



1859

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS  
RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y  
ORDENAMIENTO TERRITORIAL

**"SUSCEPTIBILIDAD DE  
DESLIZAMIENTOS EN LA VÍA DE  
INTEGRACIÓN BARRIAL EN EL  
SECTOR COFRADÍA HASTA CHONTA  
CRUZ" .**

TESIS PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERO EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y  
ORDENAMIENTO TERRITORIAL.

**AUTORA:**

*Gina Elizabeth Sucunuta  
Dérez*

**DIRECTOR DE TESIS:**

*Ing. Julio Eduardo Romero  
Sigcho, Mg. Sc.*

Loja-Ecuador

2015

## CERTIFICACIÓN

Loja 05 de Agosto del 2015

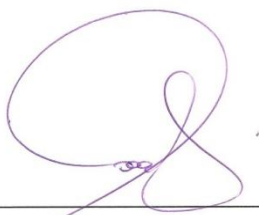
Ing. Julio Eduardo Romero Sigcho, Mg. Sc.

DOCENTE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y  
ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA.

**DIRECTOR DE TESIS**

### CERTIFICO:

Este trabajo de Tesis titulado “**SUSCEPTIBILIDAD DE DESLIZAMIENTOS EN LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL EN EL SECTOR COFRADÍA HASTA CHONTA CRUZ EN LA CIUDAD DE LOJA-ECUADOR**”; previo a la obtención del título de Ingeniero en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial, ha sido dirigido, asesorado, supervisado y realizado bajo mi dirección en todo su desarrollo, y dejé constancia de que es original de la señorita egresada Gina Elizabeth Sucunuta Pérez, la misma que cumple con la reglamentación y políticas de investigación, por lo que autorizo su presentación y posterior sustentación y defensa.



---

Ing. Julio Eduardo Romero Sigcho, Mg. Sc.

**DIRECTOR DE TESIS**

## AUTORÍA

Yo **GINA ELIZABETH SUCUNUTA PÉREZ**, declaro ser autora del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional – Biblioteca Virtual.

**Firma:**  \_\_\_\_\_

**Cédula:** 190054058-2

**Fecha:** 05 de Agosto de 2015

**CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DE LA AUTORA, PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO**

Yo **GINA ELIZABETH SUCUNUTA PÉREZ**, declaro ser autora de la tesis titulada: **SUSCEPTIBILIDAD DE DESLIZAMIENTOS EN LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL EN EL SECTOR COFRADÍA HASTA CHONTA CRUZ EN LA CIUDAD DE LOJA-ECUADOR**, como requisito para optar al grado de **INGENIERO EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL**; autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los cinco días del mes de Agosto del dos mil quince.

**Firma:**



**Autora:** Gina Elizabeth Sucunuta Pérez.  
**Cédula:** 1900540582  
**Dirección:** Loja, (Av. 8 de Diciembre y Tribunales).  
**Correo Electrónico:** ginaelizabeth89@hotmail.es  
**Teléfono:** (07) -2115-106 **Celular:** 0939510399

**DATOS COMPLEMENTARIOS**

**Director de Tesis:** Ing. Julio Eduardo Romero Sigcho, Mg. Sc.

**Tribunal de Grado:** Dra. Silvia Catalina Loaiza Ambuludí, Ph. D  
Ing. Walter Simón Tambo Encalada, Mg. Sc.  
Ing. Fermín Alexander González Sisalima, Mg. Sc.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por ser mi guía en el camino, y hacer realidad este sueño anhelado.

Mi más profundo y sincero agradecimiento a todas aquellas personas que con su ayuda han colaborado en la realización del presente trabajo, en especial a toda mi familia, novio e hijos.

Al Ing. Julio Eduardo Romero Sigcho, director de este trabajo, por la orientación, el seguimiento y la supervisión del mismo.

A la UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA por darme la oportunidad de estudiar y ser una profesional.

*Gina Elizabeth*

## DEDICATORIA

Esta tesis dedico:

A esas personas importantes en mi vida, que siempre estuvieron listas para brindarme toda su ayuda, con todo mi cariño esta tesis se las dedico a ustedes: abuelitos, papá, hermanos, tíos, primas y en especial a mi novio Diego y a nuestros pequeños hijos; Zoe y Axel quienes han sido mi mayor motivación.

A la Universidad Nacional de Loja, a mis maestros que en este andar por la vida, influyeron con sus lecciones y experiencias en formarme como una persona de bien y preparada para los retos que pone la vida.

*Gina Elizabeth*

## ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN.....	2
AUTORÍA.....	3
CARTA DE AUTORIZACIÓN.....	4
AGRADECIMIENTO .....	5
DEDICATORIA .....	6
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	7
LISTADO DE TABLAS.....	8
LISTADO DE FIGURAS.....	9
1 TÍTULO.....	14
2 RESUMEN.....	15
3 INTRODUCCIÓN.....	17
4 OBJETIVOS .....	19
4.1 Objetivo General:.....	19
4.2 Objetivos Específicos: .....	19
5 REVISIÓN DE LITERATURA.....	20
5.1 Topografía .....	20
5.2 Geología.....	20
5.2.1 Orientación de elementos geológicos .....	21
5.3 Geomorfología.....	22
5.3.1 Factores desencadenantes de los procesos geomorfológicos .....	23
5.4 Geología Estructural .....	24
5.4.1 Fallas.....	24
5.4.2 Clasificación de las fallas de acuerdo a su movimiento .....	24

5.5	Geofísica .....	26
5.6	Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) .....	26
5.7	Movimientos de Masa .....	27
5.7.1	Clasificación de los movimientos de masa.....	28
5.8	Sistemas de Información Geográfica (SIG).....	35
5.8.1	Definición.....	35
5.8.2	Historia de los SIG en análisis de susceptibilidad a deslizamientos.....	36
5.9	Susceptibilidad a deslizamientos .....	36
5.9.1	Susceptibilidad .....	36
5.10	Ensayo de Penetración Estándar (SPT) .....	38
6	MATERIALES Y MÉTODOS.....	39
6.1	Materiales .....	39
6.2	Metodología.....	39
6.2.1	En Campo .....	40
6.2.2	En oficina.....	45
7	RESULTADOS .....	58
7.1	Descripción Biofísica del Área de Estudio.....	58
7.1.1	Ubicación y Acceso .....	58
7.1.2	Clima .....	60
7.1.3	Vegetación .....	61
7.1.4	Caracterización socioeconómica .....	62
7.1.5	Hidrología .....	67
7.2	Análisis de susceptibilidad a deslizamientos en el área de estudio.....	69
7.2.1	Topografía .....	69
7.2.2	Geología.....	71
7.2.3	Geología estructural .....	74
7.2.4	Geología Local .....	77



7.2.5	Geomorfología.....	91
7.2.6	Mapa de Pendientes.....	95
7.2.7	Mapa de Uso actual del suelo.....	98
7.2.8	Valoración e interpretación de las zonas susceptibles a deslizarse .....	100
7.2.9	Inventario de Deslizamientos.....	108
7.3	Caracterización Geotécnica.....	111
7.3.1	Sondeos Eléctricos Verticales (SEV).....	111
7.3.2	Ensayo de Penetración Estándar.....	121
7.3.3	Interpretación Geotécnica.....	124
7.3.4	Calculo del Factor de Seguridad.....	132
8	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	141
9	CONCLUSIONES.....	144
10	RECOMENDACIONES.....	146
11	BIBLIOGRAFÍA.....	147
	ANEXOS.....	123

## LISTADO DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Rango de Pendientes. ....	50
<b>Tabla 2.</b> Categorías de Pendiente. ....	51
<b>Tabla 3.</b> Desnivel Relativo .....	53
<b>Tabla 4.</b> Fondo del valle .....	54
<b>Tabla 5.</b> Formas de relieve según su origen. ....	55
<b>Tabla 6.</b> Pesos de criterios usando el Método de Suma de Rango de Janssen Van Herwijnen (1994). ....	57
<b>Tabla 7.</b> Criterios para determinar el grado de susceptibilidad a los deslizamientos ..	55
<b>Tabla 8.</b> Niveles de Instrucción.....	80
<b>Tabla 9.</b> Descripción de afloramientos en la zona de estudio. ....	88
<b>Tabla 10.</b> Descripción de unidades morfológicas.....	90
<b>Tabla 11.</b> Clasificación utilizada para la elaboración del mapa de pendientes. ....	95
<b>Tabla 12.</b> Tipos de Cobertura Vegetal. ....	98
<b>Tabla 13.</b> Condición para asignación de pesos. ....	100
<b>Tabla 14.</b> Asignación de pesos para la variable de geología. ....	101
<b>Tabla 15.</b> Asignación de pesos para la variable de pendiente. ....	101
<b>Tabla 16.</b> Asignación de pesos para la variable de geomorfología. ....	102
<b>Tabla 17.</b> Asignación de pesos para la variable de cobertura vegetal.....	102
<b>Tabla 18.</b> Categorías de Susceptibilidad a Deslizamientos.....	104
<b>Tabla 19.</b> Datos tomados en cada uno de los deslizamientos. ....	109
<b>Tabla 20.</b> Coordenadas UTM de los Sondeos Eléctricos Verticales. ....	111
<b>Tabla 21.</b> Clasificación del suelo en el SPT.....	122
<b>Tabla 22.</b> Valores de NSPT resistencia a compresión simple y módulo de elasticidad (Modificada).....	125
<b>Tabla 23.</b> Parámetros cuantitativos para diferentes profundidades.....	128
<b>Tabla 24.</b> Valoración de los suelos en la zona de estudio. ....	130
<b>Tabla 25.</b> Cálculo del factor de seguridad para el deslizamiento 2. ....	137
<b>Tabla 26.</b> Cálculo del factor de seguridad para el deslizamiento 3. ....	138
<b>Tabla 27.</b> Cálculo del factor de seguridad para el deslizamiento 4. ....	139

## LISTADO DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Medicion del Rumbo .....	27
<b>Figura 2.</b> Medicion del Azimut .....	27
<b>Figura 3.</b> Simbologia comunmente empleada en cartografia geologica para representar distintos tipos de planos y lineas.....	27
<b>Figura 4.</b> Esquema de una falla normal.....	27
<b>Figura 5.</b> Esquema de una falla inversa .....	27
<b>Figura 6.</b> Esquema de una falla de desplazamiento .....	27
<b>Figura 7.</b> Esquema simplificado de un Sondeo Eléctrico: A medida que se abre la distancia AB, aumenta la profundidad de investigación. ....	30
<b>Figura 8.</b> Caída de rocas.....	30
<b>Figura 9.</b> Basculamiento de columna de rocas.....	31
<b>Figura 10.</b> Separacion lateral .....	327
<b>Figura 11.</b> Movimientos de flujo .....	33
<b>Figura 12.</b> Deslizamiento rotacional .....	34
<b>Figura 13.</b> Deslizamiento traslacional.....	35
<b>Figura 14.</b> Partes de un deslizamiento .....	36
<b>Figura 15.</b> Dimensiones de los movimientos de masa.....	37
<b>Figura 16.</b> Materiales utilizados para la elaboracion del proyecto de tesis .....	38
<b>Figura 17.</b> Estación Total Trimble S3. ....	39
<b>Figura 18.</b> Estación Servo Robótica R4.....	41
<b>Figura 19.</b> Descripción de cada afloramiento en la zona de estudio (Cofradía-Chonta Cruz).....	42
<b>Figura 20.</b> Materiales utilizados para kla elaboracion del SEV en el sector (Cofradía- Chonta Cruz). ....	41
<b>Figura 21.</b> Colocación de los electrodos MN a ciertas distancias del punto O. ....	44
<b>Figura 22.</b> Equipo geoelectrico Syscal Junior/ R1 Plus (Standard & Switch (48-72) versión.....	44
<b>Figura 23.</b> Toma de datos SEV. ....	45
<b>Figura 24.</b> Modelo TIN del sector Cofradía-Chonta Cruz.....	46
<b>Figura 25.</b> Curvas de Nivel sector Cofradía-Chonta Cruz.....	47
<b>Figura 26.</b> Puntos de Afloramientos (los puntos azules son los afloramientos en la zona de estudio). ....	48

<b>Figura 27.</b> Mapa de Sombras sector Cofradía-Chonta Cruz.....	53
<b>Figura 28.</b> Esquema de variables de los mapas utilizados para la generación del mapa de susceptibilidad de deslizamientos. ....	554
<b>Figura 29.</b> Explicación de la herramienta suma ponderada.....	55
<b>Figura 30.</b> Ubicación del área de estudio .....	59
<b>Figura 31.</b> Vegetación de la zona de estudio (Cofradía-Chonta Cruz).....	61
<b>Figura 32.</b> Hidrología de la Ciudad de Loja. ....	68
<b>Figura 33.</b> Columna estratigráfica de la cuenca Sedimentaria Terciaria de Loja. ....	73
<b>Figura 34.</b> Afloramiento de conglomerado y arcillolita perteneciente a la formación Quillollaco. ....	77
<b>Figura 35.</b> Afloramiento de conglomerado del sector la Cofradia. ....	779
<b>Figura 36.</b> Afloramiento de conglomerado.....	79
<b>Figura 37.</b> Conglomerado ubicado en la Ciudadela “Los Operadores”, con clasto semiredondeados de 5 a 15 cm.....	79
<b>Figura 38.</b> Afloramiento de arcillolita y microconglomerados en la Vía de Integración Barrial. ....	83
<b>Figura 39.</b> Afloramiento de arcillolita, arenisca y microconglomerados en la Vía de Integración Barrial.....	84
<b>Figura 40.</b> Afloramiento de Conglomerados y arcillolita en la Vía de Integración Barrial. ....	86
<b>Figura 41.</b> Afloramiento de arcillas, arcillolita, areniscas y conglomerado en la Vía de Integración Barrial.....	87
<b>Figura 42.</b> Afloramiento de areniscas limosas de la formación Trigal. ....	88
<b>Figura 43.</b> Toma de datos de yacencia .....	89
<b>Figura 44.</b> Falla Inversa .....	90
<b>Figura 45.</b> Material de la falla (calcita en forma de nódulos).....	93
<b>Figura 46.</b> Representación Gráfica de Pendientes. ....	96
<b>Figura 47.</b> Secuencia del Modelo Builder. ....	103
<b>Figura 48.</b> Curvas de resistividad del SEV 1, en el programa IPI2win. ....	112
<b>Figura 49.</b> Curvas de resistividad del SEV 2, en el programa IPI2win. ....	114
<b>Figura 50.</b> Curvas de resistividad del SEV 3, en el programa IPI2win. ....	115
<b>Figura 51.</b> Curvas de resistividad del SEV 4, en el programa IPI2win. ....	116
<b>Figura 52.</b> Testigo SPT de 0-1m. ....	122
<b>Figura 53.</b> Testigo SPT de 1-2m. ....	123

<b>Figura 54.</b> Clasificación de las partículas por su forma y redondeamiento. ....	127
<b>Figura 55.</b> Valores cuantitativos para cálculo de factor de seguridad. ....	129



## 1 TÍTULO

“Susceptibilidad de Deslizamientos en la Vía de Integración Barrial en el Sector  
Cofradía hasta Chonta Cruz en la ciudad de Loja-Ecuador”.



## 2 RESUMEN

El presente trabajo de tesis ha sido desarrollado en la vía de Integración Barrial en el sector La Cofradía hasta Chonta Cruz de la ciudad de Loja-Ecuador, teniendo como objetivo primordial identificar y caracterizar las zonas más susceptibles a deslizamientos.

Se empezó realizando los trabajos de campo, en el cual se realizó el levantamiento Topográfico, Geológico, Geomorfológico y Uso actual del suelo, posteriormente todos estos datos obtenidos son procesados con ayuda de la herramienta SIG (ArcGis 10.1) para su posterior triangulación. Además se realizaron estudios geotécnicos utilizando métodos indirectos Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) los cuales servirán para identificar el tipo de roca y contenido de agua en los estratos., y métodos directos Ensayo de Penetración Estándar (SPT), para caracterizar los diversos suelos presentes en la zona de estudio, con el fin de determinar la calidad de suelo para la construcción de cimentaciones.

Para el mapa de susceptibilidad a deslizamiento se realizó mediante el uso del método heurístico y la Suma de Rango, como herramienta para identificar las zonas que presentan mayor susceptibilidad a ser afectadas por deslizamientos. Para esto se integró cuatro variables clave como son la Pendiente, Geología, Geomorfología y Uso Actual del Suelo.

Dándonos como resultado final al mapa de susceptibilidad que se lo clasifiqué en cinco categorías: Muy Baja (3.79%), Baja (61.55%), Moderado (13.90%), Alta (9.48%) y Muy Alta (11.26%). Conjuntamente se realizó un inventario de deslizamientos con el fin de correlacionar los resultados de susceptibilidad en base al trabajo de campo.

Con la aplicación de esta metodología permitirá prevenir que nuevas urbanizaciones se construyan en zonas de riesgo y evitar catástrofes, siendo también de gran utilidad para las tareas de Ordenamiento Territorial y la reducción de los efectos de los Desastres Naturales en la Provincia de Loja.



## ABSTRACT

This thesis has been developed in the integration way from Cofradía until Chonta Cruz in the Ecuador- Loja city, having as basic aim identify and characterizer the most capable to landslides areas.

The fieldwork began with the topographical survey, geological, geomorphological and current land use, subsequently all these data are processed using the GIS (ArcGIS 10.1) tool for further triangulation. Additionally geotechnical studies were performed using indirect methods Vertical Electrical Sounding (VES) which will serve to identify the type of rock and water content in the layers. And direct methods Standard Penetration essay (SPT), to characterize the various soils present the study area, to identify the quality of land for foundations building.

To map susceptibility to slippage was performed using the heuristic method and Rank Sum as a tool to identify areas with increased susceptibility to be affected by landslides. For this, integrated four key variables such as slope, geology, geomorphology and current land use was integrated.

Giving as final result the susceptibility map that has been classified into five categories: very low (3.79%), low (61.55%), moderate (13.90%), Upper (9.48%) and very high (11.26%). Together an inventory of landslides in order to correlate the results of susceptibility based on fieldwork was conducted.

With the application of this methodology it will allow prevent new developments are built in areas at risk and prevent catastrophes, and is also useful for tasks Zoning and reducing the effects of natural disasters in the Loja city.





### 3 INTRODUCCIÓN

Las amenazas naturales, tales como los deslizamientos, son un problema que a nivel mundial genera retrocesos en las actividades sociales y económicas.

Las transformaciones que son producto de los deslizamientos en el medio están ligadas, por un lado, a la acción directa del hombre y por otro a factores debido a la característica de la geología, morfología, climatología y propiedades geomecánicas, los cuales son preliminarmente factores más importantes en la ocurrencia de los movimientos en masa, producen deslizamientos rotacionales, traslacionales, aluviones y flujos de suelo, llevándonos a la necesidad de implementar estudios y metodologías cuantitativas y cualitativas que permitan delimitar zonas de mayor susceptibilidad a deslizamientos en la ciudad de Loja.

El área de estudio se encuentra localizada en el cantón Loja correspondiente a la provincia de Loja, en el sur del Ecuador; con un área de influencia de 200 metros a cada margen de la vía de integración barrial, su paisaje presenta formas de relieves suavizados compuestos por conglomerados, arcillas, arcillolitas y areniscas limosas-arenosas.

En el presente trabajo se consideró la topografía, geología, uso actual del suelo y geomorfología, variables incidentes a la inestabilidad del terreno, ya que con ello se logró elaborar el mapa de susceptibilidad a deslizamientos, en el cual se evidencia que la mayor parte del área de estudio posee una baja susceptibilidad (61.55%)

De los cuatro deslizamientos inventariados se encontró 2 deslizamientos traslacionales y 2 rotacionales; los factores para la ocurrencia de deslizamientos tienen que ver con su litología (Formación San Cayetano y Quillollaco ya que consta de rocas sedimentarias como: conglomerados, arcillas y arcillolitas saturadas ante los aportes naturales y antrópicos de humedad, provocando que la zona sea un lugar muy susceptible a deslizamientos, ya que la infiltración de agua hace que los suelos se saturen y pierdan su estabilidad natural.



Además se realizaron cuatro Sondeos Eléctricos Verticales dando como resultado, que el área de estudio está constituida por materiales de acumulación que corresponde a arcillas saturadas, conglomerados fracturados, meteorizados o con alto contenido de humedad; los conglomerados de la formación Quillollaco según las resistividades se puede interpretar que la calidad de la roca es muy variable en las zonas donde los conglomerados bajan de resistividad pueden haber fracturas o contenido de humedad alto, y en las zonas donde la resistividad es alta la roca es sana.

También se realizó un Ensayo de Penetración Estándar (SPT) en el sector Chonta cruz alto y geológicamente se encuentra en la formación Quillollaco que en la clasificación SUCS y AASTHO da a grava arcillosa, a los 2 metros de profundidad tiene una humedad de 6.45% y es semi-impermeable. Las gravas que son bien graduadas están mezcladas con partículas de menor granulometría (limos, arcillas y arenas).



## 4 OBJETIVOS

### 4.1 Objetivo General:

- ❖ Realizar el mapa de susceptibilidad en la vía de Integración Barrial en el Sector Cofradía hasta Chonta Cruz.

### 4.2 Objetivos Específicos:

- ❖ Desarrollar el levantamiento topográfico a detalle, a cada margen de 200 metros del eje de la vía Interbarrial.
- ❖ Realizar el levantamiento geológico a detalle e identificar mediante geofísica, a través de sondeos eléctricos verticales (SEV) las zonas con mayor problema de inestabilidad.
- ❖ Realizar el mapa de susceptibilidad y categorizar las zonas más susceptibles a deslizamientos.



## 5 REVISIÓN DE LITERATURA

### 5.1 Topografía

Aranha Domínguez (1979) definía Topografía como el conjunto de principios, métodos, instrumentos y procedimientos utilizados para la determinación del entorno, dimensiones y posición relativa de una porción limitada de la superficie terrestre<sup>1</sup>.

La Topografía es la ciencia y el arte de efectuar las mediciones necesarias para determinar las posiciones relativas de los puntos, ya sea arriba, sobre o debajo de la superficie de la tierra, o para establecer tales puntos.”<sup>2</sup>

Se ocupa, principalmente, de la representación de una porción de la Tierra, lo cual se realiza dando coordenadas a puntos de la superficie; estas coordenadas están referidas a un sistema preestablecido y determinado. Por lo tanto, la Topografía consiste en diseñar un modelo semejante al terreno, para al final obtener un plano o un mapa del mismo.

### 5.2 Geología

La palabra "Geología" fue utilizada por primera vez en 1778 por Jean-André Deluc. Se deriva del griego "Geo", que significa "tierra" y "Logos", que significa "tratado". Es la ciencia de la tierra que estudia su formación, de que está hecha, su historia y los cambios que han tenido lugar sobre ella y en ella.

Ortiz, Carlos (2002) define a la geología como la ciencia de la tierra, estudia su composición, su estructura y los fenómenos que se producen y se han producido en ella desde la hora cero de los tiempos geológicos hasta nuestros días, es una ciencia poco independiente, su desarrollo va estrechamente unido al de la astronomía, la física, la química, la biología y otras ciencias<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Aranha, Domínguez 1979 "Topografía y Astronomía".

<sup>2</sup> FREDERICK S. MERRIT, Manual del Ingeniero Civil.

<sup>3</sup> Ortiz, Carlos. 2002 "Ciencias de la tierra".

Actualmente, se considera a la Geología como una ciencia con unas características y metodología propias, que la diferencian netamente de las Ciencias Exactas. Si admitimos como definición de ciencia exacta aquella que solo admite hechos demostrados, la Geología, aunque no tiene ese carácter, lleva camino de convertirse en tal, aunque en su caso los hechos no se puedan demostrar siempre con la evidencia de los procesos matemáticos<sup>4</sup>.

### 5.2.1 Orientación de elementos geológicos<sup>5</sup>

Sirve para ayudar a determinar la orientación de un estrato rocoso o de una superficie de falla. La orientación se hace mediante la medición del rumbo y buzamiento.

- ✓ **Rumbo.-** Ángulo medido en un plano horizontal, entre una línea y la dirección norte-sur de un sistema de coordenadas planas; este ángulo adquiere valores entre 0° y 90°.

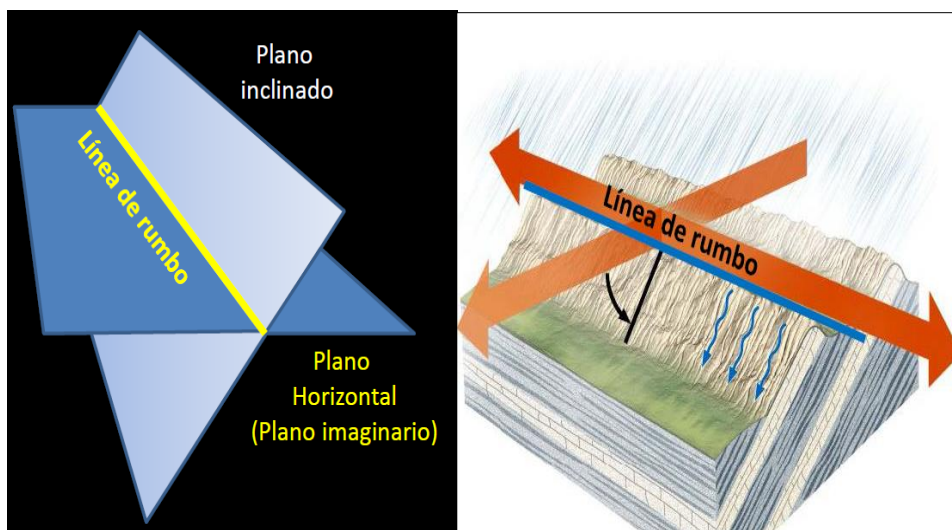


Figura 1. Medición del rumbo.

- ✓ **Azimet.-** Ángulo medido en un plano horizontal, barrido en el sentido de las manecillas del reloj, entre una línea y la dirección norte-sur; este ángulo adquiere valores entre 0 y 360°

<sup>4</sup> Santiago Castaño Fernández, CONCEPTO Y DESARROLLO HISTÓRICO DE LA GEOLOGÍA.

<sup>5</sup> Reduca (Geología). Serie Geología Estructural. 2(1): 11-23, 2010.

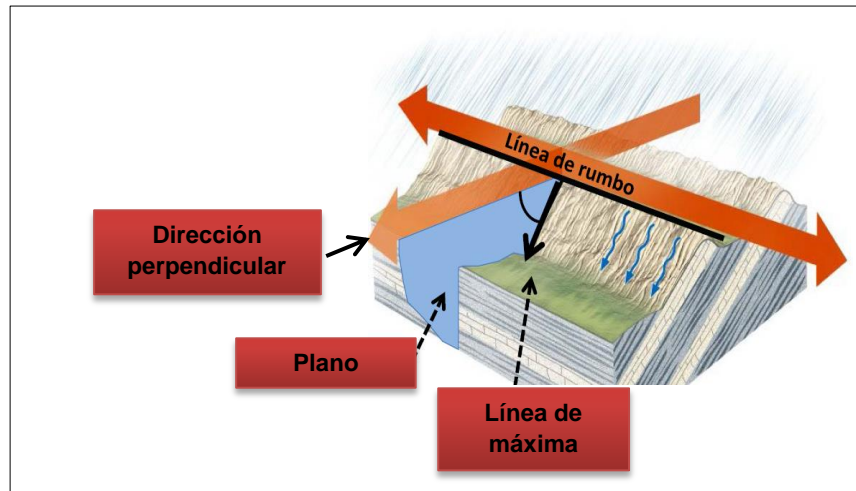


Figura 2. Medición del azimut.



Figura 3. Simbología comúnmente empleada en cartografía geológica para representar distintos tipos de planos y líneas.

### 5.3 Geomorfología

Escobar, G. (2013), "La geomorfología es la ciencia que estudia las formas de la Tierra, se especializa en estructural y climática, incorpora las técnicas estadísticas sedimentológicas, en laboratorio y, sobre todo, pierde su aislamiento para convertirse



en una ciencia que atiende múltiples factores e inserta el estudio del relieve al conjunto de relaciones naturales que explica globalmente la geografía física<sup>6</sup>.

### 5.3.1 Factores desencadenantes de los procesos geomorfológicos

El relieve terrestre va evolucionando en la dinámica del ciclo geográfico mediante una serie de procesos constructivos y destructivos que se ven permanentemente afectados por la fuerza gravedad que actúa como equilibradora de los desniveles; es decir, hace que las zonas elevadas tiendan a caer y colmar las zonas deprimidas. Estos procesos hacen que el relieve transite por diferentes etapas. Los factores desencadenantes de los procesos geomorfológicos pueden categorizarse en cuatro grandes grupos:

- ✓ **Factores geográficos:** entre los que se consideran los factores abióticos de origen exógeno, tales como el relieve, el suelo, el clima (presión, temperatura y vientos) y los cuerpos de agua (agua superficial, con la acción de la escorrentía, la acción fluvial y marina, o los hielos en el modelado glacial).
- ✓ **Factores bióticos:** El efecto de los factores bióticos sobre el relieve suele oponerse a los procesos del modelado, especialmente considerando la vegetación, sin embargo, existen no pocos animales que colaboran con el proceso erosivo.
- ✓ **Factores geológicos:** Tales como la tectónica, el diastrofismo, la orogénesis y el vulcanismo, son procesos constructivos y de origen endógeno que se oponen al modelado e interrumpen el ciclo geográfico.
- ✓ **Factores antrópicos:** La acción del hombre sobre el relieve es muy variable, dependiendo de la actividad que se realice, en este sentido es muy difícil generalizar, pudiendo incidir a favor o en contra de los procesos erosivos.

<sup>6</sup> Escobar, Duque. 2013. Manual de geología para Ingenieros. Geomorfología. Universidad de Colombia Manizales.

## 5.4 Geología Estructural

Belousov, V. (1974), en su libro Geología Estructural, manifiesta que “La geología estructural es una parte de la geotectónica, es decir, de esa asignatura geológica que estudia las particularidades de la estructura y desarrollo de la corteza terrestre relacionadas con los procesos mecánicos, movimientos y deformaciones que en ella tienen lugar”<sup>7</sup>.

### 5.4.1 Fallas<sup>8</sup>

En geología, una falla es una fractura o zona de fracturas a lo largo de la cual ha ocurrido un desplazamiento relativo de los bloques paralelos a la fractura, como discontinuidades en rocas a lo largo de las cuales existe un desplazamiento diferencial significativo.

### 5.4.2 Clasificación de las fallas de acuerdo a su movimiento

**Falla normal:** Este tipo de fallas se generan por tensión horizontal. Las fuerzas inducidas en la roca son perpendiculares al acimut de la falla (línea de ruptura superficial), y el movimiento es predominantemente vertical respecto al plano de falla, el cual típicamente tiene un ángulo de 60 grados respecto a la horizontal

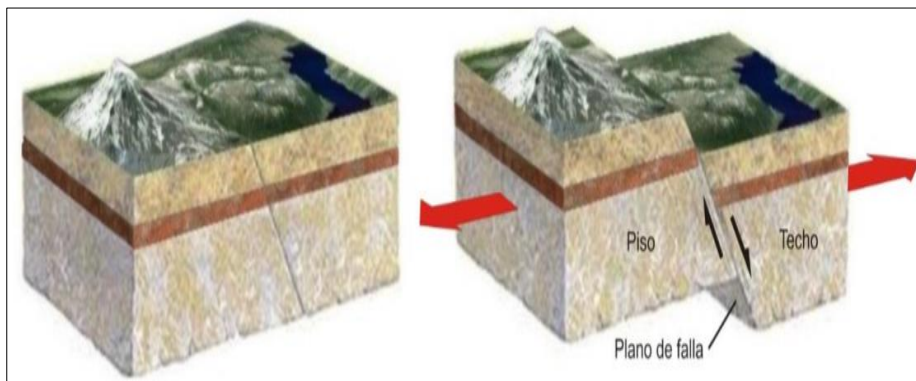


Figura 4. Esquema de una falla normal.

<sup>7</sup> BELOUSOV, V. 1974 “Geología Estructural”.

<sup>8</sup> Babín Vich, R. B. y Gómez Ortiz, D. 2010 d. Problemas de Geología Estructural.



**Falla inversa:** Este tipo de fallas se genera por compresión horizontal. El movimiento es preferentemente horizontal y el plano de falla tiene típicamente un ángulo de 30 grados respecto a la horizontal. El bloque de techo se encuentra sobre el bloque de piso. Cuando las fallas inversas presentan un buzamiento (inclinación) inferior a 45°, éstas también toman el nombre de cabalgamiento.

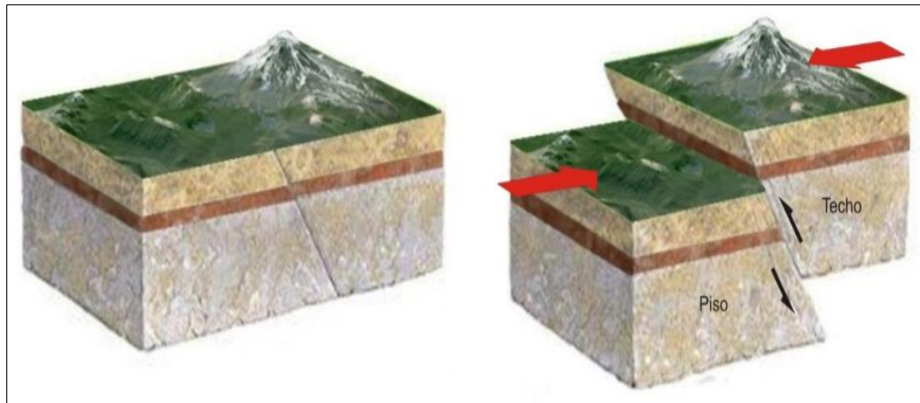


Figura 5. Esquema de una falla inversa.

**Falla de desgarre o de desplazamiento de rumbo:** Cuando el desplazamiento es horizontal y paralelo al rumbo de la falla. Pueden ser, según el sentido de movimiento de los bloques (referenciado a la posición de un observador situado sobre uno de los bloques), sinistral o direccional izquierda, cuando el bloque opuesto al que ocupa el observador se mueve a la izquierda, y dextral o direccional derecha, cuando el bloque se mueve a la derecha.

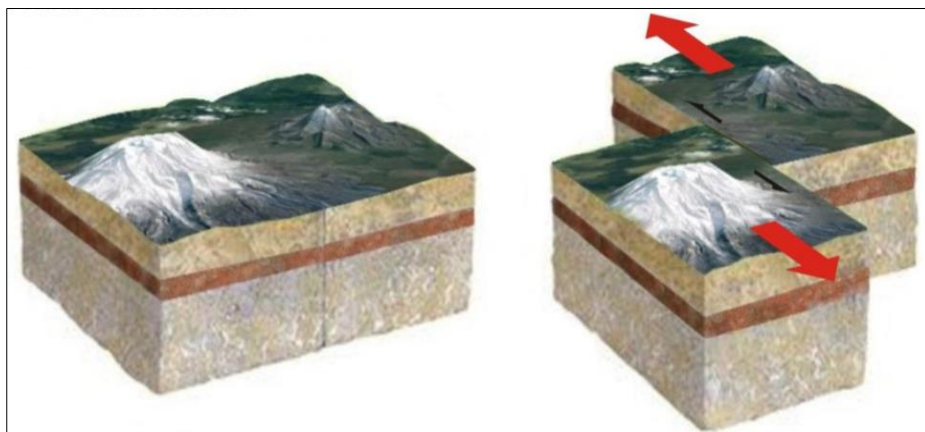


Figura 6. Esquema de una falla de desplazamiento.



## 5.5 Geofísica

La geofísica es la ciencia que se encarga del estudio de la tierra desde el punto de vista de la física. Su objeto de estudio abarca todos los fenómenos relacionados con la estructura, condiciones físicas e historia evolutiva de la tierra. Al ser una disciplina experimental, usa para su estudio métodos cuantitativos físicos como la física de reflexión y refracción de ondas mecánicas, y una serie de métodos basados en la medida de la gravedad, de campos electromagnéticos, magnéticos o eléctricos y de fenómenos radiactivos<sup>9</sup>.

## 5.6 Sondeos Eléctricos Verticales (SEV)

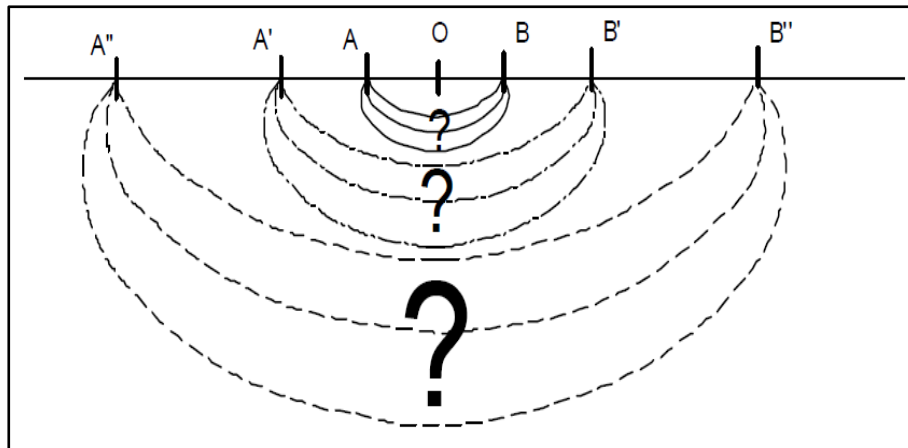
Orellana, E. 1982 en su obra Prospección Geoeléctrica en Corriente Continua, expresa que: “Se conoce como sondeo eléctrico vertical (SEV) a una serie de determinaciones de resistividad aparente, efectuadas con el mismo tipo de dispositivo y separación creciente entre los electrodos de emisión y recepción de corriente”<sup>10</sup>.

Consiste en separar sucesivamente los electrodos de corriente A y B del punto central, siguiendo una línea recta, y medir la resistividad en cada disposición.

Estos sondeos corresponden a una serie de medidas realizadas alrededor de un punto, en donde se aplica corriente eléctrica a cierta distancia para obtener lecturas de resistividad. Estas diferentes medidas que se van realizando, permiten crear una curva que luego de analizada, se interpreta para identificar las profundidades a las cuales se puede encontrar el objetivo de exploración. Este método permite identificar zonas con potencial de agua subterránea e intercalaciones de sedimentos.

<sup>9</sup> Luis A. Estrada. Geofísica – FACET – UNT – Sismología para Ingenieros, pág. 5.

<sup>10</sup> Orellana, E., 1982 “Prospección Geoeléctrica en Corriente Continua.”



**Figura 7.** Esquema simplificado de un Sondeo Eléctrico: A medida que se abre la distancia AB, aumenta la profundidad de investigación.

#### Usos:

- ✓ Exploración de Agua Subterránea.
- ✓ Medición de Resistividades Eléctricas del Subsuelo.
- ✓ Medición de espesores de aluviones (Depósitos de tipo aluvial), tales como gravas y arenas de río.
- ✓ Exploración de interfaces Aluvión – Roca (Depósitos de tipo aluvial), para depósitos auríferos de tipo aluvial.
- ✓ Ubicación de la superficie de corte en deslizamientos.

#### 5.7 Movimientos de Masa

Según Varnes, 1978 en su obra Tipos de Movimientos de Pendiente y Procesos, manifiesta que: “Los movimientos de masa, son movimientos hacia abajo y/o hacia fuera, de materiales que forman una ladera o talud, debido a la influencia de la gravedad a partir de un factor que sirve de detonante o fuerza natural desencadenante como son, los sísmicos, volcánicos, presión de gases y exceso de humedad”<sup>11</sup>.

<sup>11</sup> Varnes, 1978 “Tipos de movimientos de Pendiente y Procesos”.

Ferrer, 1980 un movimiento de masa se define como un movimiento de roca, detritos o tierra pendiente abajo bajo la acción de la gravedad, cuando el esfuerzo de corte excede el esfuerzo de resistencia del material<sup>12</sup>.

### 5.7.1 Clasificación de los movimientos de masa

Existen muchas clasificaciones de los movimientos de masa, las cuales se aplican según su finalidad y el medio rocoso donde suceden, condiciones hidrogeológicas, velocidad y magnitud del movimiento.

Los movimientos pueden ocurrir como:

#### ✓ Desprendimientos o caídas

Todas las caídas se inician con un desprendimiento de suelo o roca de una ladera muy empinada, a lo largo de una superficie en la que poco o ningún desplazamiento cortante se desarrolla. El material desciende en caída libre, saltando o rodando, el movimiento es de muy rápido a extremadamente rápido (**Cruden & Varnes, 1996**).

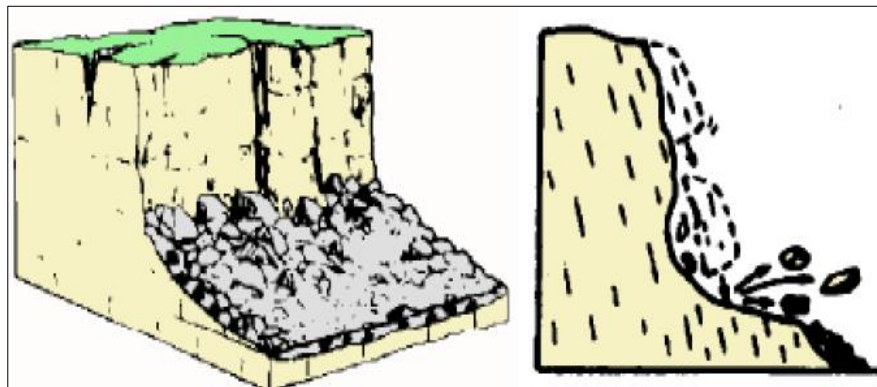


Figura 8. Caída de rocas (Varnes, 1996)

#### ✓ Basculamientos

Es la rotación hacia adelante (afuera) de una masa de suelo o roca, alrededor de un punto o eje bajo el centro de gravedad de la masa desplazada, estos producen caídas

<sup>12</sup> Ferrer, 1980 "Deslizamientos, desprendimientos, flujos y avalanchas".

o deslizamientos del material desplazado, dependiendo de la geometría del material en movimiento. Los basculamientos varían de extremadamente lentos a extremadamente rápidos, algunas veces acelerando con el avance del movimiento.

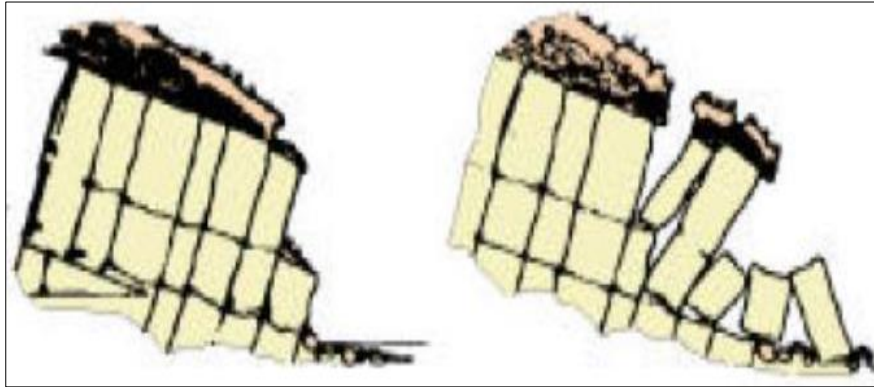


Figura 9. Basculamiento de columnas de roca (Varnes, 1996).

#### ✓ Expansiones laterales

La separación lateral se define como una extensión de una masa cohesiva de suelo o roca, combinada con la subsidencia del material fracturado en un material subyacente más blando, la superficie de ruptura no es una superficie de corte intenso y el proceso es el producto de la licuefacción o flujo (extrusión) del material más blando. (Cruden & Varnes, 1996).

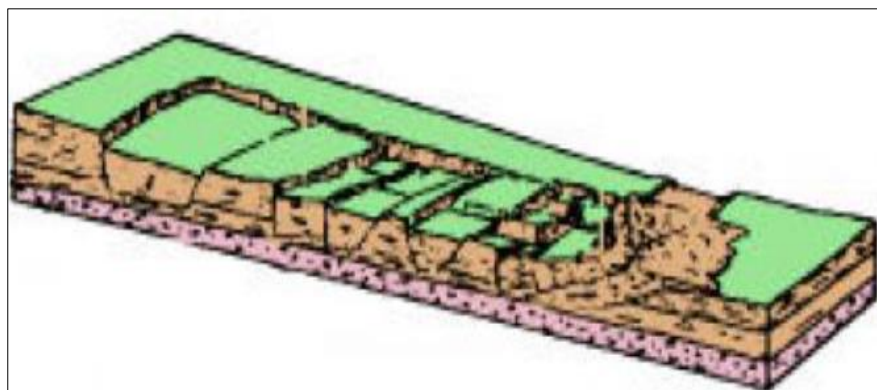


Figura 10. Separación lateral (Varnes, 1978).

✓ **Flujos**

Un flujo es un movimiento espacialmente continuo, en el que las superficies de corte son de corta duración, de espaciamiento corto y usualmente no se preservan; la distribución de velocidades en la masa que se desplaza se compara con la de un fluido viscoso (Cruden & Varnes, 1996).



