería Geotécnica", Mexico D.F: THOMSON, 1999.
- [13] WIKIPEDIA, «WIKIPEDIA La Enciclopedia libre,» 2 Junio 2006. [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Estabilidad_de_taludes.
- [14] M. d. T. e. I. M. p. l. R. d. E. Geotécnicos, «Ministerio de Transporte e Infraestructura Manual para la Revisión de Estudios Geotécnicos,» 2008.
- [15] Y. H. Huang , "STABILITY ANALYSIS OF EARTH SLOPES", New York, 1927.
- [16] A. R. Granados López, "Estabilización del Talud de la Costa Verde en la zona del Distrito de Barranco", Lima, 2006.
- [17] A. A. Pacheco Zapata, "Estabilización del Talud de la Costa Verde en la Zona del Distrito de San Isidro", Lima, 2006.

ANEXOS:

A continuación, se presentan los ensayos realizados para calcular las características geotécnicas extraídas en campo. También se presentan fotografías de la carretera tramo Pampa cruz – Uchuyrumi, distrito del Paucara de de la provincia de Acobamba, Región Huancavelica durante la etapa de elaboración de esta tesis.



Fotografía N° 01- vista panorámica del tramo



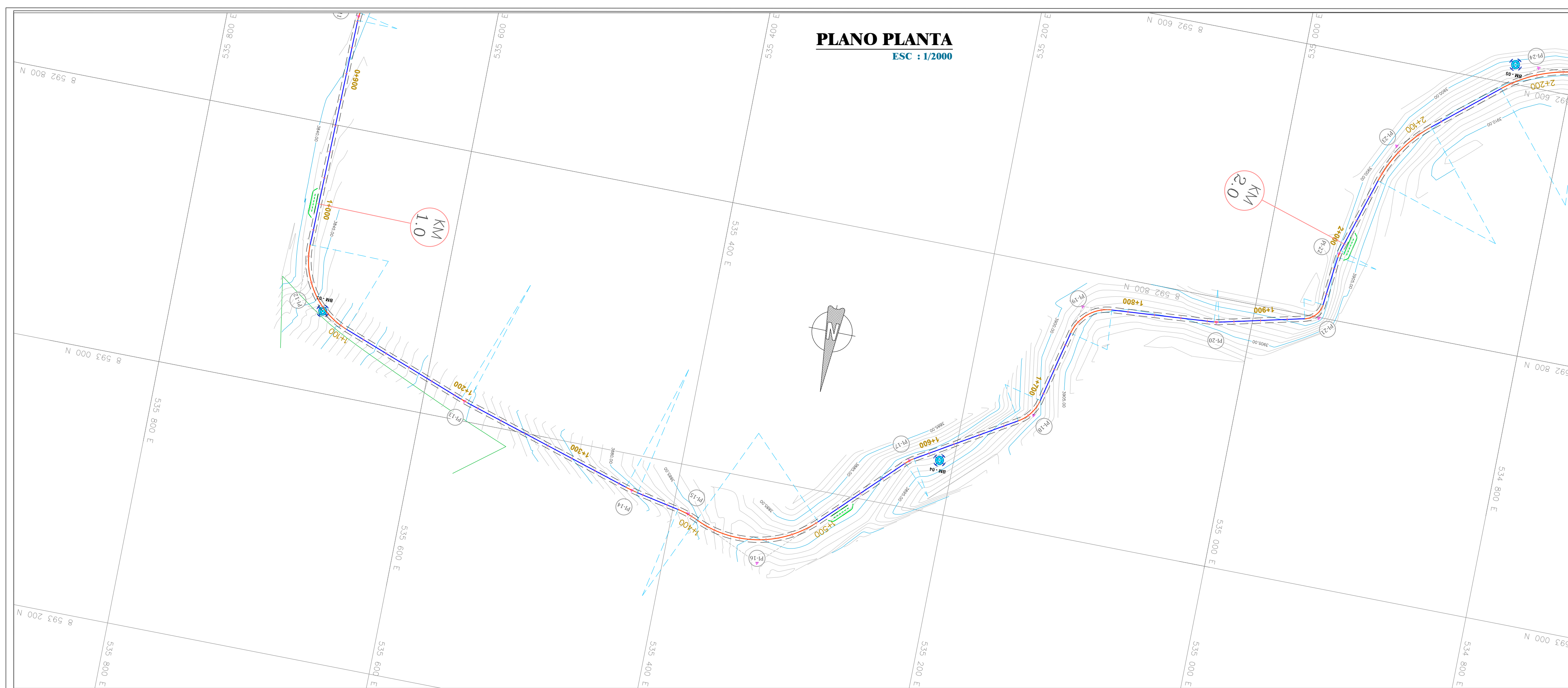
Fotografía N° 02 – vista del eje.



