



**UNIVERSIDAD NACIONAL
DE LOJA**

Área de la Energía, las Industrias y
los Recursos Naturales no
Renovables.

**Ingeniería en Geología Ambiental y
Ordenamiento Territorial**

TÍTULO:

**“SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LA VÍA DE
INTEGRACIÓN BARRIAL, DESDE EL SECTOR LA
ARGELIA HASTA PUNZARA CHICO DE LA CIUDAD DE
LOJA - ECUADOR”**

Previo a la obtención del título de
Ingeniera en Geología Ambiental y
Ordenamiento Territorial.

AUTORA:

Rivera Miles Mirian Mariana

DIRECTOR:

Ing. Michael Valarezo Riofrío Mg. Sc

Loja – Ecuador

2014

Loja 17 de octubre del 2014.

Ing. Jorge Michael Valarezo Riofrío, Mg. Sc.

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

DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICA:

Haber dirigido, asesorado, revisado y corregido el presente trabajo de tesis de grado, en su proceso de investigación cuyo tema versa en “SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS DE LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL, DESDE EL SECTOR LA ARGELIA HASTA PUNZARA CHICO , DE LA CIUDAD DE LOJA - ECUADOR”, previo a la obtención del título de Ingeniero en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial, realizado por la señorita egresada: Mirian Mariana Rivera Miles la misma que cumple con la reglamentación y políticas de investigación, por lo que autorizo su presentación y posterior sustentación y defensa.



Ing. Jorge Michael Valarezo Riofrío, Mg. Sc.

DIRECTOR DE TESIS

AUTORÍA

Yo, **Mirian Mariana Rivera Miles**, declaro ser autora del presente proyecto de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y 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 - Bibliotecario Virtual.

Autora: Mirian Mariana Rivera Miles

Firma: -----

Cédula: 110508057-4

Fecha: 5 de noviembre del 2014

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

Yo, **Mirian Mariana Rivera Miles**, declaro ser autora de la tesis titulada: **“SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL, DESDE EL SECTOR LA ARGELIA HASTA PUNZARA CHICO, DE 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 noviembre del dos mil catorce.

Firma:



Autor:

Mirian Mariana Rivera Miles.

Cédula:

1105080574

Dirección:

Loja, (Ciudadela Julio Ordoñez).

Correo Electrónico:

mirita2809@hotmail.com

Teléfono:

(07) -311-0320

Celular: 0989545001

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de Tesis:

Ing. Jorge Michael Valarezo Riofrío, Mg. Sc.

Tribunal de Grado:

Ing. Julio Eduardo Romero Sigcho, Mg. Sc.

Ing. Walter Simón Tambo Encalada, Mg. Sc.

Ing. Fermín Alexander González Sisalima, Mg. Sc.

AGRADECIMIENTO

Agradezco de manera especial a la UNIVESIDAD NACIONAL DE LOJA, en su Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial, que me abrieron las puertas para poder formarme.

A la planta docente, que a lo largo de toda la carrera universitaria me impartieron sus conocimientos y guiaron para enfrentar los obstáculos en la vida profesional

Al Ing. Michael Valarezo. Mg Sc. Director de Tesis por sus valiosas sugerencias y orientaciones para realizar el presente trabajo investigativo.

DEDICATORIA

*A Dios,
porque es quien guía e ilumina mi vida.*

*A mis Padres Mery y Klever,
que me brindan su apoyo y amor inigualable.*

*A mis hermanas Elizabeth, Ximena, Magali, Gaby,
A mis sobrinos Nathyeli, Jeshua, Jonathan, Solange y Sofía
por el cariño y respaldo para lograr mis metas.*

*A mis compañeros y amigos, Miriam, Peter, Maico,
Estalin, Cesar, Luis y Vladimir
por brindarme su amistad desinteresada.*

RESUMEN

El presente trabajo de tesis tiene como finalidad identificar y caracterizar las zonas propensas a sufrir deslizamientos en la vía de Integración Barrial, en el tramo comprendido desde la Argelia hasta Punzara Chico de la ciudad de Loja – Ecuador.

En este proyecto se realizaron trabajos de campo y oficina; aplicando técnicas ingenieriles para la obtención de datos en los levantamientos: Topográfico, geológico, geomorfológico, cobertura vegetal, además de la caracterización geotécnica basada en métodos directos SPT (Ensayo de Penetración Estándar) e indirectos SEV (Sondeos Eléctricos Verticales); los mismos que servirán para correlacionar el contenido de agua en los estratos y la litología del sector.

Para obtener el mapa final de Susceptibilidad a deslizamientos se utilizó el método heurístico en combinación con el método de suma de rangos; todo esto con la ayuda de los Sistemas de Información Geográfica (ArcGIS 10.1), interpretación de fotografías aéreas, modelos digitales de elevación, dando como resultado los mapas de las cuatro variables con sus respectivos pesos: Geología (0.4), Geomorfología (0.3), Pendientes (0.2), Cobertura vegetal (0.1), todo este procedimiento se realizó bajo la secuencia de la herramienta “**Model Builder**”

Como resultado al objetivo principal, la susceptibilidad a deslizamientos en el área de estudio se clasificó en cinco categorías: Muy Baja (10.83%), Baja (22.48), Mediana (19.03%), Alta (42.61%) y Muy Alta (5.05). Además se realizó el inventario a deslizamientos con la finalidad de correlacionar con el mapa de susceptibilidad, en donde la mayoría de ellos se encuentran en zona de **Alta Susceptibilidad**, cada zona está relacionado con la caracterización de los geomateriales sobre la base de propiedades físico-mecánicas y SPT de los suelos.

Los resultados de este proyecto permitirán zonificar las áreas susceptibles a deslizarse de tal manera que sea una base para la aplicación de políticas públicas enfocadas a la prevención de riesgos en la vía y sus alrededores, además de ser elementos claves dentro de los proyectos de planificación y Ordenamiento Territorial.

ABSTRACT

This thesis work has as purpose to identify and characterize the areas prone to landslides on the road to integration neighborhood, in the stretch from Algeria until will puncture Chico of the city of Loja, Ecuador.

In this project were conducted field work and office; applying engineering techniques for obtaining data in the uprisings: Topographical, geological, geomorphological, vegetative cover, in addition to the geotechnical characterization based on direct methods SPT (Standard Penetration Test) and indirect SEV (Vertical Electrical soundings); the same which will be used to correlate the water content in the strata and lithology of the sector.

To obtain the final map of susceptibility to landslides was used the heuristic method in combination with the method of sum of ranges; all this with the help of Geographic Information Systems (ArcGIS 10.1), interpretation of aerial photographs, digital elevation models, resulting in the maps of the four variables with their respective weights: Geology (0.4), Geomorphology (0.3), slopes (0.2), vegetation (0.1), all this procedure was performed under the sequence of the tool "Model Builder"

As a result the main objective, the susceptibility to landslides in the study area was classified into five categories: very low (10.83 %), Low (22.48 %), Medium (19.03 %), high (42.61 %) and Very High (5.05). Also conducted an inventory of landslides with the purpose of correlating with the map of susceptibility, where the majority of them are found in area of high susceptibility, each zone is related to the characterization of the practice on the basis of physical-mechanical properties and SPT of the soil.

The results of this project will make it possible to shade the areas susceptible to slide so that it will be a basis for the implementation of public policies aimed at the prevention of risks in the track and its surroundings, in addition to being key elements within the project of planning and land use management.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN	i
AUTORÍA.....	ii
CARTA DE AUTORIZACIÓN.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
DEDICATORIA	v
RESUMEN.....	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	2
3. MARCO TEÓRICO	3
3.1. Topografía	3
3.2. Estudio Geológico	3
3.2.1. Geología	3
3.2.2. Geomorfología.....	4
3.2.3. Geología estructural.....	5
3.2.4. Interpretación de fotografías aéreas.....	6
3.2.5. Geofísica.....	6
3.3. Susceptibilidad a Deslizamientos.....	7
3.3.1. Susceptibilidad	7
3.3.2. Movimientos de masa.....	8
3.3.3. Sistema de información geográfica	18
4. MATERIALES Y MÉTODOS	22
4.1. Materiales	22
4.2. Métodos.....	22
4.2.1. Método de campo:	23
4.2.2. Método de oficina.....	30
5. RESULTADOS.....	42
5.1. Descripción Biofísica del Sector	42
5.1.1. Ubicación y acceso	42
5.1.2. Tectónica	44

5.1.3.	Uso del suelo	44
5.1.4.	Clima	45
5.1.5.	Hidrología.....	49
5.1.6.	Datos Socio-económicos.	51
5.2.	Análisis de Susceptibilidad a Deslizamientos en el Sector de Estudio	55
5.2.1.	Topografía	55
5.2.2.	Geología	57
5.2.3.	Geomorfología.....	63
5.2.4.	Pendientes.....	66
5.2.5.	Cobertura Vegetal.....	68
5.2.6.	Valoración e interpretación de las zonas susceptibles a deslizarse	70
5.2.7.	Inventario a deslizamientos.	76
5.3.	Caracterización geotécnica.....	78
5.3.1.	Sondeos eléctricos verticales	78
5.3.2.	Ensayo de Penetración Estándar.....	85
5.3.3.	Interpretación Geotécnica.....	88
5.3.4.	Cálculo de factor de seguridad	95
6.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	100
7.	CONCLUSIONES	103
8.	RECOMENDACIONES	105
9.	BIBLIOGRAFÍA.....	106
	ANEXOS.....	110

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Categorías de pendientes.....	32
Tabla 2.	Categorías de forma de vertiente.....	35
Tabla 3.	Categorías de pendientes.....	36
Tabla 4.	Categorías de desnivel relativo.....	36
Tabla 5.	Categorías de longitud de vertiente.....	37
Tabla 6.	Categorías de fondo de valle.....	37
Tabla 7.	Formas de relieve según su origen.....	38
Tabla 8.	Condiciones y asignación de pesos a las variables.....	39
Tabla 9.	Pesos de criterios usando el método de Suma de Rango.....	40
Tabla 10.	Criterios para categorizar la Susceptibilidad.....	40
Tabla 11.	Clases de suelos en la hoya de Loja	45
Tabla 12.	Temperatura promedio anual de la ciudad de Loja.....	47
Tabla 13.	Precipitación promedio anual de la ciudad de Loja.....	48
Tabla 14.	Descripción de afloramientos.....	61
Tabla 15.	Descripción de unidades morfológicas.....	64
Tabla 16.	Categorías de pendientes.....	66
Tabla 17.	Tipos de cobertura vegetal.....	68
Tabla 18.	Condición para asignación de pesos.....	70
Tabla 19.	Asignación de pesos para la variable Geología.....	71
Tabla 20.	Asignación de pesos para la variable Geomorfología.....	71

Tabla 21.	Asignación de pesos para la variable Pendiente.....	71
Tabla 22.	Asignación de pesos para la variable Cobertura Vegetal.....	72
Tabla 23.	Categorías de Susceptibilidad a deslizamientos.....	73
Tabla 24.	Inventario a deslizamientos.....	76
Tabla 25.	Coordenadas UTM de los sondeos eléctricos verticales.	79
Tabla 26.	Clasificación del suelo en el SPT 1	86
Tabla 27.	Clasificación del suelo en el SPT 2.....	87
Tabla 28.	Valores de N SPT resistencia a compresión simple y módulo de elasticidad.....	89
Tabla 29.	Parámetros cuantitativos para diferentes profundidades.....	91
Tabla 30.	Valoración de los suelos en el sector de estudio.....	92
Tabla 31.	Cálculo del FS para deslizamiento 2.....	98
Tabla 32.	Cálculo del FS para deslizamiento 3.....	98
Tabla 33.	Cálculo del FS para deslizamiento 4.....	98

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Mecanismos de desprendimiento y colapso.....	10
Figura 2.	Mecanismos de vuelco.....	11
Figura 3.	Expansiones laterales.....	11
Figura 4.	Movimientos de flujo.....	12
Figura 5.	Tipos de deslizamiento.....	13
Figura 6.	Nomenclatura de un deslizamiento.....	15
Figura 7.	Dimensiones de los movimientos en masa.....	17
Figura 8.	Materiales de campo y oficina.....	22
Figura 9.	Estación Servo Robótica R4.....	23
Figura 10.	Estación Total Trimble S3.....	23
Figura 11.	Toma de datos estructurales (yacencia).....	24
Figura 12.	Descripción de afloramientos.....	24
Figura 13.	Syscal Junior/ R1 Plus (Standard & Switch (48-72) Versión.....	26
Figura 14.	Circuito de emisión de corriente.....	27
Figura 15.	Sondeo Schlumberger.....	27
Figura 16.	Toma de datos SEV.....	28
Figura 17.	Proceso de hincamiento SPT.....	29
Figura 18.	Penetrómetro y tubo muestreador del SPT.....	29
Figura 19.	Muestreador del SPT.....	29

Figura 20	Modelo TIN.....	30
Figura 21.	Generación de curvas de nivel	31
Figura 22.	Puntos de afloramientos.....	31
Figura 23.	TPI de radio 100 m	33
Figura 24.	Tipo de zona.....	34
Figura 25.	Mapa de sombras.....	34
Figura 26.	Esquema de mapa de variables para realizar el mapa de Susceptibilidad.....	39
Figura 27.	Ubicación geográfica de la zona de estudio.....	43
Figura 28.	Quebrada Pan de azúcar	49
Figura 29.	Hidrología de la ciudad de Loja.....	50
Figura 30.	Población del cantón Loja respecto a la provincia.....	51
Figura 31.	Población del sector de estudio con respecto a la ciudad de Loja.	52
Figura 32.	Población por sexo de la cabecera cantonal.....	53
Figura 33.	Población económicamente activa.....	54
Figura 34.	Afloramiento de arcillolita en la Ciudadela de los Ingenieros Civiles.....	59
Figura 35.	Afloramiento de conglomerados y sus clastos.....	59
Figura 36.	Afloramiento de coluvión grueso en la vía.....	60
Figura 37.	Coluvión en la Q. Alumbre.....	60
Figura 38.	Secuencia Model Builder.....	72

Figura 39.	Curvas de resistividad del SEV 1 en el programa IP2win y reajuste del error de corrección.....	80
Figura 40.	Curvas de resistividad del SEV 2 en el programa IP2win.....	81
Figura 41.	Curvas de resistividad del SEV 3 en el programa IPI2win.....	82
Figura 42.	Curvas de resistividad del SEV 4 en el programa IPI2win.....	83
Figura 43.	Curvas de resistividad del SEV 5 en el programa IPI2win.....	84
Figura 44.	Testigo SPT de 0 – 1m.....	86
Figura 45.	Testigo SPT de 1 – 2m.....	86
Figura 46.	Testigo SPT de 2 – 3m.....	87
Figura 47.	Testigo SPT de 3 – 4m.....	87
Figura 48.	Testigo SPT de 4 – 5m.....	87
Figura 49.	Clasificación de las partículas por su forma y redondeamiento....	90
Figura 50.	Valores cuantitativos para el cálculo de factor de seguridad.....	91

1. INTRODUCCIÓN

Los estudios de susceptibilidad a deslizamientos permiten zonificar áreas propensas a sufrir movimientos, ocasionados por los procesos geodinámicos; con la finalidad de prevenir y mitigar estos riesgos geológicos.

En este contexto, la OEA define a los movimientos de ladera como un riesgo importante para la población a nivel mundial.¹. Estos movimientos, se han convertido en los últimos años en un tema de gran importancia por las afectaciones que han causado, en su mayoría pérdida de vidas humanas y económicas.

El presente trabajo investigativo toma en consideración la Susceptibilidad a deslizamientos en la vía de Integración Barrial, desde el sector la Argelia hasta Punzara chico de la ciudad de Loja – Ecuador, en el kilómetro 0 + 000m al 1 + 600; en lo que corresponde a 200 m. a cada margen de la vía.

Los estudios de la Vía de Integración Barrial Ángel Felicísimo Rojas iniciaron en 1996 por el Gobierno Autónomo Descentralizado de Loja, seis años más tarde en el año 2002, la Dirección del Ministerio de Obras Públicas de Loja MOP-L ejecuta la obra que inicia en Motupe y termina en terrenos posteriores a la Universidad Nacional de Loja uniendo a 20 barrios adyacentes a la carretera, dichos estudios tendrán un costo de 20 millones de dólares (Revisión Diario La Hora Jueves, 7 de Julio de 2005).

La evaluación de susceptibilidad a deslizamientos, es un proceso que considera factores naturales y antrópicos, los mismos que serán analizados mediante métodos indirectos a través de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), de forma precisa y confiable. En la actualidad los SIG, permiten elaborar mapas de manera eficiente, tratando con grandes bases de datos y realizando cálculos para la estimación de la susceptibilidad que antiguamente no eran viables en grandes áreas.

¹ Organización de los Estados Americanos 1993. "Manual Sobre el Manejo de Peligros Naturales en la Planificación para el Desarrollo Regional Integrado".

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

- Realizar el mapa de susceptibilidad a deslizamientos del área de influencia a 200 metros del eje de la vía de Integración Barrial desde el sector la Argelia hasta Punzara Chico de la Ciudad de Loja – Ecuador

2.2. Objetivos Específicos:

- Realizar el levantamiento topográfico y geológico a detalle de los 200 metros a cada margen del eje de la vía de integración barrial, identificando los principales rasgos litológicos características geomorfológicas y estructurales.
- Determinar mediante análisis geofísico a través de Sondeos Eléctricos Verticales, la presencia del nivel freático y litología del sector.
- Elaborar el mapa de zonas susceptibles a deslizamientos mediante mapas temáticos del sector de estudio.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Topografía

Aranha, Dominguez (1979) enuncia a través de su libro *Topografía y Astronomía* “Es 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”².

Otro concepto que explica Buckner, (1983) en su libro *Topografía mediciones y su análisis* “Es la ciencia y el arte de realizar las mediciones necesarias para determinar la posición relativa de puntos sobre la superficie terrestre”

El determinar la topografía es uno de los pasos iniciales en el presente trabajo de investigación porque permite tener una idea clara de las condiciones actuales del terreno, sirve de base para los estudios geológicos, geomorfológicos, geofísicos, uso de suelos, lo cual servirá para determinar de una manera más eficaz las zonas propensas a sufrir deslizamientos.

3.2. Estudio Geológico

3.2.1. Geología

Ortiz, Carlos (2002) en su obra *Ciencias de la tierra* define la Geología como: “Una de las ciencias más modernas, es por definición la ciencia de la tierra y como tal, 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”³.

² Aranha, Dominguez 1979 “*Topografía y Astronomía*”

³ Ortiz, Carlos. 2002 “*Ciencias de la tierra*”.

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.

Otro concepto es expuesto por Bemmelen R.W, (1961), en su libro "El carácter científico de la Geología" la define como: "Una ciencia histórica y difiere de la Física, de la Química y de la Biología en que son ilimitadas sus posibilidades para experimentar"⁴.

En el presente trabajo estas definiciones permitirán reconocer los diferentes tipos de materiales así como su incidencia a producir deslizamientos, con el objeto de disminuir sus efectos o tratar de mitigarlos.

3.2.2. Geomorfología

Escobar, G. (2013), desde su libro Manual de geología para Ingenieros. Geomorfología, enuncia que: "La geomorfología es la ciencia que estudia las formas de la Tierra. Se especializa en estructural (que atiende a la arquitectura geológica) y climática (que se interesa por el modelado), 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"⁵.

Un concepto más completo de geomorfología aparece en el Diccionario de Geología y Mineralogía, donde se define como la "Rama de la geografía general que estudia las formas superficiales de la tierra, describiéndolas, ordenándolas sistemáticamente e investigando su origen y desarrollo"⁶.

Interpretando estas definiciones, se puede decir que la geomorfología es una rama de la geología o de las ciencias de la tierra que describe los rasgos de un relieve, si es alto o

⁴ Bemmelen, R.W. 1961. "El Carácter Científico de la geología".

⁵ Escobar, Duque. 2013. Manual de geología para Ingenieros. Geomorfología. Universidad de Colombia. Manizales.

⁶ Diccionario de Geología y Mineralogía 1985.

bajo, si es ondulado o quebrado, qué proporción de suelo recubre la superficie, qué procesos erosivos presenta la superficie.

- **Unidad genética**

Según Gustavsson, 2005. Se refiere al proceso responsable de la creación de la forma del relieve.

Se describe las formas del relieve según su origen, el cual puede corresponder a cinco categorías: Depositional, denudativo, formas estructurales, formas estructurales y fluvio erosional, formas de origen fluvial.

- **Unidad morfológica**

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

- **Forma de relieve**

Una forma del relieve o geoforma es una porción del paisaje constituida por una misma roca o material superficial y con características similares en cuanto a su génesis (origen como por ejemplo deposicional o volcánico), morfología (aspectos descriptivos como por ejemplo valle o dique), morfometría (aspectos cuantitativos como pendiente y desnivel vertical) y morfodinámica (procesos que actúan en el desarrollo de la forma, como por ejemplo movimientos en masa y erosión) (Modificado de Van Zuidam, 1985).

3.2.3. 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 lugar⁷.

La corteza terrestre se compone de rocas que constituyen cuerpos de formas diversas. Así, por ejemplo, las rocas sedimentarias yacen en forma de estratos. Estos pueden ser horizontales, y también inclinados o encorvados en pliegues. Las rocas magmáticas intrusivas forman cuerpos en forma de domos, cilindros, filones ramificados, entre otros.

3.2.4. Interpretación de fotografías aéreas

La elaboración de cartografía a través de la integración de fotografía aérea en un SIG es el resultado de un proceso metódico.

A una fotografía tomada desde una aeronave se le conoce como fotografía aérea. Normalmente, estas fotografías se toman para elaborar mapas de un área. Las fotografías aéreas ofrecen una vista “a vuelo de pájaro” de la superficie de la tierra. Las características de la Tierra se ven diferentes desde arriba y, por ende, se requiere experiencia en el campo para hacer una interpretación correcta de estas fotografías.

La fotografía aérea y la tecnología SIG aportan un gran valor a los estudios de morfología, vegetación, crecimiento físico de ciudades o áreas urbanas. Mientras que la fotografía aérea permite constatar la interrelación que se ha establecido a lo largo del tiempo entre los componentes del paisaje, los SIG aportan capacidad para extraer y analizar desde una perspectiva espacio-temporal la información geográfica.

3.2.5. Geofísica

Según Chelotti, L., Acosta, N., Foster, M., 2009, desde su libro La Ciencia Geofísica enuncia: “La Geofísica (etimológicamente, del griego, naturaleza de la Tierra) es la ciencia que estudia los campos físicos vinculados a nuestro planeta⁸.”

⁷ BELOUSOV, V. 1974 “Geología Estructural”.