**Figura 11.** Movimientos de flujo (Corominas y García Yagüe, 1997).

✓ **Deslizamientos**

Sharpe, (1938) en su obra Los deslizamientos de tierra y su control, explica que un deslizamiento es “Una caída perceptible o movimiento descendente de una masa relativamente seca de tierra, roca o ambas”<sup>13</sup>.

Un deslizamiento es un movimiento ladera abajo de una masa de suelos o rocas, que ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de ruptura o zonas relativamente delgadas de intensa deformación cortante (Cruden & Varnes, 1996).

<sup>13</sup> Sharpe, C.F.S.1938 "Los deslizamientos de tierra y su control".

Los deslizamientos son de tipo:

- **Deslizamientos rotacionales**

Estos deslizamientos se mueven a lo largo de superficies de ruptura curvas y cóncavas, con poca deformación interna del material. La cabeza del material desplazado se mueve verticalmente hacia abajo, mientras que la parte superior del material desplazado se bascula hacia el escarpe (**Cruden & Varnes, 1996**).

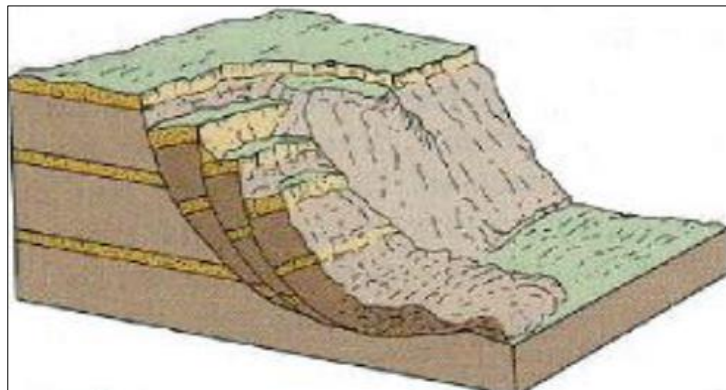


Figura 12. Deslizamientos rotacionales (Skinner & Porter, 1992)

- **Deslizamientos traslacionales**

La masa se desplaza a lo largo de una superficie de ruptura plana o suavemente ondulada y superponiéndose a la superficie original del terreno (**Cruden & Varnes, 1996**).

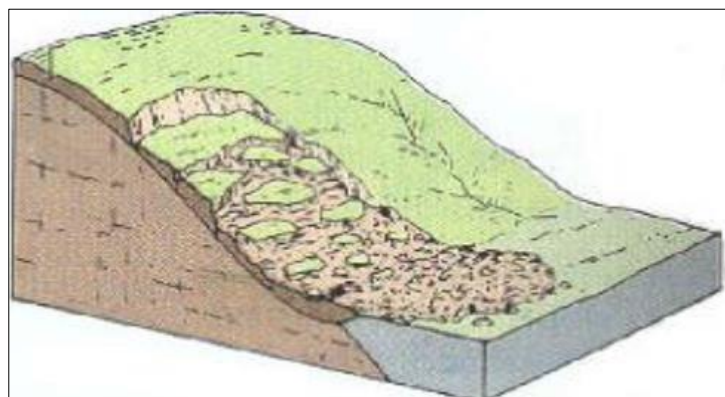


Figura 13. Deslizamientos Traslacionales (Skinner & Porter, 1992).

- Partes de un deslizamiento

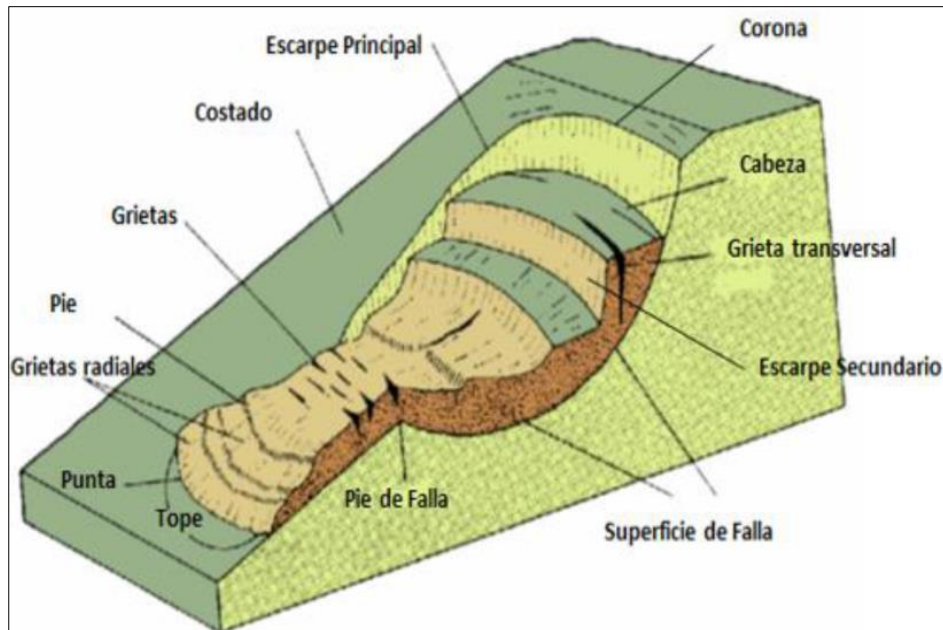


Figura 14. Partes de un deslizamiento (Varnes, 1978).

- **Escarpa principal:** Una superficie de fuerte pendiente sobre terreno no perturbado alrededor de la periferie del deslizamiento, causado por movimiento de material de deslizamiento fuera del terreno no perturbado. La proyección de la superficie de escarpa debajo del material desplazado viene a ser la superficie de la ruptura.
- **Escarpa secundaria:** Una superficie de pendiente fuerte sobre el material desplazado producida por movimientos diferenciales al interior de la masa deslizante.
- **Cabeza:** La parte superior del material de deslizamiento a lo largo del contacto entre el material desplazado y la escarpa principal.
- **Cima:** El punto más alto de contacto entre el material desplazado y la escarpa principal.
- **Pie de la superficie de ruptura:** La intersección (a veces enterrada) entre la

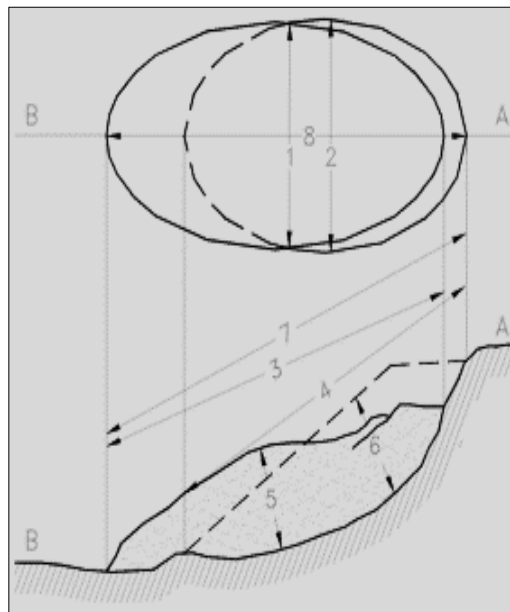




parte inferior de la superficie de ruptura y la superficie original del terreno.

- **Punta del pie:** El margen de material desplazado más lejano de la escarpa principal.
- **Puntera:** El punto más lejano de la margen desde la cima del deslizamiento.
- **Pie:** La porción del material desplazado que queda pendiente abajo del margen de la superficie de ruptura.
- **Cuerpo principal:** Aquella parte del material desplazado suprayacente a la superficie de ruptura entre la escarpa principal y el pie y la base de la superficie de ruptura.
- **Flanco:** El costado de un deslizamiento de tierras.
- **Corona:** El material que aún permanece en su lugar, prácticamente no desplazado y adyacente a las partes más altas de la escarpa principal.
- **Superficie original del terreno:** La pendiente que existía antes que ocurra el movimiento que se está considerando. Si ésta es la superficie de un deslizamiento anterior, el hecho debe ser anotado.
- **Izquierda y derecha:** Las direcciones con una brújula son preferibles para describir las pendientes pero si se usa "derecha o izquierda" se refiere al deslizamiento visto desde la corona.
- **Superficie de separación:** Es la superficie que separa el material desplazado del material estable pero no se reconoce que hubiera sido una superficie que falló.
- **Material desplazado:** El material que se ha desplazado de su posición original sobre la pendiente. Puede estar en estado deforme o no deforme.

- **Zona de agotamiento:** El área dentro de la cual el material desplazado queda debajo de la superficie original del terreno.
  - **Zona de acumulación:** El área dentro de la cual el material desplazado queda encima de la superficie original del terreno.
- **Dimensiones**



**Figura 15.** Dimensiones de los movimientos en masa  
**Fuente:** IAEG Commission on Landslides 1990

- **Ancho de la masa desplazada  $W_d$ .**- Ancho máximo de la masa desplazada perpendicularmente a la longitud,  $L_d$ .
- **Ancho de la superficie de falla  $W_r$ .**- Ancho máximo entre los flancos del deslizamiento perpendicularmente a la longitud  $L_r$ .
- **Longitud de la masa deslizada  $L_d$ .**- Distancia mínima entre la punta y la cabeza.
- **Longitud de la superficie de falla  $L_r$ .**- 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 Lcl.-** Distancia desde la punta o uña hasta la corona del deslizamiento a lo largo de puntos sobre la superficie original equidistantes de los bordes laterales o flancos.

## 5.8 Sistemas de Información Geográfica (SIG)

### 5.8.1 Definición

Burrough, 1986 en su libro Principios de Sistemas de información geográfica de Recursos de la Tierra y Evaluación define a los SIG como “Un conjunto de herramientas para reunir, introducir (al ordenador), almacenar, recuperar, transformar y cartografiar datos espaciales sobre el mundo real para un conjunto particular de objetivos”<sup>14</sup>.

Cebrian, 1988 dice que "Es un sistema de información compuesto por hardware, software y procedimientos para capturar, manejar, manipular, analizar, modelizar y representar datos georreferenciados, con el objetivo de resolver problemas de gestión y planificación"<sup>15</sup>.

<sup>14</sup> Burrough, 1986 “Principios de Sistemas de información geográfica de Recursos de la Tierra y Evaluación”.

<sup>15</sup> CEBRIÁN DE MIGUEL, Juan Antonio, Información Geográfica y Sistemas de Información Geográfica.



## 5.8.2 Historia de los SIG en análisis de susceptibilidad a deslizamientos.

Las primeras aplicaciones con "prototipos" de SIG en zonificación de peligrosidad /susceptibilidad a deslizamientos datan de los años 70<sup>16</sup>. En ellas se utilizaba el análisis cualitativo, combinando factores, y el estadístico multivariante.

El primer sistema de información geográfica computarizado fue desarrollado en los años 1960s, pero su real utilización empezó en los años 1970s. El primer SIG empleado para zonificar los deslizamientos, fue reportado por Newman y otros (1978) para un trabajo en California.

La utilización de SIGs para el análisis de susceptibilidad a los deslizamientos, ha sido reportada en varias ocasiones por el U.S. Geological Survey (Brabb 1978, 1984, 1995). Estos estudios tuvieron en cuenta otros factores como geología, pendientes y deslizamientos activos<sup>17</sup>.

## 5.9 Susceptibilidad a deslizamientos

### 5.9.1 Susceptibilidad

La susceptibilidad, generalmente, expresa la facilidad con que un fenómeno puede ocurrir sobre la base de las condiciones locales del terreno. La susceptibilidad es una propiedad del terreno que indica qué tan favorables o desfavorables son las condiciones de éste, para que puedan ocurrir deslizamientos<sup>18</sup>.

La susceptibilidad del terreno a los deslizamientos consiste en la favorabilidad del medio físico y de los elementos inherentes del terreno y superficie, tales como la geología, pendiente, geomorfología y usos del suelo, a la ocurrencia de deslizamientos, a su vez la susceptibilidad a deslizamientos nos indica la predisposición del terreno a deslizarse pero no implica el aspecto temporal del mismo.

<sup>16</sup> Carrara 1975 "La tecnología SIG en la cartografía deslizamiento de tierra"

<sup>17</sup> J. Suarez, Zonificación de Susceptibilidad, Amenaza y Riesgo, pág., 531.

<sup>18</sup> Suárez J. 2009 "Deslizamientos Volumen 1: Análisis Geotécnico"



Los mapas de susceptibilidad a los movimientos en masa se pueden utilizar más eficientemente si en los mapas se incluyen las técnicas que se pueden utilizar para la reducción de la susceptibilidad.

#### ✓ Mapas de susceptibilidad

En 1988, se inició el uso de Sistemas de Información Geográfica para la elaboración de los mapas de susceptibilidad. En 1991, se involucraron los métodos determinísticos con el análisis de factores de seguridad para las fallas de talud infinito con el programa DLISA. En 1999, se presentaron dos programas SINMAP (Pack y otros) y SMORPH (Vaugeois y Shaw) y se inició la utilización de la lógica difusa en los SIGs. En el 2006, el programa PISAm incluyó los modelos digitales de elevación y se desarrolló en Estados Unidos y Canadá el programa ArcSDM3.

En la actualidad, hay una gran cantidad de programas de software geotécnico con subrutinas para el análisis de susceptibilidad.

Son aquellos que intrínsecamente forman parte de las propiedades y comportamiento del medio, estos factores son el Relieve relativo (Rr), la Litología (L) y Humedad (H).

#### ✓ Elaboración de mapas de susceptibilidad

El mapa de susceptibilidad es un mapa en el cual se zonifican las unidades de terreno que muestran una actividad de deslizamientos similar o de igual potencial de inestabilidad, que se obtiene de un análisis multivariable entre los factores del terreno que afectan la susceptibilidad a los deslizamientos y el mapa de inventario de deslizamientos<sup>19</sup>.

No existe un procedimiento estandarizado para la preparación de mapas de susceptibilidad a los deslizamientos y sí existe mucha libertad en la determinación de los pasos a seguir y los niveles de susceptibilidad varían de acuerdo con los criterios de los diversos autores.

La susceptibilidad se puede evaluar de dos formas diferentes:

<sup>19</sup> Suárez J. 2009 "Deslizamientos Volumen 1: Análisis Geotécnico".



- **Sistema de la experiencia.**- Se utiliza la observación directa de la mayor cantidad de deslizamientos ocurridos en el área estudiada y se evalúa la relación entre los deslizamientos y la geomorfología del terreno.
  - **Sistema teórico.**- Se mapea el mayor número de factores que se considera que pueden afectar la ocurrencia de deslizamientos y luego, se analiza la posible contribución de cada uno de estos factores.
- ✓ **Elementos para la elaboración de mapas de susceptibilidad**

Para la elaboración del mapa de susceptibilidad se tienen en cuenta generalmente tres elementos:

- Relieve y mapa de pendientes.
- Características geológicas, geomorfológicas y geotécnicas del terreno.
- Inventario de deslizamientos ocurridos en el pasado.

### 5.10 Ensayo de Penetración Estándar (SPT)<sup>20</sup>

El ensayo de penetración estándar (SPT), desarrollado por Terzagui a finales de los años 20, es el ensayo in situ más popular y económico para obtener información geotécnica del subsuelo.

El procedimiento del ensayo SPT consiste básicamente en contar el número de golpes (N) que se necesitan para introducir dentro un estrato de suelo, un toma-muestras (cuchara partida) de 30 cm, de largo, a diferentes profundidades (generalmente con variación de metro en metro). El toma-muestras es golpeado bajo energía constante, con una maza en caída libre de 140 lb. (33.5 Kg.), y una altura de caída de 30 plg. (76,2 cm).

---

<sup>20</sup> Cynthia Cruz, 2013 "Ensayo de Penetración Estándar".

## 6 MATERIALES Y MÉTODOS

### 6.1 Materiales

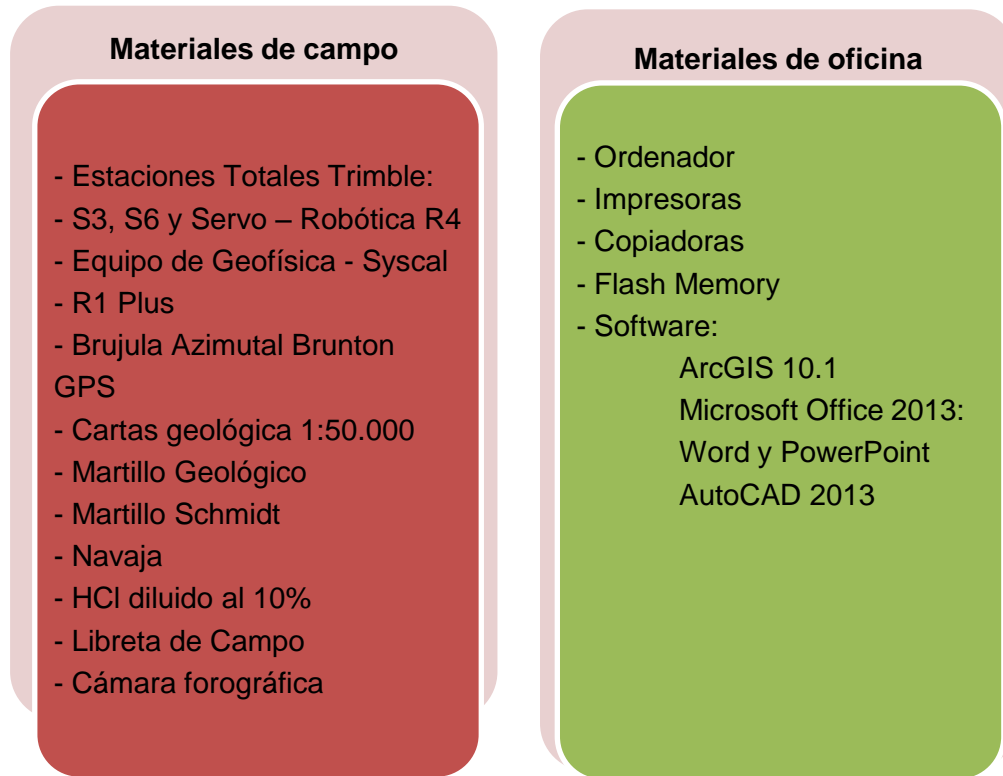


Figura 16. Materiales para la elaboración del proyecto de tesis.

### 6.2 Metodología

Para cumplir con los objetivos propuestos se revisó información de estudios preexistentes, para obtener una idea general del área de estudio y así establecer una metodología acorde a la investigación a realizar.

Esta metodología consta en campo y oficina, los cuales se describen a continuación:

### 6.2.1 En Campo

#### – Levantamiento topográfico a detalle

El levantamiento topográfico a detalle se realizó a cada margen del eje de la vía Interbarrial a 200 metros, se efectuó directamente sobre el terreno, se utilizaron los instrumentos de medición como: Estación Total Trimble S6 / S3 y Estación Servo Robótica R4 que nos servirá exclusivamente para el levantamiento a detalle de vías e infraestructura de alumbrado público y alcantarillado, ubicadas en lugares principales facilitando la visualización del terreno, una vez georeferenciadas las estaciones se procedió a levantar con ayuda de los prismas; luego se efectúa la toma de puntos los mismos que son debidamente codificados, y se procedió a dicho levantamiento.



Figura 17. Estación Total Trimble S3.





**Figura 18.** Estación Servo Robótica R4.

Una vez realizado el levantamiento topográfico en el campo, se procesa los datos adquiridos y se procede a descargarlos a un computador con el software del equipo de topografía (ActiveSync), el cual nos da en un formato delimitado por comas relacionado con Excel; estos a su vez son importados hacia el programa ArcGis 10.1 para su posterior graficación y analizar la información levantada en el campo y mediante su uso obtener como resultado el mapa topográfico de la zona de estudio.

#### – Levantamiento Geológico

La siguiente fase de este trabajo de campo consistió en el levantamiento geológico, para lo cual se procedió al mapeo y ubicación geográfica de los afloramientos mediante la base topográfica, además de ubicar los datos estructurales como dirección de los estratos y buzamiento, este recorrido se realizó por toda la zona de estudio, sobre los taludes de los cortes de la vía, caminos, afloramientos, etc. **(ver figura 19)**.

En cada afloramiento se describió el tipo de roca mediante la toma de muestras de mano representativas de cada unidad identificada permitiéndonos un reconocimiento

macroscópico preliminar, y se describió a detalle cada afloramiento; para lo cual se utilizó las fichas de campo previamente diseñadas (**ver anexo 1**), se utilizó la Carta Geológica de Loja a escala 1:100.000 para corroborar la información obtenida en el campo.

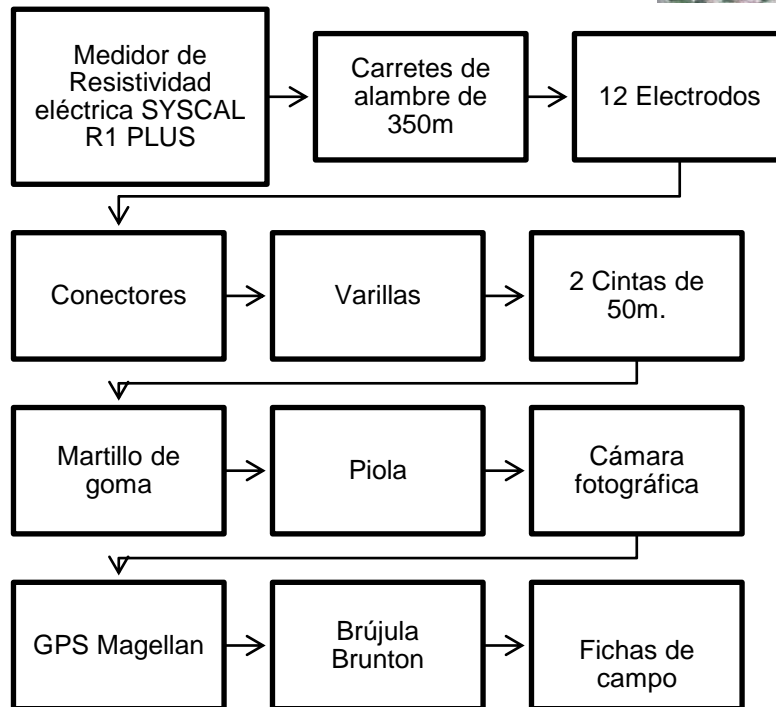


**Figura 19.** Descripción de cada afloramiento en la zona de estudio (Cofradía-Chonta Cruz).

Luego se procedió a la documentación de datos de campo en la base topográfica de cada afloramiento de las diferentes unidades litológicas y medidas estructurales observadas en el campo con sus respectivas coordenadas, para la Interpretación y correlación de las diferentes unidades litológicas.

#### – **Sondeos Eléctricos Verticales (SEV)**

Se inició con un reconocimiento de campo en cada localidad de la zona de estudio, con el propósito de ubicar el emplazamiento de cada sondeo a realizar en terrenos planos y de poca pendiente, con la finalidad de conocer la distribución de los materiales existentes en profundidad.



**Figura 20.** Materiales utilizados para la realización del SEV en el sector Cofradía hasta Chonta cruz.

Primeramente se procedió a la instalación del equipo geoelectrico SYSCAL R1 PLUS, en donde se lo configuro con sus respectivas coordenadas geograficas se estableció el número de lecturas con un mínimo de 4 máximo de 8 lecturas, entre sus características generales tenemos:

- ✓ Estos equipos están programados para métodos como: Schlumberger, Wenner, Gradiente, Dipolo-Dipolo, Polo-Dipolo, Polo-Polo; entre otros, incluyendo la posibilidad de arreglos definidos por el usuario.
- ✓ Memoria para 1800 lecturas, incluyendo valores para desviación estándar para cada lectura.
- ✓ Es un instrumento que se puede llevar a cualquier parte (25 watts de voltaje máximo de transmisión de 200 voltios/400 voltios pico a pico) y corriente máxima de salida 500 mA.

Una vez instalado y configurado el equipo, en el punto central y su respectivo tendido

en las zonas preseleccionadas, utilizando las cintas métricas se colocaron los electrodos a lo largo de la línea del sondeo (ver figura 21, 22 y 23).

Se utilizó el método de arreglo de Schlumberger, con una longitud AB máxima de 31,60 metros. En donde primeramente se coloca los electrodos MN a ciertas distancias del punto O y después nos vamos desplazando con los electrodos AB en la línea trazada, con el fin de que la corriente aumente en profundidad, dando como resultado diferentes mediciones de resistividades aparentes.



**Figura 21.** Colocación de los electrodos MN a ciertas distancias del punto O.



**Figura 22.** Equipo geoelectrico Syscal Junior/ R1 Plus (Standard & Switch (48-72) versión).



**Figura 23.** Toma de datos SEV.

Cada uno de los puntos de adquisición de los SEV, se geoposicionaron con el GPS, se ejecutaron en total cuatro (4) sondeos eléctricos verticales, para lo cual se utilizaron las fichas de campo previamente diseñadas (**ver anexo 3**) para anotar los valores de resistencia (ohm-m).

Finalmente los datos que corresponden a resistividades aparentes del terreno, se almacenan en la memoria del equipo para su posterior inversión en el software, donde se obtendrá valores de resistividad real; se utilizaron tres programas: Microsoft Excel (para obtener de manera cuantitativa las resistividades aparente del subsuelo en cada sondeo), Bloc de Notas (permite exportar los valores de resistividades aparente al IPI2WIN) y el software IPI2WIN, que permitió representar gráficamente los espesores de las capas, resistividades teóricas y verdaderas del subsuelo, y correlacionar valores de resistividades entre sondeos eléctricos verticales.

### **6.2.2 En oficina**

Luego de haber culminado el trabajo de campo, se procedió a clasificar y argumentar la información; mediante la ayuda de la herramienta ArcGis 10.1, y diferente software dependiendo de la finalidad del trabajo que más adelante se ira detallando; todo esto



con la finalidad de obtener datos confiables que nos permitan presentar resultados eficaces, para lo cual se describe a continuación:

### ✓ Mapa topográfico

Primeramente se procedió a descargar la información de los instrumentos en el programa ActiveSync el cual permite que un dispositivo móvil se sincronice con la PC; posteriormente estos datos son exportados al programa Microsoft Excel 2010, para su posterior triangulación (X, Y, Z) georeferenciados con datum WGS84 Zona 17 S, estos a su vez son importados al programa ArcGis 10.1.

Para generar las curvas de nivel se realizó de la siguiente manera:

En la herramienta de ArToolbox → 3D Análisis → Crear TIN de entidades, luego en ArToolbox → 3D Análisis → Superficie triangulada → Curvas de nivel de superficie, y se genera las curvas de nivel, cada 1 metro las principales y cada 5 metros las secundarias.

Luego se procedió a interpolar los puntos y se empezó a dibujar (vías, casas, cultivos etc. ;) y así obtener el mapa topográfico a detalle a escala de impresión 1:4.500, en formato A3.

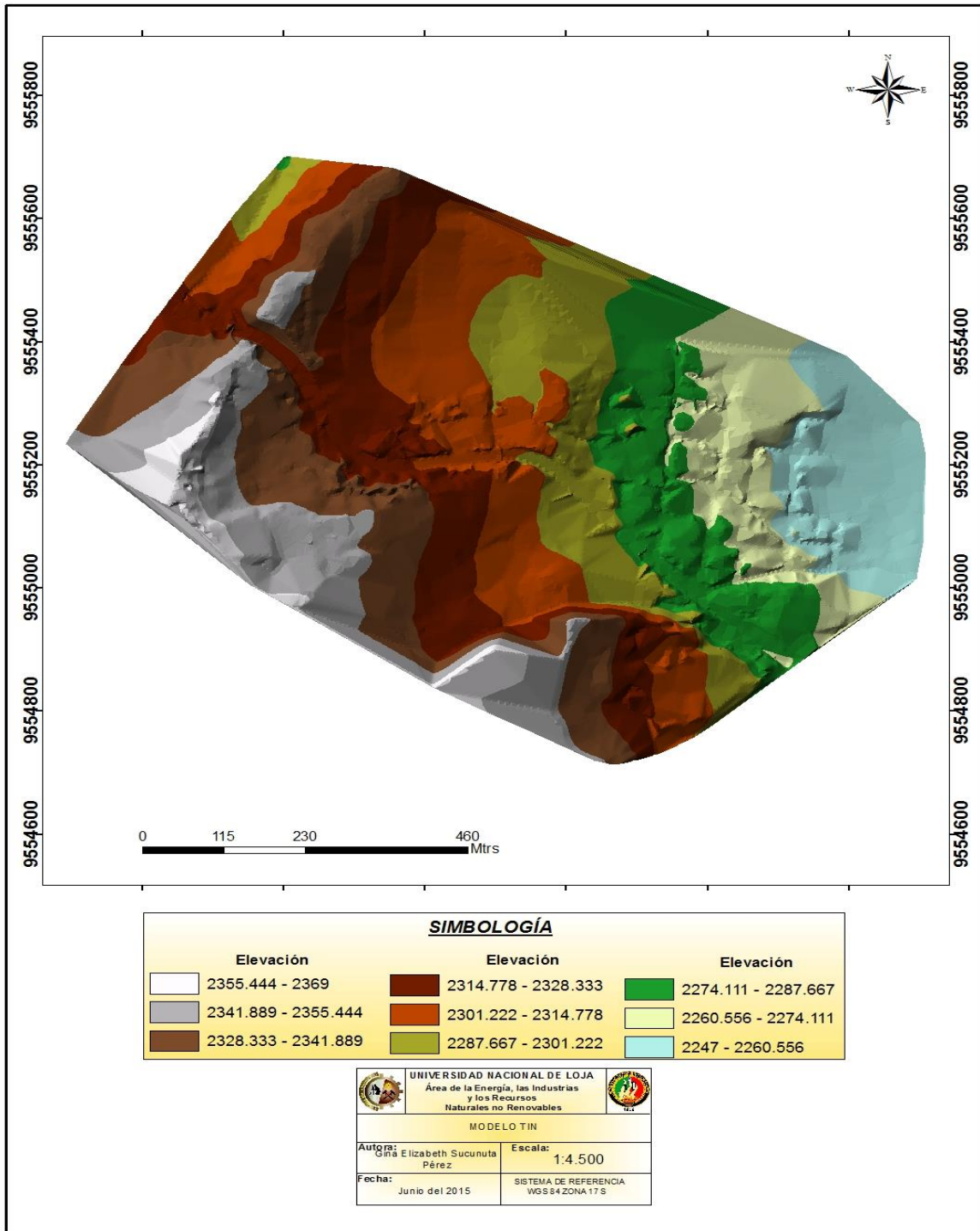


Figura 24. Modelo Tin del Sector Cofradía-Chonta Cruz.

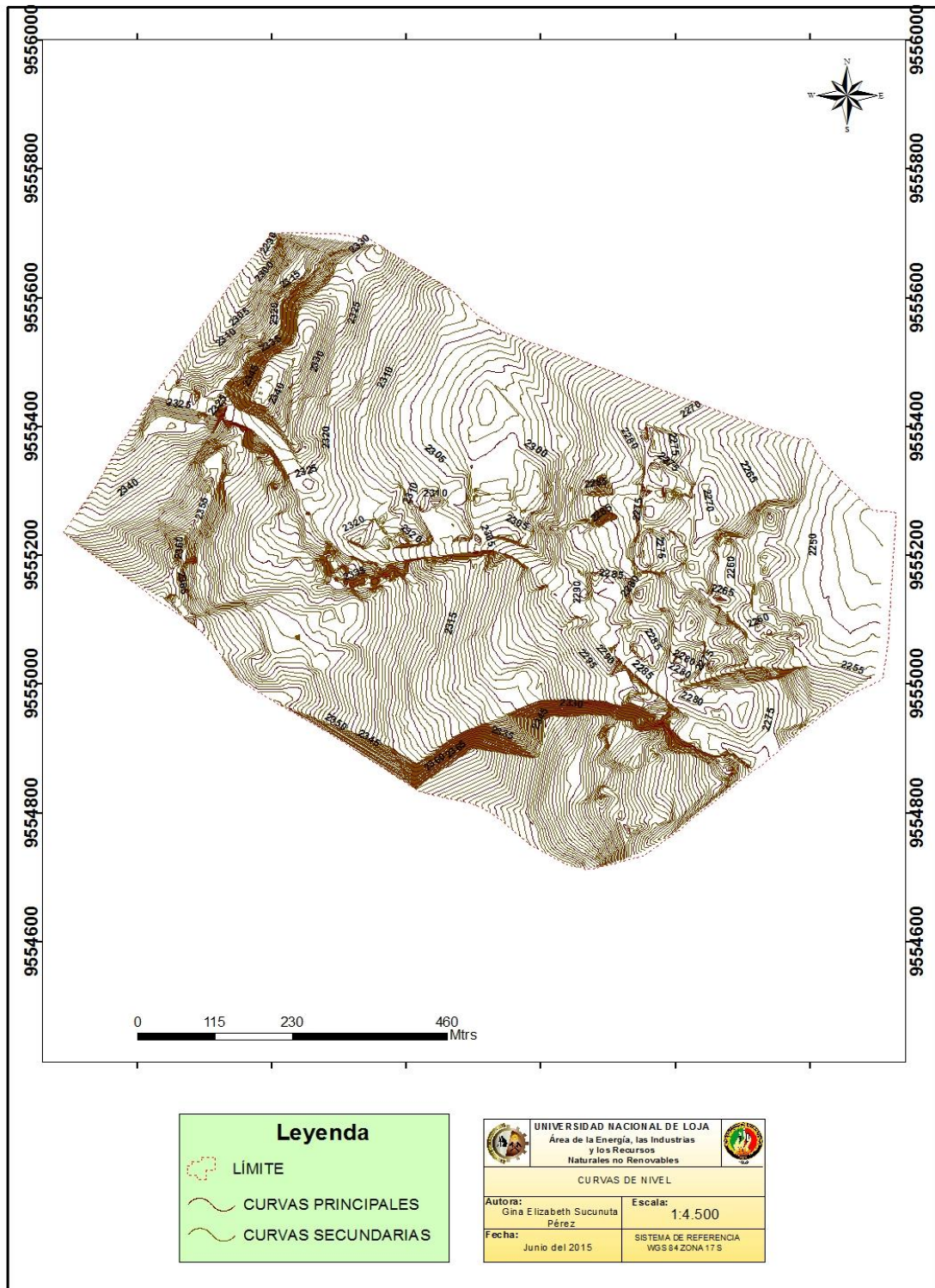


Figura 25. Curvas de nivel del Sector Cofradía-Chonta Cruz.



✓ **Mapa Geológico**

El mapa geológico se lo realizó en base al mapa topográfico, y los puntos de afloramiento tomados en el campo, el trabajo de oficina consistió en hacer la relación de la información de la carta geológica de Loja a escala 1:100.000 con la información que se obtuvo en el campo mediante la identificación de los afloramientos.

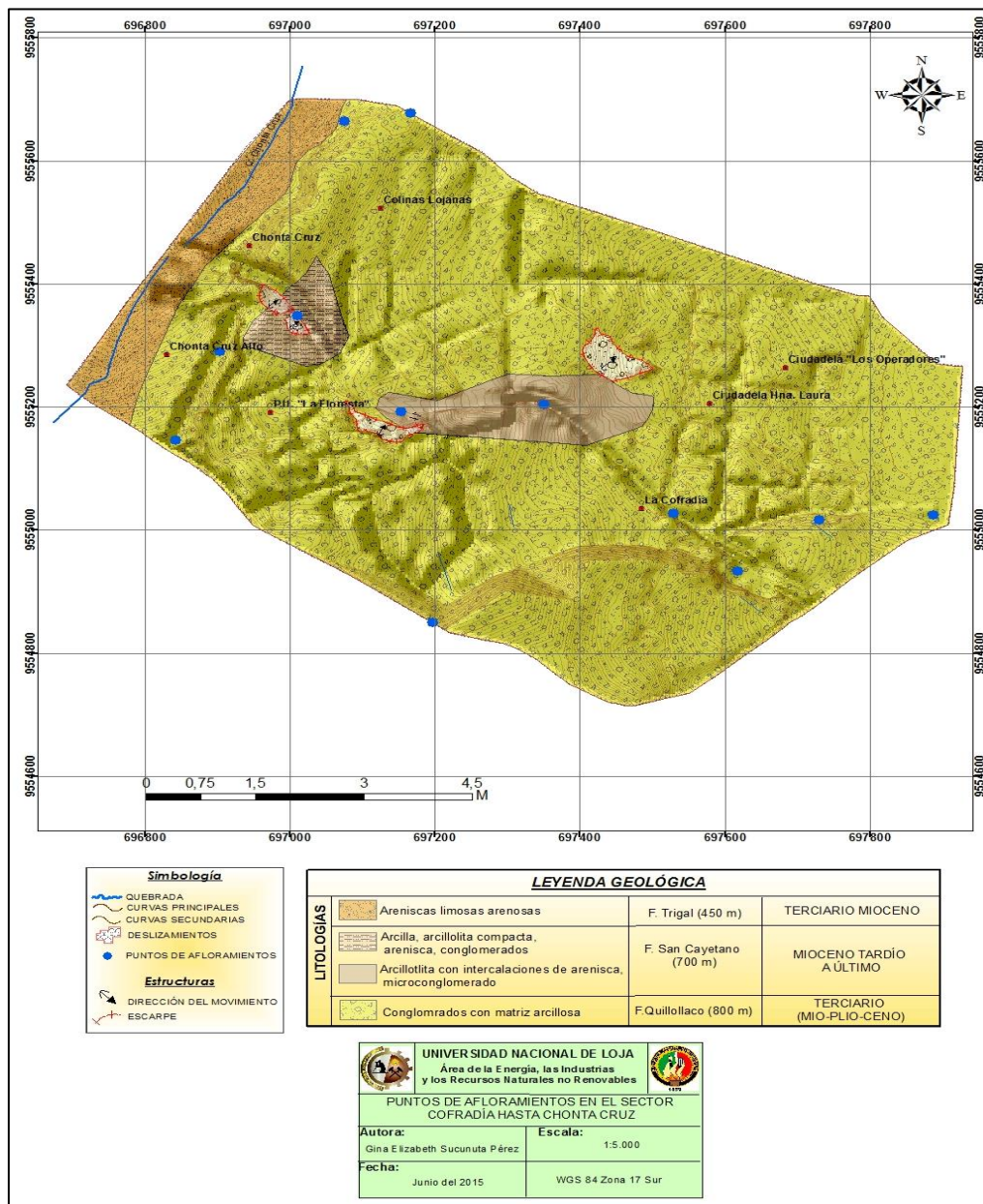


Figura 26. Puntos de afloramientos del Sector Cofradía-Chonta Cruz.







Esta relación de información geológica se elaboró mediante la herramienta ArcGis 10.1, que nos permitió obtener una base de datos a detalle del área de estudio; para lo cual primeramente se procedió a crear los shapefiles para cada formación geológica y la ubicación de datos estructurales tomados en el campo, como: dirección de los estratos y buzamiento; en base a estos datos se procedió a la elaboración del modelo geológico, todo esto con la finalidad de integrar un modelo geológico de la zona de estudio.

### ✓ Mapa de Pendientes

Para la elaboración de este mapa nos sirvió la topografía como mapa base a una escala de 1:4.500, del cual tomamos las curvas de nivel y procedimos a realizar un TIN mediante el programa ArcGis 10.1, posterior a esto convertimos a una entidad ráster para reclasificar en las diferentes categorías. Las pendientes para el área de estudio se calcularon en unidades porcentuales, para lo cual se ha tomado la clasificación seleccionada establecida por Brabb, 1993; ya que es la que mejor se adapta para representar las condiciones del área de estudio y además es la más utilizada en este tipo de estudios.

Una vez reclasificado nuestro modelo ráster lo convertimos a una entidad vectorial para poder establecer la tonalidad de colores de acuerdo a la categoría que represente, posteriormente se procedió a darle los acabados estéticos para obtener el mapa final de pendientes.

**Tabla 1.** Rango de Pendientes.

Rango (%)	Clase	
0 – 12	Muy Baja	
12 – 25	Baja	
25 – 50	Media	
> 50	Alta	

**Fuente:** Brabb, 1993.



## ✓ Mapa Geomorfológico

Para la realización del mapa geomorfológico de la zona de estudio del sector Cofradía hasta Chonta Cruz; se basó en la metodología implementada por CLIRSEN; la misma que consiste en correlacionar lo siguiente:

- Visitas de campo (análisis de geoformas y litología).
- Mediante la elaboración del modelo ráster se realizó un mapa de sombras en el programa ArcGis 10.1 (**ver figura 27**).
- A partir de las curvas de nivel obtenidas en el mapa topográfico del sector se procedió a sacar los desniveles relativos que corresponde a la altura existente entre la parte más baja y más alta de las formas de relieve, posteriormente sacamos las variables de pendiente en porcentaje mediante nuestro mapa de pendientes a escala 1: 5.000 de nuestro sector de estudio, adicionalmente también determinamos la litología de cada geoforma mediante el mapa geológico de nuestra zona intervenida a escala 1: 5.000.
- Seguidamente utilizamos las variables determinadas de pendiente y litología para correlacionarlas con las tablas modificadas de CLIRSEN del proyecto “Generación de Geoinformación para la Cuenca del Rio Guayas escala 1: 250.000”, de esta manera se definió la terminología de cada unidad morfológica ya que esta se da en base a la pendiente, litología y unidad genética de la geoforma; para la determinación de la misma nos basamos en lo siguiente:

### a. Morfometría

Corresponde al análisis cuantitativo del relieve, es decir que toma en cuenta los aspectos medibles de la descripción de la morfología.

#### – Desnivel relativo

Este parámetro corresponde a la altura existente entre la parte más baja y más alta de



las formas de relieve, y se mide en metros.

**Tabla 2.** Categorías del desnivel relativo

Tipo	Cód.
0 a 5 m	1
5 a 15 m	2
15 a 25 m	3
25 a 50 m	4
50 a 100 m	5
100 a 200 m	6
200 a 300 m	7
> a 300 m	8

**Fuente:** Ficha de Fotointerpretación geomorfológica- CLIRSEN, 2012.

#### – Pendiente

Se refiere al grado de inclinación de las vertientes con relación a la horizontal; está expresado en porcentaje.

**Tabla 3.** Categorías de Pendiente.

Pendiente	Porcentaje (%)
Plana	0 a 2 %
Muy suave	2 a 5 %
Suave	5 a 12 %
Media	12 a 25 %
Media a fuerte	25 a 40 %
Fuerte	40 a 70 %
Muy fuerte	70 a 100 %
Escarpada	> a 100 %

**Fuente:** Ficha de Fotointerpretación geomorfológica- CLIRSEN, 2012.

#### – Longitud de la vertiente

Corresponde a la distancia inclinada existente entre la parte más alta y la más baja de



una unidad geomorfológica, la misma que se mide en metros. Tiene una relación directa principalmente con los procesos de erosión y movimientos en masa.

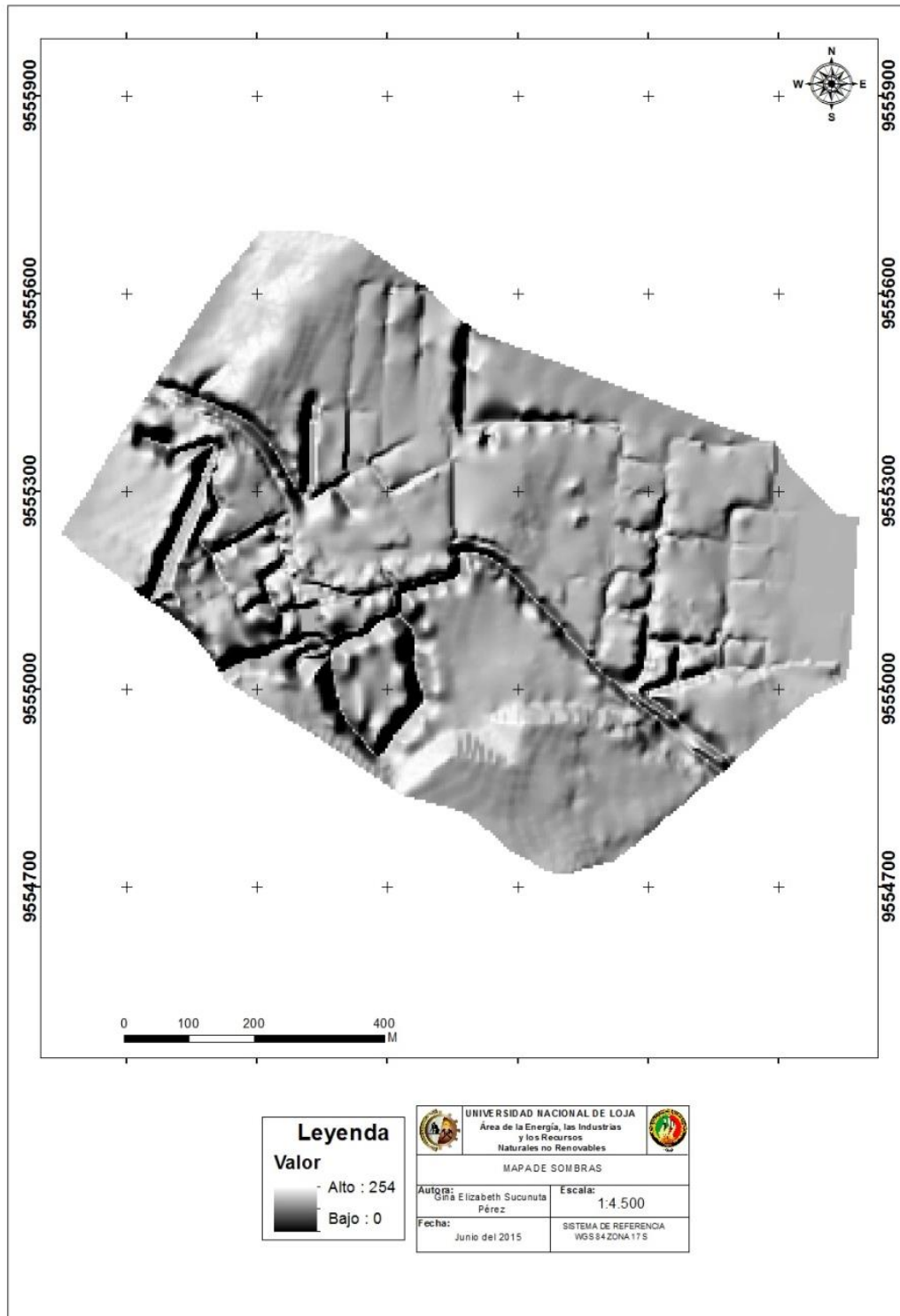


Figura 27. Mapa de sombras del sector Cofradía-Chonta Cruz



#### ✓ Mapa de uso actual del suelo

Este mapa se elaboró con la información del mapa topográfico de la zona de estudio a escala 1:4.500 y lo más importante fue complementado con visitas de campo mediante el reconocimiento profundo de la zona; en el programa ArcGis 10.1 se procedió a dibujar polígonos de los diferentes tipos dependiendo del uso actual del suelo, primeramente se fue delimitando polígonos para cada uso, una vez que se terminó con la zonificación procedimos a dar los colores y tramados a cada polígono dependiendo del uso que este represente, seguidamente realizamos los arreglos finales para obtener nuestro mapa.

