



UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

**“ANÁLISIS DE RIESGOS EN DESLIZAMIENTOS DE ZONAS
RIBEREÑAS UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN
GEOGRAFICA (SIG) DEL BARRIO LIBERTAD, HUAYUCACHI,
HUANCAYO 2018”**

PRESENTADA POR EL BACHILLER

LIZBETH QUISPIALAYA GUTARRA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO CIVIL

HUANCAYO – PERÚ

DICIEMBRE , 2018

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mi madre por su apoyo incondicional, a mi padre que desde donde quiera que este me guía y cuida, a mi hermana que siempre esta ahí cuando la necesito, a mi esposo e hijo que me dan la fuerza y motivo para seguir adelante y no doblegarme, y todas las personas que siempre me apoyaron.

AGRADECIMIENTO

Este trabajo de tesis ha sido un gran esfuerzo en todo sentido y agradezco a mi madre, hermana, esposo e hijo, y no cesan mis ganas de decir que es gracias a ustedes que esta meta esta cumplida.

Gracias por estar presente no solo en esta etapa de mi vida, sino en todo momento ofreciéndome lo mejor, buscando lo mejor para mi, no dejar que me doblegue ante nada y siempre brindándome or su apoyo incondicional.

RESUMEN

La zona en estudio es barrio Libertad en Huayucachi ubicada en la margen izquierda de Rio Mantaro, en la actualidad presenta zonas de alto riesgo, específicamente los deslizamientos que se podrían ocasionar en las zonas ribereñas a causa de las lluvias, su topografía, sismicidad y meteorización, motivo por el cual el presente estudio ha determinado el factor que influye en la inestabilidad de los taludes.

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 tener información de las zonas de riesgo donde se podrían ocasionar deslizamiento de suelos de zonas ribereñas es de mucha importancia para la sociedad debido a que se podría tomar precauciones para la agricultura, ganadería, vidas humanas, construcción y además también para el medio ambiente.

La presente investigación titulada: ANÁLISIS DE RIESGOS EN DESLIZAMIENTOS DE ZONAS RIBEREÑAS BARRIO LIBERTAD, UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICAS (SIG), DEL DISTRITO DE HUAYUCACHI, PROVINCIA DE HUANCAYO 2017, analiza el nivel de riesgo que puede afectar los deslizamientos en las zonas ribereñas.

SUMMARY

The area under study is Libertad neighborhood in Huayucachi located on the left bank of the Rio Mantaro, currently presents high risk areas, specifically the landslides that could occur in the riparian zones because of the rains, its topography, seismicity and weathering , reason for which the present study has determined the factor that influences the instability of the slopes.

A clear goal of the thesis is to enable the social economic development of the settled populations within the radius of influence of the thesis, as well as to manage the living conditions in the aspects of health, education, culture and economic activities. Encourage the development of the predominant economic activities of the area such as agriculture, livestock, tourism and others in the area of influence of research.

Having information of the risk areas where landslide could occur in riparian zones is of great importance for society because it could take precautions for agriculture, livestock, human lives, construction and also for the environment.

The present investigation entitled: RISK RISK ANALYSIS OF RIVER AREAS BARRIO LIBERTAD, USING GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS (SIG), HUAYUCACHI DISTRICT, PROVINCE OF HUANCAYO 2017, analyzes the level of risk that can affect landslides in the riparian zones.

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, para la estabilidad de taludes, 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 deslizamientos, se menciona los estudios realizados con anterioridad en relación al riesgo de deslizamiento en zonas ribereñas. También se hace referencia a las a las definiciones importantes de la estabilidad de taludes.

En el capítulo III: Se detalla las muestras y resultados que se analizan en el programa SLOPE/W VERSION 2012, que considera taludes estables mayores a $FS > 1.5$.

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 estabilidad de taludes y las referencias bibliográficas.

INDICE

RESUMEN	iii
SUMMARY	iv
SINTESIS	v
INDICE	viii
INDICE DE FIGURAS	x
INDICE DE TABLAS	xii
INTRODUCCIÓN	xiv
CAPÍTULO I : PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	16
1.2. Delimitaciones de la investigación	16
1.2.1. Temporal	16
1.2.2. Espacial.....	17
1.3. Planteamiento del problema.....	17
1.3.1. Problema general.....	18
1.3.2. Problemas específicos.....	18
1.4. Objetivos de la investigación	
1.4.1. Objetivo general	19
1.4.2. Objetivos específicos	19
1.5. Formulación de la hipótesis de la investigación	20
1.5.1. Hipótesis General.....	20
1.5.2. Hipótesis Específicas	20
1.6. Variables de la investigación.....	21
1.6.1. Variable independiente.....	21
1.6.2. Variables dependientes.....	21
1.7. Operacionalización de Variables.....	21
1.8. Diseño de la investigación.....	22
1.9. Método de investigación.....	22
1.9.1. Tipo de Investigación	22

1.9.2. Nivel de Investigación	23
1.9.3. Método de Investigación	23
1.10. Población y muestra de la investigación	23
1.10.1. Población	23
1.10.2. Muestra	23
1.11. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	23
1.11.1. Técnicas.....	23
1.11.2. Instrumentos	24
1.11.3. Justificación.....	24
1.11.4. Importancia	25
CAPÍTULO II : MARCO TEÓRICO	26
2.1. Marco referencial.....	26
2.1.1. Antecedente internacional.....	26
2.1.2. Antecedente nacional.....	26
2.1.3. Antecedente local.....	28
2.2. Bases Teóricas	28
2.2.1. Definición de deslizamiento.....	28
2.2.2. Remociones en masa desencadenadas por sismos	31
2.2.3. Criterios básicos para distinguir deslizamientos.....	47
2.2.4. Factores que causan deslizamientos	50
2.2.5. Factores internos o condiciones.....	51
2.2.6. Factores externos o procesos	52
2.2.7. Riesgo	56
2.2.8. Representación de la información de susceptibilidad	59
2.2.9. ESCALA DE LOS MAPAS DE SUSCEPTIBILIDAD.....	60
2.2.10. MÉTODOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD	62
2.2.11. LOS SIG EN LA VALORACIÓN DE SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS.....	75

2.2.12. VALIDACIÓN DEL ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD.....	79
2.3. Definición de términos básicos.....	80
CAPÍTULO III : PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	82
3.1. Confiabilidad y validación del instrumento	82
3.1.1. Metodología del Análisis	82
3.1.2. Análisis granulométrico	88
3.2. Análisis cuantitativo de las variables.....	91
3.2.1. Analisis de estabilidad de taludes	90
3.2.2. Analisis estatico con suelo seco.....	94
3.2.3. Analisis estatico con suelo saturado	95
3.2.4. Análisis de pseudoestatico para la estacion seca	98
3.2.5. analisis pseudoestatico para la estacion humeda	100
3.2.6. Perfiles criticos.....	102
3.3. Sintesis de resultados de analisis de estabilidad.....	103
3.3.1 perfil 1.....	103
3.3.2 Perfil 2.....	104
3.3.3 Perfil 3	105
3.3.4 Perfil 4.....	106
3.4 Incidencia de factores en la estabilidad de talud a incidencia del factor hidrologico.....	107
CAPÍTULO IV : PROCESO DE CONTRASTE DE HIPÓTESIS	1121
4.1. Prueba de hipótesis.....	111
4.1.1. Análisis de costos para el movimiento de tierra.....	111
4.1.2. Análisis de la variación de tiempo	111
CAPÍTULO V : DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	113
CONCLUSIONES	113
RECOMENDACIONES	114
BIBLIOGRAFÍA	116

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Modos de inestabilidad más comunes	30
Figura 2 :Formas de movimiento para caídas de rocas.	34
Figura 3 : Esquema de toppling.....	35
Figura 4 :Esquema de deslizamiento traslacional	36
Figura 5 : partes de un deslizamiento	37
Figura 6 :Shotcrete y anclajes como medidas de mitigación.....	42
Figura 7 :Malla para mitigación de deslizamiento de roca tipo planar y cuña ..	43
Figura 8 : Malla estilo cortina para mitigación de caídas de roca.....	43
Figura 9 :Barrera dinámica para mitigación de caídas de rocas.....	44
Figura 10 :Mecanismos de rotura principales.....	50
Figura 11 :Métodos de análisis de susceptibilidad a deslizamientos.....	63
Figura 12 :Métodos de Análisis Determinísticos.....	64
Figura 13 : Seccion km 0+130.....	64
Figura 14 : Factor de seguridad obtenido con el slide en el km 0+130	102
Figura 15 :falla producida en el talud del km 0+130	103
Figura 16 :talud vs factor de seguridad km 0+130.....	104
Figura 17 :Sección km 2+630.....	105
Figura 18: Factor de seguridad obtenido con el slide en el km 2+630	106
Figura 19 :falla producida en el talud del km 2+630.....	107
Figura 20 :talud vs factor de seguridad km 2+630.....	107
Figura 21 :Seccion km 3+280.....	108
Figura 22:Factor de seguridad obtenido con el slide en el km 3+280	109
Figura 23 ::falla producida en el talud del km 3+280.....	109
Figura 24 :talud vs factor de seguridad km 3+280.....	110
Figura 25 :Seccion km 2+320.....	111
Figura 26 : falla producida en el talud del km 3+280.....	112
Figura 27 Factor de seguridad obtenido con el slide en el km 2+320	112
Figura 28:talud vs factor de seguridad km 2+320.....	113
Figura 29 :Seccion km 2+760.....	119

Figura 30 falla producida en el talud del km 2+760.....	114
Figura 31 : Factor de seguridad obtenido con el slide en el km 2+760	115
Figura 32: talud vs factor de seguridad km 2+760	115
Figura 33 :Seccion km 3+100.....	116
Figura 34 :falla producida en el talud del km 3+100.....	117
Figura 35 :Factor de seguridad obtenido con el slide en el km 3+100	117
Figura 36 :talud vs factor de seguridad km 3+100	118

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 : Tabla de Operacionalización de variables	21
Tabla 2:Clasificación de remociones en masa	29
Tabla 3 :Clasificación de remociones en masa basada en generación por sismos	31
Tabla 4:Abundancia de eventos de remoción en masa generadas por sismos	32
Tabla 5: Tipos de remociones en masa generadas por sismos	33
Tabla 6: Factores condicionantes relevantes para cada tipo de remoción en masa	38
Tabla 7 :Clasificación de Varnes	46
Tabla 8 : Escala de velocidad de los deslizamientos	47
Tabla 9 :Capas de datos análisis de susceptibilidad	62
Tabla 10:Propiedades Mecánica de los Suelos según SUCS	93
Tabla 11 :Coordenadas y ubicación de Calicatas.....	94
Tabla 12:Calicata 01 Factores Modificados según Dr. Karl Von Terzaghi	94
Tabla 13 :Calicata 02 Factores Modificados según Dr. Karl Von Terzaghi	95
Tabla 14 :Calicata 03 Factores Modificados según Dr. Karl Von Terzaghi	95
Tabla 15 :Calicata 04 Factores Modificados según Dr. Karl Von Terzaghi	96
Tabla 16 :Calicata 05 Factores Modificados según Dr. Karl Von Terzaghi	96
Tabla 17:Calicata 06 Factores Modificados según Dr. Karl Von Terzaghi	97
Tabla 18:Resultados para Diseño	97
Tabla 19 :Referencia de Napa Freática.....	98
Tabla 20 :Índice de Plasticidad.....	99
Tabla 21 :Clasificación de Suelos	99
Tabla 22 :Cohesión y Ángulo de Fricción	100
Tabla 23 : Relación entre el talud y el factor de seguridad.....	102
Tabla 24 :Relación entre el talud y el factor de seguridad.....	105
Tabla 25 :Relación entre el talud y el factor de seguridad.....	108
Tabla 26 : Relación entre el talud y el factor de seguridad.....	111
Tabla 27 :Relación entre el talud y el factor de seguridad.....	114
Tabla 28 :Relación entre el talud y el factor de seguridad.....	116

Tabla 29 : Valores de talud para el tipo de suelo en corte y relleno según el expediente.....	118
Tabla 30: Valores de talud para el tipo de suelo en corte y relleno según el programa slide v6.....	119
Tabla 31 :cantidad de volumen según el tipo de suelo (expediente).....	120
Tabla 32 :costo del movimiento de tierra segun el expediente.....	120
Tabla 33 :cantidad de volumen segun el tipo de suelo (segun perfil estatigrafico)	121
Tabla 34 :costo del movimiento de tierra segun el analisis propuesto	121
Tabla 35 :tiempo empleado en la tarea de movimiento de tierra segun el expediente tecnico	122
Tabla 36 :tiempo empleado en la tarea de movimiento de tierra segun el analizado con el slide	122

INTRODUCCIÓN

Los deslizamientos, más en general movimientos de masa o también movimiento de laderas, constituyen un riesgo geológico de origen natural o inducido, donde casi siempre las pérdidas más grandes son vidas humanas y materiales.

En el análisis de los deslizamientos es de vital importancia para el reconocimiento de los factores que condicionan la estabilidad de los taludes y

aquellos otros que actúan como desencadenantes de los movimientos. El conocimiento de ambos factores permite una evaluación del peligro existente y, por tanto, las medidas necesarias para evitar o corregir los posibles deslizamientos.

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.

La presente investigación titulada: “Análisis de riesgos en deslizamientos de zonas ribereñas utilizando sistemas de información geográfica (SIG) del barrio libertad, en el distrito de Huayucachi, Huancayo 2017”. El estudio aplicara la evaluación, conceptos y metodologías para el estudio de deslizamientos en taludes, de manera que pueda predecir y estimar el grado de daño y pérdidas asociadas a este evento.

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

Dada la variedad de tipos de fallas existentes en cada tipo de talud, no se puede identificar un método general para aplicarlo a todos los tipos de falla, por el cual cada método determinado especifica la falla, buscando según el problema de estabilidad que se considere planteando un análisis, realizando un estudio de cada nivel de riesgo en relación a los cortes del talud y la zona de estudio.

El estudio parte de dos supuestos. Que los deslizamientos son el resultado de la acción de características específicas de factores ambientales internos y de conformación morfológica de las laderas. También que el inventario de movimientos de laderas acontecidos en el pasado y los recientes, adecuadamente relacionados, mediante un modelo, con los factores ambientales internos ayudan a establecer niveles de susceptibilidad y a zonificar.

En la actualidad se usan los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para construir los mapas de susceptibilidad a deslizamientos. Entre las bondades de la tecnología de los SIG destacan la rapidez y automatismo en la captura de datos y análisis de los factores relacionados con la inestabilidad. Además, permiten abordar estudios en escala: nacional, regional, mediana y grande.

CAPÍTULO I : PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.Descripción de la realidad problemática

Los deslizamientos ocasionan serias limitaciones al desarrollo socioeconómico de países donde ocurren. Por esta razón, principal, es que muchos países iniciaron, oportunamente, los inventarios de deslizamientos, siendo líderes en este campo los países de Europa del Este en las décadas del setenta y ochenta (Sorriso-Valvo, 2002). Posteriormente, otros países desarrollaron programas similares que llevaron a la necesidad de determinar el nivel de peligro de estos eventos.

En la actualidad se usan los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para construir los mapas de susceptibilidad a deslizamientos. Entre las bondades de la tecnología de los SIG destacan la rapidez y automatismo en la captura de datos y análisis de los factores relacionados con la inestabilidad. Además, permiten abordar estudios en escala: nacional, regional, mediana y grande.

En la temporada de lluvias se ha podido evidenciar los problemas de caída de materiales de los taludes que han carcomido los cultivos aledaños en el lugar de estudio Huayucachi - barrio la libertad zonas ribereñas, el problema se viene originando por la falta de un verdadero sistema que prevenga el deslizamiento.

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

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

El área seleccionada para el estudio es un polígono que abarca la Zona Ribereña de huayucachi, ubicada entre los paralelos 12°08'02" S y 75°13'37" O/ -12.1338235, -75.2268219.

1.3. Planteamiento del problema

Las zonas de los valles interandinos son muy susceptibles a sufrir problemas de deslizamientos de tierra debido a que generalmente, se reúnen los siguientes factores más importantes para su ocurrencia tales como son la topografía, sismicidad, meteorización y lluvias intensas. Lo cual nuestra región (Junín) y la zona en estudio no es ajeno a estos problemas.

El valle del Mantaro, por ende, la zona de estudio está ubicado en un territorio agreste y escarpado por la denominada Cordillera de los Andes. Por lo cual son muy susceptibles a sufrir problemas de deslizamientos de tierra, por lo que generalmente es debido también a los siguientes factores más importantes para su ocurrencia tales como son la topografía, sismicidad, meteorización y lluvias intensas complementando a ello el factor geotécnico, geológico y antrópico. Por lo cual en esta investigación también se ha determinado el factor que mayor influye en la inestabilidad, lo cual ha sido de vital importancia.

El talud presenta vegetación arbustiva, en menor escala, sin embargo, sus raíces no son lo suficientemente profundas para cohesionar el material conformante. En el área de trabajo, donde presentaré la investigación, se observa distintos tipos de deslizamientos producidos con la presencia de inestabilidad, por la extracción de material granular, causando desprendimientos, fallas e inestabilidad.

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

(Hunt, 1984); El problema se genera por tener parte agrícola y algunas viviendas en la parte superficial del talud.

En las zonas ribereñas de Huayucachi –barrio la libertad en temporadas están expuesto a intensas precipitaciones pluviales, que asociados con otros factores generan los deslizamientos. Sin embargo, no se toman precauciones en su debido momento, por ello es competencia de la Ingeniería Civil de la zona centro dar soluciones económicas y efectivas.

1.3.1. Problema general

¿Cuál es el nivel de riesgo que puede ocasionar el deslizamiento producido en la Zonas Ribereñas Utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG) del Barrio Libertad, en el distrito de Huayucachi, Huancayo 2017?

1.3.2. Problemas específicos

- a) ¿Cómo Realizar un inventario de deslizamientos mediante trabajos de interpretación de fotografías aéreas de las Zonas Ribereñas Utilizando Sistemas De Información Geográfica (SIG) del Barrio Libertad, en el distrito de Huayucachi, Huancayo 2017?
- b) ¿Cómo mapas de susceptibilidad de remociones en masa en la zona estudiada para deslizamiento de suelos de falla de las Zonas Ribereñas Utilizando Sistemas De Información Geográfica (SIG) del Barrio Libertad, en el distrito de Huayucachi, Huancayo 2017?
- c) ¿Cómo modelos de análisis de susceptibilidad a los datos obtenidos en el SIG (ARCVIEW) y hoja de cálculo influye el determinar el tipo de la estructura del suelo y el factor de seguridad para futuras construcciones de las Zonas Ribereñas Utilizando Sistemas De Información Geográfica (SIG) del Barrio Libertad, en el distrito de Huayucachi, Huancayo 2017?

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1 Objetivo general

Determinar el nivel de riesgo que puede ocasionar el deslizamiento producido en la Zonas Ribereñas Utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG) del Barrio Libertad, en el distrito de Huayucachi, Huancayo 2017.

1.4.2. Objetivos específicos

Los objetivos específicos conducentes al logro del objetivo general son:

- a) Realizar el inventario de deslizamientos mediante trabajos de interpretación de fotografías aéreas, reconocimiento de campo, y elaboración del mapa respectivo de las Zonas Ribereñas Utilizando Sistemas De Información Geográfica (SIG) del Barrio Libertad, en el distrito de Huayucachi, Huancayo 2018.
- b) Elaborar mapas de susceptibilidad de remociones en masa en la zona estudiada para deslizamiento de suelos de las Zonas Ribereñas Utilizando Sistemas De Información Geográfica (SIG) del Barrio Libertad, en el distrito de Huayucachi, Huancayo 2018.
- c) Aplicar modelos de análisis de susceptibilidad a los datos obtenidos en el SIG (ARCVIEW) y hoja de cálculo de las Zonas Ribereñas Utilizando Sistemas De Información Geográfica (SIG) del Barrio Libertad, en el distrito de Huayucachi, Huancayo 2018.

1.5 Formulación de la hipótesis de la investigación

1.5.1 Hipótesis General

Si utilizando Sistemas De Información Geográfica (SIG) evalúa el nivel de riesgo que puede ocasionar el deslizamiento producido en la Zonas Ribereñas de barrio la Libertad, en el distrito de Huayucachi, Huancayo 2018.

1.5.2 Hipótesis Específicas

- a) Si realizar un inventario de deslizamientos mediante trabajos de interpretación de fotografías aéreas de las Zonas Ribereñas utilizando Sistemas De Información Geográfica (SIG) evalúa el nivel de riesgo que puede ocasionar el deslizamiento producido en la Zonas Ribereñas de barrio la Libertad, en el distrito de Huayucachi, Huancayo 2018 .
- b) Si mapas de susceptibilidad de remociones en masa utilizando Sistemas De Información Geográfica (SIG) evalúa el nivel de riesgo que puede ocasionar el deslizamiento producido en la Zonas Ribereñas de barrio la Libertad, en el distrito de Huayucachi, Huancayo 2018.
- c) Si modelos de análisis de susceptibilidad a los datos obtenidos en el SIG (ARCVIEW) y hoja de cálculo utilizando Sistemas De Información Geográfica (SIG) evalúa el nivel de riesgo que puede ocasionar el deslizamiento producido en la Zonas Ribereñas de barrio la Libertad, en el distrito de Huayucachi, Huancayo 2018.

1.6 Variables de la investigación

1.6.1 Variable independiente

Nivel de riesgo al deslizamiento

1.6.2 Variables dependientes

Utilizando Sistemas De Información Geográfica (SIG)

1.7 Operacionalización de Variables.

Tabla 1 : Tabla de Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL		
		DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
VI: Nivel de riesgo de deslizamiento	Estas condiciones se describen en términos de factores de seguridad al deslizamiento.	Factor de seguridad	Numérico adimensional	Slide
VD: Utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG)	Sistema digital de información referente a zona geográfica de la zona y datos estadísticos.	Deslizamiento en las zonas ribereñas	Numérico adimensional	ArcGIS y Excel

Fuente: Elaboración propia

1.8 Diseño de la investigación

Figura 1: Diseño de investigación.



Donde “X, Y” son muestras

X: nivel de riesgo que puede ocasionar el deslizamiento producido en la Zonas Ribereñas de Huayucachi

Y: Utilizando Sistemas De Información Geográfica (SIG)

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 ribereña de Huayucachi.

1.10.2 Muestra

La muestra será de las calicatas extraídas del talud de estudio. Lo cual se hace un estudio del perfil estratigráfico que son muestras representativas en puntos para los ensayos de laboratorio que indican 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

Es bastante frecuente en Huayucachi asociar los deslizamientos a la ocurrencia de precipitaciones y en algunos casos a ráfagas de vientos, que afectan a zonas urbanas, infraestructura pública como carreteras y otros. Algunos eventos, registrados por la prensa, que causaron

pérdidas, asociado a lluvias y una falla geológica. Estas ocurrencias evidencian la necesidad de realizar esfuerzos en la investigación de este fenómeno con la finalidad de tener conocimiento objetivo de las áreas de mayor peligro, de manera que se tomen medidas preventivas efectivas, se realice la planificación del desarrollo urbano y de uso de suelos, se planeen, apropiadamente, obras de infraestructura entre otros.

No obstante que la información recopilada solo menciona deslizamientos ocurridos en el área urbana o muy cerca de ella y sobre carreteras, es necesario implementar trabajos necesarios para localizarlos en un mapa y realizar la investigación necesaria para ubicar aquellos que hayan ocurrido en otras áreas, de esta manera incrementar la consistencia de la información.

El estudio coadyuvará en la mejora de la calidad de la información sobre ocurrencia de deslizamientos existente. No se conoce de un estudio sistemático de mapeo de deslizamientos.

Por otro lado, realizar un estudio de susceptibilidad a la ocurrencia de deslizamientos mediante métodos ya establecidos como los heurísticos, estadísticos o determinísticos en un entorno de herramientas como los SIG, incentivará que en el futuro se realicen investigaciones de peligrosidad, vulnerabilidad y riesgo, que constituyen elementos de trabajo básicos en el desarrollo local y regional.

1.11.4 Importancia

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

2 MARCO TEÓRICO

2. Marco referencial.

2.1.1. Antecedente internacional

“ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO DE MEGADESLIZAMIENTOS ENTRE LAS QUEBRADAS CAMARONES Y TILIVICHE, REGIÓN DE TARAPACÁ”

- 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. (Farías Sarmiento, 2012)
- 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 empotradas 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. (Farías Sarmiento, 2012)
- 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. (Farías Sarmiento, 2012)

2.1.2. Antecedente nacional

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

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. (Mendoza Loayza, 2016)

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. (Mendoza Loayza, 2016)

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.

En los análisis, se consideró solo 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.

2.1.3. Antecedente local

“EVALUACIÓN DE RIESGO EN DESLIZAMIENTOS PRODUCIDOS EN LA ZONA RIBEREÑA DEL RÍO MANTARO EN LOS BARRIOS DE PROGRESO-MANTARO DEL DISTRITO DE HUANCÁN, PROVINCIA DE HUANCAYO, REGIÓN JUNÍN”

En las zonas de alto nivel de riesgo se podrían mejorar y corregir el talud, considerando un sistema de terrazas, otorgando una estabilidad considerable para los efectos de derrumbes y desmoronamientos que se producen. (Arzapalo Campos, 2016)

La vegetación evita la erosión y el aporte de ella impedirá el desmoronamiento del material, para ello se necesitará su instalación, manejo y cuidado a fin de vegetar el talud en la zona ribereña del distrito de Huancán. (Arzapalo Campos, 2016)

El aplicativo y uso del software, en cierto modo, tiene un gran aporte a la ingeniería y al desarrollo de temas como este, considerando la parte técnica y el criterio para la toma de datos que representarán para el diseño y evaluación de un talud. (Arzapalo Campos, 2016)

Los taludes que son expuestos y se muestran cortadas sus masas de suelo, generarán un deslizamiento macizo sujeto a cargas que actuarán sobre él, ocasionando las fallas en las crestas del talud. (Arzapalo Campos, 2016)

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Definición de deslizamiento

Los deslizamientos, o en general movimientos de masa o también movimientos de pendiente, constituyen un riesgo geológico de origen

natural o inducido, donde casi siempre las pérdidas más grandes son las vidas humanas y materiales.

El fenómeno de remoción en masa se comprende como un movimiento que por gravedad genera el descenso de un volumen de material conformado por roca, suelo o por ambos. Existen muchas clasificaciones de remociones en masa, basado en el tipo de movimiento y en la naturaleza de material involucrado definió la siguiente clasificación. (Pérez de Ágreda, 2005)

Tipo de movimiento	Tipo de material	
		Roca
Caída		
Toppling		
Deslizamiento	Rotacional	
	Traslacional	
Extensiones laterales		
Flujos		
Complejos		
	Grano grueso (detritos, <80% partículas <2mm)	Grano fino (barro, >80% partículas <2mm)

Tabla 2: Clasificación de remociones en masa

Fuente: (vames, 1978)

El tipo de material involucrado se diferencia entre: rocas, masa firme que estaba intacta, in situ antes de comenzar el movimiento, suelos: detritos (20-80% partículas mayores a 2mm) y barro o tierra (mayor a 80% menores a 2mm). La siguiente figura muestra los tipos de movimientos asociados a remociones en masa.

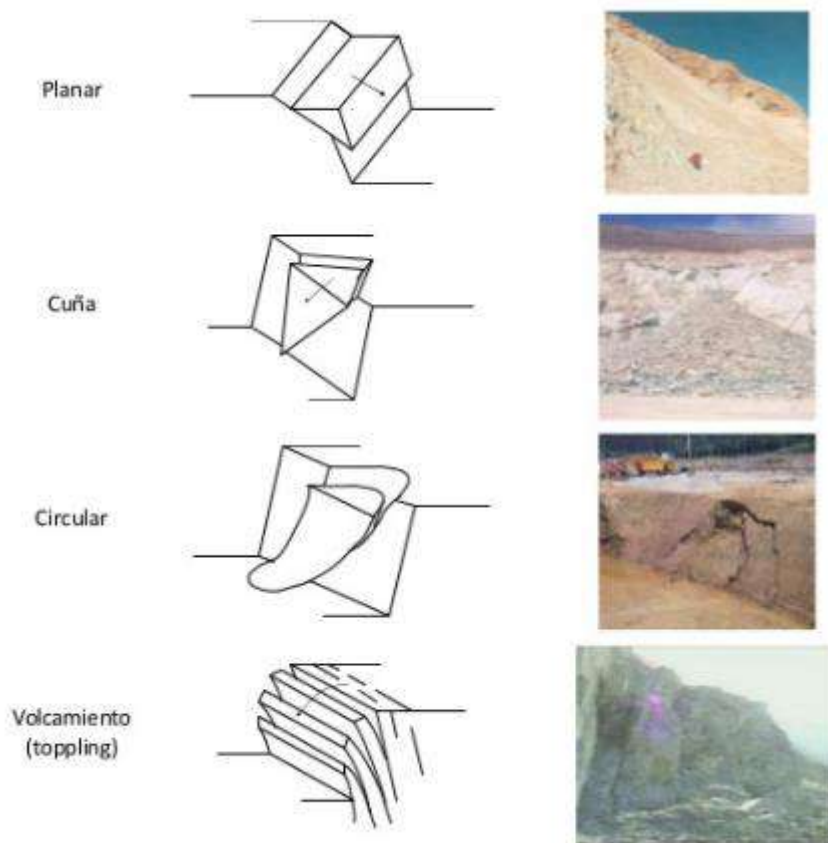


Figura 2: Modos de inestabilidad más comunes

Fuente: Seguridad en minería (ingeniería)

En este estudio se abordan específicamente remociones en masa desencadenadas por sismos, estos procesos afectan a material rocoso o suelo que se desprenden de una ladera de alta pendientes a través de una superficie donde no se genere cizalle, puede ocurrir en suelos cohesivos o bloques de roca. Los desprendimientos son controlados por discontinuidades presentes en la roca y con laderas abruptas o de alta pendiente (Soeters & Westen, 1996). Otro proceso ocurrido por sismos es el de deslizamientos de masas de suelo o roca, los cuales son determinados por superficies de cizalle definidas, generando movimiento ladero abajo.

2.2.2. Remociones en masa desencadenadas por sismos

Según Keefer (1984) existen 14 tipos de remociones inducidos por sismos agrupados en 3 conjuntos: 1.- Deslizamientos “Coherentes”: Slumps (deslizamientos rotacionales) de roca o suelo; deslizamientos en bloque, 2.- Deslizamientos “Disgregados” (disrupted): Caídas de bloques, deslizamientos traslacionales,

Tipo de remoción	Velocidad	Profundidad
Caídas de roca	Extremadamente rápido (>3 m/s)	Superficiales (<3 m)
Deslizamientos de roca	Rápido a extremadamente rápido (1,5 m/día - >3 m/s)	Superficiales (<3 m)
Avalanchas de roca	Extremadamente rápido (>3 m/s)	Profundos (>3 m)
Caídas de suelo	Extremadamente rápido (>3 m/s)	Superficiales (<3 m)
Suelo perturbado	Moderado a rápido (1,5 m/mes – 0,3 m/min)	Superficiales (<3 m)
Avalanchas de suelo	Muy rápido a extremadamente rápido (0,3 m/min - >3 m/s)	Superficiales (<3 m)
Subsidencias de roca	Lento a rápido (1,5 m/año – 0,3 m/min)	Profundos (>3 m)
Deslizamientos de roca en bloque	Lento a rápido (1,5 m/año – 0,3 m/min)	Profundos (>3 m)
Subsidencias de suelo	Lento a rápido (1,5 m/año – 0,3 m/min)	Profundos (>3 m)
Deslizamientos de suelo en bloque	Lento a rápido (1,5 m/año – 0,3 m/min)	Profundos (>3 m)
Flujos lentos de tierra	Muy lento a moderado (0,6 m/año – 1,5 m/día)	Generalmente superficiales, ocasionalmente profundos
Extensiones laterales de suelo	Muy rápido (0,3 m/min – 3 m/s)	Variable
Flujos rápidos de suelo	Muy rápido a extremadamente rápido (0,3 m/min - >3 m/s)	Superficiales (<3 m)
Deslizamientos subacuáticos	Generalmente rápidos a extremadamente rápidos (~1,5 m/día - >3 m/s)	Variable

avalanchas de roca o

Tabla 3 : Clasificación de remociones en masa basada en generación por sismos

Fuente: Modificada de keefer, 1984.

Las remociones en masa más comunes generadas por sismos son caídas de rocas, deslizamientos disgregados de suelo y deslizamientos de rocas (Keefer, 1984; Rodríguez et al., 1999), los cuales son abordados con detalle en este estudio. Aunque los más dañinos son flujos de suelo y avalanchas de roca.

Las aceleraciones producidas por sismos generan inestabilidad debido a cambios en el régimen de esfuerzos tanto normales como de corte que desarrollan en la ladera. Basado en 40 terremotos históricos Keefer (1984) estableció abundancias de remociones en masa generados por sismos.

Abundancia de eventos	Tipos de eventos
Muy abundante (>100.000, en 40 terremotos)	Caidas de roca, deslizamientos de suelo desagregado, deslizamientos de roca
Abundante (10.000 a 100.000, en 40 terremotos)	Extensiones laterales de suelo, subsidencias de suelo, deslizamientos de suelo en bloques, avalanchas de suelo
Moderadamente común (1.000 a 10.000, en 40 terremotos)	Caidas de suelo, flujos rápidos de suelo, subsidencias de roca
No común	Deslizamientos bajo agua, flujos lentos de suelo, deslizamientos de roca en bloque, avalanchas de roca

Tabla 4: Abundancia de eventos de remoción en masas generadas por sismos.

Fuente: (keefer, 1984)

Keefer (1984) mediante observaciones de remociones en masa generadas por sismos, estableciendo distancias máximas de 50 km entre el foco del sismo y zonas de ocurrencia de caídas de rocas y deslizamientos disgregados. Autores como Rodríguez et al. (1999) actualizaron umbrales mediante la ampliación de la fuente de datos de remociones desencadenadas por sismos con que Keefer (1984) contaba.

Magnitudes mínimas aproximadas (M_L) según Keefer (1984)	Magnitudes mínimas aproximadas (M_L) según Rodríguez <i>et al.</i> (1999)	Tipo de remoción en masa
4,0	5,5	Caídas de rocas, deslizamientos de roca, caídas de suelo, deslizamientos desmembrados de suelo
4,5	5,5	Subsidencias de suelo, deslizamiento de suelo en bloques
5,0	6,5	Subsidencias de roca, deslizamientos de roca en bloque, flujos lentos de tierra, extensiones laterales de suelo, flujos rápidos de suelo, deslizamientos submarinos
6,0	6,5	Avalanchas de roca
6,5	6,0	Avalanchas de suelo

Tabla 5: Tipos de remociones en masa generadas por sismos

Fuente: (keefer, 1984)

2.2.2.1. Caídas o desprendimientos de rocas (“falls”)

Según Varnes (1978), las caídas de rocas corresponden a un tipo de movimiento en masa en donde uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie se genere desplazamiento cortante apreciable. El material desprendido se desplaza en caída libre efectuando golpes, rebotes y rodamiento. El movimiento no es macizo ni del tipo flujo, existiendo interacción mecánica entre fragmentos individuales y su trayectoria, aunque no entre fragmentos en movimiento. El material en movimiento adquiere una alta energía cinética, abarcando una amplia área a los pies de la ladera.

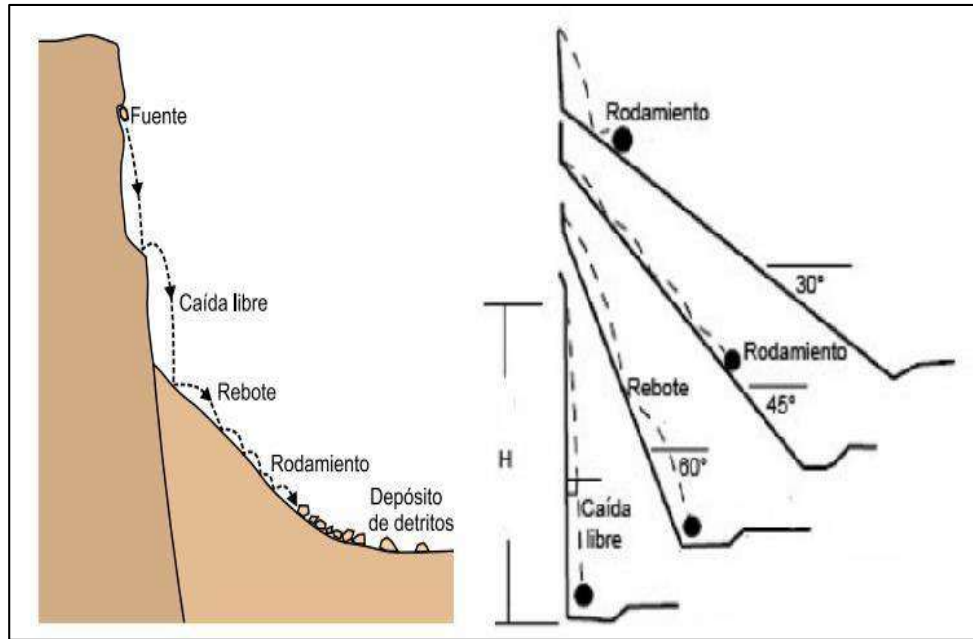


Figura 3: Formas de movimiento para caídas de rocas.

Fuente: Izquierda: Proyecto Multinacional andino, 2007 Derecha: Modificado de Hoek, 2000.

Las caídas de rocas se originan por cambios en los esfuerzos actuantes sobre la roca, para efectos de este estudio los principales eventos que presentan estos cambios son meteorización de la roca y sismos. La principal responsable de la generación de caídas de rocas es la geometría de la ladera, ésta debe contener laderas altas de pendientes pronunciadas y donde el macizo rocoso este fracturado.

2.2.2.2. Volcamientos (“topples”)

Se denomina toppling a un tipo de movimiento en masa en donde un bloque de roca o suelo rota hacia adelante (hacia fuera de la ladera) alrededor de un pivote de giro en su parte inferior separándose del macizo. Derivan en desprendimientos o deslizamientos según la geometría de la ladera. Pueden variar de extremadamente lentos (mayor a 16 mm/año) a extremadamente rápidos, a veces acelerando durante el movimiento, estos movimientos ocurren por la acción de la gravedad, por empujes de la unidad adyacentes o por la presión de fluidos en grietas (Varnes, 1978)

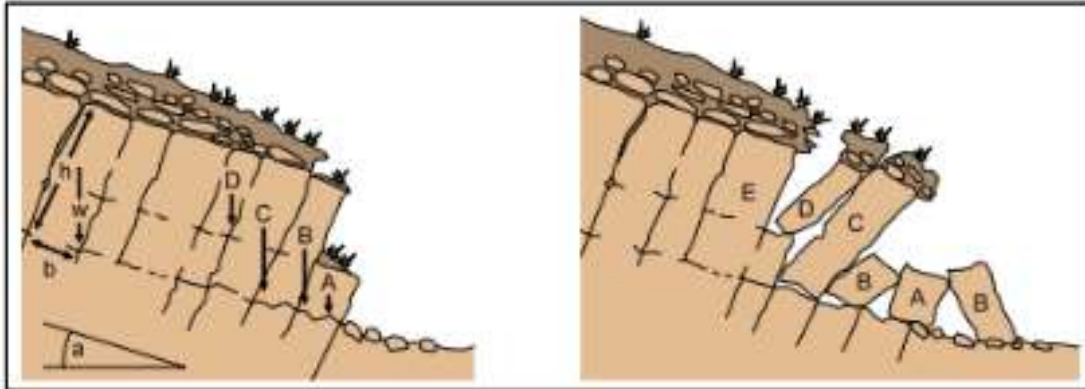


Figura 4 : Esquema de toppling

Fuente: (Proyecto Multinacional andino, 2007)

2.2.2.3. Deslizamientos (“Slides”)

Movimiento ladero abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre generalmente a lo largo de una superficie de falla o de una zona de bajo espesor donde presenta una gran deformación cortante, Este no se desarrolla en toda la superficie de ruptura, sino que comienza en fallas locales en las cuales se forma el escarpe principal, a menudo grietas de tensión son determinantes para deslizamientos. Según Varnes (1978), los deslizamientos se clasifican mediante la forma de la superficie de falla por la cual se desplaza el material, existiendo dos tipos: traslacionales y rotacionales, existiendo también deslizamientos compuestos en donde conviven fallas curvas y planares.

2.2.2.4. Deslizamientos traslacionales

Masa que se desliza sobre una superficie aproximadamente plana, sin o con poca componente de rotación. Relativamente

más superficiales que deslizamientos rotacionales. Generalmente controlados por discontinuidades o zonas más débiles. Un subtipo son deslizamientos en bloque, en que la masa deslizada (usualmente roca o suelo cementado) consiste en una sola unidad que se desplaza.

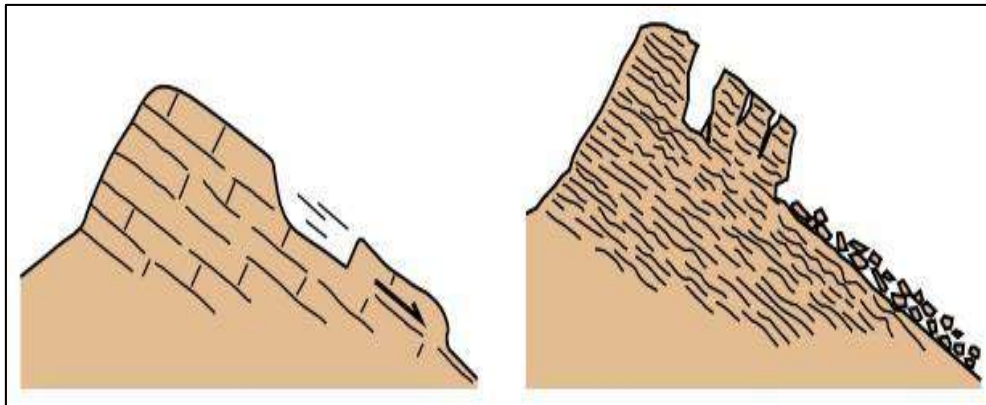


Figura 5: Esquema de deslizamiento traslacional

Fuente: (Corominas Dulcet y García Yagué 1997).

2.2.2.5. Deslizamientos Rotacionales ‘slumps’

Masa que desliza sobre una superficie de fractura circular. Generalmente en materiales homogéneos. Suelen presentar un escarpe en la cabecera que puede ser subvertical. Puede ser rotacional simple, múltiple o sucesivo. Cuando son profundos se les suele llamar ‘deep-seated slides’.

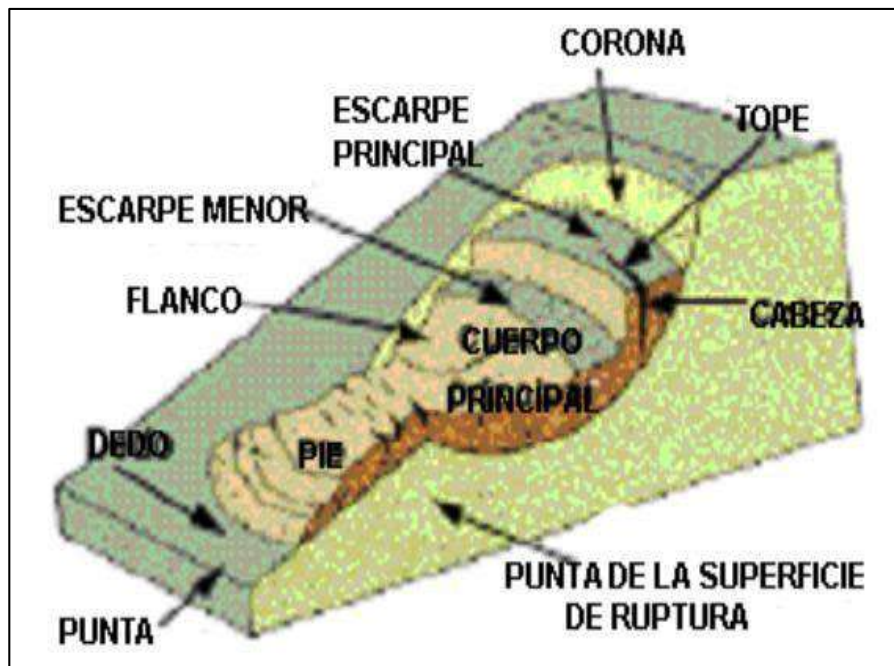


Figura 6 : partes de un deslizamiento

Fuente: (Varnes, 1978)

2.2.2.6. Factores condicionantes de remociones en masa

Los factores condicionantes son los generadores de una potencial inestabilidad, actúan controlando la susceptibilidad de una zona propensa a desarrollar fenómenos de remociones en masa. Estos factores son diversos y tienen distintos grados de influencia dependiendo del tipo de evento. Lara (2009) generó un desglose detallado de cada factor condicionante para cada tipo de remoción que está incluido en la metodología de este estudio.

