



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Geológica

“FACTORES CONDICIONANTES Y CONTROL DE
MOVIMIENTO DE MASA, CENTRO POBLADO
LLUSHCAPAMPA, CAJAMARCA, 2020”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Geólogo

Autores:

Bach. Carlos Ruiton Herrera

Bach. Cleofe Zapana Quispe

Asesor:

Ing. Daniel Alejandro Alva Huamán

Cajamarca - Perú

2020

DEDICATORIA

Dedico la presente a nuestros padres y hermanos por brindarnos su apoyo incondicional en cada paso y decisión profesional y personal sobre todo por su motivación y orientación constante para seguir adelante y terminar la carrera profesional para ser mejores personas en la sociedad.

AGRADECIMIENTO

Quisiera expresar mis más profundos y sinceros agradecimientos a:

A Dios nuestro señor, por ser mi guía y compañía en cada momento a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en mis momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizaje y sobre todo felicidad.

A la Universidad Privada del Norte - Cajamarca, Alma Mater que me ha acogido durante todos los años de mi formación académica profesional, enseñándome aspectos de la vida que ninguna clase formal pudiera enseñar, llevándome una experiencia tan maravillosa e inolvidable.

A todos los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica, que me han compartido sus conocimientos, experiencias, y que estuvieron siempre dispuestos a aclarar mis dudas y responder mis preguntas, por su paciencia y constante apoyo incondicional en la ejecución y culminación del presente trabajo de investigación.

A mis compañeros y amigos, con la cual he formado una gran amistad y fraternidad durante toda mi carrera profesional.

A mis padres Delfín y Biviana, que siempre ha estado allí para apoyarme, alentarme y darme ánimo cuando las fuerzas desfallecen, depositando una confianza en mí.

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
RESUMEN.....	10
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	12
1.1. Realidad problemática.....	12
1.2. Formulación del problema	15
1.3. Objetivos	15
1.3.1. <i>Objetivo general</i>	15
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i>	15
1.4. Hipótesis.....	15
1.4.1. <i>Hipótesis general</i>	15
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	16
2.1. Tipo de investigación	16
2.1.1. <i>Tipo de investigación</i>	16
2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos).	16
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.....	17
2.4. Procedimiento.....	17
2.4.1. <i>Etapas de recolección de datos:</i>	18
2.4.2. <i>Etapas de campo:</i>	18
2.4.3. <i>Etapas post-campo:</i>	19
2.5. Generalidades.....	21
2.5.1. <i>Ubicación</i>	21
2.5.2. <i>Accesibilidad</i>	22
2.5.3. <i>Clima e hidrografía</i>	23
2.5.4. <i>Vegetación</i>	24
2.6. Geología	25

2.6.1	<i>Geología regional.</i>	25
2.6.1.1.	<i>Formación Carhuaz (ki – ca)</i>	25
2.6.1.2.	<i>Formación Farrat (ki- f)</i>	25
2.6.1.3.	<i>Formación Inca (ki- in)</i>	25
2.6.1.4.	<i>Volcánico Huambos (Nm- vh)</i>	26
2.6.1.5.	<i>Aluviales (Q- al)</i>	27
2.6.1.6.	<i>Fluviales (Q- fl)</i>	27
2.6.1.7.	<i>Lagunares (Q – la)</i>	27
2.6.2.	<i>Geología local</i>	27
2.6.2.2.	<i>Volcánico Porculla (Nm- vp)</i>	27
CAPÍTULO III. RESULTADOS		31
3.1.	Análisis Geológico	31
3.2.	Análisis geométrico	33
3.3.	Análisis geotécnico	35
3.4.	Análisis hidrológico	36
3.5.	Análisis sísmico	38
3.6.	Análisis de estabilidad	39
3.7.	Análisis de estabilidad de taludes aplicando Slide	40
3.8.	Manejo de riesgo para la estabilización del movimiento de masa	42
	<i>Bermas Bajas o Contra bermas</i>	42
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES		43
4.1.	Discusión	43
4.2.	Conclusiones	45
REFERENCIAS		46
ANEXOS		48

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla N° 1. Distancia y tiempo de lima a Cajamarca – Perú.....</i>	<i>22</i>
<i>Tabla N° 2. Coordenadas de la zona de estudio – Llushcapampa – Cajamarca.....</i>	<i>23</i>
<i>Tabla N° 3: Parámetros geotécnico.....</i>	<i>36</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura N° 1: Evidencia en campo, movimiento de masa - puntos criticos.</i>	<i>19</i>
<i>Figura N° 2: Vuelo con drones para determinar la geometria del deslizamiento</i>	<i>19</i>
<i>Figura N° 3: Cuarteo y preparación de muestra.</i>	<i>20</i>
<i>Figura N° 4: Peso de muestras en laboratorio para base de datos.</i>	<i>21</i>
<i>Figura N° 5. Plano de ubicación - Llushcapampa – Cajamarca - 2020</i>	<i>21</i>
<i>Figura N° 6. Accesibilidad de la zona de estudio – Cajamarca</i>	<i>22</i>
<i>Figura N° 7. Vegetación - Zona de estudio - Llushcapampa – Cajamarca -2020.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura N° 8. Caracterización de la formación volcánico Porculla (Nm- vp).....</i>	<i>28</i>
<i>Figura N° 9. Plano topográfico - Cerro Llushcapampa – Cajamarca – 2020</i>	<i>29</i>
<i>Figura N° 10. Plano Geológico - cerro Llushcapampa – Cajamarca - 2020.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura N°11: Mapa de peligros geológicos de la zona de estudio</i>	<i>31</i>
<i>Figura N° 12. Análisis geológico del deslizamiento del cerro Llushcapampa.</i>	<i>32</i>
<i>Figura N°13: Canal de regadío ubicada en la parte superior del movimiento de masa. ...</i>	<i>32</i>
<i>Figura N° 14. Vista frontal y geometría de movimiento de masa.</i>	<i>33</i>
<i>Figura N°15: Esquema gráfico en perfil del movimiento de masa – zona de estudio</i>	<i>34</i>
<i>Figura N° 16. Geometría del deslizamiento del cerro Llushcapampa – Cajamarca.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura N° 17. Precipitación - Llushcapampa – Cajamarca</i>	<i>37</i>
<i>Figura N° 18. Infiltración de agua en temporada de lluvia – Llushcapampa.</i>	<i>37</i>

<i>Figura N° 19: Zonas sísmicas del Perú y Cajamarca según el ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento.</i>	<i>38</i>
<i>Figura N° 20. Posible deslizamiento de masa al rio grande</i>	<i>39</i>
<i>Figura N° 21. Geometría y condiciones del área de investigación</i>	<i>40</i>
<i>Figura N° 22. Análisis de estabilidad de talud</i>	<i>40</i>
<i>Figura N° 23. Geometría y nuevo modelo de área de investigación</i>	<i>41</i>
<i>Figura N° 24. Geometría y nuevo diseño de estabilidad de talud</i>	<i>41</i>
<i>Figura N° 25. Estabilización de ladera – Bermas bajas.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura N°26: Mapa de susceptibilidad por movimiento de masa - Llushcapampa – Cajamarca.....</i>	<i>66</i>
<i>Figura N° 27: Ortomosaico - zona de estudio de Llushcapampa – Cajamarca - 2020.....</i>	<i>67</i>
<i>Figura A. N° 1: Análisis granulométrico C1 – M1</i>	<i>49</i>
<i>Figura A. N° 2: Análisis granulométrico C1 – M2</i>	<i>49</i>
<i>Figura A. N° 3: Análisis granulométrico C2 – M1</i>	<i>50</i>
<i>Figura A. N° 4: Análisis granulométrico C2 – M2</i>	<i>51</i>
<i>Figura A. N° 5: Límite de plasticidad - C1</i>	<i>52</i>
<i>Figura A. N° 6: Límite de plasticidad - C2</i>	<i>53</i>
<i>Figura A. N° 7: Contenido de humedad - C1 – C2</i>	<i>54</i>
<i>Figura B. N° 1: Reconocimiento de la zona de estudio.</i>	<i>55</i>

<i>Figura B. N° 2: Escape principal del deslizamiento.....</i>	<i>55</i>
<i>Figura B. N° 3: Posible deslizamiento de la zona de invernadero.</i>	<i>56</i>
<i>Figura B. N° 4: Infiltración de agua de tubería.....</i>	<i>56</i>
<i>Figura B. N° 5: Escorrentía e infiltración de agua de las zonas de regadío.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura B. N° 6: Manejo de drones para ver la imagen satelital de la zona</i>	<i>57</i>
<i>Figura B. N° 7: Vuelo de drones de 20 minutos en la zona de estudio.....</i>	<i>58</i>
<i>Figura B. N° 8: Exploración de las calicatas.</i>	<i>58</i>
<i>Figura B. N° 9: Profundidad de la calicata C-1 = 1.80m.</i>	<i>59</i>
<i>Figura B. N° 10: Calicata C-2 = 10 m, en el escarpe principal.....</i>	<i>59</i>
<i>Figura B. N° 11: Cuarteo de la muestra, C-2</i>	<i>60</i>
<i>Figura B. N° 12: Peso de la muestra C-2.</i>	<i>60</i>
<i>Figura B. N° 13: Zarandeo de la muestra.....</i>	<i>61</i>
<i>Figura B. N° 14: Copa de Casagrande y la muestra.</i>	<i>61</i>
<i>Figura B. N° 15: Determinación del límite líquido.....</i>	<i>62</i>
<i>Figura B. N° 16: Determinación del límite plástico.</i>	<i>62</i>
<i>Figura B. N° 17: Secado en el horno 110 ± 5 °C.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura B. N° 18: Descripción de la calicata 02.....</i>	<i>64</i>
<i>Figura B. N° 19: Descripción de la calicata 01.....</i>	<i>65</i>

RESUMEN

La presente tesis tiene como finalidad realizar un análisis de los factores condicionantes y control de movimiento de masa, centro poblado Llushcapampa, Cajamarca, ya que dicho problema afecta a la zonas aledañas y al río grande, el cual por este hecho producido hasta el momento ya se ha perdido algunas viviendas en la zona baja, por ende el objetivo principal de este trabajo de investigación es realizar el análisis de los factores condicionantes, tales como los parámetros, geológicos, geométricos y geotécnicos para el control de movimientos de masa

A lo largo de este trabajo de investigación, se estudió las bases y antecedentes teóricos implicados en el estudio de movimiento de la masa de suelo y las herramientas que permitan su aplicación, tales como el levantamiento topográfico usando los drones para obtener la geometría, morfología y determinar las fuerzas de gravedad que provocan el deslizamiento de suelo, también se realizaron las inspecciones visuales de los procesos geomorfológicos y los periodos de lluvias que afectan el deslizamiento en la zona.

Para la clasificación de suelo se realizaron dos calicatas para obtener datos en campo y así determinar las propiedades y las estructuras internas del suelo, tales como contenido de humedad, límite de consistencia y granulometría, Se utilizaron herramientas como Slide para poder calcular el factor de seguridad de la zona de estudio para luego hacer el control de movimiento de masa en las zonas críticas de la ladera.

Los resultados de este trabajo de investigación se determinaron mediante los ensayos realizados en el laboratorio de la UPN, la clasificación de suelo (SUCS) en la C1 y C2, es una arena limosa, mezclas de arena y limo (SM), englobando una matriz arenosa con insignificante porcentaje de gravas, la cual está constituida por rocas volcánicas pocos

consolidados y altamente poroso que absorben gran cantidad de agua que provienen de los canales de regadíos de la parte alta lo que provoca la sobresaturación de suelo.

Finalmente, se utilizó el software de Slide 6.0 para determinar el factor de seguridad con los datos obtenidos en laboratorio y parámetros ya establecidas del mismo material. El factor de seguridad se determinó según el método de Janbu simplified es 0.875 y Spencer es 0.910 lo cual es inestable. Por ende, el material esta propenso a un deslizamiento de suelo catastrófico.

Palabras clave: Movimiento de masa, Talud, Deslizamientos, inestabilidad, Parámetros condicionantes.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Los deslizamientos son uno de los procesos geológicos más destructivos que afectan a los humanos, causando miles de muertes y daño en las propiedades por valor de decenas de billones de dólares cada año. (Brabb, 1989), sin embargo, muy pocas personas son conscientes de su importancia. El 90% de las pérdidas por deslizamientos son evitables si el problema se identifica con anterioridad y se toman medidas de prevención o control. (Suárez, 1998)

Existen ciertos factores que serán condicionantes para la generación de los diferentes tipos de remoción en masa. (Hauser, 1993). Los factores condicionantes corresponden a aquéllos que generan una situación potencialmente inestable. Estos corresponden principalmente a la geomorfología, geología, geotecnia y vegetación, que actúan controlando la susceptibilidad de una zona a generar fenómenos de remoción en masa, donde la susceptibilidad se define como la capacidad o potencialidad de una unidad geológica o geomorfológica de ser afectada por un proceso geológico determinado. (Sepúlveda, 1998).

Los movimientos en masa son procesos de transporte de material definidos como procesos de ‘movilización lenta o rápida de determinado volumen de suelo, roca o ambos, en diversas proporciones, generados por una serie de factores’. (Hauser, 1993). Estos movimientos tienen carácter descendente, ya que están fundamentalmente controlados por la gravedad. (Cruden, 1991). Algunos movimientos en masa, como algunos deslizamientos pueden desarrollar velocidades altas y pueden definirse con límites claros, determinados por superficies de rotura. (Crozier & Glade, 1999) y (Glade & Crozier, 2005).

Pérez, 2005. En el estudio de “ Vulnerabilidad ante Deslizamientos de Tierras en la Microcuenca Las Marías- Nicaragua, 2015” realizó el estudio mencionado con el objetivo

de elaborar mapas indicativos de amenazas por deslizamiento de tierras, para lo cual la metodología empleada fue analizar espacialmente las coberturas temáticas (edáficos, geológicos, climáticos y antrópicos) durante el proceso de generación del mapa fueron integradas y calificadas de acuerdo a cinco niveles (desde muy bajo hasta muy alto). Los resultados obtenidos permitieron ver que los factores que más han incidido en la determinación de la vulnerabilidad al deslizamiento de tierras son la geología, la pendiente de terreno y la pérdida de vegetación estabilizadora como la deforestación, afirmando además que para lograr el estudio se utilizó mapa de información y su posterior procesamiento asistido por sistemas de información geográfica-SIG.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgos Geológicos, (DGAR– INGEMMET, 2015). Realizó un estudio de una evaluación de una reptación de suelos que afectó los sectores de villa Junín y fortaleza Ucayalina. Realizado por el ing. Segundo Núñez Juárez, en ello se realiza una inspección técnica por peligros geológicos respectiva en el lugar en mención. Está basado en la observación de campo realizadas durante la inspección, interpretación de fotos aéreas e imágenes satelitales. Los hechos sucedidos dados por los pobladores de la zona, en dicho lugar se determinó una de las causas de los deslizamientos de masas de acuerdo a las características fueron la infiltración de agua proveniente de una “quebrada”, que fue obturada para fines. Urbanísticos, Rocas de mala calidad, conformadas por areniscas y conglomerados, pendiente del terreno menor de 15°, deforestación de la zona, que permite la infiltración de agua al subsuelo, desagüe pluvial defectuoso, esto aumentó la infiltración de agua al subsuelo.