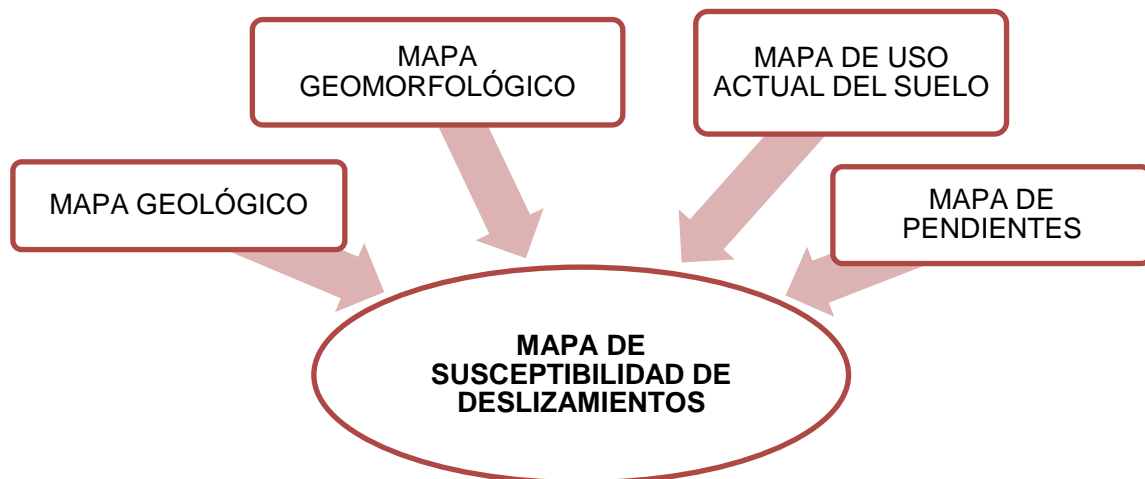
#### ✓ Mapa de susceptibilidad a deslizamientos

Para la elaboración del mapa de susceptibilidad en el sector Cofradía hasta Chonta Cruz, se realizó mediante el método heurístico, el mismo que se basa en el conocimiento a priori de los factores que producen inestabilidad en el área de estudio.

El procedimiento que se emplea en el método es un análisis cualitativo basado en combinación de mapas de factores (Lucini, 1973; Bosi, 1984). El análisis heurístico introduce un grado de subjetividad que imposibilita comparar documentos producidos por diferentes autores, en si consiste en la combinación de mapas de factores.

Cada uno de estos factores forma un mapa que se combinará con los demás para la obtención del mapa final que es el mapa de susceptibilidad.

Con ayuda del programa informático ArcGis 10.1. Primeramente se debe establecer la información con la que contamos o los mapas bases de los cuales vamos a partir (**ver figura 28**).



**Figura 28.** Esquema de los mapas utilizados para la generación del mapa de susceptibilidad de deslizamientos.

En este caso los criterios utilizados para determinar la susceptibilidad fueron los establecidos por Sarkar y Kanungo, 2004.

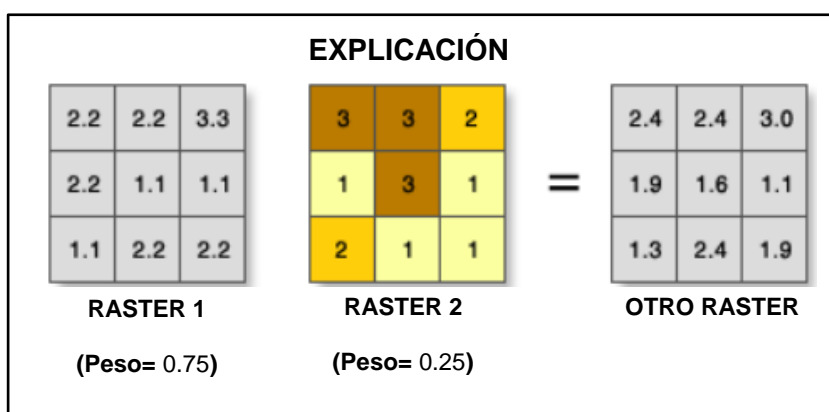
**Tabla 4.** Criterios para determinar el grado de susceptibilidad a los deslizamientos.

Susceptibilidad	Criterio	Categoría
<b>Muy alta</b>	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.	5
<b>Alta</b>	Laderas que tienen zonas de falla, meteorización alta a moderada y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existe la posibilidad de que ocurran.	4
<b>Moderada</b>	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.	3
<b>Baja</b>	Laderas que tienen algunas fisuras, materiales parcialmente erosionados, no saturados, con discontinuidades favorables, donde no existen indicios que permitan predecir deslizamientos.	2
<b>Muy baja</b>	Laderas no meteorizadas con discontinuidades favorables que no presentan ningún síntoma de que puedan ocurrir deslizamientos.	1

Fuente: Sarkar y Kanungo, 2004.

Una vez que se asignó los pesos a los factores antes mencionados, se utiliza la herramienta **Model Builder**, este modelo es una aplicación que se utiliza para crear, editar y administrar modelos, los modelos son flujos de trabajo que encadenan secuencias de herramientas de geoprocésamiento y suministran la salida de una herramienta a otra herramienta como entrada, además se utilizó la herramienta de **Suma Ponderada**, la misma que superpone varios rásteres al multiplicar cada uno por su peso dado y sumar los resultados (**ver figura 29**).

En la siguiente figura, los valores de las celdas se multiplican por su factor de peso, y los resultados se suman para crear el ráster de salida. Por ejemplo, considere la celda superior izquierda. Los valores para las dos entradas se convierten en  $(2,2 * 0,75) = 1,65$  y  $(3 * 0,25) = 0,75$ . La suma de 1.5 y 0.75 es de 2.4.



**Figura 29.** Explicación de la herramienta “Suma Ponderada”.

Los pesos que se asignaran a los mapas son los propuestos por Janssen y Van Herwijnen (1994), dependiendo del número de mapas o entradas para el análisis en nuestro caso son 4 mapas, en la tabla 6 se puede apreciar los pesos para cada variable.

Los pesos de la **tabla 5** se asignaran a cada capa temática en cuanto a su importancia en la ocurrencia de deslizamientos y así llegar al análisis final “Mapa de Susceptibilidad”<sup>21</sup>.

<sup>21</sup> Catálogo de Ayuda de ArcGis 10.1.





Tabla 5. Pesos de criterios usando el Método de Suma de Rango.

Número de Criterio	Pesos de Criterio usando el método de Suma de Rango					
N°	W1	W2	W3	W4	W5	W6
2	0.66	0.33				
3	0.50	0.33	0.17			
4	<b>0.40</b>	<b>0.30</b>	<b>0.20</b>	<b>0.10</b>		
5	0.33	0.27	0.20	0.13	0.07	
6	0.29	0.24	0.19	0.14	0.10	0.05

Fuente: Janssen y Van Herwijnen (1994).

### ✓ Sondeos Eléctricos Verticales (SEV)

Los datos obtenidos del SEV en el campo, se procedieron a descargar a través del programa Prosys II, los datos adquiridos en la ejecución de los SEV se analizaron en el programa IPI2win el cual nos permitió realizar la interpretación 1D de las curvas graficadas a partir de los valores de  $AB/2$  vs resistividad aparente, para generar pseudo-secciones de resistividad aparente y perfiles geoelectricos donde se esquematicen en profundidad la distribución vertical y espesor de las capas resistivas interpretadas.

Finalmente con los valores de resistividades ( $\Omega m$ ) obtenidos del programa se realiza una comparación con las tablas de resistividades de los materiales (**ver anexo 3.5**), y de esta manera corroborar con la geología del sector.

Toda la interpretación se la realizó manualmente con la ayuda del software AutoCad 2013, basándonos en las resistividades de los materiales y profundidad que estos se encontraban, y de esta manera obtener una columna estratigráfica de cada línea SEV realizada. Este procedimiento se lo utilizó en las 4 líneas eléctricas que se realizó en el sector.



## 7 RESULTADOS

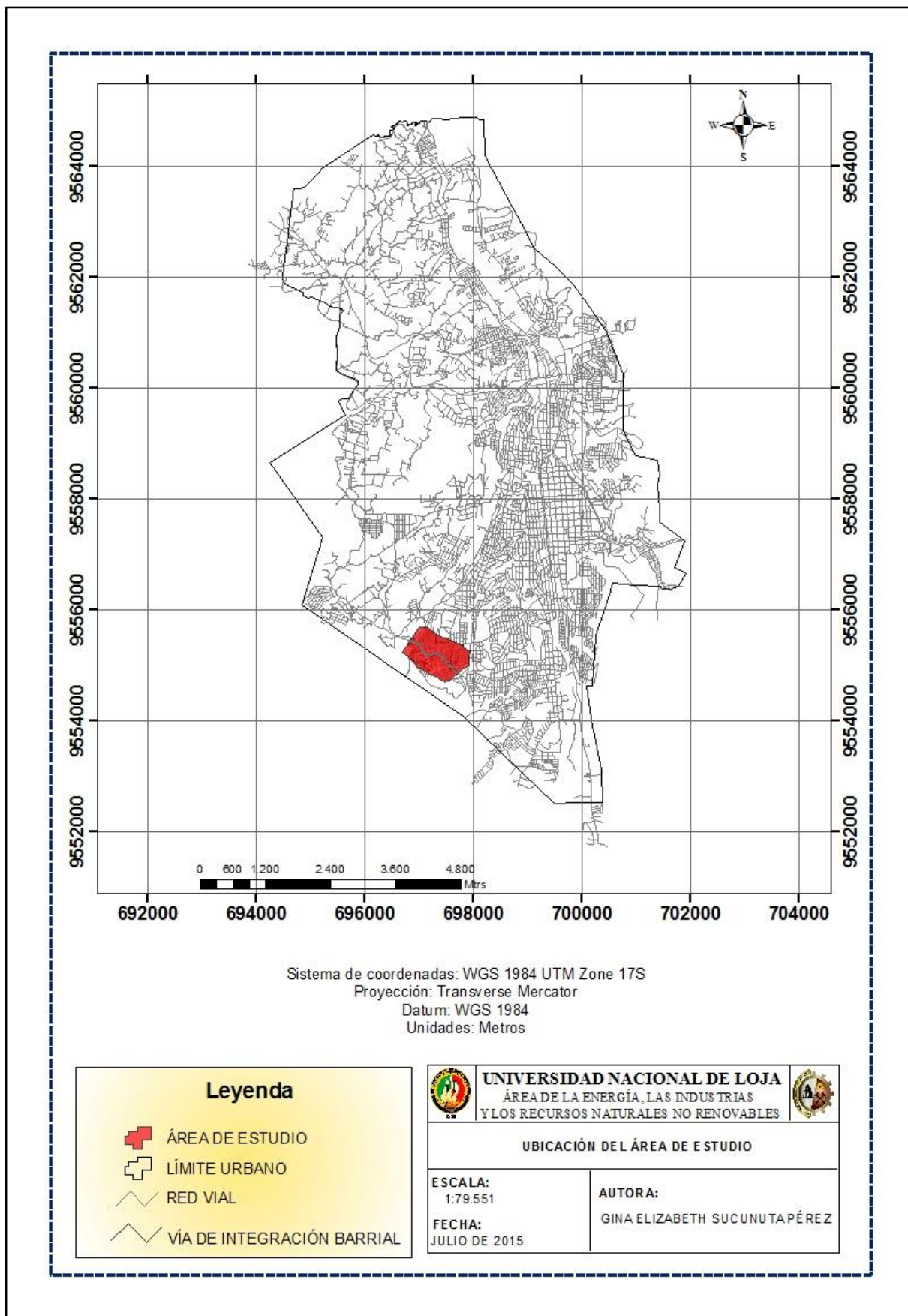
### 7.1 Descripción Biofísica del Área de Estudio

#### 7.1.1 Ubicación y Acceso

La zona de estudio está ubicada en la región sur del Ecuador, en la Provincia de Loja en el cantón Loja, la misma que se encuentra formando parte de la hoya de Loja y se ubica al Sur-Oeste de la ciudad del mismo nombre, en la vía de integración barrial; comprendiendo el tramo Cofradía hasta Chonta Cruz, el área de estudio cuenta con una superficie aproximada de 71.56 hectáreas.

Geográficamente el cantón Loja se encuentra limitando al Norte con el cantón Saraguro, al Sur y Este con la provincia de Zamora Chinchipe y al Oeste con los cantones Catamayo, Gonzanamá, Quilanga y la provincia del Oro.

Para acceder a la zona de estudio, se puede ingresar desde el centro de la ciudad de Loja por la vía principal a Catamayo hasta el perímetro urbano que presenta accesibilidad permanente; o por la vía de Integración Barrial al kilómetro 7; también se puede acceder por la vía antigua a Catamayo para lo cual se emplea un recorrido vehicular aproximado de 40 minutos (**ver figura 30**).



**Figura 30.** Ubicación del área de estudio., modificado a partir de información cartográfica escala 1: 5 000 base GPL.



### 7.1.2 Clima<sup>22</sup>

El clima de la ciudad de Loja se ubica en clima templado Andino, puesto que se asienta en la cuenca alta del Zamora, influenciado por el clima tipo amazónico y los vientos alisios. Las mesetas y pequeños valles se encuentran sobre los 2 000 m.s.n.m. El clima es similar al resto de la serranía del país, con temperaturas que fluctúan entre los 14° C y 21° C, una humedad relativa del 75%, además, el viento se desplaza en diferentes direcciones con velocidades que varían entre 1 y 4.3 m/s.

La oscilación anual de la temperatura lojana es de 1,5 °C, generalmente cálido durante el día y más frío y húmedo a menudo por la noche; según los registros de la última década (INAMHI).

Los meses de menor temperatura fluctúan entre junio y septiembre, siendo julio el mes más frío. De septiembre a diciembre se presentan las temperaturas medias más altas, sin embargo en esos mismos meses se han registrado las temperaturas extremas más bajas. Particularmente en el mes de noviembre se registra el 30% de las temperaturas más bajas del año.

En los últimos cuarenta años, la temperatura de la ciudad se ha elevado en 0,7 °C, habiéndose registrado en los años 2003-2004 las temperaturas más altas, las cuales han llegado a 28° C, de acuerdo a los datos registrados por el INAMHI (**ver anexo 4.1**).

En lo que respecta a las precipitaciones de lo registrado desde el año 2000 hasta el 2010 se tiene un promedio anual de 966.1 mm/año, registrándose como los meses con menores precipitaciones mayo a septiembre, el mes de marzo es el que registra mayor cantidad de precipitación. Cabe señalar que durante el año 2008 la cantidad de lluvias aumentó considerablemente evidenciándose una de las épocas invernales con mayor fuerza en la ciudad de Loja (**ver anexo 4.2**).

<sup>22</sup> Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2010). Información meteorológica. Anuarios. Disponible en: <http://www.inamhi.gob.ec>.

### 7.1.3 Vegetación

“La vegetación en la hoya de Loja básicamente se encuentra representada por dos tipos que son característicos de acuerdo a la ubicación en la que se encuentran: el uno como bosque de montaña baja, que está constituido por cerros colinas y nudos en los que se encuentran plantaciones de *Alnus acuminata* Kunth (Aliso), *Pinus patula* (Pino), *Eucaliptus globulus* labil (Eucalipto), y *Podocarpus* spp (Romerillo) principalmente; de igual forma se observa vegetación silvestre típica de la zona como: *Dodonaea viscosa* (chamana) y *Gynoxys* sp (chilca). El otro tipo de vegetación tales como cultivos de hortalizas, cereales, frutales y árboles ornamentales, mismo que se encuentra principalmente constituido por valles y llanuras”<sup>23</sup>.

En cuanto a la vegetación, **en la zona de estudio** se pueden distinguir áreas de bosque que se encuentra ocupando las colinas que rodean la zona. Básicamente el área de estudio está constituida por pasto natural, que son utilizados para el alimento del ganado, además en la mayor parte del sector existen zonas destinadas al cultivo de maíz, frutas y hortalizas, para consumo propio y venta en los principales mercados de la ciudad de Loja.



Figura 31. Vegetación de la zona de estudio (Colinas lojanas).

<sup>23</sup> Sierra et al., 1999.

## 7.1.4 Caracterización socioeconómica<sup>24</sup>

### 7.1.4.1 Datos Socioeconómicos

Según el VII Censo de Población y VI de Vivienda del Instituto Nacional de Estadística y Censos, el cantón Loja de la provincia de Loja, tiene una población de 214 855 personas, que corresponde al 47% de la población de la provincia, la cual tiene 448 966 habitantes.

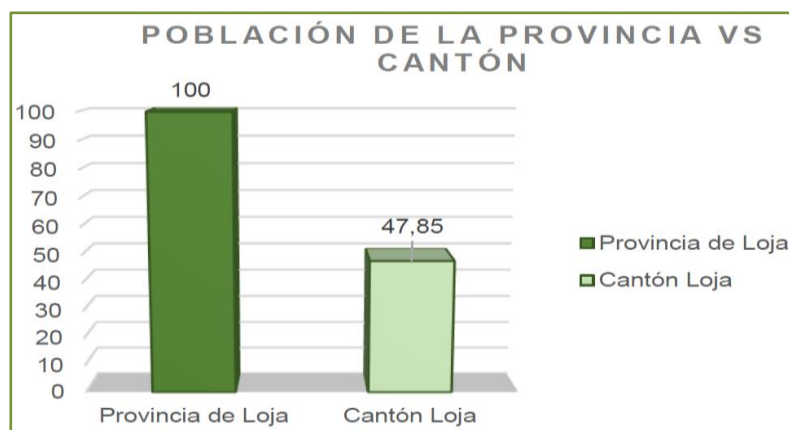


Figura 32. Población del cantón Loja con respecto a la provincia.

La población urbana asciende a 170.280, que representa el 79.3% de la población total. En el área rural, viven 44.575 personas, que representa el 20.7% de la población.

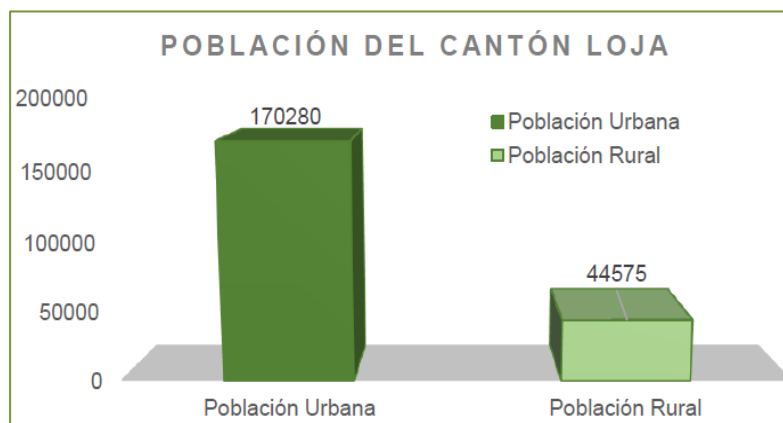


Figura 33. Población del cantón Loja (urbana y rural)

<sup>24</sup> VII Censo de Población y VI de Vivienda del Instituto Nacional de Estadística y Censos. INEC 2010.

En el ámbito de los grupos étnicos culturales, el 2.6% de la población se auto identifica como Indígena, el 2.5% como afroecuatoriana y 1.1% como montubia. El restante 93.8% se autoidentifica como mestiza y otra.

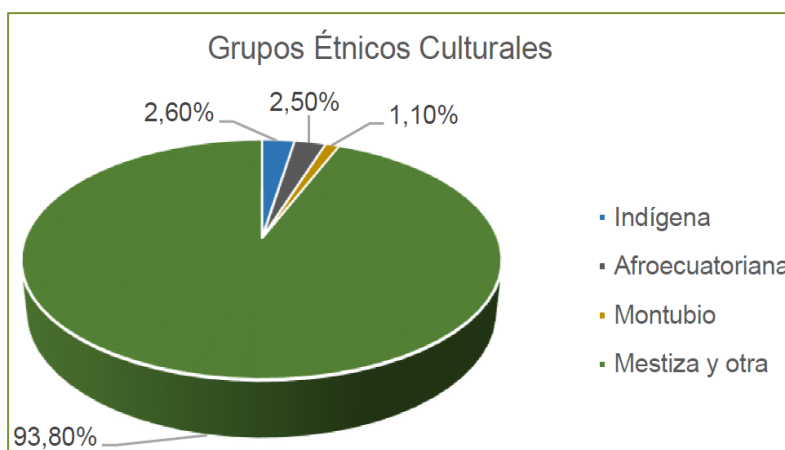


Figura 34. Grupos Étnicos Culturales.

En la cabecera cantonal viven 20.662 personas pobres extremas por NBI y 43 220 pobres no extremos por NBI, que corresponden al 11.44% y 23.93% de su población respectivamente. Del total de pobres extremos por NBI en el cantón Loja el 56.63% se concentran en su cabecera cantonal y del total de no pobres extremos por NBI el 77.66%. De la población total (180 616 habitantes), el 47,96 % son hombres (86 631 habitantes) y el 52,04 % son mujeres (93 986 habitantes).

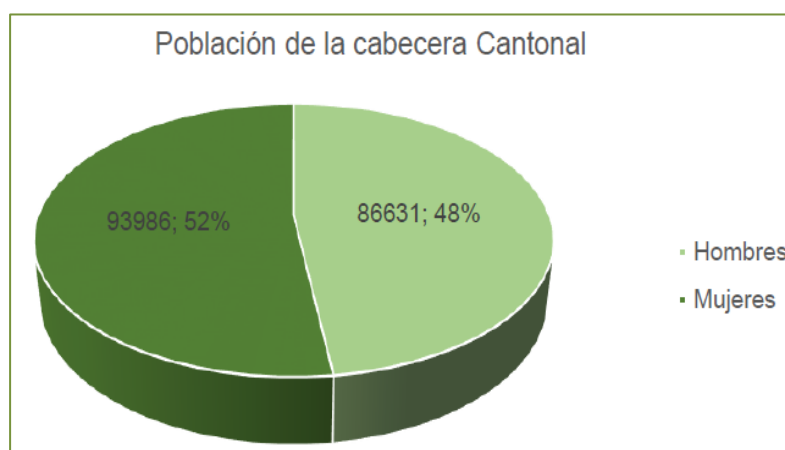


Figura 35. Población por sexo de la cabecera Cantonal.

#### 7.1.4.2 Composición demográfica

##### ✓ Población Económicamente Activa (PEA)

En el ámbito del empleo, en el cantón la Población Económicamente Activa es de 82.1 mil personas. De los cuales más de la mitad (59%) son hombres. El 94.5% de la PEA está ocupada. La principal rama de actividad de la PEA es el comercio al por mayor y menor (20.7%), construcción (10.7%), enseñanza (10.6%) industrias manufactureras (8.5), agricultura ganadería y pesca (7.9%), administración pública (7.6%), transporte y comunicación (6.2%) y el resto de la población se dedica a otras actividades (27.8%).

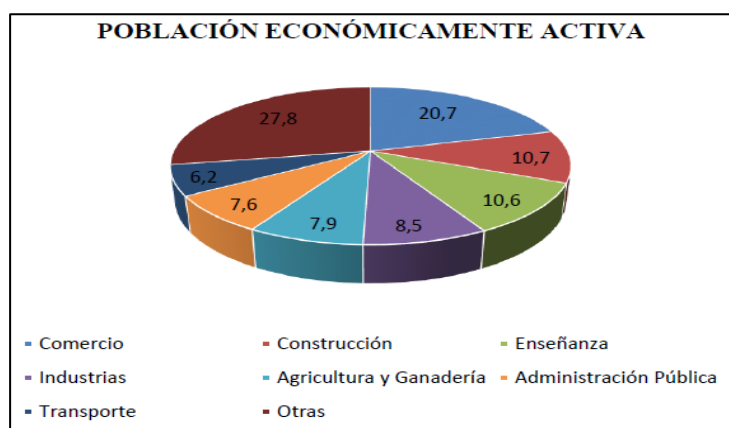


Figura 36. Población económicamente activa.

##### ✓ Población según niveles de instrucción:

En el ámbito educativo, en Loja el 3.2% de la población mayor a 15 años no sabe leer ni escribir; es decir, es analfabeta. Existen diferenciales en distintos ámbitos. Por ejemplo note que la incidencia del analfabetismo es del 14.8% en la población indígena, 8.1% en el área rural, 9.7% en pobres extremos y 3.8% en mujeres. Por otro lado, del total de analfabetos el 51.2% viven en el área rural, y el 77.6% son pobres por NBI. Casi el 64% de los analfabetos en el cantón son mujeres.

La escolaridad promedio de la población es de 11.5 años. Las mujeres en promedio alcanzan 11.5 años de escolaridad, igualmente para los hombres alcanzan 11.5 años. Al igual que en el analfabetismo, se evidencian brechas importantes.





Por ejemplo, la población indígena alcanza 6.8 años de escolaridad en promedio, mientras que los demás mestizos, blancos y otros no pertenecientes a grupos étnicos culturales, alcanzan 11.7 años de escolaridad. Note también, que la población que reside en el área rural, tiene 7.3 años de escolaridad, mientras que en el área urbana la escolaridad promedio es de 12.6. Finalmente, en el ámbito de la pobreza, la escolaridad promedio de la población pobre extremo por NBI es de 6.8 mientras que los no pobres extremos es de 12.3 años.

### ✓ **Economía**

Loja es la ciudad con mayor influencia sobre el PIB de la provincia homónima (87% de la economía provincial), además y de acuerdo con un estudio efectuado por el Banco Central del Ecuador, la ciudad de Loja aporta al alrededor de 1,9% de la economía nacional. La inflación al consumidor de enero de 2009 estuvo situada alrededor del 0.6% en la ciudad de Loja, por debajo de la media nacional de 8.8%, según el INEC.

Con relación al destino de los recursos, las diferentes investigaciones concuerdan en que poco más del 50 % se destina al consumo y menos del 20 % a inversiones. En cualquier caso, debido a la importancia de los montos, sin lugar a dudas los recursos provenientes de las remesas que envían los migrantes, han dinamizado la economía de la provincia y de la ciudad de Loja en particular, especialmente en los sectores: comercial y de la construcción, a dudas los recursos provenientes de las remesas que envían los migrantes, han dinamizado la economía de la provincia y de la ciudad de Loja en particular, especialmente en los sectores: comercial y de la construcción.

De acuerdo al Censo Económico realizado por el INEC en el año 2010, en el cantón Loja existen 11.694 establecimientos, distribuidos en los diferentes sectores de la economía. Las principales actividades económicas en orden de importancia son:



**Tabla 6.** Principales actividades, según establecimientos económicos, cantón Loja.

ACTIVIDADES ECONÓMICAS PRINCIPALES	PORCENTAJE
1. Comercio al por mayor y menor, reparación de vehículos automotores y bicicletas	53,40% (97% comercio al por menor y 3% comercio al por mayor)
2. Industrias manufactureras	9,3%
3. Actividades de alojamiento y de servicios de comidas	9,30%
4. Actividades profesionales, científicas y técnicas	6%
5. Información y comunicación	4%
6. Actividades de servicios administrativos y de apoyo	2%
7. Enseñanza	2%
8. Otras actividades	14%

**Fuente:** VII Censo de Población y VI de Vivienda del Instituto Nacional de Estadística y Censos. INEC 2010.

#### ✓ **Industria**

El incipiente desarrollo de la industria, entre otros factores como el aislamiento y las vías de comunicación inadecuadas, obedece a que los lojanos, en su mayoría, no han logrado derivar los procesos de acumulación de capital hacia otros sectores productivos, destinando, en muchos casos, sus recursos predominantemente a vivienda, bienes de consumo y procesos de especulación financiera, a través de los bancos.

Las pocas industrias que existen en la actualidad, datan de los años sesenta– setenta y se orientan, en su mayoría, a la elaboración de productos alimenticios y bebidas. Ninguna de ellas consta en el registro de las 1.000 empresas más importantes del país, elaborado por la Superintendencia de Compañías.

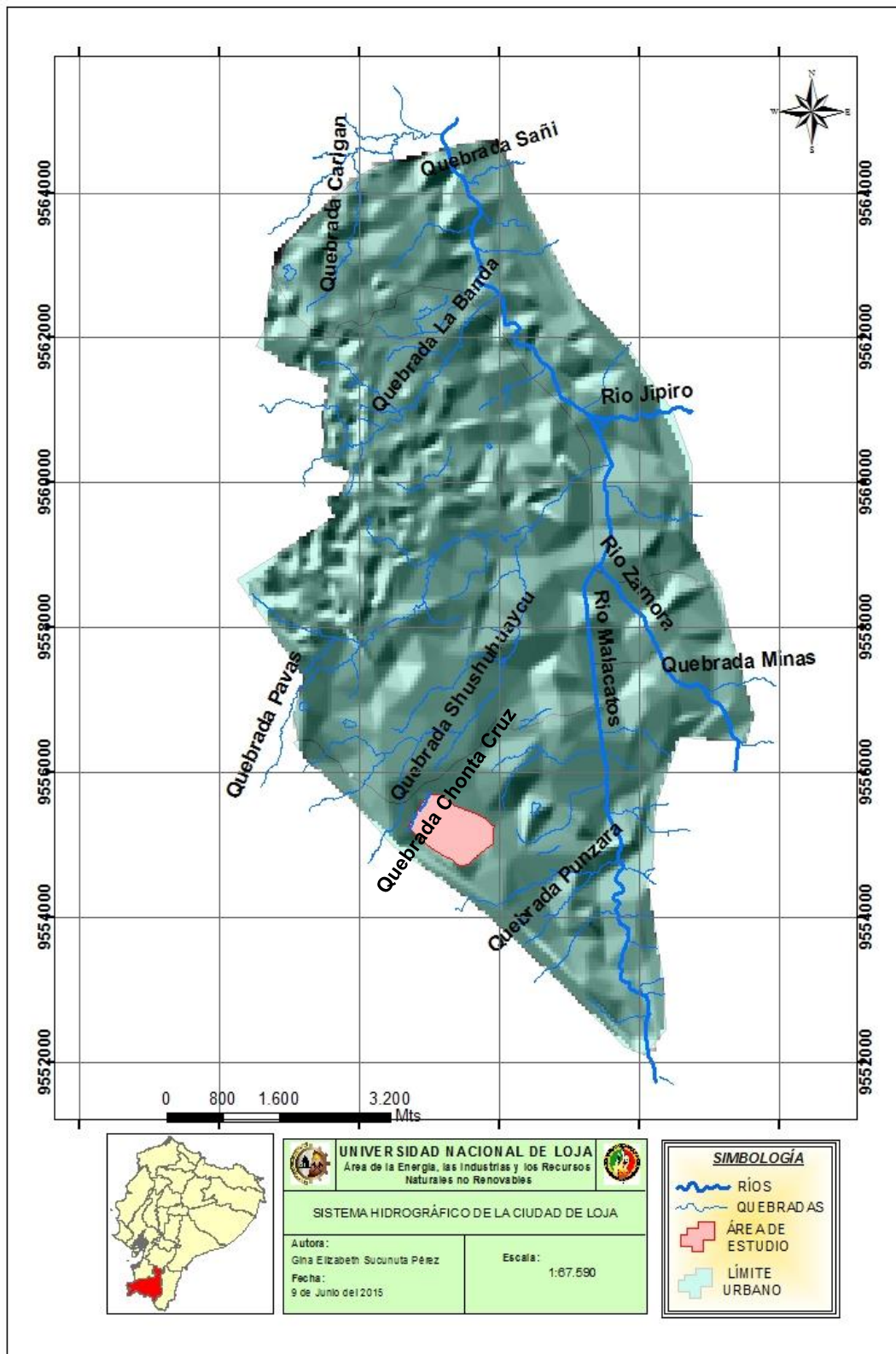


### 7.1.5 Hidrología

Del nudo de Cajanuma, límite meridional del valle de Loja, nace el sistema a través de dos ríos pequeños: Zamora Huayco y Malacatos, cuyos caudales fluyen hacia el Norte por el centro de la cuenca. Estos dos ríos se unen en la ciudad, continuando hasta el recinto Las Juntas, en donde cambian radicalmente de dirección hacia el Este pasando por Jimbilla y tomando el nombre único de Zamora. El río Zamora es un afluente del río Amazonas que desemboca en el océano Atlántico. Como unidades hidrográficas secundarias o subsecuentes, que circulan en direcciones más o menos perpendiculares a los drenajes principales antes mencionados, se pueden citar los ríos Zamora Huayco y Jipiro, así como las quebradas Mónica, Quillollaco, Potrerillos, Violeta, Alumbre, Las Pavas, San Cayetano, La Banda, El Salado, etc, cuyas configuraciones forman una red dendrítica con caudales, que en la mayor parte de casos presentan volúmenes poco considerables<sup>25</sup>.

**El área de estudio** es drenada por la **Quebrada Chonta Cruz**, cuya dirección va de Norte a Este, la misma que aguas abajo forma la quebrada Shushuhuayco y estas a su vez forman la quebrada Turunuma; que desembocan en el río Malacatos. Los caudales son bien bajos en la vertiente en épocas de verano, mientras que en época de invierno hay un incremento considerable, aumentando así los caudales a las quebradas aguas abajo.

<sup>25</sup> Abad, F. (2006) Ensayo metodológico para la evaluación y zonificación de la amenaza por fenómenos de remoción en masa, cuenca de Loja. Director: Ing. Galo Plaza. Tesis de Ingeniero. Escuela de Ingeniería. EPN, Quito.



**Figura 37.** Hidrología de la Ciudad de Loja, modificado a partir de información cartográfica escala 1: 5 000 base GPL.



## 7.2 Análisis de susceptibilidad a deslizamientos en el área de estudio

### 7.2.1 Topografía

Una vez obtenida la información de campo, se procedió a importar los datos al Software ArcGIS 10.1 para su respectivo análisis y digitalización y de esta manera se generó el mapa topográfico a detalle a escala de impresión 1:5000, en formato A3 con proyección Universal Transversa de Mercator WGS 1984, Zona 17 S.

En el que se obtuvieron los siguientes datos:

- ✓ Las curvas de nivel, las principales cada 5 metros y las secundarias cada 1 metro; la zona de estudio cubre aproximadamente un polígono de 71.56 hectáreas; lo que comprende a 0,9 km lineales de la vía de integración barrial.
- ✓ Mediante el levantamiento topográfico a detalle del sector de estudio, se estableció que el lugar se caracteriza por estar localizada en su menor parte en una zona de montaña al Sur-Este de la vía de integración barrial, con colinas medias y un relieve con escasa pendiente o llano al Este y Oeste de la zona de estudio; mientras que la Sur-Oeste; en la cual sobresalen las elevaciones cuya altitud varía de los 2365 a 2245 m s.n.m.
- ✓ El Levantamiento topográfico sirvió como base para el levantamiento geológico en donde se ubicó los puntos de afloramientos, líneas de Sondeos Eléctricos verticales (SEV), y el Ensayo de penetración estándar (SPT).

# MAPA TOPOGRÁFICO



## 7.2.2 Geología

### 7.2.2.1 Geología Regional<sup>26</sup>

La ciudad de Loja se encuentra ubicada sobre una cuenca sedimentaria de origen lacustre de edad Miocénica (26 millones de años); las rocas más antiguas de época Paleozoica (560 millones de años), están constituyendo el basamento de la cuenca. Toda la serie terciaria incluso los depósitos cuaternarios más recientes de este valle han sido afectados por movimientos de compresión, que han originado levantamientos o hundimientos. Así han aparecido pliegues más suaves en el lado occidental de la hoya y con pronunciada pendiente en la parte oriental.

- ✓ **Formación Chiguinda.-** Constituyen el basamento de la cuenca de Loja Formado por rocas metamórficas de edad Paleozoica, que contienen filitas, esquistos, cuarcitas, pizarras y metacuarcitas.
- ✓ **Formación Trigal.-** De edad Miocena Media está formada por areniscas de grano grueso con láminas finas de conglomerados (compuestos por abundantes clastos de rocas metamórficas y pequeños clastos volcánicos (> 1 cm) y capas menores de limonitas Las areniscas muestran estratificación cruzada. La potencia varía cerca de 50 m en el oeste a 150 m en el este hacia el contacto con la Formación La Banda.
- ✓ **Formación La Banda.-** Formado por un estrato de 10 a 20 m de potencia con secuencia intercalada desde Caliza masivas, lutitas carbonatadas, capas de chert y areniscas de grano fino.
- ✓ **Formación Belén.-** Caracterizada por gruesas capas de areniscas marrón de grano granulado, muestran estratificación cruzada en escalas métricas,

<sup>26</sup> - HUNGERBUHLER Dominik, 1997, Neogene basins in the Andes of southern Ecuador: evolution, deformation and tectonic implications, Swiss federal Institute of Zurich.

- Kennerley, J.B. 1973. Geology of Loja Province Southern Ecuador. Institute of Geological Sciences. Overseas Geology and Mineral Resources, Photogeological Unit, No. 23, 34 pp. GGS, Nottingham.



además contiene lentes de conglomerado horizontalmente estratificados. Su máximo espesor es de 300 m, está en contacto concordante con la Formación La Banda. La edad se asume al Mioceno Inferior.

- ✓ **Formación San Cayetano.-** Está expuesta al este de la falla de cobijadura a lo largo del Río Zamora. La formación puede ser dividida en tres miembros con límites transicionales. El miembro inferior de areniscas, contienen capas de areniscas y algunas pequeñas capas de conglomerados y varias capas de carbón. Una capa intermedia del miembro limonitas que contiene lutitas laminado de color gris y blancos, con abundantes capas de diatomita y algunos piroclastos horizontales, con una rica microflora y gastrópodos (en parte silicificado con dos intercalaciones distintas de 3-5-m espesor capas de brecha). El miembro superior de areniscas tiene una litología similar a la intermedia, pero generalmente muestran una tendencia de depositación estrato creciente. Tiene una edad del Mioceno Tardío último.
  
- ✓ **Formación Quillollaco.-** Está presente al este y oeste de la cuenca de Loja, sobrepuesto al resto de formaciones por una discordancia angular. La formación alcanza espesores hasta un máximo de 600 m, al este de la ciudad de Loja. La formación está dominado por conglomerados muy granulados con pocas intercalaciones de areniscas.
  
- ✓ **Formación Salapa.-** La formación Salapa descansa discordantemente en rocas metamórficas Paleozoicas. Contiene clastos líticos y tobas ricos en vidrio (transformados a caolinita), formación más joven de edad Plioceno.



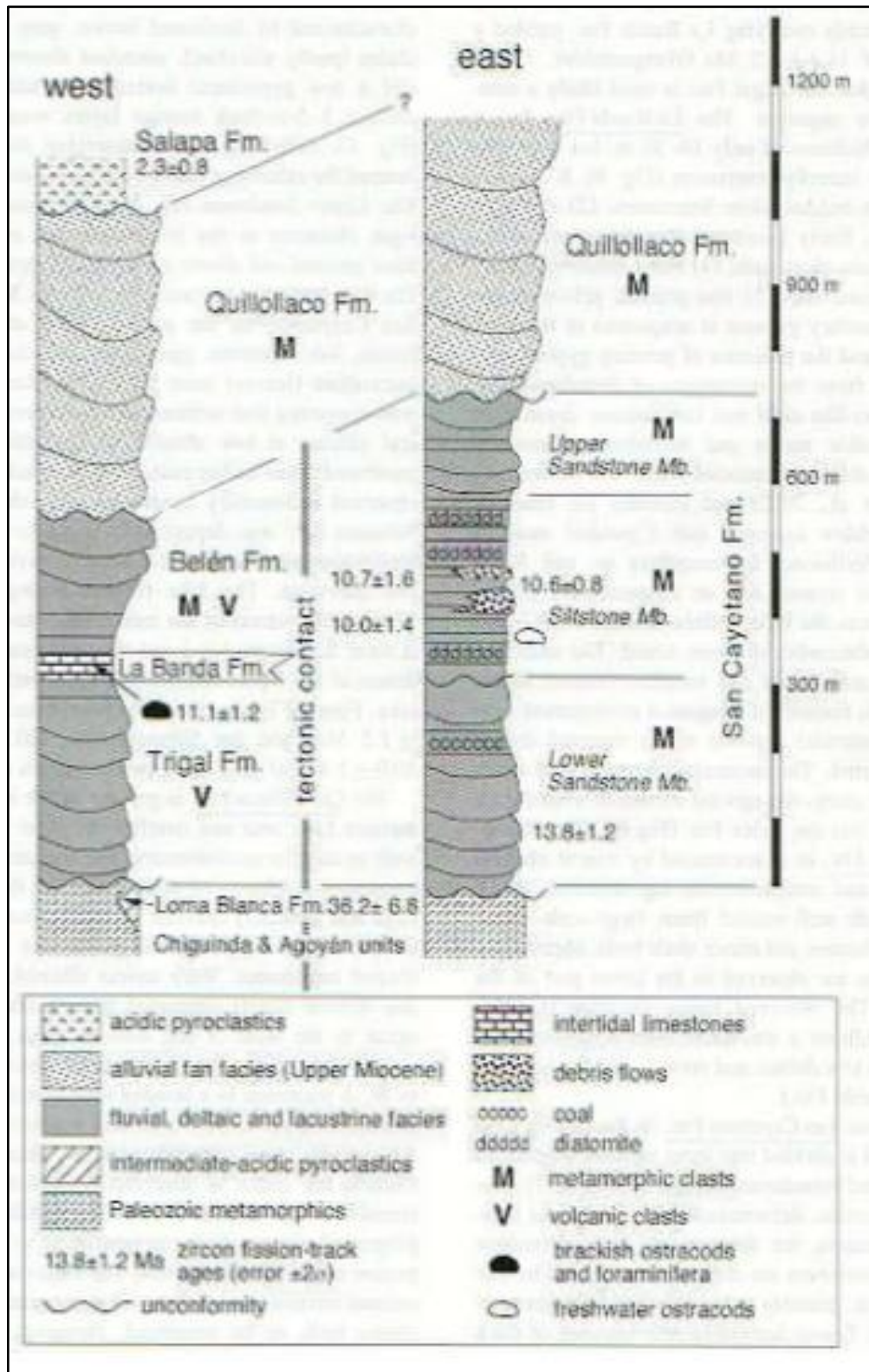


Figura 38. Columna estratigráfica de la cuenca Sedimentaria Terciaria de Loja (Hungerbuhler et al. 2002).



### 7.2.3 Geología estructural<sup>27</sup>

Según Izquierdo (1991), la cuenca se encuentra dividida en un área oriental y otra occidental por efecto de una falla longitudinal N160-N170°, que coincide con el curso actual del río Zamora; y, la cual se activó durante la depositación de la Formación San Cayetano.

La actividad de otras fallas con rumbo aproximado E-O en el extremo oriental de la cuenca, como las que se encuentra a lo largo de la Quebrada Pangora y el río Jipiro; al igual que los sistemas de pliegues encontrados en Virgenpamba y la nueva vía Loja-Zamora, evidencian mayor actividad tectónica en ese lado de la cuenca (Izquierdo, 1991).

En términos generales los sedimentos expuestos en el lado Este de la Cuenca de Loja de edad Mioceno (15-10 Ma) han sufrido un volcamiento producto de la acción de una falla de edad Mioceno Tardío ubicada en el margen oriental. Esta misma falla causó la superposición de las rocas metamórficas del Mesozoico sobre los sedimentos del Mioceno y un acortamiento adicional evidenciado por pliegues abiertos en la Formación Quillollaco. Simultáneamente se dio un plegamiento originando formas isoclinales cuyos ejes son paralelos a la falla.

