

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



**TESIS PROFESIONAL**

**ANÁLISIS DEL DESLIZAMIENTO EL NARANJO MEDIANTE EL MÉTODO DE  
EQUILIBRIO LÍMITE CON EL SOFTWARE SLIDE  
MAGDALENA-CAJAMARCA**

Para optar el Título Profesional de:

**Ingeniero geólogo**

Presentado por:

**Bach. Karen Juliana Torres Arroyo**

Asesor:

**Ing. Segundo Reinaldo Rodríguez Cruzado**

Cajamarca - Perú

**2017**

## **AGRADECIMIENTO**

*A Dios por haberme dado fortaleza para continuar cuando he estado a punto de caer.*

*A mi Alma Mater Universidad Nacional de Cajamarca y a mi querida Escuela Académica Profesional de Ingeniería Geológica, por haberme permitido formarme como profesional.*

*A los docentes que me han brindaron conocimientos a lo largo de mis años de estudio en la universidad.*

*A mis amigos y compañeros que me han apoyado desinteresadamente en el transcurso de mi investigación.*

*Al Ing. Reinaldo Rodríguez Cruzado por la disposición de sus conocimientos científicos y asesoría para poder hacer realidad la presente tesis profesional*

## **DEDICATORIA**

*Quiero dedicar esta tesis a mis padres Walter y Carlota porque ellos han dado razón a mi vida, por sus consejos, su apoyo incondicional y su paciencia.*

*A mi pequeño y amado hijo Matías, por ser mi mayor motivación para nunca rendirme y seguir adelante.*

*A mis hermanos Paola, Kamila y Daniel por estar conmigo siempre en los buenos y malos momentos.*

*A mi familia en general por ser parte de mi vida y por el cariño y amor que les tengo.*

# CONTENIDO

	Pág.
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>i</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>ii</b>
<b>CONTENIDO</b> .....	<b>iii</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>vi</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE FOTOS</b> .....	<b>viii</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>ix</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>x</b>
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>1</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>3</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>3</b>
2.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	3
2.2 BASES TEÓRICAS .....	4
2.2.1 Laderas y Taludes.....	4
2.2.2 Deslizamientos .....	5
2.2.3 Criterios de Rotura en Suelos .....	11
2.2.4 Mecánica de suelos.....	11
2.2.5 Geohidrología.....	18
2.2.6 Métodos de equilibrio límite .....	20
2.2.7 Factor de Seguridad.....	21
2.2.8 Software Slide .....	21
2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	22
<b>CAPÍTULO III</b> .....	<b>23</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>23</b>
3.1 UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	23
3.1.1 Accesibilidad.....	24
3.1.2 Clima y vegetación.....	24

	<b>Pág.</b>
3.2	PROCEDIMIENTOS .....24
3.2.1	Etapa Preliminar de Gabinete .....24
3.2.2	Etapa de Campo .....25
3.2.3	Etapa de laboratorio.....25
3.2.4	Etapa Final de Gabinete .....25
3.3	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....27
3.3.1	Tipo y Diseño de Investigación .....27
3.3.2	Población de estudio.....27
3.3.3	Muestra.....27
3.3.4	Unidad de análisis .....27
3.3.5	Técnicas.....27
3.3.6	Instrumentos de recolección de datos .....28
3.3.7	Equipos de recolección de datos.....31
3.3.8	Análisis e interpretación de datos.....31
<b>CAPÍTULO IV.....</b>	<b>32</b>
<b>ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>32</b>
4.1	ESTRATIGRAFÍA.....32
4.1.1	Formación Pariatambo (Ki-pa).....32
4.1.2	Formación Yumagual (Ks-yu).....33
4.1.3	Depósito Coluvio-Aluvial (Qh-co/al).....33
4.2	UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS .....34
4.2.1	Planicies .....35
4.2.2	Lomadas .....35
4.2.3	Laderas .....35
4.3	GEOESTRUCTURA.....36
4.3.1	Paleocauce.....36
4.4	GEODINÁMICA .....36
4.4.1	Actividad geodinámica.....37
4.4.2	Importancia del Evento .....38
4.4.3	Clasificación del movimiento.....39
4.4.4	Morfometría del deslizamiento.....39
4.4.5	Causas del Movimiento .....40
4.4.6	Cobertura y Uso de Suelo.....41

	<b>Pág.</b>
4.5 ESTACIONES DE CONTROL GEODINÁMICO .....	41
4.5.1 Estación N° 01 .....	42
4.5.2 Estación N° 02 .....	45
4.5.3 Estación N° 03 .....	48
4.6 HIDROLOGÍA .....	51
4.7 SECCIONES GEOLÓGICAS .....	56
4.8 CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD .....	57
4.8.1 Valores para el cálculo del factor de seguridad .....	57
4.8.2 Condiciones normales .....	59
4.8.3 Condición de saturación parcial .....	61
4.8.4 Condición de saturación .....	63
4.9 DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	65
4.10 CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS .....	66
<b>CAPÍTULO V .....</b>	<b>67</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>67</b>
5.1 CONCLUSIONES .....	67
5.2 RECOMENDACIONES .....	68
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>69</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>71</b>
ANEXO 01: PLANOS	
PLANO 01 : UBICACIÓN	
PLANO 02 : IMAGEN SATELITAL PRE-DESLIZAMIENTO	
PLANO 03 : IMAGEN SATELITAL POST-DESLIZAMIENTO	
PLANO 04 : TOPOGRÁFICO	
PLANO 05 : PENDIENTES	
PLANO 06 : GEOMORFOLÓGICO	
PLANO 07 : GEOLÓGICO	
PLANO 08 : MORFOMÉTRICO	
ANEXO 02: PERFILES	
ANEXO 03: INFORMACIÓN DE CAMPO EN LA MATRIZ DE RECOLECCIÓN DE DATOS	
ANEXO 04: RESULTADOS OBTENIDOS EN LABORATORIO	
ANEXO 05: RESULTADOS OBTENIDOS CON EL SOFTWARE SLIDE	

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Sistema unificado de clasificación de suelo.....	13
Tabla 2. Límites de separación de tamaño de suelo.....	15
Tabla 3. Tamaño estándar de tamices .....	16
Tabla 4. Coordenadas UTM-WGS84 de los vértices de la zona de estudio. ....	23
Tabla 5. Rutas de acceso a la zona de estudio.....	24
Tabla 6. Registro geológico – geotécnico para suelos .....	29
Tabla 7. Registro para deslizamiento .....	30
Tabla 8. Unidades morfogénicas .....	34
Tabla 9. Coordenadas del deslizamiento el Naranjo- Distrito Magdalena- Provincia de Cajamarca .....	36
Tabla 10. Data GPS-Sistema WGS84 de la Estación Geomecánica N° 01. ....	42
Tabla 11. Análisis mecánico por tamizado de la Estación N° 01 .....	43
Tabla 12. Resultados de los límites de consistencia de la Estación N° 01 .....	44
Tabla 13. Clasificación de Suelos de la Estación N° 01. ....	45
Tabla 14. Data GPS-Sistema WGS84 de la Estación Geomecánica N° 02. ....	45
Tabla 15. Análisis mecánico por tamizado de la Estación N° 02 .....	46
Tabla 16. Resultados de los límites de consistencia de la Estación N° 02 .....	47
Tabla 17. Clasificación de Suelos de la Estación N° 02 .....	47
Tabla 18. Data GPS-Sistema WGS84 de la Estación Geomecánica N° 03. ....	48
Tabla 19. Análisis mecánico por tamizado de la Estación N° 03 .....	49
Tabla 20. Resultados de los límites de consistencia de la Estación N° 03 .....	50
Tabla 21. Clasificación de Suelos de la Estación N° 03 .....	50
Tabla 22. Resultados de la clasificación SUCS, de las estaciones geodinámicas.....	51
Tabla 23. Precipitaciones entre el año 2007 al 2016 de la Estación Meteorológica Augusto Weberbauer-UNC .....	51
Tabla 24. Fórmula de transposición de precipitaciones de Ortiz, O. (2004) .....	52
Tabla 25. Transposición de Precipitación de la Estación Weberbauer (UNC) a la Subcuenca donde se produjo el deslizamiento “El Naranjo”. ....	52
Tabla 26. Resultados de los factores de seguridad en los perfiles AA', BB' y CC' .....	66

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Nomenclatura de taludes y laderas.....	4
Figura 2. Nomenclatura de las diferentes partes que conforman un deslizamiento. Suárez, J. (2007).....	7
Figura 3. Dimensiones de los movimientos en masa de acuerdo a IAEG Commission on Landslides (1990). Suárez, J. (2009) .....	8
Figura 4. Gráfica de plasticidad. Braja, M. (2013).....	14
Figura 5. Límites de Atterberg. Braja, M. (2013) .....	17
Figura 6. La presión de poros trata de separar las partículas y de esta forma, se disminuye la resistencia a la fricción. Suárez, J. (2009).....	18
Figura 7. Esfuerzos totales y efectivos. Suárez, J. (2009).....	19
Figura 8. Métodos de cálculo para análisis de taludes. Suárez, J. (2007) .....	20
Figura 9. Vértices de la zona de investigación. (Google Earth).....	23
Figura 10. Procedimiento de la Investigación .....	26
Figura 11. Actividad geodinámica del deslizamiento El Naranjo. ....	38
Figura 12. Geometría del deslizamiento el Naranjo. ....	39
Figura 13. Vista SW al NE del Deslizamiento El Naranjo.....	40
Figura 14. Curva granulométrica de la muestra de suelo tomada en la Estación N° 01.....	43
Figura 15. Curva granulométrica de la muestra de suelo tomada en la Estación N° 01.....	46
Figura 16. Curva granulométrica de la muestra de suelo tomada en la Estación N° 03.....	49
Figura 17. Precipitaciones del 2007 al 2016.....	53
Figura 18. Secciones Geológicas.....	56
Figura 19. Geometría del Perfil AA´. ....	57
Figura 20. Geometría del Perfil BB´. ....	58
Figura 21. Geometría del Perfil CC´. ....	58
Figura 22. Perfil AA´ en condiciones normales. ....	59
Figura 23. Perfil BB´ en condiciones normales.....	60
Figura 24. Perfil CC´ en condiciones normales.....	60
Figura 25. Perfil AA´ condición de saturación parcial. ....	61
Figura 26. Perfil BB´ condición de saturación parcial. ....	62
Figura 27. Perfil CC´ condición de saturación parcial. ....	62
Figura 28. Perfil AA´ condición de saturación.....	63



	<b>Pág.</b>
Figura 29. Perfil BB' condición de saturación. ....	64
Figura 30. Perfil CC' condición de saturación. ....	64
Figura 31. Ubicación de los perfiles en el deslizamiento el Naranjo .....	65
Figura 32. Comparación de los resultados utilizando los diferentes métodos .....	66

## **ÍNDICE DE FOTOS**

	<b>Pág.</b>
Foto 1. Formación Pariatambo apreciable en el corte de carretera post-deslizamiento, muestran estratos finos de calizas bituminosas fuertemente disturbadas.....	32
Foto 2. Formación Yumagual apreciable en el corte de carretera, que consiste en una secuencia de margas y calizas gris parduzcas. ....	33
Foto 3. Depósito cuaternario de tipo coluvio aluvial donde se observa una fuerte plasticidad y cohesión.....	33
Foto 4. Depósito coluvio-aluvial en la zona de estudio, muestra de eventos coluviales intercalados por eventos aluviales.....	34
Foto 5. Lomas margen derecho del Río Magdalena .....	35
Foto 6. Zona de laderas a riberas del Río Magdalena .....	35
Foto 7. Paleocauce, rellenado por material coluvio-aluvial .....	36
Foto 8. Estaciones de control geodinámicos tomadas en el Deslizamiento el Naranjo.....	41
Foto 9. Estación de control Geodinámico N° 01, en suelo del deslizamiento el Naranjo.	42
Foto 10. Estación de control Geodinámico N° 02, en suelo del deslizamiento el Naranjo.	45
Foto 11. Estación de control Geomecánico N° 03, en suelo del deslizamiento el Naranjo.	48

## RESUMEN

El 21 de abril del 2016, en el Km 130+250 al Km 130+450 de la Carretera Chilite-Cajamarca, distrito de Magdalena, ocurrió un deslizamiento de depósitos cuaternarios coluvio aluviales, debido a las precipitaciones estacionales y saturación de las masas no consolidadas, produciendo desplazamiento de la carretera en la zona el Naranjo. Esta investigación comprende la evaluación geodinámica del Deslizamiento El Naranjo, la cual comprende diferentes etapas: La etapa preliminar de gabinete, de campo, de laboratorio, y la etapa final de gabinete hasta la elaboración final de la Tesis de Investigación. Se realizaron 3 estaciones de control geodinámico en el corte de carretera actual, para determinar el tipo de depósito donde se desencadenó El Deslizamiento el Naranjo, utilizándose las teorías empleada de rotura en suelos y la clasificación SUCS. Los Factores de Seguridad mostraron inestabilidad en el sector donde se desencadenó el Deslizamiento el Naranjo ante condiciones de sobresaturación.

**Palabras clave:** Geodinámica, Deslizamiento, Depósito Coluvio-Aluvial, Sobresaturación.

## **ABSTRACT**

On April 21, 2016, in the Km 130 + 250 to Km 130 + 450 of the Chilete-Cajamarca Highway, Magdalena district, there was a landslide of alluvial colluvial deposits, due to seasonal precipitation and saturation of unconsolidated masses , Producing displacement of the road in the zone the Naranjo. This research includes the geodynamic evaluation of the El Naranjo Slip, which comprises different stages: the preliminary stage of cabinet, field, laboratory, and the final stage of cabinet until the final elaboration of the Research Thesis. Three geodynamic control stations were carried out in the current road section to determine the type of reservoir where El Slip was applied, using the theories of soil breakage and SUCS classification. The Safety Factors showed instability in the sector where the Orange Slip was triggered due to supersaturation conditions.

**Key Words:** Geodynamics, Sliding, Coluvian-Alluvial Reservoir, Over-saturation.

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

En la Región Cajamarca; abundan las precipitaciones entre los meses de diciembre y abril, las cuales generan inestabilidad de taludes y deslizamientos en los cortes de carretera, produciendo gran cantidad de problemas de comunicación.

El deslizamiento el Naranjo ocurrió el 21 de abril del 2016, en el Km 130+250 al Km 130+450 de la Carretera Chilite-Cajamarca, en el distrito de Magdalena, Provincia de Cajamarca, desencadenando un proceso geodinámico debido a los empujes de masa de materiales no consolidados a semi consolidados, pertenecientes a depósitos cuaternarios de tipo coluvio aluvial, por la sobresaturación del macizo de suelo; siendo el agente desencadenante el agua, originado principalmente por las precipitaciones, el cual provocó el desplazamiento de una gran masa de suelo incluyendo parte de la carretera.

Al observar la inestabilidad en dicho sector surge la siguiente incógnita: ¿El deslizamiento el Naranjo, ocurrido el 21 de abril de 2016, en el Km 130+250 al Km 130+450 de la Carretera Chilite-Cajamarca, constituye un evento geodinámico y fue provocado por sobresaturación del terreno?

Teniendo como hipótesis que: El deslizamiento el Naranjo ocurrido el 21 de abril del 2016, en el Km 130+250 al Km 130+450 de la Carretera Chilite-Cajamarca (Magdalena-Cajamarca), ocurrió en material consolidado a semi consolidado de tipo coluvio aluvial debido a la sobresaturación del macizo de suelo.

Con este estudio se busca analizar el Deslizamiento El Naranjo, para que sirva como base para futuros análisis de lugares con procesos geodinámicos similares o parecidos, que presenten condiciones litológicas constituidas por depósitos coluvio-aluviales, no consolidados a semi consolidados y que puedan estar afectados por acción del agua, siendo la investigación de tipo no experimental, transeccional o transversal, asociado al diseño de investigación descriptivo, correlacional y explicativo. Teniendo un tiempo de duración de 4 meses para realizar la investigación, de agosto hasta diciembre de 2016. Por lo que el objetivo principal propuesto en la presente investigación es Analizar el deslizamiento El Naranjo ubicado en el Km 130+250 al Km 130+450 de la Carretera Chilete-Cajamarca. Teniendo como objetivos específicos los de: Realizar el cartografiado geológico, realizar el cartografiado geodinámico, definir la geometría del deslizamiento, analizar el comportamiento de las precipitaciones de dicho sector y determinar los factores de seguridad mediante el software Slide v.7.

Los capítulos presentes en la investigación son los siguientes: en el primer capítulo se muestra una introducción al tema a investigar, el segundo capítulo contiene los antecedentes teóricos de la investigación, las bases teóricas sobre movimientos en masa, criterio de rotura en suelo, mecánica de suelos, geohidrología, el método de equilibrio límite; y la definición de términos, el tercer capítulo constituido por la descripción de los materiales y métodos que se utilizarán en la investigación, además de las generalidades de la zona de investigación, en el cuarto capítulo se presenta el análisis y discusión de los resultados a los que he llegado al final de la investigación, y la contrastación con la hipótesis planteada y el quinto capítulo muestra las conclusiones para cada objetivo que se ha planteado además de las recomendaciones para futuras investigaciones.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN**

**Reyes, L. (1980)** Realizó para el INGEMMET el estudio geológico de los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba, hojas 15-f, 15-g y 16-g, estudió la estratigrafía y la geología estructural a escala 1:100 000.

**Wilson, J. (1984)** Realizó para el INGEMMET el estudio geológico de los cuadrángulos de Jayanca, Incahuasi, Cutervo, Chiclayo, Chongoyape, Chota, Celendín, Pacasmayo y Chepén (Boletín Serie A - N° 38) en Cajamarca y alrededores a escala 1: 100,000.

**Vilchez, M y Guerrero, C. (2006)** Realizaron un informe preliminar del inventario y cartografiado sistemático de Peligros Geológicos en la cuenca Jequetepeque, identificando las ocurrencias de movimientos en masa, evaluación de centros poblados y obras de infraestructura vulnerables a los peligros geológicos y la identificación de zonas críticas.

**Zavala, B. y Barrantes, R. (2007)** Realizaron para el INGEMMET la ocurrencia de peligros geológicos y geohidrológicos en términos de susceptibilidad, así como de sus factores detonantes para así determinar el grado de peligrosidad en la Región Cajamarca”.

**Huaripata, M. (2014)** En la tesis “Modelo Geodinámico de la Quebrada Cruz Blanca, Microcuenca Cruz Blanca Los Chilcos” se hizo un modelo geodinámico de la quebrada Cruz Blanca- Cajamarca, utilizando el enfoque de cuenca para el análisis de sus variables.

**Torres, W. (2015)** Realizó una Evaluación Geotécnica de los Deslizamientos en Taludes de la Carretera Peña Blanca - Choropampa, donde analizó el comportamiento geotécnico - geomecánico de los deslizamientos a lo largo de la carretera teniendo en cuenta las características litomorfoestructurales de los taludes.

## 2.2 BASES TEÓRICAS

### 2.2.1 Laderas y Taludes

Suárez, J. (2007), en su libro Deslizamiento y Estabilidad de Taludes en zonas tropicales define:

Un talud o ladera como una masa de tierra o roca que no es plana, sino que posee pendiente o cambios de altura significativos. En la literatura técnica se define como ladera cuando su conformación actual tuvo como origen un proceso natural y talud cuando se conformó artificialmente. Ver Figura 01.

Además, Suárez, J. (2007), menciona que las laderas a través de los años pueden fallar y modificar su estado natural de estabilidad debido a diferentes factores como los cambios topográficos, sismicidad, flujos de agua subterránea, cambios en la resistencia del suelo, meteorización o factores de tipo antrópico o natural.

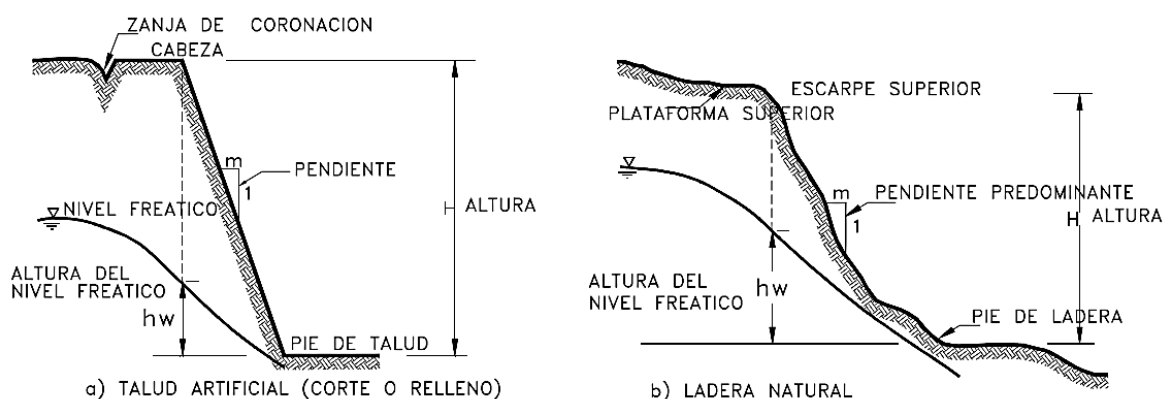


Figura 1. Nomenclatura de taludes y laderas. Suárez, J. (2007)

### 2.2.2 Deslizamientos

Suárez, J. (2007) en su libro Deslizamiento y Estabilidad de Taludes en zonas tropicales cita a Brabb y Hrod, (1989) señalando que: “Los deslizamientos de tierra son uno de los procesos geológicos más destructivos que afectan a los humanos, causando miles de muertes y daños en las propiedades, por valor de decenas de billones de dólares cada año.

Suárez, J. (2007) señala los daños que genera un deslizamiento son: “Los deslizamientos producen cambios en la morfología del terreno, diversos daños ambientales, daños en las obras de infraestructura, destrucción de viviendas, puentes, bloqueo de ríos. El volumen total de daños es superior al de los terremotos y las inundaciones.”

Suárez, J. (2007) explica que los deslizamientos se pueden evitar si se identifican con tiempo y si se realizan medidas de prevención o control.

Para señalar las partes del deslizamiento El Naranjo se tendrá en cuenta las definidas por Suárez, J. (2007), las cuales se observan en la Figura 02 y detallan a continuación:

**Cabeza:** Parte superior de la masa de material que se mueve. La cabeza del deslizamiento no corresponde necesariamente a la cabeza del talud. Arriba de la cabeza está la corona.

**Cima:** El punto más alto de la cabeza, en el contacto entre el material perturbado y el escarpe principal.

**Corona:** El material que se encuentra en el sitio, (prácticamente inalterado), adyacente a la parte más alta del escarpe principal, por encima de la cabeza.

**Escarpe principal:** Superficie muy inclinada a lo largo de la periferia posterior del área en movimiento, causado por el desplazamiento del material. La continuación de la superficie del escarpe dentro del material conforma la superficie de la falla.



**Escarpe secundario:** Superficie muy inclinada producida por el desplazamiento diferencial dentro de la masa que se mueve. En un deslizamiento pueden formarse varios escarpes secundarios.

**Superficie de falla:** Área por debajo del movimiento y que delimita el volumen del material desplazado. El suelo por debajo de la superficie de la falla no se mueve, mientras que el que se encuentra por encima de ésta, se desplaza. En algunos movimientos no hay superficie de falla.

**Pie de la superficie de falla:** La línea de interceptación (algunas veces tapada) entre la parte inferior de la superficie de rotura y la superficie original del terreno.

**Base:** El área cubierta por el material perturbado abajo del pie de la superficie de falla.

**Punta o uña:** El punto de la base que se encuentra a más distancia de la cima.

**Cuerpo principal del deslizamiento:** El material desplazado que se encuentra por encima de la superficie de falla. Se pueden presentar varios cuerpos en movimiento.

**Superficie original del terreno:** La superficie que existía antes de que se presentara el movimiento.

**Costado o flanco:** Un lado (perfil lateral) del movimiento. Se debe diferenciar el flanco derecho y el izquierdo.

**Derecha e izquierda:** Para describir un deslizamiento se recomienda utilizar la orientación geográfica (Norte, Sur, Este, Oeste); pero si se emplean las palabras derecha e izquierda, deben referirse al deslizamiento observado desde la corona hacia el pie.

Haciendo hincapié que no todas las partes mencionadas se señalarán en el deslizamiento El Naranja; ya que cada evento es independiente y único.

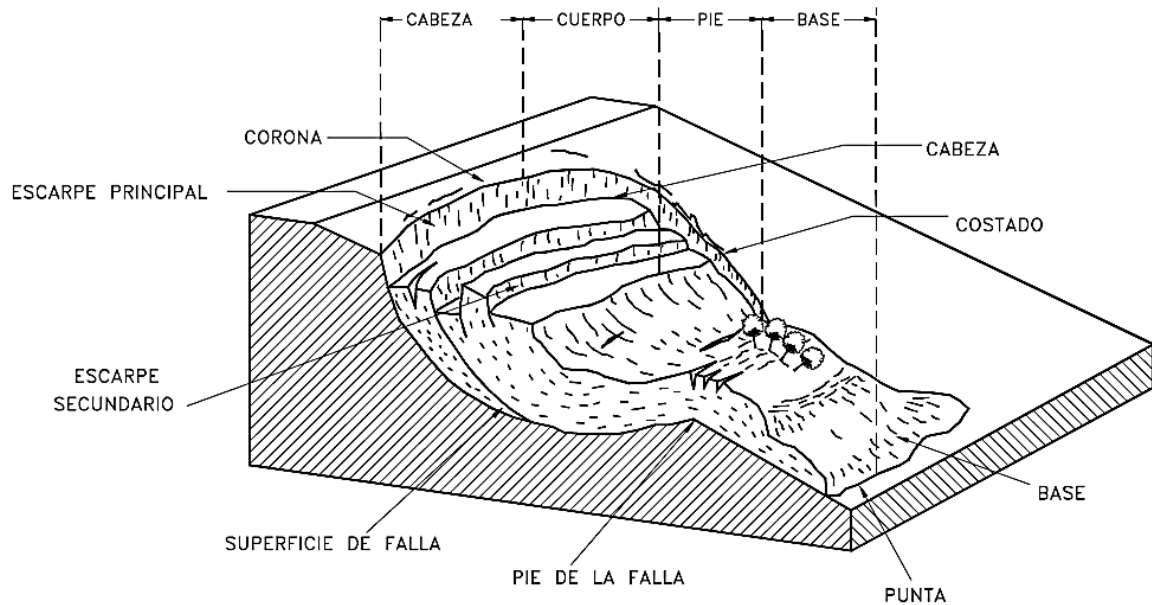


Figura 2. Nomenclatura de las diferentes partes que conforman un deslizamiento. Suárez, J. (2007)

Teniendo en cuenta la definición de Suárez, J. (2007), acerca de un deslizamiento Rotacional quién señala que: “En un desplazamiento rotacional, la superficie de falla es cóncava hacia arriba y el movimiento es rotacional con respecto al eje paralelo a la superficie y transversal al deslizamiento. El centro de giro se encuentra por encima del centro de gravedad del cuerpo del movimiento”.

Además, un deslizamiento rotacional es más frecuente en macizos rocosos fracturados y suelos, es por eso que El deslizamiento el Naranjo es de tipo rotacional.

Para realizar las dimensiones del Deslizamiento el Naranjo, se tendrá en cuenta la descrita por Suárez, J. (2007) quien señala que para definir las dimensiones de un movimiento se debe utilizar la terminología recomendada por el IAEG como se puede observar en la Figura 03 y detallar a continuación:

**Ancho de la masa desplazada  $W_d$  (1):** Ancho máximo de la masa desplazada perpendicularmente a la longitud,  $L_d$ .

**Ancho de la superficie de falla  $W_r$  (2):** Ancho máximo entre los flancos del deslizamiento perpendicularmente a la longitud  $L_r$ .

**Longitud de la masa deslizada  $L_d$  (3):** Distancia mínima entre la punta y la cabeza.

**Longitud de la superficie de falla  $L_r$  (4):** Distancia mínima desde el pie de la superficie de falla y la corona.

**Profundidad de la masa desplazada  $D_d$  (5):** Máxima profundidad de la masa movida perpendicular al plano conformado por  $W_d$  y  $L_d$

**Profundidad de la superficie de falla  $D_r$  (6):** Máxima profundidad de la superficie de falla con respecto a la superficie original del terreno, medida perpendicularmente al plano conformado por  $W_r$  y  $L_r$ .

**Longitud total  $L$  (7):** Distancia mínima desde la punta a la corona del deslizamiento.

**Longitud de la línea central  $L_{cl}$  (8):** Distancia desde la punta o uña hasta la corona del deslizamiento a lo largo de puntos sobre la superficie original equidistantes de los bordes laterales o flancos.

El volumen de material medido antes del deslizamiento generalmente, aumenta con el movimiento debido a que el material se dilata. El término “Factor de expansión” puede ser utilizado para describir éste aumento en volumen, como un porcentaje del volumen antes del movimiento. Suárez, J. (2007)

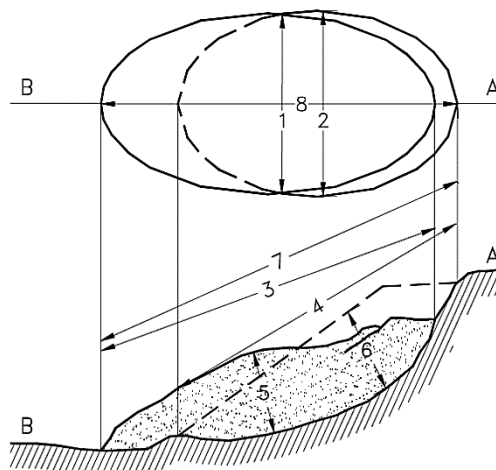


Figura 3. Dimensiones de los movimientos en masa de acuerdo a IAEG Commission on Landslides (1990) Suárez, J. (2007)

Para determinar los factores que afectan la estabilidad de las laderas, en este caso los factores condicionantes y detonantes que influyeron en el Deslizamiento el Naranjo, se tendrá en cuenta la definición de Santacana, N. (2001) descrita en su Tesis Doctoral donde señala la importancia de evaluar los factores internos y externos que afectan la estabilidad de laderas. A continuación, se detalla lo mencionado por Santacana, N. (2001):

La estabilidad de las laderas está condicionada por la acción simultánea de una serie de factores. Desde un punto de vista físico los deslizamientos se producen como consecuencia de los desequilibrios existentes entre las fuerzas que actúan sobre un volumen de terreno. Los factores que influyen en la estabilidad de las laderas se pueden separar en dos grandes grupos (Ferrer, 1987): factores internos y externos.

Los factores internos condicionan las diferentes tipologías de deslizamiento, los mecanismos y modelos de rotura. Dentro de ellos encontramos 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. Las primeras incluyen parámetros como la litología, textura (granulometría, cementación), consolidación y espesor de los materiales y parámetros estructurales relativos a planos de estratificación y de debilidad (diaclasas, fallas y fracturas). 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 tipo y cambios en la vegetación. La pendiente del terreno, así como la morfología propia de la ladera es un factor y condicionante previo a partir del cual el resto de factores se combinarán influyendo en la estabilidad.

Los factores externos actúan sobre el material y dan lugar a modificaciones en las condiciones iniciales de las laderas, provocando o desencadenando las roturas debido a las variaciones que ejercen en el estado de equilibrio de aquéllas. Tres tipos de acciones se incluyen aquí: la infiltración de agua en el terreno, las vibraciones y las modificaciones antrópicas. La infiltración de agua provoca el aumento de la presión intersticial disminuyendo la resistencia de los materiales. La relación entre ocurrencia de deslizamientos y períodos lluviosos o de deshielo es bien conocida. Las variaciones del nivel de agua

subterránea pueden ser debidas a intensas precipitaciones o épocas de deshielo, intervenciones humanas, etc. Las vibraciones, por otra parte, provocan aceleraciones en el terreno favoreciendo la rotura y la licuefacción. Éstas pueden ser debidas a movimientos sísmicos naturales o inducidos por el hombre como explosiones mineras o por obras públicas.

La sacudida debida a terremotos naturales es una de los principales agentes que generan deslizamientos siendo capaces, en el caso de los terremotos más grandes, de desencadenar miles de deslizamientos a lo largo de áreas de más de 100.000 km<sup>2</sup> (Keefer, 1984).

Finalmente, 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.

Aunque no se puede incluir como factor, existe un parámetro fundamental a tener en cuenta en la estabilidad, y que determina el factor de seguridad en los taludes: el tiempo. Éste influye sobre aspectos como la geometría del talud, la resistencia del material y la oscilación de los niveles piezométricos (Alonso, 1986). Su influencia se observa en la distinción entre estabilidad a corto, medio y largo plazo. Un ejemplo de ello es la degradación progresiva de la resistencia de algunos materiales que provoca inestabilidad a medio y largo plazo. Algunos de los factores definidos anteriormente cambian con el tiempo.

### 2.2.3 Criterios de Rotura en Suelos

Para nuestra investigación tendremos en cuenta el libro Ingeniería Geológica de Gonzáles, L. (2004) quien define al Criterio de Mohr- Coulomb como:

La resistencia al corte a lo largo de un plano en un estado triaxial de tensiones, obteniéndose la relación entre los esfuerzos normal y tangencial actuantes en el momento de la rotura mediante la expresión matemática:

$$\tau = \sigma \tan \phi + c$$

Donde:

$\tau$  y  $\sigma$  son las tensiones tangencial y normal sobre el plano de rotura.

$c$  y  $\phi$  son la cohesión y el ángulo de rozamiento de la matriz rocosa.

La teoría explica que el corte de un material se produce para una combinación entre tensión normal y tensión tangencial, y que cuanto mayor sea la tensión normal, mayor será la tensión tangencial necesaria para cortar el material.

### 2.2.4 Mecánica de suelos

#### - Clasificación de los Suelos (SUCS)

Braja, M. (2013) en su Libro Fundamentos de Ingeniería Geotécnica clasifica a los suelos en dos grandes categorías las cuales se detallan en la Tabla 1 y mencionan a continuación:

Suelos de grano grueso: Que son de grava y arena en estado natural con menos de 50% que pasa a través del tamiz núm. 200. Los símbolos de grupo comienzan con un prefijo de G o S. G es para el suelo de grava o grava, y S para la arena o suelo arenoso.

Suelos de grano fino: Con 50% o más que pasa por el tamiz núm. 200. Los símbolos de grupo comienzan con un prefijo de M, que es sinónimo de limo inorgánico, C para la arcilla inorgánica y O para limos orgánicos y arcillas. El símbolo Pt se utiliza para la turba, lodo y otros suelos altamente orgánicos.

Además, hace mención de los otros símbolos que también se utilizan para la clasificación de suelos éstos son: W: bien clasificado, P: mal clasificado, L: baja plasticidad (límite líquido menor de 50), H: alta plasticidad (límite líquido mayor de 50)

Tabla 1. Sistema unificado de clasificación de suelo.

Criterio para la asignación de símbolos de grupo			Símbolo del Grupo		
Suelos de grano grueso Más de 50% retenido en el tamiz núm. 200	Gravas Más de 50% de la fracción gruesa retenida en el tamiz n°4	Gravas limpias menos del 5% finos <sup>a</sup>	$C_u \geq 4$ y $1 \leq C_c \leq 3^c$	GW	
			$C_u < 4$ y/o $1 > C_c > 3^c$	GP	
		Grava con finos Más de 12% finos <sup>a,d</sup>	$PI < 4$ o gráficos por debajo de línea "A" Figura 3	GM	
			$PI > 7$ y gráficos en o por encima de línea "A" Figura 3	GC	
	Arenas 50% o más de fracción gruesa pasa el tamiz n°4	Arenas limpias Menos de 5% finos <sup>b</sup>	$C_u \geq 6$ y $1 \leq C_c \leq 3^c$	SW	
			$C_u < 6$ y/o $1 > C_c > 3^c$	SP	
		Arena con finos Más de 12% de finos <sup>b,d</sup>	$PI < 4$ o gráficos por debajo de línea "A" Figura 3	SM	
			$PI > 7$ y gráficos en o por encima de línea "A" Figura 3	SC	
		Limos y arcillas Límite líquido Menor que 50	inorgánico	$PI > 7$ y gráficos en o por encima de línea "A" Figura 3	CL
				$PI < 4$ o gráficos por debajo de línea "A" Figura 3	ML
orgánico	$\frac{\text{Límite líquido: secado}}{\text{Límite líquido: no secado}} < 0.75$ vea la figura , zona OL		OL		
Limos y arcillas Límite líquido 50 o más	inorgánico		Gráficos PI en o por encima de línea "A" Figura 3	MH	
		Gráficos PI por debajo de línea "A" Figura 3	CH		
	orgánico	$\frac{\text{Límite líquido: secado}}{\text{Límite líquido: no secado}} < 0.75$ ; vea figura 3, zona OH	OH		
Suelos altamente orgánicos		Materia orgánica principalmente, color oscuro	Pt		

Fuente: Braja, M. (2013)

<sup>a</sup> Gravas con 5 a 12% de finos requieren símbolos dobles: GW-GM, GW-GC, GP-GM, GP-GC.

<sup>b</sup> Arenas con 5 a 12% de finos requieren símbolos dobles: SW-SM, SW-SC, SP-SM, SP-SC.

<sup>c</sup>  $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ ,  $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \times D_{10}}$

<sup>d</sup>  $4 \leq PI \leq 7$  y gráficos en la zona rayada en la Figura 4, se usa doble símbolo GC-GM o SC-SM.

<sup>e</sup>  $4 \leq PI \leq 7$  y gráficos en la zona rayada en la Figura 4, se usa doble símbolo CL-ML.



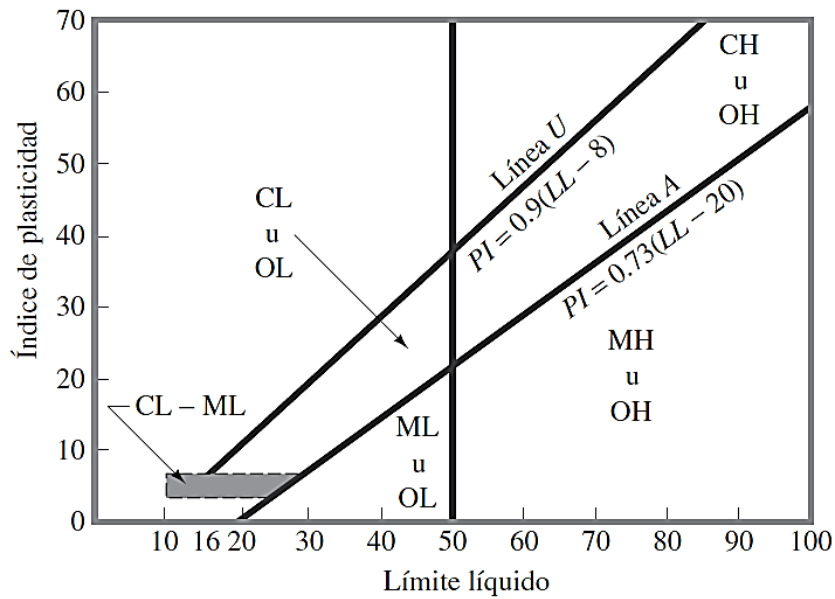


Figura 4. Gráfica de plasticidad. Braja, M. (2013)

#### - Tamaño de partícula de suelo

Según Braja, M. (2013): “Los tamaños de partículas que conforman el suelo pueden variar en un amplio intervalo. Los suelos son generalmente llamados grava, arena, limo o arcilla, dependiendo del tamaño predominante de las partículas dentro del suelo”. Ver Tabla 2. Además, Braja menciona las características de cada tipo de suelo según su tamaño detallándose a continuación:

Las gravas son fragmentos de rocas con partículas ocasionales de cuarzo, feldespato y otros minerales.

En las partículas de arena predominan el cuarzo y el feldespato. A veces también pueden estar presentes granos de otros minerales.

Los limos son las fracciones microscópicas del suelo que consisten en fragmentos de cuarzo muy finos y algunas partículas en forma laminar que son fragmentos de minerales micáceos.

Las arcillas son en su mayoría partículas en forma de láminas microscópicas y submicroscópicas de mica, minerales de arcilla y otros minerales.

Tabla 2. Límites de separación de tamaño de suelo.