El Servicio Nacional de Estudios Territoriales, (SNET, 2003) integró información de las variables de suelos y pendiente del terreno donde llegó a concluir que las áreas pueden ser susceptibles a deslizamientos de tierras, con suelo franco arenoso y que se encuentran en

áreas de pendientes empinados asimismo afirma que las intensas y prolongadas lluvias provocan que la resistencia del suelo se reduzca originándose los deslizamientos de tierras, llegando a la elaboración de mapas temáticos de amenazas vulnerabilidad y riesgos en áreas de inundaciones y deslizamientos de tierras.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgos Geológicos, (DGAR – INGEMMET, 2015). Realizó un estudio de riesgos geológico para la reubicación de la localidad de la Sacila en el Distrital del Toribio Casanova (provincia Cutervo, región Cajamarca). En dicho lugar se hizo un estudio a detalle por el deslizamiento de masa por ello afectando a las zonas rurales y aldeañas. En la zona de estudio se determinó las causas del deslizamiento de masa fue infiltración de agua al subsuelo, sustrato conformado por rocas consideradas de mala calidad que tiene conglomerados, saturados de agua así mismo el pendiente del terreno de 25° que favorece el deslizamiento de la masa inestable. Por ende, el factor detonante fue las precipitaciones que se presentaron en los meses marzo –abril del 2015.

La presente tesis trata sobre los factores condicionantes que influyen el movimiento de masa de Llushcapampa. En la zona de estudio se presencia diferentes tipos de peligros por deslizamiento que afectan a las zonas aldeañas, carretera de acceso y el rio grande, en dicho lugar no hay un estudio geológico a detalle, ya que esta propenso a un deslizamiento de masa. El problema se acrecentó por los agrietamientos del terreno generados por infiltración y asentamiento de masa a causa del deslizamiento a grandes proporciones poniendo así en peligro a los habitantes y medio ambiente sin que las autoridades del gobierno local o regional adopten las medidas pertinentes. Este trabajo de investigación de la zona afectada beneficiará a los habitantes ya que podrá tomar medidas preventivas que conllevaran a la construcción de obras de prevención, mitigación y ordenamiento territorial del lugar.

1.2. Formulación del problema

¿Cuáles son los factores condicionantes para el control del movimiento de masa en el centro poblado Llushcapampa, Cajamarca, 2020?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Determinar y analizar los factores condicionantes para el control del movimiento de masa de Llushcapampa.

1.3.2. Objetivos específicos

- Clasificar el tipo de movimiento de masa presente en la zona de estudio.
- Determinar y analizar los parámetros geológicos, geométricos y geotécnicos del movimiento de masa.
- Analizar el factor que está teniendo influencia en esta zona como el agua superficial.
- Determinar el factor de seguridad antes y después del control de movimiento de masa

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

- Los problemas del movimiento de masa de Llushcapampa están influenciados por los factores condicionantes geológicos que se presentan en la zona, siendo en principal detonante las lluvias y el tipo de material de suelo.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

2.1.1. Tipo de investigación.

El presente proyecto de investigación, se sustenta en la investigación aplicada, correlacional y cuantitativa, porque busca construir el pasado de la manera más objetiva, para lo cual, de manera sistemática, recolecta, evalúa, verifica y sintetiza evidencia que permitan obtener conclusiones validas a menudo de derivadas de hipótesis, (Hernández, 2010). Así mismo en un estudio no experimental no se construye ninguna situación. Si no que observan situaciones ya existentes, no provocadas intencionalmente por el investigador. El investigador no tienes control directo sobre el variable independiente, no pueden influir sobre ella porque ya sucedieron al igual que sus efectos. (kerlinger, 1970). En este tipo de investigación también se explica las condiciones actuales ocurridas durante el deslizamiento de suelo, los variables independientes que intervienen son con el fin de explicar las probabilidades que ocurran eventos naturales e inestabilidades de movimiento de masa.

2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos).

- Población: En el presente trabajo de investigación se llevó a cabo en todas las zonas con movimiento de masa en Cajamarca
- Muestra: Solo se tomó muestra en la zona con movimiento de masa de Llushcapampa.

Materiales:

- Mapa topográfico a una escala de 1:2500
- Software ArcGIS versión 10.5.

Equipos

- GPS.
- Brújula.
- Cámara fotográfica.
- Libreta de campo.
- Huincha métrica.
- Lupa.
- Protactor.
- Martillo de geólogo.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

La técnica para la recolección de datos en el lugar de investigación se realizó a través de la observación directa. Teniendo en cuenta se usó como instrumento de recolección de datos principalmente la ficha de observación – calicatas, con el fin de tener registros geológicos y geotécnicos de la respectiva área de estudio.

2.4. Procedimiento

En este trabajo de investigación se establece una metodología desarrollada en los análisis. Para ello es necesario el uso de algunos softwares para determinar y analizar el movimiento de masa

2.4.1. Etapa de recolección de datos:

En la etapa de recolección de datos consistió en la recopilación, evaluación y sistematización de la bibliografía existente en la zona de estudio.

- Revisión de información geológica del INGEMMET. Así mismo se recorrió a la base bibliográfica tanto en internet como en los distintos repositorios virtuales de varias universidades.
- Recopilación y evaluación de información bibliográfica o registros histórico de desastres geológicos de la zona
- Elaboración de mapas preliminares: cartografiado de movimientos en masa, para luego ser comprobados en campo.

2.4.2. Etapa de campo:

Los trabajos de campo se realizaron en una determinada área de 9000 m² en los cuales se realizaron los siguientes trabajos:

- Caracterización geológica, geomorfológica y topografía en el área de investigación con el fin de entender que ocasiona la inestabilidad de las laderas.
- Identificación del mecanismo de fallas y evidencias de filtración de agua de la parte superior del movimiento de masa
- Cartografiado de movimientos en masa en el cual nos permitió definir las zonas más críticas, así mismo se hizo vuelo con drones de 20 minutos para analizar la geometría del deslizamiento del área de estudio.
- Muestreo principalmente calicatas en los dos puntos críticos de la zona de estudio con el fin de describir y clasificar el tipo de suelo presentes.

Figura N° 1: Evidencia en campo, movimiento de masa - puntos críticos.



Figura N° 2: Vuelo con drones para determinar la geometría del deslizamiento



2.4.3. Etapa post-campo:

En esta última etapa se analiza todos los datos obtenidos en campo y los resultados de laboratorio de las 2 muestras obtenidas del área de estudio, así mismo, se digitalizó

todos los datos de campo en un sistema de información geográfico para el cual se usó el programa Arcgis 10.6. Se hizo de las siguientes maneras:

- Las muestras tomadas en campo de las calicatas se realizaron en la Universidad Privada del Norte (Laboratorio de mecánica de suelos de ingeniería civil) para su clasificación de suelos tales como granulometría, límite de consistencia y contenido de humedad.
- Elaboración y preparación de una base de datos obtenidos en campo y laboratorio que permita trabajar en los softwares geotécnicos como Slide de la versión 6.0. Adicional a ello tuvimos en cuenta tablas de métodos para la clasificación de suelos para poder interpretar los resultados de laboratorio y determinar las propiedades geomecánicas de los suelos presentes.
- Elaboración y digitalización de mapas temáticos (litológico, hidrogeológico, geomorfológico, topografía, cobertura vegetal y pendientes) para luego identificar los factores condicionantes de los movimientos de masa.
- Y finalmente se hace las conclusiones y recomendaciones. Adicionalmente, se presentan algunas de las medidas preventivas de control de riesgo.

Figura N° 3: Cuarteo y preparación de muestra.



Figura N° 4: Peso de muestras en laboratorio para base de datos.

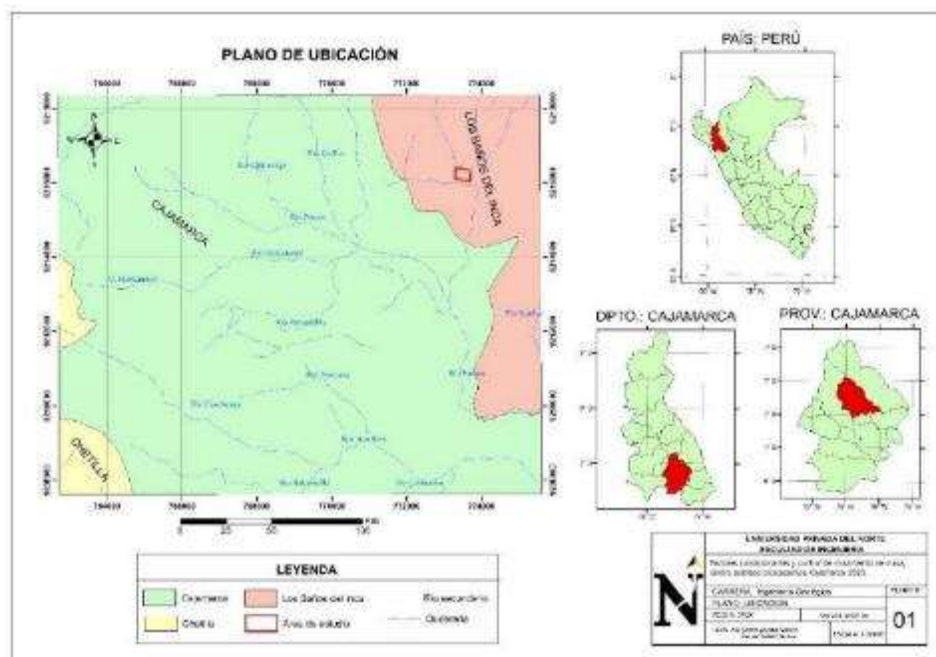


2.5. Generalidades.

2.5.1. Ubicación.

La zona de estudio está ubicada en el centro poblado Llushcapampa, distrito de Cajamarca, provincia y departamento de Cajamarca en el norte peruano.

Figura N° 5. Plano de ubicación - Llushcapampa – Cajamarca - 2020

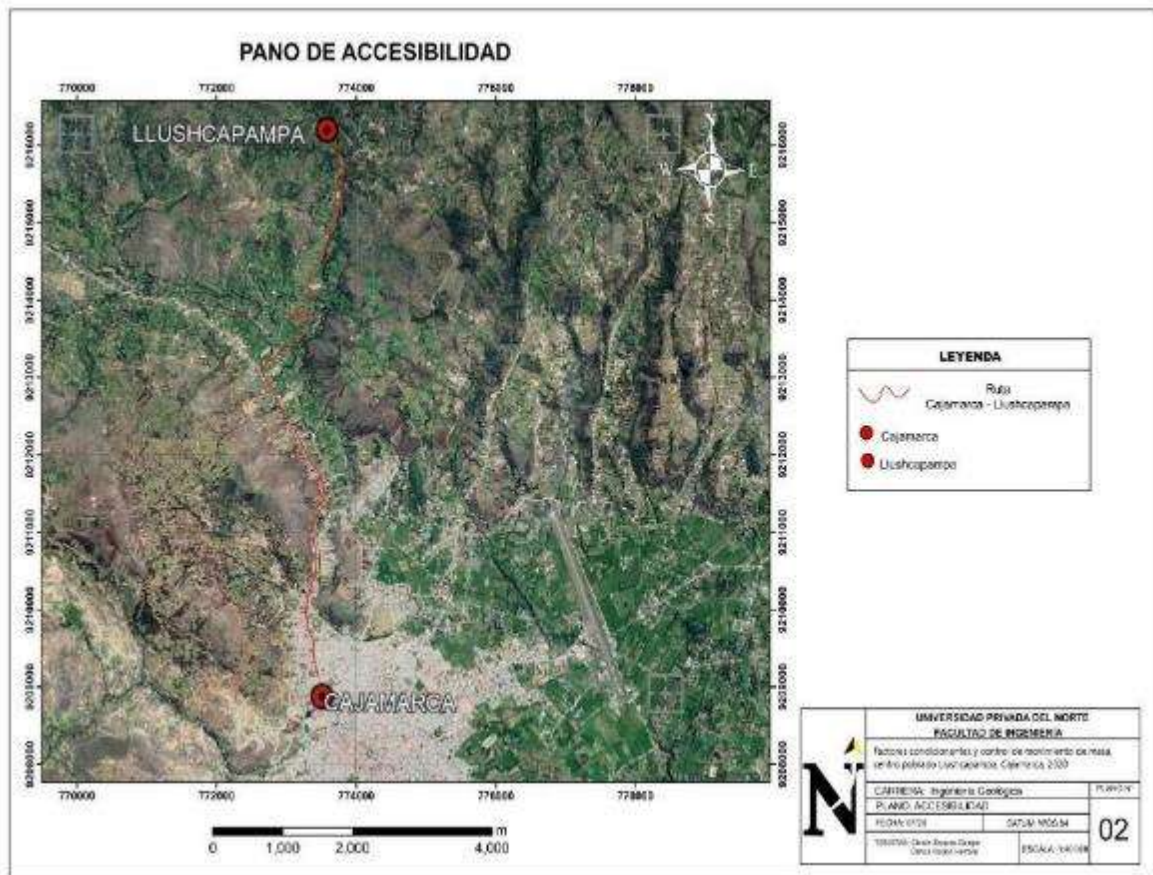


Fuente: Elaboración propia, 2020.

2.5.2. Accesibilidad

El acceso a la zona de estudio se realiza desde la ciudad de Cajamarca – UPN, por la Av. Vía de evitamiento norte y luego sigue la calle hermano miguel carducci y finalmente se llega a desvío – Puruay – Llushcapampa.

Figura N° 6. Accesibilidad de la zona de estudio – Cajamarca



Fuente: Elaboración propia, 2020

Tabla N° 1. Distancia y tiempo de lima a Cajamarca – Perú.

Distancia de recorridos	Por terrestre	Por aéreo km
	Horas/minutos km	
Lima a Cajamarca	14 horas – 49 minutos 862 km	1hora – 15 minutos

UPN - Cajamarca a
Llushcapampa 28 minutos 11.2 km

Fuente: Elaboración propia, 2020

El área de estudio es de 9000 m² y está delimitada entre las siguientes coordenadas UTM (WGS84).

Tabla N° 2. Coordenadas de la zona de estudio – Llushcapampa – Cajamarca.

VERTICE	NORTE	ESTE
1	9216100	773650
2	9216100	773300
3	9216350	773300
4	9216350	773650

Fuente: Elaboración propia 2020

Estas coordenadas pertenecen al cuadrángulo de Cajamarca hoja 15 – f.

2.5.3. Clima e hidrografía

El Sector Llushcapampa se caracteriza por tener un clima templado y soleado durante el día, refrigerado en la noche, con una Temperatura promedio anual mínima de 12.50 y una máxima de 14.20°C. Aproximadamente a una altitud de 2742 msnm. Las lluvias y temporadas seca varían de acuerdo a la estación del año.

En cuanto a su hidrografía, Cajamarca es irrigada por dos ríos principales: Porcon y Rio Grande, que se unen y dan lugar al Rio Mashcón, que tienen como afluentes a varios riachuelos y quebradas. Tiene importancia también, la presencia de pequeños manantiales y puquios que proporcionan agua para uso doméstico como agropecuario, pues benefician a las tres cuartas partes de la población que no tiene agua potable.

Otro recurso importante son los canales de riego, que mantiene a los terrenos bajo riego, que corresponden mayoritariamente al Distrito De Cajamarca. El resto por lo general dispone del recurso hídrico sólo en épocas de lluvia, las escasas fuentes de agua de que dispone no logran cubrir la demanda del recurso para consumo humano, menos aún disponen de agua para riego. En consecuencia, las siembras y crianzas están limitadas y determinadas principalmente por el régimen de lluvias.

2.5.4. Vegetación

Presenta variedades de plantas silvestre en el lugar de estudio, así mismo se observa pastos de cultivos y árboles de especie nativo como aliso, capulí, dentro de ellos se aprecia de mayor abundancia son los árboles de pino y eucalipto, también existen un gran potencial de plantas medicinales como parte de los usos ancestrales de esta especie, como, por ejemplo, el anís, la verbena, la papa madre, la manzanilla, la cola de caballo, el llantén y yerba santa.

Figura N° 7. Vegetación - Zona de estudio - Llushcapampa – Cajamarca -2020.