#### 7.2.3.1 Geología estructural del sector de estudio

En el sector de estudio existe una falla inversa que se localiza en un talud de los cortes de la vía, al margen izquierdo de la vía de integración barrial perteneciente a la Formación San Cayetano, este fenómeno es más notorio debido a que el talud es bien inclinado y se encuentra en las coordenadas:

<sup>27</sup> Tomado de ENSAYO METODOLÓGICO PARA LA EVALUACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE LA AMENAZA POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA, CUENCA DE LOJA. Francisco Abad. Julio 2006.

Punto inicial	Punto final
X= 697180	X= 697163
Y=9555182	Y=9555188
Z= 2312	Z= 2311

Se tomaron datos estructurales cuya dirección de la falla es de  $208^\circ$ , y el buzamiento  $12^\circ$  NE.

Se puede observar un cambio de litología en el lugar como son unas pequeñas grietas, esto debido a las lluvias, las cuales acumulan agua y disuelven la calcita, provocando que se percolen en forma de solución de concentrados es decir en forma de nódulos (**ver figura 39**).



**Figura 39.** Material de la falla (calcita en forma de nódulos).



**Figura 40.** Toma de datos de yacencia.

Además se observa una humedad permanente en el talud, debido a aguas subterráneas existentes en el lugar consecuencia de infiltraciones de tuberías mal manejadas que están atravesando el talud; adicionalmente sumado a esto la erosión del material, provocadas por arrastres de viento, agua (constantes lluvias, etc).

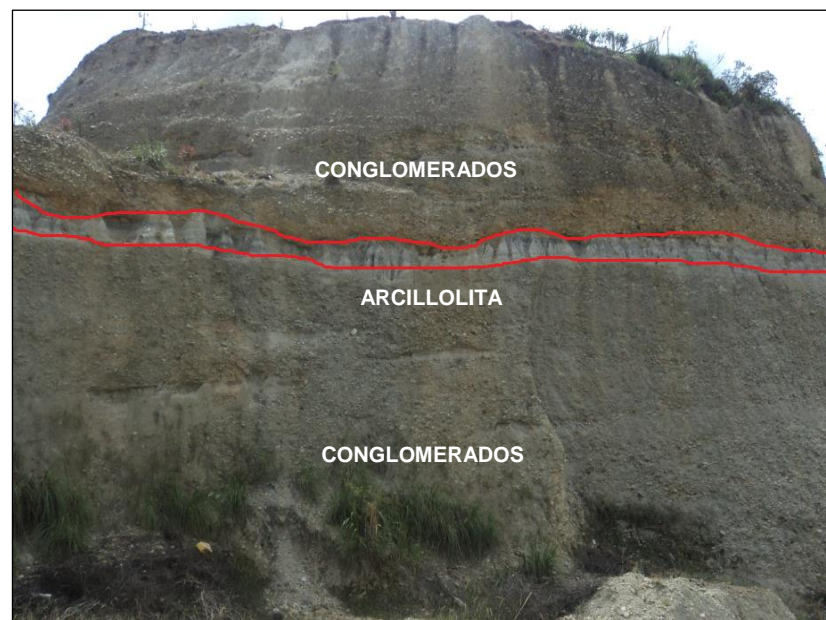
Este tipo de falla se genera por esfuerzos de compresión en el talud. Tiene movimientos horizontales donde el bloque superior se encuentra por encima del bloque inferior. Ocurre en áreas donde las rocas se comprimen unas contra otras de forma que la corteza rocosa de un área ocupa menos espacio, generando un área expuesta de la falla llamada “saliente”.

## 7.2.4 Geología Local

La zona de estudio se encuentra al borde Occidental de la cuenca sedimentaria de Loja, una vez recorrido y descrito el tipo de roca de cada afloramiento, mediante fichas de campo (**ver anexo 1**), se dividió en zonas de acuerdo a la litología presente y formación, el área de estudio y geológicamente consta de:

**Conglomerados con matriz areno-arcillosa.-** está presente al Este y Oeste de la zona de estudio, se pudo observar 7 afloramientos pertenecientes a la formación Quillollaco.

- ✓ **Afloramiento 1.-** Se encuentra junto a la vía de integración barrial, aflorando al Oeste de la zona de estudio en las coordenadas **X=697618 Y=9554932**; en este afloramiento se pudo evidenciar dos litologías tal como se muestra en la **figura 41**, la parte más superficial se caracteriza por la presencia de conglomerados con cantos semiredondeados a angulosos entre 5 y 10 cm de diámetro; con un alto grado de meteorización y un espesor de 9 m, debajo de esta capa yace una capa de arcillolita de color gris de 0.80 m de espesor. Los conglomerados son más característicos en este afloramiento los cuales están buzando  $24^\circ$  hacia el SE.



**Figura 41.** Afloramiento de conglomerado y arcillolita perteneciente a la formación Quillollaco.

- ✓ **Aflorar**

el

barrio la Cofradía en las coordenadas  $X=697529$   $Y=9555026$ , este afloramiento consta de conglomerados con matriz arcillosa de coloración gris oscura a gris clara, los clastos son semiredondeados de 2 a 15 cm aproximadamente, un espesor de 4.20 m y con alto grado de meteorización.



Figura 42. Afloramiento de conglomerado en el Barrio la Cofradía.

- ✓ **Afloramiento 3.-** Ubicado en la Ciudadela “Los Operadores” al este de la vía de integración barrial, se puede evidenciar conglomerados con matriz arcillosa de color marrón, los clastos son semiredondeados de 5 a 10 cm aproximadamente; en las coordenadas  $X= 697888$   $Y= 9555023$ .



Figura 43. Afloramiento de conglomerado (Ciudadela “Los Operadores”).

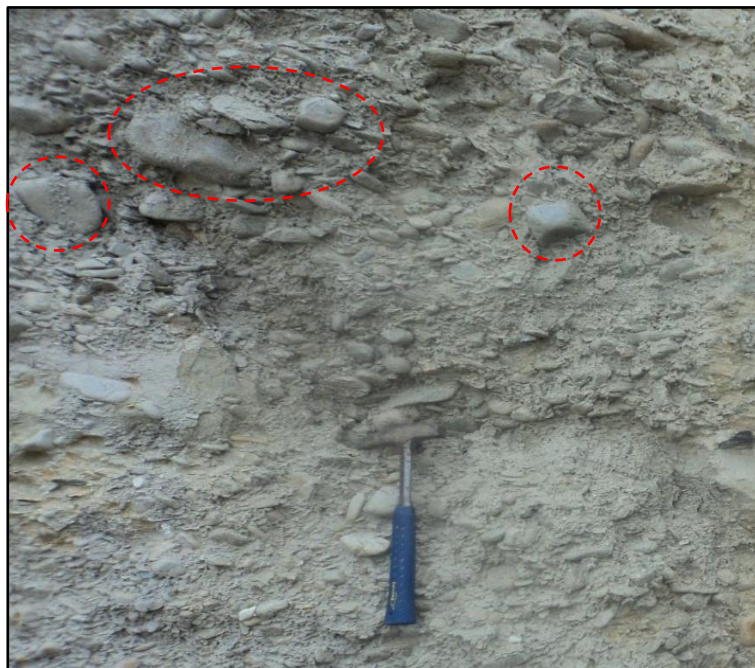


Figura 44. Clastos semiredondeados de 5 a 15 cm.

- ✓ **Afloramiento 4.-** Aflora al Este de la zona de estudio junto a la vía de integración barrial, en este afloramiento se puede evidenciar conglomerados con matriz areno-arcillosa de color marrón, los clastos son semiredondeados de 5 a 10 cm y un espesor de 7.70 m. Ubicado en las coordenadas  $X=697730$   $Y=9555016$ .



**Figura 45.** Afloramiento de conglomerados junto a la vía de integración barrial.

- ✓ **Afloramiento 5.-** Se encuentra ubicado al Nor-Oeste del área de estudio en el barrio Chonta cruz alto, en las coordenadas  $X=696845$   $Y=9555146$ ; en este afloramiento se pudo observar una sola capa de conglomerados con matriz arcillosa, con cantos angulosos de 5 a 15 cm de diámetro de color blanquecino, presencia de óxido de hierro y un espesor de 6 m.





Figura 46. Conglomerados del barrio Chonta cruz alto.

- ✓ **Afloramiento 6.-** Aflora en el barrio Chonta cruz alto, en las coordenadas  $X=696902$   $Y=9555290$ , en este afloramiento se pudo visualizar conglomerados con matriz arcillosa, con cantos angulosos de 5 a 15 cm de diámetro de color gris claro con presencia de óxido de hierro y un espesor de 4 m.



Figura 47. Conglomerados del barrio Chonta cruz alto.

- ✓ **Afloramiento 7.-** Se encuentra aflorando al Sur-Oeste de la zona de estudio, detrás de la vía de integración barrial en las coordenadas  $X=6967144$   $Y=9554788$ , en este afloramiento se pudo visualizar conglomerados con matriz arcillosa, con cantos semi-angulosos de 2 a 15 cm de diámetro de color gris claro con y un espesor de 7m.



**Figura 48.** Afloramiento de conglomerados en la entrada del Relleno sanitario.

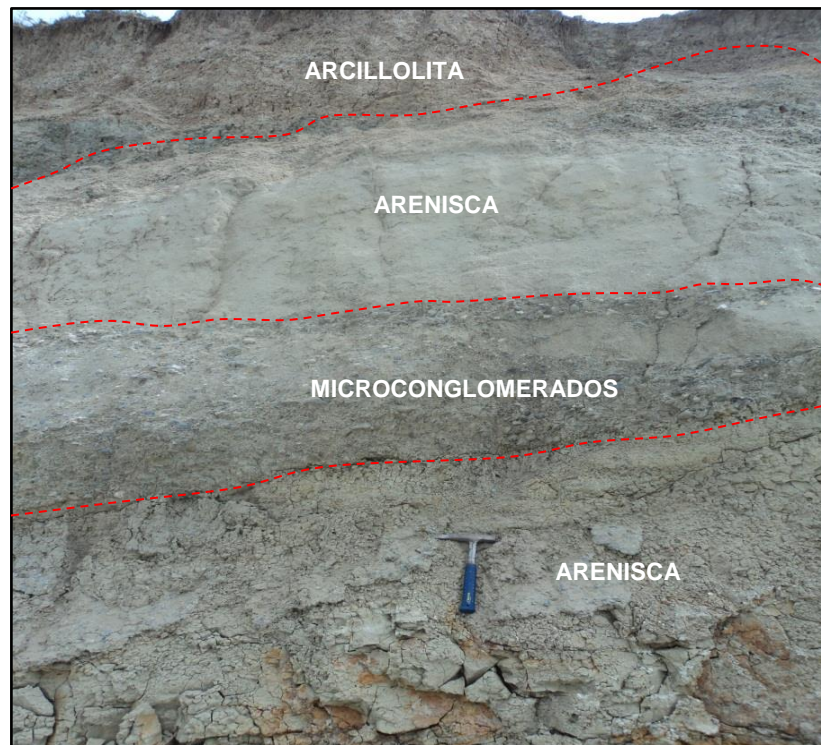
**Arcillolita e intercalaciones de conglomerados.-** se encuentran aflorando al Nor-Oeste en la zona de estudio, junto a la vía de integración barrial pertenecientes a la formación San Cayetano; en el cual se pudo observar cuatro afloramientos, los cuales se describen a continuación:

- ✓ **Afloramiento 8.-** Este afloramiento está ubicado al Este de la zona de estudio, en las coordenadas  $X=697351$   $Y=9555203$  se caracteriza por la presencia de tres litologías, en la parte superior, tal como se muestra en la **figura 49** se puede observar una capa de arcillolita de color café claro con 0.50 m de espesor; seguido de una capa de conglomerados de coloración gris con matriz arenosa, con cantos semi-angulosos de 10 a 15 cm de diámetro y 2 m de espesor, en la parte inferior se observa otra capa de arcillolita de color gris claro con presencia de óxido de hierro y con un espesor de 3 m; con buzamientos de  $21^\circ$  al NE.



**Figura 49.** Afloramiento de arcillolita y conglomerados en la Vía de Integración Barrial.

- ✓ **Afloramiento 9.-** Aflora al Oeste de la zona de estudio junto a la vía de integración barrila en las coordenadas  $X=697153$   $Y=9555191$ , en la **figura 50** se puede observar en la parte basal del afloramiento una capa de arcillolita de color café oscuro con un espesor de 4 m; seguido se deposita otra capa de arenisca de la misma coloración con un espesor de 5 m, luego se puede observar una capa muy definida de microconglomerados con matriz arcillosa de coloración gris claro y un espesor de 1.5 m sus cantos son angulosos de 2 mm a 4 mm, y una capa final de arenisca carbonatada con un espesor de 3 m con presencia de óxido de hierro.



**Figura 50.** Afloramiento de arcillolita, arenisca y microconglomerados en la Vía de Integración Barrial.

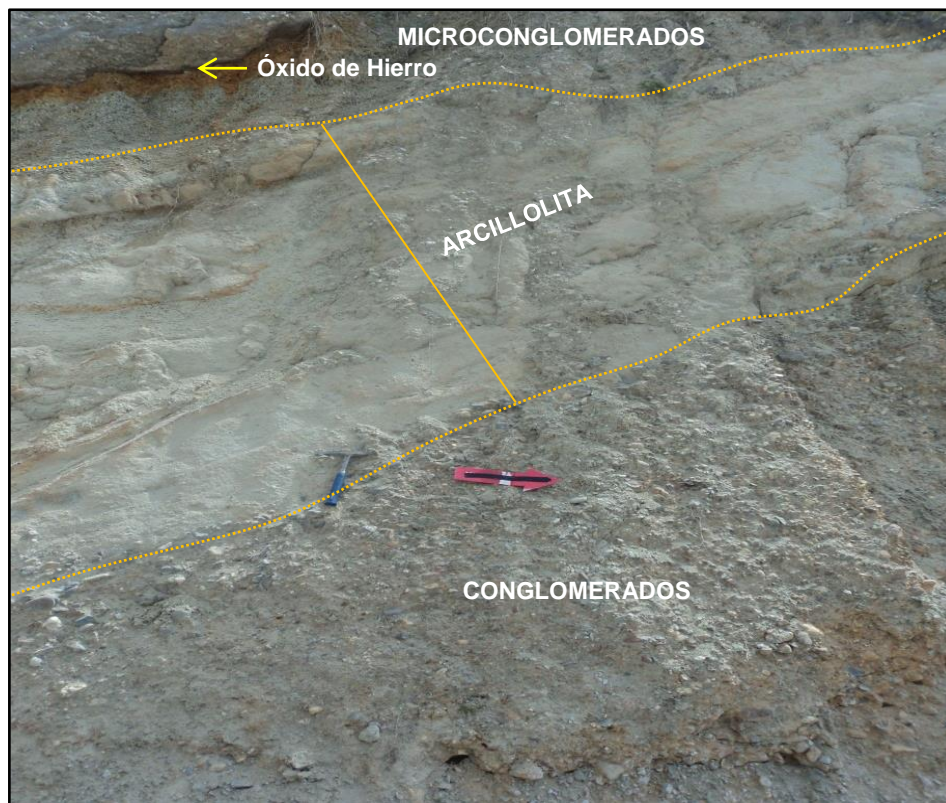
A lado de este afloramiento se pudo visualizar una falla inversa al margen izquierdo de la vía de integración barrial, cuya dirección es de  $208^\circ$ , y el buzamiento  $12^\circ$  NE (ver figura 51).

El material de dicha falla está compuesta de material como: arcillolita, arcillas con capas de areniscas fuertemente plegadas y material carbonatado (calcita), también se pudo observar unas pequeñas grietas, esto debido a las lluvias, las cuales acumulan agua y disuelven la calcita, provocando que se percolen en forma de solución de concentrados es decir en forma de nódulos.



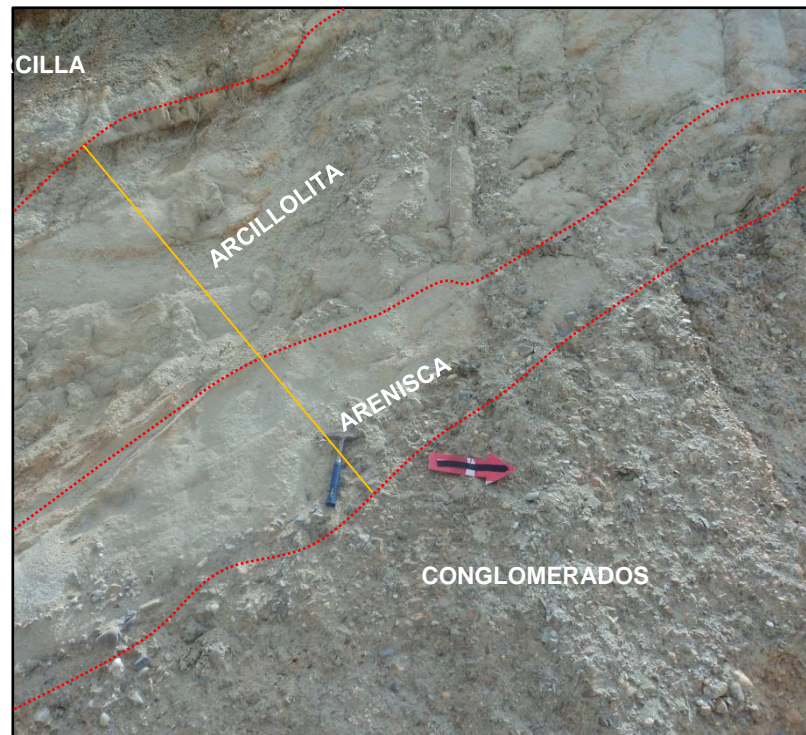
Figura 51. Falla Inversa en la zona de estudio.

- ✓ **Afloramiento 10.-** Se ubica al Oeste del área de estudio junto a la vía de integración barrial en las coordenadas  $X=697144$   $Y=9554788$ , en este afloramiento se puede observar una capa de microconglomerados con matriz arcillosa de coloración marrón; un espesor de 3 m y presencia de óxido de hierro, siguiendo la secuencia de depositación se puede observar un paquete de arcillolita de color gris claro y un espesor de 4 m, debajo de esta capa yace otra capa de conglomerado; sus clastos son de 5 a 10 cm de diámetro con alto grado de meteorización y un espesor de 7 m, con un buzamiento de  $59^\circ$  NE.



**Figura 52.** Afloramiento de Conglomerados y arcillolita en la Vía de Integración Barrial.

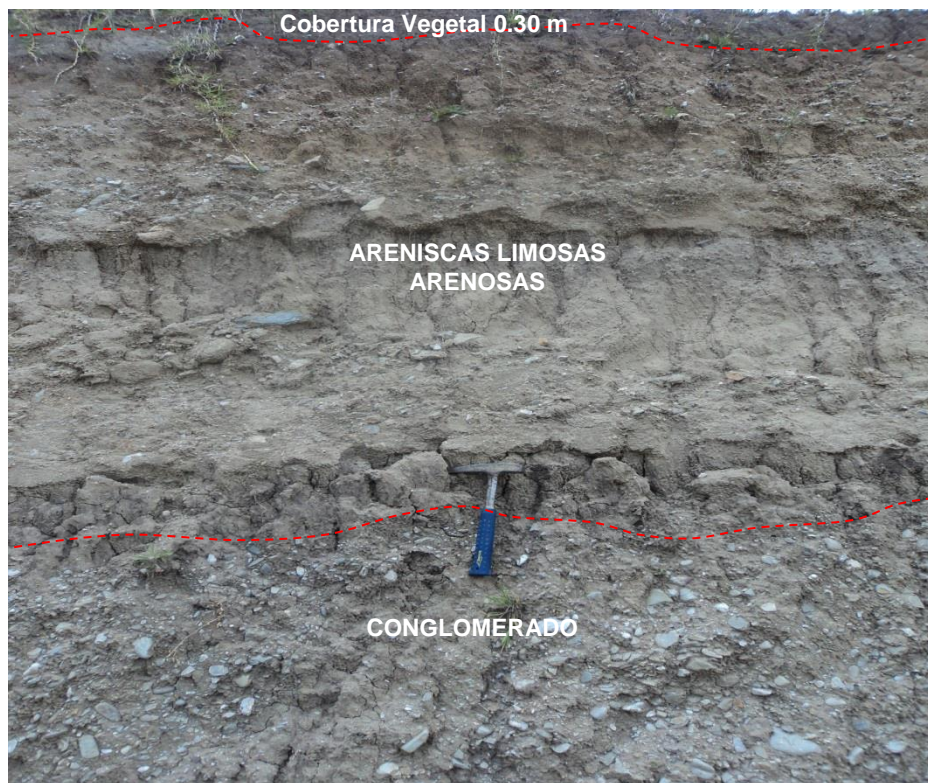
- ✓ **Afloramiento 11.-** Se encuentra ubicado junto a la vía de integración barrial al Este de la zona de estudio en las coordenadas **X:** 697010 **Y:** 9555348, este afloramiento consta de varias capas, en la parte superior aflora arcilla de color café oscuro con un espesor de 1 m, seguido de una capa de arcillolita bien compacta de color gris y un espesor de 3 m, sobre esta yace la arenisca de color marrón claro con presencia de óxidos de hierro y un espesor de 1 m, recubriendo a la arenisca sobresale un conglomerado con cantos semi-redondeados de 5 a 15 cm de diámetro con matriz arcillosa y espesor de 7 m. Cabe indicar que para la orientación se tomó entre la arenisca y la arcillolita, dándonos una buzamiento de 25° NE.



**Figura 53.** Afloramiento de arcillas, arcillolita, areniscas y conglomerado en la Vía de Integración Barrial.

**Areniscas limosas arenosas.-** se encuentran aflorando al Nor-Este de la zona de estudio, en el cual se pudo evidenciar un afloramiento; perteneciente a la formación Trigal, el cual se lo describe a continuación:

- ✓ **Afloramiento 12.-** Se encuentra en las coordenadas  $X=697215$   $Y=9555724$ . Se caracteriza por la presencia de areniscas limosas y arenosas de grano medio a grueso de coloración gris clara a café, con una potencia de 4 m, también se puede observar capas pequeñas de conglomerados, están aflorando al Este de la zona de estudio y se encuentran dentro del proyecto urbanístico "CASCARILLAS"



**Figura 54.** Afloramiento de arcillas limosas de la formación Trigal.

El Mapa Geológico se realizó a escala de impresión 1: 5000 en base a 13 afloramientos descritos en el campo como se puede observar en la Tabla 9.

**Tabla 7.** Descripción de afloramientos en la zona de estudio.

N°	X	Y	Z	AZIMUT	BUZAMIENTO
1	697618	9554932	2291	113°	24° SE
2	697529	9555026	2294		
3	697888	9555023	2239		
4	697730	9555016	2259		
5	697351	9555203	2299	95°	21° NE
6	697153	9555191	2320		
7	697144	9554788	2342	333°	59° NE
8	696845	9555146	2361		
9	696902	9555290	2344		
10	697010	9555348	2325	115°	25° NE





11	697129	9555752	2290		
12	697215	9555724	2294		

Fuente: Elaboración propia

Una vez realizado el mapa geológico a escala 1:4.500, se procedió al cálculo de las áreas y sus respectivos porcentajes tal como se muestra en **la tabla 8** se determinó que el sector de estudio se encuentra conformada en un 87.67% del terreno de conglomerados de matriz areno arcillosa los cuales se encuentran en casi toda la extensión de la zona de estudio, en un 6.03% en la parte final del sector de estudio afloran arcillas limosas arenosas y depósitos conglomeraticos, el 4.28% consta de depósitos de arcillolita con intercalaciones de areniscas y microconglomerados, en el 2.01% del terreno existe arcillas, arcillolitas, arenisca y conglomerados.

**Tabla 8.** Descripción de afloramientos en la zona de estudio.

LITOLOGÍA	Área (ha)	Área (%)
Conglomerados con matriz areno arcillosa	63.620	87.670
Arcillolita con intercalaciones de arenisca y microconglomerados	3.107	4.285
Arcilla, arcillolita, arenisca y conglomerados	1.459	2.012
Arcillas limosas arenosas	4.376	6.033
<b>TOTAL</b>	<b>71.56</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia

# **MAPA DE GEOLOGÍA LOCAL**



## 7.2.5 Geomorfología

La determinación de las diferentes unidades geomorfológicas existentes en el sector de estudio se lo realizó mediante las “tablas modificadas de CLIRSEN del proyecto “Generación de Geoinformación para la Cuenca del Río Guayas escala 1: 250.000”, las cuales fueron descritas anteriormente en la metodología.

Además se define el tipo de la forma del relieve a través de un nombre representativo, enmarcado en el análisis de las características del paisaje y subpaisaje en donde las unidades morfológicas definidas tienen en cuenta una estructura jerárquica según su importancia, de la siguiente manera: Unidad genética, Unidad morfológica y Forma de relieve como se puede apreciar en la **tabla 11**.

Para la asignación de colores y tramados de los polígonos de las unidades geomorfológicas se definieron con base en la morfología y morfogénesis correspondientes de acuerdo a la propuesta por Carvajal, 2002 (**ver tabla 9**), cada una con su respectivo tramado y codificación a cada unidad geomorfológica.

**Tabla 9.** Colores establecidos para las geoformas de cada unidad geomorfológica.

UNIDAD DE MAPEO POR GÉNESIS DE LAS GEOFORMAS	COLOR
Formas de Origen Estructural	Púrpura
Formas de Origen Volcánico	Rojo
Formas de Origen Denudativo	Marrón
Formas de Origen Fluvial	Azul
Formas de Origen Lacustre/Marino	Verde
Formas de Origen Glacial/Periglaciario	Gris
Formas de Origen Eólico	Amarillo
Formas de Origen Cárstico	Naranja
Formas de Origen Antrópico/Biológico	Negro

**Fuente:** Carvajal 2002.



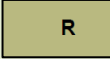
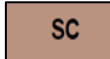
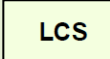


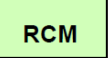
En la zona de estudio predominan las **superficies de cuestras**, que ocupan 80% del total de la zona de estudio; seguido de **laderas cóncavas suaves** con 8.88%; seguido están los **escarpes** con 4.98%; luego le sigue **frente de cuesta** con 3.23%; el **relieve colinado medio** con el 1.66%; y finalmente **rellano** con el 1.25%; para mejor apreciación ver la **tabla 10**:

**Tabla 10.** Geomorfología del sector Cofradía hasta Chonta cruz.

UNIDAD GENÉTICA	ÁREA (ha)	ÁREA (%)
Superficie de cuesta	57.27	80.0
Escarpes	3.57	4.98
Frente de cuesta	2.29	3.23
Laderas cóncavas suaves	6.35	8.88
Relieve colinado medio	1.18	1.66
Rellano	0.90	1.25
<b>TOTAL</b>	<b>71.56</b>	<b>100</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 11.** Descripción de unidades morfológicas en la zona de estudio.

UNIDAD GENÉTICA	UNIDAD MORFOLÓGICA	FORMA DE RELIEVE	COLOR	PENDIENTE	DESCRIPCIÓN
<b>Formas estructural</b>	Estructuras monoclinales	Rellano		15-40%	Superficies relativamente planas en laderas, dentro de la zona de estudio se encuentran desarrolladas en areniscas arenosas limosas.
		Superficie de cuesta		12-25%	Superficies de forma recta con pendientes inclinadas a moderadamente escarpadas, limitadas por escarpes, las cuales están ocupadas por urbanizaciones, y proyectos urbanísticos, estas se desarrollan en conglomerados con intercalaciones de arcilla y arcillolita.
		Laderas cóncavas suaves		10-25%	Formas cóncavas de pendiente suave ocupado por ciertas urbanizaciones, en cuanto a su litología constan de conglomerados con matriz arcillosa.
		Frente de cuesta		>50%	Corresponde a la vertiente más escarpada y de menor longitud que presenta una cuesta, constan de conglomerados y areniscas limosas.
<b>Formas de origen estructural_fluvio erosional</b>	Estructuras monoclinales	Escarpe		12-40%	Formas subverticales mayoritariamente denudadas de cimas agudas con drenaje paralelo.
<b>Tectónico erosivo</b>	Relieve	Relieve colinado medio		12-25%	Constituyen elevaciones con desniveles relativos que alcanzan los 100 m, están desarrollados en Conglomerados y areniscas limosas.

**Fuente:** Elaboración propia en base a CLIRSEN, 2010.

# **MAPA GEOMORFOLÓGICO**



## 7.2.6 Mapa de Pendientes

El mapa de pendientes del sector Cofradía hasta Chonta cruz se elaboró en base a un TIN realizado a partir de una base topográfica a escala 1: 4.500 elaborada por la autora, todo esto mediante el uso del programa ArcGis 10.1.

Se calcularon las pendientes para el área de estudio en unidades porcentuales, para lo cual se ha tomado la clasificación seleccionada, establecida por Brabb, 1993 (**ver tabla 12**).

**Tabla 12.** Clasificación utilizada para la elaboración del mapa de pendientes.

Rango (%)	Clase
0 – 12	Muy Baja
12 – 25	Baja
25 – 50	Media
> 50	Alta

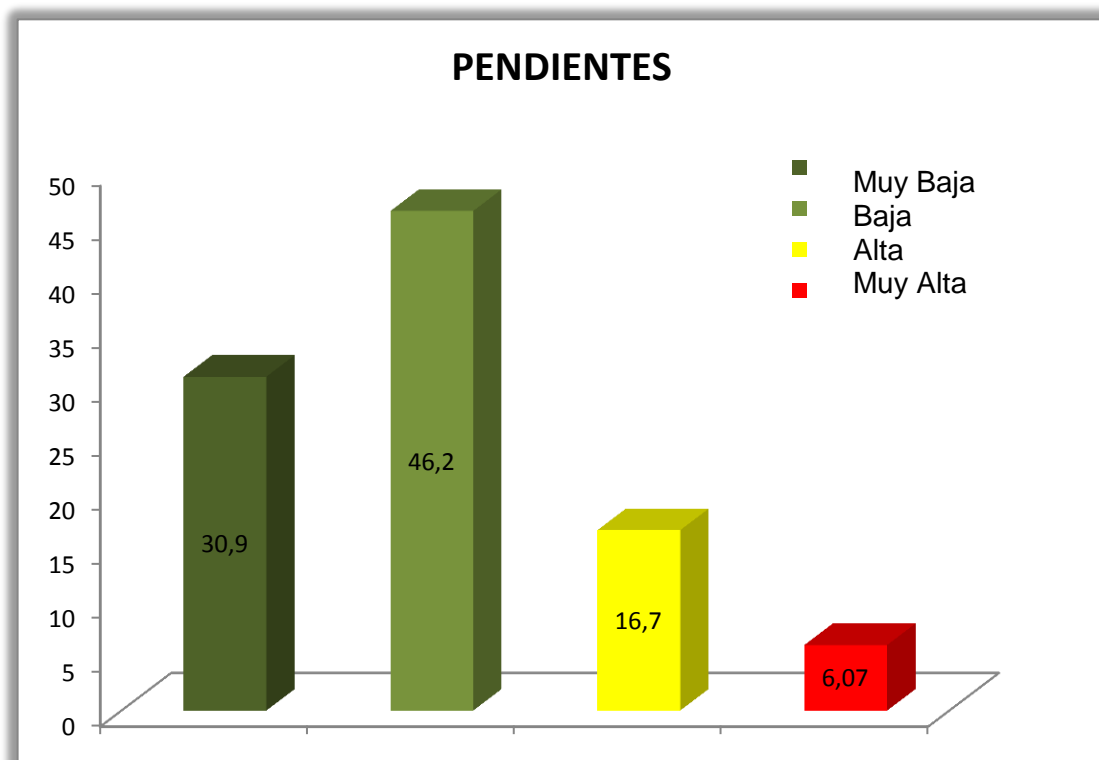
**Fuente:** Brabb, 1993.

La zona de estudio presenta terrenos con pendientes que varían de muy bajas a altas, predominando las pendientes bajas; las cuales se encuentran al Este y Oeste del área intervenida, las mismas que se encuentran ocupando 33,31 hectáreas que corresponden al 46,2% del total del área de estudio; ocupado por pastos y viviendas.

Las pendientes muy bajas ocupan 22,26 hectáreas que corresponde al 30,9% localizándose en la mayor parte de la zona de estudio al Nor-Este y Nor-Oeste del área, está constituida básicamente por la zona urbana, pastos; seguidamente están las pendientes medias ocupan 12,04 hectáreas que corresponden al 16,7%, localizadas al Nor-Este del área de estudio; y por último están las pendientes altas, ocupan 4,37 hectáreas que corresponde al 6,07% constituida en una zona de montaña, con colinas medias, localizadas al Sur-Oeste y Nor-Este; para mejor apreciación **ver tabla 13**.

**Tabla 13.** Resultados obtenidos mediante el mapa de pendientes del sector Cofradía hasta chonta cruz

Rango (%)	Clase	Área (ha)	Área (%)
0 – 12	Muy Baja	22,26	30,9
12 – 25	Baja	33,31	46,2
25 – 50	Media	12,04	16,7
> 50	Alta	4,37	6,07



**Figura 55.** Representación Gráfica de Pendientes del sector de estudio.

Como resultado final se tiene el Mapa de pendientes a escala de impresión 1:4. 500 en formato A3.



# **MAPA DE PENDIENTES**



## 7.2.7 Mapa de Uso actual del suelo

El uso actual del suelo de la zona de estudio presenta características muy particulares. En este sentido se puede señalar que en el caso de los **pastos naturales** son los que más predominan, ocupando el 40.85% del total de la zona de estudio; seguido de la **Zona poblada**, el cual ocupa el 39.49%; el 5.94% ocupan lo que son las **Avenidas de hormigón**; el 5.28% ocupado por el **Área denudada**; mientras que el 4.47% los **Cultivos**, estos cultivos son para consumo propio y venta en los distintos mercados de la ciudad; luego están la **Vegetación arbórea**, esta especie vegetal ocupa el 3.80%; mientras que los **Deslizamientos** ocupan el 1.11%; y por último tenemos los **Tanques de agua** que ocupan el 0.06%.

En este mapa se obtuvo diferentes tipos de uso actual del suelo, para mayor apreciación ver la **tabla 14**:

**Tabla 14.** Uso actual del suelo del sector Cofradía hasta Chonta cruz.

Uso actual del suelo	Área (ha)	Área %
Pasto natural	29.23	40.85
Zona Poblada	27.53	38.49
Avenida hormigón	4.25	5.94
Área Denudada	3.78	5.28
Cultivos	3.2	4.47
Vegetación arbórea	2.72	3.80
Deslizamientos	0.8	1.11
Tanque de Agua	0.05	0.06
<b>TOTAL</b>	<b>71.56</b>	<b>100</b>

**Fuente:** Elaboración propia

# **MAPA DE USO ACTUAL DEL SUELO**



## 7.2.8 Valoración e interpretación de las zonas susceptibles a deslizarse

Para realizar el análisis de susceptibilidad a deslizamientos en la Vía de Integración Barrial en el sector Cofradía hasta Chonta Cruz, se realizó mediante la metodología propuesta anteriormente, utilizando el programa ArcGis 10.1, debido a que esta nos permite el análisis en conjunto de las variables utilizadas para tener como resultado un estudio satisfactorio.

Mediante la elaboración del mapa de susceptibilidad nos permitirá determinar los sectores que son más propensos a deslizarse, en base a los 4 factores como son: geomorfología, geología, pendientes y uso actual del suelo.

El proceso consistió en establecer diferentes pesos a los factores de 1 a 5 dependiendo del grado de influencia que tiene cada variables, estos valores reclasificados en 5 categorías son en base a la facilidad con que las variables propician a los deslizamientos, como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla15.** Condición para asignación de pesos.

CLASES	PESOS
Condiciones biofísicas muy bajas para que se produzcan deslizamientos.	1
Condiciones biofísicas menos desfavorables para que se produzcan deslizamientos.	2
Condiciones biofísicas desfavorables para que se produzcan deslizamientos.	3
Condiciones biofísicas severas haciendo que los espacios geográficos que presentan estas características sean muy susceptibles a deslizamientos.	4
Condiciones biofísicas muy severas haciendo que los espacios geográficos que presentan estas características sean muy susceptibles a deslizamientos.	5

**Fuente:** Tambo 2011. “Estudio del peligro de deslizamiento del norte de la ciudad de Loja, provincia de Loja Ecuador”.



A continuación se muestra en la **tabla 16, 17, 18 y 19** los pesos asignados a cada variable según (Janssen and Van Herwijnen, 1994). Tomando estas condiciones se asignaron pesos según su influencia en el desarrollo de deslizamientos, para lo cual se indican las siguientes variables:

**Tabla 16.** Asignación de pesos para la variable de geología.

<b>GEOLOGÍA</b>	<b>PESO</b>
Arcillolita con intercalaciones de arenisca, microconglomerados con matriz arcillosa.	<b>5</b>
Arcilla, arcillolita, arenisca y conglomerados con matriz arcillosa,	<b>5</b>
Conglomerados con matriz arcillosa, presencia de material metamórfico e intercalaciones de arcilla y arcillolita.	<b>3</b>
Areniscas arenosas limosas	<b>3</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 17.** Asignación de pesos para la variable de geomorfología.

<b>GEOMORFOLOGÍA</b>	<b>PESO</b>
Superficies de cuevas	<b>3</b>
Escarpe	<b>5</b>
Frente de cuesta	<b>4</b>
Ladera cóncavas suaves	<b>3</b>
Relieve colinado medo	<b>2</b>
Rellano	<b>2</b>

**Fuente:** Elaboración propia



**Tabla 18.** Asignación de pesos para la variable de uso actual del suelo.

USO ACTUAL DEL SUELO	PESO
Pasto natural	3
Zona Poblada	3
Avenida hormigón	2
Área Denudada	5
Cultivos	3
Vegetación arbórea	2
Deslizamientos	5
Tanque de Agua	3

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 19.** Asignación de pesos para la variable de pendientes.

PENDIENTE	PESO
Muy Baja	1
Baja	2
Media	3
Alta	5

**Fuente:** Elaboración propia

Seguidamente se realizó el cruce de los mapas a través de la Suma de Rangos, donde el mayor peso se le asignó a **Geología** (0.40), seguidamente por **Geomorfología** (0.30), luego por **Uso actual del suelo** (0.20), y finalmente **Pendientes** (0.10); esta asignación se la realizó en base al grado de influencia a la inestabilidad del terreno.

Los pesos asignados a las variables fueron determinados después de diferentes análisis, y observando el mejor resultado que se asemeje a la realidad, por otro lado el sector de estudio es en su mayor parte plano por lo que la variable pendiente no tiene mucha influencia; es por ello que tiene el menor peso, mientras que geomorfología y geología pesos mayores; ya que la litología presente en el sector de estudio consta de



rocas sedimentarias, las cuales son consideradas conjuntamente con el agua como un material inestable; y la variable Geomorfología, la cual con las geoformas presentes en el sector nos ayudan a determinar zonas inestables, y finalmente el Uso actual del suelo, por lo que puede ser modificado en lo que respecta al uso del suelo y ser relativamente un terreno estable.

Para el análisis cartográfico de susceptibilidad se realizó bajo la secuencia del modelo de construcción *Model Builder*, tal como se muestra en la **figura 56** el cual es una aplicación que se utiliza para crear, editar y administrar modelos. Los modelos son flujos de trabajo que encadenan secuencias de herramientas de geoprocésamiento y suministran la salida de una herramienta a otra herramienta como entrada; para posteriormente obtener el mapa de susceptibilidad a deslizamientos.

**Tabla 20.** Categorías de Susceptibilidad a Deslizamientos.

Clases	Código
Muy baja susceptibilidad	1
Baja susceptibilidad	2
Mediana susceptibilidad	3
Alta susceptibilidad	4
Muy alta susceptibilidad	5

**Fuente:** elaboración propia

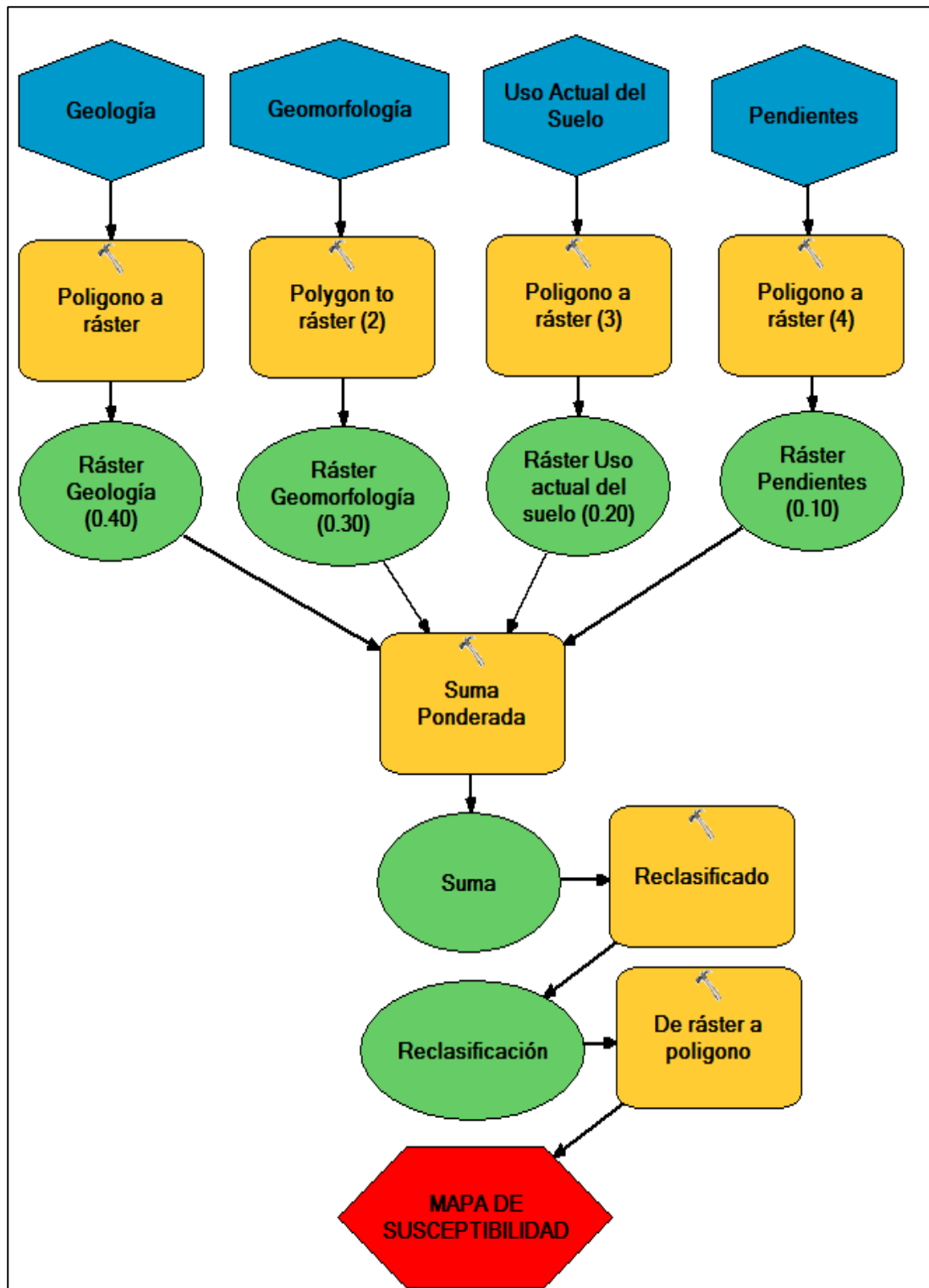


Figura 56. Secuencia del modelo "Model Builder"





El cuadro resultante de la suma nos permite encontrar las áreas de cada una de las categorías como se muestra en siguiente tabla.

**Tabla 21.** Áreas de Susceptibilidad a Deslizamientos.

Categoría	Área (ha)	Área (%)
Muy Baja	2.714	3.792
Baja	44.05	61.55
Moderada	9.951	13.90
Alta	6.787	9.484
Muy Alta	8.058	11.260
<b>TOTAL</b>	<b>71.56</b>	<b>100</b>

**Fuente:** Elaboración propia

Dándonos como resultado el mapa de susceptibilidad a deslizamientos del Sector Cofradía hasta Chonta Cruz, en donde cada área tiene sus respectivas características y condiciones de uso como se describe a continuación:

La clase de **susceptibilidad muy baja** consta del 3.792% del total del área de estudio, distribuida menormente en la parte sur este y norte de la zona de estudio. Constituida por relieve colinado medio, superficies de cuestras y rellano, con una litología compuesta por conglomerados con intercalaciones de arcillas y areniscas limosas y arenosas con una pendiente muy baja lo cual conlleva a que no haya susceptibilidad a deslizamientos, cuyo suelo se ocupa en pastos naturales, cultivados y vegetación arbórea.

La clase de **susceptibilidad baja** representa el 61.55% del área de estudio. Se encuentra mayormente distribuido en toda el área intervenida, constituida por laderas cóncavas suaves y superficies de cuestras. Su litología consta conglomerados con matriz areno-arcillosa e intercalaciones de arcillas; en esta clase de susceptibilidad predominan los pastos naturales, cultivados y la zona urbana.



