

**UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE
MENDOZA DE AMAZONAS**

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



INFORME DE TESIS

**EVALUACIÓN DEL PELIGRO DE DESLIZAMIENTO DE
SUELOS DE LA RESIDENCIAL MAGISTERIAL DE LA
CIUDAD DE CHACHAPOYAS.**

**PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

AUTOR:

Bach. Sambrano Goicochea, Alexander

ASESOR: Ing. Jorge Chávez Güivin

CO-ASESOR: Ing. Jhon Aguilar Castillo

CHACHAPOYAS – AMAZONAS - PERÚ

2017

**UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE
MENDOZA DE AMAZONAS**

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



INFORME DE TESIS

**EVALUACIÓN DEL PELIGRO DE DESLIZAMIENTO DE
SUELOS DE LA RESIDENCIAL MAGISTERIAL DE LA
CIUDAD DE CHACHAPOYAS.**

**PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

AUTOR:

Bach. Sambrano Goicochea, Alexander

ASESOR: Ing. Jorge Chávez Güivin

CO-ASESOR: Ing. Jhon Aguilar Castillo

CHACHAPOYAS – AMAZONAS - PERÚ

2017

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi padre Pedro Pablo Sambrano Rodríguez y a mi madre Isabel Goicochea Medina, por todo su esfuerzo y sacrificio para brindarme la mejor educación, por estar siempre a mi lado y ser mi fortaleza en mis momentos de debilidad.

A mi hermana Marleny Sambrano Goicochea por su cariño y apoyo incondicional.

Todos mis logros se los debo a ustedes.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer de manera muy especial a mi padre Pedro Pablo Sambrano Rodríguez, a mi madre Isabel Goicochea Medina y a mi hermana Marleny Sambrano Goicochea por brindarme sus consejos y enseñanzas para convertirme en mejor persona, por enseñarme que en la vida nada se obtiene gratis y que uno debe luchar por alcanzar sus metas.

También quiero agradecer a la Señora María Villacrez Gallo, a la señora Duany Gómez Inga y a todas las personas que forman parte de la familia de Beca 18 Unidad de Enlace Regional Amazonas, por el cariño y apoyo brindado durante todos estos años de estudio.

Al presidente Ollanta Moisés Humala Tasso por la creación del programa Beca 18, el cual me brindó apoyo económico y permitió terminar satisfactoriamente mis estudios.

A mis familiares y amigos por el apoyo en el trabajo de campo durante la ejecución de esta tesis.

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

**UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA
DE AMAZONAS**

Ph. D. Jorge Luis Maicelo Quintana

RECTOR

Dr. Oscar Andrés Gamarra Torres

VICERRECTOR ACADÉMICO

Dra. María Nelly Lujan Espinoza

VICERRECTORA DE INVESTIGACIÓN

Dr. Miguel Ángel Barrena Gurbillón

DECANO

VISTO BUENO DEL ASESOR

Yo, Jorge Chávez Guivin, Ingeniero Civil y Docente de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental de esta casa superior de estudios; como asesor de la tesis “**EVALUACIÓN DEL PELIGRO DE DESLIZAMIENTO DE SUELOS DE LA RESIDENCIAL MAGISTERIAL DE LA CIUDAD DE CHACHAPOYAS**” elaborado por el Bachiller Alexander Sambrano Goicochea, considero que cumple con los requisitos de fondo y de forma, por lo que **DOY EL VISTO BUENO** respectivo para su evaluación y sustentación correspondiente.

Por lo tanto:

Firmo la presente para mayor constancia.

Chachapoyas, 16 de agosto del 2017

Ing. Jorge Chávez Guivin

Asesor

JURADO EVALUADOR

Arq. Guillermo Arturo Díaz Jáuregui

Presidente

Dr. Wagner Guzmán Castillo

Secretario

Ing. John Hilmer Saldaña Núñez

Vocal

DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO

Yo, ALEXANDER SAMBRANO GOICOCHEA, identificado con DNI N° 60254139, estudiante de la Escuela Profesional de INGENIERÍA CIVIL de la Facultad de INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

Declaro bajo juramento que:

1. Soy autor de la tesis titulada:
“EVALUACIÓN DEL PELIGRO DE DESLIZAMIENTO DE SUELOS DE LA RESIDENCIAL MAGISTERIAL DE LA CIUDAD DE CHACHAPOYAS”
La misma que presento para optar: TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo toda responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones civiles y penales que de mi acción se deriven.

Chachapoyas, 16 de agosto del 2017

.....
Alexander Sambrano Goicochea

DNI N° 60254139

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
AUTORIDADES UNIVERSITARIAS.....	iii
VISTO BUENO DEL ASESOR	iv
JURADO EVALUADOR	v
DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO.....	vi
TABLA DE CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT	xiv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	3
2.1. Objetivo general.....	3
2.2. Objetivos específicos:	3
III. MARCO TEÓRICO	4
3.1. Antecedentes de la Investigación:.....	4
3.2. Bases Teóricas	7
3.2.1. Remoción en masa.....	7
3.2.2. Clasificación de los procesos de remoción en masa.....	7
3.2.3. Deslizamiento	8
3.2.4. Factores condicionantes y desencadenantes del deslizamiento.....	15
3.2.5. Peligro de Deslizamiento.....	31
3.2.6. Análisis del peligro de deslizamiento.....	31
3.2.7. Zonificación del peligro de Deslizamiento.....	32
3.2.8. Sistema de información geográfica (SIG)	33
3.3. Definición de Términos Básicos.....	35
IV. MATERIAL Y MÉTODOS	37
4.1. Objeto de Estudio.....	37
4.2. Diseño de Investigación.....	37

4.3.	Población, Muestra y Muestreo	37
4.3.1.	Población	37
4.3.2.	Muestra	37
4.3.3.	Muestreo	37
4.4.	Métodos	38
4.4.1.	Método Inductivo	38
4.4.2.	Método Deductivo	38
4.4.3.	El Método Analítico	38
4.5.	Técnicas	39
4.6.	Instrumentos.....	39
4.7.	Procedimiento	39
4.8.	Análisis de Datos	40
V.	RESULTADOS	41
5.1.	Estudio de los factores que intervienen en el peligro de deslizamiento	45
a.	Geología.....	45
b.	Geomorfología.....	51
c.	Pendiente.....	53
d.	Precipitaciones	56
e.	Cobertura vegetal.....	59
f.	Uso Actual del Suelo	61
5.2.	Condición Intrínseca, Hidrometereológica y Biológica.	66
5.3.	Mapa de Peligro de Deslizamiento	70
VI.	DISCUSIÓN.....	75
VII.	CONCLUSIONES.....	80
VIII.	RECOMENDACIONES	81
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82
	ANEXOS.....	85
	ANEXO N° 01. Resultados de estudio de mecánica de suelos de la Residencial Magisterial de la ciudad de Chachapoyas.....	85
	ANEXO N° 02. Opinión experta sobre el peligro respecto al factor geomorfología. ...	101
	ANEXO N° 03. Datos meteorológicos mensuales de la ciudad de Chachapoyas.....	102
	ANEXO N° 04. Panel Fotográfico del trabajo de campo.....	107

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 01. Clasificación de las remociones en masa.....	8
Tabla N° 02. Ensayos de mecánica de suelos.....	17
Tabla N° 03. Clasificación SUCS de suelo de grano fino.....	18
Tabla N° 04. Clasificación SUCS de suelo de grano grueso.....	19
Tabla N° 05. Valoración de susceptibilidad litológica SI Caso Suelos.....	20
Tabla N° 06. Clasificación de la susceptibilidad a los deslizamientos con base a la morfología del terreno.....	22
Tabla N° 07. Clasificación utilizada para elaborar el mapa de pendientes.	23
Tabla N° 08. Clasificación del Índice Modificado de Fournier.	24
Tabla N° 09. Clasificación utilizada para elaborar el mapa de cobertura vegetal.....	27
Tabla N° 10. Descripción de los conflictos del uso de la tierra y su aporte a deslizamientos de tierra.....	30
Tabla N° 11. Jerarquización de los componentes del peligro de deslizamiento.	32
Tabla N° 12. Niveles de susceptibilidad de los deslizamientos de tierra.	32
Tabla N° 13. Ángulo de fricción interna del suelo.....	49
Tabla N° 14. Cohesión efectiva del suelo.	49
Tabla N° 15. Clasificación de la Geomorfología de la Residencial Magisterial.....	51
Tabla N° 16. Área en peligro de deslizamiento – Factor Geomorfología.....	51
Tabla N° 17. Área en peligro de deslizamiento – Factor Pendiente.....	53
Tabla N° 18. Precipitaciones (mm), Año 2012 – 2016, Chachapoyas.....	56
Tabla N° 19. Cálculo del índice modificado de Fournier.....	56
Tabla N° 20. Área en peligro de deslizamiento - Factor Cobertura Vegetal.....	59
Tabla N° 21. Estudio de suelos - Calicata N° 01.....	61
Tabla N° 22. Estudio de suelos - Calicata N° 02.....	62
Tabla N° 23. Estudio de suelos - Calicata N° 03.....	62

Tabla N° 24. Área en peligro de deslizamiento - Factor Uso Actual del Suelo	63
Tabla N° 25. Área en peligro de deslizamiento Residencial Magisterial.....	72
Tabla N° 26. Influencia de los factores en el peligro de deslizamiento	72
Tabla N° 27. Influencia de acuerdo al nivel de peligro de deslizamiento.	73
Tabla N° 28. Datos meteorológicos de la ciudad de Chachapoyas, Año 2012.	102
Tabla N° 29. Datos meteorológicos de la ciudad de Chachapoyas, Año 2013.	103
Tabla N° 30. Datos meteorológicos de la ciudad de Chachapoyas, Año 2014.	104
Tabla N° 31. Datos meteorológicos de la ciudad de Chachapoyas, Año 2015.	105
Tabla N° 32. Datos meteorológicos de la ciudad de Chachapoyas, Año 2016.	106

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 01. Distribución porcentual de los peligros por movimiento en masa y peligros geohidrológicos en la región Amazonas.	6
Figura N° 02. Nomenclatura de las diferentes partes que conforman un deslizamiento	10
Figura N° 03. Dimensiones de los movimientos en masa	12
Figura N° 04. Deslizamiento rotacional	13
Figura N° 05. Deslizamiento de traslación.....	15
Figura N° 06. Estabilización de taludes usando vegetación.....	26
Figura N° 07. Efectos de la modificación de la topografía.	29
Figura N° 08. Superposición de Diferentes Capas Temáticas Georreferenciadas.	35
Figura N° 09. Mapa de localización N° 01.....	42
Figura N° 10. Mapa de localización N° 02.....	43
Figura N° 11. Área en estudio - Residencial Magisterial de la ciudad de Chachapoyas	44
Figura N° 12. Mapa de dominios Tectono – Estratigráficos.	45
Figura N° 13. Plano geológico del terreno de la Derrama Magisterial Chachapoyas.	47
Figura N° 14. Cuadro estratigráfico.	48
Figura N° 15. Mapa de peligro de deslizamiento de suelos - Factor Geología.....	50
Figura N° 16. Mapa de peligro de deslizamiento de suelos - Factor Geomorfología	52
Figura N° 17. Curvas de nivel del área en estudio.	54
Figura N° 18. Mapa de peligro de deslizamiento de suelos - Factor Pendiente.....	55
Figura N° 19. Comparación Índice modificado de Fournier, Año 2012 - 2016.....	57
Figura N° 20. Mapa de peligro de deslizamiento de suelos - Factor Precipitaciones	58

Figura N° 21. Mapa de peligro de deslizamiento de suelos - Factor Cobertura Vegetal	60
Figura N° 22. Modelo de vivienda de la Residencial Magisterial Chachapoyas.	64
Figura N° 23. Mapa de peligro de deslizamiento de suelos - Factor Uso Actual del Suelo.....	65
Figura N° 24. Combinación de los factores del peligro de deslizamiento.	66
Figura N° 25. Mapa de peligro de deslizamiento de suelos – Condiciones Intrínsecas	67
Figura N° 26. Mapa de peligro de deslizamiento de suelos – Condiciones Hidrometereológicas.	68
Figura N° 27. Mapa de peligro de deslizamiento de suelos – Condiciones Biológicas.	69
Figura N° 28. Model Builder - Peligro de deslizamiento de suelos de la Residencial Magisterial de la ciudad de Chachapoyas.	70
Figura N° 29. Mapa de Peligro de deslizamiento de suelos de la Residencial Magisterial Chachapoyas.	71
Figura N° 30. Influencia de los factores en el peligro de deslizamiento de suelos Residencial Magisterial Chachapoyas.	73
Figura N° 31. Comparación de los niveles de peligro de deslizamiento de suelos en función de su influencia.	74

RESUMEN

El propósito de esta investigación fue evaluar el peligro de deslizamiento de suelos existente en la Residencial Magisterial de Chachapoyas, partiendo de la problemática que existe un total de 195 viviendas las cuales no se encuentran habitadas debido al temor que el terreno pueda deslizarse y producir tanto pérdidas humanas como materiales. El diseño de investigación utilizado es no experimental, siguiendo los métodos inductivo, deductivo y analítico, con un tipo de muestreo no probabilístico por conveniencia. Los factores evaluados fueron: geología, geomorfología, topografía, precipitaciones, cobertura vegetal y el uso actual del suelo. La evaluación de cada factor se realizó en cinco niveles de peligro que son: Muy bajo (MB), Bajo (B), Moderado (M), Alto (A) y Muy Alto (MA). Todos estos factores se evaluaron con el programa ArcGis 10.5. La zonificación en función al peligro de deslizamiento de suelos existente en la Residencial Magisterial de la ciudad Chachapoyas es Moderado (31.17 %) y Alto (68.83 %). La principal conclusión a la que se llegó es que el peligro de deslizamiento de suelos que existe en el área de estudio es alto y el factor que más influye es la geomorfología.

PALABRAS CLAVE: Peligro, deslizamiento, residencial, zonificación

ABSTRACT

The purpose of this research was to evaluate the landslide hazard existing soils in the Magisterial Residential Chachapoyas, starting from the problem that there is a total of 195 houses which are not inhabited because of the fear that the land can slip and produce both losses human and material. The research design used is not experimentally, following the inductive, deductive and analytical methods, with a type of non-probability sampling for convenience. The factors evaluated were: geology, geomorphology, topography, rainfall, vegetation cover and current land use. The evaluation of each factor was conducted in five levels of danger they are: Very low (VL), Low (L), Moderate (M), High (H) and very high (VH). All these factors were evaluated with 10.5 ArcGis program. Zoning according to the danger of slipping on existing floors Magisterial City Residential Chachapoyas is moderate (31.17 %) and high (68.83 %). The main conclusion that was reached is that the danger of sliding soil exists in the studied area is high and the most influential factor is the geomorphology.

KEY WORDS: Hazard, landslide, residential, zoning.

I. INTRODUCCIÓN

Los deslizamientos son uno de los procesos geológicos más destructivos, que causan miles de muertes y daño en las propiedades por valor de decenas de billones de dólares cada año. (Brabb & Hrod, 1989).

Los deslizamientos constituyen un gran peligro en zonas que están pobladas, la ocurrencia de estos produce la pérdida de vidas, destrucción de viviendas, calles, terrenos de cultivo, bloqueo de carreteras y ríos, etc. Los deslizamientos son tan poderosos que pueden sepultar pueblos enteros y reducirlos a la nada.

La presencia de deslizamientos es un fenómeno sujeto a muchos grados de incertidumbre, debido a que éstos incluyen diferentes tipos de movimientos, velocidades, modos de falla, materiales, restricciones geológicas, etc. Cuando existe incertidumbre sobre la posibilidad o no, de la ocurrencia de un fenómeno, generalmente se toman decisiones equivocadas de diseño. (Suárez, 2009)

Sin embargo, un gran porcentaje de las pérdidas por deslizamientos son evitables si el problema se identifica con anterioridad y se implementan las medidas de prevención o control. Ídem

La presente investigación evalúa el peligro de deslizamiento de suelos existente en la Residencial Magisterial de la ciudad de Chachapoyas, debido a que en esta residencial existe un total de 195 viviendas las cuales no se encuentran habitadas debido al temor colectivo que existe de la población de que el terreno pueda deslizarse y producir tanto pérdidas humanas como también materiales.

En la ciudad de Chachapoyas existe la necesidad de vivienda en aumento de muchas personas, esto debido al crecimiento acelerado de la población, lo cual ha generado que se construyan viviendas en zonas donde las condiciones geológicas, geomorfológicas, topográficas, hidrometereológicas y biológicas no son las apropiadas para la construcción.

Para la evaluación del peligro de deslizamiento de suelos existente en la Residencial Magisterial de la ciudad de Chachapoyas se realizó la zonificación del terreno, la cual consiste en la división de este en áreas homogéneas y la valoración de cada una de estas áreas de acuerdo con el grado real o potencial de peligro. Esta evaluación se realiza en cinco niveles que son: Muy bajo (MB), Bajo (B), Moderado (M), Alto (A) y Muy Alto (MA).

La zonificación de amenazas y riesgos es una herramienta muy útil para la toma de decisiones. Los deslizamientos deben tenerse en cuenta en la planificación de expansión de una ciudad, sobre todo en zonas con terrenos de gran pendiente o donde existe evidencia de que ha existido o puede existir un deslizamiento para así evitar futuros desastres.

Los factores que se evaluaron para obtener el peligro de deslizamiento de suelos se dividen en dos grupos:

- Los condicionantes dependen de las propiedades intrínsecas del suelo, las cuales son: geología, geomorfología y topografía.
- Los desencadenantes que son factores externos que actúan sobre el terreno provocando o desencadenando su inestabilidad al modificar las condiciones preexistentes, entre ellos están: Las precipitaciones, la existencia de cobertura vegetal y el uso que se le da al suelo.

Todos estos factores se evaluaron con la herramienta ArcGis 10.5, realizando un mapa de peligro de cada factor por separado y luego combinándolos con la herramienta “*model builder*”, utilizando la jerarquización establecida a cada factor.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- ♠ Evaluar el peligro de deslizamiento de suelos en la Residencial Magisterial de la ciudad de Chachapoyas.

2.2. Objetivos específicos:

- ♠ Identificar los factores que intervienen en el deslizamiento de suelos.
- ♠ Establecer la zonificación de peligro de deslizamiento de suelos de la Residencial Magisterial de la ciudad de Chachapoyas.
- ♠ Determinar el factor que más influye para la ocurrencia de deslizamiento de suelos.
- ♠ Brindar recomendaciones para mitigar el peligro de deslizamiento de suelos.

III. MARCO TEÓRICO

3.1. Antecedentes de la Investigación:

Los deslizamientos son uno de los procesos geológicos más destructivos, que causan miles de muertes y daño en las propiedades por valor de decenas de billones de dólares cada año. (Brabb & Hrrrod, 1989)

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, etc. El volumen total de daños es superior al de los terremotos y las inundaciones. Sin embargo, un gran porcentaje de las pérdidas por deslizamientos son evitables si el problema se identifica con anterioridad y se implementan las medidas de prevención o control. (Suarez, 2009)

El estudio de deslizamientos de suelos es de gran importancia a nivel mundial, estas investigaciones se realizan con la finalidad de realizar un ordenamiento territorial, además de evaluar el peligro y realizar planes de mitigación, prevención y organizar a la población para dar paso a la gestión de peligro.

En Nicaragua, la Universidad Nacional Agraria por medio de la Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente, en el año 2009 realizó un estudio en el municipio de la Conquista, Carazo, para evaluar el grado de amenaza y riesgo a que produzcan deslizamientos de tierra, y en este sentido mejorar la gestión de riesgo del municipio en pro de su desarrollo ordenado desde el punto de vista social y productivo, determinando que el factor intrínseco que más influye en la susceptibilidad a la ocurrencia de deslizamientos es la pendiente (condicionante), y el factor extrínseco de mayor influencia es el conflicto de uso de tierra (detonante).

En Ecuador la Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES), en el año 2009 realizó estudios a nivel nacional de peligro de deslizamiento, entre ellos el estudio de deslizamientos de las provincias de Loja y Zamora; así como también la Dirección Nacional de Geología (DINAGE, 2004) realizó el estudio de deslizamiento de la comunidad Paccha, provincia de Chimborazo, en donde se observa que factores como las lluvias, la geología y el uso del suelo son factores muy importantes para determinar el peligro de deslizamientos de suelos.

Tambo, (2011) realizó el estudio de peligro de deslizamiento del norte de la ciudad de Loja, provincia de Loja, Ecuador donde determino que la mayor cantidad de deslizamientos se localizan en las áreas de mayor intensidad de lluvia, lo que confirma al factor hidrometeorológico como el principal detonante para la ocurrencia de deslizamientos en el área de estudio.

A nivel nacional, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, viene ejecutando desde el año 2000 trabajos de inventario y cartografiado de peligros geológicos cuya contribución ayudan en la prevención de desastres y el ordenamiento territorial del país.

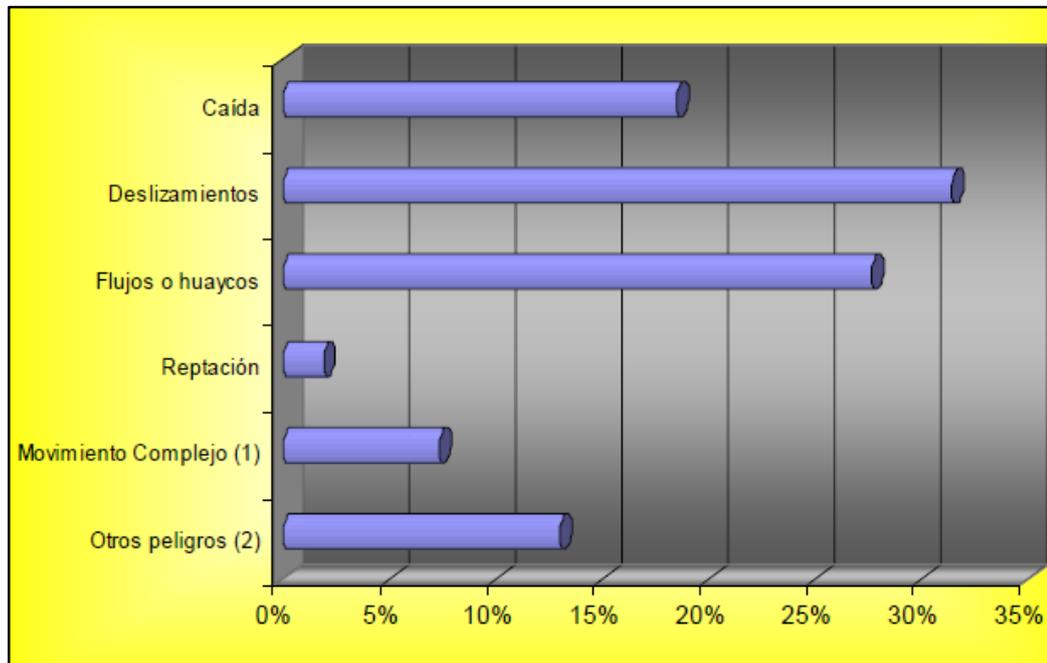
Las características geográficas, hidrológicas y geológicas de nuestro país y nuestra región en particular dan lugar a la existencia de problemas complejos en materia de deslizamiento de suelos, generando un sinnúmero de problemas en las edificaciones. Ante la ocurrencia de estos eventos que ponen en riesgo la vida de las personas y su economía, es que se han realizado estudios para identificar los problemas a tiempo.

Dueñas & Medina (2007) realizaron un estudio de zonas críticas en la región Amazonas, donde identificaron un total de 1452 peligros (peligros geológicos y geohidrológicos) y 105 zonas críticas.

Las zonas críticas se refieren a zonas que están expuestas a los peligros que pueden afectar a poblaciones u obras de ingeniería, se consideran con mayor susceptibilidad a la ocurrencia de desastres y se necesita que se realicen en ellas obras de prevención y/o mitigación.

Los primeros lugares en ocurrencias ocupan los deslizamientos (31%), flujos (28%) y caídas (19%), seguidos por los movimientos complejos (7%). Otros peligros, que agrupa a eventos de erosión fluvial, hundimiento, inundación fluvial y erosión de ladera abarca el 13% y en último lugar se da la reptación de suelos con 2%. (Dueñas & Medina, 2007)

Figura N° 01. Distribución porcentual de los peligros por movimiento en masa y peligros geohidrológicos en la región Amazonas.



Fuente: Informe de zonas críticas de la región Amazonas. Lima – Perú 2007.

Dueñas & Medina (2007) detectaron deslizamiento del tipo rotacional en la zona de Pucacruz, ubicada en las coordenadas 9309258N y 181263E, la cual presenta una escarpa de aproximadamente 450 m de largo y 40m de alto, que produjo el asentamiento de una gran extensión de terreno; en cuanto al cuerpo del deslizamiento presenta una topografía de forma irregular a escalonada, es posible que los movimientos continúen y sean lentos.

Además, ellos brindan algunas recomendaciones:

- Realizar trabajos de monitoreo
- Declarar el área como no habitable
- Realizar trabajos de reforestación con especies nativas de la zona
- Consultar a especialistas en agronomía, ingeniería forestal, biología, etc., para realizar esta labor, en este caso también es válida la experiencia de los pobladores de la región.

3.2. Bases Teóricas

3.2.1. Remoción en masa

Se puede entender por fenómeno de remoción en masa (FRM) como todo movimiento de masa de suelo que se da por acción de la gravedad, incluyendo los flujos a lo largo de los cauces cuando el material que cae se mezcla con el agua, como es el caso de las llamadas avenidas torrenciales. 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”. (Rodríguez, Quintana, Rivera, & Mosquera, 2013)

Estos movimientos tienen carácter descendente ya que están fundamentalmente controlados por la gravedad. Mora Chinchilla define el fenómeno de remoción en masa como procesos de la geodinámica externa, los cuales modifican las diferentes formas del terreno.

Los fenómenos de remoción 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).

3.2.2. Clasificación de los procesos de remoción en masa

Las remociones en masa han sido clasificadas por Varnes, 1978 de acuerdo al tipo de movimiento y al material involucrado. En este aspecto, los tipos de materiales, a partir de los cuales se pueden generar los distintos tipos de eventos, corresponden a roca y suelo; en tanto los tipos de movimientos que se pueden generar son desprendimientos (o caídas), toppling (o volcamientos), deslizamientos, extensiones laterales, y flujos. De manera simple, la combinación de estos términos dará el nombre a la remoción en masa, sin perder en consideración que pueden existir eventos combinados que le otorguen complejidad tanto al comportamiento del fenómeno como a la clasificación que se pretenda otorgarle.

Tabla N° 01. Clasificación de las remociones en masa

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

Fuente: Varnes, D.J., 1978. Slope movement types and processes.

3.2.3. Deslizamiento

Existen diferentes acepciones sobre el término deslizamiento que han sido elaboradas por diferentes investigadores.

Sharpe (1938), define al deslizamiento como un movimiento perceptible de tierra, escombros y detritos, roca o de una mezcla de estas, a través de un mecanismo de rotura.

Los deslizamientos (landslides) consisten en “movimientos de masas de roca, residuos o tierra, hacia abajo de un talud” (Cruden, 1991).

En el término “deslizamiento” se incluyen tanto los procesos de erosión como los procesos denudacionales. La naturaleza precisa del proceso no está incluida en la definición e incluye procesos que son producto de la acción de las fuerzas gravitacionales, hidráulicas, etc. (Suarez, 2009).

Los movimientos ocurren generalmente a lo largo de las superficies de falla, por caída libre, movimientos en masa, erosión o flujos. Algunos segmentos del talud o ladera, pueden moverse hacia abajo mientras otros se mueven hacia arriba. Los fenómenos de inestabilidad incluyen, generalmente, una combinación de procesos erosionales y denudacionales interrelacionados entre sí y a menudo mezclados.

Ibídem

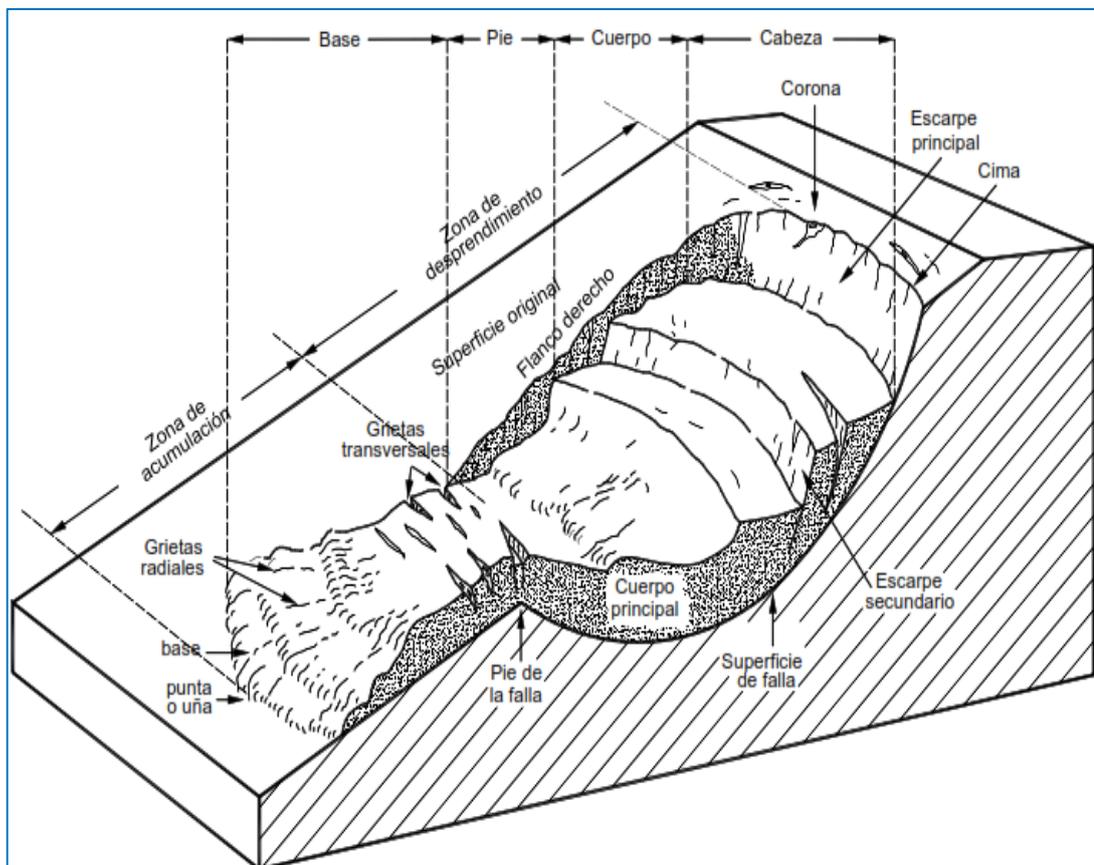
Partes de un deslizamiento

Las partes principales de un deslizamiento según Suarez (2009), son las siguientes:

- 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 desliza. 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.

Figura N° 02. Nomenclatura de las diferentes partes que conforman un deslizamiento



Fuente: *Deslizamientos – Análisis Geotécnicos, Suarez (2009)*

Ángulo de Desplazamiento

El ángulo de desplazamiento α determina el volumen de material de un flujo y su velocidad. A menor α , el volumen total puede ser mayor, pero la velocidad del movimiento tiende a ser menor. Sin embargo, la velocidad también depende de la pendiente de la zona de desprendimiento y la longitud del recorrido. (Suarez, 2009).

Dimensiones de los movimientos

Para definir las dimensiones de un movimiento se utiliza la terminología recomendada por el Irish Association For Economic Geology (IAEG):

- Ancho de la masa desplazada (Wd). - Ancho máximo de la masa desplazada, perpendicular a la longitud Ld.
- Ancho de la superficie de falla (Wr). - Ancho máximo entre los flancos del deslizamiento perpendicular a la longitud Lr.
- Longitud de la masa deslizada (Ld). - Distancia mínima entre la punta y la cabeza.
- Longitud de la superficie de falla (Lr). - Distancia mínima desde el pie de la superficie de falla y la corona.
- Profundidad de la masa desplazada (Dd). - Máxima profundidad de la masa movida perpendicular al plano conformado por Wd y Ld.
- Profundidad de la superficie de falla (Dr). - Máxima profundidad de la superficie de falla con respecto a la superficie original del terreno, medida perpendicularmente al plano conformado por Wr y Lr.
- Longitud total (L). - Distancia mínima desde la punta a la corona del deslizamiento.
- Longitud de la línea central (Lc). - Distancia que hay desde la punta (o uña) hasta la corona del deslizamiento, a lo largo de los puntos ubicados sobre la superficie original y equidistantes de los bordes laterales o flancos.
- Igualmente, se deben medir alturas del nivel freático, alturas de los escarpes, radios de rotación del movimiento, pendientes de la superficie antes y después de la falla.