2.6. Geología

2.6.1 Geología regional.

2.6.1.1. Formación Carhuaz (ki – ca)

Consiste en la intercalación de areniscas (rojizas, violetas y verdosas; características principales para diferenciarla en campo) con lutitas grises. Hacia la parte superior contiene bancos de areniscas cuarzosas blancas que se intercalan con lutitas y areniscas. La formación Carhuaz yace con suave discordancia sobre la formación Santa e infrayace concordante a la formación Farrat. Tiene un grosor aproximado de 500m.

2.6.1.2. Formación Farrat (ki- f)

Esta formación aflora al noreste de San Miguel, al noreste- suroeste de San Pablo, al sur de Hualgayoc, al oeste de Celendín, al norte y al sur de San Marcos, al este y oeste de Cajabamba, en Cajamarca en casi toda la provincia, al norte y al sur de Contumazá. Esta formación consiste de areniscas blancas de grano medio a grueso, tiene un grosor promedio de 500 m. en algunos lugares se observa estratificación cruzada y marcas de oleaje. La formación Farrat suprayace con aparente concordancia a la formación Carhuaz e infrayace con la misma relación, a la formación Inca, dando la impresión en muchos lugares de tratarse de un paso gradual.

2.6.1.3. Formación Inca (ki- in)

Su localidad típica al este de los Baños del Inca en Cajamarca. En Cutervo se localiza al noroeste- sureste, en Chota al este y al oeste, en Hualgayoc al noreste, en Celendín al este y oeste, en San Pablo al sureste, en Cajamarca aflora a lo largo de casi toda la

provincia, en Contumazá aflora al noreste, en San Marcos aflora al este y oeste, en Cajabamba al este y oeste. Consta de la intercalación de areniscas calcáreas, lutitas ferruginosas dando en superficie un matiz amarillento. En los alrededores de Cajamarca es de coloración rojiza. Su grosor aproximado es de 100 m. Infrayace concordantemente a la formación Chúlec y suprayace con la misma relación a la formación Farrat.

2.6.1.4. Volcánico Huambos (Nm- vh)

En casi todo el sector andino del departamento y en ambos lados de la divisoria continental se encuentra aflorando una unidad de tobas ácidas, en los alrededores del pueblo del mismo nombre. La topografía del volcánico Huambos es bastante característica, generalmente forma llanuras delimitadas por farallones o escarpas donde se aprecia la estratificación, sobre estas superficies se ha desarrollado un sistema dendrítico de drenaje. Volcánico Huambos está compuesto por tobas y brechas de composición ácida. La litología común muestra fragmentos de cuarzo hasta de 3 mm. De diámetro y cristales de biotita en una matriz feldespática que probablemente corresponde a una toba dacíticos. Se encuentran brechas dacíticos compuestas por bloques grandes de toba envueltos por una matriz tobácea, esta litología se observa en el cuadrángulo de Chota. En la mayoría de los casos los piroclásticos del volcánico Huambos están bien estratificados en capas medianas a gruesas, parcialmente compactadas con escasos niveles de toba soldada o ignimbrita. El volcánico Huambos tiene un grosor promedio de 50 a 100 m. y un máximo de aproximadamente 400 en la localidad de Huambos.

Depósitos Cuaternarios Recientes

2.6.1.5. Aluviales (Q- al)

Dentro de los depósitos aluviales se han considerado los materiales con poco transporte, y en los fluviales se consideran las diferentes terrazas dejadas por los ríos. Depósitos que se acumulan en áreas favorables en los flancos de los valles y quebradas tributarias, están conformados por conglomerados polimícticos.

2.6.1.6. Fluviales (Q- fl)

Están representados por la acumulación de materiales transportados por cursos fluviales, depositados en el fondo y riberas de los ríos. Consisten de gravas gruesas y finas, arenas sueltas y depósitos limoarcillosos. Estos depósitos fluviales están localizados en el sector meridional de San Ignacio.

2.6.1.7. Lagunares (Q – la)

Los depósitos lagunares se encuentran en diferentes lugares y niveles, dispuestos en bancos sub horizontales constituidos por material fino arenoarcilloso, a los que algunas veces se intercalan gravas y delgados conglomerados. Estos depósitos se hallan en la Pampa de la Culebra, Pampa de Polloc, entre Cajamarca y Baños del Inca, Namora, Matara, Ichocán- San Marcos.

2.6.2. Geología local

2.6.2.2. Volcánico Porculla (Nm- vp)

El volcánico Porculla aflora al sur de Chota, Chepén y Celendín. Generalmente se presenta en bancos gruesos sub-horizontales que constituyen planicies más o menos extensas limitadas por escarpas pronunciadas; muestra diferentes colores siendo la mayoría de los afloramientos grisáceos. El volcánico Porculla presenta sills y pequeños

stocks en muchas áreas. El volcánico Porculla suprayace en discordancia angular a rocas tan diferentes como el basamento metamórfico precambriano paleozoico y el volcánico Llama. El tope del volcánico Porculla está erosionado o cubierto por piroclastos del volcánico Huambos.

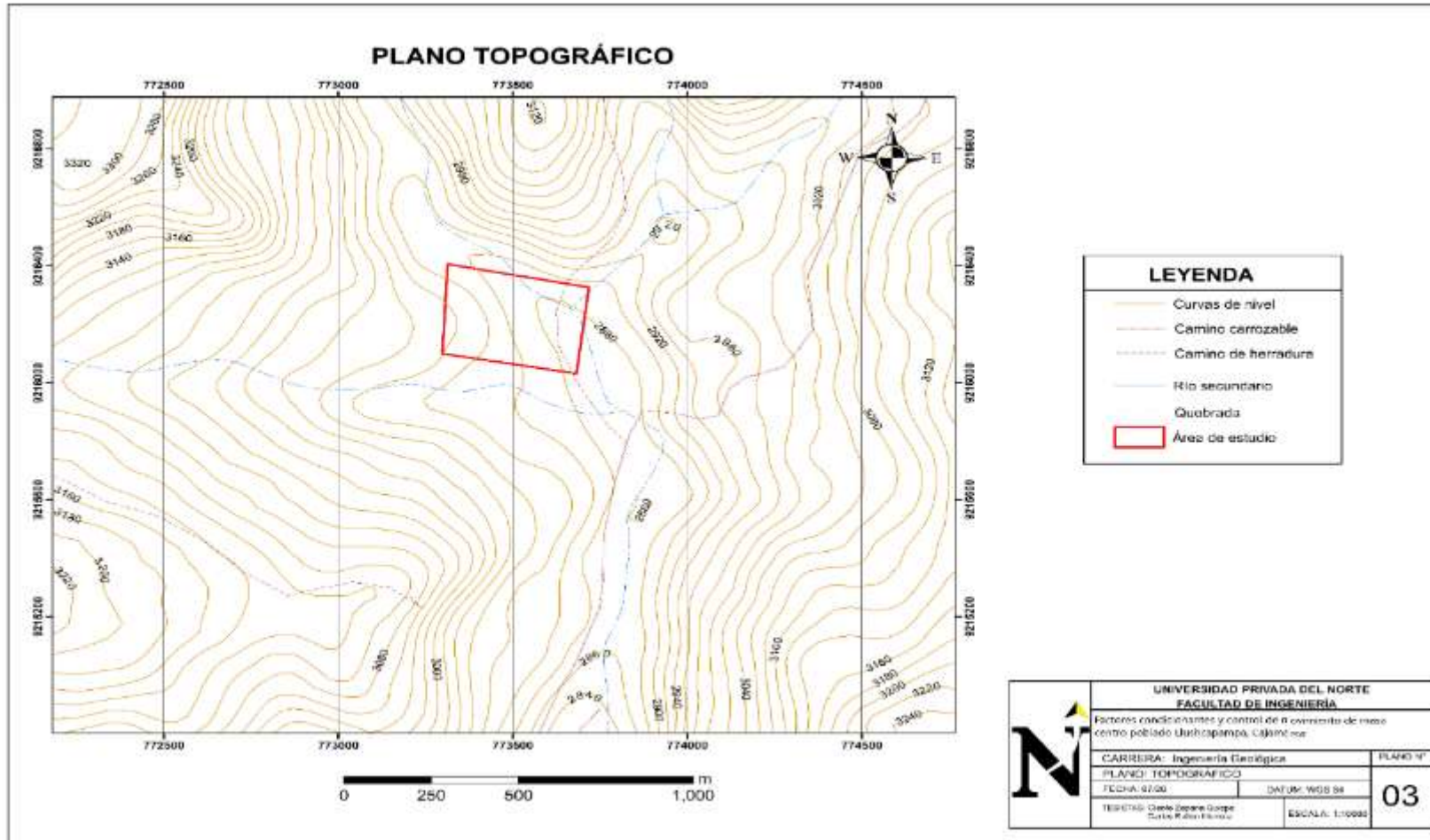
Los volcánicos se presentan en capas medianas a gruesas pobremente estratificadas y dan afloramientos macizos que vistos de lejos se asemejan a rocas intrusivas. La litología típica es una dacita compuesta por pequeños fenocristales de plagioclasa y cuarzo en una matriz fina y dura de color gris verdoso. Esta misma litología caracteriza tanto a los derrames y brechas dacíticos como a los sills que están asociados con el volcánico Porculla.

El volcánico Porculla, de acuerdo a su posición estratigráfica, debe pertenecer al paleógeno, ya que infrayace al volcánico Huambos del neógeno y suprayace al volcánico Llama de posible edad del paleógeno. Se correlaciona con la parte superior de la formación Calipuy.

Figura N° 8. Caracterización de la formación volcánico Porculla (Nm- vp).

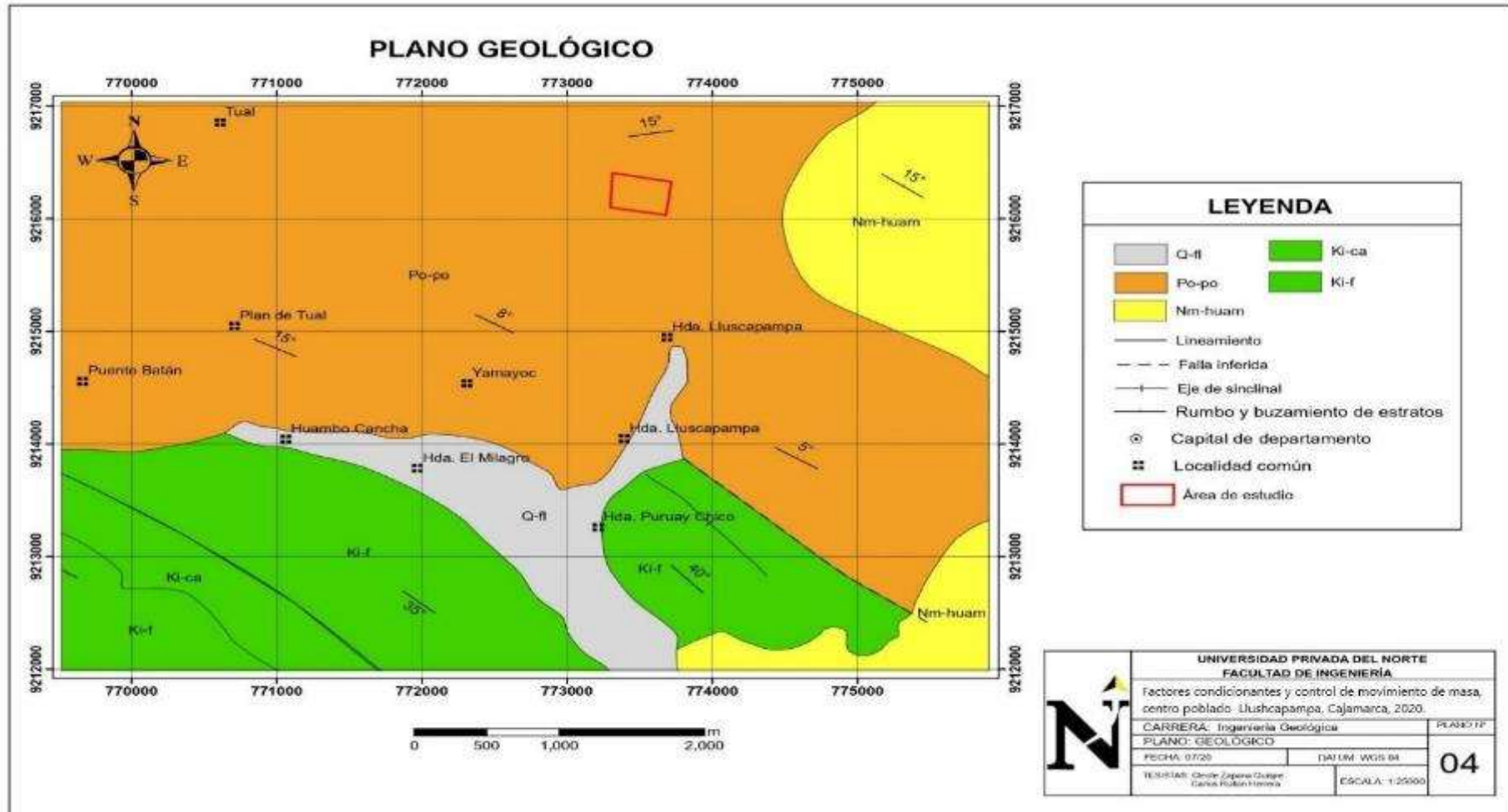


Figura N° 9. Plano topográfico - Cerro Llushcapampa – Cajamarca – 2020



Fuente: Elaboración propia, 2020.

Figura N° 10. Plano Geológico - Cerro Llushcapampa – Cajamarca - 2020

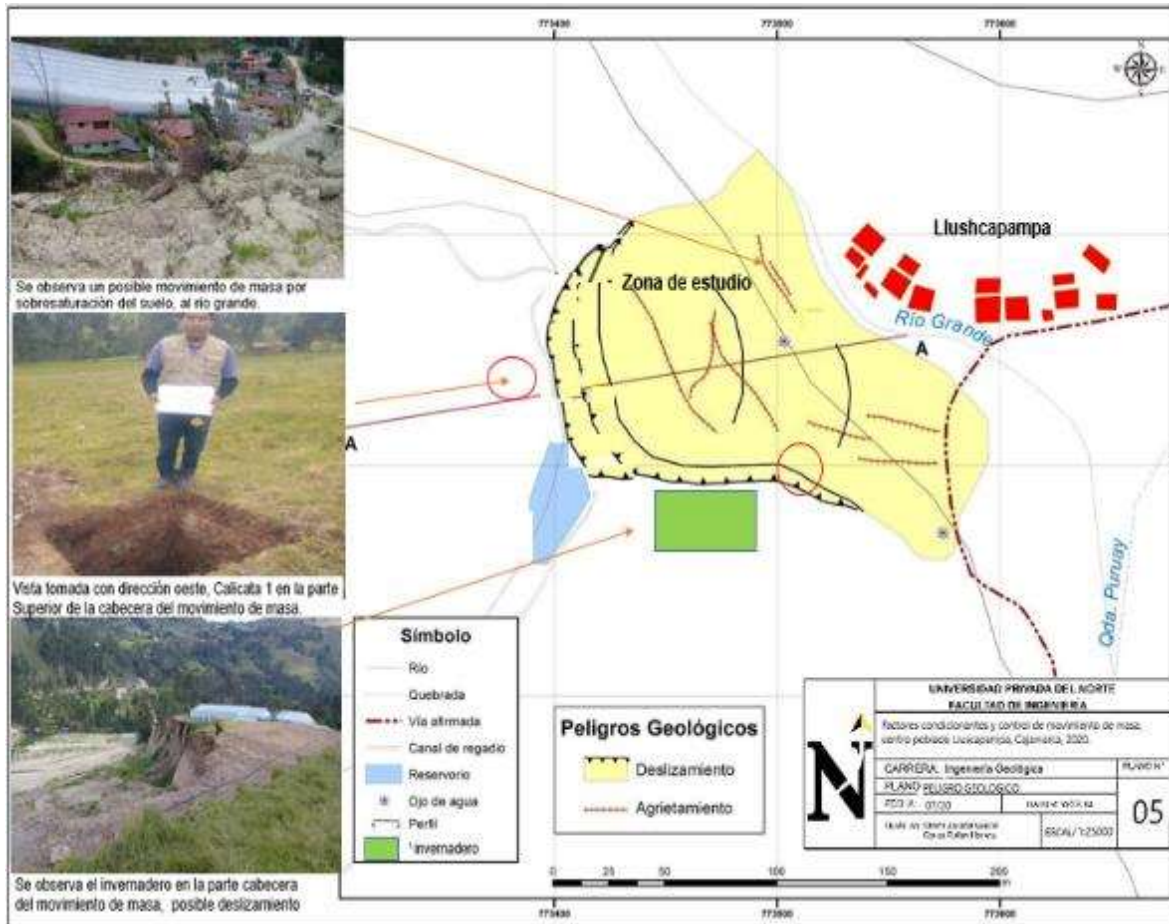


Fuente: Elaboración propia, 2020

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Análisis Geológico

Figura N°11: Mapa de peligros geológicos de la zona de estudio



Fuente: Elaboración propia, 2020

La evaluación geológica de la zona de riesgo representa una inestabilidad permanente, debido a la susceptibilidad a los deslizamientos que posee la formación Porculla (Po – po) y a la geomorfología que actúa sobre la zona de estudio, se pudo concluir que las masas de suelo son productos de la sobresaturación de suelo por las precipitaciones en la zona de estudio, además que en la parte alta existe una represa de geomembrana de mala calidad, la que origina infiltración de agua y causa el deslizamiento del cerro Llushcapampa y su comportamiento de masa de suelo depende de las propiedades de la roca original.