Nombre de la organización	Tamaño de grano (mm)			
	Grava	Arena	Limo	Arcilla
Sistema Unificado de Clasificación de suelos	76.2 a 4.75	4.75 a 0.075	Finos (p.ej., Limos y arcillas) <0.075	

Fuente: Braja, M. (2013)

## - **Análisis Mecánico por Tamizado**

Teniendo en cuenta la definición de Braja, M. (2013): “El análisis mecánico es la determinación de la gama de tamaños de partículas presentes en un suelo, expresados como un porcentaje del peso seco total (o masa)”

Braja, M. (2013), menciona dos métodos para encontrar la distribución de tamaño de partícula de suelo los cuales se detallan a continuación:

(1) Análisis de tamiz para tamaños de partículas mayores de 0.075 mm de diámetro, y (2) análisis de hidrómetro para tamaños de partículas más pequeñas que 0.075 mm de diámetro.

El análisis de tamiz consiste en agitar la muestra de suelo a través de un conjunto de tamices que tienen aberturas más pequeñas progresivamente. Los números estándar de tamiz y los tamaños de las aberturas se dan en la Tabla 3.

Los tamices utilizados para el análisis de suelos son generalmente de 203 mm de diámetro. Para llevar a cabo un análisis granulométrico, uno debe primero secar al horno el suelo y luego romper todos los grumos en pequeñas partículas. A continuación, se agita el suelo a través de una pila de tamices con aberturas de tamaño decreciente de arriba abajo (se coloca una charola por debajo de la pila). El tamiz de tamaño más pequeño que se debe utilizar para este tipo de prueba es el tamiz núm. 200. Después de agitar el suelo, se determina la masa de suelo retenido en cada tamiz. Cuando se analizan los suelos cohesivos, romper los terrones en partículas individuales puede ser difícil. En este caso el suelo se puede mezclar con agua para formar una suspensión y después lavarse a través de los tamices. Las porciones retenidas

en cada tamiz se recogen por separado y se secan al horno antes de medir la cantidad recogida en cada tamiz.

Tabla 3. Tamaño estándar de tamices.

<b>Tamiz núm.</b>	<b>Abertura (mm)</b>
4	4.750
6	3.350
8	2.360
10	2.000
16	1.180
20	0.850
30	0.600
40	0.425
50	0.300
60	0.250
80	0.180
100	0.150
140	0.106
170	0.088
200	0.075
270	0.053

Fuente: Braja, M. (2013)

#### - **Consistencia del suelo**

Según Braja, M. (2013): “Cuando los minerales de arcilla están presentes en el suelo de grano fino, el suelo se puede remover en presencia de algo de humedad sin que se desmorone. Esta naturaleza cohesiva se debe al agua adsorbida que rodea a las partículas de arcilla”.

Según Braja, M. (2013) explica un método para describir la consistencia de suelos de grano fino con diferentes contenidos de humedad, desarrollado por Albert Mauritz Atterberg (1990), donde:

Con un contenido de humedad muy bajo, el suelo se comporta más como un sólido quebradizo. Cuando el contenido de humedad es muy alto, el suelo y el agua pueden fluir como un líquido. Por lo tanto, sobre una base arbitraria, dependiendo del contenido de humedad, la naturaleza del comportamiento del suelo puede ser dividido en cuatro estados básicos: sólido, semisólido, plástico y líquido, como se muestra en la Figura 5.

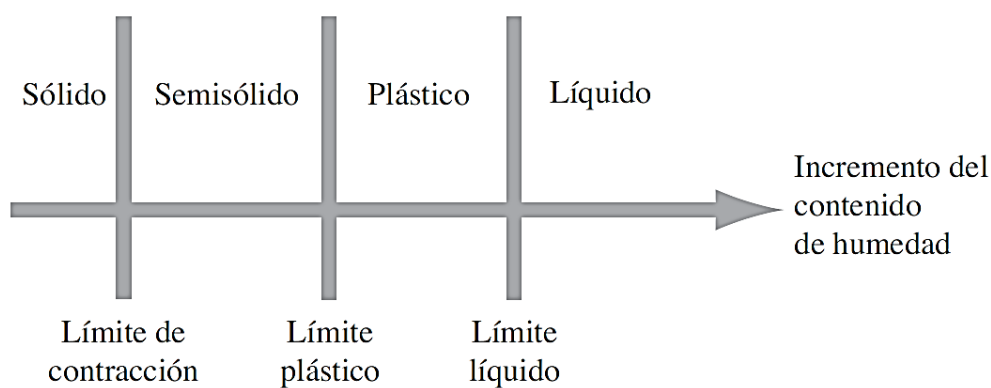


Figura 5. Límites de Atterberg. Braja, M. (2013)

El contenido de humedad, expresado en porcentaje, en el que se lleva a cabo la transición del estado sólido al estado semisólido se define como el límite de contracción. El contenido de humedad en el punto de transición del estado semisólido al estado plástico es el límite plástico, y del estado plástico al estado líquido es el límite líquido. Estos límites son también conocidos como límites de Atterberg.

El índice de plasticidad (PI) es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico de un suelo.

## 2.2.5 Geohidrología

### - Presión de Poros

Suárez, J. (2007) señala que: “La presión de poros consiste en la presión en el agua dentro de los poros de suelo y se identifica con la letra “ $\mu$ ”. La presión de poros disminuye los esfuerzos normales efectivos entre las partículas, trata de separarlas y disminuye la resistencia a la fricción”. (Ver Figura 6)

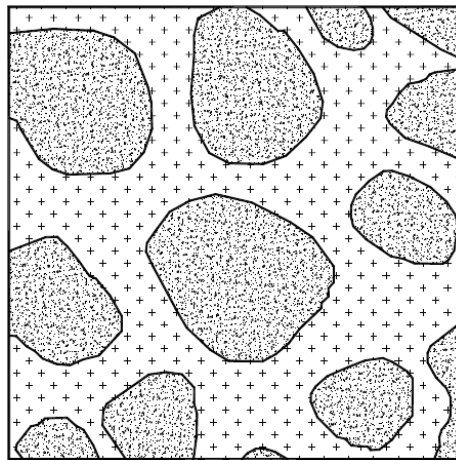


Figura 6. La presión de poros trata de separar las partículas y de esta forma, se disminuye la resistencia a la fricción. Suárez, J. (2007)

### - Esfuerzo Efectivo

Teniendo en cuenta la definición de Suárez, J. (2007): “Una masa de suelo saturada está compuesta por dos fases distintas: el esqueleto de partículas y los poros entre partículas llenos de agua. Cualquier esfuerzo impuesto sobre el suelo, es soportado por el esqueleto de partículas y también, por la presión del agua”. Además, menciona que la diferencia entre en esfuerzo total y la presión de poros es igual al Esfuerzo efectivo.

- **Esfuerzo Total**

Suárez, J. (2007) define al esfuerzo total como: “La suma de todas las fuerzas, incluyendo aquellas transmitidas a través de contactos entre partículas, aquellas transmitidas a través de la presión de poros en el agua (divididas por el área total) e incluyendo el área de sólidos y el área de vacíos” (Ver Figura 7)

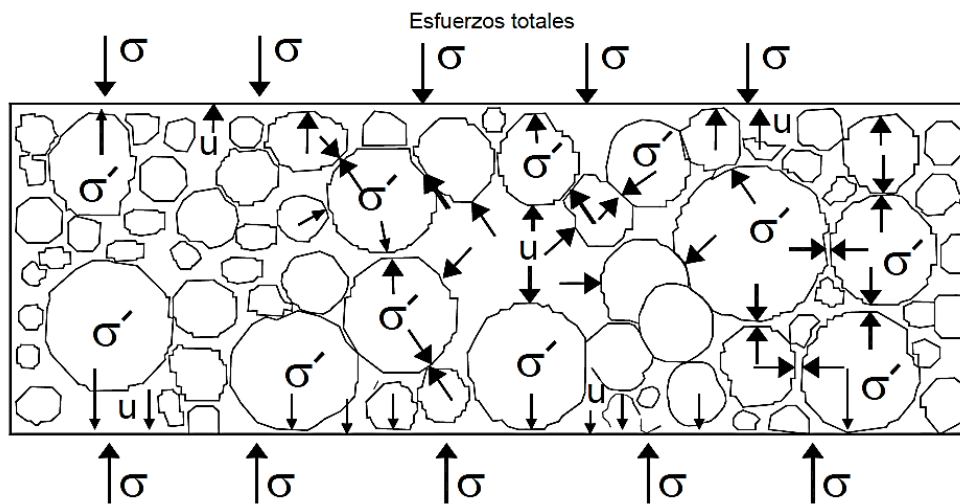


Figura 7. Esfuerzos totales y efectivos.  $\sigma'(\text{efectivo}) = \sigma(\text{total}) - \mu$ . Suárez, J. (2007)

- **Ley de Darcy**

González, L. (2004), en su Libro Ingeniería Geológica explica La Ley de Darcy de la siguiente manera:

El flujo de agua puede ser de dos tipos: laminar y turbulento. El régimen de flujo se considera laminar cuando las trayectorias de las gotas de agua (las líneas de corriente) no interfieren unas contra otras. En caso contrario, se trata de un flujo turbulento. Para el estudio de filtraciones en el terreno, salvo en algunos casos especiales de suelos de gran permeabilidad, flujo a través de grandes fisuras, flujo en karst, se suele considerar que el régimen es laminar. En estas condiciones es aplicable la llamada ley de Darcy y se puede suponer que la velocidad de flujo es proporcional al gradiente hidráulico:

$$v = k \frac{\Delta h}{L} = ki$$

Siendo  $k$  la permeabilidad del medio (expresada por el coeficiente de permeabilidad), y la  $v$  la velocidad media del agua a través de una sección macroscópica de suelo, es decir, la velocidad aparente a lo largo de las líneas de flujo teóricas.

### 2.2.6 Métodos de equilibrio límite

Para González, L. (2004), los métodos de equilibrio límite son los más utilizados para analizar el equilibrio de una masa inestable.

Además, Señala que este método consiste en comparar las fuerzas tendentes al movimiento con las fuerzas resistentes que se oponen al mismo a lo largo de una determinada superficie de rotura. Se basan en: La selección de una superficie teórica de rotura en el talud, el criterio de rotura de Mohr-Coulomb y la definición de coeficiente de seguridad.

Métodos exactos: La aplicación de las leyes de la estática proporciona una solución exacta del problema con la única salvedad de las simplificaciones propias de todos los métodos de equilibrio límite (ausencia de deformaciones, factor de seguridad constante en toda la superficie de rotura, etc.)

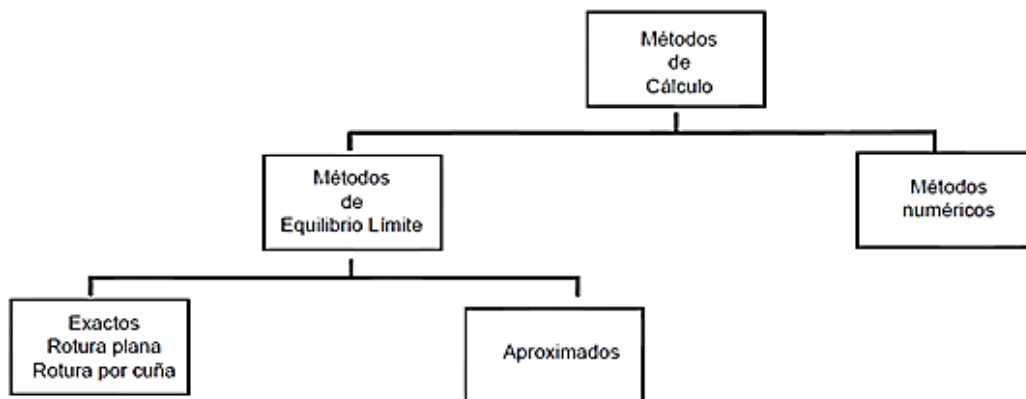


Figura 8. Métodos de cálculo para análisis de taludes. Suárez, J. (2007)

### **2.2.7 Factor de Seguridad**

González, L. (2004) define el factor de seguridad (FS) como: “El valor que cuantifica la diferencia entre las condiciones reales que presenta el talud, y las condiciones que llevan a su rotura. El factor de seguridad es el coeficiente mínimo de todos los coeficientes de seguridad asociados a todas las superficies de deslizamiento posibles”.

### **2.2.8 Software Slide**

Slide es un programa 2D de estabilidad de taludes con la metodología de equilibrio límite para evaluar el factor de seguridad o la probabilidad de fallamiento, de superficies de rotura circulares o no circulares, en suelo o roca de mala calidad. Slide analiza la estabilidad de las superficies de deslizamiento utilizando divisiones verticales (dovelas). Slide también incluye el análisis de aguas subterráneas por medio de elementos finitos integrados en el programa, para condiciones estables y transitorias. (Rocscience, 2016)



## 2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Geodinámica, Parte de la geología física o geomorfología que estudia los fenómenos geológicos que provocan modificaciones en la superficie terrestre por acción de los esfuerzos tectónicos internos (geodinámica interna) o esfuerzos externos (geodinámica externa). (Dávila, J. 2011).

Deslizamiento, Deslizamiento de masas rocosas o de suelo por la pérdida de estabilidad, que puede ser por saturación de agua, presencia de materiales arcillosos que actúan como lubricantes, fuertes inclinaciones de las vertientes u otras causas. La acción humana puede muchas veces acelerar el proceso de deslizamiento, por la utilización sin el estudio debido, de las áreas de posibles deslizamientos. Ejemplo, construcción de carreteras. (Dávila, J. 2011).

Deslizamiento Rotacional, En un deslizamiento rotacional la superficie de falla es formada por una curva cuyo centro de gravedad de giro se encuentra por encima del centro de gravedad del cuerpo del movimiento. (Suarez, J. 2007).

Ladera, Terrenos inclinados de una cadena montañosa, o para las pendientes de cualquier tipo de elevación de terreno. (Dávila, J. 2011).

Talud, Superficie inclinada del terreno que se extiende de la base a la cumbre de un cerro. (Dávila, J. 2011).

Suelo, Se define como un agregado de minerales unidos por fuerzas débiles de contacto, separables por medios mecánicos de poca energía o por agitación en agua. (Gonzáles, L. 2004).

Porosidad, Es la relación entre el volumen de huecos y el volumen total del elemento considerado, o sea su volumen aparente. (Gonzáles, L. 2004).

## CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1 UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La zona de estudio se encuentra ubicada al SW de la Ciudad de Cajamarca, entre el Km 130+250 y Km 130+450 de la Carretera Chilete-Cajamarca, en el Sector conocido como El Naranjo.

Políticamente en la Región y Provincia de Cajamarca, Distrito de Magdalena, Localidad el Naranjo. Las coordenadas de los vértices de la zona de estudio se especifican en la Tabla 4 en el Sistema UTM, Datum WGS 84 y zona 17S y se observan en la Figura 9. (Ver Anexo 01: Plano N° 01)

Tabla 4. Coordenadas UTM-WGS84 de los vértices de la zona de estudio.

VÉRTICE	ESTE	NORTE
V1	771250	9194500
V2	771250	9193750
V3	770500	9193750
V4	770500	9194500



Figura 9. Vértices de la zona de investigación.  
(Google Earth)

### 3.1.1 Accesibilidad

El acceso a la zona de estudio se realiza desde ambos sentidos de la carretera Chilete-Cajamarca, como se detalla en la Tabla 5.

Tabla 5. Rutas de acceso a la zona de estudio.

<b>CARRETERA CHILETE-CAJAMARCA</b>			
<b>TRAMO</b>	<b>DISTANCIA (Km)</b>	<b>TIEMPO (Min.)</b>	<b>ESTADO</b>
Chilete- Choropampa	35	50	Asfaltada
Choropampa-Zona de estudio	3	10	Asfaltada

<b>CARRETERA CAJAMARCA- CHILETE</b>			
<b>TRAMO</b>	<b>DISTANCIA (Km)</b>	<b>TIEMPO (Min.)</b>	<b>ESTADO</b>
Cajamarca- San Juan	31	50	Asfaltada
San Juan- Zona de estudio	12	30	Asfaltada

### 3.1.2 Clima y vegetación

El clima del área está clasificado como templado y húmedo, con una estación de lluvias y una estación seca bien definidas, aunque algunas veces permanece épocas húmedas a lo largo del año, el período entre octubre y abril recibe la mayoría de las precipitaciones anuales y es considerado como la estación de lluvias, mientras que el período comprendido entre mayo y Setiembre es conocido regionalmente como estación seca (SENAMHI, 2016). La cobertura vegetal está caracterizada por sembríos antrópicos y matorrales semi-húmedos.

## 3.2 PROCEDIMIENTOS

### 3.2.1 Etapa Preliminar de Gabinete

Esta etapa consistió en la búsqueda de libros, estudios, investigaciones, tesis y papers relacionados con inestabilidad de laderas, asociados principalmente a deslizamientos de tipo rotacional.

### **3.2.2 Etapa de Campo**

La segunda etapa comprendió la descripción del deslizamiento El Naranjo, haciendo una descripción geológica, geomorfológica, geodinámica para saber con mayor precisión los parámetros que provocaron el movimiento de ladera. Además, se identificó el tipo de suelo donde se produjo el deslizamiento y se tomaron muestras de suelo de las estaciones de control geodinámico, logrando un análisis comparativo y descriptivo.

### **3.2.3 Etapa de laboratorio**

La tercera etapa consistió en hallar los parámetros físicos de las muestras de suelo (granulometría, contenido de humedad, límites de consistencia y clasificación de suelos), tomadas en las estaciones de control geodinámico, los ensayos se realizaron en el laboratorio del Consorcio Supervisor Sierra 2.

### **3.2.4 Etapa Final de Gabinete**

En esta etapa, obtenida la data tomada en campo y los resultados de laboratorio, se procedió a analizar en gabinete la correlación de los datos dentro de las variables, los cuales proporcionaron la consistencia de la información para luego someterlos al análisis acorde con los requerimientos de los modelos de rotura de Morh-Coulomb. Además, se realizaron secciones geológicas utilizando AutoCAD 2016 en DXF, se aplicó el Software Slide para obtener los Factores de Seguridad en las secciones AA', BB', CC', definiéndose de esta manera la inestabilidad que generó el deslizamiento El Naranjo con el método de equilibrio límite. Además, para la elaboración de los planos se utilizó el software ArcGis 10.3.

Finalmente, esta etapa dio como resultado la tesis de investigación “Análisis del deslizamiento el Naranjo mediante el método de equilibrio límite con el Software Slide Magdalena-Cajamarca”

En la Figura 10, se detalla el procedimiento que se siguió para realizar la investigación.

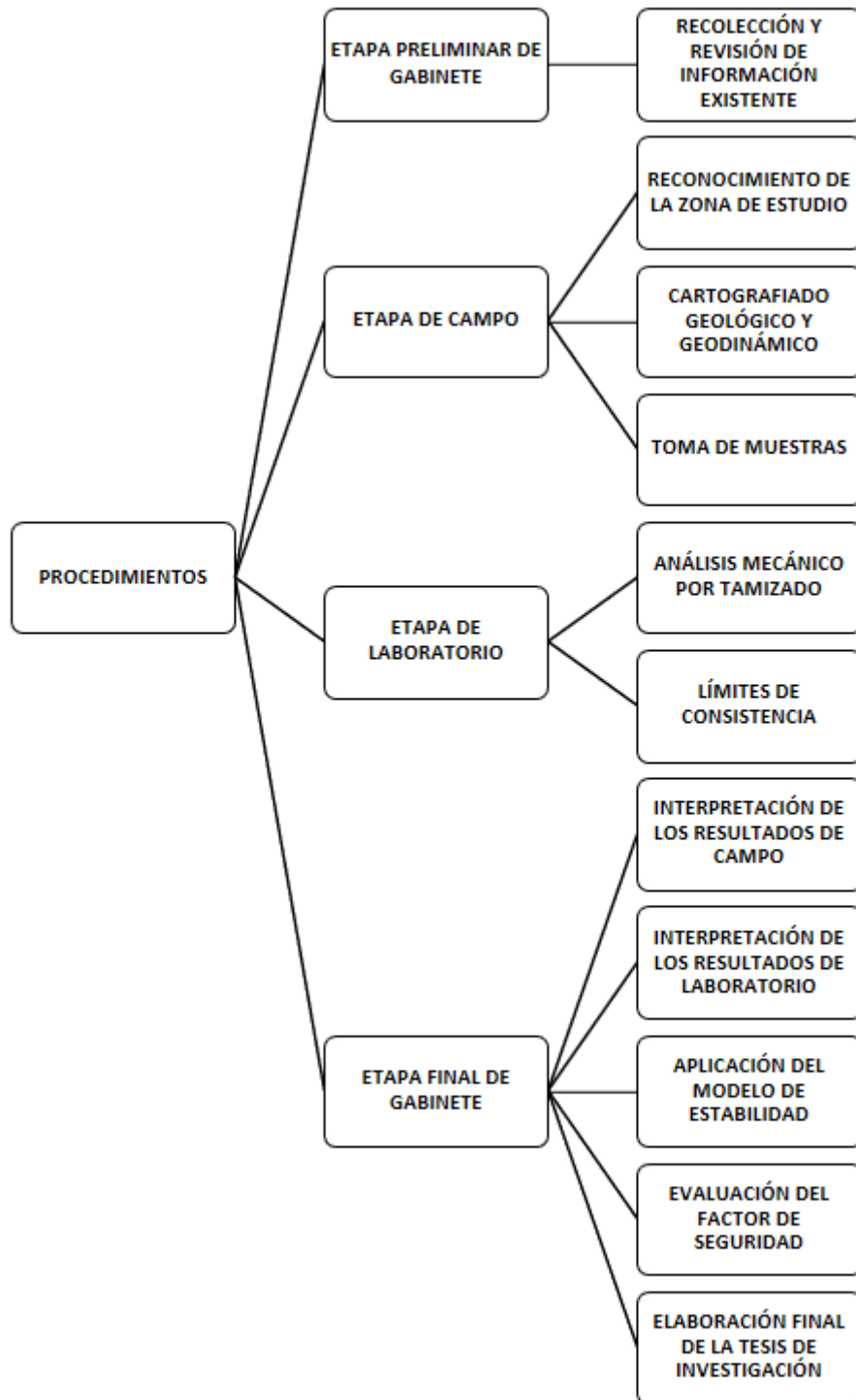


Figura 10. Procedimiento de la Investigación.

### **3.3 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.3.1 Tipo y Diseño de Investigación**

Fue de tipo no experimental, transeccional o transversal, asociado al diseño de investigación descriptivo, correlacional y explicativo.

La metodología utilizada para la tesis, comprendió un diseño de investigación descriptiva, pasando por la correlacional para terminar con un proceso explicativo. Es por ello que se inició describiendo la situación problemática, las variables que intervienen, luego se correlacionaron con otras variables como la hidrología, para finalmente explicar el por qué se produjo el deslizamiento El Naranjo.

#### **3.3.2 Población de estudio**

Deslizamiento el Naranjo ubicado en el Km 130+250 al Km 130+450 de la Carretera Chilete-Cajamarca (Magdalena- Cajamarca)

#### **3.3.3 Muestra**

Muestras de suelo tomadas en el deslizamiento el Naranjo.

#### **3.3.4 Unidad de análisis**

Características y geometría del deslizamiento el Naranjo ubicado en el Km 130+250 al Km 130+450 de la Carretera Chilete-Cajamarca (Magdalena- Cajamarca)

#### **3.3.5 Técnicas**

- Observación
- Análisis documental

### **3.3.6 Instrumentos de recolección de datos**


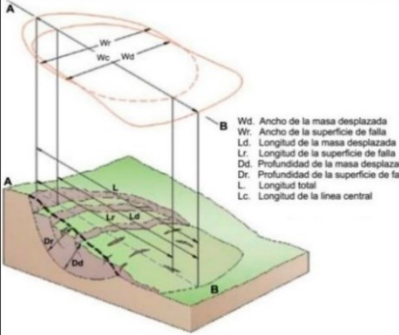
Se trabajó en campo con dos tablas para la recolección de datos, la Tabla 6, se utilizó para las estaciones de control geodinámico; mientras que la Tabla 7, se utilizó para realizar una descripción cualitativa y cuantitativa del movimiento de masa, en éste caso el Deslizamiento El Naranjo.

Tabla 6. Registro geológico – geotécnico para suelos. Alcántara, E (2016)

REGISTRO GEOLÓGICO-GEOTECNICO DE TALUDES POR ESTACIÓN-SUELOS				TESIS: "Análisis del Deslizamiento El Naranjo Mediante el Método de Equilibrio Límite con el Software Slide"		MAGDALENA-CAJAMARCA		Sistema Unificado de Clasificación de Suelos SUCS - ASTM 1985	
CODIGO:		HOJA N°:		DE:		SALIDA N°:		FECHA:	
RESPONSABLE:		EJECUTADO POR:		RESPONSABLE:		EJECUTADO POR:		FECHA:	
ESTACIÓN N°:		UBICACIÓN:		CLASIFICACIÓN DE SUELOS USCS				ESTACIÓN N°:	
HORA:		UBICACIÓN:		DIVISIONES PRINCIPALES		SIMB		NOMBRES TÍPICOS	
1. DATA GPS		2. MATERIAL		1. DATA GPS		2. MATERIAL		3. TALUD	
SISTEMA:	2.1 Depósito	2.2 Plast	2.3 Comp	%	SISTEMA:	2.1 Depósito	2.2 Plast	2.3 Comp	%
ESTE:	1: Eluvial	1: Alta	Bloques:		ESTE:	1: Eluvial	1: Alta	Bloques:	
NORTE:	2: Deluvial	2: Media	Cantos:		NORTE:	2: Deluvial	2: Media	Cantos:	
COTA:	3: Coluvial	3: Baja	Grava:		COTA:	3: Coluvial	3: Baja	Grava:	
ERROR:	4: Aluvial	4: No Plas	Arena:		ERROR:	4: Aluvial	4: No Plas	Arena:	
MARCA Y SERIE:	5: Fluvial		Finos:		MARCA Y SERIE:	5: Fluvial		Finos:	
3. TALUD		Taud. Nat. (TN), Vol. o Corte Perf. (VCP) Precorte (P), Vol. Suave (VS), Vol. o Excav. Mec. (VES), Vol. Def. (VD):		3. TALUD		Taud. Nat. (TN), Vol. o Corte Perf. (VCP) Precorte (P), Vol. Suave (VS), Vol. o Excav. Mec. (VES), Vol. Def. (VD):			
Altura (m):	Pie (m):	Cabeza (c)		Altura (m):	Pie (m):	Cabeza (c)			
Dirección	Pie (a)	Talud (b)		Dirección	Pie (a)	Talud (b)	Cabeza (c)		
Azmut (Z):				Azmut (Z):					
Dip:				Dip:					
4. ESQUEMA				4. ESQUEMA					
Observaciones:				Observaciones:					
				<p>1° Letra: G(Grava), S(Arena), M(Limo), C(Arcilla), O(Orgánico)</p> <p>2° Letra: P(Pobremente Gradado=tamaño de partículas uniforme), W(Bien Gradado=tamaño de partículas diversos), H(Alta plasticidad), L(Baja Plasticidad). *Pt: Turba</p>					



Tabla 7. Registro para deslizamiento.

REGISTRO GEODINÁMICO DE MOVIMIENTOS DE MASAS				TESIS :		"Análisis del Deslizamiento El Naranja Mediante el Método de Equilibrio Límite con el Software Slide"				 INVENTARIO DE MOVIMIENTOS EN MASA - GEMMA, 2007											
CODIGO:		HOJA Nº :		DE:		SALIDA Nº:		MOV. Nº:													
RESPONSABLE:		KAREN JULIANA TORRES ARROYO		EJECUTADO POR:		KAREN JULIANA TORRES ARROYO		FECHA:		HORA:											
1. LOCALIZACIÓN				2. ACTIVIDAD																	
1.1 LOCALIZACIÓN POLÍTICA				1.2 COORDENADAS			2.1 ESTADO		2.2 ESTILO		2.3 DISTRIBUCIÓN		2.4 VELOCIDAD								
País		Perú		ESTE		NORTE		COTA		Activo		Complejo		Retrogresivo		Extr. Rápido (>5m/s)		Velocidad Máxima=			
Departamento		Cajamarca								Reactivado		Compuesto		Avanzando		Muy Rápido (>3m/min)		Medida		Calculada	
Provincia		Cajamarca		ERROR (+-m)						Suspendido		Múltiple		Ensanchando		Rápido (>1,8m/hr)		Estimada			
Distrito		Cajamarca								Latente		Sucesivo		Confinado		Moderado (>13m/mes)		Velocidad Mínima=			
Localidad				DATUM		Abandonado		Único		Creciente		Lento (>1,6m/año)				Medida		Calculada			
3. IMPORTANCIA DEL EVENTO				MARCA Y SERIE		ESTABILIZADO		ENJAMBRE		DECRECIENTE		MUY LENTO		EXT. LENTO							
ALTA		MEDIA		BAJA		DEL GPS		Relicto		Otro:		Móvil		Ext. Lento (<16mm/año)							
Esquema:				4. CLASIFICACIÓN DEL MOVIMIENTO																	
				4.1 TIPO DE MOVIMIENTO		4.2 MATERIAL			4.3 OTRAS CARACTERÍSTICAS		4.4 DEFORMACIÓN DEL TERRENO										
				Caída		COMPOSICIÓN %		HUMEDAD		PLASTICIDAD		Movimiento canalizado		MODO		SEVERIDAD					
				Volcamiento		Bloques		Seco		Alta		Movimiento no canalizado		Ondulam		Leve					
				Deslizamiento rotacional		Cantos		Lig. Húmedo		Media		Licuación		Escalonam		Media					
				Deslizamiento traslacional		Grava		Húmedo		Baja		Otra:		Severa							
				Propagación lateral		Arena		Muy Húmedo		No Plástico		GEOFORMA									
				Reptación		Finos		Mojado													
				Flujo		Materia Org.		CLASIFICACIÓN USCS				Sistema de clasificación									
				Deform. gravitacional profunda		ORIGEN		Regolito		Transportado		Nombre del movimiento									
				Compuesto (Marcar los tipos)																	
5. MORFOMETRÍA				6. CAUSAS DEL MOVIMIENTO																	
				5.2 DIMENSIONES		C		D		C		D									
				Profundidad de la SF: Dr (m)		Material plástico debil		Movimiento tectónico		Socav. del pie del talud por agua											
				Ancho de la SF: Wr (m)		Material sensitivo		Sismo		Socav. del pie de talud por oleaje											
				Longitud de SF: Lr (m)		Material colapsible		Erupción Volcánica		Excavación del pie del talud											
				Profundidad de la MD: Dd (m)		Material meteorizado físicamente		Lluvias		Carga en la corona del talud											
				Ancho de la MD: Wd (m)		Material meteorizado químicamente		Viento		Erosión subt. (disolución, tubificación)											
				Longitud de la MD: Ld (m)		Material fallado por corte		Deshielo		Irrigación											
				Longitud total L: (m)		Material fisurado o agrietado		Avance/retroceso de glaciares		Deficiente del sistema de drenaje											
				SF: Superficie de Falla, MD: Masa desplazada		Orientación desfavorable de discont.		Romp. de lagos en cráteres		Escapes de agua de tuberías											
				Volúmen inicial (m3)		Contraste de permeabilidad de mat.		Rompimiento de presas		Minería											
Volúmen despaado (m3)		5.3 ESTIMADAS/CALCULADAS		Contraste de rigidez de mat.		Desembalse rápido de represas		Disp. mala de estériles/escombros													
Área inicial (Km2)		Volúmen inicial (m3)		Met. por congelamiento/deshielo		Embalse		Vib. artificial (tráfico, explosiones, etc)													
Área total afectada (Km2)		Volúmen despaado (m3)		Met. por expansión/contracción		Er. del pie del talud por glaciares		Otros:													
Distancia de viaje (km)		Área inicial (Km2)		Deforestación o ausencia de veget.		Erosión superficial		C: Condicionante, D: Detonante													
5.1 GENERAL				7. COBERTURA Y USO DEL SUELO																	
				7.1 TIPO DE COBERTURA		%		7.2 TIPO DE USO		%											
				Vegetación Herbácea																	
Diferencia de altura corona a punta (m)		5.4 TIPO DE TALUD		Bosque/Selva				Ganadería		Vivienda											
Ángulo de viaje (Fahrböschung) (°)		Talud Natural (Ladera)		Matorrales				Área protegida		Vías											
Pendiente ladera en post-falla (°)		Voladura o corte excelente		Cuerpo de agua				Agrícola		Minería											
Pendiente ladera en pre-falla (°)		Precorte		Cultivos				Recreación		Ninguno											
Dirección del Movimiento (°)		Voladura Suave		Construcciones				Zona arqueológica		Otros:											
Azimut del Talud (°)		Voladura o Excav. Mecánica		Sin Cobertura				Zona industrial													

### **3.3.7 Equipos de recolección de datos**

- Picota marca estwing mango largo: Herramienta necesaria para extraer muestras de roca y probar la resistencia de las mismas en campo.
- Lápiz rayador 88CM General Tools: Herramienta utilizada para identificar minerales por medio de su dureza relativa.
- Lupa de 10x Baush & Lamp. Herramienta óptica utilizada para visualizar mejor los cristales de una roca.
- Lápices y lapiceros: Utilizados para anotaciones y cartografiado.
- Cámara digital Cannon Power Shot: Instrumento utilizado para el registro fotográfico.
- Protactor: Escala 1/1000: Utilizado para el cartografiado local.
- Brújula Brunton mod. 5006: Utilizado para la toma de datos de direcciones de discontinuidades y planos de estratificación
- GPS Garmin eTrex 20: Instrumento utilizado para la obtención de las coordenadas para la ubicación de puntos.
- Laptop Toshiba: Instrumento utilizado para el procesamiento de los datos y redacción de los informes.

### **3.3.8 Análisis e interpretación de datos**

El análisis e interpretación de datos se realizó en gabinete, utilizando los resultados obtenidos en campo con los análisis obtenidos en laboratorio. La información de campo fue procesada a través del software Slide v.7 (Software utilizado para el cálculo del factor de seguridad utilizando el método de equilibrio límite), ArcMap 10.3 (Software utilizado para la creación de los planos), AutoCAD 2016 (Sirvió como base para la obtención de los perfiles topográficos) y Microsoft Office 2013 Word, Excel, PowerPoint (Software utilizados para la elaboración de los informes y presentaciones)

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1 ESTRATIGRAFÍA

La estratigrafía local está constituida por unidades sedimentarias del Cretácico como son la Formación Pariatambo y la Formación Yumagual, además encontramos unidades no consolidadas del Cuaternario-Holoceno constituidos por depósitos coluvio-aluvial, aluviales y depósitos fluviales. (Ver Anexo 01: Plano N° 07)

##### 4.1.1 Formación Pariatambo (Ki-pa)

Aflora al NW y SE de la zona de estudio específicamente en el Cerro El Naranjo, conforma el basamento rocoso donde se produjo el deslizamiento el Naranjo, está formada por calizas bituminosas oscuras, intercaladas con lutitas calcáreas, los macizos rocosos se encuentran fuertemente disturbados por las fallas y pliegues locales apreciables en los cortes de carretera recientes. (Ver Foto 1)

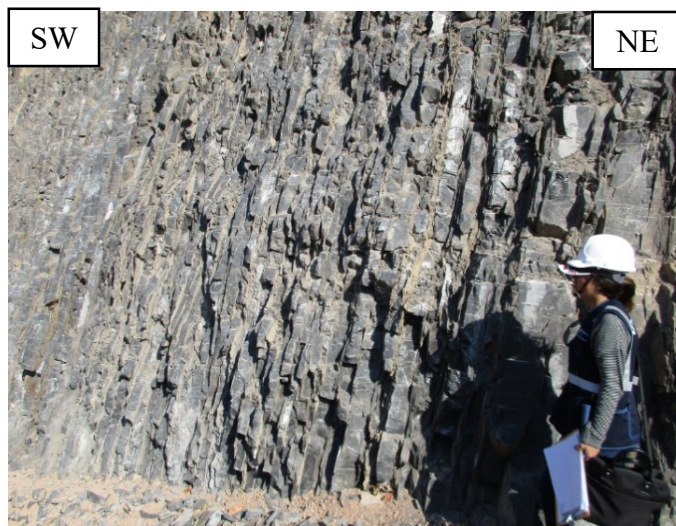


Foto 1. Formación Pariatambo apreciable en el corte de carretera post-deslizamiento, muestran estratos finos de calizas bituminosas fuertemente disturbadas.

Geodinámicamente se muestra estable, siendo los suelos que sobreyacen los que son susceptibles a deslizamientos. (Ver Anexo 01: Plano N° 07)

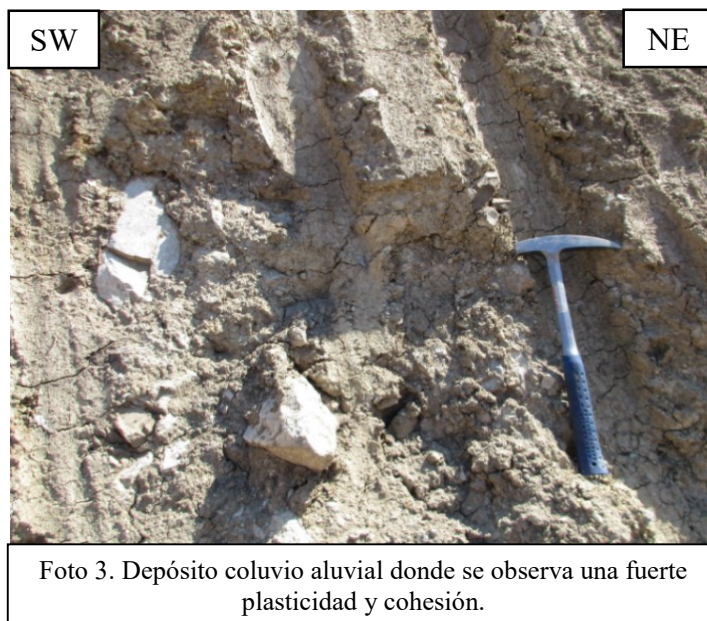
#### 4.1.2 Formación Yumagual (Ks-yu)

Aflora al SW de la zona de estudio, sobreyaciendo a la Formación Pariatambo, encontramos una secuencia de margas y calizas de colores grises a marrón claro, todas las rocas están fuertemente meteorizadas, cuyos afloramientos son apreciables en los cortes de carretera. (Ver Foto 2) (Ver Anexo 01: Plano N° 07)



#### 4.1.3 Depósito Coluvio-Aluvial (Qh-co/al)

Se encuentran conformando gran parte de la zona de estudio, ubicado en la ladera del Cerro El Naranjo. Son depósitos superficiales no consolidados constituidos por una mezcla de materiales angulosos a sub-angulosos, mal gradados, redondeados a sub-redondeados bien gradados, con materiales finos limoarcillosos. En la zona donde se produjo el deslizamiento



El Naranjo, encontramos depósitos coluvio-aluviales, con variados espesores siendo más delgados en las partes laterales. (Ver Foto 3 y 4) (Ver Anexo 01: Plano N° 07)



Foto 4. Depósito coluvio-aluvial en la zona de estudio, muestra de eventos coluviales intercalados por eventos aluviales.

## 4.2 UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

Para realizar la zonificación de unidades geomorfológicas se consideró los parámetros de altura máxima y mínima, que van desde 1700 m.s.n.m hasta una cota máxima de 2073 m.s.n.m. Para determinar las unidades geomorfológicas empleamos el software ArcGis, mediante la clasificación de pendientes, para lo cual tomamos como referencia los intervalos definidos en la Tabla 8 (Ver Anexo 01: Plano N° 05), La clasificación de las Unidades morfogenéticas es bastante simple, concreta y económica cuando se trata de definir el comportamiento y estabilidad de lugares con problemas geodinámicos y geotécnicos. Rodríguez, R. (2016). Además, se identificó las siguientes geoformas: Montañas y colinas fluvio- erosionales, piedemonte aluvial y terraza fluvial. (Ver Anexo 01: Plano N° 06)

Tabla 8. Unidades morfogenéticas.