Volumen de un Deslizamiento

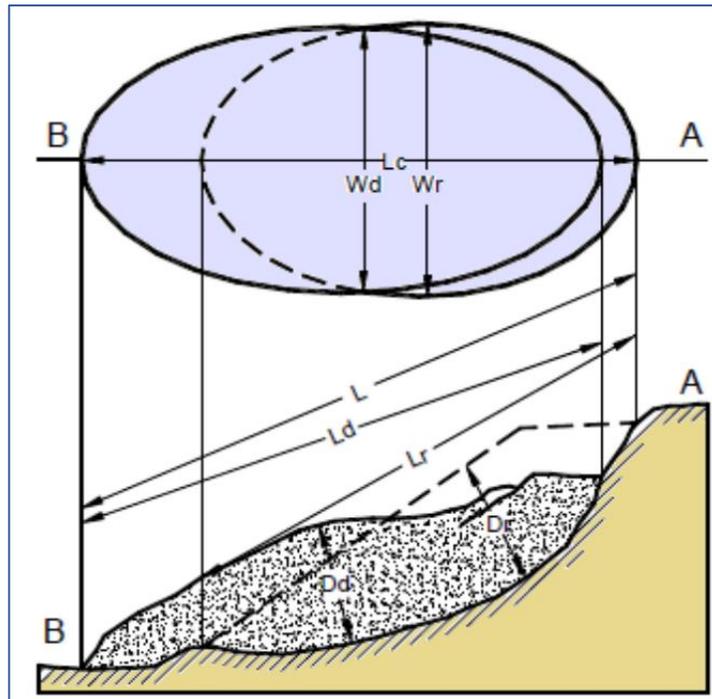
El volumen del deslizamiento según Suarez (2009) se mide en metros cúbicos después de la falla. El volumen aproximado de un desplazamiento de rotación puede calcularse utilizando la expresión:

$$Vol_{des} = \left(\frac{1}{6}\pi D_r x W_r x L_r\right) F_{ex}$$

Donde F_{ex} : Factor de expansión del suelo al ser perturbado.

El término “Factor de expansión” puede ser utilizado para describir este aumento en volumen, como un porcentaje del volumen antes del movimiento. Este factor es comúnmente de 1.25 a 1.30. En algunas ocasiones, como en el caso de la roca el factor de expansión puede ser hasta de un 70% ($F_{exp.} = 1.7$) (Suarez, 2009).

Figura N° 03. Dimensiones de los movimientos en masa



Fuente: Suggested nomenclature for landslides - IAEG Commission on Landslides, (1990)

El volumen del deslizamiento es importante para determinar la amenaza y el riesgo en los flujos y avalanchas. De acuerdo con el volumen y la concentración de sedimentos se puede determinar la velocidad del flujo.

Clasificación de deslizamiento

Los desplazamientos en masa se pueden subdividir en subtipos denominados deslizamientos rotacionales, deslizamientos traslacionales o planares y deslizamientos compuestos de rotación y traslación. Esta diferenciación es importante porque puede definir el sistema de análisis y el tipo de estabilización que se va a emplear (Suarez, 2009).

a) Deslizamiento Rotacional

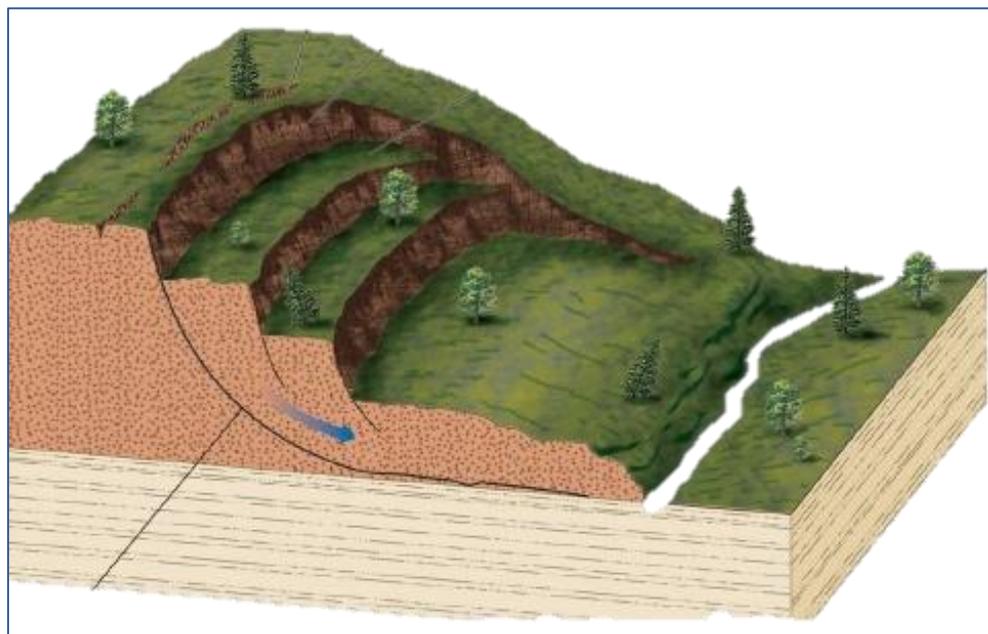
En un deslizamiento rotacional la superficie de falla es formada por una curva cuyo centro de giro se encuentra por encima del centro de gravedad del cuerpo del movimiento visto en planta el deslizamiento posee una serie de agrietamientos concéntricos y cóncavos en la dirección del movimiento. El movimiento produce un área superior de hundimiento y otra inferior de deslizamiento generándose comúnmente, flujos de materiales por debajo del pie del deslizamiento. (Suárez, 1998)

En muchos deslizamientos rotacionales se forma una superficie cóncava en forma de cuchara. Los desplazamientos rotacionales generalmente tienen una relación D_r/L_r entre 0.15 y 0.33. (Suarez, 2009)

Generalmente, el escarpe debajo de la corona tiende a ser semivertical, lo cual facilita la ocurrencia de movimientos retrogresivos. *Ibíd*em

El movimiento, aunque es curvilíneo no es necesariamente circular, lo cual es común en materiales residuales donde la resistencia al corte de los materiales aumenta con la profundidad.

Figura N° 04. Deslizamiento rotacional



Fuente: Remociones en masa (Sanchez, 2016)

En la cabeza del movimiento, el desplazamiento es aparentemente semi - vertical y tiene muy poca rotación, sin embargo se puede observar que generalmente, la superficie original del terreno gira en dirección de la corona del talud, aunque otros bloques giren en la dirección opuesta. (Suárez, 1998)

Los deslizamientos estrictamente rotacionales ocurren usualmente, en suelos homogéneos, sean naturales o artificiales y por su facilidad de análisis son el tipo de deslizamiento más estudiado en la literatura. *Ibíd*

En zonas tropicales este tipo de suelos no es común y cuando existe rotación, la superficie de falla es usualmente curva pero no circular; Sin embargo, en zonas de meteorización muy profunda y en rellenos de altura significativa algunas superficies de falla pueden asimilarse a círculos. *Ibíd*

Dentro del deslizamiento comúnmente, ocurren otros desplazamientos curvos que forman escarpes secundarios y ocasionalmente ocurren varios deslizamientos sucesivos en su origen pero que conforman una zona de deslizamientos rotacionales independientes. *Ibíd*

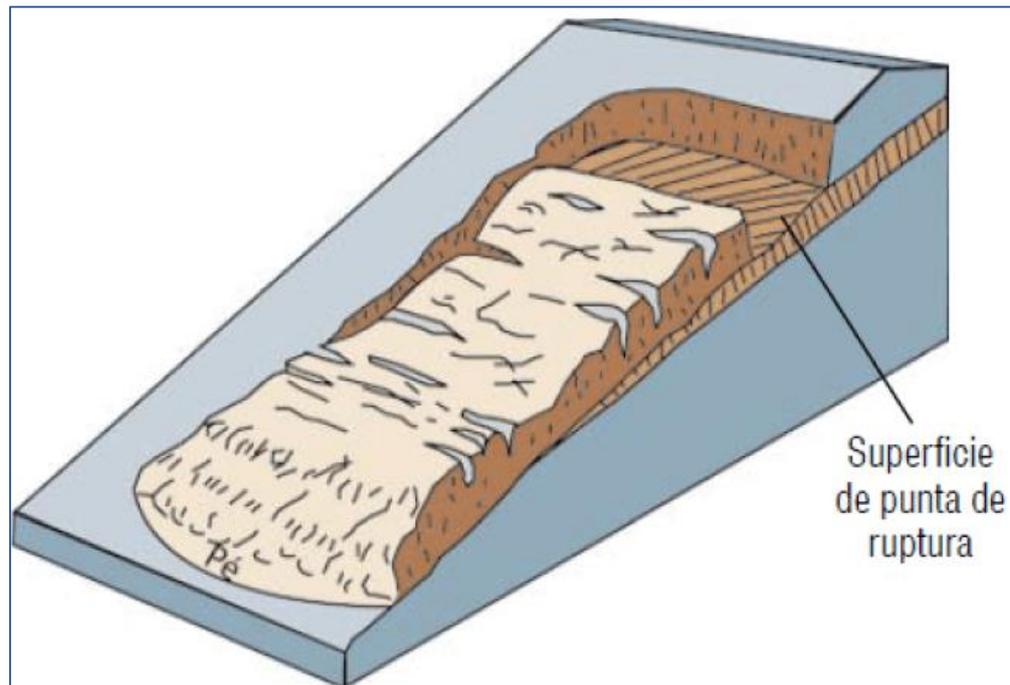
b) Deslizamiento de Traslación

En el desplazamiento de traslación la masa se desliza hacia afuera o hacia abajo, a lo largo de una superficie más o menos plana o ligeramente ondulada y tiene muy poco o nada de movimiento de rotación o volteo. Los movimientos traslacionales generalmente, tienen una relación D_r/L_r de menos de 0.1 (Suarez, 2009).

Los movimientos de traslación son comúnmente controlados por superficies débiles tales como fallas, juntas, fracturas, planos de estratificación, foliación, slickensides o por el contacto entre la roca y los suelos blandos o coluviones

En los suelos residuales las diferencias en la meteorización profundas propician la presencia de los deslizamientos de traslación. Las superficies de falla generalmente coinciden con las zonas de cambio a la resistencia al cortante por efecto de la meteorización. Por ejemplo, en los suelos residuales de rocas ígneas y metamórficas con perfiles de meteorización profundos, son comunes los deslizamientos profundos sobre superficies de falla semi-planas. *Ibíd*

Figura N° 05. Deslizamiento de traslación



Fuente: Impresionantes deslizamientos de laderas (Pinto, 2016)

c) Deslizamientos Compuestos de Traslación y Rotación

Con frecuencia se presentan movimientos que incluyen dentro del patrón de desplazamiento general, movimientos de traslación y de rotación. A estos movimientos se les conoce como “compuestos”. Igualmente se pueden presentar hundimientos o extensiones laterales en forma conjunta. La mayoría de los movimientos incluyen varios tipos de desplazamiento, aunque sólo predomina uno. (Suarez, 2009)

3.2.4. Factores condicionantes y desencadenantes del deslizamiento

La gravedad puede mover los materiales térreos sólo cuando es capaz de vencer la resistencia del material que le impide moverse. Por lo tanto, cualquier factor que reduzca esta resistencia hasta el punto donde la gravedad pueda intervenir, contribuye al movimiento de masa. Dependiendo en cómo actúan, los factores se clasifican en condicionantes y desencadenantes. Los primeros, también conocidos como pasivos o intrínsecos, son aquellos que dependen de la naturaleza, estructura y forma del terreno, mientras que los segundos, también llamados activos o externos, son factores que actúan desde fuera del medio que se estudia, provocando o desencadenando un deslizamiento.

3.2.4.1. Factores condicionantes:

Están unidos a la propia naturaleza composición, estructura y forma del terreno entre ellos tenemos:

Geología

La geología generalmente define las características o propiedades del suelo o roca. La formación geológica determina la presencia de materiales duros o de baja resistencia con características homogéneas, y las discontinuidades pueden facilitar la ocurrencia de movimientos a lo largo de ciertos planos de debilidad. (Gómez, Osorio, & Salazar, 2013).

La susceptibilidad a los deslizamientos está relacionada con las características geológicas del sitio. La litología, la geomorfología, la estructura y el estado de meteorización, entre otros, son factores determinantes en la ocurrencia de deslizamientos. (Suárez, 2009)

Litología

La litología de los materiales aflorantes y su grado de alteración condicionará sus características físico-mecánicas y, por tanto, su estabilidad potencial, por lo que el comportamiento variará de unos materiales a otros aun cuando actúen sobre ellos con igual intensidad los mismos factores.

Los parámetros resistivos dependerán de la composición mineralógica y de la textura, compactación, tamaño, forma y cementación de las partículas que formen la roca o sedimento.

Por tanto, materiales poco cementados, con tamaños de grano fino (limo-arcilla o arenas limo-arcillosas), o de un amplio rango granulométrico son litologías más propensas al deslizamiento.

Estudio de suelos

Un estudio de suelos permite dar a conocer las características físicas mecánicas del suelo, es decir la composición de los elementos en las capas de profundidad.

Tabla N° 02. Ensayos de mecánica de suelos

Ensayos de mecánica de suelos	Norma MTC
Análisis Granulométrico por tamizado	E -107
Contenido de Humedad	E -108
Límites de consistencia	E -110
	E -111
Material que pasa el tamiz número 200	E -202
Ensayo de Corte Directo	E -123

Fuente: Elaboración propia

a. Contenido de Humedad

Se define como humedad al contenido de agua presente en una masa de suelo o de roca. Es expresado en porcentaje, cuando la muestra ensayada es inalterada se conoce como humedad natural (Hoyos, 2012).

b. Análisis Granulométrico

Es el proceso para determinar la proporción en que participan los granos del suelo, en función de sus tamaños, lo que llamamos gradación de suelos. (Hoyos, 2012)

c. Límites de Atterberg

Los límites de Atterberg o límites de consistencia se utilizaron para caracterizar el comportamiento de los suelos finos en función de su humedad.

- i. Límite Líquido (LL). - Es el contenido de agua expresado en porcentaje respecto al peso del suelo seco, que delimita la transición entre el estado líquido y plástico de un suelo.
- ii. Límite Plástico (LP). - Es el contenido de agua expresado en porcentaje respecto al peso del suelo seco, donde el suelo cambia de estado plástico a semi-sólido.

d. Clasificación de Suelos

Los suelos con propiedades similares se clasifican en grupos y subgrupos basados en su comportamiento ingenieril. Los sistemas de clasificación proporcionan en forma concisa las características generales de los suelos que son infinitamente variadas. Actualmente, dos sistemas de clasificación que usan la distribución por tamaño de grano y plasticidad de los suelos son usados comúnmente por los ingenieros de suelos, estos son: El sistema American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) y el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). (Hoyos, 2012)

Tabla N° 03. Clasificación SUCS de suelo de grano fino.

DIVISIONES PRINCIPALES		Símbolos del grupo	NOMBRES TÍPICOS
SUELOS DE GRANO FINO Más de la mitad del material pasa por el tamiz número 200	Limos y arcillas: Límite líquido menor de 50	ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosas, o limos arcillosos con ligera plasticidad.
		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.
	Limos y arcillas: Límite líquido mayor de 50	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.
	Suelos muy orgánicos		PT

Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)

Tabla N° 04. Clasificación SUCS de suelo de grano grueso

DIVISIONES PRINCIPALES		Símbolos del grupo	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO				
SUELOS DE GRANO GRUESO Más de la mitad del material retenido en el tamiz número 200		GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz número 4 (4,76 mm)	Gravas limpias (sin o con pocos finos)	GW	Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	$Cu = D_{60}/D_{10} > 4$ $Cc = (D_{30})^2/D_{10} \times D_{60}$ entre 1 y 3 No cumplen con las especificaciones de granulometría para GW.		
				GP	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.			
			Gravas con finos (apreciable cantidad de finos)	GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.	Límites de Atterberg debajo de la línea A o $IP < 4$. Límites de Atterberg sobre la línea A con $IP > 7$.	Encima de línea A con IP entre 4 y 7 son casos límite que requieren doble símbolo.	
				GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.			
		ARENAS Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz número 4 (4,76 mm)	Arenas limpias (pocos o sin finos)	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.	$Cu = D_{60}/D_{10} > 6$ $Cc = (D_{30})^2/D_{10} \times D_{60}$ entre 1 y 3 Cuando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW.		
				SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.			
			Arenas con finos (apreciable cantidad de finos)	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.	Límites de Atterberg debajo de la línea A o $IP < 4$. Límites de Atterberg sobre la línea A con $IP > 7$.	Los límites situados en la zona rayada con IP entre 4 y 7 son casos intermedios que precisan de símbolo doble.	
				SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.			
					Determinar porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz número 200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue: $< 5\% \rightarrow GW, GP, SW, SP, > 12\% \rightarrow GM, GC, S, M, SC$. 5 al 12% \rightarrow casos límite que requieren usar doble símbolo.			

Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)

e. Corte directo

La resistencia al esfuerzo cortante de los suelos, viene a ser la resistencia interna por área unitaria que la masa del suelo ofrece para resistir la falla y el deslizamiento a lo largo de cualquier plano dentro de él.

Por lo tanto, se puede definir la resistencia de corte de un suelo como “la tensión de corte en el plano de falla, en el momento de la falla” (Hoyos, 2012)

Para efectos de este trabajo de investigación solo se ha considerado la cohesión (C) y el ángulo de fricción interno (ϕ). Donde la cohesión es la atracción entre partículas originada por las fuerzas moleculares y las películas de agua (por lo tanto, varía según su humedad) y la fricción interna, es la resistencia al deslizamiento causado por la fricción entre la superficie de contacto de las partículas (depende de la granulometría, forma de las partículas y la densidad del material).

Tabla N° 05. Valoración de susceptibilidad litológica SI Caso Suelos.

Clasificación	Susceptibilidad	Angulo de Fricción Efectiva (Grados)	Cohesión Efectiva (KPa)
Muy Alto	5	0 - 15	0 - 10
Alto	4	15 - 20	10 - 15
Moderado	3	20 - 25	15 - 20
Bajo	2	25 - 30	20 - 25
Muy Bajo	1	> 30	> 25

Fuente: Modificado de Mora (2004).

Geomorfología

Brusden (2002) define la geomorfología como el estudio de las formas de la superficie de la tierra, su origen, los procesos relacionados con su desarrollo y las propiedades de los materiales, con lo cual se puede predecir el comportamiento y el futuro estado.

Para elaborar el modelo de comportamiento de un talud, es determinante analizar la geomorfología y su efecto sobre los procesos de inestabilidad; los procesos actuales y pasados son la base para los procesos que van a ocurrir.

Las condiciones geomorfológicas presentes son esenciales en el análisis de la ocurrencia de deslizamientos, debido a que los procesos de vertiente son parte integral de los procesos dinámicos como variables que controlan la evolución del paisaje (Aristizábal & Yokota, 2006)

La geomorfología refleja los procesos que están actuando sobre el talud, así como los paleo-procesos que lo han afectado en el pasado y su relación con la litología y otros elementos constitutivos, no solamente de un talud en particular, sino de todo el ambiente de una zona.

Por ejemplo, una ladera afectada por procesos tectónicos (morfología con escarpes empinados) posee una morfología diferente a una afectada principalmente por procesos de depositación (morfología suave u ondulada). El comportamiento de los taludes depende de las características de la geomorfología general del sector. (Suarez, 2009)

Tabla N° 06. Clasificación de la susceptibilidad a los deslizamientos con base a la morfología del terreno.

Clasificación	Criterio
Muy Alta (5)	Laderas con zonas de falla, masas de suelo altamente meteorizadas y saturadas y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existe una alta posibilidad de que ocurran.
Alta (4)	Laderas que tienen zonas de falla, meteorización alta a moderada y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existe la posibilidad de que ocurran.
Mediana (3)	Laderas con algunas zonas de falla, erosión intensa o materiales parcialmente saturados, donde no han ocurrido deslizamientos, pero no existe completa seguridad de que no ocurran.
Baja (2)	Laderas que tienen algunas fisuras, materiales parcialmente erosionados, no saturados, con discontinuidades favorables, donde no existen indicios que permitan predecir deslizamientos.
Muy Baja (1)	Laderas no meteorizadas con discontinuidades favorables que no presentan ningún síntoma de que puedan ocurrir deslizamientos.

Fuente: Sarkar y Kanungo (2004), citado por Suarez 2009.

Pendiente

La pendiente topográfica y la altura de las laderas son factores que condicionan el desarrollo de procesos de deslizamiento por su contribución a la inestabilidad de los materiales; tanto es así que son parámetros utilizados sistemáticamente en la mayoría de los métodos de cálculo de estabilidad de taludes. En terrenos homogéneos, cada tipo de material tendrá una altura crítica y un ángulo máximo, a partir de los cuales se producirá un desequilibrio gravitacional siendo posible la rotura. No obstante, en zonas muy húmedas la morfología no tiene por qué ser necesariamente abrupta para que materiales arcillosos debido a la saturación puedan generar movimientos rápidos de tipo flujo con velocidad considerable. (Educarchile, 2013)

Al aumentar la pendiente, generalmente se aumentan las fuerzas que tratan de desestabilizar el talud y disminuyen los factores de seguridad al deslizamiento. Los taludes de alta pendiente son muy susceptibles a la ocurrencia de inclinaciones, caídos y flujos de residuos. (Suarez, 2009)

Los perfiles más profundos de meteorización se encuentran en los taludes suaves más que en los empinados. Para cada formación, en un estado determinado de meteorización existe un ángulo de pendiente a partir del cual un talud es inestable. Mientras algunos suelos residuales de origen ígneo permiten ángulos del talud superiores a 45°, en lutitas meteorizadas saturadas éste no debe exceder los 20° y hasta valores de la mitad del ángulo de fricción (Suárez, 1998).

Tabla N° 07. Clasificación utilizada para elaborar el mapa de pendientes.

Clasificación	Susceptibilidad	Pendiente
		(Angulo de Inclinación)
Muy Baja	1	0 a 15 % (0 a 8.5 grados)
Baja	2	15 a 30 % (8.5 a 16.7 grados)
Mediana	3	30 a 50 % (16.7 a 26.6 grados)
Alta	4	50 a 100 % (26.6 a 45 grados)
Muy Alta	5	Más de 100 % (más de 45 grados)

Fuente: Deslizamientos – Análisis Geotécnicos, Suarez (2009).

3.2.4.2. Factores desencadenantes

Pueden considerarse como factores externos los que actúan sobre la ladera provocando o desencadenando su inestabilidad al modificar las condiciones preexistentes, entre ellos están:

Condición Hidrometereológica

La precipitación juega un papel determinante en la estabilidad de los taludes. La presencia o ausencia de agua y temperatura, definen las condiciones para los procesos de meteorización física y química. Los taludes bajo diferentes condiciones climáticas forman perfiles diferentes que se comportan de forma diferente. (Suarez, 2009)

Por ejemplo, las anomalías climáticas permiten la ocurrencia de lluvias excepcionales en zonas semiáridas que generan problemas acelerados de deslizamientos y avalanchas. (Suarez, 2009)

a) Precipitaciones convectivas

Las precipitaciones de tipo convectivo son muy fuertes, pero de corta duración y afectan principalmente, a los taludes de materiales permeables de alta capacidad de infiltración y de poco espesor de suelo.

b) Precipitaciones Estratiformes

La precipitación estratiforme produce lluvias menos intensas, pero generalmente de mayor duración que las convectivas y afectan fácilmente los taludes de materiales arcillosos y los de perfil profundo de meteorización.

Índice Modificado de Fournier (IFM): Es una corrección del Índice de Fournier (IF) en que se consideran no sólo la precipitación mensual del mes más húmedo, sino también la del resto de los meses. Este índice modificado de Fournier (IFM) caracteriza la agresividad de la precipitación mensual y se clasifica de la siguiente forma:

Tabla N° 08. Clasificación del Índice Modificado de Fournier.

Clasificación	Susceptibilidad	Precipitaciones
Muy Bajo	1	< 60mm
Bajo	2	60mm - 90mm
Moderado	3	90mm - 120mm
Alto	4	120mm - 160mm
Muy Alto	5	> 160mm

Fuente: An approximation of the rainfall factor in the Universal Soil Loss Equation - (Arnoldus, 1980).

Cobertura vegetal

El efecto de la vegetación sobre la estabilidad de los taludes ha sido muy debatido en los últimos años. El estado del arte actual deja muchas dudas e inquietudes y la cuantificación de los efectos de estabilización de las plantas sobre el suelo no ha tenido una explicación universalmente aceptada. Sin embargo, la experiencia ha demostrado el efecto positivo de la vegetación, para evitar problemas de erosión, reptación y fallas sub-superficiales. (Suarez, 2009)

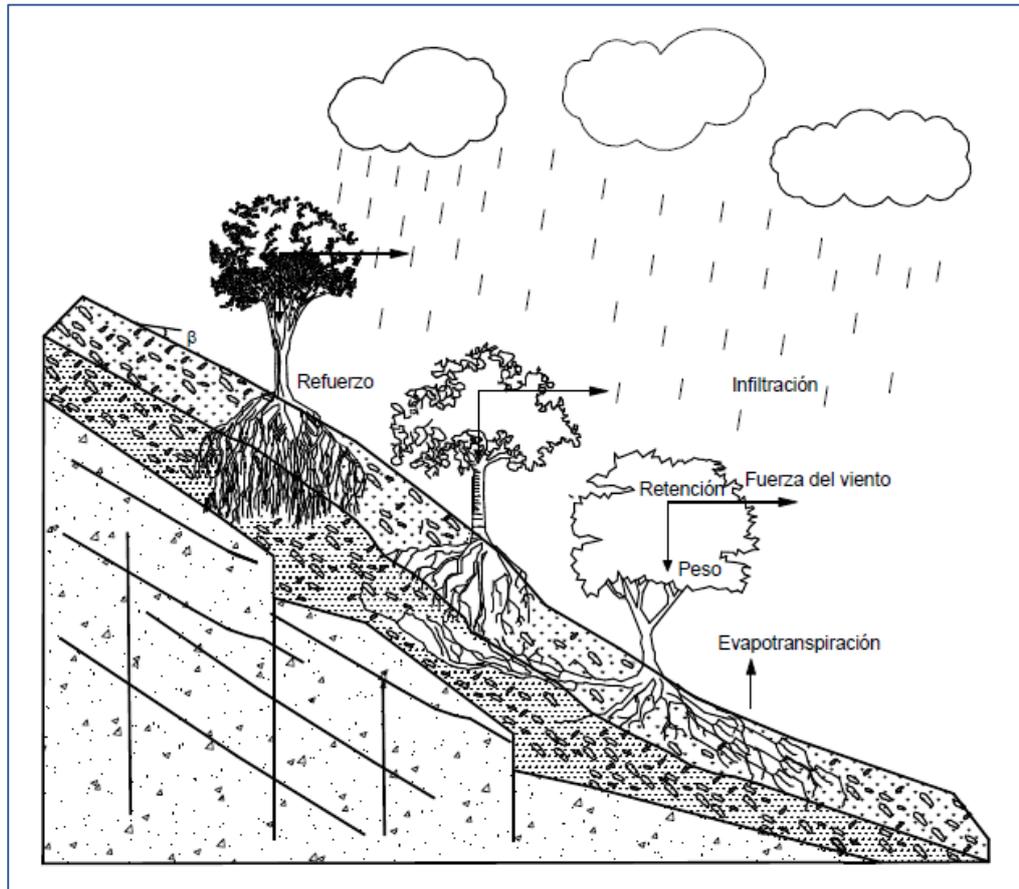
Los árboles y arbustos de raíz profunda les aportan una resistencia cohesiva significativa a los mantos de suelo más superficiales y al mismo tiempo, facilitan el drenaje subterráneo, reduciendo en esta forma la probabilidad de deslizamientos poco profundos; pero su efecto no es el mismo en deslizamientos profundos. *Ibíd*

La vegetación cumple dos funciones principales: en primer lugar, tiende a determinar el contenido de agua en la superficie y además da consistencia por el entramado mecánico de sus raíces y como controlador de infiltraciones tiene efecto directo sobre el régimen de aguas subterráneas y actúa posteriormente como secador del suelo al tomar el agua que requiere para vivir. *Ibíd*

Factores más importantes:

- ✓ Intercepta la lluvia
- ✓ Aumenta la capacidad de infiltración
- ✓ Extrae la humedad del suelo
- ✓ Grietas por desecación
- ✓ Raíces refuerzan el suelo, aumentando resistencia al cortante
- ✓ Anclan el suelo superficial a mantos más profundos
- ✓ Aumentan el peso sobre el talud
- ✓ Transmiten al suelo fuerza del viento
- ✓ Retienen las partículas del suelo, disminuyendo susceptibilidad a la erosión

Figura N° 06. Estabilización de taludes usando vegetación



Fuente: *Deslizamientos – Análisis Geotécnicos*, Suarez (2009)

Acción de refuerzo de las raíces

Las raíces refuerzan la estructura del suelo y pueden actuar como anclajes en las discontinuidades.

Sidle (1985) explica el efecto de las raíces sobre la resistencia del suelo en tres formas:

- Unir materiales de los suelos inestables a mantos más estables. Este efecto es más pronunciado donde la superficie crítica de falla se encuentra en la zona de raíces.
- Formar una red densa entretrejida en los primeros 30 a 50 cm de suelo, y esta red forma una membrana lateral que tiende a reforzar la masa de suelo más superficial y sostenerla en el sitio.
- Unir los grupos de partículas impidiendo la ocurrencia de pequeños deslizamientos.

Ensayos realizados por Campos (1991), demuestran que las raíces aumentan la cohesión de muestras de suelo en gran proporción. (Suarez, 2009)

La profundidad de las raíces generalmente no supera los cinco metros en árboles grandes, dos metros en los arbustos y 30 centímetros en los pastos; aunque se han reportado casos de raíces de árboles de más de 30 metros de profundidad Macgregor y Macmanus (1992), Citado en (Suarez, (2009).

Se conoce de Eucaliptus con raíces de hasta 27 metros y raíces de bosque tropical hasta de 30 metros de profundidad, pero la mayoría de los árboles tienen raíces de profundidad hasta de tres metros (Greenway, 1987) y esta es la profundidad hasta la que puede confiarse un refuerzo con raíces.

Tabla N° 09. Clasificación utilizada para elaborar el mapa de cobertura vegetal

Clasificación	Susceptibilidad	Pendiente
		(Angulo de Inclinación)
Muy Baja	1	Arboles espaciados cercanamente (Altura mayor a 5m)
Baja	2	Plantaciones
Mediana	3	Matorrales
Alta	4	Cultivos y pastos
Muy Alta	5	Área denudada o erosionada

Fuente: Modificado de Tambo (2011).

Uso actual del suelo

Engloba los diferentes usos que el hombre puede hacer de la tierra. Menos del 30% de la superficie de nuestro planeta es tierra. No toda ella puede ser utilizada por los humanos, motivo por el cual constituye un recurso natural valioso y sometido, en muchas partes del mundo.

En el sismo de Kobe - Japón, 1995, se observó que los deslizamientos en las áreas urbanas producidos por el sismo, fueron de mayor tamaño que los generados en condiciones geológicas y topográficas similares en áreas no habitadas. (Suarez, 2009)

Esto demuestra que un área urbana es más susceptible a sufrir deslizamientos que un área no urbana. El hombre ha sido un permanente modificador de los elementos que conforman la superficie de la tierra y el efecto sobre los taludes ha sido el de un agente desestabilizador. Ibídem

- ✓ Los procesos de urbanización aumentan la susceptibilidad de las laderas a los deslizamientos; igualmente, muchas ciudades se encuentran en el recorrido de flujos potenciales de detritos. Las zonas urbanas son las áreas que mayores riesgos han presentado en el pasado, relacionados con los deslizamientos. (Suarez, 2009)

Los Procesos Antrópicos

Según Suarez (2009) entre los procesos antrópicos que activan los deslizamientos se encuentran los siguientes:

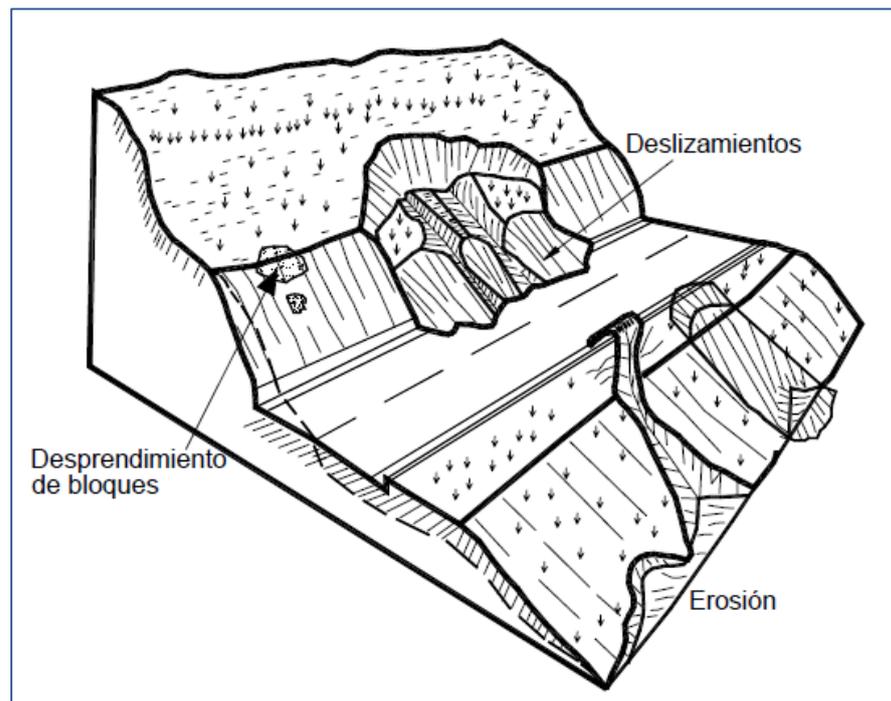
- a) Cambios en el Relieve y Cargas del Talud
 - ✓ Descargue del talud por remoción de suelos y rocas en los cortes.
 - ✓ Sobrecarga por medio de rellenos, edificios, etc.
 - ✓ Subsistencia o hundimiento por excavaciones subterráneas (túneles).

- b) Modificación de las Condiciones de Humedad
 - ✓ Modificación de las condiciones naturales del agua superficial por medio de canales, zanjias, represas, etc.
 - ✓ Modificación de las condiciones naturales del agua subterránea por medio de pozos de bombeo, concentración de las infiltraciones, etc.
 - ✓ Infiltración desde ductos de agua, especialmente acueductos y alcantarillados.