⁸ Chelotti, L., Acosta, N., Foster, M., 2009, “La Ciencia Geofísica”.

Es decir, que estudia la Tierra mediante métodos de la física, de carácter indirecto, a fin de conocer su evolución y características actuales (geofísica pura) y también como herramienta de prospección de recursos (geofísica aplicada). Pueden medirse directamente los campos físicos naturales (gravedad, magnetismo, radioactividad, geotermas) o generarse campos artificiales por emisión de electricidad.

▪ **Sondeos eléctricos verticales**

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”⁹.

Las configuraciones geométricas posibles para la ejecución de los SEV son generalmente tres, Schlumberger, Wenner y Dipolo-Dipolo. Este método consiste en la inyección de corriente eléctrica continua en la tierra proveniente de una fuente artificial a través de un par de electrodos de cobre o impolarizables AB. A través de otro par de electrodos de cobre o impolarizables MN colineales con AB, se mide la diferencia de potencial eléctrico entre ambos (Orellana, 1982).

El objetivo del Sondeo Eléctrico Vertical en este estudio, es determinar la presencia de agua en los estratos y delimitar capas del subsuelo a través de resistividades.

3.3. Susceptibilidad a Deslizamientos

3.3.1. Susceptibilidad

Ayala-Carcedo y J. Corominas 2002 en su libro: *Mapas de Susceptibilidad a los movimientos de ladera con técnicas SIG* explican que: “La susceptibilidad está definida como la propensión o tendencia de una zona a ser afectada por movimientos de ladera por desestabilización, determinada a través de un análisis comparativo de factores

⁹ Orellana, E., 1982 “*Prospección Geoeléctrica en Corriente Continua*.”

condicionantes y/o desencadenantes, cualitativo o cuantitativo, con las áreas movidas o alcanzadas, análisis que se materializa normalmente en forma de mapa de susceptibilidad”

La estimación de la susceptibilidad se basa en la correlación de los principales factores (intrínsecos) que contribuyen en la formación de movimientos en masa.

Los mapas de susceptibilidad, se realizan a partir de datos cartográficos de tipo topográfico, geomorfológico, litológico, estructural, vegetación, usos de suelos y otros. Parten del análisis de los factores presentes en los movimientos existentes¹⁰.

Cabe destacar que los mapas de susceptibilidad por movimientos en masa, si bien identifican áreas donde se puede generar potencialmente tales procesos, en ellos no figura la totalidad de zonas a ser afectadas, ni predicen cuando ocurrirán los procesos analizados. Una de sus funciones más destacables es indicar las zonas donde se hace necesaria la realización de estudios específicos y a mayor detalle (áreas críticas). Sin embargo, se debe considerar que los límites de susceptibilidad señalados deben considerarse referenciales y no como valores absolutos.

3.3.2. 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”¹¹.

Otro concepto enuncia Ferrer, 1980 en su libro Deslizamientos, desprendimientos, flujos y avalanchas “Un movimiento de masa se define como un movimiento de roca, detritos o

¹⁰ Ayala-Carcedo y J. Corominas 2002 “Mapas de Susceptibilidad a los movimientos de ladera con técnicas SIG”

¹¹ Varnes, 1978 “Tipos de movimientos de Pendiente y Procesos”

tierra pendiente abajo bajo la acción de la gravedad, cuando el esfuerzo de corte excede el esfuerzo de resistencia del material”¹².

Estos conceptos sirven para aclarar y determinar con exactitud que fenómeno de remoción en masa se encuentra en el terreno, para poder caracterizarlo, buscar su posible medida de estabilización y de esta manera disminuir los riesgos que producen al darse su evento.

▪ **Clasificación de los movimientos de masa**

Para realizar la descripción de los movimientos de masa se ha tomado como base el orden propuesto por Varnes (1978), Hutchinson (1988), WP/WLI (1993), Cruden y Varnes (1996), Lomtadze (1977), Brabb (1984), Corominas y García Yagüe, 1997. Las definiciones de los distintos mecanismos han sido extraídas de las referencias antes citadas.

✓ **Desprendimientos o caídas (falls)**

El desprendimiento se origina por el despegue de una masa de suelo o roca de una pared empinada o acantilado. El movimiento tiene lugar mediante caída libre y posterior rebote o rodadura. Es frecuente que al impactar contra la superficie del terreno, la masa caída se rompa en multitud de fragmentos. El movimiento es muy rápido, como se muestra en la **Fig.1.**

La rotura suele producirse por deslizamiento o vuelco de pequeña envergadura, proporcionando a la masa despegada una velocidad inicial. La propagación de los desprendimientos en laderas con pendientes superiores a los 76° se produce preferentemente por caída libre, por debajo de este ángulo los impactos contra el terreno son frecuentes mientras que en laderas de menos de 45° la propagación se realiza por rodadura y, eventual mente, por deslizamiento.

¹² Ferrer, 1980 “Deslizamientos, desprendimientos, flujos y avalanchas”

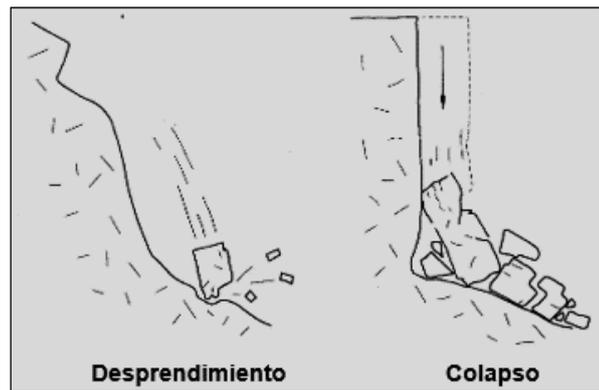


Figura 1. Mecanismos de desprendimiento y colapso
Fuente: Corominas y García Yagüe, 1997

✓ **Vuelcos (topples)**

Es la rotación hacia delante y hacia el exterior de la ladera, de una masa de suelo o roca alrededor de un eje situado por debajo de su centro de gravedad. La fuerza desestabilizadora es la gravedad así como el empuje ejercido por el terreno adyacente o los fluidos (agua o hielo) en las grietas. Dentro del mecanismo de vuelco pueden distinguirse dos procesos, como se observa en la **Fig.2:**

- **Vuelco por flexión (flexural toppling).** Tiene lugar en rocas con un sistema preferente de discontinuidades, formando vigas semicontinuas en voladizo¹³. Las columnas continúan cuando se doblan hacia delante, rompen por flexión. Este tipo de movimiento es característico en esquistos, filitas, pizarras y en secuencias rítmicas finamente estratificadas (facies flysch).
- **Desplome.-** La parte movida cae con un movimiento brusco de giro, al menos inicial, apoyado en su base externa. Estos movimientos se producen en bordes acantilados rocosos o de materiales areno-arcillosos compactados. Si la ladera es empinada, las roturas por vuelco pueden transformarse en caídas.

¹³ Goodman y Bray, 1976

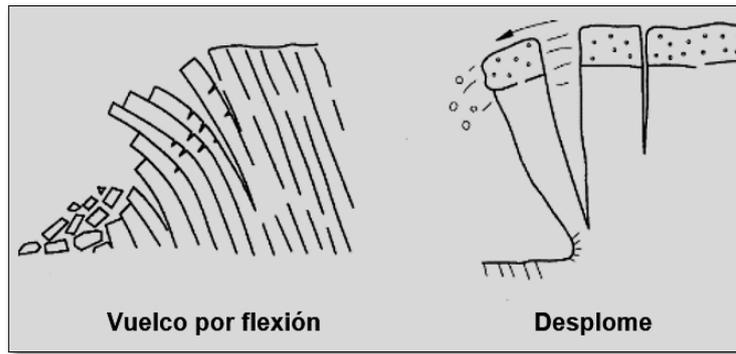


Figura 2. Mecanismos de vuelco.
Fuente: Corominas y García Yagüe, 1997

✓ **Expansiones laterales (lateral spreads)**

Varnes (1978) distinguió dos tipos de extensiones laterales: la fracturación y extensión de material compacto (tanto suelo como roca), debido a la licuefacción del material subyacente, como se puede observar en la **Fig.3**. Es característico de sedimentos arcillosos depositados en mares poco profundos y lagos localizados alrededor de los antiguos casquetes de hielo. El inicio por un deslizamiento rotacional o una sacudida sísmica remodela la arcilla de forma casi instantánea convirtiéndola en un líquido denso arrastrando bloques de material superpuesto. El movimiento progresa retrogresivamente con gran rapidez. Hutchinson (1988) considera a esta modalidad como una variante de los deslizamientos traslacionales,

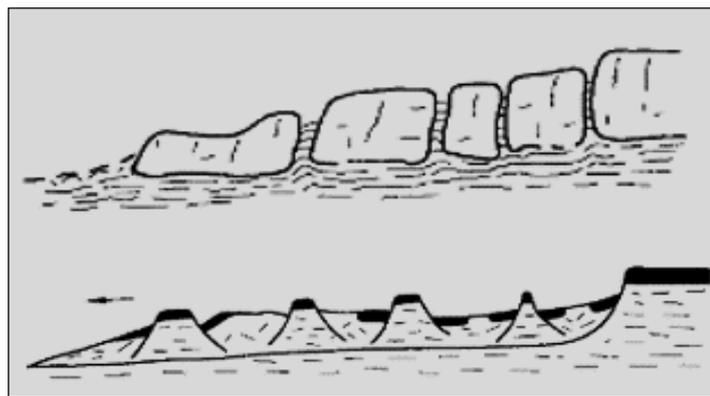


Figura 3. Expansiones laterales. Arriba: por fluencia y extrusión del material subyacente.
 Abajo: por licuefacción (arcillas rápidas).
Fuente: Corominas y García Yagüe, 1997

✓ **Flujos (flows)**

Son movimientos espacialmente continuos en los que las superficies de cizalla tienen corta vida, se encuentran muy próximas y generalmente no se conservan. La distribución de velocidades en la masa desplazada se parece a la que se presenta en un fluido viscoso. Por este motivo, la masa movida no conserva la forma en su movimiento descendente, adoptando a menudo, formas lobuladas cuando interesan a materiales cohesivos y desparramándose por la ladera o formando conos de deyección cuando afectan a materiales granulares.

Existe una gradación desde los deslizamientos a los flujos dependiendo del contenido de agua, movilidad y evolución del movimiento. Un deslizamiento de derrubios puede convertirse en una corriente o avalancha de derrubios a medida que el material pierde cohesión, incorpora agua y discurre por pendientes más empinadas ver **Fig.4**.



Figura 4. Movimientos de flujo.

Fuente: Corominas y García Yagüe, 1997

✓ **Deslizamientos (slides)**

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”¹⁴.

Otro concepto de deslizamiento lo expone Crozier, (1986) en su publicación Los deslizamientos de tierra. Causas, consecuencias y medio ambiente: “Un deslizamiento se define como el movimiento gravitacional hacia el exterior de la ladera y descendente de tierras o rocas sin la ayuda del agua como agente de transporte”¹⁵.

Un deslizamiento de tierra puede crear escombros y lodo, que pueden ser hacerse más peligrosos a medida que avanzan, pues pueden aumentar en tamaño y velocidad debido a la fuerza de gravedad. Existen diferentes tipos de deslizamientos como se muestra en la **Fig.5**.



Figura 5. Tipos de deslizamiento

Fuente: Corominas y García Yagüe, 1997

¹⁴ Sharpe, C.F.S.1938 "Los deslizamientos de tierra y su control".

¹⁵ Crozier, M. J. 1986 "Los deslizamientos de tierra. Causas, consecuencias y medio ambiente".

- **Deslizamientos rotacionales (rotational slides, slumps).**

La rotura se produce a lo largo de una superficie curvilínea y cóncava. El terreno experimenta un giro según un eje situado por encima del centro de gravedad de la masa deslizada. El material de cabecera efectúa una inclinación contra ladera, generando depresiones donde se acumula el agua e induce nuevas reactivaciones. Este tipo de mecanismo es característico de suelos cohesivos homogéneos y de macizos rocosos intensamente fracturados. En materiales arcillosos, especialmente si hay presencia de agua, el pie puede evolucionar hacia un deslizamiento de tierras o colada de tierras.

- **Deslizamientos traslacionales (translational slides)**

Tiene lugar a lo largo de una superficie de rotura plana u ondulada. La masa deslizada puede proseguir por la ladera. Los componentes de la masa desplazada se mueven a la misma velocidad y siguen trayectorias paralelas. A medida que un deslizamiento traslacional progresa puede romperse, en particular si aumenta la velocidad. Entonces, la masa disgregada deviene un flujo.

Deslizamientos traslacionales de bloques de suelo o roca sin apenas trocearse, sobre superficies únicas en macizos rocosos se han denominado resbalamientos (García Yagüe, 1966) o deslizamientos planos (Hoek y Bray, 1981). Cuando la superficie de rotura está formada por dos planos que obligan a la masa rocosa contenida a desplazarse según la línea de intersección, se forma un deslizamiento en cuña. Las roturas de cuñas no suelen alcanzar grandes dimensiones debido a que la intersección de planos de gran penetración en el macizo rocoso es infrecuente.

- **Nomenclatura**

Los movimientos ocurren generalmente, a lo largo de superficies de falla, por caída libre, movimientos de masa, erosión o flujos. Algunos segmentos del talud o ladera

pueden moverse hacia arriba, mientras otros se mueven hacia abajo. En la siguiente **Fig. 6** se muestra claramente las partes de un deslizamiento.

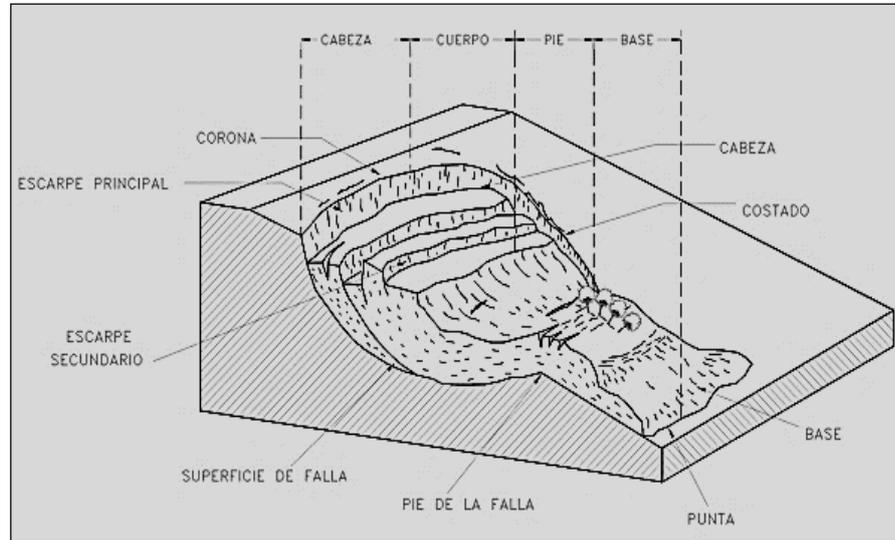


Figura 6. Nomenclatura de un deslizamiento.

Fuente: Varnes, DJ 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.**- Para definir las dimensiones de un movimiento se utiliza la terminología recomendada por el IAEG en 1990 como se muestra en la (**Fig.7**):

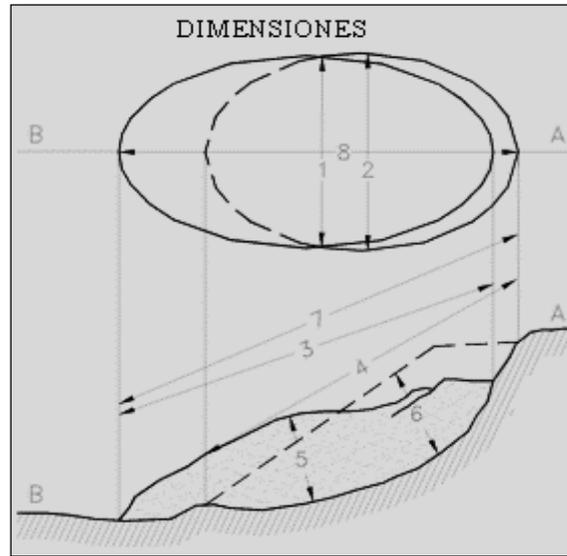


Figura 7. Dimensiones de los movimientos en masa
Fuente: IAEG Commission on Landslides 1990

- **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 D_d .**- Máxima profundidad de la masa movida perpendicular al plano conformado por W_d y L_d .
- **Profundidad de la superficie de falla D_r .**- Máxima profundidad de la superficie de falla con respecto a la superficie original del terreno, medida perpendicularmente al plano conformado por W_r y L_r .

- **Longitud total L.-** 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.

3.3.3. Sistema de información geográfica

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”¹⁶.

Para mayor comprensión otro concepto lo expresan Huxhold y Levinsohn, 2001 en su obra Sistemas de Información Geográfica “Los SIG son un conjunto de hardware, software, datos geográficos, personas y procedimientos; organizados para almacenar, actualizar, analizar y desplegar eficientemente rasgos de información referenciados geográficamente”¹⁷.

Las primeras aplicaciones con "prototipos" de SIG en zonificación de peligrosidad /susceptibilidad a deslizamientos datan de los años 70¹⁸. En ellas se utilizaba el análisis cualitativo, combinando factores, y el estadístico multivariante.

En los años 90, con la oferta comercial y la ampliación de las capacidades de los SIG, han aumentado las aplicaciones sobre el análisis de susceptibilidad a los deslizamientos.

En 1994 Van Westen publicó un manual completo sobre la aplicación de un SIG en la zonificación de inestabilidad de laderas. Inicialmente la mayoría de las aplicaciones de los mapas de susceptibilidad con SIG utilizaban las técnicas basadas en la superposición de mapas.

¹⁶ Burrough, 1986 “Principios de información geográfica de Recursos de la Tierra y Evaluación”.

¹⁷ Huxhold y Levinsohn, 2001 “Sistemas de Información Geográfica”.

¹⁸ Carrara 1975 “La tecnología SIG en la cartografía deslizamiento de tierra”

- **Zonificación de susceptibilidad**

La zonificación permite evaluar, parcialmente, la susceptibilidad y es una herramienta muy útil para la toma de decisiones, especialmente, en las primeras etapas de planeación de un proyecto. La zonificación consiste en la división del terreno en áreas homogéneas y la calificación de cada una de estas áreas de acuerdo con el grado real o potencial de susceptibilidad.

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

En el primer caso, se trabaja con una metodología de mapeo directo con base en la experiencia y en el segundo, una de mapeo indirecto con base en los factores que contribuyen a su ocurrencia¹⁹.

- ✓ **Susceptibilidad a deslizamientos.**

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. El mapa de susceptibilidad clasifica la estabilidad relativa de un área, en categorías que van de estable a inestable²⁰.

El mapa de susceptibilidad muestra donde hay o no, condiciones para que puedan ocurrir deslizamientos. La probabilidad de ocurrencia de un factor detonante como una lluvia o un sismo no se considera en un análisis de susceptibilidad.

¹⁹ Suárez J. 2009 “Deslizamientos Volumen 1: Análisis Geotécnico”

²⁰ Suárez J. 2009 “Deslizamientos Volumen 1: Análisis Geotécnico”

- Mapas de susceptibilidad

Los mapas de “susceptibilidad” a deslizamientos fueron desarrollados por primera vez, por Brabb en San Mateo County California, para el USGS en 1972.

Los primeros mapas se realizaban superponiendo mapas con los diferentes factores geológicos que influían en las fallas de los taludes.

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.

- Elaboración de mapas de susceptibilidad a deslizamientos

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 deslizamientos²¹.

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.

²¹ Suárez J. 2009 “Deslizamientos Volumen 1: Análisis Geotécnico”

La susceptibilidad se puede evaluar de dos formas diferentes:

- **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 elaborar un mapa de susceptibilidad**

Para la elaboración del mapa de susceptibilidad se tienen en cuenta generalmente tres elementos²²:

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

²² Suárez J. 2009 “Deslizamientos Volumen 1: Análisis Geotécnico”

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Materiales

Los materiales que se necesitará disponer para el desarrollo del proyecto se detallan a continuación en la siguiente **Fig. 8**:

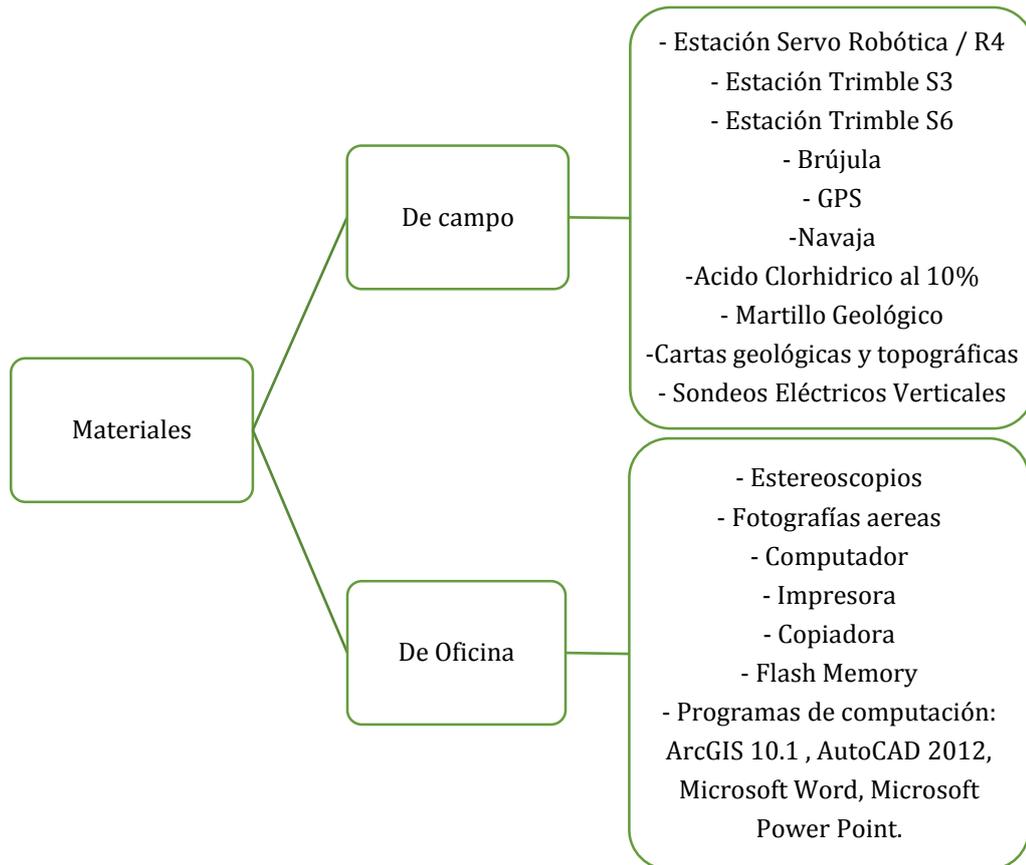


Figura 8. Materiales de campo y oficina.