PENDIENTES	DESCRIPCIÓN
0°-8°	Planicies
8°-20°	Lomadas
20°-50°	Laderas
>50°	Escarpas

Fuente: Rodríguez, R (2016)

### 4.2.1 Planicies

La pendiente está comprendida entre  $0^{\circ}$  a  $8^{\circ}$  y comprende las áreas distribuidas en el cauce del Río Magdalena relacionadas con los depósitos aluviales y fluvio-aluviales, su utilización es para ganadería y agricultura. (Ver Anexo 01: Plano N° 05)

### 4.2.2 Lomadas

Terreno de superficie heterogéneo que no deben pasar los 150 a 200 metros, con elevaciones de bajo ángulo y pendientes suaves ya que está comprendida entre los  $8^{\circ}$  a  $20^{\circ}$ , aprovechadas en agricultura y pastoreo y ganadería, comprenden menos del 50% de las pendientes de la zona de estudio. (Ver Foto 5 y Anexo 01: Plano N° 05)

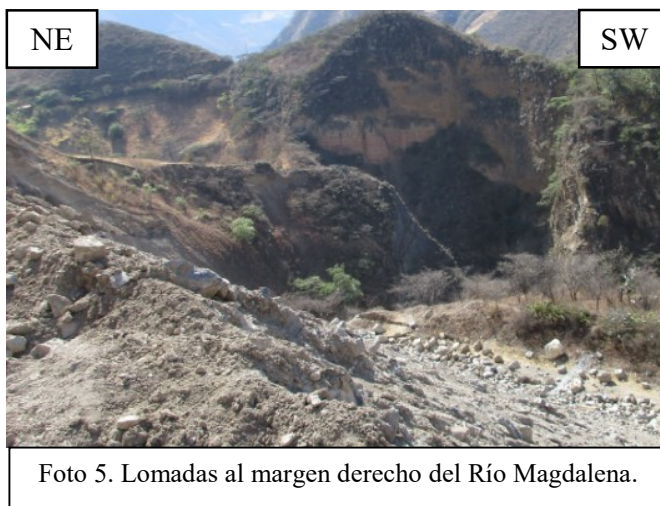


Foto 5. Lomadas al margen derecho del Río Magdalena.

### 4.2.3 Laderas

Terrenos relativamente inclinados y heterogéneos, con inclinaciones con promedios de 200 a 300 metros de altura (base-tope), pendientes comprendidas entre  $25^{\circ}$  a  $50^{\circ}$ , compuesto por depósitos coluvio-aluvial y como basamento formado por la Formación Pariatambo. (Ver Foto 6 y Anexo 01: Plano N° 05)

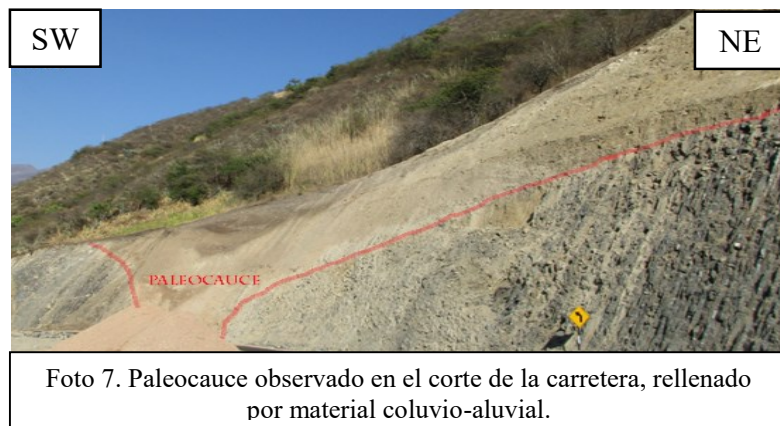


Foto 6. Zona de laderas a riberas del Río Magdalena.

## 4.3 GEOESTRUCTURA

### 4.3.1 Paleocauce

Son estructuras erosionadas rellenas con depósitos coluvio aluviales de tamaño diversos como gravas, arenas, limos y arcillas. Como se muestra en la Foto 7, el paleocauce se encuentra en el talud de corte de la carretera cuya ubicación es E: 770933, N: 9194175; C: 1799.



## 4.4 GEODINÁMICA

El deslizamiento el Naranjo, fue un evento de movimiento de masas en ladera relativamente rápido hasta su ubicación final.

Las coordenadas del deslizamiento el Naranjo se detallan en la Tabla 9, en el Sistema UTM, Datum WGS84. Ver Figura 11.

Tabla 9: Coordenadas del deslizamiento el Naranjo- Distrito Magdalena- Provincia de Cajamarca.

UBICACIÓN	ESTE	NORTE
<b>A: Corona</b>	770843.6982	9194082.8882
<b>A': Corona</b>	770882.3584	9194161.8487
<b>C: Flanco derecho</b>	770877.4272	9193991.7976
<b>D: Flanco izquierdo</b>	770981.9148	9194137.7379

#### **4.4.1 Actividad geodinámica**

Considerando la definición de Grupo de Estándares para Movimientos en Masa (GEMMA, 2007), en el libro Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas: “Los siguientes campos de Actividad corresponden al Estado, Estilo y Distribución del movimiento”.

El deslizamiento el Naranjo se considera un movimiento relativamente rápido, ya que según información de los pobladores se inició la aparición de las escarpas con cierta lentitud y luego un movimiento mucho más rápido y lento al final, habiendo ocurrido el 21 de abril de 2016.

El deslizamiento el Naranjo fue un movimiento inicialmente rápido, donde se observa que la escarpa principal comienza desde el punto AA', y ha seguido hacia el punto B y hacia el punto C, por lo tanto, el deslizamiento principal está constituido por el movimiento en la falla BAA'C. Además de a ver ocurrido éste movimiento se ha desplazado la carretera con una distancia inclinada de 50 metros aproximadamente.

Desde el punto AA' se nota la escarpa principal que sigue una dirección al SE, de tal manera que debe entenderse que la falla debe ser considerada entre CAA'D, teniendo en consideración que entre A' y D la escarpa de falla es pequeña alcanzando 4 metros aproximadamente. Por lo tanto, la escarpa principal disminuye hasta el punto C donde desaparece y en el lado A'D está iniciándose la continuación, este proceso geodinámico lo podemos observar en la Figura 11.





Figura 11. Actividad geodinámica del deslizamiento El Naranjo.

#### 4.4.2 Importancia del Evento

Según GEMMA (2007), la importancia del evento está referida a la calificación subjetiva de la severidad de los efectos causados por el movimiento. Esta calificación, por lo tanto, está sujeta a la percepción y consideraciones de la persona que la realiza. Sin embargo, se sugieren las siguientes medidas cualitativas de estos efectos, indicados en lo propuesta de Fell et al. (2005), como se describe a continuación:

**Alta:** Estructuras completamente destruidas o daño extensivo, en donde se requieren grandes obras de ingeniería para la estabilización o reparación.

**Media:** Daño moderado a algunas estructuras, o necesidad de grandes obras de estabilización

**Baja:** Poco o limitado daño a estructuras. Parte del sitio puede requerir algunos trabajos menores para su estabilización.

En el caso del deslizamiento el Naranjo, según GEMMA (2007), consideramos que la importancia del evento es Alta; porque constituyó un movimiento de masa que impactó la carretera que comunica Cajamarca con las ciudades costeras. Con estas consideraciones es necesario la construcción de obras de ingeniería para su estabilización.

#### 4.4.3 Clasificación del movimiento

El deslizamiento el Naranjo, es un movimiento de ladera, cuyo desplazamiento ocurrió a lo largo de una superficie de falla curvo-cilíndrica, por esa razón se considera como un deslizamiento de tipo rotacional; además la dirección del deslizamiento es de 139°. La morfología está caracterizada por un escarpe principal pronunciado como se observa en la Figura 13.

#### 4.4.4 Morfometría del deslizamiento

Para la morfometría del deslizamiento el Naranjo se tuvo en cuenta los aspectos señalados en Suárez, J. (2007).

La geometría y dimensiones del deslizamiento El Naranjo se detalla a continuación en la Figura 12 y en el Anexo 01: Plano N° 08.

Wc: Longitud en planta	156.833m	L: Longitud Total	186.710m
Wd: Ancho de la masa desplazada	180.541m	Ld: Longitud de la masa desplazada	152.659m
AzD: Dirección del deslizamiento	139.825°	Dd: Profundidad de la masa desplazada	15.238m
AzT: Azimut del talud	36.244°	A: Diferencia de alturas corona a punta	90.617m
AT: Área total afectada	24783.03m <sup>2</sup>	F: Ángulo de viaje (Fahrboschung)	29.035°
Ad: Área de la masa desplazada	20774.8m <sup>2</sup>	APre: Pendiente de ladera en pre-falla	31.752°
Vd: Volumen del deslizamiento	$(\frac{1}{6} \pi * Dr * Wr * Lr) * Fex$	APost: Pendiente de ladera en post-falla	19.516°
- $\pi$ : Phi	3.14	R: Run-up	-
- Dr: Profundidad de la superficie de falla	13.480m		
- Wr: Ancho de la superficie de falla	191.314m		
- Lr: Longitud de la superficie de falla	180.023m		
- Fex: Factor de expansión	1.3		
Vd:	315854.006m <sup>3</sup>		

Figura 12. Geometría del deslizamiento el Naranjo.



Figura 13. Vista SW al NE del Deslizamiento El Naranjo.

Según GEMMA (2007) La calificación del grado de severidad del deslizamiento el Naranjo fue severa, porque el terreno fue fuertemente afectado, pudiendo observar la severidad del evento en la Figura 13, donde se observa la escarpa principal pronunciada y la escarpa secundaria, incluso se observa que parte de la carretera fue destruida con dicho movimiento de masa.

#### 4.4.5 Causas del Movimiento

Tomando la definición de Santacana, N. (2001) Los factores que influenciaron para desencadenar el deslizamiento el Naranjo fueron los factores internos y externos.

Dentro de los factores internos tenemos la litología que pertenece a un depósito coluvio-aluvial, donde se tiene un tipo de depósito variable desde gravas a arcillas. Además, la pendiente de ladera en pre-falla fue  $31.7^\circ$  y la pendiente de ladera post-falla fue de  $19.5^\circ$ , considerándolos como factores condicionantes.

Dentro de los factores externos que han desencadenado el deslizamiento El Naranjo, se tiene principalmente la infiltración de agua provocado por las precipitaciones, es por eso que en el ítem 4.6 Hidrología se hace un análisis de precipitaciones entre el año 2007 hasta el 2016, los cuales provocaron el aumento de la presión intersticial disminuyendo la resistencia de

los materiales provocando el deslizamiento, siendo la irrigación otro factor desencadenante provocado por las intervenciones humanas y la socavación del pie del talud provocado por el río Magdalena.

#### 4.4.6 Cobertura y Uso de Suelo

La Cobertura y uso de suelo que se ha observado en la zona donde se produjo el deslizamiento se detalla a continuación:

- Tipo de Cobertura: Vegetación herbácea 60%, cultivos 40%
- Tipo de Uso: Ganadería 60%, agrícola 40%

#### 4.5 ESTACIONES DE CONTROL GEODINÁMICO

Se evaluó en campo el tipo de depósito cuaternario donde se produjo el deslizamiento el Naranjo, es por eso que se tomaron 3 estaciones de control geodinámico para realizar la descripción en campo y obtener los materiales para ensayos de laboratorio, los cuales serían granulometría y límites de consistencia.

Las estaciones para el control geodinámico, se ha realizado en el corte de carretera como se observa en la Foto 8. (Ver Anexo 01: Plano N° 03)

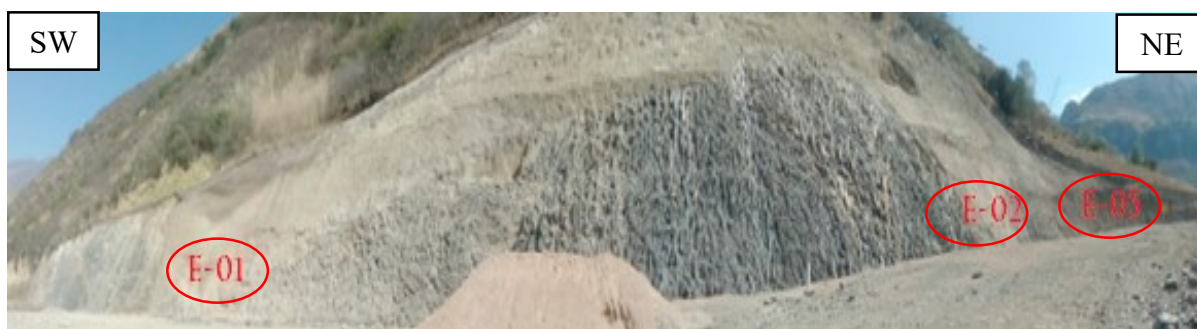


Foto 8. Estaciones de control geodinámicas tomadas en el Deslizamiento el Naranjo.

#### 4.5.1 Estación N° 01

Se observó un depósito tipo coluvio-aluvial, compuesto de 55% de grava, 15% arena y 30% de finos aproximadamente.

Las coordenadas donde se sacó la muestra se detalla en la Tabla 10.

Tabla 10. Data GPS-Sistema WGS84 de la Estación Geomecánica N° 01.

DATA GPS	
SISTEMA UTM-DATUM WGS84	
ESTE	770825
NORTE	9194119
COTA	1778



Foto 9. Estación de control Geodinámico N° 01, en suelo del deslizamiento el Naranjo.

En la Foto 9, se muestra la trinchera donde se realizó el muestreo, para realizar los ensayos de laboratorio y determinar su comportamiento, la clasificación SUCS y los límites de consistencia. A continuación, se detallan los resultados de laboratorio:

#### - **Análisis mecánico por tamizado**

El análisis de tamizado consistió en agitar los tamices con la muestra de suelo, para obtener los pesos y porcentajes que pasan según las aberturas de los respectivos tamices.

Los resultados del análisis mecánico por tamizado de la muestra de suelo tomada en la Estación N° 01 se muestran en la Tabla 11.

Tabla 11. Análisis mecánico por tamizado de la Estación N° 01.

Tamices ASTM	Abertura en mm	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que pasa
2 ½"	63.500				100.00
2"	50.600	184.00	1.60	1.60	98.40
1 ½"	38.100	224.00	1.95	3.55	96.45
1"	25.400	690.00	6.01	9.57	90.43
¾"	19.050	525.00	4.57	14.14	85.86
½"	12.700	591.00	5.15	19.29	80.71
3/8"	9.525	441.00	3.84	23.13	76.87
No 4	4.760	960.00	8.36	31.50	68.50
10	2.000	38.33	5.24	36.74	63.26
20	0.840	34.05	4.66	41.39	58.61
40	0.420	23.13	3.16	44.56	55.44
100	0.149	30.67	4.19	48.75	51.25
200	0.074	14.12	1.93	50.68	49.32
pasa		360.70	49.32	100.00	0.00

Lo que se observa en la Tabla 11, es que 49.32% de la muestra pasa el tamiz 200 por lo tanto la muestra sería clasificada como un suelo de grano grueso; ya que más del 50%, en este caso el 50.68% es el porcentaje retenido acumulado en el tamiz 200.

Además, se considera que la muestra es una grava, ya que más de 50% del porcentaje retenido acumulado en el tamiz n°4 es 31.50%, teniendo un 50.68% de material grueso y 49.32% de material fino en total.

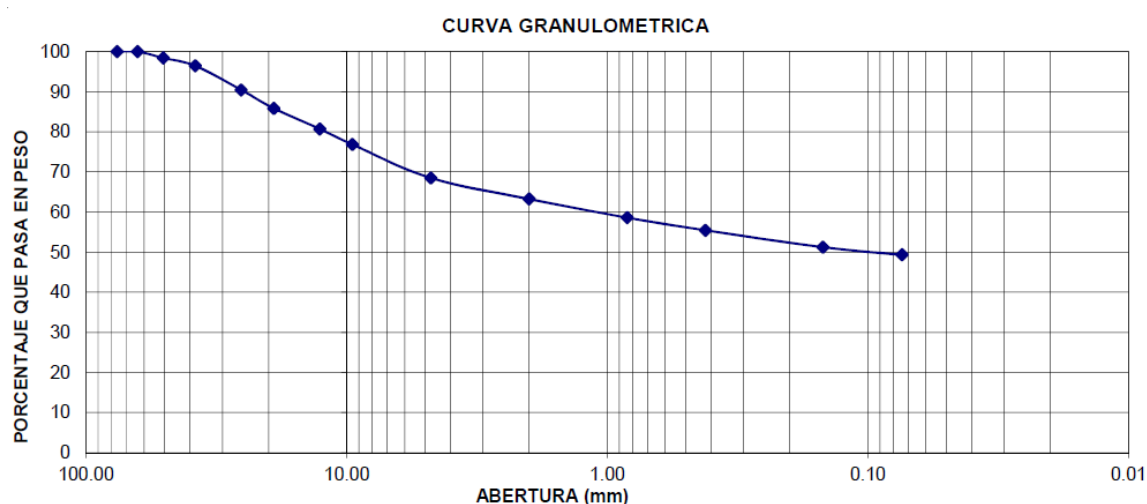


Figura 14. Curva granulométrica de la muestra de suelo tomada en la Estación N° 01.

Según la curva granulométrica nos está indicando que tenemos materiales desde muy gruesos hasta finos, por lo tanto, hay todo tipo de material que demuestra que es un coluvio aluvial porque se tiene gravas, arenas y finos, llegando a la conclusión que el tipo de suelo que se tiene en la Estación N°01 es variable. (Ver Figura 14)

– **Límites de consistencia**

Se obtuvieron los límites de consistencia (líquido, plástico) y el índice plástico, cuyos resultados se detallan en la Tabla 12.

Tabla 12. Resultados de los límites de consistencia de la Estación N° 01.

<b>Resultados</b>	
Límite líquido	34.90%
Límite plástico	20.32%
Índice plástico	14.58%

– **Clasificación de la muestra en la Estación N° 01**

Con los resultados obtenidos en laboratorio lo clasificamos como suelo GC, porque según el análisis mecánico por tamizado es un suelo de grano grueso, específicamente una grava con más del 12% de finos, específicamente con un 49.32% de finos y con un índice de plasticidad de 14.58%, por lo tanto, siguiendo la clasificación de Braja M, Das. (2013) cuando el índice plástico es mayor a 7, corresponde a un GC, como se muestra en la Tabla 13.

Tabla 13. Clasificación de Suelos de la Estación N° 01.

Criterio para la asignación de símbolos de grupo		Símbolo del Grupo	
<b>Suelos de grano grueso</b> Más de 50% retenido en el tamiz núm. 200	<b>Gravas</b> Más de 50% de la fracción gruesa retenida en el tamiz n°4	Gravas limpias menos del 5% finos <sup>a</sup> $C_u \geq 4$ y $1 \leq C_c \leq 3^c$	GW
		$C_u < 4$ y/o $1 > C_c > 3^c$	GP
	Grava con finos Más de 12% finos <sup>a,d</sup>	$PI < 4$	GM
		$PI > 7$	GC

Fuente: Braja M, Das. (2013)

#### 4.5.2 Estación N° 02

Se observó un depósito tipo coluvio-aluvial, compuesto de 1% de grava, 20% arena y 79% de finos aproximadamente.

Las coordenadas donde se sacó la muestra se detalla en la Tabla 14.

Tabla 14. Data GPS-Sistema WGS84 de la Estación Geomecánica N° 02.

DATA GPS	
SISTEMA UTM-DATUM WGS84	
ESTE	770899
NORTE	9194180
COTA	1790



Foto 10. Estación de control Geodinámico N° 02, en suelo del deslizamiento el Naranjo.

En la Foto 10, se muestra la trinchera donde se realizó el muestreo, para realizar los ensayos de laboratorio y determinar su comportamiento, la clasificación SUCS y los límites de consistencia. A continuación, se detallan los resultados de laboratorio:



- **Análisis mecánico por tamizado**

El análisis de tamizado consistió en agitar los tamices con la muestra de suelo, para obtener los pesos y porcentajes que pasan según las aberturas de los respectivos tamices.

Los resultados del análisis mecánico por tamizado de la muestra de suelo tomada en la Estación N° 02 se muestran en la Tabla 15.

Tabla 15. Análisis mecánico por tamizado de la Estación N° 02.

Tamices ASTM	Abertura en mm	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que pasa
1/2"	12.700				100.00
3/8"	9.525	25.50	2.55	2.55	97.45
No 4	4.760	73.50	7.35	9.90	90.10
10	2.000	86.90	10.29	20.19	79.81
20	0.840	56.90	6.74	26.93	73.07
40	0.420	31.70	3.75	30.68	69.32
100	0.149	40.10	4.75	35.43	64.57
200	0.074	23.80	2.82	38.24	61.76
pasa		521.60	61.76	100.00	0.00

Lo que se observa en la Tabla 15, es que el 61.76% de la muestra pasa el tamiz núm. 200 por lo tanto la muestra sería clasificada como un suelo de grano fino.

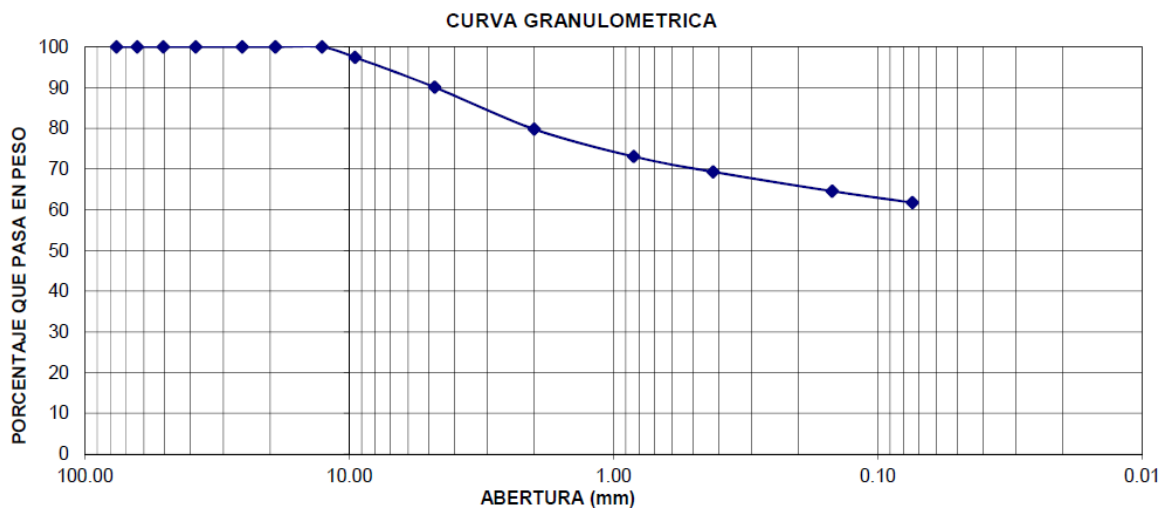


Figura 15. Curva granulométrica de la muestra de suelo tomada en la Estación N° 02.

Según la curva granulométrica se puede observar que sólo se tiene lo que ha pasado como granos hasta antes del tamiz 200 que corresponde al 38.24% de muestra, donde los granos están distribuidos entre el tamiz 1/2” y 200, por lo tanto, la curva indica que se tiene material de todo tipo. (Ver Figura 15)

– **Límites de consistencia**

Se obtuvieron los límites de consistencia (líquido, plástico) y el índice plástico, cuyos resultados se detallan a en la Tabla 16.

Tabla 16. Resultados de los límites de consistencia de la Estación N° 02.

Resultados	
Límite líquido	34.4%
Límite plástico	19.85%
Índice plástico	14.5%

– **Clasificación de Suelo de la Estación N° 02**

Con los resultados obtenidos en laboratorio lo clasificamos como suelo CL, porque según el análisis mecánico por tamizado es un suelo de grano fino, específicamente limos y arcillas con un límite líquido de 34.4%, inorgánico porque se está trabajando con minerales y con índice plástico de 14.5% y en la tabla de clasificación según Braja M., (2013) cuando el límite líquido es menor a 50 y el  $PI > 7$ , corresponde a un CL. (Ver Tabla 17)

Tabla 17. Clasificación de Suelos de la Estación N° 02.

Criterio para la asignación de símbolos de grupo			Símbolo del Grupo
Suelos de grano fino 50% o más pasa a través del tamiz núm. 200	Limos y arcillas Límite líquido Menor que 50	inorgánico	$PI > 7$ y gráficos en o por encima de línea “A” Figura 3 $PI < 4$ o gráficos por debajo de línea “A” Figura 3
		orgánico	$\frac{\text{Límite líquido: secado}}{\text{Límite líquido: no secado}} < 0.75$ vea la figura , zona OL
			CL ML OL

Fuente: Braja M., Das, (2013)

### 4.5.3 Estación N° 03

Se observó un depósito tipo coluvio-aluvial, compuesto de 34% de grava, 35% arena y 31% de finos aproximadamente.

Las coordenadas donde se sacó la muestra se detalla en la Tabla 18.

Tabla 18. Data GPS-Sistema WGS84 de la Estación Geomecánica N° 03.

DATA GPS	
SISTEMA UTM-DATUM WGS84	
ESTE	770934
NORTE	9194176
COTA	1806



En la Foto 11 se muestra la trinchera donde se realizó el muestreo, para realizar los ensayos de laboratorio y determinar su comportamiento, la clasificación SUCS y los límites de consistencia. A continuación, se detallan los resultados de laboratorio:

#### – **Análisis mecánico por tamizado**

El análisis de tamizado consistió en agitar los tamices con la muestra de suelo, para obtener los pesos y porcentajes que pasan según las aberturas de los respectivos tamices.

Los resultados del análisis mecánico por tamizado de la muestra de suelo tomada en la Estación N° 03 se muestran en la Tabla 19.



– **Límites de consistencia**

Se obtuvieron los límites de consistencia (líquido, plástico) y el índice plástico, cuyos resultados se detallan a en la Tabla 20.

Tabla 20. Resultados de los límites de consistencia de la Estación N° 03.

Resultados	
Límite líquido	32.7%
Límite plástico	18.7%
Índice plástico	14.0%

– **Clasificación de Suelo de la Estación N° 03**

Con los resultados obtenidos en laboratorio lo clasificamos como suelo que está entre un SW a SC, porque según el análisis mecánico por tamizado es un suelo con un 89.64 de gruesos y 10.36% de finos, considerándolo como Arenas ya que más del 50% de la fracción gruesa pasa el tamiz 4. Por el porcentaje de finos que contiene la muestra podemos decir que está entre un rango SW y un SC; además se tiene que su  $C_u = 25.3$  y su  $C_c = 1.12$  corresponde a un SW, mientras que su índice de plasticidad es de 14 teniendo características de un SC. (Ver Tabla 21)

Tabla 21. Clasificación de Suelos de la Estación N° 03.

Criterio para la asignación de símbolos de grupo			Símbolo del Grupo
Suelos de grano grueso Más de 50% retenido en el tamiz núm. 200	Arenas 50% o más de fracción gruesa pasa el tamiz n°4	Arenas limpias Menos de 5% finos <sup>b</sup>	$C_u \geq 6$ y $1 \leq C_c \leq 3^c$ SW
			$C_u < 6$ y/o $1 > C_c > 3^c$ SP
	Arena con finos Más de 12% de finos <sup>b,d</sup>		$PI < 4$ o gráficos por debajo de línea "A" Figura 3 SM
			$PI > 7$ y gráficos en o por encima de línea "A" Figura 3 SC

Fuente: Braja M., Das, (2013)

Según las estaciones de control geodinámico tenemos diferentes tipos de suelo, donde se produjo el deslizamiento el Naranjo. (Ver Tabla 22)

Tabla 22. Resultados de la clasificación SUCS, de las estaciones geodinámicas.

<b>RESULTADOS</b>	
<b>CLASIFICACIÓN SUCS</b>	
<b>Estación N° 01</b>	GC
<b>Estación N° 02</b>	CL
<b>Estación N° 03</b>	SW-SC

De acuerdo a nuestros resultados de clasificación SUCS (Ver Anexo 04: Resultados obtenidos en laboratorio), decimos que tenemos un tipo de suelo variable, teniendo materiales entre gravas, arenas y arcillas; donde encontramos mayor cantidad de gruesos que de finos, por lo tanto, se confirmaría que estamos en un depósito coluvio- aluvial.

#### 4.6 HIDROLOGÍA

Definida como la variable detonante en el análisis de inestabilidad del deslizamiento El Naranjo. Para comprender los efectos de las lluvias se obtuvo la data de precipitaciones entre el año 2007 y 2016 de la Estación Meteorológica Augusto Weberbauer-UNC, como se muestra en la Tabla 23.

Tabla 23. Precipitaciones entre el año 2007 al 2016 de la Estación Meteorológica Augusto Weberbauer-UNC.

	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SET</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>
<b>2007</b>	95.4	17.5	182.4	111.5	24.0	1.4	10.7	6.4	11.6	118.9	97.6	68.8
<b>2008</b>	80.2	133.3	118.4	99.1	22.7	15.4	2.3	11.7	34.7	46.5	72.2	34.4
<b>2009</b>	160.7	74.6	110.5	78.8	42.2	17.4	12.3	3.9	11.8	78.5	109.4	74.2
<b>2010</b>	49.5	112.9	123.1	110.9	40.0	8.6	2.6	1.3	27.9	44.4	52.5	70.8
<b>2011</b>	76.6	73.3	125.2	101.6	17.1	0.4	8.3	0.0	47.1	31.5	24.4	109.7
<b>2012</b>	152.3	136.6	126.4	72.8	51.5	0.2	0.0	2.5	19.1	83.2	120.3	57.7
<b>2013</b>	62.1	98.0	213.3	73.8	65.6	7.5	5.7	21.5	3.7	110.7	10.9	51.9
<b>2014</b>	75.5	89.7	191.8	104.7	38.3	6.9	2.5	5.0	37.3	34.8	60.1	153.0
<b>2015</b>	243.9	72.8	266.3	83.8	76.6	3.0	4.5	0.1	28.2	16.8	99.6	39.5
<b>2016</b>	82.9	85.3	121.3	56.2	7.0	1.6	2.1	1.1	25.1	-	-	-

Esta data fue analizada y recalculada para la Subcuenca donde se produjo el deslizamiento El Naranjo, mediante la fórmula de transposición de precipitaciones de Ortiz, O. (2004), la cual se muestra a continuación:

$$PP = \frac{H}{H_1} * PP_1,$$

Además, se utilizó la Tabla 24, con los datos de la Estación Weberbauer y de la Subcuenca donde se produjo el deslizamiento el Naranjo, para obtener los resultados de la Tabla 25, obteniendo un factor de transposición de 0.688.

Tabla 24. Fórmula de transposición de precipitaciones de Ortiz, O. (2004)

Subcuenca El Naranjo	Precipitación a la altitud H	PP	0.96	mm	PP Junio 2007
Estación Weberbauer	Precipitación a la altitud H <sub>1</sub>	PP <sub>1</sub>	1.4	mm	
Subcuenca El Naranjo	Altitud Media de El Naranjo	H	1,827.00	msnm	
Estación Weberbauer	Altitud Media Estación Weberbauer	H <sub>1</sub>	2,655.00	msnm	
Factor de transposición		H/H <sub>1</sub>	0.688		

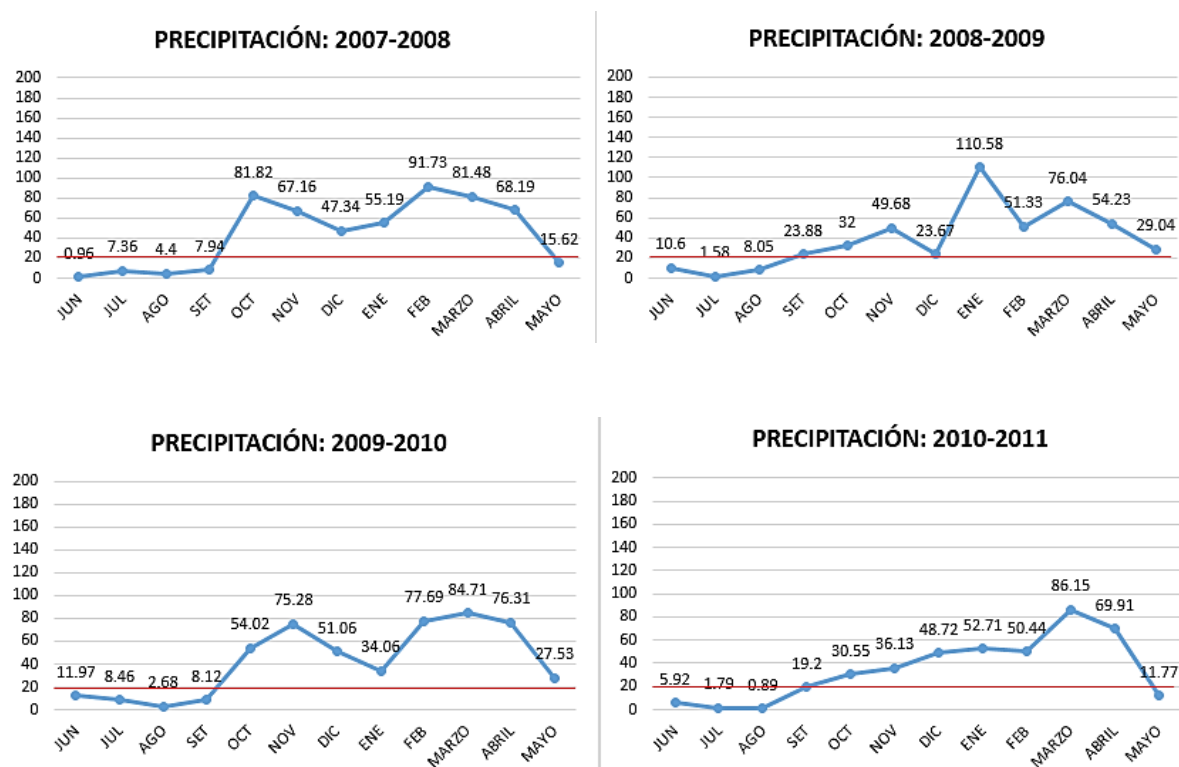
Tabla 25. Transposición de Precipitación de la Estación Weberbauer (UNC) a la Subcuenca donde se produjo el deslizamiento “El Naranjo”.

PRECIPITACIÓN	AÑO ANTERIOR							AÑO POSTERIOR					TOTAL
	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MARZ	ABRIL	MAYO	
2007 - 2008	0.96	7.36	4.40	7.94	81.82	67.16	47.34	55.19	91.73	81.48	68.19	15.62	529
2008 - 2009	10.60	1.58	8.05	23.9	32.00	49.68	23.67	110.58	51.33	76.04	54.23	29.04	471
2009 - 2010	11.97	8.46	2.68	8.12	54.02	75.28	51.06	34.06	77.69	84.71	76.31	27.53	512
2010 - 2011	5.92	1.8	0.89	19.20	30.6	36.13	48.7	52.71	50.44	86.15	69.91	11.77	414
2011 - 2012	0.4	5.7	0.0	32.41	21.68	14.73	75.49	104.80	94.0	86.98	50.10	35.44	522
2012 - 2013	0.14	0.0	1.72	13.14	57.25	82.78	39.71	42.73	67.44	146.78	50.78	45.14	548
2013 - 2014	5.16	3.92	14.79	2.55	76.18	7.50	35.71	51.95	61.73	131.98	72.05	26.36	490
2014 - 2015	4.75	1.72	3.44	25.67	23.95	41.36	105.28	167.84	50.10	183.25	57.67	52.71	718
2015 - 2016	2.06	3.10	0.07	19.41	11.56	68.54	27.18	57.05	58.70	83.47	38.67	4.82	375
								676.91	603.16	960.84	537.91	248.43	

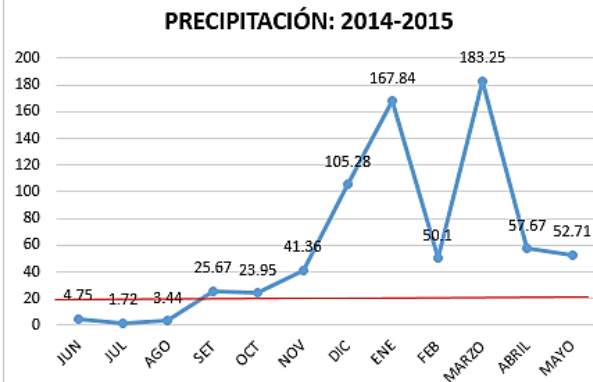
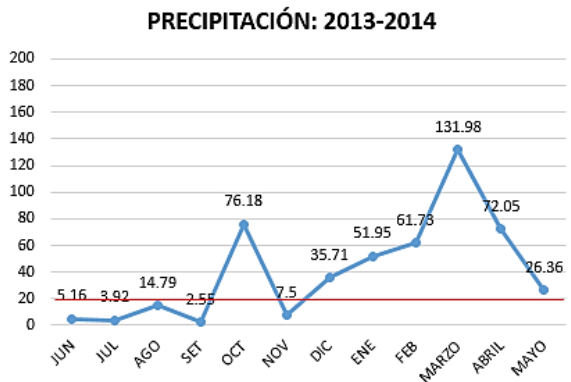
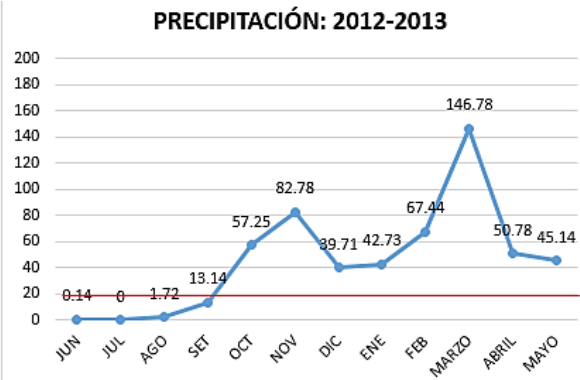
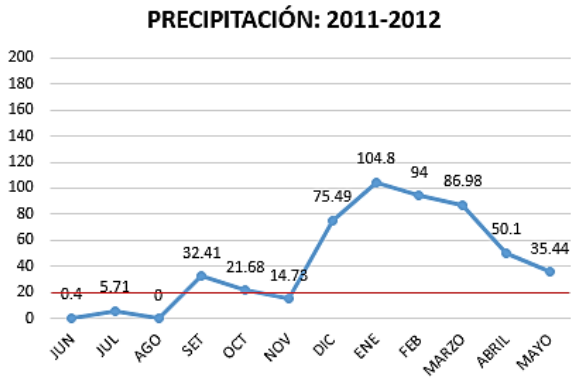
En la tabla 25, se tienen los valores transpuestos de las precipitaciones de la Estación Weberbauer (UNC) a la Subcuenca El Naranjo, donde se consideró resaltar con rojo el valor de la precipitación transpuesta del mes de abril del 2016, mes que se desencadenó el evento geodinámico.

Los resultados de los datos de las precipitaciones transpuestas se graficaron mediante Software Excel por años y meses, teniendo en cuenta iniciar con un mes de pocas lluvias (junio año anterior) pasando por los meses lluviosos hasta finalizar con un mes poco lluvioso (mayo del año posterior). Este ordenamiento proporciona curvas que muestran la mejor tendencia de los meses lluviosos hacia el centro de la curva y se los presenta en este ítem para tener una mejor visualización, correlación y análisis entre ellas. Rodríguez, R. (2016). (Ver Figura 17)

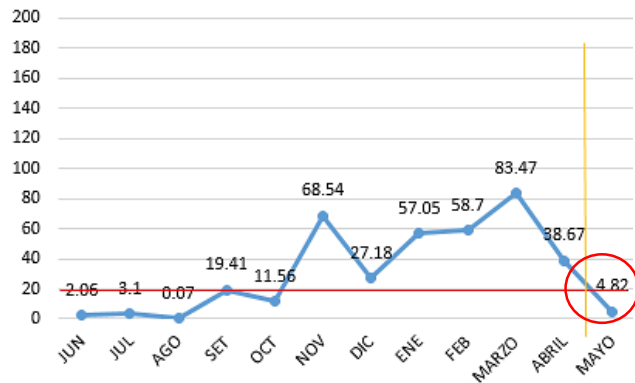
Figura 17. Precipitaciones del 2007 al 2016.







**PRECIPITACIÓN: 2015-2016**



Ubicamos el deslizamiento el Naranja, el cual se desencadenó el 21 de abril de 2016, ubicándolo en la figura 2015-2016, tomando como línea base la intercepción del día que ocurrió con la curva que se obtiene en el Excel, para obtener la línea base y analizar los años anteriores.

Según las líneas bases se tiene una tendencia de la curva hacia la derecha que son los meses más lluvioso, entre Enero y Mayo, donde se observan precipitaciones acumuladas anuales que están entre 414 mm hasta 548 mm del 2007 al 2014, teniendo una precipitación mayor en el 2014-2015 siendo de 718mm, las cuales provocaron saturación del terreno y en el año 2015-2016, se observa que las precipitaciones fueron menores, teniendo una precipitación anual acumulada de 375 mm, por lo tanto éstas precipitaciones fueron desencadenantes a las precipitaciones acumuladas de los años anteriores.