- c) Vibraciones
 - ✓ Vibraciones de máquinas y equipos.
 - ✓ Tránsito en vías de comunicación.
 - ✓ Uso de explosivos.
 - ✓ Efectos de la construcción de obras (especialmente

- d) Cambios en la Cobertura Vegetal
- ✓ Cambio de la estructura y condiciones de la capa superficial del suelo por prácticas de agricultura, pastoreo, tala de bosques, etc.
 - ✓ Modificación del uso del suelo.
- e) La Deforestación
- ✓ La deforestación ha sido identificada como un elemento muy importante de desestabilización de las laderas urbanas. Se ha presentado mucha controversia con relación al efecto de la deforestación en el nivel de actividad de los deslizamientos profundos.

Figura N° 07. Efectos de la modificación de la topografía.



Fuente: Deslizamientos – Análisis Geotécnicos, Suarez (2009)

La Vulnerabilidad de los Elementos Urbanos

Según Suarez (2009), los elementos urbanos son muy vulnerables por varios aspectos:

- ✓ La ocupación de áreas de alta susceptibilidad es muy común. Los intereses económicos de los constructores priman sobre los intereses de la comunidad.
- ✓ El porcentaje de ocupación del terreno es muy alto, especialmente en las grandes ciudades.
- ✓ Se construye con frecuencia sobre los cauces de agua, por donde pasan los flujos y avalanchas.
- ✓ En el diseño no se tiene en cuenta la susceptibilidad a los deslizamientos.
- ✓ La construcción de vivienda básica es de baja calidad y muy vulnerable.

Tabla N° 10. Descripción de los conflictos del uso de la tierra y su aporte a deslizamientos de tierra.

Clasificación	Descripción
Muy Bajo (1)	Cuando el uso actual va de acuerdo con la capacidad de uso de la tierra o uso potencial
Bajo (2)	Cuando el tipo de suelo puede llegar a tener este uso potencial pero con algunas limitaciones
Moderado (3)	El uso potencial del suelo presenta limitaciones marcadas para el uso o usos que se estén practicando
Alto (4)	Cuando el uso del suelo no es adecuado y que más bien lo que debería de tener la tierra es cubierta vegetal protectora o áreas boscosas manejadas
Muy Alto (5)	Cuando las tierras son muy escarpadas y se realiza uso inadecuado del suelo o modificación del relieve, estas tierras deberían ser áreas de protección o bosques sin intervenir.

Fuente: Rosales & Centeno (2009)

3.2.5. Peligro de Deslizamiento

Según Brabb (1984), para determinar el peligro de deslizamiento, se requiere identificar aquellas áreas que podrían ser afectadas por un deslizamiento dañino y evaluar las probabilidades de ocurrencia en un determinado período de tiempo.

Para Suarez (2009), el deslizamiento geoméricamente y mecánicamente caracterizado, se define como peligro. El peligro es básicamente el fenómeno que ocurre, en este caso el deslizamiento.

El peligro es real cuando existe aquí y ahora, y es potencial cuando el peligro ahora no existe, pero sabemos que puede existir a corto, medio, o largo plazo, dependiendo de la naturaleza de las causas que crean peligro.

La ocurrencia de los deslizamientos es el producto de las condiciones geológicas, hidrológicas y geomorfológicas y la modificación de éstas por procesos geodinámicos, vegetación, uso de la tierra y actividades humanas, así como la frecuencia e intensidad de las precipitaciones. (Suarez, 2009)

En la presente tesis se utilizará el término peligro de deslizamiento para designar la probabilidad de ocurrencia de un deslizamiento dentro de un área en particular.

3.2.6. Análisis del peligro de deslizamiento

El análisis del peligro de deslizamiento se efectúa mediante la combinación de los factores que afectan al deslizamiento (geología, geomorfología, topografía, lluvias, vegetación y uso del suelo), en donde se asignan los pesos a las diferentes capas temáticas mediante el método de suma de rangos, que repercuten para que se desaten los deslizamientos. Para ello, se utiliza la secuencia del modelo de construcción “model builder” establecidos en la herramienta ArcGis 10.5.

Tabla N° 11. Jerarquización de los componentes del peligro de deslizamiento.

FACTOR	VARIABLE
Condición Intrínseca (0.61)	Geología (0.33)
	Geomorfología (0.50)
	Pendiente (0.17)
Condición Hidrometeorológica (0.28)	Intensidad de Lluvia (1)
Condición Biológica (0.11)	Cobertura Vegetal (0.66)
	Uso Actual del Suelo (0.34)

Fuente: Peligro de deslizamiento del norte de la ciudad de Loja - (Tambo, 2011)

Tabla N° 12. Niveles de susceptibilidad de los deslizamientos de tierra.

Niveles de Susceptibilidad	Clasificación
Muy Bajo	1
Bajo	2
Moderado	3
Alto	4
Muy Alto	5

Fuente: Ruiz y Molina, (2001).

3.2.7. Zonificación del peligro de Deslizamiento

La presencia de deslizamientos es un fenómeno sujeto a muchos grados de incertidumbre, debido a que éstos incluyen diferentes tipos de movimientos, velocidades, modos de falla, materiales, restricciones geológicas, etc., y el valor del factor de seguridad, puede no ser confiable, debido a que no tiene en cuenta la incertidumbre de la ignorancia con respecto a la confiabilidad de los datos para el análisis, las incertidumbres de los modelos matemáticos y las incertidumbres humanas (Morgenstern, 1997 citado en Suarez, 2009).

Cuando existe incertidumbre sobre la posibilidad o no, de la ocurrencia de un fenómeno, generalmente se toman decisiones equivocadas de diseño. El costo de un proyecto puede resultar muy alto o se tienen que asumir riesgos de características y magnitudes no determinadas.

La zonificación de amenazas y riesgos permite evaluar, parcialmente, esa incertidumbre y es una herramienta muy útil para la toma de decisiones, especialmente, en las primeras etapas de planeación de un proyecto. La zonificación consiste en la división del terreno en áreas homogéneas y la calificación de cada una de estas áreas de acuerdo con el grado real o potencial de amenaza o de riesgo. (Suárez, 2009)

El mapeo puede realizarse sobre un área donde se tiene información de la ocurrencia de deslizamientos o se tiene un inventario de estos eventos, o sobre áreas en las cuales no se tiene conocimiento de deslizamientos en el pasado, pero se requiere predecir la posibilidad de amenazas hacia el futuro. *Ibíd*

3.2.8. Sistema de información geográfica (SIG)

Un sistema de información geográfica se define como un poderoso grupo de herramientas para recolectar, almacenar, recuperar, transformar y presentar datos en forma espacial (Burrough, 1986).

Estas herramientas tienen una inmensa virtud para producir mapas y brindar información inmediata, esto es un justificativo importante para el uso de estos sistemas. Pero además, los SIG utilizan y facilitan la integración de fuentes complementarias como bases de datos, cartografías, fotos aéreas, planillas con estadísticas, imágenes satelitales, etc., todas estas fuentes pueden ser utilizadas en simultáneo y combinadas con potentes herramientas de análisis espacial y de gestión de bases de datos georreferenciadas facilitando la toma de decisiones. (Dirección Provincial de Ordenamiento Urbano y Territorial, 2011)

Otra de las características es la capacidad para introducir, procesar y relacionar información, permitiendo agregar valor a los datos originales. Su potencialidad no reside en almacenar la información para graficar mapas, por el contrario, su mayor riqueza reside en la asistencia para la interpretación y análisis de relaciones, patrones y tendencias que no son posibles de ver con los mapas tradicionales, inventarios o gráficos. (Dirección Provincial de Ordenamiento Urbano y Territorial, 2011)

Un Sistema de Información Geográfica es una base de datos georreferenciada, diseñada para visualizar, editar, gestionar y analizar información geográfica con el fin de contribuir a resolver problemas complejos de planificación y gestión del territorio. *Ibíd*em

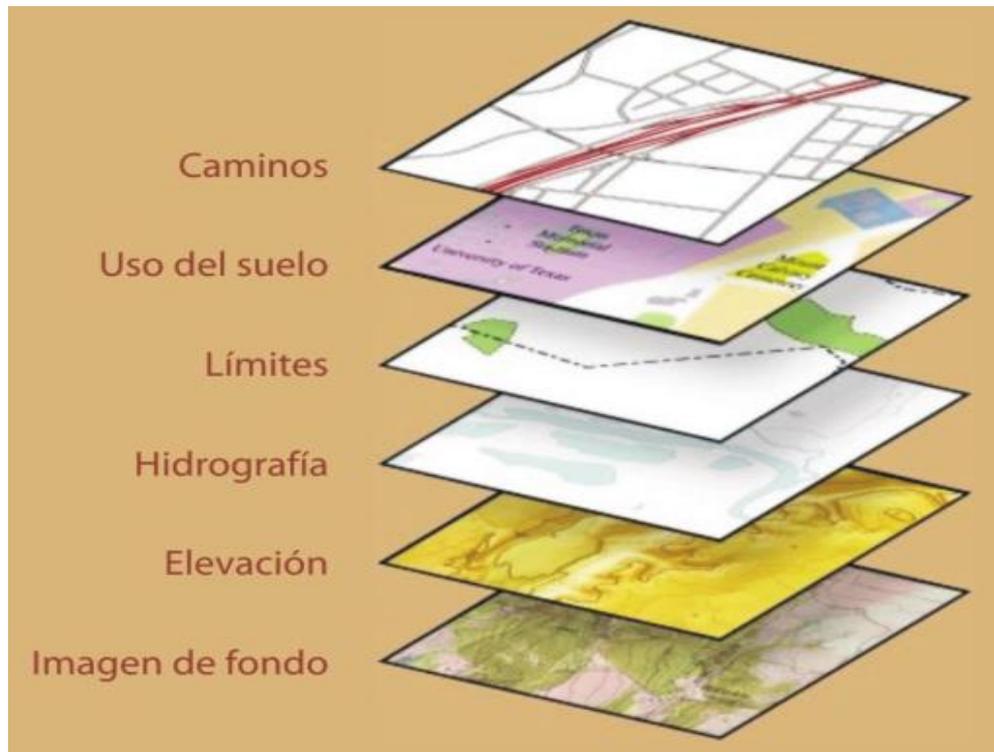
Ventajas y Desventajas del Uso de SIG

Las ventajas de utilizar SIG para la zonificación de amenazas de deslizamiento son las siguientes:

- Se puede utilizar una mayor variedad de técnicas de análisis, debido a la velocidad de los cálculos y a que las técnicas complejas requieren la superposición de un número grande de mapas y tablas.
- Es posible mejorar los modelos, evaluando los resultados y ajustando las variables de entrada. En ocasiones, se utiliza un sistema de prueba y error, corriendo el modelo varias veces hasta obtener un resultado satisfactorio.
- Generalmente en el transcurso del análisis se obtiene nueva información, la cual puede ser actualizada rápidamente en los modelos.

Las desventajas del uso de los SIGs, para la zonificación de amenazas de deslizamiento, son el tiempo relativamente largo de digitalización y el peligro de dar mucha importancia al análisis de datos con poca influencia de la experiencia profesional, lo cual es muy útil y generalmente indispensable para que el modelo no termine siendo un ejercicio teórico, no aplicable.

Figura N° 08. Superposición de Diferentes Capas Temáticas Georreferenciadas.



Fuente: Sistemas de información geográfica para el ordenamiento territorial. La Plata (2011)

3.3. Definición de Términos Básicos

a. Peligro

El deslizamiento geoméricamente y mecánicamente caracterizado se lo define como peligro. El peligro es básicamente el fenómeno que ocurre, en este caso el deslizamiento.

b. Elementos en Peligro

Se incluye a la población, propiedades, edificios, obras de infraestructura, actividades económicas, servicios públicos y medio ambiente, en el área potencialmente afectada por los deslizamientos.

c. Amenaza

La amenaza es una condición con el potencial de causar una consecuencia indeseable. Una descripción de amenaza a deslizamientos debe incluir las características de éstos, el volumen o áreas de los movimientos, las profundidades, las velocidades y su probabilidad de ocurrencia.

d. Deslizamiento

Es un tipo de corrimiento o movimiento de masa de tierra, provocado por la inestabilidad del terreno.

e. Factores

Aquellos elementos que pueden condicionar una situación, volviéndose los causantes de la transformación de los hechos.

f. Cartografía

Es la ciencia que se dedica al estudio y a la elaboración de mapas.

g. Residencial

Lugar que está destinado casi exclusivamente a las viviendas, sin apenas tiendas ni oficinas.

h. Sistema de Información Geográfica (SIG)

Es cualquier sistema de información capaz de integrar, almacenar, editar, analizar, compartir y mostrar la información geográficamente referenciada.

i. Zonificación

La zonificación se refiere a la división de la tierra en dominios o áreas homogéneas y su clasificación en grados según el actual o potencial peligro causado por el movimiento de masas.

IV. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1. Objeto de Estudio

Los factores que inciden en el peligro de deslizamiento de suelos de la Residencial Magisterial de la ciudad de Chachapoyas

4.2. Diseño de Investigación

En función de la metodología a utilizar para la consecución de los objetivos planteados en el presente trabajo, se define a esta investigación como un trabajo de tipo descriptivo. Tal como lo define Sabino (1987) “Las investigaciones descriptivas se proponen conocer grupos homogéneos de fenómenos utilizando criterios sistemáticos que permitan poner de manifiesto su estructura o comportamiento. No se ocupan, pues, de la verificación de hipótesis, sino de la descripción de hechos a partir de un criterio o modelo teórico definido previamente”.

$$M \rightarrow O_x$$

M = Muestra.

O_x = Observación del deslizamiento.

4.3. Población, Muestra y Muestreo

4.3.1. Población

Para el desarrollo de la investigación se consideró como población toda el área de la Residencial Magisterial de la ciudad de Chachapoyas y de algunos terrenos aledaños que según criterio del investigador se consideraron que influirán en la investigación. Donde el área total es $A = 125\,452,79\ m^2$.

4.3.2. Muestra

La muestra será igual a la población, es decir se tomará todo el metrado, ya que el terreno no es homogéneo.

4.3.3. Muestreo

El tipo de muestreo que se utilizó en la presente investigación es el muestreo no probabilístico por conveniencia. Aquí el procedimiento no es mecánico ni se basa en fórmulas de probabilidad, sino que depende del proceso de toma de decisiones de un investigador. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014).

4.4. Métodos

4.4.1. Método Inductivo

Es un proceso que va de los hechos particulares a afirmaciones de carácter general (Ruiz, 2007). Utiliza la observación directa de los fenómenos, la experimentación y las relaciones entre éstos.

En la investigación se utilizó el método inductivo en la observación particular de cada uno de los factores que intervienen en el peligro de deslizamiento hasta lograr una conclusión general desde la combinación de todos los factores para determinar el nivel del peligro de deslizamiento en el área estudiada.

4.4.2. Método Deductivo

Es el proceso del razonamiento o raciocinio que pasa de lo universal a lo particular, es decir, consiste en obtener conclusiones particulares a partir de leyes universales (Sierra, 2012).

El método se aplicó en el momento en el que se optó por evaluar el peligro de deslizamiento en la Derrama Magisterial en función a los seis factores: geología, geomorfología, pendiente del terreno, precipitaciones, cobertura vegetal y el uso actual del suelo y se obtuvo resultados que dieron conclusiones que se expresan adecuadamente en la conclusión de toda la investigación.

4.4.3. El Método Analítico

Es aquel método de investigación que consiste en la desmembración de un todo, descomponiéndolo en sus partes o elementos para observar las causas, la naturaleza y los efectos. El análisis es la observación y examen de un hecho en particular. Es necesario conocer la naturaleza del fenómeno y objeto que se estudia para comprender su esencia (Ruiz, 2007).

El método analítico se aplicó en el análisis de resultados de las calicatas que sirvió para determinar si el uso de suelo se está dando de modo adecuado dentro del área de estudio y mediante el uso de ensayos de laboratorio con los cuales se identificó las propiedades del suelo, haciendo uso a la vez de los métodos inductivo y deductivo respectivamente para emitir conclusiones una vez terminado el análisis.

4.5. Técnicas

Esta investigación se realizó a través de

- ✓ La observación directa
- ✓ El análisis documental.

4.6. Instrumentos

Ficha Técnica

Constituye uno de los métodos de registro y sistematización de observación más flexible y útiles en investigación, toda vez que permite mantener un proceso uniforme, ordenado y metódico de examinación, registro y archivación de información de manera concisa.

Fichas Bibliográficas

Es una tarjeta que permite recolectar información de las variables en estudio de diferentes autores, ya que en estas se anotan los datos correspondientes al libro y autor.

4.7. Procedimiento

Para la consecución de los objetivos de esta investigación, se efectuaron los siguientes pasos:

- a. Elección del tema
- b. Limitación del área de investigación, y se eligió la Residencial Magisterial de la ciudad de Chachapoyas.
- c. Redacción del proyecto de tesis que sostiene la base de la investigación.
- d. Con la aprobación de este tema, se empezó a redactar la introducción, los antecedentes de la investigación, la búsqueda de bibliografía de tesis u otras investigaciones tanto nacionales como internacionales, que fuesen de aporte importante en este estudio.
- e. Se elaboró el marco teórico.
- f. Se definió la metodología de la presente investigación.
- g. Se solicitó permiso al administrador del proyecto inmobiliario Chachapoyas, para ingresar al terreno de la Residencial Magisterial y realizar los estudios necesarios.

- h. Para la obtención de datos, el estudio se realizó en tres etapas:

Pre Campo:

Planificación de las actividades a realizar.

Recopilación de información referente al tema.

Campo

Gira de reconocimiento del área de estudio.

Levantamiento arquitectónico de una vivienda. (Todas son iguales)

Levantamiento topográfico de todo el terreno.

Estudio de los suelos (Elaboración de calicatas)

Identificar uso y estado actual de los suelos.

Recorrido del terreno (Georeferenciación de los deslizamientos)

Post Campo

Organizar e interpretar toda la información de campo

- i. Se analizaron los datos obtenidos en campos y de otras fuentes tanto primarias como secundarias, luego se llevó a cabo la elaboración de mapas de peligro de deslizamiento de suelos.
- j. Con los mapas de peligro de deslizamiento elaborados, se realizó la interpretación de los resultados obtenidos.
- k. Se continuó con la realización de conclusiones y recomendaciones.
- l. Se culminó con la elaboración del informe final

4.8. Análisis de Datos

El análisis cartográfico del peligro de deslizamiento se realizó mediante la secuencia del modelo de construcción “*model builder*” establecidos en la herramienta ArcGis 10.5, la cual permite el análisis en conjunto de diferentes variables y obtener resultados satisfactorios.

Finalmente se realizó un análisis estadístico para determinar en nivel del peligro de deslizamiento, este se hizo en función al área del terreno estudiado y el nivel del peligro existente. El nivel de peligro existente se obtuvo en función del porcentaje que más predomina.

V. RESULTADOS

El área en estudio se encuentra ubicada en el distrito de Chachapoyas, provincia de Chachapoyas, región Amazonas, entre los paralelos:

- ❖ Latitud Sur: $6^{\circ}14'24.61''$ - $6^{\circ}14'35.15''$
- ❖ Longitud Oeste: $77^{\circ}52'33.08''$ - $77^{\circ}52'12.29''$
- ❖ Altura: 2300 msnm.

Tiene una extensión superficial de $125\,452,79\text{ m}^2$, la cual está formado por el terreno de la derrama magisterial y algunas áreas limítrofes que según criterio del investigador se consideró que influyen en la investigación.

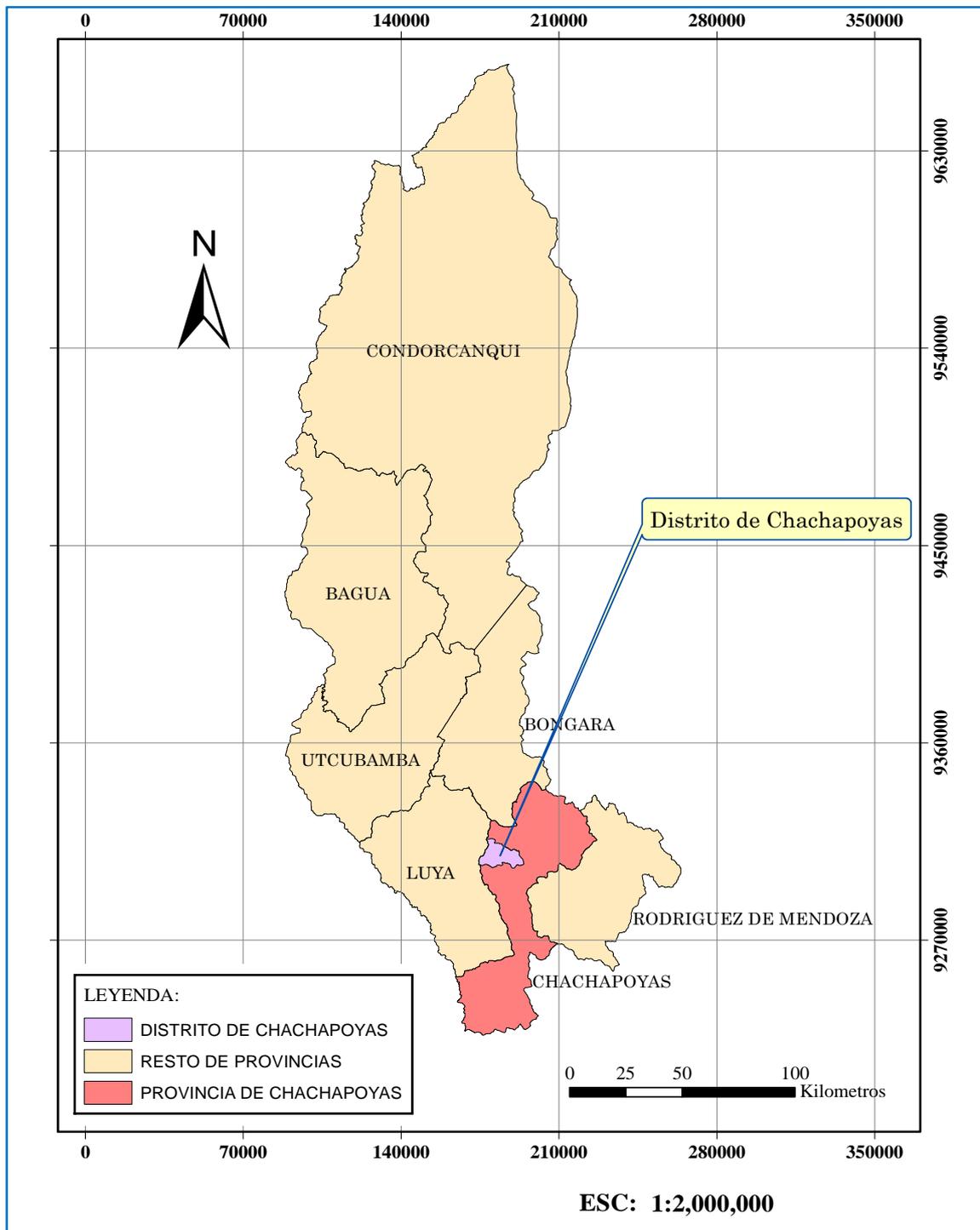
El clima varía desde templado cálido hasta templado frío. Los suelos de la ciudad son de tipo areno arcilloso, arcillas limoso y areno arcillo limoso inorgánicos de baja a media plasticidad.

De acuerdo al plan de desarrollo urbano de la ciudad de Chachapoyas, la residencial magisterial está clasificada como Residencial de densidad baja, que son áreas constituidas por sectores de peligro alto (afectados por deslizamientos, inundaciones, erosión y saturación de suelos). Se caracteriza por el uso de residencial unifamiliar y bifamiliar. (Municipalidad Provincial de Chachapoyas, 2013).

La residencial magisterial se ubica en Villa París, a cinco minutos del centro de la ciudad de Chachapoyas. Es un conjunto de 195 unidades de viviendas de un piso levantadas sobre un lote de 160 m^2 , donde el área construida de cada módulo es de 40.5 m^2 y son exclusivas para los maestros.

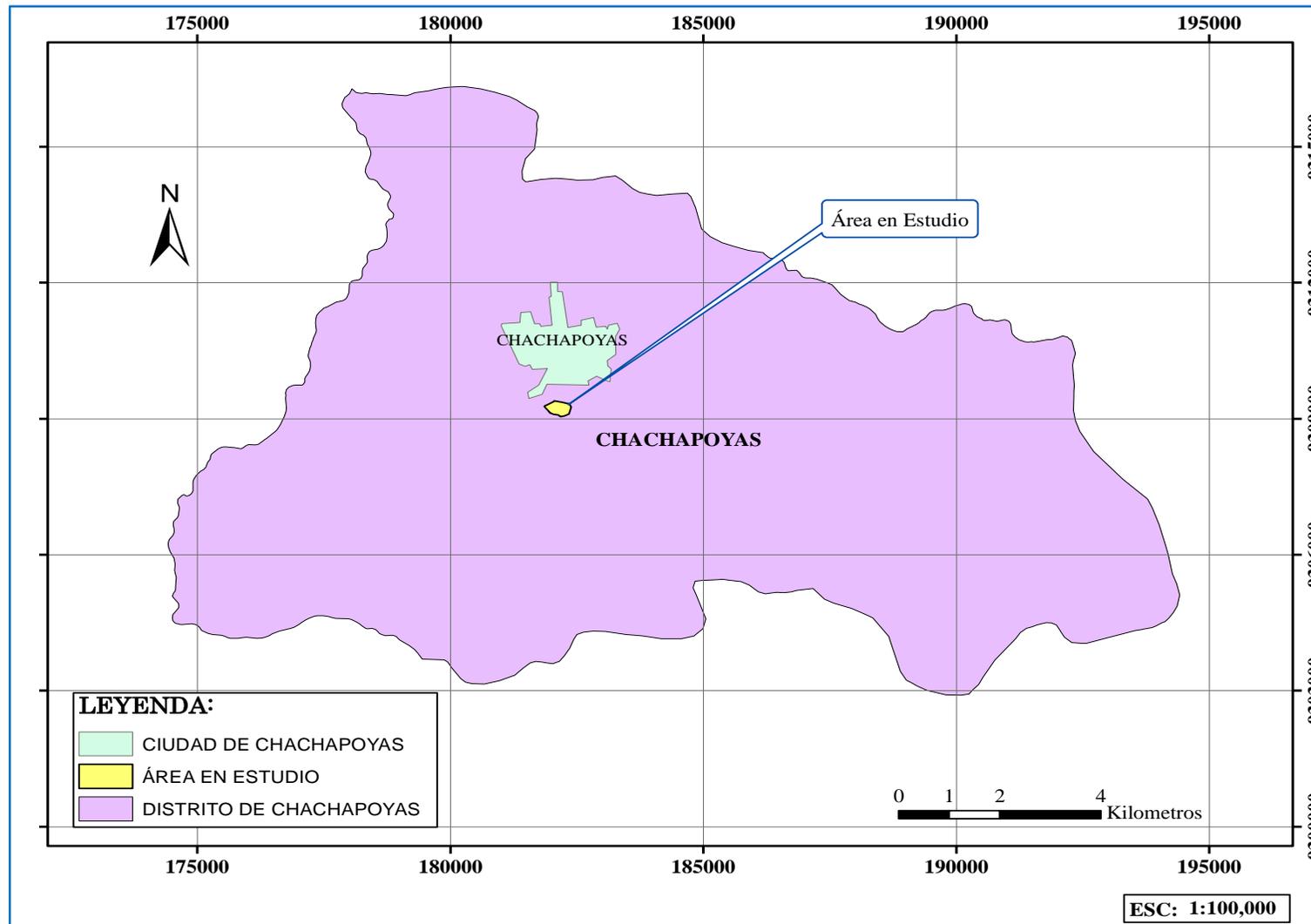
En la actualidad, estas viviendas no se encuentran habitadas.

Figura N° 09. Mapa de localización N° 01.



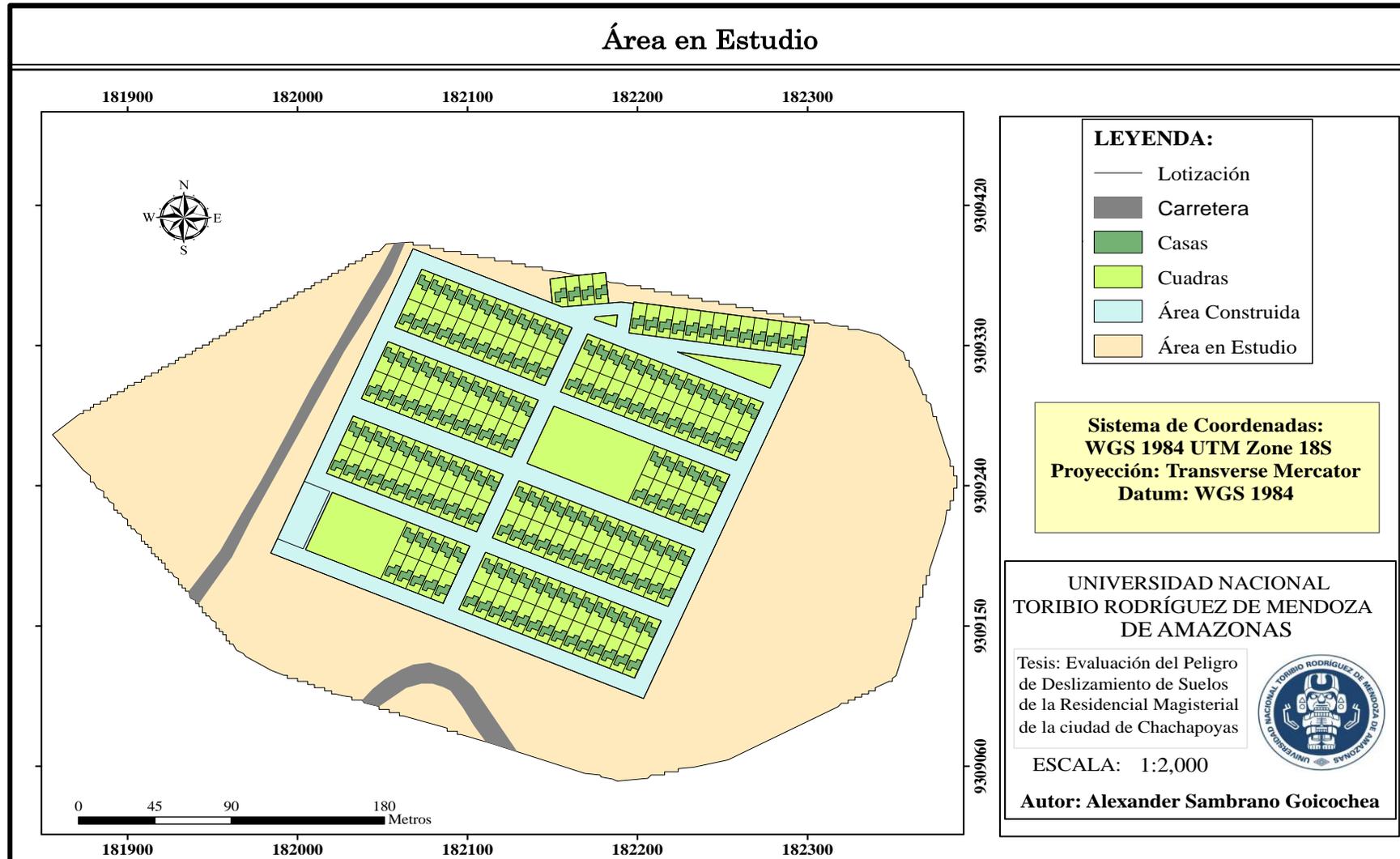
Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 10. Mapa de localización N° 02.



Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 11. Área en estudio - Residencial Magisterial de la ciudad de Chachapoyas



Fuente: Elaboración propia.