Fotografía N° 03 – vista de la calicata n°1

ANEXO C. PLANOS

PLANO PLANTA
ESC : 1/2000

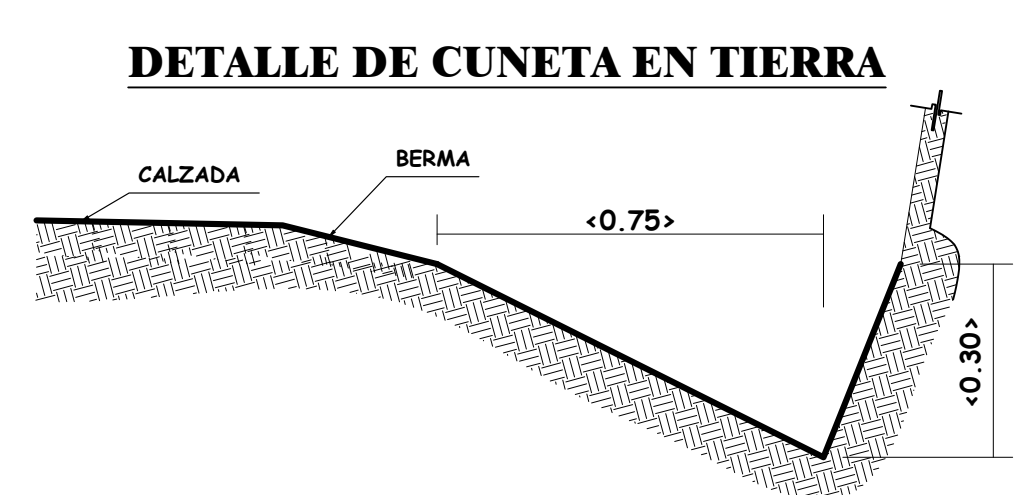
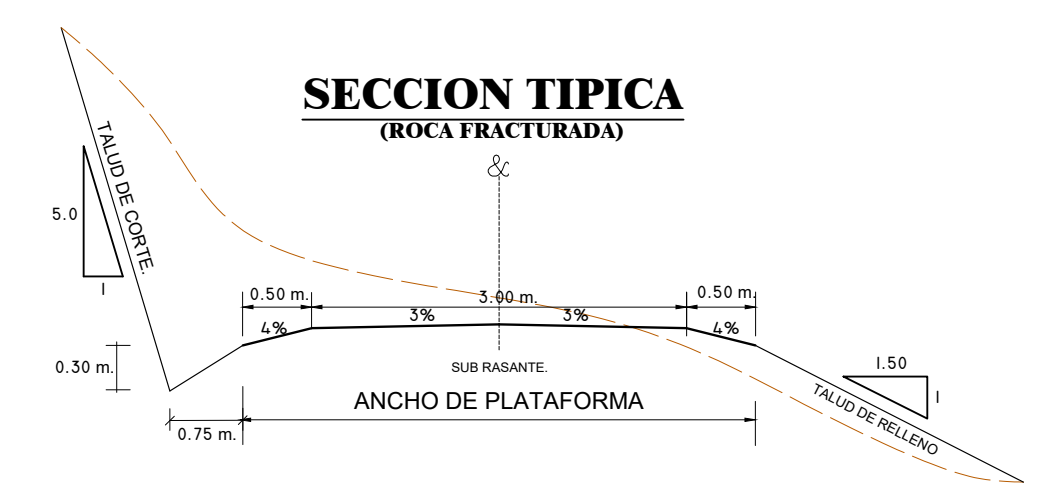
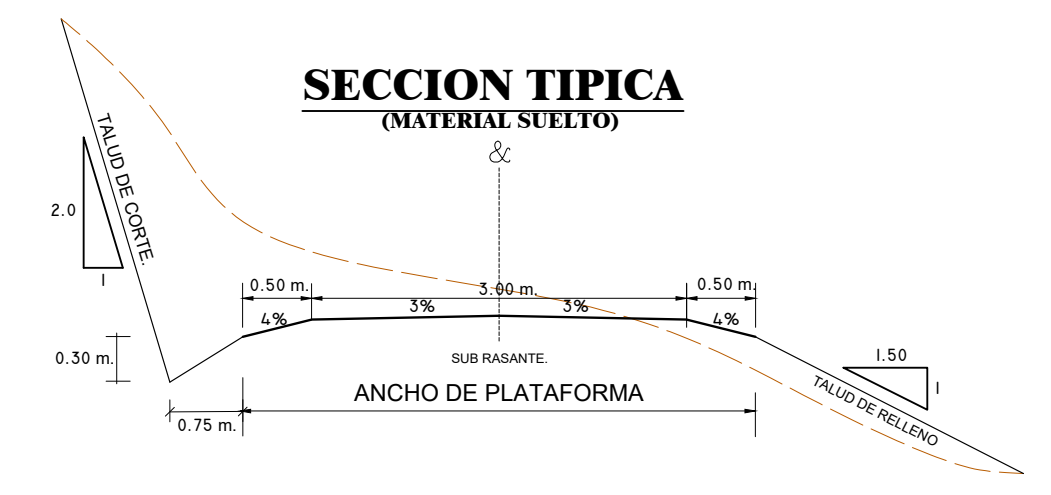
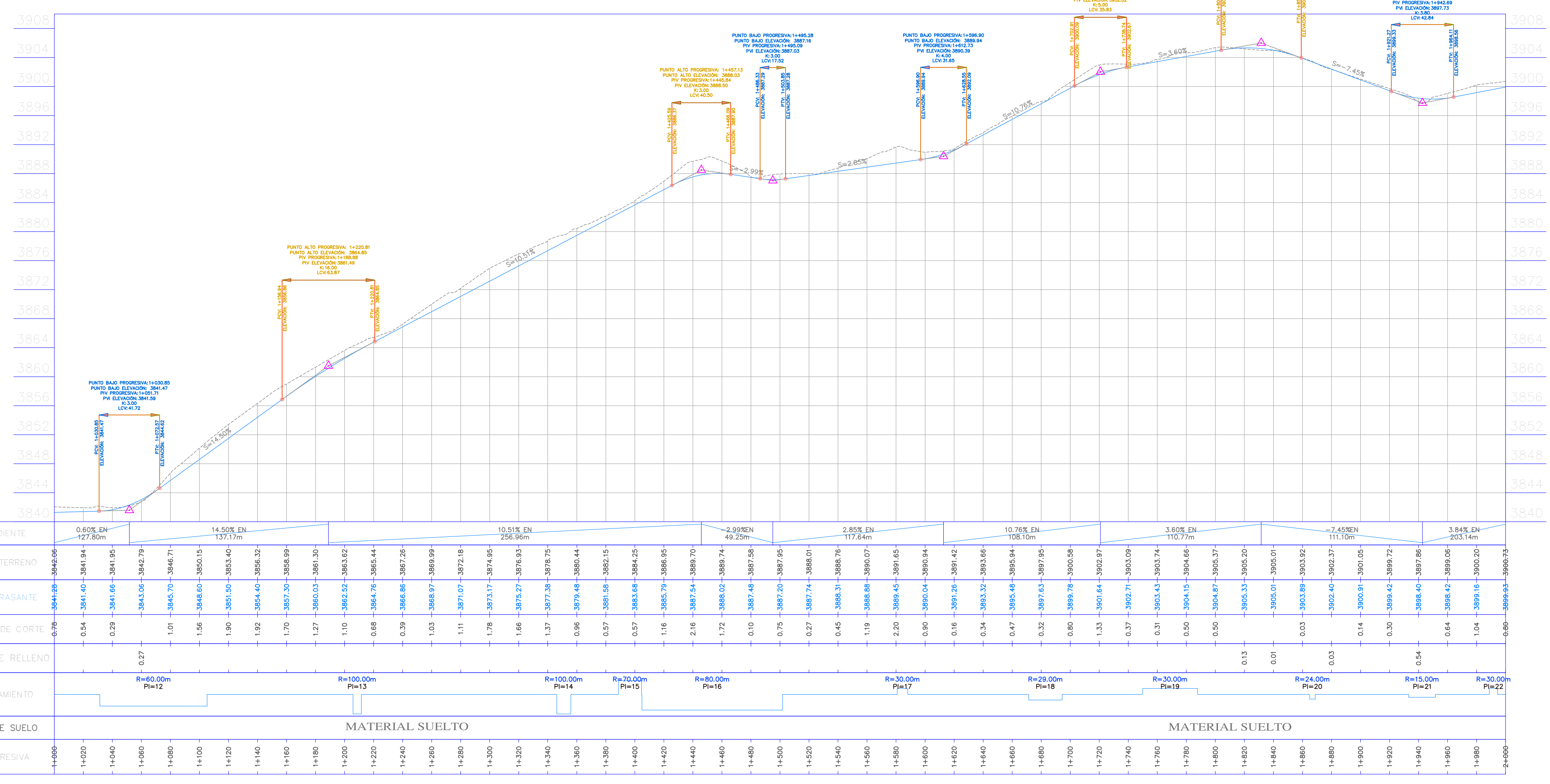


CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVA												
ITEM	DESCRIPCION	PI	PI+1	PI+2	PI+3	PI+4	PI+5	PI+6	PI+7	PI+8	PI+9	S.A.
PI-1	N02° 50' 51" W	4022'23"	24.00	15.40	27.38	25.92	4.52	3.80	0+123.77	0+135.76	8592371.01	535342.91
PI-2	N13° 28' 04" W	3719'23"	24.00	6.73	13.12	12.06	0.83	0.89	0+177.33	0+170.60	8592373.70	535344.83
PI-3	N14° 10' 15" W	975'04"	24.00	2.28	4.17	4.16	0.09	0.09	0+302.84	0+300.85	8592349.68	535313.62
PI-4	N01° 58' 35" E	122'20'35"	15.00	27.25	32.03	28.28	16.11	7.77	0+380.34	0+363.09	8592579.97	535299.65
PI-5	S85° 53' 49" E	38'59'22"	30.00	10.36	19.94	19.58	1.74	1.64	0+436.41	0+446.00	8592551.03	535362.67
PI-6	N80° 31' 08" E	10'55'11"	30.00	2.87	5.72	5.71	0.14	0.14	0+570.68	0+567.82	8592585.84	535493.15
PI-7	N68° 14' 47" E	35'27'49"	36.00	11.51	22.28	21.83	1.80	1.71	0+613.68	0+602.17	8592588.86	535536.08
PI-8	N70° 29' 50" E	39'57'54"	35.00	12.73	24.41	23.92	2.24	2.11	0+637.19	0+624.47	8592604.28	535554.77
PI-9	N80° 08' 08" E	20'41'22"	24.00	4.38	8.67	8.62	0.40	0.39	0+692.92	0+688.54	8592603.81	535611.04
PI-10	N40° 57' 52" E	57'39'07"	24.00	13.21	24.15	23.14	3.39	2.97	0+770.13	0+756.92	8592630.51	535684.08
PI-11	N6° 30' 27" E	11'15'44"	30.00	2.96	5.90	5.89	0.15	0.14	0+856.19	0+853.23	8592716.87	535702.88

PARAMETROS DE DISEÑO		
ITEM	DESCRIPCION	VALOR
1	VELOCIDAD DIRECTRIZ	20 - 30 Km/H
2	PENDIENTE MAXIMA	11.00 %
3	RADIO MINIMO DE VOLTEO	15.00 Mt
4	ANCHO DE CALZADA	3.00 Mt
5	ANCHO DE BERMA	0.50 Mt
6	BOMBEO	3.00 %
7	PERALTE MINIMO	2.00 %
8	PERALTE MAXIMO NORMAL	6.00 %
9	PERALTE MAXIMO EXCEPCIONAL	12.00 %
10	CUNETA	0.30x0.75 Mt
11	PLAZOLETA DE CRUCE	8.00x20.00 Mt
12	VISIBILIDAD DE PARADA - BAJADA	35.00 Mt
13	VISIBILIDAD DE PARADA - SUBIDA	30.00 Mt
14	VISIBILIDAD DE PASO	80.00 Mt
15	TALUD DE CORTE MATERIAL SUELTO	1:2 H:V
16	TALUD DE CORTE ROCA FRACTURADA	1:5 H:V
17	TALUD DE RELLENO	1:5:1 H:V

LEYENDA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	CURVA DE NIVEL PRIMARIAS
	CURVA DE NIVEL SECUNDARIA
	VIVIENDAS
	EJE DE TROCHA
	TROCHA EXISTENTE
	PLAZOLETA DE CRUCE
	BENCH MARK
	HITO KILOMETRICO
	ALCANTARILLA DE CRUCE
	BADEN
	ALCANTARILLA DE ALMO
	SEÑAL PREVENTIVA
	LETrero INFORMATIVO
	APERTURA DE TROCHA PROYECTADO

PERFIL LONGITUDINAL 1+000.00 - 2+000.00
ESCALA: H=1:2000 V=1:400



"UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS"



FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

DISEÑADOR:

JHONNIOR SIHUINTA HUAMAN

T.E.S.S.