## 4.7 SECCIONES GEOLÓGICAS

La interpretación geológica se observa en los perfiles AA', BB', CC' y DD', los perfiles AA', BB', CC', fueron ubicados cruzando las estaciones de control geodinámico para poder realizar el cálculo del factor de seguridad, mientras que el perfil DD', ha servido para realizar la morfometría del deslizamiento el Naranjo.

En las secciones geológicas se observa el depósito coluvio-aluvial dónde se produjo el deslizamiento y el basamento rocoso perteneciente a la Formación Pariatambo. Las secciones se ubican en el Anexo 01: Plano N° 06: Geológico, Anexo 02: Perfiles y en la Figura 18.

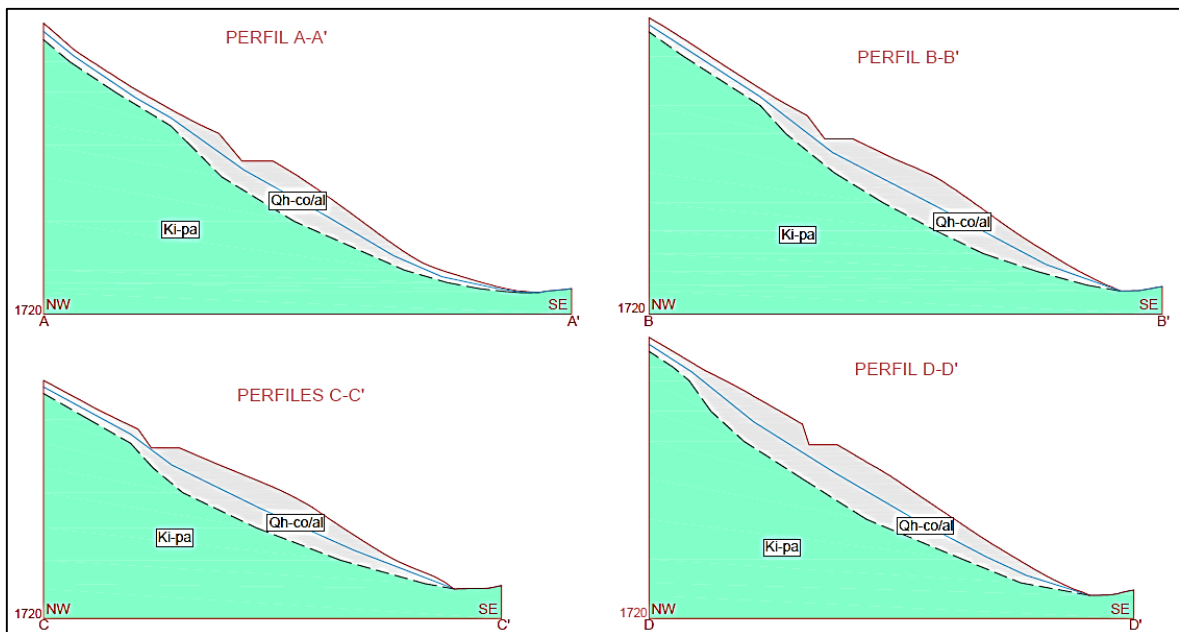


Figura 18. Secciones Geológicas.

## 4.8 CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD

A continuación, analizaremos el factor de seguridad en el área donde se desencadenó el deslizamiento el Naranjo, realizando el procesamiento con el software Slide V.7.0, para esto tendremos en cuenta la clasificación de suelo de las estaciones de control geodinámico y los valores de peso específico, cohesión, ángulos de fricción del Curso aplicado a la cimentación de José María Rodríguez Ortiz- Jesús Serrad Tuesta S/f. (Ver Anexo 05: Resultados obtenidos con el Software Slide)

### 4.8.1 Valores para el cálculo del factor de seguridad

Para el perfil AA', BB', CC', se utilizaron los datos de peso específico, cohesión y fricción de un tipo de suelo GC, CL, SW-SP, teniendo en consideración las estaciones de control geodinámico. (Ver Figura 19, 20,21).

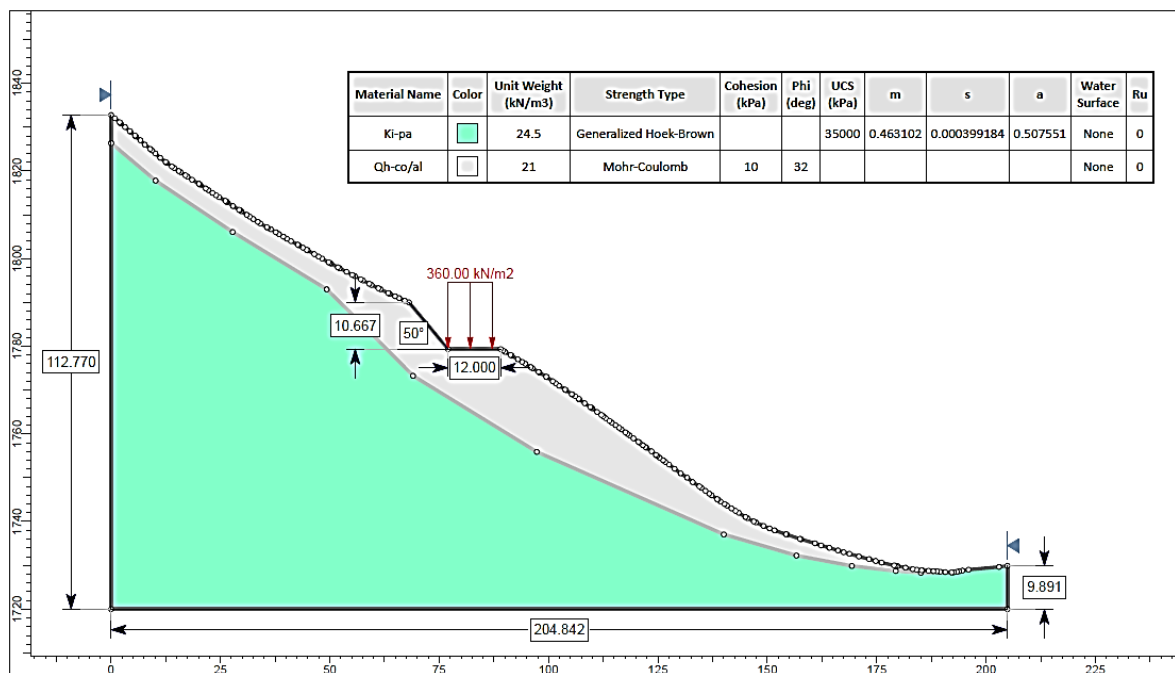


Figura 19. Geometría del Perfil AA'.

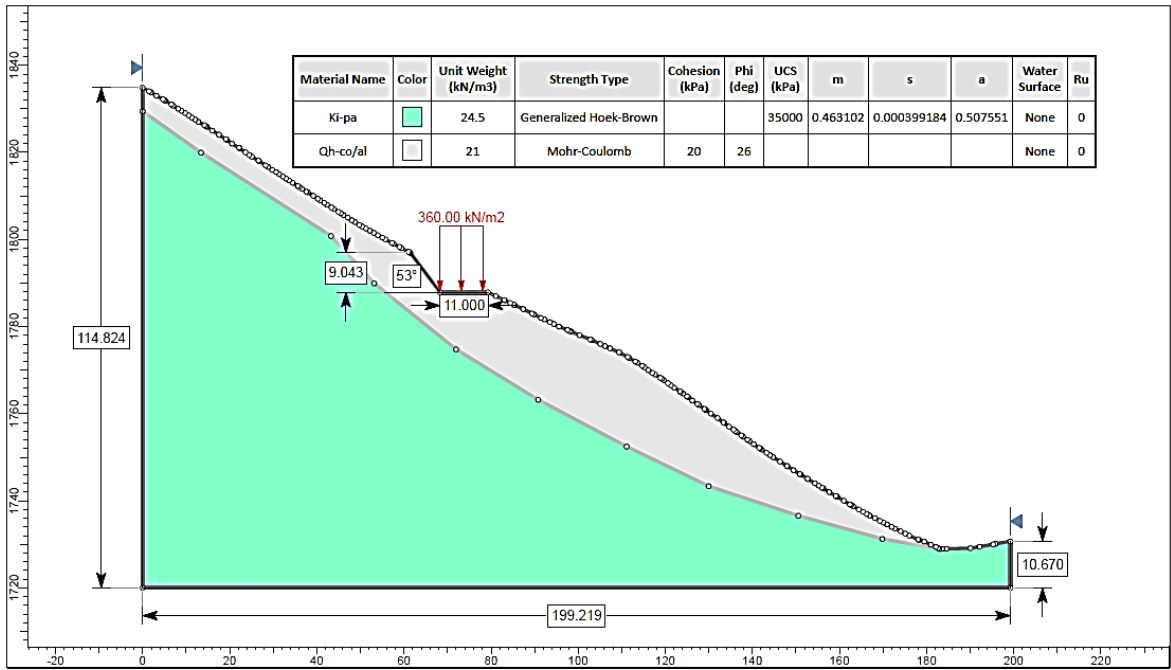


Figura 20. Geometría del Perfil BB'.

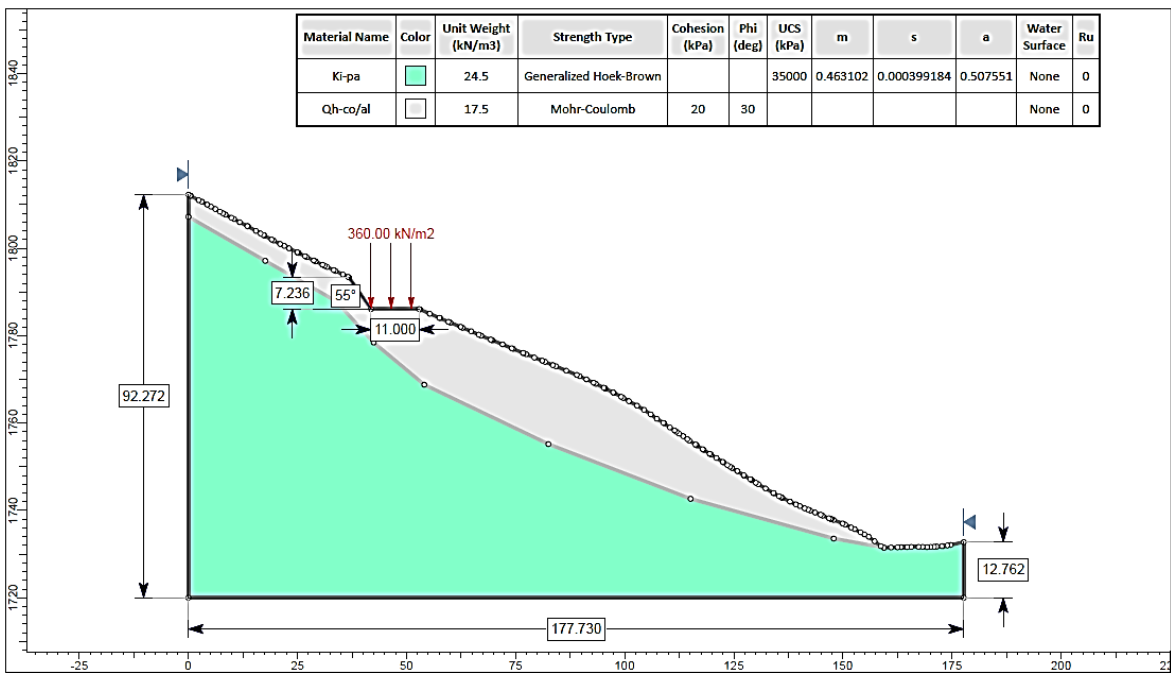


Figura 21. Geometría del Perfil CC'.

#### 4.8.2 Condiciones normales

En condiciones normales, se obtuvo un Factor de Seguridad de 1.064 para el perfil AA', 1.058 para el perfil BB' y 1.395 para el perfil CC', donde se observa que ante cualquier factor desencadenante el sector donde ocurrió el deslizamiento el Naranjo era propenso a deslizarse. (Ver Figura 22, 23 y 24).

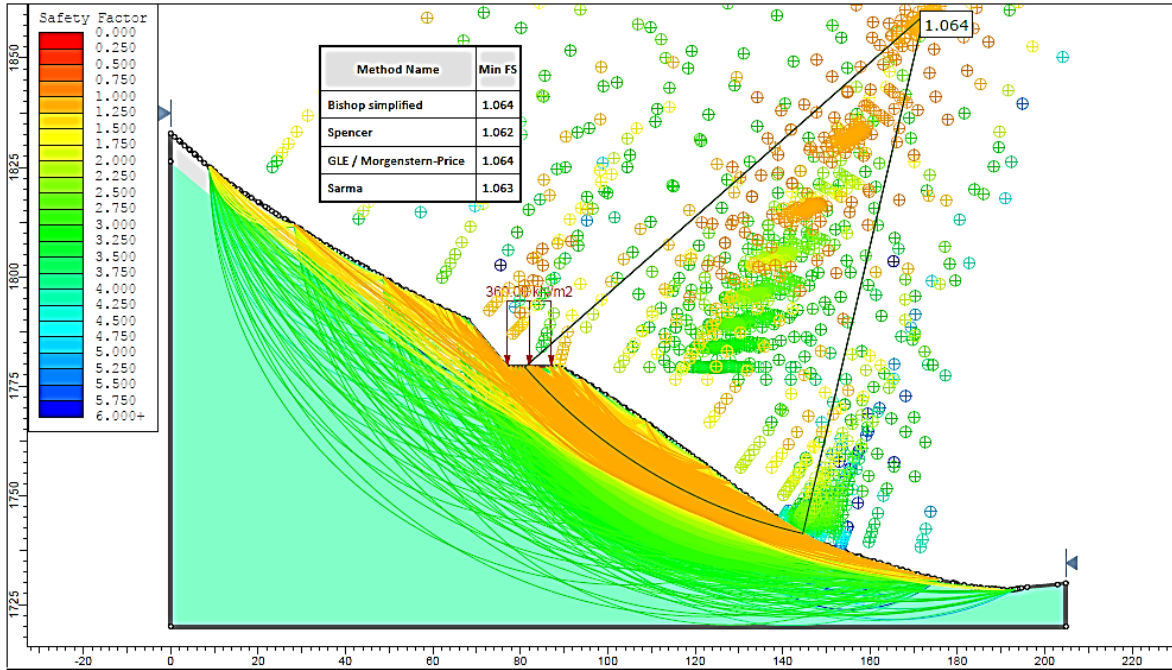


Figura 22. Perfil AA' en condiciones normales.

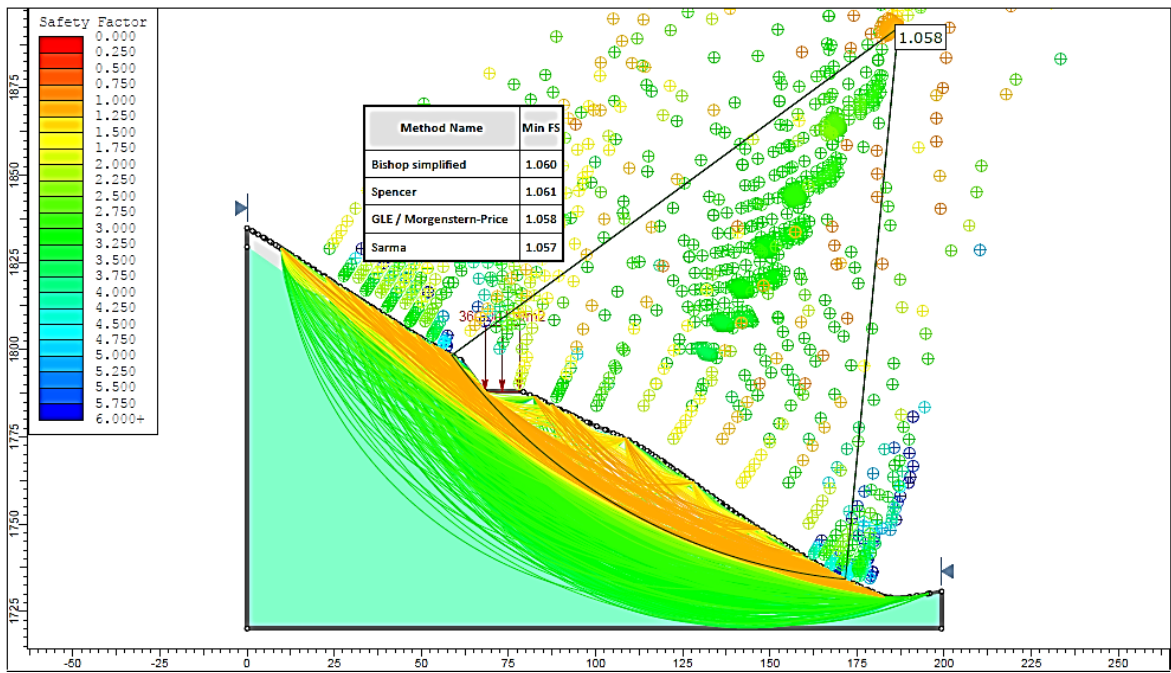


Figura 23. Perfil BB' en condiciones normales.

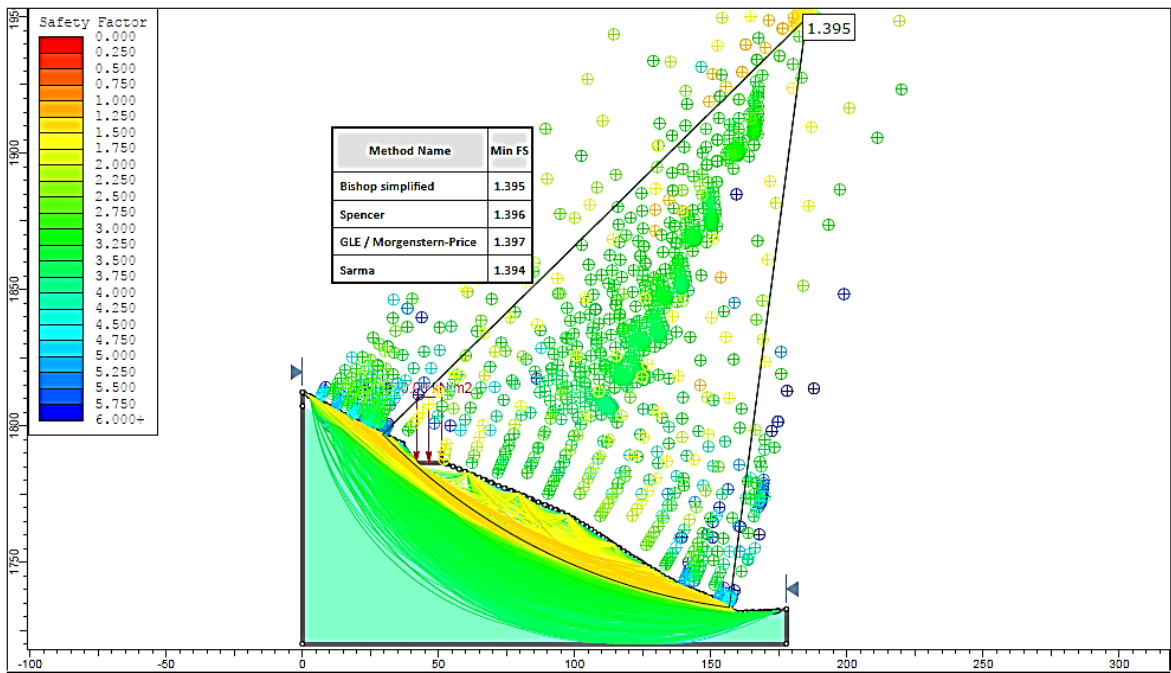


Figura 24. Perfil CC' en condiciones normales.

### 4.8.3 Condición de saturación parcial

En condición de saturación parcial, se obtuvo un factor de seguridad de 0.899 para el perfil AA', 0.866, para el perfil BB' y 1.114 para el perfil CC', donde se observa que el plano de falla se genera justo en el mismo lugar donde ocurrió el deslizamiento el Naranjo. (Ver Figura 25, 26 y 27). Además, se tiene un factor de seguridad más alto en el perfil CC', pudiendo explicar que en ese sector el material que se deslizó, fue más resistente.

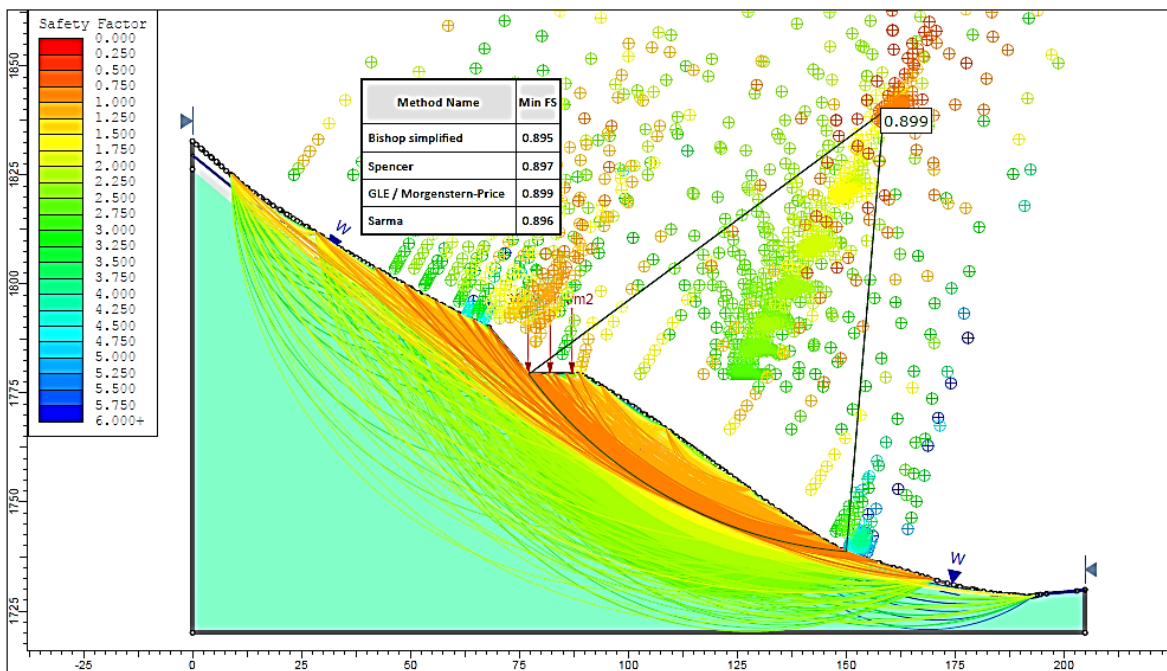


Figura 25. Perfil AA' condición de saturación parcial.



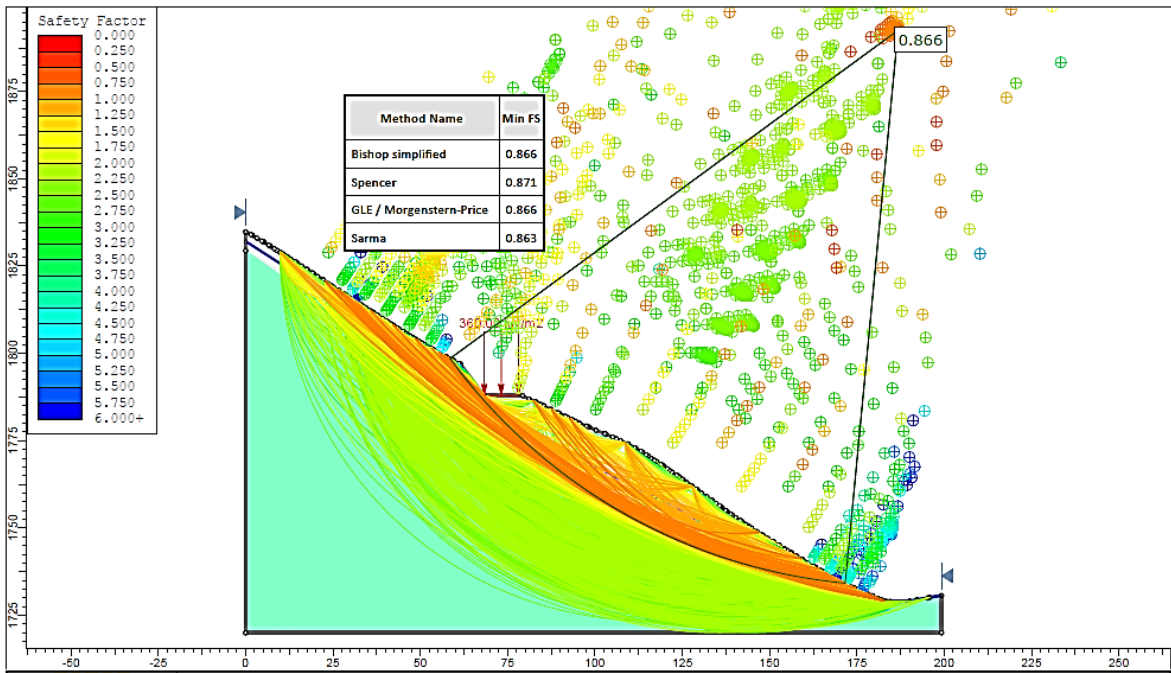


Figura 26. Perfil BB' condición de saturación parcial.

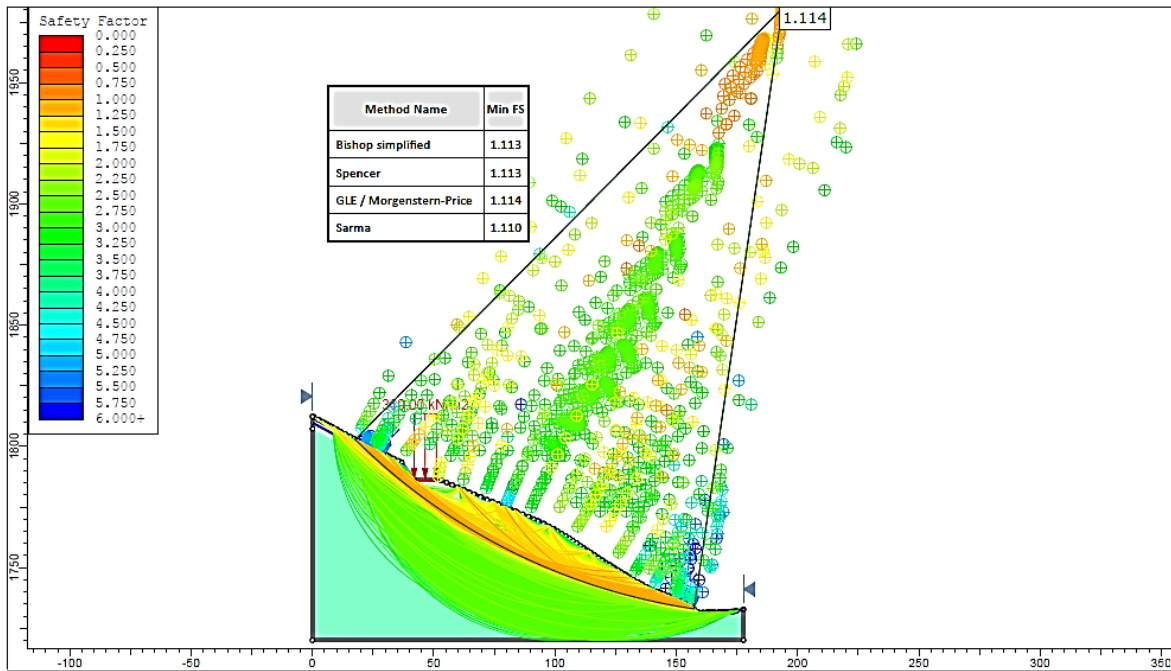


Figura 27. Perfil CC' condición de saturación parcial.

#### 4.8.4 Condición de saturación

En condición saturada, se obtuvo un factor de seguridad de 0.509 para el perfil AA', 0.599 para el perfil BB' y 0.731 para el perfil CC', donde se observa que el talud es inestable (Ver Figura 28, 29 y 30).

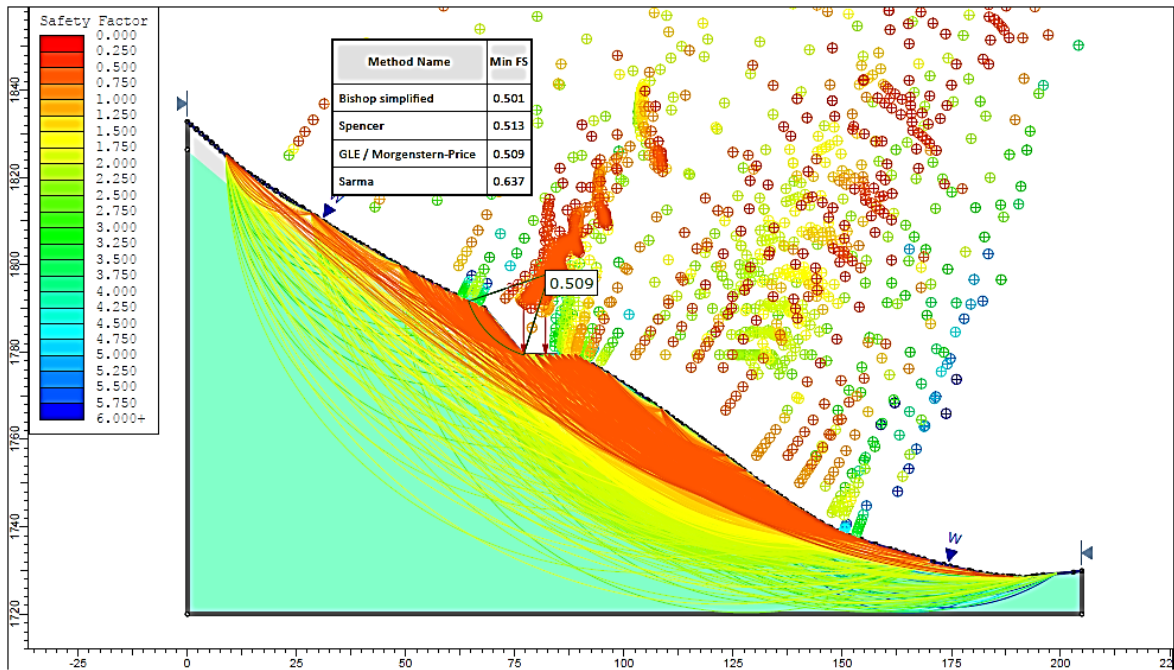


Figura 28. Perfil AA' condición de saturación.

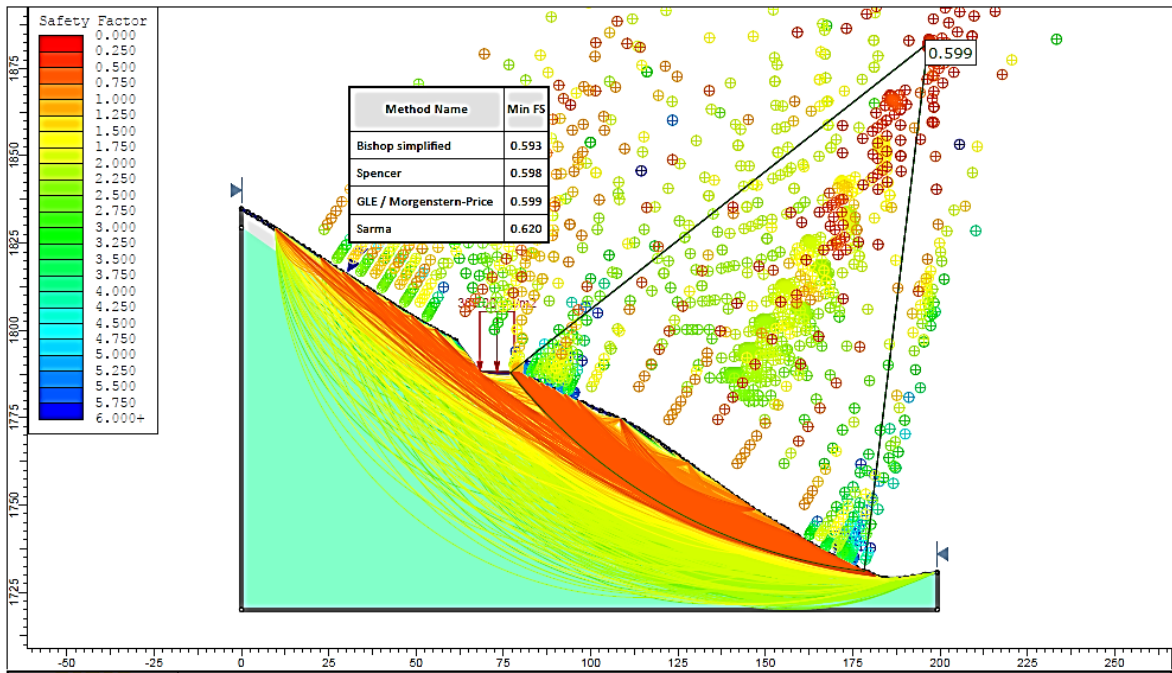


Figura 29. Perfil BB' condición de saturación.

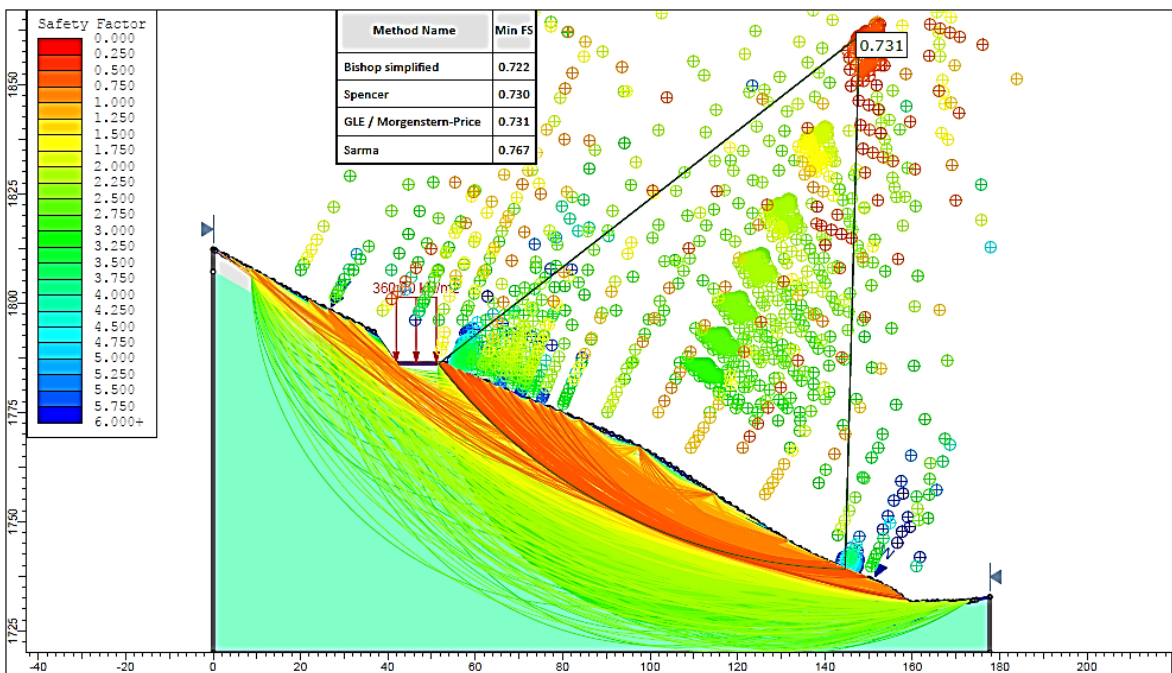


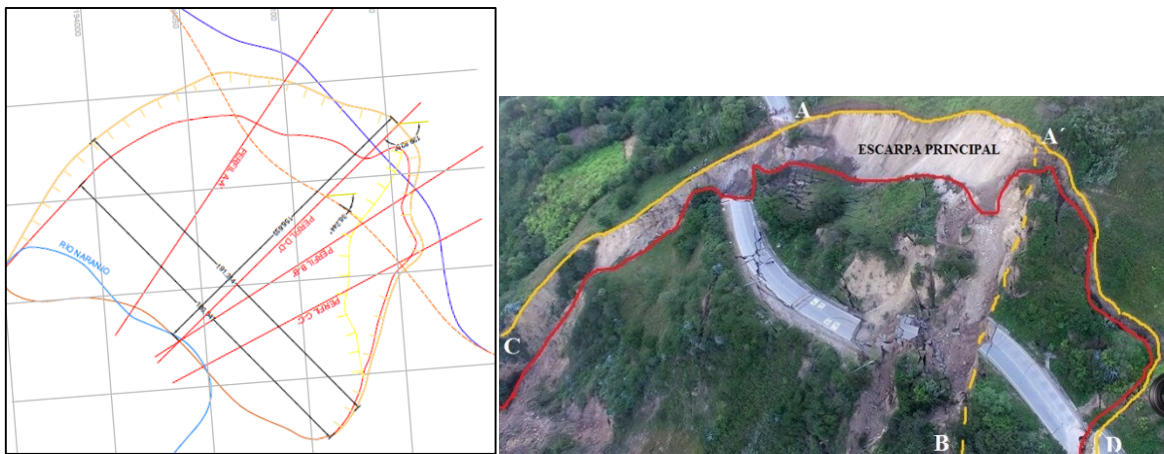
Figura 30. Perfil CC' condición de saturación.

## 4.9 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Teniendo en consideración los factores de la Tabla 26, decimos que sólo bastó una saturación parcial para que se desencadene el deslizamiento el Naranjo, obteniendo factores de seguridad debajo de la unidad, siendo el factor desencadenante el agua, producto de la acumulación de precipitaciones de los años anteriores como se explicó en el ítem 4.6 HIDROLOGÍA y de otros factores detonantes como la irrigación, la socavación del talud inferior.

Además, se observa que el factor de seguridad del perfil CC', en condiciones saturadas es mayor a la unidad, es por eso que el material deslizado fue menor, influenciado por el movimiento CAA'B. Ver Figura 31.

Figura 31. Ubicación de los perfiles en el deslizamiento el Naranjo.



En la Figura 32, se observan los valores del factor de seguridad, según los métodos de cálculo utilizados: Bishop simplificado, Spencer, Morgenstern-Price y Sarma, donde los perfiles analizados muestran valores mayores que la unidad en condiciones normales, mientras que para una saturación parcial y total el talud era proclive a deslizarse (Salvo el perfil CC' que su factor de seguridad es mayor a la unidad en saturación parcial)

Tabla 26. Resultados de los factores de seguridad en los perfiles AA', BB' y CC'.