La clase de **susceptibilidad moderada** conlleva el 13.90% del área de estudio. Se encuentra distribuido en la parte central y nor-este de la zona de estudio, consta de superficies de cuestras con una litología compuesta por arcillas, arcillolitas, areniscas y conglomerados con intercalaciones de arcillolitas, predominando los pastos naturales y la zona urbana y cultivos.

La clase de **susceptibilidad alta** abarca el 9.48% del área. Se encuentra distribuido en la parte central nor-este del área intervenida, está caracterizada por superficies de cuestras con una litología que comprende arcillas, arcillolitas y conglomerados; predominando las zonas denudadas.

Mientras que la clase de **susceptibilidad muy alta** consta del 11.26% del total del área de estudio y se encuentra mayormente en la parte central y norte del sector, está constituida por deslizamientos activos y escarpes. Su litología se conforma de arcillas, arcillolitas y areniscas limosas-arenosas, lo que provoca que sea muy susceptible a la ocurrencia de deslizamientos

El 20.74% del área de estudio se encuentra inmerso en un grado de susceptibilidad alta y muy alta, actualmente dentro del área representada por estas dos categorías se encuentra ocupada por deslizamientos, escarpes y zonas denudadas, su litología en su totalidad es de arcillas arcillolitas y areniscas limosas-arenosas, los cuales se encuentran saturadas de agua y tienen una pendiente alta a muy alta lo que la hace un área muy susceptible a los deslizamientos, dentro de estas dos categorías se encuentran 3 viviendas y estimando 5 personas por vivienda sería un total de 15 personas que estarían en riesgo a cualquier deslizamiento. Mientras que la mayor parte de poblados se encuentran dentro del área con susceptibilidad muy baja y baja, lo que no ocasiona ningún problema ni pérdida por presencia de deslizamientos.

# **MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS**



## 7.2.9 Inventario de Deslizamientos

Durante el trabajo de campo se utilizó el formulario de caracterización de movimientos en masa en donde se detalla cada deslizamiento (**ver anexo 2.1 – 2.2**). Se mapeo un total de 4 deslizamientos que abarcan 0.80 hectáreas del total de la zona de estudio, el primer deslizamiento se encuentra ubicado al Nor-Este en la ciudadela Hermana Laura; mientras que los otros tres deslizamientos se encuentran ubicados al Nor-Oeste del área a estudiar en los taludes en la parte superior de la vía de integración barrial, siendo característicos en las zonas donde existen presencia de arcillas y arcillolitas, que están saturados de agua por las intensas lluvias, sumado a esto los factores antrópicos como el corte de las laderas por apertura de la vía.

Mediante el recorrido de campo se identificó el tipo de los deslizamientos y se definió su estado actual y su relación directa con la geología local. Para mejor apreciación véase la **tabla 22 y 23**, en donde se indica el inventario de deslizamientos:

**Tabla 22.** Clasificación de los deslizamientos.

DESLAZAMIENTO	TIPO DE DESLIZAMIENTO	CAUSA
1	Traslacional	Conglomerado erosionado con alto contenido de humedad.
2	Traslacional	Presencia de arcillolitas y arcillas saturados de agua.
3	Rotacional	Factores antrópicos por apertura de vía y a esto sumado el tipo de material que son arcillas y arcillolitas.
4	Rotacional	Factores antrópicos por apertura de vía y a esto sumado el tipo de material que son arcillas y arcillolitas.

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 23.** Datos tomados en cada uno de los deslizamientos.

Código	Coordenadas UTM	Tipo de deslizamiento	Área (Ha)	Área (%)	Geometría			Causas	Daños
					Largo (m)	Ancho (m)	Profundidad (m)		
1	X=697408 Y=9555299	Traslacional	0.397	47.49	14.25	93	3	Conglomerado erosionado con alto contenido de humedad.	Zonas de cultivos, pastos.
2	X=697086 Y=9555183	Traslacional	0.225	26.93	51.14	22.56	5	Material desconsolidado por factores antrópicos debido a la apertura de la vía, sumado a esto aportes de agua debido a las intensas lluvias	Infraestructura vial y vivienda.
3	X=696993 Y=9555324	Rotacional	0.079	9.44	13.31	36	7	Material desconsolidado por factores antrópicos debido a la apertura de la vía, sumado a esto aportes de agua debido a las intensas lluvias	Infraestructura vial
4	X=696957 Y=9555354	Rotacional	0.135	16.14	40.57	81.94	6	Material desconsolidado por factores antrópicos debido a la apertura de la vía, sumado a esto aportes de agua debido a las intensas lluvias	Infraestructura vial

**Fuente:** Elaborado por la Autora.

# **MAPA DE UBICACIÓN DE DESLIZAMIENTOS**



### 7.3 Caracterización Geotécnica

La caracterización geotécnica consiste en comprender el reconocimiento de campo, la investigación del subsuelo, los análisis y recomendaciones de ingeniería necesarios para el diseño y construcción de las obras en contacto con el suelo, de tal forma que se garantice un comportamiento adecuado de las estructuras, con el objeto de prevenir futuros problemas, existen diferentes métodos directos e indirectos de exploración geotécnica, entre los cuales son:

- ♣ Métodos Indirectos: Sondeos Eléctricos Verticales (SEV).
- ♣ Métodos Directos: Ensayo de Penetración Estándar (SPT).

#### 7.3.1 Sondeos Eléctricos Verticales (SEV)

La interpretación para cada uno de los sondeos presenta una serie de capas geoelectricas, representadas como capas, las cuales correlacionan los estratos y unidades geológicas. Los Sondeos Eléctricos Verticales se los realizaron mediante el arreglo Schlumberger de 4 electrodos. En el sector de estudio se realizaron 4 líneas paralelas a la vía de integración Barrial; los mismos que fueron distribuidos en distintos lugares, los puntos del SEV se los puede observar en el mapa geológico de la zona de estudio.

**Tabla 24.** Coordenadas UTM de los Sondeos Eléctricos Verticales.

SEV	PUNTO INICIAL		PUNTO FINAL	
	X	Y	X	Y
LÍNEA 1	697593	9554850	698676	9553716
LÍNEA 2	697748	9554988	697338	9554926
LÍNEA 3	697204	9554966	697223	9554902
LÍNEA 4	697302	9555044	697308	9555006

Fuente: Elaborado por la Autora.

♣ Línea 1

Para este primer sondeo se realizaron 14 mediciones en campo, llegando hasta una abertura máxima AB/2 de 31.60 m, **ver anexo 3.1** para daros de campo; la misma que se realizó al margen izquierdo de la vía de integración barrial sentido Nor-Oeste.

Mediante el análisis realizado con el programa IPI2Win estableciendo un ajuste automático con un error del 2.83 %, nos dio como resultado el siguiente modelo que indica la presencia de tres estratos con su respectiva resistividad.

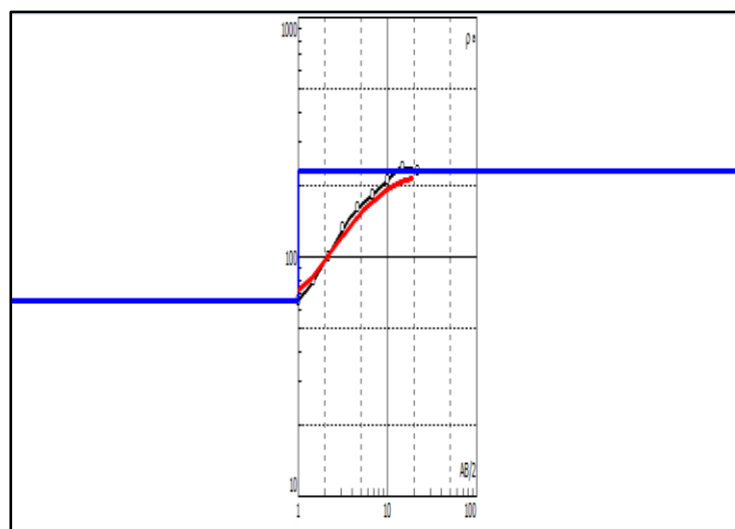


Figura 57. Curvas de resistividad del SEV 1, en el programa IPI2win.

Tabla 24. Resistividad aparente ( $\rho$ ), espesor (h), y profundidad tope (d).

$\rho$ (Ohm)	h	d
39	1.05	1.075
65.7	2.9	3.40
229	INDEFINIDO	INDEFINIDO

Fuente: Elaboración propia



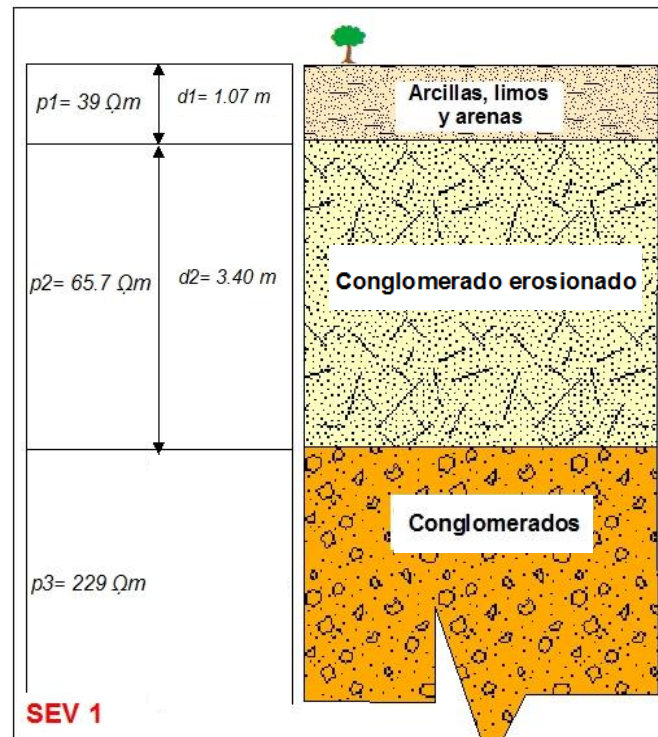


Figura 58. Perfil litológico del SEV 1.

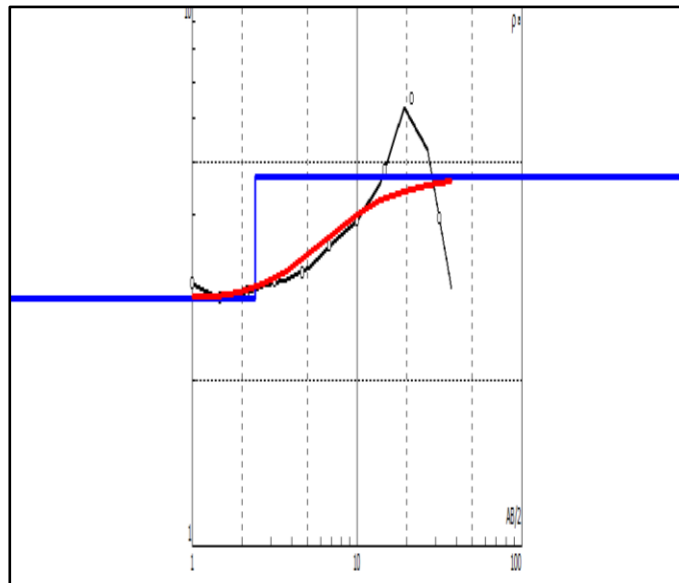
La menor resistividad de los materiales se establece en el primer estrato, el mismo que está compuesto por material de relleno sedimentario como: **arcillas, limos y arenas** con una resistividad de  $39 \Omega m$  y con una potencia de 1.05 m y una profundidad de 1.07 m.

Seguido de una capa de **conglomerados erosionados o con alto contenido de humedad**, encontrándose a una profundidad de 3.40 m y un espesor de 2.9 m, con una resistividad de  $65.7 \Omega m$ ; y finalmente encontrándose con **conglomerados** a una profundidad y espesor indefinida, con una resistividad de  $229 \Omega m$ .

♣ Línea 2

La segunda línea se realizó al margen derecho de la vía de Integración Barrial, sentido Nor-Este donde se obtuvo 14 mediciones, llegando a una abertura AB/2 de 31.60 m ver anexo 3.2 para daros de campo

El programa IPI2win a través del análisis de reajuste genero 2 capas, con un error de corrección de 18%.



**Figura 59.** Curvas de resistividad del SEV 2, en el programa IPI2win.

**Tabla 25.** Resistividad aparente ( $\rho$ ), espesor ( $h$ ), y profundidad tope ( $d$ ).

$\rho$ (Ohm)	$h$	$D$
120	7.3 m	7.35 m
192	INDEFINIDO	INDEFINIDO

**Fuente:** Elaboración propia

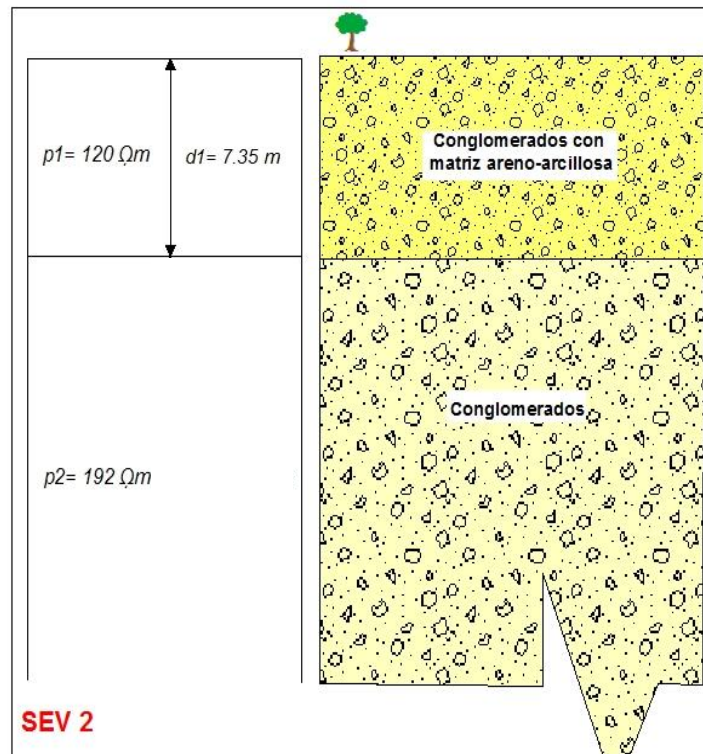


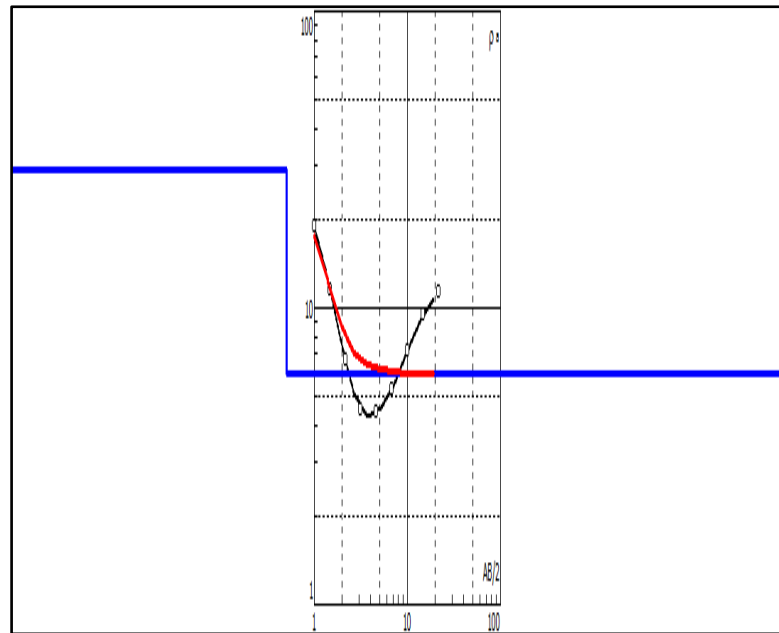
Figura 60. Perfil litológico del SEV 2.

Esta línea indica la presencia de **conglomerados con matriz areno-arcillosa** con una profundidad de 7.35 m y un espesor de 7.3 m, con una resistividad de 120  $\Omega m$ , continuando con la segunda capa la resistividad asciende (192  $\Omega m$ ); lo que nos indica que existe otra capa del mismo material como es **conglomerado**, con un espesor y profundidad indefinida.

### ♣ Línea 3

El sondeo se realizó detrás del barrio la Cofradía, al NW de la vía de Integración Barrial, donde se obtuvo 14 mediciones, consiguiendo una abertura AB/2 de 31.60 m, **ver anexo 3.3** para daros de campo

El programa IPI2win a través del análisis de reajuste genero 2 capas, con un error de corrección de 17.4%.



**Figura 61.** Curvas de resistividad del SEV 3, en el programa IPI2win.

**Tabla 26.** Resistividad aparente ( $\rho$ ), espesor ( $h$ ), y profundidad tope ( $d$ ).

$\rho$ (Ohm)	$h$	$d$
2.82	9.8	10.75 m
4.71	INDEFINIDO	INDEFINIDO

**Fuente:** Elaboración propia

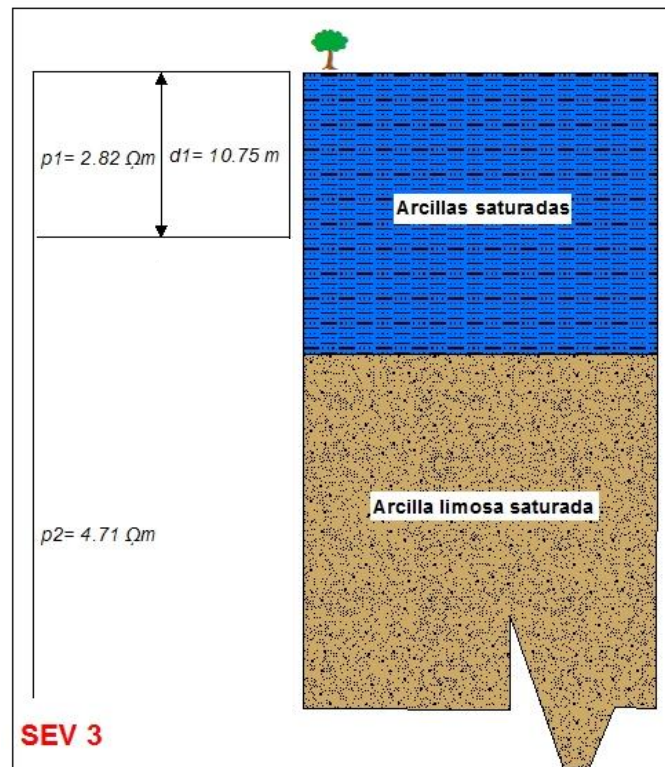


Figura 62. Perfil litológico del SEV 3.

La primera capa corresponde a **arcillas saturadas** con una profundidad de 10.75 m y un espesor de 9.8 m, con una resistividad de 2.82  $\Omega$ -m, seguido de otra capa de arcillas limosas saturadas con un espesor y profundidad indefinidas y una resistividad de 4.71  $\Omega$ -m.

En esta línea se muestra la variación de agua en los dos estratos, pudiendo encontrar capas con gran contenido de agua, lo que refleja un problema al momento de realizar cimentaciones.

#### ♣ Línea 4

El SEV 4 se efectuó al NW de la vía de Integración Barrial en dirección S-W, donde se realizó 13 mediciones de campo, consiguiendo una abertura AB/2 de 21.50 m.

El programa IPI2win procesó los datos obteniendo 3 capas, con un error de corrección de 30,3%, ver anexo 3.4 para daros de campo

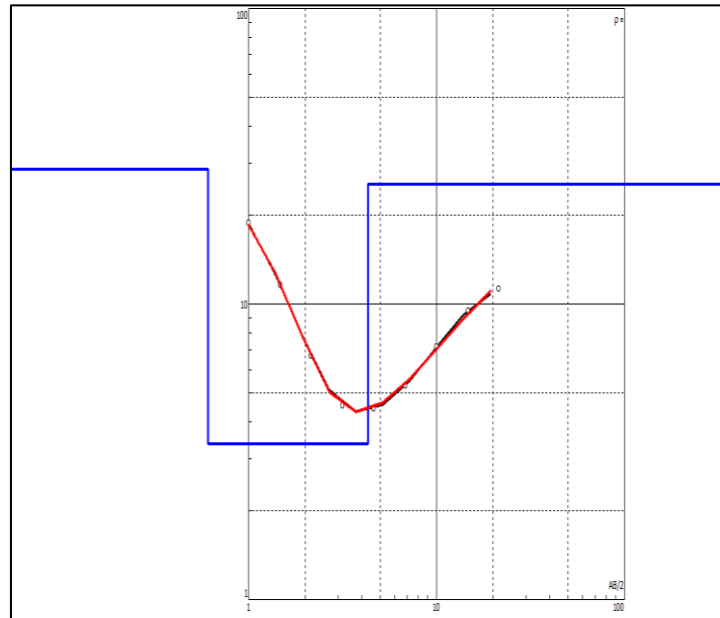


Figura 63. Curvas de resistividad del SEV 3, en el programa IPI2win.

Tabla 27. Resistividad aparente ( $\rho$ ), espesor ( $h$ ), y profundidad tope ( $d$ ).

$\rho$ (Ohm)	$h$	$d$
28.6	0.60 m	0.74 m
3.38	3.7 m	5 m
25.5	INDEFINIDO	INDEFINIDO

Fuente: Elaboración propia

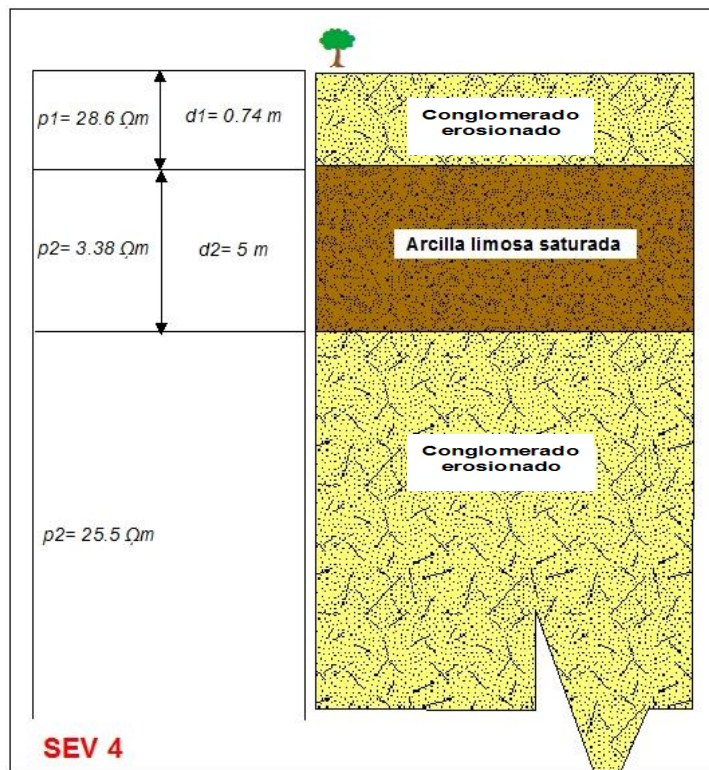


Figura 64. Perfil litológico del SEV 4.

En la superficie existen **Conglomerado erosionado** debido a sus bajas resistividades con profundidad de 0.74 m y un espesor de 0.60 m, con una resistividad de 28.6  $\Omega$ -m, en el segundo estrato están presentes **arcillas limosas saturadas** con una profundidad de 3.7 m y un espesor de 3.7 m, y una resistividad de 3.38  $\Omega$ -m, y finalmente hallándose con **Conglomerado erosionado** con una profundidad y espesor indefinida y una resistividad de 25.5  $\Omega$ -m.



## Cortes Geoeléctricos

Los cortes geoeléctrico nos permitirán proporcionar una imagen del subsuelo en términos de electrocapas, a partir de éstas y con la información geológica de la zona se puede realizar su interpretación litológica.

Los resultados obtenidos de los sondeos eléctricos se correlacionaron con la geología local obteniendo 2 cortes geoeléctricos como se puede observar en el **anexo 5**, lo que se comprueba que los materiales que predominan en el sector son: conglomerados, conglomerados erosionados, arcillas saturadas y arcillas limosas saturadas; como se muestra en la descripción de cada uno de los cortes geoeléctricos.

### Corte A-B

Este corte geoeléctrico se lo realizo en base a la interpolación de las líneas 1 y 2, al este y oeste de vía de integración barrial, en el cual se puede observar en la superficie material de relleno sedimentario (arcillas, limos y arenas) con resistividades que van desde 2.5 a 39  $\Omega$ -m, una segunda capa con resistividad de 65.7  $\Omega$ -m valores que corresponden a conglomerados erosionados o con alto contenido de humedad; deduciendo que a mayor profundidad la roca mejora por sus altas resistividades de 192 a 229-  $\Omega$ -m que corresponden a roca sana en este caso los conglomerados de la formación Quillollaco.

### Corte B-C

Este corte geoeléctrico se lo realizo en base a la interpolación de las líneas 3 y 4, en dirección Sur Oeste, en el SEV 3 se puede observar que están constituidos por materiales de acumulación con resistividades de 2.5 a 3.36  $\Omega$ -m que corresponde a arcillas saturadas; las resistividades promedio de 25.6 a 28.6  $\Omega$ -m corresponden a conglomerados de la formación Quillollaco según las resistividades se puede interpretar que la calidad de la roca es muy variable en las zonas donde los conglomerados bajan de resistividad pueden estar erosionados o contenido de humedad alto, y en las zonas donde la resistividad es alta la roca es sana, tal como se puede observar en el corte A-B.





### 7.3.2 Ensayo de Penetración Estándar

El ensayo de penetración estándar es una herramienta útil y practica para determinar la capacidad de soporte del suelo. La capacidad de soporte es utilizada en el dimensionamiento de los cimientos de una estructura. Además de obtener la capacidad de soporte, el ensayo permite obtener muestras de suelos para la realización de otros ensayos que permiten cuantificar la propiedad índice y de resistencia de un suelo; además de comprobar la geología y contenido de agua en los estratos.

El ensayo de penetración estándar o SPT fue realizado en el sector Chonta Cruz Alto detrás del tanque de agua, a pocos metros de la quebrada Chonta Cruz en sentido Nor-Este; para la realización de este ensayo se prestó los servicios de laboratorio “**SUELOS & PAVIMENTOS**”; cuyos resultados se muestran en el **anexo 6**.

El ensayo se realizó en la siguiente coordenada (UTM WGS-84), y su ubicación se puede observar en el mapa geológico.



**X=** 696911

**Y=** 9555390

**Z:** 2325 m.s.n. m.

Una vez realizado todo el trabajo de campo, los resultados de clasificación de suelos en el laboratorio dan como resultado a “Arena arcillosa con grava color gris (SC)” en los primeros 2 m perforados y “Arena arcillosa limosa con grava color café (SC)” en el último metro tal como se muestra en la **(ver tabla 28)**.

**Tabla 28.** Clasificación del suelo en el SPT.

Prof. (m)	Espesor (m)	Péfil	Composición	Descripción
0.00 – 2.00	2.00		% H= 6.45 L.L. %= 21.6 L.P. %= 19.1 I.P. %= 2.5	Arena arcillosa con grava, color gris.
2.00 – 3.00	3.00		% H= 6.74 L.L. %= 25 L.P. %= 19.7 I.P. %= 5.3	Arena arcillosa limosa con grava, color café.

**Fuente:** Elaborado por la Autora.

A continuación se puede apreciar los testigos de perforación que se realizó en la zona de estudio:



**Figura 65.** Testigo SPT de 0-1m.



**Figura 66.** Testigo SPT de 1-2m.  
**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 67.** Testigo SPT de 2-3m.  
**Fuente:** Elaboración propia



### 7.3.3 Interpretación Geotécnica

Mediante el estudio geotécnico podremos obtener la información geológica y geotécnica del terreno, la interpretación geotécnica nos permitirá conocer el comportamiento del terreno ante la influencia de parámetros litológicos y la interpretación de los datos obtenidos, que permitirán caracterizar los diversos suelos presentes en la zona de estudio, con el fin de determinar la calidad de suelo para la construcción de cimentaciones.

En el sector de estudio afloran depósitos del **Terciario (Mio-Plio-Ceno)** y **Mioceno tardío a último**, se destaca la existencia de numerosos cuerpos arcillosos, y limo arcillosos intercalados con areniscas y conglomerados de diferentes formas y tamaños (10-20 cm de diámetro).

#### ✓ Descripción geotécnica de los materiales

A partir de las unidades geológicas consideradas y del estudio de los resultados de los ensayos de laboratorio, se han establecido las unidades geotécnicas que se describen a continuación:

##### – Terciario (Mio-Plio-Ceno): Conglomerados y Arcillolitas.

Los conglomerados están definidos por numerosos clastos de diferentes tamaños (10-20cm), La matriz se constituye de materiales **areno-arcillosos y limo-arcillosos con grava**, se caracterizan por tener una densidad de 1.562 gr/cm<sup>3</sup>, corresponde a materiales con un porcentaje de finos de **28%** y presenta plasticidades bajas (**LL** 21.6%, **LP** 19.1%).

Relacionando los resultados del número de golpes del SPT, en base a las tablas referidas a geotecnia de suelos (**ver tabla 29**); estos materiales son:

- Suelos medios (**N<sub>SPT</sub>**: 40)
- Suelos flojos o blandos (**qu**: 90.54)



**Tabla 29.** Valores de NSPT resistencia a compresión simple y módulo de elasticidad (Modificada).

Tipo de suelo	N <sub>SPT</sub>	qu (kN/m <sup>2</sup> )	qu (kp/cm <sup>2</sup> )	E (MN/m <sup>2</sup> )	E (kp/cm <sup>2</sup> )/F=2
Suelos muy flojos o muy blandos	< 10	0- 80	0- 0.82	< 8	40.77
Suelos flojos o blandos	10 - 25	80 - 150	0.82 - 1.53	8 - 40	40.77-203.87
Suelos medios	25 - 50	150 - 300	1.53 - 3.06	40 - 100	203.87-509.68
Suelos compactos o duros	50 - Rechazo	300 - 500	3.06 - 5.10	100 - 500	509.68-2548.42
Rocas blandas	Rechazo	500 - 5.000	5.10- 50.97	500 - 8.000	2548.42-40774.67
Rocas duras	Rechazo	5.000 - 40.000	50.97 - 407.75	8.000 - 15.000	40774.67-76452.59
Rocas muy duras	Rechazo	> 40.000	> 407.75	>15.000	>76452.59

**Fuente:** Noriega José M. 2008. "Técnicas de Investigación del suelo: Elaboración e interpretación de estudios geotécnicos.







De acuerdo a los resultados del SPT, los valores de humedad de los materiales presentes relacionan valores entre 6 y 7 %;

Los valores del coeficiente de permeabilidad son variables entre  $K= 10^5 - 10^9$  cm/seg en relación a materiales con arenas (finos) más limos y arcillas<sup>28</sup>.

Los valores de consistencia nos ayuda a valorar al geomaterial desde el punto de vista de su resistencia, en este caso los materiales tienen una consistencia **blandos**, utilizando valores deducidos del ensayo de penetración SPT y la siguiente tabla:

<sup>28</sup> Yngrid Alarcón Bárcena-Jorge E. Alva Hurtado "ENSAYOS DE PERMEABILIDAD EN MATERIALES DE BAJA DE PERMEABILIDAD COMPACTADOS". pág. 6.

**Tabla 30.** Consistencia de los materiales con respecto a los valores SPT).

CONSISTENCIA	PENETRACIÓN (DEDO)	GOLPEO SPT (30 cm)	GOLPEO MI (30 cm)
MUY BLANDO		1-8	1-4
BLANDO		10-20	4-8
MEDIANAMENTE FIRME		22-60	8-16
FIRME		62-100	16-30
MUY FIRME		>100	30-60
DURO		>30	>60

**Fuente:** Técnicas de investigación del Suelo: Elaboración e Interpretación de Estudios Geotécnicos – José M. Noriega Rivera.

Los golpes de los ensayos registrados del SPT han sido entre 20 a 45 golpes. La densidad de los materiales es de 1,5 gr/cm<sup>3</sup>.

González de Vallejo et al. (2002) presentan un cuadro sobre grados de expansividad y valores medios de parámetros geotécnicos (**tabla 31**), en base a esta tabla el material sobre el que se realizó el ensayo de penetración estándar en el sector Chonta cruz alto es: Baja, ubicándolo en un suelo con el grado de expansividad de grado I.

**Tabla 31.** Grados de expansividad y valores medios de parámetros geotécnicos.

Grado	Expansividad	Finos%	Limite liquido (%)	Índice lambe (KPa)	Presión de hinchamiento (KPa)	Hinchamiento libre %
I	Baja	<30	<35	<80	<25	<1
II	Baja a media	30-60	35-50	80-150	25-125	1-4
III	Media a alta	60-95	50-65	150-230	125-300	4-10
IV	Muy alta	> 95	>65	>230	>300	>10

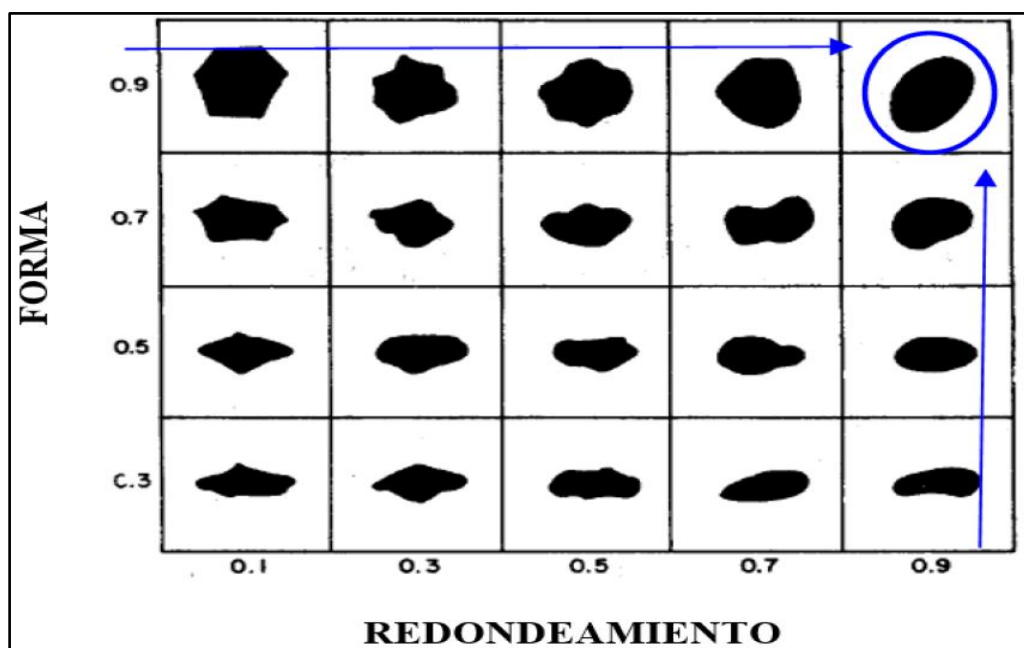
**Fuente:** González de Vallejo et al, 2002

♣ **Mioceno Tardío a Último: Arcilla, Arcillolita, Areniscas y Conglomerados.**

En la zona de estudio aflora un depósito litológico de: arcillas, arcillolita, areniscas y pequeñas capas de conglomerados, intercaladas entre sí; pertenecientes a la formación San Cayetano.

Los suelos como estructuración relacionan:

- A 3 metros perforados, se encuentra suelos arcilloso-limosos con grava, cuya granulometría fina 28.4% y un contenido de humedad de 6.8%.
- Según Krumbrein y Sloss (1995), la relación de clasificación de las partículas de arcilla son 09/09 (forma/ redondeamiento) el color en rangos de amarillento anaranjado a gris verdoso o azulado. Los clastos de los conglomerados 09/09 (redondeamiento) de origen en rocas metamórficas.



**Figura 68.** Clasificación de las partículas por su forma y redondeamiento según Krumbrein y Sloss 1995

**Fuente:** Técnicas de investigación del Suelo: Elaboración e Interpretación de Estudios Geotécnicos – José M. Noriega Rivera

Las arcillas presentes en el área de estudio se traducen como material fino de consistencia blanda, los valores del LL < 50%, y sus características de arcillas de baja plasticidad.

Los valores medios ensayados y deducidos fueron tomados de la **tabla 32**. Que se observa a continuación:

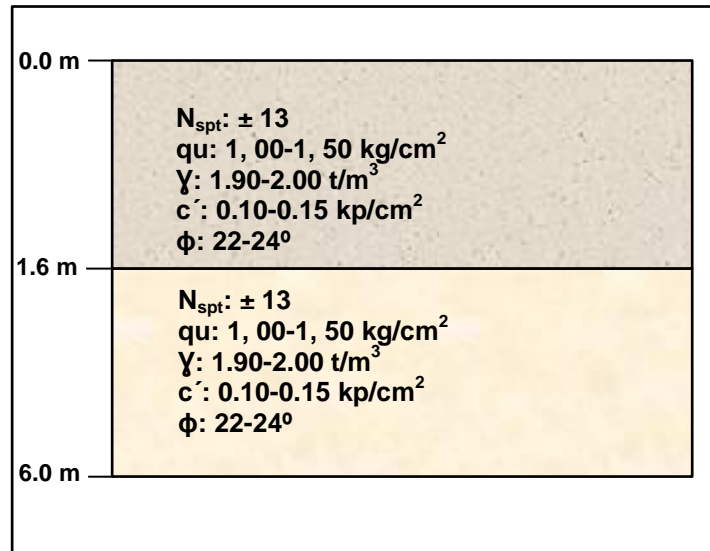
**Tabla 32.** Parámetros cuantitativos para diferentes profundidades.

Nivel	Profundidad media desde boca ensayo	Descripción resumen de los niveles	Valores medios ensayados y/o deducidos					
			Expansividad	Resistencia	Otros parámetros			
de	<b>0,00</b>	<b>Rellenos</b>	No crítico	Blando-Heterogéneo	USCS	SC	$N_{SPT}$	4
		Arena limo arcillosa marrón parda.			WI	23,4	$N_B$	3
1		- Estructura desordenada - Restos de raíces y materia orgánica - Indicios de restos de origen antrópico			Wp	12,2	$\frac{q_u}{kp/cm^2}$	0,30-0,40
					%W	9,3	$\frac{\gamma}{t/m^3}$	1,70-1,80
					Tamiz 4	64,6	$\frac{C}{kp/cm^2}$	0,00
a	<b>0,80</b>				Tamiz 200	38,4	$\phi$ (°)	17°-19°
de	<b>0,80</b>	<b>Horizontes de transición</b>	Marginal	Media-Firme	USCS	CL	$N_{SPT}$	13
		Arcilla limo arenosa y arena limo arcillosa marrón anaranjada a rojiza.			WI	28,9	$N_B$	10
2		- Nódulos carbonatados - Tonalidades rojizas por fenómenos de oxidación Representa un tramo de transición entre los rellenos superficiales y el terreno natural			Wp	16,6	$\frac{q_u}{kp/cm^2}$	1,00-1,50
					%W	12,5	$\frac{\gamma}{t/m^3}$	1,90-2,00
					Tamiz 4	38,3	$\frac{C}{kp/cm^2}$	0,10-0,15
a	<b>1,60</b>				Tamiz 200	62,6	$\phi$ (°)	22°-24°
de	<b>1,60</b>	<b>Plioceno carbonatado</b>	Marginal-Crítico	Firme-Dura	USCS	CL	$N_{SPT}$	34
		Arcilla limosa marrón amarillenta.			WI	35,6	$N_B$	26
3		- Algún nódulos carbonatado Alternancia de alguna lente algo mas limosa e incluso algo arenosa			Wp	22,3	$\frac{q_u}{kp/cm^2}$	2,20-3,20
					%W	25,8	$\frac{\gamma}{t/m^3}$	2,00-2,20
					Tamiz 4	18,7	$\frac{C}{kp/cm^2}$	0,20-0,30
a	<b>6,00</b>				Tamiz 200	84,7	$\phi$ (°)	24°-26°

**Fuente:** Noriega José M. 2008. "Técnicas de Investigación del suelo: Elaboración e interpretación de estudios geotécnicos.



Los parámetros cuantitativos dependiendo a la profundidad son los siguientes, y serán utilizados para los cálculos de Factor de Seguridad de los deslizamientos.



**Figura 69.** Valores cuantitativos para cálculo de factor de seguridad.

**Fuente:** Elaborado por la Autora a partir de la tabla 29 (Noriega José M. 2008).

**Las valoraciones Geológicas-Geotécnicas** se basan en la interrelación de criterios litológicos y propiedades físico-mecánicas de los geomateriales. Las condiciones geotécnicas son:

- ✓ Capacidad portante
- ✓ Deformabilidad
- ✓ Excavabilidad
- ✓ Morfología/ Relieve
- ✓ Tipo de material
- ✓ Drenaje

La valoración se da en rangos de 0 (**menos favorable**), a 2 (**más favorable**). La suma total nos permitirá categorizar los suelos aptos y no aptos para construir.



Por otro lado la sumatoria de la valoración nos dará la categoría para cada uno de los geomateriales; para lo cual tenemos  $\leq 5$  puntos (deficiente), 6 – 9 puntos (aceptable), y  $> 9$  puntos (bueno).

La valoración numérica depende de la experiencia y de las continuas salidas de campo:

**Tabla 33.** Valoración de los suelos en la zona de estudio.

	TERCIARIO (MIO-PLIO-CENO)	MIOCENO TARDÍO A ÚLTIMO
	<b>Conglomerados</b>	<b>Arcillas</b>
<b>Capacidad Portante</b>	2.0	1.0
<b>Deformabilidad</b>	2.0	1.0
<b>Excavabilidad</b>	2.0	2.0
<b>Morfología</b>	1.8	1.0
<b>Tipo de Material</b>	1.9	1.0
<b>Drenaje</b>	1.0	0.0
<b>TOTAL</b>	<b>10.7</b>	<b>6.0</b>
	<b>BUENO</b>	<b>ACEPTABLE (con restricciones)</b>

**Fuente:** Elaborado por la Autora.

Se concluye que en la base de conglomerados el suelo es Bueno, mientras que para las arcillas es aceptable con restricciones.

Atendiendo a la categorización de suelos para construcciones, se obtiene que las arcillas poseen una valoración de 6.0 por lo que son aceptables con restricciones, teniendo en cuenta los resultados del laboratorio la capacidad portante para 2m ya que es la base de cimentaciones hace el siguiente cálculo:

## CÁLCULO DE CIMENTACIÓN

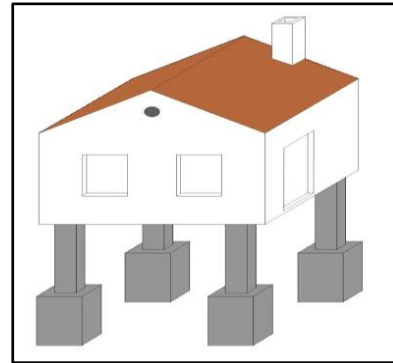
Datos:

Base de Cimentación= 1.5 x 1.5

Carga Muerta (CM)= 250 kg/m<sup>2</sup>

Carga Viva (CV)= 250 kg/m<sup>2</sup>

Carga Admisible (qa)= 30,18 Tn/m<sup>2</sup>



### 1. Área Colaborante

$$Ac = a1 * b1$$

$$Ac = 3,5 m * 4,5 m$$

$$Ac = 15,75 m^2$$

### 2. Carga total (B2)

$$C = CM + CV$$

$$C = 250 \frac{kg}{m^2} + 250 \frac{kg}{m^2}$$

$$C = 500 \frac{kg}{m^2}$$

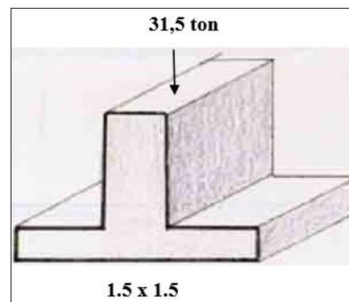
### 3. Carga total (Q)

$$Q = (C * Ac) * 4$$

$$Q = \left( 500 \frac{kg}{m^2} * 15,75 m^2 \right) * 4$$

$$Q = 31500 kg$$

$$Q = 31,5 ton$$



### 4. Relación Carga Vs q Portante

$$q = \frac{Q}{A}$$



$$q = \frac{31.5 \text{ ton}}{2,25 \text{ m}^2}$$

$$q = 14 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} < q_a = 30,18 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

## 5. Acimentación

$$A = \frac{Q}{q_{\text{admissible}}}$$

$$A = \frac{31,5 \text{ ton}}{30,18 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}}$$

$$A = 1,02 \text{ m}^2$$

Debido a que la carga (14 ton/m<sup>2</sup>), es menor que la carga admisible (30.18 ton/m<sup>2</sup>), por lo tanto se realiza una acimentación determinando de esta manera una cimentación de 1.02 x 1.02 m pero no se recomienda ya que el estándar es de (1,5 x 1,5) m.

### 7.3.4 Cálculo del Factor de Seguridad

Mediante el cálculo del factor de seguridad se procede al análisis de la estabilidad de cada deslizamiento, de forma que se pueda definir el tipo de medidas correctoras que deben ser aplicadas. Para este procedimiento se vuelve necesario un estudio geológico y geomecánico de los materiales conformantes del mismo, de los posibles mecanismos de rotura que pueden tener lugar y de los factores que influyen, condicionantes y desencadenan las inestabilidades.