"ESTABILIDAD DE TALUDES Y SU EFECTO EN EL COSTO Y TIEMPO DE EXPLANACION CARRETERA TRAMO PAMPA CRUZ-UCHUYRUMI , PAUCARA -HUANCAVELICA"

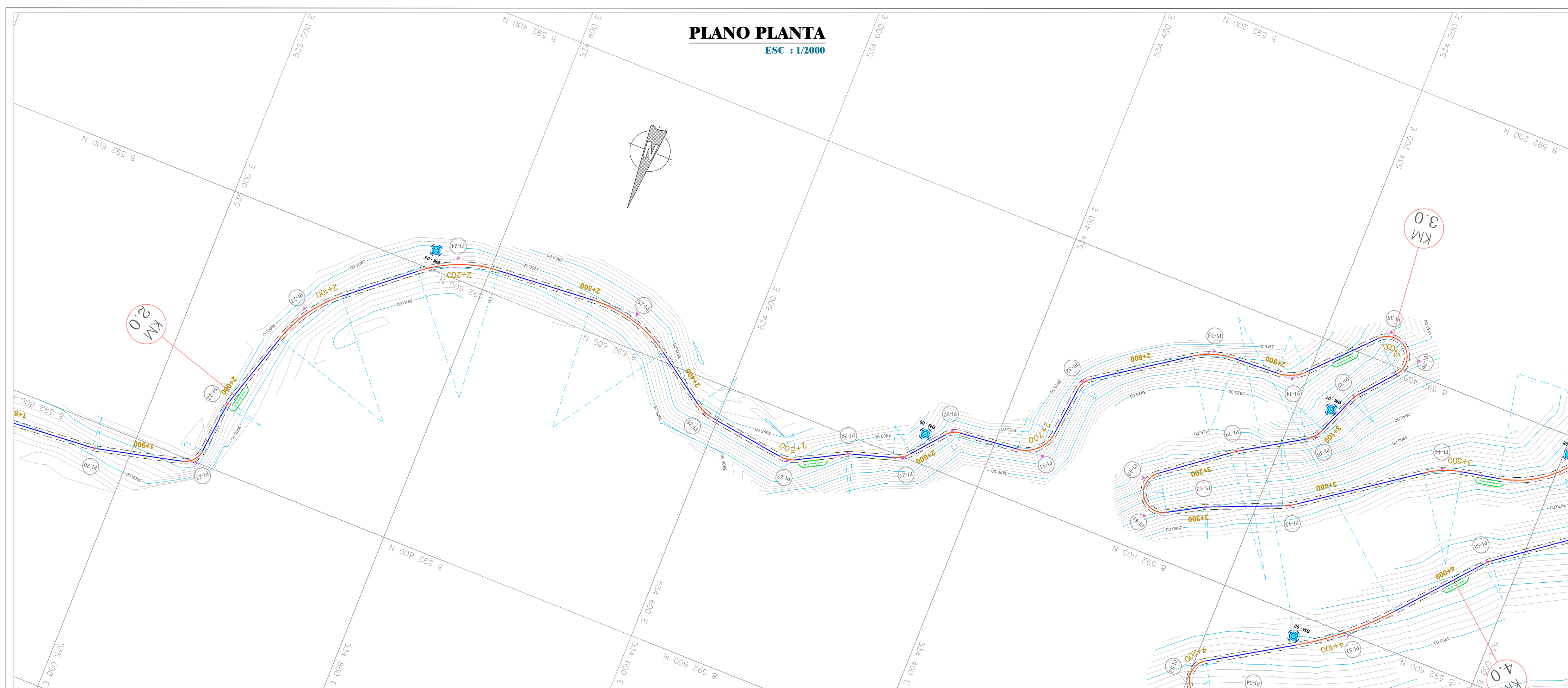
PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL

PP-01

UBICACION:
DEPARTAMENTO : HUANCAVELICA
PROVINCIA : ACOBAMBA
DISTRITO : PAUCARA

FECHA: MARZO - 2017 ESCALA: INDICADA

PLANO PLANTA
ESC : 1/2000



CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVA												
ITEM	DESCRIPCION	PI	PI+1	PI+2	PI+3	PI+4	PI+5	PI+6	PI+7	PI+8	PI+9	S.A.
PI-1	N02° 30' 51" W	4022'53"	24.00	15.40	27.38	25.92	4.52	3.80	0+123.77	0+135.76	8592371.01	535342.91
PI-2	N13° 29' 04" W	3719'23"	24.00	6.73	13.12	12.06	0.83	0.89	0+177.33	0+183.72	8592372.70	535344.83
PI-3	N14° 10' 15" W	920'04"	24.00	2.28	4.17	4.16	0.09	0.09	0+302.84	0+305.02	8592491.68	535313.62
PI-4	N01° 58' 35" E	1222'03"	15.00	27.25	32.03	28.28	16.11	7.77	0+380.34	0+383.09	8592577.97	535299.65
PI-5	S85° 53' 49" E	3819'22"	30.00	10.36	19.94	19.58	1.74	1.64	0+436.41	0+442.00	8592551.03	535362.67
PI-6	N80° 31' 08" E	1055'11"	30.00	2.87	5.72	5.71	0.14	0.14	0+570.68	0+567.82	8592553.53	535493.15
PI-7	N68° 14' 47" E	3527'49"	36.00	11.51	22.28	21.83	1.80	1.71	0+613.68	0+624.45	8592588.86	535536.08
PI-8	N70° 29' 50" E	3927'54"	35.00	12.73	24.41	23.92	2.24	2.11	0+637.19	0+648.88	8592604.28	535554.77
PI-9	N80° 08' 08" E	2041'22"	24.00	4.38	8.67	8.62	0.40	0.39	0+692.92	0+688.54	8592603.81	535611.04
PI-10	N40° 57' 52" E	5739'07"	24.00	13.21	24.15	23.14	3.39	2.97	0+770.13	0+756.92	8592630.51	535684.08
PI-11	N6° 30' 27" E	1115'44"	30.00	2.96	5.90	5.89	0.15	0.14	0+856.19	0+853.23	8592716.87	535702.88

PARAMETROS DE DISEÑO		
ITEM	DESCRIPCION	VALOR
1	VELOCIDAD DIRECTRIZ	20 - 30 Km/H
2	PENDIENTE MAXIMA	11.00 %
3	RADIO MINIMO DE VOLTEO	15.00 Mt
4	ANCHO DE CALZADA	3.00 Mt
5	ANCHO DE BERMA	0.50 Mt
6	BOMBEO	3.00 %
7	PERALTE MINIMO	2.00 %
8	PERALTE MAXIMO NORMAL	6.00 %
9	PERALTE MAXIMO EXCEPCIONAL	12.00 %
10	CUNETA	0.30x0.75 Mt
11	PLAZOLETA DE CRUCE	8.00x20.00 Mt
12	VISIBILIDAD DE PARADA - BAJADA	35.00 Mt
13	VISIBILIDAD DE PARADA - SUBIDA	30.00 Mt
14	VISIBILIDAD DE PASO	80.00 Mt
15	TALUD DE CORTE MATERIAL SUELTO	1:2 H:V
16	TALUD DE CORTE ROCA FRACTURADA	1:5 H:V
17	TALUD DE RELLENO	1.5:1 H:V