PERFIL	CONDICION	BISHOP	GLE/M-P	SPENCER	SARMA	PROMEDIO
A-A'	NORMAL	1.064	1.062	1.064	1.063	1.063
	SATURACION PARCIAL	0.895	0.897	0.899	0.896	0.897
	SATURACION TOTAL	0.501	0.513	0.509	0.637	0.54
B-B'	NORMAL	1.06	1.061	1.058	1.057	1.059
	SATURACION PARCIAL	0.866	0.871	0.866	0.863	0.867
	SATURACION TOTAL	0.593	0.598	0.599	0.62	0.603
C-C'	NORMAL	1.395	1.396	1.397	1.394	1.396
	SATURACION PARCIAL	1.113	1.113	1.114	1.11	1.113
	SATURACION TOTAL	0.722	0.73	0.731	0.767	0.738

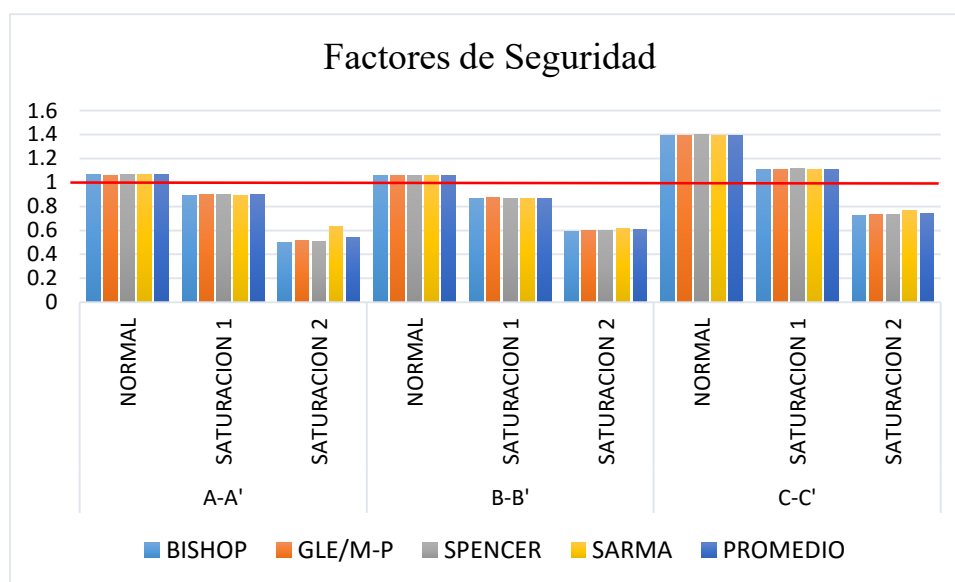


Figura 32. Comparación de los resultados utilizando los diferentes métodos

#### 4.10 CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

El deslizamiento El Naranjo, ocurrido el 21 de abril del 2016 en el Km 130+250 al Km 130+450 de la Carretera Chilote-Cajamarca, se produjo en un depósito coluvio aluvial como se comprobó en los análisis de laboratorio y con el software Slide V.7 se demostró que sólo fue necesario una saturación moderada para que el talud sea inestable; con lo cual se contrastó la hipótesis.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 CONCLUSIONES**

- Se verificó que en dicho sector ocurrió un proceso geodinámico, cuyos factores de seguridad mínimos globales obtenidos en el Slide definieron la inestabilidad de la ladera, siendo el agente desencadenante las precipitaciones.
- Se realizó el cartografiado geológico de la zona de investigación, encontrándose afloramientos de la Formación Pariatambo, Formación Yumagual y depósitos cuaternarios de tipo coluvio-aluvial.
- El cartografiado geodinámico determinó que el deslizamiento el Naranjo, estuvo asociado a la ladera con depósitos coluvio-aluviales, los cuales fueron determinados como GC, CL, SW-SC, según la Clasificación SUCS.
- Se definió la geometría del deslizamiento donde el ancho de la masa desplazada: 180.5m, ancho de la superficie de falla: 191.3m, longitud de la masa desplazada: 152.6m, longitud de la superficie de falla: 180.02m, profundidad de la masa desplazada: 15.2m, profundidad de la superficie de falla: 13.4 y la longitud total: 186.7m.
- Las precipitaciones de dicho sector, según las gráficas transpuestas muestran que los meses más lluviosos son de enero a mayo, teniendo que la precipitación anual donde se produjo el Deslizamiento El Naranjo fue desencadenante a las precipitaciones acumuladas de los años anteriores.

- Se determinaron los Factores de Seguridad con el software Slide V.7.0, mediante los métodos de Bishop Simplificado, Spencer, Morgenstern-Price y Sarma, mostrándose valores mayores que la unidad en condiciones normales, mientras que para una saturación parcial y total el talud era proclive a deslizarse (Salvo el perfil CC' que su factor de seguridad es mayor a la unidad en saturación parcial)

## **5.2 RECOMENDACIONES**

- Al Alcalde del Distrito de Magdalena, para que coordine con la Concesionaria de la Carretera Chilete- Cajamarca; empresa CONVIAL SIERRA NORTE, para que realicen los siguientes estudios y actividades:

Un sistema de control y monitoreo geotécnico a lo largo de la ladera del cerro El Naranjo, con la finalidad de monitorear movimientos lentos del terreno.

Realizar estudios geofísicos, específicamente sondajes eléctricos verticales, con la finalidad de determinar la profundidad del nivel freático en este sector.

Realizar los estudios necesarios que conlleve a adoptar las medidas de mitigación y prevención necesaria para estabilizar dicho sector, mediante métodos geotécnicos y bioingeniería.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcántara E. (2016). Aplicación de los Métodos de Equilibrio Límite, Elementos Finitos y Diferencias Finitas en el Comportamiento de Laderas y Taludes. Sector Calispuquio-Cajamarca. Cajamarca-Perú.
- Braja, M. (2013). Fundamentos de Ingeniería Geotécnica. International Thomson Editores. México.
- Dávila, J. (2011). Diccionario Geológico. Lima-Perú. INGEMMET.
- Estación Augusto Weberbauer (2016). Data de Precipitaciones 2007-2016. Cajamarca-Perú. Universidad Nacional de Cajamarca.
- GEMMA (2007). Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas. Canadá.
- González, L. (2004). Ingeniería Geológica. Madrid-España. Editorial Pearson Educación.
- Huaripata, M. (2014). Modelo Geodinámico de la Quebrada Cruz Blanca, Microcuenca Cruz Blanca Los Chilcos. Cajamarca-Perú.
- Juárez, E. y Rico, Alfonso. (2005). Mecánica de Suelos Tomo I Teoría y Aplicaciones de La Mecánica de Suelos. México. Editorial Limusa.
- Malena, R. (2011). Riesgos Geológicos en la Región Cajamarca. Boletín N°44 Serie C INGEMMET, Lima-Perú.
- Medina, J. (1991). Fenómenos Geodinámicos. Lima-Perú.
- Ortiz, O. (2004). Evaluación Hidrológica. Lima-Perú. Publicación en Hidrored.



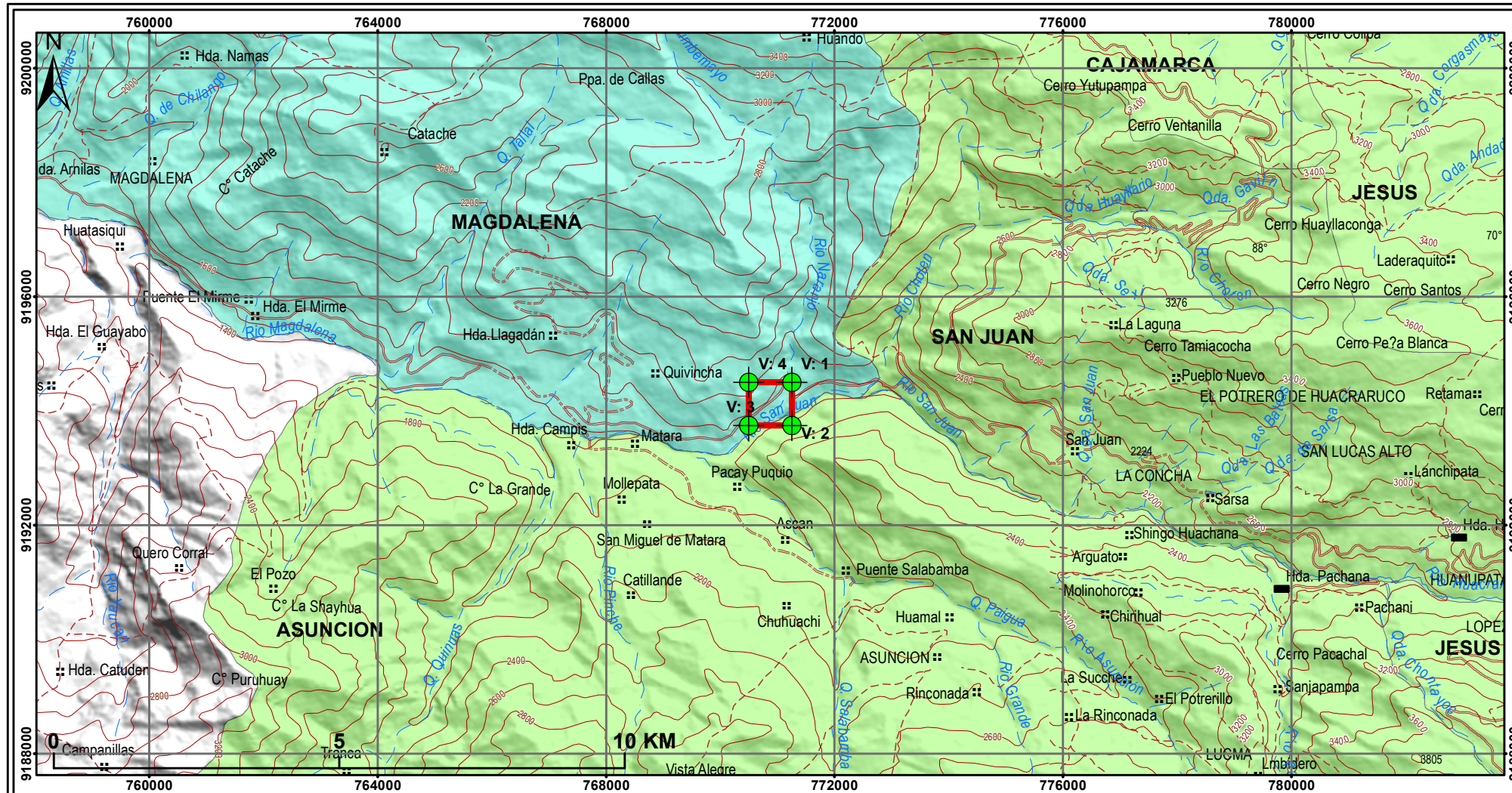
- Reyes Rivera, L. (1980). Geología de los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba. Lima-Perú. Editorial INGEMMET.
- Rodríguez, R. (2016). Método de Investigación Geológico-Geotécnico para el Análisis de Inestabilidad de Laderas por Deslizamientos zona Ronquillo-Corisorgona. Tesis Magistral. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Santacana, N. (2001). Análisis de la susceptibilidad del terreno a la Formación de Deslizamientos Superficiales y Grandes Deslizamientos mediante el Uso de Sistemas de Información Geográfica. Aplicación a la Cuenca del Río Llobregat. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Catalunya.
- Suarez, J. (2007). Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales. Santander, Colombia. Edit. Universidad Santander.
- Torres, W. (2015). Evaluación Geotécnica de los Deslizamientos en Taludes de la Carretera Peña Blanca – Choropampa. Cajamarca-Perú.
- Vilchez y Guerrero (2006). Zonas críticas por peligros geológicos en la cuenca del río Jequetepeque. Lima-Perú. Editorial INGEMMET.
- Villón, M. (2002). Hidrología Estadística. Cartago, Costa Rica. Editorial MaxSoft.
- Villota, H. (2005). Geomorfología Aplicada a Levantamientos Edafológicos y Zonificación Física de Tierras (2nd ed.). Bogotá-Colombia: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- Wilson, J. (1984). Geología de los cuadrángulos de Jayanca, Incahuasi, Cutervo, Chiclayo, Chongoyape, Chota, Celendín, Pacasmayo y Chepén. Lima-Perú. Editorial INGEMMET.

# **ANEXOS**

## **ANEXO 01**

### **PLANOS**

- PLANO 01: UBICACIÓN
- PLANO 02: IMAGEN SATELITAL PRE-DESLIZAMIENTO
- PLANO 03: IMAGEN SATELITAL POST DESLIZAMIENTO
- PLANO 04: TOPOGRÁFICO
- PLANO 05: PENDIENTES
- PLANO 06: GEOMORFOLÓGICO
- PLANO 07: GEOLÓGICO
- PLANO 08: MORFOMÉTRICO

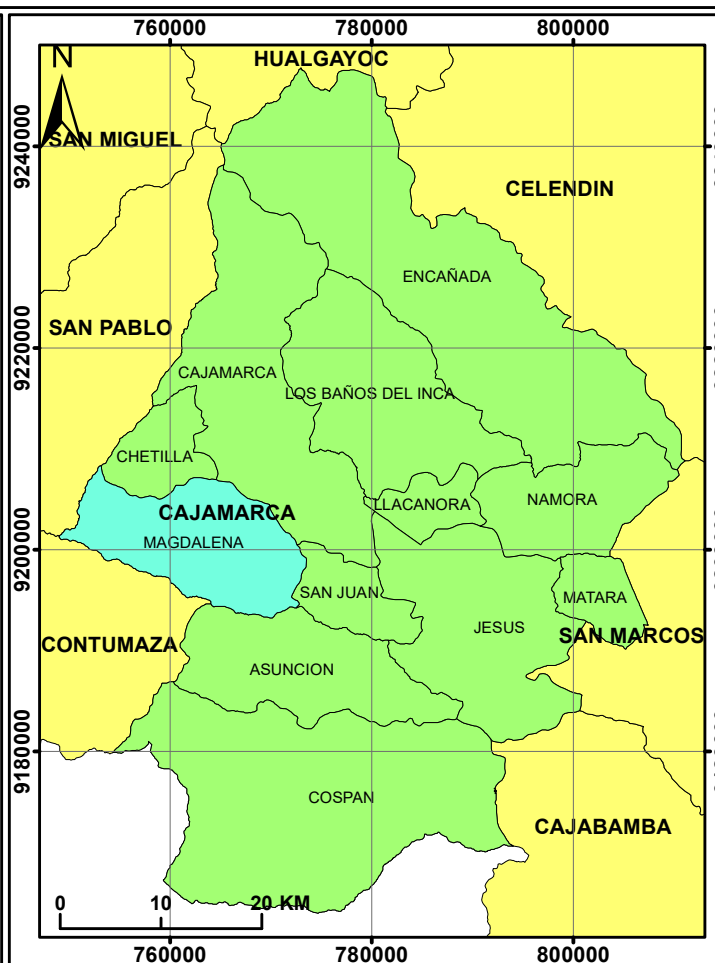
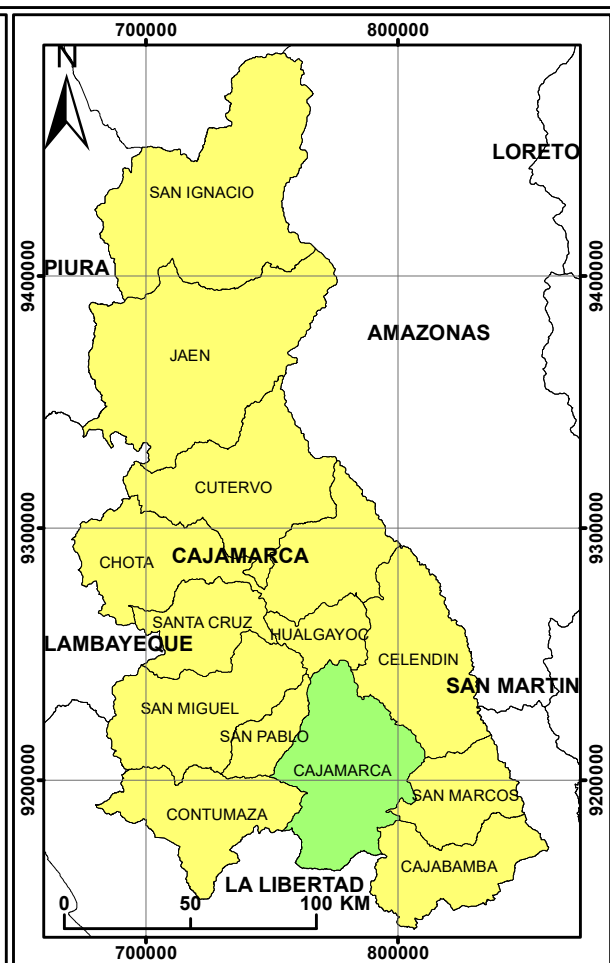
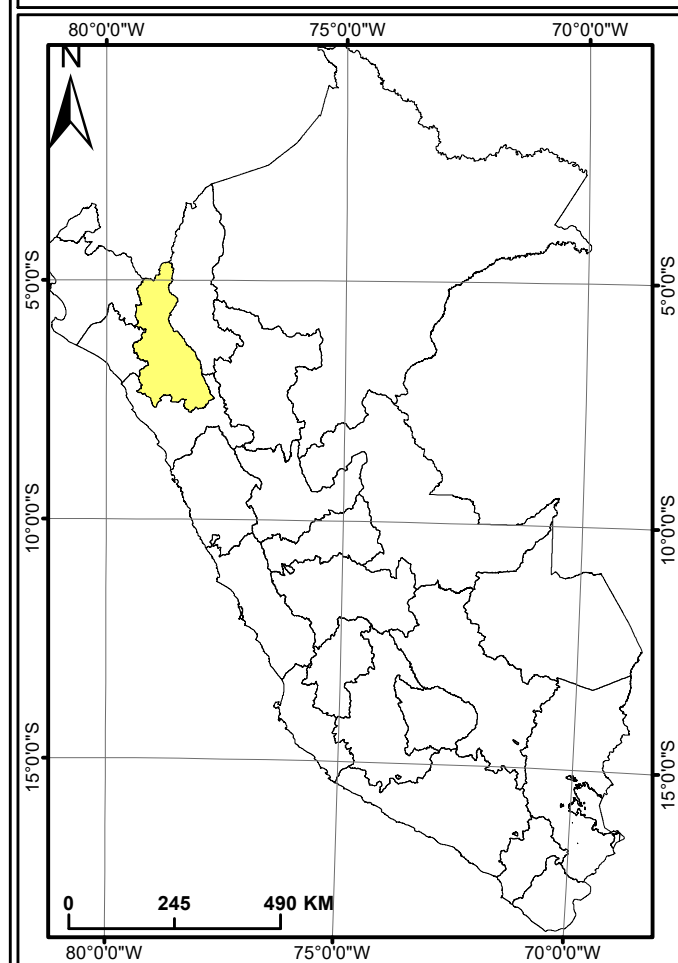


**LEYENDA**

- Departamento de Cajamarca
- Provincia de Cajamarca
- Distrito de Magdalena
- Zona de estudio

**SIMBOLOGÍA**

- Vértice de la zona de estudio
- Capital de Distrito
- Centro poblado
- Hacienda
- Aeropuerto
- Quebrada
- Río
- Curva de nivel a 200m
- Vía asfaltada
- Vía afirmada
- Trocha
- Camino



COORDENADAS UTM-WGS84 DE LOS VERTICES DE LA ZONA DE ESTUDIO

VERTICE	ESTE	NORTE
1	771250	9194500
2	771250	9193750
3	770500	9193750
4	770500	9194500

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA










**TESIS PROFESIONAL:**  
 ANÁLISIS DEL DESLIZAMIENTO EL NARANJO MEDIANTE EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE CON EL SOFTWARE SLIDE  
 MAGDALENA-CAJAMARCA

<b>PLANO:</b>	UBICACION	<b>ESCALA:</b>	1/100 000
<b>TESISTA:</b>	Bach. Karen Juliana Torres Arroyo		
<b>ASESOR:</b>	Ing. Reinaldo Rodríguez Cruzado		
<b>SISTEMA:</b>	UTM-WGS84	<b>FECHA:</b>	Enero 2017

P-01

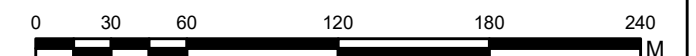


### SIMBOLOGIA

-  VERTICES DE LA ZONA
-  CURVAS MAYORES (50m)
-  VIA ASFALTADA
-  CAMINO
-  RIOS
-  CRESTA
-  CABEZA
-  ESCARPE SECUNDARIO
-  DESLIZAMIENTO
-  ZONA DE ESTUDIO

### COORDENADAS UTM-WGS84 DE LOS VERTICES DE LA ZONA DE ESTUDIO

VERTICE	ESTE	NORTE
1	771250	9194500
2	771250	9193750
3	770500	9193750
4	770500	9194500



	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b>	
	FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA	
<b>TESIS PROFESIONAL:</b> ANÁLISIS DEL DESLIZAMIENTO EL NARANJO MEDIANTE EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE CON EL SOFTWARE SLIDE MAGDALENA-CAJAMARCA		
<b>PLANO:</b>	IMAGEN SATELITAL PRE-DESLIZAMIENTO	<b>ESCALA:</b> 1/3 000
<b>TESISTA:</b>	Bach. Karen Juliana Torres Arroyo	
<b>ASESOR:</b>	Ing. Reinaldo Rodríguez Cruzado	
<b>SISTEMA:</b> UTM-WGS84	<b>FECHA:</b> Enero 2017	P-02

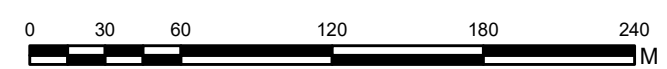


### SIMBOLOGIA

- ESTACIONES
- VERTICES DE LA ZONA
- VIA ACTUAL
- VIA ASFALTADA
- CAMINO
- CURVAS MAYORES (50m)
- RIOS
- CRESTA
- CABEZA
- ESCARPE SECUNDARIO
- DESLIZAMIENTO
- ZONA DE ESTUDIO

COORDENADAS UTM-WGS84 DE LOS VERTICES DE LA ZONA DE ESTUDIO

VERTICE	ESTE	NORTE
1	771250	9194500
2	771250	9193750
3	770500	9193750
4	770500	9194500



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

**TESIS PROFESIONAL:**  
 ANÁLISIS DEL DESLIZAMIENTO EL NARANJO MEDIANTE EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE CON EL SOFTWARE SLIDE  
 MAGDALENA-CAJAMARCA

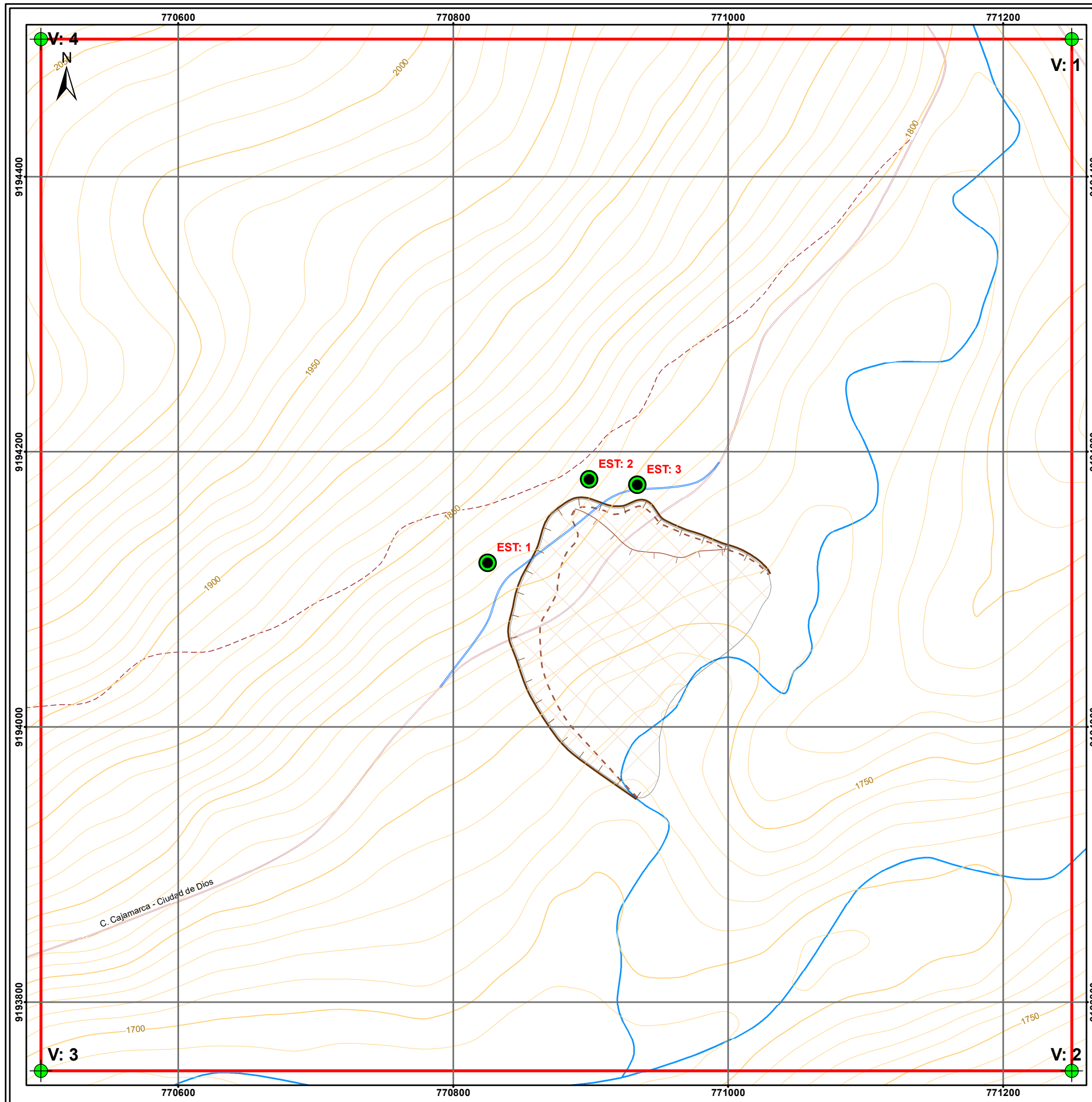
**PLANO:** IMAGEN SATELITAL POST-DESLIZAMIENTO    **ESCALA:** 1/3 000

**TESISTA:** Bach. Karen Juliana Torres Arroyo














**ASESOR:** Ing. Reinaldo Rodríguez Cruzado

**SISTEMA:** UTM-WGS84    **FECHA:** Enero 2017

P-03

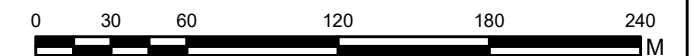


### SIMBOLOGIA

-  ESTACIONES
-  VERTICES DE LA ZONA
-  VIA ACTUAL
-  VIA ASFALTADA
-  CAMINO
-  CURVAS MAYORES (50m)
-  CURVAS MENORES (10m)
-  RIOS
-  CRESTA
-  CABEZA
-  ESCARPE SECUNDARIO
-  DESLIZAMIENTO
-  ZONA DE ESTUDIO

#### COORDENADAS UTM-WGS84 DE LOS VERTICES DE LA ZONA DE ESTUDIO

VERTICE	ESTE	NORTE
1	771250	9194500
2	771250	9193750
3	770500	9193750
4	770500	9194500





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

**TESIS PROFESIONAL:**  
 ANÁLISIS DEL DESLIZAMIENTO EL NARANJO MEDIANTE EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE CON EL SOFTWARE SLIDE  
 MAGDALENA-CAJAMARCA

**PLANO:** TOPOGRAFICO

**TESISTA:** Bach. Karen Juliana Torres Arroyo

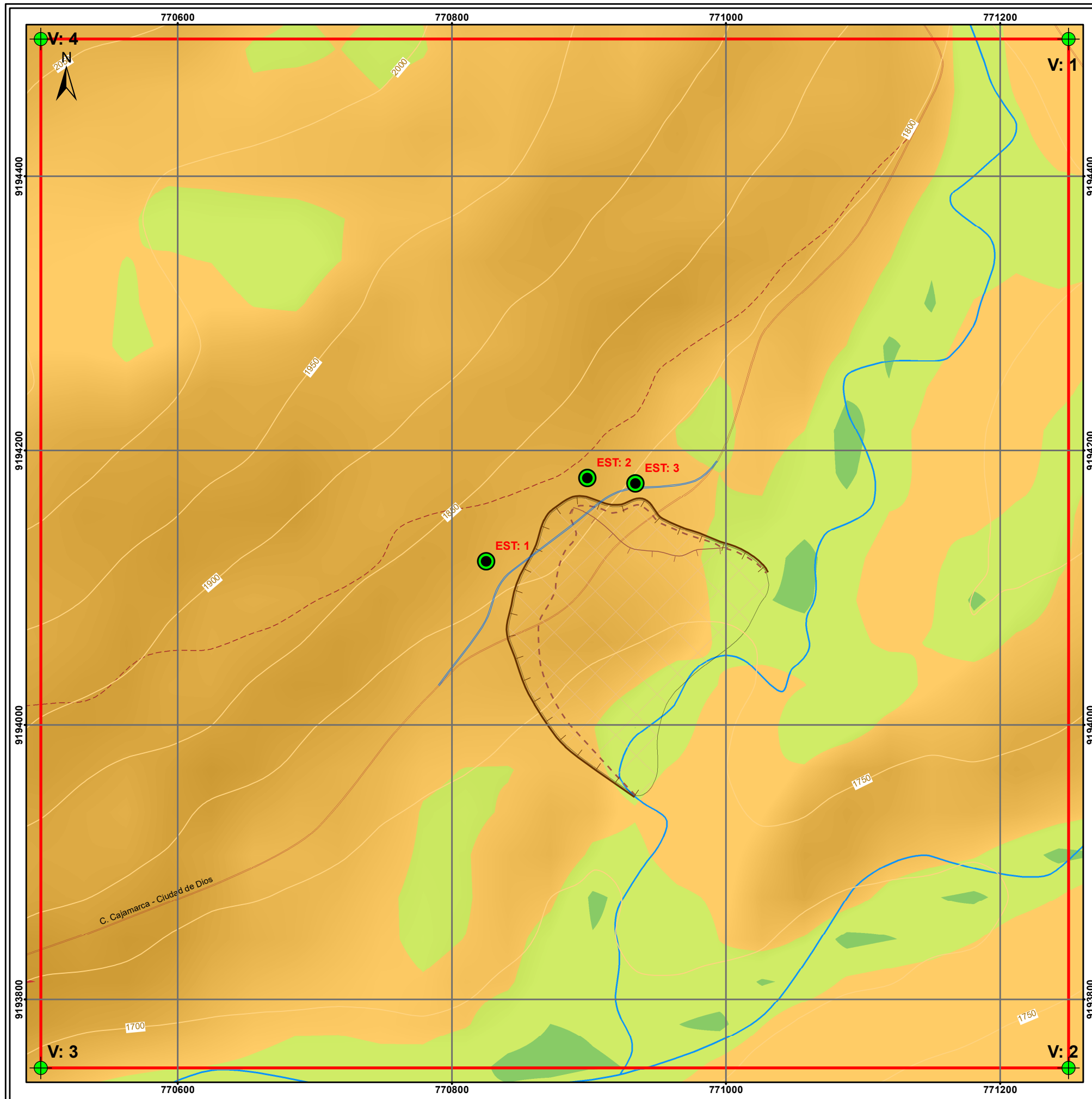
**ASESOR:** Ing. Reinaldo Rodríguez Cruzado

**SISTEMA:** UTM-WGS84

**ESCALA:** 1/3 000

**FECHA:** Enero 2017

P-04



### SIMBOLOGIA

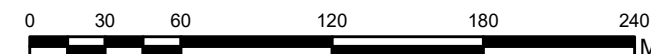
- ESTACIONES
- VERTICES DE LA ZONA
- VIA ACTUAL
- VIA ASFALTADA
- CAMINO
- RIOS
- CRESTA
- CABEZA
- CURVAS MAYORES (50m)
- ESCARPE SECUNDARIO
- DESLIZAMIENTO
- ZONA DE ESTUDIO

### PENDIENTES

- 0°-8°: PLANICIES
- 8°-20°: LOMADAS
- 20°-50°: LADERAS
- >50°: ESCARPAS

### COORDENADAS UTM-WGS84 DE LOS VERTICES DE LA ZONA DE ESTUDIO

VERTICE	ESTE	NORTE
1	771250	9194500
2	771250	9193750
3	770500	9193750
4	770500	9194500



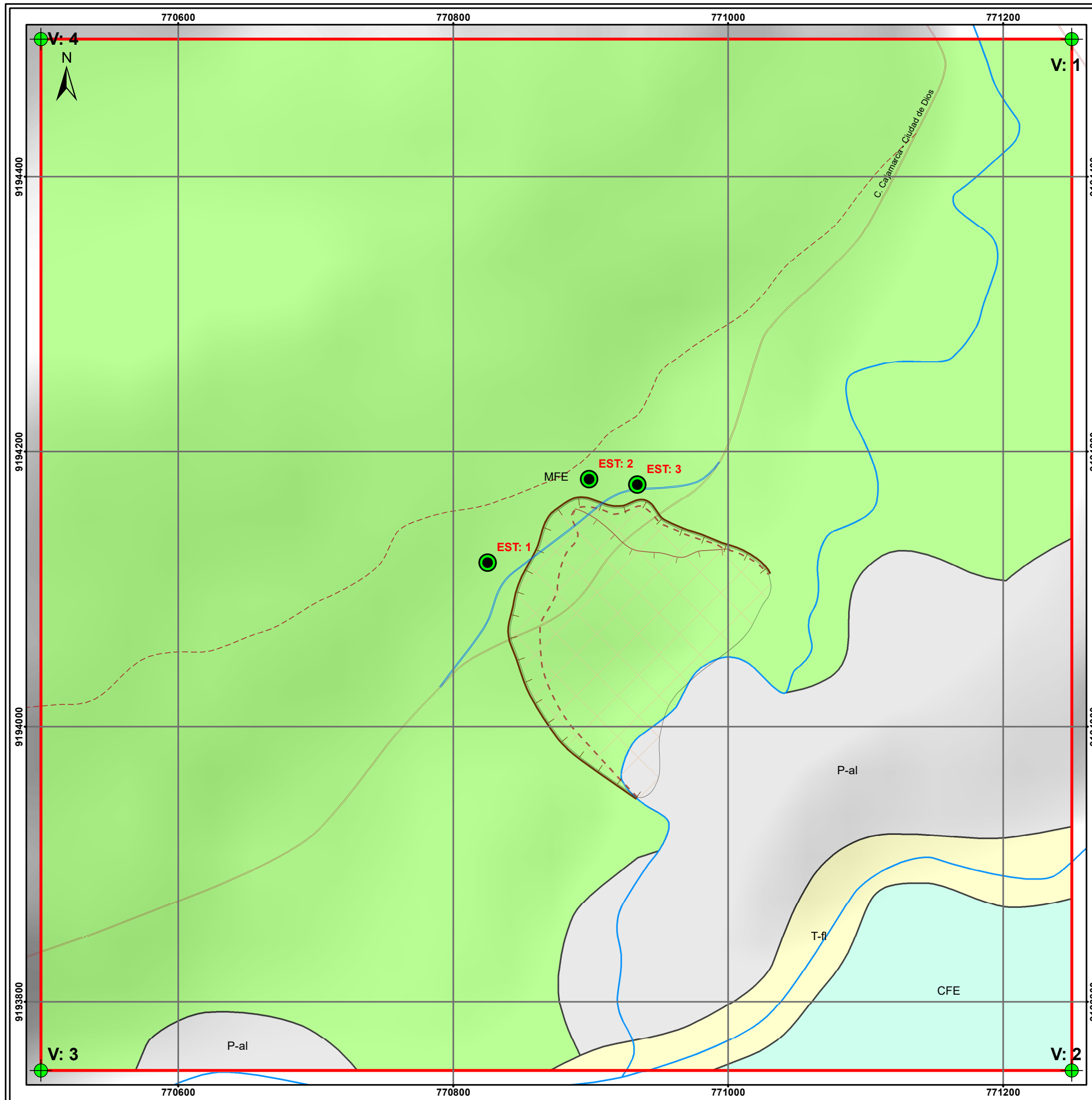
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

**TESIS PROFESIONAL:**  
 ANÁLISIS DEL DESLIZAMIENTO EL NARANJO MEDIANTE EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE CON EL SOFTWARE SLIDE  
 MAGDALENA-CAJAMARCA

<b>PLANO:</b> PENDIENTES	<b>ESCALA:</b> 1/3 000
<b>TESISTA:</b> Bach. Karen Juliana Torres Arroyo	
<b>ASESOR:</b> Ing. Reinaldo Rodríguez Cruzado	
<b>SISTEMA:</b> UTM-WGS84	<b>FECHA:</b> Enero 2017

P-05





### SIMBOLOGIA

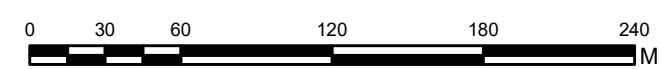
- ESTACIONES
- VERTICES DE LA ZONA
- VIA ACTUAL
- ZONA DE ESTUDIO
- CRESTA
- CABEZA
- ESCARPE SECUNDARIO
- DESLIZAMIENTO
- RIOS
- VIA ASFALTADA
- CAMINO

### GEOFORMAS

- CFE: Colina fluvio-erosional
- MFE: Montaña fluvio-erosional
- P-al: Piedemonte aluvial
- T-fl: Terraza fluvial

COORDENADAS UTM-WGS84 DE LOS VERTICES DE LA ZONA DE ESTUDIO

VERTICE	ESTE	NORTE
1	771250	9194500
2	771250	9193750
3	770500	9193750
4	770500	9194500

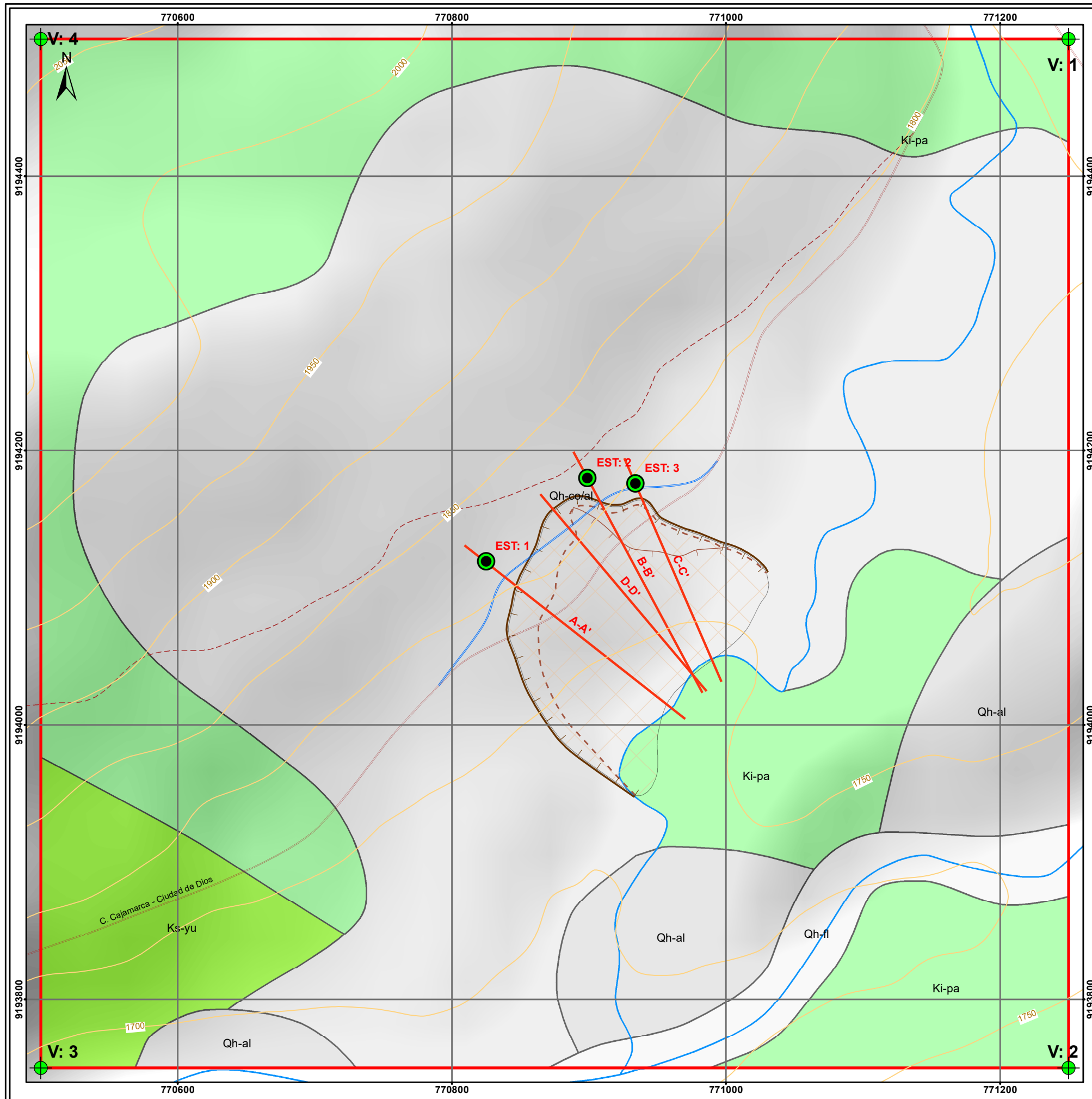


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

**TESIS PROFESIONAL:**  
 ANÁLISIS DEL DESLIZAMIENTO EL NARANJO MEDIANTE EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE CON EL SOFTWARE SLIDE  
 MAGDALENA-CAJAMARCA

<b>PLANO:</b> GEOMORFOLÓGICO	<b>ESCALA:</b> 1/3 000
<b>TESISTA:</b> Bach. Karen Juliana Torres Arroyo	
<b>ASESOR:</b> Ing. Reinaldo Rodríguez Cruzado	
<b>SISTEMA:</b> UTM-WGS84	<b>FECHA:</b> Enero 2017