5.1. Estudio de los factores que intervienen en el peligro de deslizamiento

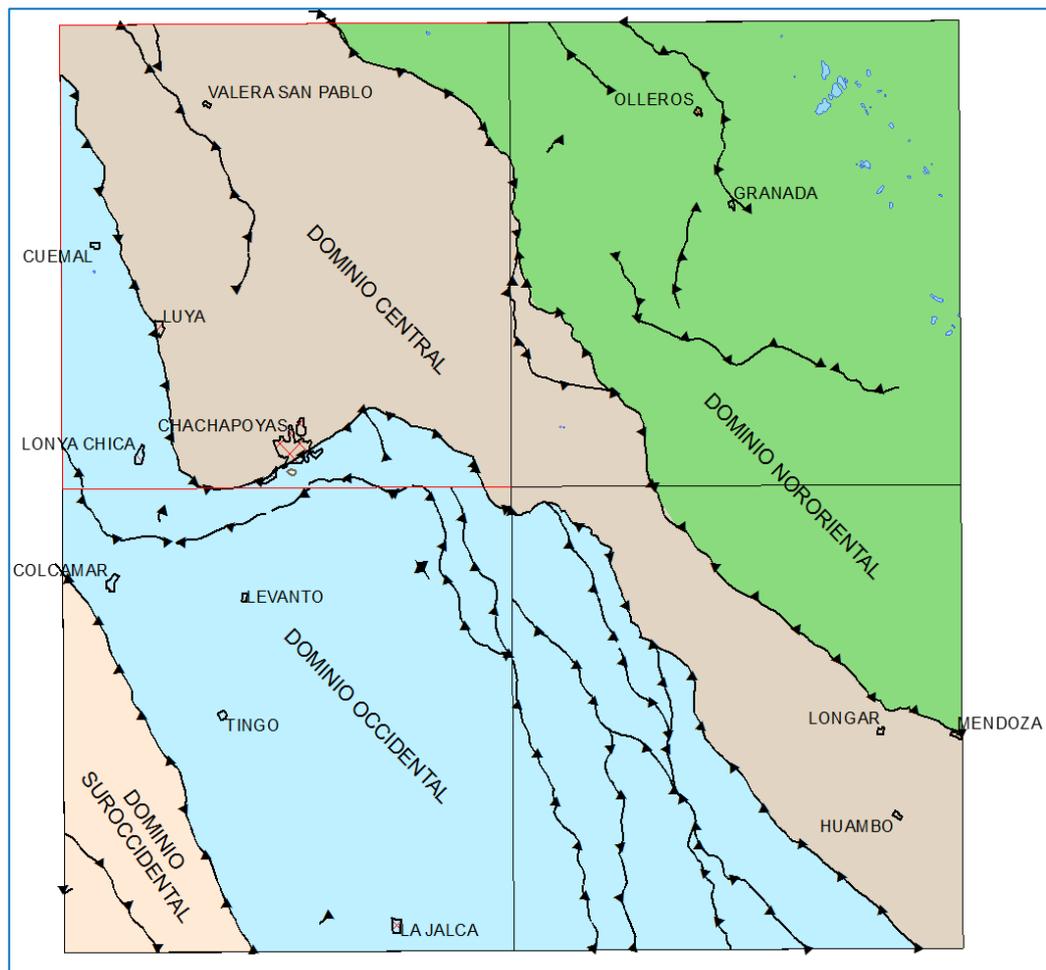
Para determinar el peligro de deslizamiento en la Derrama Magisterial se evaluaron seis factores: geología, geomorfología, pendiente del terreno, precipitaciones, cobertura vegetal y el uso actual del suelo.

a. Geología

La ciudad de Chachapoyas se encuentra conformada por areniscas y conglomerados. La unidad litológica existente en el área de estudio es:

Formación Inguilpata. - Conglomerado con clastos polimícticos, intercalados con arenas semiconsolidados y con una matriz areno-limosa pertenecientes a la Era Cenozoico. (INGEMMET, 2012)

Figura N° 12. Mapa de dominios Tectono – Estratigráficos.



Fuente: INGEMMET (2012)

En el terreno de estudio afloran solamente estas rocas sedimentarias: a) El cuaternario, y b) Caliza. (Vasquez, 2005)

a. El cuaternario

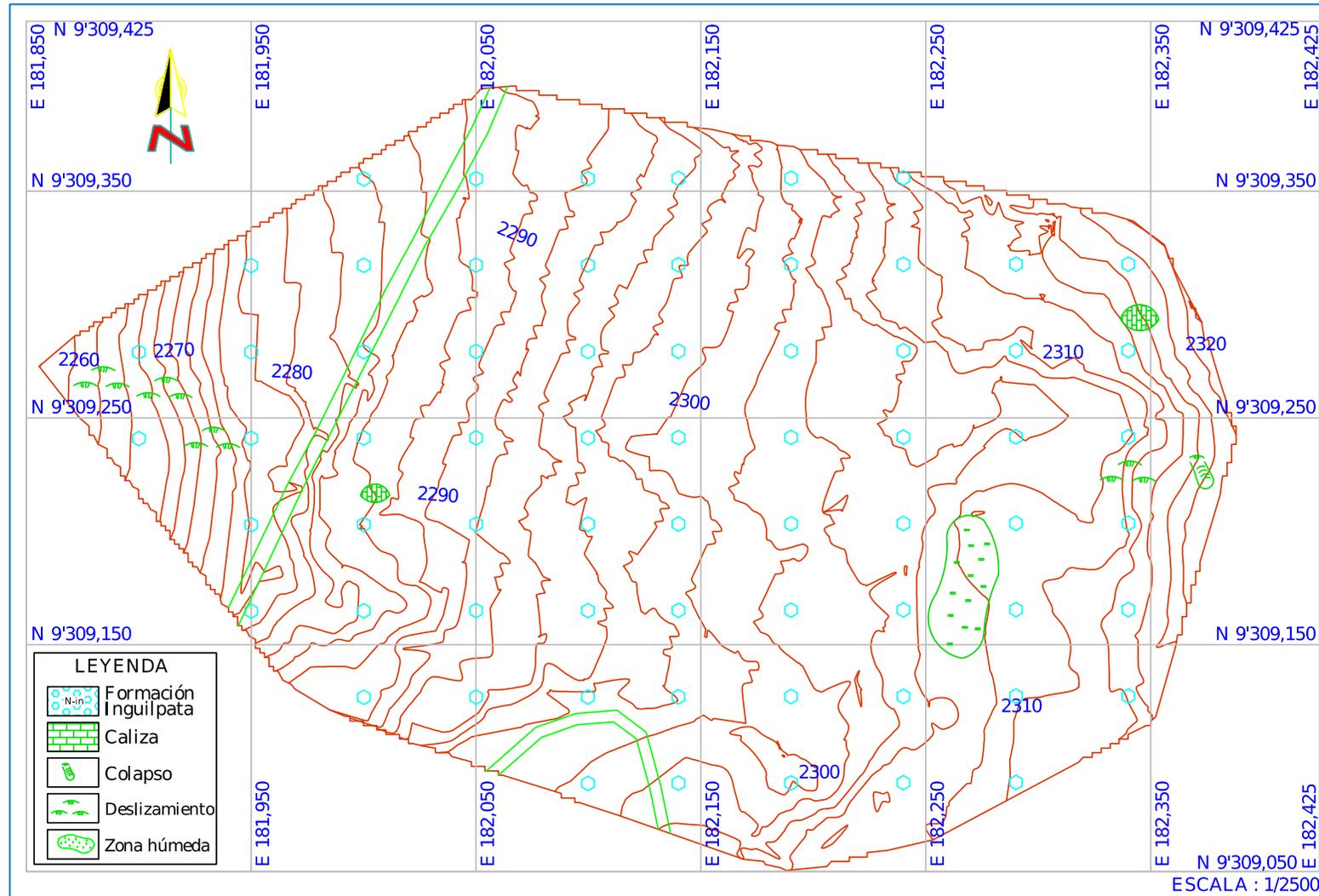
Debajo de una cubierta vegetal de pasto y especies locales como la chilca y la retama aparece el cuaternario compuesto por material limoso, arcillosos y arenoso con partes mezcladas con una fracción menor de arena fina, son depósitos que han sido descendidos por las aguas y depositados en las laderas sobre roca calcárea. (Vasquez, 2005)

El terreno exhibe una coloración anaranjada amarillenta, marrón oscura en los sitios en los que carece de vegetación, lo que es especialmente visible en los afloramientos de la quebrada que pasa por la parte sur y en la prolongación de la calle Ortiz Arrieta que en el lugar tiene una dirección recta. (Vasquez, 2005)

b. Caliza.

En el terreno de estudio aparece en la parte del límite este, a la altura del grifo Santo Tomas, aproximadamente, un pequeño afloramiento de roca caliza de color grisáceo de grano mediano con ligeras oxidaciones ligeramente amarillentas, no se encuentra estratificada. Presenta pequeños orificios, es masiva. También aparece en otros lugares del terreno, pero en forma más pequeña. (Vasquez, 2005)

Figura N° 13. Plano geológico del terreno de la Derrama Magisterial Chachapoyas.



Fuente: Elaboración propia sobre la base del informe técnico *Habilitación Urbana Derrama Magisterial Chachapoyas*.

Para determinar la susceptibilidad litológica se dividió el terreno estudiado en 3 sectores, de los cuales mediante estudio de suelos se evaluaron dos factores: el ángulo de fricción interna y la cohesión efectiva del suelo.

Tabla N° 13. Ángulo de fricción interna del suelo.

Número	Ángulo de Fricción Interna	Peligro de Deslizamiento	Área (m ²)
Sector 1	11.32°	5 Muy Alto	34712.35
Sector 2	12.48°	5 Muy Alto	61306.43
Sector 3	12.12°	5 Muy Alto	29434.01

Fuente: Elaboración propia.

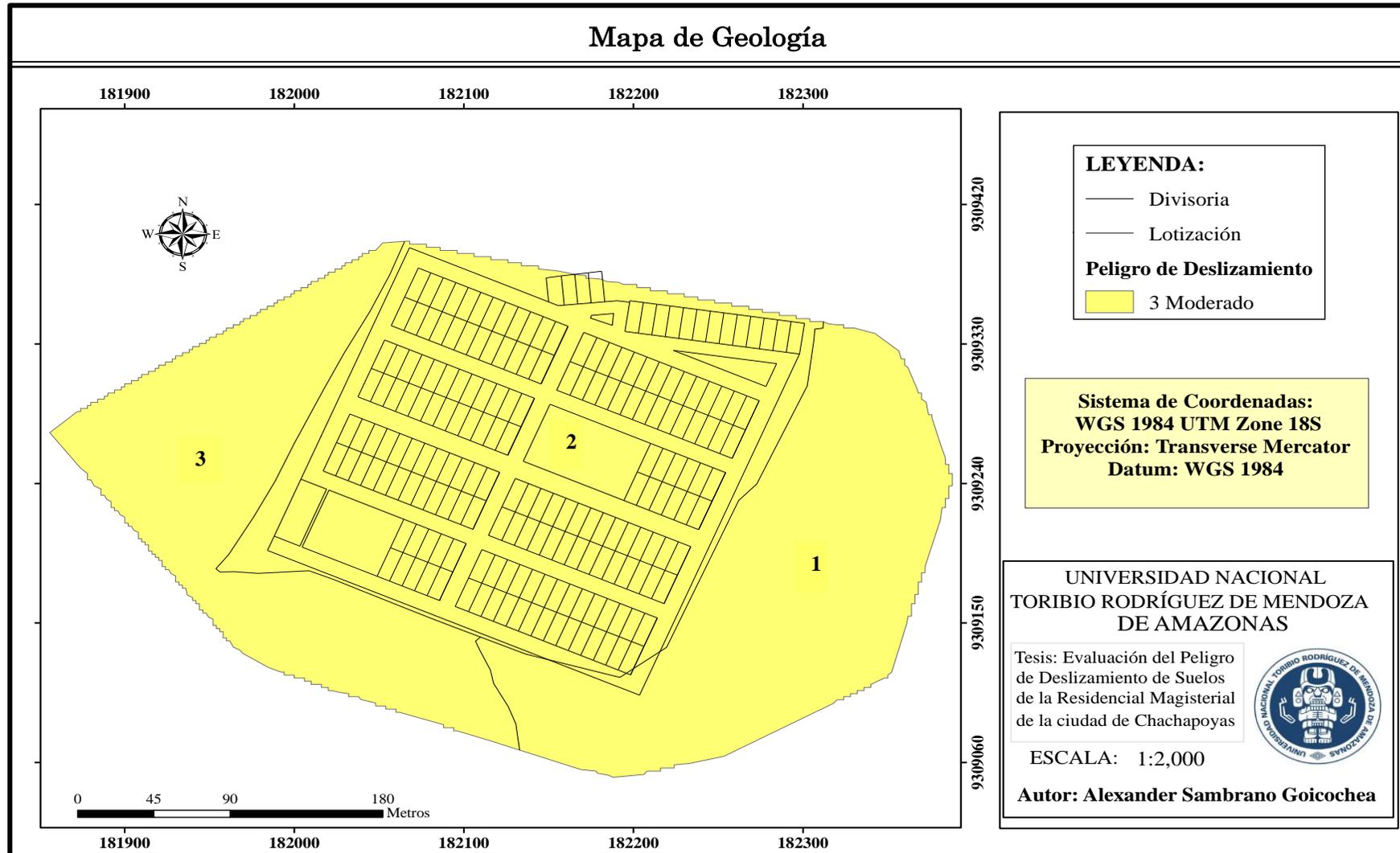
Tabla N° 14. Cohesión efectiva del suelo.

Número	Cohesión (KPa)	Peligro de Deslizamiento	Área (m ²)
Sector 1	25.50	1 Muy Bajo	34712.35
Sector 2	20.60	2 Bajo	61306.43
Sector 3	22.56	2 Bajo	29434.01

Fuente: Elaboración propia.

Luego, se realizó la combinación de ambos factores, cada uno con un porcentaje de participación de 50% y se obtuvo que el peligro de deslizamiento en toda el área de estudio era moderado.

Figura N° 15. Mapa de peligro de deslizamiento de suelos - Factor Geología



Fuente: Elaboración propia.

b. Geomorfología

Geomorfológicamente hablando, el terreno es una ladera suavemente inclinada de 16° a 20° aproximadamente, con ligeras ondulaciones. Las ondulaciones corresponden a zonas donde, la roca subyacente no se ha dejado erosionar por ser más resistente, en cambio hay pequeñas depresiones alargadas que han sido hechas por corrientes de agua a través del tiempo. (Vasquez, 2005)

El principal problema que se presenta en el área de estudio es la presencia de roca caliza, la cual al entrar en contacto con el agua de lluvia se disuelve tanto en la superficie como en el subsuelo dando origen a o que se conoce como formaciones kársticas. Además, hacia el terreno fluyen algunas corrientes de agua por lo cual existen zonas con bastante contenido de humedad.

La evaluación de la geomorfología se realizó en función de las formaciones geológicas existentes, la presencia de roca caliza, zonas con alto contenido de humedad, así como las formas de la superficie terrestre, deslizamientos existentes y las fisuras en el suelo que se observaron en el área de estudio. Además, se ha consultado la opinión a un especialista en el tema.

Tabla N° 15. Clasificación de la Geomorfología de la Residencial Magisterial

Descripción	Peligro de Deslizamiento	Área (m2)
Ladera con zonas de falla, irregular escarpada y terrenos saturados.	4 Alto	42525.59
Deslizamiento existente o presencia de roca caliza.	5 Muy Alto	82927.20

Fuente: *Elaboración propia*

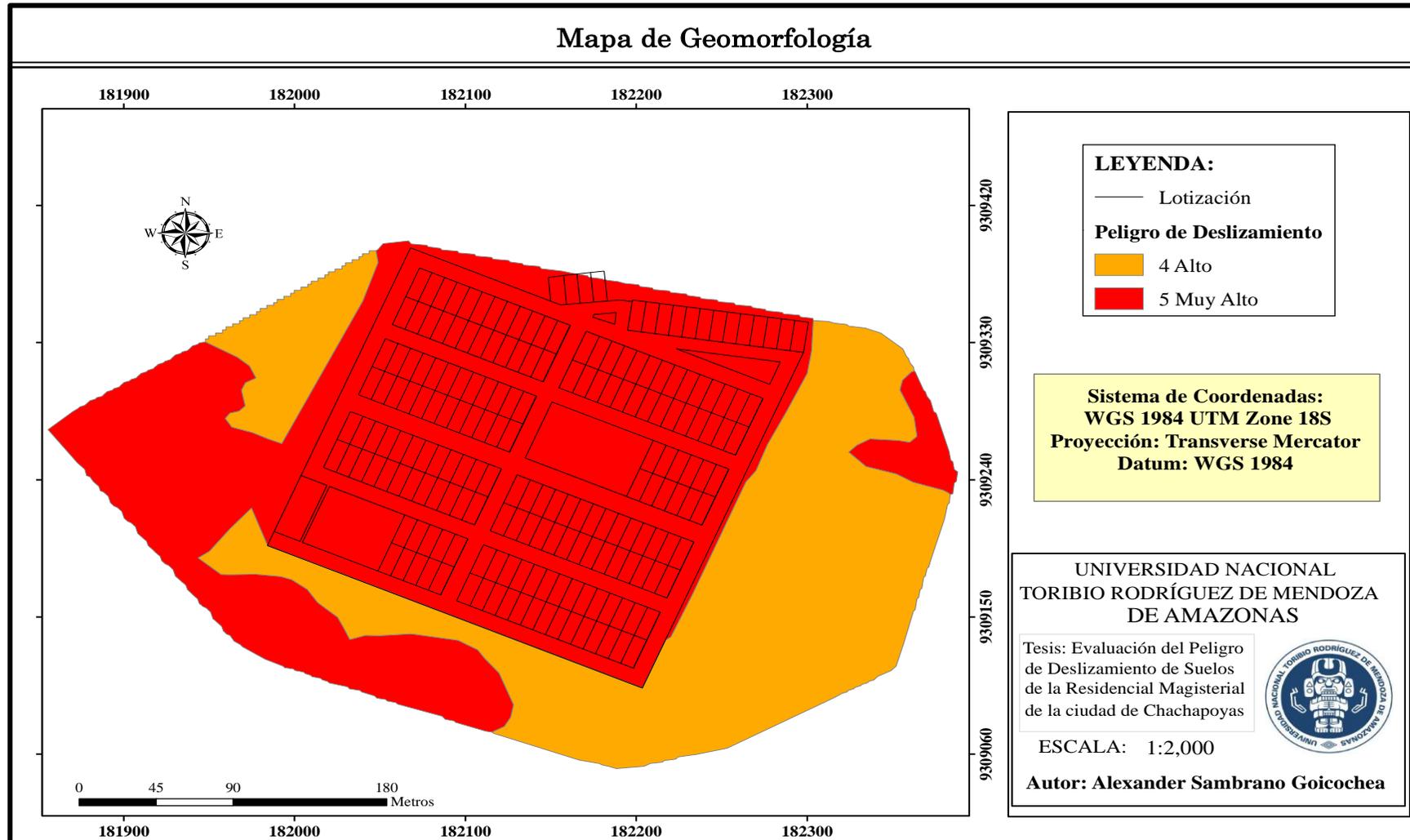
Tabla N° 16. Área en peligro de deslizamiento – Factor Geomorfología.

Peligro de Deslizamiento	Área (m2)	%
4 Alto	42525.59	33.90%
5 Muy Alto	82927.20	66.10%

Fuente: *Elaboración propia*

El peligro de deslizamiento existente en el área de estudio en función a la geomorfología es: Alto (33.90 %) y Muy Alto (66.10 %).

Figura N° 16. Mapa de peligro de deslizamiento de suelos - Factor Geomorfología



Fuente: Elaboración propia.

c. Pendiente

La topografía del terreno en estudio se ha obtenido mediante levantamiento topográfico, en ella se puede observar las formas del relieve y las variaciones de pendiente.

Para determinar la inestabilidad existente se ha utilizado la clasificación para elaborar mapa de pendientes propuesta por Suarez (2009), donde se establece los siguientes rangos:

- 1 Muy Baja. - De 0 a 8.5 grados.
- 2 Baja. - De 8.5 a 16.7 grados.
- 3 Moderada. - De 16.7 a 26.6 grados.
- 4 Alta. - De 26.6 a 45 grados.
- 5 Muy Alta. - más de 45 grados.

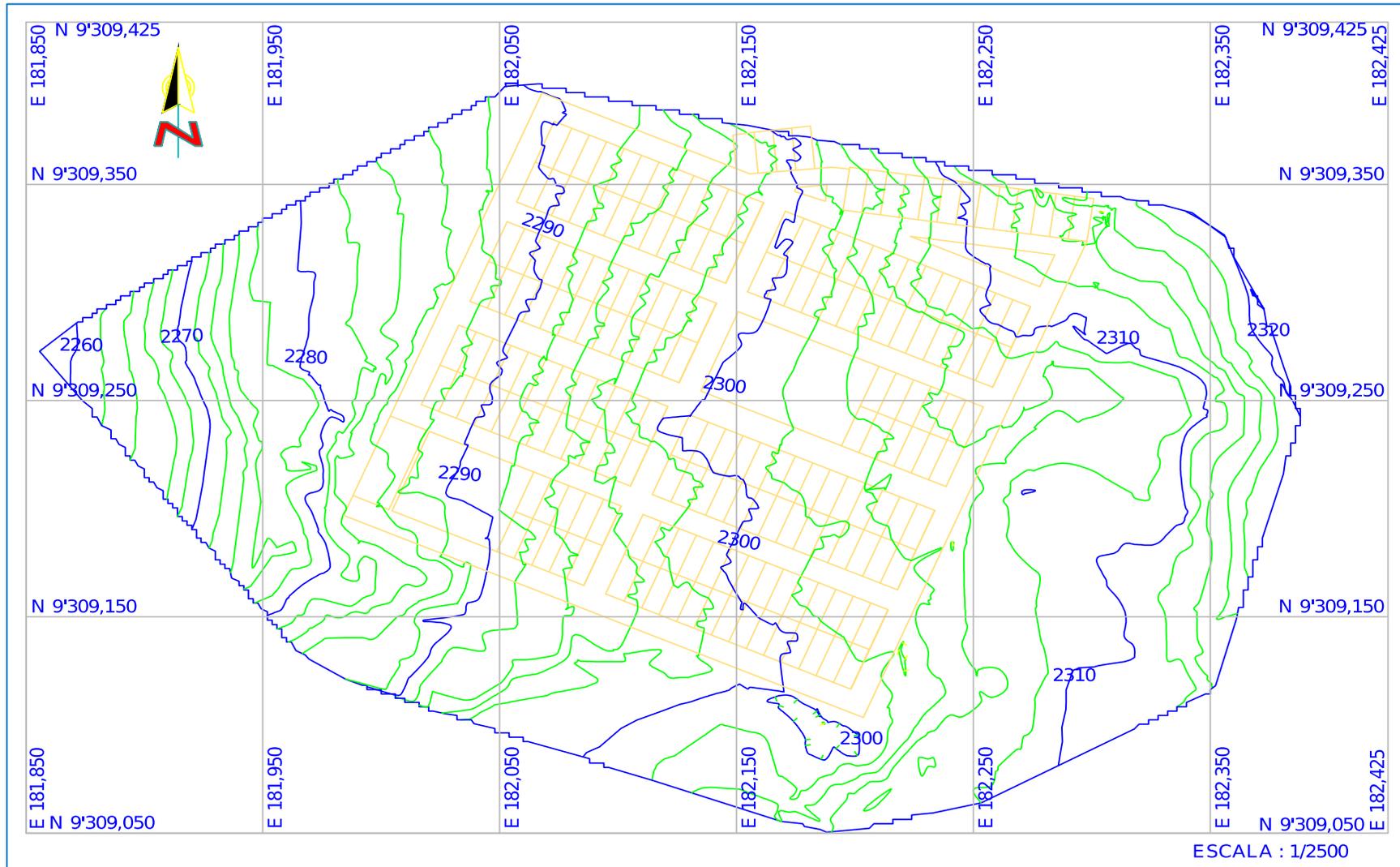
Tabla N° 17. Área en peligro de deslizamiento – Factor Pendiente

Peligro de Deslizamiento	Área (m ²)	%
1 Muy Bajo	88114.59	70.24%
2 Bajo	30534.04	24.34%
3 Moderado	6449.03	5.14%
4 Alto	355.13	0.28%

Fuente: Elaboración propia

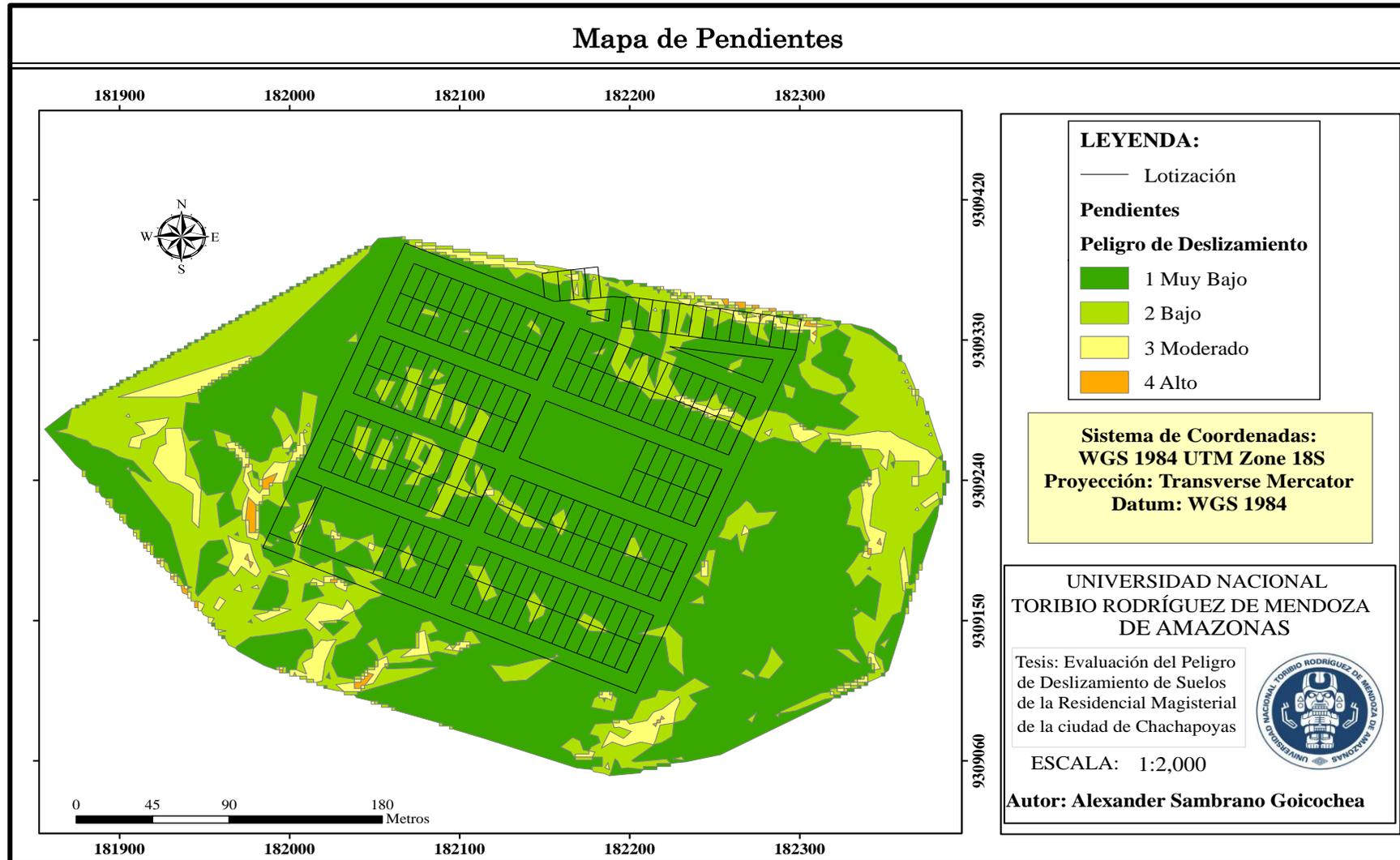
De acuerdo a la tabla N° 17, el peligro de deslizamiento existente en el área de estudio en función a la topografía del terreno es: Muy bajo (70.24%), Bajo (24.34%), Moderado (5.14%) y Alto (0.28%).

Figura N° 17. Curvas de nivel del área en estudio.



Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 18. Mapa de peligro de deslizamiento de suelos - Factor Pendiente



Fuente: Elaboración propia.

d. Precipitaciones

El estudio correspondiente a las precipitaciones se realizó con datos de los últimos cinco años, obtenidos de la estación de tipo convencional meteorológica de la ciudad de Chachapoyas.

Tabla N° 18. Precipitaciones (mm), Año 2012 – 2016, Chachapoyas

Meses	Año 2012	Año 2013	Año 2014	Año 2015	Año 2016
Ene	68.73	115.4	112.5	233.2	39
Feb	121.7	94.8	92.1	142.8	103
Mar	232.0	184.2	265.2	154	107.4
Abr	74.3	77.9	62.7	104.1	52.1
May	86.3	52.8	68.1	56.6	15.7
Jun	50.3	28.6	34.6	8.5	29
Jul	5.1	18.7	23.7	24.5	4.6
Ago	10	40.3	18.3	45.3	4
Set	35.4	40.1	51.7	13.7	44.1
Oct	155.3	130.3	50.8	35.8	80.3
Nov	58.8	26.3	116.1	88.8	25.9
Dic	53.7	91.7	161.7	163	107.61

Fuente: *Elaboración propia sobre la base de SENAMHI (2017)*

Luego se realizó el cálculo del Índice Modificado de Fournier (IMF), el cual nos determina la agresividad de la precipitación mensual.

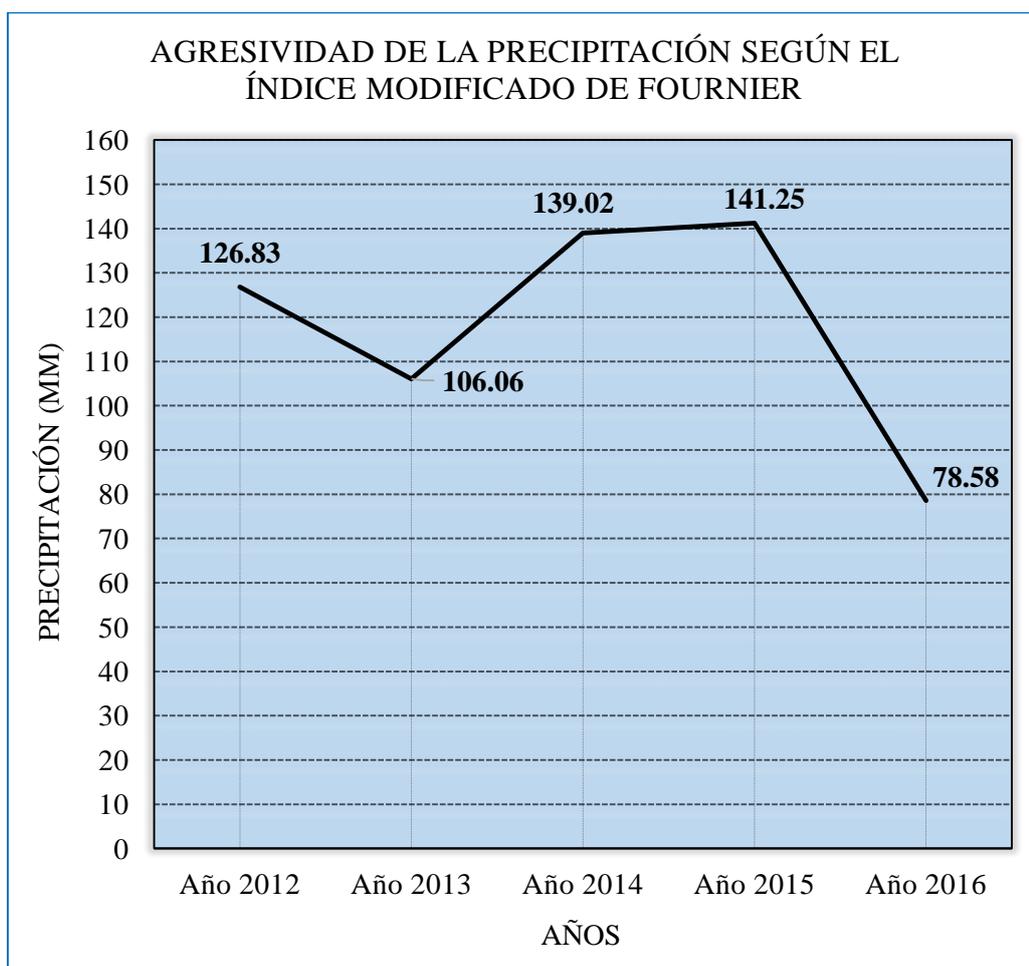
$$IMF = \sum_{i=1}^{12} \frac{P_i^2}{P}$$

Tabla N° 19. Cálculo del índice modificado de Fournier

	Año 2012	Año 2013	Año 2014	Año 2015	Año 2016
P_i^2	120702.44	95568.51	147011.97	151178.81	48147.44
P	951.65	901.10	1057.50	1070.30	612.71
IMF	126.83	106.06	139.02	141.25	78.58

Fuente: *Elaboración propia.*

Figura N° 19. Comparación Índice modificado de Fournier, Año 2012 - 2016

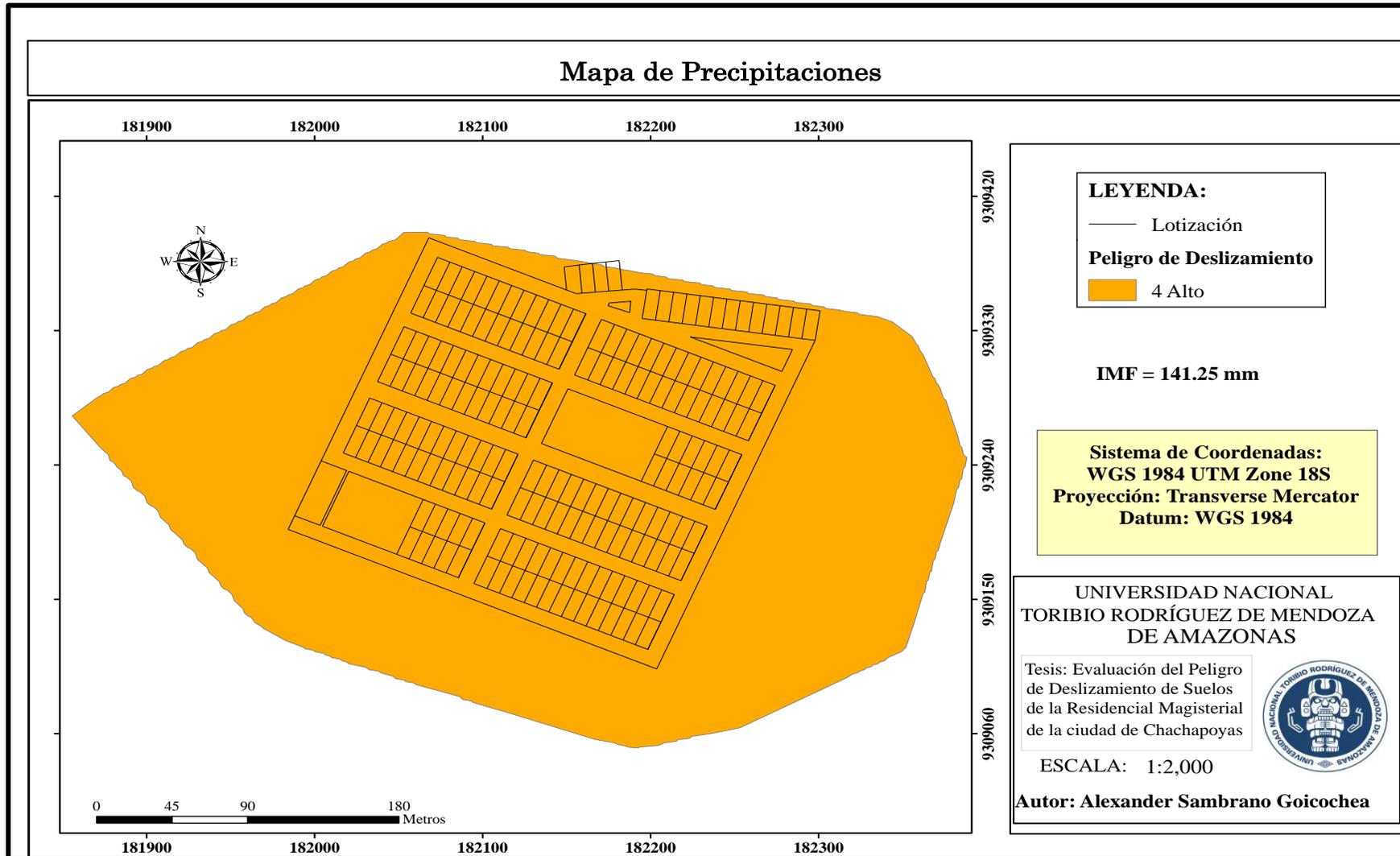


Fuente: Elaboración propia.