Fuente: Elaborado por la Autora.

4.2. Métodos

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

Esta metodología consta de métodos de campo y oficina que se describen a continuación:

4.2.1. Método de campo:

- **Visita de campo**

Consiste en reconocer el sector de estudio, a través de la observación directa, con el objeto de delimitar y planificar las actividades a realizar.

- **Levantamiento topográfico**

Se realizó el levantamiento topográfico de 200 metros a cada margen del eje de la vía de integración barrial, para ello se utilizó 3 estaciones: Estación Servo Robótica R4 (**Fig. 9**), Trimble S3 (**Fig.10**) y Trimble S6 ubicadas en lugares estratégicos que faciliten la visualización de las vías, quebradas, infraestructuras, así mismo las formas de relieves.

La estación Servo Robótica R4 es una maquina muy exacta que se comunica con la estación base a través de bluetooth, debido a su bajo error nos permite dar el punto de partida al resto de máquinas Totales, las mismas que realizaran el trabajo con la ayuda de los prismas.

Para los cambios de estación es necesario apoyarse de estaciones auxiliares con el fin de corregir y minimizar el error.



Figura 9. Estación Servo Robótica R4. **Figura 10.** Estación Total Trimble S3.

Fuente: Elaborado por la Autora.



Fuente: Elaborado por la Autora.

Una vez realizado el levantamiento se procede a descargar los datos al computador usando el software del equipo topográfico, el cual tiene la opción de convertir los datos a formato delimitado por comas compatible con Excel. La información obtenida consiste en coordenadas en tres dimensiones (X, Y, Z).

Finalmente se genera el mapa topográfico, para lo cual se agrega los datos al software ArcGIS 10.1 en donde se generan las curvas de nivel aplicando el suavizado respectivo; por otro lado se digitaliza vías, infraestructuras drenajes y otros elementos.

▪ Levantamiento geológico

Tomando como base el mapa topográfico se procedió a realizar la descripción geológica, a través de una observación directa del sector de estudio en afloramientos naturales y artificiales; en vías, quebradas, pozos con fines de construcción para identificar los principales rasgos litológicos para lo cual se utilizó insumos como: Carta Geológica a escala 1:100 000, martillo geológico, brújula, GPS, navaja, ácido clorhídrico al 10%, lupa, distanciometro. Esta información se describió en fichas técnicas las cuales se observan en el **Anexo 1**.

En esta misma etapa se realizó la caracterización de deslizamientos, describiendo sus coordenadas UTM, medidas morfométricas, tipo de falla, dirección del deslizamiento, vegetación, entre otras características que se describen en las fichas técnicas.



Figura 11. Toma de datos estructurales (yacencia).

Fuente: Elaborado por la Autora.



Figura 12. Descripción de afloramientos.

Fuente: Elaborado por la Autora.

- **Levantamiento geomorfológico**

Para realizar levantamiento geomorfológico, previamente se revisó la conceptualización respectiva de CLIRSEN de cada una de las geoformas que pueden ser encontradas en el sector de estudio.

Por otro lado se utilizó la metodología aplicada por CLIRSEN en proyectos como la generación de Geo-información para la gestión de territorio a nivel nacional en el año 2010, la misma que será descrita posteriormente en los métodos de oficina. Además se utilizó información adicional como: fotografías aéreas, modelos digitales del terreno, topografía, geología que fueron la base del estudio.

- **Sondeos Eléctricos Verticales (SEV)**

Los sondeos eléctricos verticales permiten determinar la presencia de agua en los estratos y delimitar capas del subsuelo, aunque no permite obtener de manera exacta la litología se puede deducir el tipo de roca a través de sus resistividades comparando con tablas de resistividades de los geomateriales.

El SEV se realizó sobre formaciones geológicas horizontales y de topografía regular para que la curva de resistividad aparente sea interpretable.

Los materiales que se utilizó son:

- Medidor de Resistividad eléctrica SYSCAL R1 PLUS
- 12 Electrodos
- Carretes de alambre de 350m
- Conectores
- Varillas
- Martillo de goma.
- 2 Cintas de 50m.
- Piola
- Camara fotografica
- GPS Magellan
- Brújula Brunton
- Fichas de campo

El proceso consiste en la toma de resistividades aparentes a través de electrodos, que deben estar alineados y lo más recto posible, para ello se utilizó una piola; aumentando progresivamente la distancia entre ellos manteniendo un punto fijo central y anotando los resultados en fichas técnicas como se observa en el **Anexo 2**.

La profundidad de penetración de la corriente eléctrica dependerá de la separación de los electrodos inyectores AB, los que están conectados por cables al generador de corriente alterna Syscal Junior/ R1 Plus (Standard & Switch (48-72) versión (**Fig. 13**).

Si la distancia entre los electrodos AB aumenta, la corriente circula a mayor profundidad pero su densidad disminuye. Los electrodos en la forma como se los ubique se denominan arreglos o configuración.

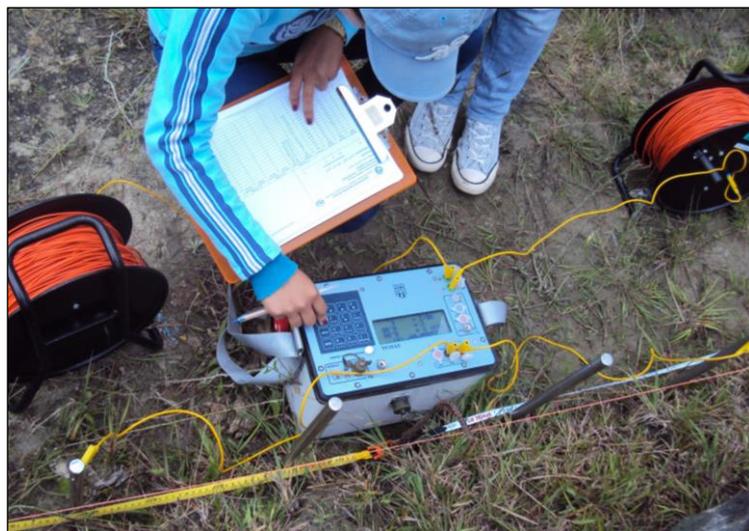


Figura 13. Syscal Junior/ R1 Plus (Standard & Switch (48-72) versión.

Fuente: Elaborado por la Autora.

El Syscal Junior/ R1 Plus (Standard & Switch (48-72) versión), genera una corriente alterna que la envía a la Fuente transformadora para convertirla en continua, seguidamente esta corriente pasa a las electrodos metálicos, y que a su vez en el mismo equipo pasa por un sistema de amperímetros conectados en serie para medir la **Ia**.

La corriente de **Ia** penetrara por el punto A en el subsuelo, esta regresará por el electrodo B, con una **Ib** volviendo al dispositivo para cerrar el circuito.

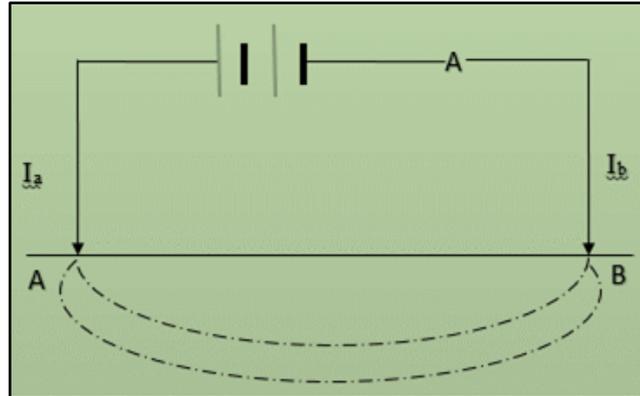


Figura. 14. Circuito de emisión de corriente.

Fuente: Elaborado por la Autora.

La medida de potencial lo hacen los amperímetros que se encuentran ubicados en el dispositivo en el momento que pasa la corriente desde el Punto A al B.

El arreglo o configuración empleado es el de Schlumberger el cual se trata de una composición simétrica de los electrodos AMNB dispuestos en línea, donde la distancia de los electrodos detectores MN es mucho menor que la de los inyectores AB, las ventajas de este método es que esta configuración es menos sensible a las variaciones laterales del terreno o buzamiento de los estratos, debido a que los electrodos de potencial permanecen inmóviles, además de que la medición es más despejada, ya que sólo se desplazan los electrodos de corriente.

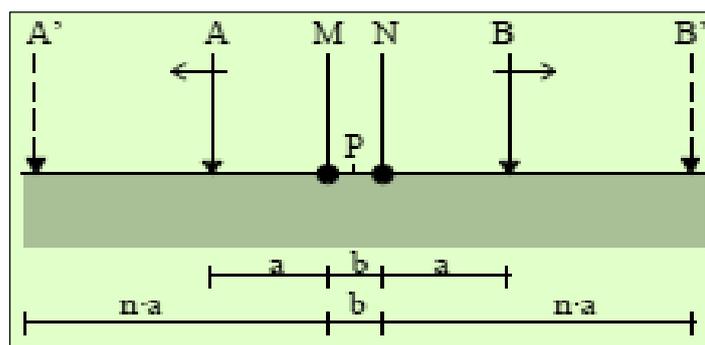


Figura 15. Sondeo Schlumberger. Los electrodos A y B se abren progresivamente mientras M y N están fijos.

Fuente: Elaborado por la Autora.

Los datos de espaciamientos tanto de AB y MN obtenidos en el campo fueron anotados en fichas para posteriormente pasarlos al programa IPI2Win, desarrollado por la Moscow

State University, Geological Faculty, Department Of Geophysics. El cual permite realizar interpretaciones interactivas automatizadas y/o semi-automatizadas de SEV a partir de datos obtenidos por cualquiera de los arreglos más populares utilizados en la prospección eléctrica y realizar de esta forma la interpretación de la curva y los perfiles Geoeléctricos.



Figura 16. Toma de datos SEV.
Fuente: Elaborado por la Autora.

- **Ensayo de penetración estándar (SPT)**

El procedimiento consiste en hincar a percusión el terreno con un penetrómetro estándar contando el número de golpes N necesario para hincar tramos de aproximadamente 15 cm. (**Fig.17**). Cuando debido a la dureza del suelo no se puede penetrar los 45 cm, se define N por extrapolación (CFE, 1980). En la prueba SPT para un valor N superior a 50 también se utiliza la extrapolación.

El penetrómetro es un tubo de pared gruesa partido longitudinalmente, provisto en sus extremos de dos piezas roscadas; la pieza inferior es una zapata afilada de acero endurecido y la superior es la cabeza que sirve para unir el muestreador con la columna de barras huecas de acero que se utilizan para hincarlo hasta el fondo de la perforación.

El tubo muestreador estándar tiene una longitud de 60 cm, diámetro interior de 3.5 cm y diámetro exterior de 5.0 cm; la longitud total del muestreador es de 75 cm, el golpe para

la hincada se lo realizó con una maza de 63.5 kg cayendo libremente desde una altura de 76 cm sobre una cabeza de golpeo o yunque.

Después del hincado se saca el penetrómetro a la superficie para recuperar la muestra alterada, que se coloca en un recipiente hermético, y se registra la información del hincado y clasificación del suelo.



Figura 17. Proceso de hincamiento SPT

Fuente: Elaborado por la Autora.



Figura 18. Penetrómetro y tubo muestreador del SPT

Fuente: Elaborado por la Autora.



Figura 19. Muestreador del SPT.

Fuente: Elaborado por la Autora.

4.2.2. Método de oficina

Luego de haber realizado todas las actividades de campo se procesó la información para cada uno de los factores que intervienen en el análisis final de susceptibilidad a deslizamientos.

Hay que recalcar que todo el análisis se elaboró en el programa computacional ArcGIS 10.1

- **Mapa topográfico**

Se procede a importar los datos de las estaciones al programa ArcGIS 10.1, estos datos obtenidos en el campo están en formato Excel.

Para generar las curvas de nivel se aplica las herramientas del ArToolbox → 3D Análisis → Crear TIN de entidades (**Fig. 20**); seguidamente ArToolbox → 3D Análisis → Superficie triangulada → Curvas de nivel de superficie (**Fig. 21**), las curvas secundarias serán cada 1m y las principales cada 5m.

Luego se aplica el suavizado a través de la herramienta Smooth Line, para obtener un terminado estético en el mapa final (mapa topográfico).

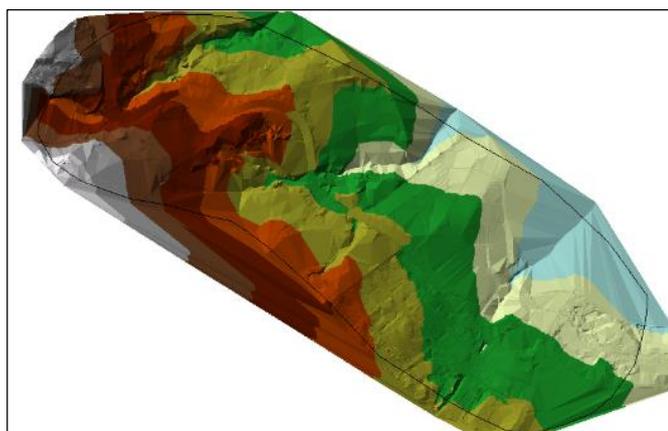


Figura 20. Modelo TIN

Fuente: Elaborado por la Autora.

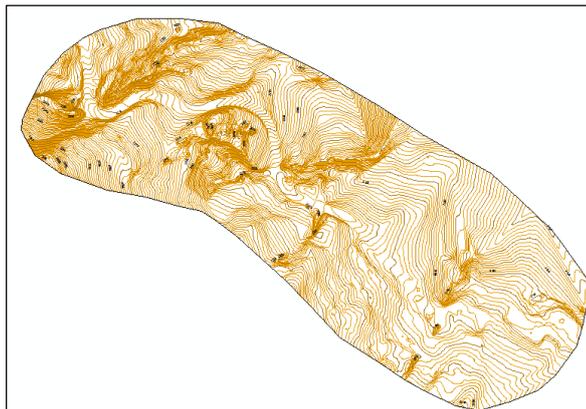


Figura 21. Generación de curvas de nivel

Fuente: Elaborado por la Autora.

Continuamente se procedió a crear los Shapefiles respectivos en el Sistema de coordenadas UTM WGS-1984 - Zona 17S, digitalizando: vías, quebradas, infraestructuras, cultivos, cercas, postes, deslizamientos.

- **Mapa geológico**

En base al mapa topográfico, y puntos de afloramiento (**Fig. 22**) se procedió a crear shapefiles de tipo polígono de distintos colores estandarizados, para cada formación geológica.

Los puntos de afloramientos también ayudaron a definir contactos litológicos y ubicar datos estructurales tomados en el campo, como: rumbo y buzamiento de las capas.

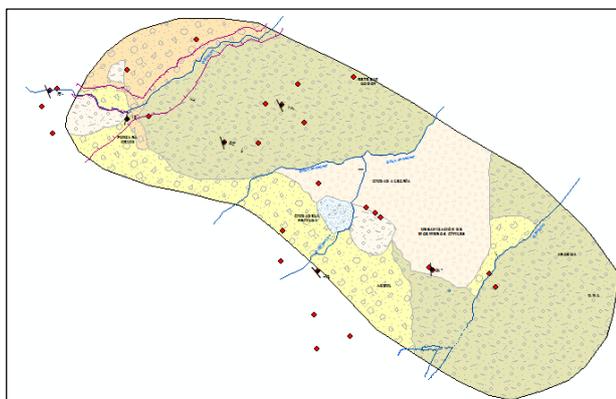


Figura 22. Puntos de afloramientos

Fuente: Elaborado por la Autora.

- **Mapa de pendientes**

Para elaborar este mapa se utiliza el programa ArcGIS 10.1, partiendo del modelo de elevación, aplicando las herramientas del ArToolbox → 3D Análisis → Conversión desde TIN a Raster, a este raster se le aplica la herramienta → Conversión → Superficie de Raster → Pendiente. Seguidamente se lo reclasifica con Herramientas de Spatial Analyst → reclasificación, en este caso se clasifico con la metodología propuesta por Martínez y Mercado en 5 categorías en % como se muestra en la siguiente **Tabla 1**.

Tabla 1. Categorías de pendientes

Categoría	Rango
Terrenos planos o casi planos 	0 %- 15 %
Terrenos inclinados 	15 % - 30 %
Terrenos moderadamente escarpados 	30 % - 50 %
Terrenos escarpados 	50 % - 75 %
Terrenos muy escarpados 	> 75 %

Fuente: Martínez y Mercado 1992.

Luego de la reclasificación se pasa de Modelo “Raster a Polígono”, con ayuda de las herramienta de Conversión → desde Raster a Polígono para una mejor edición; finalmente se utiliza la herramienta “Dissolve” para agrupar las categorías y aplicar los colores respectivos.

- **Mapa geomorfológico**

Para realizar este mapa se utilizó la metodología implementada por CLIRSEN en proyectos tales como Generación de Geo-información para la gestión del territorio a nivel nacional 2010.

Consiste en correlacionar información de fotografías aéreas (ortografía del año a escala 1: 5 000 - CARTA NVII_B2) visitas de campo (análisis de geoformas y litología) y aplicación de los programas: ArcView 3.3 (TPI) y ArcGIS 10.1 (MDE, Mapa de sombras).

El proceso consiste en generar un Modelo de Elevación (MDE) en el ArcGIS 10.1 y convertirlo a raster, aplicando la herramienta Topo a Raster, este mapa servirá para generar en el ArcView 3.3 tres modelos de Índice de Posición Topográfica (TPI) con radios de 25, 50 y 100 m (**Fig.23**), mostrándonos líneas de quiebre y curvaturas del terreno esencial para delinear las geoformas.

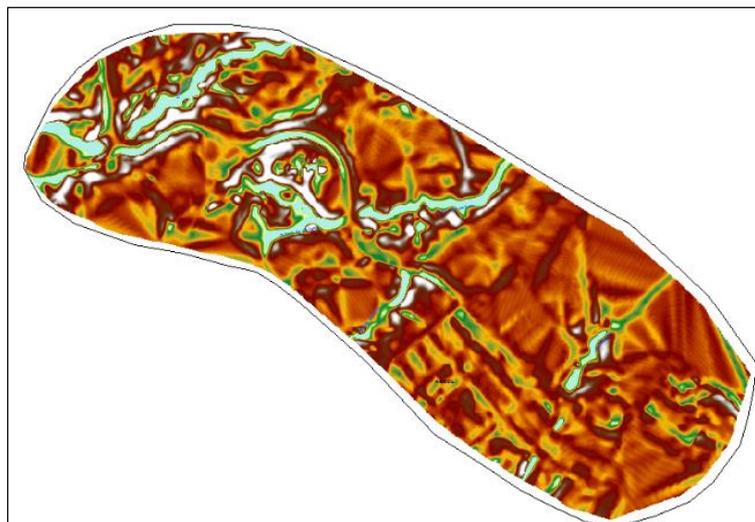


Figura 23. TPI de radio 100 m

Fuente: Elaborado por la Autora.

Se debe especificar el tipo de zona a usar para generar el TPI, en este caso se escogió el círculo ya que permite definir la zonas de acuerdo a una longitud de radio que se extiende hacia fuera desde el centro de la celda, de esta forma gráfica las formas con respecto a su radio de acción, al mismo que se le asigna un valor de la celda (**Fig.24**), así el programa triangula las formas, obteniendo el TPI final.

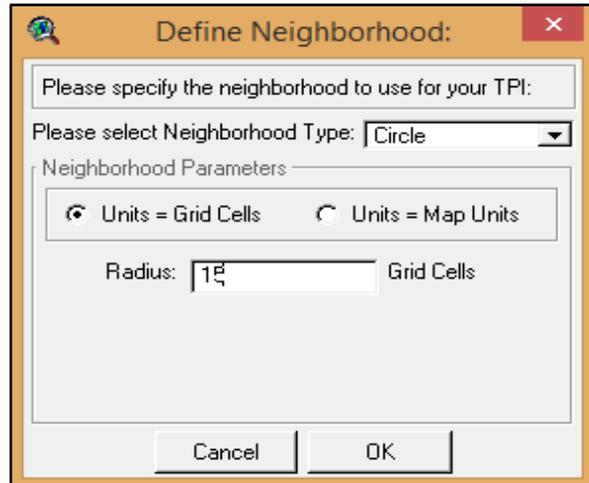


Figura 24. Tipo de zona

Fuente: Elaborado por la Autora.

Así mismo se genera el mapa de sombras (**Fig.25**) a partir del raster inicial, el mismo que será de gran ayuda al momento de dibujar las geoformas.

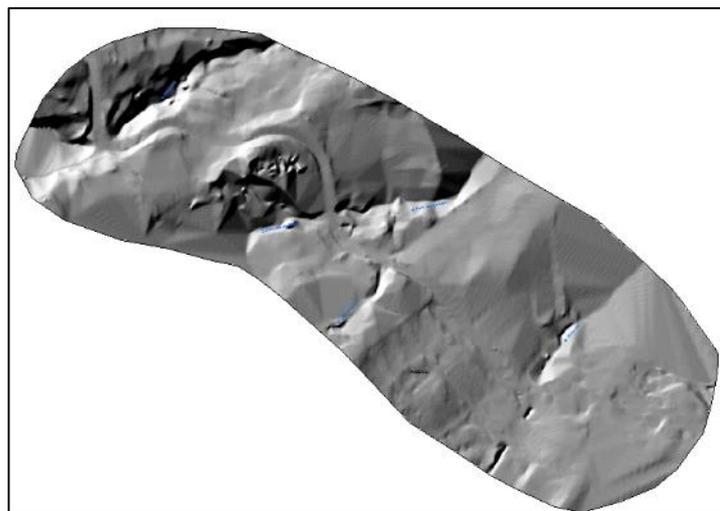


Figura. 25. Mapa de sombras

Fuente: Elaborado por la Autora.

Con toda esta información se procede a dibujar las geoformas a través de shapefiles en el ArcGIS 10.1 creando campos de: Unidad Genética, Unidad Morfológica, Forma de Relieve, Litología y Pendiente.

Para dar los nombres y la descripción a cada una de las geoformas se necesitó disponer de la siguiente información:

a) Forma de la Vertiente

Se refiere a la forma de vertiente o ladera. Es importante para deducir la litología y proveer mayor información como, por ejemplo, la erosión.