Factores Condicionantes \ Tipo de remoción en masa	Caídas	Deslizamientos	Toppling	Flujos	Extensiones Laterales
Geología y Geotecnia	X	X	X	X	X
Geomorfología	X	X	X	X	X
Hidrología e Hidrogeología	X	X	X	X	X
Vegetación y Clima		X		X	X
Actividad Antrópica	X	X	X	X	

Tabla 6 : Factores condicionantes relevantes para cada tipo de remoción en masa

Fuente: (Hauser, 1993)

2.2.2.7. Geología y Geotecnia

Para la categoría de Geología y Geotecnia es importante determinar en términos geotécnicos: el tipo de depósito, el material que lo compone, su densidad, plasticidad, humedad, permeabilidad, y en términos geológicos: litología, estructuras, alteración y meteorización. El tipo de depósito puede indicar la posibilidad de movilización, por ejemplo, depósitos aluviales, coluviales, escombros de faldas o antiguos deslizamientos son susceptibles a movilización y/o removilización (Hauser, 1997), debido a que las condiciones geotécnicas como densidad, granulometría, entre otras, son propicias para remociones gatilladas por sismos, por otro lado, depósitos densos, arcillosos y rocosos con escasas fracturas son menos favorables (Jacoby, 2001). La composición y granulometría son determinantes en la resistencia del material y su estabilidad en laderas, su grado de cohesión será influenciada por la plasticidad y humedad.

Es posible que suelos finos con poco espesor y alta cohesión - principalmente arcillas- sea superficie potencial de deslizamiento, dando una alta susceptibilidad a los suelos sobreyacentes. La densidad es determinante para la resistencia al cizalle, suelos más densos entregarán resistencias mayores de las que alcanzarían a tener suelos sueltos (Lambe & Whitman, 1972). Según Jacoby (2001) la litología influirá en la resistencia a la meteorización y alteración de la roca. Minerales propios de alteraciones hidrotermales, acelerarían el proceso de meteorización, lo que podría disminuir la resistencia, expansividad y/o aumentaría la porosidad, entre otros. La caracterización estructural es fundamental para la generación de material detrítico o bloques, que quedarían expuestos a ser removilizados. Estructuras como planos de estratificación, sets de diaclasas, grietas de tensión y fallas son las más comunes para generación de deslizamientos o caídas rocas, ya que independizan el bloque susceptible a ser removido por vibraciones sísmicas, por lo tanto, es necesario caracterizarlas en cuanto a su abertura, relleno y rugosidad.

2.2.2.8. Geomorfología

La geomorfología es fundamental y determinante en la susceptibilidad de remociones. Rasgos como la topografía, pendientes de laderas, altura de las laderas, cambios fuertes de pendientes de las laderas y la extensión afectan directamente la velocidad, energía y volumen de las remociones en masa que puedan originarse. La modificación de la geomorfología puede hacer de una ladera estable una ladera inestable (Popescu, 2002).

En términos de deslizamientos de suelo según Lambe & Whitman (1972) si la ladera tiene un mayor ángulo que el ángulo de fricción interna del suelo entonces existe inestabilidad. La geometría de la ladera afecta directamente a las fuerzas resistentes y las solicitantes, también para que alguna remoción se genere debe existir material susceptible a ser movilizados como antiguos deslizamientos, depósitos coluviales, entre otros, los cuales si se presentan sueltos son propensos a generar remociones.

En un contexto sísmico de intensidades mayores a IV, Keefer (1984) señala que ángulos mayores a 15° en laderas son susceptibles a generar deslizamientos de suelos traslaciones, para deslizamientos rotacionales se necesitan ángulos de taludes mayores a 10° . En cambio, para deslizamientos en roca se necesitan laderas con ángulos mayores a 35° , para un contexto sísmico se necesitarían ángulos mayores a 15° . Para caídas de rocas o desprendimientos los taludes deben ser mayores a 40° , pueden desarrollarse también desprendimientos de suelo a partir de material arenoso o gravoso levemente cementado o arcillas no compactas.

2.2.2.9. Actividad Antrópica

La actividad antrópica es una de las principales contribuyentes a la desestabilización de laderas, disminuyendo artificialmente la resistencia del material, contribuyendo con material para ser movilizado por futuros eventos. Excavaciones, rellenos, construcción de estructuras, urbanización, cambios en el uso

del suelo, extracción de áridos y acumulación de escombros son las principales actividades antrópicas que aumentarían la susceptibilidad de remociones en masa. Faenas mineras u otras que desarrollen sismicidad inducida para su producción, influyen directamente en la desestabilización de laderas adyacentes, ya que vibraciones sísmicas constantes provocarían una disminución en la resistencia de depósitos o macizos rocosos.

2.2.2.10. Monitoreo y Mitigación

Los principales objetivos del monitoreo de remociones en masa son: caracterizar en forma y profundidad la masa deslizada, estimar su dimensión, determinar distribuciones y tasas de desplazamiento, instalar sistemas de alerta y controlar la efectividad de las medidas de mitigación. Estos se llevan a cabo por una variedad de instrumentos. Para deslizamientos superficiales, existen equipos topográficos que utilizan mediciones progresivas en puntos de referencia (estables), otros como los medidores de rotación (Tiltmeter) miden rotación de puntos superficiales, el GPS diferencial mide satelitalmente la masa deslizada mediante coordenadas. Para mediciones de desplazamiento interno, existen Inclínómetros que consisten en una sonda con un sensor que mide el grado de inclinación a distintas profundidades, para esto se necesita una perforación o sondaje en la zona susceptible. Para mediciones de desplazamiento, extensómetros que se basan en mediciones de disminución o aumento del largo de una vara sostenida por dos puntos anclados en una perforación de sondaje.

La mitigación de remociones en masa involucra dos aspectos fundamentales que afectan la estabilización de zonas

susceptibles, uno de ellos es el factor ambiental que involucra cargas naturales y artificiales, sismicidad, clima, volcanismo, y el otro es un factor geológico- geotécnico en donde interviene la topografía y las propiedades del material. Existen varias medidas de mitigación una de ellas es la estabilización de laderas que consta de cuatro ejes importantes: evitar el problema, reducir fuerzas desestabilizadoras, aumentar fuerzas estabilizadoras y aumentar la resistencia. En términos de evitar el problema como posibilidades se puede relocalizar la obra potencialmente afectada, retirar total o parcialmente materiales inestables –suelos superficiales, bloques o rocas-. Para reducir fuerzas desestabilizadoras se intervienen las pendientes u orientación del talud, se construyen bermas, se disminuye el peso usando materiales livianos (terraplenes). En el caso de aumentar fuerzas estabilizadoras se usa contrafuertes al pie de la ladera rellenos de roca o material grueso, estructuras de retención como muros, gaviones, etc. Para aumentar la resistencia interna se utiliza el reforzamiento del suelo y muros de contención con geotextiles, barras o cables que se introducen en el suelo, cubiertas vegetales, pernos de anclaje, shotcrete, malla, etc.



Figura 7: Shotcrete y anclajes como medidas de mitigación.

Fuente: (Opazo Castro, 2004)



Figura 8: Malla para mitigación de deslizamiento de roca tipo planar y cuña

Fuente: (Opazo Castro, 2004)

Malla para mitigación de deslizamiento de roca tipo planar y cuña. Con respecto a caídas de rocas las medidas de mitigación pueden ser mallas (como por ejemplo mallas tipo cortina) y barreras de contención (rígidas o dinámicas).

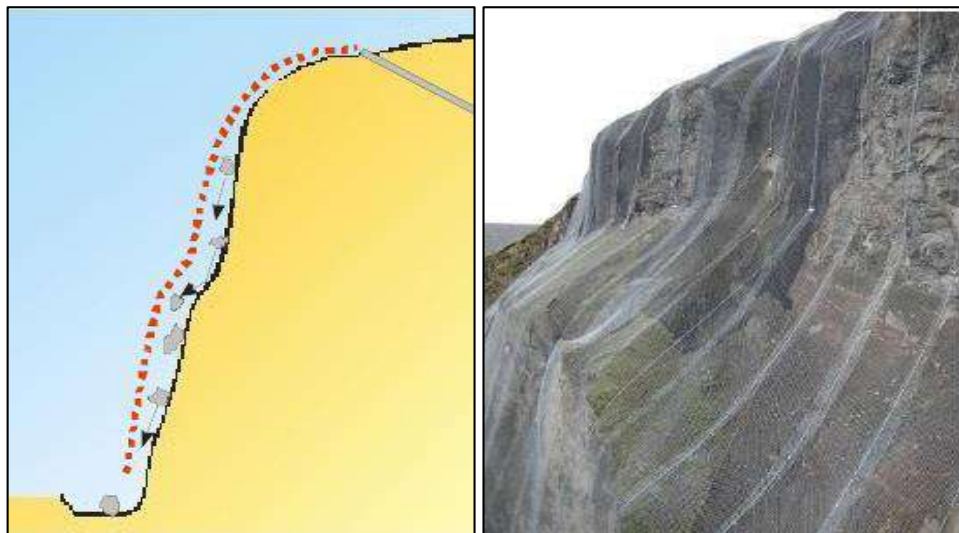


Figura 9: Malla estilo cortina para mitigación de caídas de roca

Fuente: Fuente: (Opazo Castro, 2004)

Las barreras rígidas son soluciones para caídas de rocas menores con poca energía, ya que pueden romperse y no frenar el bloque, mientras que las barreras dinámicas son flexibles y absorben energía, existen para distintas magnitudes de impacto.



Figura 10: Barrera dinámica para mitigación de caídas de rocas.

Fuente: Fuente: (Opazo Castro, 2004)

La ocurrencia de los deslizamientos es consecuencia de un complejo campo de esfuerzos (fuerza por unidad de área) que está activo en una masa de roca o de suelo en la pendiente. Básicamente, los dos parámetros más determinantes son: un incremento en el esfuerzo de corte y una disminución en la resistencia del material (van Westen, 1999).

El incremento del esfuerzo de corte se debe a: la remoción del soporte lateral o de base (erosión, deslizamientos previos, cortes de carreteras y canteras); al incremento de carga (peso de la lluvia/nieve, rellenos, vegetación); el incremento de presiones laterales (presiones hidráulicas, raíces, cristalización,

expansión de la arcilla); al esfuerzo transitorio (terremotos, vibraciones de camiones, maquinaria, explosiones); la inclinación regional (movimientos geológicos). Mientras que la disminución en la resistencia del material es producto de: la motorización, cambios en el estado de consistencia, cambios en las fuerzas ínter granulares (presión de los poros de agua, disolución), cambios en la estructura (disminución de la resistencia en el plano de falla, fracturamiento debido a “descargas”).

2.2.2.11. Clasificación de los deslizamientos

Existen varias clasificaciones de deslizamientos, basadas todas ellas en los mecanismos de rotura y la naturaleza de los materiales involucrados, las más difundidas son: Sharpe (1938), Varnes (1978), Hutchinson (1988), el sistema de clasificación de deslizamiento unificado de Wieczorek, Corominas y García (1997). Según Varnes (1978), citado en Kehew (1998), los deslizamientos están clasificados de acuerdo al tipo de movimiento y al tipo de material del talud involucrado, los materiales del talud son divididos en: roca madre, suelos compuestos por partículas predominantemente gruesos (escombros), y suelos compuestos por partículas predominantemente de clastos finos (tierra); se utilizan seis tipos de de movimientos en la clasificación, cada tipo de movimiento da el nombre a dos partes que relacionan el tipo de movimiento y el tipo de material. Sin embargo, muchos movimientos de taludes no pueden ser asignados a un simple proceso y por lo tanto deben ser incluidos en la categoría de complejos (Tabla 1). En la Tabla 2 aparece una clasificación con indicación de la velocidad del movimiento (Kehew, 1998).

Tabla 7: Clasificación de Varnes

Tipo de Movimiento			Tipo de Material		
			Roca Madre	Ingeniería de suelos	
				Predominantemente grueso	Predominante fino
Desprendimientos			Desprendimiento de rocas	Desprendimiento de escombros	Desprendimiento de tierra
Derrumbes			Derrumbe de rocas	Derrumbe de escombros	Derrumbe de tierra
Deslizamientos	Rotacional	Pocas Unidades	Hundimiento de rocas	Hundimiento de escombros	Hundimiento de tierra
	Trasnacional	Muchas unidades	Deslizamiento de bloques de roca Deslizamiento de rocas	Deslizamiento de bloques de escombros Deslizamiento de escombros	Deslizamiento de bloques de tierra Deslizamiento de tierras
Desplazamientos laterales			Desplazamiento de rocas	Desplazamiento de escombros	Desplazamiento de tierra
Flujos			Flujo de rocas	Flujo de escombros	Flujo de suelos
Complejos (combinación de dos o más tipos principales de movimientos)					

Fuente: Clasificación de movimiento de taludes. (de D.J. Varnes, 1978, Tipos de movimientos de pendientes y procesos, en Landslides: Analysis and Control, R.L. Schuster and R.J. Krizek, eds., TRB Special report 176, transportation research board, National Council, Washington, D.C.)

Tabla 8: Escala de velocidad de los deslizamientos

VELOCIDAD	DESCRIPCIÓN	NATURALEZA DEL IMPACTO
Más 3m/s	Extremadamente rápido	Catástrofe de gran violencia
0.3m/min – 3m/s	Muy rápido	Pérdida de algunas vidas gran destrucción.
1.5m/día – 0.3m/min	Rápido	Posible escape y evacuación, destrucción de estructuras, posesiones y equipos.
	Moderado	Pueden resistir estructuras poco sensibles
1.5m/año – 1.5m/mes	Lento	Pueden resistir estructuras y carreteras bien construidas si tienen mantenimiento adecuado y constante.
0.06m/año – 1.5m/año	Muy lento	Algunas estructuras permanentes construidas con criterios formales de ingeniería no sufren daños o si llegan a sufrir algún agrietamiento pueden repararse.
Menor que 0.06m/año	Extremadamente lento	No hay daños a las estructuras construidas con criterios de ingeniería.

Fuentes: Escala de velocidades para movimientos de taludes. (De D.J. Varnes, 1978, Tipos de movimientos de taludes y procesos, en Landslides: Análisis and Control, R.L. Schuster and R.J. Krizek, eds., TRB Special report 176, transportation research board, National Council, Washington, D.C.)

2.2.3. Criterios básicos para distinguir deslizamientos

El criterio básico que permite separar los distintos tipos de deslizamiento en la mayoría de las clasificaciones son los mecanismos de rotura principales. Se pueden encontrar cinco mecanismos principales: Desprendimiento, derrumbes, deslizamientos propiamente dichos, desplazamientos laterales y flujos; y un sexto referido a los movimientos complejos (Santacana, 2001). Clasificación muy similar a la propuesta por van Westen (1999) para trabajos de fotointerpretación quien agrega como un sexto mecanismo a las avalanchas, mientras que los movimientos complejos son asociados a cada uno de los mecanismos (Figura 1).

2.2.3.1. Desprendimiento

Es aquel movimiento, en forma de bloques aislados o masivamente que, en una gran parte de su trayectoria desciende por el aire en caída libre, volviendo a entrar en contacto con el terreno, donde se producen saltos, rebotes y rodaduras.

2.2.3.2. Derrumbes

Son movimientos de rotación hacia el exterior, de una unidad o un conjunto de bloques, alrededor de un eje pivotante situado por debajo del centro de gravedad de la masa movida.

2.2.3.3. Deslizamientos

Son movimientos descendentes relativamente rápidos de una masa de suelo o roca que tiene lugar al largo de una o varias superficies definidas que son visibles o que pueden ser inferidas razonablemente o bien corresponder a una franja relativamente estrecha; se considera que la masa movilizada se desplaza como un bloque único, y según la trayectoria descrita los deslizamientos pueden ser rotacionales o traslacionales.

2.2.3.4. Desplazamientos laterales

El movimiento dominante en las expansiones laterales es la extrusión plástica lateral, acomodada por fracturas de cizalla o de tracción que en ocasiones pueden ser de difícil localización.

2.2.3.5. Flujos

Los flujos son movimientos de una masa desorganizada o mezclada donde no todas las partículas se desplazan a la misma velocidad ni sus trayectorias tienen que ser paralelas; por lo que la masa movida no conserva su forma durante el movimiento descendente, adoptando a menudo morfologías lobuladas.

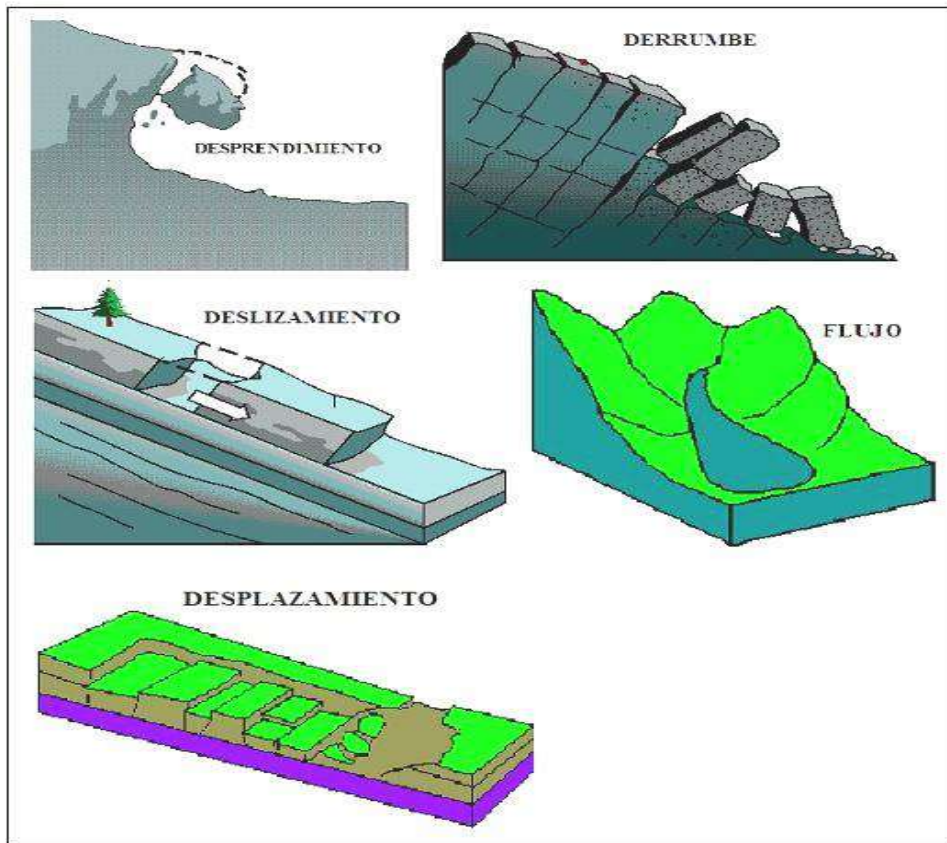


Figura 11: Mecanismos de rotura principales

Fuente: Quispe medina, 2005

2.2.4. Factores que causan deslizamientos

Un deslizamiento puede ser causado por uno o varios factores, de los cuales son más comunes los: geológicos, morfológicos, físicos, y los procesos humanos (Alexander 1992, Cruden y Varnes 1996, Wieczorek 1996 citado en Schuster y Wieczoreck 2002), pero comúnmente tiene un solo desencadenador (Varnes 1978 citado en Schuster et. al. 2002). Popescu (1996) citado en Schuster et. al. 2002, ha dividido los factores causales que dan como resultado la falla de un talud en condiciones (aquellos factores preexistentes o internos que ha largo plazo ocasionan la inestabilidad del talud) y procesos (aquellos factores externos de estímulo inmediato que

desencadenan el movimiento de taludes). Los procesos de largo plazo que facilitan el desarrollo de un deslizamiento se han iniciado con la formación de la roca misma, cuando sus propiedades físicas básicas son determinadas e incluye todos los eventos posteriores de movimiento de la corteza terrestre, erosión, meteorización, y desarrollo de la pendiente (Zolotarev 1974 citado en Schuster et. al. 2002). Asimismo, una acción desencadenante que puede ser trivial (Varnes 1978 citado en Schuster et. al. 2002), pone una masa de material en movimiento cuesta abajo. El término “desencadenador” de deslizamiento, comúnmente utilizado, se refiere a un estímulo externo, tal como una lluvia intensa, descongelamiento rápido, movimiento sísmico, erupción volcánica, erosión de corrientes y costera, y falla de presas naturales, que causan una respuesta inmediata o casi inmediata en la forma de deslizamientos debido al rápido incremento de los esfuerzos o presión de poros, por la aceleración del subsuelo debido a la actividad sísmica, por remoción del soporte lateral, por la reducción de la resistencia de los materiales del talud, o por la iniciación de un flujo de escombros (Schuster y Wieczorek 2002).

2.2.5. Factores internos o condiciones

Los factores internos condicionan las distintas tipologías de deslizamiento, los mecanismos y modelos de rotura. Dentro de ellos encontramos las características intrínsecas relativas a las propiedades del material y a su resistencia y las características extrínsecas no relacionadas con el material y sí con la morfología de la ladera y condiciones ambientales de ésta (Santacana 2001). Las primeras incorporan parámetros como la litología, textura (granulometría, cementación), consolidación y grosor de los materiales y parámetros estructurales relativos a planos de

estratificación y de debilidad (diaclasas, fallas, fracturas), por ejemplo: orientación, buzamiento, porosidad. En las características extrínsecas podemos encontrar las morfológicas como la pendiente de la ladera y su disposición respecto a discontinuidades geológicas y la orientación (relacionada con la humedad del terreno), y factores de tipo ambiental como cambios estacionales de temperatura y vegetación (tipo de cambio, densidad, comportamiento de las raíces). La pendiente del terreno así como la morfología propia de cada ladera es un factor y condicionante previo a partir del cual el resto de los factores se combinarán influyendo en la estabilidad.

2.2.6. Factores externos o procesos

2.2.6.1. Precipitaciones

La mayoría de los deslizamientos son desencadenados por la precipitación sea en forma de lluvia, deshielo, o combinación de ambos. En el macizo rocoso, el agua y el hielo penetran en las grietas y producen presión hidrostática; en los suelos, ocasionan el incremento de la presión de poros y reducen la resistencia tangencial. Las tormentas que producen lluvias intensas por periodos tanto cortos como largos o lluvias más moderadas que duran varios días comúnmente desencadenan abundantes deslizamientos en muchas partes del mundo; los umbrales de lluvia pueden proporcionar valores de predicción y advertencia acerca de eventos de deslizamientos, particularmente para flujo de escombros, que son de alta velocidad y alto peligro. Por lo tanto, las lluvias intensas causan deslizamientos de muchos tipos; sin embargo, lluvias muy intensas de corta duración son más aptas para causar fallas superficiales; las lluvias intensas continuas frecuentemente dan como resultado avalanchas de escombros catastróficas; las

lluvias de periodo largo, o lluvias que siguen a otras pueden dar lugar a deslizamientos profundos o hundimientos sea en suelos o rocas, ocurren frecuentemente después de un tiempo de retardo que permite subir el nivel freático y la presión de poros; en áreas de escasa vegetación, desiertos o áreas recientemente quemadas el resultado común son los flujos de escombros cuando llueve. Por otro lado, el deshielo en invierno o verano causado por lluvias o repentinos periodos de calentamiento permite incrementar la infiltración de agua dentro de los taludes de las laderas y puede desencadenar una amplia variedad de actividad de deslizamientos, incluyendo desprendimiento de rocas, deslizamientos de tierra y rocas, y flujo de escombros y lodo; sin embargo, al parecer los eventos más comunes son los deslizamientos y flujos poco profundos (Schuster y Wiczoreck 2002).

2.2.6.2. Cambios en los niveles superficiales de los cuerpos de agua adyacentes a las pendientes.

Los cambios en la elevación de la superficie de los cuerpos de agua en contacto con taludes adyacentes, frecuentemente desencadenan fallas de taludes, particularmente si los movimientos de niveles de agua son repentinos. Estas actividades pueden desencadenar deslizamientos aguas arriba de las presas de relleno naturales, a lo largo de las líneas costeras, y sobre las orillas de reservorios, lagos, ríos, y canales. Los deslizamientos que ocurren, más comúnmente, son los hundimientos o deslizamientos de tierra o roca, pero a veces suceden también como corrientes o desplazamientos (Schuster y Wiczoreck 2002).

2.2.6.3. Actividad sísmica

En relación a la actividad sísmica, los movimientos suceden como producto de la licuefacción inducida por el terremoto, un desarrollo que debido al sacudimiento temporal aumenta la presión de agua en los poros, entonces, disminuye la resistencia tangencial del suelo. En ambientes sedimentarios, la edad del depósito, la hondura del nivel freático, la organización del tamaño de granos, consistencia, y hondura, tanto como el nivel del sacudimiento, determinan si un depósito se licuaría en el transcurso de un terremoto. En un estudio de los 40 superiores movimientos desencadenados por terremotos, Keefer (1984) encontraron que los desprendimientos de rocas, movimientos de suelo, y deslizamiento de rocas desde taludes pronunciados, involucrando pisos o rocas o los dos disgregados subjetivamente delgados o poco profundos fueron los productos frecuentes de un terremoto. De igual modo, además puntualizó que la intensidad mínima de un terremoto que produciría un deslizamiento es de 4 en la escala de mercalli (Schuster y Wieczoreck 2002).

2.2.6.4. Erupciones volcánicas

Las erupciones volcánicas han desencadenado algunos de los movimientos más importantes de todo el mundo. El resultado inmediato de una erupción volcánica quizás sea un deslizamiento desencadenado por la caída de parte del boquete del volcán, el riesgo más importante de deslizamiento en los alrededores es consecuencia de la avalancha de escombros a enorme escala y el fluído de escombros (lahar)

originados sobre los taludes del volcán, de la misma forma que fué exhibido en Kelut, Mount St. Helens, y otros volcanes de todo el mundo (Schuster y Wieczoreck 2002).

2.2.6.5. Erosión

La erosión es el primordial desarrollo que desata movimientos, existen dos agentes primarios de procesos, erosión adecuada a corrientes y erosión costera. En la erosión adecuada a corrientes varios investigadores han notado que los movimientos se generan fundamentalmente en el lado exterior de de los meandros; varios de los cuales son hundimientos o movimientos debido al talud escarpado producido por la erosión de corrientes; ya que esta clase de erosión es un desarrollo progresivo, muchas veces reactiva movimientos inactivos. La erosión costera se encuentra dentro de los procesos que socava la línea costera gracias a la acción de las ondas y mareas; ésta forma acantilados de mar, y otorga como resultado la desestabilización y deslizamiento, los mismos que van desde desprendimiento de rocas hasta superiores hundimientos y movimientos de rocas; es un desarrollo progresivo y el total de los efectos geomórficos de extenso período son sustanciales (Schuster y Wieczoreck 2002).

2.2.6.6. Caída de presas naturales

La caída de muchas presas naturales resulta en la explosión de un flujo de escombros que incluye cantidades considerables de materiales granulares de las presas mismas o materiales ingresados durante la inundación aguas debajo de los canales. Estos flujos de escombros frecuentemente viajan considerables

distancias antes de liberar mucho de su carga de sólidos y son transformados en un flujo de fluidos hiperconcentrado (Schuster y Wieczoreck 2002).

2.2.6.7. Actividades humanas

Por ultimo, las actividades humanas alteran el equilibrio de las laderas debido a cargas estáticas provocadas por construcciones de edificios, construcciones de taludes para vías de comunicación, explotaciones mineras y construcciones de presas. Asimismo, los cambios en el recubrimiento vegetal como la tala de bosques, la repoblación con especies alóctonas, incendios forestales y otros también influyen en la estabilidad de las laderas (Santacana 2001).

2.2.7. Riesgo

El criterio de peligro tiene dentro consideraciones colega económicas y se define como las pérdidas potenciales debidas a un fenómeno natural preciso (vidas humanas, pérdidas económicas directas e indirectas, perjuicios a inmuebles y construcciones, etc.) (Gonzáles, Ferrer, Ortuño, Oteo 2004).

Como se expreso al principio, los movimientos conforman peligros geológicos nada infames, de esto se desprende que, su estudio con objetivos de prevención debe ser llevado a cabo desde esta visión. El peligro es algunas veces tomado como sinónimo de riesgo, pero peligro tiene la agregada implicación de la posibilidad de que un riesgo en especial ocurra; el riesgo es una sección ineludible de la vida, día tras días enfrentamos algún nivel de peligro. Es realmente difícil vivir en un mundo completamente libre de peligro y la

preocupación por el peligro se irá incrementando por el hecho que la multitud esta disfrutando vida más saludable; además, riesgo es preferible visto como un desarrollo que sucede naturalmente, o un desarrollo inducido por los humanos o el acontecimiento con el potencial para hacer pérdidas (Smith 1996).

Se sabe que el riesgo es solo el resultado de una multiplicación muy sencilla:

$$R = P \times V \times E$$

Fuente : (Sorriso-Valvo, 2002):

Donde:

R = Riesgo (\$). P = Peligro (%).

V = Vulnerabilidad (%).

E = Valor del elemento en riesgo (\$).

Los dos primeros términos de la relación indican la probabilidad de ocurrencia, mientras que el tercero es expresado en términos económicos. El peligro resulta de la combinación de dos componentes: susceptibilidad (S), y frecuencia y eficacia de los agentes causales (Sorriso-Valvo, 2002). El término susceptibilidad hace referencia a la predisposición del terreno a la ocurrencia de deslizamiento y no implica el aspecto temporal del fenómeno (Santacana, 2001). Mientras que la frecuencia y eficacia de los agentes causales dependen del: área de influencia y comportamiento del deslizamiento, que se refieren al tipo de deslizamiento, tamaño y movilidad; y la potencialidad del fenómeno, relacionado con la predicción temporal del fenómeno de deslizamiento, considerado como el aspecto más difícil de definir en la evaluación de peligrosidad del deslizamiento (Santacana,

2001). No obstante, lo último puede ser estimado si se conocen las pautas temporales del proceso (por ejemplo: periodo de retorno de terremotos e inundaciones a partir de datos series históricas y/o instrumentales) o de los factores que desencadenan deslizamientos en una zona.

La vulnerabilidad implica una medida del riesgo combinado con la habilidad social y económica para hacer frente con el evento resultante; en otras palabras es el grado en que un sistema o parte de un sistema, pueden reaccionar adversamente a la ocurrencia de un evento peligroso (Smith 1996) o el grado de daños o pérdidas potenciales en un elemento o conjunto de elementos como consecuencia de la ocurrencia de un fenómeno de intensidad determinada; los países pobres son más vulnerables por sus deficientes construcciones, alta densidad de construcciones, alta densidad de población, etc. puede evaluarse en términos de porcentaje de población afectada por un determinado proceso (González, et. al. 2004). En la literatura especializada existen varias escalas de vulnerabilidad para los diferentes tipos de deslizamientos de diferente intensidad (o magnitud) y para diferentes elementos en riesgo (Soriso-Valvo 2002).

Una vez que se ha evaluado el nivel de riesgo, el parámetro más importante que debe estar disponible para el manejo de tierras es el riesgo aceptable. Es seguro que será imposible reducir el riesgo a cero, pero es determinante un nivel máximo para el riesgo aceptable, por lo tanto, se requiere que el riesgo presente sea evaluado en una escala numérica con una alta precisión, lo cual es difícil, pero posible, para algunos taludes artificiales, aunque muy difícil o imposible, con taludes naturales (Soriso-Valvo 2002).

2.2.8. Representación de la información de susceptibilidad

Apoyado en las definiciones nombradas, las aclaraciones de susceptibilidad, riesgo y peligro son por lo general representados como mapas sutiles. Las clases discretas representan clases de igual posibilidad, que son a la vez clases de igual riesgo o peligro. La diferenciación de clases de riesgo y su agrupamiento son llamados como “zonation” (Süzen 2002). Varnes (1984) define zonation como el vocablo referido a la división de tierras en superficies homogéneas o usos dominantes definidos y al rango de estas superficies según sus grados de de hoy potencial riesgo natural.

El zoneamiento de peligros naturales esta controlado, primordialmente, por dos factores: La escala del zoneamiento y el tipo de conocimiento usado en el zoneamiento del riesgo. Antes de comenzar alguna recolección de datos es requisito establecer: el propósito del estudio; la escala y el nivel de exactitud con que el estudio debe ser presentado; y los elementos accesibles en relación a dinero, datos y mano de obra. Como el propósito del estudio se define al inicio, la escala y la exactitud son establecidas anteriores al inicio del emprendimiento, entonces, el aspecto de escala tendría que ser preciso en la primera mirada para detallar como controla el tipo de los datos de entrada, la naturaleza del exámen y los datos de salida del proyecto; la exactitud del resultado es ligado de la escala elegida, sin embargo es sin dependencia teniendo en cuenta la naturaleza del proyecto; los cambios necesarios con la escala deberían de hacerse hasta que la exactitud de salida y la exactitud deseada satisfagan las condiciones del proyecto; el exámen de los elementos debería efectuarse luego que son fijados el propósito y escala del emprendimiento (Süzen 2002).

2.2.9. Escala De Los Mapas De Susceptibilidad

Cuando se preparan mapas de susceptibilidad se debe valorar la influencia con que un número de factores incidirá en la probabilidad de ocurrencia de deslizamientos (Rengers et. al., 1992 citado en Süzen, 2002). Cuanto más detallado sea el mapa más factores deberán ser estudiados. La escala de análisis es uno de los primeros puntos a considerar en un proyecto. De ella dependerá la metodología utilizada, los factores o datos considerados, la unidad del terreno, etc. (Tabla 3) En general se distinguen las siguientes escalas para la zonificación de la susceptibilidad a deslizamientos (IAG, 1976):

2.2.9.1. Escala Nacional (<1/1000000)

Esta escala de análisis se usa sólo para delimitar el problema, da una idea acerca del tipo de peligro y áreas propensas a ser afectadas por el peligro. Son preparadas generalmente para todo un país y el detalle del mapa es muy bajo, en el mejor de los casos esta basado en récord en la forma de inventarios. Estos mapas son preparados, generalmente, por agencias que tienen que ver con planeamiento regional (agricultura, urbana o infraestructura) o las agencias de prevención de desastres naturales o evaluación de peligros.

2.2.9.2. Escala regional/sinóptica (<1/100000)

La escala es aún demasiado pequeña para el uso de cualquier método cuantitativo, pero estos mapas son usados para planeamiento regional en las primeras etapas. Las áreas investigadas son aún grandes en el orden de miles de kilómetros cuadrados y el detalle del mapa es bajo otra vez. Se utilizan sólo

métodos simples en combinación con datos cualitativos y el zoneamiento esta basado principalmente en las unidades geomorfológicas del terreno/complejos (TMU) o dependiente en las unidades geológicas regionales.

2.2.9.3. Escala mediana (1/25000 - 1/50000).

Estos mapas son principalmente hechos por agencias de planeamiento inter municipal o compañías que tienen que ver con estudios de factibilidad para trabajos de ingeniería grandes. Las áreas a ser investigadas serían de varios cientos de kilómetros cuadrados. En esta escala se requieren considerablemente más detalles que en la escala regional. Estos mapas sirven especialmente para la selección de corredores para la construcción de infraestructura o zonas para desarrollo urbano. Son las técnicas estadísticas, las predominantemente usadas en esta escala.

2.2.9.4. Escala grande (<10000)

Estos mapas de peligro son generalmente producidos por autoridades que tienen que ver con el planeamiento de infraestructura, viviendas o proyectos industriales o con evaluación de riesgos dentro de una ciudad o dentro del área de un proyecto específico. Cubren áreas muy pequeñas, por lo tanto, son usados los métodos de análisis determinísticos. El nivel de detalle de los mapas se fija en lo máximo. Están basados en modelos numéricos físicos que requieren extensa recolección de datos en el campo y laboratorio.

Tabla 9: Capas de datos análisis de susceptibilidad

Capas de datos		Escala de Análisis		
		Regiona	Media	Grand
Geomorfología	1. Unidades de mapeo del terreno	3	3	3
	2. Sub unidades geomorfológicos	2	3	3
	3. Deslizamientos recientes	1	3	3
	4. Deslizamientos antiguos	1	3	3
Topografía	5. Modelo digital del terreno	2	3	3
	6. Mapa de pendientes	2	3	3
	7. Mapa de dirección de la pendiente	2	3	3
	8. Longitud de la pendiente	2	3	3
	9. Concavidad/convexidad	1	1	3
Ingeniería Geológica	10. Litología	2	3	3
	11. Secuencia de los materiales	1	2	3
	12. Mapa de geología estructural	3	3	3
	13. Aceleraciones sísmicas	3	3	3
Uso de la tierra	14. Infraestructura reciente	3	3	3
	15. Infraestructura antigua	3	3	3
	16. Uso de la tierra reciente	2	3	3
	17. Uso de la tierra antiguo	2	3	3
Hidrología	18. Drenaje	3	3	3
	19. Áreas de cuencas	2	3	3
	20. Lluvia	2	3	3
	21. Temperatura	2	3	3
	22. Evapotranspiración	2	3	3
	23. Mapas de tabla de agua	1	1	3

Fuente: Introducción a los deslizamientos: Uso de los SIG en el mapeo de deslizamientos (1999). (Cees van Westen, International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC), Enschede, The Netherlands. NOTA: Los números indican la posibilidad de obtención de datos 1. Pobre, 2. Moderado, 3. Buena.

2.2.10. Métodos Para La Evaluación De La Susceptibilidad

Carrara (1983) citado en Suarez (2002), diferenció las técnicas de zonificación en tres formatos: modelos de caja blanca (White box model), los cuales se basan en modelos físicos de estabilidad de taludes y modelos hidrológicos son los modelos determinísticos; modelos de Caja negra (Black box model), los cuales se basan en

análisis estadístico solamente y modelos de caja gris (Gray box model), basados parcialmente en modelos físicos y en estadística.

Los diferentes procedimientos para valorar el peligro por deslizamiento pueden ser, también, clasificados en dos grupos principales: los métodos cualitativos y los métodos cuantitativos (Begueira et. al., 1999). (Diagrama 1)

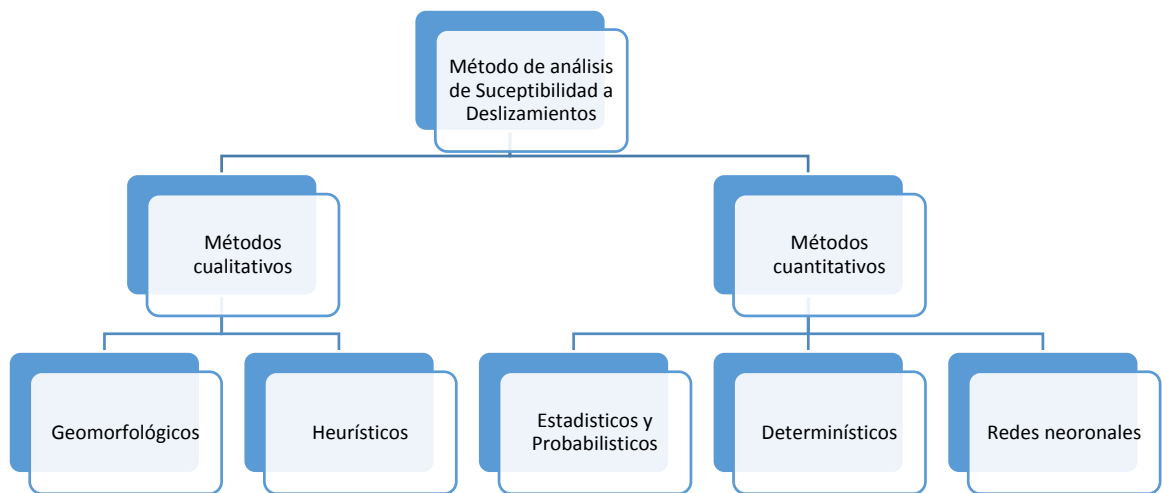


Figura 12: Métodos de análisis de susceptibilidad a deslizamientos

Fuente: Adaptado de: Begueira, S., Lorente, A. (1999). *Landslide Hazard Mapping by Multivariate Statistics: Comparison of Methods and Case Study in the Spanish Pyrenees*. Instituto Pirenaico de Ecología, Zaragoza – España, pp. 4-5

Los métodos cualitativos incluyen los geomorfológicos y los heurísticos, estos son muy flexibles y permiten la inclusión del conocimiento de los expertos; la principal debilidad es que involucran un gran nivel de subjetividad, a tal punto, que los mapas producidos por diferentes investigadores pueden ser muy diferentes. Los métodos cuantitativos incluyen los modelos geotécnicos y los estadísticos y recientemente las aproximaciones basadas en redes neuronales; no obstante, no existe un modelo completamente objetivo; estos modelos aseguran que se

obtendrán los mismos resultados si se proporcionan las mismas suposiciones básicas

2.2.10.1. Métodos determinísticos

Existe gran variedad de métodos determinísticos disponibles para realizar análisis de estabilidad (Diagrama 2).

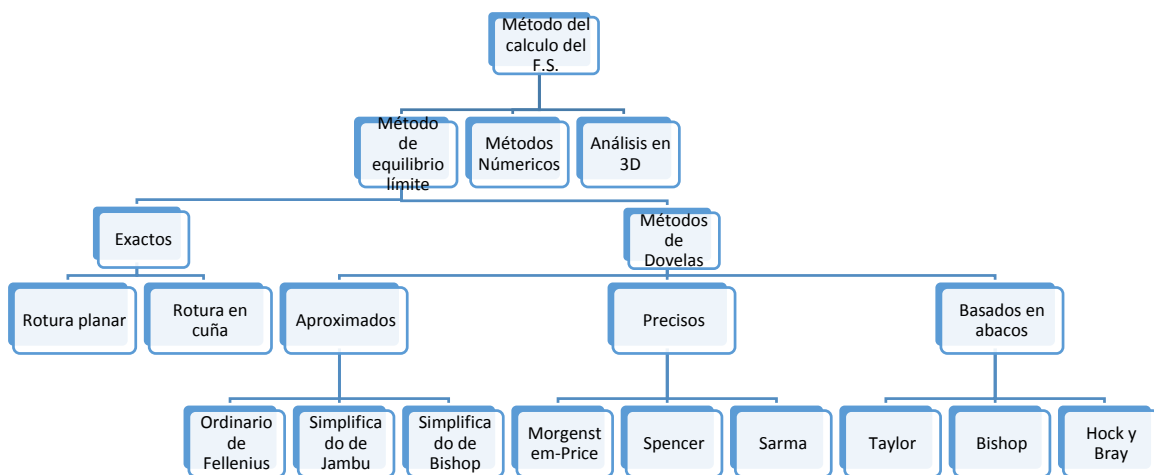


Figura 13: Métodos de Análisis Determinísticos

Fuente: Adaptado de: Suarez J. (2002). *Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales*. Escuela de Ingeniería Civil – Universidad Industrial de Santander - Colombia; y Gavilanes J. (2003). *Parámetros Geotécnicos y Estabilidad de Taludes*. Asociación de Ingenieros de Minas del Ecuador - AIME.

Se usan para el estudio de la estabilidad de una ladera o talud concreto. Se fundamentan en métodos basados en el equilibrio límite o en modelos numéricos hasta complejos modelos tridimensionales, tiene entonces, una base física, que le da una gran ventaja respecto a otros métodos. Los datos de entrada son derivados de ensayos de laboratorio y se utilizan para determinar el factor de seguridad de la pendiente. Estos métodos muestran un

grado de confiabilidad alto en el caso que los datos usados sean correctos. Su principal inconveniente es la baja idoneidad para zonificaciones rápidas y áreas extensas o regionales (Van Westen, 1993 citado en Santacana, 2001). Permiten el análisis no sólo de la susceptibilidad a la rotura, sino también del alcance (como los modelos de caídas de bloques) y de la frecuencia del fenómeno.

Aunque los métodos determinísticos son más adecuados para evaluar la inestabilidad en áreas pequeñas (ladera única), también son utilizados en el análisis de susceptibilidad para grandes áreas (regionalización) y con el objeto de discriminar zonas con parámetros de seguridad significativamente distintos (Van Westen y Tercien 1996; Luzy y Pergalani 1996; Leroi, 1996 citado en Santacana, 2001). El análisis puede llevarse a cabo en distintas condiciones (Luzi, 1995 citado en Santacana, 2001): estáticas, considerando la estabilidad del deslizamiento sin introducir fuerzas dinámicas externas; pseudestáticas, evaluando la entidad mínima de la fuerza dinámica externa que podría desencadenar el deslizamiento y condiciones dinámicas, en donde se introduce una fuerza dinámica externa comparable a un terremoto.