P-06



### SIMBOLOGIA

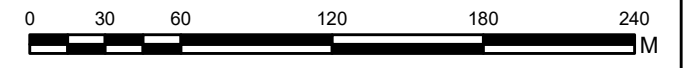
- ESTACIONES
- VERTICES DE LA ZONA
- CURVAS MAYORES (50m)
- PERFILES
- VIA ACTUAL
- VIA ASFALTADA
- CAMINO
- RIOS
- CRESTA
- CABEZA
- ESCARPE SECUNDARIO
- DESLIZAMIENTO
- ZONA DE ESTUDIO

### UNIDADES LITO-ESTRATIGRAFICAS

- DEP. FLUVIAL (Qh-fl)
- DEP. COLUVIO/ALUVIAL (Qh-co/al)
- DEP. ALUVIAL (Qh-al)
- FM. YUMAGUAL (Ks-yu)
- FM. PARIATAMBO (Ki-pa)

COORDENADAS UTM-WGS84 DE LOS VERTICES DE LA ZONA DE ESTUDIO

VERTICE	ESTE	NORTE
1	771250	9194500
2	771250	9193750
3	770500	9193750
4	770500	9194500

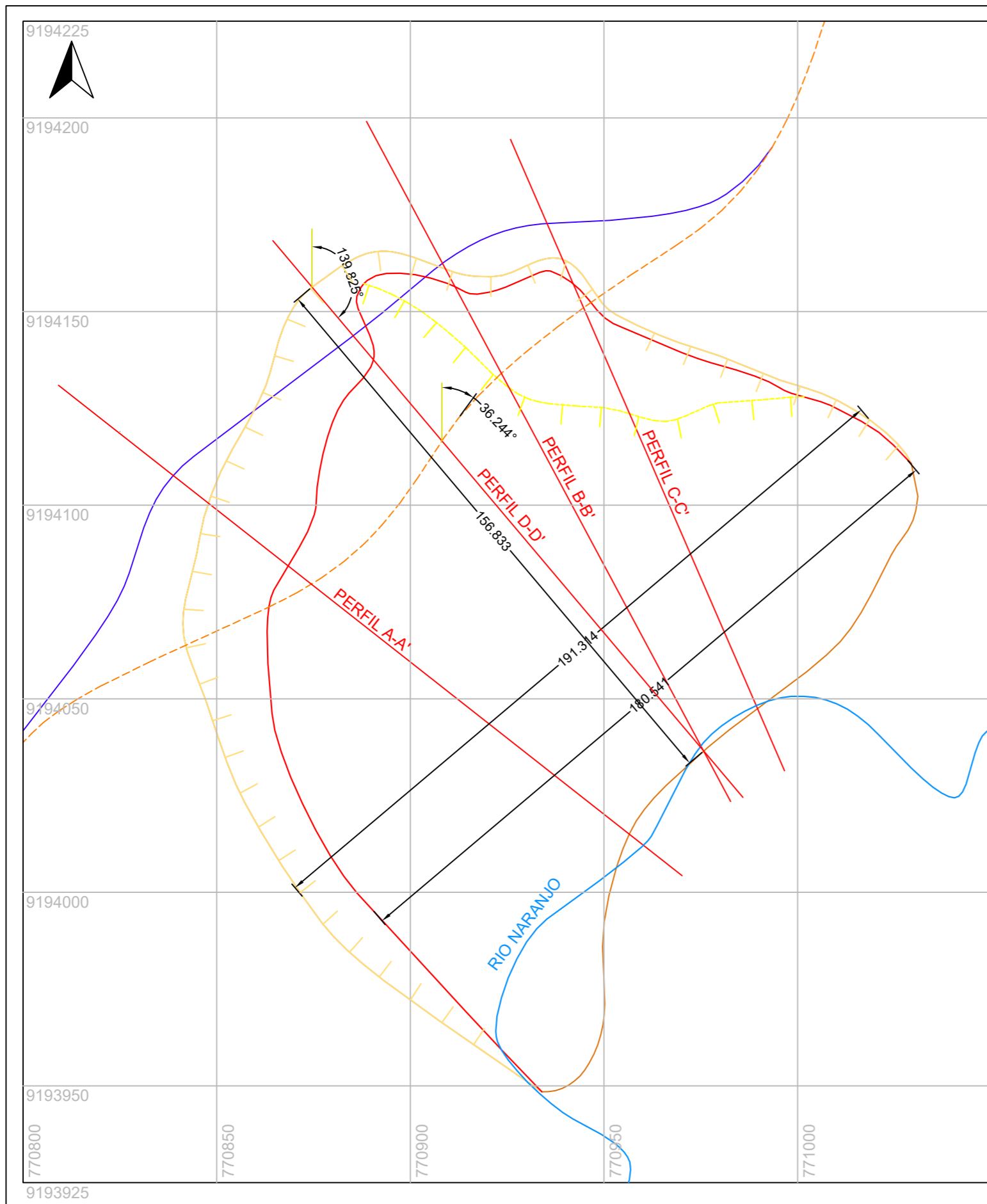


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

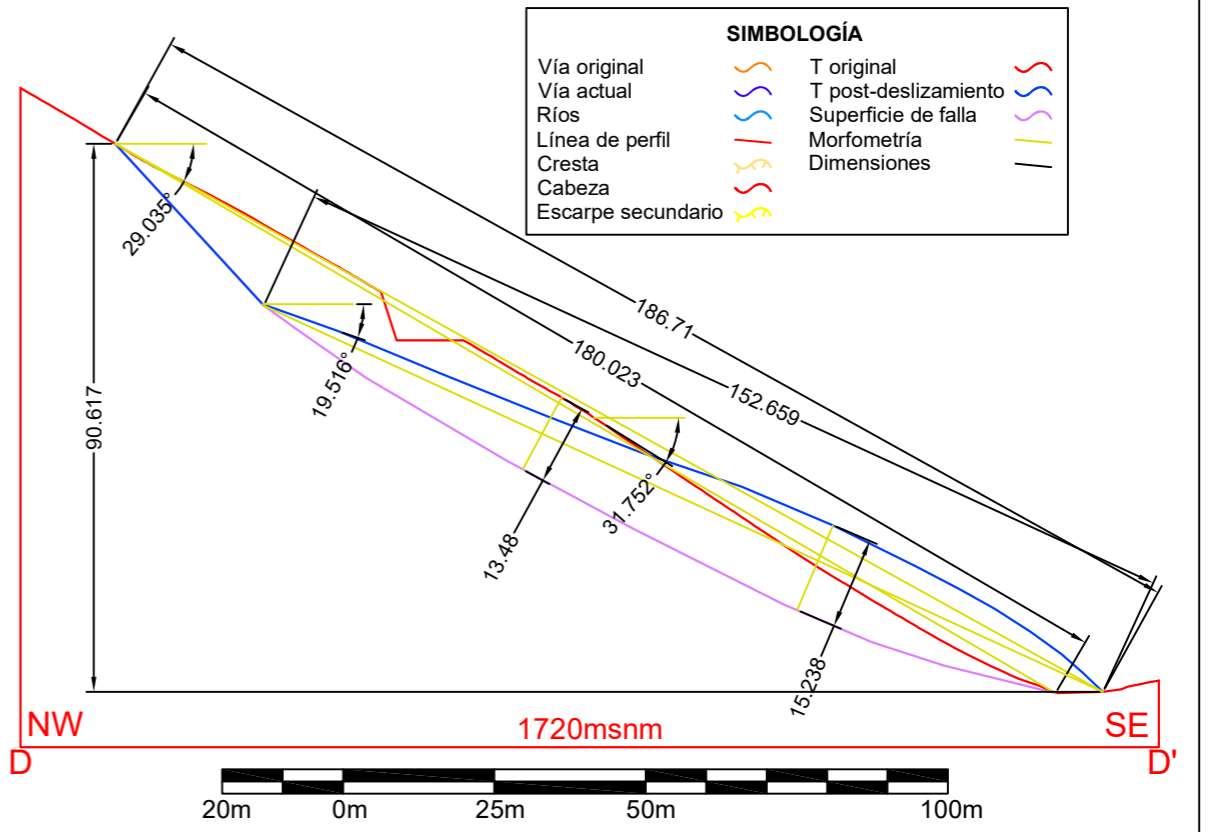
**TESIS PROFESIONAL:**  
ANÁLISIS DEL DESLIZAMIENTO EL NARANJO MEDIANTE EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE CON EL SOFTWARE SLIDE  
MAGDALENA-CAJAMARCA

<b>PLANO:</b> GEOLÓGICO	<b>ESCALA:</b> 1/3 000
<b>TESISTA:</b> Bach. Karen Juliana Torres Arroyo	
<b>ASESOR:</b> Ing. Reinaldo Rodríguez Cruzado	
<b>SISTEMA:</b> UTM-WGS84	<b>FECHA:</b> Enero 2017

P-07



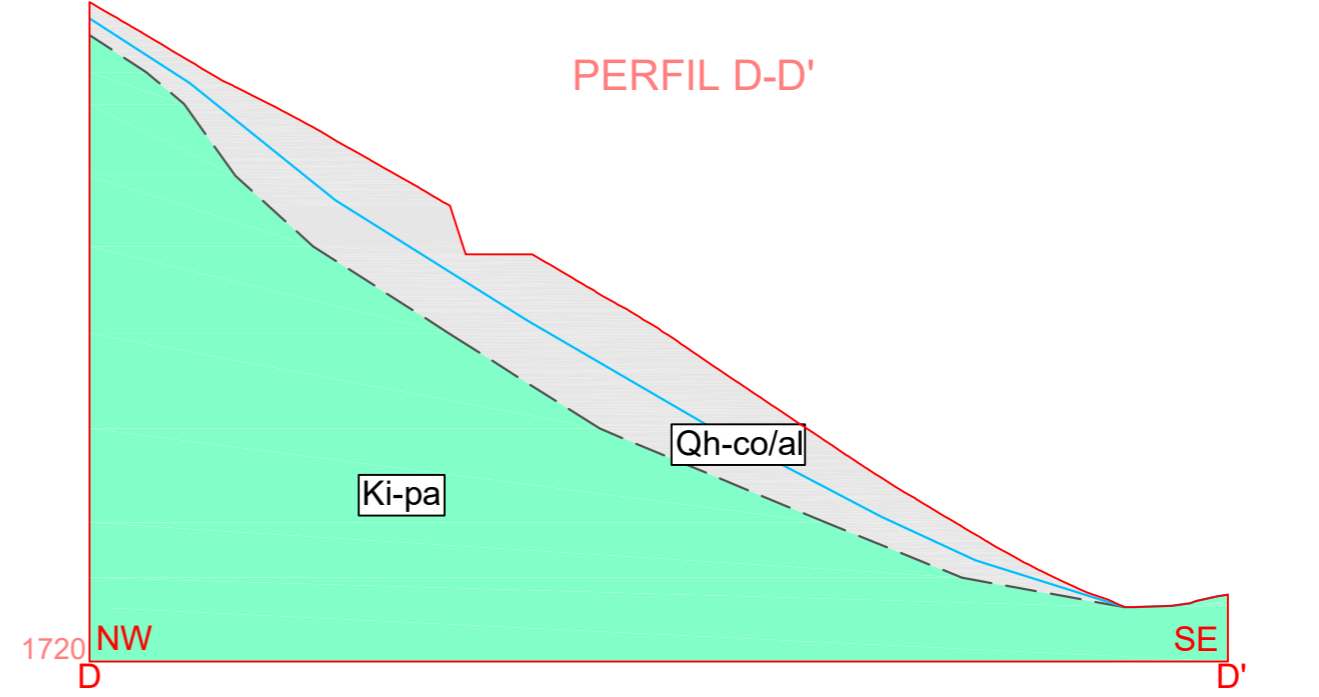
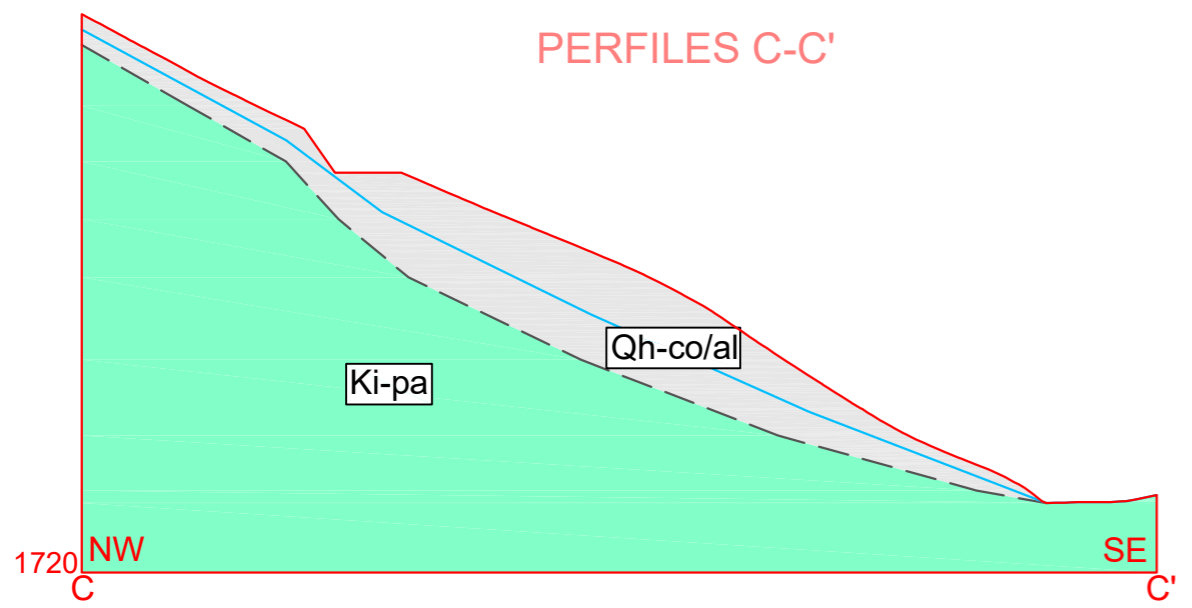
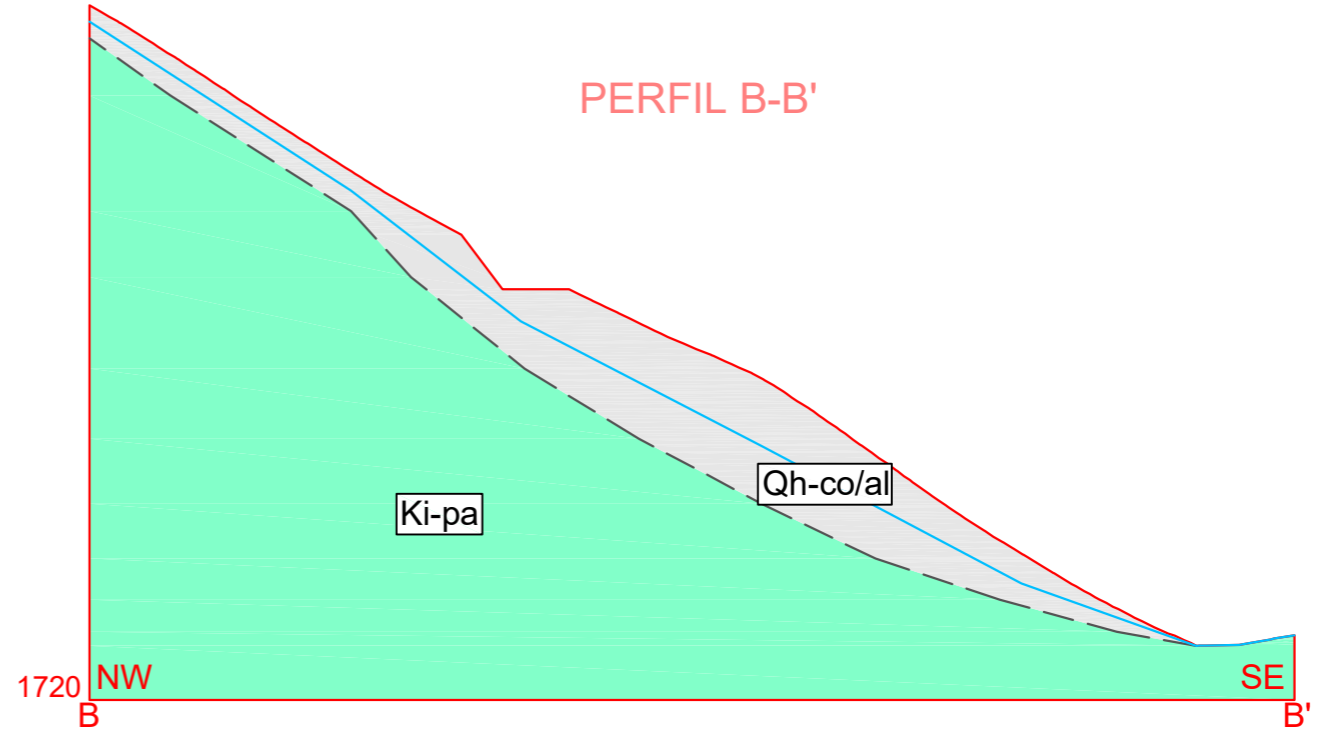
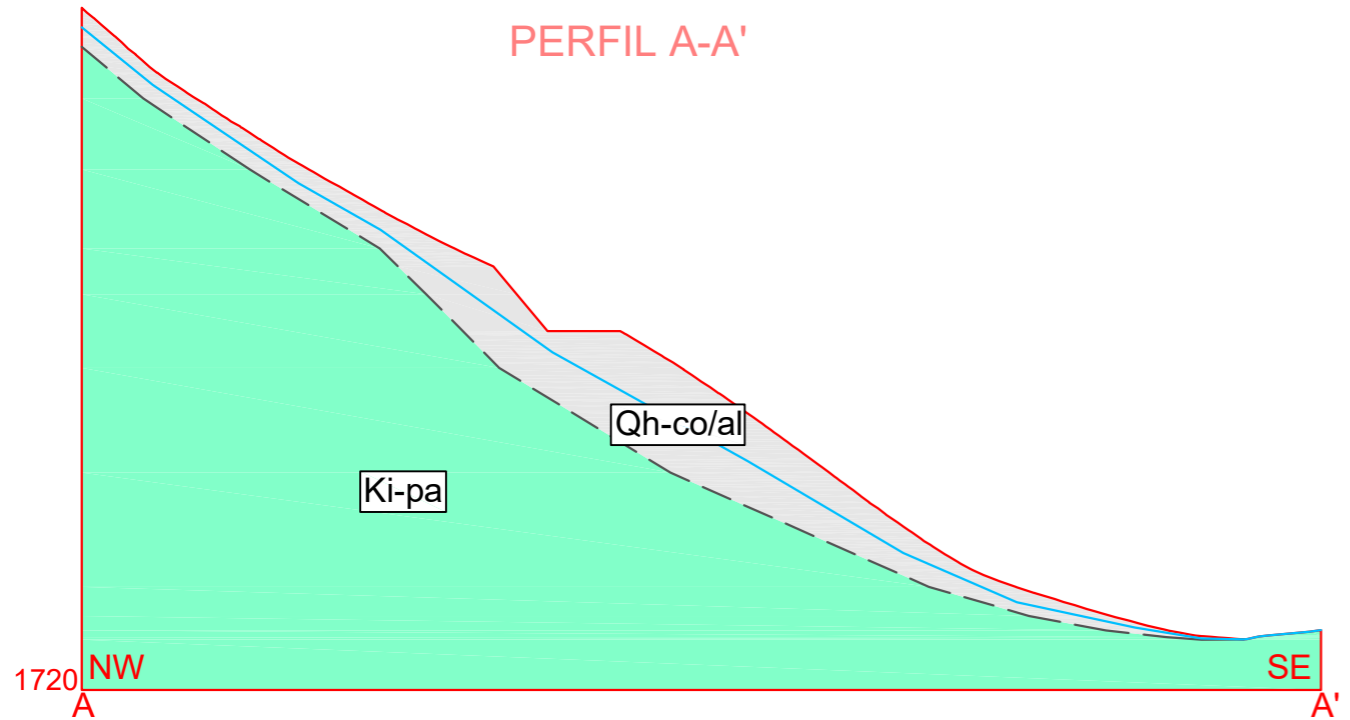
Wc: Longitud en planta	156.833m	L: Longitud Total	186.710m
Wd: Ancho de la masa desplazada	180.541m	Ld: Longitud de la masa desplazada	152.659m
AzD: Dirección del deslizamiento	139.825°	Dd: Profundidad de la masa desplazada	15.238m
AzT: Azimut del talud	36.244°	A: Diferencia de alturas corona a punta	90.617m
AT: Área total afectada	24783.03m <sup>2</sup>	F: Ángulo de viaje (Fahrboschung)	29.035°
Ad: Área de la masa desplazada	20774.8m <sup>2</sup>	APre: Pendiente de ladera en pre-falla	31.752°
Vd: Volumen del deslizamiento	$(\frac{1}{6} \pi * Dr * Wr * Lr) * Fex$	APost: Pendiente de ladera en post-falla	19.516°
- $\pi$ : Phi	3.14	R: Run-up	-
- Dr: Profundidad de la superficie de falla	13.480m		
- Wr: Ancho de la superficie de falla	191.314m		
- Lr: Longitud de la superficie de falla	180.023m		
- Fex: Factor de expansión	1.3		
Vd:	315854.006m <sup>3</sup>		



SIMBOLOGÍA			
Vía original		T original	
Vía actual		T post-deslizamiento	
Ríos		Superficie de falla	
Línea de perfil		Morfometría	
Cresta		Dimensiones	
Cabeza			
Escarpe secundario			

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b> FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA			
<b>TESIS PROFESIONAL:</b> ANÁLISIS DEL DESLIZAMIENTO EL NARANJO MEDIANTE EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE CON EL SOFTWARE SLIDE MAGDALENA-CAJAMARCA			
PLANO:	MORFOMÉTRICO	ESCALA:	1/1 250
TESISTA:	Bach. Karen Juliana Torres Arroyo		
ASESOR:	Ing. Reinaldo Rodríguez Cruzado		
SISTEMA:	UTM-WGS84	FECHA:	Enero 2017
			P-08


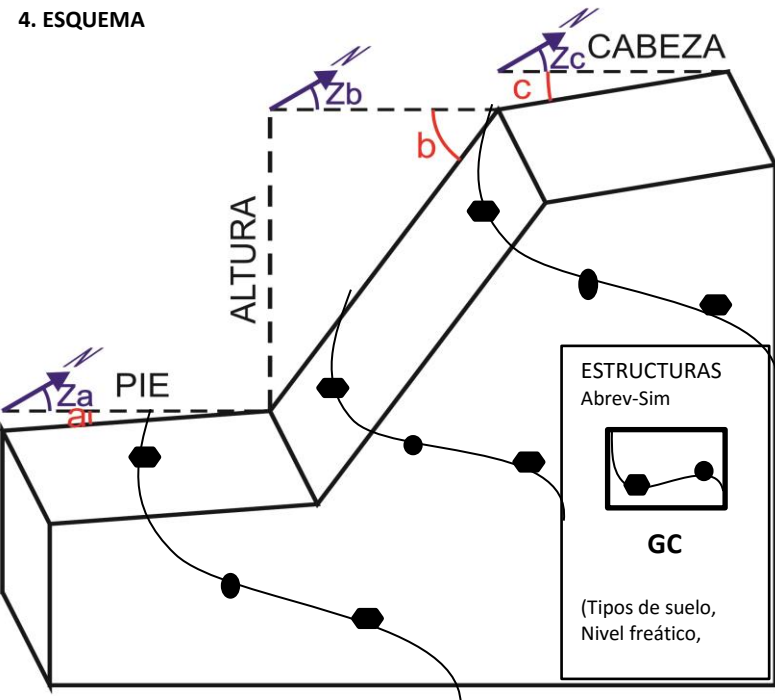
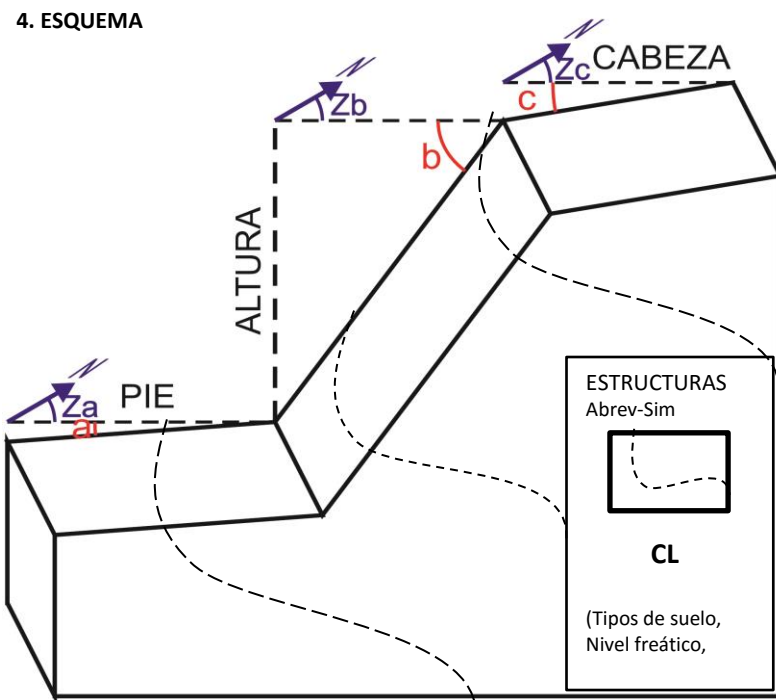
**ANEXO 02**  
**PERFILES**


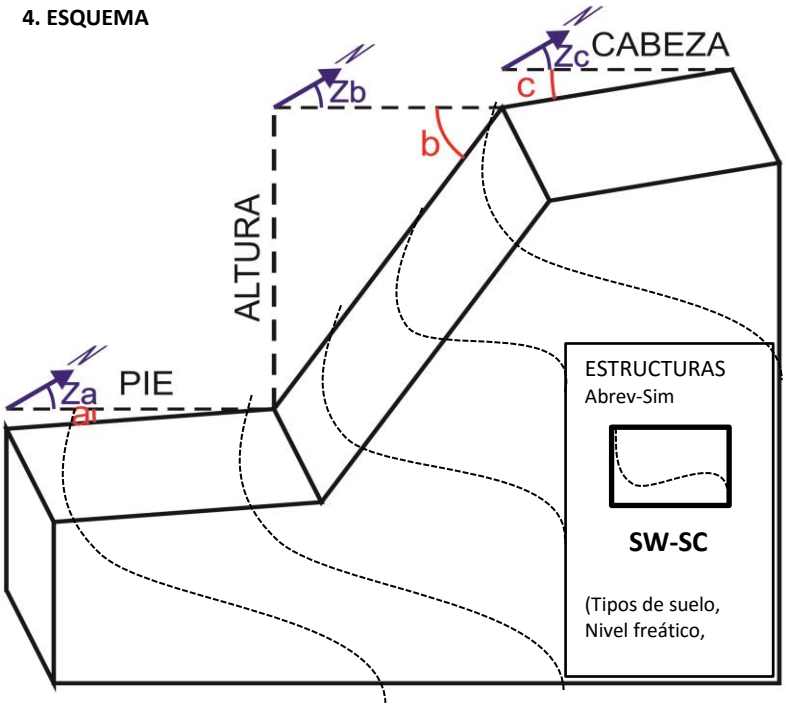
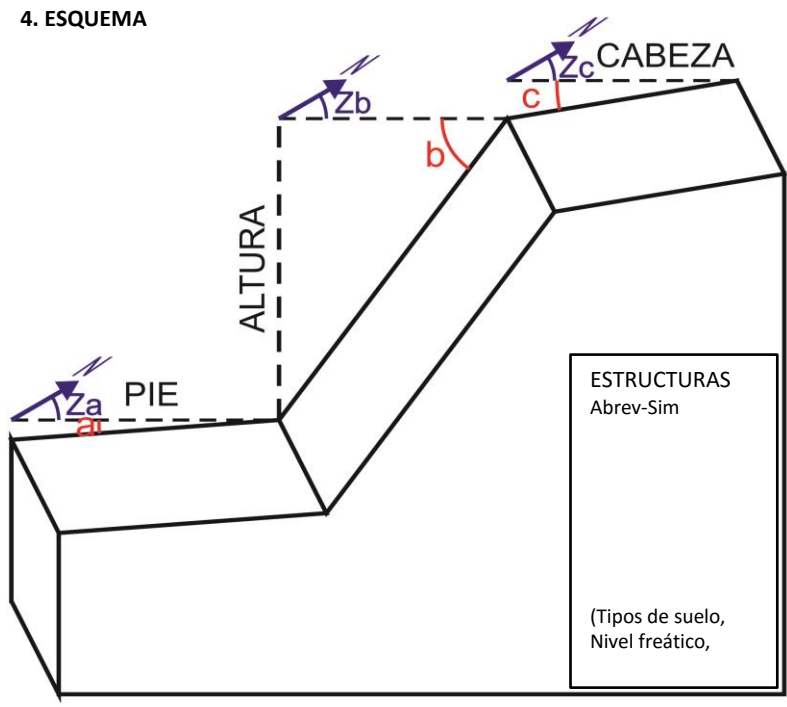


SIMBOLOGÍA	
Qh-co/al (Dep. coluvio/aluvial)	
Ki-pa (Fm. Pariatambo)	
Pefil	
Nivel Freático	



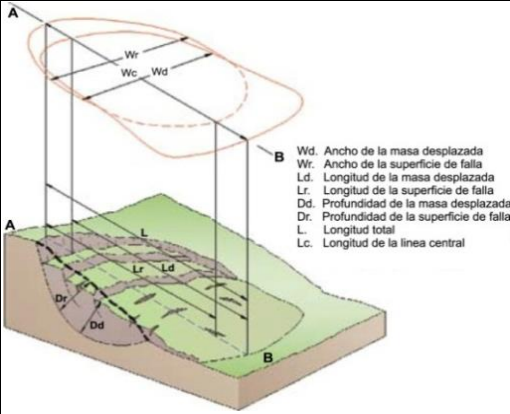
	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b>	
	FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA	
<b>TESIS PROFESIONAL:</b> ANÁLISIS DEL DESLIZAMIENTO EL NARANJO MEDIANTE EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE CON EL SOFTWARE SLIDE MAGDALENA-CAJAMARCA		
<b>PERFILES:</b>	A-A', B-B', C-C' y D-D'	<b>ESCALA:</b> 1/1 250
<b>TESISTA:</b>	Bach. Karen Juliana Torres Arroyo	
<b>ASESOR:</b>	Ing. Reinaldo Rodríguez Cruzado	
<b>SISTEMA:</b>	UTM-WGS84	<b>FECHA:</b> Enero 2017
		U

**ANEXO 03**  
**INFORMACIÓN DE CAMPO EN LA MATRIZ DE**  
**RECOLECCIÓN DE DATOS**

REGISTRO GEOLÓGICO-GEOTECNICO DE TALUDES POR ESTACIÓN-SUELOS						TESIS:		"Análisis del Deslizamiento El Naranjo Mediante el Método de Equilibrio Límite con el Software Slide"						 Sistema Unificado de Clasificación de Suelos SUCS - ASTM 1985									
CODIGO:		E-01/E-02		HOJA Nº :		1		DE:		2		SALIDA Nº:		2									
RESPONSABLE:				Karen Juliana Torres Arroyo				EJECUTADO POR:				Karen Juliana Torres Arroyo				FECHA:		24/11/2016					
ESTACIÓN N°:		1		UBICACIÓN:		EL NARANJO						ESTACIÓN N°:		2		UBICACIÓN:		EL NARANJO					
HORA:		11:13				<b>CLASIFICACIÓN DE SUELOS USCS</b> DIVISIONES PRINCIPALES    SIMB    NOMBRES TÍPICOS						HORA:		11:04									
<b>1. DATA GPS</b>						<b>2. MATERIAL</b>						<b>1. DATA GPS</b>						<b>2. MATERIAL</b>					
SISTEMA:		UTM-WGS84		2.1 Depósito		2.2 Plast		2.3 Comp		%		SISTEMA:		UTM-WGS84		2.1 Depósito		2.2 Plast		2.3 Comp		%	
ESTE:		770825		1: Eluvial		1: Alta		Bloques:		-		ESTE:		770899		1: Eluvial		1: Alta		Bloques:		-	
NORTE:		9194119		2: Deluvial		2: Media		Cantos:		-		NORTE:		9194180		2: Deluvial		2: Media		Cantos:		-	
COTA:		1778		3: Coluvial		3: Baja		Grava:		55		COTA:		1790		3: Coluvial		3: Baja		Grava:		1	
ERROR:		3		4: Aluvial		4: No Plas		Arena:		15		ERROR:		3		4: Aluvial		4: No Plas		Arena:		20	
MARCA Y SERIE:		GEOCAM FREE		5: Fluvial		3		Finos:		28		MARCA Y SERIE:		GEOCAM FREE		5: Fluvial		3		Finos:		78	
				3,4				Mat. Org.:		2						3,4				Mat. Org.:		1	
<b>3. TALUD</b>						Taud. Nat. (TN), Vol. o Corte Perf. (VCP) Precorte (P), Vol. Suave (VS), Vol. o Excav. Mec. (VES), Vol. Def. (VD):						<b>3. TALUD</b>						Taud. Nat. (TN), Vol. o Corte Perf. (VCP) Precorte (P), Vol. Suave (VS), Vol. o Excav. Mec. (VES), Vol. Def. (VD):					
Altura (m):		12		Pie (m):		25						Altura (m):		12		Pie (m):		20					
Dirección		Pie (a)		Talud (b)		Cabeza (c)						Dirección		Pie (a)		Talud (b)		Cabeza (c)					
Azimut (Z):		51		53		55						Azimut (Z):		50		55		53					
Dip:		1		75		50		P				Dip:		2		78		13		P			
<b>4. ESQUEMA</b>						<b>SUELOS DE GRANO GRUESO:</b> Más de la mitad retenido en el tamiz N 200 <b>GRAVAS:</b> Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz número 4 (4,76 mm) <b>ARENAS:</b> Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz número 4 (4,76 mm)						<b>4. ESQUEMA</b>						<b>SUELOS DE GRANO FINO:</b> Más de la mitad del material pasa por el tamiz N 200 <b>LIMOS Y ARCILLAS:</b> Límite líquido menor de 50 <b>LIMOS Y ARCILLAS:</b> Límite líquido mayor de 50					
																							
Observaciones:						<b>1° Letra:</b> G(Grava), S(Arena), M(Limo), C(Arcilla), O(Orgánico) <b>2° Letra:</b> P(Pobrememente Gradado=tamaño de partículas uniforme), W(Bien Gradado=tamaño de partículas diversos), H(Alta plasticidad), L(Baja Plasticidad). *Pt: Turba						Observaciones:											

REGISTRO GEOLÓGICO-GEOTECNICO DE TALUDES POR ESTACIÓN-SUELOS						TESIS:		"Análisis del Deslizamiento El Naranjo Mediante el Método de Equilibrio Límite con el Software Slide"							Sistema Unificado de Clasificación de Suelos SUCS - ASTM 1985								
CODIGO:		E-03		HOJA Nº :		2		DE:		2		SALIDA Nº:			2								
RESPONSABLE:				Karen Juliana Torres Arroyo				EJECUTADO POR:				Karen Juliana Torres Arroyo				FECHA:		24/11/2016					
ESTACIÓN N°:		3		UBICACIÓN:		EL NARANJO						ESTACIÓN N°:		-		UBICACIÓN:		-					
HORA:		10:53										HORA:		-									
1. DATA GPS			2. MATERIAL			CLASIFICACIÓN DE SUELOS USCS						1. DATA GPS			2. MATERIAL								
SISTEMA:		UTM-WGS84		2.1 Depósito		2.2 Plast		2.3 Comp		%		SISTEMA:		-		2.1 Depósito		2.2 Plast		2.3 Comp		%	
ESTE:		770934		1: Eluvial		1: Alta		Bloques:		-		ESTE:		-		1: Eluvial		1: Alta		Bloques:		-	
NORTE:		9194179		2: Deluvial		2: Media		Cantos:		-		NORTE:		-		2: Deluvial		2: Media		Cantos:		-	
COTA:		1806		3: Coluvial		3: Baja		Grava:		55		COTA:		-		3: Coluvial		3: Baja		Grava:		-	
ERROR:		3		4: Aluvial		4: No Plas		Arena:		15		ERROR:		-		4: Aluvial		4: No Plas		Arena:		-	
MARCA Y SERIE:		GEOCAM FREE		5: Fluvial		3		Finos:		28		MARCA Y SERIE:		-		5: Fluvial		-		Finos:		-	
				3,4				Mat. Org.:		2										Mat. Org.:			
3. TALUD				Taud. Nat. (TN), Vol. o Corte Perf. (VCP) Precorte (P), Vol. Suave (VS), Vol. o Excav. Mec. (VES), Vol. Def. (VD):				3. TALUD				Taud. Nat. (TN), Vol. o Corte Perf. (VCP) Precorte (P), Vol. Suave (VS), Vol. o Excav. Mec. (VES), Vol. Def. (VD):											
Altura (m):		12		Pie (m):		25		Dirección		Pie (a)		Talud (b)		Cabeza (c)		Altura (m):		-		Pie (m):		-	
Azimut (Z):		51		53		55		Dip:		1		75		50		Dip:		-		-		-	
4. ESQUEMA								4. ESQUEMA															
<b>SUELOS DE GRANO GRUESO:</b> Más de la mitad retenido en el tamiz N 200 <b>GRAVAS:</b> Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz número 4 (4,76 mm) <b>ARENAS:</b> Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz número 4 (4,76 mm)						Gravas limpias		GW		Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.													
						(pocos o sin finos)		GP		Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.													
						Gravas con finos		GM		Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.													
						(Alta cant. de finos)		GC		Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.													
						Arenas limpias		SW		Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.													
						(pocos o sin finos)		SP		Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.													
						Arenas con finos		SM		Arenas limosas, mezclas de arena y limo.													
						(Alta cant. de finos)		SC		Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.													
						<b>SUELOS DE GRANO FINO:</b> Más de la mitad del material pasa por el tamiz N 200 <b>LIMOS Y ARCILLAS:</b> Límite líquido menor de 50 <b>LIMOS Y ARCILLAS:</b> Límite líquido mayor de 50						ML		Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, o limos arcillosos con ligera plásticidad.									
												CL		Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.									
OL		Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.																					
MH		Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.																					
CH		Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.																					
OH		Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos.																					
PT*		Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.																					
<b>SUELOS MUY ORGÁNICOS</b>																							
<b>1° Letra:</b> G(Grava), S(Arena), M(Limo), C(Arcilla), O(Orgánico) <b>2° Letra:</b> P(Pobrementemente Graduado=tamaño de partículas uniforme), W(Bien Graduado=tamaño de partículas diversos), H(Alta plasticidad), L(Baja Plasticidad). *Pt: Turba																							
Observaciones:																							