Entre las formas de la vertiente tenemos las siguientes:

Tabla 2. Categorías de Forma de vertiente

Forma de Vertiente (V)	
cód.	Tipo
1	Rectilínea
2	Convexa
3	Cóncava
4	Irregular
5	Mixta

Fuente: Ficha de Fotointerpretación geomorfológica - CLIRSEN, 2012.

b) Morfometría

“Conjunto de técnicas, procedimientos y métodos, utilizados para determinar atributos configuracionales del relieve y, en base a ellos, conocer el sistema de relaciones espaciales que caracterizan a las formas del terreno” (Pedraza Gilsanz, 1996).

Las variables morfométricas deben estar acordes con los datos que provee el Modelo Digital de Terreno (MDT). Entre las variables que se utilizó para el desarrollo del mapa geomorfológico del sector, encontramos las siguientes:

- **Pendiente**

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

Tabla 3. Categorías de Pendiente

Cód.	Pendiente (P)	Porcentaje (%)
1	Plana	0 – 2
2	Muy suave	2 – 5
3	Suave	5 – 12
4	Media	12 – 25
5	Media a fuerte	25 – 40
6	Fuerte	40 – 70
7	Muy fuerte	70 – 100
8	Escarpada	> a 100

Fuente: Ficha de Fotointerpretación geomorfológica - CLIRSEN, 2012.

- **Desnivel relativo**

El desnivel relativo corresponde a la altura existente entre la parte más baja y más alta de las formas de relieve. En la ficha de campo se asigna con un visto el tipo de desnivel por cada forma de relieve analizada, de acuerdo a los siguientes parámetros:

Tabla 4. Categorías de Desnivel relativo

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

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 forma del relieve, la misma que se mide en metros.

Tiene una relación directa principalmente con los procesos de erosión y movimientos en masa.

Tabla 5. Categorías de Longitud de la vertiente

Longitud de la Vertiente (LV)		
Tipo	Descripción	Cód.
Muy corta	< a 15 m	1
Corta	15 a 50 m	2
Moderadamente larga	50 a 250 m	3
Larga	250 a 500 m	4
Muy larga	> a 500 m	5

Fuente: Ficha de Fotointerpretación geomorfológica - CLIRSEN, 2012.

- **Fondo de valle**

Hace referencia a las formas que tiene la corteza terrestre o litosfera; determina principalmente el tipo de erosión producida en el sector.

Tabla 6. Categorías de Fondo de valle

Fondo de Valle (FV)	
Tipo	Cód.
En U	Vr
En V	Vcx
Plano	Vca
No aplicable	NA

Fuente: Ficha de Fotointerpretación geomorfológica - CLIRSEN, 2012.

Las unidades morfológicas definidas en el mapa tienen en cuenta una estructura jerárquica, dada su importancia como factor de definición de las características externas modelada por la geomorfología y el clima son factores que influyen en la formación de los suelos y en las características de la vegetación.

Cada una de las unidades morfológicas será representada finalmente desde su genética, entre las categorías de forma de relieve según su origen tenemos:

Tabla 7. Formas de relieve según su origen

DENOMINACIÓN	DESCRIPCIÓN
Deposicional	Se refiere a formas originadas en el transporte por agentes erosivos como el agua, el hielo o el viento, que constituyen medios de acarreo.
Denudativo	Incluye un grupo de procesos de desgaste de la superficie terrestre. En este contexto, el principal proceso identificable como forma de relieve son los coluviones y coluvio aluviales, formas originadas en la acción de la gravedad en combinación con el transporte de las aguas.
Formas Estructurales	Obedece a un patrón organizado del buzamiento de los estratos y al plegamiento de rocas sedimentarias consolidadas y metamórficas de origen sedimentario.
Formas Estructurales y Fluvio Erosional	Se caracteriza porque incluyen geoformas montañosas y colinadas cuya altura y formas se deben a plegamiento de las rocas superiores de la corteza terrestre y que aún conservan rasgos reconocibles de las estructuras originales a pesar de haber sido afectadas en grado variable por los procesos de denudación. Las Formas Estructurales concretamente se hacen referencia a las geoformas de plegamiento en rocas sedimentarias consolidadas y en metamórficas de origen sedimentario.
Formas de origen Fluvial	Estas formas son ocasionadas por transporte del agua, siendo estas un medio de acarreo. El proceso de sedimentación aluvial o fluvial, tiene como fuerza o agente el agua de escorrentía, corrientes fluviales, cuyo trabajo incluye tres actividades: erosión, transporte, sedimentación.

Fuente: Base conceptual de la cartografía geomorfológica y de movimientos en masa por tipo - CLIRSEN, 2012.

- **Mapa de Vegetación**

En base a la topografía realizada, fotografías aéreas y observación de campo se dibuja polígonos de los diferentes tipos de cobertura vegetal en el software ArcGIS 10.1 delimitando: cultivos, pastos, áreas denudadas, plantaciones, zonas arbóreas, zonas pobladas.

- **Mapa de Susceptibilidad a deslizamientos**

Para realizar el mapa de susceptibilidad a deslizamientos se utilizó el programa ArcGIS 10.1. En donde se aplicará el método heurístico en combinación con el método de la suma de rangos.

El método heurístico se lo aplica en la asignación de pesos a los mapas que funcionan como variables (**Fig. 26**) de acuerdo al grado de influencia a la inestabilidad del terreno, estos criterios se basaron en la **Tabla 8**:

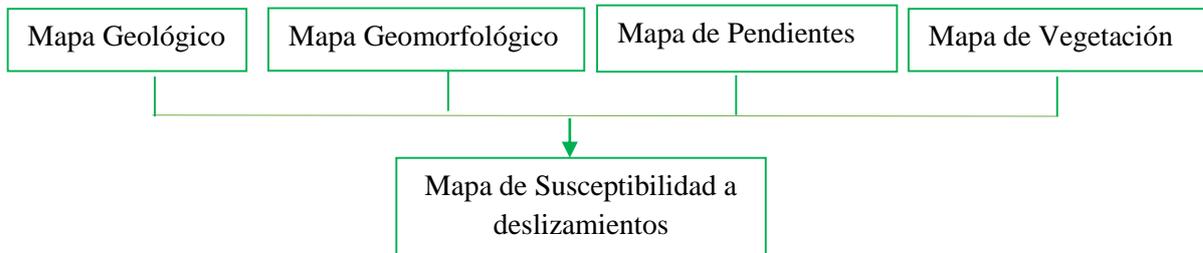


Figura 26. Esquema de mapa de variables para realizar el mapa de Susceptibilidad.

Fuente: Elaborado por la Autora.

Tabla 8. Condiciones y asignación de pesos a las variables.

Clase	Peso
Condiciones biofísicas muy bajas para que se produzcan deslizamientos	1
Condiciones biofísicas menos favorables 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 peligrosos a deslizamientos	4
Condiciones biofísicas muy severas haciendo que los espacios geográficos que presentan estas características, sean altamente peligrosos a deslizamientos	5

Fuente: Tambo Walter. 2011 “Estudio del Peligro de deslizamiento del Norte de la ciudad de Loja, Provincia de Loja. Ecuador”.

Seguidamente se utiliza el método de suma de rangos (Janssen y Van Herwijnen, 1994) aplicando la herramienta del ArToolbox → Suma Ponderada, que pondera y combina los mapas raster, los mismos que poseerán los pesos asignados por su condiciones a producir

deslizamientos. Los pesos que se asignarán a los mapas son los propuestos por Janssen y Van Herwijnen (1994) (**Tabla 9**), dependiendo el número de mapas para el análisis, recalcando que la suma debe ser igual a uno.

Tabla 9. Pesos de criterios usando el Método de Suma de Rango.

Número de Criterio	Pesos de Criterio usando el método de Suma de Rango					
#	W1	W2	W3	W4	W5	W6
2	0.66	0.33				
3	0.50	0.33	0.17			
4	0.40	0.30	0.20	0.10		
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)

Luego de aplicar la suma de rangos se modifica el mapa de susceptibilidad de deslizamientos utilizando los criterios expuestos por Sarkar y Kanungo, 2004.

Tabla 10. Criterios para categorizar la Susceptibilidad.

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

Fuente: Sarkar y Kanungo, 2004. "Criterios para determinar el grado de susceptibilidad de deslizamientos".

- **Sondeos Eléctricos Verticales**

Los datos obtenidos de las mediciones en campo, se proceden a descargar a través del programa Prosys II, continuamente se los convierte a formato Excel separados por líneas SEV con el objeto de evitar confusiones al momento de generar los resultados.

Posteriormente en el software IPI2Win, se pegan los datos como: ROhm, I, Volt, y de esta manera se obtiene la curva de resistividad aparente. Se debe resaltar que el programa para el modelamiento de la curva agrupa las lecturas y así dar los parámetros de resistividad aparente, el espesor y profundidad tope de los estratos.

Para realizar un corte geoelectrico es necesario agrupar por lo menos dos líneas SEV, que nos dará como resultado una gama de colores según sus resistividades mientras más baja la resistencia más obscuro será el color.

Finalmente con los valores de resistividades (Ωm) obtenidos del programa se realiza la comparación con las tablas de resistividades de los geomateriales (**Ver Anexo 3**).

5. RESULTADOS

5.1. Descripción Biofísica del Sector

5.1.1. Ubicación y acceso

La ciudad de Loja y su entorno suburbano se encuentran ubicados al Sur de la Región Interandina (Sierra) de la república del Ecuador, en el valle de Cuxibamba, a 4° de latitud Sur. Tiene una extensión de 5.186,58 ha (52 km²).

Administrativamente el sector de estudio limita: al Norte con Chontacruz, al Sur con Punzara Grande, al Noreste con Las Palmeras y al Oeste con el Barrio Esteban Godoy.

El área de estudio es de 91,36 ha. Se encuentra dentro de la provincia Loja y cantón del mismo nombre y a la vez en la parroquia San Sebastián, específicamente en los sectores Argelia, APUL-ATUL, Urbanización de Ingenieros Civiles, Ciudad Alegría y Punzara Chico.

El acceso principal a las urbanizaciones, se lo realiza por vía aérea desde Quito y/o Guayaquil, hasta la ciudad de Catamayo (Aeropuerto Camilo Ponce Enríquez), después se debe continuar por vía terrestre 33.39 km a través de la carretera Catamayo - Loja.

En la ciudad de Loja se puede acceder por medio de la Av. de Integración Barrial Ángel Felicísimo Rojas en dirección Norte - Sur, hasta llegar al sector Punzara Chico o quebrada Alumbre que desemboca en el río Malacatos.

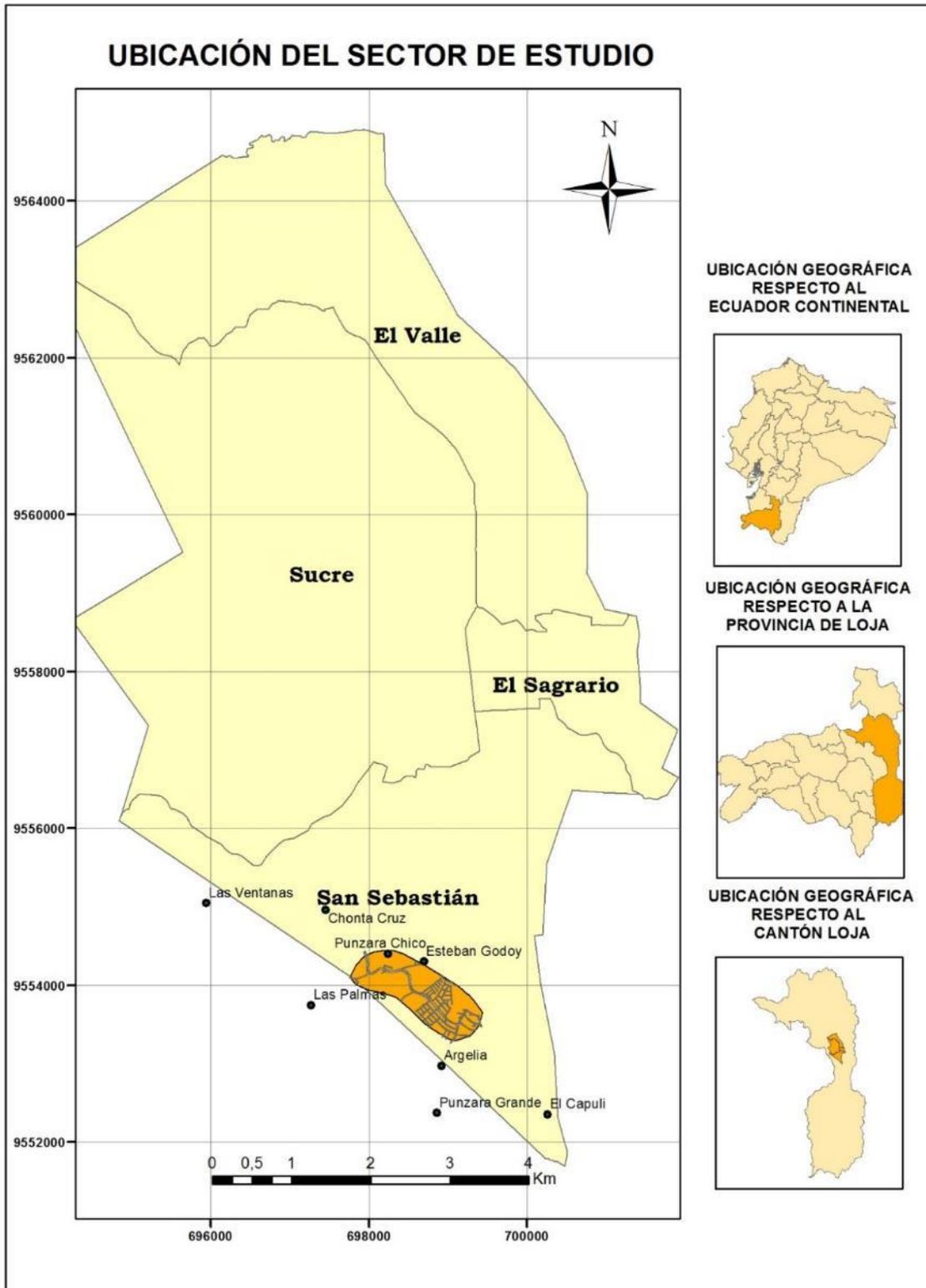


Figura 27. Ubicación geográfica de la zona de estudio.

Fuente: Elaborado por la Autora a partir de información cartográfica escala 1: 5 000 base GPL

5.1.2. Tectónica

En esta zona no se tienen suficientes datos, sin embargo se puede señalar que el nivel de peligrosidad sísmica se debe al proceso de subducción generado en la costa de Ecuador-Perú y que se caracteriza por un cambio importante en la dirección de la subducción y de los Andes.

Según Correa 2003 alude que “Los valores de aceleraciones sísmicas determinados para la parte sur del Ecuador (que incluye la zona de estudio son relativamente menores a la sismicidad de la zona centro-norte del país (Isoaceleraciones), para el método de Trifunac”²³.

5.1.3. Uso del suelo

Según Geo-Loja existe un mapa de clasificación del uso del suelo a nivel urbano elaborado por el Plan Hidráulico de Loja (PHILO, 1989), la ciudad al estar ubicada en la parte baja y plana del valle, ha ocupado los mejores suelos; la tendencia de crecimiento actual está orientada hacia los sectores occidentales donde existen suelos de clase II, con limitaciones de pendiente. Los suelos de clases VII y VIII, se encuentran en el flanco occidental y oriental de la ciudad, y actualmente son utilizados para pastizales y bosques naturales, especialmente en el área del Parque Nacional Podocarpus (PNP), y las cuencas hídricas tributarias del Zamora Huayco.

Actualmente la planificación del desarrollo urbano no ha tomado en cuenta que hay escasez de suelos con potencial agrícola, y los pocos que existen están siendo ocupados por proyectos urbanísticos e industriales, como ocurre a lo largo de la Vía de Integración Barrial.

La superficie y los porcentajes de las clases de suelos en la hoya de Loja se describen en la **Tabla 11**.

²³ Guamán Galo 2012. “Aplicación de SIG para el Manejo de Riesgos Naturales en el Área Urbana de la ciudad de Loja. Pág. 15

Tabla 11. Clases de suelos en la hoya de Loja.

Clases	Superficie (Km²)	Porcentaje (%)
IIs	34,47	15
IIIIt	34,47	15
IVst	22,98	10
VIIst	45,97	20
VII	91,44	40
TOTAL	229,86	100
s = Limitante fertilidad del suelo; T= Limitante topográfico		

Fuente: Perspectivas del Medio Ambiente Urbano: GEO Loja, Loja 2007, Pág. 91

5.1.4. Clima

El clima de la ciudad de Loja es temperado – ecuatorial subhúmedo la temperatura promedio del aire es 16,9°C y una precipitación anual promedio de 966,1 mm. En base datos publicados por el INAMHI del monitoreo de la Estación La Argelia la misma que se encuentra ubicada en las coordenadas Latitud N 9554269; Longitud E 699905; y a una altura de 2160 m.s.n.m. en los datos registrados desde 2000 al 2010 encontramos una temperatura promedio anual de 16.9°C,(entendiéndose por temperatura el aire el estado de calor que tiene la atmósfera como consecuencia de la absorción de la energía solar y los intercambio energéticos que se producen entre la atmósfera y la superficie terrestre) la temperatura máxima es de 19.9°C registrada en el mes de mayo del año 2010 y la más baja es de 15,1°C en el mes de julio del 2008 (**Tabla 12**) .

Dentro de los meses con menor temperatura media podemos mencionar que se sitúan los meses desde junio julio y agosto. La contaminación ambiental y el calentamiento global que sufre nuestro planeta han influido para que la temperatura vaya en ascenso.

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 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 (**Tabla 13**).

La Humedad relativa media en la ciudad de Loja con registros desde 2000 a 2010 es en promedio de 74,6 % con una máxima de 82.8 % y una mínima de 69 %, los meses que registran menor humedad son los de julio a septiembre mientras que los meses de enero a junio presentan una mayor concentración de humedad en el aire.

La Heliofanía o promedio de horas de brillo solar con los datos del año 2010 tenemos 1672.6 horas de brillo, registrándose menores horas de brillo solar durante los meses de febrero y marzo, en cambio los meses de agosto, septiembre y noviembre registran mayor cantidad de horas de brillo solar. El brillo solar es el tiempo en el cual llegan directamente los rayos solares sobre una determinada superficie, expresada en horas y en décimas, el brillo solar está influenciado por la mayor o menor cantidad de presencia de nubes en la atmósfera, las nubes impiden que los rayos solares lleguen directamente a la superficie.

El viento es el aire en movimiento, ocasionado como consecuencia del calentamiento desigual de la superficie terrestre; el calentamiento desigual ocasiona la diferencia de presiones entre dos puntos, determinando que el flujo del aire sea de los centros de alta presión hacia los centros de baja presión, buscando su estado de equilibrio. Los vientos en la ciudad de Loja en base a los registros históricos generados por el INAMHI hasta el año 2010 registran una velocidad promedio de 3.1 m/s registrándose los meses con mayor intensidad de vientos los de julio y agosto cuyos máximos valores son de 10.0 y 9.4 m/s respectivamente. La dirección de vientos predominantes en la ciudad de Loja se ve afectada por el relieve característico de la Hoya pero se considera la dirección SE de los vientos. El viento es una variable que tiene gran influencia en procesos hidrometeorológicos por ejemplo aumenta o disminuye la tasa de evaporación y transpiración, transporta las nubes y causa las precipitaciones.

Tabla 12. Temperatura promedio anual de la ciudad de Loja.

Datos de temperatura estación LA ARGELIA													
	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)

Tabla 13. Precipitación promedio anual de la ciudad de Loja.

Datos de precipitación (mm/año): LA ARGELIA													
	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)

5.1.5. Hidrología

La cuenca superior del río Zamora u hoya de Loja (230 km²) es parte del gran sistema del río Santiago (27.425 km² de área drenada), afluente del Marañón–Amazonas y es el asiento de la actual ciudad de Loja. Del nudo de Cajanuma, límite meridional del valle de Loja, nace el sistema a través de dos ríos pequeños: el Malacatos y el Zamora Huayco. Estos ríos se unen al norte de la ciudad de Loja, dando origen al río Zamora y engrosan su caudal recibiendo varios afluentes, denominados quebradas, entre ellas encontramos: Mónica, Quillollaco, Potrerillos, Violeta, Punzara, Pan de Azúcar, Alumbre, Las Pavas, San Cayetano, La Banda, El Salado, entre otras.

El área de estudio se encuentra atravesada por tres quebradas: Punzara, Pan de azúcar y Alumbre que desembocan en el río Malacatos, tienen una dirección Sur-Este.

El recorrido de la quebrada Alumbre es cercano a la disposición final de los residuos sólidos del relleno sanitario de la ciudad de Loja. El nivel freático se halla afectado por infiltración de lixiviados provenientes del relleno. Las corrientes subterráneas tienen una dirección paralela a las quebradas la cual es Sur-Este.