El mayor valor del índice modificado de Fournier se obtuvo en el año 2015 (IMF = 141.25 mm), y es con este valor con el que se trabajó, debido a que existe la probabilidad de que vuelva a ocurrir precipitaciones de igual intensidad.

Luego, de acuerdo a la clasificación del índice modificado de Fournier propuesta por Arnoldus (1980), este valor se encuentra en el nivel Alto de precipitaciones (120 mm – 160 mm), por lo que el peligro de deslizamiento en función de las precipitaciones en toda el área de estudio es alto.

Figura N° 20. Mapa de peligro de deslizamiento de suelos - Factor Precipitaciones



Fuente: Elaboración propia.

e. Cobertura vegetal

Se evaluó la existencia de vegetación en el área de estudio y el efecto positivo para evitar problemas de erosión, reptación y fallas superficiales.

Los árboles y arbustos de raíz profunda les aportan una resistencia cohesiva significativa a los suelos más superficiales y al mismo tiempo, facilitan el drenaje subterráneo.

Por lo tanto, en áreas donde existe vegetación el peligro de deslizamiento va a ser menor que en áreas donde la vegetación es poca o ha sido eliminada por la actividad del hombre. En la tabla N° 20, se muestra el criterio utilizado para clasificar el peligro de deslizamiento de acuerdo a la vegetación existente.

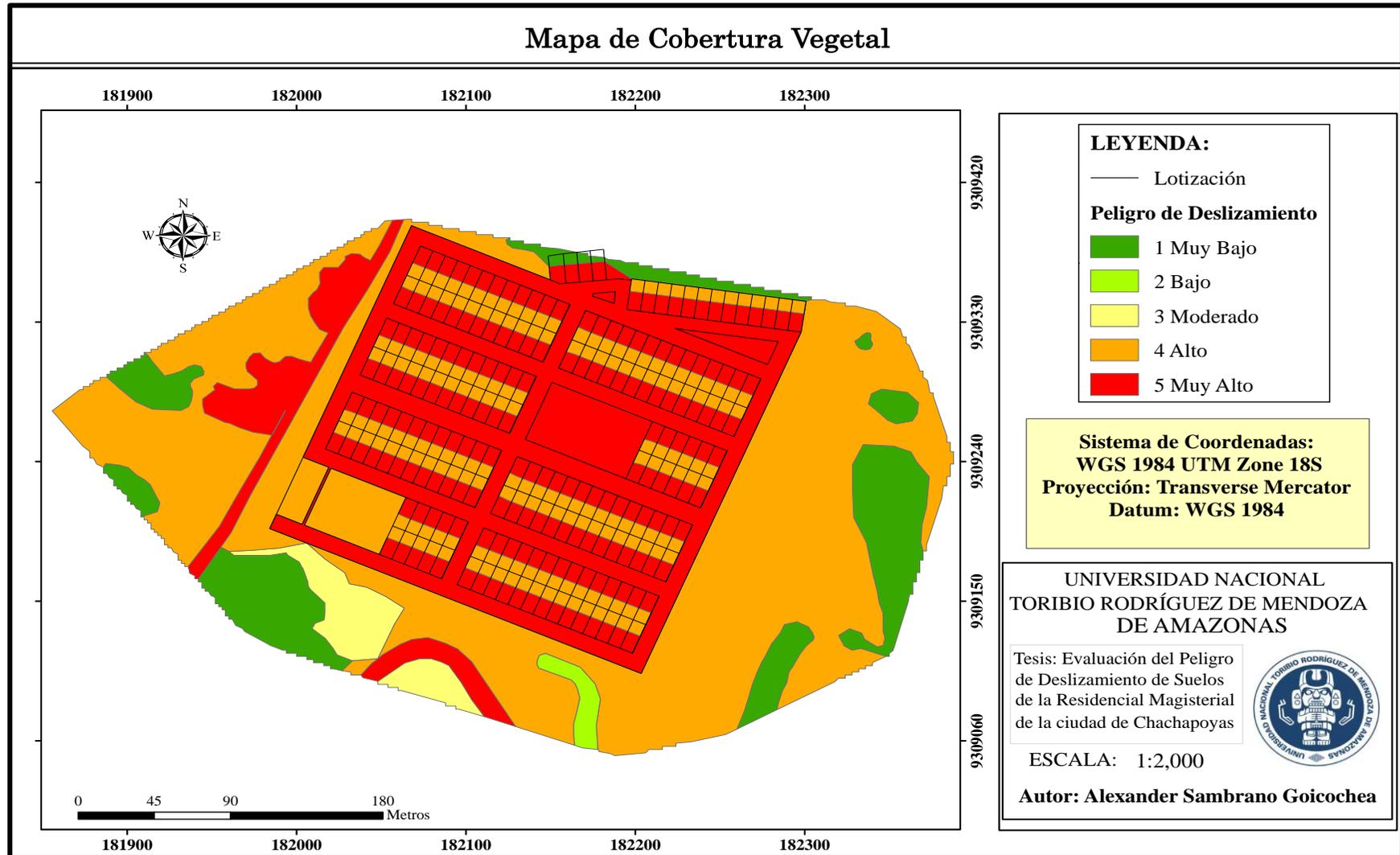
Tabla N° 20. Área en peligro de deslizamiento - Factor Cobertura Vegetal

Descripción	Peligro de Deslizamiento	Área (m ²)	%
Arboles espaciados cercanamente (Altura mayor a 5m)	1 Muy Bajo	12213.78	9.74%
Plantaciones o arboles de 3 a 5m	2 Bajo	858.81	0.68%
Matorrales	3 Moderado	3543.98	2.82%
Pastos y Hierbas	4 Alto	63203.03	50.38%
Área denudada o erosionada	5 Muy Alto	45633.18	36.37%

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la tabla N° 20, el peligro de deslizamiento existente en el área de estudio en función al factor cobertura vegetal es: Muy bajo (9.74%), Bajo (0.68%), Moderado (2.82%), Alto (50.38%) y Muy alto (36.37%).

Figura N° 21. Mapa de peligro de deslizamiento de suelos - Factor Cobertura Vegetal



Fuente: Elaboración propia.

f. Uso Actual del Suelo

Se determinó si el uso que se le está dando al suelo dentro del área en estudio es el adecuado, para lo cual se realizó estudio de suelos mediante la elaboración de calicatas y ensayos de laboratorio con los cuales se identificó las propiedades del suelo.

La calicata N° 01 presenta turba suelta y húmeda de 0.00m a 0.80m. De 0.80m a 3.00m se observa perfil de suelo de arcilla gruesa (CH), suelta, húmeda, de mediana plasticidad, color gris amarillento. Se encontró nivel freático a 2 metros de profundidad. Terreno malo para la construcción, de acuerdo a todas las propiedades que se muestran en la tabla N° 21.

Tabla N° 21. Estudio de suelos - Calicata N° 01.

CALICATA C-1		
Ubicación	Este	182271.96 m
	Norte	9309114.19 m
	Altura	2307.63 m
Análisis Granulométrico	Grava (%)	2.37
	Arena (%)	5.86
	Limo y Arcilla (%)	91.77
Contenido de Humedad (%)		22.09
Límites de Consistencia	Limite liquido (%)	55
	Limite plástico (%)	25.92
	Índice de plasticidad (%)	29.08
Densidad Natural (gr/cm ³)		2.004
Corte Directo	Ángulo de fricción interna (°)	11.32
	Cohesión (KPa)	25.5

Fuente: Elaboración propia.

La calicata N° 02 se observa perfil de suelo de turba y relleno, suelto y húmeda de 0.00m a 1.00m. De 1.00m a 3.00m se observa perfil de suelo de arcilla gruesa con arena (CH), suelta, húmeda, de alta plasticidad, color gris. Se encontró nivel freático a 2.80 metros de profundidad. Terreno malo para la construcción, de acuerdo a todas las propiedades que se muestran en la tabla N° 22.

Tabla N° 22. Estudio de suelos - Calicata N° 02.

CALICATA C-2		
Ubicación	Este	182296.17 m
	Norte	9309306.31m
	Altura	2312.65 m
Análisis Granulométrico	Grava (%)	0.60
	Arena (%)	14.90
	Limo y Arcilla (%)	84.50
Contenido de Humedad (%)		38.38
Límites De Consistencia	Limite liquido (%)	68.5
	Limite plástico (%)	32.14
	Índice de plasticidad (%)	36.36
Densidad Natural (gr/cm3)		1.906
Corte Directo	Ángulo de fricción interna (°)	12.48
	Cohesión (KPa)	20.6

Fuente: Elaboración propia.

La calicata N° 03 se observa perfil de suelo de turba, suelto y húmeda de 0.00m a 1.00m. De 1.00m a 3.00m se observa perfil de suelo de arcilla gruesa (CH), suelta, húmeda, de alta plasticidad, color gris amarillento. No se encontró nivel freático.

Tabla N° 23. Estudio de suelos - Calicata N° 03.

CALICATA C-3		
Ubicación	Este	181855.28 m
	Norte	9309270.15 m
	Altura	2257.97 m
Análisis Granulométrico	Grava (%)	6.43
	Arena (%)	2.74
	Limo y Arcilla (%)	90.83
Contenido de Humedad (%)		38.57
Límites de Consistencia	Limite liquido (%)	62
	Limite plástico (%)	29.81
	Índice de plasticidad (%)	32.19
Densidad Natural (gr/cm3)		1.942
Corte Directo	Ángulo de fricción interna (°)	12.12
	Cohesión (KPa)	22.56

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los resultados obtenidos de los estudios de mecánica de suelos el terreno no presenta propiedades aptas para la construcción. Además, según la clasificación general de uso del suelo establecido en el plan de desarrollo urbano de la ciudad de Chachapoyas, el terreno de la Derrama Magisterial es un área en situación de alto riesgo, donde cualquier intento de ocupación de este tipo de suelo con usos urbanos deberá ser evitado y reprimido mediante mecanismos adecuados diseñados para tal fin. En la ciudad de Chachapoyas, el suelo no urbanizable son áreas que presentan niveles de riesgo muy alto, que por actual naturaleza de ocupación deben ser sujetas a calificación como zonas de reglamentación especial con restricciones.

Una vez conocidas las propiedades del suelo, se clasificó el peligro existente en el área de estudio en función del uso que se le está dando a este.

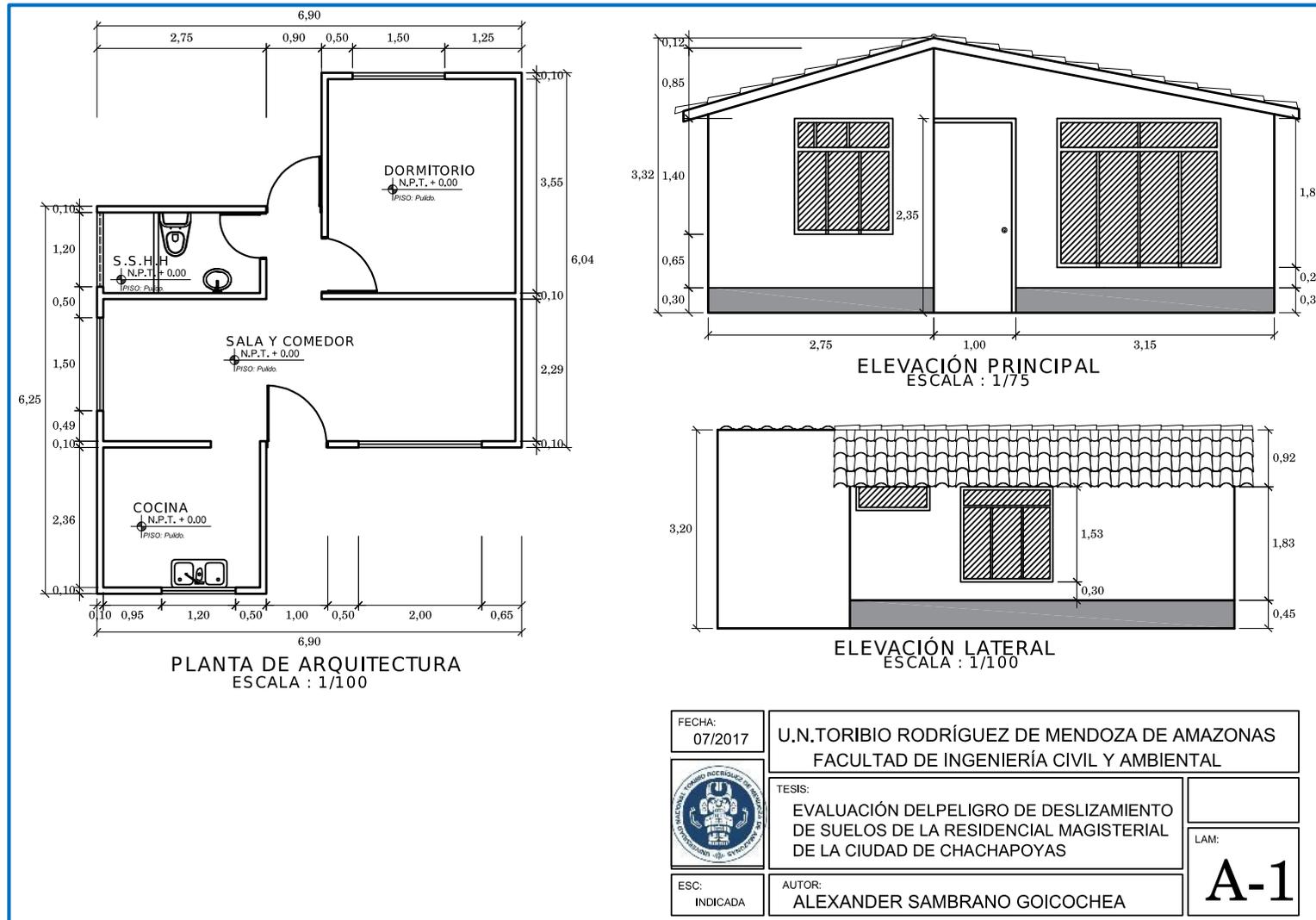
Tabla N° 24. Área en peligro de deslizamiento - Factor Uso Actual del Suelo

Descripción	Peligro de Deslizamiento	Área (m ²)	%
Terreno Natural	1 Muy Bajo	61493.548	49.02%
Lotes sin construir	2 Bajo	18053.938	14.39%
Calles y veredas	3 Moderado	18650.458	14.87%
Viviendas	4 Alto	22417.868	17.87%
Pista y almacén de agregados	5 Muy Alto	4836.978	3.86%

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la tabla N° 24, el peligro de deslizamiento existente en el área de estudio en función al factor uso actual del suelo es: Muy bajo (49.02%), Bajo (14.39%), Moderado (14.87%), Alto (17.87%) y Muy alto (3.86%).

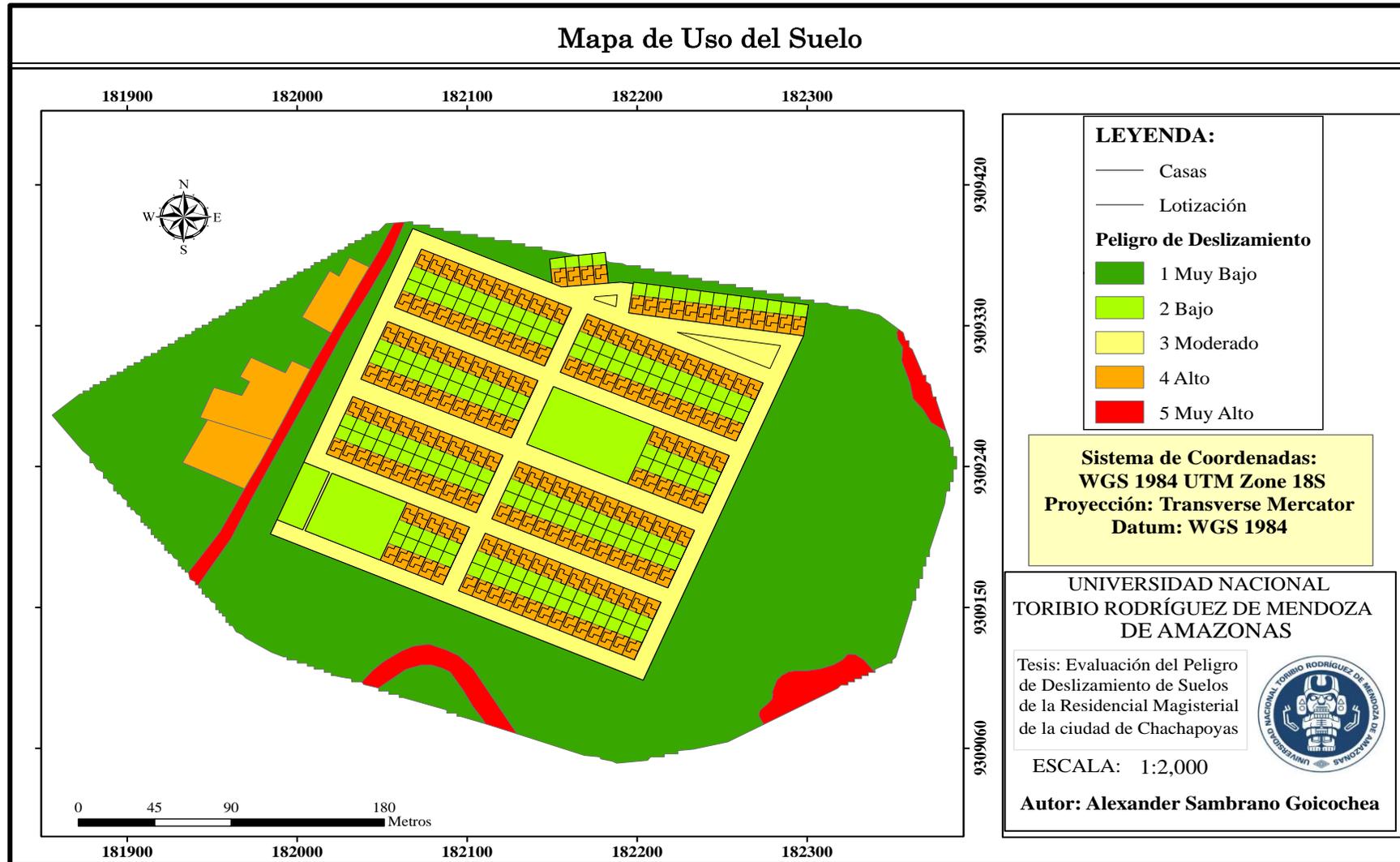
Figura N° 22. Modelo de vivienda de la Residencial Magisterial Chachapoyas.



Fuente: Elaboración propia.

FECHA: 07/2017	U.N.TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL	
	TESIS: EVALUACIÓN DEL PELIGRO DE DESLIZAMIENTO DE SUELOS DE LA RESIDENCIAL MAGISTERIAL DE LA CIUDAD DE CHACHAPOYAS	
	ESC: INDICADA	AUTOR: ALEXANDER SAMBRANO GOICOCHEA

Figura N° 23. Mapa de peligro de deslizamiento de suelos - Factor Uso Actual del Suelo.



Fuente: Elaboración propia.

5.2. Condición Intrínseca, Hidrometeorológica y Biológica.

Dependiendo de cómo actúan los factores que originan los deslizamientos, han sido asociados en tres grupos los cuales se utilizaron para obtener el mapa de peligro final.

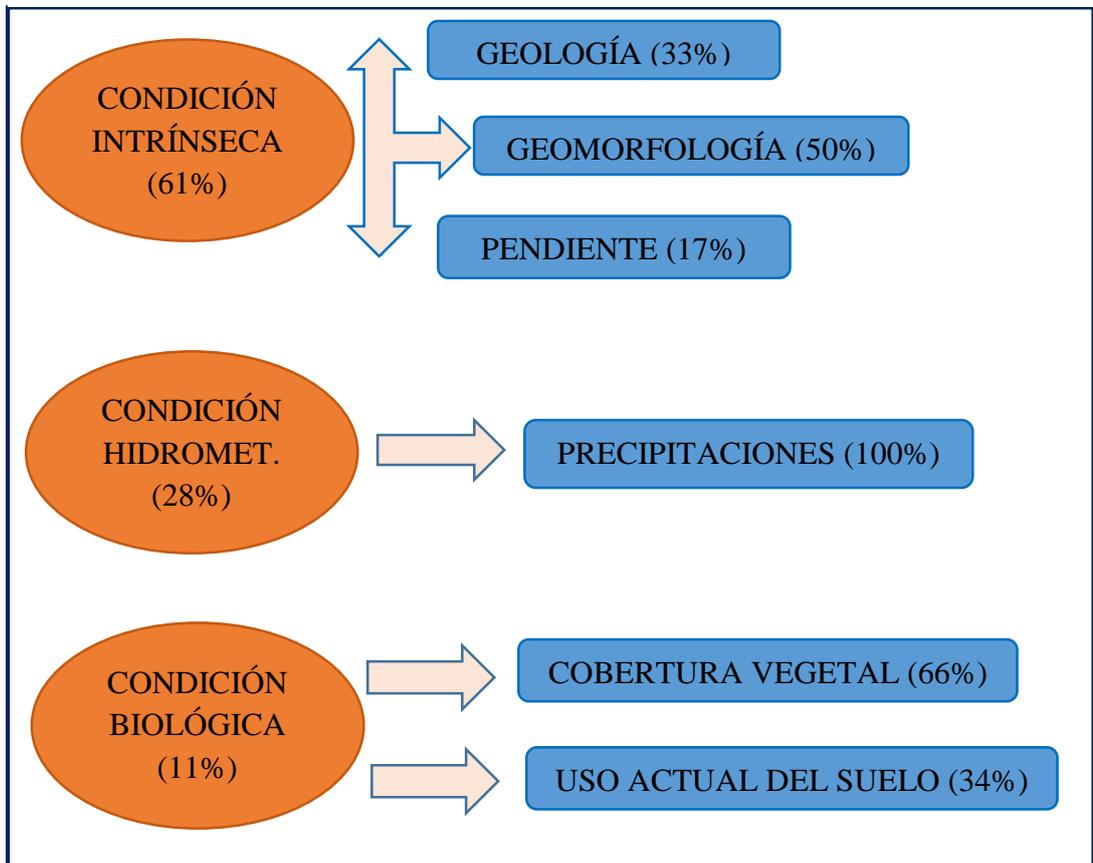
El primer grupo es el de condiciones intrínsecas, que son aquellos que dependen de la naturaleza, estructura y forma del terreno (Geología, geomorfología y pendiente).

El segundo grupo es el de condiciones hidrometeorológicas, en el cual se ha considerado la intensidad de precipitación.

El tercer grupo es el de condiciones biológicas, en el cual se evaluó la existencia de vegetación y el uso actual del suelo.

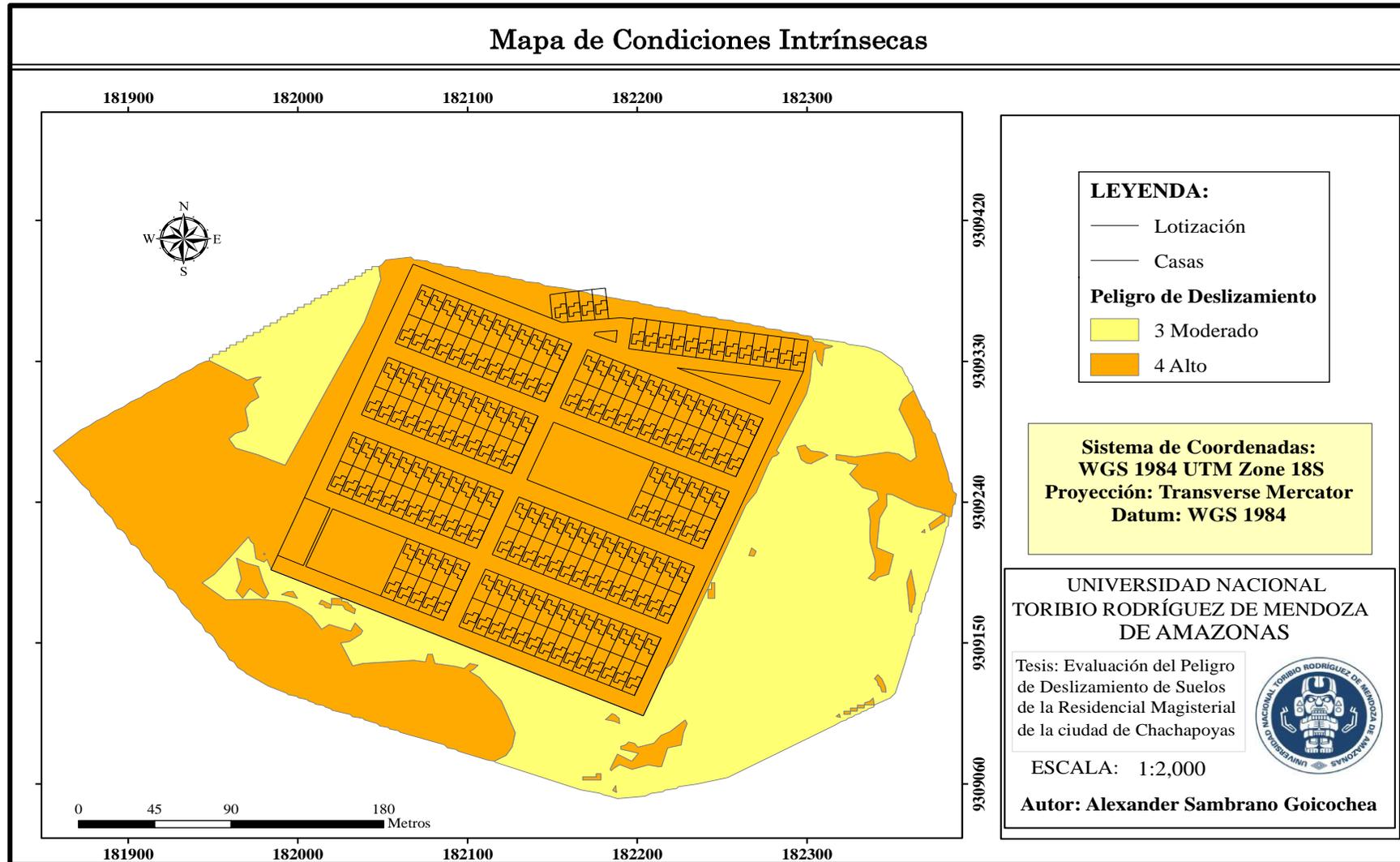
Para obtener el mapa de peligro de cada uno de estos grupos, se combinaron los factores que intervienen en los deslizamientos, cada uno de ellos con su porcentaje de participación, como se puede observar en la figura N° 24.

Figura N° 24. Combinación de los factores del peligro de deslizamiento.



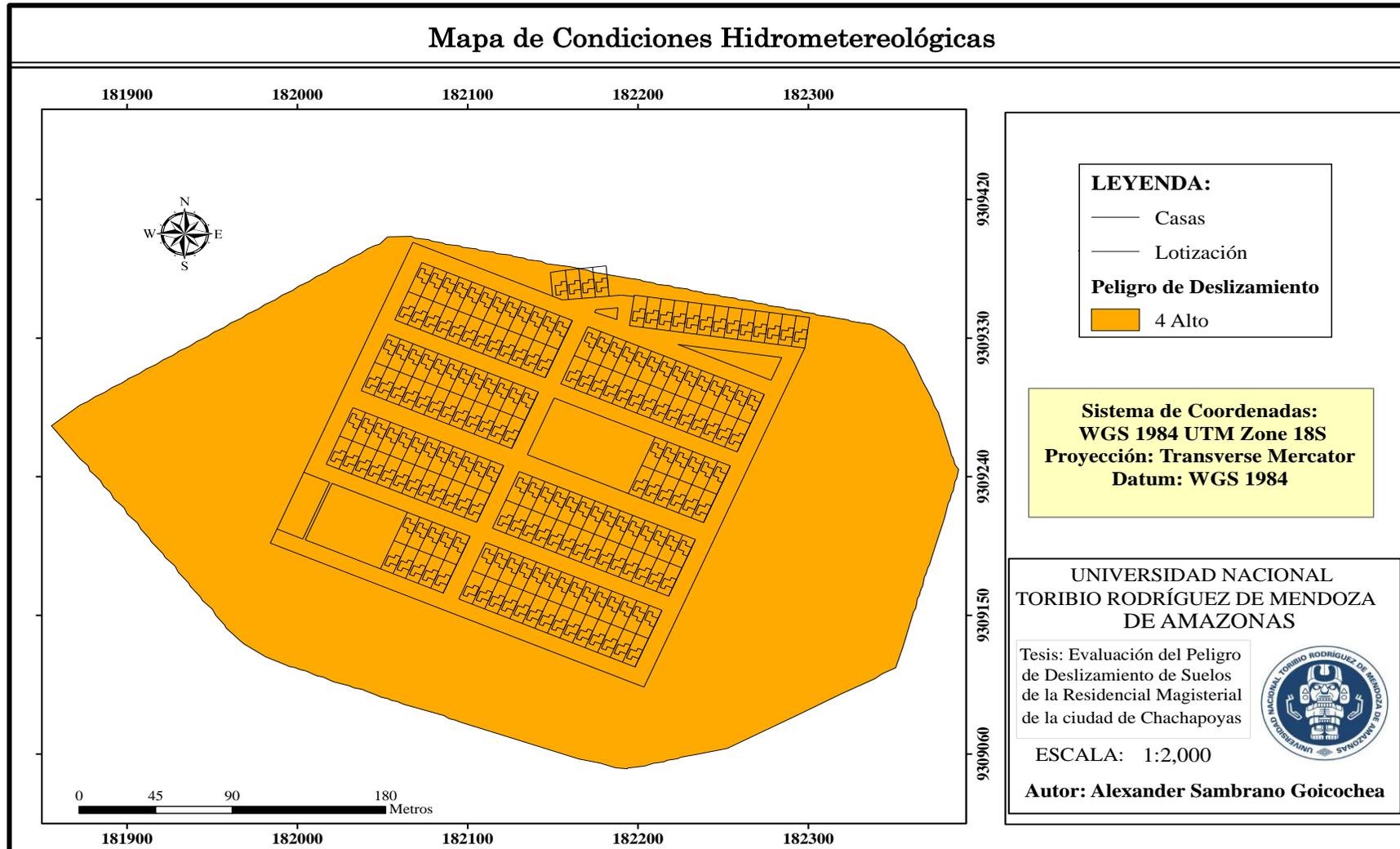
Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 25. Mapa de peligro de deslizamiento de suelos – Condiciones Intrínsecas



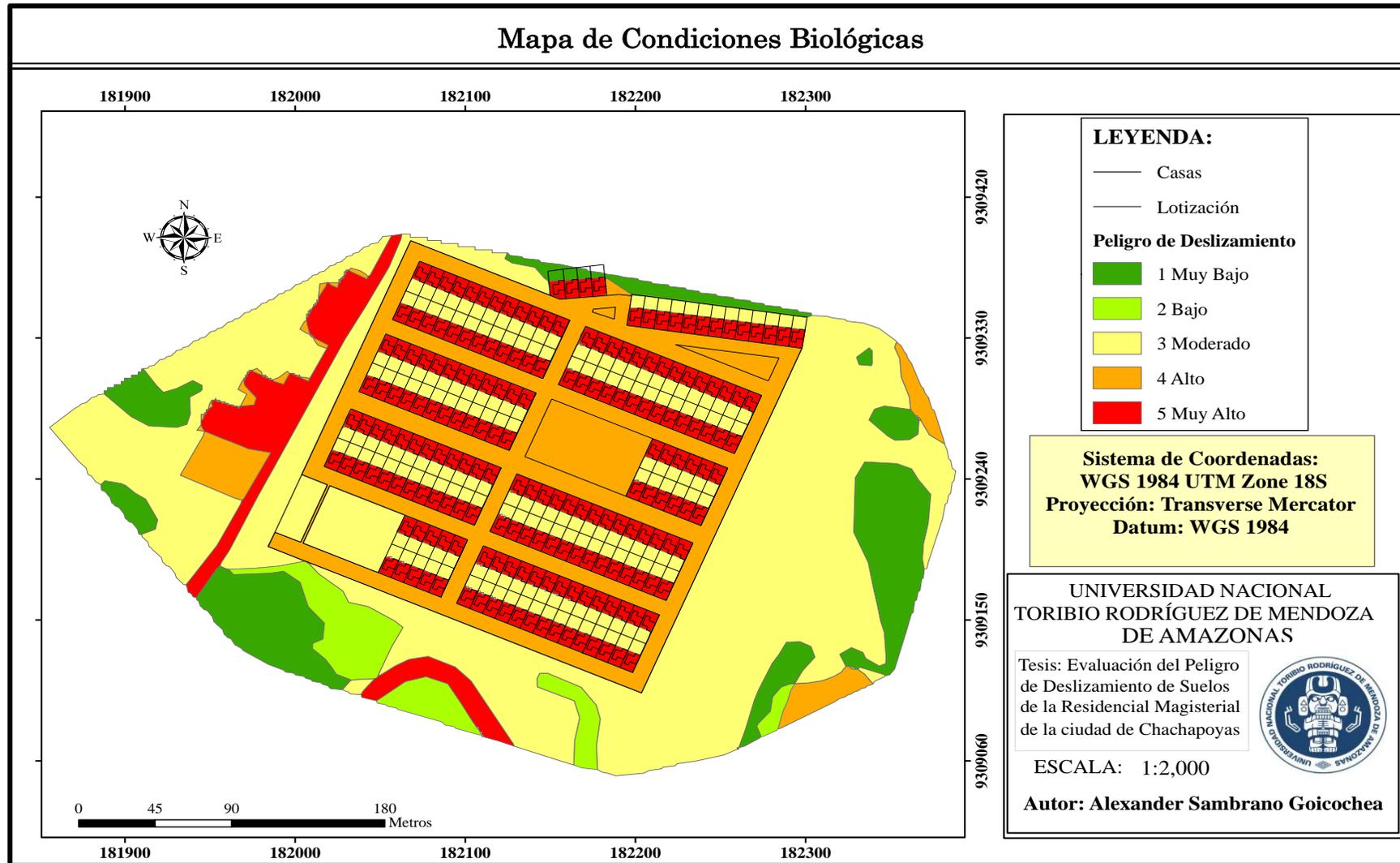
Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 26. Mapa de peligro de deslizamiento de suelos – Condiciones Hidrometeorológicas.