REGISTRO GEODINÁMICO DE MOVIMIENTOS EN MASAS				TESIS :		"Análisis del Deslizamiento El Naranjo Mediante el Método de Equilibrio Límite con el Software Slide Magdalena-Cajamarca"							INVENTARIO DE MOVIMIENTOS EN MASA - GEMMA, 2007																						
CODIGO:		D-01		HOJA Nº :		1	DE:	1	SALIDA N°:	1	MOV. N°:		1																						
RESPONSABLE:		Karen Juliana Torres Arroyo		EJECUTADO POR:		Karen Juliana Torres Arroyo			FECHA:	8/09/2016	HORA:	8:13																							
1. LOCALIZACIÓN						2. ACTIVIDAD																													
1.1 LOCALIZACIÓN POLÍTICA			1.2 COORDENADAS			2.1 ESTADO		2.2 ESTILO		2.3 DISTRIBUCIÓN		2.4 VELOCIDAD																							
País		Perú		ESTE	NORTE	COTA	Activo		Complejo	Retrogresivo		Extr. Rápido (>5m/s)	Velocidad Máxima=		-																				
Departamento		Cajamarca		770872	9194142	1814	Reactivado	X	Compuesto	Avanzando	X	Muy Rápido (>3m/min)	Medida	-	Calculada	-																			
Provincia		Cajamarca		ERROR (+-m)			Suspendido		Múltiple	Ensanchando		Rápido (>1,8m/hr)	X	Estimada	-																				
Distrito		Cajamarca		SISTEMA	UTM		Latente		Sucesivo	Confinado		Moderado (>13m/mes)	Velocidad Mínima=			-																			
Localidad		El Naranjo		DATUM	WGS84		Abandonado		Único	X	Creciente	Lento (>1,6m/año)	Medida	-	Calculada	-																			
3. IMPORTANCIA DEL EVENTO				MARCA Y SERIE DEL GPS		GARMINX30		Estabilizado	Enjambre	Decreciente	Muy Lento (>16mm/año)	Estimada	-																						
ALTA	X	MEDIA		BAJA			Relicto	Otro:	Móvil	Ext. Lento (<16mm/año)																									
Esquema:						4. CLASIFICACIÓN DEL MOVIMIENTO																													
			4.1 TIPO DE MOVIMIENTO			4.2 MATERIAL			4.3 OTRAS CARACTERÍSTICAS			4.4 DEFORMACIÓN DEL TERRENO																							
			Caída			COMPOSICIÓN %			HUMEDAD			PLASTICIDAD			Movimiento canalizado			MODO			SEVERIDAD														
			Volcamiento			Bloques			Seco			Alta			Movimiento no canalizado			X			Ondulam			Leve											
			Deslizamiento rotacional			X			Cantos			Lig. Húmedo			Media			X			Licuación			Escalonam			X			Media					
Deslizamiento traslacional						Grava			40			Húmedo			X			Baja			Otra:						Severa			X					
Propagación lateral						Arena			20			Muy Húmedo			No Plástico						GEOFORMA			COLINA FLUVIO EROSIONAL											
Reptación						Finos			30			Mojado									4.5 CLASIFICACIÓN DEL MOVIMIENTO														
Flujo						Materia Org.			10			CLASIFICACIÓN SUCS			GC/CL/SW-SC			Sistema de clasificación			GEMMA														
Deform. gravitacional profunda						ORIGEN			Regolito			X			Trasportado			Nombre del movimiento			DESLIZAMIENTO ROTACIONAL														
Compuesto (Marcar los tipos)																																			
5. MORFOMETRÍA						6. CAUSAS DEL MOVIMIENTO																													
			5.2 DIMENSIONES			Material plástico debil			Movimiento tectónico			C			D			Socav. del pie del talud por agua			X														
			Profundidad de la SF: Dr (m)			13.48			Material sensitivo			Sismo									Socav. del pie de talud por oleaje														
			Ancho de la SF: Wr (m)			191.3			Material colapsible			X			Erupción Volcánica						Excavación del pie del talud														
			Longitud de SF: Lr (m)			180			Material meteorizado físicamente						Lluvias			X			Carga en la corona del talud														
Profundidad de la MD: Dd (m)			15.2			Material meteorizado químicamente						Viento									Erosión subt. (disolución, tubificación)														
Ancho de la MD: Wd (m)			180.5			Material fallado por corte						Deshielo									Irrigación			X											
Longitud de la MD: Ld (m)			152.6			Material fisurado o agrietado						Avance/retroceso de glaciares									Deficiente del sistema de drenaje														
Longitud total L: (m)			186.7			Orientación desfavorable de discont.						Romp. de lagos en cráteres									Escapes de agua de tuberías														
SF: Superficie de Falla, MD: Masa desplazada						Contraste de permeabilidad de mat.						Rompimiento de presas									Minería														
5.3 ESTIMADAS/CALCULADAS						Contraste de rigidez de mat.						Desembalse rápido de represas						Disp. mala de estériles/escombros																	
Volúmen inicial (m3)			-			Met. por congelamiento/deshielo						Embalse									Vib. artificial (tráfico, explosiones, etc)														
Volúmen despezado (m3)			315 847.4			Met. por expansión/contracción						Er. del pie del talud por glaciares									Otros:														
Área inicial (Km2)			-			Deforestación o ausencia de veget.						Erosión superficial									C: Condicionante, D: Detonante														
Área total afectada (Km2)			24 783			7. COBERTURA Y USO DEL SUELO																													
Distancia de viaje (km)			-			7.1 TIPO DE COBERTURA			%			7.2 TIPO DE USO			%			%																	
5.1 GENERAL			5.4 TIPO DE TALUD			Vegetación Herbácea			X			60																							
Diferencia de altura corona a punta (m)			90.6			Talud Natural (Ladera)						Bosque/Selva						Ganadería			X			60			Vivienda								
Ángulo de viaje (Fahrböschung) (°)			29			Voladura o corte excelente						Matorrales						Área protegida									Vías			X			5		
Pendiente ladera en post-falla (°)			19.5			Precorte			X			Cuerpo de agua						Agrícola			X			35			Minería								
Pendiente ladera en pre-falla (°)			31.7			Voladura Suave						Cultivos			X			40			Recreación						Ninguno								
Dirección del Movimiento (°)			139			Voladura o Excav. Mecánica						Construcciones						Zona arqueológica						Otros:											
Azimut del Talud (°)			36.2			Voladura Deficiente						Sin Cobertura						Zona industrial																	

**ANEXO 04**  
**RESULTADOS OBTENIDOS EN LABORATORIO**

## ANÁLISIS MECÁNICO POR TAMIZADO MTC E - 107 , MTC E - 204

**OBRA :** ANÁLISIS DEL DESLIZAMIENTO EL NARANJO MEDIANTE EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE CON EL SOFTWARE SLIDE, MAGDALENA-CAJAMARCA. **Tecnico** C.C.S.  
**Prog. (Km.) :** 130+250 - 130+450 L.I **Ing. Resp.** A.M.F.  
**Material :** Talud superior Lado Derecho  
**Fecha :** 12/12/2016

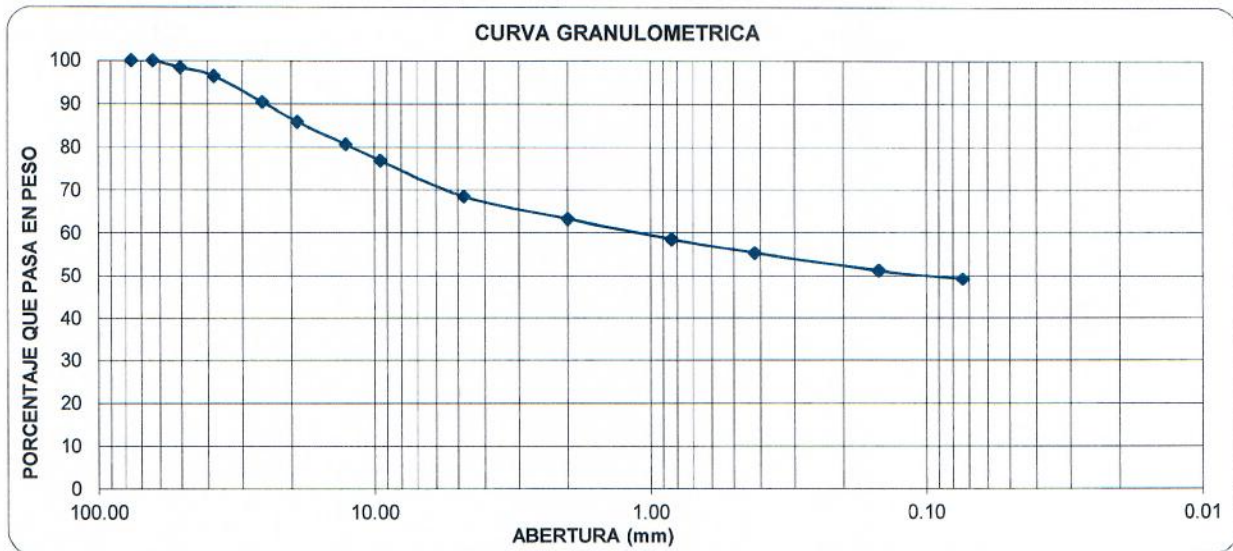
**Datos de Ensayo**

**Peso de muestra seca :** 11,477  
**Peso Seco de Fraccion :** 501


Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que Pasa
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				100.00
2"	50.600	184.00	1.60	1.60	98.40
1 1/2"	38.100	224.00	1.95	3.55	96.45
1"	25.400	690.00	6.01	9.57	90.43
3/4"	19.050	525.00	4.57	14.14	85.86
1/2"	12.700	591.00	5.15	19.29	80.71
3/8"	9.525	441.00	3.84	23.13	76.87
No4	4.760	960.00	8.36	31.50	68.50
10	2.000	38.33	5.24	36.74	63.26
20	0.840	34.05	4.66	41.39	58.61
40	0.420	23.13	3.16	44.56	55.44
60	0.250				
80	0.180				
100	0.149	30.67	4.19	48.75	51.25
200	0.074	14.12	1.93	50.68	49.32
pasa		360.70	49.32	100.00	0.00

Índice de Consistencia	
L. Líquido	34.9
L. Plástico	20.3
Ind. Plástico	14.6
Clas. SUCS	GC
Clas. AASHTO	A-6 (3)

Humedad Natural	
PESO HUMEDO	1000.0
PESO SECO	910.0
RECIPIENTE	0.0
AGUA	90.0
SUELO SECO	910.0
%HUMEDAD	9.89



**OBSERVACIONES :** .....



**Carlos Cruz Saavedra**  
 Técnico de Laboratorio  
 CONSORCIO SUPERVISOR SIERRA 2



**Adrian Brian Mendoza Frias**  
 Ing. Encargado de Laboratorio  
 CONSORCIO SUPERVISOR SIERRA 2

## Límites de Consistencia MTC E - 110; MTC E 111

**OBRA** ANÁLISIS DEL DESLIZAMIENTO EL NARANJO MEDIANTE EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE CON EL SOFTWARE SLIDE. MAGDALENA-CAJAMARCA.

**Prog. (Km.)** 130+250 - 130+450 L.I. **Tecnico :** C.C.S.

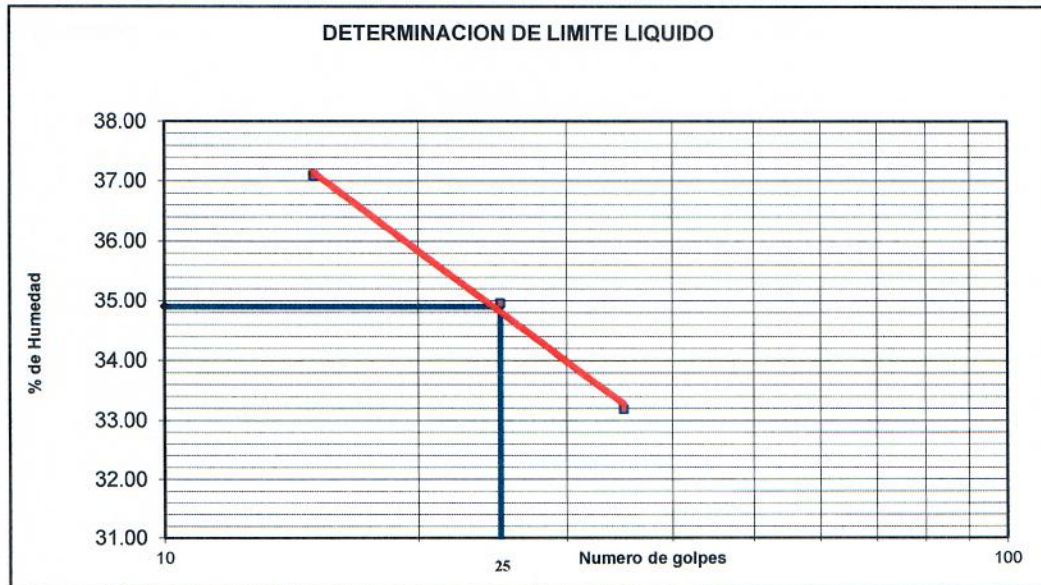
**Material** Talud superior Lado Derecho

**Límite Líquido :**

Límite Líquido :				
ENSAYO N°	1	2	3	
N° de Golpes	35	25	15	
Recipiente N°	102	32	64	
R + Suelo Hum.	35.29	29.75	32.55	
R + Suelo Seco	29.99	25.51	27.12	
Peso de agua	5.30	4.24	5.43	
Peso de Recip.	14.02	13.38	12.48	
Peso de S. Seco	15.97	12.13	14.64	
% de Humedad	33.19	34.95	37.09	

**Límite Plástico :**

Límite Plástico :				
ENSAYO N°	1	2		
Recipiente N°	101	60		
R + Suelo Hum.	50.23	40.22		
R + Suelo Seco	48.51	38.39		
Peso de agua	1.72	1.83		
Peso de Recip.	39.92	29.51		
Peso de S. Seco	8.59	8.88		
% de Humedad	20.02	20.61		




Resultados	
Límite Líquido	34.90
Límite Plástico	20.32
Ind. Plástico	14.58

**OBSERVACIONES :**

.....

.....

.....

  
 Carlos Cruz Saavedra  
 Tecnico de Laboratorio  
 CONSORCIO SUPERVISOR SIERRA 2

  
 Adrian Brian Mendoza Frias  
 Ing. Encargado de Laboratorio  
 CONSORCIO SUPERVISOR SIERRA 2

## ANÁLISIS MECÁNICO POR TAMIZADO MTC E - 107 , MTC E - 204

**OBRA :** ANÁLISIS DEL DESLIZAMIENTO EL NARANJO MEDIANTE EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE CON EL SOFTWARE SLIDE. MAGDALENA-CAJAMARCA. **Tecnico** C.C.S.  
**Prog. (Km.) :** 130+250 - 130+450 L.I **Ing. Resp.** A.M.F  
**Material :** Talud superior, Eje  
**Fecha :** 12/12/2016

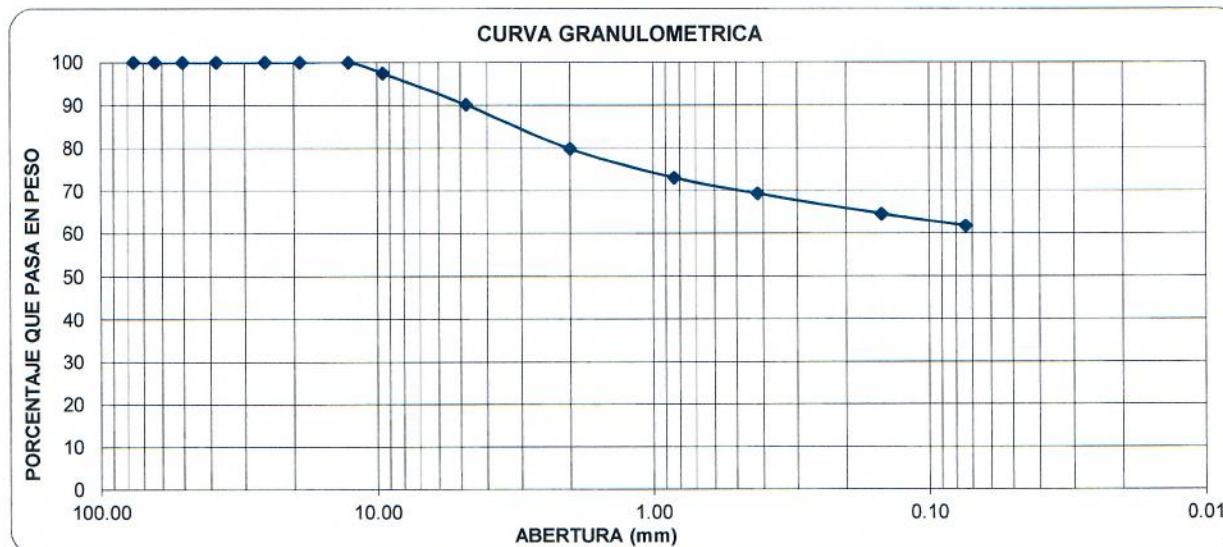
### Datos de Ensayo

**Peso de muestra seca :** 1,000  
**Peso Seco de Fraccion :** 761

Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que Pasa
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.600				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				100.00
3/8"	9.525	25.50	2.55	2.55	97.45
No4	4.760	73.50	7.35	9.90	90.10
10	2.000	86.90	10.29	20.19	79.81
20	0.840	56.90	6.74	26.93	73.07
40	0.420	31.70	3.75	30.68	69.32
60	0.250				
80	0.180				
100	0.149	40.10	4.75	35.43	64.57
200	0.074	23.80	2.82	38.24	61.76
pasa		521.60	61.76	100.00	0.00

Índice de Consistencia	
L. Líquido	34.4
L. Plástico	19.8
Ind. Plástico	14.5
Clas. SUCS	CL
Clas. AASHTO	A-6 (6)


Humedad Natural	
PESO HUMEDO	1000.0
PESO SECO	925.0
RECIPIENTE	0.0
AGUA	75.0
SUELO SECO	925.0
%HUMEDAD	8.11



**OBSERVACIONES :** .....



**Carlos Cruz Saavedra**  
Tecnico de Laboratorio



**Adrian Brian Mendoza Frias**  
Ing. Encargado de Laboratorio

**Límites de Consistencia  
MTC E - 110; MTC E 111**

**OBRA** ANÁLISIS DEL DESLIZAMIENTO EL NARANJO MEDIANTE EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE CON EL SOFTWARE SLIDE. MAGDALENA-CAJAMARCA.

**Prog. (Km.)** 130+250 - 130+450 L.I. **Tecnico :** C.C.S.

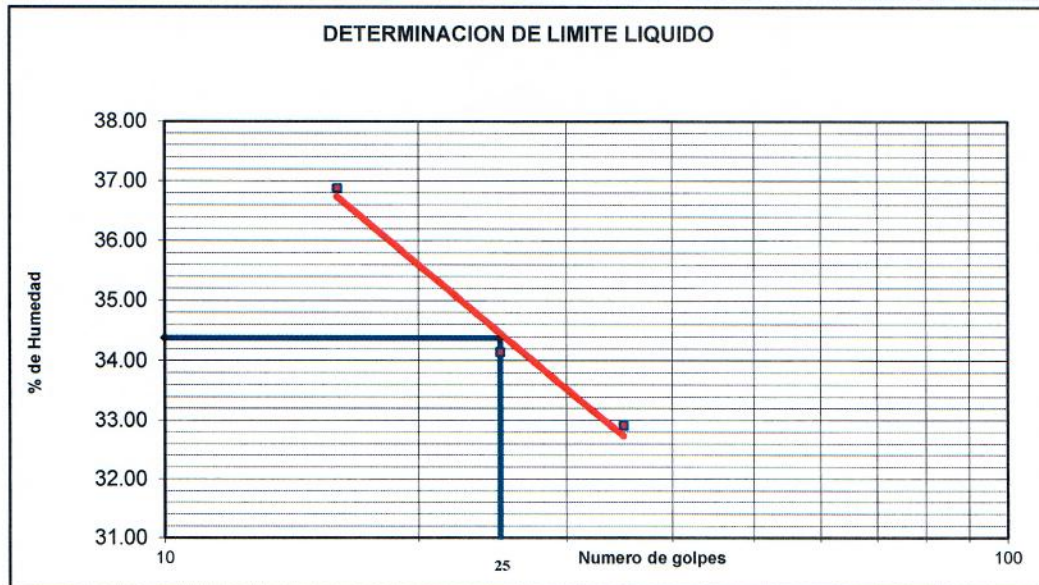
**Material** Talud superior, Eje

**Límite Líquido :**

<b>Límite Líquido :</b>				
ENSAYO N°	1	2	3	
N° de Golpes	35	25	16	
Recipiente N°	29	152	109	
R + Suelo Hum.	24.32	27.69	36.01	
R + Suelo Seco	19.89	23.33	30.88	
Peso de agua	4.43	4.36	5.13	
Peso de Recip.	6.43	10.56	16.97	
Peso de S. Seco	13.46	12.77	13.91	
% de Humedad	32.91	34.14	36.88	

**Límite Plástico :**

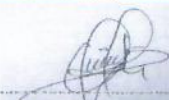
<b>Límite Plástico :</b>				
ENSAYO N°	1	2		
Recipiente N°	101	60		
R + Suelo Hum.	48.64	48.64		
R + Suelo Seco	47.09	47.09		
Peso de agua	1.55	1.55		
Peso de Recip.	39.28	39.28		
Peso de S. Seco	7.81	7.81		
% de Humedad	19.85	19.85		



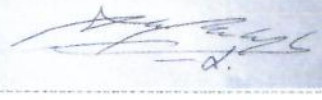
<b>Resultados</b>	
Límite Líquido	34.38
Límite Plástico	19.85
Ind. Plástico	14.53

**OBSERVACIONES :**

.....  
 .....  
 .....



Carlos Cruz Saavedra  
Tecnico de Laboratorio  
CONSORCIO SUPERVISOR SIERRA 2



Adrian Brian Mendoza Frias  
Ing. Encargado de Laboratorio  
CONSORCIO SUPERVISOR SIERRA 2

## ANÁLISIS MECÁNICO POR TAMIZADO MTC E - 107, MTC E - 204

**TÍTULO :** ANÁLISIS DEL DESLIZAMIENTO EL NARANJO MEDIANTE EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE CON EL SOFTWARE SLIDE. MAGDALENA-CAJAMARCA. **Tecnico** C.C.S.  
**Ing. Resp.** A.M.F.  
**Prog. (Km.) :** 130+250 - 130+450 L.I.  
**Material :** Talud superior Lado Izquierdo  
**Fecha :** 12/12/2016

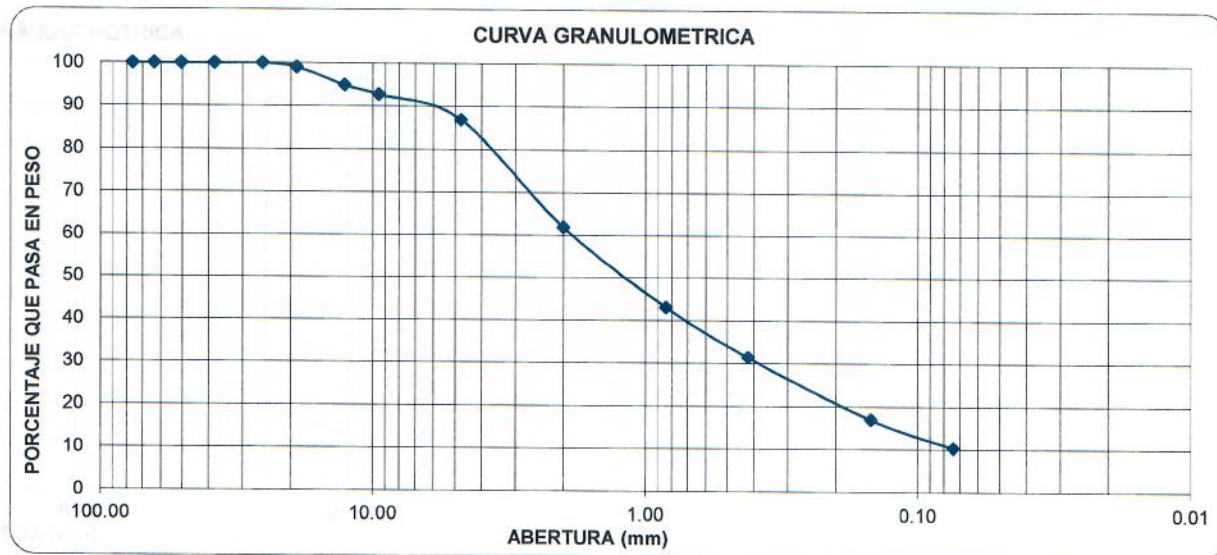
### Datos de Ensayo

**Peso de muestra seca :** 1,092  
**Peso Seco de Fraccion :** 210


Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que Pasa
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.600				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				100.00
3/4"	19.050	10.54	0.97	0.97	99.03
1/2"	12.700	45.48	4.16	5.13	94.87
3/8"	9.525	23.63	2.16	7.29	92.71
No4	4.760	63.51	5.82	13.11	86.89
10	2.000	60.57	25.06	38.17	61.83
20	0.840	45.32	18.75	56.92	43.08
40	0.420	28.31	11.71	68.64	31.36
60	0.250				
80	0.180				
100	0.149	34.75	14.38	83.02	16.98
200	0.074	16.00	6.62	89.64	10.36
pasa		25.05	10.36	100.00	0.00


Índice de Consistencia	
L. Líquido	32.7
L. Plástico	18.7
Ind. Plástico	14.0
Clas. SUCS	SW-SC
Clas. AASHTO	A-2-6 (0)

Humedad Natural	
PESO HUMEDO	1000.0
PESO SECO	967.0
RECIPIENTE	0.0
AGUA	33.0
SUELO SECO	967.0
%HUMEDAD	3.41



OBSERVACIONES :

  
**Carlos Cruz Saavedra**  
 Tecnico de Laboratorio  
 CONSORCIO SUPERVISOR SIERRA 2

  
**Adrian Brian Mendoza Frias**  
 Ing. Encargado de Laboratorio  
 CONSORCIO SUPERVISOR SIERRA 2

## Límites de Consistencia MTC E - 110; MTC E 111

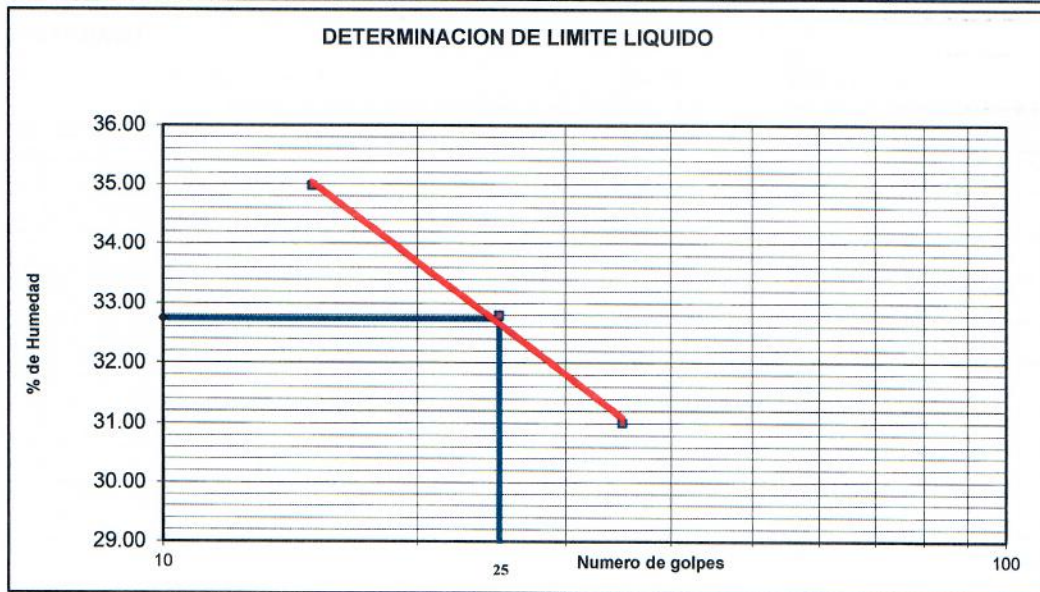
**OBRA** ANÁLISIS DEL DESLIZAMIENTO EL NARANJO MEDIANTE  
 EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE CON EL SOFTWARE  
 SLIDE. MAGDALENA-CAJAMARCA.  
**Prog. (Km.)** 130+250 - 130+450 L.I. Tecnico : C.C.S.  
**Material** Talud superior Lado Izquierdo

**Límite Líquido :**

Límite Líquido :					
ENSAYO N°	1	2	3		
N° de Golpes	35	25	15		
Recipiente N°	29	51	152		
R + Suelo Hum.	26.51	34.45	32.47		
R + Suelo Seco	21.76	29.35	26.79		
Peso de agua	4.75	5.10	5.68		
Peso de Recip.	6.44	13.80	10.55		
Peso de S. Seco	15.32	15.55	16.24		
% de Humedad	31.01	32.80	34.98		

**Límite Plástico :**

Límite Plástico :					
ENSAYO N°	1	2			
Recipiente N°	101	60			
R + Suelo Hum.	51.21	40.20			
R + Suelo Seco	49.41	38.53			
Peso de agua	1.80	1.67			
Peso de Recip.	39.92	29.47			
Peso de S. Seco	9.49	9.06			
% de Humedad	18.97	18.43			




Resultados	
Límite Líquido	32.74
Límite Plástico	18.70
Ind. Plástico	14.04


OBSERVACIONES :

.....

.....

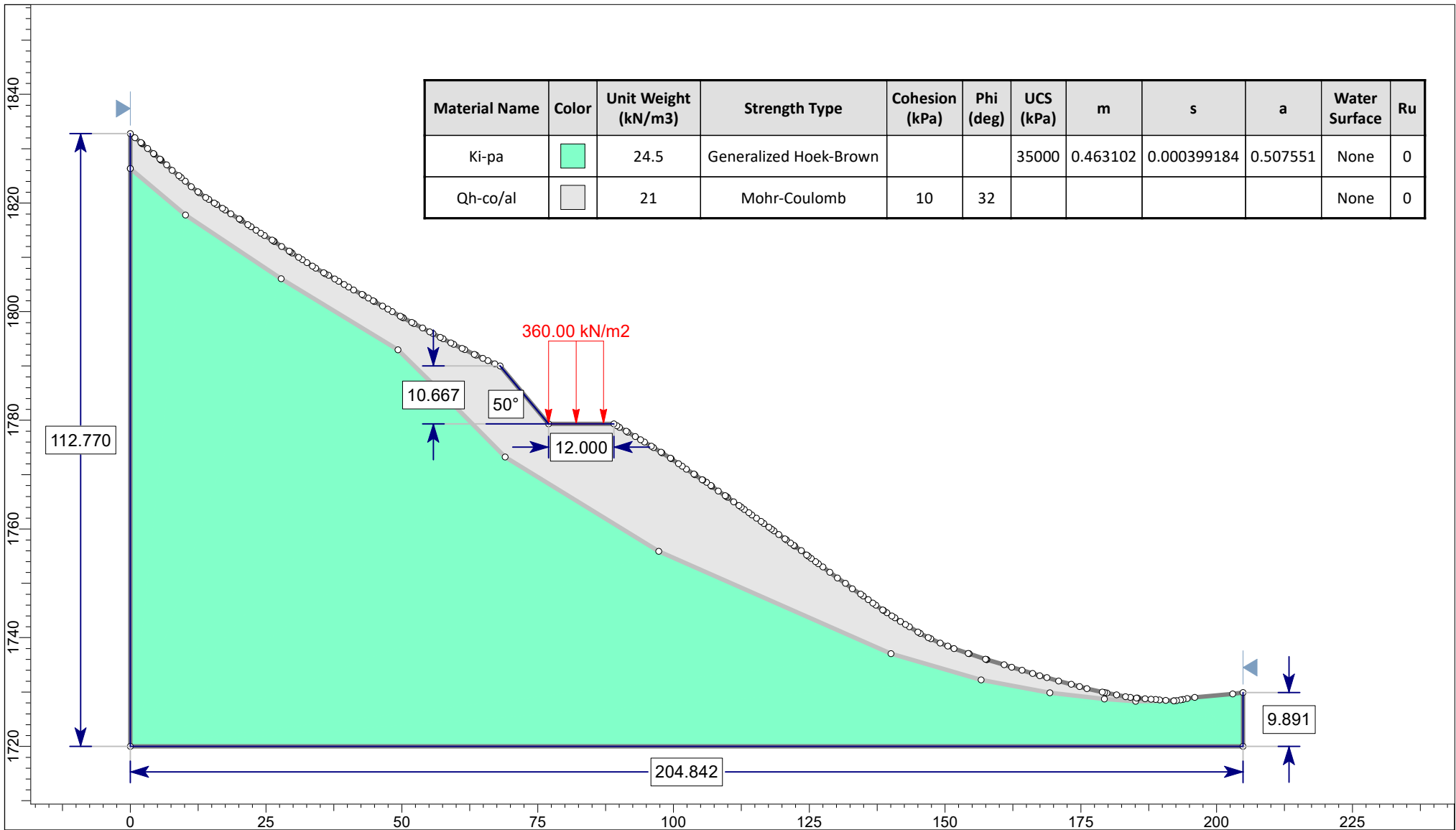
.....

  
 Carlos Cruz Saavedra  
 Tecnico de Laboratorio  
 CONSORCIO SUPERVISOR SIERRA 2

  
 Adrian Brian Mendoza Frias  
 Ing. Encargado de Laboratorio  
 CONSORCIO SUPERVISOR SIERRA 2



**ANEXO 05**  
**RESULTADOS OBTENIDOS CON EL SOFTWARE**  
**SLIDE**

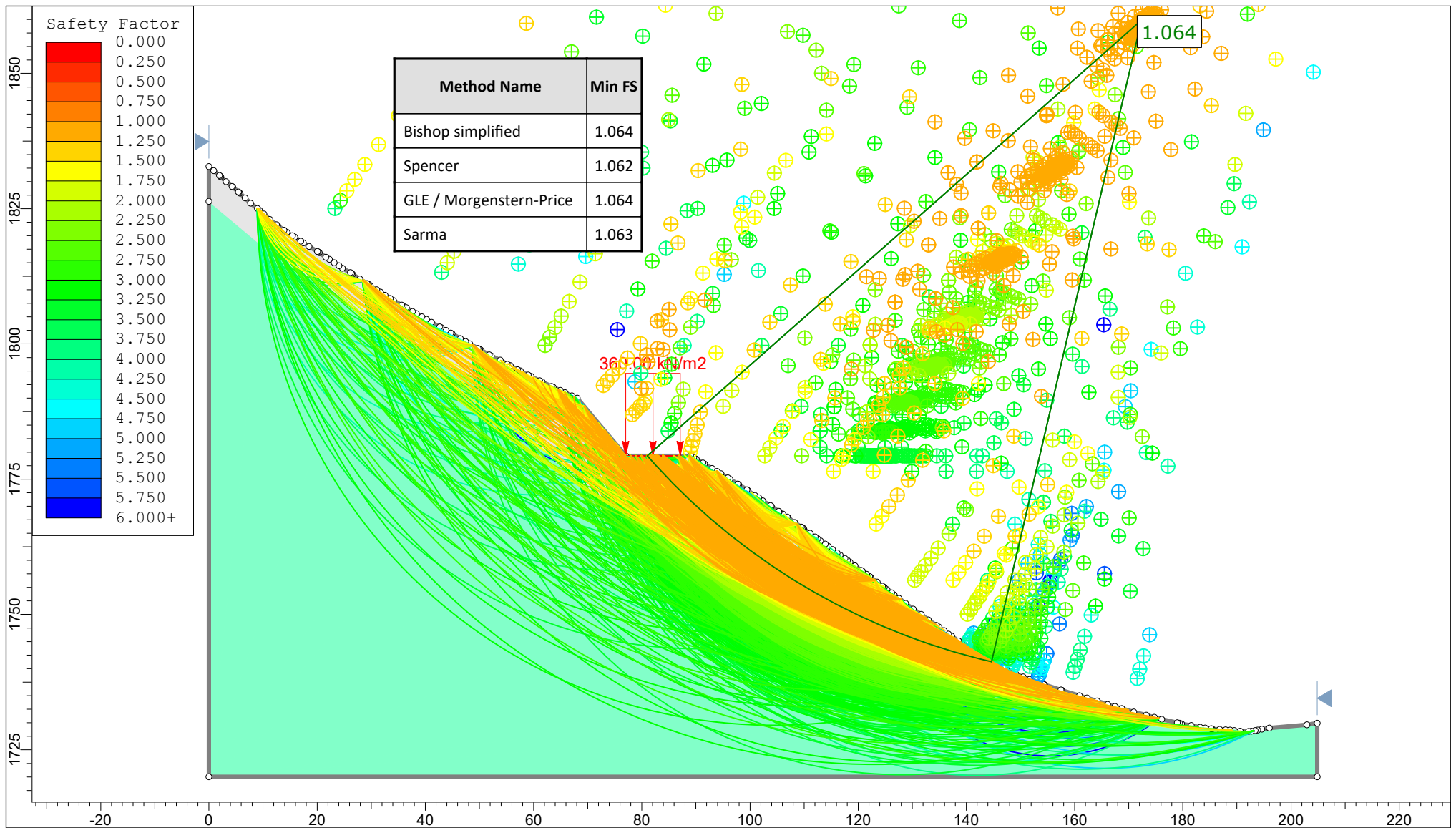


Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	UCS (kPa)	m	s	a	Water Surface	Ru
Ki-pa	<span style="color: green;">■</span>	24.5	Generalized Hoek-Brown			35000	0.463102	0.000399184	0.507551	None	0
Qh-co/al	<span style="color: grey;">■</span>	21	Mohr-Coulomb	10	32					None	0



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA**

<i>TESIS PROFESIONAL</i>	ANÁLISIS DEL DESLIZAMIENTO EL NARANJO MEDIANTE EL METODO DE EQUILIBRIO LIMITE CON EL SOFTWARE SLIDE MAGDALENA-CAJAMARCA				
<i>ANÁLISIS</i>	GEOMETRÍA DEL PERFIL A -A'	<i>ESCALA</i>	1:1000	<i>FECHA</i>	ENERO 2017
<i>TESISTA</i>	BACH. KAREN JULIANA TORRES ARROYO	<i>ASESOR</i>	ING. REINALDO RODRIGUEZ CRUZADO		



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

TESIS PROFESIONAL

ANÁLISIS DEL DESLIZAMIENTO EL NARANJO MEDIANTE EL METODO DE EQUILIBRIO LIMITE CON EL SOFTWARE SLIDE  
MAGDALENA-CAJAMARCA

ANÁLISIS

ANÁLISIS DEL PERFIL A - A' CONDICIONES NORMALES

ESCALA

1:1000

FECHA

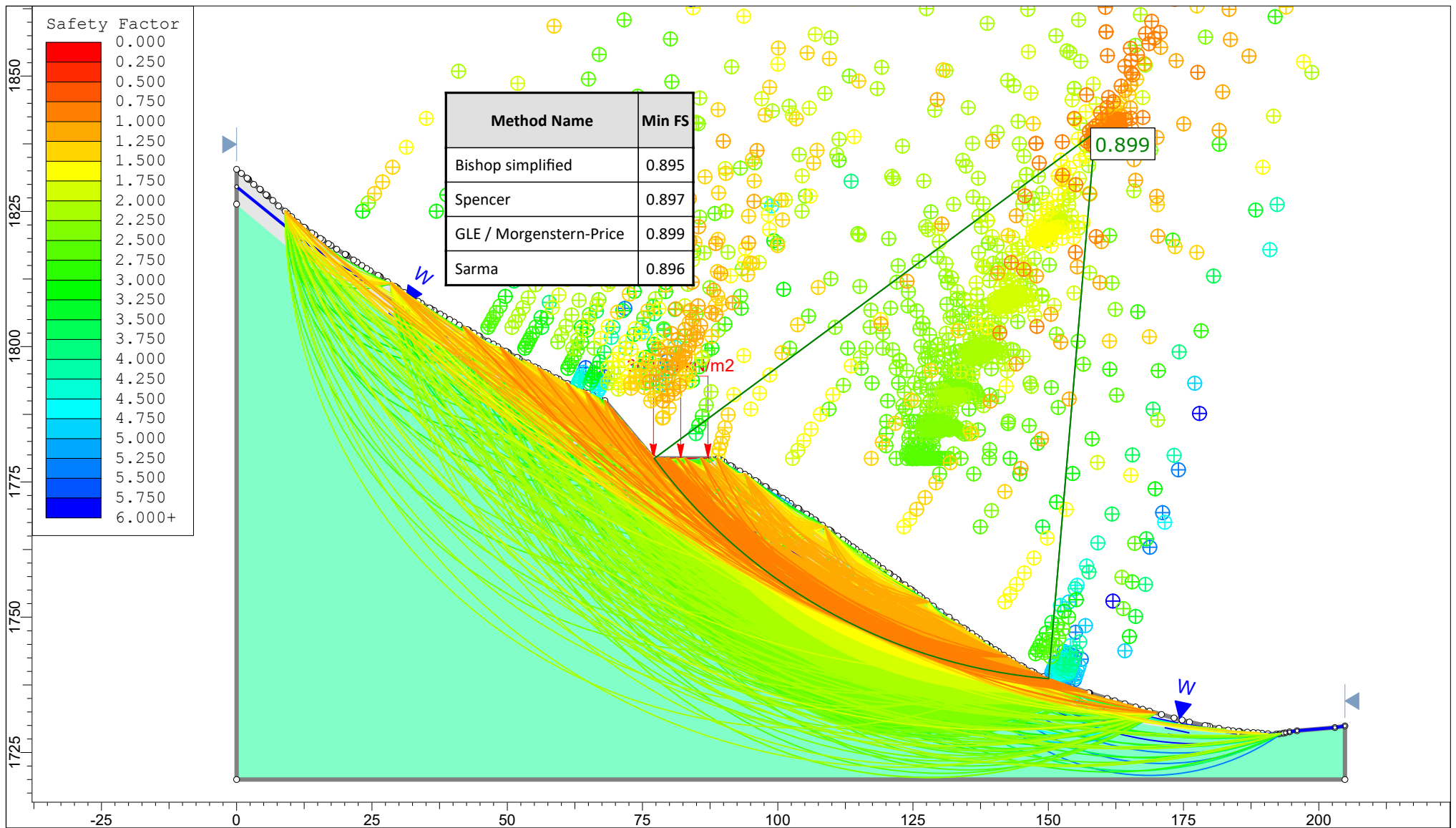
ENERO 2017

TESISTA

BACH. KAREN JULIANA TORRES ARROYO

ASESOR

ING. REINALDO RODRIGUEZ CRUZADO



SLIDEINTERPRET 7.017

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

TESIS PROFESIONAL

ANALISIS DEL DESLIZAMIENTO EL NARANJO MEDIANTE EL METODO DE EQUILIBRIO LIMITE CON EL SOFTWARE SLIDE  
MAGDALENA-CAJAMARCA