Figura 28. Quebrada Pan de azúcar

Elaboración: La Autora

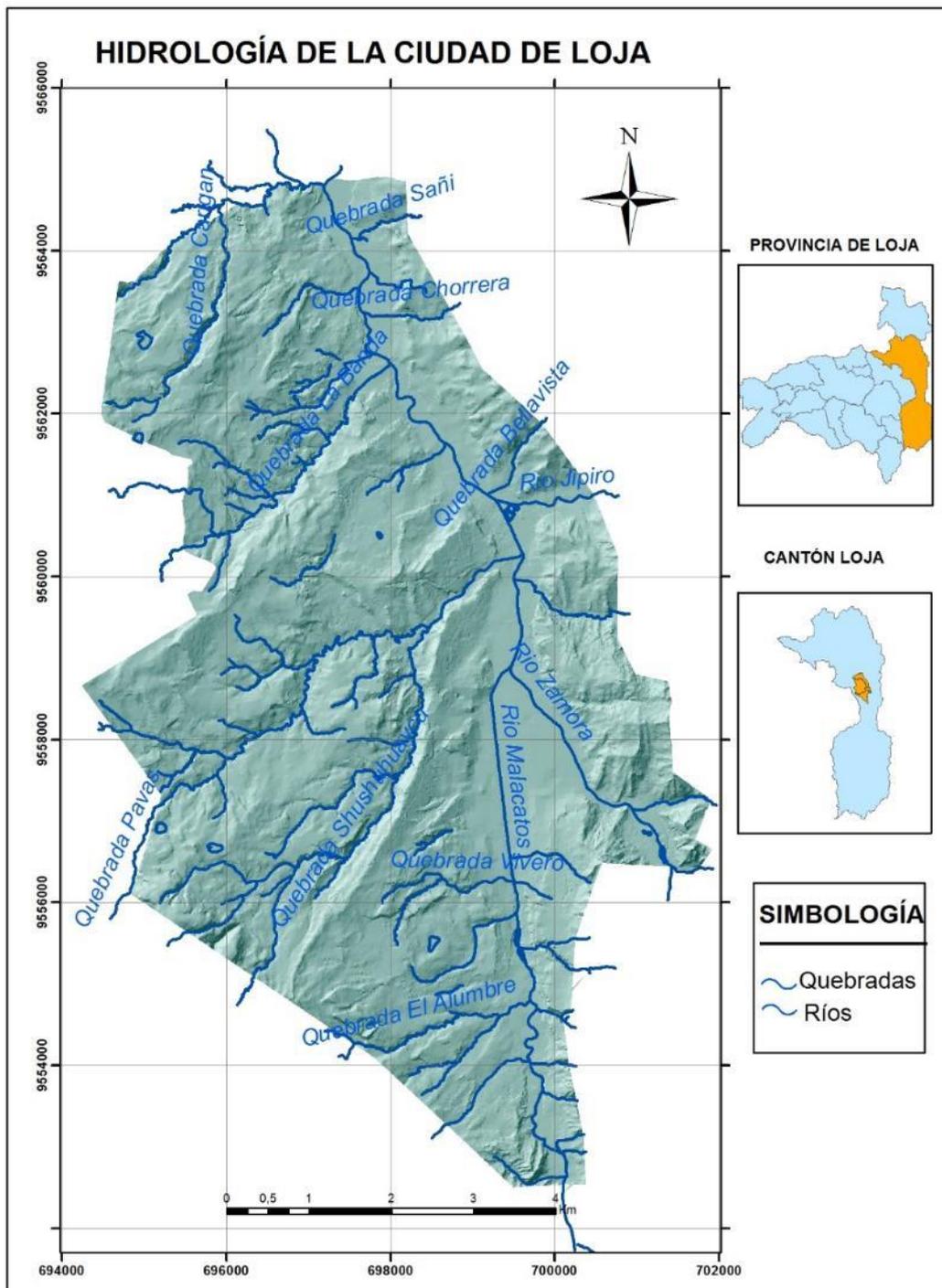


Figura 29. Hidrología de la ciudad de Loja.

Fuente: Elaborado por la Autora a partir de información cartográfica escala 1: 5 000 base GPL

5.1.6. Datos Socio-económicos.

▪ Población

Según el Censo de Población y Vivienda realizado el 28 de noviembre del año 2010, el cantón Loja tiene una población de 214 855 personas, que corresponde al 47% de la población de la provincia, la cual tiene 448 966 habitantes.

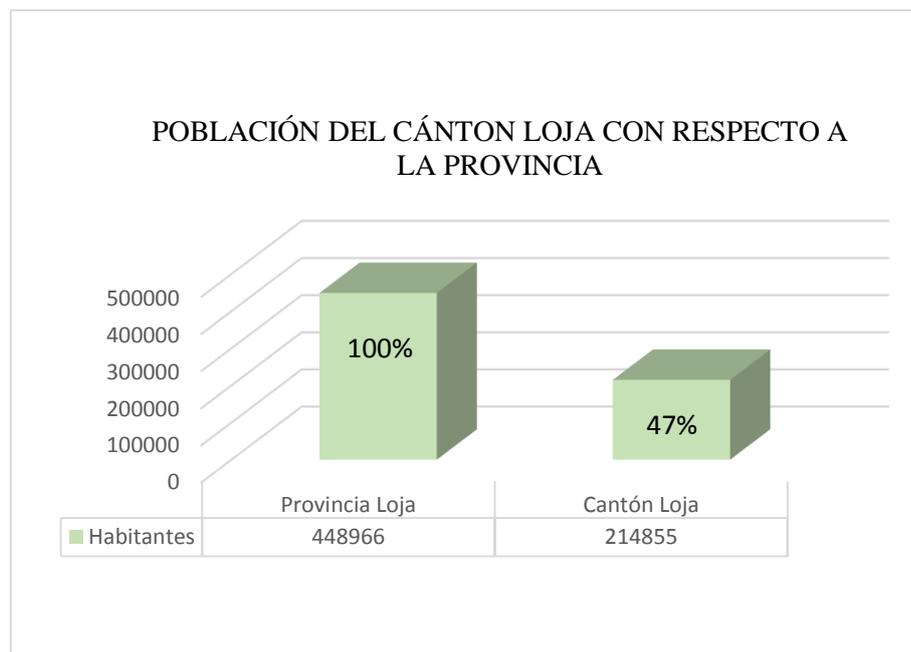


Figura 30. Población del cantón Loja respecto a la provincia

Fuente: Elaborado por la Autora a partir de información INEC 2010

La población urbana asciende a 170 280, que representa el 79.3% de la población total del cantón. En el área rural, viven 10 337 personas, que representa el 20.7% de la población.

En lo que respecta a la población de los barrios en estudio existen aproximadamente 175 personas que corresponde al 0.1 % de la población urbana.

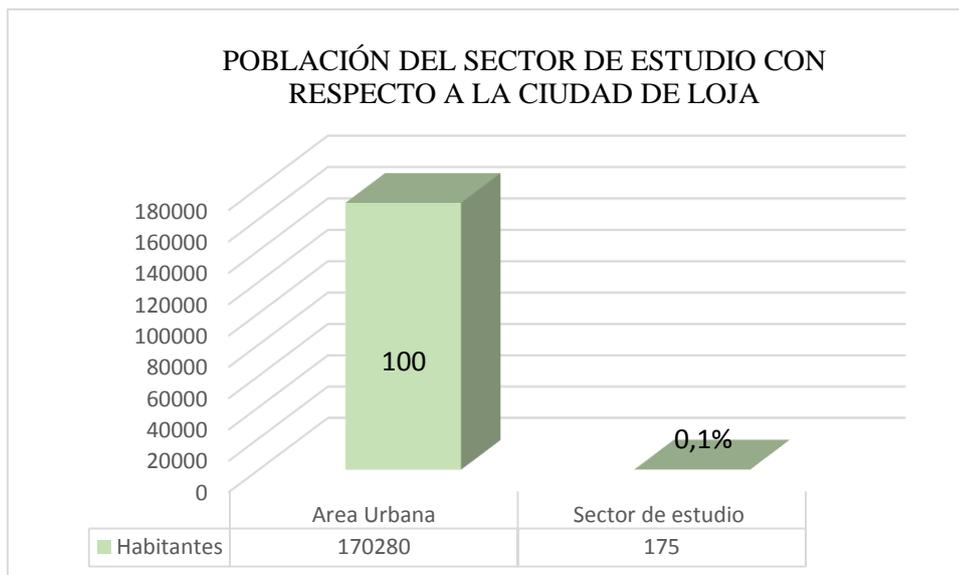


Figura 31. Población del sector de estudio con respecto a la ciudad de Loja.

Fuente: Elaborado por la Autora a partir de información INEC 2010

La tasa de crecimiento poblacional se ha incrementado, pasando de 1.75% (1990-2001) al 2.27% (2001-2010), siendo mayor a la nacional (1.95%). Su tendencia al igual que la tasa provincial durante este último periodo ha sido creciente, a diferencia de la nacional que desde (1962- 2010) ha experimentado una disminución.

La tasa de crecimiento poblacional es mayor a nivel de ciudad (4.03%) con respecto al cantón (2.27%), debido a factores como la emigración interna. En el área periférica la tasa de disminución de la población es significativa (-9.23%), esto demuestra que la población tiende a concentrar en la parte urbana.

De la población total de la cabecera cantonal (180 617 habitantes), el 47.96% son hombres (86 631 habitantes) y el 52.03% son mujeres (93 986 habitantes).

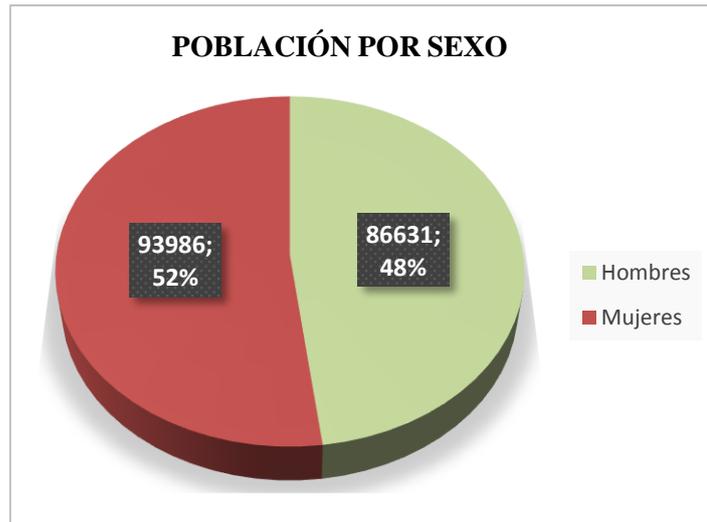


Figura 32. Población por sexo de la cabecera cantonal.

Fuente: Elaborado por la Autora a partir de información INEC 2010

- ***Pobreza por Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI)***

Por otro lado en la cabecera cantonal acumula el 84.06% de la población del cantón Loja que equivale a 180 617 personas. 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%.

- ***Población Económicamente Activa***

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%).

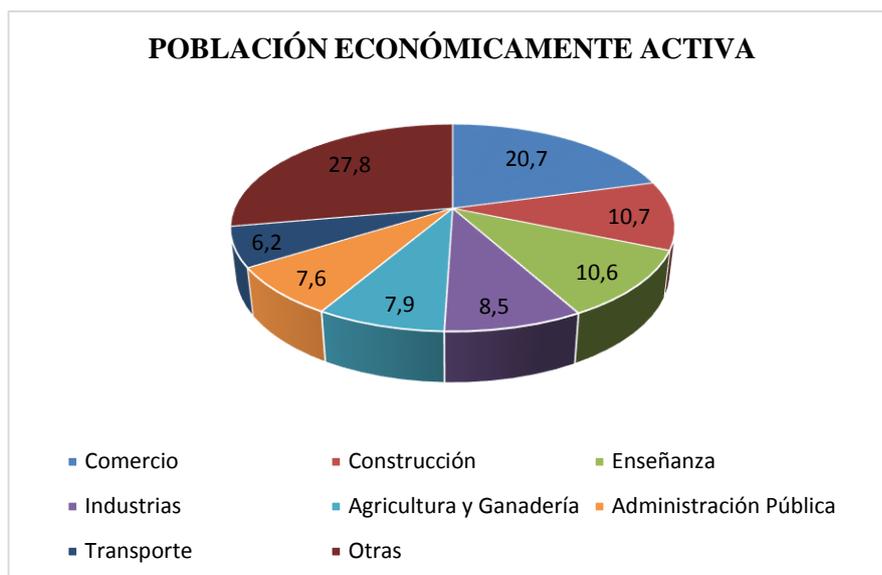


Figura 33. Población económicamente activa.

Fuente: Elaborado por la Autora a partir de información INEC 2010

La población económicamente activa (PEA) de los barrios en estudio, se dedica principalmente a las actividades agropecuarias, comercio informal, obreros, albañilería que ofertan su mano de obra en la ciudad y en otras ciudades del país.

▪ *Analfabetismo*

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.

5.2. Análisis de Susceptibilidad a Deslizamientos en el Sector de Estudio

5.2.1. Topografía

La topografía del sector fue levantada por las estaciones: Servo Robótica / R4, Trimble S3 y Trimble S6, en una superficie de 91,36 ha; lo que comprende a 1.6 km de vía y 200 m. a cada margen de la red vial.

Los datos fueron procesados en el ordenador a través del programa ArcGIS 10.1 generando curvas de nivel principales cada 5 m y secundarias cada 1m, así mismo se representó vías, infraestructuras, quebradas, cultivos, entre otros elementos.

En el sector de estudio existen altitudes que varían entre 2266 y 2295 m s.n.m. Las partes más planas se sitúan al Sur-este, donde se están construyendo ciudadelas como AGEUL, Ciudad Alegría y la urbanización de Ingenieros Civiles, por otro lado la topografía con pendientes más empinadas corresponden a la parte Nor-Oeste en los sectores de Punzara Chico y quebrada Alumbre.

Para verificar los datos obtenidos en el campo se utilizó la fotografía Aérea proporcionada por el Instituto Geográfico Militar en el proyecto de “Sistema Nacional de Información y Gestión de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica” (SIGTIERRAS), obteniendo resultados coherentes al momento de hacer el análisis de comparación con la topografía levantada del sector.

El Mapa topográfico tiene una escala de impresión de 1:6 000, en formato A3 con proyección Universal Transversa de Mercator WGS 1984, Zona 17 S.

MAPA TOPOGRÁFICO

5.2.2. Geología

▪ Geología regional

En base al Mapa Geológico generado por el Ministerio de Energía y Minas del Ecuador 1993; la ciudad de Loja se encuentra dentro de la zona perteneciente a la época del Miocénica (parte central y sur de la ciudad) Mientras que la parte norte se encuentra dentro de la era del Paleozoico en la época Devónico.

En lo que corresponde a la época del Mioceno y Paleoceno estas pertenecen al periodo terciario. “Toda la serie terciaria, incluso los depósitos cuaternarios de este valle han sido afectados por movimientos de comprensión, 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, lo cual ha originado serios problemas en la construcción de obras civiles.

A la unidad estructural sedimentaria pertenecen tres tipos de rocas: arcillas, conglomerado y areniscas, y mantos calizos. Las arcillas, de tipo esquistoso y compacto, constituyen el material rocoso más abundante, afloran mayormente en el flanco Este de la ciudad, sobre el cual se han construido varias urbanizaciones en forma antitécnica, lo que ha originado serios problemas de deslizamientos, que han afectado a las construcciones en esta parte de la ciudad. Los conglomerados afloran en las pendientes orientales del Sur y en las colinas del Oeste de la ciudad, se caracterizan por ser compactos desde el punto de vista físico mecánico, y presentan excelentes condiciones para la construcción de obras civiles; las areniscas se presentan en el sector de las pitas, al Oeste de la carretera norte. Los mantos calizos aparecen al NE de la ciudad y originan suelos de buena calidad. Las rocas sedimentarias conforman la zona de relieve bajo y erosionado del valle de Loja.

Las rocas metamórficas, pertenecientes a la Serie Zamora, afloran hacia el borde de las dos cordilleras que limitan la hoya de Loja, caracterizado por un relieve alto cubierto de vegetación. Al interior del valle existen afloramientos de poca magnitud de estas rocas, representados por esquistos cristalinos, arcillosos, micas y grafitos (ministerio de

Recursos Naturales y Energéticos, 1975; Mora, 1997; Benavides, 2003). Estas rocas, por su constitución son elementos frágiles del paisaje y frecuentemente producen deslizamientos o derrumbes”²⁴ .

▪ **Geología estructural**

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 Fm San Cayetano.²⁵

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 Qda. 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 Fm Quillollaco. Simultáneamente se dio un plegamiento originando formas isoclinales cuyos ejes son paralelos a la falla.

▪ **Geología local**

Localmente hay una dominancia en los afloramientos de arcillolitas color grisáceo, café-amarillento, estas capas son de aproximadamente 40 m de potencia pertenecientes a la Formación Quillollaco, evidenciándose en la parte Nor-Este y Sur-Este del sector.

²⁴ Perspectivas del Medio Ambiente Urbano: GEO Loja, Loja 2007, Pag.41

²⁵ Abad Francisco.2006. “Ensayo Metodológico para la Evaluación y Zonificación de la Amenaza por Fenómenos de Remoción en Masa, Cuenca de Loja. Pág. 15.

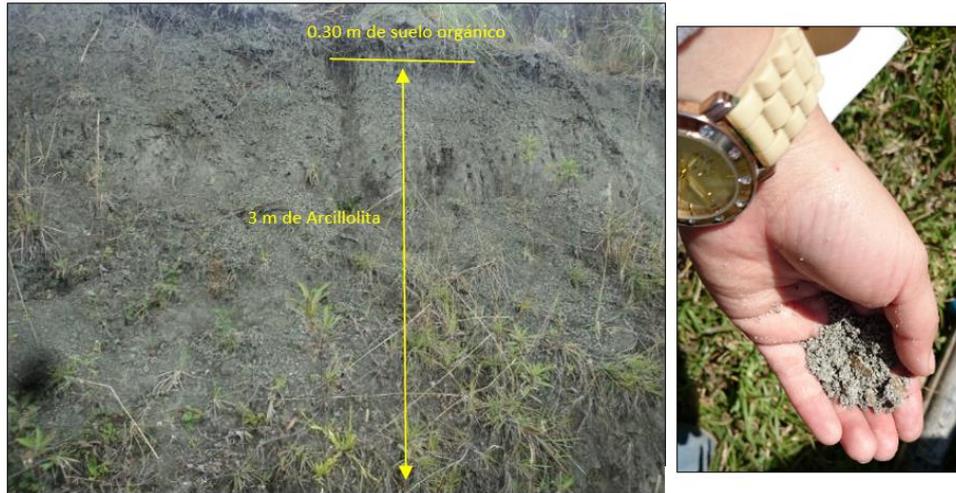


Figura 34. Afloramiento de arcillolita en la Ciudadela de los Ingenieros Civiles

Fuente: Elaborado por la Autora.

Por otro lado existen conglomerados de grano medio a grueso, con matriz arcillosa y arcillo-arenosa con cantos metamórficos angulosos que van de 5 a 20 cm de diámetro, la potencia de estas capas es > 50 m. Esta hegemonía de conglomerados, es un indicador de la presencia de la Formación Quillollaco, aflora en pequeñas proporciones en la parte Norte y Este respectivamente.

Los clastos son mal sorteados, y pudo haberse originado por transporte desde la parte superior. Se evidencia un bajo nivel de estratificación lo que permite suponer que tuvo un régimen muy turbulento al momento de la depositación.



Figura 35. Afloramiento de conglomerados con clastos de 5 a 10 cm de diámetro.

Fuente: Elaborado por la Autora

Sobre los conglomerados yace una capa de suelo orgánico, caracterizado por su coloración café – pardo - oscura, con restos orgánicos raíces principalmente. La capa de suelos orgánicos dependiendo del sitio tiene una potencia que oscila entre 10 a 30 cm.

Existen así mismo coluviones gruesos y finos (depósitos cuaternarios), que han llenado progresivamente las cavidades que existían en esos sectores, por restos de rocas metamórficas como gneis, cuarcitas y esquistos que fueron arrastradas en eventos distintos.

En la quebrada Alumbre, la secuencia conglomerática ha sido disectada y forma un amplio valle de aproximadamente 79 m de ancho y un desnivel de 35 m de altura, este valle ha sido rellenado por un coluvión, el cual contienen gneis, arcillas y cuarzo, que en la actualidad tiene una potencia aproximada de 15 m. La formación de este valle limitado por escarpes conglomeráticos es incierto, sin embargo puede ser singenético donde todo el bloque fallo debido quizás a fuerzas tectónicas y fue depositado hacia abajo de la secuencia conglomerática, posteriormente fue disectada por corrientes fluviales y finalmente fue cubierto parcialmente por enormes coluviones provenientes de la parte alta de la cordillera.



Figura 36. Afloramiento de coluvión grueso en la vía
Fuente: Elaborado por la Autora



Figura 37. Coluvión cerca de Q. Alumbre
Fuente: Elaborado por la Autora

El Mapa Geológico se realizó a escala de impresión 1: 6000 en base a la caracterización de 29 afloramientos descritos en el campo como se observa en la **Tabla 14**.

Tabla 14. Descripción de afloramientos.

N.-	X	Y	Z	Orientación
1	698875	9553690	2201	N87°E/24°
2	698865	9553690	2198	N327°W
3	698722	9553850	2202	
4	698706	9553860	2204	
5	698679	9553870	2208	
6	698496	9554120	2212	
7	698431	9554180	2221	N64°E/17°
8	698535	9553460	2042	
9	698631	9553490	2229	
10	698525	9553560	2238	
11	698537	9553680	2227	N51°E/20°
12	698428	9553710	2254	
13	698433	9553810	2230	
14	698262	9554070	2233	N73°E/20°
15	698362	9554060	2217	
16	698384	9554180	2231	
17	699060	9553640	2202	
18	699042	9553680	2185	
19	698643	9554260	2218	
20	698478	9554240	2216	
21	697756	9554090	2274	
22	697723	9554170	2257	
23	697748	9554220	2254	N66°E/16°
24	698181	9554370	2230	
25	698040	9554140	2245	
26	697768	9554230	2264	
27	697975	9554280	2268	
28	698538	9553940	2206	
29	697976	9554140	2246	S103°E/15°

Fuente: Elaborado por la Autora

MAPA DE GEOLOGÍA LOCAL

5.2.3. Geomorfología

El resultado de la interpretación geomorfológica del sector de estudio se realizó a través de un programa de mapeo utilizando la ortografía a escala 1: 5 000 (CARTA NVII_B2) en cuadrícula 1:50000 generada a partir de la toma de fotografía aérea 1:20000 con un GSD (Ground Sample Distance) de 30 cm, producidas por el IGM para el proyecto SIGTIERRAS (Sistema Nacional de Información y Gestión de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica).

Así mismo se realizó un análisis de TPI (Índices de Posición Topográfica) con radios de 25, 50 y 100 m generados en el ArcView GIS 3.2 los mismos que fueron pasados al ArcGIS 10.1 para dibujar de mejor manera las geoformas.

El resultado fue el mapa Geomorfológico a escala de impresión 1: 6 000 en formato A3; 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

La zona de estudio, presenta 4 unidades genéticas, 6 unidades morfológicas y 9 formas de relieve que se describen a continuación en la **Tabla 15**:

Tabla 15. Descripción de unidades morfológicas.

UNIDAD GENÉTICA	UNIDAD MORFOLÓGICA	FORMA DE RELIEVE	DESCRIPCIÓN
Denudativo	Cuerpos saturados	Cuerpos en forma de herradura	Cuerpos activos con escarpes en su cima y acumulación de sedimentos en su base constituyen los deslizamientos en sí. Caracterizados por suelos saturados y zonas agrietadas. Compuesto generalmente de detritos mal sorteados con arcillas y limos.
	Coluvión	Coluvión antiguo	Está compuesto por materiales detríticos, transportados desde las partes altas de las laderas por acción de la gravedad y depositados en las partes intermedias o al pie de las mismas. Los materiales depositados son de carácter angular poco clasificados y sin estratificación, con pequeñas cantidades de material de grano fino.
Estructurales	Estructuras Monoclinales	Laderas cóncavas saturadas y dinámicas	Laderas alargadas mal drenadas, reptación y con deslizamientos locales, afectado erosión en surcos moderada a severa.
		Laderas cóncavas suaves	Formas cóncavas de pendiente suave, predominante del 10 al 20% ocupado por urbanizaciones, afectado por erosión laminar y reptación
		Laderas convexas	Relieves suaves urbanizados poco disectados, afectados por erosión laminar y en surcos moderada
		Superficies onduladas	Relieves planos a inclinados con urbanizaciones, la erosión es laminar.
	Cuestas	Superficies de cuestas superiores	Bloques estructurales prominentes producto de erosión diferencial, afectado por erosión laminar y en surcos moderada
Formas de origen Estructural – Fluvio Erosional	Estructuras Monoclinales	Escarpes	Formas subverticales generalmente denudadas de cimas agudas con drenajes paralelos
Formas de origen Fluvial	Pie de Ladera	Valle coluvio aluvial	Forman el fondo de valles de aguas meandricos, alta pedregosidad. La Erosión es lateral hídrica. Acumulación de sedimentos. Formado por sedimentos bien sorteados compuestos por boleos, gravas, arenas y limos.