LEYENDA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	CURVA DE NIVEL PRIMARIAS
	CURVA DE NIVEL SECUNDARIA
	VIVIENDAS
	EJE DE TROCHA
	TROCHA EXISTENTE
	PLAZOLETA DE CRUCE
	BENCH MARK
	HITO KILOMETRICO
	ALCANTARILLA DE CRUCE
	BADEN
	ALCANTARILLA DE ALMIO
	SEÑAL PREVENTIVA
	LETRERO INFORMATIVO
	APERTURA DE TROCHA PROYECTADO

"UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS"



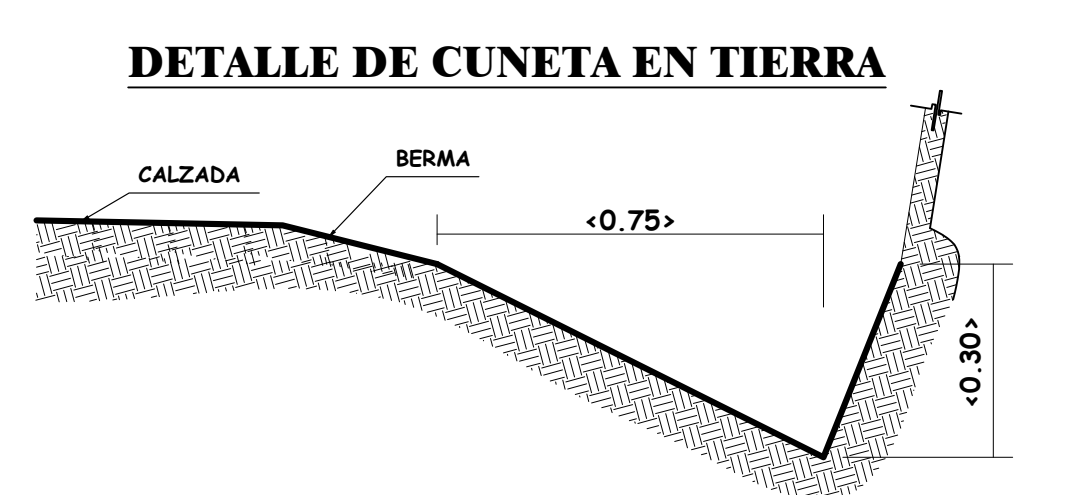
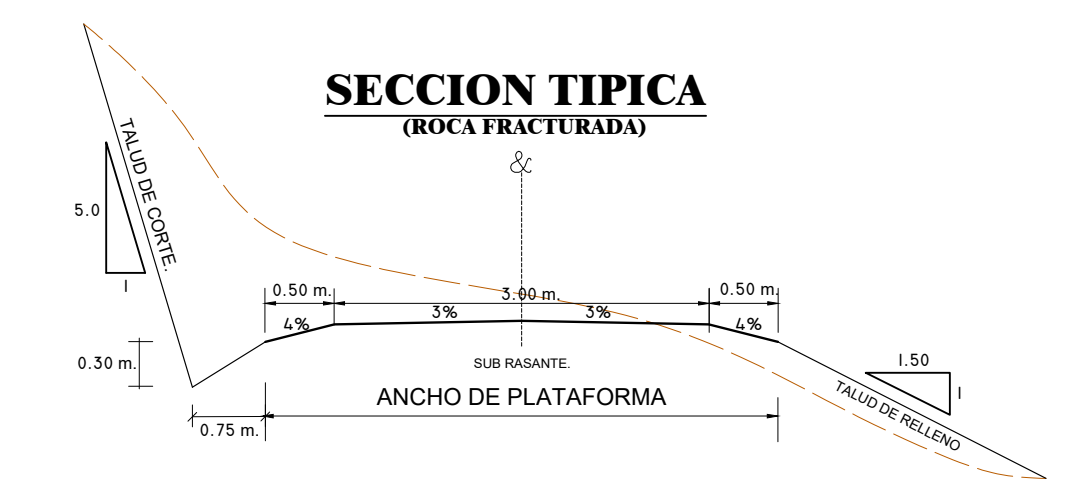
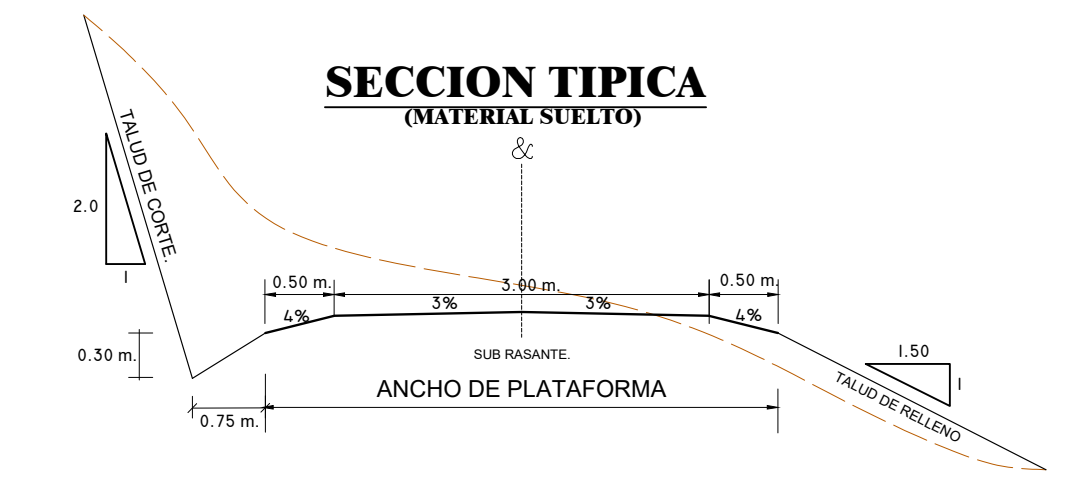
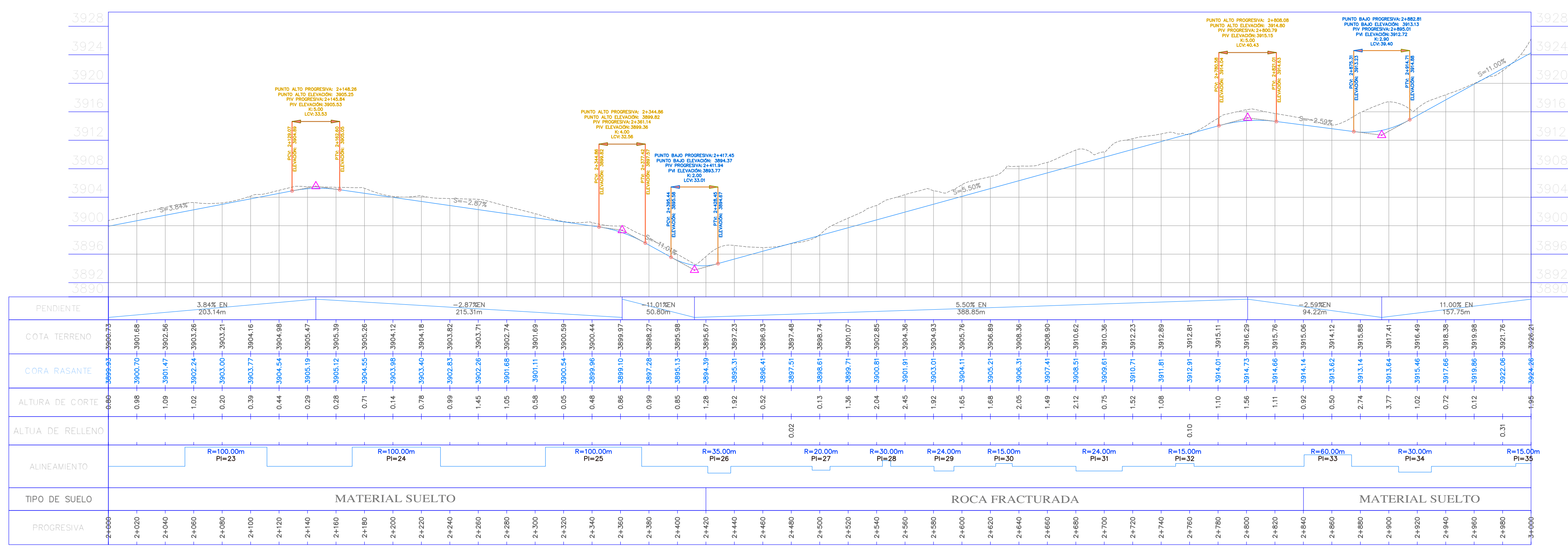
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