2.2.10.2. Los métodos heurísticos

Se basan en el conocimiento a priori de los factores que producen inestabilidad en el área objeto de investigación. Los factores son ordenados y ponderados según su importancia asumida o esperada en la formación de deslizamientos (Santacana,2001). Son métodos donde los resultados pueden extrapolar a zonas sin deslizamiento con una combinación de

factores similar. Un procedimiento de este tipo es el análisis cualitativo basado en la combinación de mapas de factores. Cada uno de estos factores forma un mapa que se combinará con los demás para la obtención del mapa final de zonificación de inestabilidad. El principal inconveniente de este método está en la ponderación exacta de cada uno de los factores, dado que ha menudo se basa en conocimiento insuficiente en el campo de los factores importantes para definir la estabilidad (Santacana, 2001). Estos métodos permiten la regionalización o estudio a escala regional y son adecuados en el campo de los sistemas expertos (Carrara et al., 1995 citado en Santacana, 2001). Asimismo, introducen un grado de subjetividad que imposibilita el comparar documentos producidos por diferentes autores.

2.2.10.3. Métodos estadísticos o probabilísticos

Süzen (2002) sostiene que en el análisis estadístico para peligro de deslizamientos, se determinan los factores que en el pasado han dirigido los deslizamientos, y se hacen predicciones para áreas actualmente libres de deslizamientos pero donde existen condiciones similares. Además, el meollo del análisis radica en la superposición de mapas de parámetros y el cálculo de las densidades de deslizamientos. La mayor parte del análisis esta basado en las relaciones entre las densidades de deslizamientos por clase de parámetro comparado con la densidad de deslizamientos sobre el íntegro del área. Cada método tiene sus reglas propias específicas para integrar los datos requeridos en la producción del mapa total de peligro del área.

A pesar que las técnicas estadísticas pueden ser aplicadas a diferentes escalas, su uso tiende a ser bastante restringido a la escala regional, donde una precisión del mapa de ocurrencias puede no estar disponible y donde la mayoría de los parámetros no pueden ser coleccionados con la precisión apropiada. En escalas grandes tendrían que ser usados diferentes factores, tales como, profundidad del nivel freático, secuencias y espesor de las capas de suelo. Estos datos son muy difíciles de obtener incluso para áreas relativamente pequeñas. Por lo tanto, la escala mediana es considerada como la más apropiada para esta técnica.

La principal ventaja es la objetividad del método. La potencia de estos métodos depende directamente de la calidad y cantidad de datos adquiridos. El principal inconveniente es el costo de adquisición de algunos factores relacionados con la inestabilidad de laderas.

Se pueden agrupar en: métodos estadísticos bivariantes, métodos estadísticos multivariantes y análisis de frecuencia de deslizamientos.

Los métodos estadísticos bivariados, en este método la superposición de mapas de parámetros y el cálculo de densidades es el núcleo del análisis, la importancia de cada parámetro, o las combinaciones específicas de parámetros pueden ser analizados individualmente. Usando valores normalizados un mapa total de peligros puede ser hecho por adición de los pesos para parámetros individuales. Los valores de peso pueden, también, ser usados para diseñar reglas de decisión, que sean basadas en la experiencia del científico. Es posible también combinar varios mapas de parámetros en un mapa de unidades homogéneas el cual es

superpuesto por el mapa de deslizamientos para lograr una combinación única de parámetros de ingreso.

La selección de parámetros tiene un importante elemento subjetivo en este método. En GIS se usa el siguiente procedimiento (van Westen, 1993 citado por Süzen, 2002):

- Clasificación del mapa de cada parámetro en un número relevante de clases.
- Combinación del mapa del parámetro seleccionado con el mapa de deslizamientos vía superposición de mapas.
- Cálculo de los valores ponderados basado en los datos de la tabla cruzada.
- Asignación de valores ponderados a los mapas de varios parámetros, o diseño de reglas de decisión que sean aplicados a los mapas y clasificación de las puntuaciones obtenidas en pocas clases de peligros.

Como se puede ver del listado el último punto es altamente subjetivo porque no está claro como definir los rangos de peligro y en este caso susceptibilidad a deslizamientos.

El análisis estadístico bivariado trata con una variable dependiente (ocurrencia de deslizamiento) y una variable independiente (parámetro). La importancia de cada factor se analiza separadamente. Combinaciones específicas de variables pueden ser probadas tratando de combinar mapas como una nueva variable. El método está basado en la suposición de que factores importantes dirigen los deslizamientos los cuales pueden ser cuantificados calculando la densidad del deslizamiento para cada clase de variable.

Los métodos se dividen en dos grupos: los que utilizan análisis condicional y los que no lo utilizan (Santacana, 2001). Entre los que utilizan el análisis condicional están los métodos estadísticos que han sido aplicados para calcular los valores ponderados; los cuales han sido denominados como Método de susceptibilidad a deslizamientos (Brabb, 1984; van Westen, 1992, 1993), Information value method (Kobashi y Susuki, 1998; Yin y Yan, 1988), weight of evidence modeling method (Spiegelhalter, 1986; Bonham-carte, 1996). Además, existen métodos no lo suficientemente explotados como: las reglas de combinación de Bayes, Certainty factor, el método creado por Dempster y Shafer y Fuzzy logic (Süzen, 2002). Santacana (2001) cita otros modelos estadísticos no basados en las funciones de favorabilidad como: el modelo basado en la combinación de factores de Brabb et.al (1972) considerado como el primer análisis cuantitativo de susceptibilidad a deslizamientos y modificado por (Irrigaría,1990), el modelo del valor de información – information value – (Kobashi y Suzuki, 1991; irrigaría, 1995), el modelo de mensaje lógico – logical message model- (Runqiu y Yuangua, 1992) y el modelo probabilístico (Gonzales, 1992; Sabto, 1991) según Van Westen (1993), así como el método de la matriz (Degraff y Romesburg, 1980; Irigaray, 1995; Fernández et al., Irigaray et al.,1999).

Métodos estadísticos multivariados, estos métodos estudian la interacción y dependencia de un conjunto de factores que actúan simultáneamente en la ocurrencia de deslizamientos, para establecer la implicación que tienen cada uno de ellos. Se trata de una aproximación más objetiva que otras situándose hoy como uno de los procedimientos con mejores

resultados en la predicción espacial de deslizamientos. Las técnicas estadísticas más utilizadas son la regresión múltiple y el análisis discriminante. El resultado de ambos métodos son funciones basadas en la combinación lineal de los factores de mayor significación estadística para definir las condiciones de inestabilidad estando basados en la presencia/ ausencia de deslizamientos.

Sorriso-Valvo (2002) sostiene que los mejores resultados han sido alcanzados mediante el análisis estadístico multivariado, presencia/ausencia de deslizamiento, porque muchas veces se convierten variables no paramétricas como: tipo de roca, geomorfología local, cubierta vegetal, uso de suelos y otros; en variables numéricas. El procedimiento consiste en obtener por medio de la superposición de capas temáticas un mapa digital basado en celdas, para luego usar el análisis discriminante; asimismo, los recientes progresos logrados utilizando el análisis de regresión logística, basado en la probabilidad siempre positiva de la dicotomía presencia/ausencia, puede llegar a ocasionar grandes avances por el uso de técnicas tales como las redes neuronales.

El análisis discriminante permite separar varias poblaciones de una misma muestra caracterizadas por las mismas variables a partir de la función discriminante; esta es una combinación lineal de las variables independientes que refleja el distinto comportamiento de los individuos dentro de la muestra. Cuando el predictor de variables tiene una distribución multivariada normal, entonces la regla discriminante es conocida como la mejor discriminante (Gorsevsky, 2000).

La regresión múltiple, por su parte, considera una única población y varios grupos de variables, siendo útil cuando se buscan relaciones explicativas entre diversas variables. El método determina la influencia de un grupo de variables dependientes (Baeza, 1994 citada en Santacana, 2001).

Otro método que puede ser utilizado es el de regresión logística. Se utiliza cuando el predictor de variables no está distribuido normalmente y algunas de las variables predictoras son categóricas (Gorsevsky, 2000).

Según la obtención y localización de los datos a tratar existen dos métodos de análisis multivariantes (Van Westen, 1993):

- a) Análisis estadístico utilizando una población de laderas cuyos atributos son recogidos y asociados a deslizamientos individuales.
- b) Análisis estadísticos realizados en unidades de terrenos que cubren el área entera de estudio. Para cada unidad se recogen los datos de un número de factores geológicos, geomorfológicos, hidrológicos y morfométricos y se analizan utilizando regresión múltiple, regresión múltiple o análisis discriminante.

El siguiente procedimiento GIS es usado en la zonación de peligro de deslizamiento para la evaluación estadística multivariada (Süzen, 2002).

- Determinación de la lista de factores que serán incluidos en el análisis. Como muchos mapas son alfanuméricos, deben ser convertidos en mapas numéricos. Estos mapas pueden ser convertidos a valores de presencia/ausencia para cada unidad de tierra o presentado como porcentaje cubierto o como clase de parámetro. Por superposición los mapas de parámetros con el mapa de unidad de tierra se crean una gran matriz.
- La combinación del mapa de unidades de tierra con el mapa de deslizamientos vía superposición de mapas dividiendo las unidades en dos grupos estable e inestable.
- Exportación de la matriz al paquete estadístico para el consiguiente análisis.
- Importación de los resultados por unidad de tierra en el GIS y remodificación de las unidades. La distribución de frecuencias de unidades clasificadas como estable e inestable debe ser revisada para ver si los dos grupos están correctamente separados.
- Clasificación del mapa en algunas clases de peligro.

Análisis de frecuencia de deslizamientos, Van Westen (1993) citado por Santacana (2001), señala que el análisis de frecuencia de deslizamientos evalúa la peligrosidad a los deslizamientos, a diferencia de los comentados anteriormente que suelen utilizarse para evaluar la susceptibilidad. La valoración de la probabilidad de ocurrencia de un deslizamiento en un cierto lugar y dentro de un periodo de tiempo sólo es posible cuando se puede hallar la relación entre la ocurrencia de deslizamiento y la frecuencia de factores desencadenantes como lluvias intensas o terremotos.

Por otro lado, se han desarrollado diversas técnicas que determinan valores umbrales de lluvias históricas (Mayorga, 2003)

2.2.10.4. Los métodos geomorfológicos

Se basan en cartografía geomorfológica a partir de la cual se identifica y localiza los deslizamientos y procesos asociados a éstos directamente en el campo. Con las observaciones, se extraen unos criterios para la determinación de áreas potencialmente inestables y para la confección del mapa de susceptibilidad y/o peligro final. La elaboración de estos mapas exige conocer la morfología y tipología de movimientos (Hansen, 1984; Hansen y Frank, 1991).

Estos métodos, así como los heurísticos y los probabilísticos se basan en una información de partida que es el mapa inventario de deslizamientos de un área. Este mapa se elabora a partir de fotointerpretación, trabajo de campo y recogida de información de eventos históricos. Para este tipo de cartografía resulta de vital importancia la experiencia del experto dada por el número elevado de trabajos demuestra que un investigador puede detectar y cartografiar la mayoría de deslizamientos ocurridos en un área aplicando técnicas de interpretación de foto aérea y chequeos sistemáticos de campo (Carrara et al., 1995). A pesar de ello existen cuerpos de deslizamientos latentes, deslizamientos históricos o modelados por procesos erosivos posteriores o bien áreas deslizadas modificadas por actividades ganaderas o cubiertas por una densa vegetación que no pueden ser identificados fácilmente ni clasificados de manera correcta. Ello introduce un factor de incertidumbre no evaluado y que podrá incorporar en las fases posteriores del análisis. Este factor depende la experiencia del investigador, de

la calidad y escala de las fotos aéreas, así como de los mapas de base utilizados (Carrara et al., 1995). También hay que tener en cuenta la existencia de deslizamientos que pueden ser indetectables dependiendo del momento de la toma de la foto aérea (Van Westen,1993), en el caso de las técnicas que no utilicen el trabajo de campo.

Dentro de los métodos geomorfológicos se pueden mencionar a los siguientes: el análisis de densidad de deslizamientos; el análisis geomorfológico; el análisis de actividad de deslizamientos; el método de unidades de paisaje o land system.

2.2.10.5. Métodos con redes neuronales

El uso de redes neuronales artificiales es una nueva y muy prometedora aproximación para el análisis de automatizado de zonas con peligro de deslizamiento. Las redes neuronales pueden identificar diferentes tipos de movimientos de masas con una y la misma red. Las mejores redes han clasificado correctamente las áreas en valores por encima del 86%. Fernández-Steege, et. al. (2002), Ha utilizado el algoritmo de aprendizaje RPROP donde la modificación de los parámetros de aprendizaje permitió optimizar el aprendizaje y mejora las tasas de éxito; las simulaciones se realizaron en una imagen simplificada virtual del mundo real producida en un GIS, para entrenar a la red, los parámetros relevantes para el reconocimiento de deslizamientos fueron buscados y seleccionados de esta imagen sea por conocimientos expertos, métodos estadísticos o por prueba y error. Se ha desarrollado 5 capas de información homogénea en GIS; estas son:

- 1) El modelo de elevación digital (DEM)
- 2) La litología.
- 3) La red de drenaje.
- 4) Las principales escarpas.
- 5) Las zonas de peligro y las áreas preclasificadas de deslizamientos. Algunas importantes aplicaciones en este campo han sido desarrolladas en (Lee, et. al. 2001).

Los resultados son algunas veces sorprendentemente promisorios alcanzando valores de casos correctamente clasificados en más del 95%, esto puede explicar en parte porque la difusión de este método es escasa, otro hecho puede ser que las redes neuronales son métodos de caja negra donde no puede ser fácilmente entendido cuales son las relaciones entre las variables físicas, sino que estas solo pueden ser inferidas; pero para aplicaciones prácticas uno podría contentarse con saber que variables controlan la distribución de deslizamientos y con que alcance y no porqué (Sorriso-Valvo, 2002).

2.2.11. Los SIG En La Valoración De Susceptibilidad A Deslizamientos

Los sistemas de información geográfica (SIG) son una herramienta para el archivo de datos, análisis de datos, evaluación de datos, modelación y presentación de datos. Los SIG tienen capacidad para visualizar datos geométricos como mapa digital y datos no geométricos o atributos en la forma de mapas temáticos. La visualización depende del tipo de SIG, vector o raster. El SIG vector es útil si todos los tipos de datos son importantes para el análisis (punto, línea, área). El SIG raster esta formado por capas donde

cada capa representa una cierta información cuyo valor forma el valor del píxel y se visualiza como un color del píxel, el principal problema es definir la resolución, por lo que, píxel de tamaño muy pequeño da lugar a resultados más detallados, pero ocasiona una gran cantidad de datos SIG. Píxel de tamaño muy grande ocasiona grandes imprecisiones; el SIG raster es útil y frecuentemente usada sólo si los datos de tipo área son importantes para el análisis. Las condiciones de altura son usualmente analizadas como atributos en SIG 2-D; las alturas están representadas como datos de punto o línea de contorno, la información se usa directamente en el SIG vector, pero es necesario rasterizar a partir de formato vector para usarlo en SIG raster.

El análisis y modelamiento en SIG vector se hace en áreas detalladas donde todos los datos usados son homogéneos, por lo tanto, áreas nuevas detalladas tienen que ser determinadas. En el caso del SIG raster se limita a las operaciones en cada píxel. El SIG puede ser usado para deslizamientos como una herramienta primaria, en el cual hace todo el análisis, también puede ser usada como una herramienta para una cierta parte del procesamiento en el momento en el cual es ventajoso (Halounova,

2002). Algunos casos que sustentan las aplicaciones se mencionan brevemente. Hroch et al. (2002), aplicó a datos procesados fuera del SIG, aquí fue utilizado para implementar el procesado de datos de diferente escala, archivos de diverso origen, mapas, mapeo geológico, interpretaciones de fotografías aéreas; toda la evaluación fue hecha antes de la implementación; es la aplicación más simple del SIG usada principalmente para una presentación agradable y entendible de resultados para especialistas y no especialistas, no

ofrece la posibilidad de nuevas entradas de datos; este caso no es demasiado frecuente.

El SIG es usado como una herramienta irremplazable para la determinación de taludes, cambio de ángulo de talud, forma del talud, azimut, etc.; de esta manera el azimut y buzamiento son obtenidos a partir de DEM (Modelo Digital de Elevación) y a partir del DSM (Modelo Digital de Estructuras) para la determinación de las propiedades geométricas y cinemáticas de del talud (Clerici et al., 2002). En efecto las características geométricas de un área difícilmente serían determinadas de manera completa y precisa de otra manera; a la vez que, todo el análisis es cuestión de una correcta definición matemática, capas de mediciones geológicas de campo y procesamiento computacional (Halounova, 2002).

Fernández – Steeger et al. (2002) utilizó el SIG para pasos necesarios. Al principio los datos fueron usados para codificación de datos, que fue realizada para doce factores que caracterizan la susceptibilidad a deslizamientos. Casi la mayor parte de los datos usados para los factores tuvieron que ser determinados por herramientas del SIG usadas en el DEM (talud, longitud de talud, cambio de longitud de talud, tamaño del área de captación, forma del talud, distancia a corrientes, distancia a rocas, etc.) estos datos son fácilmente logrados con funciones comunes del SIG, pero muy tediosamente sin el SIG. Las relaciones mutuas de estos datos fueron procesadas fuera del SIG en redes neuronales y los resultados implementados otra vez en SIG.

Esta metodología es aplicada muy frecuentemente. Los datos son implementados en SIG, el análisis se realiza mediante procesos

estadísticos o por redes neuronales; los resultados de este procesamiento son usados finalmente para el análisis en un ambiente espacial, usualmente una reclasificación (Halounova, 2002).

Otra metodología usó el SIG raster para el modelamiento de obstrucciones por el deslizamiento de Anzola (Clerici et al., 2002) Esta metodología esta basada en el análisis raster donde son verificados los valores del píxel y de los píxeles vecinos. Los valores del píxel son cambiados bajo determinadas circunstancias de acuerdo a ecuaciones predefinidas. El valor exacto del píxel y todos los valores de los píxeles vecinos controlan la exacta aplicación de la ecuación. Este tipo de función no está dentro del SIG, por lo tanto, el modelo fue implementado dentro del GRASS (SIG raster).

En una investigación realizada por Iwao et al. (2002) se utilizó el SIG sólo para evaluación y resultados. La metodología esta basada en contornos y sus distancias como una típica tarea cuyo análisis es posible realizar fácil y confiablemente en SIG (Halounova, 2002).

Lee, et. al. (2002) en su investigación aplican, a la tarea de evaluar la susceptibilidad a deslizamientos, el modelo de probabilidad bayesiana utilizando el método de weight-of-evidence para la verificación de resultados usando GIS data; los mapas relevantes fueron construidos usando el software ARC/INFO.

Günther, et. al. (2002) Desarrolla una metodología para la evaluación de taludes, el mismo, sugiere que en primer lugar a partir métodos basados en GIS se obtiene una rápida derivación de un DSM

(modelos estructurales digitales) a partir de datos de tectónica de campo; en segundo lugar, describe métodos para la evaluación regional de las propiedades geométricas y cinemáticas de los taludes derivados del DSM y DEM; y finalmente presenta una aplicación de la metodología propuesta.

2.2.12. Validación Del Análisis De Susceptibilidad

La validación de los mapas de peligro y susceptibilidad conseguidos mediante procesos que utilizan los SIG, implican la comparación entre predicciones de un mapa y la ocurrencia de deslizamientos observada; sin embargo, en la literatura existe escasa información disponible acerca de la efectiva capacidad predictiva de los mapas, por lo que se hace necesario establecer procedimientos de validación (Santacana, 2002).

Para evaluar la capacidad predictiva de un mapa y el resultado del análisis de susceptibilidad están disponibles varios métodos: método temporal, método espacial, método aleatorio (Santacana, 2002). En el método temporal la validación es hecha con un grupo de deslizamientos de la misma área, desencadenados después de terminado el mapa (Luzy, 1995). En el método espacial la validación es llevada a cabo en un área diferente al usado para estimar la susceptibilidad a deslizamiento, pero con atributos geológicos y geomorfológicos similares (Baeza, 1994). Con bastante frecuencia los autores dividen el área piloto en dos sectores, uno para determinar la susceptibilidad y otro para su validación (Santacana, 2002).

Finalmente, en el método aleatorio se extraen dos muestras aleatorias del área piloto, uno para definir la función de susceptibilidad y otro para validarlo.

2.3. Definición de términos básicos

SLOPE/W

SLOPE/W de GEO-SLOPE es el software líder de análisis de estabilidad en suelos en declive para calcular el factor de seguridad de las pistas de tierra y roca. Con SLOPE/W, se puede analizar al mismo tiempo sencillos y complejos problemas para una variedad de formas de desnivel de la superficie, condiciones de presión de agua de los poros, las propiedades del suelo, métodos de análisis y condiciones de carga.

Usando equilibrio límite, SLOPE/W puede modelar los tipos de suelo heterogéneos, condiciones complejas de presión y geometría de la superficie de deslizamiento estratigráfica y variables de presión de agua en los poros, utilizando una gran variedad de tipos de suelo.

Los análisis de estabilidad de taludes pueden ser realizados utilizando los parámetros de entrada determinista o probabilística. Los cálculos se destacan por un análisis de elementos finitos de estrés que pueden ser utilizados más allá de los cálculos de equilibrio límite, para el análisis de estabilidad de talud más completo disponible.

Con esta amplia gama de características, SLOPE/W se puede utilizar para analizar casi cualquier problema de estabilidad de talud que encontrará en sus proyectos de ingeniería geotécnica, civil y explotación minera.

ArcGIS

Es el nombre de un conjunto de productos de software en el campo de los Sistemas de Información Geográfica o SIG. Producido y comercializado por ESRI, bajo el nombre genérico ArcGIS se agrupan varias aplicaciones para la captura, edición, análisis, tratamiento, diseño, publicación e impresión de información geográfica. Estas aplicaciones se engloban en

familias temáticas como ArcGIS Server, para la publicación y gestión web, o ArcGIS Móvil para la captura y gestión de información en campo.

FACTOR DE SEGURIDAD

El coeficiente de seguridad (también conocido como factor de seguridad) es el cociente entre el valor calculado de la capacidad máxima de un sistema y el valor del requerimiento esperado real a que se verá sometido. Por este motivo es un número mayor que uno, que indica la capacidad en exceso que tiene el sistema por sobre sus requerimientos.

3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

3.1. Confiabilidad y validación del instrumento

3.1.1. Metodología del Análisis

El análisis de susceptibilidad de este trabajo se realizó por medio de un método de análisis estadístico bivariado. En este método los factores que se consideran determinantes en la inestabilidad del terreno (por ejemplo, pendientes, geología, etc.), se califican para poder indicar algún grado de contribución al desequilibrio, generando mapas de factores. Luego, se combina por separado, y de una a la vez, la información de variables intrínsecas del terreno (mapas de factores condicionantes) con el catastro de remociones en masa (mapa de evidencia). Los resultados de dicha combinación son, siguiendo la metodología antes descrita, finalmente sumados para obtener un mapa con un rango de pesos (o susceptibilidades) que es luego clasificado en grados de susceptibilidad. La susceptibilidad representa más bien la posibilidad espacial de ocurrencia y no dice relación alguna con la frecuencia temporal de la ocurrencia de remociones en masa.

Se optó por este método debido a la rapidez y relativa facilidad con que puede ser implementado en un sistema de información geográfico (GIS). También, por lo apropiado que resulta para la escala de trabajo elegida, y por la información disponible, ya que se contaba con una muestra representativa de las remociones en masa de la zona, lo que permitió realizar el mapa de evidencias.

Las principales etapas metodológicas del análisis bivariado desarrollado se detallan a continuación:

3.1.1.1. Selección, mapeo y categorización de factores significantes.

Gracias a la información obtenida en terreno, más la rescatada de estudios anteriores, se definieron los siguientes factores como los determinantes de la susceptibilidad de remociones sismo-inducidas:

Los rangos de valores que definen las clases para cada variable se muestran en el anexo F.

- **Pendiente:** A medida que aumenta la pendiente crece la probabilidad de ocurrencia de fenómenos de remoción en masa. Las clases definidas para este factor son: plano, débil inclinado, muy inclinado, débil escarpado, escarpado, muy escarpado.

- **Aspecto:** Corresponde a la dirección hacia donde cae (buzo) la pendiente. Puede ejercer un control climático, en las condiciones de humedad y vegetación presente en el suelo, como de amplificación del movimiento sísmico, dependiendo de la dirección de propagación y otras características de la onda sísmica. Las direcciones de buzamiento posibles son: norte (N), este (E), sur (S), y oeste (W).

- **Curvatura media:** Corresponde al tipo o variación de la pendiente media, entre el sentido horizontal y vertical. Para efectos de modelamiento se clasifica en cóncava, plana o convexa. La curvatura controla las zonas de acumulación o propagación de agua, lo que influye directamente en el grado de humedad y/o saturación del suelo o sedimento.

- **Densidad de drenaje:** Concierno a una aproximación del grado de fracturamiento de la roca. Se mide en metros (de

líneas de drenaje) por km². La densidad puede ser alta, media o baja.

- Distancia y densidad de lineamientos y fallas: El primero corresponde a la cercanía a lineamientos y fallas inferidas, y el segundo corresponde a otra estimación del grado de fracturamiento de la roca.

- Geología: corresponde a las distintas unidades geológicas, según litología, presentes en la zona de estudio. Las unidades fueron definidas en la geología local.

- Distancia normalizada a la cresta: corresponde a la razón entre la distancia desde una remoción en masa y su cresta, y el largo total de la ladera. Este factor se relaciona a la amplificación topográfica que sufren las ondas sísmicas al acercarse a las crestas, y muestra ciertas tendencias en remociones en masa cosísmicas (Meunier et al. (2008), Sepúlveda et al. (2009)).

Los 3 primeros factores condicionantes fueron calculados a partir de un modelo de elevación digital (MED), obtenido por interpolación de las curvas de nivel y cotas de elevación de las cartas 1:50.000 del Instituto Geográfico Militar de Chile (IGM). El algoritmo utilizado corresponde al método ANUDEM implementado en el software ArcGis® 9.3, en la herramienta Topo_to_Raster del módulo 3D Analyst® Tools (Raster Interpolation). La incertidumbre (o error vertical) de la interpolación, fue calculado en 20 m (con 90% nivel de confianza determinado por el método del percentil 90avo). Por otro lado, el MED fue validado visualmente, ya que en los mapas generados a partir de él (relieve sombreado, pendiente) no se observan artefactos evidentes (ver figuras 2.4. y 2.7.).

Los mapas de distancias y densidades fueron calculados, utilizando herramientas implementadas en el software ArcGis® 9.3, a partir de la misma cartografía topográfica a escala 1:50.000 del IGM y de mapas de lineamientos y fallas. Estos últimos fueron hechos en el software ArcGis® 9.3, creando archivos “shapes” de líneas, a partir de interpretación de fotografías aéreas, revisión bibliográfica, y observaciones de terreno. Para el mapa de la geología local, se creó un “shape” de polígonos.

Para poder proceder con el análisis bivariado, los mapas de factores continuos, fueron convertidos en mapas de categoría discreta. Para determinar los límites de cada clase-factor, se utilizó el criterio visual, y literatura (ver anexo F). Las clases definidas en los factores “distancia a falla” y “densidad de drenaje”, son las mismas utilizadas para los factores distancia y densidad de lineamientos respectivamente.

3.1.1.2. Mapeo de las remociones en masa.

El catastro de remociones en masa fue realizado mediante el traspaso de la información del mapeo ejecutado en terreno a formato digital. La información recopilada en terreno corresponde principalmente a material fotográfico, la cual se digitalizó por medio del software ArcGis® 9.3.

La definición de los tipos de remociones en masa se realizó mediante la observación de los materiales transportados por el fenómeno. Según esto, se identificaron 4 tipos de remociones, que son:

- Caída y/o deslizamiento de roca
- Deslizamiento de roca-suelo

- Deslizamiento de suelo
- Flujo de detritos

Se pudo observar una mayor antigüedad en algunas remociones (caídas y/o deslizamientos de rocas antiguas; deslizamientos de roca-suelo antiguos), debido a que en ellas se lograba observar el desarrollo de vegetación, lo que no sería posible si se trataran de fenómenos jóvenes.

3.1.1.3. 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.

3.1.1.4. Toma de muestras

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

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

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

Ensayos para el reconocimiento del terreno se realizará calicatas con profundidad mínima de 2 metros.

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

Los trabajos de exploración básicamente comprenden:

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

Los sondeos se ejecutarán con muestreo continuo. Cada sondeo se efectuará siguiendo el procedimiento de perforación y muestreo de la ASTM D-1586 (Prueba de Penetración Estándar, SPT), en los estratos de suelo y ASTM D- 2113, en los estratos duros o rocosos. Los sondeos deben profundizarse hasta identificar materiales estables por debajo de los movimientos reales o potenciales, en caso de entrar el nivel freático debe registrarse la profundidad a que se encuentra dicho nivel, se tomará muestras de los estratos encontrados en

cada sondeo realizado, las que serán trasladadas al laboratorio para su análisis respectivo. (Ministerio de Transporte e Infraestructura Manual para la Revisión de Estudios Geotécnicos, 2008)

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

3.1.1.5. 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:

3.1.2. 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. (Espinoza Durán & Tapia Berzoza, 2013)

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

El análisis granulométrico es un proceso general para cualquier tipo de muestra, independientemente de si su

procedencia es alterada o inalterada, ya que el proceso mecánico de cribado disgrega las partículas que componen la muestra. (Espinoza Durán & Tapia Berzoza, 2013)

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

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

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. (Espinoza Durán & Tapia Berzoza, 2013)

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

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

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

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

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

$$IP = LL - LP$$

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

3.2. Análisis cuantitativo de las variables

3.2.1. Modelos de Estabilidad de Taludes

Se realizaron cuatro análisis a fin de comparar los efectos de los factores geotécnicos, hidrológicos y sísmicos sobre la estabilidad del talud.

Tipos de análisis:

- Análisis Estático con suelo seco.

- Análisis Estático con suelo saturado.
- Análisis Pseudoestático para la estación seca.
- Análisis Pseudoestático para la estación húmeda.

Se considera que el efecto del agua, en la estación húmeda, afecta el suelo incrementando su densidad natural. En la tabla 3.07, se calculó la densidad natural de los diversos tipos de suelo, su densidad en el mes lluvioso, y su densidad de los suelos en el mes seco.

∅

Tabla N° 03.07. Cálculo de densidades de suelo, para los meses lluviosos y secos.

II. CALCULO DE DENSIDADES											
CALICATA	SUCS	δ_{seca}		$\Omega_{natural}$		$\delta_{natural}$		$\omega_{lluvioso}$		δ_{seco}	
		Kg/cm ³	%	Kg/cm ³	KN/m ³	%	Kg/cm ³	KN/m ³	%	Kg/cm ³	KN/m ³
C-01 (2)	GC	1.76	13.75	2.00	19.62	19.35	2.10	20.59	4.34	1.84	18.00
C-03 (2)	GP-GM	1.80	9.41	1.97	19.30	20.06	2.16	21.18	6.37	1.91	18.76
C-04 (2)	ML	1.44	13.75	1.64	16.05	34.97	1.94	19.05	9.28	1.57	15.42
C-05 (1)	SM	1.55	18.60	1.84	18.02	27.38	1.97	19.35	5.27	1.63	15.99
C-06 (2)	GM	1.67	13.27	1.89	18.54	22.46	2.05	20.04	5.25	1.76	17.23
C-07 (2)	CL	1.44	18.73	1.71	16.76	27.36	1.83	17.97	9.34	1.57	15.43
C-07 (3)	GC	2.02	24.16	2.51	24.58	33.45	2.70	26.42	15.19	2.33	22.80
C-08 (2)	GP-GM	1.98	9.18	2.16	21.19	20.27	2.38	23.34	5.53	2.09	20.48

Fuente: elaboración propia.

Con respecto a los valores de resistencia al corte, se realizó el ensayo triaxial consolidado drenado, el cual nos proporciona valores de resistencia al corte efectivos, el resumen se encuentra en la tabla N° 3.08.

Tabla N° 3.08. Valores de parámetros de resistencia al corte efectivos, según ensayo triaxial consolidado drenado.

		CALICATA C-01 (2)	CALICATA C-04 (2)	CALICATA C-06 (2)
Clasificación SUCS		GC	ML	GM
ángulo de	°	36.00	28.00	35.00
Cohesión	KPa	0.50000	6.00000	0.50000

Fuente: Elaboración propia. Los valores de resistencia al corte de los suelos de las calicatas C-05, C-07. http://www.conanma.com/descargas/cap_12_geotecnia.pdf

Tabla N° 3.09. Parámetros de resistencia al corte efectivos.

		CALICATA C-05 (1)	CALICATA C-07 (2)
Clasificación SUCS		SM	CL
ángulo de	°	29.00	26.00
Cohesión	KPa	0.00000	147.00

Fuente: Geotecnia. (Rev. 2012)

Algunos autores calculan el factor de seguridad, considerado el basamento rocoso, como un material impenetrable, para acercarnos al caso real, asumido los valores mostrados en la tabla 3.10, obtenidos de referencias externas: 1) lutitas y areniscas se obtuvieron de la fuente: Resistencia al corte de suelos y saprolitosy 2) Andesita porfídica, de la fuente: Ordoñez, (2012)

Tabla N° 3.10. Parámetros de resistencia al corte de las rocas, conformantes del basamento rocoso.

Clasificación petrográfica		Lutitas y areniscas	Andesita Porfídica
ángulo de	°	30.00	44.00
Cohesión	KPa	500.00	500.00

Fuente: Ordoñez. (2012).

3.2.2. Análisis Estático con Suelo Seco

Se analizan cuatro perfiles, previamente establecidos en el capítulo III. Las consideraciones para este análisis se describen a continuación:

Para desprestigiar los efectos del agua, se ha utilizado la densidad natural correspondiente a los meses secos.

La línea piezométrica se ha asumido en el análisis, porque siempre permanecerá, indiferentemente a la estación en que se encuentre. Su efecto es similar al de un lubricante en la zona de adhesión entre el suelo y basamento rocoso. Sin embargo, para suelos granulares, no debería tener efectos.

Los parámetros de resistencia al corte se han tomado de las tablas. Para el cálculo de los factores de seguridad (F.S) también se usó el programa Slope/W, de Geoslope V 7.10. Los F.S. se obtuvieron por medio de los siguientes métodos:

- Método Ordinario de Fellenius
- Método de Bishop simplificado
- Método de Janbú simplificado, y
- Método de Spencer

A continuación, se muestra los resultados de los análisis estáticos. Ver anexo F-1. Análisis estático del talud.

A. PERFIL 1:

Tabla N° 3.11. Factor de seguridad perfil N°1 – Análisis Estático estado seco.

PERFIL 1 - ANALISIS ESTÁTICO SECO				
MÉTODOS	Fellenius	Bishop	Janbu	Spencer
FACTOR DE SEGURIDAD	0.911	0.943	0.910	0.936

Fuente: Elaboración propia.

B. PERFIL 2:

Tabla N° 3.12. Factor de seguridad perfil N°2 – Análisis Estático estado seco.

PERFIL 2 - ANALISIS ESTÁTICO SECO				
MÉTODOS	Fellenius	Bishop	Janbu	Spencer
FACTOR DE SEGURIDAD	0.845	0.908	0.844	0.875

Fuente: Elaboración propia.

C. PERFIL 3:

Tabla N° 3.13. Factor de seguridad perfil N°3 – Análisis Estático estado seco.

PERFIL 3 - ANALISIS ESTÁTICO SECO				
MÉTODOS	Fellenius	Bishop	Janbu	Spencer
FACTOR DE SEGURIDAD	1.093	1.183	1.090	1.179

Fuente: Elaboración propia.

D. **PERFIL 4:**

Tabla N° 3.14. Factor de seguridad perfil N°4 – Análisis Estático estado seco.

PERFIL 4 - ANALISIS ESTATICO SECO				
METODOS	Fellenius	Bishop	Janbu	Spencer
FACTOR DE SEGURIDAD	0.931	0.966	0.931	0.960

Fuente: Elaboración propia.

3.2.3. Análisis Estático con Suelo Saturado

Para medir el efecto de los factores hidrológicos, se propuso el análisis estático con suelo saturado para el talud, tomando las siguientes consideraciones:

- Incremento de la densidad natural del terreno, pues en la temporada de lluvias, el suelo permanecerá húmedo hasta cierta profundidad, para ello se ha afectado a todos los suelos, excepto al basamento rocoso, que se encuentra demasiado profundo como para que el agua afecte sus propiedades.
- La reducción de la cohesión para los suelos, ubicados sobre el basamento rocoso, debido a que el agua se encuentra entre sus partículas. Se ha reducido en un 25%. Aunque es necesario aclarar que cuando el suelo es bastante granular o muy permeable (cohesión tendiente a cero), los efectos del agua son despreciables en la resistencia al corte.

También se analizan los cuatro perfiles, para esta condición se consideró la densidad natural del terreno, calculada con el contenido de humedad del suelo obtenido para el mes de febrero, tabla 3.07.

Para el cálculo de los factores de seguridad también se usó el programa Slope/W, de Geoslope V 7.10, por los siguientes métodos:

- Método Ordinario de Fellenius
- Método de Bishop simplificado
- Método de Janbú simplificado, y
- Método de Spencer

A continuación, se muestra los resultados de los análisis estáticos con suelo saturado. Ver anexo Análisis estático con suelo saturado del talud.

A. PERFIL 1:

Tabla N° 3.15. Factor de seguridad perfil N°1 – Análisis Estático estado saturado.

PERFIL 1 - ANALISIS ESTATICO SATURADO				
METODOS	Fellenius	Bishop	Janbu	Spencer
FACTOR DE SEGURIDAD	0.870	0.902	0.870	0.895

Fuente: Elaboración propia.

B. PERFIL 2:

Tabla N° 3.16. Factor de seguridad perfil N°2 – Análisis Estático estado saturado.

PERFIL 2 - ANALISIS ESTATICO SATURADO				
METODOS	Fellenius	Bishop	Janbu	Spencer
FACTOR DE SEGURIDAD	0.829	0.887	0.828	0.855

Fuente: Elaboración propia.

C. PERFIL 3:

Tabla N° 3.17. Factor de seguridad perfil N°3 – Análisis Estático estado saturado.

PERFIL 3 - ANALISIS ESTATICO SATURADO				
MÉTODOS	Fellenius	Bishop	Janbu	Spencer
FACTOR DE SEGURIDAD	1.083	1.174	1.081	1.170

Fuente: Elaboración propia.

D. PERFIL 4:

Tabla N° 3.18. Factor de seguridad perfil N°4 – Análisis Estático estado saturado.

PERFIL 4 - ANALISIS ESTATICO SATURADO				
MÉTODOS	Fellenius	Bishop	Janbu	Spencer
FACTOR DE SEGURIDAD	0.907	0.941	0.907	0.936

Fuente: Elaboración propia.

3.2.4. Análisis Pseudoestático para la Estación Seca

Para este análisis se han tomado las siguientes consideraciones:

- Se utiliza el método de equilibrio límite, al que se le adiciona el valor del coeficiente sísmico.
- La zona de estudio se encuentra ubicado en la zona I, según el mapa de Coeficientes sísmico propuesto para presas pequeñas y medianas de Ruesta (1988), sin embargo, para el análisis de este talud, y considerando la condición de la vía como de 2° orden, se analizará con factores de la zona II y el mínimo de estos, dado que su falla es menos riesgosa que el de una presa.

Como el talud está conformado por suelo, se tomará el valor de coeficiente sísmico para presas de tierra, entonces:

$$\text{Coeficiente sísmico} = 0.10$$

Este valor se utilizará tanto para la aceleración horizontal, como para la vertical.

La densidad natural del suelo, así como los parámetros de resistencia al corte (c y ϕ) son los mismos que para el análisis estático en la temporada seca.

A continuación, se muestra los resultados de los análisis pseudo-estáticos con suelo seco. Ver anexo Análisis Pseudoestático con suelo seco.

A. PERFIL 1:

Tabla N° 3.19.

Factor de seguridad perfil N°1 – Análisis Pseudoestático estado seco.

PERFIL 1 - ANALISIS PSEUDO ESTATICO SECO				
MÉTODOS	Fellenius	Bishop	Janbu	Spencer
FACTOR DE SEGURIDAD	0.751	0.782	0.751	0.777

Fuente: Elaboración propia.

B. PERFIL 2:

Tabla N° 3.20.

Factor de seguridad perfil N°2 – Análisis Pseudoestático estado seco.

PERFIL 2 - ANALISIS PSEUDO ESTATICO SECO				
MÉTODOS	Fellenius	Bishop	Janbu	Spencer
FACTOR DE SEGURIDAD	0.709	0.783	0.706	0.742

Fuente: Elaboración propia.

C. PERFIL 3:

Tabla N° 3.21.

Factor de seguridad perfil N°3 – Análisis Pseudoestático estado seco.

PERFIL 3 - ANALISIS PSEUDO ESTATICO SECO				
MÉTODOS	Fellenius	Bishop	Janbu	Spencer
FACTOR DE SEGURIDAD	0.898	0.983	0.896	0.986

Fuente: Elaboración propia.

D. **PERFIL 4:**

Tabla N° 3.22.

Factor de seguridad perfil N°4 – Análisis Pseudoestático estado seco.

PERFIL 4 - ANALISIS PSEUDO ESTATICO SECO				
MÉTODOS	Fellenius	Bishop	Janbu	Spencer
FACTOR DE SEGURIDAD	0.766	0.800	0.766	0.796

Fuente: Elaboración propia.

3.2.5. Análisis Pseudoestático para la Estación Húmeda

Este análisis se realiza con el objeto de obtener, factores de seguridad para la situación que se presupone como crítica. De los resultados de este análisis determinaremos la influencia del factor hídrico en el talud estudiado.

Para este análisis se han tomado las siguientes consideraciones:

- Se utiliza el método de equilibrio límite, al que se le adiciona el valor del coeficiente sísmico (aceleración).
- Como en el caso anterior, el valor del coeficiente sísmico es 0.10, tanto para la aceleración horizontal, como la para aceleración vertical.

- La densidad natural del suelo, así como los parámetros de resistencia al corte (c y ϕ) son los mismos que para el análisis

estático saturado, es decir en la temporada lluviosa.

A continuación, se muestra los resultados de los análisis pseudo-estáticos con suelo saturado. Ver anexo F-4. Análisis Pseudoestático con suelo saturado del talud.

A. **PERFIL 1:**

Tabla N° 3.23.

Factor de seguridad perfil N°1 – Análisis Pseudoestático estado húmedo.

PERFIL 1 - ANALISIS PSEUDO ESTÁTICO HÚMEDO				
MÉTODOS	Fellenius	Bishop	Janbu	Spencer
FACTOR DE SEGURIDAD	0.714	0.746	0.714	0.741

Fuente: Elaboración propia.

B. **PERFIL 2:**

Tabla N° 3.24.

Factor de seguridad perfil N°2 – Análisis Pseudoestático estado húmedo.

PERFIL 2 - ANALISIS PSEUDO ESTÁTICO HÚMEDO				
MÉTODOS	Fellenius	Bishop	Janbu	Spencer
FACTOR DE SEGURIDAD	0.701	0.773	0.697	0.732

Fuente: Elaboración propia.

C. PERFIL 3:

Tabla N° 3.25.

Factor de seguridad perfil N°2 – Análisis Pseudoestático estado húmedo.

PERFIL 3 - ANÁLISIS PSEUDO ESTÁTICO HÚMEDO				
MÉTODOS	Fellenius	Bishop	Janbu	Spencer
FACTOR DE SEGURIDAD	0.890	0.975	0.888	0.978

Fuente: Elaboración propia.

D. PERFIL 4:

Tabla N° 3.26.

Factor de seguridad perfil N°2 – Análisis Pseudoestático estado húmedo.

PERFIL 4 - ANALISIS PSEUDO ESTATICO HUMEDO				
MÉTODOS	Fellenius	Bishop	Janbu	Spencer
FACTOR DE SEGURIDAD	0.745	0.778	0.745	0.774

Fuente: Elaboración propia.

3.2.6. Perfiles críticos:

Según los análisis de la estabilidad del talud en las diferentes condiciones del suelo y sismicidad, el comportamiento del talud es más crítico cuando el suelo está saturado y existen vibraciones como la aceleración sísmica.

Del análisis de los 04 perfiles; se demostró que el perfil más crítico es el perfil N°2, y el más estable es el perfil N° 3 (Tabla 3.27).

Tabla 3.27. Factores de seguridad del perfil 02 y perfil 03, en relación a los demás perfiles.

Tipo de análisis	PERFIL 1	PERFIL 2	PERFIL 3	PERFIL 4
	Spencer	Spencer	Spencer	Spencer
	FS			
Estático	0.936	0.875	1.179	0.96
Estático con suelo saturado Pseudo	0.895	0.855	1.17	0.936
estático con suelo seco Pseudo				
estático con suelo húmedo	0.777	0.742	0.986	0.796

Fuente: Elaboración propia.