Fuente: VAN ZUIDAM R.A., “Aerial Photo-Interpretation in Terrain Analysis and Geomorphologic Mapping”.

Printed Smith Publishers Netherlands. 5p

MAPA GEOMORFOLÓGICO

5.2.4. Pendientes

El mapa de Pendientes fue obtenido en base al mapa Topográfico, con el mismo que se procedió a generar un Modelo Digital de Elevación (MDE) a partir de la herramienta correspondiente del programa ArcGIS 10.1, este mapa se reclasificó en 5 categorías en porcentaje (Martínez y Mercado 1992), como se muestra en la **Tabla 16**.

En el sector de estudio se deduce que el mayor porcentaje (59,14%) corresponde a terrenos planos o casi planos en 54,03 ha y por consiguiente el de menor porcentaje (0,53%) equivale a los terrenos muy escarpados en 0,48 ha.

Tabla 16. Categorías de pendientes

Categoría	Rango	Área (ha)	Área (%)
Terrenos planos o casi planos	0 %- 15 %	54,03	59,14
Terrenos inclinados	15 % - 30 %	27,24	29,80
Terrenos moderadamente escarpados	30 % - 50 %	7,47	8,18
Terrenos escarpados	50 % - 75 %	2,14	2,35
Terrenos muy escarpados	> 75 %	0,48	0,53
TOTAL		91,36	100

Fuente: Elaborado por la Autora a partir de información de Martínez y Mercado 1992.

Como resultado final se tiene el Mapa de pendientes a escala de impresión 1:6 000 en formato A3.

MAPA DE PENDIENTES

5.2.5. Cobertura Vegetal

La interpretación de cobertura vegetal y el uso de tierras se realizó en base a un análisis visual a través de visitas de campo conjuntamente con la ortografía a escala 1: 5 000 (CARTA NVII_B2) en cuadrícula 1:50000 generada a partir de la toma de fotografía aérea 1:20000 con un GSD (Ground Sample Distance) producidas por el IGM para el proyecto SIGTIERRAS.

En este mapa se obtuvo diferentes tipos de cobertura vegetal (**Tabla 17**), representada predominantemente por pastos (29,22%) los cuales son usados para producción ganadera; las zonas pobladas ocupan el 22,16%, mientras que las zonas de menor superficie son los cultivos de ciclo corto específicamente de maíz (2,93%).

Tabla 17. Tipos de cobertura vegetal

Cobertura	Áreas (ha)	Áreas (%)
Área denudada	15,74	17,29
Cultivos	2,68	2,93
Pastos	26,70	29,22
Plantaciones de eucalipto	5,93	6,49
Vía suelo desnudo	11,97	13,10
Zona poblada	20,25	22,16
Zonas arbóreas	8,09	8,85
TOTAL	91,36	100%

Fuente: Elaborado por la Autora

MAPA DE COBERTURA VEGETAL

5.2.6. Valoración e interpretación de las zonas susceptibles a deslizarse

El análisis para obtener el mapa de susceptibilidad a deslizamientos en el tramo Argelia – Punzara Chico se realizó tomando en cuenta la metodología propuesta, utilizando el SIG ArcGIS 10.1.

El mapa de susceptibilidad permite determinar los sectores que son más propicios a sufrir deslizamientos, en base a factores como geomorfología, geología, pendiente, cobertura vegetal; que influyen a la inestabilidad de un terreno. La escala en la que se desarrolló todos estos mapas fue de 1: 6 000 para garantizar la igualdad de los factores al momento de realizar la suma y obtener el mapa final de susceptibilidad a deslizamientos.

El proceso consiste en establecer diferentes pesos a los factores de 1 a 5 dependiendo del grado de influencia como se explica en la siguiente **Tabla 18**:

Tabla 18. 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 altamente susceptibles a deslizamientos	5

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

Atendiendo a estas condiciones se asignaron los pesos para cada variable como se indica en las siguientes tablas:

Tabla 19. Asignación de pesos para la variable Geología

Geología	Peso
Arcillolita	5
Coluvión Fino (gneis, cuarcitas, arcillas)	4
Coluvión Grueso (gneis, cuarcitas, arcillas)	4
Conglomerados matriz arcillo arenoso capas de arcillolita	3
Conglomerados, matriz arcillosa, sedimentos fluviales, microconglomerados	2
Relleno artificial	4

Fuente: Elaborado por la Autora

Tabla 20. Asignación de pesos para la variable Geomorfología

Geomorfología	Peso
Cuerpos en forma de herradura	5
Coluvión antiguo	3
Laderas cóncavas saturadas y dinámicas	5
Laderas cóncavas suaves	3
Laderas convexas	2
Superficies plano ondulada	2
Superficies de cuevas superiores	3
Escarpes	5
Valle coluvio aluvial	3

Fuente: Elaborado por la Autora

Tabla 21. Asignación de pesos para la variable Pendiente

Pendiente	Peso
Terrenos planos o casi planos	1
Terrenos inclinados	2
Terrenos moderadamente escarpados	3
Terrenos escarpados	4
Terrenos muy escarpados	5

Fuente: Elaborado por la Autora

Tabla 22. Asignación de pesos para la variable cobertura vegetal

Cobertura Vegetal	Peso
Área desnuda	5
Cultivos	4
Pastos	3
Plantaciones de eucalipto	1
Vía suelo desnudo	5
Zona poblada	4
Zonas arbóreas	2

Fuente: Elaborado por la Autora

Continuamente se realiza el cruce de estos mapas a través de la **Suma Ponderada** en formato raster (1x1m de celda) donde el mayor peso se le asignó a la geología (0.4), luego a la geomorfología (0.3), seguido por pendientes (0.2) y vegetación (0.1); cabe mencionar que esta asignación fue realizada a criterio de la autora según su experiencia.

A continuación se presenta la secuencia para la elaboración del mapa final a través del **Model Builder**.

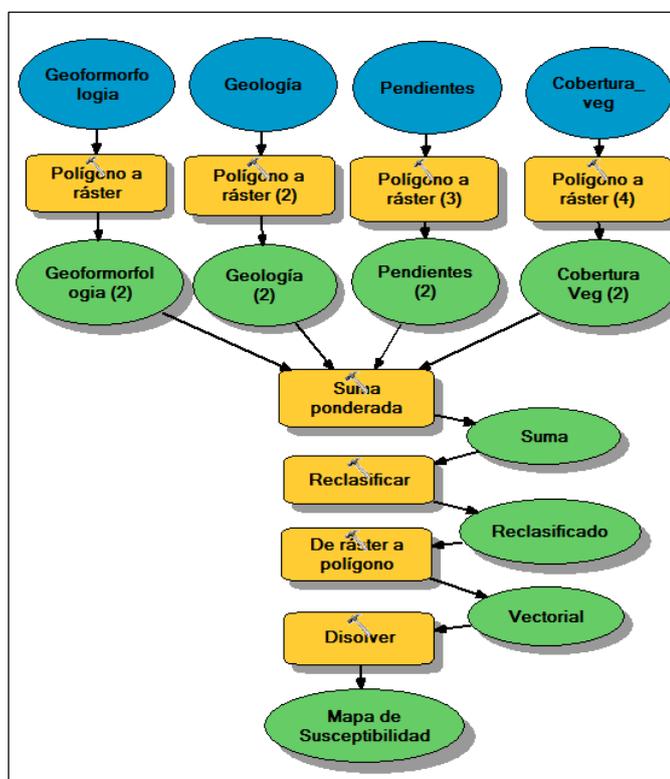


Figura 38. Secuencia Model Builder.

Fuente: Elaborado por la Autora

La suma de los factores dio como resultado 5 categorías que describen a continuación y se puede observar en la **Tabla 23**:

Tabla 23. Categorías de Susceptibilidad a deslizamientos

Categorías	Área (Ha)	Área (%)
Muy Baja Susceptibilidad	9.90	10.83
Baja Susceptibilidad	20.54	22.48
Mediana Susceptibilidad	17.38	19.03
Alta Susceptibilidad	38.93	42.61
Muy Alta Susceptibilidad	4.61	5.05
TOTAL	91.36	100 %

Fuente: Elaborado por la Autora

Susceptibilidad Muy Baja.- Se caracterizan por la estabilidad que posee el terreno, para que no ocurran deslizamientos. Estos sectores poseen pendientes muy bajas entre 0 y 15% (terrenos planos o casi planos), en su mayor parte son zonas pobladas o en miras de construcción. En cuanto a su litología están compuesta por conglomerados, microconglomerados pertenecientes a la Formación Quillollaco y depósitos cuaternarios (coluviones), así mismo existen rellenos artificiales en las zonas urbanizables con el objeto de nivelar los terrenos. Ocupan 9.90 ha (10.83% del total del área de estudio).

Susceptibilidad Baja.- Estos sectores se caracterizan por ser de pendientes poco inclinadas o terrenos casi planos; comprenden arcillolitas saturadas pero que no son de gran peligro debido a su inclinación. Se encuentran en suelos ocupados por urbanizaciones y pastos. Ocupa 20.54 hectáreas en el sitio que corresponde al 22.48%.

Susceptibilidad Media.- Pertenecen a sectores donde la susceptibilidad es media debido a las condiciones de terreno, poseen pendientes entre 30 y 50% (terrenos moderadamente escarpados). Están presentes en arcillolitas, conglomerados y depósitos cuaternarios (coluvión grueso). Ocupan una superficie de 17.38 ha que corresponde al 19.03%.

Susceptibilidad Alta.- Corresponde a zonas donde las condiciones del terreno hacen que sea posible la ocurrencia de deslizamientos, en este caso en terrenos escarpados con pendientes entre 50 y 75%, sumado a arcillolitas saturadas que incrementa la posibilidad a producir estos fenómenos. Esta zona está ocupada por áreas urbanizadas, pastos, áreas

denudadas y cultivos de ciclo corto. Ocupa la mayor cantidad del terreno con 38.93 ha (42.61%) del total del área de estudio.

Susceptibilidad Muy Alta.- Son áreas críticas, en donde las condiciones del terreno han hecho que se conviertan en zonas muy inestables, muy propensas a sufrir procesos de deslizamientos; poseen pendientes mayores a 75% (terrenos muy escarpados), con presencia de arcillolitas, se ubican cerca de las quebradas, especialmente de la Alumbre. Esta zona es pequeña, ocupa una superficie de 4.61 ha (5.05% del total del área en estudio).

MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS

5.2.7. Inventario a deslizamientos.

Con el objetivo de correlacionar los resultados de susceptibilidad se realizó un inventario de deslizamientos en base al trabajo de campo, en donde se identificó 4 deslizamientos que ocupan una superficie de una hectárea aproximadamente (1,09% del total) como se observa en el mapa de inventario de deslizamientos escala de impresión 1: 6 000 formato A3, estos deslizamientos fueron caracterizados en tablas técnicas como se observa en el **Anexo 4**).

Al realizar la correlación del inventario de deslizamientos con el mapa de susceptibilidad se obtuvo que 2 de ellos se ubican en la zona de “**Alta susceptibilidad**”, 1 en la zona de “**Mediana susceptibilidad**” y 1 en el área de “**Baja susceptibilidad**” como se muestra en la siguiente **Tabla 24**:

Tabla 24. Inventario de deslizamientos.

Deslizamiento	Coordenadas		Área (ha)	Categoría
Código	X	Y		
D1	699 022,266	9 553 739,909	0,37	Alta y Muy Alta Susceptibilidad
D2	698 659,053	9 553 950,919	0,05	Mediana a Baja Susceptibilidad
D3	698 261,857	9 554 048,669	0,55	Mediana y Alta Susceptibilidad
D4	698 166,551	9 554 201,730	0,03	Alta Susceptibilidad

Fuente: Elaborado por la Autora

MAPA DE INVENTARIO A DESLIZAMIENTOS

5.3. Caracterización geotécnica

La caracterización geotécnica consiste en determinar la resistencia de los geomateriales en miras de realizar infraestructuras con el objeto de prevenir futuros problemas, en este contexto existen diferentes métodos directos e indirectos de exploración geotécnica, entre los cuales se mencionan:

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

Se realizó con el objetivo de obtener información relevante y poder asignar de forma más precisa los pesos de cada uno de los factores que intervienen en el mapa final de susceptibilidad a deslizamientos.

5.3.1. Sondeos eléctricos verticales

En la zona de estudio se realizaron 5 sondeos eléctricos verticales distribuidos en sectores estratégicos, los mismos que permitieron realizar cortes geoelectricos e interpretar la estructura del subsuelo y contenido de agua en los estratos de acuerdo a su resistividad.

Con los resultados de campo (**Ver Anexo 5**) se procedió a realizar los cálculos de cada una de las líneas (5) y respectivamente los cortes geoelectricos (2) a través del programa IPI2win con una variedad de arreglos electrodicos, este programa permite usar la información primordial sobre resistividades y profundidades para minimizar el error de ajuste.

Los Sondeos Eléctricos Verticales se realizaron mediante el arreglo Schlumberger de 4 electrodos:

Tabla 25. Coordenadas UTM de los sondeos eléctricos verticales.

SEV	Punto Inicial		Punto Final	
	X	Y	X	Y
Línea 1	698 583	9 554 154	698 546	9554 206
Línea 2	698 404	9 554 306	698 357	9554 348
Línea 3	698 154	9 554 146	698 195	9554 080
Línea 4	698 154	9 554 146	698 195	9554 080
Línea 5	698 674	9 553 642	698 676	9553 716

Fuente: Elaborado por la Autora

▪ **Línea 1.**

Esta línea se realizó cerca de la ciudadela Esteban Godoy, al Este de la vía de Integración Barrial en dirección S-W, donde se llegó hasta una abertura máxima AB/2 de 31.60 m, se efectuó 14 mediciones de campo.

A través del programa IPI2Win se generó 4 capas, obteniendo una gráfica con tres curvas, en donde la curva negra es la obtenida en el campo, la azul es la curva de resistividades verdaderas y consecuentemente la roja es de resistividad aparente de *Schlumberger*. Adicionalmente se obtiene un error de corrección en este caso de 3.94% al momento de realizar el análisis, como se muestra en la (Fig. 39):

La primera capa es una **Arcilla Compacta** con una potencia aproximada de 0,5m y una resistividad igual a 157 Ω -m, seguida por una **Arcilla Saturada** de 2.68m de potencia y una resistividad de 7.22 Ω m notándose el descenso por presencia de agua, la tercera capa al igual que la anterior es una **Arcilla Saturada** pero con resistividad aún más baja (4.81 Ω m), lo que demuestra que en las capas 2 y 3 hay saturación de estratos.

En la última capa se encuentran **Arcillas Saturadas** con potencia indefinida, y que poseen una resistividad de 14.2 Ω m.

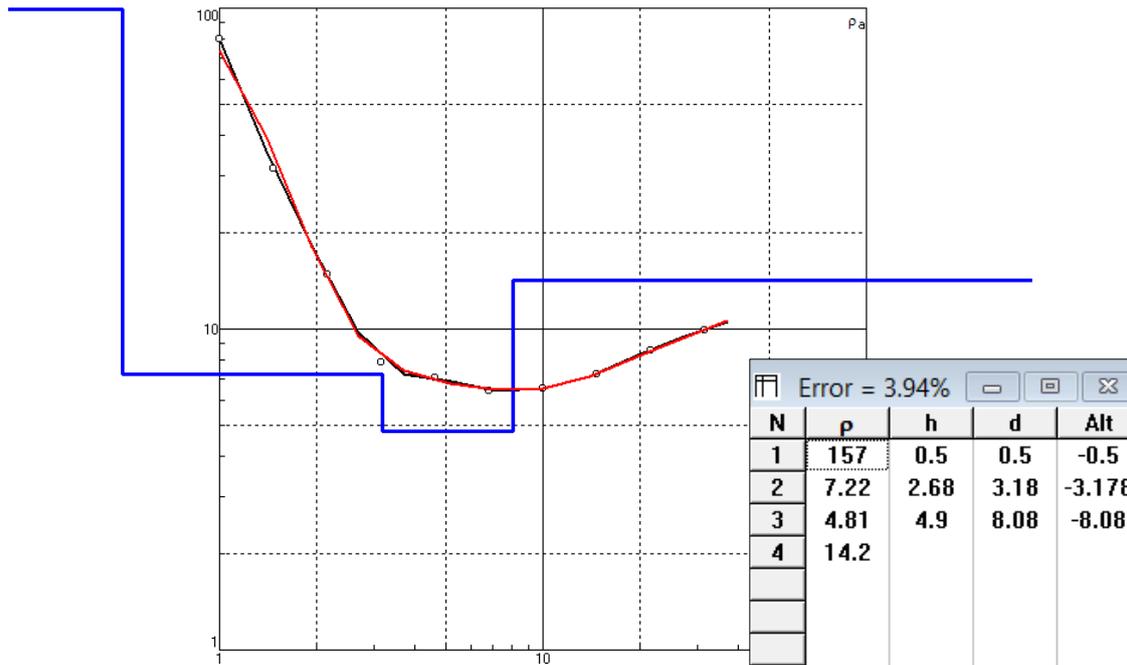


Figura 39. Curvas de resistividad del SEV 1 en el programa IP2win y reajuste del error de corrección.

Fuente: Elaborado por la Autora

▪ Línea 2.

La línea se efectuó cerca a la Q. Alumbra, al Este de la vía de Integración Barrial en dirección S-W, donde se obtuvo 14 mediciones, llegando a una abertura AB/2 de 31.60 m.

El programa IPI2Win a través del análisis de reajuste generó 4 capas, con un error de corrección de 1,91% como se muestra en la (Fig. 40):

Esta línea indica la presencia de **Arcillas Saturadas** de diferentes resistividades, donde la primera capa tiene una potencia de 1,36m y resistividad de 8.85 Ωm , continuando con otra de 1.72 m de potencia (resistividad de 16.85 Ωm). La tercera capa posee una resistividad de 8.71 Ωm con una gran potencia de 12.76 m, mientras que la capa final es indefinida con una resistividad de 17.61 Ωm .

Desde el punto de vista geotécnico nos encontramos con un gran problema, debido a la intercalación de capas saturadas especialmente de arcillas que sufren cambios al comprimirse y expandirse provocando fisuras y daños en cimentaciones.

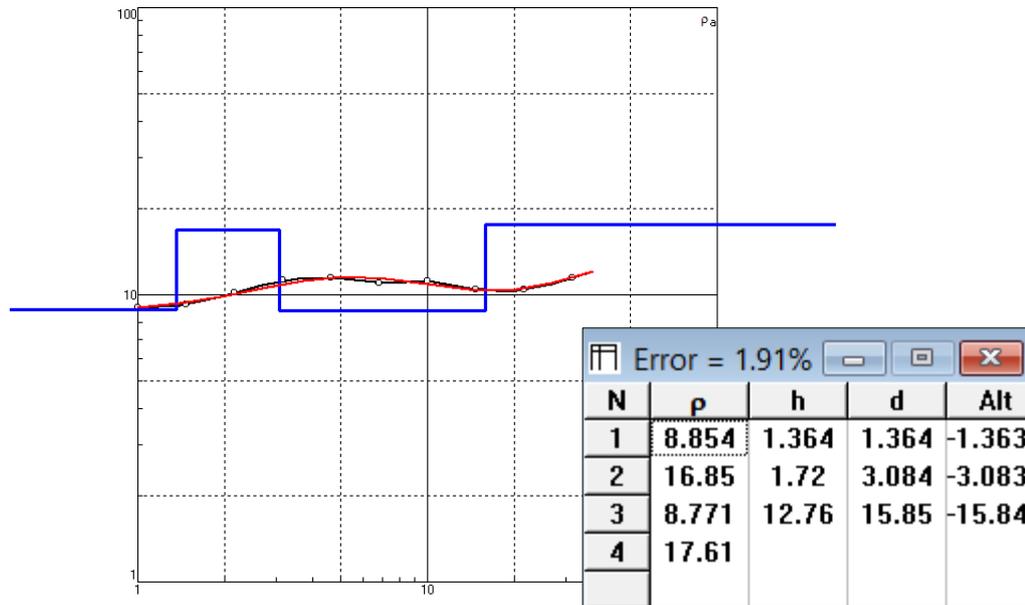


Figura 40. Curvas de resistividad del SEV 2 en el programa IP2win.

Fuente: Elaborado por la Autora

▪ Línea 3.

El sondeo se realizó cerca de la Bloquera, al Oeste de la vía de Integración Barrial en dirección S-W, donde se obtuvo 14 mediciones, consiguiendo una abertura AB/2 de 31.60 m.

El programa generó 5 estratos encontrando el basamento, el error de corrección fue de 10,8% como se muestra en la (**Fig. 41**). A continuación se describen las capas:

Basándose en las tablas de resistividades de los geomateriales se puede deducir que, el primer estrato corresponde a **Arcillas Saturados** (1.81m con resistividad de 16.1 Ω m). Seguido por el estrato de **Arcillas muy Saturadas** (1.06m y una resistividad de 3.58 Ω m), **Arcillas no Saturadas** (2.70m con una resistividad de 29.7 Ω m), **Arcillas muy Saturadas** (5.42m de potencia, resistividad de 2 Ω m) y finalmente encontrándose con el **Basamento de roca fracturada saturada con agua** que tiene una potencia indefinida, y una resistividad de 976 Ω m.

En esta línea se muestra la variación de agua en los estratos, pudiendo encontrar capas con gran contenido de agua y otras que no están saturadas, lo que refleja un problema al momento de realizar cimentaciones.