Figura N° 12. Análisis geológico del deslizamiento del cerro Llushcapampa.

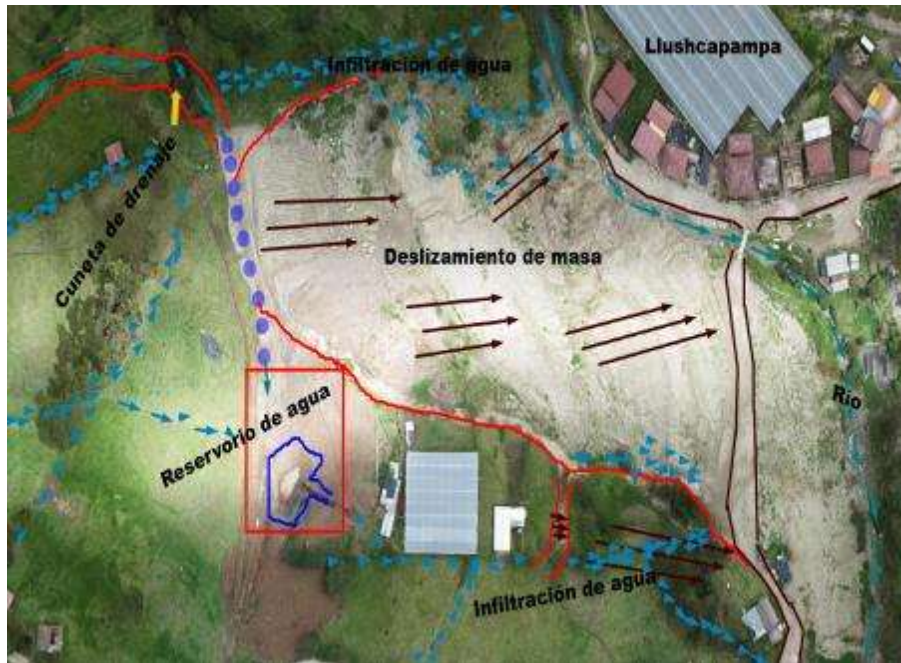


Figura N° 13: Canal de regadío ubicada en la parte superior del movimiento de masa.



Se observan las juntas en mal estado, por ende, hay una infiltración de agua en temporadas de lluvias así provocando el movimiento de masa.

3.2. Análisis geométrico.

Las laderas con pendientes medias a fuertes y desprovistas de vegetación son los que, con mayor facilidad, sufren deslizamientos. Este es un parámetro condicionante ya que genera una situación en la zona de estudio potencialmente inestable.

En campo se identificó el escarpe principal del deslizamiento, el cual cuenta con una dimensión de 8 a 10 metros de longitud, y está compuesta principalmente por flujos dacíticos intercalados con derrames andesíticos en estratos medios a gruesos pobremente estratificados; además se logró identificar el escarpe secundario, el cual tiene una dimensión de 1 a 3 metros de longitud, siendo el mismo material. También se pudo analizar que los suelos desarrollados en las laderas estudiadas del cerro Llushcapampa están directamente involucrados con los fenómenos gravitacionales resultan ser elementos condicionados por el material originario del suelo, la situación climática y el relieve de la zona.

Figura N° 14. Vista frontal y geometría de movimiento de masa.

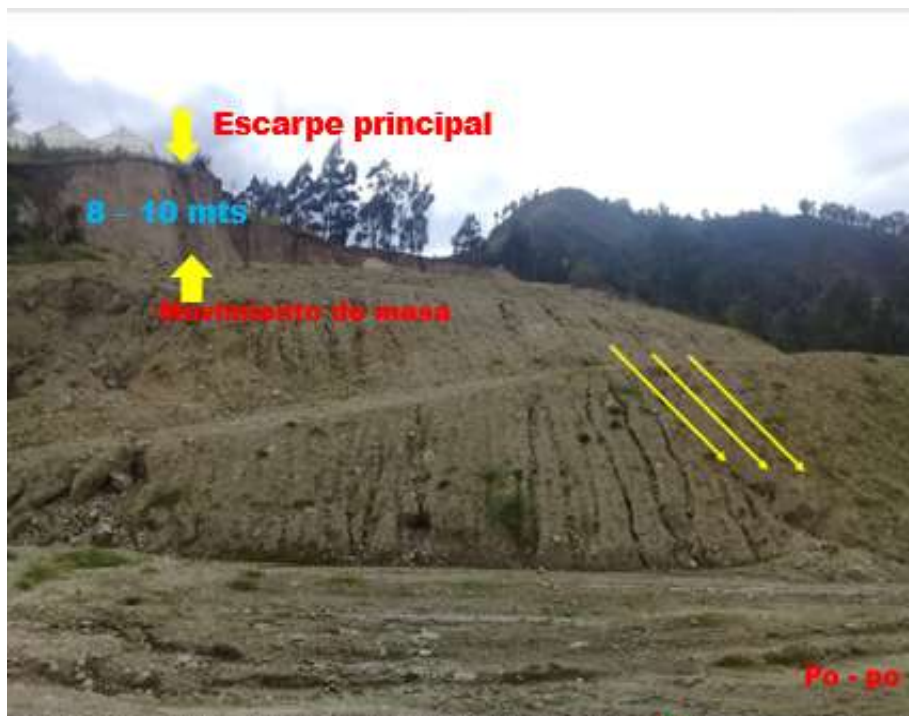
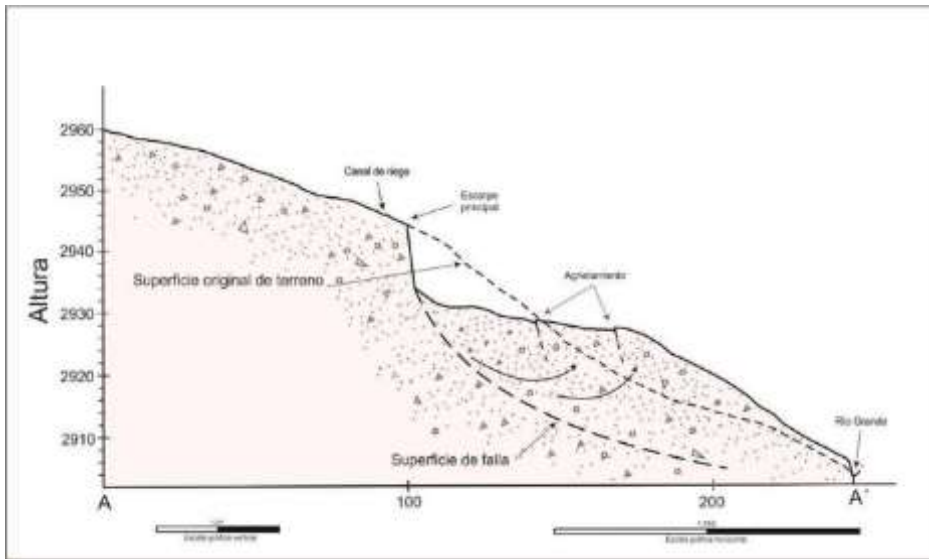


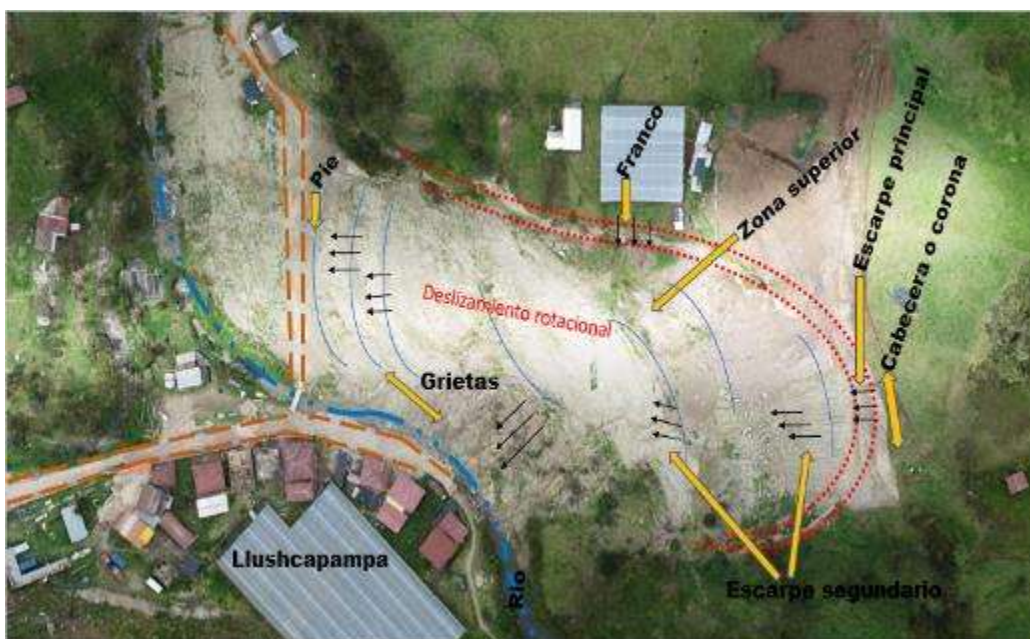
Figura N°15: Esquema gráfico en perfil del movimiento de masa – zona de estudio



Fuente: Elaboración propia, 2020

Asimismo, se realizó un vuelo de 20 minutos en la zona de estudio con drones para analizar la geometría y topografía de la zona de deslizamiento para luego hacer las secciones críticas identificadas en campo y poder analizar la inestabilidad y su posterior control u obras de contención ingenieril.

Figura N° 16. Geometría del deslizamiento del cerro Llushcapampa – Cajamarca.



3.3. Análisis geotécnico

Calicata C-1 – M -1 compuesta por un tipo de depósito cuaternario:

Según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), está compuesta por: Grava: 2.88%, Arena: 18.34% y Finos: 78.78%; clasificándose como una arcilla inorgánica de alta plasticidad, arcillas francas (CH), englobando una matriz arenosa con bajo porcentaje de gravas, además presentó límites de consistencia: Líquido: 58.3%, Plástico: 44.4% y un I.P: 13.9%, representando un suelo heterogéneo. Tiene un contenido de humedad el 10.62 % del material.

Calicata C-1 - M – 2 compuesta por un tipo de depósito cuaternario:

Rocas volcánicas, según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), está compuesta por: Grava: 15.3%, Arena: 51.13% y Finos: 33.57%; clasificándose como una arena limosa, mezclas de arena y limo (SM), englobando una matriz de finos con muy bajo porcentaje de gravas, además presentó límites de consistencia: Líquido: 46.4%, Plástico: 44.4% y un I.P: 2.0%, representando un suelo homogéneo. Tiene un contenido de humedad el 8.82 % del material.

Calicata C-2 – M – 1 compuesta por un tipo de depósito cuaternario:

Según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), está compuesta por: Grava: 2.9%, Arena: 18.27% y Finos: 78.83%; clasificándose como una Arcilla inorgánica de alta plasticidad, arcillas francas (CH), englobando una matriz arenosa con insignificante porcentaje de gravas, además presentó límites de consistencia: Líquido: 60.2%, Plástico: 41.6% y un I.P: 18.6%, representando un suelo heterogéneo. Tiene un contenido de humedad el 9.21 % del material.

Calicata C-2 – M – 2 compuesta por un tipo de depósito cuaternario:

Rocas volcánicas, según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), está compuesta por: Grava: 10.04%, Arena: 65.4% y Finos: 24.56%; clasificándose como una arena limosa, mezclas de arena y limo (SM), englobando una matriz arenosa con insignificante porcentaje de gravas, además presentó límites de consistencia: Líquido: 47.7%, Plástico: 41.6% y un I.P: 6.1%, representando un suelo homogéneo. Tiene un contenido de humedad el 8.16 % del material.

A partir de los ensayos realizados en el laboratorio de suelo se pudo determinar el tipo de material de cada calicata extraída de la zona de estudio. Para ello se usó la tabla del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, (SUCS). A través de ellos se determinó los parámetros geotécnicos como se muestra en la tabla N° 3. Finalmente, poder aplicar en el programa de software de Slide y determinar el factor de seguridad del talud.

Tabla N° 3: Parámetros geotécnico

DESCRIPCIÓN	C – 1		C – 2	
	M1	M2	M1	M2
Ángulo de fricción (°):	19°	34°	19°	34°
Cohesión (t/m ²):	1,1	1,1	1,1	1,1
Peso unitario (t/m ³):	1.6	2.1	1.6	2.1
Clasificación SUCS:	CH	SM	CH	SM

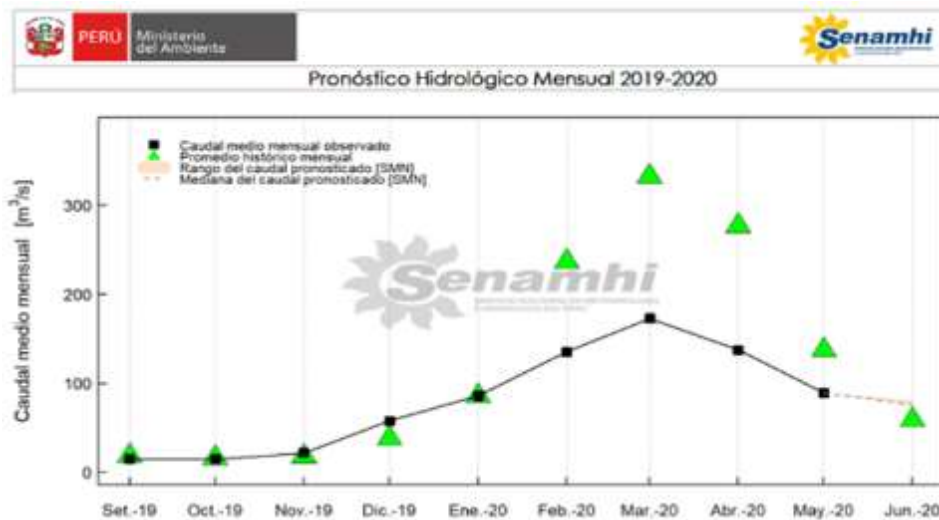
Fuente: (NAVFAC, 1971)

3.4 Análisis hidrológico

En sector Llushcapampa, se estima una precipitación similar a la zona de Porcón, que tiene una precipitación entre 1000 a 1280 mm al año, diferenciándose una época seca (junio – octubre) y lluviosa (noviembre – abril). La temperatura en la zona de estudio es de 10 °C,

aproximadamente. En épocas secas la temperatura desciende a un promedio de 4 °C bajo cero, sobre todo en las madrugadas; las temperaturas máximas pueden llegar de 14 a 16 °C. La humedad relativa es muy baja en la época de sequía (junio a septiembre), pudiendo ser en algunos casos menos del 30 % y muy alta en la época de lluvia, que puede llegar hasta 98 % cuando la neblina es permanente.