3.3. Síntesis de Resultados del Análisis De Estabilidad

3.3.1. Perfil 1

Factores de seguridad del perfil 1, con el método de Spencer

PERFIL 1	
Métodos	Spencer
Tipo de análisis	FS
Estático	0.936
Estático con suelo saturado Pseudo	0.895
estático con suelo seco Pseudo	
estático con suelo húmedo	0.777
	0.741

Fuente: Elaboración propia.

Según la tabla se observa que el menor valor de FS se encuentra en el análisis Pseudoestático con suelo húmedo, igual a 0.741 y el mayor valor de FS se encuentra en el análisis estático con suelo seco, igual a 0.936. Del análisis, podemos decir que, a pesar de las condiciones secas, el talud se encuentra inestable, ya que su factor de seguridad es menor que 1, lo cual se puede corroborar en campo, por las inclinaciones y desprendimientos que se observan en los árboles y arbustos.

Se toma en cuenta, los factores de seguridad obtenidos por el método de Spencer, ya que en su análisis considera la interacción entre dovelas y satisface el equilibrio de momentos y esfuerzos, por lo tanto, para el perfil 1, el factor de seguridad crítico es 0.741, lo que indica un deslizamiento eminente en caso de sismo.

3.3.2. Perfil 2

Tabla 3.29. Factores de seguridad del perfil 2, con el método de Spencer

PERFIL 2	
Métodos Tipo de análisis	Spencer FS
Estático	0.875
Estático con suelo saturado Pseudo	0.855
estático con suelo seco Pseudo	0.742
estático con suelo húmedo	0.732

Fuente: Elaboración propia.

Según la tabla N° 3.29. Se observa que el menor valor de FS se encuentra en el análisis Pseudoestático con suelo húmedo, igual a 0.732 y el mayor valor de FS se encuentra en al análisis estático con suelo seco, igual a 0.875.

Este perfil demuestra una zona también inestable, en temporada de estiaje, ya que su factor de seguridad es menor que 1 (análisis estático).

Se toman en cuenta, los factores de seguridad obtenidos por el método de Spencer, ya que en su análisis considera la interacción entre dovelas y satisface el equilibrio de momentos y esfuerzos. Ppor lo tanto el F.S. crítico para el perfil 2, es igual a 0.732, lo que indica un deslizamiento conspicuo en caso de sismo.

3.3.3. Perfil 3

Tabla 3.30. Factores de seguridad del perfil 3, con el método de Spencer

PERFIL 3	
Métodos Tipo de análisis	Spencer FS
Estático	1.179
Estático con suelo saturado Pseudo	1.17
estático con suelo seco Pseudo	0.986
estático con suelo húmedo	0.978

Fuente: Elaboración propia.

Según la tabla N° 3.30. Se observa que el menor valor de FS se encuentra en el análisis Pseudoestático con suelo húmedo, igual a 0.978 y el mayor valor de FS se encuentra en al análisis estático con suelo seco, igual a 1.179.

Del análisis, podemos decir que, en condiciones secas, el talud se puede considerar estable (ver tabla 3.30), ya que su factor de seguridad es mayor que 1.

3.3.4. Perfil 4

Tabla 3.31.

Factores de seguridad del perfil 4, con el método de Spencer

PERFIL 4	
Métodos Tipo de análisis	Spencer FS
Estático	0.96
Estático con suelo saturado Pseudo	0.936
estático con suelo seco Pseudo	0.796
estático con suelo húmedo	0.774

Fuente: Elaboración propia.

Según la tabla, el menor valor de FS se encuentra en el análisis Pseudoestático con suelo húmedo, igual a 0.774 y el mayor valor de FS se encuentra en el análisis estático con suelo seco, igual a 0.96. Del análisis, podemos decir que, en condiciones secas, el talud se encuentra inestable, el factor de seguridad es menor que 1.

3.4. Incidencia de factores en la estabilidad del talud a. Incidencia del factor hidrológico

Para analizar la incidencia del factor hidrológico se presenta la tabla 3.32.

Tabla 3.32. Incidencia del factor hidrológico, según el método de Spencer

PORCENTAJE INCIDENCIA DEL FACTOR HIDROLÓGICO - MÉTODO DE SPENCER								
CONDICIONES	PERFIL 1		PERFIL 2		PERFIL 3		PERFIL 4	
	F.S.	% INC.	F.S.	% INC.	F.S.	% INC.	F.S.	% INC.
Estático	0.936	0.00%	0.875	0.00%	1.179	0.00%	0.960	0.00%
Estático con suelo saturado	0.895	4.38%	0.855	2.29%	1.17	0.76%	0.936	2.50%
Pseudoestático con suelo seco	0.777	0.00%	0.742	0.00%	0.986	0.00%	0.796	0.00%
Pseudoestático con suelo húmedo	0.741	4.63%	0.732	1.35%	0.978	0.81%	0.774	2.76%

Fuente: Elaboración propia.

- **PERFIL 1**

- **Análisis estático del perfil 1:** en condiciones de suelo saturado, el factor de seguridad disminuye en un 4.38%, con relación al F.S. obtenido en suelo seco.
- **Análisis pseudoestático del perfil 1:** el factor de seguridad en condiciones de suelo saturado disminuye en 4.63%, con relación al F.S. obtenido en suelo seco.

- **PERFIL 2**

- **Análisis estático del perfil 2:** en condiciones de suelo saturado, el factor de seguridad disminuye en un 2.29%, con relación al F.S. obtenido en suelo seco.
- **Análisis pseudoestático del perfil 2:** el factor de seguridad en condiciones de suelo saturado disminuye en 1.35%, con relación al F.S. obtenido en suelo seco.

- **PERFIL 3**

- **Análisis estático del perfil 3:** en condiciones de suelo saturado, el factor de seguridad disminuye en un 0.76%, con relación al F.S. obtenido en suelo seco.

- **Análisis pseudoestático del perfil 3:** el factor de seguridad en condiciones de suelo saturado disminuye en 0.81 %, con relación al F.S. obtenido en suelo seco.

- **PERFIL 4**

- **Análisis estático del perfil 4:** en condiciones de suelo saturado, el factor de seguridad disminuye en un 2.50%, con relación al F.S. obtenido en suelo seco.
- **Análisis pseudoestático del perfil 4:** el factor de seguridad en condiciones de suelo saturado disminuye en 2.76 %, con relación al F.S. obtenido en suelo seco.

B. INCIDENCIA DEL FACTOR GEOTÉCNICO- SISMICIDAD

Para analizar la incidencia del factor hidrológico se presenta la tabla 3.33.

Tabla 3.33. Incidencia del factor geotécnico, según el método de Spencer

PORCETAJE INCIDENCIA DEL FACTOR SISMICO - METODO DE SPENCER								
CONDICIONES	PERFIL 1		PERFIL 2		PERFIL 3		PERFIL 4	
	F.S.	% INC.	F.S.	% INC.	F.S.	% INC.	F.S.	% INC.
Estático	0.936	0.00%	0.875	0.00%	1.179	0.00%	0.96	0.00%
Pseudoestático con suelo seco	0.777	16.99%	0.742	15.20%	0.986	16.37%	0.796	17.08%
Estático con suelo saturado	0.895	0.00%	0.855	0.00%	1.17	0.00%	0.936	0.00%
Pseudoestático con suelo húmedo	0.741	17.21%	0.732	14.39%	0.978	16.41%	0.774	17.31%

Fuente: Elaboración propia.

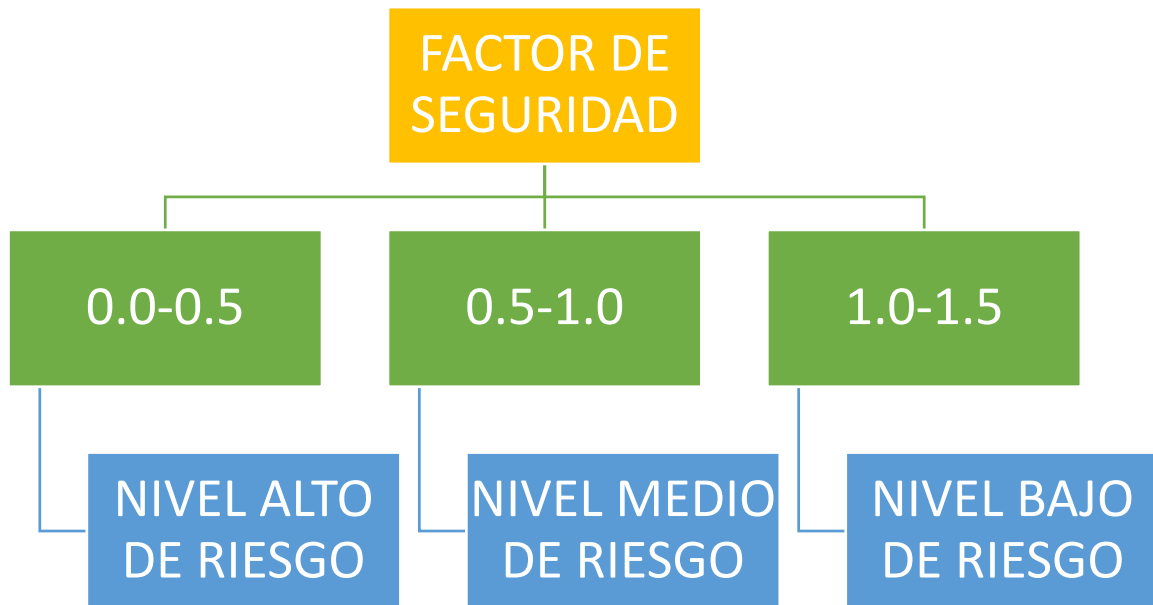
- **PERFIL 1**
 - **Análisis del perfil 1 en la estación seca:** Cuando el sismo se presenta en la estación seca, el factor de seguridad disminuye en un 16.99%.
 - **Análisis del perfil 1 en la estación lluviosa:** Cuando el sismo se presenta en la estación lluviosa, el factor de seguridad disminuye en un 17.21%.

- **PERFIL 2**
 - **Análisis del perfil 2 en la estación seca:** Cuando el sismo se presenta en la estación seca, el factor de seguridad disminuye en un 15.20%.
 - **Análisis del perfil 2 en la estación lluviosa:** Cuando el sismo se presenta en la estación lluviosa, el factor de seguridad disminuye en un 14.39%.

- **PERFIL 3**
 - **Análisis del perfil 3 en la estación seca:** Cuando el sismo se presenta en la estación seca, el factor de seguridad disminuye en un 16.37%.
 - **Análisis del perfil 3 en la estación lluviosa:** Cuando el sismo se presenta en la estación lluviosa, el factor de seguridad disminuye en un 16.41%.

- **PERFIL 4**
 - **Análisis del perfil 4 en la estación seca:** Cuando el sismo se presenta en la estación seca, el factor de seguridad disminuye en un 17.08%.
 - **Análisis del perfil 4 en la estación lluviosa:** Cuando el sismo se presenta en la estación lluviosa, el factor de seguridad disminuye en un 17.31%.

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



4. PROCESO DE CONTRASTE DE HIPÓTESIS

Hipótesis General

Si utilizando Sistemas De Información Geográfica (SIG) evalúa el nivel de riesgo que puede ocasionar el deslizamiento producido en la Zonas Ribereñas de barrio la Libertad, en el distrito de Huayucachi, Huancayo 2017.

Hipótesis Específicas

Si realizar un inventario de deslizamientos mediante trabajos de interpretación de fotografías aéreas de las Zonas Ribereñas utilizando Sistemas De Información Geográfica (SIG) evalúa el nivel de riesgo que puede ocasionar el deslizamiento producido en la Zonas Ribereñas de barrio la Libertad, en el distrito de Huayucachi, Huancayo 2018 .

Si mapas de susceptibilidad de remociones en masa utilizando Sistemas De Información Geográfica (SIG) evalúa el nivel de riesgo que puede ocasionar el deslizamiento producido en la Zonas Ribereñas de barrio la Libertad, en el distrito de Huayucachi, Huancayo 2018

Si modelos de análisis de susceptibilidad a los datos obtenidos en el SIG (ARCVIEW) y hoja de cálculo utilizando Sistemas De Información Geográfica (SIG) evalúa el nivel de riesgo que puede ocasionar el deslizamiento producido en la Zonas Ribereñas de barrio la Libertad, en el distrito de Huayucachi, Huancayo 2018

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

A través del presente trabajo, se logró cumplir con los objetivos planteados al inicio de la investigación, luego de reflexionar sobre la investigación realizada, se concluye que:

El principal generador de inestabilidad en el talud de las Zonas Ribereñas de barrio la Libertad, en el distrito de Huayucachi, es la geotecnia, básicamente la sismicidad de la zona. Este factor disminuye el factor de seguridad en 16.37% en promedio.

El factor geomorfológico determinante, en el deslizamiento del talud en la zona de estudio, se caracteriza por grandes inclinaciones (entre 40° y 41°), superiores al ángulo de reposo del suelo (36°).

Los factores geotécnicos que generan el deslizamiento del talud en las Zonas Ribereñas de barrio la Libertad, en el distrito de Huayucachi, son la poca resistencia al esfuerzo cortante del suelo (cohesión baja) y la sismicidad a la que está expuesta la zona. La sismicidad reduce el factor de seguridad en 16.41% en promedio, cuando el suelo está seco y en 16.33% en promedio, cuando el suelo está húmedo.

Los factores climáticos e hidrológicos que más inciden son el agua y las precipitaciones, aunque en menor escala debido a la alta permeabilidad del suelo, que no admite la generación de presiones de poro. La hidrología reduce el factor de seguridad en un 2.48%, sin la presencia de sismos, cuando se presentan sismos, el agua genera una reducción de 2.39% en el factor de seguridad.

Se ha definido las zonas más estables del talud, alrededor del perfil 03, en las progresivas 7+ 557.9, aprox. a 153.00 metros del inicio del talud. La zona más crítica se presenta cercano al perfil 02, a 189.30 m del inicio del talud (Progresiva 7+594.30).

RECOMENDACIONES

- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.

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] J. A. Mendoza Loayza, "Análisis de Estabilidad de Taludes de Suelos de Gran Altura en la Mina Antapaccay", Lima, 2016.
- [6] C. A. Urteaga Posadas, "Estabilización De Talud Con Sistema Erdox En Taludes De Carreteras", Lima, 2017.
- [7] 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.
- [8] D. J. Suárez, Deslizamientos: Análisis Geotécnico, Bucaramanga, 2009.
- [9] D. J. Suárez, Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales, Colombia, 1998.
- [10] E. A. Gonzales, La estructura de la planta en la estabilidad de suelos, 2002.
- [11] E. A. Pérez de Ágreda, "Estabilidad de Taludes", Catalunya, 2005.
- [12] A. A. Pacheco Zapata, "Estabilización del Talud de la Costa Verde en la Zona del Distrito de San Isidro", Lima, 2006.
- [13] C. A. Urteaga Posadas, "Estabilización de Talud con Sistema Erdox en Taludes de Carreteras", Lima, 2017.

ANEXOS:

	<p>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</p> <p>DENSIDAD DE CAMPO - ASTM D - 1556</p> <p>MÉTODO DEL CONO DE ARENA</p> <p>Elaborado tesis: LIZBETH QUISPALAYA GUTARRA</p>	<p>UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS</p>	
<p>I. DATOS GENERALES</p> <p>01.01.00 Proyecto de Tesis : "ANÁLISIS DE RIESGOS EN DESLIZAMIENTOS DE ZONAS RIBEREÑAS UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA (SIG) DEL BARRIO LIBERTAD, EN EL DISTRITO DE HUAYUCACHI, HUANCAYO"</p>			
<p>II. DESCRIPCIÓN DE LA CALICATA</p> <p>02.01.00 Calicata N° : C-01 02.02.00 Muestra del Estrato N° : 2 02.03.00 Profundidad de la Muestra : 0,66 m 02.04.00 Fecha de Extracción : 15/12/2017 02.05.00 Fecha de Ensayo : 15/12/2017</p>			
<p>III. CÁLCULO DE LA DENSIDAD DE CAMPO</p>			
N°	DATOS		und.
1	peso del recipiente	270,00	G
2	peso del recipiente + suelo húmedo	4902,00	G
3	peso de la arena + frasco	6583,00	G
4	peso de la arena que queda + frasco	1510,00	G
5	peso de la arena en embudo	1860,00	G
6	densidad de la arena	1,39	g/cm ³
7	contenido de humedad de la muestra	13,75	%
RESULTADOS			
8	peso del suelo húmedo	4632,00	G
9	peso del suelo neto	4632,00	G
10	peso neto de la arena empleada	3213,00	G
11	volumen del hueco	2311,51	cm³
12	Densidad natural del suelo natural (γ_m)	2,00	g/cm³
13	Densidad seca del suelo (γ_d)	1,76	g/cm³



**FACULTAD DE INGENIERIA Y
ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
CIVIL**

DENSIDAD DE CAMPO - ASTM D - 1556

MÉTODO DEL CONO DE ARENA

Elaborado tesistas: LIZBETH QUISPALAYA
GUTARRA

**UNIVERSIDA
D ALAS
PERUANAS**

I. DATOS GENERALES

01.01.00 Proyecto de Tesis :
"ANÁLISIS DE RIESGOS EN DESLIZAMIENTOS DE ZONAS RIBEREÑAS UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA (SIG) DEL BARRIO LIBERTAD, EN EL DISTRITO DE HUAYUCACHI, HUANCAYO"

II. DESCRIPCIÓN DE LA CALICATA

02.01.00 Calicata N° : C-02
02.02.00 Muestra del Estrato N° : 2
02.03.00 Profundidad de la Muestra : 0,84 m
02.04.00 Fecha de Extracción : 15/12/2017
02.05.00 Fecha de Ensayo : 15/12/2017

III. CÁLCULO DE LA DENSIDAD DE CAMPO

N°	DATOS		und.
1	peso del recipiente	270,00	G
2	peso del recipiente + suelo húmedo	4823,00	G
3	peso de la arena + frasco	6584,00	G
4	peso de la arena que queda + frasco	1510,00	G
5	peso de la arena en embudo	1860,00	G
6	densidad de la arena	1,39	g/cm ³
7	contenido de humedad de la muestra	9,41	%
RESULTADOS			
8	peso del suelo húmedo	4553,00	G
9	peso del suelo neto	4553,00	G
10	peso neto de la arena empleada	3214,00	G
11	volumen del hueco	2312,23	cm ³
12	Densidad natural del suelo natural (γ_m)	1,97	g/cm ³
13	Densidad seca del suelo (γ_d)	1,80	g/cm ³



FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

DENSIDAD DE CAMPO - ASTM D – 1556

MÉTODO DEL CONO DE ARENA

Elaborado tesistas: LIZBETH QUISPALAYA GUTARRA

**UNIVERSIDAD
ALAS
PERUANAS**

I. DATOS GENERALES

01.01.00 Proyecto de Tesis :
"ANÁLISIS DE RIESGOS EN DESLIZAMIENTOS DE ZONAS RIBEREÑAS UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) DEL BARRIO LIBERTAD, EN EL DISTRITO DE HUAYUCACHI, HUANCAYO"

II. DESCRIPCIÓN DE LA CALICATA

02.01.00 Calicata N° : C-03
02.02.00 Muestra del Estrato N° : 2
02.03.00 Profundidad de la Muestra : 1,60 m
02.04.00 Fecha de Extracción : 15/12/2017
02.05.00 Fecha de Ensayo : 15/12/2017

III. CÁLCULO DE LA DENSIDAD DE CAMPO

N°	DATOS		und.
1	peso del recipiente (g)	270,00	g
2	peso del recipiente + suelo húmedo (g)	4110,00	g
3	peso de la arena + frasco	6585,00	g
4	peso de la arena que queda + frasco	1510,00	g
5	peso de la arena en embudo	1860,00	g
6	densidad de la arena	1,39	g/cm ³
7	contenido de humedad de la muestra	15,03	%
RESULTADOS			
8	peso del suelo húmedo	3840,00	g
9	peso del suelo neto	3840,00	g
10	peso neto de la arena empleada	3215,00	g
11	volumen del hueco	2312,95	cm³
12	Densidad natural del suelo natural (γ_m)	1,66	g/cm³
13	Densidad seca del suelo (γ_d)	1,44	g/cm³

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

DENSIDAD DE CAMPO - ASTM D - 1556

MÉTODO DEL CONO DE ARENA

Elaborado tesistas: LIZBETH QUISPALAYA GUTARRA

UNIVERSIDAD
ALAS
PERUANAS**I. DATOS GENERALES**

01.01.00 Proyecto de Tesis :

"ANÁLISIS DE RIESGOS EN DESLIZAMIENTOS DE ZONAS RIBEREÑAS UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) DEL BARRIO LIBERTAD, EN EL DISTRITO DE HUAYUCACHI, HUANCAYO"

II. DESCRIPCIÓN DE LA CALICATA

02.01.00	Calicata N°	:	C-04
02.02.00	Muestra del Estrato N°	:	1
02.03.00	Profundidad de la Muestra	:	0,73 m
02.04.00	Fecha de Extracción	:	15/12/2017
02.05.00	Fecha de Ensayo	:	15/12/2017

III. CÁLCULO DE LA DENSIDAD DE CAMPO

N°	DATOS		und.
1	peso del recipiente (g)	270,00	G
2	peso del recipiente + suelo húmedo (g)	4510,00	G
3	peso de la arena + frasco	6585,00	G
4	peso de la arena que queda + frasco	1510,00	G
5	peso de la arena en embudo	1860,00	G
6	densidad de la arena	1,39	g/cm ³
7	contenido de humedad de la muestra	18,60	%
RESULTADOS			
8	peso del suelo húmedo	4240,00	G
9	peso del suelo neto	4240,00	G
10	peso neto de la arena empleada	3215,00	G
11	volumen del hueco	2312,95	cm³
12	Densidad natural del suelo natural (γ_m)	1,83	g/cm³
13	Densidad seca del suelo (γ_d)	1,55	g/cm³

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

DENSIDAD DE CAMPO - ASTM D – 1556

MÉTODO DEL CONO DE ARENA

Elaborado por: LIZBETH QUISPALAYA GUTARRA

**UNIVERSIDAD
ALAS
PERUANAS****II. DESCRIPCIÓN DE LA CALICATA**

02.01.00	Calicata N°	:	C-05
02.02.00	Muestra del Estrato N°	:	2
02.03.00	Profundidad de la Muestra	:	1,10 m
02.04.00	Fecha de Extracción	:	15/12/2017
02.05.00	Fecha de Ensayo	:	15/12/2017

III. CÁLCULO DE LA DENSIDAD DE CAMPO

N°	DATOS		und.
1	peso del recipiente	270,00	g
2	peso del recipiente + suelo húmedo	4650,00	g
3	peso de la arena + frasco	6582,00	g
4	peso de la arena que queda + frasco	1510,00	g
5	peso de la arena en embudo	1860,00	g
6	densidad de la arena	1,39	g/cm ³
7	contenido de humedad de la muestra	13,27	%
RESULTADOS			
8	peso del suelo húmedo	4380,00	g
9	peso del suelo neto	4380,00	g
10	peso neto de la arena empleada	3212,00	g
11	volumen del hueco	2310,79	cm³
12	Densidad natural del suelo natural (γ_m)	1,90	g/cm³
13	Densidad seca del suelo (γ_d)	1,67	g/cm³



FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

DENSIDAD DE CAMPO - ASTM D - 1556

MÉTODO DEL CONO DE ARENA

Elaborado tesistas: LIZBETH QUISPALAYA GUTARRA

**UNIVERSIDAD
ALAS
PERUANAS**

I. DATOS GENERALES

01.01.00 Proyecto de Tesis :

"ANÁLISIS DE RIESGOS EN DESLIZAMIENTOS DE ZONAS RIBEREÑAS UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA (SIG) DEL BARRIO LIBERTAD, EN EL DISTRITO DE HUAYUCACHI, HUANCAYO"

II. DESCRIPCIÓN DE LA CALICATA

02.01.00 Calicata N° : C-06
 02.02.00 Muestra del Estrato N° : 2
 02.03.00 Profundidad de la Muestra : 0,86 m
 02.04.00 Fecha de Extracción : 15/12/2017
 02.05.00 Fecha de Ensayo : 15/12/2017

III. CÁLCULO DE LA DENSIDAD DE CAMPO

N°	DATOS		und.
1	peso del recipiente	270,00	G
2	peso del recipiente + suelo húmedo	4220,00	G
3	peso de la arena + frasco	6580,00	G
4	peso de la arena que queda + frasco	1510,00	G
5	peso de la arena en embudo	1860,00	G
6	densidad de la arena	1,39	g/cm ³
7	contenido de humedad de la muestra	18,73	%
RESULTADOS			
8	peso del suelo húmedo	3950,00	G
9	peso del suelo neto	3950,00	G
10	peso neto de la arena empleada	3210,00	G
11	volumen del hueco	2309,35	cm³
12	Densidad natural del suelo natural (γ_m)	1,71	g/cm³
13	Densidad seca del suelo (γ_d)	1,44	g/cm³

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

DENSIDAD DE CAMPO - ASTM D - 1556

MÉTODO DEL CONO DE ARENA

Elaborado tesistas: LIZBETH QUISPIALAYA GUTARRA

**UNIVERSIDAD
ALAS
PERUANAS****I. DATOS GENERALES**

01.01.00 Proyecto de Tesis :

"ANÁLISIS DE RIESGOS EN DESLIZAMIENTOS DE ZONAS RIBEREÑAS UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA (SIG) DEL BARRIO LIBERTAD, EN EL DISTRITO DE HUAYUCACHI, HUANCAYO"

II. DESCRIPCIÓN DE LA CALICATA

02.01.00 Calicata N° : C-07
 02.02.00 Muestra del Estrato N° : 3
 02.03.00 Profundidad de la Muestra : 1,55 m
 02.04.00 Fecha de Extracción : 15/12/2017
 02.05.00 Fecha de Ensayo : 15/12/2017

III. CÁLCULO DE LA DENSIDAD DE CAMPO

N°	DATOS		und.
1	peso del recipiente	270,00	G
2	peso del recipiente + suelo húmedo	6085,00	G
3	peso de la arena + frasco	6585,00	G
4	peso de la arena que queda + frasco	1510,00	G
5	peso de la arena en embudo	1860,00	G
6	densidad de la arena	1,39	g/cm ³
7	contenido de humedad de la muestra	24,16	%
RESULTADOS			
8	peso del suelo húmedo	5815,00	G
9	peso del suelo neto	5815,00	G
10	peso neto de la arena empleada	3215,00	G
11	volumen del hueco	2312,95	cm³
12	Densidad natural del suelo natural (γ_m)	2,51	g/cm³
13	Densidad seca del suelo (γ_d)	2,02	g/cm³

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

DENSIDAD DE CAMPO - ASTM D - 1556

MÉTODO DEL CONO DE ARENA

Elaborado tesis: LIZBETH QUISPALAYA GUTARRA

**UNIVERSIDAD
ALAS
PERUANAS****I. DATOS GENERALES**

01.01.00 Proyecto de Tesis :

"ANÁLISIS DE RIESGOS EN DESLIZAMIENTOS DE ZONAS RIBEREÑAS UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA (SIG) DEL BARRIO LIBERTAD, EN EL DISTRITO DE HUAYUCACHI, HUANCAYO"

II. DESCRIPCIÓN DE LA CALICATA

02.01.00 Calicata N° : C-08
 02.02.00 Muestra del Estrato N° : 1
 02.03.00 Profundidad de la Muestra : 0,80 m
 02.04.00 Fecha de Extracción : 15/12/2017
 02.05.00 Fecha de Ensayo : 15/12/2017

III. CÁLCULO DE LA DENSIDAD DE CAMPO

N°	DATOS		und.
1	peso del recipiente (g)	270,00	G
2	peso del recipiente + suelo húmedo (g)	4848,00	G
3	peso de la arena + frasco	6585,00	G
4	peso de la arena que queda + frasco	1510,00	G
5	peso de la arena en embudo	1860,00	G
6	densidad de la arena	1,39	g/cm ³
7	contenido de humedad de la muestra	9,18	%
RESULTADOS			
8	peso del suelo húmedo	4578,00	G
9	peso del suelo neto	4578,00	G
10	peso neto de la arena empleada	3215,00	G
11	volumen del hueco	2312,95	cm³
12	Densidad natural del suelo natural (γ_m)	1,98	g/cm³
13	Densidad seca del suelo (γ_d)	1,81	g/cm³



FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

DENSIDAD DE CAMPO - ASTM D - 1556

MÉTODO DEL CONO DE ARENA

Elaborado testistas: LIZBETH QUISPALAYA GUTARRA

**UNIVERSIDAD
ALAS
PERUANAS**

I. DATOS GENERALES

01.01.00 Proyecto de Tesis :
"ANÁLISIS DE RIESGOS EN DESLIZAMIENTOS DE ZONAS RIBEREÑAS UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA (SIG) DEL BARRIO LIBERTAD, EN EL DISTRITO DE HUAYUCACHI, HUANCAYO"

II. DESCRIPCIÓN DE LA CALICATA

02.01.00 Calicata N° : C-09
02.02.00 Muestra del Estrato N° : 2
02.03.00 Profundidad de la Muestra : 0,86 m
02.04.00 Fecha de Extracción : 15/12/2017
02.05.00 Fecha de Ensayo : 15/12/2017

III. CÁLCULO DE LA DENSIDAD DE CAMPO

N°	DATOS		und.
1	peso del recipiente	270,00	G
2	peso del recipiente + suelo húmedo	4220,00	G
3	peso de la arena + frasco	6580,00	G
4	peso de la arena que queda + frasco	1510,00	G
5	peso de la arena en embudo	1860,00	G
6	densidad de la arena	1,39	g/cm ³
7	contenido de humedad de la muestra	18,73	%
RESULTADOS			
8	peso del suelo húmedo	3950,00	G
9	peso del suelo neto	3950,00	G
10	peso neto de la arena empleada	3210,00	G
11	volumen del hueco	2309,35	cm³
12	Densidad natural del suelo natural (g_m)	1,71	g/cm³
13	Densidad seca del suelo (g_d)	1,44	g/cm³



FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

DENSIDAD DE CAMPO - ASTM D - 1556

MÉTODO DEL CONO DE ARENA

Elaborado tesistas: LIZBETH QUISPALAYA GUTARRA

**UNIVERSIDAD
ALAS
PERUANAS**

I. DATOS GENERALES

01.01.00 Proyecto de Tesis :
 "ANÁLISIS DE RIESGOS EN DESLIZAMIENTOS DE ZONAS RIBEREÑAS UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) DEL BARRIO LIBERTAD, EN EL DISTRITO DE HUAYUCACHI, HUANCAYO"

II. DESCRIPCIÓN DE LA CALICATA

02.01.00 Calicata N° : C-10
 02.02.00 Muestra del Estrato N° : 2
 02.03.00 Profundidad de la Muestra : 0,84 m
 02.04.00 Fecha de Extracción : 15/12/2017
 02.05.00 Fecha de Ensayo : 15/12/2017

III. CÁLCULO DE LA DENSIDAD DE CAMPO

N°	DATOS		und.
1	peso del recipiente	270,00	g
2	peso del recipiente + suelo húmedo	4823,00	g
3	peso de la arena + frasco	6584,00	g
4	peso de la arena que queda + frasco	1510,00	g
5	peso de la arena en embudo	1860,00	g
6	densidad de la arena	1,39	g/cm ³
7	contenido de humedad de la muestra	9,41	%
RESULTADOS			
8	peso del suelo húmedo	4553,00	g
9	peso del suelo neto	4553,00	g
10	peso neto de la arena empleada	3214,00	g
11	volumen del hueco	2312,23	cm³
12	Densidad natural del suelo natural (γ_m)	1,97	g/cm³
13	Densidad seca del suelo (γ_d)	1,80	g/cm³



FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

DENSIDAD DE CAMPO - ASTM D - 1556

MÉTODO DEL CONO DE ARENA

Elaborado tesis: LIZBETH QUISPALAYA GUTARRA

**UNIVERSIDAD
ALAS
PERUANAS**

I. DATOS GENERALES

01.01.00 Proyecto de Tesis :
"ANÁLISIS DE RIESGOS EN DESLIZAMIENTOS DE ZONAS RIBEREÑAS UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) DEL BARRIO LIBERTAD, EN EL DISTRITO DE HUAYUCACHI, HUANCAYO"

II. DESCRIPCIÓN DE LA CALICATA

02.01.00 Calicata N° : C-11
02.02.00 Muestra del Estrato N° : 2
02.03.00 Profundidad de la Muestra : 0,66 m
02.04.00 Fecha de Extracción : 15/12/2017
02.05.00 Fecha de Ensayo : 15/12/2017

III. CÁLCULO DE LA DENSIDAD DE CAMPO

N°	DATOS		und.
1	peso del recipiente	270,00	g
2	peso del recipiente + suelo húmedo	4902,00	g
3	peso de la arena + frasco	6583,00	g
4	peso de la arena que queda + frasco	1510,00	g
5	peso de la arena en embudo	1860,00	g
6	densidad de la arena	1,39	g/cm ³
7	contenido de humedad de la muestra	13,75	%
RESULTADOS			
8	peso del suelo húmedo	4632,00	g
9	peso del suelo neto	4632,00	g
10	peso neto de la arena empleada	3213,00	g
11	volumen del hueco	2311,51	cm³
12	Densidad natural del suelo natural (γ_m)	2,00	g/cm³
13	Densidad seca del suelo (γ_d)	1,76	g/cm³



FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

DENSIDAD DE CAMPO - ASTM D - 1556

MÉTODO DEL CONO DE ARENA

Elaborado tesistas: LIZBETH QUISPALAYA GUTARRA

**UNIVERSIDAD
ALAS
PERUANAS**

II. DESCRIPCIÓN DE LA CALICATA

02.01.00 Calicata N° : C-12
 02.02.00 Muestra del Estrato N° : 2
 02.03.00 Profundidad de la Muestra : 1,10 m
 02.04.00 Fecha de Extracción : 15/12/2017
 02.05.00 Fecha de Ensayo : 15/12/2017

III. CÁLCULO DE LA DENSIDAD DE CAMPO

N°	DATOS		und.
1	peso del recipiente	270,00	G
2	peso del recipiente + suelo húmedo	4650,00	G
3	peso de la arena + frasco	6582,00	G
4	peso de la arena que queda + frasco	1510,00	G
5	peso de la arena en embudo	1860,00	G
6	densidad de la arena	1,39	g/cm ³
7	contenido de humedad de la muestra	13,27	%
RESULTADOS			
8	peso del suelo húmedo	4380,00	G
9	peso del suelo neto	4380,00	G
10	peso neto de la arena empleada	3212,00	G
11	volumen del hueco	2310,79	cm³
12	Densidad natural del suelo natural (γ_m)	1,90	g/cm³
13	Densidad seca del suelo (γ_d)	1,67	g/cm³



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
 METODO MECÁNICO**

Elaborado por: LIZBETH QUISPALAYA GUTARRA

I. DATOS GENERALES

01.01.00 Proyecto de Tesis :
 "ANÁLISIS DE RIESGOS EN DESLIZAMIENTOS DE ZONAS RIBEREÑAS UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) DEL BARRIO LIBERTAD, EN EL DISTRITO DE HUAYUCACHI, HUANCAYO"

II. DESCRIPCIÓN DE LA CALICATA

02.01.00 Calicata N° : C-01
 02.02.00 Muestra del Estrato N° : 2
 02.03.00 Profundidad de la Muestra : 0,66 m
 02.04.00 Fecha de Extracción : 15/12/2017
 02.05.00 Fecha de Ensayo : 19/12/2017

III. ANÁLISIS POR TAMIZADO

03.01.00 Peso de la muestra seca + recipiente (g) = 4179,00
 03.02.00 Peso del recipiente (g) = 412,00
 03.03.00 Peso de la muestra seca, Ws (g) = 3767,00
 03.04.00 Peso de la muestra seca después del lavado (g) = 2941
 03.05.00 Peso del suelo seco perdido por el lavado (g) = 826,00

Tamiz N°	Diam (mm)	Peso Retenido (g)	Peso Retenido Corregido (g)	% Parcial Retenido	% Acumulado	
					% Retenido	% Pasante
2 1/2"	63,500	0,00	0	0,00	0,00	100,00
2"	50,800	0,00	0	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	38,100	147,10	147,1	3,90	3,90	96,10
1"	25,400	384,30	384,30	10,20	14,11	85,89
3/4"	19,050	307,90	307,9	8,17	22,28	77,72
1/2"	12,700	491,60	500,00	13,27	35,55	64,45
3/8"	9,525	175,30	175,3	4,65	40,21	59,79
1/4"	6,350	292,20	292,2	7,76	47,96	52,04
N° 4	4,750	183,60	183,6	4,87	52,84	47,16
N° 10	2,000	426,00	426	11,31	64,15	35,85
N° 20	0,853	224,30	224,3	5,95	70,10	29,90
N° 30	0,590	89,30	89,3	2,37	72,47	27,53
N° 40	0,420	50,50	50,5	1,34	73,81	26,19
N° 60	0,250	70,70	70,7	1,88	75,69	24,31
N° 100	0,149	58,90	58,9	1,56	77,25	22,75
N° 200	0,074	29,40	29,4	0,78	78,03	21,97
fondo		1,50	827,50	21,97	100,00	0,00
TOTAL		2932,60	3767	100,00		

MATERIAL	PORCENTAJES	
GRAVA	52,84	%
ARENA	25,20	%
FINOS	21,97	%
	100,0	%

Observaciones:

error (g) = 8.4
 % error = 0,285617137 ¡OK!

Coefficiente de Uniformidad (Cu)

$$CU = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

Coefficiente de curvatura (Cc)

$$CC = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}}$$

Cu menor a 3 se consideran muy uniformes

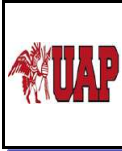
Cc entre 1 y 3 en suelos bien graduados, es decir con un amplio margen de tamaños de partículas y cantidades apreciables de cada tamaño intermedio

Datos:

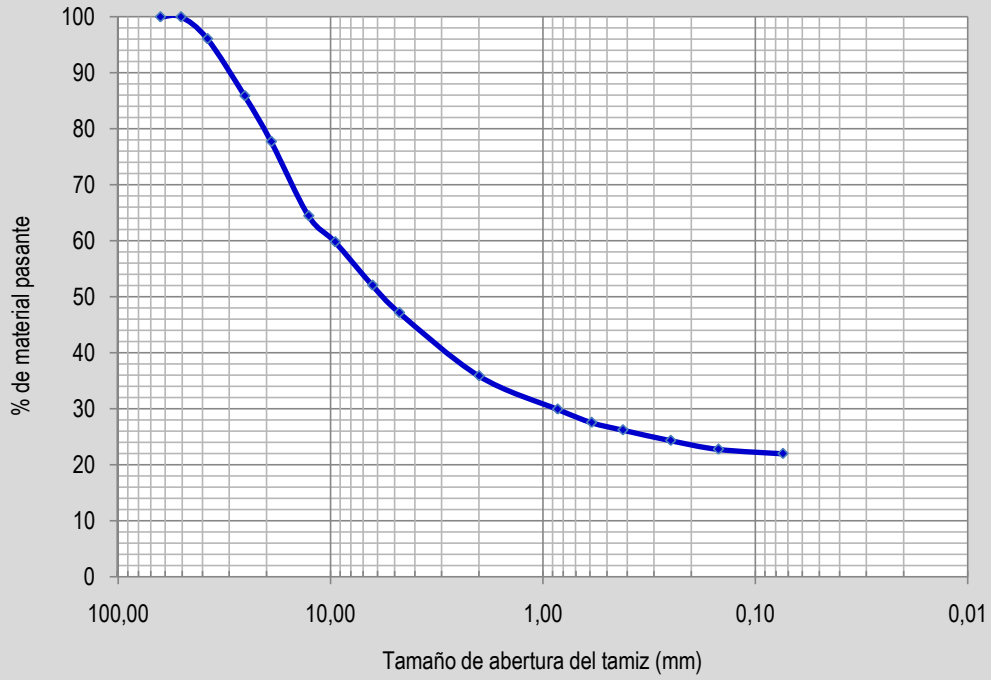
D60 =	9,67	D30 =	0,87	D10 =	0,00
-------	------	-------	------	-------	------

CU =

CC =



**GRÁFICA - GRANULOMETRIA
TAMIZADO**





I. DATOS GENERALES

01.01.00 Proyecto de Tesis :

"ANÁLISIS DE RIESGOS EN DESLIZAMIENTOS DE ZONAS RIBEREÑAS UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA (SIG) DEL BARRIO LIBERTAD, EN EL DISTRITO DE HUAYUCACHI, HUANCAYO"

II. DESCRIPCIÓN DE LA CALICATA

02.01.00 Calicata N° : C-03
 02.02.00 Muestra del Estrato N° : 2
 02.03.00 Profundidad de la Muestra : 0,84 m
 02.04.00 Fecha de Extracción : 15/12/2017
 02.05.00 Fecha de Ensayo : 19/12/2017

III. ANÁLISIS POR TAMIZADO

03.01.00 Peso de la muestra seca + recipiente (g) = 2964,00
 03.02.00 Peso del recipiente (g) = 0,00
 03.03.00 Peso de la muestra seca, Ws (g) = 2964,00
 03.04.00 Peso de la muestra seca después del lavado (g) = 2714,44
 03.05.00 Peso del suelo seco perdido por el lavado (g) = 249,56

Tamiz N°	Diam (mm)	Peso Retenido (g)	Peso Retenido Corregido (g)	% Parcial Retenido	% Acumulado	
					% Retenido	% Pasante
2 1/2"	63,50	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
2"	50,80	23,10	23,10	0,78	0,78	99,22
1 1/2"	38,10	350,34	351,91	11,87	12,65	87,35
1"	25,40	267,65	267,65	9,03	21,68	78,32
3/4"	19,05	165,10	165,10	5,57	27,25	72,75
1/2"	12,70	322,80	322,80	10,89	38,14	61,86
3/8"	9,53	190,56	190,56	6,43	44,57	55,43
1/4"	6,35	276,60	276,60	9,33	53,90	46,10
N° 4	4,75	320,93	320,93	10,83	64,73	35,27
N° 10	2,36	291,19	291,19	9,82	74,56	25,44
N° 20	1,18	169,71	169,71	5,73	80,28	19,72
N° 30	0,59	47,62	47,62	1,61	81,89	18,11
N° 40	0,42	71,38	71,38	2,41	84,30	15,70
N° 60	0,295	73,86	73,86	2,49	86,79	13,21
N° 100	0,149	68,43	68,43	2,31	89,10	10,90
N° 200	0,074	69,07	69,07	2,33	91,43	8,57
fondo		4,53	254,09	8,57	100,00	0,00
TOTAL		2712,87	2964,00	100,00		

MATERIAL	PORCENTAJES	
GRAVA	64,73	%
ARENA	26,70	%
FINOS	8,57	%
	100,0	%

Observaciones:

error (g) = 1.57

% error= 0,05 OK!