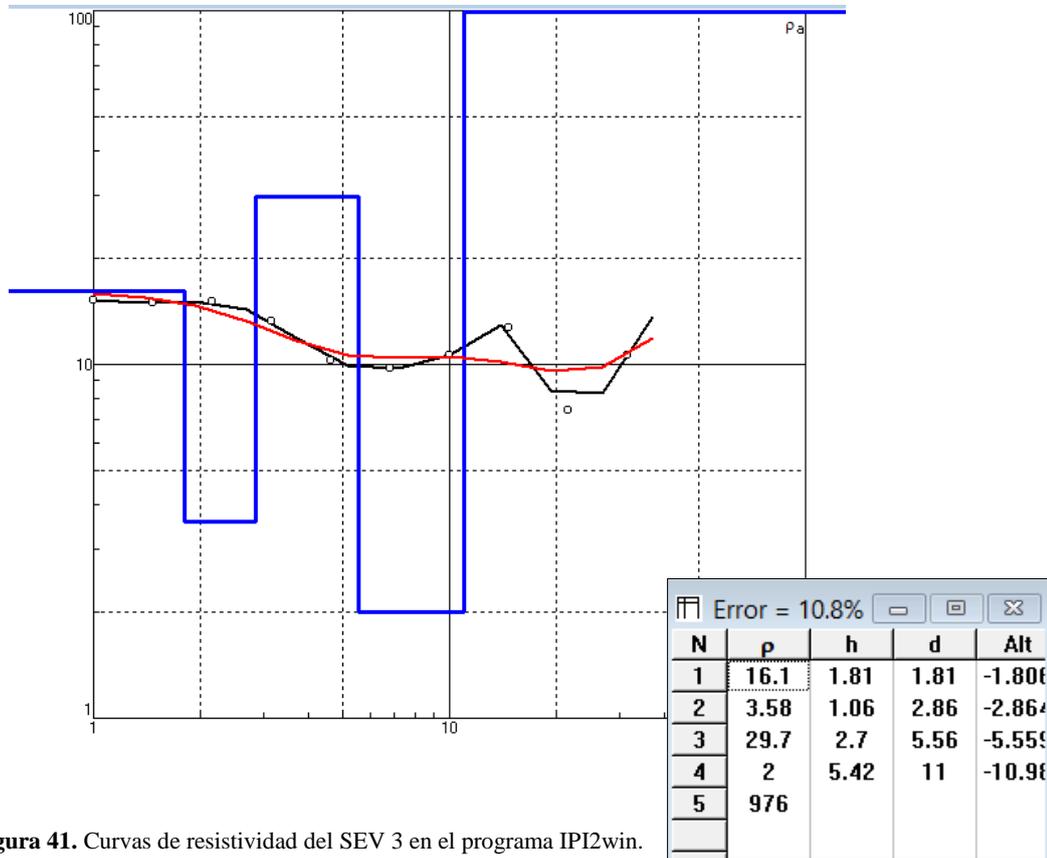


Figura 41. Curvas de resistividad del SEV 3 en el programa IPI2win.

Fuente: Elaborado por la Autora

▪ Línea 4.

El SEV 4 se efectuó cerca de la Bloquera, al Oeste 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 2,24% como se muestra en la (Fig. 42).

En la superficie existen **Arcillas Saturados** con potencia de 0,96 m (resistividad de 18.5 Ω m), en el segundo estrato así mismo hay presencia de **Arcillas Saturadas** con

potencia de 4.58m y una resistividad de 8.05 Ωm , se deduce la presencia de agua en las dos capas iniciales por su baja resistividad.

En la última capa, no hay presencia de agua por la resistividad que presenta (35.5 Ωm). La **Arcilla no saturada** posee un espesor indefinido.

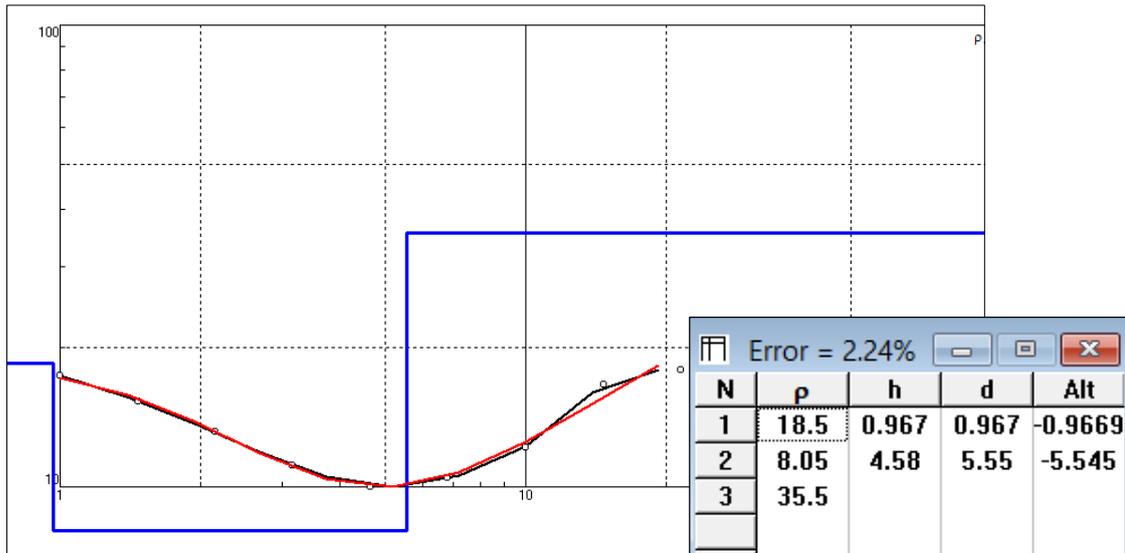


Figura 42. Curvas de resistividad del SEV 4 en el programa IPI2win.

Fuente: Elaborado por la Autora

- **Línea 5.**

La línea 5 fue adquirida del proyecto “**ESTUDIO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO PARA IDENTIFICACIÓN DE ZONAS INESTABLES EN LA URBANIZACIÓN APUL - AGEUL, PROVINCIA DE LOJA, CANTON LOJA**”, la misma que se realizó al Oeste de la vía de Integración Barrial en dirección S-E, este sondeo se efectuó con diferentes aberturas de AB/2 y MN/2 que el resto de SEV, pero se aplicó la misma metodología de Schlumberger, se realizaron 19 mediciones en el campo.

En esta línea el programa determinó 3 capas, con un error de reajuste de 15,90% como se puede observar en la (**Fig. 43**).

Las capas en esta línea poseen más resistividades que en las anteriores encontrando:

Conglomerados con potencia de 3.58m y resistividad de 62.5 Ωm , seguido por **Arcillas Saturadas** de 18.60 m de espesor y resistividad de 11.4 Ωm , y finalmente encontrándose otra vez con **Conglomerados** de potencia indefinida pero con una resistividad de 53 Ωm .

En la segunda capa existe el problema, debido al efecto **Patín** que puede provocar al estar en medio de 2 estratos parcialmente firmes.

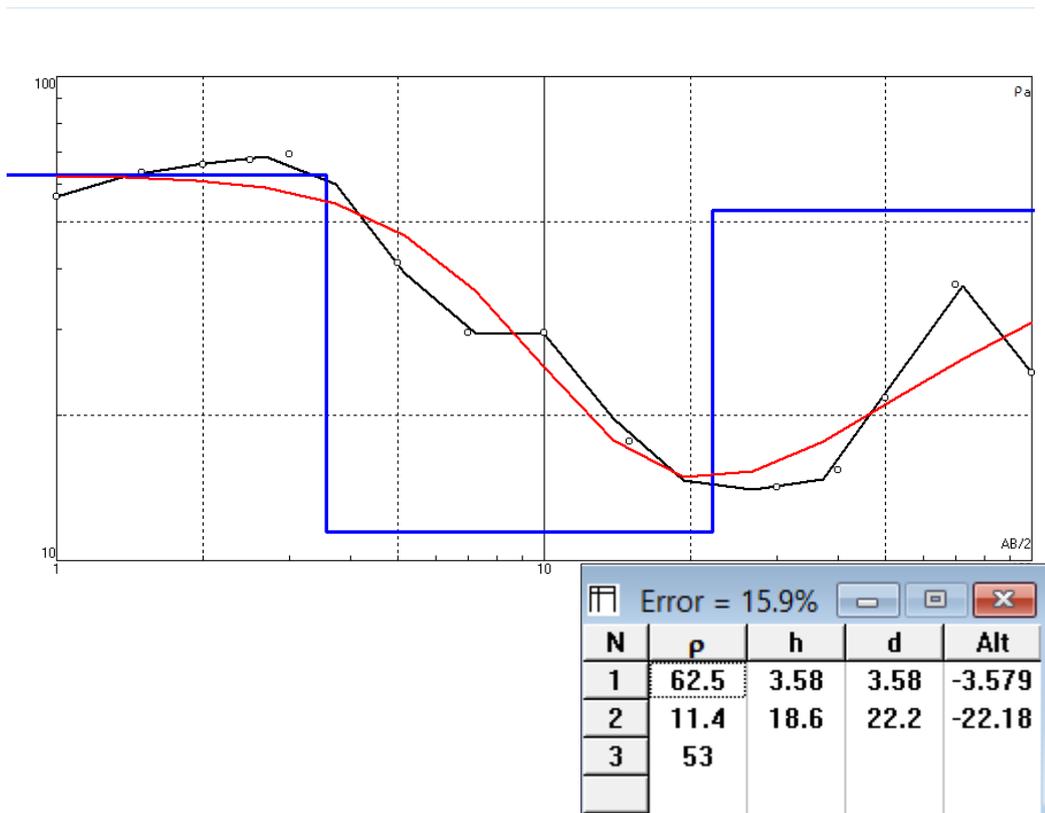


Figura 43. Curvas de resistividad del SEV 5 en el programa IPI2win.

Fuente: Elaborado por la Autora

CORTES GEOELÉCTRICOS

Los resultados alcanzados de los sondeos eléctricos se correlacionaron con la geología local obteniendo 2 cortes geoelectricos como se puede observar en el **Anexo 6**, lo que se comprueba la presencia de 3 capas, cuya disposición desde la superficie hasta el suelo es de: intercalación de arcillas con limos y una base de conglomerados. Como se muestra en la descripción de los cortes:

Corte 1

Es el resultado de la interpolación de los sondeos eléctricos 2,3 y 4 con dirección NW de manera paralela, en el cual se puede observar intercalación de arcillas no saturadas y arcillas saturadas, es decir capas permeables e impermeables que permiten el viaje del agua subterránea.

Corte 2

Este corte geoelectrico se lo realizo en base a la interpolación de las líneas 5 y 1, en dirección SE, en el sondeo 5 se puede observar tres estratos constituidos por conglomerados, arcillas no saturadas y arcillas saturadas respectivamente, correlacionando con el sondeo 1 se puede deducir así mismo la presencia de una pequeña capa de conglomerados, arcillas no saturadas, arcillas saturadas y arcillas no saturadas respectivamente, comprobando la coherencia de la geología.

5.3.2. Ensayo de Penetración Estándar

Se realizó dos ensayos de penetración estándar ubicados en dirección W-E según la geomorfología y geología del sector, para comprobar la geología y contenido de agua en los estratos.

Uno de ellos fue realizado cerca de la quebrada Alumbre, por la prestación de servicios del laboratorio ESTSUELCON CIA. LTDA, mientras que el segundo fue tomado del proyecto **“ESTUDIO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO PARA IDENTIFICACIÓN**

DE ZONAS INESTABLES EN LA URBANIZACIÓN APUL - AGEUL, PROVINCIA DE LOJA, CANTON LOJA”.

Los resultados de clasificación de suelos en el laboratorio (Ver Anexo 7) dieron como resultado a “Arcillas de Baja Plasticidad” en los primeros 4m perforados y “Arena Arcillosa” en el último metro como se muestra en la (Tabla 26).

Tabla 26. Clasificación del suelo en el SPT 1

SPT 1 - Q. Alumbre			
COORDENADA		X: 698 328	Y: 9 554 292
PROFUNDIDAD (m)	COLOR	COMPOSICIÓN	DESCRIPCIÓN
0 - 1	CL	C.H = 19.5% L.L = 46% L.P = 20% I.P = 26%	Arcilla de Baja Plasticidad
1 - 2	CL	C.H = 14.3% L.L = 47% L.P = 21% I.P = 26%	Arcilla de Baja Plasticidad
2 - 3	CL	C.H = 13.2% L.L = 37% L.P = 18% I.P = 19%	Arcilla de Baja Plasticidad
3 - 4	CL	C.H = 21.8% L.L = 37% L.P = 20% I.P = 17%	Arcilla de Baja Plasticidad
4 - 5	SC	C.H = 10.8% L.L = 27% L.P = 16% I.P = 11%	Arena Arcillosa

Fuente: Elaborado por la Autora

A continuación se visualiza los testigos de perforación para cada metro muestreado



Figura 44. Testigo SPT de 0 – 1m.

Fuente: Elaborado por la Autora



Figura 45. Testigo SPT de 1 – 2m.

Fuente: Elaborado por la Autora



Figura 46. Testigo SPT de 2 – 3m.

Fuente: Elaborado por la Autora



Figura 47. Testigo SPT de 3 – 4m.

Fuente: Elaborado por la Autora



Figura 48. Testigo SPT de 4 – 5m.

Fuente: Elaborado por la Autora

Tabla 27. Clasificación del suelo en el SPT 2

SPT 2-AGEUL			
COORDENADA:		X: 698 823	Y: 9 553 544
PROFUNDIDAD (m)	COLOR	COMPOSICIÓN	DESCRIPCIÓN
0 - 1	 CL	C.H = 18.2% L.L = 31% L.P = 16% I.P = 15%	Arcilla de Baja Plasticidad
1 - 2	 CL	C.H = 23.8% L.L = 42% L.P = 15% I.P = 27%	Arcilla de Baja Plasticidad
2 - 3	 CL	C.H = 23.1% L.L = 48% L.P = 19% I.P = 29%	Arcilla de Baja Plasticidad
3 - 4	 CL	C.H = 21.6% L.L = 34% L.P = 22% I.P = 12%	Arcilla de Baja Plasticidad
4 - 5	 CL	C.H = 17.1% L.L = 33% L.P = 17% I.P = 16%	Arcilla de Baja Plasticidad

Fuente: Elaborado por la Autora

5.3.3. Interpretación Geotécnica

La interpretación se enmarca en la necesidad de conocer el comportamiento del terreno ante la influencia de parámetros litológicos, con el fin de determinar la calidad de suelo para la construcción de cimentaciones.

En el sector de estudio afloran depósitos del Cuaternario y del Mioceno Superior en los cuales hay presencia de arcillolita, conglomerados y microconglomerados con clastos de diferentes tamaños de forma intercalada lo que dificulta la cartografía geológica.

En la zona de estudio se han identificado claramente dos unidades geológicas-geotécnicas que se describen a continuación

- Depósitos cuaternarios representados en coluviones finos y gruesos
- Sectores de arcillolitas del Mioceno Superior

Los cuatro movimientos de masa han descrito zonas de interrelación entre suelos, arcillas y materiales de relleno, los cuales se caracterizaran en epígrafes posteriores.

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:

a) Depósitos Cuaternarios: Coluvión grueso y fino

Definidos por abundantes clastos de diferentes tamaños (1-10cm) de rocas metamórficas de edad Paleozoica (filitas, esquistos, cuarcitas, pizarras, metacuarcitas). La matriz se constituye de materiales arcillosos como limo-arcillas, limolitas y arcillolitas. Este tipo de material presenta **resistencia media-baja**; es decir es excavable por medios mecánicos.

Como material geotécnico, su densidad supera los 2,5 gr/cm³; su permeabilidad es alta debido al drenaje preferente intergranular.

Corresponde a materiales con un porcentaje **bajo-medio de finos** (<46%) y plasticidades bajas (LL < 27%, LP < 16%). Como material de cimentación son materiales desmenuzables cuando están totalmente secos.

Relacionando el tipo de material con valores de SPT y tablas referidas a geotecnia de suelos (**Tabla 28**); estos materiales son: **Suelos flojos/blandos a suelos medios**.

Tabla 28. Valores de N SPT resistencia a compresión simple y módulo de elasticidad (Modificada)

Tipo de suelo	N _{SPT}	qu (kN/m ²)	qu (kp/cm ²)	E (MN/m ²)	E (kp/cm ²)/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

Estos suelos se caracterizan por tener humedad media (entre 10-20%), en cuanto a valores del coeficiente de permeabilidad son variables entre $K= 10^{-5} - 10^{-9}$ m/seg en relación a materiales con arenas (finos) más limos y arcillas.

Los golpes de los ensayos registrados en el ensayo de SPT han sido altos; con valores superiores a 50. Estos materiales poseen consistencia Media-Alta. Su densidad supera fácilmente los 2.1gr/cm³. Los ensayos de compresión simple en materiales de este tipo resultan $>T_c= 4.50\text{Kg/cm}^2$. La base de estos materiales indica una **EXPANSIBILIDAD NULA**.

b) Mioceno Superior: Arcillolitas, conglomerados, microconglomerados.

El área de estudio dispone prácticamente de 2 geomateriales litológicos: Basamento de conglomerado de la Formación Quillollaco y arcillolitas intercaladas en superficie.

Los suelos como estructuración relacionan:

- A 1m de profundidad, suelos arcillosos con granulometría fina 97%, relacionando plasticidad y estado semilíquido con abundante agua.
- 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.

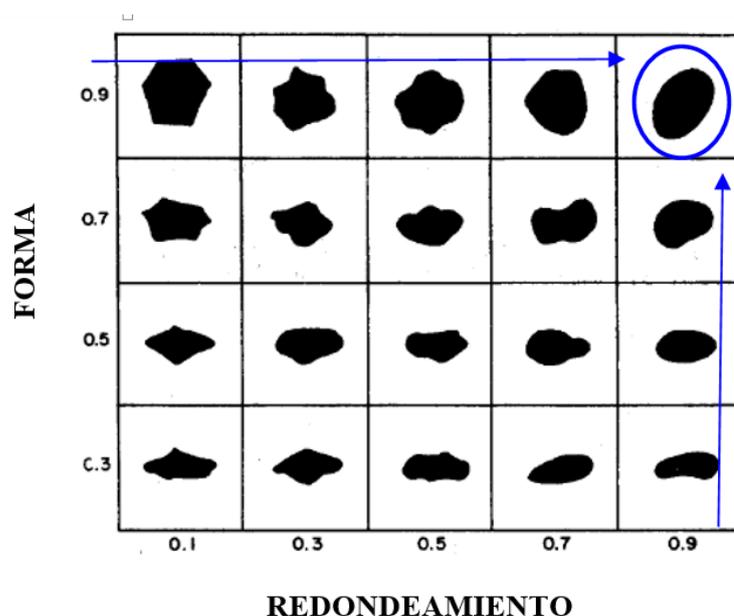


Figura 49. Clasificación de las partículas por su forma y redondeamiento

Fuente: Krumbrein y Sloss 1995

- Las arcillas, arcillolitas y otras se traducen como material fino de consistencia blanda, los valores del LL < 50%, y sus características de arcillas inorgánicas de **baja-media plasticidad**.

Los parámetros cuantitativos fueron tomados de tablas referidas a geotecnia (Tabla 29) dependiendo de la profundidad, y serán utilizados para los cálculos de factor de seguridad de los deslizamientos.

Tabla 29. 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	0,00	Rellenos Arena limo arcillosa marrón parda. - Estructura desordenada - Restos de raíces y materia orgánica - Indicios de restos de origen antrópico	No crítico	Blando-Heterogéneo	USCS	SC	N_{SPT}	4
1	WI				23,4	N_B	3	
	Wp				12,2	$\frac{q_u}{\text{kp/cm}^2}$	0,30-0,40	
	%W				9,3	$\frac{\gamma}{\text{t/m}^3}$	1,70-1,80	
a	0,80				Tamiz 4	64,6	$\frac{C}{\text{kp/cm}^2}$	0,00
		Tamiz 200	38,4	ϕ (°)	17°-19°			
de	0,80	Horizontes de transición Arcilla limo arenosa y arena limo arcillosa marrón anaranjada a rojiza. - Nódulos carbonatados - Tonalidades rojizas por fenómenos de oxidación Representa un tramo de transición entre los rellenos superficiales y el terreno natural	Marginal	Media-Firme	USCS	CL	N_{SPT}	13
2	WI				28,9	N_B	10	
	Wp				16,6	$\frac{q_u}{\text{kp/cm}^2}$	1,00-1,50	
	%W				12,5	$\frac{\gamma}{\text{t/m}^3}$	1,90-2,00	
a	1,60				Tamiz 4	38,3	$\frac{C}{\text{kp/cm}^2}$	0,10-0,15
		Tamiz 200	62,6	ϕ (°)	22°-24°			
de	1,60	Plioceno carbonatado Arcilla limosa marrón amarillenta. - Algún nódulos carbonatado Alternancia de alguna lente algo mas limosa e incluso algo arenosa	Marginal-Crítico	Firme-Dura	USCS	CL	N_{SPT}	34
3	WI				35,6	N_B	26	
	Wp				22,3	$\frac{q_u}{\text{kp/cm}^2}$	2,20-3,20	
	%W				25,8	$\frac{\gamma}{\text{t/m}^3}$	2,00-2,20	
a	6,00				Tamiz 4	18,7	$\frac{C}{\text{kp/cm}^2}$	0,20-0,30
		Tamiz 200	84,7	ϕ (°)	24°-26°			

Fuente: Noriega José M. 2008. "Técnicas de investigación del Suelo: Elaboración e Interpretación de Estudios Geotécnicos"

En este caso se tomara en cuenta profundidades desde 1.6m a 6 m. justificando que desde esas profundidades se realiza las cimentaciones.

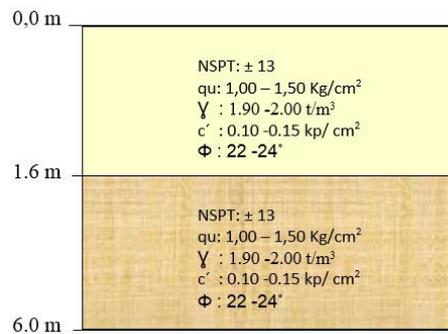


Figura 50. Valores cuantitativos para cálculo de factor de seguridad

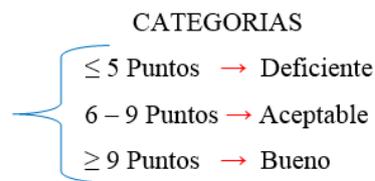
Fuente: Elaborado por la Autora a partir de la tabla 29 (Noriega José M. 2008)

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 a 2, donde: 0 es menos favorable y 2 es más favorable.

La suma total nos permite categorizar los suelos aptos y no aptos para construir.