Para calcular el factor de seguridad se aplicó la siguiente fórmula:

$$FS = \left[ \frac{C'}{\gamma * d * \text{sen}\beta} \right] + \left[ \frac{\text{tang}\phi}{\text{tang}\beta} \right] - \left[ \frac{md * \gamma w * \text{tang}\phi}{\gamma * \text{tang}\beta} \right]$$



**Dónde:**

**FS**= Factor de Seguridad

**c'** = Cohesión

**$\gamma$**  = Peso Específico del material

**d** = Profundidad del deslizamiento

**$\Phi$**  = Ángulo de fricción interna

**$\beta$**  = Ángulo de Trabajo

**md** = Porcentaje de saturación

Cabe indicar que el factor de seguridad fue calculado en diferentes porcentajes de saturación (**md: 2.5m= 25%=0.25, 5.0m= 50%=0.50 y 10.0m= 100%=1.0**) para cada deslizamiento (4), con el fin de obtener las gráficas de sensibilidad para los diferentes deslizamientos, de igual manera se realizó dos cálculos por cada deslizamiento, con datos de peores y mejores condiciones del terreno a estudiar; todo esto con el propósito de comparar los resultados obtenidos.

## DESLIZAMIENTO 1 (peores condiciones del terreno)

Datos:

$$c' = 0,20 \text{ KP/cm}^2 \rightarrow 19,6 \text{ KN/m}^2$$

$$\gamma = 2,0 \text{ tn/m}^3 \rightarrow 19,62 \text{ KN/m}^3$$

$$d = 3\text{m}$$

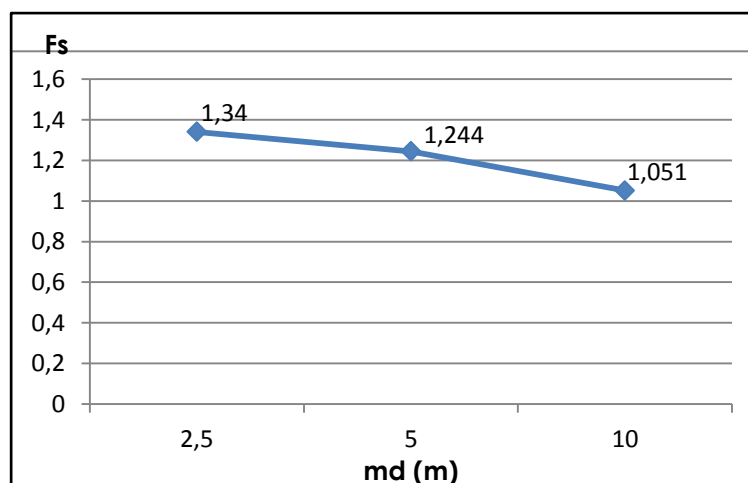
$$\Phi = 24^\circ$$

$$\beta = 30^\circ$$

$md=2.5\text{m}= 25\%=0.25$
$FS = \left[ \frac{19,6 \frac{KN}{m^2}}{19,62 \frac{KN}{m^3} * 3\text{m} * \text{sen}30^\circ} \right] + \left[ \frac{\text{tang}24^\circ}{\text{tang}30^\circ} \right]$ $- \left[ \frac{0,25 * 9,81 \frac{KN}{m^3} * \text{tang}24^\circ}{19,62 \frac{KN}{m^3} * \text{tang}30^\circ} \right]$
$md=5.0\text{m}= 50\%=0.50$
$FS = 0,998 + 0,771 - 0,096$ $FS = 1,34 \left[ \frac{19,6 \frac{KN}{m^2}}{19,62 \frac{KN}{m^3} * 3\text{m} * \text{sen}30^\circ} \right] + \left[ \frac{\text{tang}24^\circ}{\text{tang}30^\circ} \right]$ $- \left[ \frac{0,50 * 9,81 \frac{KN}{m^3} * \text{tang}24^\circ}{19,62 \frac{KN}{m^3} * \text{tang}30^\circ} \right]$ $FS = 0,998 + 0,771 - 0,192$ $FS = 1,244$
$md=10.0\text{m}= 100\%=1.0$
$FS = \left[ \frac{19,6 \frac{KN}{m^2}}{19,62 \frac{KN}{m^3} * 3\text{m} * \text{sen}30^\circ} \right] + \left[ \frac{\text{tang}24^\circ}{\text{tang}30^\circ} \right] - \left[ \frac{1,0 * 9,81 \frac{KN}{m^3} * \text{tang}24^\circ}{19,62 \frac{KN}{m^3} * \text{tang}30^\circ} \right]$ $FS = 0,998 + 0,771 - 0,385$ $FS = 1,051$

GRÁ  
FICA

### DE SENSIBILIDAD



## DESLIZAMIENTO 1 (mejores condiciones del terreno)

Datos:

$$c' = 0,30 \text{ KP/cm}^2 \rightarrow 29,4 \text{ KN/m}^2$$

$$\gamma = 2,0 \text{ tn/m}^3 \rightarrow 21,56 \text{ KN/m}^3$$

$$d = 3\text{m}$$

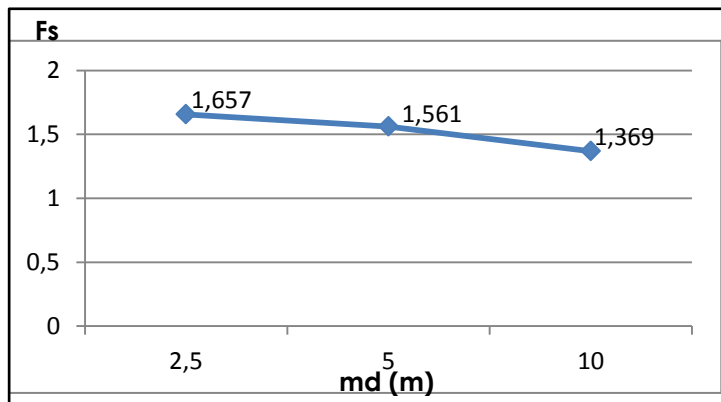
$$\Phi = 26^\circ$$

$$\beta = 30^\circ$$

$md=2.5m= 25\%=2.5$  $FS = \left[ \frac{29,4 \frac{KN}{m^2}}{21,56 \frac{KN}{m^3} * 3m * \text{sen}30^\circ} \right] + \left[ \frac{\text{tang}26^\circ}{\text{tang}30^\circ} \right]$ $- \left[ \frac{0,25 * 9,81 \frac{KN}{m^3} * \text{tang}26^\circ}{21,56 \frac{KN}{m^3} * \text{tang}30^\circ} \right]$  $FS = 0.909 + 0.844 - 0.096$ $FS = 1.657$
$md=5.0m= 50\%=0.50$  $FS = \left[ \frac{29,4 \frac{KN}{m^2}}{21,56 \frac{KN}{m^3} * 3m * \text{sen}30^\circ} \right] + \left[ \frac{\text{tang}26^\circ}{\text{tang}30^\circ} \right]$
$md=10.0m= 100\%=1.0$  $FS = \left[ \frac{29,4 \frac{KN}{m^2}}{21,56 \frac{KN}{m^3} * 3m * \text{sen}30^\circ} \right] + \left[ \frac{\text{tang}26^\circ}{\text{tang}30^\circ} \right]$ $- \left[ \frac{1,0 * 9,81 \frac{KN}{m^3} * \text{tang}26^\circ}{21,56 \frac{KN}{m^3} * \text{tang}30^\circ} \right]$  $FS = 0.909 + 0.844 - 0.192$ $FS = 1.561$
$FS = 0.909 + 0.844 - 0.384$ $FS = 1.369$

**GRÁ  
FICA**


### DE SENSIBILIDAD








**Tabla 34.** Cálculo del factor de seguridad para el deslizamiento 2.

<b>DESLIZAMIENTO 2</b>			
			
<b>Datos:</b>	<b>Mejores condiciones del terreno</b>	<b>Peores condiciones del terreno</b>	
	$c' = 0,20 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow 19,6 \text{ KN/m}^2$ $\gamma = 2,0 \text{ tn/m}^3 \rightarrow 19,62 \text{ KN/m}^3$ $d = 5\text{m}$ $\Phi = 24^\circ$ $\beta = 29^\circ$	$c' = 0,30 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow 29,4 \text{ KN/m}^2$ $\gamma = 2,2 \text{ tn/m}^3 \rightarrow 21,56 \text{ KN/m}^3$ $d = 5\text{m}$ $\Phi = 26^\circ$ $\beta = 29^\circ$	
	<b>md=2.5m=50%=0.25</b>	<b>FS= 1.341</b>	<b>FS= 1.115</b>
	<b>md=5.0m=100%=0.50</b>	<b>FS= 1.241</b>	<b>FS= 1.015</b>
<b>md=10.0m=100%=10.0</b>	<b>FS= 1.041</b>	<b>FS= 0.814</b>	


**Fuente:** Elaborado por la Autora.

**Tabla 35.** Cálculo del factor de seguridad para el deslizamiento 3.

<b>DESLIZAMIENTO 3</b>			
			
<b>Datos:</b>	<b>Mejores condiciones del terreno</b>	<b>Peores condiciones del terreno</b>	
	$c' = 0,20 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow 19,6 \text{ KN/m}^2$ $\gamma = 2,0 \text{ tn/m}^3 \rightarrow 19,62 \text{ KN/m}^3$ $d = 7\text{m}$ $\Phi = 24^\circ$ $\beta = 27^\circ$	$c' = 0,30 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow 29,4 \text{ KN/m}^2$ $\gamma = 2,2 \text{ tn/m}^3 \rightarrow 21,56 \text{ KN/m}^3$ $d = 7\text{m}$ $\Phi = 26^\circ$ $\beta = 27^\circ$	
	<b>md=2.5m=50%=0.25</b>	<b>FS= 1.278</b>	<b>FS= 1.079</b>
	<b>md=5.0m=100%=0.50</b>	<b>FS= 1.169</b>	<b>FS= 0.969</b>
<b>md=10.0m=100%=10.0</b>	<b>FS= 0.951</b>	<b>FS= 0.751</b>	

**Fuente:** Elaborado por la Autora.

**Tabla 36.** Cálculo del factor de seguridad para el deslizamiento 4.

<b>DESLIZAMIENTO 4</b>			
			
<b>Datos:</b>	<b>Mejores condiciones del terreno</b>	<b>Peores condiciones del terreno</b>	
	$c' = 0,20 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow 19,6 \text{ KN/m}^2$ $\gamma = 2,0 \text{ tn/m}^3 \rightarrow 19,62 \text{ KN/m}^3$ $d = 6\text{m}$ $\Phi = 24^\circ$ $\beta = 28^\circ$	$c' = 0,30 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow 29,4 \text{ KN/m}^2$ $\gamma = 2,2 \text{ tn/m}^3 \rightarrow 21,56 \text{ KN/m}^3$ $d = 6\text{m}$ $\Phi = 26^\circ$ $\beta = 28^\circ$	
	$md=2.5m=50\%=0.25$	<b>FS= 1.297</b>	<b>FS= 1.087</b>
	$md=5.0m=100\%=0.50$	<b>FS= 1.193</b>	<b>FS= 0.982</b>
$md=10.0m=100\%=10.0$	<b>FS= 0.984</b>	<b>FS= 0.773</b>	

**Fuente:** Elaborado por la Autora.



Mediante los análisis del cálculo de factor de seguridad para cada uno de los deslizamientos (4), se pudo determinar que en la zona de **muy alta susceptibilidad** se encuentra el **D3** con un **factor de seguridad de 0.75** y **D4** con un **factor de seguridad de 0.77**, y en la zona de **alta a muy alta susceptibilidad** se ubica los **D1** con un **factor de seguridad de 1.05** y **D2** con un **factor de seguridad de 0.81**; se debe implementar en los deslizamientos medidas de estabilización y control, tales como zanjas y cunetas de coronación, drenes superficiales y subterráneos con la finalidad de eliminar el agua y de esta manera disminuir el peso, cabe mencionar que en el **D2** ya se ha implementado un muro de gavión.

Una vez aplicadas todas estas medidas se aumentara el factor de seguridad en estos deslizamientos, y de esta manera disminuir más daños en la vía y sus alrededores.



## 8 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El sector Cofradía–Chonta cruz se encuentra ubicado al sur–oeste de la hoya de Loja, está descansando sobre las Formación geológicas Quillollaco, san Cayetano y trigal las mismas que se encuentran dentro de una cuenca sedimentaria de origen lacustre y marino, donde existen tres tipos de rocas bien diferenciados que son de origen sedimentario.

Para el estudio de susceptibilidad a deslizamientos en este sector se escogió las variables más importantes al momento de realizar el análisis como: la geología, la geomorfología, uso actual del suelo y pendientes.

En lo que respecta a la topografía del sector en su mayor parte está representada por terrenos planos y se sitúan al Sur-Este, donde se ubican los barrios: Ciudadela los Operadores, Ciudadela Hna. Laura, Colinas Lojanas, La Cofradía y el Proyecto Urbanístico la Floresta; y las pendientes con mayor elevación corresponden a la parte Nor-Oeste en los sectores de Chonta Cruz Alto y Chonta Cruz Bajo.

En cuanto a la litología en la zona de estudio están presentes tres formaciones que son: **Fm. Quillollaco** compuesta por conglomerados con una matriz areno-arcillosa y con cantos de 5 a 25 cm de diámetro, y un espesor de 10 m, compuestos por material metamórfico como cuarzo y limos e intercalaciones de arcillas y arcillolitas. **Fm. San Cayetano** está constituida por arcillas, arcillolitas, microconglomerados e intercalaciones de areniscas fuertemente plegadas. **Fm. Trigal** compuesto por areniscas limosas de grano medio a grueso de coloración café y capas pequeñas de conglomerados con presencia de material metamórfico.

Según su pendiente, litología y el reconocimiento del sector, permitió reconocer la geomorfología, determinado un total de 6 formas de relieve, predominando las Superficie de cuesta con pendientes inclinadas a moderadamente escarpadas las cuales están limitadas por escarpes, en donde se ubican la mayoría de los deslizamientos y constan de una litología saturada de agua, los escarpes aunque en menor cantidad también influyen a la susceptibilidad de los deslizamientos debido a que están expuestos constantemente a la erosión de los materiales duros.



Los cuatro deslizamientos presentes en el sector se dividen en dos traslacionales y dos rotacionales, el primero está ubicado al este de la vía y los otros tres están ubicados en la parte oeste de la vía en donde es la parte más inestable debido al tipo de material (arcillas, arcillolitas saturados) el deslizamiento uno está en estado pasivo mientras que los tres deslizamientos están en estado activo, afectan a la vía y cohíben del uso del suelo donde se presentan.

El uso actual del suelo está representada por características muy particulares, en este caso los pasto naturales son los más predominantes en el área de estudio (29.23 ha lo que corresponden al 40.85%), los cuales en algunas partes la vegetación ha sido completamente removida por motivos de construcción del proyecto urbanístico la floresta, este material a su vez ha sido depositado en la parte superior del deslizamiento 2 aumentando el peso y el movimiento del mismo.

Se determinó que el 61,55% del total del área de estudio está dentro de la clase de susceptibilidad baja, y que está distribuida mayormente en casi todo el sector de estudio, coincidiendo con la litología más consistente que son los conglomerados de la formación Quillollaco ocupado por pastos naturales y en mayor proporción ocupado por la zona urbana. La clase de susceptibilidad muy baja representa el 3.79% del área de estudio, se encuentra mayormente en la parte sur-este y norte del área intervenida.

La clase de **susceptibilidad moderada** conlleva el 13.90% del área de estudio. Se encuentra distribuido en la parte central y nor-este de la zona de estudio, compuesta por arcillas, arcillolitas, areniscas y conglomerados.

La clase de **susceptibilidad alta** abarca el 9.48% del área. Se encuentra distribuido en la parte central nor-este comprende arcillas, arcillolitas y conglomerados; predominando las zonas denudadas.

La clase que tiene la susceptibilidad muy alta es la que se encuentra en una proporción de 11.26% del área de estudio, que en su mayoría está distribuida en la parte norte del sector y la parte central, abarcando deslizamientos y escarpes, esta clase se encuentra justamente en los sitios que presentan arcillas, arcillolitas totalmente saturadas, siendo los materiales más propensos a deslizarse.



Para determinar si los suelos son aptos para construcciones civiles, se realizó un ensayo de SPT con una profundidad de 3m, obteniendo como resultado a arena arcillosa con grava y arena arcillosa limosa con grava de baja plasticidad con una capacidad portante de 30,18 ton/ m<sup>2</sup> en una profundidad de 2m debido a que es la base de cimentación, para lo cual se efectuó el cálculo, determinando que se puede realizar zapatas de hasta 1.02 x 1.02 m para viviendas de hasta cuatro pisos, pero no es recomendable ya que el estándar es de 1.5 x 1.5 m.

Con el cálculo de factor de seguridad se determinó que los valores son poco favorables, por lo que es necesario implementar las adecuadas medidas de estabilización y control en cada uno de los deslizamientos.



## 9 CONCLUSIONES

- ♣ El levantamiento topográfico se llevó a cabo de manera detallada a una escala 1: 4.500, levantando un total de 71.56 ha donde las cotas más bajas están en la mayor parte de la zona de estudio al Este y Oeste de la vía de Integración Barrial siendo de 2245 m. s. n. m, mientras que las más altas están en la parte Sur-Este y Nor-Oeste de la vía con alturas hasta de 2365 m. s. n. m.
- ♣ La geología del lugar comprende en su totalidad conglomerados con matriz areno-arcillosa e intercalaciones de arcillolita de la formación Quillollaco; pero litológicamente la Formación San Cayetano es la más susceptible a producir deslizamientos ya que la predominancia de areniscas y arcillolita con un contenido alto de arcillas saturadas la hace más propensa a la meteorización y por ende a su posterior colapso.
- ♣ Se realizaron cuatro sondeos eléctricos verticales, los cuales permitieron conocer que los materiales se encuentran saturados y erosionados; además de permitimos por medio de las lecturas de resistividad de los materiales corroboremos la geología levantada.
- ♣ En cuanto a geomorfología el sector intervenido presenta un total de 6 geoformas, el área en menor proporción es muy accidentada en la parte Nor-Oeste, mientras que en la mayor parte se caracteriza por zonas planas debido a la zona urbana y suelos saturados, en las que se encuentran los deslizamientos en mayor proporción, la geoforma con mayor presencia es la de superficies de cuestas ocupando el 80% del área del sector, mientras que la de menor presencia es la de rellano con tan solo 1.25%.
- ♣ En el sector existen 8 categorías de uso actual del suelo, mayormente pastos naturales con el 40.85% del área intervenida, mientras que los tanques de agua solamente presenta el 0.06%.





- ♣ La pendiente del sector se caracteriza mayormente por ser de terrenos bajos a muy bajos con un 77.2% del total de la zona de estudio y de medios a altos el 22.80%; concluyendo que los deslizamientos se dan más por el tipo de roca (areniscas con alto contenido de arcilla, arcillolita) y la presencia de agua.
- ♣ Se inventariaron 4 deslizamientos en el área de estudio de los cuales dos son traslacionales y dos rotacionales, afectan un total de 0,836 ha, los cuales están afectando a zonas de cultivos y parte de la vía de Integración Barrial.
- ♣ Para el análisis de susceptibilidad se utilizó las variables de geología, geomorfología, pendientes y uso actual del suelo todo esto con la ayuda del software ArcGis 10.1.
- ♣ Los resultados, obtenidos mediante la aplicación de la metodología para determinar la susceptibilidad a deslizamientos, indican que un 2.714% del área se clasifica como de susceptibilidad muy baja; mientras que el 61.55% como susceptibilidad baja; el 13.90% como susceptibilidad moderada; el 9.48% como susceptibilidad alta; y el restante 11.26%% se clasifica como de susceptibilidad muy alta.
- ♣ De acuerdo al ensayo SPT se determina la capacidad portante del terreno de 30.18 ton/m<sup>2</sup>, para cimientos de 2 metros, en la que se puede realizar zapatas de 1.02 x 1.02 m, pero por seguridad se determina que se debe realizar zapatas de 2 x 2 m, en construcciones verticales hasta 4 pisos.



## 10 RECOMENDACIONES

- ♣ Realizar la inspección de campo en su totalidad para poder tener una idea clara de todos los aspectos que involucra este estudio.
- ♣ El levantamiento de información como es la topografía, geología y geomorfología se la debe hacer de manera minuciosa y muy técnica, ya que son las bases sobre las cuales se desarrolla todo el proceso de análisis de susceptibilidad a deslizamientos.
- ♣ Aplicar los métodos usados en este trabajo de tesis a áreas similares, a fin de obtener resultados que permitan la disminución de situaciones de desastre como consecuencia de deslizamientos.
- ♣ Realizar siempre el inventario de deslizamientos antes del análisis de la susceptibilidad, esto con el fin de tener una idea anticipada de los sectores que podrían tener un mayor grado de afectación.
- ♣ Que este trabajo de tesis sirva para posteriores estudios, tratando de ampliar y mejorar en lo referente a la susceptibilidad de deslizamientos en la vía de integración barrial en el sector Cofradía-Chonta-Cruz, proyectándose a buscar nuevas técnicas de estabilización.
- ♣ El resultado de esta investigación debe ser utilizado como una herramienta para la toma de decisiones en lo que respecta a la planificación urbana, otorgamiento de permisos para la construcción de obras de infraestructura y en la regulación de uso del terreno, sin sustituir estudios geotécnicos de detalle, principalmente en las áreas de susceptibilidad de alta a muy alta.



## 11 BIBLIOGRAFÍA

- ♣ Abad, F. (2006). Ensayo metodológico para la evaluación y zonificación de la amenaza por fenómenos de remoción en masa, cuenca de Loja. Director: Ing. Galo Plaza. Tesis de Ingeniero. Escuela Politécnica Nacional. Ecuador. 119 pp.
- ♣ Aranha Domínguez, F. A. (1979) "Topografía y astronomía posición a Ingenieros y Arquitectos". Editorial McGraw - Hill. Sao Paulo.
- ♣ Babín Vich, R. B. y Gómez Ortiz, D. 2010 d. Problemas de Geología Estructural. 5. Rotaciones Reduca (Geología).Serie Geología Estructural, 2 (1):57-73.
- ♣ Burrough, 1986 "Principios de Sistemas de información geográfica de Recursos de la Tierra y Evaluación".
- ♣ Carrara 1975 "La tecnología SIG en la cartografía deslizamiento de tierra" Sistemas de información geográfica en evaluar los riesgos naturales, Kluwer, Dordrecht, Países Bajos. 135-175p.
- ♣ Catálogo de Ayuda de ArcGis 10.1.
- ♣ CEBRIÁN DE MIGUEL, Juan Antonio. Información Geográfica y Sistemas de Información Geográfica. Santander: Servicio de Publicaciones, Universidad de Cantabria, 1992.
- ♣ Corominas, J. y García Yagüe, A. 1997. "Terminología de los movimientos de ladera". IV Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables. Granada. Vol. 3: 1051-1072.
- ♣ Cruden, D. and Varnes, D. (1996) "Landslide types and processes". In: Turner, K., y Schuster, R. ed., Landslides investigation and mitigation: Washington D.C, USA.National Academy Press, Transportation Research Board Special Report 247. pág 40-48.



- ♣ Escobar, Duque. 2013. Manual de geología para Ingenieros. Geomorfología. Universidad de Colombia. Manizales.
- ♣ Ferrer, M. 1980. “Deslizamientos, desprendimientos, flujos y avalanchas”. Riesgos Geológicos. Serie Geología Ambiental. IGME. Madrid 175-192 p.
- ♣ FREDERICK S. MERRIT, Manual del Ingeniero Civil, Cuarta edición, Tomo I, pág. 12.1
- ♣ GAD Loja. Guamán, Galo. 2008 “Riesgos Naturales en el Área Urbana de la Ciudad de Loja”.
- ♣ González de Vallejo. I., 2002. Ingeniería Geológica, Capítulo 11: Prevención de Riesgos Geológicos, pp. 607-620 y capítulo 14.6\_ prevención de riesgos por movimientos de terreno, pp . 656-664- Pearson educación. Madrid, España.
- ♣ Guamán Galo 2012. “Aplicación de SIG para el Manejo de Riesgos Naturales en el Área Urbana de la ciudad de Loja. Quito – Ecuador 113p.
- ♣ IAEG Commission on Landslides 1990.
- ♣ Instituto Nacional de Estadísticas y Censo. (2010). Censo de Población y del 2010 de la Republica de Ecuador. Disponible en: <http://www.inec.gob.ec>.
- ♣ Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2010). Información meteorológica. Anuarios. Disponible en: <http://www.inamhi.gob.ec>
- ♣ Ilzquierdo, O. F. (1991), Estudio Geodinámico de la Cuenca Intramontañosa Cenozoica de Loja (Sur del Ecuador). Tesis de Grado, Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Geología, Minas y Petróleos. Quito-Ecuador.
- ♣ J. Suarez, Zonificación de Susceptibilidad, Amenaza y Riesgo, pag, 531.
- ♣ Janssen y Van Herwijnen, 1994. “Pesos de criterios usando el Método de Suma de Rango”. Apoyo de decisión multiobjetivo a dirección ambiental. Decisiones



definidas.

- ♣ Lucini, P. (1973) "La previsión de posibles deslizamientos de tierra del complejo Argille Varicolori Scagliose IGM 174 IV SE Mapa, Saviano di Puglia (Compañía)". Geol. Appl., 8. pp. 311-316.
- ♣ Luis A. Estrada. Geofísica – FACET – UNT – Sismología para Ingenieros, pág. 5.
- ♣ Municipio de Loja. (2010). Plan de ordenamiento urbano.
- ♣ Noriega José M. 2008. "Técnicas de Investigación del suelo: Elaboración e interpretación de estudios geotécnicos.
- ♣ Orellana, E., 1982 "Prospección Geoeléctrica en Corriente Continua." Paraninfo, S. A. Madrid.
- ♣ Ortiz, Carlos. 2002 "Ciencias de la tierra".
- ♣ Plan de Salud Cantonal de Loja, (2008). Informativo de las condiciones sociales de la ciudad de Loja.
- ♣ Santacana J. 2001 "Una reflexión sobre conceptos históricos aprendidos a través del juego" Didáctica de las Ciencias Sociales, Geografía e Historia, 30 p.
- ♣ Santiago Castaño Fernández, CONCEPTO Y DESARROLLO HISTÓRICO DE LA GEOLOGÍA.
- ♣ Sharpe, C.F.S.1938 "Los deslizamientos de tierra y su control".205p.
- ♣ Sierra, R. (Ed.). 1999. "Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental". Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia. Quito, Ecuador.
- ♣ Suárez J. 2009 "Deslizamientos Volumen 1: Análisis Geotécnico" Primera edición.



Bucaramanga – Colombia 607p.

- ♣ Suárez J. 2009 “Deslizamientos Volumen 1: Análisis Geotécnico”, pág., 50-52.
- ♣ Tambo Walter. 2011 “Estudio del Peligro de deslizamiento del Norte de la ciudad de Loja, Provincia de Loja. Ecuador”.
- ♣ Tomado de ENSAYO METODOLÓGICO PARA LA EVALUACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE LA AMENAZA POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA, CUENCA DE LOJA. Francisco Abad. Julio 2006.
- ♣ Universidad nacional, 2000. “RELACIONES GEOELÉCTRICAS EN LA EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA”. Pág. 42-43.
- ♣ Yngrid Alarcón Bárcena-Jorge E. Alva Hurtado “ENSAYOS DE PERMEABILIDAD EN MATERIALES DE BAJA DE PERMEABILIDAD COMPACTADOS”.Pág.6.

**ANEXOS**

## **Anexo 1**

Descripción de afloramientos en el Sector  
Cofradía hasta Chonta Cruz

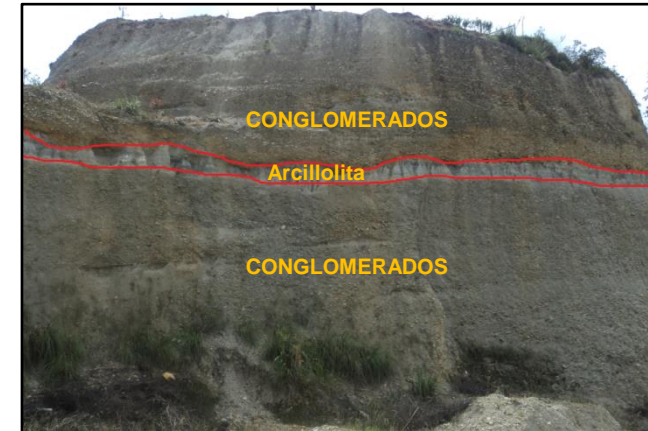


**Anexo 1.1.** Descripción detallada del afloramiento 1 en la zona de estudio.

**LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO**

**DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS:**

AFLORAMIENTO N°: 1		
FECHA: 01/04/14		
COORDENADAS: X: 697618.816	Y: 9554932.128	Z: 2291.496
DIMENSIONES (h): 24.30 m		
RELIEVE: Llano <input type="checkbox"/>	Bajo <input type="checkbox"/>	De Colinas <input checked="" type="checkbox"/> Montañoso <input type="checkbox"/>
VEGETACIÓN: Exuberante <input type="checkbox"/>	Escasa <input checked="" type="checkbox"/>	
FORMACIÓN: Quillollaco		
AFLORAMIENTO: Artificial <input checked="" type="checkbox"/> Natural <input type="checkbox"/>		



**PERFIL LITOLÓGICO DE LOS AFLORAMIENTOS:**

POTENCIA (m)	N° DE CAPAS	LITOLOGIA	ORIENTACIÓN	METEORIZACIÓN		
				Bajo	Medio	Alto
0.30	1	Cubierta Vegetal	Buzamiento: 21° SE Azimut: 113°			
9	2	Conglomerados				X
0.80	3	Arcillolita				X
15.20	4	Conglomerados				X

Descripción Geológica

Se observa en la parte superior una capa de conglomerados con cantos de 2 cm a 10 cm, intercalada una capa de arcillolita de color gris, los cantos son semi-redondeados a angulosos de origen metamórfico.

**USO DEL SUELO**

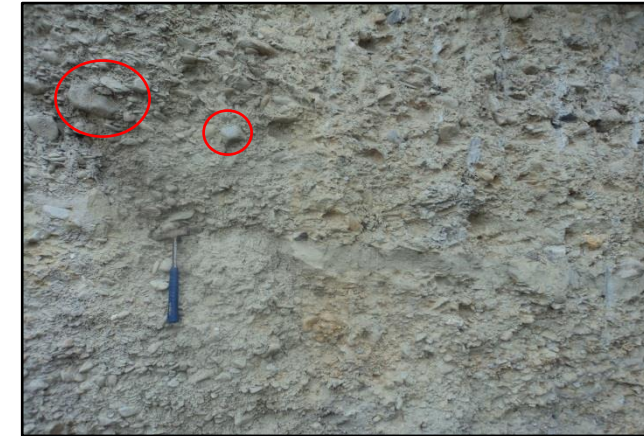
TIPO DE SUELO:	SUELOS RESIDUALES:		SEDIMENTARIO: X	COLUVIAL: X	COLUVION:				
FACTORES DE EROSIÓN:	LLUVIA: X	SOL: X	VIENTO: X	HELADAS:					
PENDIENTE (°):	HORIZONTAL < 10°:		INCLINADO 10° - 35° :	TUMBADO 36° - 60°: X	ABRUPTO > 60°:				
USOS:	SEMBRADOS	GANADERÍA	RECREACIÓN	ZONA INDUSTRIAL	VIVIENDAS	VÍAS	MINERÍA X	ÁREA PROTEGIDA	ZONA ARQUEOLÓGICA

**Anexo 1. 2.** Descripción detallada del afloramiento 2 en la zona de estudio.

**LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO**

**DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS:**

AFLORAMIENTO N°: 2		
FECHA: 01/04/14		
COORDENADAS: X: 697529.440	Y: 9555026.167	Z: 2294.944
DIMENSIONES (h): 4.50 m		
RELIEVE: Llano <input type="checkbox"/>	Bajo <input checked="" type="checkbox"/>	De Colinas <input type="checkbox"/> Montañoso <input type="checkbox"/>
VEGETACIÓN: Exuberante <input type="checkbox"/>	Escasa <input checked="" type="checkbox"/>	
FORMACIÓN: Quillollaco		
AFLORAMIENTO: Artificial <input checked="" type="checkbox"/>	Natural <input type="checkbox"/>	



**PERFIL LITOLÓGICO DE LOS AFLORAMIENTOS:**

POTENCIA (m)	N° DE CAPAS	LITOLOGÍA	ORIENTACIÓN	METEORIZACIÓN		
				Bajo	Medio	Alto
0.30	1	Cubierta Vegetal				
1	2	Conglomerados			X	
3.20	3	Conglomerados			X	

Descripción Geológica

En la zona de estudio se pueden distinguir 2 capas de conglomerados con matriz arcillosa de coloración gris oscura a café clara, los clastos son semiredondados de 15 cm aproximadamente.

**USO DEL SUELO**

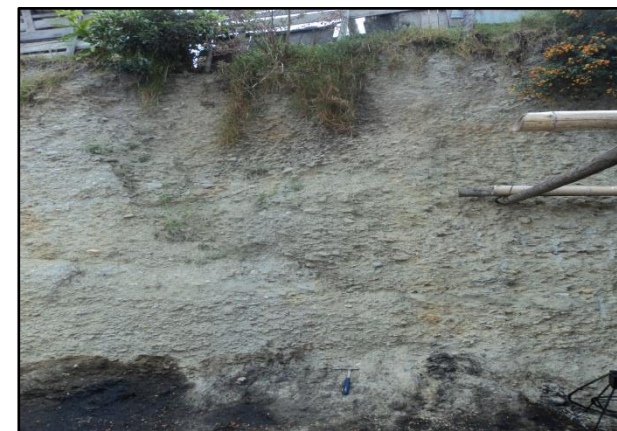
TIPO DE SUELO:	SUELOS RESIDUALES:		SEDIMENTARIO: X		COLUVIAL: X		COLUVIÓN:		
FACTORES DE EROSIÓN:	LLUVIA: X		SOL: X		VIENTO: X		HELADAS:		
PENDIENTE (°):	HORIZONTAL < 10°:		INCLINADO 10° - 35°: X		TUMBADO 36° - 60°:		ABRUPTO > 60°:		
USOS:	SEMBRADOS	GANADERÍA	RECREACIÓN	ZONA INDUSTRIAL	VIVIENDAS X	VÍAS X	MINERÍA	ÁREA PROTEGIDA	ZONA ARQUEOLÓGICA

**Anexo 1.3.** Descripción detallada del afloramiento 3 en la zona de estudio.

**LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO**

**DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS:**

<b>AFLORAMIENTO N°:</b> 3
<b>FECHA:</b> 01/04/14
<b>COORDENADAS:</b> X: 697888.525      Y: 9555023.561      Z: 2239.288
<b>DIMENSIONES (h):</b> 5.80 m
<b>RELIEVE:</b> Llano <input type="checkbox"/> Bajo <input checked="" type="checkbox"/> De Colinas <input type="checkbox"/> Montañoso <input type="checkbox"/>
<b>VEGETACIÓN:</b> Exuberante <input type="checkbox"/> Escasa <input checked="" type="checkbox"/>
<b>FORMACIÓN:</b>
<b>AFLORAMIENTO:</b> Artificial <input checked="" type="checkbox"/> Natural <input type="checkbox"/>



**PERFIL LITOLÓGICO DE LOS AFLORAMIENTOS:**

POTENCIA (m)	N° DE CAPAS	LITOLOGÍA	ORIENTACIÓN	METEORIZACIÓN		
				Bajo	Medio	Alto
0.30	1	Cubierta Vegetal				
5.50	2	Conglomerados		X		

Descripción Geológica

En la zona de estudio se pueden observar conglomerados con matriz arcillosa de color marrón, los clastos son semiredondeados de 10 a 5 cm aproximadamente.

**USO DEL SUELO**

<b>TIPO DE SUELO:</b>	<b>SUELOS RESIDUALES:</b>		<b>SEDIMENTARIO:</b> X	<b>COLUVIAL:</b> X	<b>COLUVIÓN:</b>				
<b>FACTORES DE EROSIÓN:</b>	<b>LLUVIA:</b> X		<b>SOL:</b> X	<b>VIENTO:</b> X	<b>HELADAS:</b>				
<b>PENDIENTE (°):</b>	<b>HORIZONTAL &lt; 10°:</b>		<b>INCLINADO 10° - 35°:</b> X	<b>TUMBADO 36° - 60°:</b>		<b>ABRUPTO &gt; 60°:</b>			
<b>USOS:</b>	<b>SEMBRADOS</b>	<b>GANADERÍA</b>	<b>RECREACIÓN</b>	<b>ZONA INDUSTRIAL</b>	<b>VIVIENDAS</b> X	<b>VÍAS</b>	<b>MINERÍA</b>	<b>ÁREA PROTEGIDA</b>	<b>ZONA ARQUEOLÓGICA</b>

**Anexo 1.4.** Descripción detallada del afloramiento 4 en la zona de estudio

**LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO**

**DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS:**

<b>AFLORAMIENTO N°:</b> 4
<b>FECHA:</b> 01/04/14
<b>COORDENADAS:</b> X: 697730.741      Y: 9555016.440      Z: 2259.026
<b>DIMENSIONES (h):</b> 8 m
<b>RELIEVE:</b> Llano <input type="checkbox"/> Bajo <input checked="" type="checkbox"/> De Colinas <input type="checkbox"/> Montañoso <input type="checkbox"/>
<b>VEGETACIÓN:</b> Exuberante <input type="checkbox"/> Escasa <input checked="" type="checkbox"/>
<b>FORMACIÓN:</b> Quillollaco
<b>AFLORAMIENTO:</b> Artificial <input checked="" type="checkbox"/> Natural <input type="checkbox"/>



**PERFIL LITOLÓGICO DE LOS AFLORAMIENTOS:**

POTENCIA (m)	N° DE CAPAS	LITOLÓGÍA	ORIENTACIÓN	METEORIZACIÓN		
				Bajo	Medio	Alto
0.30	1	Cubierta Vegetal				
7.70	2	Conglomerados		X		

Descripción Geológica

En la zona de estudio se pueden observar poca vegetación y también se puede observar conglomerados con material metamórfico (cuarzo, limos), con clastos semiredondeados de 5 a 10 cm.

**USO DEL SUELO**

<b>TIPO DE SUELO:</b>	<b>SUELOS RESIDUALES:</b>		<b>SEDIMENTARIO:</b> X		<b>COLUVIAL:</b> X		<b>COLUVIÓN:</b>		
<b>FACTORES DE EROSIÓN:</b>	<b>LLUVIA:</b> X		<b>SOL:</b> X		<b>VIENTO:</b> X		<b>HELADAS:</b>		
<b>PENDIENTE (°):</b>	<b>HORIZONTAL &lt; 10°:</b>		<b>INCLINADO 10° - 35°:</b> X		<b>TUMBADO 36° - 60°:</b>		<b>ABRUPTO &gt; 60°:</b>		
<b>USOS:</b>	<b>SEMBRADOS</b>	<b>GANADERÍA</b>	<b>RECREACIÓN</b>	<b>ZONA INDUSTRIAL</b>	<b>VIVIENDAS</b> X	<b>VÍAS</b> X	<b>MINERÍA</b>	<b>ÁREA PROTEGIDA</b>	<b>ZONA ARQUEOLÓGICA</b>

**Anexo 1.5.** Descripción detallada del afloramiento 5 en la zona de estudio.

**LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO**

**DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS:**

<b>AFLORAMIENTO N°:</b> 5
<b>FECHA:</b> 01/04/14
<b>COORDENADAS:</b> X: 697351.105      Y: 9555203.822      Z: 2299.517
<b>DIMENSIONES (h):</b> 5.20 m
<b>RELIEVE:</b> Llano <input type="checkbox"/> Bajo <input checked="" type="checkbox"/> De Colinas <input type="checkbox"/> Montañoso <input type="checkbox"/>
<b>VEGETACIÓN:</b> Exuberante <input type="checkbox"/> Escasa <input checked="" type="checkbox"/>
<b>FORMACIÓN:</b> San Cayetano
<b>AFLORAMIENTO:</b> Artificial <input checked="" type="checkbox"/> Natural <input type="checkbox"/>



**PERFIL LITOLÓGICO DE LOS AFLORAMIENTOS:**

POTENCIA (m)	N° DE CAPAS	LITOLÓGÍA	ORIENTACIÓN	METEORIZACIÓN		
				Bajo	Medio	Alto
0.20	1	Cubierta Vegetal	Buzamiento: 24° SE Buzamiento: 95°			
2	2	Arcillolita			X	
1	3	Microconglomerados			X	
2	4	Arcillolita			X	

[Descripción Geológica](#)

Se puede observar una capa de arcillolita de color gris, seguido de una capa de microconglomerados de coloración gris con matriz arenosa con presencia de una capa tipo costra de óxido de hierro, con clastos redondeados de 5 cm, seguida de otra capa de arcillolita de color gris oscuro con presencia de material metamórfico (cuarzo).

**USO DEL SUELO**

<b>TIPO DE SUELO:</b>	<b>SUELOS RESIDUALES:</b>		<b>SEDIMENTARIO:</b> X		<b>COLUVIAL:</b> X		<b>COLUVIÓN:</b>		
<b>FACTORES DE EROSIÓN:</b>	<b>LLUVIA:</b> X		<b>SOL:</b> X		<b>VIENTO:</b> X		<b>HELADAS:</b>		
<b>PENDIENTE (°):</b>	<b>HORIZONTAL &lt; 10°:</b>		<b>INCLINADO 10° - 35° :</b> X		<b>TUMBADO 36° - 60°:</b>		<b>ABRUPTO &gt; 60°:</b>		
<b>USOS:</b>	SEMBRADOS	GANADERÍA	RECREACIÓN	ZONA INDUSTRIAL	VIVIENDAS	VÍAS X	MINERÍA	ÁREA PROTEGIDA	ZONA ARQUEOLÓGICA

**Anexo 1.6.** Descripción detallada del afloramiento 6 en la zona de estudio.

**LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO**

**DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS:**

<b>AFLORAMIENTO N°:</b> 6
<b>FECHA:</b> 01/04/14
<b>COORDENADAS:</b> X: 697153.198      Y: 9555191.917      Z: 2320.912
<b>DIMENSIONES (h):</b> 15.30 m
<b>RELIEVE:</b> Llano <input type="checkbox"/> Bajo <input type="checkbox"/> De Colinas <input checked="" type="checkbox"/> Montañoso <input type="checkbox"/>
<b>VEGETACIÓN:</b> Exuberante <input type="checkbox"/> Escasa <input checked="" type="checkbox"/>
<b>FORMACIÓN:</b> San Cayetano
<b>AFLORAMIENTO:</b> Artificial <input checked="" type="checkbox"/> Natural <input type="checkbox"/>



**PERFIL LITOLÓGICO DE LOS AFLORAMIENTOS:**

POTENCIA (m)	N° DE CAPAS	LITOLOGÍA	ORIENTACIÓN	METEORIZACIÓN		
				Bajo	Medio	Alto
0.30	1	Cubierta Vegetal				
4	2	Arcillolita		x		
6.5	3	Arenisca		x		
1.5	4	Microconglomerado		x		
3	5	Arenisca		x		

Descripción Geológica

Se puede observar en este afloramiento una capa de arcillolita de color café oscuro, seguido de otra capa de arenisca de la misma coloración, luego una capa muy definida de microconglomerado con matriz arcillosa de coloración café claro y cantos angulosos de 2 a 15 cm, con presencia de material metamórfico, y una capa final de arenisca con presencia de feldespatos, piroxeno.

**USO DEL SUELO**

<b>TIPO DE SUELO:</b>	<b>SUELOS RESIDUALES:</b>		<b>SEDIMENTARIO:</b> X		<b>COLUVIAL:</b> X		<b>COLUVIÓN:</b>		
<b>FACTORES DE EROSIÓN:</b>	<b>LLUVIA:</b> X		<b>SOL:</b> X		<b>VIENTO:</b> X		<b>HELADAS:</b>		
<b>PENDIENTE (°):</b>	<b>HORIZONTAL &lt; 10°:</b>		<b>INCLINADO 10° - 35°:</b> X		<b>TUMBADO 36° - 60°:</b>		<b>ABRUPTO &gt; 60°:</b>		
<b>USOS:</b>	<b>SEMBRADOS</b>	<b>GANADERÍA</b>	<b>RECREACIÓN</b>	<b>ZONA INDUSTRIAL</b>	<b>VIVIENDAS</b>	<b>VÍAS</b> X	<b>MINERÍA</b>	<b>ÁREA PROTEGIDA</b>	<b>ZONA ARQUEOLÓGICA</b>

**Anexo 1.7.** Descripción detallada del afloramiento 7 en la zona de estudio.

**LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO**

**DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS:**

<b>AFLORAMIENTO N°:</b> 7
<b>FECHA:</b> 01/04/14
<b>COORDENADAS:</b> X: 697144.409      Y: 9554788.321      Z: 2342.145
<b>DIMENSIONES (h):</b> 4.50 m
<b>RELIEVE:</b> Llano <input type="checkbox"/> Bajo <input type="checkbox"/> De Colinas <input checked="" type="checkbox"/> Montañoso <input type="checkbox"/>
<b>VEGETACIÓN:</b> Exuberante <input type="checkbox"/> Escasa <input checked="" type="checkbox"/>
<b>FORMACIÓN:</b> San Cayetano
<b>AFLORAMIENTO:</b> Artificial <input checked="" type="checkbox"/> Natural <input type="checkbox"/>



**PERFIL LITOLÓGICO DE LOS AFLORAMIENTOS:**

POTENCIA (m)	N° DE CAPAS	LITOLOGÍA	ORIENTACIÓN	METEORIZACIÓN		
				Bajo	Medio	Alto
0.30	1	Cubierta Vegetal	Buzamiento: 59° NE Azimut: 333°			
4	2	Conglomerados				X
3	3	Arcillolita				X
7	4	Conglomerados			X	

**Descripción Geológica**

En la zona de estudio se pueden observar la presencia de conglomerados semi-angulosos de 2 a 15 cm con matriz arcillosa de coloración marrón, seguido de una capa de arcillolita de color gris claro, y otra capa de conglomerado, con presencia de material metamórfico (cuarzo, esquistos), entre el conglomerado y la arcillolita existe un concentrado de óxido de hierro en los cantos.