DISEÑADOR:

JHONNIOR SIHUINTA HUAMAN

PERFIL LONGITUDINAL 2+000.00 - 3+000.00
ESCALA: H=1:2000 V=1:400



"ESTABILIDAD DE TALUDES Y SU EFECTO EN EL COSTO Y TIEMPO DE EXPLANACION CARRETERA TRAMO PAMPA CRUZ-UCHUYRUMI, PAUCARA HUANAQUELCA"

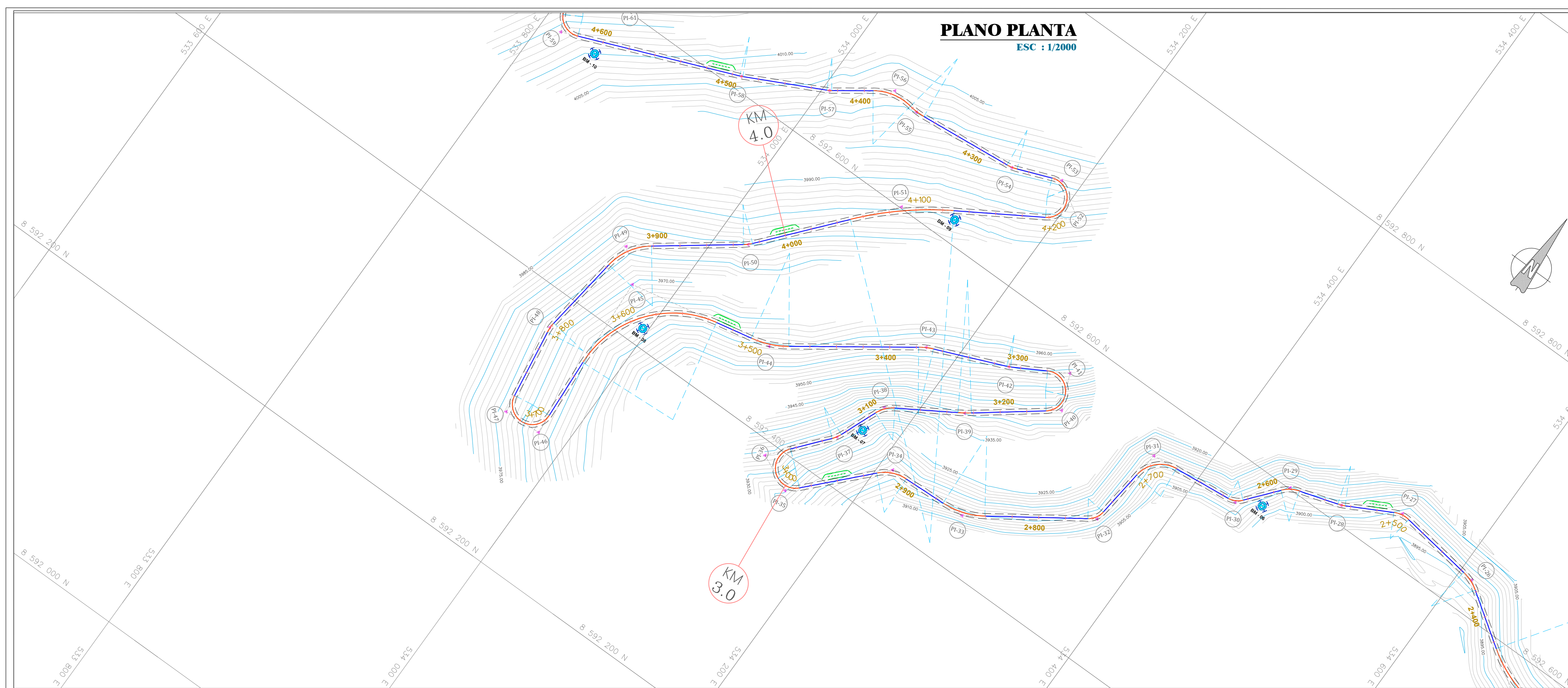
PLANO PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL

PP-02

UBICACION: DEPARTAMENTO HUANAQUELCA, PROVINCIA ACOSAMBA, DISTRITO PAUCARA

FECHA: MARZO 2017 ESCALA: INDICADA

PLANO PLANTA
ESC : 1/2000

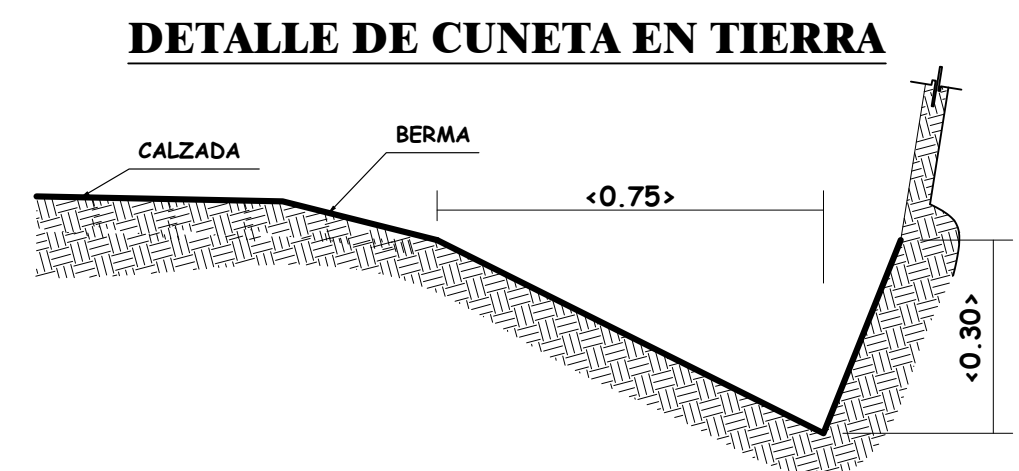
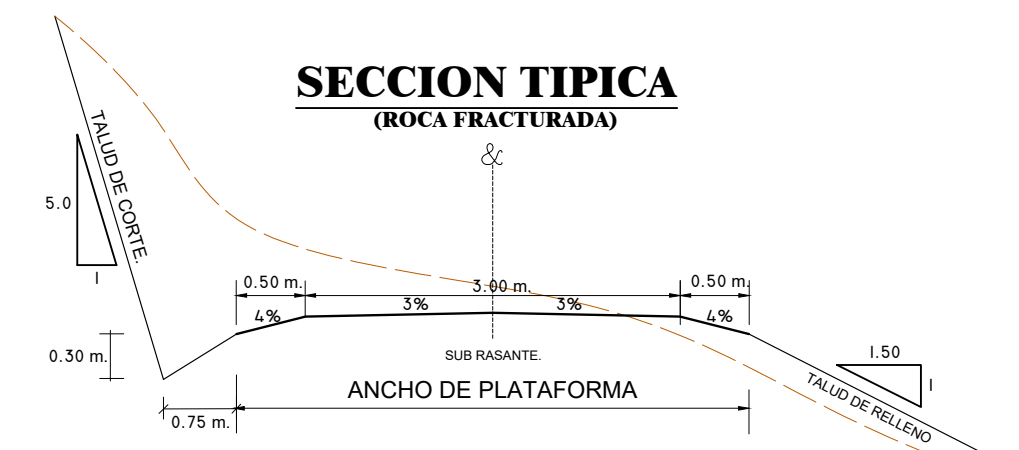
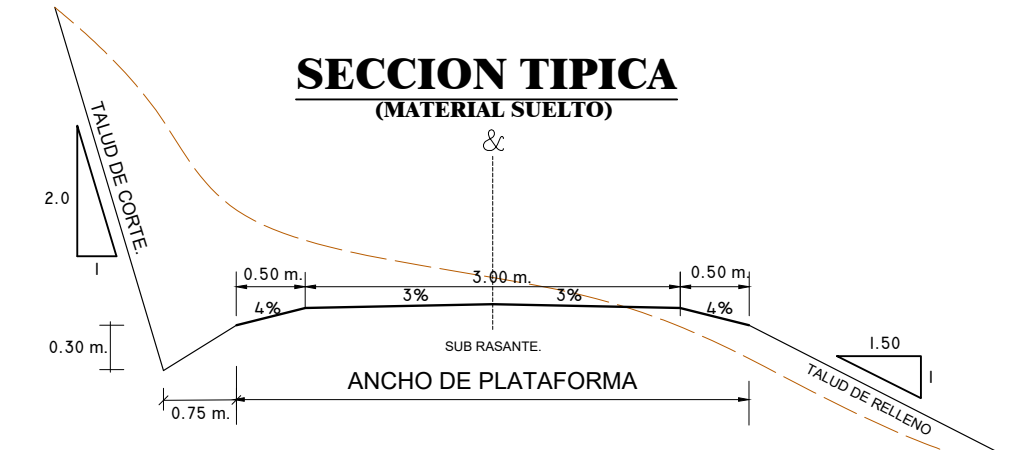
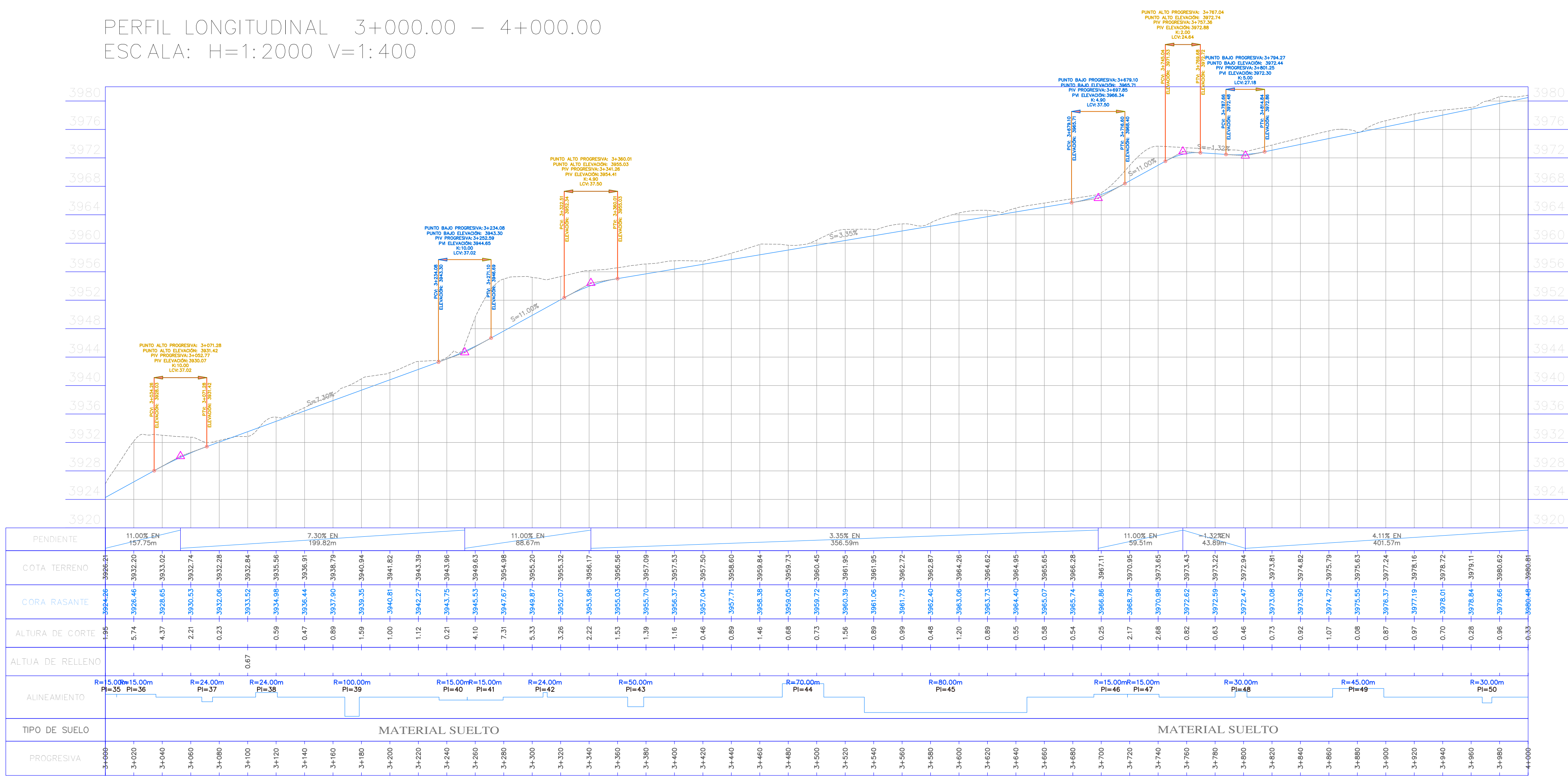


ITEM	DESCRIPCION	VALOR
1	VELOCIDAD DIRECTRIZ	20 - 30 km/h
2	PENDIENTE MAXIMA	11.00 %
3	RADIO MINIMO DE VOLTEO	15.00 Mt
4	ANCHO DE CALZADA	3.00 Mt
5	ANCHO DE BERMA	0.50 Mt
6	BOMBEO	3.00 %
7	PERALTE MINIMO	2.00 %
8	PERALTE MAXIMO NORMAL	6.00 %
9	PERALTE MAXIMO EXCEPCIONAL	12.00 %
10	CUNETA	0.30x0.75 Mt
11	PLAZOLETA DE CRUCE	8.00x20.00 Mt
12	VISIBILIDAD DE PARADA - BAJADA	35.00 Mt
13	VISIBILIDAD DE PARADA - SUBIDA	30.00 Mt
14	VISIBILIDAD DE PASO	80.00 Mt
15	TALUD DE CORTE MATERIAL SUELTO	1:2 H:V
16	TALUD DE CORTE ROCA FRACTURADA	1:5 H:V
17	TALUD DE RELLENO	1.5:1 H:V

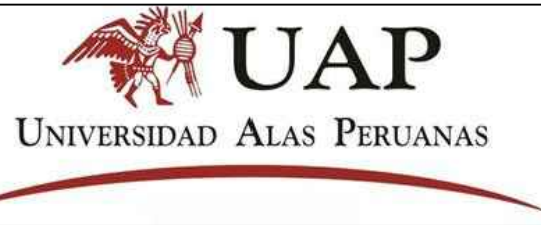
ITEM	DESCRIPCION	VALOR
1	VELOCIDAD DIRECTRIZ	20 - 30 km/h
2	PENDIENTE MAXIMA	11.00 %
3	RADIO MINIMO DE VOLTEO	15.00 Mt
4	ANCHO DE CALZADA	3.00 Mt
5	ANCHO DE BERMA	0.50 Mt
6	BOMBEO	3.00 %
7	PERALTE MINIMO	2.00 %
8	PERALTE MAXIMO NORMAL	6.00 %
9	PERALTE MAXIMO EXCEPCIONAL	12.00 %
10	CUNETA	0.30x0.75 Mt
11	PLAZOLETA DE CRUCE	8.00x20.00 Mt
12	VISIBILIDAD DE PARADA - BAJADA	35.00 Mt
13	VISIBILIDAD DE PARADA - SUBIDA	30.00 Mt
14	VISIBILIDAD DE PASO	80.00 Mt
15	TALUD DE CORTE MATERIAL SUELTO	1:2 H:V
16	TALUD DE CORTE ROCA FRACTURADA	1:5 H:V
17	TALUD DE RELLENO	1.5:1 H:V

SIMBOLO	DESCRIPCION
	CURVA DE NIVEL PRIMARIAS
	CURVA DE NIVEL SECUNDARIA
	VIVENDAS
	EJE DE TROCHA
	TROCHA EXISTENTE
	PLAZOLETA DE CRUCE
	BENCH MARK
	HITO KILOMETRICO
	ALCANTARILLA DE CRUCE
	BADEN
	ALCANTARILLA DE ALIVO
	SERIAL PREVENTIVA
	LETrero INFORMATIVO
	APERTURA DE TROCHA PROYECTADO

PERFIL LONGITUDINAL 3+000.00 - 4+000.00
ESCALA: H=1:2000 V=1:400



"UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS"