Fuente: *Elaboración propia.*

Figura N° 27. Mapa de peligro de deslizamiento de suelos – Condiciones Biológicas.



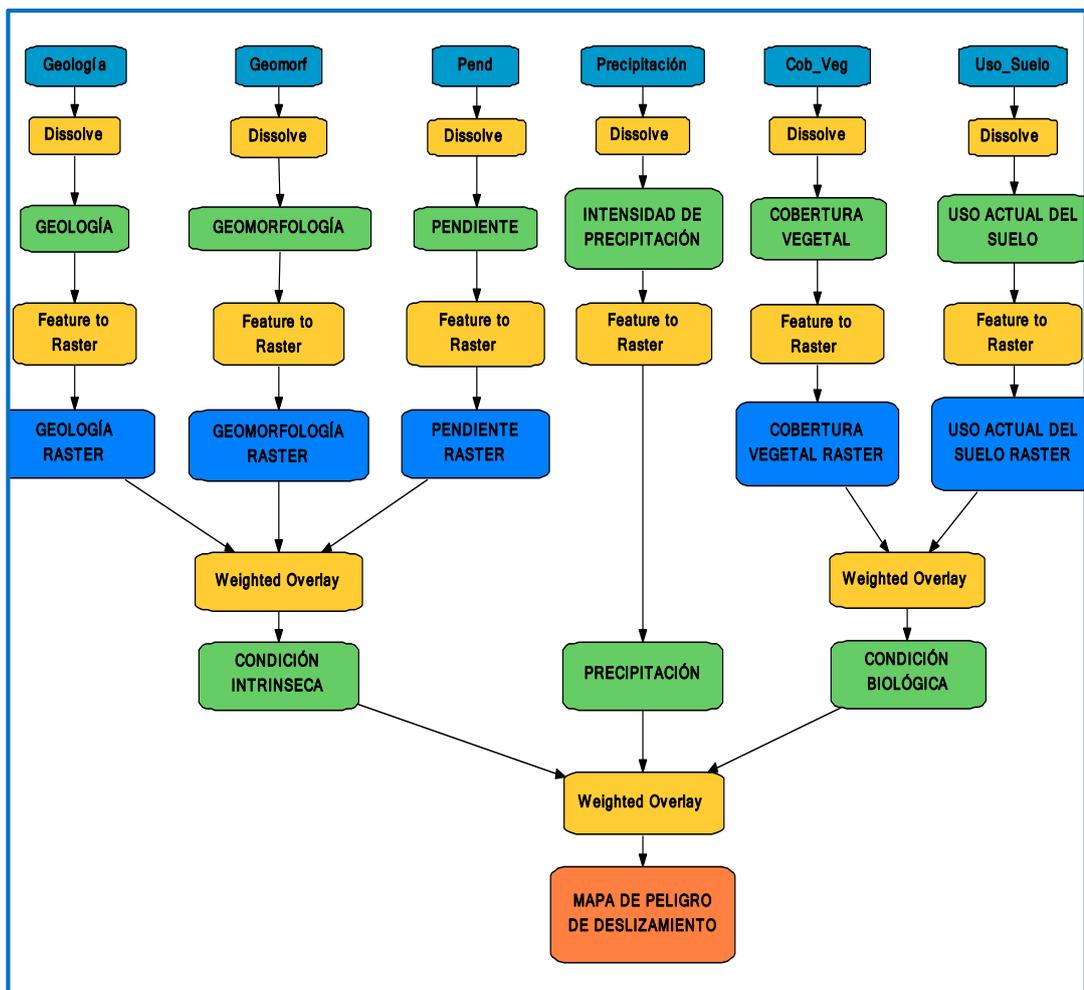
Fuente: Elaboración propia.

5.3. Mapa de Peligro de Deslizamiento

El mapa de peligro de deslizamiento final se obtuvo mediante la secuencia del modelo de construcción “*model builder*” establecidos en la herramienta ArcGis 10.5, la cual permitió el análisis en conjunto de los diferentes factores que intervienen en los deslizamientos y la combinación de todos estos, cada uno con su porcentaje de participación.

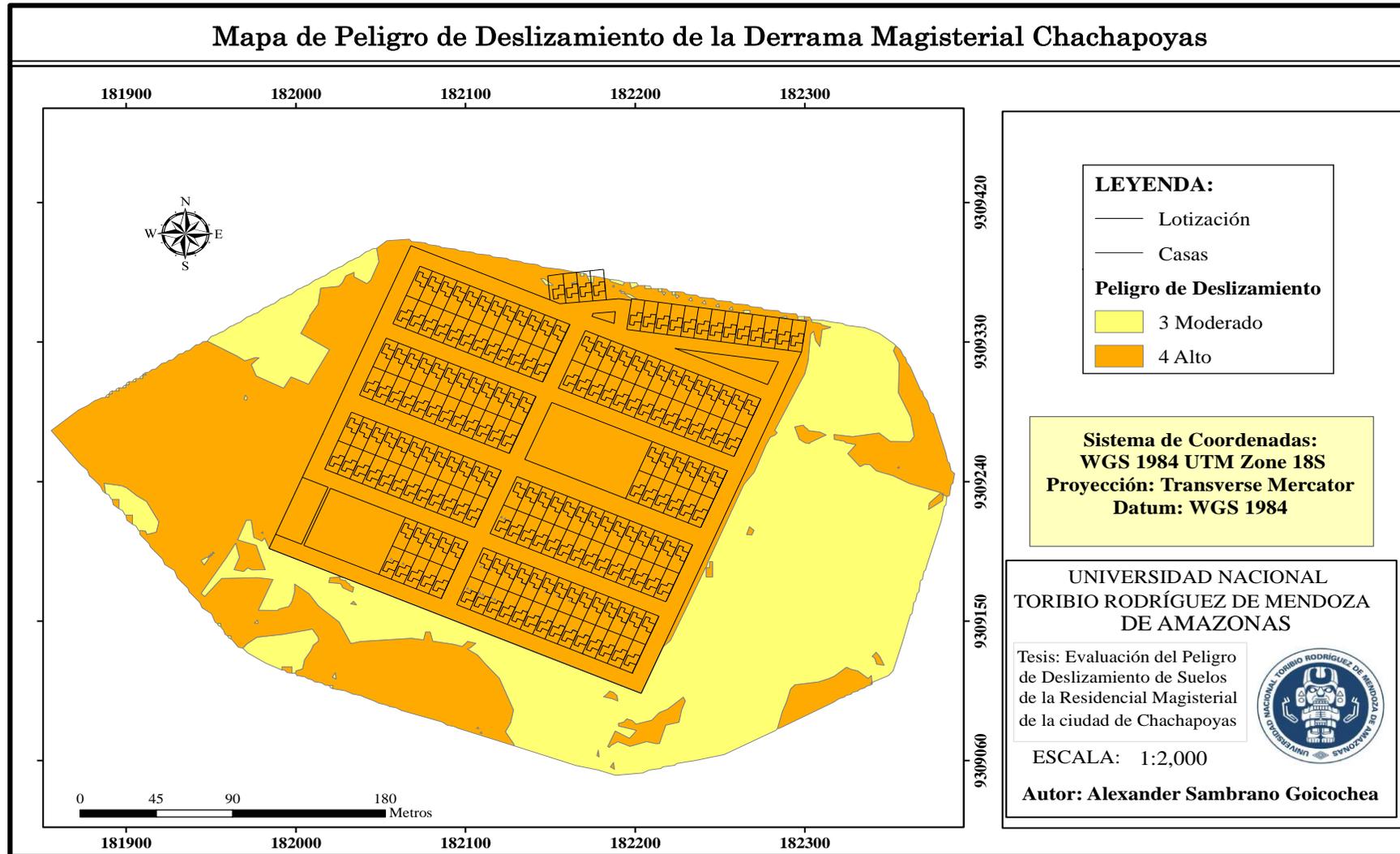
En la figura N° 28 se puede observar todo el procedimiento realizado en el programa ArcGis 10.5 para obtener el mapa temático del peligro de deslizamiento existente en la residencial magisterial de la ciudad de Chachapoyas.

Figura N° 28. Model Builder - Peligro de deslizamiento de suelos de la Residencial Magisterial de la ciudad de Chachapoyas.



Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 29. Mapa de Peligro de deslizamiento de suelos de la Residencial Magisterial Chachapoyas.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 25. Área en peligro de deslizamiento Residencial Magisterial

Peligro de Deslizamiento	Área (m ²)	%
4 Moderado	39108.26	31.17 %
5 Alto	86344.53	68.83 %

Fuente: Elaboración propia

El peligro de deslizamiento existente en la Residencial Magisterial de la ciudad de Chachapoyas es:

- Moderado (31.17 %)
- Alto (68.83 %)

Para determinar el factor que más influyó en la obtención del mapa de peligro de deslizamiento, se realizó la jerarquización de cada uno de los factores, es decir, se multiplico el área afectada por su porcentaje de participación.

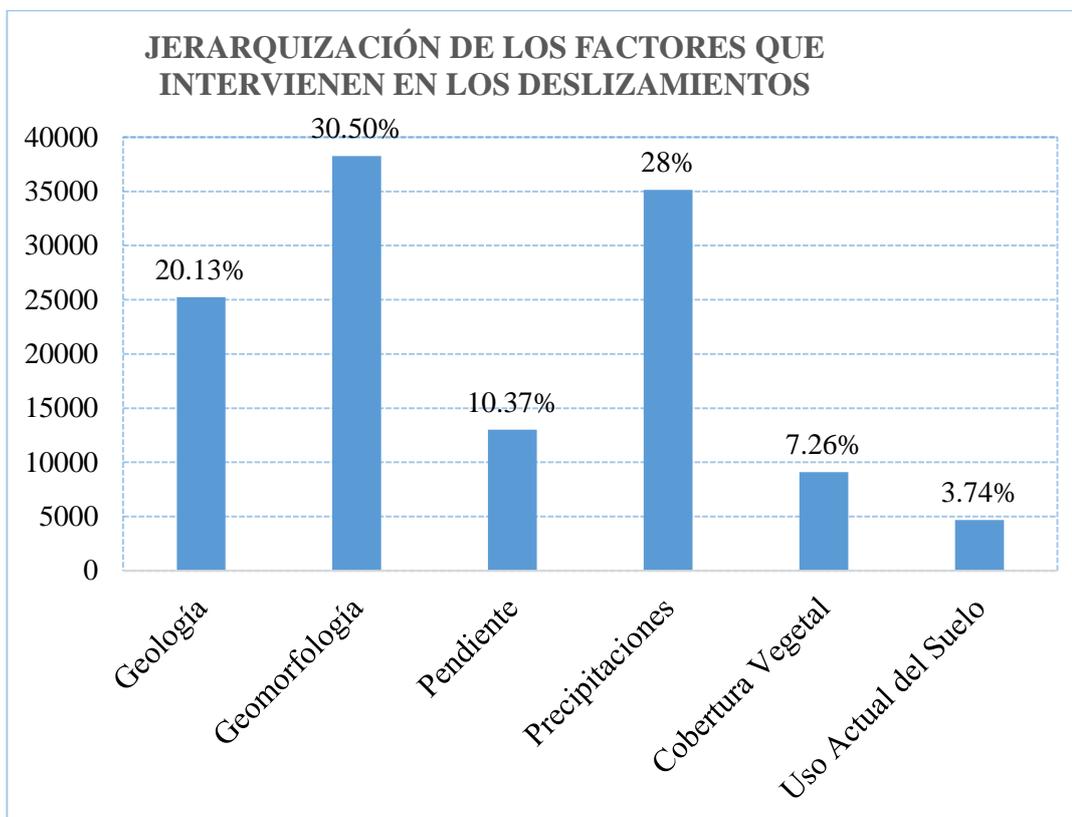
Tabla N° 26. Influencia de los factores en el peligro de deslizamiento

	Área (m ²)	(%)
Geología	25253.65	20.13%
Geomorfología	38263.10	30.50%
Pendiente	13009.45	10.37%
Precipitaciones	35126.78	28.00%
Cobertura vegetal	9107.87	7.26%
Uso actual del suelo	4691.94	3.74%

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la tabla N° 26, el factor que más afecta el peligro de deslizamiento en la Residencial Magisterial de la ciudad de Chachapoyas es la geomorfología (30.50%), seguida de las precipitaciones (28%), la geología (20.13%), la topografía del terreno (10.37%), cobertura vegetal (7.26%) y el uso actual del suelo (3.74%).

Figura N° 30. Influencia de los factores en el peligro de deslizamiento de suelos Residencial Magisterial Chachapoyas.



Fuente: Elaboración propia.

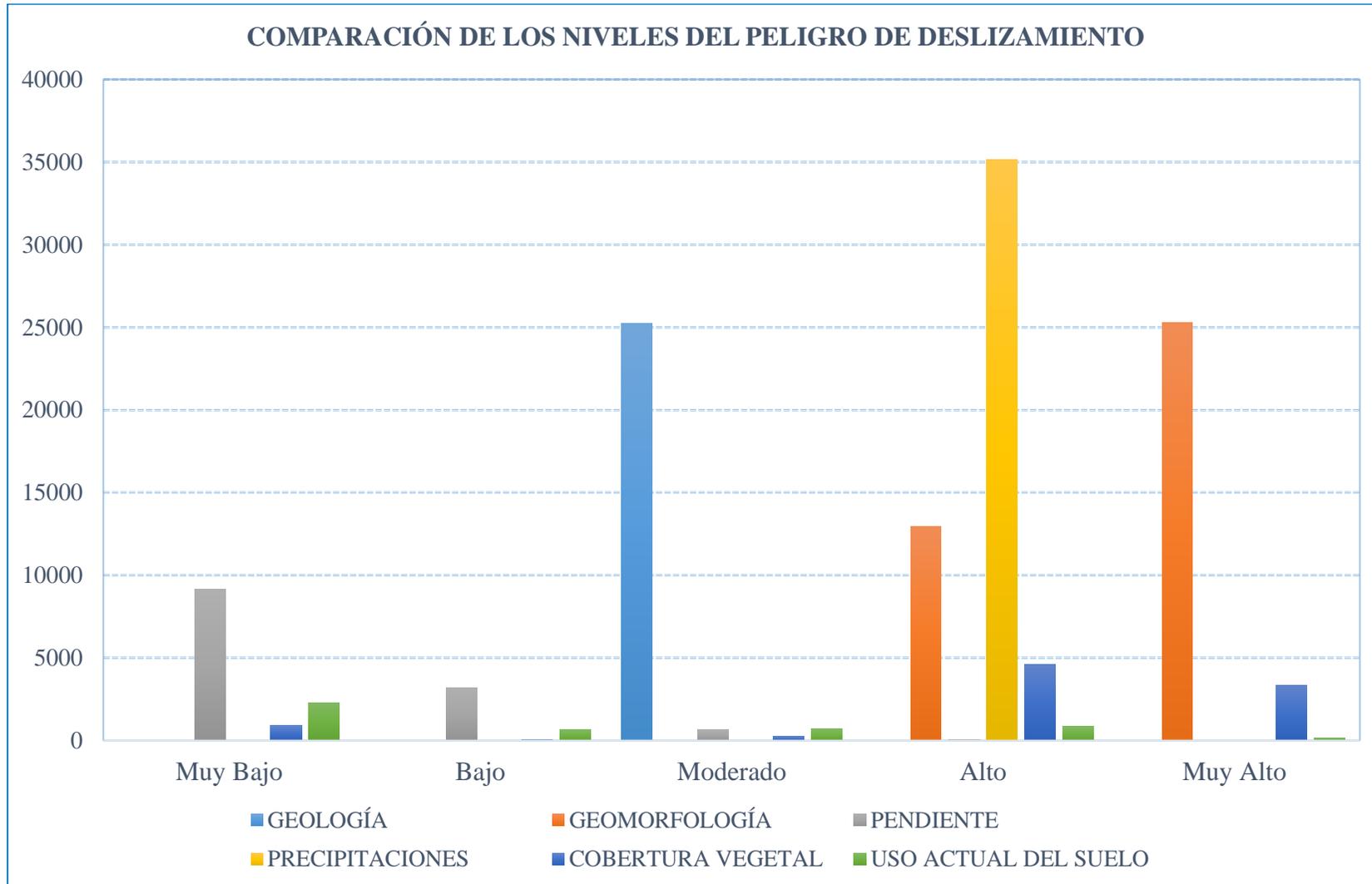
Tabla N° 27. Influencia de acuerdo al nivel de peligro de deslizamiento.

	NIVEL DE PELIGRO EXISTENTE				
	Muy Bajo	Bajo	Moderado	Alto	Muy Alto
Geología	0	0	25253.65	0	0
Geomorfología				12970.3	25292.8
Pendiente	9137.48	3166.38	668.76	36.83	0
Precipitaciones	0	0	0	35126.78	0
Cobertura vegetal	886.72	62.35	257.29	4588.54	3312.97
Uso actual del suelo	2299.86	675.22	697.53	838.43	180.9

Fuente: Elaboración propia.

Según la tabla N° 27, el factor que más influyen en el peligro de deslizamiento en el nivel Muy Bajo Y Bajo es la topografía, en el nivel Moderado es la geología, en el nivel Alto son las precipitaciones, mientras que en el nivel Muy alto el factor que más influye es la geomorfología.

Figura N° 31. Comparación de los niveles de peligro de deslizamiento de suelos en función de su influencia.



Fuente: Elaboración propia.

VI. DISCUSIÓN

La presente investigación realiza la zonificación del terreno de la Residencial Magisterial Chachapoyas, la cual consiste en la división del terreno en áreas homogéneas y la calificación de cada una de estas áreas de acuerdo al peligro existente.

Al evaluar los factores que intervienen en los deslizamientos, se obtiene que el peligro de deslizamiento de suelos existente en la Residencial Magisterial de la ciudad de Chachapoyas es alto, donde el 31.17 % del área total del terreno se encuentra en peligro moderado y el 68.83 % se encuentra en peligro alto.

Dueñas & Medina (2007) luego de estudiar el deslizamiento en la zona de Pucacruz, afirmaron que es posible que los movimientos continúen y sean lentos. Ellos recomendaron: realizar trabajos de monitoreo, declarar el área como no habitable, realizar trabajos de reforestación con especies nativas de la zona, etc.

El terreno de la Derrama Magisterial se encuentra a unos 500 m aproximadamente de la falla geológica que atraviesa la zona de Pucacruz y produce deslizamientos en este lugar, razón por la cual existen pequeñas fallas geológicas que producen deslizamientos en el área de estudio y producen grietas en la infraestructura. No se tomó en cuenta la recomendación de Dueñas y Medina de declarar la zona como no habitable y ejecutar trabajos de reforestación, por el contrario, se realizó la construcción de la Residencial Magisterial Chachapoyas.

Cuando existe incertidumbre sobre la posibilidad o no, de la ocurrencia de un fenómeno, generalmente se toman decisiones equivocadas de diseño. El costo de un proyecto puede resultar muy alto o se tienen que asumir riesgos de características y magnitudes no determinadas. (Suárez, 2009).

Esta investigación determinó que el principal factor que afecta al peligro de deslizamiento es la geomorfología, debido a que el área de estudio presenta roca caliza la cual al contacto con el agua de lluvia produce formaciones kársticas que vuelven al terreno muy inestable. Otro factor que influye significativamente son las precipitaciones, las cuales representan un peligro muy alto según la clasificación del Índice Modificado de Fournier el cual caracteriza la agresividad de la precipitación mensual a lo largo de un año, siendo los meses de diciembre a marzo donde se dan los más altos niveles de lluvias.

Pérez & Rojas (2005), determinaron que los factores que más han incidido en aumentar la vulnerabilidad a los deslizamientos son la geología, el grado de erosión, la pendiente del terreno y la incidencia antrópica reflejada en los altos conflictos de uso de la tierra. Esto demuestra que de acuerdo al lugar que se realice la investigación, cada factor actúa de manera diferente.

Se han evaluado seis factores que influyen en los deslizamientos, y son: geología, geomorfología, topografía, precipitaciones, cobertura vegetal y uso actual del suelo, los cuales interactúan entre ellos para definir un comportamiento del terreno.

Geología

La ciudad de Chachapoyas se encuentra conformada por areniscas y conglomerados, la unidad litológica existente en el área de estudio es Formación Inguilpata conformada por conglomerados con clastos polimícticos, intercalados con arenas semiconsolidados y con una matriz areno-limosa pertenecientes a la serie Plioceno, sistema Neógeno, era Cenozoico.

Suarez (2009), afirma que cada formación geológica posee una susceptibilidad específica a los deslizamientos.

Al estudiarse las propiedades de la formación geológica del área en estudio se obtiene que la microestructura de las partículas que conforman el suelo presenta ángulo de fricción interna que en todos los casos es menor de 15° y la cohesión efectiva con valores de 25.5 KPa, 20.60 KPa y 22.56 KPa, lo que nos determina que existe moderado peligro de deslizamiento en el área de estudio en función al factor geología.

Geomorfología

Las formas de la superficie terrestre existentes en el área de estudio son muy variadas: terreno con discontinuidades favorables que no presentan ningún síntoma de que puedan ocurrir deslizamientos; terrenos que tienen algunas fisuras, materiales parcialmente erosionados, no saturados; terrenos con algunas zonas de falla, erosión intensa y materiales parcialmente saturados; zonas de falla, masas de suelo altamente meteorizadas y saturadas donde se observa que están ocurriendo deslizamientos rotacionales lentos, que afectan las construcciones de la residencial y algunos terrenos aledaños.

El peligro de deslizamiento existente en el área de estudio en función a la geomorfología es: Alto (33.90 %) y Muy Alto (66.10 %), debido a las zonas de falla y terreno irregular. Además, en el terreno se evidencia la presencia de roca caliza la cual al contacto con el agua de lluvia produce formaciones kársticas que vuelven al terreno muy inestable

Para Suarez (2009) las fallas actúan como camino preferido del agua, debido a que comúnmente la roca se encuentra fracturada a lado y lado de la falla, facilitando el paso del agua, lo que implica mayor peligro ya que los materiales arcillosos existentes en la Residencial Magisterial se saturan y producen deslizamientos.

Pendiente

La topografía del terreno es variada, va desde pendientes bajas y terrenos planos hasta pendientes pronunciadas. El peligro de deslizamiento existente en el área de estudio en función al factor topografía es Muy Bajo 70.24%, Bajo 24.34%, Moderado 5.14% y alto 0.28%. Los deslizamientos existentes se encuentran ubicados en las zonas donde la pendiente es alta y el terreno es irregular.

Suarez (2009) afirma que los taludes de alta pendiente son muy susceptibles a la ocurrencia de inclinaciones, caídos y flujos de residuos.

No obstante, en zonas muy húmedas la forma no tiene por qué ser necesariamente abrupta para que materiales arcillosos debido a la saturación puedan generar movimientos rápidos de tipo flujo con velocidad considerable (Educarchile, 2013). Como se puede apreciar en esta investigación, en toda el área de estudio se observa fisuras en el suelo e infraestructura, esto a pesar de que el 94.58% del terreno está conformado por pendientes que se clasifican como muy bajo y bajo peligro de deslizamiento.

Precipitaciones

Las precipitaciones son el principal factor desencadenante de los deslizamientos. En esta investigación representan un peligro muy alto según la clasificación del Índice Modificado de Fournier el cual caracteriza la agresividad de la precipitación mensual a lo largo de un año, siendo los meses de diciembre a marzo donde se dan los más altos niveles de lluvias.

Según Suarez (2009) las precipitaciones de tipo convectivo son muy fuertes, pero de corta duración y afectan principalmente a los taludes de materiales permeables de alta capacidad de infiltración y las precipitaciones estratiformes que producen lluvias menos intensas, pero generalmente de mayor duración que las convectivas y afectan fácilmente los taludes de materiales arcillosos y los de perfil profundo de meteorización.

El terreno del área en estudio al ser arcilla se va a ver afectado por precipitaciones del tipo estratiforme, las cuales son menos intensas que las convectivas, pero de gran duración, lo que va a ocasionar que el suelo se sature y se produzcan deslizamientos.

Cobertura Vegetal

El terreno de la Derrama Magisterial presenta poca vegetación, solo el 13.24 % del área total en estudio se encuentra cubierta ya sea de matorrales o árboles, que en este caso son eucaliptos; una gran parte del terreno se encuentra cubierto de pastos y hierbas los cuales no tienen raíz profunda por lo cual no aportan una resistencia cohesiva significativa a los mantos de suelo más superficiales y en el resto del terreno no existe vegetación, son áreas denudadas debido a la construcción de las 195 viviendas de la residencial.

Para Suarez (2009) la vegetación cumple dos funciones principales: en primer lugar, tiende a determinar el contenido de agua en la superficie y además da consistencia por el entramado mecánico de sus raíces y como controlador de infiltraciones tiene efecto directo sobre el régimen de aguas subterráneas y actúa posteriormente como secador del suelo al tomar el agua que requiere para vivir.

Esta afirmación se puede corroborar de acuerdo a lo observado en el área en estudio, donde se percibió que en zonas donde existe eucaliptos a pesar de las pendientes elevadas, precipitaciones de gran duración y la presencia de fisuras en el suelo, el terreno no se ha deslizado.

Williams & Pidgeon (1983) determinaron que durante un día soleado un eucalipto puede extraer del suelo hasta 500 litros de agua y el pasto hasta un litro por metro cuadrado. En este caso, son los eucaliptos los que no permiten que la arcilla se sature y produzca deslizamientos.

Uso Actual del Suelo

El peligro de deslizamiento existente en el área de estudio en función al factor uso actual del suelo es: Muy bajo (49.02%), Bajo (14.39%), Moderado (14.87%), Alto (17.87%) y Muy alto (3.86%).

Los resultados obtenidos mediante ensayos de mecánica de suelos, según el análisis granulométrico clasificado con la norma SUCS, estos suelos son arcilla gruesa (CH), suelta, húmeda, de mediana y alta plasticidad, color gris y gris amarillento. Con presencia de nivel freático variable. Estos terrenos no son aptos para la construcción, a esto se le suma la existencia de fallas geológicas en el área de estudio.

En el área de estudio se puede observar fisuras en las casas, pistas y veredas, debido a que el suelo está cediendo ante el peso de las edificaciones, además en los dos ingresos a la ciudad se observa deslizamientos y erosión que son producto del corte y relleno realizados en la construcción de estas vías.

Suarez (2009) afirma que los procesos de urbanización aumentan la susceptibilidad de las laderas a los deslizamientos. Las actividades antrópicas como el uso de la tierra, las prácticas de agricultura, la construcción de carreteras y la irrigación, entre otras, son factores determinantes en la ocurrencia de deslizamientos.

VII. CONCLUSIONES

- El nivel de peligro de deslizamiento de suelos existente en la Residencial Magisterial de la ciudad de Chachapoyas es alto, donde los factores evaluados fueron: geología, geomorfología, pendiente, precipitaciones, cobertura vegetal y uso actual del suelo.
- La zonificación en función al peligro de deslizamiento de suelos existente en la Residencial Magisterial de la ciudad Chachapoyas es:
 - ♠ Moderado (31.17 %).
 - ♠ Alto (68.83 %).
- El principal factor que afecta al peligro de deslizamiento es la geomorfología (30.5%), debido a que el área de estudio presenta roca caliza, zonas húmedas, deslizamientos y asentamientos que vuelven al terreno muy inestable; asimismo, las precipitaciones (28%) son el factor que actúa como desencadenante de los deslizamientos, representan un peligro muy alto según la clasificación del Índice Modificado de Fournier el cual caracteriza la agresividad de la precipitación mensual a lo largo de un año, siendo los meses de diciembre a marzo donde se dan los más altos niveles de lluvias.
- Las áreas que se encuentran en mayor peligro de deslizamiento son aquellas en donde se han realizado construcciones, ya que el suelo no presenta propiedades aptas para la construcción.

VIII. RECOMENDACIONES

Dirigido a la Derrama Magisterial Chachapoyas:

- Drenar las zonas húmedas y canalizar las corrientes de agua que fluyen al terreno para evitar filtraciones en el suelo y formaciones kársticas.
- Realizar trabajos de reforestación con especies de eucaliptos en las áreas donde no existe edificaciones, ya que los eucaliptos llegan a tener raíces de hasta 27 metros las cuales aportan una resistencia cohesiva significativa a los mantos de suelo y durante un día soleado pueden extraer del suelo hasta 500 litros de agua para evitar que este se sature; o consultar especialistas en el tema.
- Realizar trabajos de monitoreo.

Dirigido a los propietarios de viviendas en la Residencial Magisterial Chachapoyas:

- Habitar estas viviendas por familias pequeñas debido a que solo hay un ambiente destinado para dormitorio, además esta residencial se encuentra clasificada como zona residencial de densidad baja.
- No realizar construcciones en el área libre de los lotes, debido a que el suelo no presenta propiedades aptas para la construcción y estas pueden fallar provocando pérdidas humanas y materiales.

Dirigido a la Municipalidad Provincial de Chachapoyas:

- Hacer cumplir el plan de desarrollo urbano de la ciudad, a fin de evitar más construcciones en zonas de alto peligro, debido a que el terreno de la Derrama Magisterial se encuentra en zona de reglamentación especial por lo cual su ocupación está calificada como uso no conforme de acuerdo al plan referido.
- Realizar el cambio de uso del suelo del área en estudio de Residencial de densidad baja a Residencial de densidad muy baja.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Gómez, N., Osorio, Y., & Salazar, J. A. (2013). *SIG para determinar la susceptibilidad a movimientos en masa en la cuenca del río Campoalegre*. Manizales.
- Aristizábal, E., & Yokota, S. (2006). Geomorfología aplicada a la ocurrencia de deslizamientos en el valle de Aburra. *Revista de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia*.
- Arnoldus, H. M. (1980). *An approximation of the rainfall factor in the universal soil loss equation*. United Kingdom: Chichester.
- Brabb, E. (1984). Innovative approaches to landslide hazard and risk mapping". *IV International Symposium on Landslides, Vol. 1*, 307-323.
- Brabb, E., & Hrod, B. (1989). *Landslides: Extent and economic significance*. Rotterdam, Netherlands.
- Burrough, P. A. (1986). *Principles of geographical information systems and land resources assessment*. Inglaterra.
- Cruden, D. M. (1991). A simple definition of a landslide . *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, 27-29.
- Dirección Provincial de Ordenamiento Urbano y Territorial. (2011). *Sistemas de información geográfica para el ordenamiento territorial*. La Plata: Federación Argentina de Municipios.
- Dueñas, S., & Medina, L. (2007). *Informe de zonas críticas de la región Amazonas*. Lima - Perú: Ingemmet.
- Educarchile. (16 de Enero de 2013). *Educarchile - Educarchile.cl*. Obtenido de Educarchile - Educarchile.cl:
http://ww2.educarchile.cl/UserFiles/P0001/Image/portal/ODAS_TP/Materiales_para_odas_2012/5%20Mineria/ODA%2025_Perforaciones/Factores%20que%20intervienen%20en%20la%20inestabilidad.pdf
- Geo Gps Perú. (Diciembre de 2014). *GEO GPS PERÚ*. Obtenido de GEO GPS PERÚ:
<http://www.geogpsperu.com/2014/03/base-de-datos-peru-shapefile-shp-minam.html>
- Hauser, A. (1993). Remociones en masa Chile. *Servicio Nacional de Geología y Minería*, 7-29.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. México: Mc Graw Hill.