**USO DEL SUELO**

<b>TIPO DE SUELO:</b>	<b>SUELOS RESIDUALES:</b>		<b>SEDIMENTARIO:</b> X	<b>COLUVIAL:</b> X	<b>COLUVIÓN:</b>				
<b>FACTORES DE EROSIÓN:</b>	<b>LLUVIA:</b> X		<b>SOL:</b> X	<b>VIENTO:</b> X	<b>HELADAS:</b>				
<b>PENDIENTE (°):</b>	<b>HORIZONTAL &lt; 10°:</b>		<b>INCLINADO 10° - 35°:</b> X	<b>TUMBADO 36° - 60°:</b>	<b>ABRUPTO &gt; 60°:</b>				
<b>USOS:</b>	<b>SEMBRADOS</b>	<b>GANADERIA</b> X	<b>RECREACIÓN</b>	<b>ZONA INDUSTRIAL</b>	<b>VIVIENDAS</b>	<b>VIAS</b> X	<b>MINERIA</b>	<b>ÁREA PROTEGIDA</b>	<b>ZONA ARQUEOLÓGICA</b>

**Anexo 1.8.** Descripción detallada del afloramiento 8 en la zona de estudio.

### LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO

**DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS:**

<b>AFLORAMIENTO N°:</b> 8		
<b>FECHA:</b> 01/04/14		
<b>COORDENADAS:</b> X: 696845.208	Y: 9555146.365	Z: 2361.211
<b>DIMENSIONES (h):</b> 6.20 m		
<b>RELIEVE:</b> Llano <input type="checkbox"/>	Bajo <input checked="" type="checkbox"/>	De Colinas <input type="checkbox"/> Montañoso <input type="checkbox"/>
<b>VEGETACIÓN:</b> Exuberante <input type="checkbox"/> Escasa <input checked="" type="checkbox"/>		
<b>FORMACIÓN:</b> Quillollaco		
<b>AFLORAMIENTO:</b> Artificial <input checked="" type="checkbox"/> Natural <input type="checkbox"/>		



**PERFIL LITOLÓGICO DE LOS AFLORAMIENTOS:**

POTENCIA (m)	N° DE CAPAS	LITOLOGÍA	ORIENTACIÓN	METEORIZACIÓN		
				Bajo	Medio	Alto
0.20	1	Cubierta Vegetal				
6	2	Conglomerados		X		

Descripción Geológica

En este afloramiento se pudo observar una sola capa de conglomerados con matriz arcillosa, con cantos angulosos de 5 a 15 cm de diámetro, de color blanquecino, presencia de óxido de hierro y material metamórfico (cuarzo).

**USO DEL SUELO**

<b>TIPO DE SUELO:</b>	<b>SUELOS RESIDUALES:</b>		<b>SEDIMENTARIO:</b> X	<b>COLUVIAL:</b> X		<b>COLUVIÓN:</b>			
<b>FACTORES DE EROSIÓN:</b>	<b>LLUVIA:</b> X		<b>SOL:</b> X	<b>VIENTO:</b> X		<b>HELADAS:</b>			
<b>PENDIENTE (°):</b>	<b>HORIZONTAL &lt; 10°:</b>		<b>INCLINADO 10° - 35° :</b> X		<b>TUMBADO 36° - 60°:</b>		<b>ABRUPTO &gt; 60°:</b>		
<b>USOS:</b>	<b>SEMBRADOS</b>	<b>GANADERIA</b>	<b>RECREACION</b>	<b>ZONA INDUSTRIAL</b>	<b>VIVIENDAS</b> X	<b>VIAS</b> X	<b>MINERIA</b>	<b>AREA PROTEGIDA</b>	<b>ZONA ARQUEOLÓGICA</b>



**Anexo 1.9.** Descripción detallada del afloramiento 9 en la zona de estudio.

**LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO**

**DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS:**

<b>AFLORAMIENTO N°:</b> 10
<b>FECHA:</b> 01/04/14
<b>COORDENADAS:</b> X: 697010.398      Y: 9555348.088      Z: 2325.624
<b>DIMENSIONES (h):</b> 12.30 m
<b>RELIEVE:</b> Llano <input type="checkbox"/> Bajo <input checked="" type="checkbox"/> De Colinas <input type="checkbox"/> Montañoso <input type="checkbox"/>
<b>VEGETACIÓN:</b> Exuberante <input type="checkbox"/> Escasa <input checked="" type="checkbox"/>
<b>FORMACIÓN:</b>
<b>AFLORAMIENTO:</b> Artificial <input checked="" type="checkbox"/> Natural <input type="checkbox"/>



**PERFIL LITOLÓGICO DE LOS AFLORAMIENTOS:**

POTENCIA (m)	N° DE CAPAS	LITOLOGÍA	ORIENTACIÓN	METEORIZACIÓN		
				Bajo	Medio	Alto
0.30	1	Cubierta Vegetal	Buzamiento: 25° NE Azimut: 115°			
4	2	Arcilla			X	
1.50	3	Arcillolita		X		
0.5	4	Arenisca			X	
6	5	Conglomerado			X	

**Descripción Geológica**

En este afloramiento se puede observar varias capas como:

Arcilla de color café oscuro, arcillolita bien compacta de color gris, arenisca de color gris y café con presencia de óxidos de hierro y una última capa de conglomerados con cantos semi-redondeados de 5 a 15 cm de diámetro con matriz arcillosa .

Para la orientación se tomó entre la arenisca y la arcillolita.

**USO DEL SUELO**

<b>TIPO DE SUELO:</b>	<b>SUELOS RESIDUALES:</b>		<b>SEDIMENTARIO:</b> X	<b>COLUVIAL:</b> X	<b>COLUVIÓN:</b>				
<b>FACTORES DE EROSIÓN:</b>	<b>LLUVIA:</b> X		<b>SOL:</b> X	<b>VIENTO:</b> X	<b>HELADAS:</b>				
<b>PENDIENTE (°):</b>	<b>HORIZONTAL &lt; 10°:</b>		<b>INCLINADO 10° - 35° :</b> X	<b>TUMBADO 36° - 60°:</b>	<b>ABRUPTO &gt; 60°:</b>				
<b>USOS:</b>	<b>SEMBRADOS</b>	<b>GANADERÍA</b>	<b>RECREACIÓN</b>	<b>ZONA INDUSTRIAL</b>	<b>VIVIENDAS</b>	<b>VÍAS</b> X	<b>MINERÍA</b>	<b>ÁREA PROTEGIDA</b>	<b>ZONA ARQUEOLÓGICA</b>

**Anexo 1.10.** Descripción detallada del afloramiento 10 en la zona de estudio.

**LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO**

**DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS:**

<b>AFLORAMIENTO N°:</b> 11
<b>FECHA:</b> 02/04/14
<b>COORDENADAS:</b> X: 697129      Y: 9555752      Z: 2290
<b>DIMENSIONES (h):</b> 2.03 m
<b>RELIEVE:</b> Llano <input type="checkbox"/> Bajo <input type="checkbox"/> De Colinas <input checked="" type="checkbox"/> Montñoso <input type="checkbox"/>
<b>VEGETACIÓN:</b> Exuberante <input checked="" type="checkbox"/> Escasa <input type="checkbox"/>
<b>FORMACIÓN:</b>
<b>AFLORAMIENTO:</b> Artificial <input checked="" type="checkbox"/> Natural <input type="checkbox"/>



**PERFIL LITOLÓGICO DE LOS AFLORAMIENTOS:**

POTENCIA (m)	N° DE CAPAS	litología	ORIENTACIÓN	METEORIZACIÓN		
				Bajo	Medio	Alto
0.30	1	Cubierta Vegetal				
0.60	2	Conglomerados		X		
0.03	3	Arcilla		X		
0.50	4	Arcillolita		X		
0.60	5	Arcilla		X		

**Descripción Geológica**

En la zona de estudio se pueden distinguir varias capas, conglomerado de color marrón, con matriz arcillosa y cantos angulosos de 10 a 24 cm de diámetro y presencia de material metamórfico (cuarzo), en los cantos se puede observar óxido de hierro, seguido de una capa de arcilla, arcillolita y arcilla de color marrón.

**USO DEL SUELO**

<b>TIPO DE SUELO:</b>	<b>SUELOS RESIDUALES:</b>		<b>SEDIMENTARIO:</b> X	<b>COLUVIAL:</b> X	<b>COLUVIÓN:</b>				
<b>FACTORES DE EROSIÓN:</b>	<b>LLUVIA:</b> X		<b>SOL:</b> X	<b>VIENTO:</b> X	<b>HELADAS:</b>				
<b>PENDIENTE (°):</b>	<b>HORIZONTAL &lt; 10°:</b>		<b>INCLINADO 10° - 35° :</b> X	<b>TUMBADO 36° - 60°:</b>		<b>ABRUPTO &gt; 60°:</b>			
<b>USOS:</b>	<b>SEMBRADOS</b>	<b>GANADERÍA</b>	<b>RECREACIÓN</b>	<b>ZONA INDUSTRIAL</b>	<b>VIVIENDAS</b>	<b>VÍAS</b> X	<b>MINERÍA</b>	<b>ÁREA PROTEGIDA</b>	<b>ZONA ARQUEOLÓGICA</b>

**Anexo 1.11.** Descripción detallada del afloramiento 11 en la zona de estudio.

**LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO**

**DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS:**

<b>AFLORAMIENTO N°:</b> 12
<b>FECHA:</b> 02/04/14
<b>COORDENADAS:</b> X: 697215      Y: 9555724      Z: 2294.944
<b>DIMENSIONES (h):</b> 2.03 m
<b>RELIEVE:</b> Llano <input type="checkbox"/> Bajo <input checked="" type="checkbox"/> De Colinas <input type="checkbox"/> Montañoso <input type="checkbox"/>
<b>VEGETACIÓN:</b> Exuberante <input type="checkbox"/> Escasa <input checked="" type="checkbox"/>
<b>FORMACIÓN:</b>
<b>AFLORAMIENTO:</b> Artificial <input checked="" type="checkbox"/> Natural <input type="checkbox"/>



**PERFIL LITOLÓGICO DE LOS AFLORAMIENTOS:**

POTENCIA (m)	N° DE CAPAS	LITOLOGÍA	ORIENTACIÓN	METEORIZACIÓN		
				Bajo	Medio	Alto
0.70	1	Cubierta Vegetal				
2	2	Conglomerados		X		
0.35	3	Arcilla		X		
0.70	4	Arcillolita		X		

**Descripción Geológica**

En la zona de estudio se puede observar una capa de conglomerado, con matriz arenosa de coloración amarillenta y cantos angulosos de 5 a 20 cm de diámetro, una pequeña capa de arcilla de color gris, seguido de una capa de conglomerados.

**USO DEL SUELO**

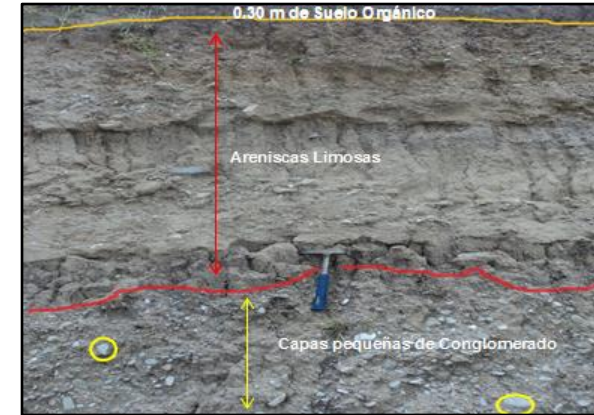
<b>TIPO DE SUELO:</b>	<b>SUELOS RESIDUALES:</b>		<b>SEDIMENTARIO:</b> X		<b>COLUVIAL:</b> X		<b>COLUVIÓN:</b>		
<b>FACTORES DE EROSIÓN:</b>	<b>LLUVIA:</b> X		<b>SOL:</b> X		<b>VIENTO:</b> X		<b>HELADAS:</b>		
<b>PENDIENTE (°):</b>	<b>HORIZONTAL &lt; 10°:</b> X		<b>INCLINADO 10° - 35° :</b>		<b>TUMBADO 36° - 60°:</b>		<b>ABRUPTO &gt; 60°:</b>		
<b>USOS:</b>	<b>SEMBRADOS</b>	<b>GANADERÍA</b>	<b>RECREACIÓN</b>	<b>ZONA INDUSTRIAL</b>	<b>VIVIENDAS</b>	<b>VÍAS</b> X	<b>MINERÍA</b>	<b>ÁREA PROTEGIDA</b>	<b>ZONA ARQUEOLÓGICA</b>

**Anexo 1.12.** Descripción detallada del afloramiento 12 en la zona de estudio.

**LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO**

**DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS:**

<b>AFLORAMIENTO N°:</b> 12
<b>FECHA:</b> 02/04/14
<b>COORDENADAS:</b> X: 696806,682      Y: 9555481,266      Z: 2327,270
<b>DIMENSIONES (h):</b> 5 m
<b>RELIEVE:</b> Llano <input type="checkbox"/> Bajo <input checked="" type="checkbox"/> De Colinas <input type="checkbox"/> Montañoso <input type="checkbox"/>
<b>VEGETACIÓN:</b> Exuberante <input type="checkbox"/> Escasa <input checked="" type="checkbox"/>
<b>FORMACIÓN:</b> Trigal
<b>AFLORAMIENTO:</b> Artificial <input checked="" type="checkbox"/> Natural <input type="checkbox"/>



**PERFIL LITOLÓGICO DE LOS AFLORAMIENTOS:**

POTENCIA (m)	N° DE CAPAS	LITOLOGÍA	ORIENTACIÓN	METEORIZACIÓN		
				Bajo	Medio	Alto
0.50	1	Cubierta Vegetal				
4	2	Areniscas		X		
0.50	3	Conglomerado		X		

**Descripción Geológica**

Presencia de areniscas limosas de grano medio a grueso de coloración café, los clastos subredondeados de la arenisca corresponden a cuarcitas y esquistos de hasta 1 cm de tamaño, también se puede observar capas pequeñas de conglomerados, y presencia de material metamórfico (cuarzo, feldspatos, esquistos).

**USO DEL SUELO**

<b>TIPO DE SUELO:</b>	<b>SUELOS RESIDUALES:</b>	<b>SEDIMENTARIO:</b> X	<b>COLUVIAL:</b> X	<b>COLUVIÓN:</b>					
<b>FACTORES DE EROSIÓN:</b>	<b>LLUVIA:</b> X	<b>SOL:</b> X	<b>VIENTO:</b> X	<b>HELADAS:</b>					
<b>PENDIENTE (°):</b>	<b>HORIZONTAL &lt; 10°:</b> X	<b>INCLINADO 10° - 35° :</b>	<b>TUMBADO 36° - 60°:</b>	<b>ABRUPTO &gt; 60°:</b>					
<b>USOS:</b>	<b>SEMBRADOS</b>	<b>GANADERÍA</b>	<b>RECREACIÓN</b>	<b>ZONA INDUSTRIAL</b>	<b>VIVIENDAS</b>	<b>VÍAS</b> X	<b>MINERÍA</b>	<b>ÁREA PROTEGIDA</b>	<b>ZONA ARQUEOLÓGICA</b>

## **Anexo 2**

Caracterización de los deslizamientos en el  
Sector Cofradía hasta Chonta Cruz

**Anexo 2.1.** Ficha técnica para la descripción detallada del deslizamiento 1.

**CARACTERIZACIÓN DE MOVIMIENTOS EN MASA**

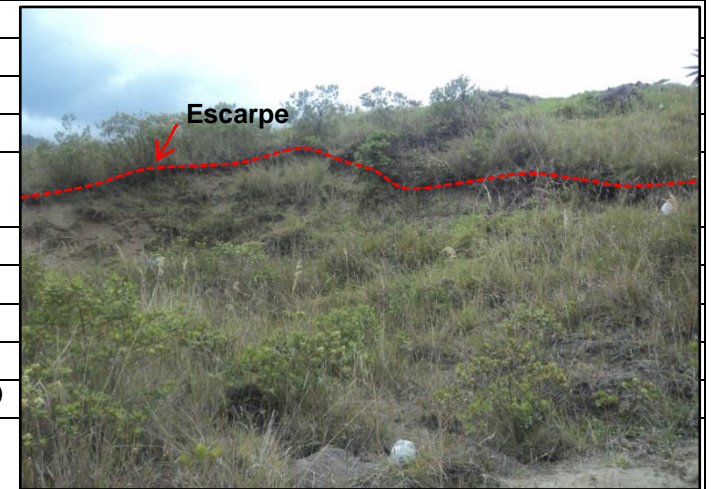
PROYECTO:

DATOS GENERALES:

TALUD:

MOVIMIENTO N°: 1		ALTURA: 27.51 m
COORDENADAS:	X: 697086.087	DIRECCIÓN: N 70° E
	Y: 9555183.714	ÁNGULO(Inclinación de la Ladera en grados): 15°
	Z: 2329.350	FORMA DE LA LADERA: Recta ( ) Cóncava (x) Convexa ( )
FECHA: 01/04/2014		USO DEL TERRENO: Arbustos y Árboles ( ) No Vegetada ( ) Pastos ( ) Cultivos ( ) Residencial ( ) Vía Presente (x)

TIPO: Deslizamiento (x) Flujo ( ) Caídas ( ) Reptación ( ) Erosión ( )
LONGITUD (Distancia promedio desde el escarpe hasta la base): 14.25 m
ANCHO (Promedio de la zona de aporte): 93 m
TIPO DE FALLA: Indeterminada ( ) Rotacional (x) Traslacional ( ) Completa ( ) Múltiple ( )
MECANISMO: Evento sencillo y rápido ( ) Evento sencillo y lento (x) Evento múltiple y rápido ( ) Evento múltiple y lento ( )
ACTIVIDAD: Inactivo ( ) Latente ( ) Activo (x) Actividad Localizada ( )
ESTADO DEL ESCARPE: No es aplicable ( ) Escarpe evidente (x) Escarpe vago ( )
FORMA DEL ESCARPE: No aplicable ( ) Semicircular (x) Elongado ( )
VEGETACIÓN DEL ESCARPE: No aplicable ( ) No vegetada ( ) Vegetación escasa (x) Arbustos ( ) Pastos ( )
FORMA DE LA MASA DESPLAZADA: No aplicable ( ) Longitud = ancho ( ) Longitud > ancho ( ) Longitud < ancho (x)
ESTADO DE LA MASA DESPLAZADA: Masa intacta ( ) Masa desintegrada (x) Masa en forma de flujo ( ) No presente ( )
HUMEDAD DE LA MASA DESPLAZADA: No presenta zonas húmedas ( ) Zonas de alta humedad ( ) Zonas de poca humedad (x) Zonas inundadas ( )
VEGETACIÓN DE LA MASA DESPLAZADA: No aplicable ( ) No vegetada ( ) Vegetación escasa ( ) Arbustos ( ) Árboles ( ) Pastos (x)
SUPERFICIE DE FALLA: Cubierta orgánica ( ) Suelo depositado (x) Suelo residual ( ) Relleno ( )
CAUSA PROBABLE: Desconocida (x) Erosión concentrada ( ) Deforestación ( ) Exceso de agua ( ) Cargas de construcción ( ) Discontinuidades ( )
FACTOR DISPARADOR: Desconocido ( ) Lluvias (x) Construcciones (x) Otros ( )
DAÑO: No visible ( ) Carreteras (x) Residencias ( ) Áreas de pasto ( )
ESTABILIZACIÓN: No visible (x) Muros ( ) Canales ( ) Drenes ( ) Otros ( )



**Anexo 2.2.** Ficha técnica para la descripción detallada del deslizamiento 2.

**CARACTERIZACIÓN DE MOVIMIENTOS EN MASA**

PROYECTO:

**DATOS GENERALES:**

MOVIMIENTO N°: 2	
COORDENADAS:	X: 696957.002
	Y: 9555354.416
	Z: 2337.679
FECHA: 01/04/2014	

**TALUD:**

ALTURA: 27.44 m
DIRECCIÓN: N 64° E
ÁNGULO(Inclinación de la Ladera en grados): 18°
FORMA DE LA LADERA: Recta ( ) Cóncava (x) Convexa ( )
USO DEL TERRENO: Arbustos y Árboles ( ) No Vegetada ( ) Pastos ( ) Cultivos ( ) Residencial ( ) Vía Presente (x)

TIPO: Deslizamiento (x) Flujo ( ) Caídas ( ) Reptación ( ) Erosión ( )	
LONGITUD (Distancia promedio desde el escarpe hasta la base): 22.56 m	
ANCHO (Promedio de la zona de aporte): 51.14 m	
TIPO DE FALLA: Indeterminada ( ) Rotacional ( ) Traslacional (x) Completa ( ) Múltiple ( )	
MECANISMO: Evento sencillo y rápido ( ) Evento sencillo y lento (x) Evento múltiple y rápido ( ) Evento múltiple y lento ( )	
ACTIVIDAD: Inactivo ( ) Latente ( ) Activo (x) Actividad Localizada ( )	
ESTADO DEL ESCARPE: No es aplicable ( ) Escarpe evidente (x) Escarpe vago ( )	
FORMA DEL ESCARPE: No aplicable ( ) Semicircular (x) Elongado ( )	
VEGETACIÓN DEL ESCARPE: No aplicable ( ) No vegetada ( ) Vegetación escasa (x) Arbustos ( ) Pastos ( )	
FORMA DE LA MASA DESPLAZADA: No aplicable ( ) Longitud = ancho ( ) Longitud > ancho ( ) Longitud < ancho (x)	
ESTADO DE LA MASA DESPLAZADA: Masa intacta ( ) Masa desintegrada ( ) Masa en forma de flujo (x) No presente ( )	
HUMEDAD DE LA MASA DESPLAZADA: No presenta zonas húmedas ( ) Zonas de alta humedad (x) Zonas de poca humedad ( ) Zonas inundadas ( )	
VEGETACIÓN DE LA MASA DESPLAZADA: No aplicable ( ) No vegetada ( ) Vegetación escasa (x) Arbustos ( ) Árboles ( ) Pastos ( )	
SUPERFICIE DE FALLA: Cubierta orgánica ( ) Suelo depositado (x) Suelo residual ( ) Relleno ( )	
CAUSA PROBABLE: Desconocida ( ) Erosión concentrada ( ) Deforestación ( ) Exceso de agua ( ) Cargas de construcción (x) Discontinuidades ( )	
FACTOR DISPARADOR: Desconocido (x) Lluvias ( ) Construcciones (x) Otros ( )	
DAÑO: No visible ( ) Carreteras (x) Residencias ( ) Áreas de pasto ( )	
ESTABILIZACIÓN: No visible ( ) Muros (x) Canales ( ) Drenes ( ) Otros ( )	

**Anexo 2.3.** Ficha técnica para la descripción detallada del deslizamiento 2.

**CARACTERIZACIÓN DE MOVIMIENTOS EN MASA**

PROYECTO:

DATOS GENERALES:

TALUD:

MOVIMIENTO N°: 3	
COORDENADAS:	X: 696993.791
	Y: 9555324.433
	Z: 2328.661
FECHA: 01/04/2014	

ALTURA: 23.34
DIRECCIÓN: S 110° E
ÁNGULO(Inclinación de la Ladera en grados): 15°
FORMA DE LA LADER: Recta ( ) Cóncava (x) Convexa ( )
USO DEL TERRENO: Arbustos y Árboles ( ) No Vegetada ( ) Pastos ( ) Cultivos ( ) Residencial ( ) Vía Presente (x)

TIPO: Deslizamiento (x) Flujo ( ) Caídas ( ) Reptación ( ) Erosión ( )	
LONGITUD (Distancia promedio desde el escarpe hasta la base): 13.31 m	
ANCHO (Promedio de la zona de aporte): 36 m	
TIPO DE FALLA: Indeterminada ( ) Rotacional (x) Traslacional ( ) Completa ( ) Múltiple ( )	
MECANISMO: Evento sencillo y rápido ( ) Evento sencillo y lento ( ) Evento múltiple y rápido (x) Evento múltiple y lento ( )	
ACTIVIDAD: Inactivo ( ) Latente ( ) Activo (x) Actividad Localizada ( )	
ESTADO DEL ESCARPE: No es aplicable ( ) Escarpe evidente (x) Escarpe vago ( )	
FORMA DEL ESCARPE: No aplicable ( ) Semicircular (x) Elongado ( )	
VEGETACIÓN DEL ESCARPE: No aplicable ( ) No vegetada ( ) Vegetación escasa (x) Arbustos ( ) Pastos ( )	
FORMA DE LA MASA DESPLAZADA: No aplicable ( ) Longitud = ancho ( ) Longitud > ancho ( ) Longitud < ancho (x)	
ESTADO DE LA MASA DESPLAZADA: Masa intacta ( ) Masa desintegrada (x) Masa en forma de flujo ( ) No presente ( )	
HUMEDAD DE LA MASA DESPLAZADA: No presenta zonas húmedas ( ) Zonas de alta humedad (x) Zonas de poca humedad ( ) Zonas inundadas ( )	
VEGETACIÓN DE LA MASA DESPLAZADA: No aplicable ( ) No vegetada ( ) Vegetación escasa ( ) Arbustos ( ) Árboles ( ) Pastos (x)	
SUPERFICIE DE FALLA: Cubierta orgánica ( ) Suelo depositado (x) Suelo residual ( ) Relleno ( )	
CAUSA PROBABLE: Desconocida ( ) Erosión concentrada ( ) Deforestación ( ) Exceso de agua (x) Cargas de construcción (x) Discontinuidades ( )	
FACTOR DISPARADOR: Desconocido ( ) Lluvias (x) Construcciones (x) Otros ( )	
DAÑO: No visible ( ) Carreteras (x) Residencias ( ) Áreas de pasto ( )	
ESTABILIZACIÓN: No visible (x) Muros ( ) Canales ( ) Drenes ( ) Otros ( )	



**Anexo 2.4.** Ficha técnica para la descripción detallada del deslizamiento 4.

**CARACTERIZACIÓN DE MOVIMIENTOS EN MASA**


PROYECTO:

**DATOS GENERALES:**

**TALUD:**

<b>MOVIMIENTO N°:</b> 4	
<b>COORDENADAS:</b>	<b>X:</b> 697408.115
	<b>Y:</b> 9555299.053
	<b>Z:</b> 2295.169
<b>FECHA:</b> 02/04/2014	

<b>ALTURA:</b> 49.1
<b>DIRECCIÓN:</b> S 111° E
<b>ÁNGULO(Inclinación de la Ladera en grados):</b> 25°
<b>FORMA DE LA LADER:</b> Recta ( ) Cóncava (x) Convexa ( )
<b>USO DEL TERRENO:</b> Arbustos y Árboles ( ) No Vegetada ( ) Pastos (x) Cultivos ( ) Residencial ( ) Vía Presente ( )

<b>TIPO:</b> Deslizamiento (x) Flujo ( ) Caídas ( ) Reptación ( ) Erosión ( )	
<b>LONGITUD (Distancia promedio desde el escarpe hasta la base):</b> 40.57 m	
<b>ANCHO (Promedio de la zona de aporte):</b> 81.94 m	
<b>TIPO DE FALLA:</b> Indeterminada ( ) Rotacional ( ) Traslacional (x) Completa ( ) Múltiple ( )	
<b>MECANISMO:</b> Evento sencillo y rápido ( ) Evento sencillo y lento ( ) Evento múltiple y rápido ( ) Evento múltiple y lento (x)	
<b>ACTIVIDAD:</b> Inactivo ( ) Latente (x) Activo ( ) Actividad Localizada ( )	
<b>ESTADO DEL ESCARPE:</b> No es aplicable ( ) Escarpe evidente (x) Escarpe vago ( )	
<b>FORMA DEL ESCARPE:</b> No aplicable ( ) Semicircular (x) Elongado ( )	
<b>VEGETACIÓN DEL ESCARPE:</b> No aplicable ( ) No vegetada ( ) Vegetación escasa (x) Arbustos ( ) Pastos ( )	
<b>FORMA DE LA MASA DESPLAZADA:</b> No aplicable ( ) Longitud = ancho ( ) Longitud > ancho ( ) Longitud < ancho (x)	
<b>ESTADO DE LA MASA DESPLAZADA:</b> Masa intacta ( ) Masa desintegrada (x) Masa en forma de flujo ( ) No presente ( )	
<b>HUMEDAD DE LA MASA DESPLAZADA:</b> No presenta zonas húmedas ( ) Zonas de alta humedad ( ) Zonas de poca humedad (x) Zonas inundadas ( )	
<b>VEGETACIÓN DE LA MASA DESPLAZADA:</b> No aplicable ( ) No vegetada ( ) Vegetación escasa ( ) Arbustos ( ) Árboles ( ) Pastos (x)	
<b>SUPERFICIE DE FALLA:</b> Cubierta orgánica ( ) Suelo depositado (x) Suelo residual ( ) Relleno ( )	
<b>CAUSA PROBABLE:</b> Desconocida ( ) Erosión concentrada ( ) Deforestación ( ) Exceso de agua (x) Cargas de construcción ( ) Discontinuidades ( )	
<b>FACTOR DISPARADOR:</b> Desconocido ( ) Lluvias (x) Construcciones (x) Otros ( )	
<b>DAÑO:</b> No visible ( ) Carreteras ( ) Residencias (x) Áreas de pasto (x)	
<b>ESTABILIZACIÓN:</b> No visible (x) Muros ( ) Canales ( ) Drenes ( ) Otros ( )	

## **Anexo 3**

Ficha técnica para la descripción del SEV,  
resultados obtenidos en el campo y  
resistividad de los materiales

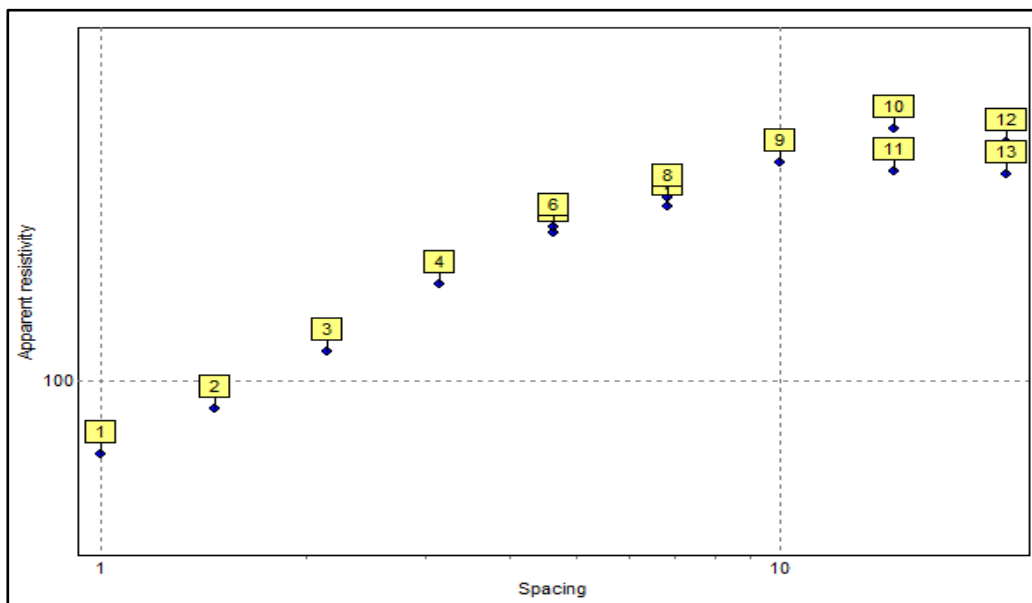
**Anexo 3.** Ficha técnica para la descripción de los SEV en el campo.

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA</b> INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL. 					
Nombre del Sondaje: Fecha: Operador: Coordenadas:					
DISPOSITIVO SCHUMBERGER					
					
Ubicación del SEV:					
ESTACIÓN PUNTO	ABERTURA AB/2	ABERTURA MN/2	CONSTANTE (k)	1ª LECTURA	
				Nº	RESISTIVIDAD (Ohm-m)
1	1.00	0.20	7.54		
2	1.47	0.20	16.66		
3	2.15	0.20	35.99		
4	3.16	0.20	78.11		
5	4.64	0.20	168.78		
6	4.64	0.50	86.85		
7	6.81	0.20	363.92		
8	6.81	0.50	144.91		
90	10.00	0.50	313.37		
10	14.70	0.50	678.08		
11	14.70	2.00	166.58		
12	21.50	0.50	1454.42		
13	21.50	2.00	359.91		
14	31.60	2.00	781.13		

**Anexo 3.1. Resultados del SEV 1, (medidas de resistividad en el campo).**

ESTACIÓN PUNTO	ABERTURA AB/2	ABERTURA MN/2	CONSTANTE (k)	1 <sup>ra</sup> LECTURA	
				Nº	RESISTIVIDAD (Ohm-m)
1	1.00	0.20	7.54	97	74.26
2	1.47	0.20	16.66	98	89.6
3	2.15	0.20	35.99	99	112.9
4	3.16	0.20	78.11	100	148.63
5	4.64	0.20	168.78	101	182.57
6	4.64	0.50	86.85	102	187.26
7	6.81	0.20	363.92	103	203.47
8	6.81	0.50	144.91	104	210.41
9	10.00	0.50	313.37	105	243.01
10	14.70	0.50	678.08	106	279.02
11	14.70	2.00	166.58	107	234.65
12	21.50	0.50	1454.42	108	263.52
13	21.50	2.00	359.91	109	231.4
14	31.60	2.00	781.13	110	191.97

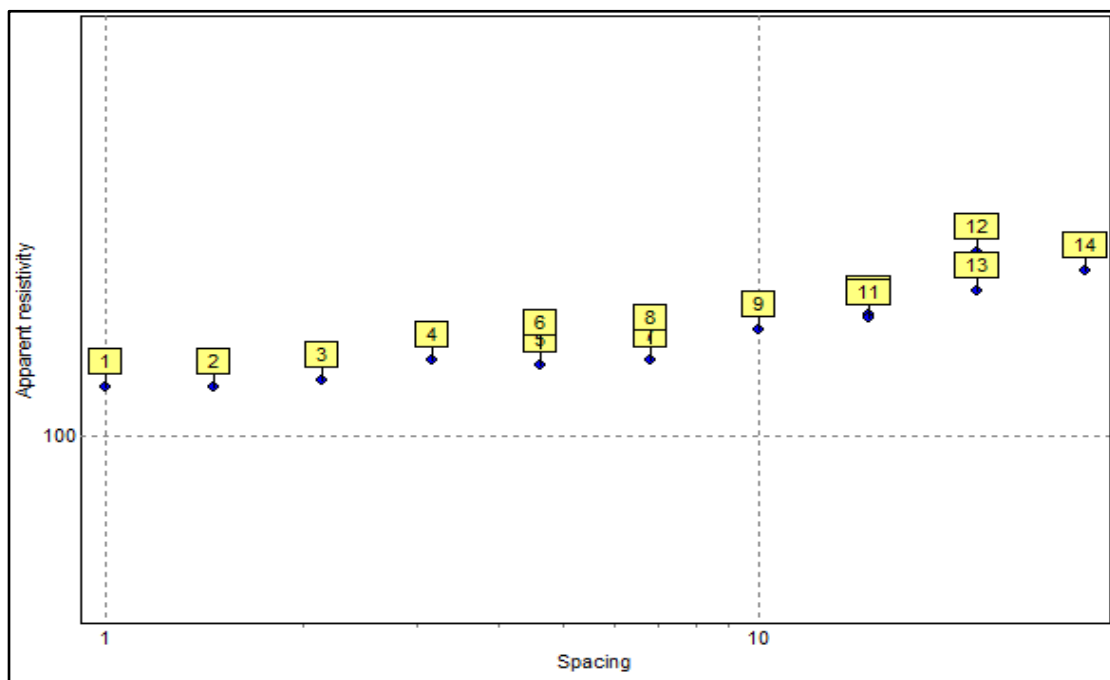
Gráfico de puntos en el campo del SEV 1 generada por el programa IPI2win.



**Anexo 3.2.** Resultados del SEV 2, (medidas de resistividad en el campo).

ESTACIÓN PUNTO	ABERTURA AB/2	ABERTURA MN/2	CONSTANTE (k)	1 <sup>ra</sup> LECTURA	
				Nº	RESISTIVIDAD (Ohm-m)
1	1.00	0.20	7.54	111	121.67
2	1.47	0.20	16.66	112	121.18
3	2.15	0.20	35.99	113	124.33
4	3.16	0.20	78.11	114	134.82
5	4.64	0.20	168.78	115	132.46
6	4.64	0.50	86.85	116	141.49
7	6.81	0.20	363.92	117	134.70
8	6.81	0.50	144.91	118	144.89
9	10.00	0.50	313.37	119	152.25
10	14.70	0.50	678.08	120	161.46
11	14.70	2.00	166.58	121	159.48
12	21.50	0.50	1454.42	122	207.64
13	21.50	2.00	359.91	123	177.91
14	31.60	2.00	781.13	124	191.97

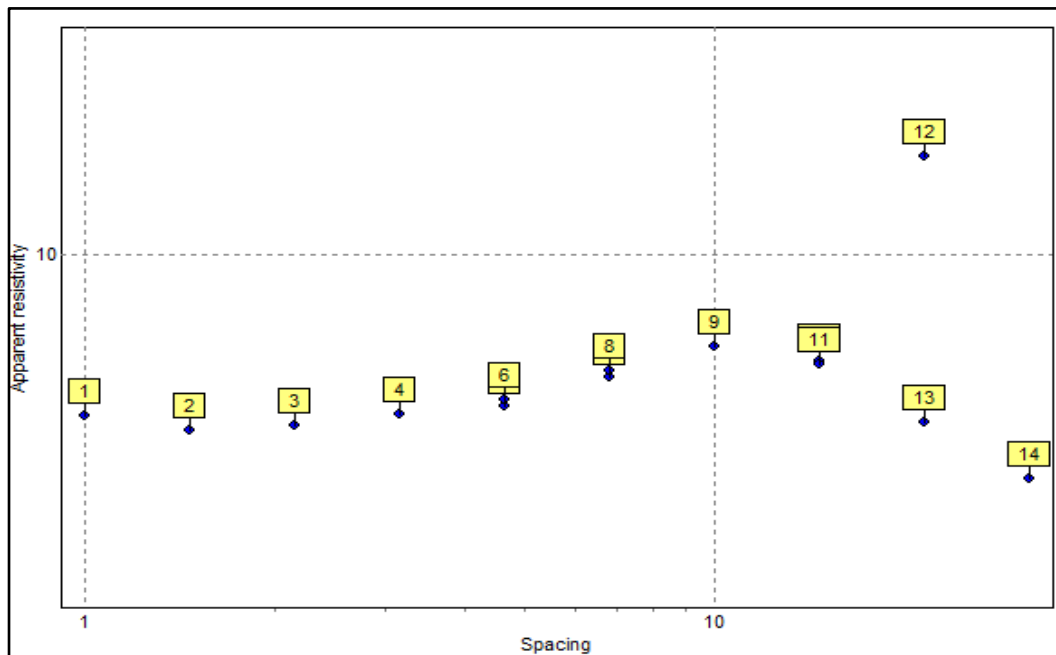
Gráfico de puntos en el campo del SEV 2 generada por el programa IPI2win.



**Anexo 3.3.** Resultados del SEV 3, (medidas de resistividad en el campo).

ESTACIÓN PUNTO	ABERTURA AB/2	ABERTURA MN/2	CONSTANTE (k)	1 <sup>ra</sup> LECTURA	
				Nº	RESISITIVIDAD (Ohm-m)
1	1.00	0.20	7.54	125	5.10
2	1.47	0.20	16.66	126	4.82
3	2.15	0.20	35.99	127	4.91
4	3.16	0.20	78.11	128	5.15
5	4.64	0.20	168.78	129	5.31
6	4.64	0.50	86.85	130	5.46
7	6.81	0.20	363.92	131	5.98
8	6.81	0.50	144.91	132	6.14
90	10.00	0.50	313.37	133	6.83
10	14.70	0.50	678.08	134	6.39
11	14.70	2.00	166.58	135	6.31
12	21.50	0.50	1454.42	136	14.97
13	21.50	2.00	359.91	137	4.96
14	31.60	2.00	781.13	138	3.94

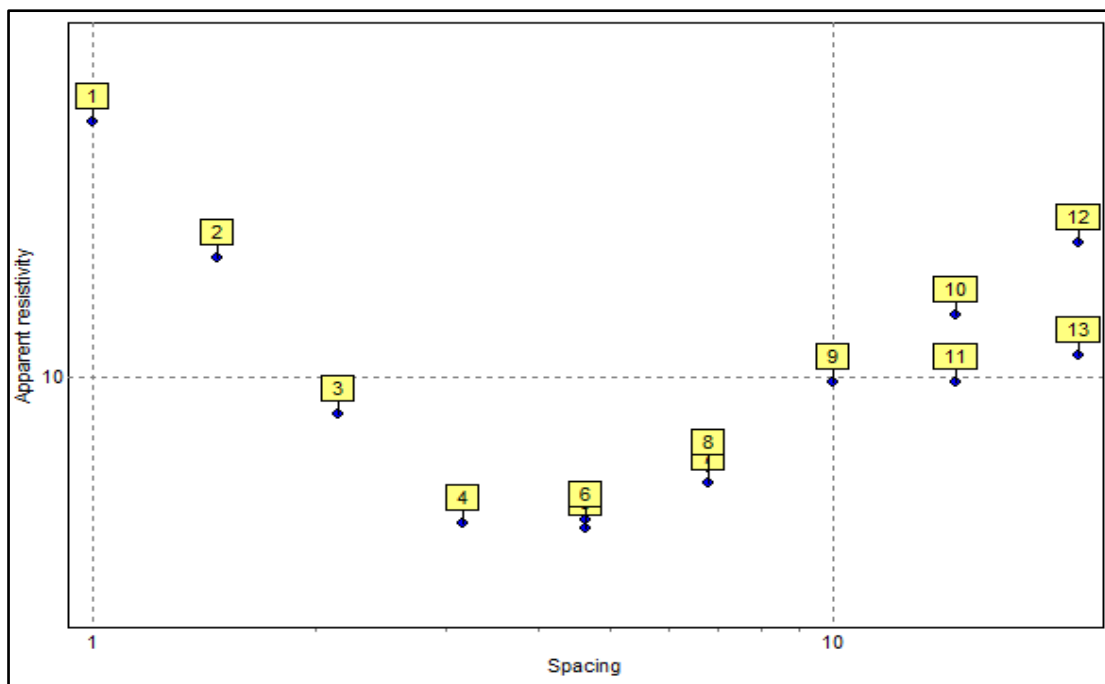
Gráfico de puntos en el campo del SEV 3 generada por el programa IPI2win.



**Anexo 3.4.** Resultados del SEV 4, (medidas de resistividad en el campo).

ESTACIÓN PUNTO	ABERTURA AB/2	ABERTURA MN/2	CONSTANTE (k)	1 <sup>ra</sup> LECTURA	
				Nº	RESISTIVIDAD (Ohm-m)
1	1.00	0.20	7.54	139	24.66
2	1.47	0.20	16.66	140	15.25
3	2.15	0.20	35.99	141	8.77
4	3.16	0.20	78.11	142	5.96
5	4.64	0.20	168.78	143	5.86
6	4.64	0.50	86.85	144	6.03
7	6.81	0.20	363.92	145	6.88
8	6.81	0.50	144.91	146	7.27
9	10.00	0.50	313.37	147	9.84
10	14.70	0.50	678.08	148	12.47
11	14.70	2.00	166.58	149	9.85
12	21.50	0.50	1454.42	150	16.08
13	21.50	2.00	359.91	151	10.82

Gráfico de puntos en el campo del SEV 4 generada por el programa IPI2win.