Coefficiente de Uniformidad $CU = \frac{D_{60}}{D_{10}}$

Coefficiente de Gradación $CC = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}}$ (Cc)

Cu menor a 3 se consideran muy uniformes

Cc entre 1 y 3 en suelos bien graduados, es decir con un amplio margen de tamaños de partículas y cantidades

Datos:

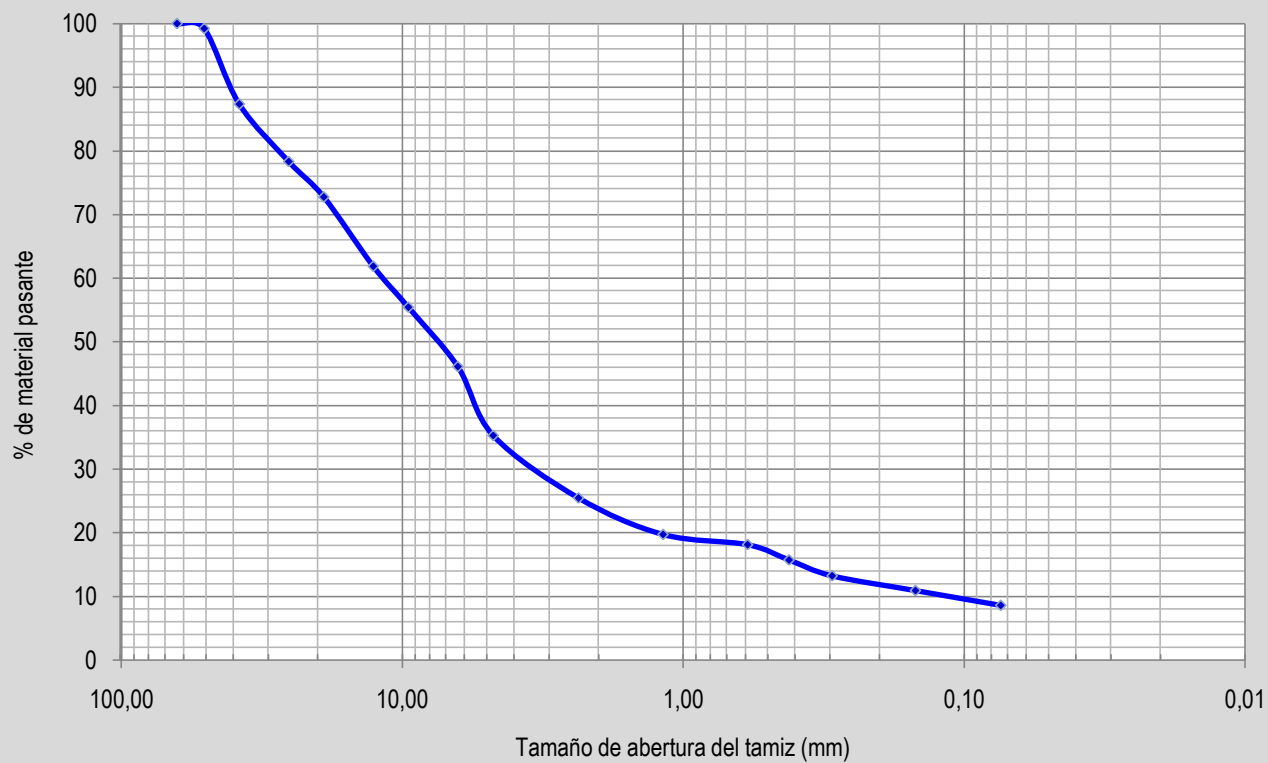
D60 =	11,78	D30 =	3,47	D10 =	0,12
-------	-------	-------	------	-------	------

CU = 98,17

CC = 8,52



**GRÁFICA - GRANULOMETRIA
TAMIZADO**



I. DATOS GENERALES

01.01.00 Proyecto de Tesis :
 "ANÁLISIS DE RIESGOS EN DESLIZAMIENTOS DE ZONAS RIBEREÑAS UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA (SIG) DEL BARRIO LIBERTAD, EN EL DISTRITO DE HUAYUCACHI, HUANCAYO"

II. DESCRIPCIÓN DE LA CALICATA

02.01.00 Calicata N° : C-04
 02.02.00 Muestra del Estrato N° : 2
 02.03.00 Profundidad de la Muestra : 1,60 m
 02.04.00 Fecha de Extracción : 15/12/2017
 02.05.00 Fecha de Ensayo : 19/12/2017

III. ANÁLISIS POR TAMIZADO

03.01.00 Peso de la muestra seca + recipiente (g) = 1353,00
 03.02.00 Peso del recipiente (g) = 0,00
 03.03.00 Peso de la muestra seca, Ws (g) = 1353,00
 03.04.00 Peso de la muestra seca después del lavado (g) = 643,63
 03.05.00 Peso del suelo seco perdido por el lavado (g) = 709,37

Tamiz N°	Diam (mm)	Peso Retenido (g)	Peso Retenido Corregido (g)	% Parcial Retenido	% Acumulado	
					% Retenido	% Pasante
2 1/2"	63,500	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
2"	50,800	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	38,100	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,400	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,050	29,070	29,07	2,15	2,15	97,85
1/2"	12,700	38,560	38,56	2,85	5,00	95,00
3/8"	9,525	32,300	32,30	2,39	7,39	92,61
1/4"	6,350	46,640	46,64	3,45	10,83	89,17
N° 4	4,750	50,860	50,86	3,76	14,59	85,41
N° 10	2,000	51,840	51,84	3,83	18,42	81,58
N° 20	0,853	56,790	56,79	4,20	22,62	77,38
N° 30	0,590	30,130	30,13	2,23	24,85	75,15
N° 40	0,420	59,260	59,26	4,38	29,23	70,77
N° 60	0,250	88,400	88,40	6,53	35,76	64,24
N° 100	0,149	100,890	100,63	7,44	43,20	56,80
N° 200	0,074	54,080	54,08	4,00	47,20	52,80
fondo		5,07	714,44	52,80	100,00	0,00
TOTAL		643,89	1353	100,00		

MATERIAL	PORCENTAJES	
GRAVA	14,59	%
ARENA	32,60	%
FINOS	52,80	%
	100,0	%

Observaciones:

error (g) = -0.26

% error=

Coeficiente de Uniformidad $CU = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ > 1

Coeficiente de Gradación $CC = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}}$ (Cc)

Cu menor a 3 se consideran muy uniformes

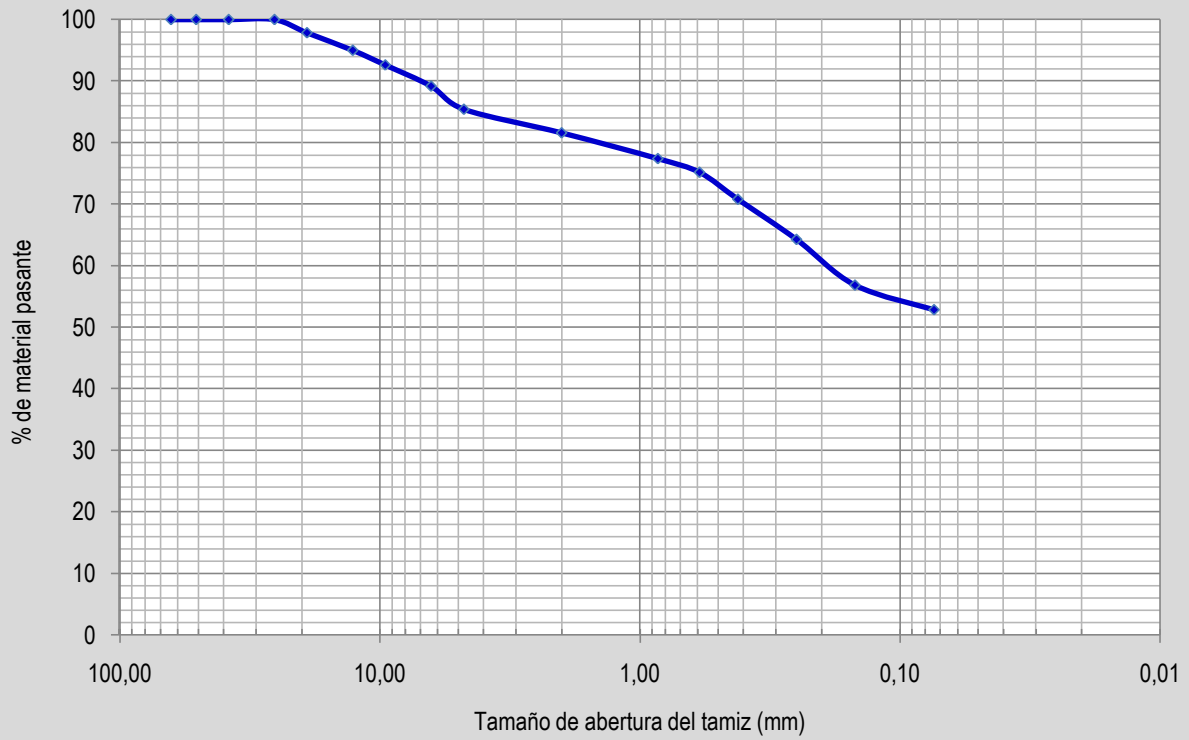
Cc entre 1 y 3 en suelos bien graduados , es decir con un amplio margen de tamaños de partículas y cantidades

Datos:

D60 = 0,19	D30 =	D10 =
CU =	CC =	



**GRÁFICA - GRANULOMETRIA
TAMIZADO**



I. DATOS GENERALES

01.01.00 Proyecto de Tesis :
 "ANÁLISIS DE RIESGOS EN DESLIZAMIENTOS DE ZONAS RIBEREÑAS UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) DEL BARRIO LIBERTAD, EN EL DISTRITO DE HUAYUCACHI, HUANCAYO"

II. DESCRIPCIÓN DE LA CALICATA

02.01.00 Calicata N° : C-05
 02.02.00 Muestra del Estrato N° : 1
 02.03.00 Profundidad de la Muestra : 0,73 m
 02.04.00 Fecha de Extracción : 15/12/2017
 02.05.00 Fecha de Ensayo : 19/12/2017

III. ANÁLISIS POR TAMIZADO

03.01.00 Peso de la muestra seca + recipiente (g) = 1200,00
 03.02.00 Peso del recipiente (g) = 0,00
 03.03.00 Peso de la muestra seca, Ws (g) = 1200,00
 03.04.00 Peso de la muestra seca después del lavado (g) = 694,67
 03.05.00 Peso del suelo seco perdido por el lavado (g) = 505,33

Tamiz N°	Diam (mm)	Peso Retenido (g)	Peso Retenido Corregido (g)	% Parcial Retenido	% Acumulado	
					% Retenido	% Pasante
2 1/2"	63,50	0	0	0,00	0,00	100,00
2"	50,80	0	0	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	38,10	0	0	0,00	0,00	100,00
1"	25,40	0	0	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,05	0	0	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,70	20,03	20,03	1,67	1,67	98,33
3/8"	9,53	48,66	48,66	4,06	5,72	94,28
1/4"	6,35	70,35	70,35	5,86	11,59	88,41
N° 4	4,75	81,52	81,52	6,79	18,38	81,62
N° 10	2,36	109,04	109,19	9,10	27,48	72,52
N° 20	1,18	77,17	77,17	6,43	33,91	66,09
N° 30	0,59	24,76	24,76	2,06	35,97	64,03
N° 40	0,42	45,78	45,78	3,82	39,79	60,21
N° 60	0,295	56,15	56,15	4,68	44,47	55,53
N° 100	0,149	85,42	85,42	7,12	51,59	48,41
N° 200	0,074	73,61	73,61	6,13	57,72	42,28
fondo		2,03	507,36	42,28	100,00	0,00
TOTAL		694,52	1200	100,00		

MATERIAL	PORCENTAJES	
GRAVA	18,38	%
ARENA	39,34	%
FINOS	42,28	%
	100,0	%

Observaciones:

error (g) = 0.15

% error=

$$CU = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

¡Ok!

$$CC = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}}$$

Coefficiente de Uniformidad (Cu)
Coefficiente de curvatura (Cc)

Cu menor a 3 se consideran muy uniformes

Cc entre 1 y 3 en suelos bien graduados, es decir con un amplio margen de tamaños de partículas y cantidades apreciables de

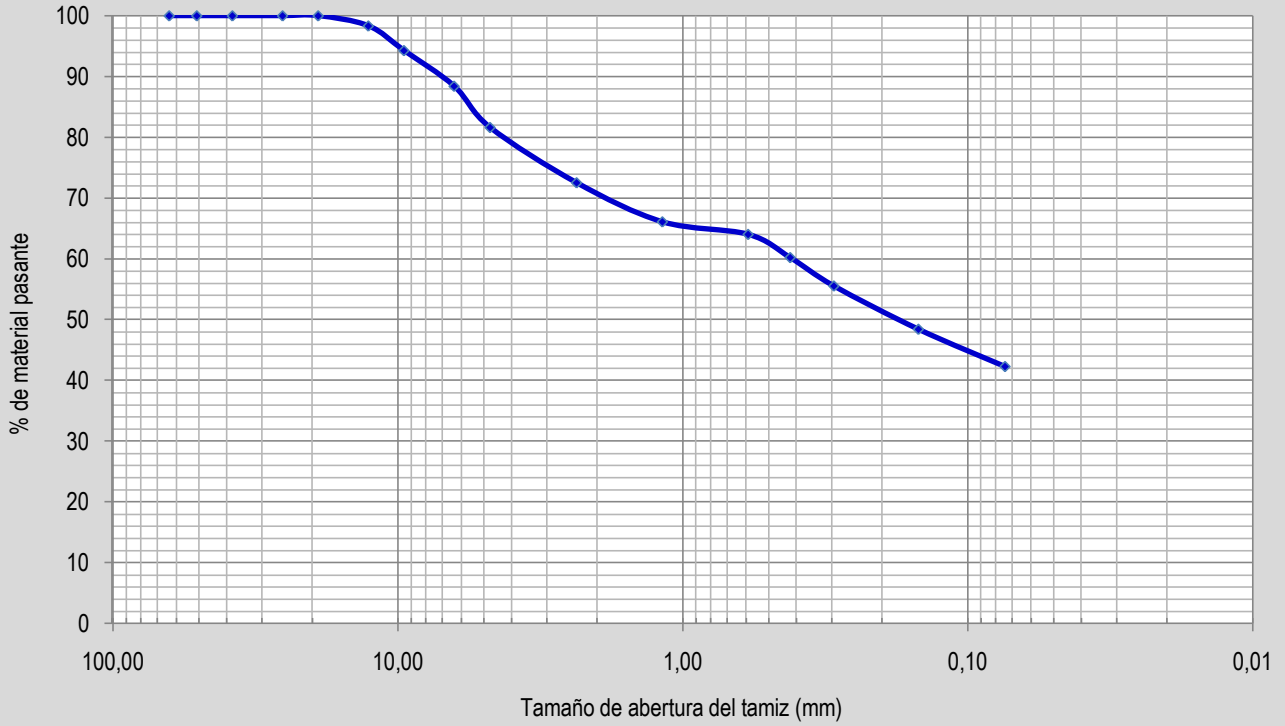
Datos:

D60 = 0,41	D30 =	D10 =
------------	-------	-------

CU =	CC =
------	------



**GRÁFICA - GRANULOMETRIA
TAMIZADO**



I. DATOS GENERALES

01.01.00 Proyecto de Tesis :
 "ANÁLISIS DE RIESGOS EN DESLIZAMIENTOS DE ZONAS RIBEREÑAS UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA (SIG) DEL BARRIO LIBERTAD, EN EL DISTRITO DE HUAYUCACHI, HUANCAYO"

II. DESCRIPCIÓN DE LA CALICATA

02.01.00 Calicata N° : C-06
 02.02.00 Muestra del Estrato N° : 2
 02.03.00 Profundidad de la Muestra : 1,10 m
 02.04.00 Fecha de Extracción : 15/12/2017
 02.05.00 Fecha de Ensayo : 19/12/2017

III. ANÁLISIS POR TAMIZADO

03.01.00 Peso de la muestra seca + recipiente (g) = 1342,00
 03.02.00 Peso del recipiente (g) = 0,00
 03.03.00 Peso de la muestra seca, Ws (g) = 1342,00
 03.04.00 Peso de la muestra seca después del lavado (g) = 867,94
 03.05.00 Peso del suelo seco perdido por el lavado (g) = 474,06

Tamiz N°	Diam (mm)	Peso Retenido (g)	Peso Retenido Corregido (g)	% Parcial Retenido	% Acumulado	
					% Retenido	% Pasante
2 1/2"	63,500	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
2"	50,800	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	38,100	97,66	97,66	7,28	7,28	92,72
1"	25,400	154,53	153,26	11,42	18,70	81,30
3/4"	19,050	80,22	80,22	5,98	24,68	75,32
1/2"	12,700	58,02	58,02	4,32	29,00	71,00
3/8"	9,525	44,37	44,37	3,31	32,30	67,70
1/4"	6,350	65,64	65,64	4,89	37,20	62,80
N° 4	4,750	76,59	76,59	5,71	42,90	57,10
N° 10	2,000	90,51	90,51	6,74	49,65	50,35
N° 20	0,853	53,77	53,77	4,01	53,65	46,35
N° 30	0,590	14,42	14,42	1,07	54,73	45,27
N° 40	0,420	22,65	22,65	1,69	56,42	43,58
N° 60	0,250	26,78	26,78	2,00	58,41	41,59
N° 100	0,149	41,27	41,27	3,08	61,49	38,51
N° 200	0,074	41,84	41,84	3,12	64,61	35,39
fondo		0,94	475,00	35,39	100,00	0,00
TOTAL		869,21	1342	100,00		

MATERIAL	PORCENTAJES	
GRAVA	42,90	%
ARENA	21,70	%
FINOS	35,39	%
	100,0	%

Observaciones:

error (g) = -1.27

% error= -0,146323479

¡Ok!

Coefficiente de Uniformidad $CU = \frac{D_{60}}{D_{10}}$

Coefficiente de Gradación $CC = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}}$ (Cc)

Cu menor a 3 se consideran muy uniformes

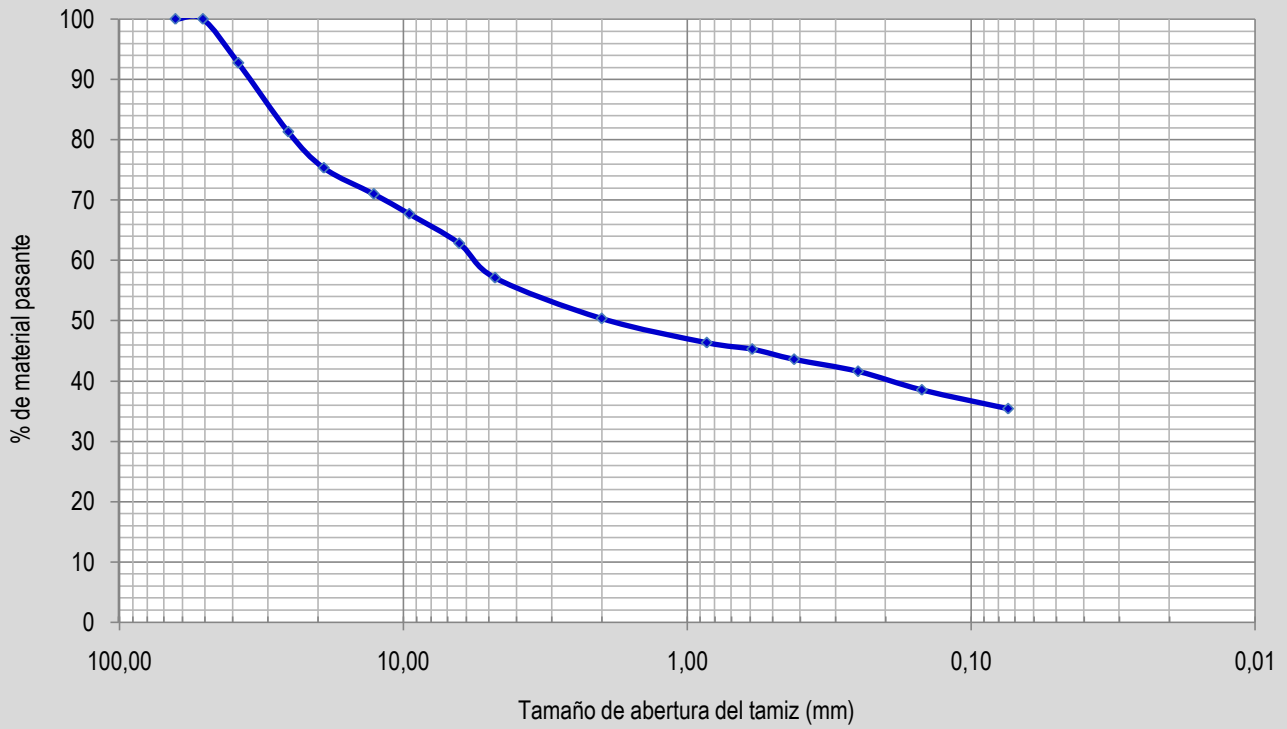
Cc entre 1 y 3 en suelos bien graduados, es decir con un amplio margen de tamaños de partículas y cantidades apreciables de

Datos:

D60 = 5,54	D30 =	D10 =
CU =	CC =	



**GRÁFICA - GRANULOMETRIA
TAMIZADO**





**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
METODO MECÁNICO**

Elaborado testistas: LIZBETH QUISPALAYA GUTARRA

I. DATOS GENERALES

01.01.00 Proyecto de Tesis :
"ANÁLISIS DE RIESGOS EN DESLIZAMIENTOS DE ZONAS RIBEREÑAS UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA (SIG) DEL BARRIO LIBERTAD, EN EL DISTRITO DE HUAYUCACHI, HUANCAYO"

02.01.00 Calicata N° : C-07
02.02.00 Muestra del Estrato N° : 2
02.03.00 Profundidad de la Muestra : 0,86 m
02.04.00 Fecha de Extracción : 15/12/2017
02.05.00 Fecha de Ensayo : 19/12/2017

III. ANÁLISIS POR TAMIZADO

03.01.00 Peso de la muestra seca + recipiente (g) = 861,00
03.02.00 Peso del recipiente (g) = 303,00
03.03.00 Peso de la muestra seca, Ws (g) = 558,00
03.04.00 Peso de la muestra seca después del lavado (g) = 101,00
03.05.00 Peso del suelo seco perdido por el lavado (g) = 457,00

Tamiz N°	Diam (mm)	Peso Retenido (g)	Peso Retenido Corregido (g)	% Parcial Retenido	% Acumulado	
					% Retenido	% Pasante
3"	7,620	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
2 1/2"	63,500	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
2"	50,800	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	38,100	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,400	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,050	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,700	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,525	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
1/4"	6,350	0,90	0,90	0,16	0,16	99,84
N° 4	4,750	1,60	1,60	0,29	0,45	99,55
N° 10	2,000	6,90	6,90	1,24	1,68	98,32
N° 20	0,853	8,70	8,70	1,56	3,24	96,76
N° 30	0,590	8,60	8,60	1,54	4,78	95,22
N° 40	0,420	6,90	6,90	1,24	6,02	93,98
N° 60	0,250	15,10	15,10	2,71	8,73	91,27
N° 100	0,149	30,40	31,30	5,61	14,34	85,66
N° 200	0,074	20,50	20,50	3,67	18,01	81,99
fondo		0,50	457,50	81,99	100,00	0,00
TOTAL		100,10	558	100,00		

MATERIAL	PORCENTAJES	
GRAVA	0,45	%
ARENA	17,56	%
FINOS	81,99	%
	100,0	%

Observaciones:

error (g) = 0.9

% error= 0,89108911 :Ok!

Coefficiente de Uniformidad $CU = \frac{D_{60}}{D_{10}}$

Coefficiente $CC = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}}$ (Cc)

Cu menor a 3 se consideran muy uniformes

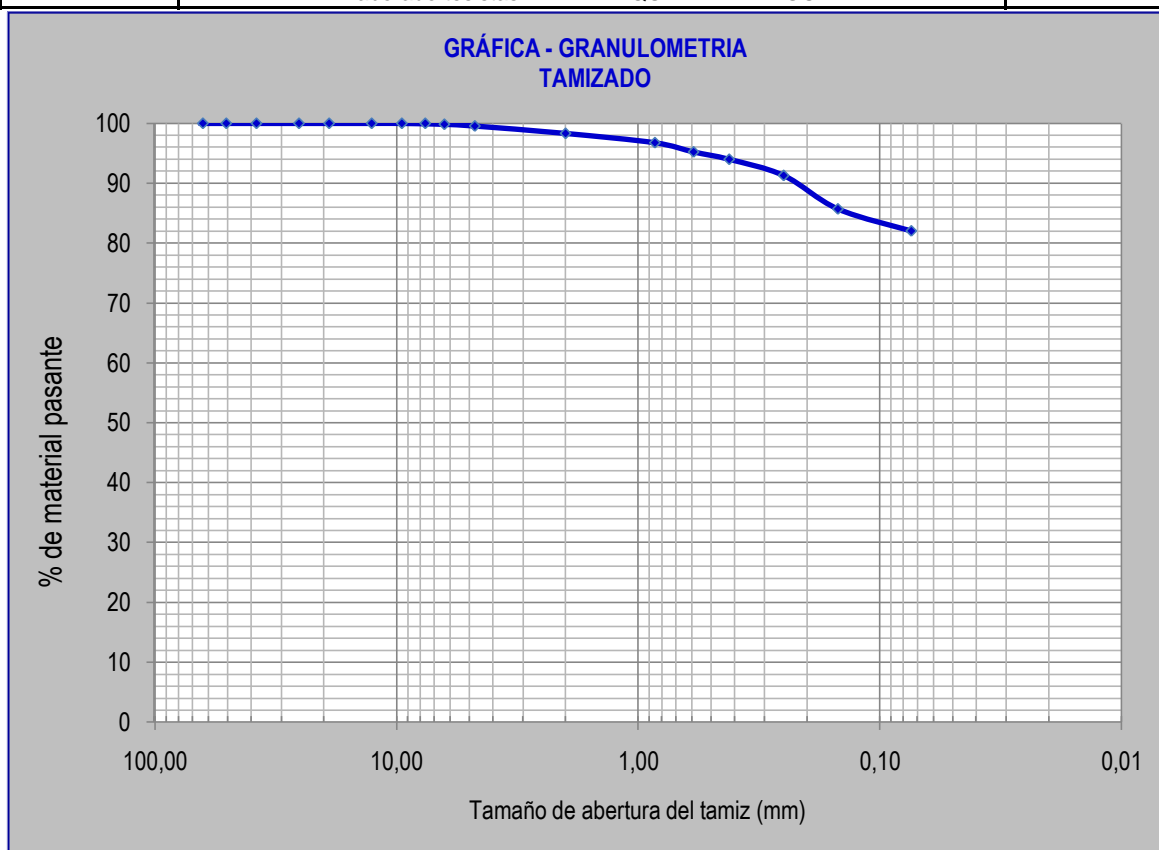
Cc entre 1 y 3 en suelos bien graduados , es decir con un amplio margen de tamaños de partículas y cantidades apreciables de cada tamaño intermedio

Datos:

D60 = _____ D30 = _____ D10 = _____

CU = _____

CC = _____



I. DATOS GENERALES

01.01.00 Proyecto de Tesis :
 "ANÁLISIS DE RIESGOS EN DESLIZAMIENTOS DE ZONAS RIBEREÑAS UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA (SIG) DEL BARRIO LIBERTAD, EN EL DISTRITO DE HUAYUCACHI, HUANCAYO"

02.01.00 Calicata N° : C-07
 02.02.00 Muestra del Estrato N° : 3
 02.03.00 Profundidad de la Muestra : 1,55 m
 02.04.00 Fecha de Extracción : 15/12/2017
 02.05.00 Fecha de Ensayo : 19/12/2017

III. ANÁLISIS POR TAMIZADO

03.01.00 Peso de la muestra seca + recipiente (g) = 1676,00
 03.02.00 Peso del recipiente (g) = 481,00
 03.03.00 Peso de la muestra seca, Ws (g) = 1195,00
 03.04.00 Peso de la muestra seca después del lavado (g) = 612
 03.05.00 Peso del suelo seco perdido por el lavado (g) = 583,00

Tamiz N°	Diam (mm)	Peso Retenido (g)	Peso Retenido Corregido (g)	% Parcial Retenido	% Acumulado	
					% Retenido	% Pasante
2 1/2"	63,500	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
2"	50,800	204,50	204,50	17,11	17,11	82,89
1 1/2"	38,100	0,00	0,00	0,00	17,11	82,89
1"	25,400	93,30	93,30	7,81	24,92	75,08
3/4"	19,050	17,70	17,70	1,48	26,40	73,60
1/2"	12,700	45,80	45,80	3,83	30,23	69,77
3/8"	9,525	23,30	23,30	1,95	32,18	67,82
1/4"	6,350	28,50	28,50	2,38	34,57	65,43
N° 4	4,750	22,00	22,00	1,84	36,41	63,59
N° 10	2,000	50,10	50,10	4,19	40,60	59,40
N° 20	0,853	33,90	33,90	2,84	43,44	56,56
N° 30	0,590	16,80	16,80	1,41	44,85	55,15
N° 40	0,420	10,20	10,20	0,85	45,70	54,30
N° 60	0,250	16,00	16,00	1,34	47,04	52,96
N° 100	0,149	24,10	24,10	2,02	49,05	50,95
N° 200	0,074	25,40	25,40	2,13	51,18	48,82
fondo		0,40	583,40	48,82	100,00	0,00
TOTAL		612,00	1195	100,00		

MATERIAL	PORCENTAJES
GRAVA	36,41 %
ARENA	14,77 %
FINOS	48,82 %
	100,0 %

Observaciones:

error (g) = 0
 % error = 0 ¡Ok!

$$CU = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

Coefficiente de Uniformidad (Cu)

$$CC = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}}$$

Coefficiente de Curvatura (Cc)

Cu menor a 3 se consideran muy uniformes

Cc entre 1 y 3 en suelos bien graduados , es decir con un amplio margen de tamaños de partículas y cantidades apreciables

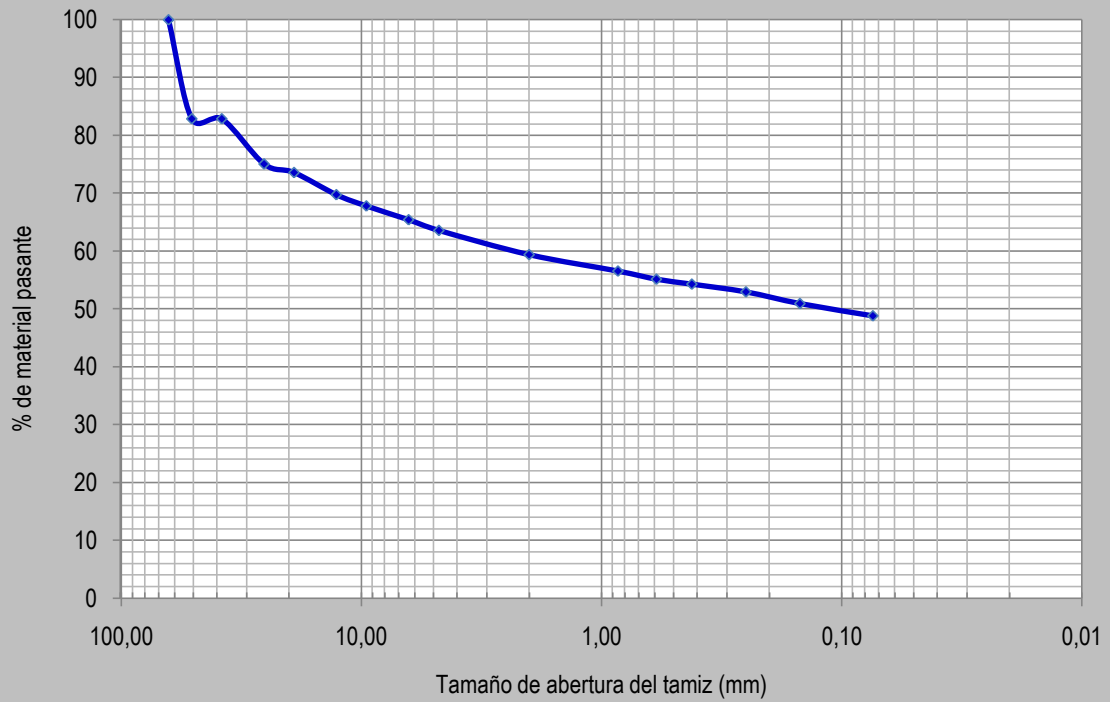
Datos:

D60 = 2,40	D30 =	D10 =
------------	-------	-------

CU =
CC =



**GRÁFICA - GRANULOMETRIA
TAMIZADO**





I. DATOS GENERALES

01.01.00 Proyecto de Tesis :
 "ANÁLISIS DE RIESGOS EN DESLIZAMIENTOS DE ZONAS RIBEREÑAS UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) DEL BARRIO LIBERTAD, EN EL DISTRITO DE HUAYUCACHI, HUANCAYO"

II. DESCRIPCIÓN DE LA CALICATA

02.01.00 Calicata Nº = C-08
 02.02.00 Muestra del Estrato Nº = 2
 02.03.00 Profundidad de la Muestra = 0,80 m
 02.04.00 Fecha de Extracción = 13/12/2017
 02.05.00 Fecha de Ensayo = 19/12/2017

III. ANÁLISIS POR TAMIZADO

03.01.00 Peso de la muestra seca + recipiente (g) 5453,00
 03.02.00 Peso del recipiente (g) 501,00
 03.03.00 Peso de la muestra seca, Ws (g) 4952,00
 03.04.00 Peso de la muestra seca después del lavado (g) 4541,00
 03.05.00 Peso del suelo seco perdido por el lavado (g) 411,00

Tamiz Nº	Diam (mm)	Peso Retenido (g)	Peso Retenido Corregido (g)	% Parcial Retenido	% Acumulado	
					% Retenido	% Pasante
3"	76,200	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
2 1/2"	63,500	344,60	344,60	6,96	6,96	93,04
2"	50,800	0,00	0,00	0,00	6,96	93,04
1 1/2"	38,100	343,40	343,40	6,93	13,89	86,11
1"	25,400	1082,40	1086,70	21,94	35,84	64,16
3/4"	19,050	551,70	551,70	11,14	46,98	53,02
1/2"	12,700	614,70	614,70	12,41	59,39	40,61
3/8"	9,525	325,10	325,10	6,57	65,96	34,04
1/4"	6,350	344,80	344,80	6,96	72,92	27,08
Nº 4	4,750	166,90	166,90	3,37	76,29	23,71
Nº 8	2,360	286,00	286,00	5,78	82,07	17,93
Nº 16	1,180	197,50	197,50	3,99	86,05	13,95
Nº 30	0,590	109,60	109,60	2,21	88,27	11,73
Nº 40	0,420	38,50	38,50	0,78	89,04	10,96
Nº 50	0,295	22,80	22,80	0,46	89,51	10,49
Nº 100	0,149	71,70	71,70	1,45	90,95	9,05
Nº 200	0,074	35,00	35,00	0,71	91,66	8,34
fondo		2	413,00	8,34	100,00	0,00
TOTAL		4536,7	4952	100,00		

MATERIAL	PORCENTAJES	
GRAVA	76,29	%
ARENA	15,37	%
FINOS	8,34	%
	100,0	%

Observaciones:

error (g) = 4.3

% error=

$$0, \quad CU = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad \text{¡OK!}$$

Coefficiente de Uniformidad (Cu)

$$CC = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}}$$

Coefficiente de curvatura (Cc)

Cu menor a 3 se consideran muy uniformes

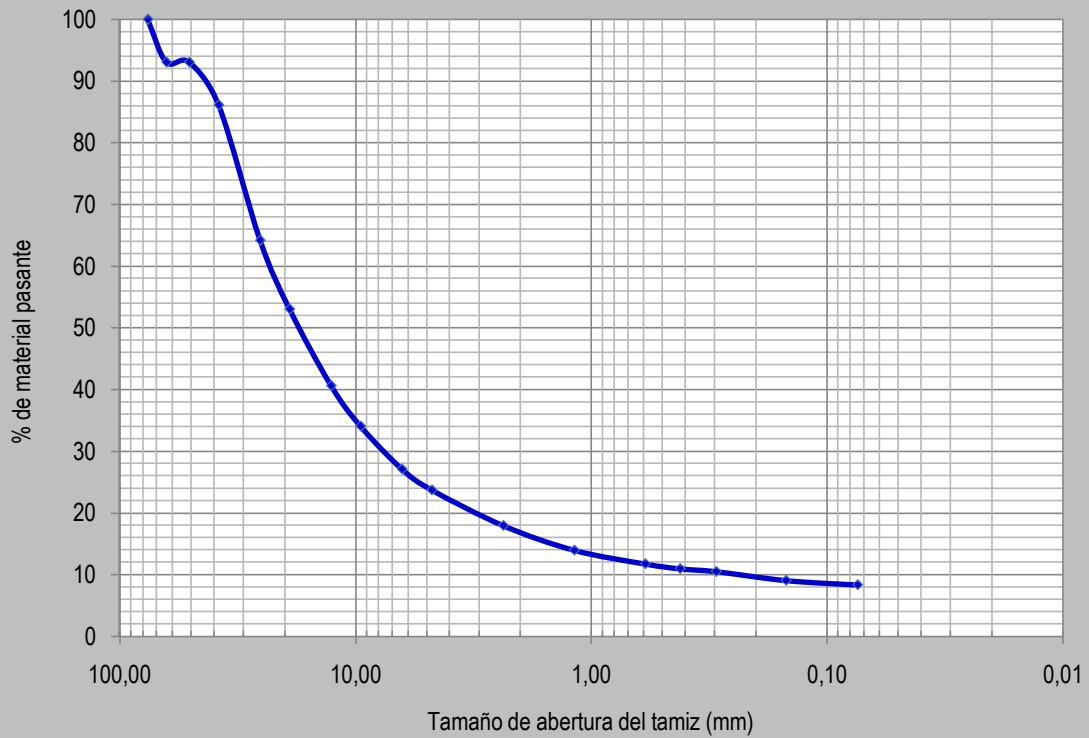
Cc entre 1 y 3 en suelos bien graduados, es decir con un amplio margen de tamaños de partículas y cantidades apreciables de cada tamaño intermedio

Datos:

D60 =	23,03	D30 =	7,68	D10 =	0,25
CU =	93,87	CC =	10,45		



**GRÁFICA - GRANULOMETRIA
TAMIZADO**





FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

LÍMITES DE ATTERBERG

LÍMITE LÍQUIDO (LL) y LÍMITE PLÁSTICO (LP)

Elaborado testistas: LIZBETH QUISPALAYA GUTARRA

UNIVERSIDAD
ALAS PERUANAS

I. DATOS GENERALES

01.01.00 Proyecto de Tesis :
"ANÁLISIS DE RIESGOS EN DESLIZAMIENTOS DE ZONAS RIBEREÑAS UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) DEL BARRIO LIBERTAD, EN EL DISTRITO DE HUAYUCACHI, HUANCAYO"

II. DESCRIPCIÓN DE LA CALICATA

02.01.00 Calicata N° : C-01
02.02.00 Muestra del Estrato N° : 2
02.03.00 Profundidad de la Muestra : 0,66 m
02.04.00 Fecha de Extracción : 13/12/2017
02.05.00 Fecha de Ensayo : 19/12/2017

III. DATOS DE LABORATORIO (LL) :

N° de golpes (N)	23		
Lata N° (Nombre)	A	B	C
03.03.00 Peso del suelo húmedo + lata (g)	0,0781	0,086	0,0794
03.04.00 Peso del suelo seco + lata (g)	0,0755	0,0813	0,0757
03.05.00 Peso de lata (g)	0,0649	0,0619	0,0603
03.06.00 Peso de suelo húmedo (g)	0,0132	0,0241	0,0191
03.07.00 Peso de suelo seco (g)	0,0106	0,0194	0,0154
03.08.00 Peso de agua (g)	0,0026	0,0047	0,0037
03.09.00 Contenido de Humedad (%)	24,53	24,23	24,03

CÁLCULO DEL LL.

Si: $N \in [20,30]$



$$\omega_L = \omega_N \left(\frac{N}{25} \right)^{0.121}$$

Lata N° (Nombre)	A	B	C
03.10.00			
03.11.00 Límite líquido (w_L)	24,28	23,98	23,78
03.13.00 LL PROMEDIO (%)	24,02		

IV. DATOS DE LABORATORIO (LP)

Lata N° (Nombre)	A	B	C
04.02.00 Peso del suelo húmedo + lata (g)	0,0496	0,0691	0,0678
04.03.00 peso del suelo seco + lata (g)	0,0493	0,0689	0,0676
04.04.00 Peso de lata (g)	0,0474	0,0675	0,0664
04.05.00 Peso de suelo húmedo (g)	0,0022	0,0016	0,0014
04.06.00 Peso de suelo seco (g)	0,0019	0,0014	0,0012
04.07.00 Peso de agua (g)	0,0003	0,0002	0,0002
04.08.00 Contenido de Humedad (%)	15,79	14,29	16,67

CÁLCULO DEL LP.

	A	B	C
Límite Plástico (w_P)	15,79	14,29	16,67
LP PROMEDIO (%)	15,58		

V. CÁLCULO DEL IP

IP PROMEDIO (%)	8,44
------------------------	-------------



FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LÍMITES DE ATTERBERG
LÍMITE LÍQUIDO (LL) y LÍMITE PLÁSTICO (LP)
 Elaborado por: LIZBETH QUISPALAYA GUTARRA

**UNIVERSIDAD
 ALAS PERUANAS**

I. DATOS GENERALES

01.01.00 Proyecto de Tesis :
 "ANÁLISIS DE RIESGOS EN DESLIZAMIENTOS DE ZONAS RIBEREÑAS UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) DEL BARRIO LIBERTAD, EN EL DISTRITO DE HUAYUCACHI, HUANCAYO"

II. DESCRIPCIÓN DE LA CALICATA

02.01.00 Calicata Nº : C-03
 02.02.00 Muestra del Estrato Nº : 2
 02.03.00 Profundidad de la Muestra : 0,84 m
 02.04.00 Fecha de Extracción : 13/12/2017
 02.05.00 Fecha de Ensayo : 19/12/2017

III. DATOS DE LABORATORIO (LL)

03.01.00	Nº de golpes, N	14	16	22	18	23	32
03.02.00	Lata Nº (Nombre)	A	B	C	D	E	F
03.03.00	Peso del suelo húmedo + lata (g)	33,28	35,20	33,56	34,15	34,30	31,44
03.04.00	Peso del suelo seco + lata (g)	30,59	32,35	30,96	31,38	31,55	28,58
03.05.00	Peso de lata (g)	22,61	23,84	22,94	22,98	23,06	19,37
03.06.00	Peso de suelo húmedo (g)	10,67	11,36	10,62	11,17	11,24	12,07
03.07.00	Peso de suelo seco (g)	7,98	8,51	8,02	8,40	8,49	9,21
03.08.00	Peso de agua (g)	2,69	2,85	2,60	2,77	2,75	2,86
03.09.00	Contenido de Humedad (%)	33,71	33,49	32,42	32,98	32,39	31,05

CÁLCULO DEL LL.

Si: $N \in [20,30]$ $\rightarrow \omega_L = \omega_N \left(\frac{N}{25} \right)^{0.121}$

Lata Nº (Nombre)	A	B	C	D	E	F
Límite líquido (w_L)	31,43	31,73	31,92	31,69	32,07	31,99
LL PROMEDIO (%)	31,80					

IV. DATOS DE LABORATORIO (L.P.)

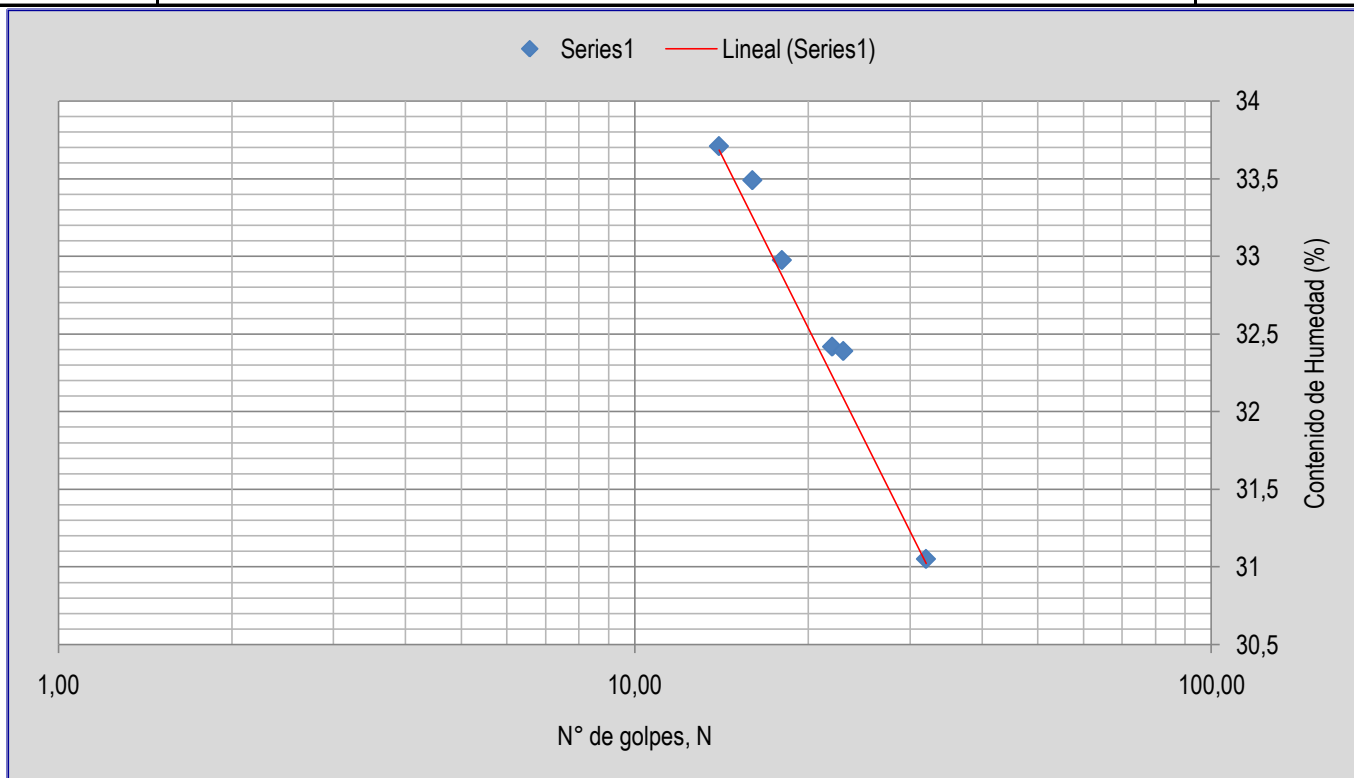
04.01.00	Lata Nº (Nombre)	A	B	C	D
04.02.00	Peso del suelo húmedo + lata (g)	30,8200	31,7800	28,5700	29,4400
04.03.00	peso del suelo seco + lata (g)	29,1600	29,8900	26,6600	27,4300
04.04.00	Peso de lata (g)	22,8600	22,7500	19,0000	19,5100
04.05.00	Peso de suelo húmedo (g)	7,96	9,03	9,57	9,93
04.06.00	Peso de suelo seco (g)	6,3	7,14	7,66	7,92
04.07.00	Peso de agua (g)	1,66	1,89	1,91	2,01
04.08.00	Contenido de Humedad (%)	26,35	26,47	24,93	25,38

CÁLCULO DEL LP.