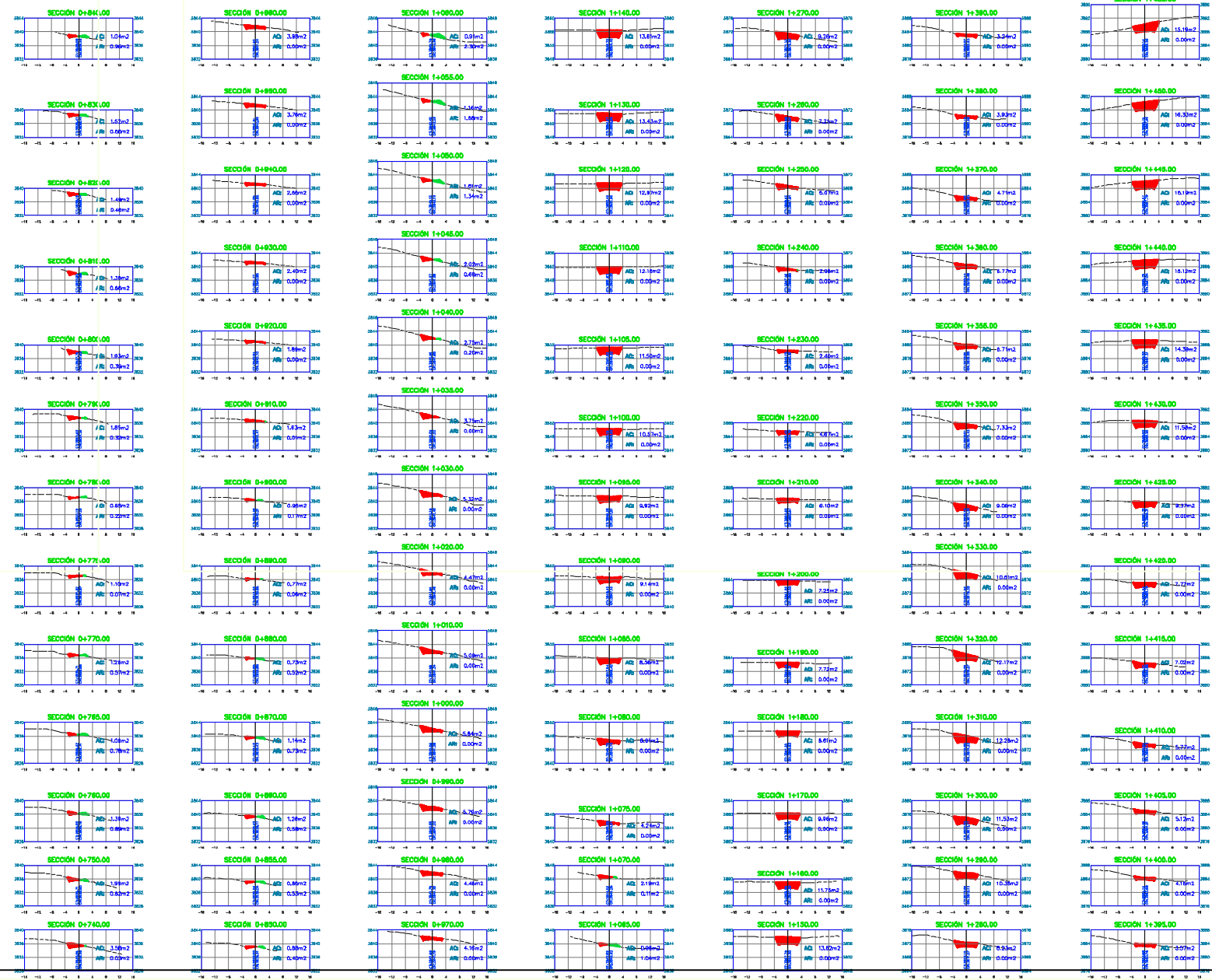
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

DIPLOMADOR
JHONNOR SIHUINTA HUAMAN

TESIS
"ESTABILIDAD DE TALUDES Y SU EFECTO EN EL COSTO Y TIEMPO DE EXPLANACION CARRERA TRAMO PAMPA CRUZ-UCHUYRUMI - PAUCARA -HUANCAVELICA"

PLANO
PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL
LAMINA
PP-03
UBICACION:
DEPARTAMENTO HUANCAVELICA
PROVINCIA ACOSAMBAMBA
DISTRITO PAUCARA
FECHA:
MARZO 2017
ESCALA:
INDICADA



UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS



FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

UNIVERSITY OF PERU
SCHOOL OF CIVIL ENGINEERING

PROYECTO
EXPANSION CARRETERA TRAMO
TUPAC KATIPALTA - PUERTO
HUANCAYELICA

PLAZA S/001

LEVI S. CORDERO

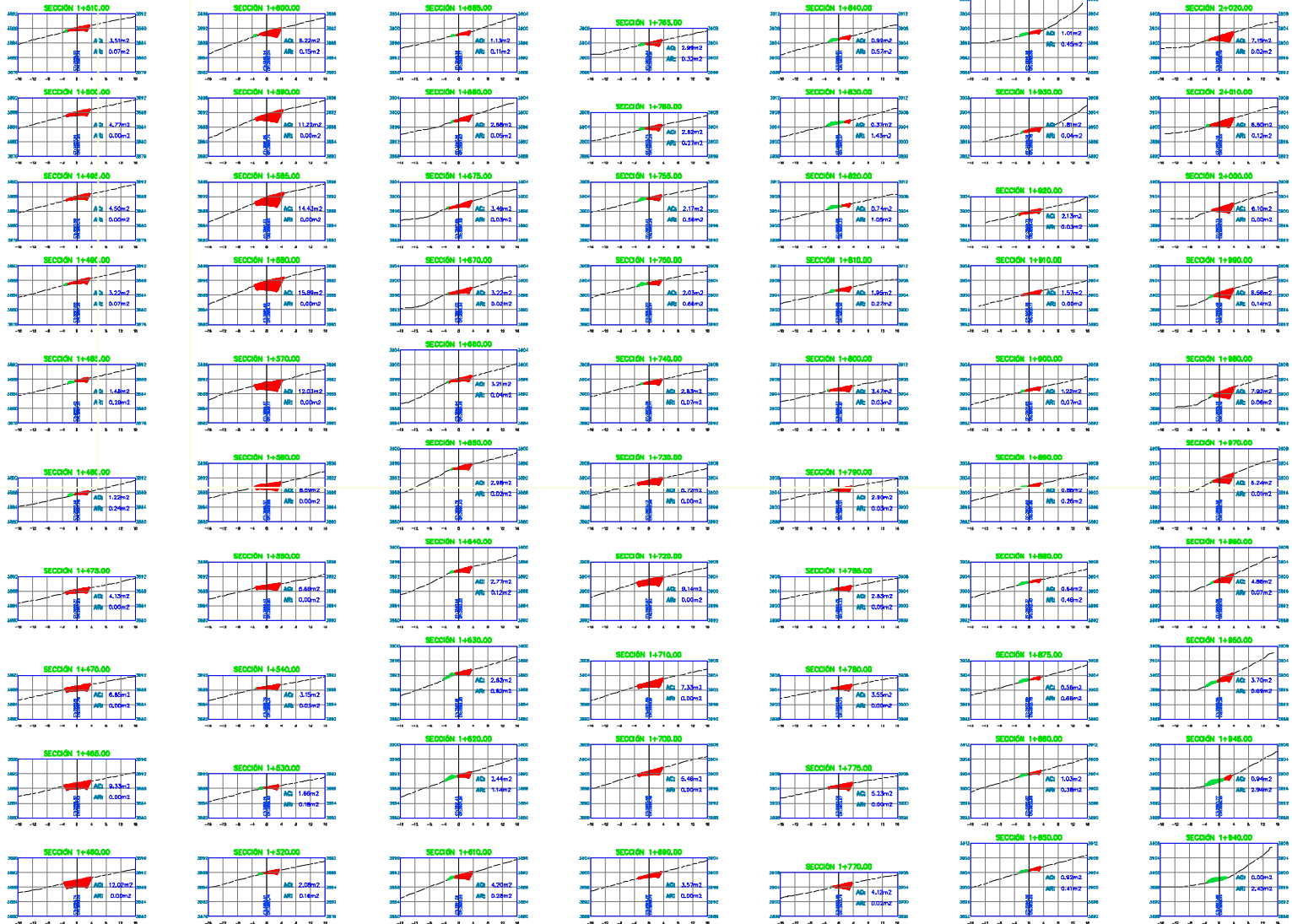
77-01

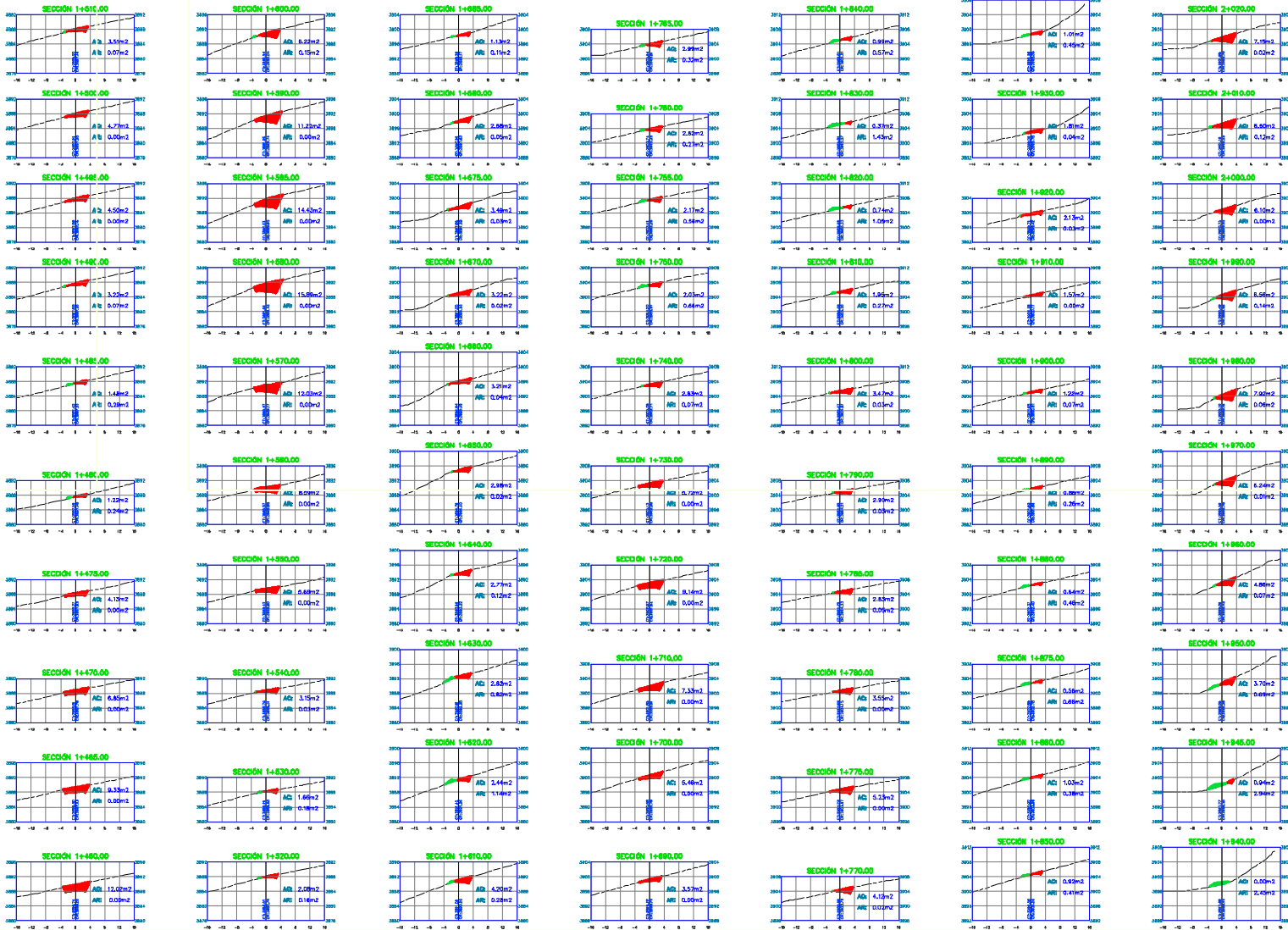
INSTRUMENTOS DE MEDICION Y DE DISEÑO

ENCUADRE Y DISEÑO

TARJETAS

2020





UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS



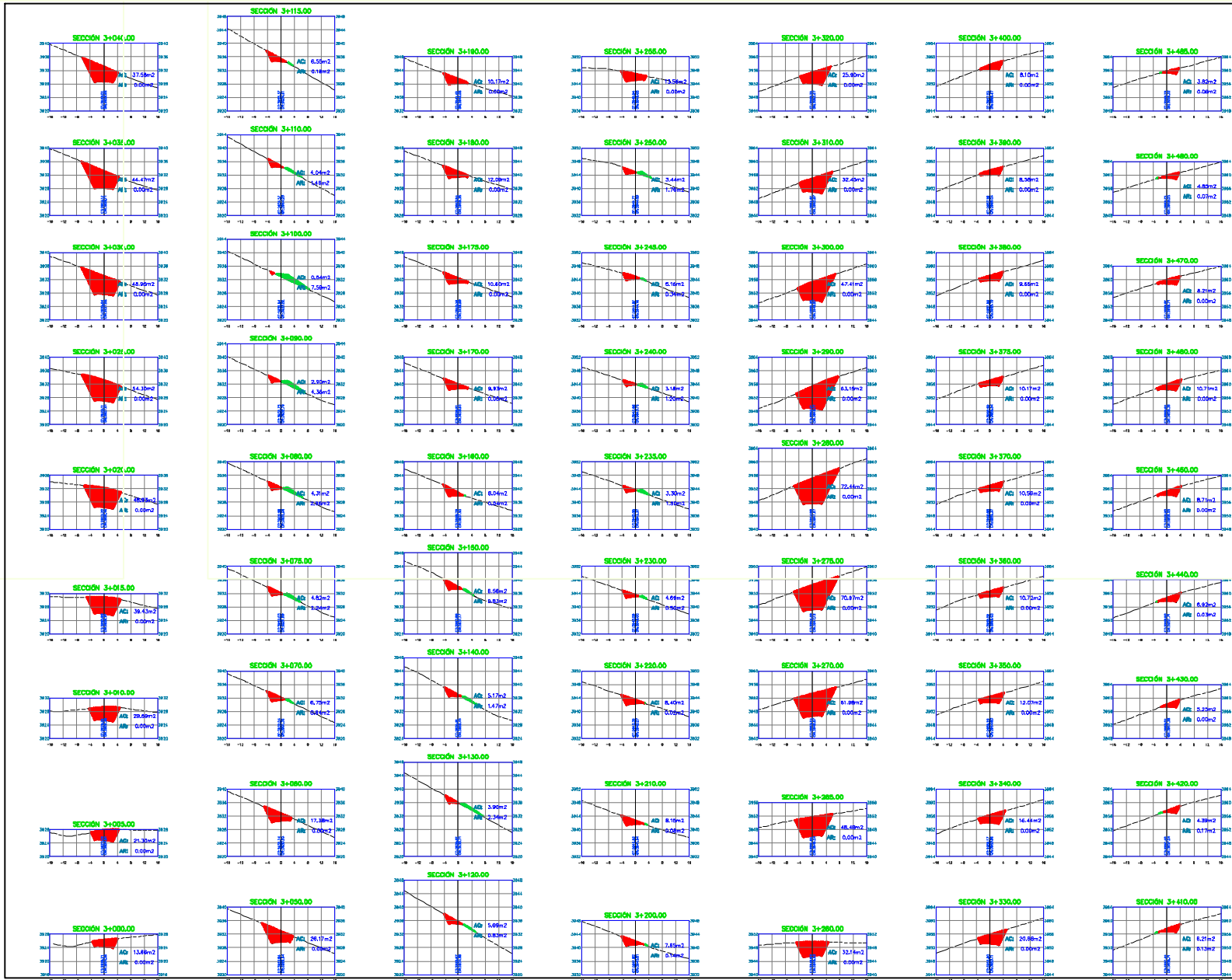
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

ALAN HERNANDEZ SUAREZ
HUAMANCHILCA

ESTABILIDAD DE TALUDES Y SU EFECTO EN EL COSTO Y TIEMPO DE EJECUCIÓN CARRETERA TIPO PAMPA CRUZ-MICHUVIRI, FAUCEA-HUAMANCHILCA

PP-01



UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS



FAACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

INGENIERIA DE
INGENIERIA SIBIDINTA
HUAMAN

ESTUDIO DE TAJERES Y SU EFECTO
EN EL COSTO Y TIEMPO DE
EXPLAMACION CARRETERA TRAMO
PAMPA CRUZ-UCIBITUM-PAUCARA
HUANCABELICA

TITULO
 PLAN DE
 PP-01
 AUTOR
 FECHA