**Anexo 3.5.** Resistividad de los materiales

<b>MATERIAL</b>	<b>RESISTIVIDAD (<math>\Omega\text{m}</math>)</b>
Basamento. Roca sana con diaclasas espaciadas	> 10000
Basamento. Roca fracturada	1500 -5000
Basamento. Roca fracturada saturada con agua corriente	100-2000
Basamento. Roca fracturada saturada con agua salada	1-100
Gruss no saturado	500-1000
Gruss saturado	40-60
Saprolito no saturado	200-500
Saprolito saturado	40-100
Gravas no saturadas	500-2000
Gravas saturadas	300-500
Arenas no saturadas	400-700
Arenas saturadas	100-200
Limos no saturados	100-200
Limos saturados	20-100
Limos saturados con agua salada	5-15
Arcillas no saturadas	20-40
Arcillas saturadas	5-20
Arcillas saturadas con agua salada	1-10
Andosoles secos	1000-2500
Andosoles no saturados	300-1000
Andosoles saturados	30-50
Limos	20-100
Humus	10-150
Turba húmeda	5-100
Arcilla plástica	50
Margas y arcillas compactas	100-200
Margas del jurásico	30-40
Arena arcillosa	50-500
Arena silícea	200-3000
Suelo pedregoso desnudo	300-5000
Calizas blandas	100-300
Calizas compactas	1000-5000
Calizas agrietadas	500-1000
Pizarras	50-300
Roca de mica y cuarzo	800

**Fuente:** Universidad Nacional, 2000



## **Anexo 4**

Datos de temperaturas y precipitaciones de la  
ciudad de Loja

**Anexo 4.1.** Temperatura promedio anual de la ciudad de Loja.

Datos de Temperatura													
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	PROMEDIO ANUAL
2000	16,7	16,6	16,8	16,9	16,9	16,4	15,8	15,3	16,2	16,9	16,3	16,9	16,5
2001	16,9	16,3	17,1	17	17,3	16,4	16,3	15,6	16,5	18,5	17,6	17,9	17,0
2002	16,9	16,6	17	16,9	17,1	16,1	16,3	15,8	17,1	17,2	16,8	17,3	16,8
2003	16	16,7	16,5	16,9	16,4	16,5	15,7	16,8	17,5	18,1	17,5	17,2	16,8
2004	17,4	17,2	16,7	17,5	17,5	15,4	15,8	16,2	16,7	17,4	17,9	17,5	16,9
2005	17	17,6	17,7	17,8	17,1	16,6	16,3	16,6	17,7	17,6	16,4	17,3	17,1
2006	17,3	17,4	17,4	17,4	17,1	17	17	17,3	17,8	18	18,2	18,2	17,5
2007	18	17,4	17,4	18,2	17,2	15,5	16,7	16,1	16,7	16,9	17,1	16,9	17,0
2008	16,5	16,1	16,8	16,8	16,5	16,1	15,1	15,5	16,3	17,1	17,3	17,4	16,5
2009	16,8	16,8	17,2	17,2	16,9	16,5	16,1	16,1	16,7	17,6	17,1	17,9	16,9
2010	16,7	16,7	18	18,4	19,9	16,7	16,8	16,1	16,9	17,4	16,5	17	17,3
PROMEDIO DÉCADA													16,9

**Fuente:** Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología - INAMHI (Datos de la última década)

**Anexo 4.** Precipitaciones promedio anuales de la ciudad de Loja.

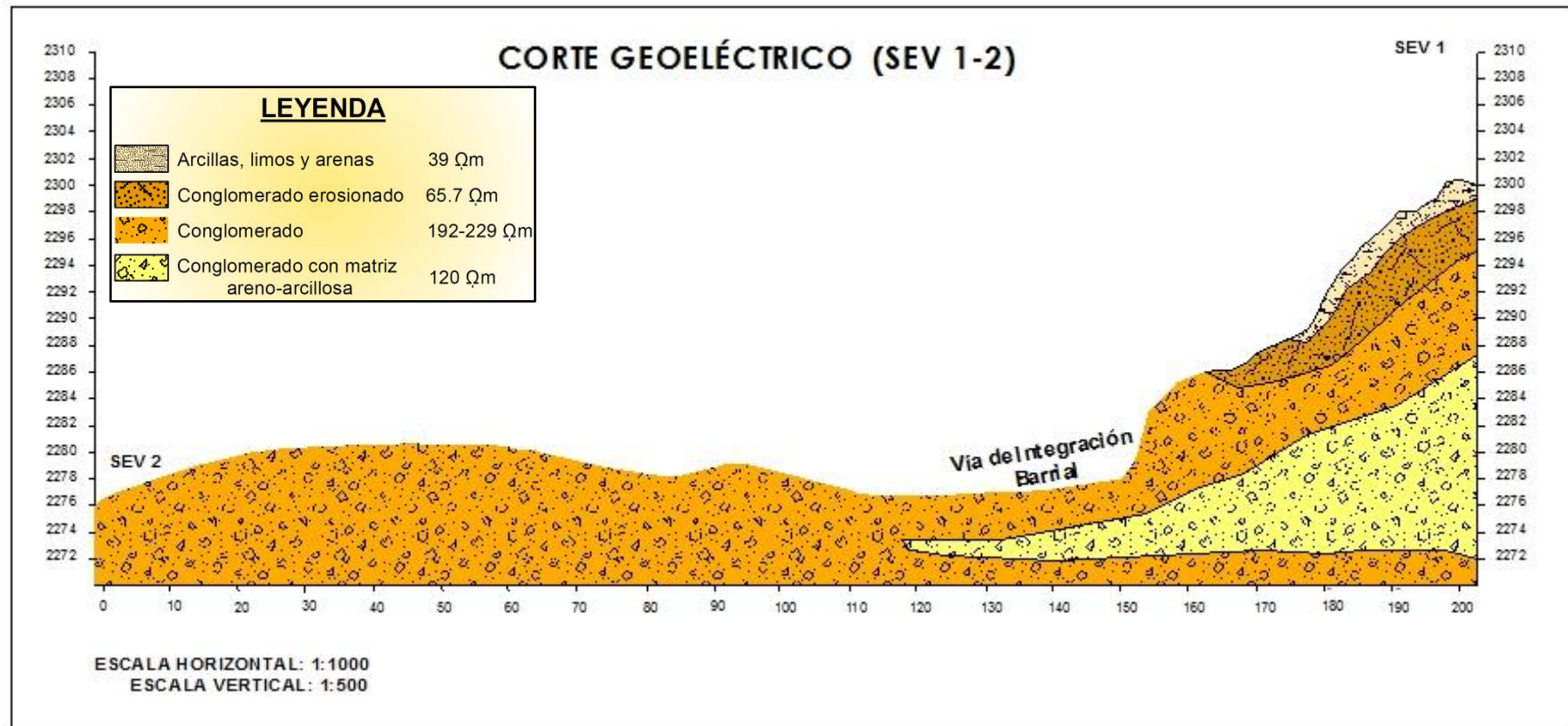
Datos de Precipitación (mm/año)													
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	PRECIPITACIÓN ANUAL
2000	152,1	178,5	192,1	105	81,8	86,8	37,1	50,3	67,7	31,6	25,4	57,6	1066,0
2001	82,8	116,6	68,3	69,8	67,3	86,9	81,2	52,1	42	35,5	128	98,3	928,8
2002	102	92,2	53,5	126,7	68,2	39,2	62,8	5,9	18,2	67,7	71,4	70,6	778,4
2003	80,3	113,3	188	68,8	92,4	53,9	34,1	6,9	25	73,3	56,5	106,8	899,3
2004	48,1	119	177,6	198,7	46,5	85,4	47,5	12,1	25,2	125,8	95,3	96,3	1077,5
2005	46,4	134,5	173,6	157,6	33	79	15,3	13,4	18,1	86,2	62,5	98,3	917,9
2006	138,1	88,8	188,3	82,7	33,6	78,5	33,7	13,2	22,5	37,2	93,1	90,6	900,3
2007	50,1	66,3	93,5	99,1	80,7	120	11,3	152,4	55	55,7	153,3	77,6	1015,0
2008	62,3	251	237,9	137,8	74,6	51,3	89,5	89,7	20,6	136,4	102,9	126,3	1380,3
2009	133	90,2	134,4	93,1	43,3	29,8	55,7	61,9	55,6	69,7	26	118,4	911,1
2010	59,4	109,6	46,3	75,8	70,7	77,5	31,1	46,2	60,6	34,4	60	81,1	752,7
	PROMEDIO DÉCADA												966,1

**Fuente:** Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología - INAMHI (Datos de la última década)

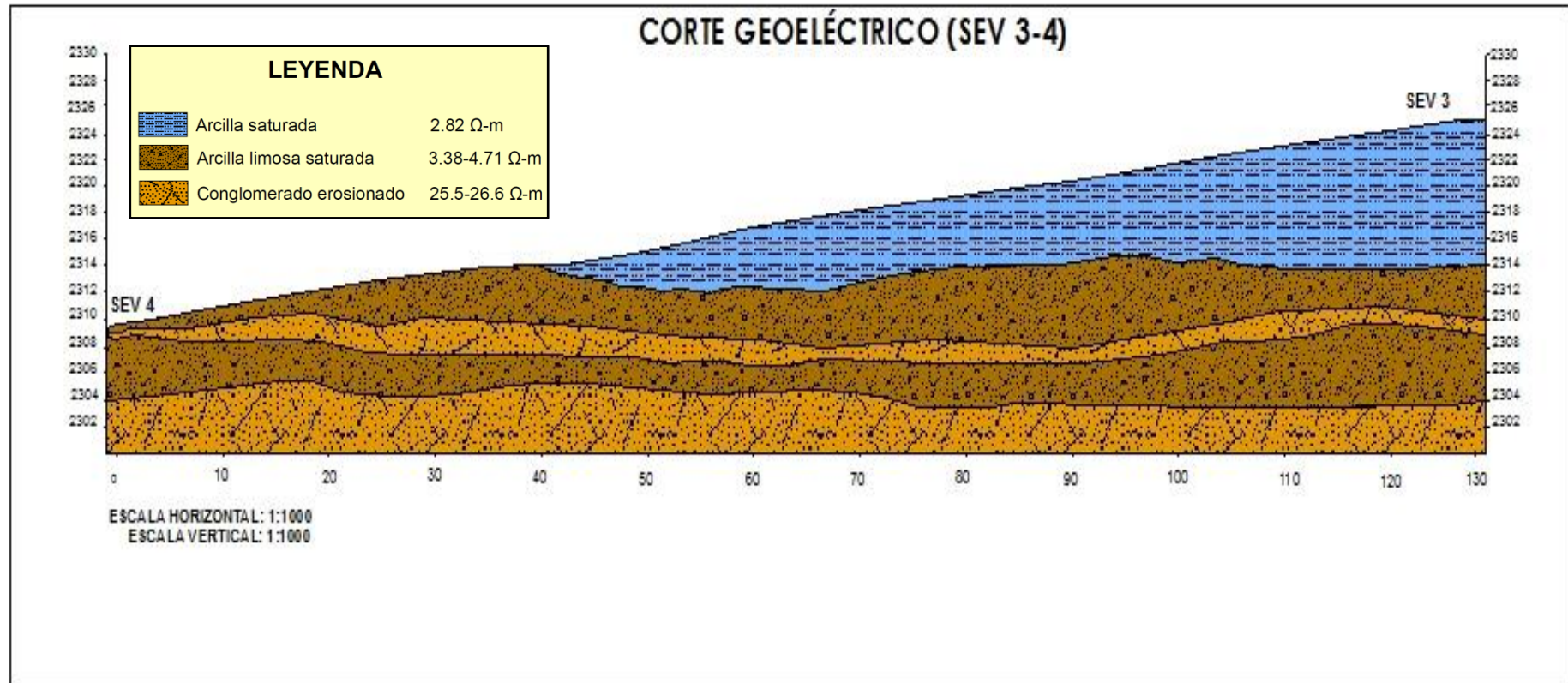
## **Anexo 5**

Cortes Geoelectrónicos

### Anexo 5.1. Corte A-B




### Anexo 5.1. Corte C-D



## **Anexo 6**


Resultados de los Ensayos de Penetración  
Estándar

<b>REGISTRO DE SONDEOS</b>				
	<b>PROYECTO:</b>	SUSCEPTIBILIDAD DE DESLIZAMIENTO EN LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL SECTOR COFRADÍA HASTA CHONTA CRUZ		
	<b>CALICATA N°:</b>	C-01		
	<b>LOCALIZACIÓN:</b>	INDICADA EN CROQUIS		
	<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	23/07/2014		
	<b>INGENIERO DE CAMPO:</b>	ING. RAMIRO JIMÉNEZ		
	<b>MÉTODO DE EXCAVACIÓN:</b>	MANUAL		
		<b>PROFUNDIDAD:</b>	3.00	
		<b>COORDENADAS</b>	<b>N:</b>	
			<b>E:</b>	
			<b>ELEV:</b>	
		<b>NIVEL FREÁTICO:</b>	N.E.	
		<b>REGISTRO:</b>	1 de 1	

Prof.(m)	Espesor (m)	Perfil	Estructura	Descripción	% H.	Grava	Arena	Finos	L.L.	L.P.	I.P.	SUCS	AASTHO	FOTOGRAFÍA
0.00 - 2.00	2.00	SC	Terreno Natural	Arena arcillosa con grava, color gris	6.45	26	45.6	28.4	21.6	19.1	2.5	SC	A-2-4	
2.00 - 3.00	1.00	SC	Terreno Natural	Arena arcillosa limosa con grava, color café	6.74	30	42.1	27.9	25	19.7	5.3	SC	A-2-4	

**Figura 30.** Ubicación del área de estudio, modificado a partir de información cartográfica escala 1: 5 000 base GPL.

OBSERVACIONES: Las muestras son extraidas por nuestro Laboratorio

  
**ING. RAMIRO JIMÉNEZ**  
 RESPONSABLE GEOTÉCNICO







**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**

PROYECTO:  
USO:  
SOLICITADO POR:  
ENSAYADO POR:  
FECHA DE ENSAYO:  
PROCEDENCIA:

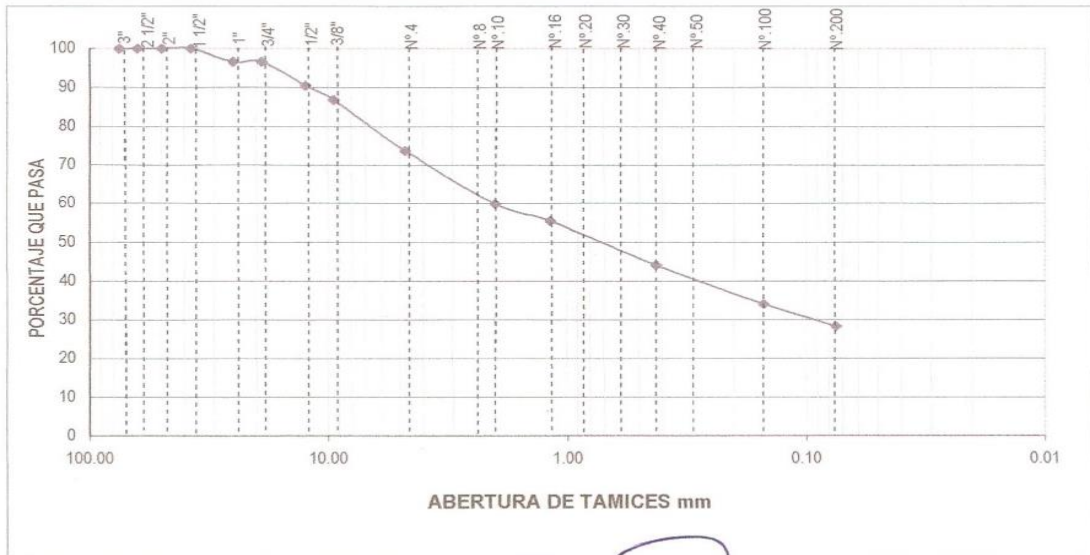
SUSCEPTIBILIDAD DE DESLIZAMIENTO EN LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL SECTOR COFRADÍA HASTA CHONTA CRUZ

TESIS  
ALUMNA GINA ELIZABETH SUCUNUTA PÉREZ  
ING. RAMIRO JIMÉNEZ  
23/07/2014  
CALICATA SECTOR CHONTACRUZ PROF= 0.00 A 2.00

MICR.	TAMIZ	PESO RETENIDO ACUMULADO (Gr.)	% RETENIDO	% QUE PASA	FAJA DE DISEÑO
75	3"	0	0	100	
63	2 1/2"	0	0	100	
50	2"	0	0	100	
37.5	1 1/2"	0	0	100	
25	1"	23	3	97	
19	3/4"	23	3	97	
12.5	1/2"	65	10	90	
9.5	3/8"	90	13	87	
4.750	Nº.4	179	26	74	
	Pasa Nº.4	502	74	26	
2.360	Nº.8				
2.000	Nº.10	22	14	60	
1.180	Nº.16	29	18	55	
0.850	Nº.20				
0.600	Nº.30				
0.425	Nº.40	47	30	44	
0.300	Nº.50				
0.150	Nº.100	63	40	34	
0.075	Nº.200	72	45	28.4	
	Pasa Nº.200	45	28.4		
	<b>TOTAL</b>	<b>681</b>			

Peso Total de Lavado:	117.00	Peso antes de Lavado:	
Peso Total después de Lavado:	72.00	Peso después del Lavado:	
Módulo de Finura:			

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



*(Handwritten Signature)*  
ING. RAMIRO JIMÉNEZ  
RESPONSABLE GEOTÉCNICO





"SUELOS Y PAVIMENTOS" LABORATORIO

Tel: 072-574988

CONTENIDO DE HUMEDAD				
CALICATA SECTOR CHONTACRUZ PROF= 0.00 A 2.00				
PROYECTO:	SUSCEPTIBILIDAD DE DESLIZAMIENTO EN LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL SECTOR COFRADÍA HASTA CHONTA			
PROCEDENCIA:	CALICATA SECTOR CHONTACRUZ PROF= 0.00 A 2.00			
USO:	TESIS			
FECHA:	23/07/2014	OPERADOR:	ING. RAMIRO JIMÉNEZ	
PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO DE CAPSULA	% DE HUMEDAD	RESULTADO
84.14	80.10	17.48	6.45	6.45

  
ING. RAMIRO JIMÉNEZ  
RESPONSABLE GEOTÉCNICO





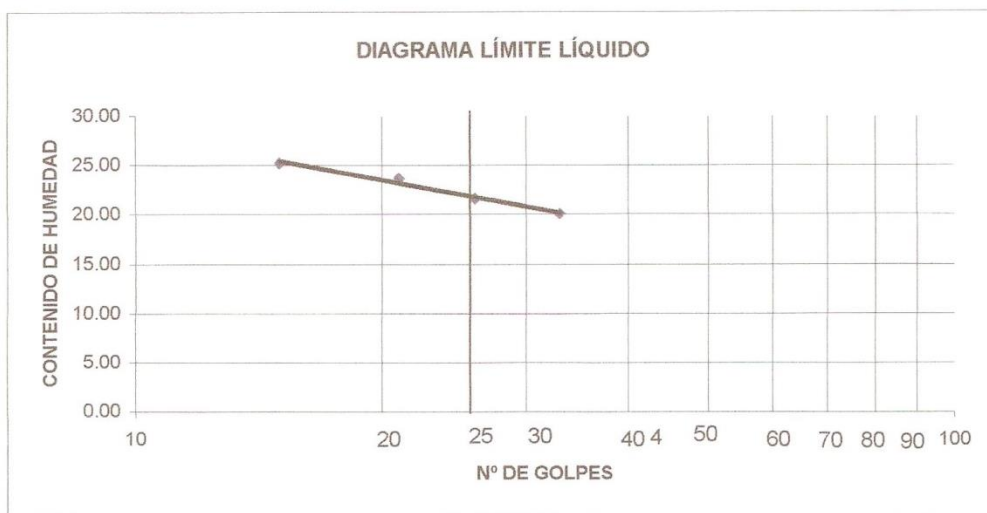
Telf: 072-574988

## "SUELOS Y PAVIMENTOS" LABORATORIO

### LIMITES DE CONSISTENCIA

<b>Proyecto :</b>	SUSCEPTIBILIDAD DE DESLIZAMIENTO EN LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL SECTOR COFRADÍA HASTA CHONTA CRUZ	<b>Norma:</b>	A.A.S.H.O. T 90-56
<b>Procedencia:</b>	CALICATA SECTOR CHONTACRUZ PROF= 0.00	<b>Fecha Ensayo:</b>	23/07/2014
<b>Solicitado por:</b>	ALUMNA GINA ELIZABETH SUCUNUTA PÉREZ	<b>USO:</b>	TESIS

NUMERO DE CÁPSULA	125	122	100	301
Peso de la Cápsula (gr.)	18.21	18.44	17.47	17.07
Peso de la Cápsula + Suelo Húmedo(gr.)	33.57	33.12	32.48	32.75
Peso de la Cápsula + Suelo Seco (gr.)	30.48	30.31	29.81	30.13
Peso del suelo Seco (gr.)	12.27	11.87	12.34	13.06
Peso del Agua (gr.)	3.09	2.81	2.67	2.62
Contenido de Humedad (%)	25.18	23.67	21.64	20.06
NUMERO DE GOLPES	15	21	26	33

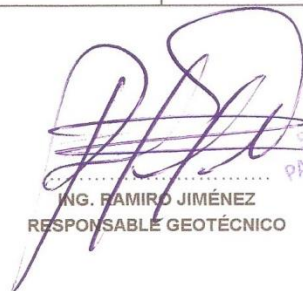


### LÍMITE PLÁSTICO

NUMERO DE CÁPSULA	398	169	351
Peso de la Cápsula (gr.)	8.89	9.19	8.75
Peso de la Cápsula + Suelo Húmedo(gr.)	15.45	15.11	15.17
Peso de la Cápsula + Suelo Seco (gr.)	14.39	14.16	14.15
Peso del suelo Seco (gr.)	5.50	4.97	5.40
Peso del Agua (gr.)	1.06	0.95	1.02
Contenido de Humedad (%)	19.27	19.11	18.89
Contenido Medio de Humedad (%)		L.P.= 19.09 %	

### RESULTADOS

VALORES ENSAYO	VALORES ENTEROS SEGÚN NORMA
L.L. = 21.6%	L.L. = 22%
L.P. = 19.1 %	L.P. = 19 %
I.P. = 2.5%	I.P. = 3%

  
 ING. FAMIRO JIMÉNEZ  
 RESPONSABLE GEOTÉCNICO



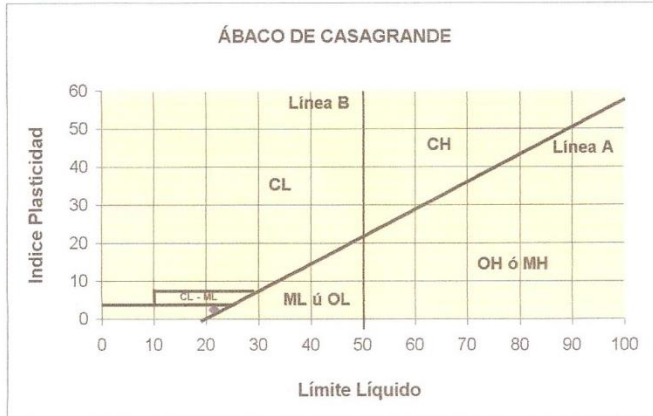


Tel: 072-574988

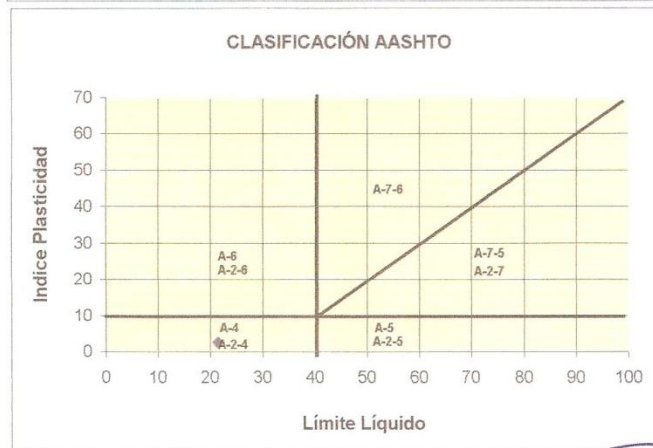
**"SUELOS Y PAVIMENTOS" LABORATORIO**

**CLASIFICACIÓN MÉTODO S.U.C.S. Y AASHTO**

<b>Muestra :</b>	SUSCEPTIBILIDAD DE DESLIZAMIENTO EN LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL SECTOR COFRADÍA HASTA CHONTA CRUZ	<b>Realizado:</b>	ING. RAMIRO JIMÉNEZ
<b>Procedencia:</b>	CALICATA SECTOR CHONTACRUZ PROF= 0.00 A	<b>Fecha Ensayo:</b>	23/07/2014
<b>Solicitado por:</b>	ALUMNA GINA ELIZABETH SUCUNUTA PÉREZ	<b>USO:</b>	TESIS



LÍMITE LÍQUIDO L.L.	22 %
LÍMITE PLÁSTICO L.P.	19 %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD I.P.	3 %



CLASIFICACIÓN	
Pasa tamiz N° 4 :	74 %
Pasa tamiz N° 200 :	28 %
D60 :	2.00 mm
D30 :	0.10 mm
D <sub>10</sub> (diámetro efectivo) :	
Coefficiente de Uniformidad (Cu) :	
Grado de Curvatura (Cc) :	
Valor del índice de grupo (IG)	0

**Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.)**

Arena arcillosa con grava SC

**Sistema de Clasificación de Suelos (AASHTO)**

A-2-4 Grava y arena arcillosa o limosa

*[Handwritten Signature]*  
 ING. RAMIRO JIMÉNEZ  
 RESPONSABLE GEOTÉCNICO





**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**

PROYECTO:

USO:

SOLICITADO POR:

ENSAYADO POR:

FECHA DE ENSAYO:

PROCEDENCIA:

SUSCEPTIBILIDAD DE DESLIZAMIENTO EN LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL SECTOR COFRADÍA HASTA CHONTA CRUZ

TESIS

ALUMNA GINA ELIZABETH SUCUNUTA PÉREZ

ING. RAMIRO JIMÉNEZ

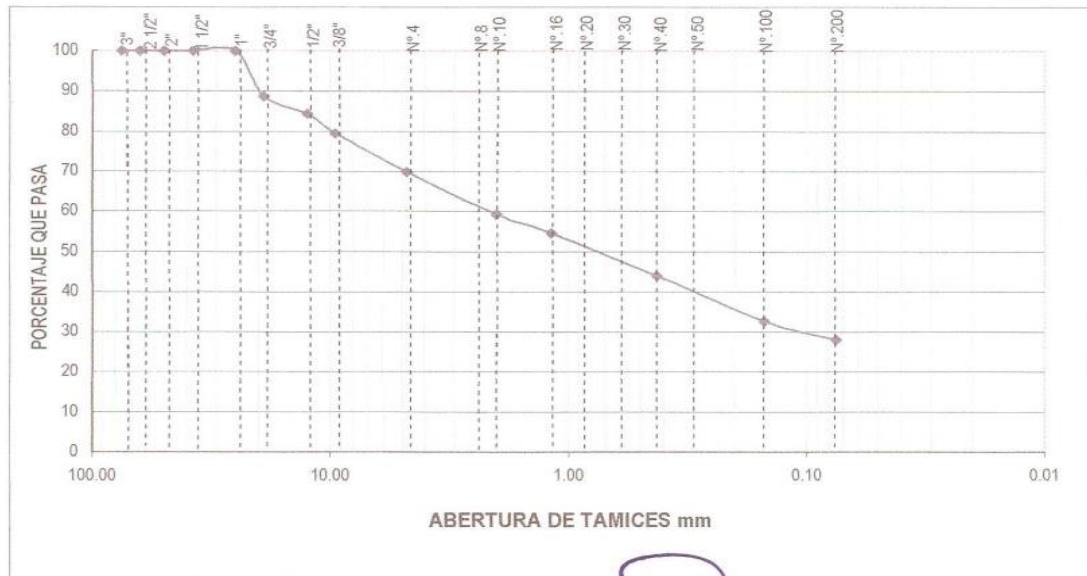
23/07/2014

CALICATA SECTOR CHONTACRUZ PROF= 2.00 A 3.00

MICR.	TAMIZ	PESO RETENIDO ACUMULADO (Gr.)	% RETENIDO	% QUE PASA	FAJA DE DISEÑO
75	3"	0	0	100	
63	2 1/2"	0	0	100	
50	2"	0	0	100	
37.5	1 1/2"	0	0	100	
25	1"	0	0	100	
19	3/4"	45	11	89	
12.5	1/2"	62	16	84	
9.5	3/8"	81	21	79	
4.750	Nº.4	119	30	70	
	Pasa Nº.4	276	70	30	
2.360	Nº.8				
2.000	Nº.10	16	11	59	
1.180	Nº.16	23	15	55	
0.850	Nº.20				
0.600	Nº.30				
0.425	Nº.40	39	26	44	
0.300	Nº.50				
0.150	Nº.100	56	37	33	
0.075	Nº.200	63	42	27.9	
	Pasa Nº.200	42	27.9		
	<b>TOTAL</b>	<b>395</b>			

Peso Total de Lavado:	105.00	Peso antes de Lavado:	
Peso Total después de Lavado:	63.00	Peso después del Lavado:	
Módulo de Finura:			

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



*[Handwritten Signature]*  
 ING. RAMIRO JIMÉNEZ  
 RESPONSABLE GEOTÉCNICO





CONTENIDO DE HUMEDAD				
CALICATA SECTOR CHONTACRUZ PROF= 2.00 A 3.00				
PROYECTO:	SUSCEPTIBILIDAD DE DESLIZAMIENTO EN LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL SECTOR COFRADIA HASTA CHONTA			
PROCEDENCIA:	CALICATA SECTOR CHONTACRUZ PROF= 2.00 A 3.00			
USO:	TESIS			
FECHA:	23/07/2014	OPERADOR:	ING. RAMIRO JIMÉNEZ	
PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO DE CAPSULA	% DE HUMEDAD	RESULTADO
80.83	76.89	18.46	6.74	6.74

  
ING. RAMIRO JIMÉNEZ  
RESPONSABLE GEOTÉCNICO





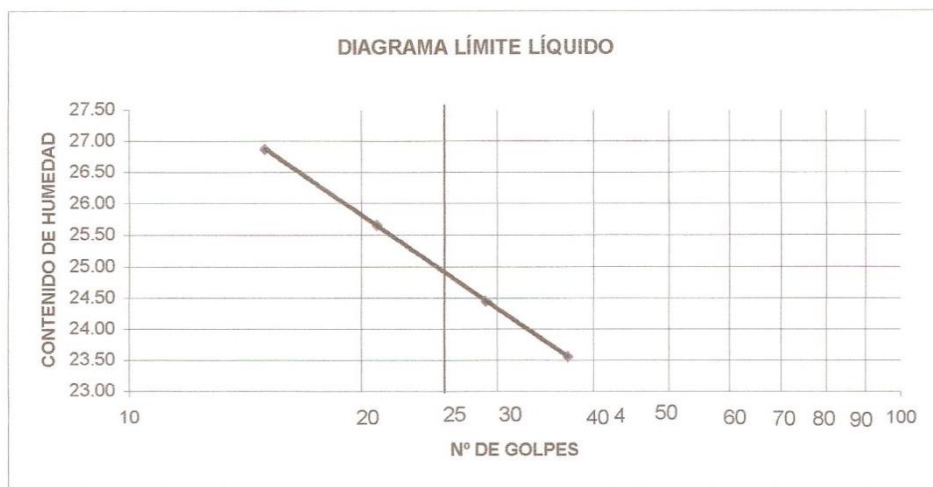
Telf: 072-574988

## "SUELOS Y PAVIMENTOS" LABORATORIO

### LIMITES DE CONSISTENCIA

<b>Proyecto :</b>	SUSCEPTIBILIDAD DE DESLIZAMIENTO EN LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL SECTOR COFRADÍA HASTA CHONTA CRUZ	<b>Norma:</b>	A.A.S.H.O. T 90-56
<b>Procedencia:</b>	CALICATA SECTOR CHONTACRUZ PROF= 2.00 A	<b>Fecha Ensayo:</b>	23/07/2014
<b>Solicitado por:</b>	ALUMNA GINA ELIZABETH SUCUNUTA PÉREZ	<b>USO:</b>	TESIS

NUMERO DE CÁPSULA	212	138	147	307
Peso de la Cápsula (gr.)	17.99	18.16	17.71	18.39
Peso de la Cápsula + Suelo Húmedo(gr.)	38.34	39.07	37.66	43.35
Peso de la Cápsula + Suelo Seco (gr.)	34.03	34.80	33.74	38.59
Peso del suelo Seco (gr.)	16.04	16.64	16.03	20.20
Peso del Agua (gr.)	4.31	4.27	3.92	4.76
Contenido de Humedad (%)	26.87	25.66	24.45	23.56
NUMERO DE GOLPES	15	21	29	37



### LÍMITE PLÁSTICO

NUMERO DE CÁPSULA	41	11	10
Peso de la Cápsula (gr.)	8.48	8.71	8.33
Peso de la Cápsula + Suelo Húmedo(gr.)	12.64	12.52	11.84
Peso de la Cápsula + Suelo Seco (gr.)	11.95	11.89	11.27
Peso del suelo Seco (gr.)	3.47	3.18	2.94
Peso del Agua (gr.)	0.69	0.63	0.57
Contenido de Humedad (%)	19.88	19.81	19.39
Contenido Medio de Humedad (%)		L.P. = 19.69 %	

### RESULTADOS

VALORES ENSAYO	VALORES ENTEROS SEGÚN NORMA
L.L. = 25.0%	L.L. = 25%
L.P. = 19.7 %	L.P. = 20 %
I.P. = 5.3%	I.P. = 5%

  
 ING. RAMIRO JIMÉNEZ  
 RESPONSABLE GEOTÉCNICO



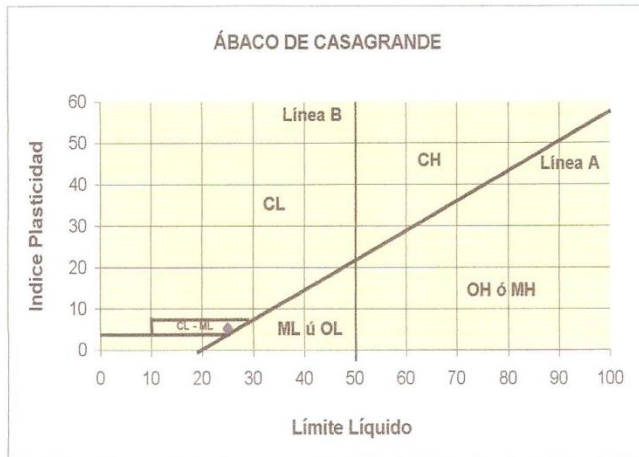


Tel: 072-574988

"SUELOS Y PAVIMENTOS" LABORATORIO

CLASIFICACIÓN MÉTODO S.U.C.S. Y AASHTO

<b>Muestra :</b>	SUSCEPTIBILIDAD DE DESLIZAMIENTO EN LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL SECTOR COFRADÍA HASTA CHONTA CRUZ	<b>Realizado:</b>	ING. RAMIRO JIMÉNEZ
<b>Procedencia:</b>	CALICATA SECTOR CHONTACRUZ PROF= 2.00 A	<b>Fecha Ensayo:</b>	23/07/2014
<b>Solicitado por:</b>	ALUMNA GINA ELIZABETH SUCUNUTA PÉREZ	<b>USO:</b>	TESIS



LÍMITE LÍQUIDO L.L.	25 %
LÍMITE PLÁSTICO L.P.	20 %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD I.P.	5 %



CLASIFICACIÓN	
Pasa tamiz N° 4 :	70 %
Pasa tamiz N° 200 :	28 %
D60 :	2.27 mm
D30 :	0.11 mm
D <sub>10</sub> (diámetro efectivo) :	
Coefficiente de Uniformidad (Cu) :	
Grado de Curvatura (Cc) :	
Valor del índice de grupo (IG)	0

Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.)

Arena arcilloso-limosa con grava SC-SM

Sistema de Clasificación de Suelos (AASHTO)

A-2-4 Grava y arena arcillosa o limosa

  
 ING. RAMIRO JIMÉNEZ  
 RESPONSABLE GEOTÉCNICO







**"SUELOS & PAVIMENTOS"  
LABORATORIO**

Telf: 072-611053

**ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR ("SPT")**

PROYECTO:	SUSCEPTIBILIDAD DE DESLIZAMIENTO EN LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL SECTOR COFRADÍA HASTA CHONTA CRUZ	REALIZADO:	ING. RAMIRO JIMÉNEZ
PROCEDENCIA:	CALICATA Nº1	FECHA DE ENSAYO:	17/07/2014
SOLICITADO:	ALUMNA: GINA ELIZABETH SUCUNUTA PÉREZ	FECHA DE INFORME:	30/07/2014

**CALCULO DEL N CORREGIDO**

Profundidad m.	Nº golpes			Nº golpes SPT-TOTAL	q Tn/m2	N_correg Ec.1	N_correg Ec.2
	15cm.	30 cm	45 cm				
<b>CALICATA Nº1</b>							
1.00	40	33	51	84	1.56	84.00	118.50
2.00	15	20	25	45	3.12	45.00	60.00
3.00	25	18	24	42	4.69	53.00	55.50

**CAPACIDAD DE CARGA PLINTOS AISLADOS**

Df =	2.0	m.
B =	2.90	m.
g =	1.562	Tn/m3
NO ESTA AFECTADO POR NIVEL FREATICO		
g' =	0.562	Tn/m3
g'' =	0.734	Tn/m4
q = γ * Df =	3.124	Tn/m2
q_asum =	3.124	Tn/m3
k =	0.1	Tn/m2
N_Correg =	45.00	golpes
C =	4.50	Tn/m2
C_Asum =	0.10	Tn/m2
φ =	39.51	°
φ' =	28.80	°
N'c =	33.69	
N'q =	19.52	
N'γ =	14.71	
qu =	90.54	
Fs =	3	
Q_Adm =	30.18	Tn/m2

Tabla: 4.8; literal 1b: Ec.1      Tabla: 4.8; literal 1a: Ec.2  
 $N_{corr} = N * (0.77 + \log(\frac{195.2}{q}))$        $N_{corr} = N + (3.5 * (N - 15))$   
 Valida para perforaciones mayores a 2m.      Valida para cuando N > 15 golpes en Limos y arenas

q = Presión de trabajo  
 $\bar{\sigma} = \sigma + \bar{u}$   
 σ = Densidad del suelo  
 h = profundidad  
 γ = σ = 1.562 Tn/m3

$$q_u = (0.867 * C * N'c) + (q * N'q) + (0.4 * \gamma * B * N'\gamma)$$

$$\phi(\text{grados}) = 27.1 + (0.3 * N_{corr}) - (0.00054 * N^2_{corr})$$

**DETALLES DE ESTRATO**

CALICATA	PROF. DESDE (m)	PROF. HASTA (m)	ESTRATO ANALIZADO (m)	PROFUNDIDAD ANALIZADA (m)	ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA (°)	N (SPT) corregido	Fs	TIPO DE ESTRATO
Nº1	1.00	3.00	2.00	2.45	39.51 °	45.00	3	SC

**CÁLCULO DE CARGAS ADMISIBLES**

AUTOR	Q ult.	Q adm.
SEGÚN TERZAGHI	90.54 Tn/m2	30.18 Tn/m2
Q admisible de diseño =		30.18 Tn/m2
Q admisible de diseño =		3.02 Kg/cm2

ING. RAMIRO JIMÉNEZ  
RESPONSABLE GEOTÉCNICO





Telf: 072-611053

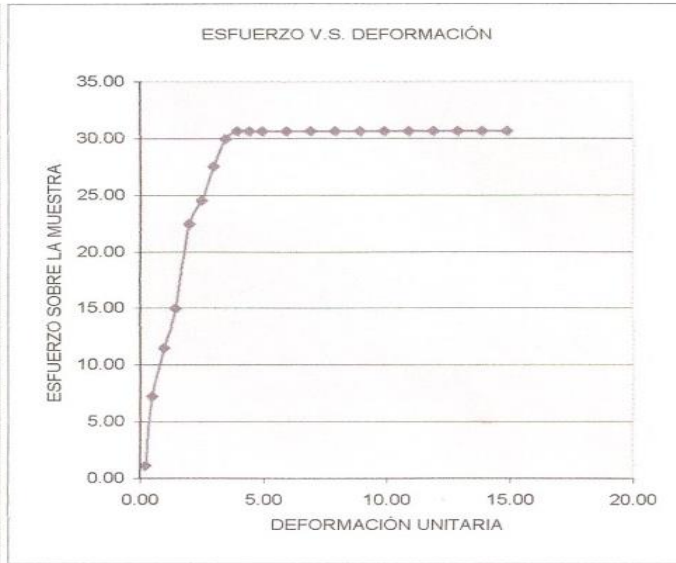
**'SUELOS & PAVIMENTOS' LABORATORIO**

**ENSAYO DE COMPRESIÓN INCONFINADA**

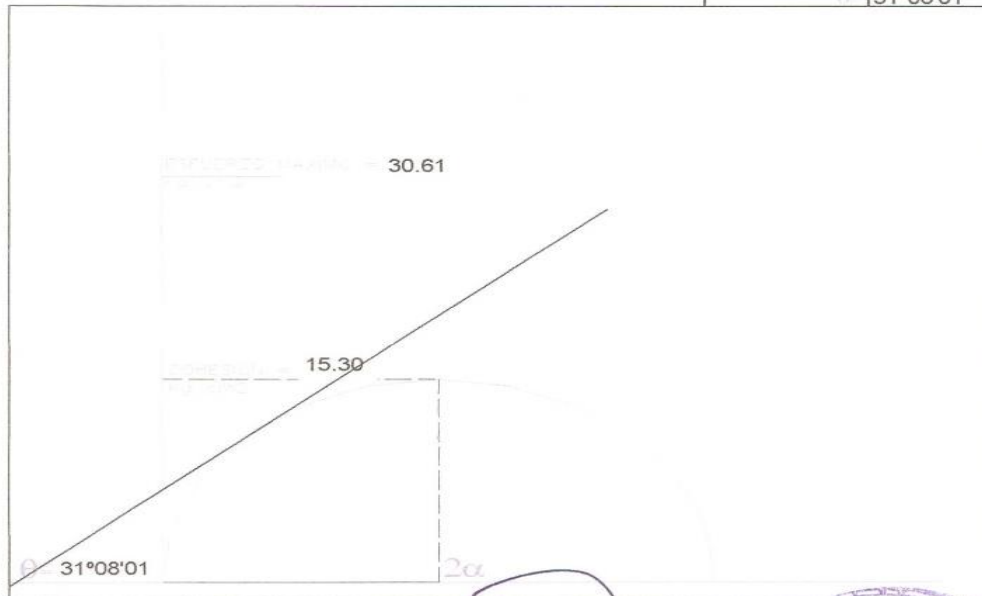
<b>Muestra :</b>	INALTERADA REMOLDEADA SUSCEPTIBILIDAD DE DESPLAZAMIENTO EN LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL DSECTOR COFRADÍA.CHONTA CRUZ	<b>Norma:</b>	AASHTO T - 208
<b>Proyecto:</b>		<b>Fecha:</b>	30/07/2014
<b>Nº de muestra</b>	Nº1	<b>Solicitado:</b>	GINA E. SUCUNUTA PÉREZ

<b>Longitud:</b>	5.02 cm	<b>Ancho:</b>	5.11 cm	<b>Area:</b>	25.6322 cm <sup>2</sup>
<b>Cont. Humedad:</b>	6.45 %	<b>qult:</b>	30.61 Kg/cm <sup>2</sup>	<b>Cohesión:</b>	15.3 Kg/cm <sup>2</sup>
<b>Espesor:</b>	5.03 cm.	<b>Volumen Muestr.:</b>	129.03 cm <sup>3</sup>	<b>Peso Muestra.:</b>	205.14 gr.
<b>Densidad Humeda :</b>		<b>Densidad Seca:</b>	1.590 g/cm <sup>3</sup>		1.494 g/cm <sup>3</sup>

DEFORMACIÓN UNITARIA	ESFUERZO SOBRE LA MUESTRA
0.25	1.09
0.50	7.21
0.99	11.50
1.49	14.97
1.99	22.45
2.49	24.50
2.98	27.50
3.48	29.95
3.98	30.61
4.47	30.61
4.97	30.61
5.97	30.61
6.96	30.61
7.95	30.61
8.95	30.61
9.94	30.61
10.94	30.61
11.93	30.61
12.92	30.61
13.92	30.61
14.91	30.61



<b>ANGULO FRICCIÓN INTERNA <math>\theta</math></b>
$\theta = 31^{\circ}08'01''$



NOTA: EL TIPO DE ESTRATO ES "CH" ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD

*[Handwritten Signature]*  
 ING. RAMIRO JIMÉNEZ  
 RESPONSABLE GEOTÉCNICO



Loja 03 de Agosto de 2015

Lic. Carmen Castro

CERTIFICA: Haber traducido el resumen de la tesis denominado "**SUSCEPTIBILIDAD DE DESLIZAMIENTOS EN LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL EN EL SECTOR COFRADÍA HASTA CHONTA CRUZ EN LA CIUDAD DE LOJA-ECUADOR**"; de la Señorita egresada Gina Elizabeth Sucunuta Pérez.

Se expide el presente, a solicitud de la interesada para los fines que considere convenientes.



Lic. Carmen Castro  
1900529908