- Hoyos, M. W. (2012). *Mecánica de suelos I*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.
- IAEG Commission on Landslides. (1990). Suggested nomenclature for landslides. *Bulletin of the international association of engineering geology*, No. 41, 13-16.
- Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - Sector de Energía y Minas. (Octubre de 2012). *INGEMMET*. Obtenido de INGEMMET: <http://www.ingemmet.gob.pe/carta-geologica-nacional>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). *Manual de ensayo de materiales*. Lima.
- Mora, R. (2004). *Evaluación de la susceptibilidad al deslizamiento del cantón de San José, provincia de San José, Costa Rica*. San José: Proyecto FUNDEVI.
- Municipalidad Provincial de Chachapoyas. (2013). *Plan de desarrollo urbano de la ciudad de Chachapoyas - Volumen I*. Chachapoyas.
- Municipalidad Provincial de Chachapoyas. (2013). *Plan de desarrollo urbano de la ciudad de Chachapoyas - Volumen II*. Chachapoyas.
- Pérez, R. M., & Rojas, J. E. (2005). *Evaluación de vulnerabilidad ante deslizamientos de tierra en la microcuenca Las Marias. Telica, León*. Managua: Universidad Nacional Agraria.
- Pinto, A. (2016). *Ingengeriareal.com*. Obtenido de Ingengeriareal.com: <http://ingengeriareal.com/impresionantes-deslizamientos-laderas/>
- Rodríguez, J., Quintana, C., Rivera, H., & Mosquera, J. (2013). Zonificación del peligro de remoción en masa en las zonas urbanas según método de análisis Mora Y Vahrson: Estudio De Caso. *Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo*, 13-22.
- Rosales, U. B., & Centeno, Y. D. (2009). *Vulnerabilidad potencial de los suelos a deslizamientos de tierra en el municipio de la Conquista, Carazo-Nicaragua*. Nicaragua: Universidad Nacional Agraria.
- Ruiz, R. (2007). *El método científico y sus etapas*. México.
- Sabino, C. (1987). *Cómo hacer una tesis (Guía para elaborar y redactar trabajos científicos)*. Caracas: PANAPO.
- Sanchez, P. (16 de Agosto de 2016). *LUGAR VERDE*. Obtenido de <http://mygranitodearena.blogspot.pe/2016/08/movimientos-en-masa.html>
- Senamhi. (2017). *Senamhi*. Obtenido de Senamhi: http://www.senamhi.gob.pe/include_mapas/_dat_esta_tipo.php?estaciones=000375

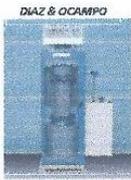
- Sidle, R. (2005). *Influence of forest harvesting activities on debris avalanches and flows*.
- Sierra, M. P. (2012). *Métodos generales*. Hidalgo, México.
- Suárez, J. (1998). *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales*. Colombia: Publicaciones UIS.
- Suarez, J. (2009). *Deslizamientos - Análisis Geotecnico*. Colombia: Publicaciones UIS.
- Tambo, W. S. (2011). *Estudio del peligro de deslizamiento del norte de la ciudad de Loja, provincia de Loja - Ecuador*. La Habana: Universidad de La habana.
- Vasquez, O. (2005). *Estudio geológico-geotécnico del terreno de "La villa de Paris" del distrito y provincia de Chachapoyas del departamento de Amazonas*. Chachapoyas.
- Williams, A. B., & Pidgeon, J. T. (1983). *Evapotranspiration and heaving clays in South Africa*. *Geotechnique*, vol. 22, No. 2.

ANEXOS

ANEXO N° 01. Resultados de estudio de mecánica de suelos de la Residencial Magisterial de la ciudad de Chachapoyas.

Ensayos de mecánica de suelos	Norma MTC
Análisis Granulométrico por tamizado	E -107
Contenido de Humedad	E -108
Límites de consistencia	E -110
	E -111
Ensayo de Corte Directo	E -123
Densidad en el sitio	E -124

Fuente: Elaboración propia.



CONSTRUCTORES Y CONSULTORES SRL

DIAZ & OCAMPO

CONSTRUCTORES Y CONSULTORES SRL

REGISTRO DE INDECOPI N° 00067377

ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

Jr. Libertad N° 1309 Cel. 941892090 RPM *625827 RPC 982360835

Correo Electronico: nestor433@hotmail.com CHACHAPOYAS

ENSAYO : ANALISIS GRANULOMETRICO POR LAVADO
NORMA ASTM D421

PROYECTO : EVALUACION DEL PELIGRO DE DESLIZAMIENTO DE SUELOS DE LA RESIDENCIAL MAGISTERIAL DE LA CIUDAD DE CHACHAPOYAS - ALEXANDER SAMBRANO GOICOCHEA

UBICACION : DERRAMA CHACHAPOYAS

SOLICITANTE : CHACHAPOYAS - ALEXANDER SAMBRANO GOICOCHEA

RESPONSABLE : ING° NESTOR ALFONSO DIAZ ARIAS

FECHA : 16 / 06 / 2017

CALICATA: C-1 MUESTRA: M1

Peso muestra seca:

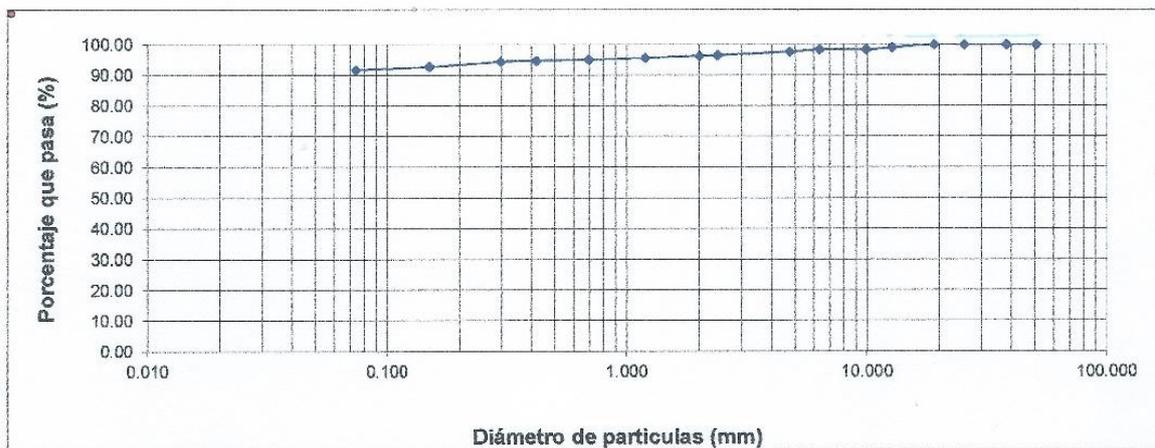
300.00 gr

Prof. (m) : 0.80 - 3.00

Malla	Malla (mm)	Peso ret. Parcial	% Retenido Parcial	% Ret. Acumul.	% Que pasa
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1 "	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.700	2.70	0.90	0.90	99.10
3/8"	9.925	2.30	0.77	1.67	98.33
1/4"	6.350	0.00	0.00	1.67	98.33
N° 4	4.760	2.10	0.70	2.37	97.63
N° 8	2.380	3.40	1.13	3.50	96.50
N° 10	2.000	0.60	0.20	3.70	96.30
N° 16	1.190	1.80	0.60	4.30	95.70
N° 30	0.695	1.80	0.60	4.90	95.10
N° 40	0.420	0.90	0.30	5.20	94.80
N° 50	0.297	1.20	0.40	5.60	94.40
N° 100	0.150	4.90	1.63	7.23	92.77
N° 200	0.074	3.00	1.00	8.23	91.77
Pérdida por lavado		275.30	91.77	100.00	0.00

CURVA GRANULOMETRICA

Limo y Arcilla	Arena				Grava	
	Fina	Media	Gruesa	Fina	Gruesa	
	N° 200	N° 40	N° 10	N° 4	3/4"	3"



Contenido de Humedad (%)	22.09
Límite líquido (%)	55.00
Límite plástico (%)	25.92
Índice plástico (%)	29.08
Clasificación SUCS	CH

ARCILLA GRUESA

D10	xxx
D30	xxx
D60	xxx
Cu	xxx
Cc	xxx

Diaz & Ocampo
CONSTRUCTORES Y CONSULTORES SRL

Ing. NESTOR ALFONSO DIAZ ARIAS
INGENIERO CIVIL - CIP. 21362
GERENTE GENERAL



DIAZ & OCAMPO
CONSTRUCTORES Y CONSULTORES SRL
REGISTRO DE INDECOPI N° 00067377
ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

Jr. Libertad N° 1309 Cel. 941892090 RPM *625827 RPC 982360835

Correo Electronico: nestor4433@hotmail.com CHACHAPOYAS

CONSTRUCTORES Y CONSULTORES SRL

ENSAYO : ANALISIS GRANULOMETRICO POR LAVADO
NORMA ASTM D421

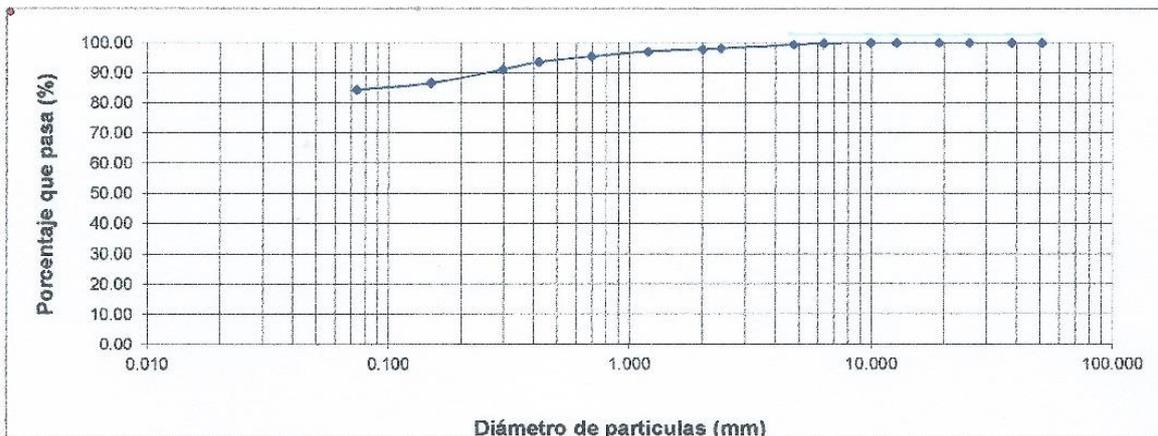
PROYECTO : EVALUACION DEL PELIGRO DE DESLIZAMIENTO DE SUELOS DE LA RESIDENCIAL MAGISTERIAL DE LA CIUDAD DE CHACHAPOYAS - ALEXANDER SAMBRANO GOICOCHEA
UBICACION : DERRAMA CHACHAPOYAS
SOLICITANTE : CHACHAPOYAS - ALEXANDER SAMBRANO GOICOCHEA
RESPONSABLE : ING° NESTOR ALFONSO DIAZ ARIAS
FECHA : 16 / 06 / 2017

CALICATA: C - 2 MUESTRA: M1 **Peso muestra seca:** 300.00 gr **Prof. (m) : 1.00 - 3.00**

Malla	Malla (mm)	Peso ret. Parcial	% Retenido Parcial	% Ret. Acumul.	% Que pasa
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1 "	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.925	0.00	0.00	0.00	100.00
1/4"	6.350	0.70	0.23	0.23	99.77
N° 4	4.760	1.10	0.37	0.60	99.40
N° 8	2.380	3.90	1.30	1.90	98.10
N° 10	2.000	0.80	0.27	2.17	97.83
N° 16	1.190	2.10	0.70	2.87	97.13
N° 30	0.695	4.80	1.60	4.47	95.53
N° 40	0.420	5.70	1.90	6.37	93.63
N° 50	0.297	7.30	2.43	8.80	91.20
N° 100	0.150	13.80	4.53	13.33	86.67
N° 200	0.074	6.50	2.17	15.50	84.50
Pérdida por lavado		253.50	84.50	100.00	0.00

CURVA GRANULOMETRICA

Limo y Arcilla	Arena			Grava	
	Fina	Media	Gruesa	Fina	Gruesa
N° 200	N° 40	N° 10	N° 4	3/4"	3"



Contenido de Humedad (%)		38.38
Límite líquido (%)		68.50
Límite plástico (%)		32.14
Índice plástico (%)		36.36
Clasificación SUCS		CH

D10	xxx
D30	xxx
D60	xxx
Cu	xxx
Cc	xxx

ARCILLA GRUESA CON ARENA


Diaz & Ocampo
 CONSTRUCTORES Y CONSULTORES SRL
 Ing. NESTOR ALFONSO DIAZ ARIAS
 INGENIERO CIVIL - CIP. 21362
 GERENTE GENERAL



DIAZ & OCAMPO
CONSTRUCTORES Y CONSULTORES SRL
REGISTRO DE INDECOPI N° 00067377
ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

Jr. Libertad N° 1309 Cel. 941892090 RPM *625827 RPC 982360835

Correo Electronico: nestorda433@hotmail.com CHACHAPOYAS

CONSTRUCTORES Y CONSULTORES SRL

ENSAYO : ANALISIS GRANULOMETRICO POR LAVADO
NORMA ASTM D421

PROYECTO : EVALUACION DEL PELIGRO DE DESLIZAMIENTO DE SUELOS DE LA RESIDENCIAL MAGISTERIAL DE LA CIUDAD DE CHACHAPOYAS - ALEXANDER SAMBRANO GOICOCHEA

UBICACION : DERRAMA CHACHAPOYAS

SOLICITANTE : CHACHAPOYAS - ALEXANDER SAMBRANO GOICOCHEA

RESPONSABLE : ING° NESTOR ALFONSO DIAZ ARIAS

FECHA : 16 / 06 / 2017

CALICATA: C-3 MUESTRA: M1

Peso muestra seca:

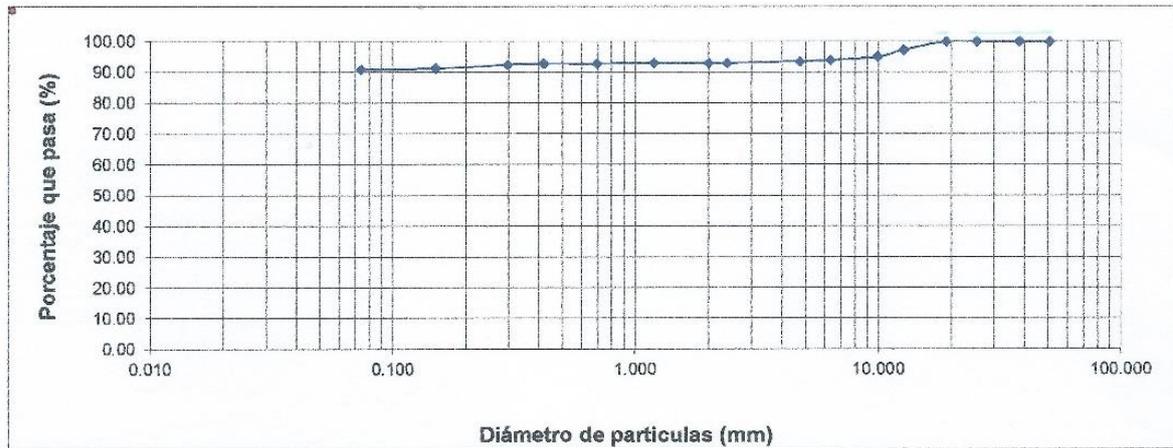
300.00 gr

Prof. (m) : 1.00 - 3.00

Malla	Malla (mm)	Peso ret. Parcial	% Retenido Parcial	% Ref. Acumul.	% Que pasa
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.700	8.30	2.77	2.77	97.23
3/8"	9.925	6.60	2.20	4.97	95.03
1/4"	6.350	3.10	1.03	6.00	94.00
N° 4	4.760	1.30	0.43	6.43	93.57
N° 8	2.380	1.70	0.57	7.00	93.00
N° 10	2.000	0.00	0.00	7.00	93.00
N° 16	1.190	0.00	0.00	7.00	93.00
N° 30	0.695	0.70	0.23	7.23	92.77
N° 40	0.420	0.00	0.00	7.23	92.77
N° 50	0.297	1.00	0.33	7.57	92.43
N° 100	0.150	3.50	1.17	8.73	91.27
N° 200	0.074	1.30	0.43	9.17	90.83
Pérdida por lavado		272.50	90.83	100.00	0.00

CURVA GRANULOMETRICA

Limo y Arcilla	Arena				Grava	
	Fina	Media	Gruesa	Fina	Gruesa	
N° 200	N° 40	N° 10	N° 4	3/4"	3"	

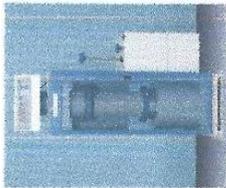


Contenido de Humedad (%)	35.87
Límite líquido (%)	62.00
Límite plástico (%)	29.81
Índice plástico (%)	32.19
Clasificación SUCS	CH

D10	xxx
D30	xxx
D60	3.60
Cu	3.60
Cc	xxx

ARCILLA GRUESA

Diaz & Ocampo
 CONSTRUCTORES Y CONSULTORES SRL
 Ing. NESTOR ALFONSO DIAZ ARIAS
 INGENIERO CIVIL - CIP. 21362
 GERENTE GENERAL



DIAZ & OCAMPO
CONSTRUCTORES Y CONSULTORES SRL
 REGISTRO DE INDECOPI N° 00069377
ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

(LABORATORIO)

Jr. Libertad N° 1309 Cel. 941892090 RPM *625827 RPC 982360835
 Correo Electronico: nestor.diaz43@hotmail.com - CHACHAPOYAS

CONSTRUCTORES Y CONSULTORES SRL

CONTENIDO DE HUMEDAD

PROYECTO : EVALUACION DEL PELIGRO DE DESLIZAMIENTO DE SUELOS DE LA RESIDENCIAL MAGISTERIAL
 DE LA CIUDAD DE CHACHAPOYAS - ALEXANDER SAMBRANO GOICOECHEA

UBICACIÓN : DERRAMA CHACHAPOYAS

FECHA : 17 - 06 - 2017

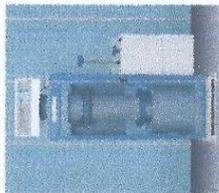
SOLICITANTE : ALEXANDER SAMBRANO GOICOECHEA

RESPONSABLE : ING. NESTOR ALFONSO DIAZ ARIAS

CALICATA N°	C - 1	C - 2	C - 3
Muestra	M - 1	M - 1	M - 1
Profundidad (m)	0.80 - 3.00	1.00 - 3.00	1.00 - 3.00
Peso tara (gr)	17.80	18.00	21.30
Peso muestra húmeda + tara (gr)	88.00	81.10	83.80
Peso muestra seca + tara (gr)	75.30	63.60	67.30
Peso muestra húmeda (gr)	70.20	63.10	62.50
Peso muestra seca (gr)	57.50	45.60	46.00
Peso agua (gr)	12.70	17.50	16.50
Contenido de Humedad (%)	22.09	38.38	35.87

Diaz & Ocampo
 CONSTRUCTORES Y CONSULTORES SRL

 Ing. NESTOR ALFONSO DIAZ ARIAS
 INGENIERO CIVIL - CIP. 21362
 GERENTE GENERAL



DIAZ & OCAMPO

CONSTRUCTORES Y CONSULTORES SRL

REGISTRO DE INDECOPI N° 00069377

ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

(LABORATORIO)

Jr. Libertad N° 1309 Cel. 941892090 RPM *625827 RPC 982360835

Correo Electronico: nestorda43@hotmail.com - CHACHAPOYAS

CONSTRUCTORES Y CONSULTORES SRL

DENSIDAD NATURAL

PROYECTO : EVALUACION DEL PELIGRO DE DESLIZAMIENTO DE SUELOS DE LA RESIDENCIAL MAGISTERIAL DE LA CIUDAD DE CHACHAPOYAS - ALEXANDER SAMBRANO GOICOICHEA

UBICACIÓN : DERRAMA CHACHAPOYAS

FECHA : 17 - 06 - 2017

SOLICITANTE : ALEXANDER SAMBRANO GOICOICHEA

RESPONSABLE : ING. NESTOR ALFONSO DIAZ ARIAS

CALICATA N°	C - 1	C - 2	C - 3
Muestra	M - 1	M - 1	M - 1
Profundidad (m)	0.80 - 3.00	1.00 - 3.00	1.00 - 3.00
Peso muestra natural + molde (gr)	748.70	719.90	715.70
Peso molde (gr)	272.60	276.10	268.10
Peso muestra natural (gr)	476.10	443.80	447.60
Diámetro del molde (cm)	5.50	5.50	5.50
Altura del molde (cm)	10.00	9.80	9.70
Volumen del molde	237.58	232.83	230.46
DENSIDAD NATURAL (gr/cm³)	2.004	1.906	230.46

Dir. de Ocampo
 CONSTRUCTORES Y CONSULTORES SRL

Ing. NESTOR ALFONSO DIAZ ARIAS
 INGENIERO CIVIL - CIP. 21362
 SERENTE GENERAL



DIÁZ & OCAMPO
CONSTRUCTORES Y CONSULTORES SRL
 REGISTRO DE INDECOPI N° 00069377
 ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
 (LABORATORIO)

Jr. Libertad N° 1309 Cel. 941892090 RPM *625827 RPC 982360835
 Correo Electronico: nestorda433@hotmail.com - CHACHAPOYAS

ENSAYO : LIMITES DE CONSISTENCIA
NORMA ASTM D4318

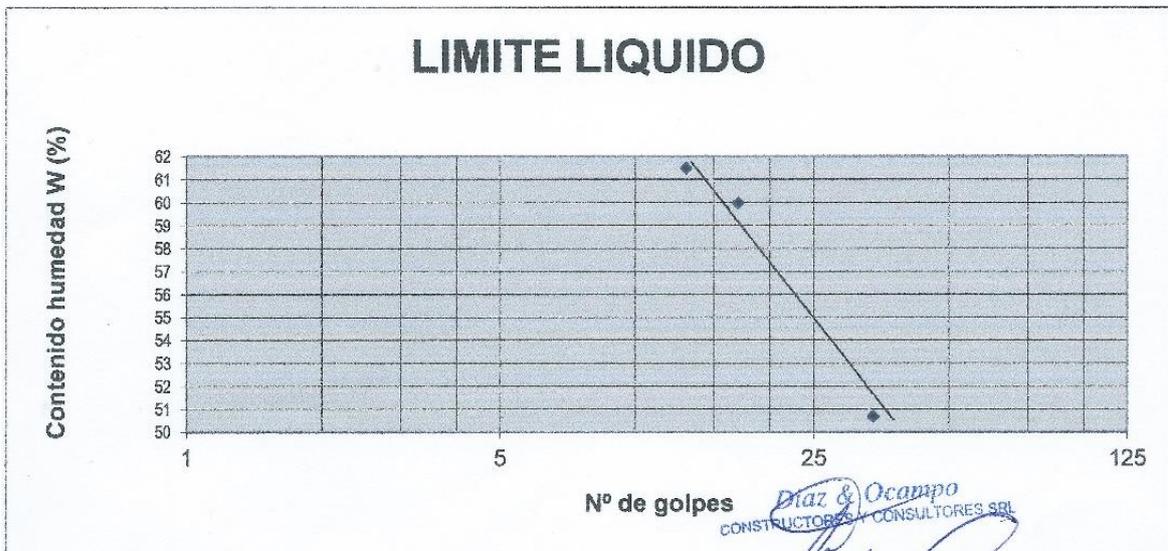
PROYECTO	EVALUACION DEL PELIGRO DE DESLIZAMIENTO DE SUELOS DE LA RESIDENCIAL MAGISTERIAL DE LA CIUDAD DE CHACHAPOYAS - ALEXANDER SAMBRANO GOICOCHEA
UBICACIÓN	: DERRAMA CHACHAPOYAS
SOLICITANTE	: ALEXANDER SAMBRANO GOICOCHEA
RESPONSABLE	: ING° NESTOR ALFONSO DIAZ ARIAS
FECHA	: 16/06/2017

CALICATA C-1

MUESTRA M1

PROF. (m): 0.80 - 3.00

LIMITES NUMERO	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
	L1	L2	L2	P1	P2
Peso tara (gr)	27.50	19.50	30.40	21.80	28.40
Peso muestra húmeda + tara (gr)	55.60	45.10	63.10	30.70	38.50
Peso muestra seca + tara (gr)	44.90	35.50	52.10	28.80	36.50
Peso agua (gr)	10.70	9.60	11.00	1.90	2.00
Peso muestra seca (gr)	17.40	16.00	21.70	7.00	8.10
Nº golpes	13	17	34		
Contenido de Humedad (%)	61.49	60.00	50.69	27.14	24.69
Límite Líquido y Límite Plástico (%)	55.00			25.92	





DIÁZ & OCAMPO
CONSTRUCTORES Y CONSULTORES SRL
REGISTRO DE INDECOPI N° 00069377
ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
(LABORATORIO)

Jr. Libertad N° 1309 Cel. 941892090 RPM *625827 RPC 982360835
 Correo Electronico: nestorda433@hotmail.com - CHACHAPOYAS

ENSAYO : **LIMITES DE CONSISTENCIA**
NORMA ASTM D4318

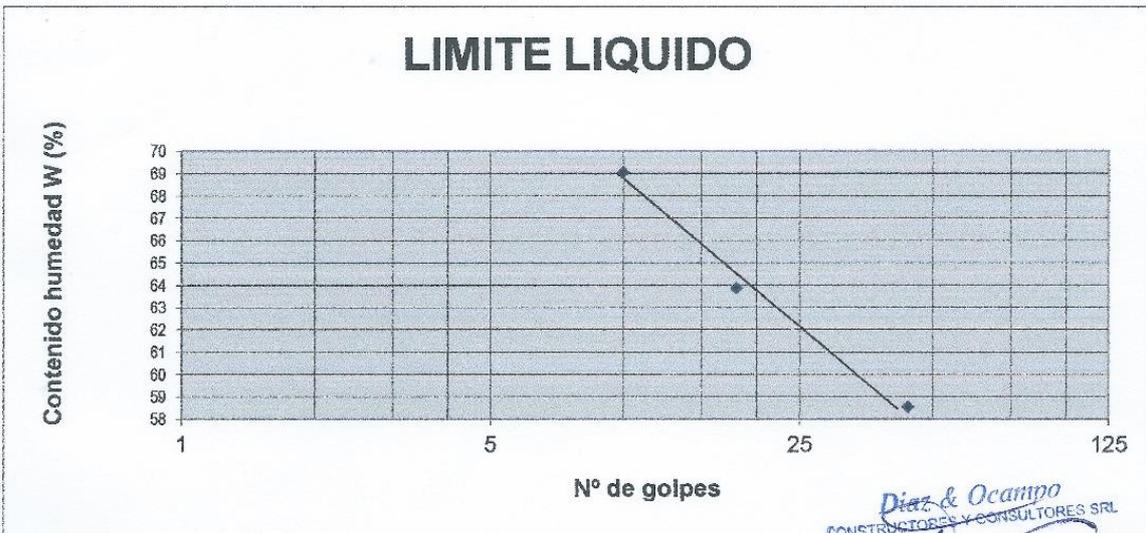
PROYECTO	EVALUACION DEL PELIGRO DE DESLIZAMIENTO DE SUELOS DE LA RESIDENCIAL MAGISTERIAL DE LA CIUDAD DE CHACHAPOYAS - ALEXANDER SAMBRANO GOICOCHEA
UBICACIÓN	: DERRAMA CHACHAPOYAS
SOLICITANTE	: ALEXANDER SAMBRANO GOICOCHEA
RESPONSABLE	: ING° NESTOR ALFONSO DIAZ ARIAS
FECHA	: 16/06/2017

CALICATA C - 3

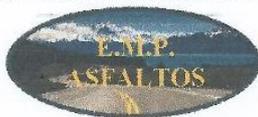
MUESTRA M1

PROF. (m): 1.00 - 3.00

LIMITES NUMERO	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
	L1	L2	L3	P1	P2
Peso tara (gr)	27.10	21.10	27.30	28.60	28.50
Peso muestra húmeda + tara (gr)	57.70	50.60	56.00	37.00	38.80
Peso muestra seca + tara (gr)	45.20	39.10	45.40	35.10	36.40
Peso agua (gr)	12.50	11.50	10.60	1.90	2.40
Peso muestra seca (gr)	18.10	18.00	18.10	6.50	7.90
N° golpes	10	18	44		
Contenido de Humedad (%)	69.06	63.89	58.56	29.23	30.38
Límite Líquido y Límite Plástico (%)	62.00			29.81	



Diaz & Ocampo
 CONSTRUCTORES Y CONSULTORES SRL
 Ing. NESTOR ALFONSO DIAZ ARIAS
 INGENIERO CIVIL - CIP. 21362
 GERENTE GENERAL



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas – Chiclayo. Telf. (074) 619319, RPM # 948 852 622 –

RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.

Búscanos en Facebook: Laboratorios de Suelos Chiclayo

Pág. Web: www.empiaboratorios.com

ENSAYOS DE CORTE DIRECTO (ASTM D-3080)

PROYECTO	Evaluación del Peligro de Deslizamiento de Suelos de La Residencial Magisterial de La Ciudad de Chachapoyas - Alexander Sambrano Goicochea.		
UBICACIÓN	Ciudad de Chachapoyas - Amazonas		
CALICATA	C-01	RESP. DE LAB :	S.B.F
MUESTRA	M-01	TEC. LAB :	S.A.C.M.
PROFUNDIDAD	0.80 - 2.40	FECHA :	22/06/2017
SOLICITANTE	Ing. Néstor Alfonso Díaz Arias	ESTADO :	Remoldeada

DATOS		ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
Esfuerzo Normal	(kg/cm ²)	1,00		2,00		4,00	
Etapa		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Altura	(cm)	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Area	(cm ²)	30,19	30,19	30,19	30,19	30,19	30,19
Densidad Húmeda	(g/cm ³)	2,03	2,01	1,75	1,91	1,76	1,95
Humedad	(%)	28,71	31,54	16,54	31,04	15,11	31,12
Densidad Seca	(g/cm ³)	1,57	1,53	1,51	1,46	1,53	1,49

ESPECIMEN 01			ESPECIMEN 02			ESPECIMEN 03		
Deform. Tangencial (mm)	Esfuerzo de Corte		Deform. Tangencial (mm)	Esfuerzo de Corte		Deform. Tangencial (mm)	Esfuerzo de Corte	
	Tangencial (kg/cm ²)	Normalizado (kg/cm ²)		Tangencial (kg/cm ²)	Normalizado (kg/cm ²)		Tangencial (kg/cm ²)	Normalizado (kg/cm ²)
0,10	0,132	0,313	0,10	0,158	0,187	0,10	0,198	0,117
0,20	0,169	0,400	0,20	0,234	0,278	0,20	0,271	0,160
0,30	0,246	0,582	0,30	0,269	0,318	0,30	0,322	0,190
0,40	0,266	0,629	0,40	0,310	0,367	0,40	0,368	0,218
0,50	0,292	0,691	0,50	0,360	0,426	0,50	0,437	0,259
0,60	0,304	0,719	0,60	0,383	0,454	0,60	0,489	0,289
0,70	0,330	0,780	0,70	0,395	0,468	0,70	0,531	0,314
0,80	0,353	0,836	0,80	0,398	0,472	0,80	0,551	0,326
0,90	0,359	0,850	0,90	0,399	0,472	0,90	0,564	0,334
1,00	0,363	0,859	1,00	0,400	0,473	1,00	0,565	0,335
1,10	0,357	0,846	1,10	0,400	0,474	1,10	0,566	0,335
1,20	0,358	0,848	1,20	0,399	0,472	1,20	0,567	0,336
1,30	0,359	0,849	1,30	0,399	0,473	1,30	0,571	0,338
1,40	0,353	0,837	1,40	0,395	0,468	1,40	0,574	0,340
1,50	0,354	0,838	1,50	0,396	0,469	1,50	0,575	0,340
1,60	0,355	0,840	1,60	0,394	0,467	1,60	0,578	0,342
1,70	0,352	0,834	1,70	0,395	0,468	1,70	0,582	0,344
1,80	0,353	0,836	1,80	0,393	0,466	1,80	0,583	0,345
1,90	0,353	0,837	1,90	0,394	0,466	1,90	0,584	0,345
2,00	0,354	0,838	2,00	0,395	0,467	2,00	0,587	0,348
2,10	0,352	0,833	2,10	0,393	0,465	2,10	0,588	0,348
2,20	0,352	0,834	2,20	0,394	0,466	2,20	0,591	0,350
2,30	0,353	0,836	2,30	0,394	0,467	2,30	0,592	0,351
2,40	0,351	0,830	2,40	0,393	0,465	2,40	0,593	0,351
2,50	0,351	0,831	2,50	0,393	0,466	2,50	0,597	0,353
2,60	0,352	0,833	2,60	0,394	0,466	2,60	0,598	0,354
2,70	0,349	0,827	2,70	0,392	0,464	2,70	0,601	0,356
2,80	0,350	0,829	2,80	0,393	0,465	2,80	0,602	0,357
2,90	0,350	0,830	2,90	0,393	0,466	2,90	0,606	0,359
3,00	0,348	0,824	3,00	0,394	0,467	3,00	0,604	0,358
3,10	0,349	0,826	3,10	0,392	0,465	3,10	0,605	0,358
3,20	0,349	0,827	3,20	0,393	0,465	3,20	0,606	0,359
3,30	0,347	0,821	3,30	0,394	0,466	3,30	0,606	0,358
3,40	0,347	0,823	3,40	0,394	0,467	3,40	0,606	0,359
3,50	0,345	0,817	3,50	0,393	0,465	3,50	0,607	0,359

Néstor Alfonso Díaz Arias
ING. CONSULTOR
RUC: 21362



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas – Chiclayo. Telf. (074) 619319, RPM # 948 852 622

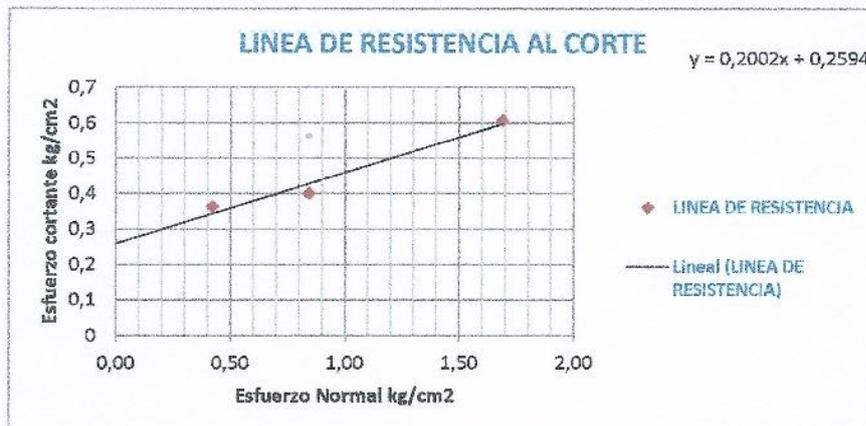
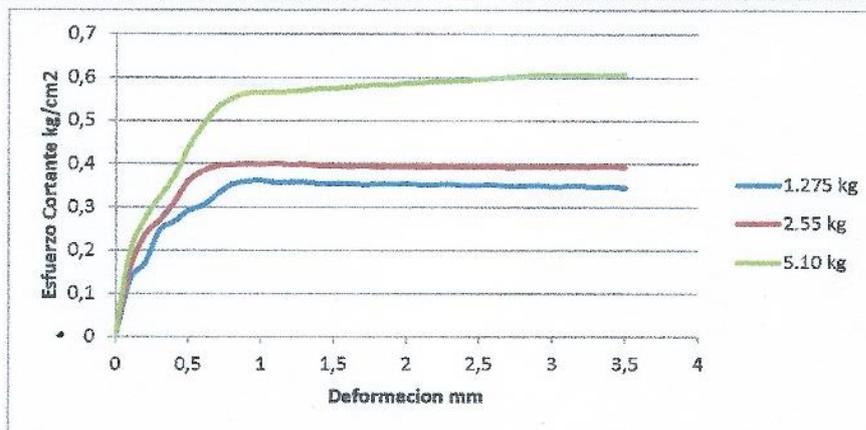
RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.