ANALISIS

ANALISIS DEL PERFIL A - A' SATURACION PARCIAL

ESCALA

1:1000

FECHA

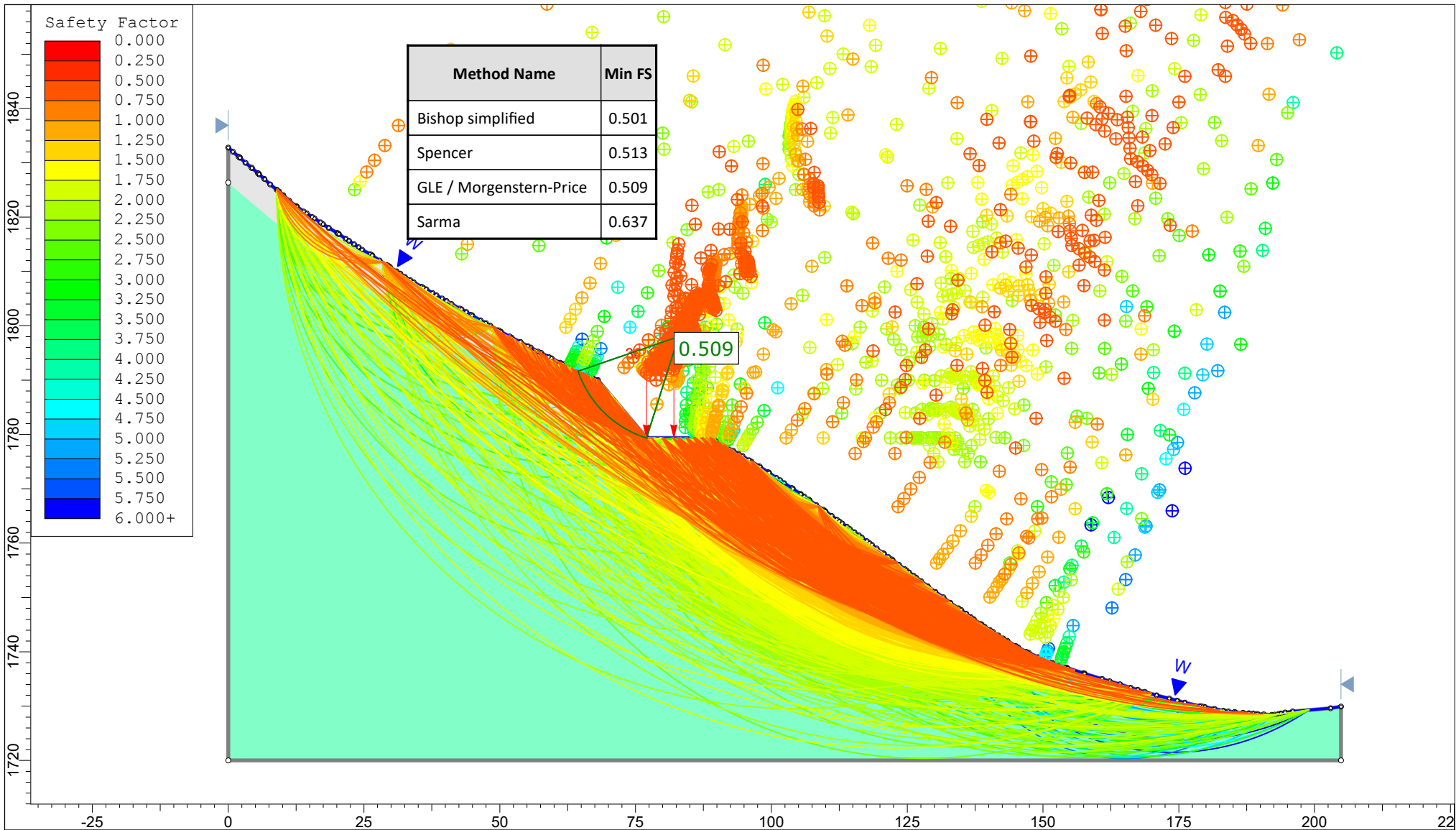
ENERO 2017

TESISTA

BACH. KAREN JULIANA TORRES ARROYO

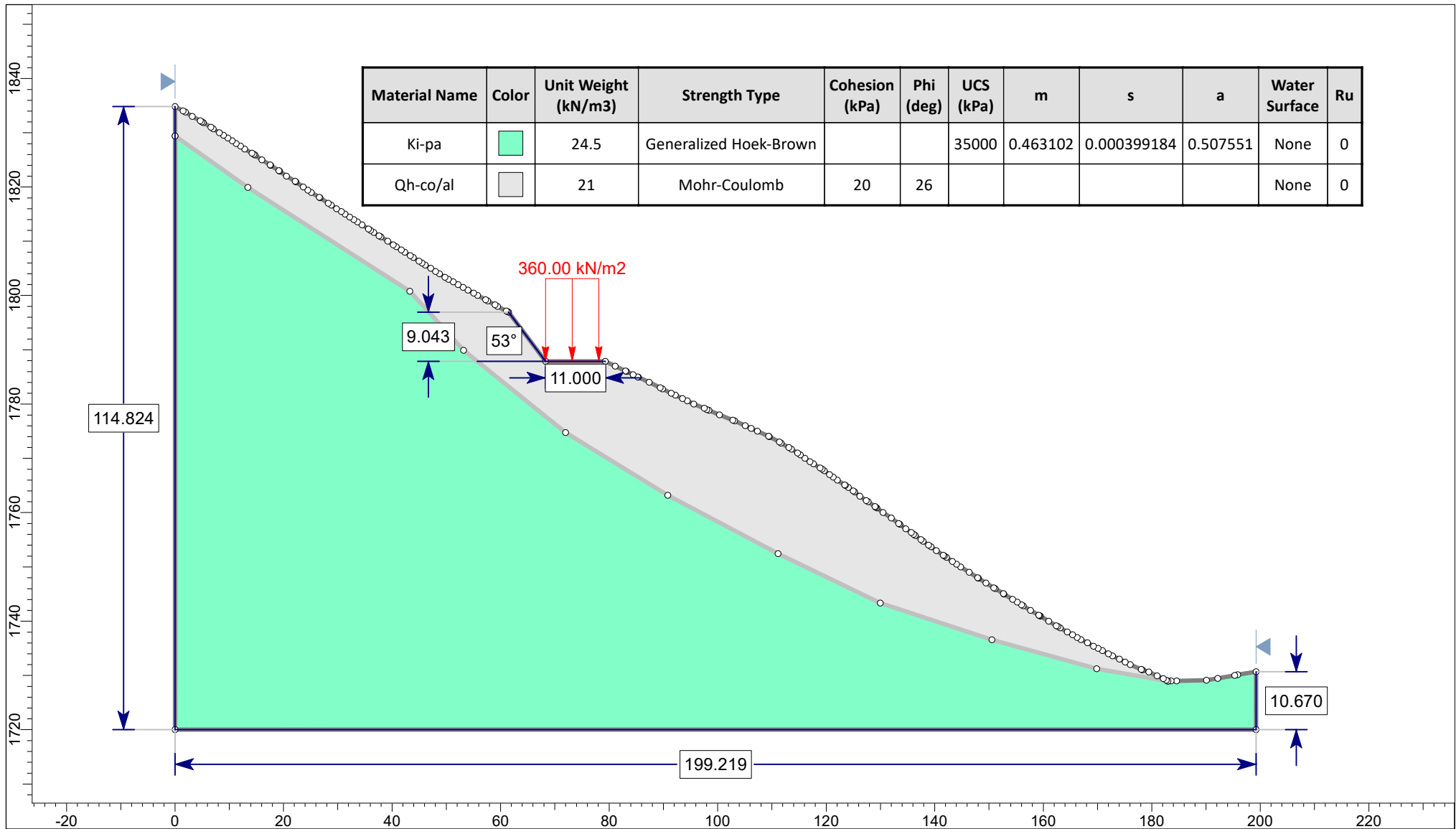
ASESOR

ING. REINALDO RODRIGUEZ CRUZADO



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA**

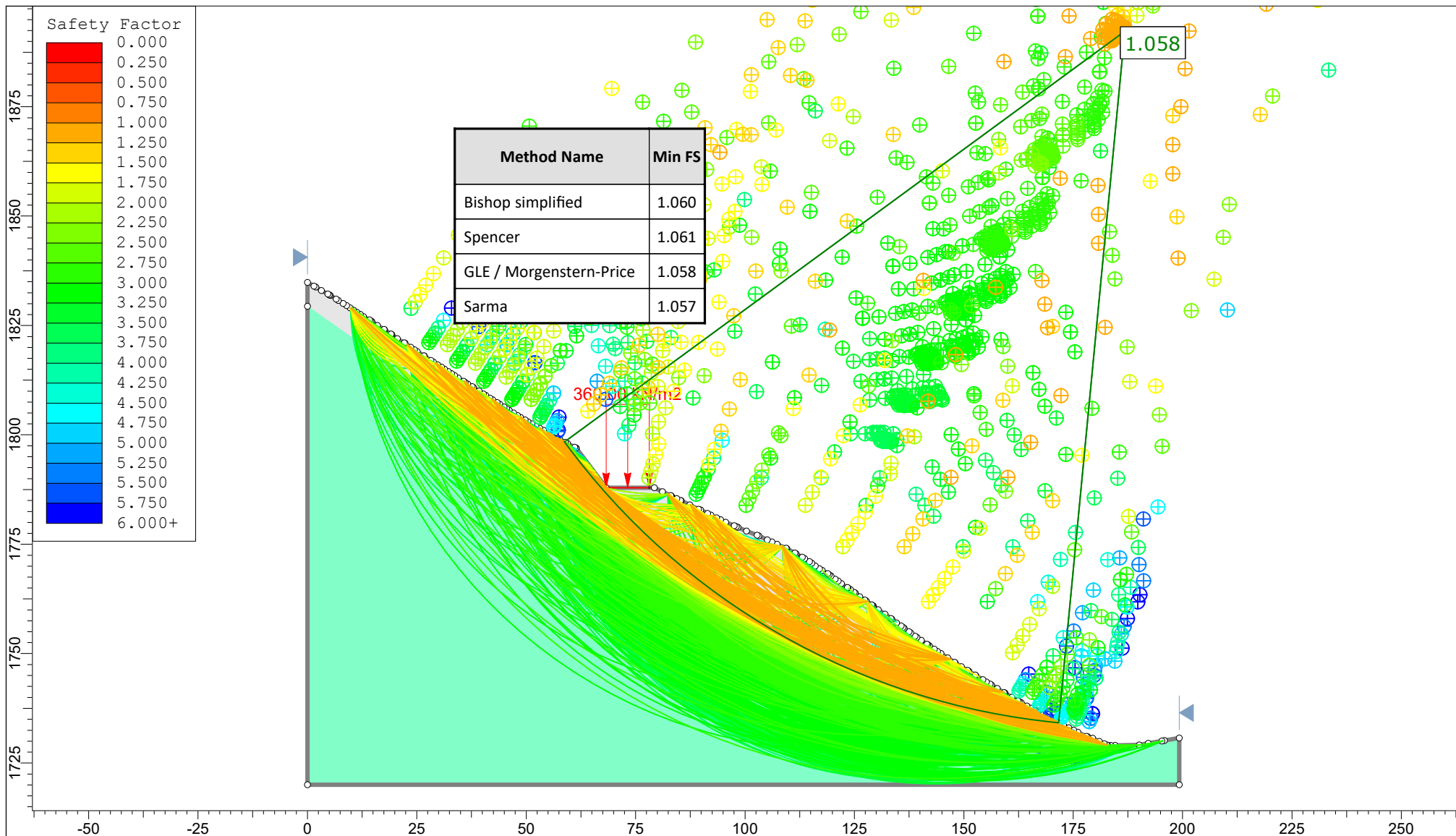
<i>TESIS PROFESIONAL</i>		ANALISIS DEL DESLIZAMIENTO EL NARANJO MEDIANTE EL METODO DE EQUILIBRIO LIMITE CON EL SOFTWARE SLIDE MAGDALENA-CAJAMARCA	
<i>ANALISIS</i>	ANALISIS DEL PERFIL A - A' SATURACION	<i>ESCALA</i>	1:1000
<i>TESISTA</i>	BACH. KAREN JULIANA TORRES ARROYO	<i>FECHA</i>	ENERO 2017
		<i>ASESOR</i>	ING. REINALDO RODRIGUEZ CRUZADO



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	UCS (kPa)	m	s	a	Water Surface	Ru
Ki-pa	Green	24.5	Generalized Hoek-Brown			35000	0.463102	0.000399184	0.507551	None	0
Qh-co/al	Grey	21	Mohr-Coulomb	20	26					None	0



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b>			
<b>FACULTAD DE INGENIERIA</b>			
<b>ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA</b>			
<i>TESIS PROFESIONAL</i>	ANÁLISIS DEL DESLIZAMIENTO EL NARANJO MEDIANTE EL METODO DE EQUILIBRIO LIMITE CON EL SOFTWARE SLIDE MAGDALENA-CAJAMARCA		
<i>ANÁLISIS</i>	GEOMETRÍA DEL PERFIL B - B'	<i>ESCALA</i>	1:1000
<i>TESISTA</i>	BACH. KAREN JULIANA TORRES ARROYO	<i>FECHA</i>	ENERO DEL 2017
		<i>ASESOR</i>	ING. REINALDO RODRIGUEZ CRUZADO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

TESIS PROFESIONAL

ANALISIS DEL DESLIZAMIENTO EL NARANJO MEDIANTE EL METODO DE EQUILIBRIO LIMITE CON EL SOFTWARE SLIDE  
MAGDALENA-CAJAMARCA

ANALISIS

ANALISIS DEL PERFIL B - B' CONDICIONES NORMALES

ESCALA

1:1250

FECHA

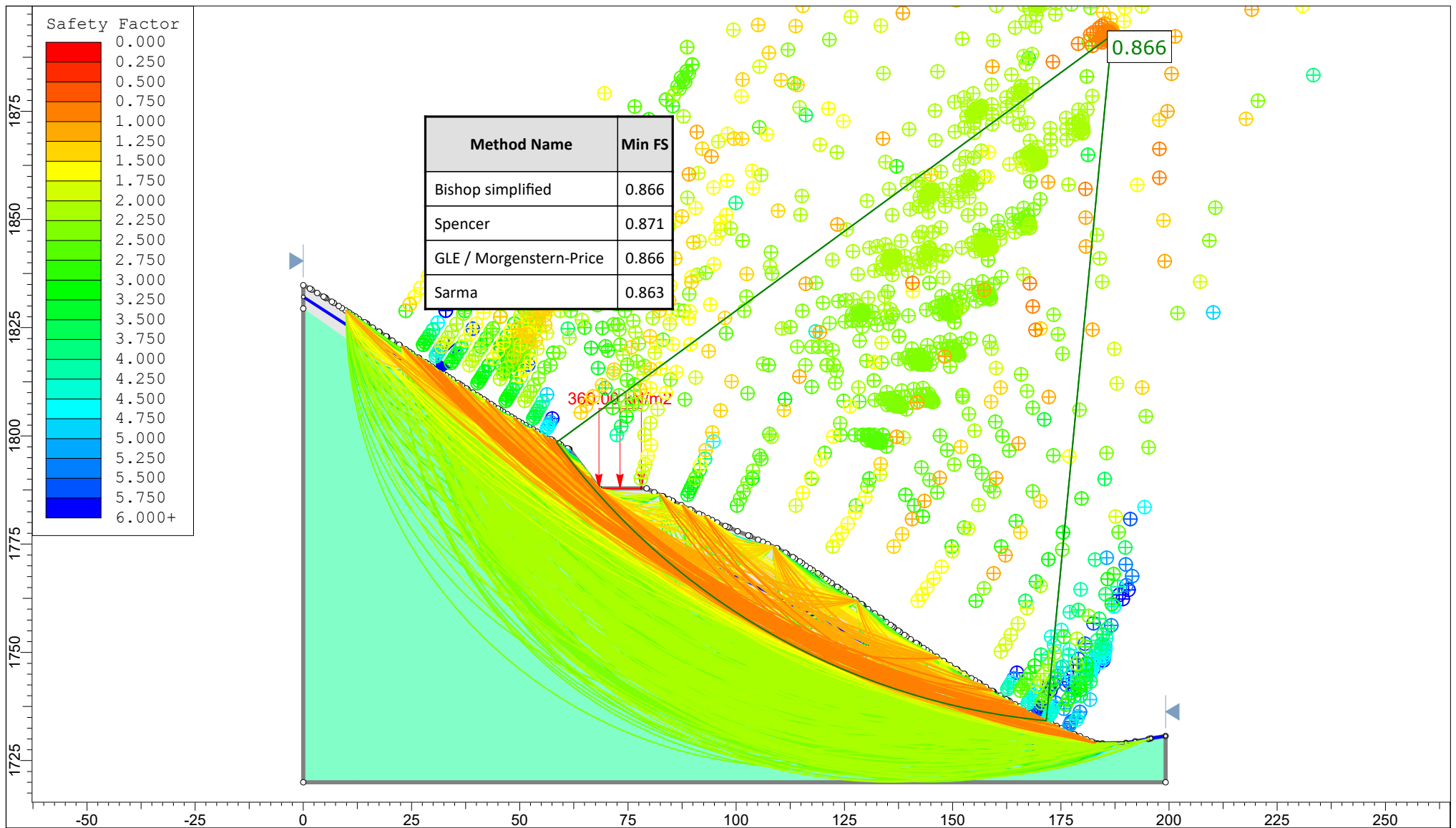
ENERO DEL 2017

TESISTA

BACH. KAREN JULIANA TORRES ARROYO

ASESOR

ING. REINALDO RODRIGUEZ CRUZADO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

TESIS PROFESIONAL

ANÁLISIS DEL DESLIZAMIENTO EL NARANJO MEDIANTE EL METODO DE EQUILIBRIO LIMITE CON EL SOFTWARE SLIDE  
MAGDALENA-CAJAMARCA

ANÁLISIS

ANÁLISIS DEL PERFIL B - B' SATURACION PARCIAL

ESCALA

1:1250

FECHA

ENERO DEL 2017

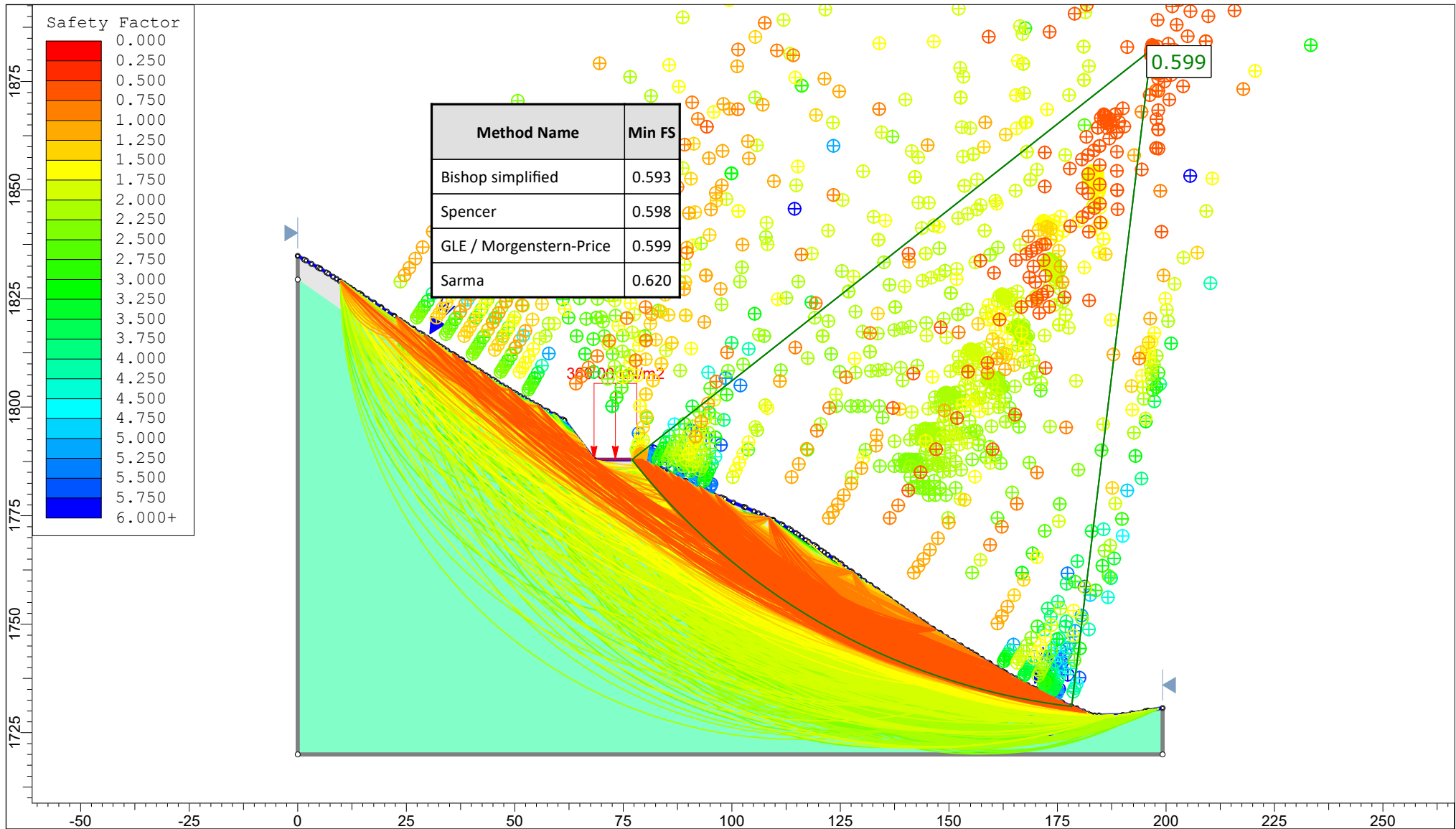
TESISTA

BACH. KAREN JULIANA TORRES ARROYO

ASESOR

ING. REINALDO RODRIGUEZ CRUZADO





UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

TESIS PROFESIONAL

ANÁLISIS DEL DESLIZAMIENTO EL NARANJO MEDIANTE EL METODO DE EQUILIBRIO LIMITE CON EL SOFTWARE SLIDE  
MAGDALENA-CAJAMARCA

ANÁLISIS

ANÁLISIS DEL PERFIL B - B' SATURACION

ESCALA

1:1250

FECHA



ENERO DEL 2017

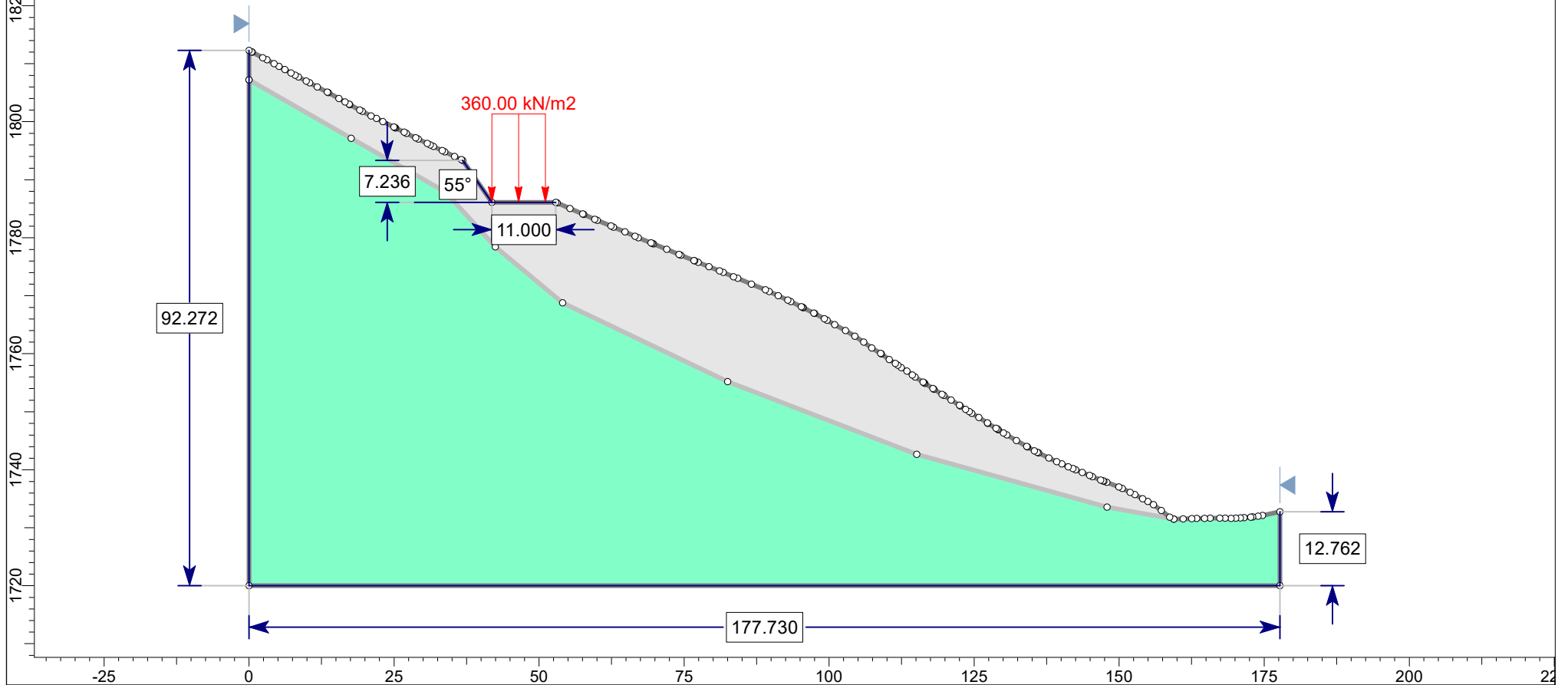
TESISTA

BACH. KAREN JULIANA TORRES ARROYO

ASESOR

ING. REINALDO RODRIGUEZ CRUZADO

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	UCS (kPa)	m	s	a	Water Surface	Ru
Ki-pa		24.5	Generalized Hoek-Brown			35000	0.463102	0.000399184	0.507551	None	0
Qh-co/al		17.5	Mohr-Coulomb	20	30					None	0



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

TESIS PROFESIONAL

ANÁLISIS DEL DESLIZAMIENTO EL NARANJO MEDIANTE EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE CON EL SOFTWARE SLIDE  
MAGDALENA-CAJAMARCA

ANÁLISIS

GEOMETRÍA DEL PERFIL C - C'

ESCALA

1:1000

FECHA

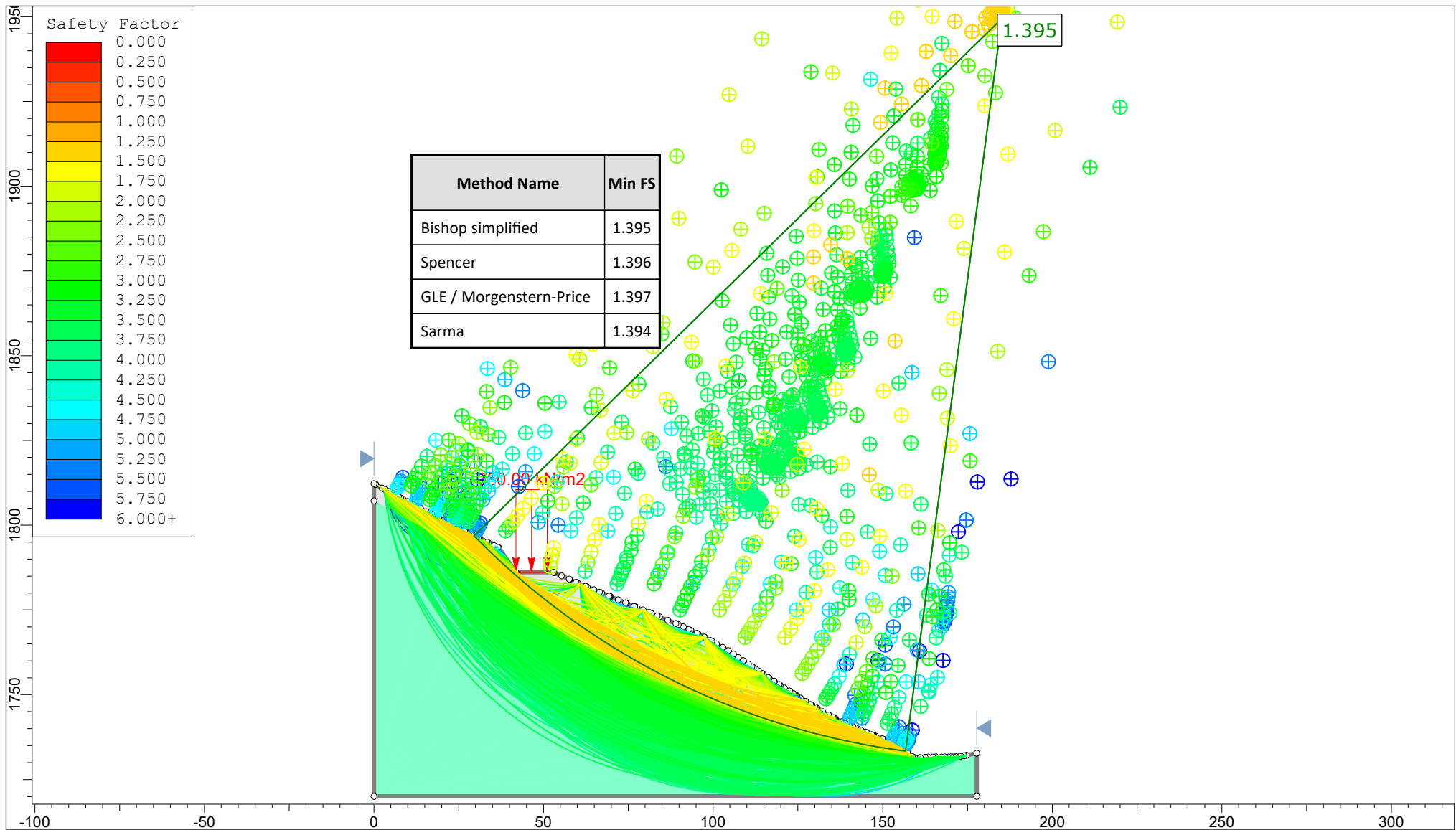
ENERO 2017

TESISTA

BACH. KAREN JULIANA TORRES ARROYO

ASESOR

ING. REINALDO RODRIGUEZ CRUZADO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

TESIS PROFESIONAL

ANALISIS DEL DESLIZAMIENTO EL NARANJO MEDIANTE EL METODO DE EQUILIBRIO LIMITE CON EL SOFTWARE SLIDE  
MAGDALENA-CAJAMARCA

ANALISIS

ANALISIS DEL PERFIL C - C' CONDICIONES NORMALES

ESCALA

1:1600

FECHA

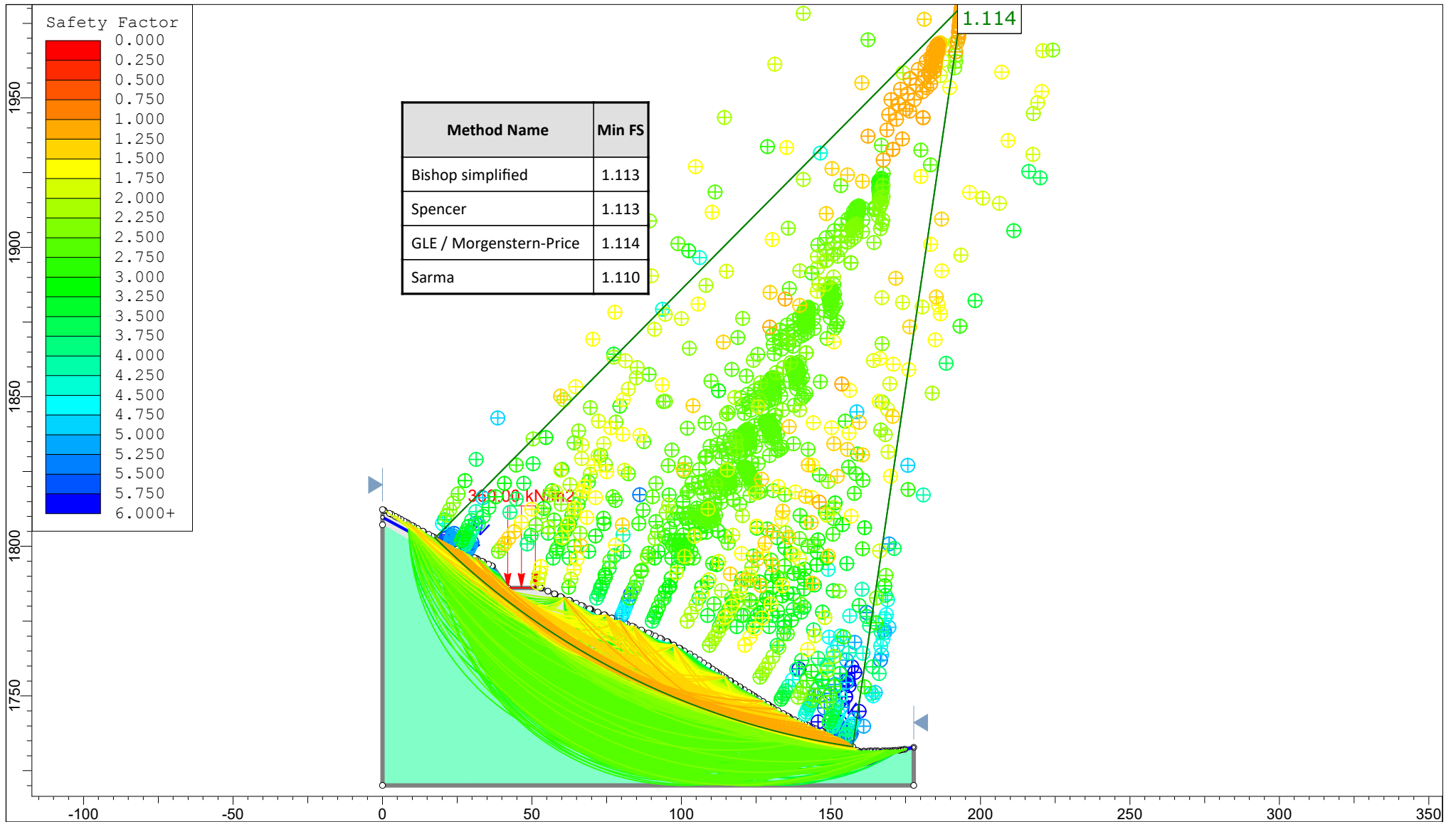
ENERO 2017

TESISTA

BACH. KAREN JULIANA TORRES ARROYO

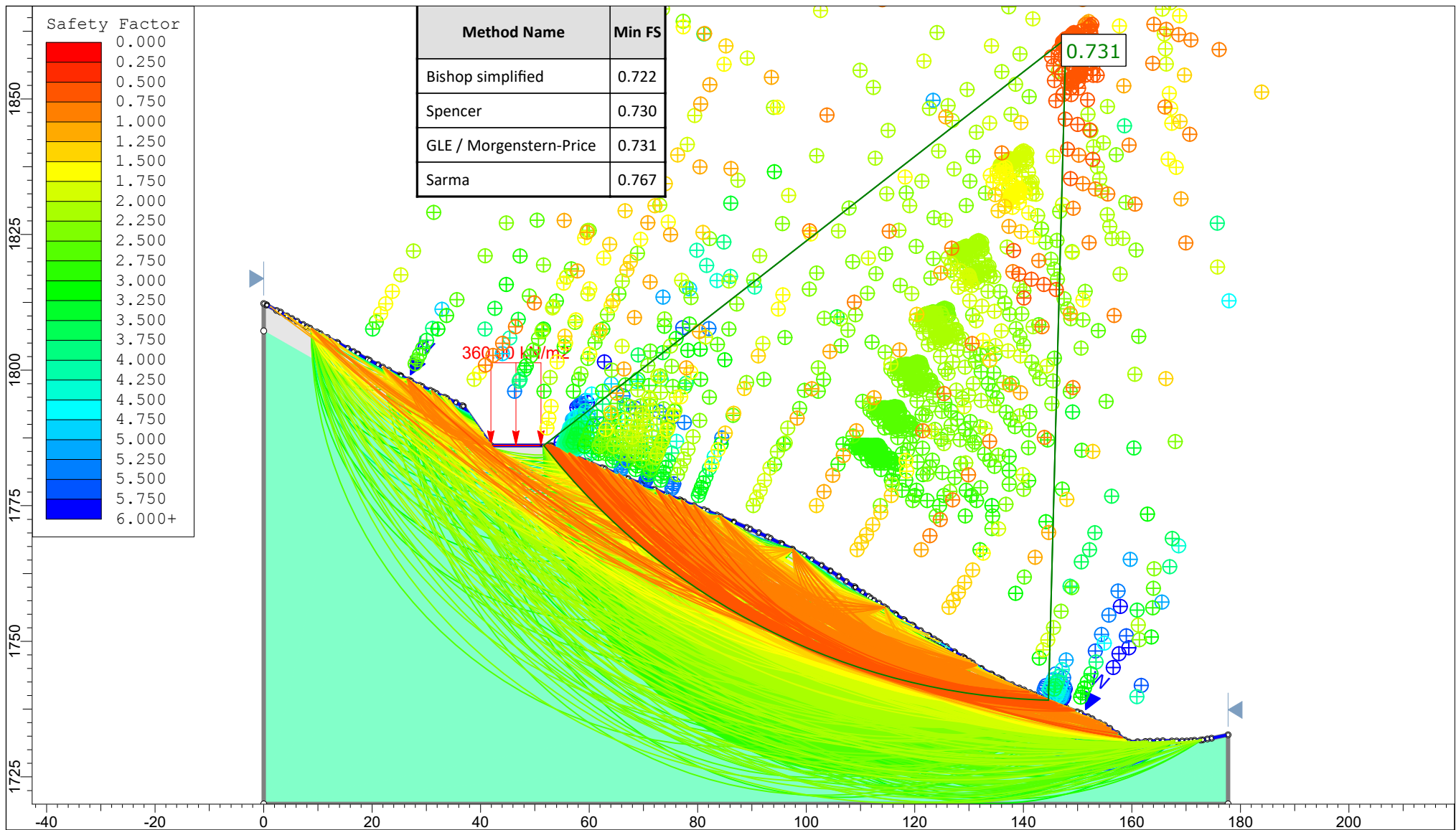
ASESOR

ING. REINALDO RODRIGUEZ CRUZADO



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA**

<i>TESIS PROFESIONAL</i>	ANALISIS DEL DESLIZAMIENTO EL NARANJO MEDIANTE EL METODO DE EQUILIBRIO LIMITE CON EL SOFTWARE SLIDE MAGDALENA-CAJAMARCA		
<i>ANALISIS</i>	ANALISIS DEL PERFIL C - C' SATURACION PARCIAL	<i>ESCALA</i>	1:1800
<i>TESISTA</i>	BACH. KAREN JULIANA TORRES ARROYO	<i>FECHA</i>	ENERO 2017
		<i>ASESOR</i>	ING. REINALDO RODRIGUEZ CRUZADO



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA**

<i>TESIS PROFESIONAL</i>	ANÁLISIS DEL DESLIZAMIENTO EL NARANJO MEDIANTE EL METODO DE EQUILIBRIO LIMITE CON EL SOFTWARE SLIDE MAGDALENA-CAJAMARCA		
<i>ANÁLISIS</i>	ANÁLISIS DEL PERFIL C - C' SATURACION	<i>ESCALA</i>	1:1000
<i>TESISTA</i>	BACH. KAREN JULIANA TORRES ARROYO	<i>ASESOR</i>	ING. REINALDO RODRIGUEZ CRUZADO
		<i>FECHA</i>	ENERO 2017