	A	B	C	D
Límite Plástico (w_P)	26,35	26,47	24,93	25,38
LP PROMEDIO (%)	25,78			

V. CÁLCULO DEL IP.

IP PROMEDIO (%)	6,02
------------------------	-------------



NOTA: Todos los pesos estan en Kilogramos



I. DATOS GENERALES

01.01.00 Proyecto de Tesis :
"ANÁLISIS DE RIESGOS EN DESLIZAMIENTOS DE ZONAS RIBEREÑAS UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) DEL BARRIO LIBERTAD, EN EL DISTRITO DE HUAYUCACHI, HUANCAYO"

II. DESCRIPCIÓN DE LA CALICATA

02.01.00 Calicata Nº : C-04
02.02.00 Muestra del Estrato Nº : 1
02.03.00 Profundidad de la Muestra : 1,60 m
02.04.00 Fecha de Extracción : 13/12/2017
02.05.00 Fecha de Ensayo : 20/12/2017

III. DATOS DE LABORATORIO (LL)

03.01.00	Nº de golpes, N	16	22	35
03.02.00	Lata Nº (Nombre)	A	D	G
03.03.00	Peso del suelo húmedo + lata (g)	38,27	30,14	30,57
03.04.00	Peso del suelo seco + lata (g)	33,39	27,82	28,56
03.05.00	Peso de lata (g)	22,59	22,58	23,94
03.06.00	Peso de suelo húmedo (g)	15,68	7,56	6,63
03.07.00	Peso de suelo seco (g)	10,80	5,24	4,62
03.08.00	Peso de agua (g)	4,88	2,32	2,01
03.09.00	Contenido de Humedad (%)	45,19	44,27	43,51

CÁLCULO DEL LL.

Si: $N \in [20,30]$



$$\omega_L = \omega_N \left(\frac{N}{25} \right)^{0.121}$$

Lata Nº (Nombre)	A	D	G
Límite líquido (w_L)	42,81	43,60	45,31
LL (%)	42,81	43,60	45,31
LL PROMEDIO (%)	43,91		

IV. DATOS DE LABORATORIO (L.P.)

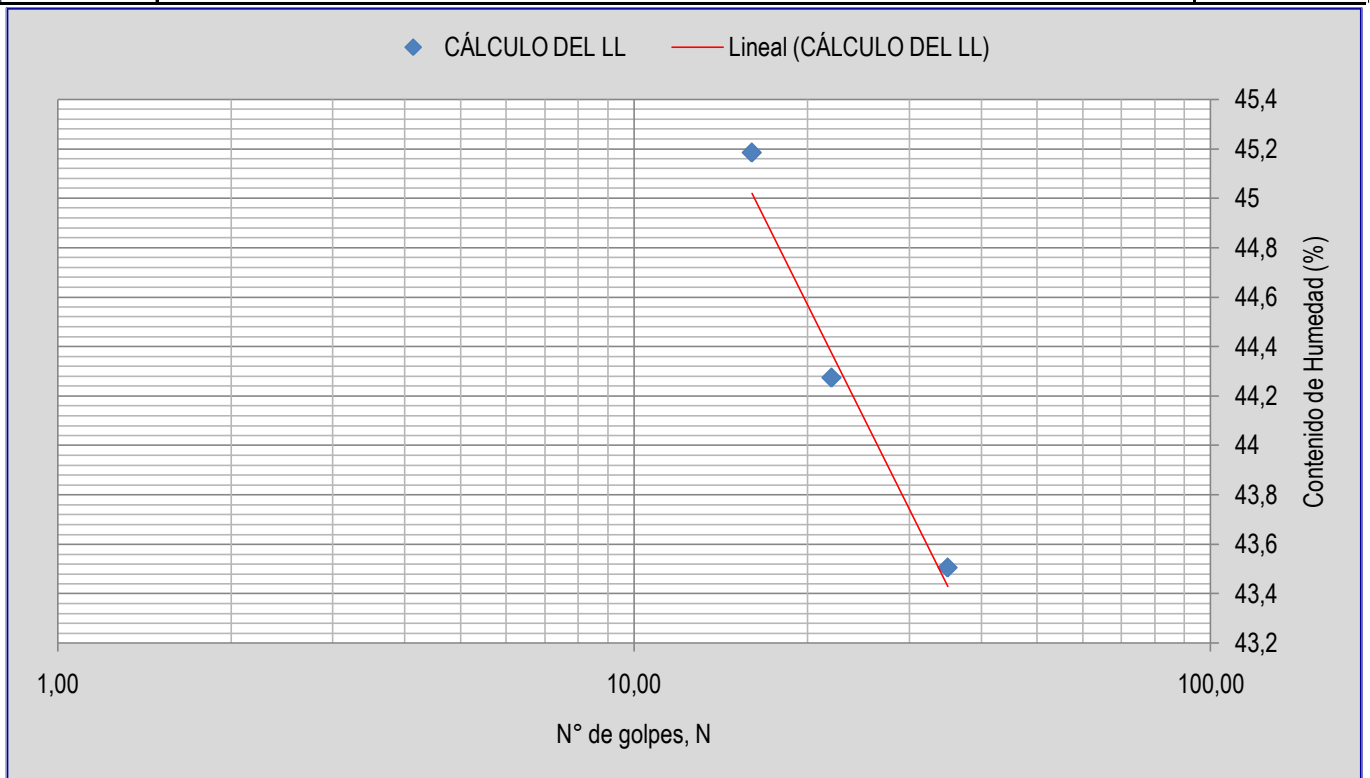
04.01.00	Lata Nº (Nombre)	A
04.02.00	Peso del suelo húmedo + lata (g)	30,0800
04.03.00	peso del suelo seco + lata (g)	28,5200
04.04.00	Peso de lata (g)	22,8400
04.05.00	Peso de suelo húmedo (g)	7,24
04.06.00	Peso de suelo seco (g)	5,68
04.07.00	Peso de agua (g)	1,56
04.08.00	Contenido de Humedad (%)	27,46

CÁLCULO DEL LP.

	A
Límite Plástico (w_p)	27,46
LP PROMEDIO (%)	27,46

V. CÁLCULO DEL IP.

IP PROMEDIO (%)	15,35
------------------------	--------------





FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LÍMITES DE ATTERBERG
LÍMITE LÍQUIDO (LL) y LÍMITE PLÁSTICO (LP)
 Elaborado tesis: LIZBETH QUISPALAYA GUTARRA

**UNIVERSIDAD
 ALAS PERUANAS**

I. DATOS GENERALES

01.01.00 Proyecto de Tesis :

“ANÁLISIS DE RIESGOS EN DESLIZAMIENTOS DE ZONAS RIBEREÑAS UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) DEL BARRIO LIBERTAD, EN EL DISTRITO DE HUAYUCACHI, HUANCAYO”

II. DESCRIPCIÓN DE LA CALICATA

02.01.00 Calicata N° : C-05
 02.02.00 Muestra del Estrato N° : 1
 02.03.00 Profundidad de la Muestra : 0,73 m
 02.04.00 Fecha de Extracción : 13/12/2017
 02.05.00 Fecha de Ensayo : 20/12/2017

III. DATOS DE LABORATORIO (LL)

03.01.00	Nº de golpes, N	29	32
03.02.00	Lata Nº (Nombre)	A	D
03.03.00	Peso del suelo húmedo + lata (g)	34,49	31,24
03.04.00	Peso del suelo seco + lata (g)	31,71	29,45
03.05.00	Peso de lata (g)	22,84	23,66
03.06.00	Peso de suelo húmedo (g)	11,65	7,58
03.07.00	Peso de suelo seco (g)	8,87	5,79
03.08.00	Peso de agua (g)	2,78	1,79
03.09.00	Contenido de Humedad (%)	31,34	30,92

CÁLCULO DEL LL.

Si: $N \in [20,30]$



$$\omega_L = \omega_N \left(\frac{N}{25} \right)^{0.121}$$

Lata Nº (Nombre)	A	D
Límite líquido (w_L)	31,91	31,85
LL (%)	31,91	31,85
LL PROMEDIO (%)	31,88	

IV. DATOS DE LABORATORIO (L.P.)

04.01.00	Lata Nº (Nombre)	A	B
04.02.00	Peso del suelo húmedo + lata (g)	32,0300	33,1100
04.03.00	peso del suelo seco + lata (g)	30,1900	31,0200
04.04.00	Peso de lata (g)	23,5600	23,7400
04.05.00	Peso de suelo húmedo (g)	8,47	9,37
04.06.00	Peso de suelo seco (g)	6,63	7,28
04.07.00	Peso de agua (g)	1,84	2,09
04.08.00	Contenido de Humedad (%)	27,75	28,71

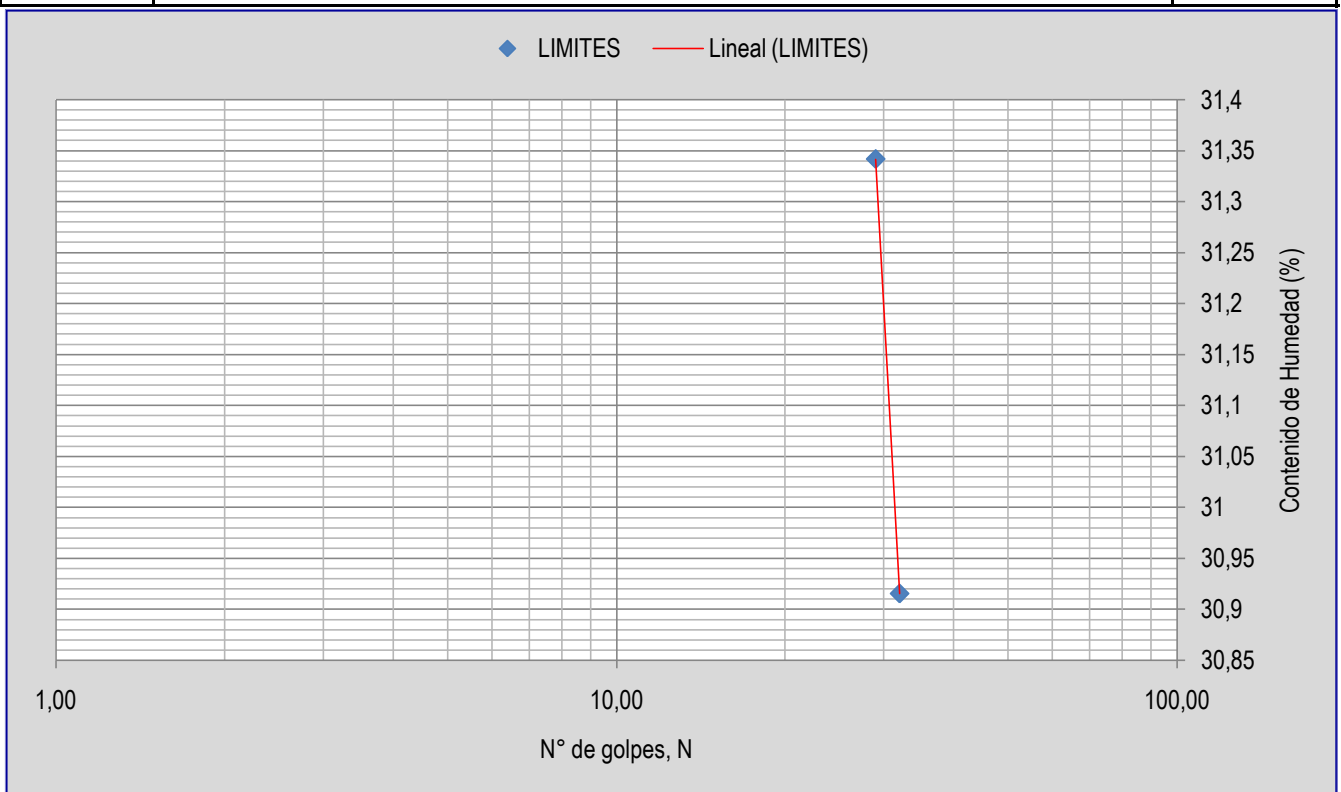
CÁLCULO DEL LP.

	A	B
Límite Plástico (w_P)	27,75	28,71
LP PROMEDIO (%)	28,23	

V. CÁLCULO DEL IP.

IP PROMEDIO (%)	3,65
------------------------	-------------

NOTA: Todos los pesos estan en Kilogramos





FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LÍMITES DE ATTERBERG
LÍMITE LÍQUIDO (LL) y LÍMITE PLÁSTICO (LP)
 Elaborado testistas: LIZBETH QUISPALAYA GUTARRA

**UNIVERSIDAD
 ALAS PERUANAS**

I. DATOS GENERALES

01.01.00 Proyecto de Tesis :
 "ANÁLISIS DE RIESGOS EN DESLIZAMIENTOS DE ZONAS RIBEREÑAS UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) DEL BARRIO LIBERTAD, EN EL DISTRITO DE HUAYUCACHI, HUANCAYO"

II. DESCRIPCIÓN DE LA CALICATA

02.01.00 Calicata N° : C-06
 02.02.00 Muestra del Estrato N° : 2
 02.03.00 Profundidad de la Muestra : 1,10 m
 02.04.00 Fecha de Extracción : 13/12/2017
 02.05.00 Fecha de Ensayo : 20/12/2017

III. DATOS DE LABORATORIO (LL)

03.01.00	Nº de golpes, N	8	11	20
03.02.00	Lata N° (Nombre)	A	B	C
03.03.00	Peso del suelo húmedo + lata (g)	32,83	33,72	35,21
03.04.00	Peso del suelo seco + lata (g)	30,24	30,77	32,08
03.05.00	Peso de lata (g)	23,78	23,25	23,94
03.06.00	Peso de suelo húmedo (g)	9,05	10,47	11,27
03.07.00	Peso de suelo seco (g)	6,46	7,52	8,14
03.08.00	Peso de agua (g)	2,59	2,95	3,13
03.09.00	Contenido de Humedad (%)	40,09	39,23	38,45

CÁLCULO DEL LL.

Si: $N \in [20,30]$



$$\omega_L = \omega_N \left(\frac{N}{25} \right)^{0.121}$$

Lata N° (Nombre)	A	B	C
Límite líquido (w_L)	34,93	35,52	37,43
LL (%)	34,93	35,52	37,43
LL PROMEDIO (%)	35,96		

IV. DATOS DE LABORATORIO (LP)

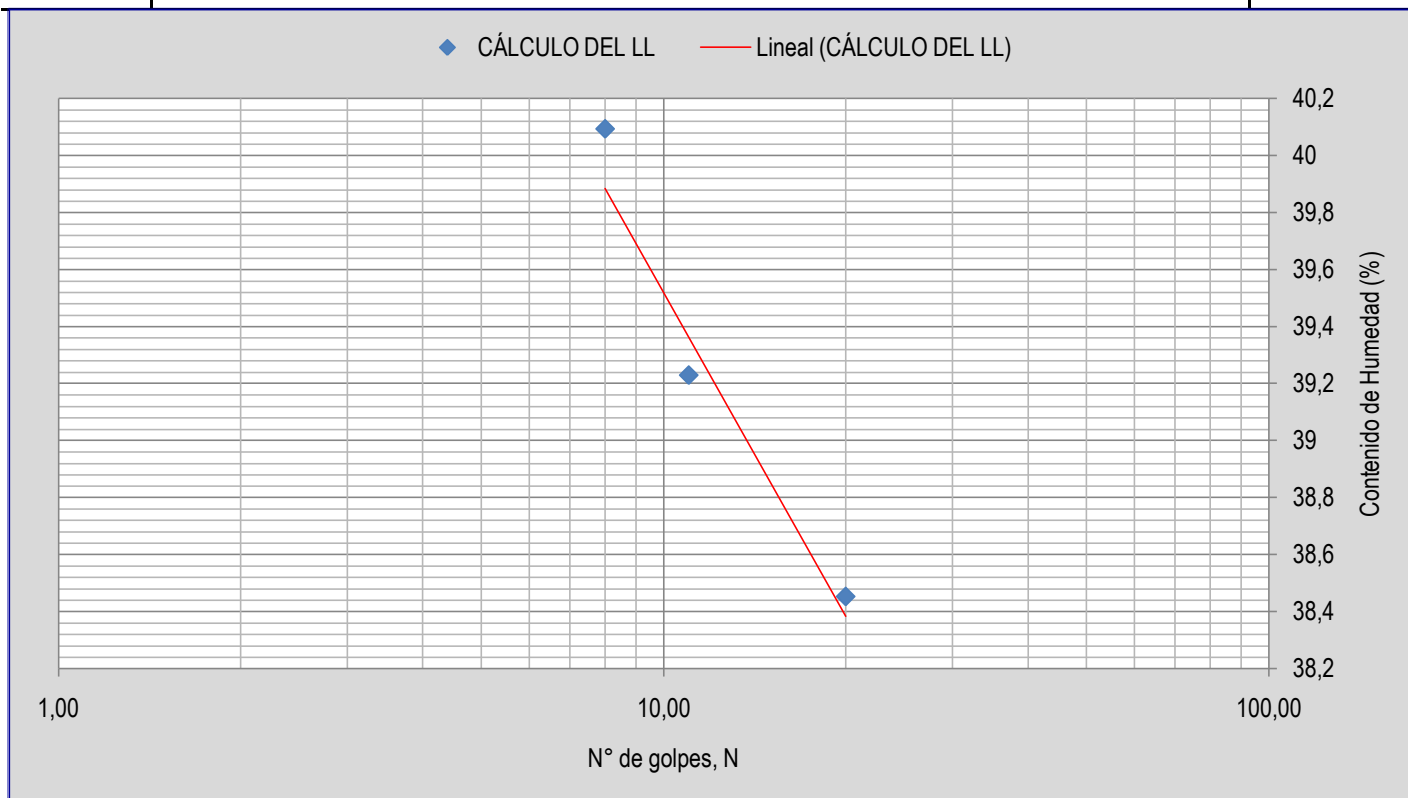
04.01.00	Lata N° (Nombre)	A
04.02.00	Peso del suelo húmedo + lata (g)	31,87
04.03.00	peso del suelo seco + lata (g)	30,28
04.04.00	Peso de lata (g)	23,83
04.05.00	Peso de suelo húmedo (g)	8,04
04.06.00	Peso de suelo seco (g)	6,45
04.07.00	Peso de agua (g)	1,59
04.08.00	Contenido de Humedad (%)	24,65

CÁLCULO DEL LP.

	A
Límite Plástico (w_P)	24,65
LP PROMEDIO (%)	24,65

V. CÁLCULO DEL IP

IP PROMEDIO (%)	10,28
------------------------	--------------



NOTA: Todos los pesos estan en Kilogramos



FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LÍMITES DE ATTERBERG
LÍMITE LÍQUIDO (LL) y LÍMITE PLÁSTICO (LP)
 Elaborado tesistas: LIZBETH QUISPALAYA GUTARRA

**UNIVERSIDAD
 ALAS PERUANAS**

I. DATOS GENERALES

01.01.00 Proyecto de Tesis :
 "ANÁLISIS DE RIESGOS EN DESLIZAMIENTOS DE ZONAS RIBEREÑAS UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) DEL BARRIO LIBERTAD, EN EL DISTRITO DE HUAYUCACHI, HUANCAYO"

II. DESCRIPCIÓN DE LA CALICATA

02.01.00 Calicata Nº : C-07
 02.02.00 Muestra del Estrato Nº : 2
 02.03.00 Profundidad de la Muestra : 0,86 m
 02.04.00 Fecha de Extracción : 13/12/2017
 02.05.00 Fecha de Ensayo : 21/12/2017

III. DATOS DE LABORATORIO (LL)

03.01.00	Nº de golpes, N	21			27			30		
	Lata Nº (Nombre)	A	B	C	D	E	F	G	H	I
03.02.00	Lata Nº (Nombre)									
03.03.00	Peso del suelo húmedo + lata (g)	0,039	0,036	0,048	0,068	0,069	0,082	0,059	0,060	0,077
03.04.00	Peso del suelo seco + lata (g)	0,034	0,032	0,044	0,065	0,066	0,078	0,053	0,056	0,074
03.05.00	Peso de lata (g)	0,016	0,016	0,030	0,049	0,054	0,061	0,030	0,040	0,066
03.06.00	Peso de suelo húmedo (g)	0,023	0,020	0,018	0,019	0,016	0,021	0,029	0,020	0,011
03.07.00	Peso de suelo seco (g)	0,018	0,016	0,014	0,016	0,013	0,017	0,023	0,016	0,009
03.08.00	Peso de agua (g)	0,005	0,004	0,004	0,004	0,003	0,004	0,006	0,004	0,002
03.09.00	Contenido de Humedad (%)	25,54	25,64	25,53	24,52	24,60	24,85	24,24	24,38	24,14

CÁLCULO DEL LL

Si: $N \in [20,30]$



$$\omega_L = \omega_N \left(\frac{N}{25} \right)^{0.121}$$

Lata Nº (Nombre)	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Límite líquido (w_L)	25,01	25,11	25,00	24,75	24,83	25,08	24,78	24,92	24,68
LL (%)	25,04			24,89			24,79		
LL PROMEDIO (%)	24,91								

IV. DATOS DE LABORATORIO (LP)

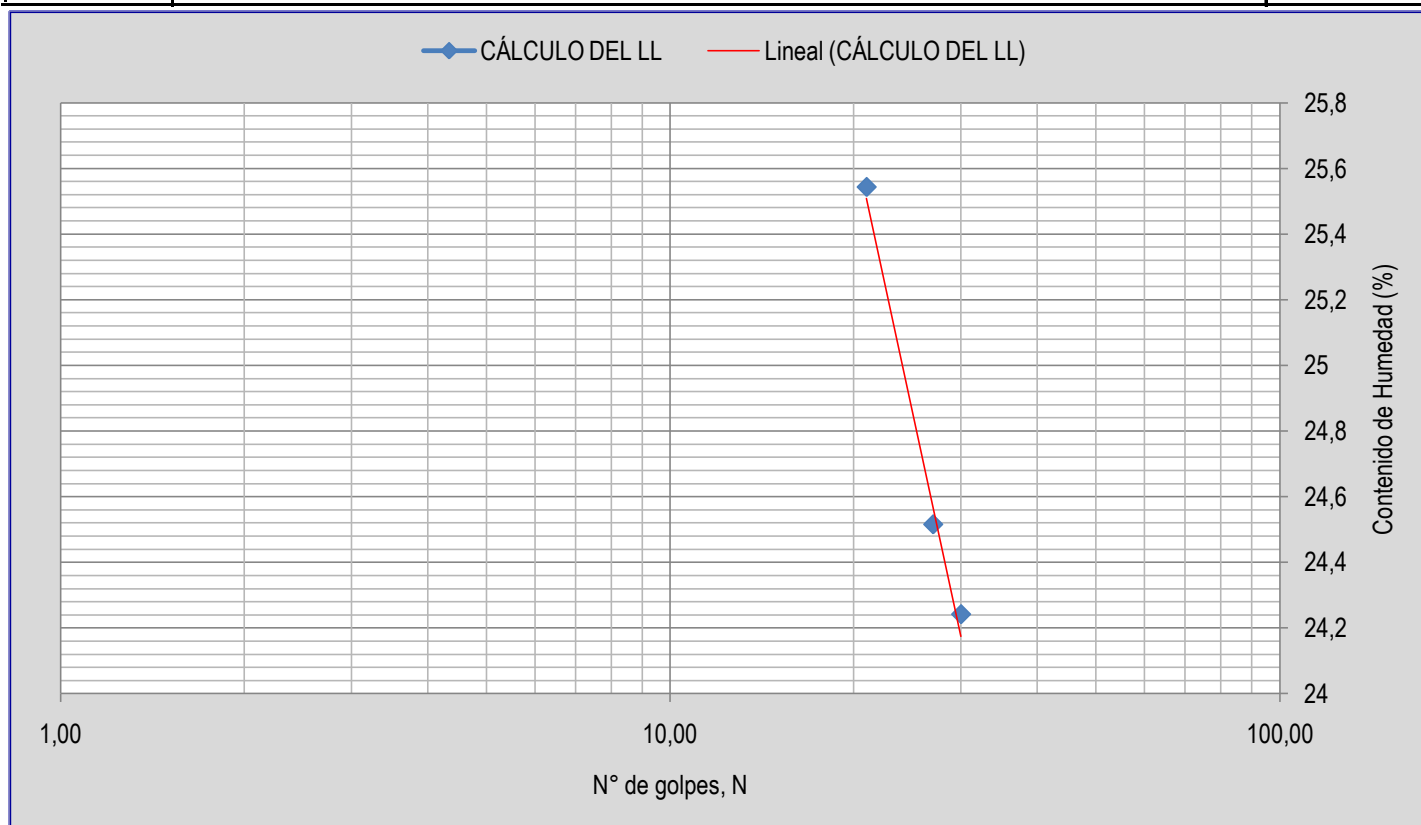
04.01.00	Lata Nº (Nombre)	A	B	C
04.02.00	Peso del suelo húmedo + lata (g)	0,230	0,219	0,227
04.03.00	peso del suelo seco + lata (g)	0,230	0,218	0,226
04.04.00	Peso de lata (g)	0,227	0,217	0,224
04.05.00	Peso de suelo húmedo (g)	0,003	0,002	0,002
04.06.00	Peso de suelo seco (g)	0,003	0,002	0,002
04.07.00	Peso de agua (g)	0,000	0,000	0,000
04.08.00	Contenido de Humedad (%)	15,38	16,67	15,00

CÁLCULO DEL LP

	A	B	C
Límite Plástico (w_P)	15,38	16,67	15,00
LP PROMEDIO (%)	15,68		

V. CÁLCULO DEL IP

IP PROMEDIO (%)	9,35
------------------------	-------------





I. DATOS GENERALES

01.01.00 Proyecto de Tesis :
 "ANÁLISIS DE RIESGOS EN DESLIZAMIENTOS DE ZONAS RIBEREÑAS UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) DEL BARRIO LIBERTAD, EN EL DISTRITO DE HUAYUCACHI, HUANCAYO"

II. DESCRIPCIÓN DE LA CALICATA

02.01.00 Calicata N° : C-07
 02.02.00 Muestra del Estrato N° : 3
 02.03.00 Profundidad de la Muestra : 1,55 m
 02.04.00 Fecha de Extracción : 13/12/2017
 02.05.00 Fecha de Ensayo : 21/12/2017

III. DATOS DE LABORATORIO (L.L.)

03.01.00	Nº de golpes, N	22			26			28		
03.02.00	Lata N° (Nombre)	A	B	C	D	E	F	G	H	I
03.03.00	Peso del suelo húmedo + lata (g)	0,0796	0,0562	0,0825	0,0780	0,0752	0,0861	0,0624	0,0913	0,0872
03.04.00	Peso del suelo seco + lata (g)	0,0771	0,0529	0,0791	0,0737	0,0717	0,0812	0,0588	0,0855	0,0813
03.05.00	Peso de lata (g)	0,0678	0,0407	0,0666	0,0575	0,0584	0,0623	0,0450	0,0630	0,0586
03.06.00	Peso de suelo húmedo (g)	0,0118	0,0155	0,0159	0,0205	0,0168	0,0238	0,0174	0,0283	0,0286
03.07.00	Peso de suelo seco (g)	0,0093	0,0122	0,0125	0,0162	0,0133	0,0189	0,0138	0,0225	0,0227
03.08.00	Peso de agua (g)	0,0025	0,0033	0,0034	0,0043	0,0035	0,0049	0,0036	0,0058	0,0059
03.09.00	Contenido de Humedad (%)	26,88	27,05	27,20	26,54	26,32	25,93	26,09	25,78	25,99

CÁLCULO DEL LL.

Si: $N \in [20,30]$

$$\omega_L = \omega_N \left(\frac{N}{25} \right)^{0.121}$$

Lata N° (Nombre)	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Límite líquido (w_L)	26,47	26,63	26,78	26,67	26,44	26,05	26,45	26,13	26,35
LL (%)	26,63			26,39			26,31		
LL PROMEDIO (%)	26,44								

V. DATOS DE LABORATORIO (LP)

04.01.00	Lata N° (Nombre)	A	B	C
04.02.00	Peso del suelo húmedo + lata (g)	0,0239	0,0238	0,0224
04.03.00	peso del suelo seco + lata (g)	0,0234	0,0233	0,0221
04.04.00	Peso de lata (g)	0,0202	0,0202	0,0202
04.05.00	Peso de suelo húmedo (g)	0,0037	0,0036	0,0022
04.06.00	Peso de suelo seco (g)	0,0032	0,0031	0,0019
04.07.00	Peso de agua (g)	0,0005	0,0005	0,0003
04.08.00	Contenido de Humedad (%)	15,63	16,13	15,79

CÁLCULO DEL LP.

	A	B	C
Límite Plástico (w_P)	15,63	16,13	15,79
LP PROMEDIO (%)	15,85		

VII. CÁLCULO DEL IP

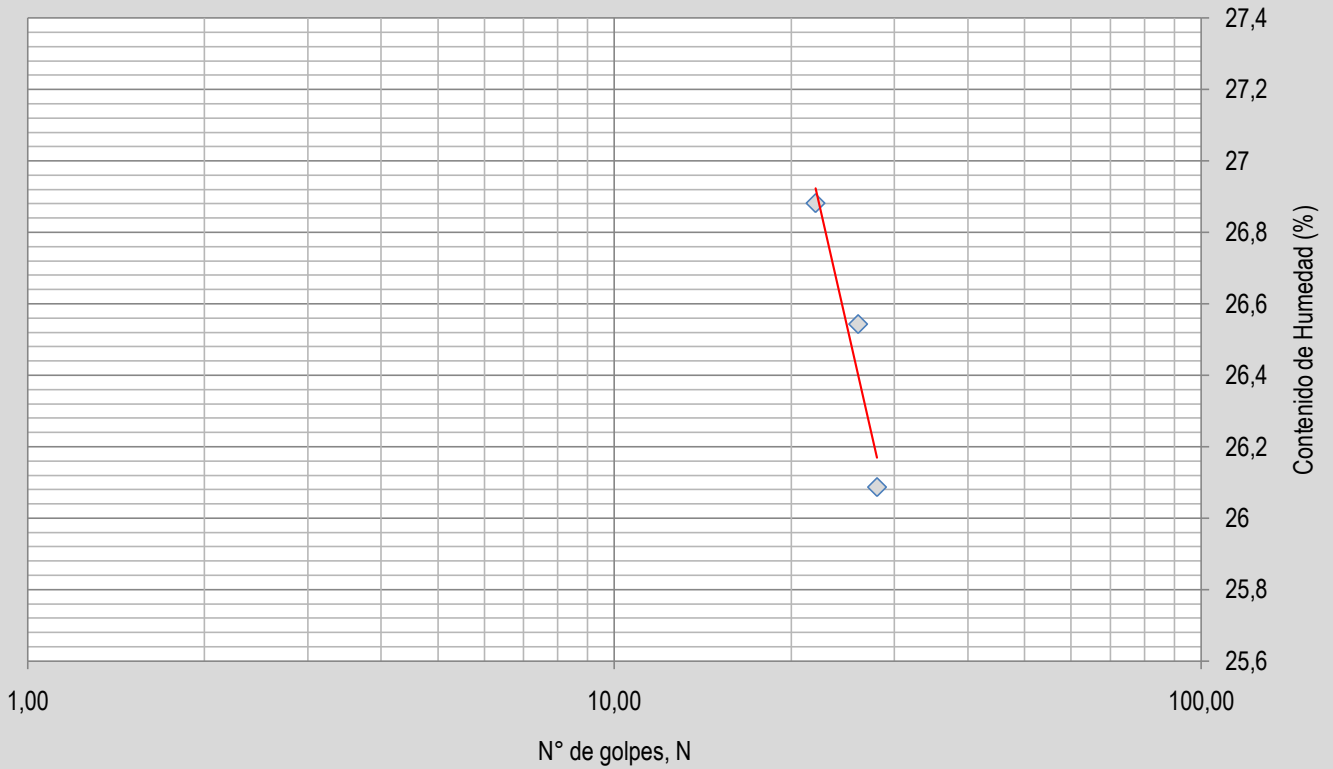
IP PROMEDIO (%)	10,78
------------------------	--------------



FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LÍMITES DE ATTERBERG
LÍMITE LÍQUIDO (LL) y LÍMITE PLÁSTICO (LP)
Elaborado tesistas: LIZBETH QUISPALAYA GUTARRA

**UNIVERSIDAD
ALAS PERUANAS**

—◇— Limite Líquido — Lineal (Limite Líquido)



NOTA: Todos los pesos estan en Kilogramos



FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

LÍMITES DE ATTERBERG

LÍMITE LÍQUIDO (LL) y LÍMITE PLÁSTICO (LP)

Elaborado tesis: LIZBETH QUISPALAYA GUTARRA

**UNIVERSIDAD
ALAS PERUANAS**

I. DATOS GENERALES

01.01.00 Proyecto de Tesis :
"ANÁLISIS DE RIESGOS EN DESLIZAMIENTOS DE ZONAS RIBEREÑAS UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) DEL BARRIO LIBERTAD, EN EL DISTRITO DE HUAYUCACHI, HUANCAYO"

II. DESCRIPCIÓN DE LA CALICATA

02.01.00 Calicata N° : C-08
02.02.00 Muestra del Estrato N° : 2
02.03.00 Profundidad de la Muestra : 0,80 m
02.04.00 Fecha de Extracción : 13/09/2017
02.05.00 Fecha de Ensayo : 21/09/2017

III. DATOS DE LABORATORIO (LL)

Nº de golpes, N	21		
Lata Nº (Nombre)	A	B	C
03.03.00	0,0562	0,0637	0,0851
03.04.00	0,0537	0,0606	0,0819
03.05.00	0,0436	0,0481	0,0688
03.06.00	0,0126	0,0156	0,0163
03.07.00	0,0101	0,0125	0,0131
03.08.00	0,0025	0,0031	0,0032
03.09.00	24,75	24,80	24,43

CÁLCULO DEL LL

Si: $N \in [20,30]$

$$\omega_L = \omega_N \left(\frac{N}{25} \right)^{0.121}$$

Lata Nº (Nombre)	A	B	C
Límite líquido (w_L)	24,24	24,28	23,92
LL (%)	24,15		
LL PROMEDIO (%)	24,15		

IV. DATOS DE LABORATORIO (LP)

Lata Nº (Nombre)	A	B	C
04.02.00	0,0544	0,0810	0,0349
04.03.00	0,0543	0,0808	0,0344
04.04.00	0,0538	0,0798	0,0320
04.05.00	0,00059	0,0012	0,0029
04.06.00	0,00049	0,001	0,0024
04.07.00	1E-04	0,0002	0,0005
04.08.00	20,41	20,00	20,83


CÁLCULO DEL LP

	A	B	C
Límite Plástico (w_p)	20,41	20,00	20,83
LP PROMEDIO (%)	20,41		

V. CÁLCULO DEL IP

IP PROMEDIO (%)	3,73
------------------------	-------------

NOTA: Todos los pesos estan en Kilogramos

	FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA	UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
	DENSIDAD DE CAMPO - ASTM D - 1556	
	MÉTODO DEL CONO DE ARENA	
Elaborado tesistas: LIZBETH QUISPALAYA GUTARRA		

I. DATOS GENERALES


01.01.00 Proyecto de Tesis :
 “ANÁLISIS DE RIESGOS EN DESLIZAMIENTOS DE ZONAS RIBEREÑAS UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) DEL BARRIO LIBERTAD, EN EL DISTRITO DE HUAYUCACHI, HUANCAYO”

II. DESCRIPCIÓN DE LA CALICATA

02.01.00 Calicata N° : C-01
 02.02.00 Muestra del Estrato N° : 2
 02.03.00 Profundidad de la Muestra : 0,66 m
 02.04.00 Fecha de Extracción : 13/09/2017
 02.05.00 Fecha de Ensayo : 13/09/2017

III. CÁLCULO DE LA DENSIDAD DE CAMPO

N°	DATOS	und.
1	peso del recipiente	270,00 g
2	peso del recipiente + suelo húmedo	4902,00 g
3	peso de la arena + frasco	6583,00 g
4	peso de la arena que queda + frasco	1510,00 g
5	peso de la arena en embudo	1860,00 g
6	densidad de la arena	1,39 g/cm ³
7	contenido de humedad de la muestra	13,75 %
RESULTADOS		
8	peso del suelo húmedo	4632,00 g
9	peso del suelo neto	4632,00 g
10	peso neto de la arena empleada	3213,00 g
11	volumen del hueco	2311,51 cm ³
12	Densidad natural del suelo natural (γ_m)	2,00 g/cm ³
13	Densidad seca del suelo (γ_d)	1,76 g/cm ³

	FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA	UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
	DENSIDAD DE CAMPO - ASTM D - 1556	
	MÉTODO DEL CONO DE ARENA	
Elaborado tesistas: LIZBETH QUISPALAYA GUTARRA		

I. DATOS GENERALES


01.01.00 Proyecto de Tesis :
 “ANÁLISIS DE RIESGOS EN DESLIZAMIENTOS DE ZONAS RIBEREÑAS UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) DEL BARRIO LIBERTAD, EN EL DISTRITO DE HUAYUCACHI, HUANCAYO”

II. DESCRIPCIÓN DE LA CALICATA

02.01.00 Calicata N° : C-02
 02.02.00 Muestra del Estrato N° : 2
 02.03.00 Profundidad de la Muestra : 0,84 m
 02.04.00 Fecha de Extracción : 13/09/2017
 02.05.00 Fecha de Ensayo : 13/09/2017

III. CÁLCULO DE LA DENSIDAD DE CAMPO

N°	DATOS	und.
1	peso del recipiente	270,00 g
2	peso del recipiente + suelo húmedo	4823,00 g
3	peso de la arena + frasco	6584,00 g
4	peso de la arena que queda + frasco	1510,00 g
5	peso de la arena en embudo	1860,00 g
6	densidad de la arena	1,39 g/cm ³
7	contenido de humedad de la muestra	9,41 %
RESULTADOS		
8	peso del suelo húmedo	4553,00 g
9	peso del suelo neto	4553,00 g
10	peso neto de la arena empleada	3214,00 g
11	volumen del hueco	2312,23 cm ³
12	Densidad natural del suelo natural (γ_m)	1,97 g/cm ³
13	Densidad seca del suelo (γ_d)	1,80 g/cm ³

	FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA	UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
	DENSIDAD DE CAMPO - ASTM D - 1556	
	MÉTODO DEL CONO DE ARENA	
Elaborado tesis: LIZBETH QUISPIALAYA GUTARRA		

I. DATOS GENERALES


01.01.00 Proyecto de Tesis :
 "ANÁLISIS DE RIESGOS EN DESLIZAMIENTOS DE ZONAS RIBEREÑAS UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA (SIG) DEL BARRIO LIBERTAD, EN EL DISTRITO DE HUAYUCACHI, HUANCAYO"

II. DESCRIPCIÓN DE LA CALICATA

02.01.00 Calicata N° : C-03
 02.02.00 Muestra del Estrato N° : 2
 02.03.00 Profundidad de la Muestra : 1,60 m
 02.04.00 Fecha de Extracción : 13/09/2017
 02.05.00 Fecha de Ensayo : 13/09/2017

III. CÁLCULO DE LA DENSIDAD DE CAMPO

N°	DATOS	und.
1	peso del recipiente (g)	270,00 g
2	peso del recipiente + suelo húmedo (g)	4110,00 g
3	peso de la arena + frasco	6585,00 g
4	peso de la arena que queda + frasco	1510,00 g
5	peso de la arena en embudo	1860,00 g
6	densidad de la arena	1,39 g/cm ³
7	contenido de humedad de la muestra	15,03 %
RESULTADOS		
8	peso del suelo húmedo	3840,00 g
9	peso del suelo neto	3840,00 g
10	peso neto de la arena empleada	3215,00 g
11	volumen del hueco	2312,95 cm³
12	Densidad natural del suelo natural (γ_m)	1,66 g/cm³
13	Densidad seca del suelo (γ_d)	1,44 g/cm³

	FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA	UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
	DENSIDAD DE CAMPO - ASTM D - 1556	
	MÉTODO DEL CONO DE ARENA	
Elaborado tesis: LIZBETH QUISPIALAYA GUTARRA		

I. DATOS GENERALES


01.01.00 Proyecto de Tesis :
 "ANÁLISIS DE RIESGOS EN DESLIZAMIENTOS DE ZONAS RIBEREÑAS UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA (SIG) DEL BARRIO LIBERTAD, EN EL DISTRITO DE HUAYUCACHI, HUANCAYO"

II. DESCRIPCIÓN DE LA CALICATA

02.01.00 Calicata N° : C-04
 02.02.00 Muestra del Estrato N° : 1
 02.03.00 Profundidad de la Muestra : 0,73 m
 02.04.00 Fecha de Extracción : 13/09/2017
 02.05.00 Fecha de Ensayo : 13/09/2017

III. CÁLCULO DE LA DENSIDAD DE CAMPO

N°	DATOS	und.
1	peso del recipiente (g)	270,00 g
2	peso del recipiente + suelo húmedo (g)	4510,00 g
3	peso de la arena + frasco	6585,00 g
4	peso de la arena que queda + frasco	1510,00 g
5	peso de la arena en embudo	1860,00 g
6	densidad de la arena	1,39 g/cm ³
7	contenido de humedad de la muestra	18,60 %
RESULTADOS		
8	peso del suelo húmedo	4240,00 g
9	peso del suelo neto	4240,00 g
10	peso neto de la arena empleada	3215,00 g
11	volumen del hueco	2312,95 cm³
12	Densidad natural del suelo natural (γ_m)	1,83 g/cm³
13	Densidad seca del suelo (γ_d)	1,55 g/cm³

	FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA	UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
	DENSIDAD DE CAMPO - ASTM D - 1556	
	MÉTODO DEL CONO DE ARENA	
Elaborado tesistas: LIZBETH QUISPALAYA GUTARRA		

I. DATOS GENERALES


01.01.00 Proyecto de Tesis :
"ANÁLISIS DE RIESGOS EN DESLIZAMIENTOS DE ZONAS RIBEREÑAS UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA (SIG) DEL BARRIO LIBERTAD, EN EL DISTRITO DE HUAYUCACHI, HUANCAYO"

II. DESCRIPCIÓN DE LA CALICATA

02.01.00 Calicata N° : C-05
02.02.00 Muestra del Estrato N° : 2
02.03.00 Profundidad de la Muestra : 1,10 m
02.04.00 Fecha de Extracción : 13/09/2017
02.05.00 Fecha de Ensayo : 13/09/2017

III. CÁLCULO DE LA DENSIDAD DE CAMPO

N°	DATOS		und.
1	peso del recipiente	270,00	g
2	peso del recipiente + suelo húmedo	4650,00	g
3	peso de la arena + frasco	6582,00	g
4	peso de la arena que queda + frasco	1510,00	g
5	peso de la arena en embudo	1860,00	g
6	densidad de la arena	1,39	g/cm ³
7	contenido de humedad de la muestra	13,27	%
RESULTADOS			
8	peso del suelo húmedo	4380,00	g
9	peso del suelo neto	4380,00	g
10	peso neto de la arena empleada	3212,00	g
11	volumen del hueco	2310,79	cm³
12	Densidad natural del suelo natural (γ_m)	1,90	g/cm³
13	Densidad seca del suelo (γ_d)	1,67	g/cm³

	FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA	UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
	DENSIDAD DE CAMPO - ASTM D - 1556	
	MÉTODO DEL CONO DE ARENA	
Elaborado tesistas: LIZBETH QUISPALAYA GUTARRA		

I. DATOS GENERALES


01.01.00 Proyecto de Tesis :
"ANÁLISIS DE RIESGOS EN DESLIZAMIENTOS DE ZONAS RIBEREÑAS UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA (SIG) DEL BARRIO LIBERTAD, EN EL DISTRITO DE HUAYUCACHI, HUANCAYO"