Búscanos en Facebook: Laboratorios de Suelos Chiclayo

Pág. Web: www.emplaboratorios.com

ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D-3080

PROYECTO	Evaluación del Peligro de Deslizamiento de Suelos de La Residencial Magisterial de La Ciudad de Chachapoyas - Alexander Sambrano Goicochea.	
UBICACIÓN	Ciudad de Chachapoyas - Amazonas	RESP. DE LAB : S.B.F
CAICATA	C -01	TEC. LAB : S.A.C.M.
MUESTRA	M-01	FECHA : 22/06/2017
PROFUNDIDAD	0.80 - 2.40	ESTADO : Remoldeada
SOLICITANTE	Ing. Néstor Alfonso Diaz Arias	VEL. ENSAYO : 0.5mm/min



Parametros de Resistencia al Corte			
Cohesion	=	0,26	kg/cm2
Angulo de Fricción Interna	=	11,32	°

DIAZARIAS INGENIEROS

Nestor Alfonso Diaz Arias
 ING. CONSULTOR
 ING. CIVIL CIP. 21362



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas – Chiclayo, Telf. (074) 619319, RPM # 948 852 622 –

RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.

Búscanos en Facebook: Laboratorios de Suelos Chiclayo

Pág. Web: www.emlaboratorios.com

ENSAYOS DE CORTE DIRECTO (ASTM D-3080)

PROYECTO	Evaluación del Peligro de Deslizamiento de Suelos de La Residencial Magisterial de La Ciudad de Chachapoyas - Alexander Sambrano Goicochea.		
UBICACIÓN	Ciudad de Chachapoyas - Amazonas		
CALICATA	C -02	RESP. DE LAB : S.B.F	
MUESTRA	M-01	TEC. LAB : S.A.C.M.	
PROFUNDIDAD	1.00 - 2.40	FECHA : 22/06/2017	
SOLICITANTE	Ing. Néstor Alfonso Díaz Arias	ESTADO : Remoldeada	

DATOS		ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
Esfuerzo Normal	(kg/cm ²)	1,00		2,00		4,00	
Etapas		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Altura	(cm)	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Area	(cm ²)	30,19	30,19	30,19	30,19	30,19	30,19
Densidad Húmeda	(g/cm ³)	1,99	1,97	1,77	1,77	1,77	1,75
Humedad	(%)	27,50	32,10	27,09	32,30	28,02	31,43
Densidad Seca	(g/cm ³)	1,56	1,49	1,40	1,34	1,38	1,33

ESPECIMEN 01			ESPECIMEN 02			ESPECIMEN 03		
Deform. Tangencial (mm)	Esfuerzo de Corte		Deform. Tangencial (mm)	Esfuerzo de Corte		Deform. Tangencial (mm)	Esfuerzo de Corte	
	Tangencial (kg/cm ²)	Normalizado (kg/cm ²)		Tangencial (kg/cm ²)	Normalizado (kg/cm ²)		Tangencial (kg/cm ²)	Normalizado (kg/cm ²)
0,10	0,065	0,153	0,10	0,084	0,099	0,10	0,122	0,072
0,20	0,093	0,220	0,20	0,141	0,166	0,20	0,194	0,115
0,30	0,116	0,274	0,30	0,155	0,184	0,30	0,265	0,157
0,40	0,141	0,335	0,40	0,184	0,218	0,40	0,293	0,173
0,50	0,181	0,429	0,50	0,227	0,269	0,50	0,355	0,210
0,60	0,213	0,504	0,60	0,262	0,310	0,60	0,422	0,250
0,70	0,236	0,558	0,70	0,287	0,340	0,70	0,447	0,265
0,80	0,248	0,586	0,80	0,306	0,362	0,80	0,475	0,281
0,90	0,265	0,628	0,90	0,322	0,382	0,90	0,496	0,293
1,00	0,271	0,642	1,00	0,337	0,399	1,00	0,507	0,300
1,10	0,275	0,650	1,10	0,352	0,417	1,10	0,515	0,305
1,20	0,281	0,665	1,20	0,364	0,430	1,20	0,521	0,308
1,30	0,284	0,673	1,30	0,375	0,444	1,30	0,525	0,311
1,40	0,287	0,680	1,40	0,381	0,451	1,40	0,529	0,313
1,50	0,294	0,695	1,50	0,385	0,456	1,50	0,533	0,315
1,60	0,294	0,696	1,60	0,391	0,463	1,60	0,535	0,317
1,70	0,295	0,697	1,70	0,392	0,464	1,70	0,538	0,318
1,80	0,298	0,705	1,80	0,395	0,467	1,80	0,555	0,329
1,90	0,298	0,707	1,90	0,395	0,468	1,90	0,556	0,329
2,00	0,299	0,708	2,00	0,398	0,471	2,00	0,557	0,330
2,10	0,291	0,688	2,10	0,398	0,472	2,10	0,560	0,331
2,20	0,291	0,689	2,20	0,397	0,470	2,20	0,561	0,332
2,30	0,289	0,684	2,30	0,398	0,471	2,30	0,561	0,332
2,40	0,289	0,685	2,40	0,398	0,472	2,40	0,564	0,334
2,50	0,290	0,686	2,50	0,397	0,470	2,50	0,565	0,334
2,60	0,287	0,680	2,60	0,398	0,471	2,60	0,566	0,335
2,70	0,288	0,681	2,70	0,397	0,470	2,70	0,568	0,336
2,80	0,288	0,682	2,80	0,397	0,471	2,80	0,569	0,337
2,90	0,289	0,683	2,90	0,398	0,471	2,90	0,570	0,338
3,00	0,286	0,678	3,00	0,397	0,470	3,00	0,573	0,339
3,10	0,287	0,679	3,10	0,398	0,471	3,10	0,574	0,340
3,20	0,287	0,680	3,20	0,398	0,471	3,20	0,576	0,341
3,30	0,285	0,674	3,30	0,397	0,470	3,30	0,577	0,342
3,40	0,285	0,675	3,40	0,398	0,471	3,40	0,580	0,343
3,50	0,286	0,676	3,50	0,398	0,472	3,50	0,584	0,344

DIÁZ ALFONSO INGENIEROS
Néstor Alfonso Díaz Arias
 ING. CONSULTOR
 ING. CIVIL. C.P. 21362



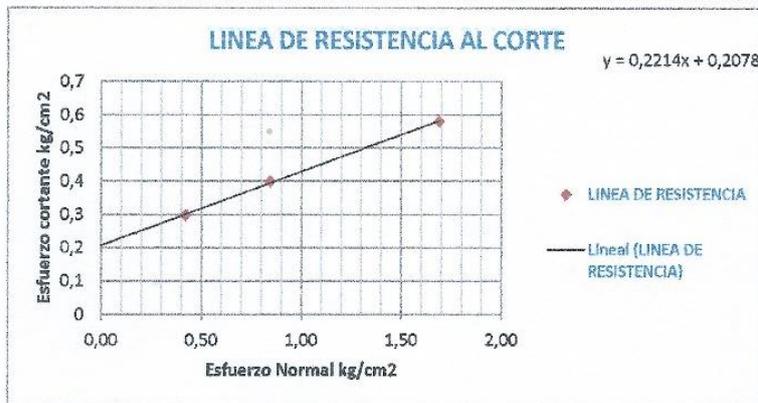
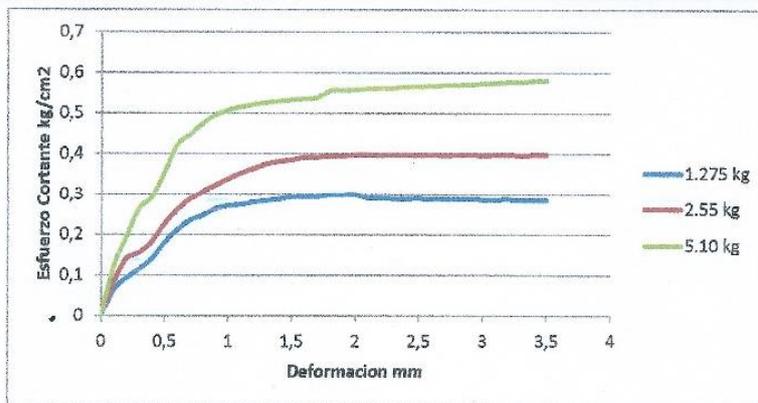
SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas – Chiclayo. Telf. (074) 619319, RPM # 948 852 622 – RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.

Búscanos en Facebook: Laboratorios de Suelos Chiclayo
Pág. Web: www.emlaboratorios.com

ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D-3080

PROYECTO	Evaluación del Peligro de Deslizamiento de Suelos de La Residencial Magisterial de La Ciudad de Chachapoyas - Alexander Sambrano Goicochea.	
UBICACIÓN	Ciudad de Chachapoyas - Amazonas	RESP. DE LAB : S.B.F
CALICATA	C -02	TEC. LAB : S.A.C.M.
MUESTRA	M-01	FECHA : 22/06/2017
PROFUNDIDAD	1.00 - 2.40	ESTADO : Remoldeada
SOLICITANTE	Ing. Néstor Alfonso Díaz Arias	VEL. ENSAYO : 0.5mm/min



Parametros de Resistencia al Corte			
Cohesion	=	0,21	kg/cm2
Angulo de Fricción interna	=	12,48	°

DIAZ ARIAS INGENIEROS
Néstor Alfonso Díaz Arias
ING. CONSULTOR
ING. CIVIL CIP. 21362



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas – Chiclayo. Telf. (074) 619319, RPM # 948 852 622 –

RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.

Búscanos en Facebook: Laboratorios de Suelos Chiclayo

Pág. Web: www.emplaboratorios.com

ENSAYOS DE CORTE DIRECTO (ASTM D-3080)

PROYECTO	Evaluación del Peligro de Deslizamiento de Suelos de La Residencial Magisterial de La Ciudad de Chachapoyas - Alexander Sambrano Goicochea.	
UBICACIÓN	Ciudad de Chachapoyas - Amazonas	
CALICATA	C -03	RESP. DE LAB : S.B.F
MUESTRA	M-01	TEC. LAB : S.A.C.M.
PROFUNDIDAD	1.00 - 2.40	FECHA : 22/06/2017
SOLICITANTE	Ing. Néstor Alfonso Díaz Arias	ESTADO : Remoldeada

DATOS		ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
Esfuerzo Normal	(kg/cm ²)	1,00		2,00		4,00	
Etapa		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Altura	(cm)	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Area	(cm ²)	30,19	30,19	30,19	30,19	30,19	30,19
Densidad Húmeda	(g/cm ³)	1,99	1,97	1,77	1,74	1,76	1,75
Humedad	(%)	26,04	30,57	27,42	30,07	26,28	30,51
Densidad Seca	(g/cm ³)	1,58	1,51	1,39	1,34	1,39	1,34

ESPECIMEN 01			ESPECIMEN 02			ESPECIMEN 03		
Deform. Tangencial (mm)	Esfuerzo de Corte		Deform. Tangencial (mm)	Esfuerzo de Corte		Deform. Tangencial (mm)	Esfuerzo de Corte	
	Tangencial (kg/cm ²)	Normalizado (kg/cm ²)		Tangencial (kg/cm ²)	Normalizado (kg/cm ²)		Tangencial (kg/cm ²)	Normalizado (kg/cm ²)
0,10	0,060	0,141	0,10	0,099	0,117	0,10	0,193	0,114
0,20	0,091	0,216	0,20	0,135	0,160	0,20	0,248	0,147
0,30	0,117	0,278	0,30	0,167	0,198	0,30	0,298	0,177
0,40	0,162	0,383	0,40	0,192	0,228	0,40	0,339	0,201
0,50	0,193	0,458	0,50	0,238	0,282	0,50	0,380	0,225
0,60	0,223	0,527	0,60	0,275	0,325	0,60	0,412	0,244
0,70	0,265	0,627	0,70	0,307	0,363	0,70	0,429	0,254
0,80	0,276	0,653	0,80	0,328	0,388	0,80	0,455	0,270
0,90	0,284	0,673	0,90	0,347	0,410	0,90	0,490	0,290
1,00	0,290	0,686	1,00	0,363	0,430	1,00	0,504	0,298
1,10	0,293	0,694	1,10	0,371	0,439	1,10	0,516	0,306
1,20	0,286	0,701	1,20	0,376	0,445	1,20	0,525	0,311
1,30	0,286	0,677	1,30	0,386	0,457	1,30	0,531	0,314
1,40	0,284	0,672	1,40	0,395	0,468	1,40	0,534	0,316
1,50	0,284	0,673	1,50	0,408	0,483	1,50	0,536	0,317
1,60	0,282	0,668	1,60	0,420	0,497	1,60	0,542	0,321
1,70	0,283	0,669	1,70	0,423	0,501	1,70	0,549	0,325
1,80	0,283	0,670	1,80	0,430	0,510	1,80	0,552	0,327
1,90	0,281	0,665	1,90	0,431	0,510	1,90	0,555	0,328
2,00	0,281	0,666	2,00	0,432	0,511	2,00	0,556	0,329
2,10	0,282	0,667	2,10	0,435	0,515	2,10	0,556	0,329
2,20	0,280	0,662	2,20	0,436	0,516	2,20	0,559	0,331
2,30	0,280	0,663	2,30	0,436	0,517	2,30	0,560	0,331
2,40	0,280	0,664	2,40	0,437	0,517	2,40	0,561	0,332
2,50	0,278	0,659	2,50	0,440	0,521	2,50	0,563	0,334
2,60	0,279	0,660	2,60	0,441	0,522	2,60	0,566	0,335
2,70	0,279	0,661	2,70	0,441	0,523	2,70	0,569	0,337
2,80	0,277	0,656	2,80	0,442	0,524	2,80	0,570	0,337
2,90	0,277	0,657	2,90	0,445	0,527	2,90	0,571	0,338
3,00	0,278	0,658	3,00	0,446	0,528	3,00	0,573	0,339
3,10	0,275	0,652	3,10	0,447	0,529	3,10	0,574	0,340
3,20	0,276	0,653	3,20	0,450	0,533	3,20	0,577	0,342
3,30	0,276	0,654	3,30	0,451	0,534	3,30	0,578	0,342
3,40	0,277	0,656	3,40	0,451	0,534	3,40	0,579	0,343
3,50	0,275	0,650	3,50	0,452	0,535	3,50	0,581	0,344

DIÁZ ARIAS INGENIEROS
 Néstor Alfonso Díaz Arias
 ING. CONSULTOR
 ING. CIVIL CIP. 21362



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas - Chiclayo. Telf. (074) 619319, RPM # 948 852 622 -

RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.

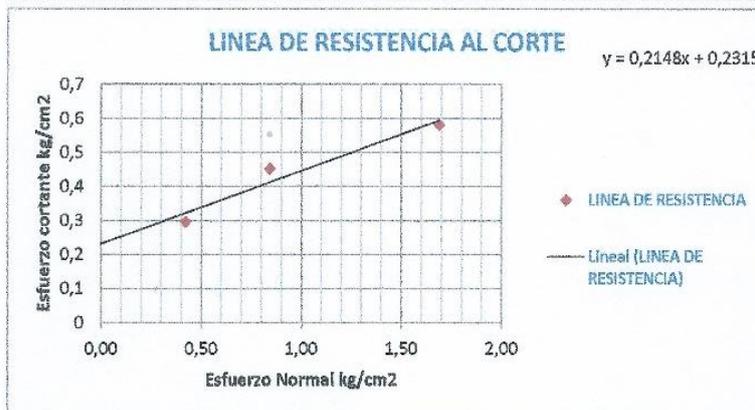
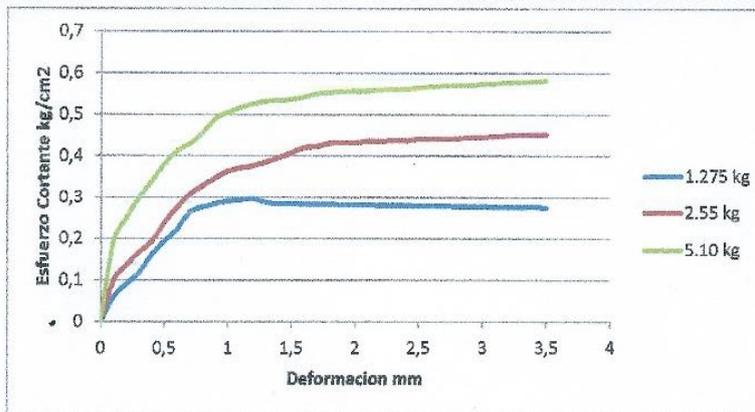
Búscanos en Facebook: Laboratorios de Suelos Chiclayo

Pág. Web: www.emplaboratorios.com

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ASTM D-3080

PROYECTO	Evaluación del Peligro de Deslizamiento de Suelos de La Residencial Magisterial de La Ciudad de Chachapoyas - Alexander Sambrano Goicochea.	
UBICACIÓN	Ciudad de Chachapoyas - Amazonas	RESP. DE LAB : S.B.F
CALICATA	C -03	TEC. LAB : S.A.C.M.
MUESTRA	M-01	FECHA : 22/06/2017
PROFUNDIDAD	1.00 - 2.40	ESTADO : Remoldeada
SOLICITANTE	Ing. Néstor Alfonso Díaz Arias	VEL. ENSAYO : 0.5mm/min



Parametros de Resistencia al Corte			
Cohesion	=	0,23	kg/cm2
Angulo de Fricción Interna	=	12,12	°

DIAZ ARIAS INGENIEROS

Néstor Alfonso Díaz Arias
ING. CONSULTOR
ING. CIVIL CIP. 21362

La Calicata C - 1

De 0.00 m. hasta 0.80 m. de profundidad se observa perfil de suelo de turba, suelto, húmeda. Eliminar, no apto para la construcción.

De 0.80 m. hasta 3.00 m. de profundidad se observa perfil de suelo de ARCILLA GRUESA, suelto, húmeda, de mediana plasticidad, color gris amarillento, con 5.86% de arena, 91.77% de finos y 2.37% de grava.

Se encontró nivel freático a 2.00 m de profundidad.

La Calicata C - 2

De 0.00 m. hasta 1.00 m. de profundidad se observa perfil de suelo de turba y relleno, suelto, húmeda. Eliminar, no apto para la construcción.

De 1.00 m. hasta 3.00 m. de profundidad se observa perfil de suelo de ARCILLA GRUESA CON ARENA, suelto, húmeda, de alta plasticidad, color gris, con 14.90% de arena, 84.50% de finos y 0.60% de grava.

Se encontró nivel freático a 2.80 m de profundidad.

La Calicata C - 3

De 0.00 m. hasta 1.00 m. de profundidad se observa perfil de suelo de turba, suelto, húmeda. Eliminar, no apto para la construcción.

De 1.00 m. hasta 3.00 m. de profundidad se observa perfil de suelo de ARCILLA GRUESA, suelto, húmeda, de alta plasticidad, color gris amarillento, con 2.74% de arena, 90.83% de finos y 6.43% de grava.

No se encontró el nivel.

Diaz & Ocampo
CONSTRUCTORES CONSULTORES SRL

Ing. NESTOR ALFONSO DIAZ ARIAS
INGENIERO CIVIL - CIP. 21362
GERENTE GENERAL

ANEXO N° 02. Opinión experta sobre el peligro respecto al factor geomorfología.

APRECIACIÓN SOBRE LA REVISIÓN DE LAS FIGURAS DE LA TESIS DEL
SR. ALEXANDER SAMBRANO GOICOCHEA

La revisión de las figuras de los mapas Geológico y Geomorfológico de la tesis titulada “Evaluación del peligro de deslizamiento de suelos de la residencial magisterial de la ciudad de Chachapoyas”, permiten interpretar que existiría en la zona del complejo habitacional de la Derrama Magisterial, un substrato calcáreo (Grupo Pulluicana), que habria sido sometido a disolución cárstica, lo que habria originado fenómenos de asentamientos y colapsos y que estos contribuyen a la inestabilidad de la sobrecarga (Fm. Inguilpata), lo que ha originado problemas estructurales en las edificaciones.

Chachapoyas, 17, Agosto, 2013



Dr. Hernando NÚÑEZ DEL PRADO. S.

ANEXO N° 03. Datos meteorológicos mensuales de la ciudad de Chachapoyas.

Tabla N° 28. Datos meteorológicos de la ciudad de Chachapoyas, Año 2012.

DATOS DEL TIEMPO - CHACHAPOYAS 2012										
Estación : CHACHAPOYAS, Tipo Convencional - Meteorológica										
Departamento : AMAZONAS					Provincia: CHACHAPOYAS					
Distrito : CHACHAPOYAS										
Latitud : 6° 12' 30"			Longitud: 77° 52' 1.8"				Altitud: 2490m			
mes/año	Temperatura		Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo (°c)			Precipitación (mm)	
	Max (°c)	Min (°c)	07	13	19	07	13	19	07	19
ene-12									46.21	22.52
feb-12									81.66	40.05
mar-12									83.69	148.32
abr-12	20.02	11.06	12.02	18.53	14.49	11.57	14.74	13.10	15.00	59.30
may-12	19.23	10.32	11.66	17.95	14.05	10.99	13.87	12.5	37.40	48.90
jun-12	19.42	8.94	10.11	18.17	13.65	9.49	13.03	11.70	9.80	40.50
jul-12	20.15	8.03	9.57	18.74	13.82	8.91	12.29	11.11	2.70	2.40
ago-12	20.38	8.65	10.07	18.9	14.11	9.25	12.66	11.37	0.80	9.20
sep-12	20.43	9.09	10.71	18.72	13.82	9.84	12.89	11.61	21.30	14.10
oct-12	20.25	11.19	12.27	18.59	14.48	11.74	14.59	13.08	63.20	92.10
nov-12	20.91	11.73	12.98	19.36	15.25	12.20	15.96	13.91	31.80	27.00
dic-12	20.41	11.55	12.64	18.57	15.11	11.83	15.25	13.74	35.00	18.70

En negrita, información completada

Fuente: SENAMHI (2017)

Tabla N° 29. Datos meteorológicos de la ciudad de Chachapoyas, Año 2013.

DATOS DEL TIEMPO - CHACHAPOYAS 2013										
Estación : CHACHAPOYAS, Tipo Convencional - Meteorológica										
Departamento : AMAZONAS					Provincia: CHACHAPOYAS					
Distrito : CHACHAPOYAS										
Latitud : 6° 12' 30"			Longitud: 77° 52' 1.8"				Altitud: 2490m			
mes/año	Temperatura		Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo (°c)			Precipitación (mm)	
	Max (°c)	Min (°c)	07	13	19	07	13	19	07	19
ene-13	19.51	12.01	12.86	17.74	14.94	12.34	15.14	13.94	47.30	68.10
feb-13	19.62	11.62	12.55	17.76	15.00	12.15	15.54	14.15	42.60	52.20
mar-13	19.70	12.12	12.90	18.19	15.05	12.54	16.24	14.53	104.70	79.50
abr-13	20.64	10.74	11.37	19.28	14.95	11.29	14.90	13.23	27.30	50.60
may-13	20.52	11.37	12.34	19.11	14.75	11.97	14.88	13.42	25.30	27.50
jun-13	19.07	9.99	11.41	17.74	13.57	10.91	14.33	12.58	12.70	15.90
jul-13	19.37	8.13	9.42	18.06	13.23	8.87	13.32	11.41	9.30	9.40
ago-13	20.15	9.29	11.06	18.77	13.87	10.41	15.76	13.19	15.80	24.50
sep-13	20.97	8.77	10.50	19.33	14.35	9.74	17.13	13.74	15.90	24.20
oct-13	20.19	11.32	12.46	18.40	14.68	11.90	16.51	14.10	60.90	69.40
nov-13	22.13	10.26	12.49	20.57	15.81	11.44	18.55	15.03	10.70	15.60
dic-13	20.35	11.18	12.62	18.76	15.05	11.97	17.25	14.56	40.40	51.30

Fuente: SENAMHI (2017)

Tabla N° 30. Datos meteorológicos de la ciudad de Chachapoyas, Año 2014.

DATOS DEL TIEMPO - CHACHAPOYAS 2014										
Estación : CHACHAPOYAS, Tipo Convencional - Meteorológica										
Departamento : AMAZONAS					Provincia: CHACHAPOYAS					
Distrito : CHACHAPOYAS										
Latitud : 6° 12' 30"			Longitud: 77° 52' 1.8"				Altitud: 2490m			
mes/año	Temperatura		Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo (°c)			Precipitación (mm)	
	Max (°c)	Min (°c)	07	13	19	07	13	19	07	19
ene-14	20.15	11.20	12.15	17.86	14.72	11.67	16.71	14.15	52.50	60.00
feb-14	19.10	10.73	12.04	17.59	14.75	11.96	16.51	14.19	18.90	73.20
mar-14	19.25	11.23	12.21	17.95	14.59	11.78	16.80	13.90	161.50	103.70
abr-14	19.81	11.41	12.38	18.21	14.30	11.85	15.57	13.31	36.90	25.80
may-14	20.14	11.28	12.16	18.90	14.69	11.68	14.52	13.23	24.30	43.80
jun-14	20.50	10.24	11.33	19.33	14.12	10.78	13.78	12.24	13.00	21.60
jul-14	19.97	8.93	10.26	18.57	13.86	9.77	12.90	11.52	18.00	5.70
ago-14	19.70	8.55	10.35	18.23	13.61	9.66	12.27	11.09	2.50	15.80
sep-14	20.10	7.97	10.78	18.51	14.09	10.03	13.14	11.92	11.70	40.00
oct-14	20.49	8.87	12.40	18.69	14.18	11.39	13.40	11.92	14.20	36.60
nov-14	21.44	8.96	12.83	19.95	15.24	11.93	14.28	12.89	42.60	73.50
dic-14	19.78	10.72	12.64	18.41	14.55	12.01	14.23	13.02	54.30	107.40

Fuente: SENAMHI (2017)

Tabla N° 31. Datos meteorológicos de la ciudad de Chachapoyas, Año 2015.

DATOS DEL TIEMPO - CHACHAPOYAS 2015										
Estación : CHACHAPOYAS, Tipo Convencional - Meteorológica										
Departamento : AMAZONAS					Provincia: CHACHAPOYAS					
Distrito : CHACHAPOYAS										
Latitud : 6° 12' 30"			Longitud: 77° 52' 1.8"				Altitud: 2490m			
mes/año	Temperatura		Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo (°c)			Precipitación (mm)	
	Max (°c)	Min (°c)	07	13	19	07	13	19	07	19
ene-15	18.74	8.88	12.20	17.19	14.08	11.69	14.12	12.92	124.20	109.00
feb-15	19.98	10.21	12.26	18.60	15.04	11.85	14.49	13.31	76.10	66.70
mar-15	19.54	10.64	12.80	18.08	14.75	12.27	14.65	13.33	76.00	78.00
abr-15	19.20	10.55	12.44	17.81	14.25	11.89	14.41	12.93	53.40	50.70
may-15	19.54	9.88	12.56	18.54	14.28	12.12	14.46	13.06	17.70	38.90
jun-15	19.59	9.52	11.14	18.22	13.52	10.53	13.09	11.55	7.50	1.00
jul-15	19.89	9.16	11.44	18.47	14.05	10.90	13.03	11.91	16.30	8.20
ago-15	20.74	8.40	10.39	19.26	14.67	9.67	12.75	11.76	25.30	20.00
sep-15	21.02	9.59	11.77	19.42	15.11	10.95	13.31	12.31	5.90	7.80
oct-15	21.59	10.09	12.65	19.90	15.03	11.83	13.96	12.70	26.20	9.60
nov-15	21.25	10.67	13.19	19.65	15.53	12.32	14.53	13.37	37.70	51.10
dic-15	19.19	10.80	12.94	17.75	14.72	12.30	14.45	13.30	58.50	104.50

Fuente: SENAMHI (2017)

Tabla N° 32. Datos meteorológicos de la ciudad de Chachapoyas, Año 2016.

DATOS DEL TIEMPO - CHACHAPOYAS 2016										
Estación : CHACHAPOYAS, Tipo Convencional - Meteorológica										
Departamento : AMAZONAS					Provincia: CHACHAPOYAS					
Distrito : CHACHAPOYAS										
Latitud : 6° 12' 30"			Longitud: 77° 52' 1.8"				Altitud: 2490m			
mes/año	Temperatura		Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo (°c)			Precipitación (mm)	
	Max (°c)	Min (°c)	07	13	19	07	13	19	07	19
ene-16	21.83	10.60	13.69	20.20	16.36	12.97	15.09	13.99	10.30	28.70
feb-16	20.42	10.67	13.44	18.73	15.39	12.96	15.23	13.99	56.70	46.30
mar-16	20.28	11.15	13.56	18.77	15.47	13.00	15.32	13.95	37.90	69.50
abr-16	21.07	10.93	13.07	19.64	15.55	12.57	15.07	13.66	10.80	41.30
may-16	21.16	11.32	12.64	20.08	15.24	12.12	14.85	13.48	3.00	12.70
jun-16	19.79	9.53	10.91	18.64	13.71	10.36	13.22	11.73	3.70	25.30
jul-16	20.40	7.95	9.95	19.04	14.31	9.22	12.59	11.41	2.80	1.80
ago-16	20.85	8.58	10.54	19.59	14.77	9.86	12.79	11.74	3.40	0.60
sep-16	20.21	9.82	11.61	18.72	14.85	10.90	13.12	11.97	32.30	11.80
oct-16	21.10	10.54	12.38	19.36	15.11	11.59	13.73	12.57	42.00	38.30
nov-16	23.08	9.11	12.48	21.45	16.13	10.91	13.63	12.50	22.30	3.60
dic-16	20.25	10.08	12.83	18.68	14.89	11.97	14.14	12.94	18.50	89.11

Fuente: SENAMHI (2017)

ANEXO N° 04. Panel Fotográfico del trabajo de campo.

Foto N° 01. Reconocimiento del área en estudio.



Foto N° 02. Modelo de vivienda de la Residencial Magisterial Chachapoyas.



Foto N° 03. Levantamiento topográfico del terreno de la Residencial Magisterial.



Foto N° 04. Presencia de nivel freático en los suelos.



Foto N° 05. Obtención de muestras, Calicata N° 01.



Foto N° 06. Obtención de muestra inalterada, Calicata N° 02.



Foto N° 07. Influencia de la vegetación ante los deslizamientos.



Foto N° 08. Separación del pavimento ocasionado por deslizamientos.



Foto N° 09. Fisuras en las veredas de la Residencial Magisterial Chachapoyas.



Foto N° 10. Fisuras en el pavimentado de las calles.



Foto N° 11. Fisuras en las viviendas aledañas al terreno de la Derrama Magisterial.



Foto N° 12. Deslizamiento de la carretera que sirve de ingreso principal a la Residencial.



Foto N° 13. Deslizamiento existente en la parte inferior del ingreso principal a la Residencial Magisterial de la ciudad de Chachapoyas.