Figura N° 17. Precipitación - Llushcapampa – Cajamarca



Fuente: SENAMHI, (2019-2020)

Figura N° 18. Infiltración de agua en temporada de lluvia – Llushcapampa.



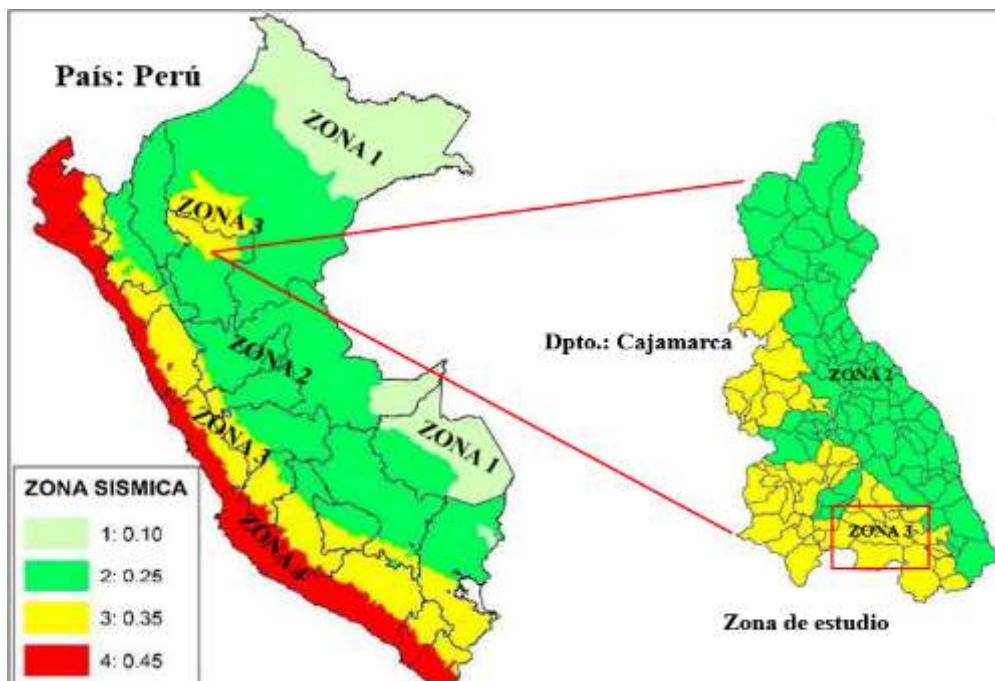
3.5. Análisis sísmico

Zonificación sísmica Perú - Cajamarca

Según la norma E.030 - Diseño Sismo resistente del Reglamento Nacional de Edificaciones, la zona de estudio de Cajamarca - Llushcapampa se encuentra en la zona 3 con valor de Z máximo de 0.35g, En la zona de estudio se debe tener en cuenta los peligros sísmicos para poder mitigar, controlar y diseñar el deslizamiento en el área de investigación.

El territorio nacional, se considera dividido en cuatro zonas, como se muestra en la figura La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentro, así como en la información Neotectónica. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

Figura N° 19: Zonas sísmicas del Perú y Cajamarca según el ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento.



Fuente: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2019.

3.6. Análisis de estabilidad

En la zona de estudio de Llushcapampa los parámetros que se utilizó para el análisis de la inestabilidad, se obtuvieron mediante la determinación y el análisis de los procedimientos realizados en campo, gabinete y parámetros ya estudiadas del mismo material, con la finalidad de contar con resultados más reales de la presente investigación. Para el análisis de la inestabilidad de las laderas, se determinó las propiedades geológicas, el tipo de depósito que presenta la zona estudio, las características geotécnicas del suelo en análisis, la obtención de las secciones críticas del deslizamiento mediante la topografía in-situ.

Para determinar el factor de seguridad, la cual fue obtenida a partir del software AutoCAD Civil 3D y ArcGIS, resultando así las secciones topográficas críticas de las laderas de suelo. Asimismo, el análisis se llevó acabo con el programa software Slide 6.0, los métodos que se usó fueron como; Bishop Simplificado, Janbu, Spencer y Morgenstern-Price/GLE; los cuales son los métodos más conservadores. De acuerdo a los análisis ejecutados en la zona de estudio, conseguidos a partir de los parámetros estudiados anteriormente y con el fin de obtener los factores de seguridad para las secciones críticas en la ladera,

Figura N° 20. Posible deslizamiento de masa al rio grande



3.7. Análisis de estabilidad de taludes aplicando Slide.

Figura N° 21. Geometría y condiciones del área de investigación

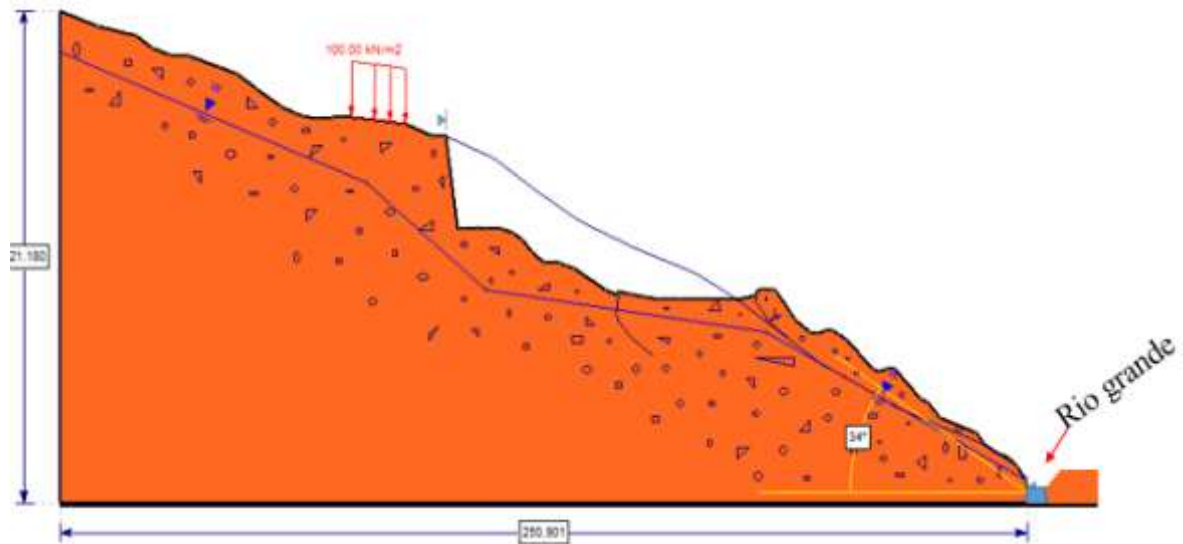
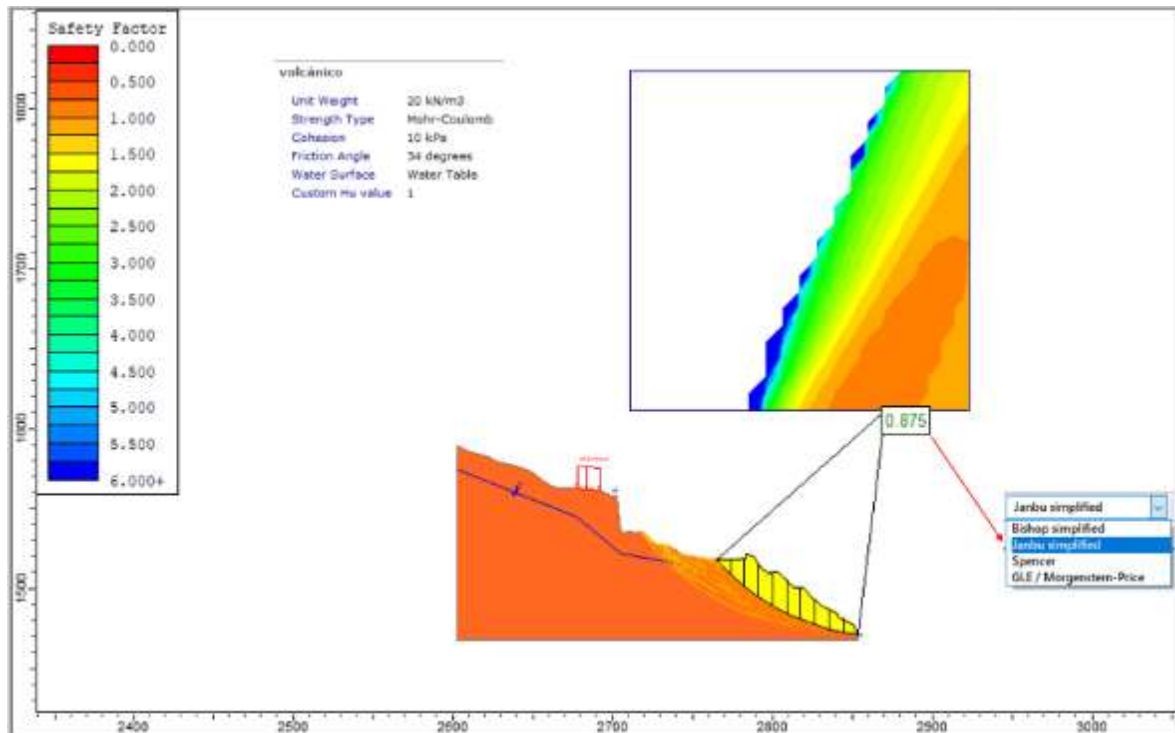


Figura N° 22. Análisis de estabilidad de talud



El factor de seguridad según Janbu simplified es 0.875 y Spencer es 0.910 lo cual es inestable.

Figura N° 23. Geometría y nuevo modelo de área de investigación

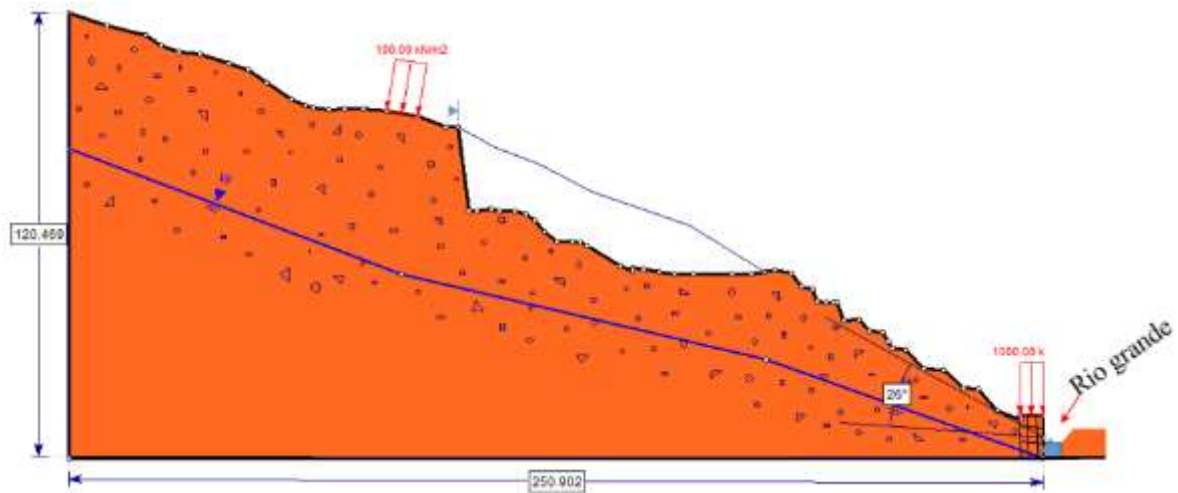
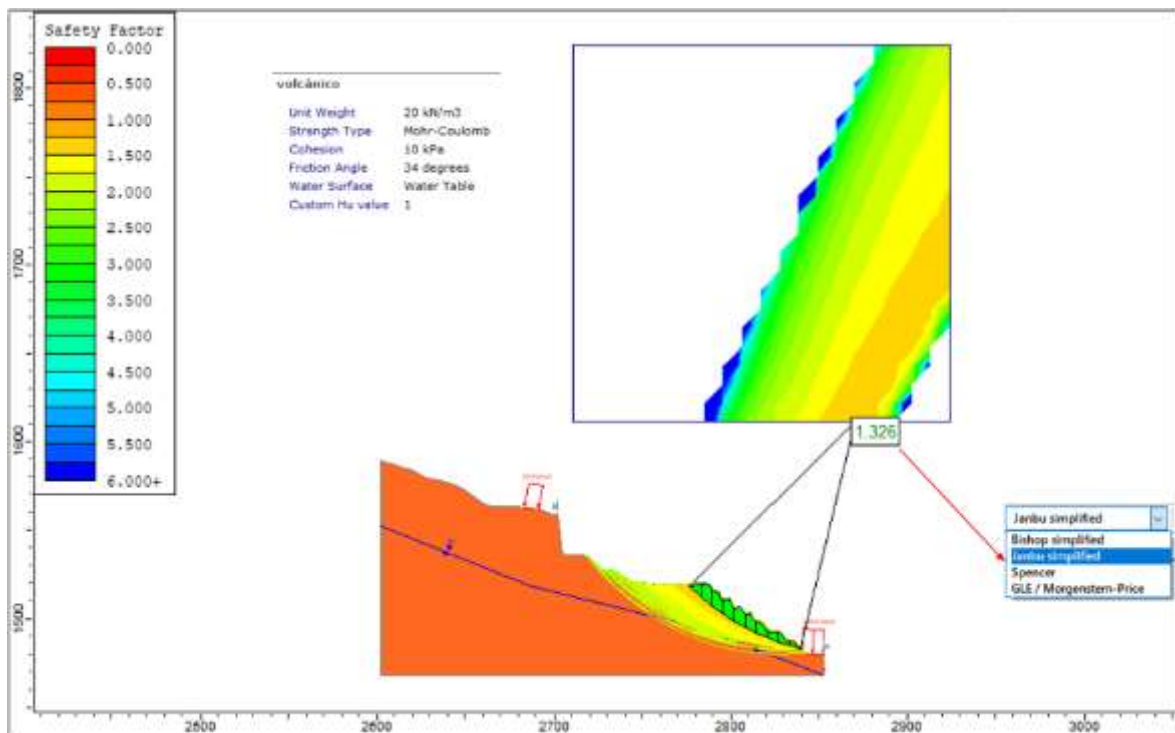