II. DESCRIPCIÓN DE LA CALICATA

02.01.00 Calicata N° : C-06
02.02.00 Muestra del Estrato N° : 2
02.03.00 Profundidad de la Muestra : 0,86 m
02.04.00 Fecha de Extracción : 13/09/2017
02.05.00 Fecha de Ensayo : 13/09/2017

III. CÁLCULO DE LA DENSIDAD DE CAMPO

N°	DATOS		und.
1	peso del recipiente	270,00	g
2	peso del recipiente + suelo húmedo	4220,00	g
3	peso de la arena + frasco	6580,00	g
4	peso de la arena que queda + frasco	1510,00	g
5	peso de la arena en embudo	1860,00	g
6	densidad de la arena	1,39	g/cm ³
7	contenido de humedad de la muestra	18,73	%
RESULTADOS			
8	peso del suelo húmedo	3950,00	g
9	peso del suelo neto	3950,00	g
10	peso neto de la arena empleada	3210,00	g
11	volumen del hueco	2309,35	cm³
12	Densidad natural del suelo natural (γ_m)	1,71	g/cm³
13	Densidad seca del suelo (γ_d)	1,44	g/cm³

	FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS
	DENSIDAD DE CAMPO - ASTM D - 1556	
	MÉTODO DEL CONO DE ARENA Elaborado tesistas: LIZBETH QUISPALAYA GUTARRA	

I. DATOS GENERALES


01.01.00 Proyecto de Tesis :
"ANÁLISIS DE RIESGOS EN DESLIZAMIENTOS DE ZONAS RIBEREÑAS UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA (SIG) DEL BARRIO LIBERTAD, EN EL DISTRITO DE HUAYUCACHI, HUANCAYO"

II. DESCRIPCIÓN DE LA CALICATA

02.01.00 Calicata Nº : C-07
02.02.00 Muestra del Estrato Nº : 3
02.03.00 Profundidad de la Muestra : 1,55 m
02.04.00 Fecha de Extracción : 13/09/2017
02.05.00 Fecha de Ensayo : 13/09/2017

III. CÁLCULO DE LA DENSIDAD DE CAMPO

Nº	DATOS		und.
1	peso del recipiente	270,00	g
2	peso del recipiente + suelo húmedo	6085,00	g
3	peso de la arena + frasco	6585,00	g
4	peso de la arena que queda + frasco	1510,00	g
5	peso de la arena en embudo	1860,00	g
6	densidad de la arena	1,39	g/cm ³
7	contenido de humedad de la muestra	24,16	%
RESULTADOS			
8	peso del suelo húmedo	5815,00	g
9	peso del suelo neto	5815,00	g
10	peso neto de la arena empleada	3215,00	g
11	volumen del hueco	2312,95	cm³
12	Densidad natural del suelo natural (γ_m)	2,51	g/cm³
13	Densidad seca del suelo (γ_d)	2,02	g/cm³

	FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS
	DENSIDAD DE CAMPO - ASTM D - 1556	
	MÉTODO DEL CONO DE ARENA Elaborado tesistas: LIZBETH QUISPALAYA GUTARRA	

I. DATOS GENERALES


01.01.00 Proyecto de Tesis :
"ANÁLISIS DE RIESGOS EN DESLIZAMIENTOS DE ZONAS RIBEREÑAS UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA (SIG) DEL BARRIO LIBERTAD, EN EL DISTRITO DE HUAYUCACHI, HUANCAYO"

II. DESCRIPCIÓN DE LA CALICATA

02.01.00 Calicata Nº : C-08
02.02.00 Muestra del Estrato Nº : 1
02.03.00 Profundidad de la Muestra : 0,80 m
02.04.00 Fecha de Extracción : 13/09/2017
02.05.00 Fecha de Ensayo : 13/09/2017

III. CÁLCULO DE LA DENSIDAD DE CAMPO

Nº	DATOS		und.
1	peso del recipiente (g)	270,00	g
2	peso del recipiente + suelo húmedo (g)	4848,00	g
3	peso de la arena + frasco	6585,00	g
4	peso de la arena que queda + frasco	1510,00	g
5	peso de la arena en embudo	1860,00	g
6	densidad de la arena	1,39	g/cm ³
7	contenido de humedad de la muestra	9,18	%
RESULTADOS			
8	peso del suelo húmedo	4578,00	g
9	peso del suelo neto	4578,00	g
10	peso neto de la arena empleada	3215,00	g
11	volumen del hueco	2312,95	cm³
12	Densidad natural del suelo natural (γ_m)	1,98	g/cm³
13	Densidad seca del suelo (γ_d)	1,81	g/cm³

	FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA	UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
	DENSIDAD DE CAMPO - ASTM D - 1556	
	MÉTODO DEL CONO DE ARENA	
	Elaborado tesistas: LIZBETH QUISPALAYA GUTARRA	

I. DATOS GENERALES


01.01.00 Proyecto de Tesis :
"ANÁLISIS DE RIESGOS EN DESLIZAMIENTOS DE ZONAS RIBEREÑAS UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA (SIG) DEL BARRIO LIBERTAD, EN EL DISTRITO DE HUAYUCACHI, HUANCAYO"

II. DESCRIPCIÓN DE LA CALICATA

02.01.00 Calicata N° : C-09
02.02.00 Muestra del Estrato N° : 2
02.03.00 Profundidad de la Muestra : 0,86 m
02.04.00 Fecha de Extracción : 13/09/2017
02.05.00 Fecha de Ensayo : 13/09/2017

III. CÁLCULO DE LA DENSIDAD DE CAMPO

N°	DATOS	und.
1	peso del recipiente	270,00 g
2	peso del recipiente + suelo húmedo	4220,00 g
3	peso de la arena + frasco	6580,00 g
4	peso de la arena que queda + frasco	1510,00 g
5	peso de la arena en embudo	1860,00 g
6	densidad de la arena	1,39 g/cm ³
7	contenido de humedad de la muestra	18,73 %
RESULTADOS		
8	peso del suelo húmedo	3950,00 g
9	peso del suelo neto	3950,00 g
10	peso neto de la arena empleada	3210,00 g
11	volumen del hueco	2309,35 cm³
12	Densidad natural del suelo natural (γ_m)	1,71 g/cm³
13	Densidad seca del suelo (γ_d)	1,44 g/cm³

	FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA	UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
	DENSIDAD DE CAMPO - ASTM D - 1556	
	MÉTODO DEL CONO DE ARENA	
	Elaborado tesistas: LIZBETH QUISPALAYA GUTARRA	

I. DATOS GENERALES


01.01.00 Proyecto de Tesis :
"ANÁLISIS DE RIESGOS EN DESLIZAMIENTOS DE ZONAS RIBEREÑAS UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA (SIG) DEL BARRIO LIBERTAD, EN EL DISTRITO DE HUAYUCACHI, HUANCAYO"

II. DESCRIPCIÓN DE LA CALICATA

02.01.00 Calicata N° : C-10
02.02.00 Muestra del Estrato N° : 2
02.03.00 Profundidad de la Muestra : 0,84 m
02.04.00 Fecha de Extracción : 13/09/2017
02.05.00 Fecha de Ensayo : 13/09/2017

III. CÁLCULO DE LA DENSIDAD DE CAMPO

N°	DATOS	und.
1	peso del recipiente	270,00 g
2	peso del recipiente + suelo húmedo	4823,00 g
3	peso de la arena + frasco	6584,00 g
4	peso de la arena que queda + frasco	1510,00 g
5	peso de la arena en embudo	1860,00 g
6	densidad de la arena	1,39 g/cm ³
7	contenido de humedad de la muestra	9,41 %
RESULTADOS		
8	peso del suelo húmedo	4553,00 g
9	peso del suelo neto	4553,00 g
10	peso neto de la arena empleada	3214,00 g
11	volumen del hueco	2312,23 cm³
12	Densidad natural del suelo natural (γ_m)	1,97 g/cm³
13	Densidad seca del suelo (γ_d)	1,80 g/cm³

	FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA	UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
	DENSIDAD DE CAMPO - ASTM D - 1556	
	MÉTODO DEL CONO DE ARENA	
Elaborado tesistas: LIZBETH QUISPALAYA GUTARRA		

I. DATOS GENERALES


01.01.00 Proyecto de Tesis :
 “ANÁLISIS DE RIESGOS EN DESLIZAMIENTOS DE ZONAS RIBEREÑAS UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA (SIG) DEL BARRIO LIBERTAD, EN EL DISTRITO DE HUAYUCACHI, HUANCAYO”

II. DESCRIPCIÓN DE LA CALICATA

02.01.00 Calicata N° : C-11
 02.02.00 Muestra del Estrato N° : 2
 02.03.00 Profundidad de la Muestra : 0,66 m
 02.04.00 Fecha de Extracción : 13/09/2017
 02.05.00 Fecha de Ensayo : 13/09/2017

III. CÁLCULO DE LA DENSIDAD DE CAMPO

N°	DATOS		und.
1	peso del recipiente	270,00	g
2	peso del recipiente + suelo húmedo	4902,00	g
3	peso de la arena + frasco	6583,00	g
4	peso de la arena que queda + frasco	1510,00	g
5	peso de la arena en embudo	1860,00	g
6	densidad de la arena	1,39	g/cm ³
7	contenido de humedad de la muestra	13,75	%
RESULTADOS			
8	peso del suelo húmedo	4632,00	g
9	peso del suelo neto	4632,00	g
10	peso neto de la arena empleada	3213,00	g
11	volumen del hueco	2311,51	cm ³
12	Densidad natural del suelo natural (γ_m)	2,00	g/cm ³
13	Densidad seca del suelo (γ_d)	1,76	g/cm ³

	FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA	UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
	DENSIDAD DE CAMPO - ASTM D - 1556	
	MÉTODO DEL CONO DE ARENA	
Elaborado tesistas: LIZBETH QUISPALAYA GUTARRA		

I. DATOS GENERALES

01.01.00 Proyecto de Tesis :
 “ANÁLISIS DE RIESGOS EN DESLIZAMIENTOS DE ZONAS RIBEREÑAS UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA (SIG) DEL BARRIO LIBERTAD, EN EL DISTRITO DE HUAYUCACHI, HUANCAYO”

II. DESCRIPCIÓN DE LA CALICATA

02.01.00 Calicata N° : C-12
 02.02.00 Muestra del Estrato N° : 2
 02.03.00 Profundidad de la Muestra : 1,10 m
 02.04.00 Fecha de Extracción : 13/09/2017
 02.05.00 Fecha de Ensayo : 13/09/2017

III. CÁLCULO DE LA DENSIDAD DE CAMPO

N°	DATOS		und.
1	peso del recipiente	270,00	g
2	peso del recipiente + suelo húmedo	4650,00	g
3	peso de la arena + frasco	6582,00	g
4	peso de la arena que queda + frasco	1510,00	g
5	peso de la arena en embudo	1860,00	g
6	densidad de la arena	1,39	g/cm ³
7	contenido de humedad de la muestra	13,27	%
RESULTADOS			
8	peso del suelo húmedo	4380,00	g
9	peso del suelo neto	4380,00	g
10	peso neto de la arena empleada	3212,00	g
11	volumen del hueco	2310,79	cm ³
12	Densidad natural del suelo natural (γ_m)	1,90	g/cm ³
13	Densidad seca del suelo (γ_d)	1,67	g/cm ³

ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL CONSOLIDADO- DRENADO (CD) C-01

I. DATOS GENERALES

PROYECTO DE TESIS: "ANÁLISIS DE RIESGOS EN DESLIZAMIENTOS DE ZONAS RIBEREÑAS UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) DEL BARRIO LIBERTAD, EN EL DISTRITO DE HUAYUCACHI, HUANCAYO"

II. DESCRIPCIÓN DE LA CALICATA

CALICATA Nº: C-01

MUESTRA DEL ESTRATO Nº: 2

FECHA ENSAYO: 16/12/17

PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA: 0,66 m

FECHA EXTRACCIÓN: 13/12/2017

DESCRIPCIÓN DE MUESTRA: Muestra alterada, reestructurada de acuerdo al análisis granulométrico por tamizado.

III. DATOS AL INICIO DEL ENSAYO

Clasificación SUCS

GC

Estado de la Muestra

Alterado

	Molde	Molde chico	Molde grande
Altura, cm		14,256	20,300
Diámetro, cm		7,142	10,000
Volumen, cm ³		571,12	1594,36
Molde usado			x

Foto antes de preparar especimen

ESPECIMEN 1: C01-1	
Foto final de la muestra	C01-1-desp.
Humedad Final	
Nombre de la tara (T)	30
1. Peso tara, g	110,90
2. Peso T+SW, g	253,10
3. Peso T+SS, g	235,10
4. W agua	18,00
5. W ss (suelo seco), g	124,20
6. Humedad (w%)	14,49

Condiciones iniciales	
1. Altura, cm	20,30
2. Diámetro, cm	10,00
3. Volumen, cm ³	1594,36
4. Peso de la muestra, g	3190,03
5. Densidad húmeda, g/cm ³	2,00
6. Densidad seca, g/cm ³	1,75

ESPECIMEN 2: C01-2	
Foto final de la muestra	C01-2-después
Humedad Final	
Nombre de la tara (T)	30
1. Peso tara, g	110,90
2. Peso T+SW, g	284,20
3. Peso T+SS, g	263,20
4. W agua	21,00
5. W ss (suelo seco), g	152,30
6. Humedad (w%)	13,79

Condiciones iniciales	
1. Altura, cm	20,30
2. Diámetro, cm	10,00
3. Volumen, cm ³	1594,36
4. Peso de la muestra, g	3190,03
5. Densidad húmeda, g/cm ³	2,00
6. Densidad seca, g/cm ³	1,76

ESPECIMEN 3: C01-3	
Foto final de la muestra	C01-3-después
Humedad Final	
Nombre de la tara (T)	8
1. Peso tara, g	119,20
2. Peso T+SW, g	349,00
3. Peso T+SS, g	321,30
4. W agua	27,70
5. W ss (suelo seco), g	202,10
6. Humedad (w%)	13,71

Condiciones iniciales	
1. Altura, cm	20,30
2. Diámetro, cm	10,00
3. Volumen, cm ³	1594,36
4. Peso de la muestra, g	3190,03
5. Densidad húmeda, g/cm ³	2,00
6. Densidad seca, g/cm ³	1,76

ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL CONSOLIDADO- DRENADO (CD) C-01

IV. CÁLCULO DE LOS ESFUERZOS DESVIADORES

Condiciones	Inicial	Final
Altura, cm	203,00	203,00
Diámetro, cm	10,00	10,00
Peso de la muestra, g	3190,03	3190,03
Humedad, %	14,49	14,49
Densidad seca, g/cm ³	1,75	1,75

ESPECIMEN 1: C01-1

área inicial, A _o	78,54	cm ²
Velocidad de corte	0,70	mm/min
Carga inicial, P	0,50	kg/cm ²

Cálculo de los esfuerzos desviadores

Dial def (mm)	anillo carga (kN)	anillo carga (kg)	Deform. Axial (%)	Area corregida (cm ²)	desviad. (kg/cm ²)
			$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_o}$	$A_c = \frac{A_o}{(1 - \varepsilon)}$	$\sigma_d = \frac{P}{A_c}$
0,00	0,00	0,00	0,00	78,54	0,00
0,10	0,11	11,22	0,05	78,58	0,14
0,20	0,15	15,31	0,10	78,62	0,19
0,30	0,16	16,33	0,15	78,66	0,21
0,40	0,18	18,37	0,20	78,69	0,23
0,50	0,20	20,41	0,25	78,73	0,26
0,60	0,21	21,43	0,30	78,77	0,27
0,70	0,23	23,47	0,34	78,81	0,30
0,80	0,25	25,51	0,39	78,85	0,32
0,90	0,27	27,55	0,44	78,89	0,35
1,00	0,28	28,57	0,49	78,93	0,36
1,50	0,33	33,67	0,74	79,12	0,43
2,00	0,38	38,78	0,99	79,32	0,49
2,50	0,43	43,88	1,23	79,52	0,55
3,00	0,46	46,94	1,48	79,72	0,59
3,50	0,50	51,02	1,72	79,92	0,64
4,00	0,53	54,08	1,97	80,12	0,68
4,50	0,56	57,14	2,22	80,32	0,71
5,00	0,59	60,20	2,46	80,52	0,75
6,00	0,65	66,33	2,96	80,93	0,82
7,00	0,69	70,41	3,45	81,34	0,87
8,00	0,73	74,49	3,94	81,76	0,91
9,00	0,78	79,59	4,43	82,18	0,97
10,00	0,80	81,63	4,93	82,61	0,99
12,00	0,87	88,78	5,91	83,47	1,06
14,00	0,91	92,86	6,90	84,36	1,10
16,00	0,97	98,98	7,88	85,26	1,16
18,00	1,02	104,08	8,87	86,18	1,21
20,00	1,07	109,18	9,85	87,12	1,25
22,00	1,12	114,29	10,84	88,09	1,30
24,00	1,17	119,39	11,82	89,07	1,34
26,00	1,21	123,47	12,81	90,08	1,37
28,00	1,28	130,61	13,79	91,11	1,43
30,00	1,35	137,76	14,78	92,16	1,49

ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL CONSOLIDADO- DRENADO (CD) C-01

IV. CÁLCULO DE LOS ESFUERZOS DESVIADORES

Condiciones	Inicial	Final
Altura, cm	203,00	203,00
Diámetro, cm	10,00	10,00
Peso de la muestra, g	3190,03	3190,03
Humedad, %	13,79	13,79
Densidad seca, g/cm ³	1,76	1,76

ESPECIMEN 2: C01-2

área inicial, A _o	78,54	cm ²
Velocidad de corte	0,70	mm/min
Carga inicial, P	1,00	kg/cm ²

Cálculo de los esfuerzos desviadores

Dial def (mm)	anillo carga (kN)	anillo carga (kg)	Deform. Axial (%)	Area corregida (cm ²)	desviad. (kg/cm ²)
			$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_o}$	$A_c = \frac{A_o}{(1 - \varepsilon)}$	$\sigma_d = \frac{P}{A_c}$
0,00	0,00	0,00	0,00	78,54	0,00
0,10	0,15	15,31	0,05	78,58	0,19
0,20	0,18	18,37	0,10	78,62	0,23
0,30	0,20	20,41	0,15	78,66	0,26
0,40	0,22	22,45	0,20	78,69	0,29
0,50	0,25	25,51	0,25	78,73	0,32
0,60	0,26	26,53	0,30	78,77	0,34
0,70	0,28	28,57	0,34	78,81	0,36
0,80	0,30	30,61	0,39	78,85	0,39
0,90	0,32	32,65	0,44	78,89	0,41
1,00	0,34	34,69	0,49	78,93	0,44
1,50	0,43	43,88	0,74	79,12	0,55
2,00	0,51	52,04	0,99	79,32	0,66
2,50	0,58	59,18	1,23	79,52	0,74
3,00	0,64	65,31	1,48	79,72	0,82
3,50	0,71	72,45	1,72	79,92	0,91
4,00	0,77	78,57	1,97	80,12	0,98
4,50	0,83	84,69	2,22	80,32	1,05
5,00	0,88	89,80	2,46	80,52	1,12
6,00	0,98	100,00	2,96	80,93	1,24
7,00	1,07	109,18	3,45	81,34	1,34
8,00	1,16	118,37	3,94	81,76	1,45
9,00	1,25	127,55	4,43	82,18	1,55
10,00	1,34	136,73	4,93	82,61	1,66
12,00	1,48	151,02	5,91	83,47	1,81
14,00	1,65	168,37	6,90	84,36	2,00
16,00	1,79	182,65	7,88	85,26	2,14
18,00	1,92	195,92	8,87	86,18	2,27
20,00	2,06	210,20	9,85	87,12	2,41
22,00	2,20	224,49	10,84	88,09	2,55
24,00	2,34	238,78	11,82	89,07	2,68
26,00	2,49	254,08	12,81	90,08	2,82
28,00	2,60	265,31	13,79	91,11	2,91
30,00	2,70	275,51	14,78	92,16	2,99

ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL CONSOLIDADO- DRENADO (CD) C-01

IV. CALCULO DE LOS ESFUERZOS DESVIADORES

Condiciones	Inicial	Final
Altura, cm	203,00	203,00
Diámetro, cm	10,00	10,00
Peso de la muestra, g	3190,03	3190,03
Humedad, %	13,71	13,71
Densidad seca, g/cm ³	1,76	1,76

ESPECIMEN 3: C01-3

área inicial, A _o	78,54	cm ²
Velocidad de corte	0,70	mm/min
Carga inicial, P	2,00	kg/cm ²

Cálculo de los esfuerzos desviadores

Dial def (mm)	anillo carga (kN)	anillo carga (kg)	Deform. Axial (%)	Area corregida (cm ²)	desviad. (kg/cm ²)
			$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_o}$	$A_c = \frac{A_o}{(1 - \varepsilon)}$	$\sigma_d = \frac{P}{A_c}$
0,00	0,00	0,00	0,00	78,54	0,00
0,10	0,21	21,43	0,05	78,58	0,27
0,20	0,25	25,51	0,10	78,62	0,32
0,30	0,29	29,59	0,15	78,66	0,38
0,40	0,33	33,67	0,20	78,69	0,43
0,50	0,36	36,73	0,25	78,73	0,47
0,60	0,40	40,82	0,30	78,77	0,52
0,70	0,44	44,90	0,34	78,81	0,57
0,80	0,47	47,96	0,39	78,85	0,61
0,90	0,50	51,02	0,44	78,89	0,65
1,00	0,53	54,08	0,49	78,93	0,69
1,50	0,69	70,41	0,74	79,12	0,89
2,00	0,83	84,69	0,99	79,32	1,07
2,50	0,96	97,96	1,23	79,52	1,23
3,00	1,09	111,22	1,48	79,72	1,40
3,50	1,21	123,47	1,72	79,92	1,54
4,00	1,33	135,71	1,97	80,12	1,69
4,50	1,44	146,94	2,22	80,32	1,83
5,00	1,54	157,14	2,46	80,52	1,95
6,00	1,73	176,53	2,96	80,93	2,18
7,00	1,92	195,92	3,45	81,34	2,41
8,00	2,10	214,29	3,94	81,76	2,62
9,00	2,26	230,61	4,43	82,18	2,81
10,00	2,43	247,96	4,93	82,61	3,00
12,00	2,74	279,59	5,91	83,47	3,35
14,00	3,02	308,16	6,90	84,36	3,65
16,00	3,31	337,76	7,88	85,26	3,96
18,00	3,59	366,33	8,87	86,18	4,25
20,00	3,87	394,39	9,85	87,12	4,53
22,00	4,14	422,45	10,84	88,09	4,80
24,00	4,42	450,51	11,82	89,07	5,06
26,00	4,69	478,57	12,81	90,08	5,31
28,00	4,97	506,63	13,79	91,11	5,56
30,00	5,24	534,69	14,78	92,16	5,80

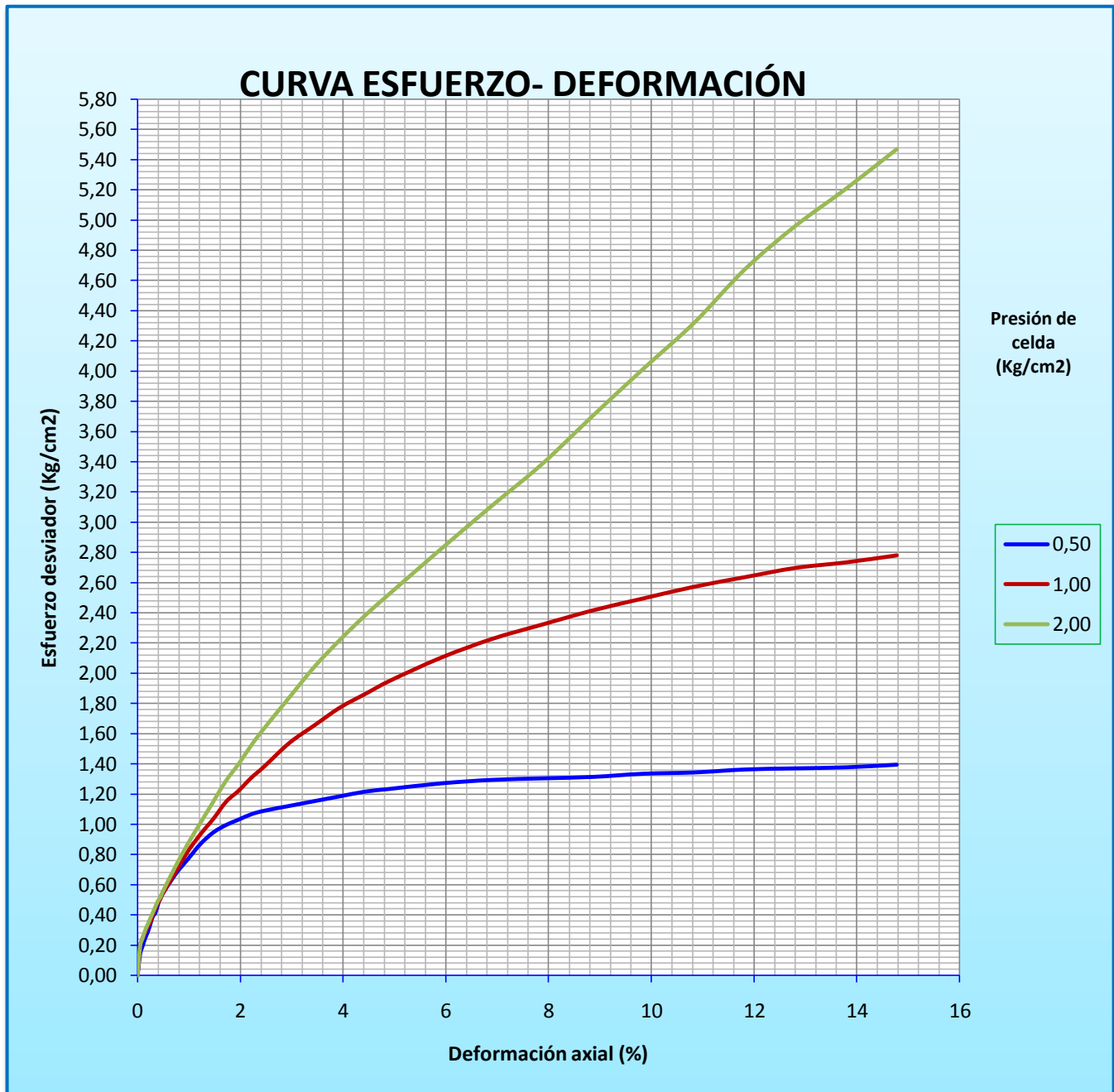
ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL CONSOLIDADO- DRENADO (CD) C-01

C-01	ESPECIMEN N° 1: C01-C1	ESPECIMEN N° 2: C1-02	ESPECIMEN N° 3: C01-03
velocidad (mm/min)	0,70	0,70	0,70
Presión de celda (kg/cm ²)	0,50	1,00	2,00

Lectura	Desplazam. (mm)	Esfuerzo desviador, KN	Desplazam. (mm)	Esfuerzo desviador, KN	Desplazam. (mm)	Esfuerzo desviador, KN
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,10	0,11	0,14	0,15	0,19	0,21	0,27
0,20	0,15	0,19	0,18	0,23	0,25	0,32
0,30	0,16	0,21	0,20	0,26	0,29	0,38
0,40	0,18	0,23	0,22	0,29	0,33	0,43
0,50	0,20	0,26	0,25	0,32	0,36	0,47
0,60	0,21	0,27	0,26	0,34	0,40	0,52
0,70	0,23	0,30	0,28	0,36	0,44	0,57
0,80	0,25	0,32	0,30	0,39	0,47	0,61
0,90	0,27	0,35	0,32	0,41	0,50	0,65
1,00	0,28	0,36	0,34	0,44	0,53	0,69
1,50	0,33	0,43	0,43	0,55	0,69	0,89
2,00	0,38	0,49	0,51	0,66	0,83	1,07
2,50	0,43	0,55	0,58	0,74	0,96	1,23
3,00	0,46	0,59	0,64	0,82	1,09	1,40
3,50	0,50	0,64	0,71	0,91	1,21	1,54
4,00	0,53	0,68	0,77	0,98	1,33	1,69
4,50	0,56	0,71	0,83	1,05	1,44	1,83
5,00	0,59	0,75	0,88	1,12	1,54	1,95
6,00	0,65	0,82	0,98	1,24	1,73	2,18
7,00	0,69	0,87	1,07	1,34	1,92	2,41
8,00	0,73	0,91	1,16	1,45	2,10	2,62
9,00	0,78	0,97	1,25	1,55	2,26	2,81
10,00	0,80	0,99	1,34	1,66	2,43	3,00
12,00	0,87	1,06	1,48	1,81	2,74	3,35
14,00	0,91	1,10	1,65	2,00	3,02	3,65
16,00	0,97	1,16	1,79	2,14	3,31	3,96
18,00	1,02	1,21	1,92	2,27	3,59	4,25
20,00	1,07	1,25	2,06	2,41	3,87	4,53
22,00	1,12	1,30	2,20	2,55	4,14	4,80
24,00	1,17	1,34	2,34	2,68	4,42	5,06
26,00	1,21	1,37	2,49	2,82	4,69	5,31
28,00	1,28	1,43	2,60	2,91	4,97	5,56
30,00	1,35	1,49	2,70	2,99	5,24	5,80

ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL CONSOLIDADO- DRENADO (CD) C-01

V. CURVAS ESFUERZO - DEFORMACIÓN



ESFUERZO DESVIADOR MÁXIMO al 14.78% de deformación máxima		
Presión de celda		
0,50	1,00	2,00
1,49	2,99	5,80

ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL CONSOLIDADO- DRENADO (CD) C-01

VI. CALCULO DE LOS PARAMETROS DE DISEÑO C y ϕ :

	Máx. def. axial		
Presión de Celda (Kg/cm^2) σ_3	0,50	1,00	2,00
Esfuerzo desviador máximo σ	1,49	2,99	5,80
Esfuerzo principal σ_1	1,99	3,99	7,80

LEYENDA

σ_3 : Presión de celda, presión de cámara, presión de confinamiento ó esfuerzo principal menor.

σ : Esfuerzo normal promedio, esfuerzo desviador ó presión axial adicional.

σ_1 : Esfuerzo principal mayor

De las ecuaciones :

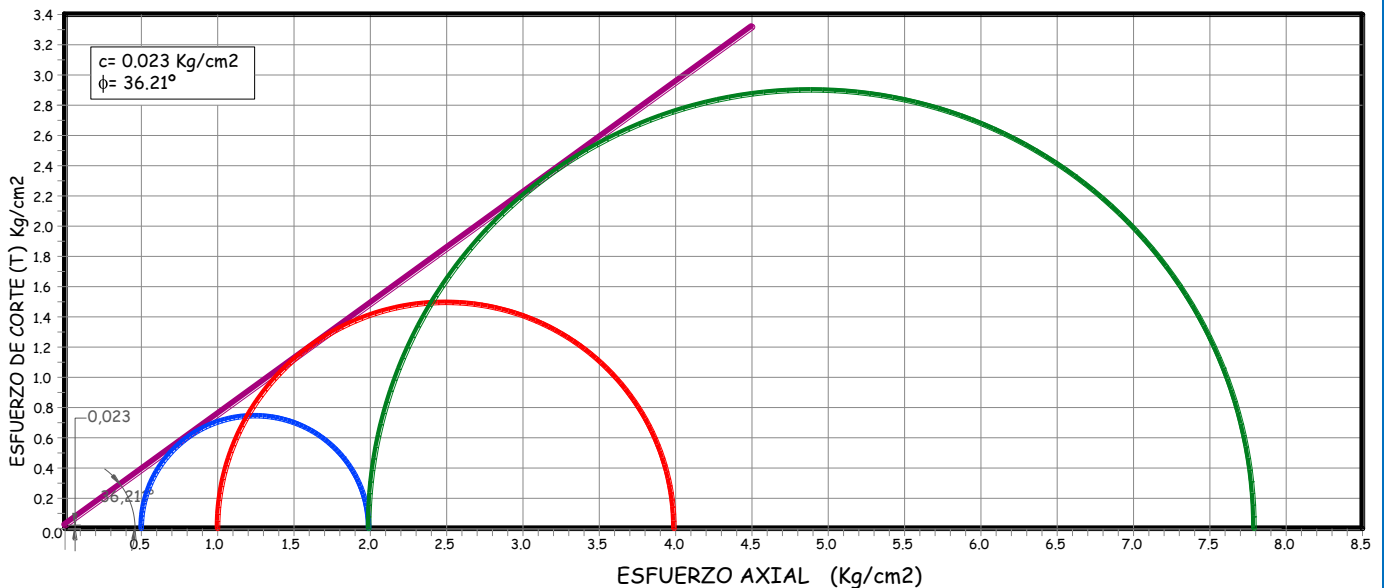
$$\sigma_1 = \sigma_3 N\phi + 2C\sqrt{N\phi} \quad \text{y} \quad N\phi = \text{tg}^2\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right)$$

$\sigma_{\text{desv.}}$ para 14.78% def. axial		
$N\phi$	ϕ	C
	g.sexag ^o	Kg/cm^2
3,99	36,81	0,000
3,81	35,76	0,045
3,87	36,12	0,015
prom.	36,23	0,005

0,48896

VII. CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO C y ϕ (gráficamente) :

C-01 al 14.78% de deformación axial



ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL CONSOLIDADO- DRENADO (CD) C-04

I. DATOS GENERALES

PROYECTO DE TESIS: "ANÁLISIS DE RIESGOS EN DESLIZAMIENTOS DE ZONAS RIBEREÑAS UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) DEL BARRIO LIBERTAD, EN EL DISTRITO DE HUAYUCACHI, HUANCAYO"

II. DESCRIPCIÓN DE LA CALICATA

CALICATA N°: C-04

MUESTRA DEL ESTRATO N°: 2

FECHA ENSAYO: 16/12/17

PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA: 1,60 m

FECHA EXTRACCIÓN: 13/12/2017

DESCRIPCIÓN DE MUESTRA: Muestra alterada, reestructurada de acuerdo al análisis granulométrico por tamizado.

III. DATOS AL INICIO DEL ENSAYO

Clasificación SUCS

ML

Estado de la Muestra

Alterado

Foto antes de preparar especimen

	Molde	Molde chico	Molde grande
Altura, cm		14,256	20,300
Diámetro, cm		7,142	10,000
Volumen, cm ³		571,12	1594,36
Molde usado			x

ESPECIMEN 1: C04-1	
Foto final de la muestra	C04-1-después

Humedad Final	
Nombre de la tara (T)	8
1. Peso tara, g	119,20
2. Peso T+SW, g	291,20
3. Peso T+SS, g	269,00
4. W agua	22,20
5. W ss (suelo seco), g	149,80
6. Humedad (w%)	14,82

Condiciones iniciales	
1. Altura, cm	20,30
2. Diámetro, cm	10,00
3. Volumen, cm ³	1594,36
4. Peso de la muestra, g	2647,00
5. Densidad húmeda, g/cm ³	1,66
6. Densidad seca, g/cm ³	1,45

ESPECIMEN 2: C04-2	
Foto final de la muestra	C04-2-después

Humedad Final	
Nombre de la tara (T)	101
1. Peso tara, g	182,60
2. Peso T+SW, g	329,80
3. Peso T+SS, g	310,90
4. W agua	18,90
5. W ss (suelo seco), g	128,30
6. Humedad (w%)	14,73

Condiciones iniciales	
1. Altura, cm	20,30
2. Diámetro, cm	10,00
3. Volumen, cm ³	1594,36
4. Peso de la muestra, g	2647,00
5. Densidad húmeda, g/cm ³	1,66
6. Densidad seca, g/cm ³	1,45

ESPECIMEN 3: C04-3	
Foto final de la muestra	C04-3-desp.

Humedad Final	
Nombre de la tara (T)	96
1. Peso tara, g	231,90
2. Peso T+SW, g	389,20
3. Peso T+SS, g	369,10
4. W agua	20,10
5. W ss (suelo seco), g	137,20
6. Humedad (w%)	14,65

Condiciones iniciales	
1. Altura, cm	20,30
2. Diámetro, cm	10,00
3. Volumen, cm ³	1594,36
4. Peso de la muestra, g	2647,00
5. Densidad húmeda, g/cm ³	1,66
6. Densidad seca, g/cm ³	1,45

ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL CONSOLIDADO- DRENADO (CD) C-04

IV. CÁLCULO DE LOS ESFUERZOS DESVIADORES

Condiciones del espec.	Inicial	Final
Altura, mm	203,00	203,00
Diámetro, cm	10,00	10,00
Peso de la muestra, g	2647,00	2647,00
Humedad, %	14,82	14,82
Densidad seca, g/cm ³	1,45	1,45

ESPECIMEN 1: C04-1

área inicial, A _o	78,54	cm ²
Velocidad de corte	0,70	mm/min
Carga inicial, P	0,50	kg/cm ²

Cálculo de los esfuerzos desviadores

Dial def (mm)	anillo carga (kN)	anillo carga (kg)	Deform. Axial (%)	Area corregida (cm ²)	desviad. (kg/cm ²)
			$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_o}$	$A_c = \frac{A_o}{(1-\varepsilon)}$	$\sigma_d = \frac{P}{A_c}$
0,00	0,00	0,00	0,00	78,54	0,00
0,10	0,11	11,22	0,05	78,58	0,14
0,20	0,15	15,31	0,10	78,62	0,19
0,30	0,16	16,33	0,15	78,66	0,21
0,40	0,18	18,37	0,20	78,69	0,23
0,50	0,20	20,41	0,25	78,73	0,26
0,60	0,21	21,43	0,30	78,77	0,27
0,70	0,23	23,47	0,34	78,81	0,30
0,80	0,25	25,51	0,39	78,85	0,32
0,90	0,27	27,55	0,44	78,89	0,35
1,00	0,28	28,57	0,49	78,93	0,36
1,50	0,33	33,67	0,74	79,12	0,43
2,00	0,38	38,78	0,99	79,32	0,49
2,50	0,43	43,88	1,23	79,52	0,55
3,00	0,46	46,94	1,48	79,72	0,59
3,50	0,50	51,02	1,72	79,92	0,64
4,00	0,53	54,08	1,97	80,12	0,68
4,50	0,56	57,14	2,22	80,32	0,71
5,00	0,59	60,20	2,46	80,52	0,75
6,00	0,65	66,33	2,96	80,93	0,82
7,00	0,68	69,39	3,45	81,34	0,85
8,00	0,71	72,45	3,94	81,76	0,89
9,00	0,74	75,51	4,43	82,18	0,92
10,00	0,76	77,55	4,93	82,61	0,94
12,00	0,80	81,63	5,91	83,47	0,98
14,00	0,83	84,69	6,90	84,36	1,00
16,00	0,85	86,73	7,88	85,26	1,02
18,00	0,88	89,80	8,87	86,18	1,04
20,00	0,90	91,84	9,85	87,12	1,05
22,00	0,93	94,90	10,84	88,09	1,08
24,00	0,96	97,96	11,82	89,07	1,10
26,00	0,98	100,00	12,81	90,08	1,11
28,00	0,99	101,02	13,79	91,11	1,11
30,00	1,00	102,04	14,78	92,16	1,11

ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL CONSOLIDADO- DRENADO (CD) C-04

IV. CÁLCULO DE LOS ESFUERZOS DESVIADORES

Condiciones del espec.	Inicial	Final
Altura, mm	203,00	203,00
Diámetro, cm	10,00	10,00
Peso de la muestra, g	2647,00	2647,00
Humedad, %	14,73	14,73
Densidad seca, g/cm ³	1,45	1,45

ESPECIMEN 2: C04-2

área inicial, A _o	78,54	cm ²
Velocidad de corte	0,70	mm/min
Carga inicial, P	1,00	kg/cm ²

Cálculo de los esfuerzos desviadores

Dial def (mm)	anillo carga (kN)	anillo carga (kg)	Deform. Axial (%)	Area corregida (cm ²)	desviad. (kg/cm ²)
			$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_o}$	$A_c = \frac{A_o}{(1 - \varepsilon)}$	$\sigma_d = \frac{P}{A_c}$
0,00	0,00	0,00	0,00	78,54	0,00
0,10	0,15	15,31	0,05	78,58	0,19
0,20	0,18	18,37	0,10	78,62	0,23
0,30	0,20	20,41	0,15	78,66	0,26
0,40	0,22	22,45	0,20	78,69	0,29
0,50	0,25	25,51	0,25	78,73	0,32
0,60	0,26	26,53	0,30	78,77	0,34
0,70	0,28	28,57	0,34	78,81	0,36
0,80	0,30	30,61	0,39	78,85	0,39
0,90	0,32	32,65	0,44	78,89	0,41
1,00	0,34	34,69	0,49	78,93	0,44
1,50	0,43	43,88	0,74	79,12	0,55
2,00	0,51	52,04	0,99	79,32	0,66
2,50	0,58	59,18	1,23	79,52	0,74
3,00	0,64	65,31	1,48	79,72	0,82
3,50	0,71	72,45	1,72	79,92	0,91
4,00	0,77	78,57	1,97	80,12	0,98
4,50	0,83	84,69	2,22	80,32	1,05
5,00	0,88	89,80	2,46	80,52	1,12
6,00	0,98	100,00	2,96	80,93	1,24
7,00	1,07	109,18	3,45	81,34	1,34
8,00	1,15	117,35	3,94	81,76	1,44
9,00	1,21	123,47	4,43	82,18	1,50
10,00	1,26	128,57	4,93	82,61	1,56
12,00	1,34	136,73	5,91	83,47	1,64
14,00	1,40	142,86	6,90	84,36	1,69
16,00	1,46	148,98	7,88	85,26	1,75
18,00	1,53	156,12	8,87	86,18	1,81
20,00	1,58	161,22	9,85	87,12	1,85
22,00	1,63	166,33	10,84	88,09	1,89
24,00	1,68	171,43	11,82	89,07	1,92
26,00	1,72	175,51	12,81	90,08	1,95
28,00	1,77	180,61	13,79	91,11	1,98
30,00	1,80	183,67	14,78	92,16	1,99

ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL CONSOLIDADO- DRENADO (CD) C-04

IV. CALCULO DE LOS ESFUERZOS DESVIADORES

Condiciones del espec.	Inicial	Final
Altura, mm	203,00	203,00
Diámetro, cm	10,00	10,00
Peso de la muestra, g	2647,00	2647,00
Humedad, %	14,65	14,65
Densidad seca, g/cm ³	1,45	1,45

ESPECIMEN 3: C04-3

área inicial, A _o	78,54	cm ²
Velocidad de corte	0,70	mm/min
Carga inicial, P	2,00	kg/cm ²

Cálculo de los esfuerzos desviadores

Dial def (mm)	anillo carga (kN)	anillo carga (kg)	Deform. Axial (%)	Area corregida (cm ²)	desviad. (kg/cm ²)
			$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_o}$	$A_c = \frac{A_o}{(1 - \varepsilon)}$	$\sigma_d = \frac{P}{A_c}$
0,00	0,00	0,00	0,00	78,54	0,00
0,10	0,12	12,24	0,05	78,58	0,16
0,20	0,25	25,51	0,10	78,62	0,32
0,30	0,29	29,59	0,15	78,66	0,38
0,40	0,33	33,67	0,20	78,69	0,43
0,50	0,36	36,73	0,25	78,73	0,47
0,60	0,40	40,82	0,30	78,77	0,52
0,70	0,44	44,90	0,34	78,81	0,57
0,80	0,47	47,96	0,39	78,85	0,61
0,90	0,50	51,02	0,44	78,89	0,65
1,00	0,53	54,08	0,49	78,93	0,69
1,50	0,69	70,41	0,74	79,12	0,89
2,00	0,83	84,69	0,99	79,32	1,07
2,50	0,96	97,96	1,23	79,52	1,23
3,00	1,04	106,12	1,48	79,72	1,33
3,50	1,14	116,33	1,72	79,92	1,46
4,00	1,21	123,47	1,97	80,12	1,54
4,50	1,28	130,61	2,22	80,32	1,63
5,00	1,34	136,73	2,46	80,52	1,70
6,00	1,44	146,94	2,96	80,93	1,82
7,00	1,54	157,14	3,45	81,34	1,93
8,00	1,64	167,35	3,94	81,76	2,05
9,00	1,74	177,55	4,43	82,18	2,16
10,00	1,84	187,76	4,93	82,61	2,27
12,00	2,03	207,14	5,91	83,47	2,48
14,00	2,22	226,53	6,90	84,36	2,69
16,00	2,43	247,96	7,88	85,26	2,91
18,00	2,62	267,35	8,87	86,18	3,10
20,00	2,78	283,67	9,85	87,12	3,26
22,00	2,94	300,00	10,84	88,09	3,41
24,00	3,10	316,33	11,82	89,07	3,55
26,00	3,23	329,59	12,81	90,08	3,66
28,00	3,34	340,82	13,79	91,11	3,74
30,00	3,45	352,04	14,78	92,16	3,82