Figura N° 24. Geometría y nuevo diseño de estabilidad de talud



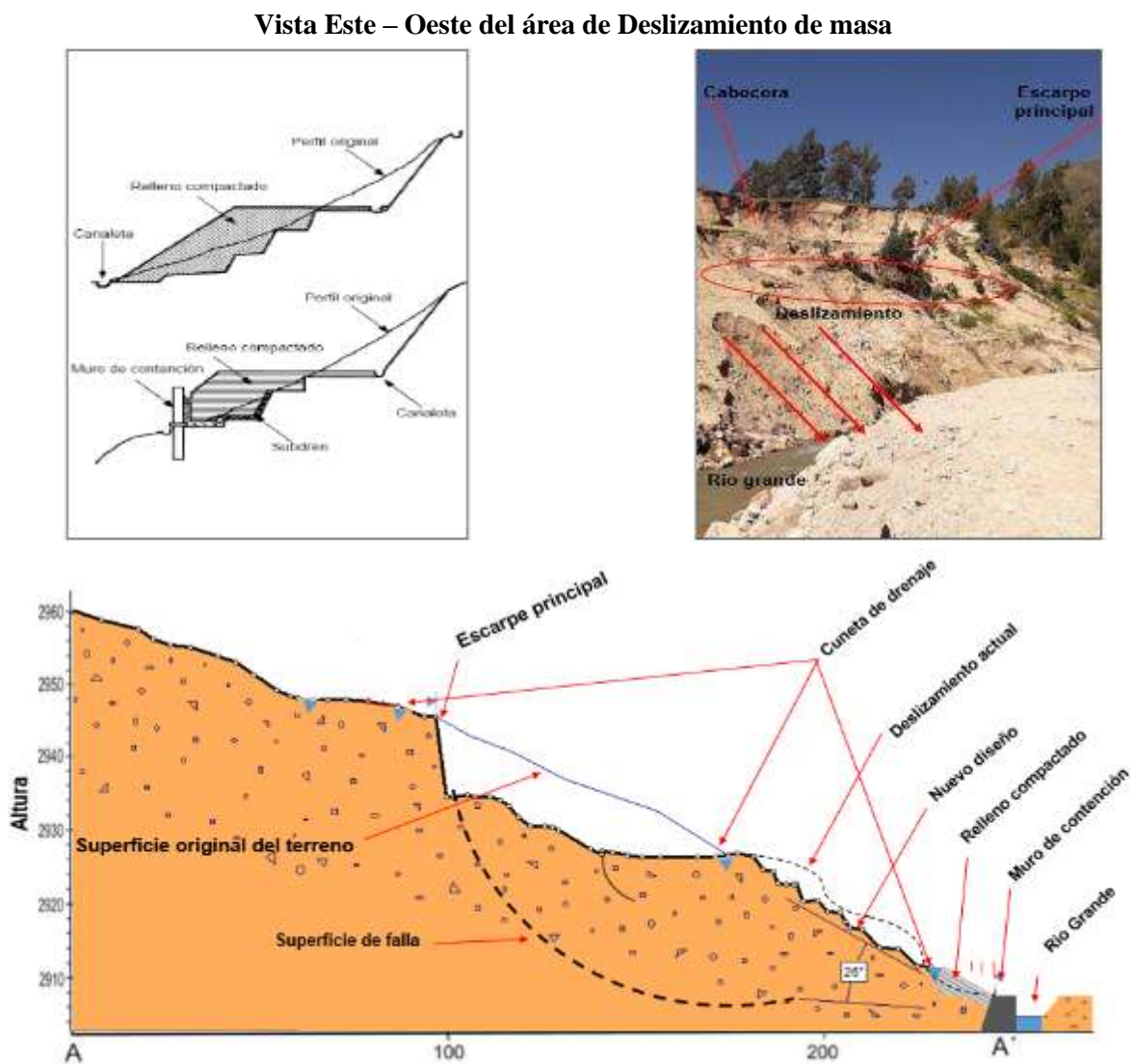
El factor de seguridad según Janbu simplified es de 1.326 y Spencer es de 1.356 del nuevo diseño de talud.

3.8. Manejo de riesgo para la estabilización del movimiento de masa

Bermas Bajas o Contra bermas.

El sistema de contrapesos es muy útil para la estabilización de taludes de terraplenes sobre zonas de suelos blandos, donde las fallas ocurren generalmente por falta de resistencia en el manto de cimentación del terraplén. En este caso, se construye una berma, la cual consiste en un terraplén de menor altura ubicado junto al terraplén principal, que sirve de contrapeso al aumentar la longitud de la superficie de falla.

Figura N° 25. Estabilización de ladera – Bermas bajas



CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

El presente proyecto de investigación consistió en la observación directa en campo, con la finalidad de identificar y describir aquellos factores condicionantes que influyen la inestabilidad del movimiento de masa, así mismo se realizó ensayos en laboratorio y gabinetes donde se obtuvo resultados y que se comprobaron nuestra hipótesis dada al inicio ya que el principal detonante son las lluvias y el tipo de material de suelo, por ende se diseñó un nuevo modelo de talud favorable y así tener el control de movimiento de masa. También tuvimos una limitación, el tema de los costos de laboratorio y limitación de tiempo por la pandemia, por tal motivo no se realizó los ensayos de corte directo, de acuerdo al mencionado esto se recomendaría hacer los ensayos de corte directo del área de investigación para implementar a corto plazo las medidas preventivas y así poderse realizar el control de movimiento de masa en el área de estudio y la vez hacer el constante monitorios con el fin de prevenir y controlar el deslizamiento de masa. Además, se identificó los factores asociados a dicho movimiento de masa. Así como el estudio que realizó la Dirección de Geología Ambiental y Riesgos Geológicos. (DGAR– INGEMMET, 2015). Sobre el movimiento de masa en los cuales se determinó una de las causas de los deslizamientos de masas fueron la infiltración de agua proveniente de una “quebrada y la mala calidad de rocas, conformadas por areniscas y conglomerados lo que permitió la infiltración de agua al subsuelo. En la zona de estudio de Llushcapampa también se determinó que la infiltración de agua de la parte alta de las zonas de regadíos de cultivo y la precipitación en los meses de octubre hasta abril es uno de los factores que afecta el movimiento de masa, actualmente la zona de Llushcapampa se encuentra afectada por

deslizamiento de masa rotacional debido al tipo de suelo y la presencia de lluvia constante, lo que provoca una sobresaturación del terreno y el posterior colapso de las áreas poco cohesionadas.

También se identificó temas asociados a la remoción de masa. Así como la investigación de (Hauser, 1993), que nos menciona que los factores condicionantes corresponden a aquellos que generan situación potencialmente inestable en un talud, también el estudio que realizó, (Sepúlveda, 1998), nos dice la geomorfología, geología, geotecnia y vegetación, que actúan controlando la susceptibilidad de una zona a generar fenómenos de remoción en masa. En el área de investigación se puede comprobar que la geomorfología y geotecnia son factores condicionantes para el desprendimiento de masa, mucho de ellos depende del tipo de material como se observó en nuestra zona de trabajo que presenta un material arena – limo arcilloso poco compactada

Finalmente, para la modificación del modelo original se decidió modificar la geometría con la finalidad de contra restar el esfuerzo de la masa del deslizamiento, así colocando peso en la parte del pie del talud con el fin de cambiar los esfuerzos del deslizamiento, a partir de los sistemas de caracterización geomecánicas es frecuente la necesidad de aplicar medidas correctoras de estabilización. (López, 2018).

4.2. Conclusiones

- Se pudo concluir el tipo de movimiento presente en la zona de estudio es un deslizamiento rotacional producto de la sobresaturación de suelo y la mala calidad de suelo no consolidada además en la parte alta existe una represa de geomembrana de mala calidad, la que origina infiltración de agua y causa el deslizamiento del cerro Llushcapampa.
- Las características geotécnicas según las propiedades de suelo compactados en la zona de estudio se determina mediante la clasificación de suelo (SUCS) como resultados se determinó en la calicata C-1, M – 1, es una Arcilla inorgánica de alta plasticidad, arcilla francas (CH), con una cohesión de 1,12 t/m² y ángulo de fricción de 19°; y la muestra en la calicata C – 1 – M – 2, es una arena limosa, con una cohesión de 1,12 t/m² y ángulo de fricción de 34°; la calicata C – 2, M – 1, es una Arcilla inorgánica de alta plasticidad (CH), con una cohesión de 1,12 t/m² y ángulo de fricción de 19°; la calicata C – 2, M – 2, es arena limosa mezcla de arena y limo (SM) englobando una matriz de finos y con muy bajo porcentaje de grava, y con una cohesión de 1,12 t/m² y ángulo de fricción de 34°; mediante estos resultados se llegó a la conclusión que las características geotécnicas de las calicatas 1 y 2 es un material arena limosa de baja cohesión,
- Se determinó que el factor condicionante que está teniendo influencias son las aguas superficiales que se dan entre los meses de noviembre hasta el mes de abril, estos son los meses de mayor riesgo donde se pueden generar el movimiento de masas de suelo por infiltración de agua al subsuelo.
- Se concluye que los valores de los factores de seguridad (F.S.) en la zona de estudio aplicando el uso de software Slide es crítico de 0.8, por ende, las laderas de la zona de Llushcapampa es inestable y propenso a un deslizamiento muy catastrófico.

REFERENCIAS

- RAMIREZ, O & ALEJANO, M (2004). Fundamentos e Ingeniería de Taludes: UPM. Madrid:
Oa.upm.es. Recuperado de
http://oa.upm.es/14183/1/MECANICA_DE_ROCAS_1.pdf
- SUAREZ, J. (1998). Deslizamiento y estabilidades de taludes en zonas tropicales. Colombia
- BENAVENTE, C. (2007). Evaluación de Peligro Geológico en el sector de Challa. Provincia
Tarata-Tacna. INGEMMET. Informe Técnico. Dirección de Geología Ambiental y
Riesgo Geológico.
- CARRILLO, R. (2015). Evaluación de zonas susceptibles a movimientos en. (Tesis para optar
Titulo). Universidad Nacional de Piura, Piura. Obtenido de
<http://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/666/GEO-CAR-ELI-15.pdf>
sequence=1&isAllowed=y
- MARTINEZ VARGAS, A (1990) Geotecnia para Ingenieros. Lima – Perú.
- CENICAFÉ (1975) Manual de conservación de suelos de ladera. En Manual de Estabilidad de
Taludes-Geotecnia Vial-1998. Instituto Nacional de Vías. Ministerio de Transporte.
Colombia. 339 p.
- NAVFAC, (1971) Manual de taludes IGME, España
- VALERIANO, F. (2015). Caracterización Geotécnica y Modos de Falla Estructural en el Talud
en Roca Del Cerro Espinal Juliaca. (Tesis para obtención de título). Universidad
Nacional Del Altiplano, Puno.
- ANGUITA, V. F. & MORENO S. (1993). Procesos geológicos externos y geología ambiental:
Editorial Rueda, Madrid.
- ZAVALA, B. & ROSADO, M. (2011) – Riesgo Geológico en la región Cajamarca.
INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 44,396p., 19
mapas.
- SANTACANA, N. (2001). Análisis de susceptibilidad del terreno a la formación de
deslizamientos superficiales y grandes deslizamientos mediante el uso de Sistemas

de Información Geográfica. Aplicación a la cuenca alta del Río Llobregat. Tesis
doctoral, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona.

VÁSQUEZ A. J. (2002). Movimientos en masa en la Quebrada Canto Grande, Lima. Tesis de
ingeniero geólogo Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

MAMANI LARICO. (2016). Análisis de estabilidad de taludes: UNAP. Puno, Perú:
Repositorio.unap.edu.pe. Recuperado de
file:///C:/Users/ZAPANA%20PC/Downloads/Mamani_Larico_Roger_Rene.pdf

TORO IRURETA. (2014). Evaluación de la inestabilidad de talud: UNC. Cajamarca, Perú:
Repositorio. Unc.edu.pe. Recuperado de
<http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/476/T%20625.7%20T676%202014.pdf?sequence=1>


Rodríguez, R. (2016). Método de investigación geológico-geotécnico para el análisis de
inestabilidad de laderas por deslizamientos zona Ronquillo-Corisorgona.
Cajamarca- Perú.

Zavala, B. & Rosado, M. (2011) – Riesgo Geológico en la región Cajamarca. INGEMMET,
Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 44,396p., 19 mapas.

Luis Reyes Rivera (1980). Mapa Geológico de los Cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y
Cajabamba. Lima – Perú, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, N° 31. 76 p.


ANEXOS

ANEXO A: Resultado de laboratorio

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
PROTOCOLO					
	ENSAYO:	ANÁLISIS GRANULOMETRÍA MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO			CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	NORMA:	ASTM D421			AGTL-LS-UPNC: 01
	PROYECTO:	Factores condicionantes y control de movimiento de masa, Centro poblado Llushcapampa, Cajamarca, 2020.			
CALICATA:	C - 1	ESTRATO:	M - 1	TIPO DE MATERIAL:	Suelo
UBICACIÓN:	Llushcapampa		COLOR DE MATERIAL:	Marrón	
FECHA DE MUESTREO:	07 - 03 - 2020		RESPONSABLE:	Zapana Quispe, Cleofe	
FECHA DE ENSAYO:	12 - 03 - 2020		REVISADO POR:	Oscar Vásquez Mendoza	

Peso de muestra seca; Ws	500	gr
--------------------------	-----	----

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO - C1 - M1					
Tamiz	Abertura	Peso Retenido (gr)	% RP	%RA	% que pasa
1/2"	12.4	0	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.4	1.4	0.33	0.33	99.67
1/4"	6.1	5.4	1.28	1.62	98.38
N.º 4	4.76	5.3	1.26	2.88	97.12
Nº10	2	13.2	3.14	6.02	93.98
Nº20	0.84	11	2.62	8.64	91.36
Nº30	0.59	6.1	1.45	10.09	89.91
Nº40	0.42	6.2	1.48	11.56	88.44
Nº60	0.25	13	3.09	14.66	85.34
Nº100	0.15	15.3	3.64	18.30	81.70
Nº200	0.074	12.3	2.93	21.22	78.78
Perdida	Lavado	331.1	78.78	100.00	0.00
Total		420.3	100.00		



CURVA GRANULOMÉTRICA

OBSERVACIÓN: Según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), está compuesta por Grava: 2.88%, Arena: 18.34% y Finos: 78.78%.


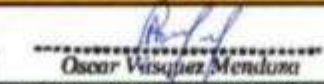

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
	 Oscar Vásquez Mendoza	
NOMBRE: Zapana Quispe, Cleofe	NOMBRE: Oscar Vásquez Mendoza	NOMBRE: [Firma]
FECHA: 12 - 03 - 2020	FECHA: Universidad Privada del Norte Cajamarca	FECHA: 12 - 03 - 2020

Figura A. N° 1: Análisis granulométrico C1 – M1

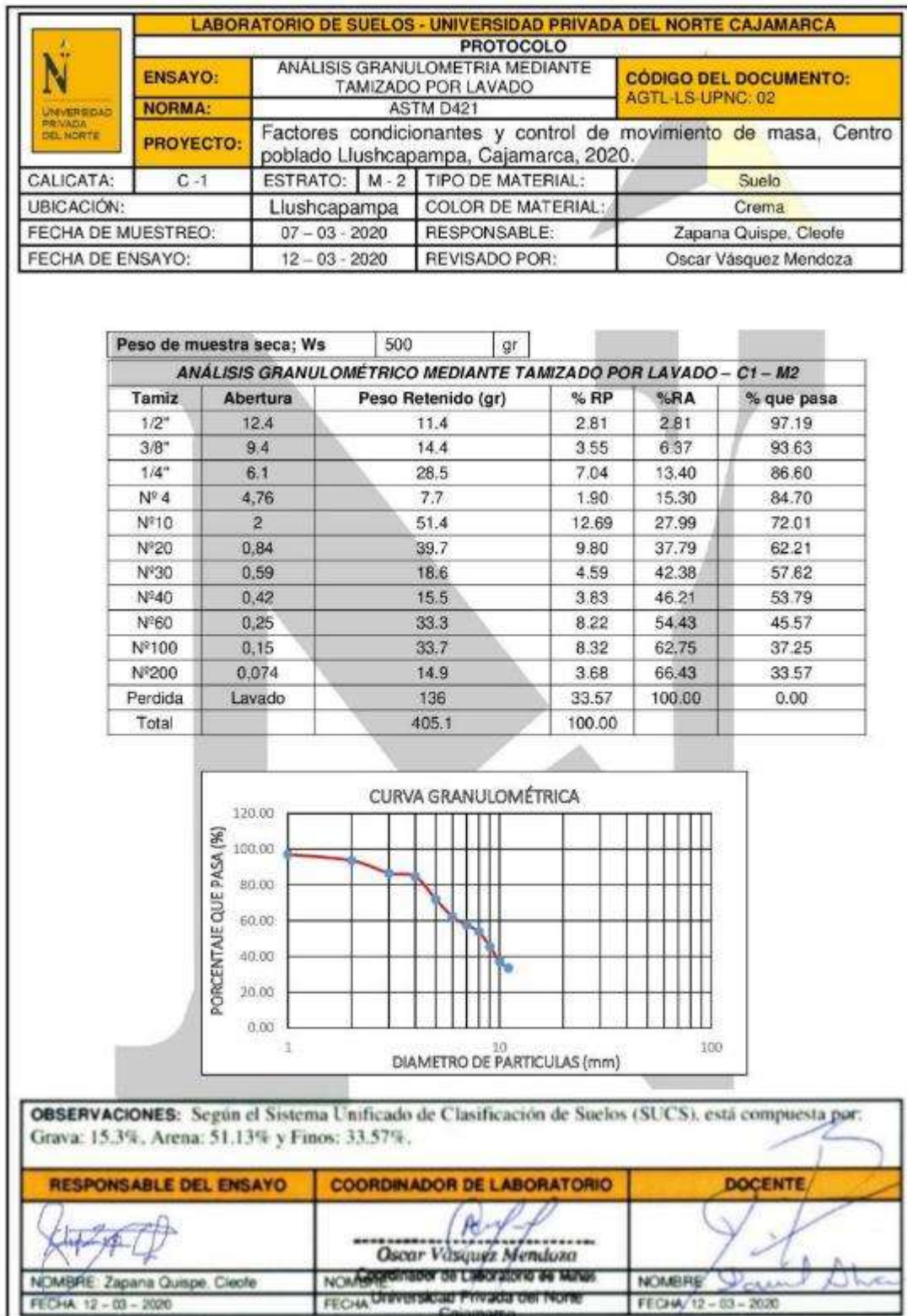

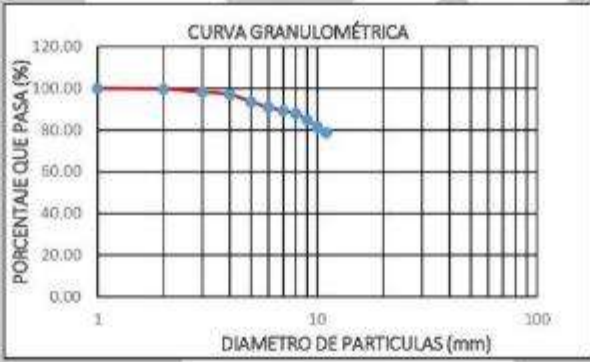


Figura A. N° 2: Análisis granulométrico C1 – M2

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
PROTOCOLO					
	ENSAYO:	ANÁLISIS GRANULOMETRÍA MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO			CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	NORMA:	ASTM D421			AGTL-LS-UPNC: 03
	PROYECTO:	Factores condicionantes y control de movimiento de masa, Centro poblado Llushcapampa, Cajamarca, 2020.			
CALICATA:	C - 2	ESTRATO:	M - 1	TIPO DE MATERIAL:	Suelo
UBICACIÓN:	Llushcapampa		COLOR DE MATERIAL:	Marrón claro	
FECHA DE MUESTREO:	07 - 03 - 2020	RESPONSABLE:	Zapana Quispe, Cleofe		
FECHA DE ENSAYO:	12 - 03 - 2020	REVISADO POR:	Oscar Vásquez Mendoza		

Peso de muestra seca; Ws	500	gr
--------------------------	-----	----

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO - C2 - M1					
Tamiz	Abertura	Peso Retenido (gr)	% RP	%RA	% que pasa
1/2"	12.4	0	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.4	1.3	0.30	0.30	99.70
1/4"	6.1	5.9	1.37	1.67	98.33
Nº 4	4.76	5.3	1.23	2.90	97.10
Nº10	2	15.2	3.53	6.42	93.58
Nº20	0.84	11	2.55	8.97	91.03
Nº30	0.59	7.1	1.65	10.62	89.38
Nº40	0.42	6.2	1.44	12.06	87.94
Nº60	0.25	12.5	2.90	14.96	85.04
Nº100	0.15	15.3	3.55	18.51	81.49
Nº200	0.074	11.5	2.67	21.17	78.83
Perdida	Lavado	339.9	78.83	100.00	0.00
Total		431.2	100.00		



CURVA GRANULOMÉTRICA

OBSERVACIONES: Según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), está compuesta por: Grava: 2.9%, Arena: 18.27% y Finos: 78.83%.




RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
	 Oscar Vásquez Mendoza	
NOMBRE: Zapana Quispe, Cleofe	NOMBRE: Coordinador de Laboratorio de Muestras	NOMBRE: [Firma]
FECHA: 12 - 03 - 2020	FECHA: Universidad Privada del Norte Cajamarca	FECHA: 12 - 03 - 2020

Figura A. N° 3: Análisis granulométrico C2 – M1

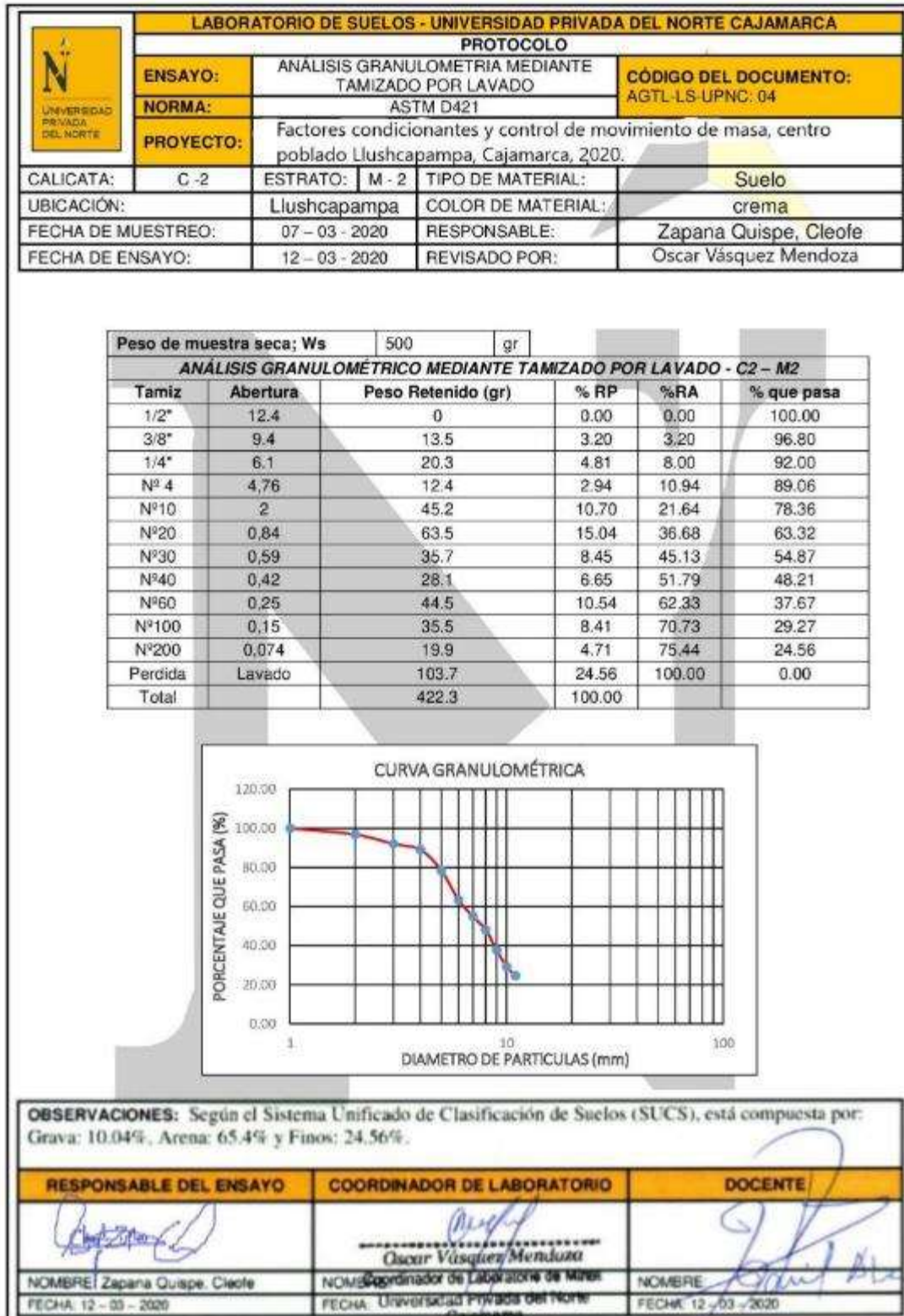




Figura A. N° 4: Análisis granulométrico C2 – M2

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
PROTOCOLO					
	ENSAYO:	LÍMITES DE PLASTICIDAD			CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	NORMA:	NTP E339.130 / MTC E111 / ASTM D4318			LP-LS-UPNC: 05
	PROYECTO:	Factores condicionantes y control de movimiento de masa, Centro poblado Llushcapampa, Cajamarca, 2020.			
CALICATA:	C - 1	ESTRATO:	M-1-2	TIPO DE MATERIAL:	volcánica
UBICACIÓN:	Llushcapampa		COLOR DE MATERIAL:	Marrón - Crema	
FECHA DE MUESTREO:	06 - 03 - 2020		RESPONSABLE:	Zapana Quispe, Cleofe	
FECHA DE ENSAYO:	09 - 03 - 2020		REVISADO POR:	Oscar Vásquez Mendoza	

DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL)								
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	1	2	3
A	Identificación de Recipiente	Nº	C1	C1	C1	C1	C1	C1
B	Suelo Húmedo + Recipiente	gr	M1-T1	M1-T2	M1-T3	M2-T1	M2-T2	M2-T3
C	Suelo Seco + Recipiente	gr	45.2	41.6	43.8	45.3	45.9	41.8
D	Peso de Recipiente	gr	37.9	36.2	38.2	39.1	40.1	37.6
E	Peso del Agua (B - C)	gr	27.2	26.8	26.8	27.2	27.7	27.2
F	Peso Suelo Seco (C - D)	gr	7.3	5.4	5.6	6.2	5.8	4.2
G	Número de Golpes	N	10.7	9.4	11.4	11.9	12.4	10.4
H	Contenido de Humedad (E/F)*100	%	13.0	18.0	24.0	12.0	15.0	20.0
			68.2	57.4	49.1	52.1	46.8	40.4

DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP)				
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2
A	Identificación de Recipiente	Nº	C1 - M1	C1 - M2
B	Suelo Húmedo + Tara	gr	34.7	34.6
C	Suelo Seco + Tara	gr	32.6	32.3
D	Peso de Tara	gr	27.7	27.3
E	Peso del Agua (B - C)	gr	2.1	2.3
F	Peso Suelo Seco (C - D)	gr	4.9	5
G	Contenido de Humedad (E/F)*100	%	42.9	46
H	Promedio Límite Plástico		44.43	



LÍMITE LÍQUIDO - C1 - M2

CONTENIDO DE HUMEDAD w%

NUMERO DE GOLPES

OBSERVACIONES: Los límites de consistencia: M1 - Líquido: 58.3%, Plástico: 44.4% y LP: 13.9%.
M2 - Líquido: 46.4%, Plástico: 44.4% y LP: 2.0%.

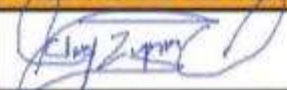
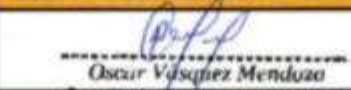


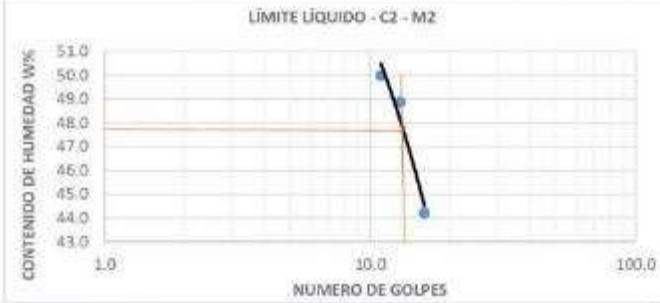
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
	 Oscar Vásquez Mendoza	
NOMBRE: Zapana Quispe, Cleofe	NOMBRE: Coordinador de Laboratorio de Muestras	NOMBRE:
FECHA: 09 - 03 - 2020	FECHA: Universidad Privada del Norte Cajamarca	FECHA:

Figura A. N° 5: Límite de plasticidad - C1

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
PROTOCOLO					
	ENSAYO:	LÍMITES DE PLASTICIDAD			CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	NORMA:	NTP E339.130 / MTC E111 / ASTM D4318			LP-LS-UPNC: 06
	PROYECTO:	Factores condicionantes y control de movimiento de masa, centro poblado Llushcapampa, Cajamarca, 2020.			
CALICATA:	C - 2	ESTRATO:	M - 1-2	TIPO DE MATERIAL:	volcánica
UBICACIÓN:	Llushcapampa		COLOR DE MATERIAL:	Marrón - Crema	
FECHA DE MUESTREO:	06 - 03 - 2020		RESPONSABLE:	Zapana Quispe, Cleofe	
FECHA DE ENSAYO:	09 - 03 - 2020		REVISADO POR:	Oscar Vasquez Mendoza	

DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL)								
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	1	2	3
A	Identificación de Recipiente	Nº	C2	C2	C2	C2	C2	C2
			MI-T1	MI-T2	MI-T3	M2-T1	M2-T2	M2-T3
B	Suelo Húmedo + Recipiente	gr	43.2	41.9	42.8	45.7	40.2	41.5
C	Suelo Seco + Recipiente	gr	37.1	36.1	36.7	39.6	35.8	37.3
D	Peso de Recipiente	gr	27.2	26.4	26.4	27.4	26.8	27.8
E	Peso del Agua (B - C)	gr	6.1	5.8	6.1	6.1	4.4	4.2
F	Peso Suelo Seco (C - D)	gr	9.9	9.7	10.3	12.2	9.0	9.5
G	Número de Golpes	N	15.0	18.0	24.0	11.0	13.0	16.0
H	Contenido de Humedad (E/F)*100	%	61.6	59.8	59.2	50.0	48.9	44.2

DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP)				
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	1
A	Identificación de Recipiente	Nº	C2 - M1	C2 - M2
B	Suelo Húmedo + Tara	gr	35.7	34.3
C	Suelo Seco + Tara	gr	33.4	32.2
D	Peso de Tara	gr	27.7	27.3
E	Peso del Agua (B - C)	gr	2.3	2.1
F	Peso Suelo Seco (C - D)	gr	5.7	4.9
G	Contenido de Humedad (E/F)*100	%	40.4	42.9
H	Promedio Límite Plástico		41.60	



LÍMITE LÍQUIDO - C2 - M2

CONTENIDO DE HUMEDAD W%

NUMERO DE GOLPES


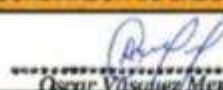

OBSERVACIONES: límites de consistencia: M1- Líquido: 60.2%, Plástico: 41.6% y un LP: 18.6% M2- Líquido: 47.7%, Plástico: 41.6% y un LP: 6.1%.		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
	 Oscar Vasquez Mendoza	
NOMBRE: Zapana Quispe, Cleofe	NOMBRE: Coordinador de Laboratorio de Minas	NOMBRE:
FECHA: 09 - 03 - 2020	FECHA: Universidad Privada del Norte Cajamarca	FECHA:

Figura A. N° 6: Límite de plasticidad - C2

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA						
PROTOCOLO						
ENSAYO:		CONTENIDO DE HUMEDAD			CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	
NORMA:		MTC E 108 / ASTM D2216 / NTP 339.127			CH-LS-UPNC: 7	
PROYECTO:		Factores condicionantes y control de movimiento de masa, Centro poblado Llushcapampa, Cajamarca, 2020.				
CANTERA:	01	MUESTRA:	M-1-2	TIPO DE MATERIAL:	volcánico	
UBICACIÓN:	Llushcapampa			COLOR DE MATERIAL:	crema	
FECHA DE MUESTREO:	08 - 03 - 2020		RESPONSABLE:	Zapana Quispe, Cleofe		
FECHA DE ENSAYO:	10 - 03 - 2020		REVISADO POR:	Oscar Vásquez Mendoza		

Temperatura de Secado: 110 °C Método: Horno 110 ± 5 °C

CONTENIDO DE HUMEDAD						
ID	DESCRIPCIÓN	UND	C - 1		C - 2	
			M - 1	M - 2	M - 1	M - 2
A	Identificación del recipiente o Tara	-				
B	Peso del Recipiente	gr	71.6	79.6	79.7	79.6
C	Recipiente + Material Natural	gr	746.8	991.1	812.3	1042.3
D	Recipiente + Material Seco	gr	682.0	917.2	750.5	978.9
E	Peso del material húmedo	gr	675.2	911.5	732.6	962.7
F	Peso del material Seco $(W_{mh}) = C - B$	gr	610.4	837.6	670.8	899.3
W %	Porcentaje de humedad $(W_s) = D - B$ $(E - F / F) * 100$	%	10.62	8.82	9.21	8.16
G	Promedio Porcentaje Humedad	%	9.7		8.7	

$$(W\%) = \frac{W_{mh} - W_s}{W_s} * 100$$

Nota: Materia hace mención tanto al suelo como a los agregados tanto grueso como fino.