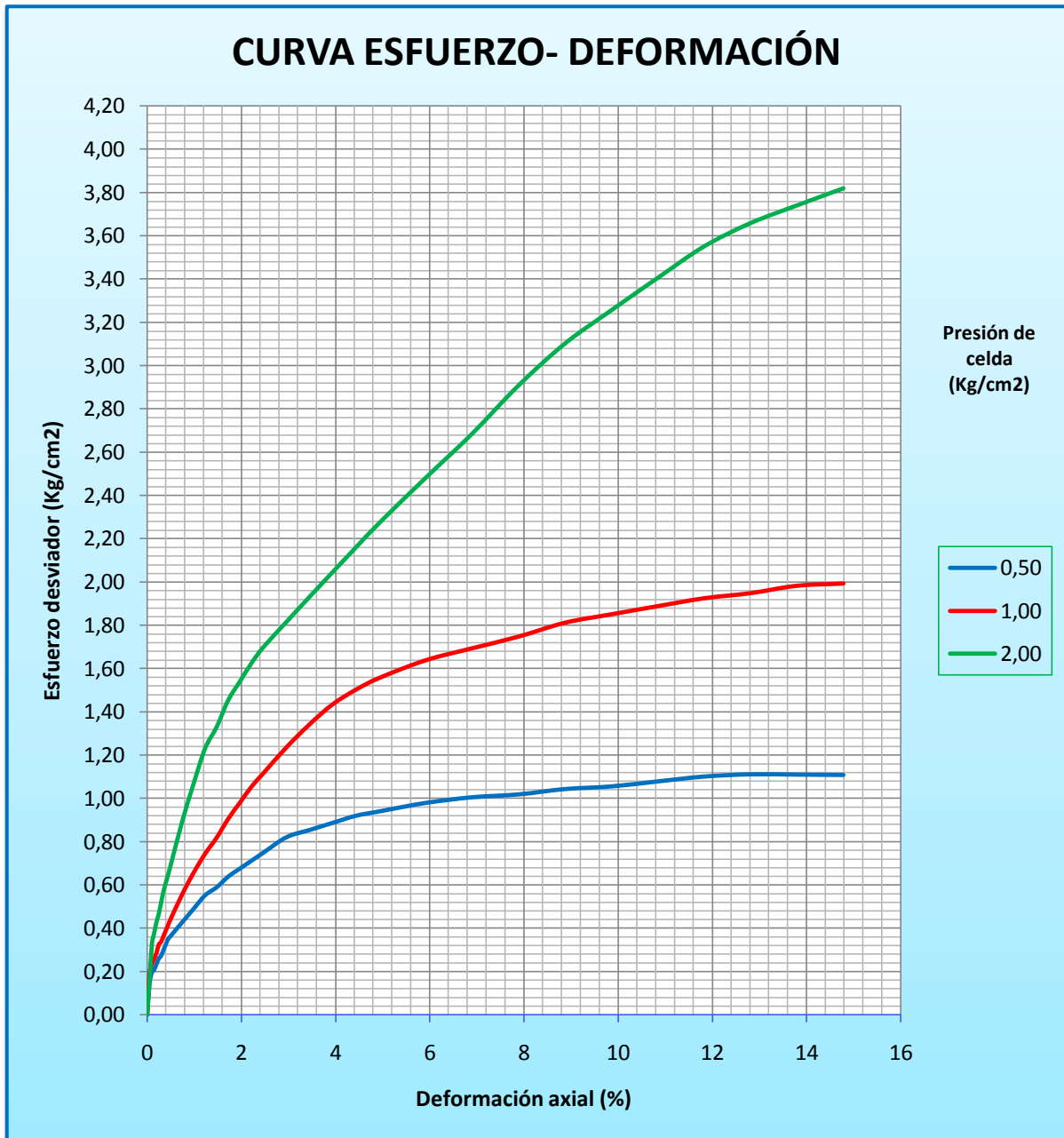
ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL CONSOLIDADO- DRENADO (CD) C-04

C-04	ESPECIMEN 1: C04-1	ESPECIMEN 2: C4-2	ESPECIMEN 3: C04-3
velocidad (mm/min)	0,70	0,70	0,70
Presión de celda (Kg/cm ²)	0,50	1,00	2,00

Lectura	Desplazam. (mm)	Esfuerzo desviador, KN	Desplazam. (mm)	Esfuerzo desviador, KN	Desplazam. (mm)	Esfuerzo desviador, KN
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,10	0,11	0,14	0,15	0,19	0,12	0,16
0,20	0,15	0,19	0,18	0,23	0,25	0,32
0,30	0,16	0,21	0,20	0,26	0,29	0,38
0,40	0,18	0,23	0,22	0,29	0,33	0,43
0,50	0,20	0,26	0,25	0,32	0,36	0,47
0,60	0,21	0,27	0,26	0,34	0,40	0,52
0,70	0,23	0,30	0,28	0,36	0,44	0,57
0,80	0,25	0,32	0,30	0,39	0,47	0,61
0,90	0,27	0,35	0,32	0,41	0,50	0,65
1,00	0,28	0,36	0,34	0,44	0,53	0,69
1,50	0,33	0,43	0,43	0,55	0,69	0,89
2,00	0,38	0,49	0,51	0,66	0,83	1,07
2,50	0,43	0,55	0,58	0,74	0,96	1,23
3,00	0,46	0,59	0,64	0,82	1,04	1,33
3,50	0,50	0,64	0,71	0,91	1,14	1,46
4,00	0,53	0,68	0,77	0,98	1,21	1,54
4,50	0,56	0,71	0,83	1,05	1,28	1,63
5,00	0,59	0,75	0,88	1,12	1,34	1,70
6,00	0,65	0,82	0,98	1,24	1,44	1,82
7,00	0,68	0,85	1,07	1,34	1,54	1,93
8,00	0,71	0,89	1,15	1,44	1,64	2,05
9,00	0,74	0,92	1,21	1,50	1,74	2,16
10,00	0,76	0,94	1,26	1,56	1,84	2,27
12,00	0,80	0,98	1,34	1,64	2,03	2,48
14,00	0,83	1,00	1,40	1,69	2,22	2,69
16,00	0,85	1,02	1,46	1,75	2,43	2,91
18,00	0,88	1,04	1,53	1,81	2,62	3,10
20,00	0,90	1,05	1,58	1,85	2,78	3,26
22,00	0,93	1,08	1,63	1,89	2,94	3,41
24,00	0,96	1,10	1,68	1,92	3,10	3,55
26,00	0,98	1,11	1,72	1,95	3,23	3,66
28,00	0,99	1,11	1,77	1,98	3,34	3,74
30,00	1,00	1,11	1,80	1,99	3,45	3,82

ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL CONSOLIDADO- DRENADO (CD) C-04

V. CURVAS ESFUERZO - DEFORMACIÓN



ESFUERZO DESVIADOR MÁXIMO		
al 14.78% deformación		
Presión de celda (kg/cm ²)		
0,50	1,00	2,00
1,11	1,99	3,82

ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL CONSOLIDADO- DRENADO (CD) C-04

VI. CALCULO DE LOS PARAMETROS DE DISEÑO C y ϕ :

	Máx. def. axial		
Presión de Celda (Kg/cm^2) σ_3	0,50	1,00	2,00
Esfuerzo desviador máximo σ	1,11	1,99	3,82
Esfuerzo principal σ_1	1,61	2,99	5,82

LEYENDA

- σ_3 : Presión de celda, presión de cámara, presión de confinamiento ó esfuerzo principal menor.
 σ : Esfuerzo normal promedio, esfuerzo desviador ó presión axial adicional.
 σ_1 : Esfuerzo principal mayor

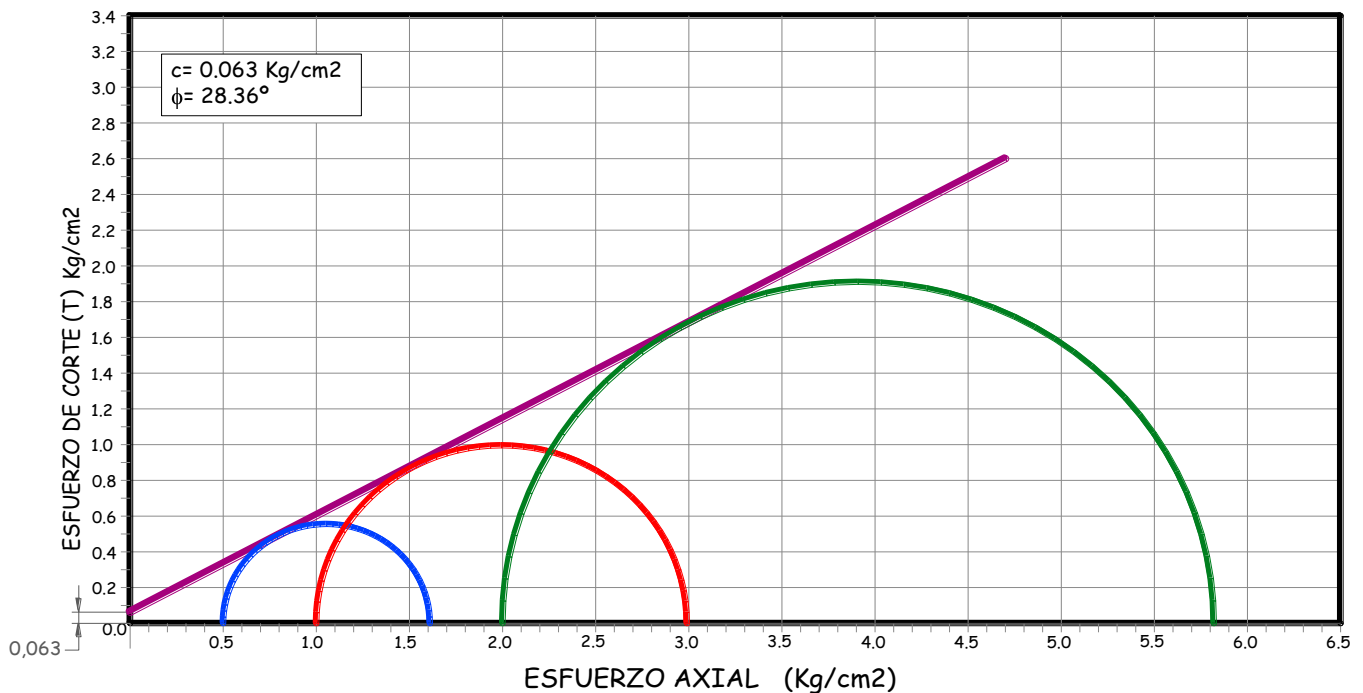
De las ecuaciones :

$$\sigma_1 = \sigma_3 N\phi + 2C\sqrt{N\phi} \quad \text{y} \quad N\phi = \text{tg}^2\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right)$$

$\sigma_{\text{desv.}}$ al 14.78% def. axial			
$N\phi$	ϕ	C	
	o	kg/cm^2	
2,77	27,96	0,068	
2,83	28,51	0,049	
2,81	28,33	0,062	
prom.	2,80	28,27	0,066

VII. CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO C y ϕ (gráficamente) :

C-04 al 14.78% de deformación axial



ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL CONSOLIDADO- DRENADO (CD) C-06

I. DATOS GENERALES

PROYECTO DE TESIS: "ANÁLISIS DE RIESGOS EN DESLIZAMIENTOS DE ZONAS RIBEREÑAS UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) DEL BARRIO LIBERTAD, EN EL DISTRITO DE HUAYUCACHI, HUANCAYO"

II. DESCRIPCIÓN DE LA CALICATA

CALICATA Nº: C-06

FECHA ENSAYO: 16/09/17

PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA: **FECHA EXTRACCIÓN:** 13/09/2017 **MUESTRA DEL ESTRATO Nº: 2**

DESCRIPCIÓN DE MUESTRA: Muestra alterada, reestructurada de acuerdo al análisis granulométrico por tamizado.

III. DATOS AL INICIO DEL ENSAYO

Clasificación SUCS

GM

Estado de la Muestra

Alterado

Foto antes de preparar especimen

	Molde	Molde chico	Molde grande
Altura, cm		14,256	20,300
Diámetro, cm		7,142	10,000
Volumen, cm ³		571,12	1594,36
Molde usado			x

ESPECIMEN 1: C06-1	
Foto final de la muestra	C06-1-desp.
Humedad Final	
Nombre de la tara (T)	30
1. Peso tara, g	110,90
2. Peso T+SW, g	253,10
3. Peso T+SS, g	235,10
4. W agua	18,00
5. W ss (suelo seco), g	124,20
6. Humedad (w%)	14,49

Condiciones iniciales	
1. Altura, cm	20,30
2. Diámetro, cm	10,00
3. Volumen, cm ³	1594,36
4. Peso de la muestra, g	3029,36
5. Densidad húmeda, g/cm ³	1,90
6. Densidad seca, g/cm ³	1,66

ESPECIMEN 2: C06-2	
Foto final de la muestra	C06-2-después
Humedad Final	
Nombre de la tara (T)	30
1. Peso tara, g	110,90
2. Peso T+SW, g	284,20
3. Peso T+SS, g	263,20
4. W agua	21,00
5. W ss (suelo seco), g	152,30
6. Humedad (w%)	13,79

Condiciones iniciales	
1. Altura, cm	20,30
2. Diámetro, cm	10,00
3. Volumen, cm ³	1594,36
4. Peso de la muestra, g	3029,36
5. Densidad húmeda, g/cm ³	1,90
6. Densidad seca, g/cm ³	1,67

ESPECIMEN 3: C06-3	
Foto final de la muestra	C06-3-después
Humedad Final	
Nombre de la tara (T)	8
1. Peso tara, g	119,20
2. Peso T+SW, g	349,00
3. Peso T+SS, g	321,30
4. W agua	27,70
5. W ss (suelo seco), g	202,10
6. Humedad (w%)	13,71

Condiciones iniciales	
1. Altura, cm	20,30
2. Diámetro, cm	10,00
3. Volumen, cm ³	1594,36
4. Peso de la muestra, g	3029,36
5. Densidad húmeda, g/cm ³	1,90
6. Densidad seca, g/cm ³	1,67

ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL CONSOLIDADO- DRENADO (CD) C-06

IV. CÁLCULO DE LOS ESFUERZOS DESVIADORES

Condiciones	Inicial	Final
Altura, cm	203,00	203,00
Diámetro, cm	10,00	10,00
Peso de la muestra, g	3029,36	3029,36
Humedad, %	14,49	14,49
Densidad seca, g/cm ³	1,66	1,66

ESPECIMEN 1: C06-1

área inicial, A _o	78,54	cm ²
Velocidad de corte	0,70	mm/min
Carga inicial, P	0,50	kg/cm ²

Cálculo de los esfuerzos desviadores

Dial def (mm)	anillo carga (kN)	anillo carga (kg)	Deform. Axial (%)	Area corregida (cm ²)	desviad. (kg/cm ²)
			$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_o}$	$A_c = \frac{A_o}{(1-\varepsilon)}$	$\sigma_d = \frac{P}{A_c}$
0,00	0,00	0,00	0,00	78,54	0,00
0,10	0,11	11,22	0,05	78,58	0,14
0,20	0,15	15,31	0,10	78,62	0,19
0,30	0,19	19,39	0,15	78,66	0,25
0,40	0,22	22,45	0,20	78,69	0,29
0,50	0,26	26,53	0,25	78,73	0,34
0,60	0,30	30,61	0,30	78,77	0,39
0,70	0,32	32,65	0,34	78,81	0,41
0,80	0,36	36,73	0,39	78,85	0,47
0,90	0,40	40,82	0,44	78,89	0,52
1,00	0,42	42,86	0,49	78,93	0,54
1,50	0,52	53,06	0,74	79,12	0,67
2,00	0,60	61,22	0,99	79,32	0,77
2,50	0,68	69,39	1,23	79,52	0,87
3,00	0,74	75,51	1,48	79,72	0,95
3,50	0,78	79,59	1,72	79,92	1,00
4,00	0,81	82,65	1,97	80,12	1,03
4,50	0,84	85,71	2,22	80,32	1,07
5,00	0,86	87,76	2,46	80,52	1,09
6,00	0,89	90,82	2,96	80,93	1,12
7,00	0,92	93,88	3,45	81,34	1,15
8,00	0,95	96,94	3,94	81,76	1,19
9,00	0,98	100,00	4,43	82,18	1,22
10,00	1,00	102,04	4,93	82,61	1,24
12,00	1,04	106,12	5,91	83,47	1,27
14,00	1,07	109,18	6,90	84,36	1,29
16,00	1,09	111,22	7,88	85,26	1,30
18,00	1,11	113,27	8,87	86,18	1,31
20,00	1,14	116,33	9,85	87,12	1,34
22,00	1,16	118,37	10,84	88,09	1,34
24,00	1,19	121,43	11,82	89,07	1,36
26,00	1,21	123,47	12,81	90,08	1,37
28,00	1,23	125,51	13,79	91,11	1,38
30,00	1,26	128,57	14,78	92,16	1,40

ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL CONSOLIDADO- DRENADO (CD) C-06

IV. CÁLCULO DE LOS ESFUERZOS DESVIADORES

Condiciones	Inicial	Final
Altura, cm	203,00	203,00
Diámetro, cm	10,00	10,00
Peso de la muestra, g	3029,36	3029,36
Humedad, %	13,79	13,79
Densidad seca, g/cm ³	1,67	1,67

ESPECIMEN 2: C06-2

área inicial, A _o	78,54	cm ²
Velocidad de corte	0,70	mm/min
Carga inicial, P	1,00	kg/cm ²

Cálculo de los esfuerzos desviadores

Dial def (mm)	anillo carga (kN)	anillo carga (kg)	Deform. Axial (%)	Area corregida (cm ²)	desviad. (kg/cm ²)
			$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_o}$	$A_c = \frac{A_o}{(1 - \varepsilon)}$	$\sigma_d = \frac{P}{A_c}$
0,00	0,00	0,00	0,00	78,54	0,00
0,10	0,15	15,31	0,05	78,58	0,19
0,20	0,19	19,39	0,10	78,62	0,25
0,30	0,22	22,45	0,15	78,66	0,29
0,40	0,25	25,51	0,20	78,69	0,32
0,50	0,27	27,55	0,25	78,73	0,35
0,60	0,31	31,63	0,30	78,77	0,40
0,70	0,34	34,69	0,34	78,81	0,44
0,80	0,37	37,76	0,39	78,85	0,48
0,90	0,39	39,80	0,44	78,89	0,50
1,00	0,42	42,86	0,49	78,93	0,54
1,50	0,53	54,08	0,74	79,12	0,68
2,00	0,64	65,31	0,99	79,32	0,82
2,50	0,73	74,49	1,23	79,52	0,94
3,00	0,81	82,65	1,48	79,72	1,04
3,50	0,90	91,84	1,72	79,92	1,15
4,00	0,96	97,96	1,97	80,12	1,22
4,50	1,03	105,10	2,22	80,32	1,31
5,00	1,09	111,22	2,46	80,52	1,38
6,00	1,22	124,49	2,96	80,93	1,54
7,00	1,32	134,69	3,45	81,34	1,66
8,00	1,42	144,90	3,94	81,76	1,77
9,00	1,50	153,06	4,43	82,18	1,86
10,00	1,58	161,22	4,93	82,61	1,95
12,00	1,72	175,51	5,91	83,47	2,10
14,00	1,84	187,76	6,90	84,36	2,23
16,00	1,94	197,96	7,88	85,26	2,32
18,00	2,04	208,16	8,87	86,18	2,42
20,00	2,13	217,35	9,85	87,12	2,49
22,00	2,22	226,53	10,84	88,09	2,57
24,00	2,30	234,69	11,82	89,07	2,63
26,00	2,38	242,86	12,81	90,08	2,70
28,00	2,44	248,98	13,79	91,11	2,73
30,00	2,51	256,12	14,78	92,16	2,78

ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL CONSOLIDADO- DRENADO (CD) C-06

IV. CALCULO DE LOS ESFUERZOS DESVIADORES

Condiciones	Inicial	Final
Altura, cm	203,00	203,00
Diámetro, cm	10,00	10,00
Peso de la muestra, g	3029,36	3029,36
Humedad, %	13,71	13,71
Densidad seca, g/cm ³	1,67	1,67

ESPECIMEN 3: C06-3

área inicial, A _o	78,54	cm ²
Velocidad de corte	0,70	mm/min
Carga inicial, P	2,00	kg/cm ²

Cálculo de los esfuerzos desviadores

Dial def (mm)	anillo carga (kN)	anillo carga (kg)	Deform. Axial (%) $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_o}$	Area corregida (cm ²) $A_c = \frac{A_o}{(1-\varepsilon)}$	desviad. (kg/cm ²) $\sigma_d = \frac{P}{A_c}$
0,00	0,00	0,00	0,00	78,54	0,00
0,10	0,15	15,31	0,05	78,58	0,19
0,20	0,19	19,39	0,10	78,62	0,25
0,30	0,23	23,47	0,15	78,66	0,30
0,40	0,26	26,53	0,20	78,69	0,34
0,50	0,29	29,59	0,25	78,73	0,38
0,60	0,32	32,65	0,30	78,77	0,41
0,70	0,35	35,71	0,34	78,81	0,45
0,80	0,38	38,78	0,39	78,85	0,49
0,90	0,40	40,82	0,44	78,89	0,52
1,00	0,43	43,88	0,49	78,93	0,56
1,50	0,56	57,14	0,74	79,12	0,72
2,00	0,68	69,39	0,99	79,32	0,87
2,50	0,79	80,61	1,23	79,52	1,01
3,00	0,90	91,84	1,48	79,72	1,15
3,50	1,01	103,06	1,72	79,92	1,29
4,00	1,10	112,24	1,97	80,12	1,40
4,50	1,20	122,45	2,22	80,32	1,52
5,00	1,29	131,63	2,46	80,52	1,63
6,00	1,46	148,98	2,96	80,93	1,84
7,00	1,63	166,33	3,45	81,34	2,04
8,00	1,78	181,63	3,94	81,76	2,22
9,00	1,92	195,92	4,43	82,18	2,38
10,00	2,05	209,18	4,93	82,61	2,53
12,00	2,31	235,71	5,91	83,47	2,82
14,00	2,57	262,24	6,90	84,36	3,11
16,00	2,83	288,78	7,88	85,26	3,39
18,00	3,13	319,39	8,87	86,18	3,71
20,00	3,43	350,00	9,85	87,12	4,02
22,00	3,73	380,61	10,84	88,09	4,32
24,00	4,08	416,33	11,82	89,07	4,67
26,00	4,38	446,94	12,81	90,08	4,96
28,00	4,65	474,49	13,79	91,11	5,21
30,00	4,94	504,08	14,78	92,16	5,47

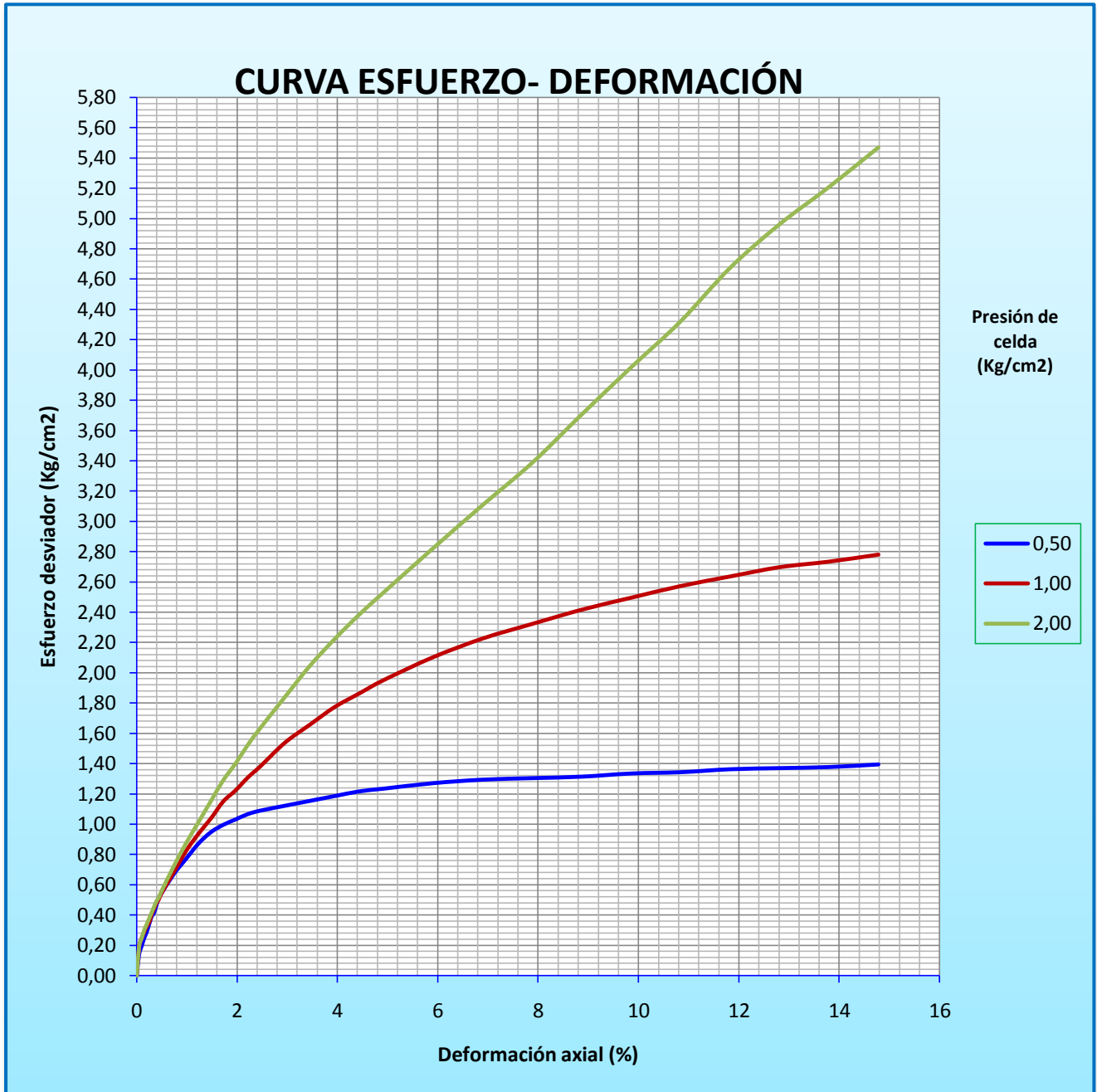
ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL CONSOLIDADO- DRENADO (CD) C-06

C-06	ESPECIMEN N° 1: C06-C1	ESPECIMEN N° 2: C6-02	ESPECIMEN N° 3: C06-03
velocidad (mm/min)	0,70	0,70	0,70
Presión de celda (Kg/cm ²)	0,50	1,00	2,00

Lectura	Desplazam. (mm)	Esfuerzo desviador, KN	Desplazam. (mm)	Esfuerzo desviador, KN	Desplazam. (mm)	Esfuerzo desviador, KN
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,10	0,11	0,14	0,15	0,19	0,15	0,19
0,20	0,15	0,19	0,19	0,25	0,19	0,25
0,30	0,19	0,25	0,22	0,29	0,23	0,30
0,40	0,22	0,29	0,25	0,32	0,26	0,34
0,50	0,26	0,34	0,27	0,35	0,29	0,38
0,60	0,30	0,39	0,31	0,40	0,32	0,41
0,70	0,32	0,41	0,34	0,44	0,35	0,45
0,80	0,36	0,47	0,37	0,48	0,38	0,49
0,90	0,40	0,52	0,39	0,50	0,40	0,52
1,00	0,42	0,54	0,42	0,54	0,43	0,56
1,50	0,52	0,67	0,53	0,68	0,56	0,72
2,00	0,60	0,77	0,64	0,82	0,68	0,87
2,50	0,68	0,87	0,73	0,94	0,79	1,01
3,00	0,74	0,95	0,81	1,04	0,90	1,15
3,50	0,78	1,00	0,90	1,15	1,01	1,29
4,00	0,81	1,03	0,96	1,22	1,10	1,40
4,50	0,84	1,07	1,03	1,31	1,20	1,52
5,00	0,86	1,09	1,09	1,38	1,29	1,63
6,00	0,89	1,12	1,22	1,54	1,46	1,84
7,00	0,92	1,15	1,32	1,66	1,63	2,04
8,00	0,95	1,19	1,42	1,77	1,78	2,22
9,00	0,98	1,22	1,50	1,86	1,92	2,38
10,00	1,00	1,24	1,58	1,95	2,05	2,53
12,00	1,04	1,27	1,72	2,10	2,31	2,82
14,00	1,07	1,29	1,84	2,23	2,57	3,11
16,00	1,09	1,30	1,94	2,32	2,83	3,39
18,00	1,11	1,31	2,04	2,42	3,13	3,71
20,00	1,14	1,34	2,13	2,49	3,43	4,02
22,00	1,16	1,34	2,22	2,57	3,73	4,32
24,00	1,19	1,36	2,30	2,63	4,08	4,67
26,00	1,21	1,37	2,38	2,70	4,38	4,96
28,00	1,23	1,38	2,44	2,73	4,65	5,21
30,00	1,26	1,40	2,51	2,78	4,94	5,47

ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL CONSOLIDADO- DRENADO (CD) C-06

V. CURVAS ESFUERZO - DEFORMACIÓN



ESFUERZO DESVIADOR MÁXIMO		
al 14,78% de deformación máxima		
Presión de celda		
0,50	1,00	2,00
1,40	2,78	5,47

ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL CONSOLIDADO- DRENADO (CD) C-06

VI. CALCULO DE LOS PARAMETROS DE DISEÑO C y ϕ :

	Máx. def. axial		
	0,50	1,00	2,00
Presión de Celda (Kg/cm²) σ_3	0,50	1,00	2,00
Esfuerzo desviador máximo σ	1,40	2,78	5,47
Esfuerzo principal σ_1	1,90	3,78	7,47

LEYENDA

σ_3 : Presión de celda, presión de cámara, presión de confinamiento ó esfuerzo principal menor.

σ : Esfuerzo normal promedio, esfuerzo desviador ó presión axial adicional.

σ_1 : Esfuerzo principal mayor

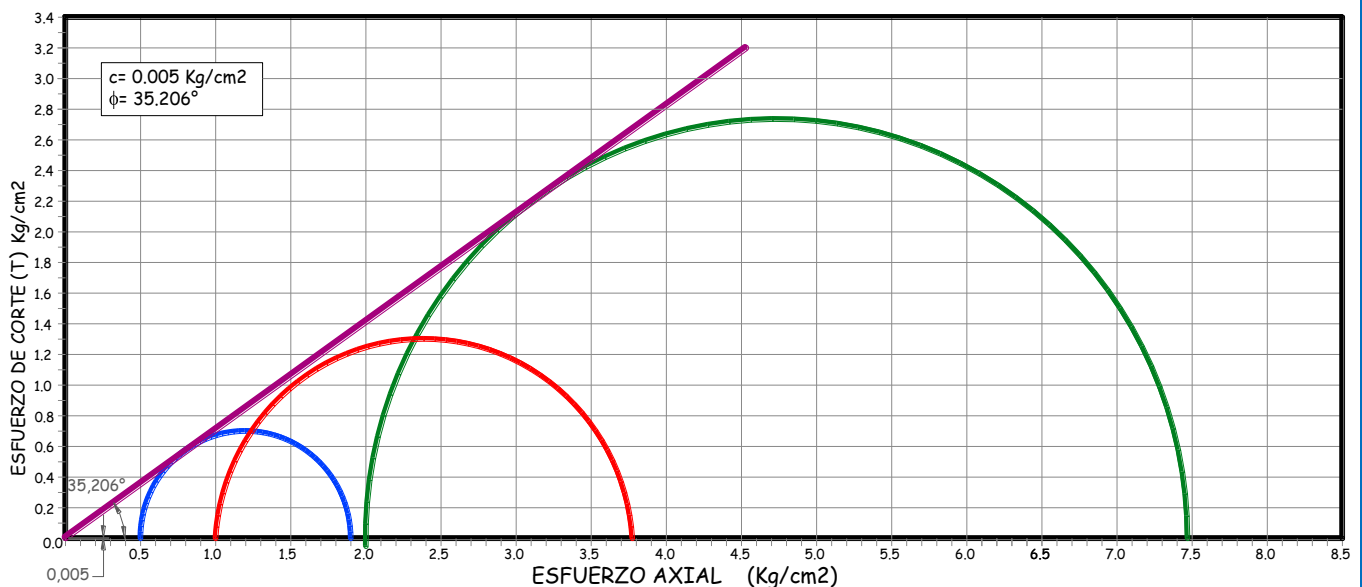
De las ecuaciones :

$$\sigma_1 = \sigma_3 N\phi + 2C\sqrt{N\phi} \quad \text{y} \quad N\phi = tg^2\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right)$$

$\sigma_{desv.}$ para 14.78% def. axial		
$N\phi$	ϕ	C
	gr.sexag ^o	Kg/cm ²
3,77	35,49	0,003
3,69	35,00	0,023
3,72	35,17	0,010
prom.	35,22	0,005

VII. CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO C y ϕ (gráficamente) :

C-06 al 14.78% de deformación axial



RESUMEN DE ENSAYO TRIAXIAL

		CALICATA C-01 (2)	CALICATA C-04 (2)	CALICATA C-06 (2)
Clasificación SUCS		GC	ML	GM
ángulo de fricción	°	36,23	28,27	35,22
Cohesión	KPa	0,48896	6,45806	0,49974

		CALICATA C-05 (1)	CALICATA C-07 (2)
Clasificación SUCS		SM	CL
ángulo de fricción	°	29,00	26,50
Cohesión	KPa	0,00000	147,00

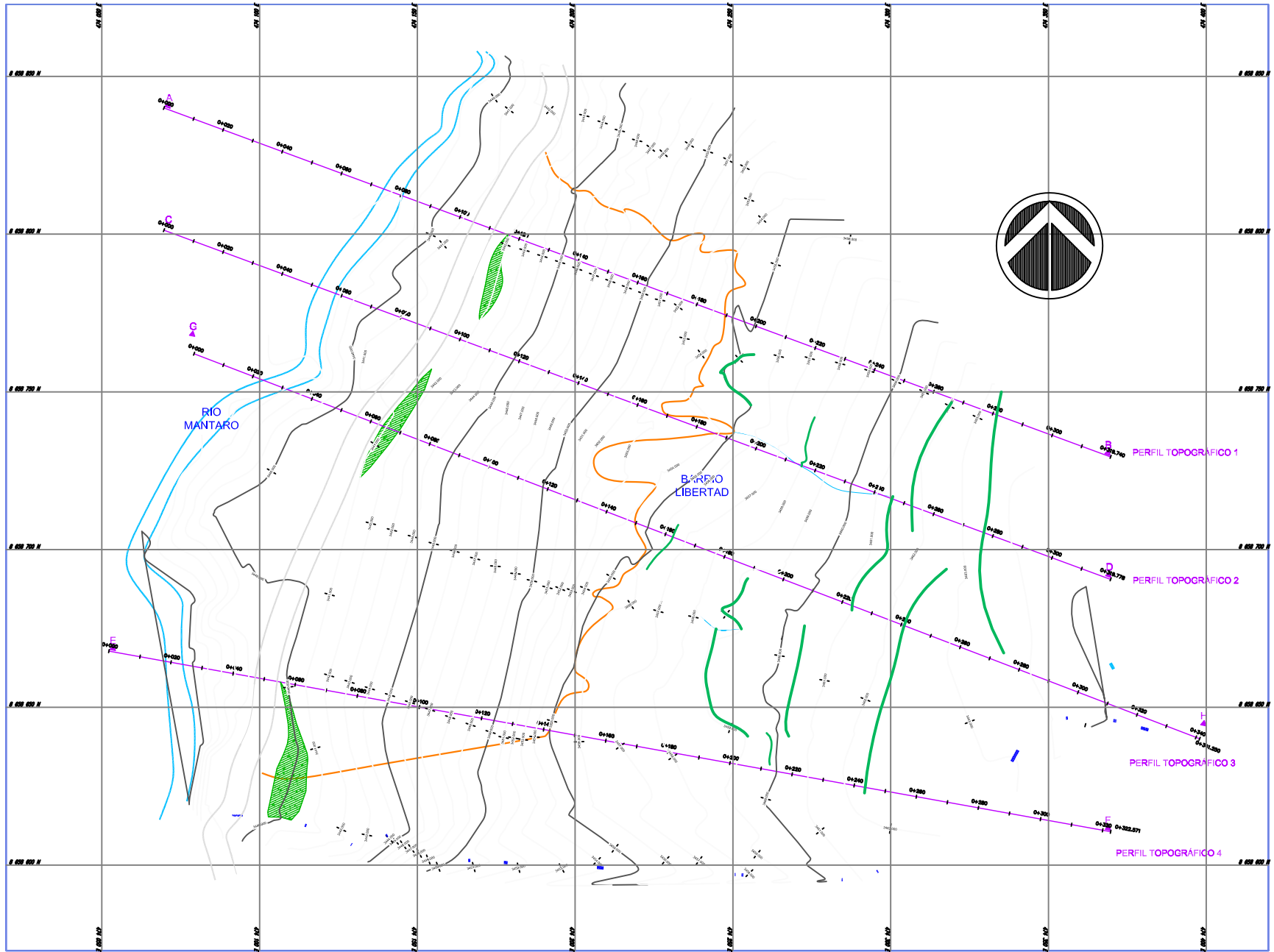
Clasificación petrográfica		Lutitas y areniscas	Andesita Porfídica
ángulo de fricción	°	30,50	44,00
Cohesión	KPa	15500,00	6700,00

RESUMEN DE ENSAYO TRIAXIAL

		CALICATA C-01 (2)	CALICATA C-04 (2)	CALICATA C-06 (2)
Clasificación SUCS		GC	ML	GM
ángulo de fricción	°	36,00	28,00	35,00
Cohesión	KPa	0,50000	6,00000	0,50000

		CALICATA C-05 (1)	CALICATA C-07 (2)
Clasificación SUCS		SM	CL
ángulo de fricción	°	29,00	26,00
Cohesión	KPa	0,00000	147,00

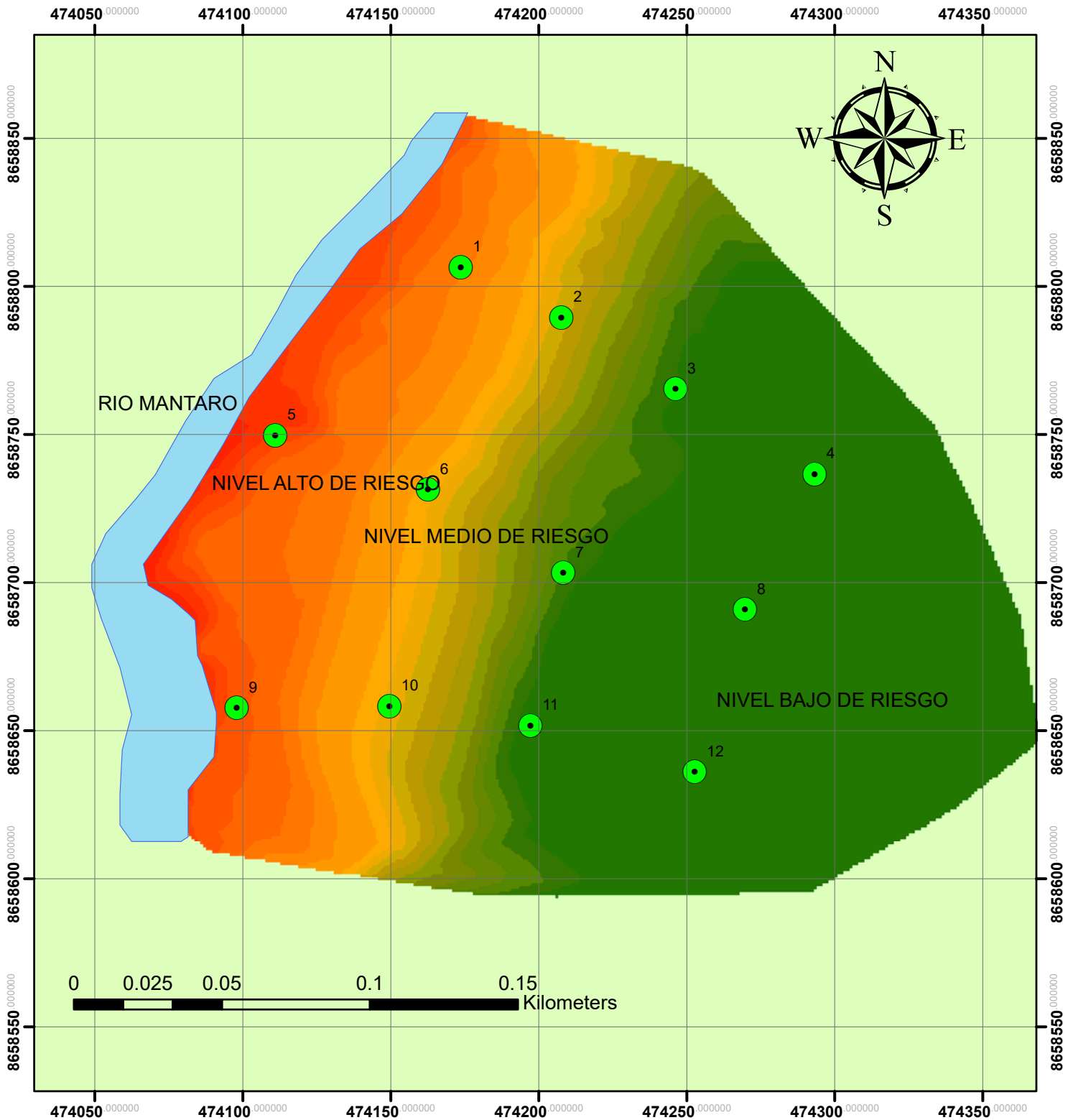
Clasificación petrográfica		Lutitas y areniscas	Andesita Porfídica
ángulo de fricción	°	30,00	44,00
Cohesión	KPa	500,00	500,00



LEYENDA	
	PERFIL
	BORDE DEL TALUD
	ESCARPES
	FLUJO DE AGUA
	RIO AYAMAYO
	CARRETERA
	FLUJO DE AGUA
	CARRETERA

		UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS	
		<small>UNIVERSIDAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA DE AYACUCHO ESCUELA DE INGENIERIA DE INGENIERIA GEOMÁTICA Y SIG BARRIO LIBERTAD EN EL DISTRITO DE HUAYCACHI, HUANCAYO 2007</small>	
<small>PROYECTO: HUANCAYO</small> <small>PROFESOR: DR. ING. LUIS ALBERTO VILLALBA</small> <small>ESTUDIANTE: ING. LUIS ALBERTO VILLALBA</small>	<small>TÍTULO: PLANO EN PLANTA TOPOGRÁFICO</small> <small>FECHA: 08/10/2018</small>		

"ANÁLISIS DE RIESGOS EN DESLIZAMIENTOS DE ZONAS RIBEREÑAS UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) DEL BARRIO LIBERTAD, EN EL DISTRITO DE HUAYUCACHI, HUANCAYO 2017"

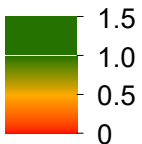


NIVEL DE RIESGO

CALICATA

RELIEVE

Value



CONDICIONES	PORCENTAJE INCIDENCIA DEL FACTOR SISMICO - METODO DE SPENCER							
	PERFIL 1		PERFIL 2		PERFIL 3		PERFIL 4	
	F.S.	% INC.	F.S.	% INC.	F.S.	% INC.	F.S.	% INC.
Elastico	0.536	0.00%	0.875	0.00%	1.179	0.00%	0.96	0.00%
Pseudoestático con suelo seco	0.777	16.99%	0.742	15.20%	0.966	16.37%	0.796	17.08%
Elastico con suelo saturado	0.695	0.00%	0.855	0.00%	1.17	0.00%	0.936	0.00%
Pseudoestático con suelo húmedo	0.741	17.21%	0.732	14.39%	0.978	16.41%	0.774	17.31%

	UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS			
	<small>TESIS:</small> "ANÁLISIS DE RIESGOS EN DESLIZAMIENTOS DE ZONAS RIBEREÑAS UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) DEL BARRIO LIBERTAD, EN EL DISTRITO DE HUAYUCACHI, HUANCAYO 2017"			
<small>DTOR:</small> JUNJI	<small>PLANO:</small> PLANO EN PLANTA TOPOGRÁFICO			B
<small>PROF:</small> HUANCAYO				
<small>INST:</small> HUAYUCACHI	<small>REV. TOP:</small> L.O.S	<small>RESP:</small> DISEÑO DE BARRERAS DE OBRERA	<small>APROB:</small>	
<small>UUGAR:</small> LA LIBERTAD	<small>REV. LAB:</small> L.O.S	<small>ESC:</small> 1/500	<small>FECHA:</small> 01/06/2018	