OBSERVACIONES: El contenido de humedad: C1 - 9.7 % y en la C2 - 8.7 %.

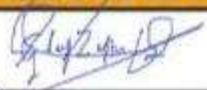


RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
	 Oscar Vásquez Mendoza	
NOMBRE: Zapana Quispe, Cleofe	NOMBRE: Coordinador de Laboratorio de Minas	NOMBRE: Asesor
FECHA: 10 - 03 - 2020	FECHA: Universidad Privada del Norte Cajamarca	FECHA:

Figura A. N° 7: Contenido de humedad - C1 - C2

ANEXO B: Panel fotográfico



Figura B. N° 1: Reconocimiento de la zona de estudio.



Figura B. N° 2: Escape principal del deslizamiento



Figura B. N° 3: Posible deslizamiento de la zona de invernadero.



Figura B. N° 4: Infiltración de agua de tubería



Figura B. N° 5: Escorrentía e infiltración de agua de las zonas de regadío



Figura B. N° 6: Manejo de drones para ver la imagen satelital de la zona



Figura B. N° 7: Vuelo de drones de 20 minutos en la zona de estudio



Figura B. N° 8: Exploración de las calicatas.



Figura B. N° 9: Profundidad de la calicata C-1 = 1.80m.



Figura B. N° 10: Calicata C-2 = 10 m, en el escarpe principal.



Figura B. N° 11: Cuarteo de la muestra, C-2



Figura B. N° 12: Peso de la muestra C-2.



Figura B. N° 13: Zarandeo de la muestra.



Figura B. N° 14: Copa de Casagrande y la muestra.



Figura B. N° 15: Determinación del límite líquido.




Figura B. N° 16: Determinación del límite plástico.




Figura B. N° 17: Secado en el horno 110 ± 5 °C

Figura B. N° 18: Descripción de la calicata 02

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		DESCRIPCIÓN DE CALICATA	ANEXO B PERFIL ESTRATIGRAFICO							
CALICATA N° 02			Nombre del Proyecto							
FACTORES CONDICIONANTES Y CONTROL DE MOVIMIENTO DE MASA, CENTRO POBLADO LUSH-CAPAMPA, CAJAMARCA - 2020										
Fecha							7-Mar-20			
DEPTO. Y PROV. DE CAJAMARCA										
			Longitud		Latitud					
TESTISTAS:							Carlos Ruitón Herrera - Cleofe Zapana Quispe			
EQUIPO:										
OPERADOR:										
NIVEL FREÁTICO:							No			
CONDICIONES DE LA SUPERFICIE:							Se observó que la superficie está compuesta por un material orgánico.			
PROP. RAÍCES:										
		Estimación Visual:								
PROF. (M)	MUESTRA N°	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	% SOBRESATURADO ¹	% GRASA ²	% ARENA ³	% FINES ³	COLOR	CONSISTENCIA Y COMPACTACIÓN ⁴	PLASTICIDAD (P.L., P.U.)	% Humedad
0.0		Suelo arcilloso inorgánico, finos (CI) con presencia de material orgánico	0.00	0.00	15.27	73.55	Marrón		Medio - alta	9.21
0.2										
0.4										
0.6										
0.8		Arena limosa, mediana arena y limo (SM), con un 10.04% grava, arena 0.4-4.75mm 34.94%, es un tipo de material inorgánico de color marrón claro y café, incluyendo una matriz arcillosa con un significativo porcentaje de grava.	0.00	10.04	66.40	24.68	Marrón Claro		Baja	8.76
1.0										
1.2										
<p>Notas:</p> <p>¹ Porcentaje = 3 subpuntos.</p> <p>² Suelo de grado arenoso y fino = 100%</p> <p>³ Para arena de gran fino (0.075mm) muy fina, medio, fino, 0.425 y 0.85 mm.</p> <p>⁴ Para suelo de grano grueso (0.075mm) de alta mediana, mediana.</p> <p>⁵ Para suelo de coque dividido en: a) arcilla, b) limo, c) arena, d) grava.</p>										

Fuente: Elaboración propia, 2020

Figura B. N° 19: Descripción de la calicata 01

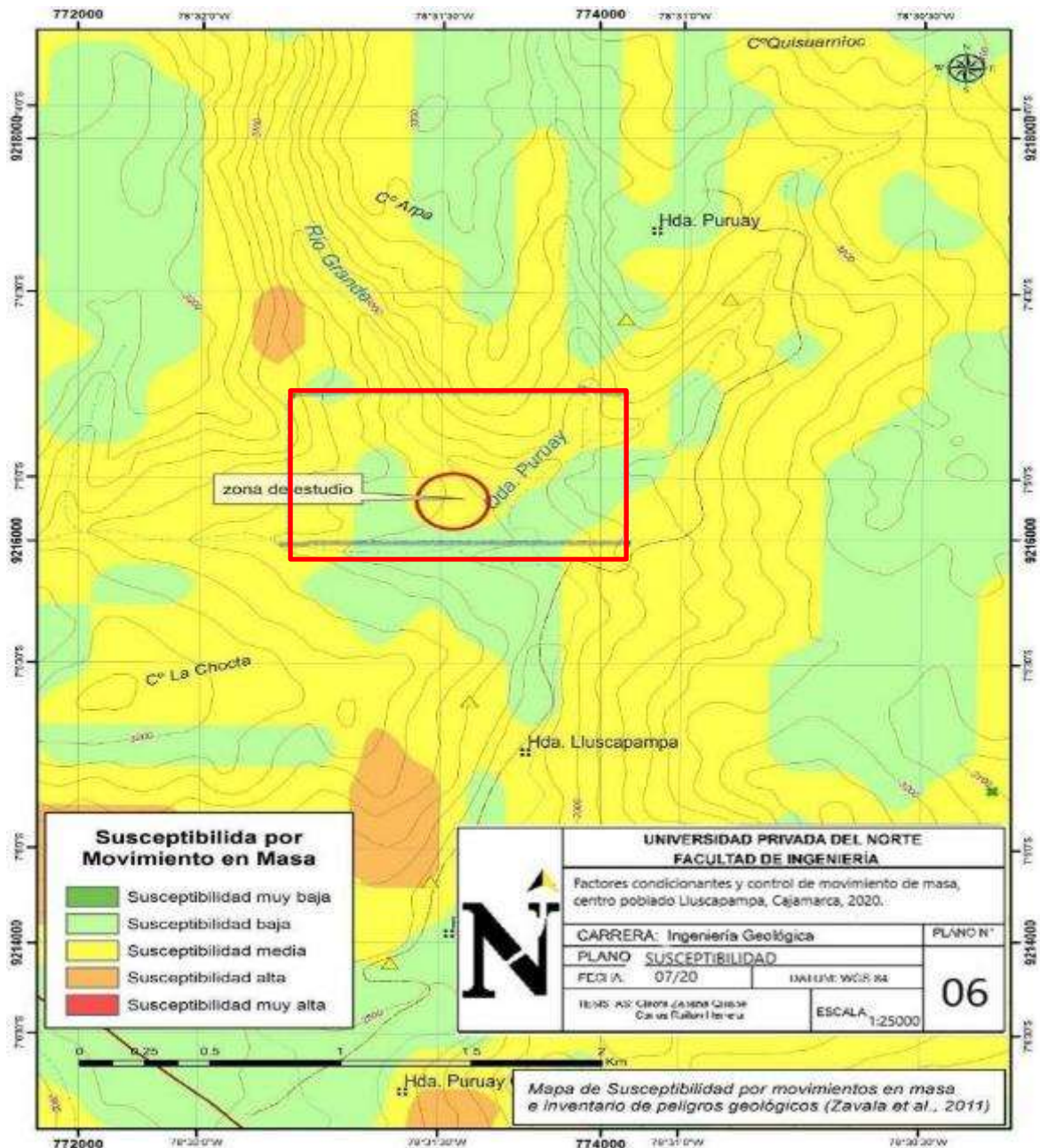
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		DESCRIPCIÓN DE CALICATA		ANEXO B PERFIL ESTRATIGRAFICO							
CALICATA N° 01				Nombre del Proyecto:							
FACTORES CONDICIONANTES Y CONTROL DE MOVIMIENTO DE MASA, CENTRO POBLADO LLUSHCAPAMPA, CAJAMARCA, 2020											
Fecha:				7-Mar-20							
Distrito y Prov. DE CAJAMARCA											
Longitud:				Latitud:							
TIERRAS: Delineo Puntos horizontales - Círculo Zapana Guajay											
EQUIPO: ---											
OPERADOR: ---											
NIVEL FREÁTICO: No											
CONDICIONES DE LA SUPERFICIE: Se observó que la superficie está compuesta por un material orgánico.											
PROFUNDIDADES: ---											
Estimación Visual											
PROF. (m)	MUESTRA No.	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	MUESTREO				COLOR	CONDICIÓN DE LA SUPERFICIE	PLASTICIDAD (%)	LÍMITE LIQUIDO	
			SI SUPERFICIE	SI GRASA	SI HUMEDAD	SI PEGAJOSO					
0.0		Suelo arcilloso (argiloso), fríasca (CT) con presencia de material orgánico	0.00	0.88	18.34	78.78	Marrón		Medio - alta	10.60	
1.0		Arena limosa, arcillosa arena y limo (SL), en un 15.3% arena, arena (1.12%), fines (1.67%), no presenta cohesión, material de color marrón claro	0.00	15.35	51.15	33.07	Marrón claro		Baja	9.60	
2.0											
3.0											
4.0											
5.0											
6.0											
7.0											
8.0											
9.0											
10.0											

Notas:

- 1. Presencia de huecos.
- 2. Base de arena, arena y limo = 100%.
- 3. Base de arena y limo (arena) en la tabla de arena, limo y arcilla.
- 4. Para arena de construcción (con concreto, bloques, ladrillos, etc.)
- 5. Para arena de construcción (con concreto, bloques, ladrillos, etc.)
- 6. Material de construcción (con concreto, bloques, ladrillos, etc.)

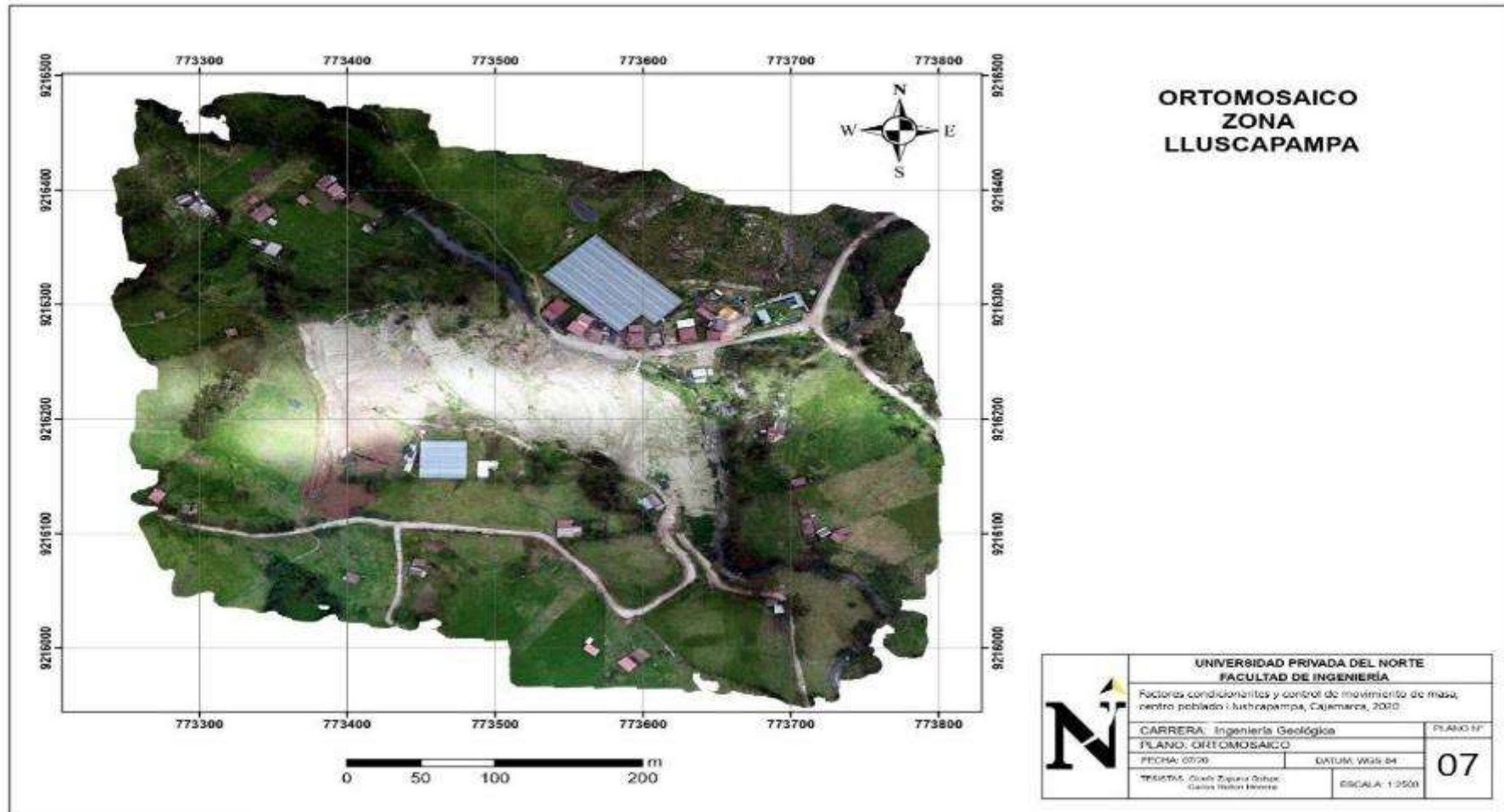
Fuente: Elaboración propia, 2020

Figura N°26: Mapa de susceptibilidad por movimiento de masa - Llushcapampa – Cajamarca.



Fuente: Elaboración propia, 2020

Figura N° 27: Ortomosaico - zona de estudio de Llushcapampa – Cajamarca - 2020



Fuente: Elaboración propia, 2020.