La relación numérica depende de la experiencia de campo, basándonos en estos datos, se obtiene la categorización de los suelos de la zona de estudio:

Tabla 30. Valoración de los suelos en el sector de estudio

	MIOCENO SUPERIOR	CUATERNARIO	MIOCENO SUPERIOR
	Conglomerado	Coluvión	Arcilla
Capacidad Portante	2.0	1.5	1.0
Deformabilidad	2.0	2.0	1.5
Excavabilidad	2.0	2.0	2.0
Morfología	2.0	2.0	1.0
Tipo de material	2.0	2.0	1.0
Drenaje	1.0	1.0	0.0
TOTAL	11.0	10.5	6.5
	Bueno	Bueno	Aceptable (con restricciones)

Fuente: Elaborado por Ing. Michael Valarezo

Se concluye que en la base de conglomerados y coluvión 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 6.5 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

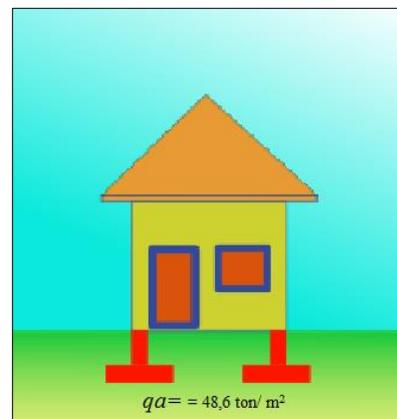
DATOS:

Base de Cimentación: 1,5 x 1,5

Carga Muerta (CM): 250 Kg/m²

Carga Viva (CV): 250 Kg/m²

Carga Admisible (qa): 4,86 Kg/cm² = 48,6 ton/ m²

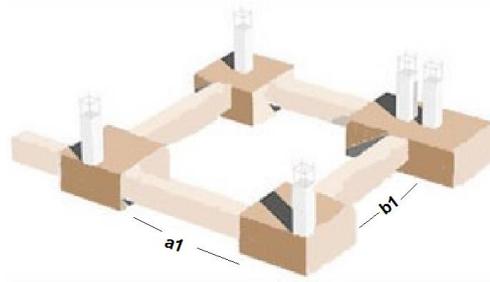


1. Área Colaborante

$$Ac = a1 * b1$$

$$Ac = 3,5 \text{ m} * 4,5 \text{ m}$$

$$Ac = 15,75 \text{ m}^2$$



2. Carga Total

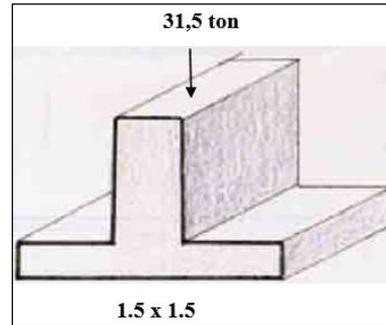
$$C = CM + CV$$

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

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

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

$$q = \frac{Q}{A}$$
$$q = \frac{31,5 ton}{2,25 m^2}$$
$$q = 14 \frac{ton}{m^2}$$

$$q = 14 \frac{ton}{m^2} < qa = 48,6 \frac{ton}{m^2}$$

5. Acimentación

$$A = \frac{Q}{q \text{ admisible}}$$
$$A = \frac{31,5 ton}{48,6 \frac{ton}{m^2}}$$
$$A = 0,64 m^2$$
$$= 0,8 m$$

Esto quiere decir que se puede realizar cimentaciones hasta de (0,8 x 0,8) m pero no se recomienda ya que el estándar es de (1,5 x 1,5) m.

5.3.4. Cálculo de factor de seguridad

Según Bishop (1955), coeficiente de seguridad más comúnmente como factor de seguridad al deslizamiento, es el valor numérico de la relación entre: a) la resistencia media del suelo a lo largo de la superficie de deslizamiento potencial y b) la resistencia estrictamente necesaria para mantener el terreno en equilibrio.

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

γ = Peso Específico del material

d = Profundidad del deslizamiento

Φ = Ángulo de fricción interna

β = Ángulo de Trabajo

md = Porcentaje de saturación

Es necesario aclarar que el factor de seguridad fue calculado en varios escenarios de saturación (md), con el objeto de obtener las gráficas de sensibilidad para cada uno de los deslizamientos.

Así mismo se realizó dos cálculos por cada deslizamiento, con datos de peores y mejores condiciones del terreno respectivamente, con el propósito de comparar los resultados obtenidos.

DESLIZAMIENTO 1 (Peores condiciones del terreno)

DATOS:

$$c' = 0.20 \text{ KP/cm}^2 \rightarrow 19.6 \text{ KN/m}^2$$

$$\gamma = 2.0 \text{ t/m}^3 \rightarrow 19.62 \text{ KN/m}^3$$

$$d = 6 \text{ m}$$

$$\Phi = 24^\circ$$

$$\beta = 28^\circ$$

$$md = 1.5 \text{ m} = 25 \% = 0.25$$

$$FS = \left[\frac{19.6 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}{19.62 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * 6\text{m} * \text{sen } 28^\circ} \right] + \left[\frac{\text{tang } 24^\circ}{\text{tang } 28^\circ} \right] - \left[\frac{0.25 * 9.81 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * \text{tang } 24^\circ}{19.62 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * \text{tang } 28^\circ} \right]$$

$$FS = 0.354 + 0.837 - 0.104$$

$$FS = 1.087$$

$$md = 3.0 \text{ m} = 50 \% = 0.50$$

$$FS = \left[\frac{19.6 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}{19.62 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * 6\text{m} * \text{sen } 28^\circ} \right] + \left[\frac{\text{tang } 24^\circ}{\text{tang } 28^\circ} \right] - \left[\frac{0.50 * 9.81 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * \text{tang } 24^\circ}{19.62 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * \text{tang } 28^\circ} \right]$$

$$FS = 0.354 + 0.837 - 0.209$$

$$FS = 0.982$$

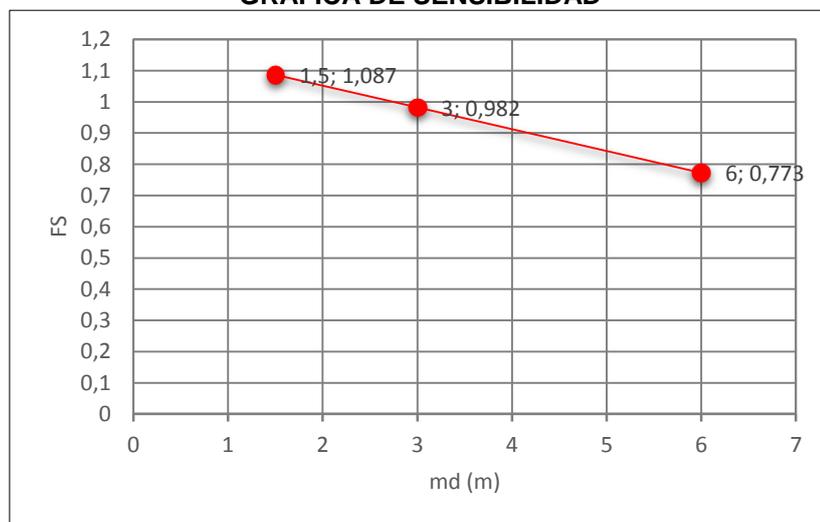
$$md = 6.0 \text{ m} = 100 \% = 1.0$$

$$FS = \left[\frac{19.6 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}{19.62 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * 6\text{m} * \text{sen } 28^\circ} \right] + \left[\frac{\text{tang } 24^\circ}{\text{tang } 28^\circ} \right] - \left[\frac{1.0 * 9.81 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * \text{tang } 24^\circ}{19.62 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * \text{tang } 28^\circ} \right]$$

$$FS = 0.354 + 0.837 - 0.408$$

$$FS = 0.773$$

GRÁFICA DE SENSIBILIDAD



DESLIZAMIENTO 1 (Mejores condiciones del terreno)

DATOS:

$$c' = 0.30 \text{ KP/cm}^2 \rightarrow 29.4 \text{ KN/m}^2$$

$$\gamma = 2.2 \text{ t/m}^3 \rightarrow 21.56 \text{ KN/m}^3$$

$$d = 6 \text{ m}$$

$$\Phi = 26^\circ$$

$$\beta = 28^\circ$$

$$md = 1.5 \text{ m} = 25 \% = 0.25$$

$$FS = \left[\frac{29.4 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}{21.56 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * 6\text{m} * \text{sen } 28^\circ} \right] + \left[\frac{\text{tang } 26^\circ}{\text{tang } 28^\circ} \right] - \left[\frac{0.25 * 9.81 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * \text{tang } 26^\circ}{21.56 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * \text{tang } 28^\circ} \right]$$

$$FS = 0.484 + 0.917 - 0.104$$

$$FS = 1,297$$

$$md = 3.0 \text{ m} = 50 \% = 0.50$$

$$FS = \left[\frac{29.4 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}{21.56 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * 6\text{m} * \text{sen } 28^\circ} \right] + \left[\frac{\text{tang } 26^\circ}{\text{tang } 28^\circ} \right] - \left[\frac{0.50 * 9.81 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * \text{tang } 26^\circ}{21.56 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * \text{tang } 28^\circ} \right]$$

$$FS = 0.484 + 0.917 - 0.209$$

$$FS = 1.193$$

$$md = 6.0 \text{ m} = 100 \% = 1.0$$

$$FS = \left[\frac{29.4 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}{21.56 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * 6\text{m} * \text{sen } 28^\circ} \right] + \left[\frac{\text{tang } 26^\circ}{\text{tang } 28^\circ} \right] - \left[\frac{1.0 * 9.81 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * \text{tang } 26^\circ}{21.56 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * \text{tang } 28^\circ} \right]$$

$$FS = 0.484 + 0.917 - 0.417$$

$$FS = 0.984$$

GRÁFICA DE SENSIBILIDAD

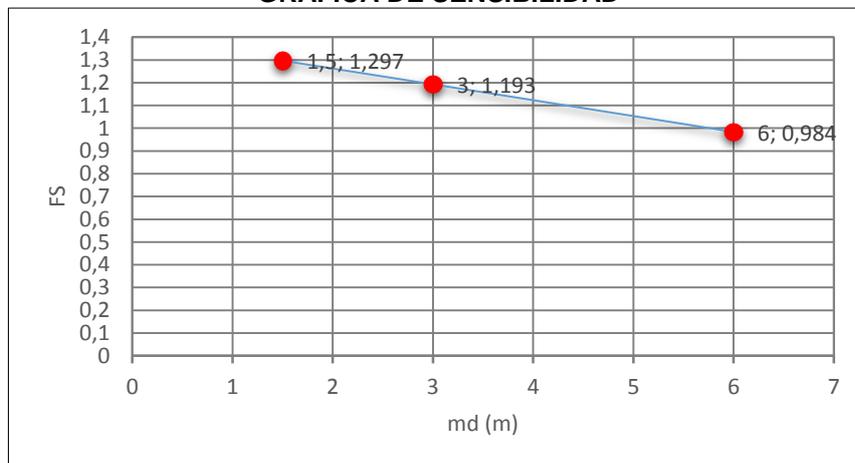


Tabla 31. Cálculo del FS para deslizamiento 2

DESLIZAMIENTO 2		
DATOS	Peores condiciones del terreno	Mejores condiciones del terreno
		$c' = 0.20 \text{ KP/cm}^2 \rightarrow 19.6 \text{ KN/m}^2$ $\gamma = 2.0 \text{ t/m}^3 \rightarrow 19.62 \text{ KN/m}^3$ $d = 7 \text{ m}$ $\Phi = 24^\circ$ $\beta = 27^\circ$
md=1.75 m = 25 % = 0.25	FS = 1.078	FS = 1.278
md=3.5 m = 50 % = 0.50	FS = 0.969	FS = 1.169
md=7.0 m = 100 % = 1.0	FS = 0.751	FS = 0.951

Fuente: Elaborado por la Autora

Tabla 32. Cálculo del FS para deslizamiento 3

DESLIZAMIENTO 3		
DATOS	Peores condiciones del terreno	Mejores condiciones del terreno
		$c' = 0.20 \text{ KP/cm}^2 \rightarrow 19.6 \text{ KN/m}^2$ $\gamma = 2.0 \text{ t/m}^3 \rightarrow 19.62 \text{ KN/m}^3$ $d = 5 \text{ m}$ $\Phi = 24^\circ$ $\beta = 28^\circ$
md=1.25 m = 25 % = 0.25	FS = 1.158	FS = 1.393
md=2.5 m = 50 % = 0.50	FS = 1.053	FS = 1.289
md=5.0 m = 100 % = 1.0	FS = 0.844	FS = 1.080

Fuente: Elaborado por la Autora

Tabla 33. Cálculo del FS para deslizamiento 4

DESLIZAMIENTO 4		
DATOS	Peores condiciones del terreno	Mejores condiciones del terreno
		$c' = 0.20 \text{ KP/cm}^2 \rightarrow 19.6 \text{ KN/m}^2$ $\gamma = 2.0 \text{ t/m}^3 \rightarrow 19.62 \text{ KN/m}^3$ $d = 3 \text{ m}$ $\Phi = 24^\circ$ $\beta = 30^\circ$
md=0.75 m = 25 % = 0.25	FS = 1.339	FS = 1.657
md=1.5 m = 50 % = 0.50	FS = 1.243	FS = 1.561
md=3.0 m = 100 % = 1.0	FS = 1.050	FS = 1.369

Fuente: Elaborado por la Autora

Mediante los respectivos cálculos de factor de seguridad para cada uno de los deslizamientos, se determinó que en la zona de muy alta susceptibilidad se encuentra el D1 con un factor de seguridad de 0.77, en la zona de alta susceptibilidad se ubica los D3 y D4 con un factor de seguridad de 0.84 y 1.05 respectivamente; mientras que en la zona de baja susceptibilidad está el D2 con un factor de seguridad de 0.751; es por consiguiente que 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 disminuir el peso, adicionalmente es necesario implementar un muro de gavión en el D4.

Aplicando todas estas medidas se aumentara el factor de seguridad en estos deslizamientos, consecuentemente disminución de daños en la vía y sus alrededores.

6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la ciudad de Loja son numerosos los casos de fenómenos de remoción en masa que han causado serios problemas socio-económicos, debido a sus condiciones geológicas (rocas sedimentarias) sumado a las precipitaciones e intensidad de lluvias hacen que aumente la posibilidad de inestabilidad, llevando a valorar 33 barrios catalogados como de alto riesgos a fenómenos geológicos – climáticos²⁶ .

La vía de integración barrial desde la Argelia hasta Punzara Chico no es la excepción, debido a que se encuentra sobre terrenos en su mayoría arcillolitas, de tal manera que son grandes las posibilidades que ocurran deslizamientos como se evidencia en la Urbanización de Ing. Civiles, Ciudad Alegría y el Monasterio.

Según el “Estudio Geológico – Geotécnico para identificación de Zonas inestables en la urbanización APUL - AGEUL, Provincia de Loja, cantón Loja”. El problema de inestabilidad radica en la presencia de agua superficial y subterránea asociada al tipo de material (arcillolitas), provocando un sinnúmero de deslizamientos y a su vez daños materiales.

Es por consiguiente que para el análisis de susceptibilidad a deslizamientos en el tramo Argelia-Punzara Chico, se consideró cuatro variables que inciden directamente a la inestabilidad del terreno entre ellas geología, geomorfología, pendiente y cobertura vegetal, las cuales se determinaron mediante técnicas de campo y procesamiento de datos en oficina.

A través de la topografía realizada se pudo observar que la mayoría de terrenos son planos y se sitúan al Sur-este, donde se están construyendo ciudadelas como AGEUL, Ciudad Alegría y la urbanización de Ingenieros Civiles, por otro lado la topografía con pendientes más empinadas corresponden a la parte Nor-Oeste en los sectores de Punzara Chico y quebrada Alumbre.

²⁶ GAD Loja. Guamán, Galo. 2008 “Riesgos Naturales en el Área Urbana de la Ciudad de Loja”.

El sector de estudio se encuentra sobre la formación Quillollaco, que está compuesta por: arcillolitas de color grisáceo, café-amarillento: y conglomerados de grano medio a grueso, con matriz arcillosa y arcillo-arenosa, de cantos metamórficos angulosos que van de 5 a 10 cm de diámetro con presencia de óxidos de hierro; existen además depósitos cuaternarios (coluviones gruesos y finos) que han llenado progresivamente las cavidades, por restos de rocas como: gneis, cuarcitas y esquistos que fueron arrastrados en eventos distintos.

La geomorfología del sector está representada por 9 formas de relieve: Cuerpos en forma de herradura, coluvión antiguo, laderas cóncavas saturadas y dinámicas, laderas cóncavas suaves, laderas convexas, superficies onduladas, superficies de cuevas superiores, escarpes, valle coluvio aluvial, determinando así que existen zonas que favorecen a la ocurrencia de deslizamientos.

En cuanto a la cobertura vegetal, está representada por la predominancia de pastos, los cuales son usados para producción ganadera; así mismo existen plantaciones de eucaliptos, zonas arbóreas, cultivos de ciclo corto, y áreas denudadas que facilitan la infiltración de agua en los suelos aumentando el peso y el movimiento del mismo.

Adicionalmente se realizó geofísica mediante cinco sondeos eléctricos verticales y dos cortes geoeléctricos, que permitieron la correlación del tipo de roca con la geología levantada y determinar la saturación de los estratos.

Las variables que se utilizaron para el mapa final de susceptibilidad estuvieron enlazadas a la pendiente, debido a que es un factor que incide de manera drástica en la inestabilidad del terreno; todo esto con el fin de tener un criterio más claro y preciso al momento de asignar pesos. Luego de obtener las variables se procedió a correlacionar la información, elaborando distintos modelamientos digitales para la obtención del mapa de susceptibilidad que este más acorde a la realidad.

El resultado del mapa de susceptibilidad a deslizamientos determinó que el menor porcentaje de susceptibilidad (5.05%) corresponde a **Susceptibilidad Muy Alta**, ubicada

en zonas dinámicas y saturadas donde actualmente se encuentran los deslizamientos, mientras que el mayor porcentaje (42.61%) pertenece a **Susceptibilidad Alta**, siendo terrenos ocupados por pastos y zonas urbanizadas.

Para determinar si los suelos a más de ser susceptibles a deslizamientos son aptos para construcciones civiles, se realizó dos ensayos de SPT con una profundidad de 5m, obteniendo como resultado a arcillas de baja plasticidad con una capacidad portante de 48,6 ton/ m² 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 0.8 x 0.8m 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.

7. CONCLUSIONES

- El levantamiento topográfico a detalle comprendió una superficie total de 91.36 ha, 1.6 km lineales de vía, abarcando cotas entre 2266 y 2295 m s.n.m
- El sector de estudio se encuentra sobre la formación Quillollaco, representada por arcillolitas que afloran en la parte Sur-Este y Nor-Este con un buzamiento de 20°N-E. Así mismo se evidencian conglomerados de matriz arcillo-arenosa en la parte Oeste del sector.
- De la interpretación y correlación de los SEV, la geología y el SPT, se pudo determinar que existen capas intercaladas de arcillas saturadas y no saturadas a profundidades de 3 a 12m sobre una base de conglomerados de matriz arcillo-arenosa con cantos metamórficos angulosos que van de 5 a 20 cm de diámetro.
- Geomorfológicamente el área de estudio en la parte Nor-Oeste es muy accidentada, mientras que el Este se caracteriza por zonas planas, debido a la proyección urbanística de estos sectores; en general se determinó 9 geoformas incluyendo las superficies de cuevas superiores y laderas cóncavas saturadas y dinámicas que son las más propensas a sufrir deslizamientos.
- La pendiente del sector se caracteriza mayormente por ser de terrenos planos o casi planos con un 59.14% e inclinados el 29.80%, determinando que los movimientos en masa se dan más por el tipo de roca y su contenido de agua presente en estos sectores.
- En el mapa de Cobertura Vegetal se pudo determinar 7 categorías, de las cuales el área denudada representa el mayor porcentaje 17.29%, ocasionando mayor susceptibilidad a deslizamientos porque la infiltración de agua es más fácil en los terrenos.
- Para el análisis de las variables a intervenir en el mapa de susceptibilidad se aplicó el método heurístico, asignando pesos en un rango de 1 a 5 dependiendo del grado de influencia que estos tienen en el terreno.

- En el mapa final de susceptibilidad se aplicó la suma de rangos de las variables: Geología (0.4), Geomorfología (0.3), Pendientes (0.2), Cobertura vegetal (0.1), determinando que los terrenos en el tramo Argelia – Punzara Chico el 10.83% tiene una susceptibilidad muy baja, el 22.48% susceptibilidad baja, el 19.03% susceptibilidad media, el 42.61% susceptibilidad alta y el 5.05% susceptibilidad muy alta.
- Se evidenciaron 4 deslizamientos, que comprenden una superficie de 10 000 m², en donde 3 se encuentran en sectores de alta a muy alta susceptibilidad y 1 en zonas de media a baja susceptibilidad; demostrando así la coherencia del estudio y la eficiencia del método en un 75%.
- El resultado de los cálculos de factor de seguridad para cada uno de los deslizamientos, determinó que en la zona de muy alta susceptibilidad se encuentra el D1 con un factor de seguridad de 0.77, en la zona de alta susceptibilidad se ubica los D3 y D4 con un factor de seguridad de 0.84 y 1.05 respectivamente; mientras que en la zona de baja susceptibilidad está el D2 con un factor de seguridad de 0.75.
- Las capacidades portantes del suelo para la base de cimentación de 2m son de 4.8 kg/cm², determinando que en el sector de estudio se pueden realizar zapatas de 1.5 x1.5m en construcciones verticales de hasta 4 pisos.

8. RECOMENDACIONES

- Ejecutar los trabajos de campo como: topografía, geología, geomorfología, cobertura vegetal, sondeos eléctricos verticales y ensayos de penetración estándar de manera responsable ya que los datos servirán de base para el análisis de susceptibilidad.
- Continuar el estudio geotécnico realizando más sondeos eléctricos verticales y ensayos de penetración estándar, para determinar la capacidad portante del suelo debido a que estos sectores se encuentran en vías de desarrollo urbanístico.
- Determinar el factor de seguridad en diferentes escenarios de saturación, en lo posible en las peores condiciones del terreno, con el objeto de proponer las diferentes medidas de estabilización y control.
- Implementar a cada uno de los deslizamientos las correspondientes medidas de estabilización y control, tales como: zanjas y cunetas de coronación, drenes superficiales y subterráneos, muros de gavión, entre otras; para aumentar el factor de seguridad y disminuir la susceptibilidad en la vía y en las zonas de influencia.
- Difundir la metodología aplicada a otros sectores de la ciudad de Loja y en lo posible utilizar más variables de incidencia para obtener más confiabilidad en los resultados.
- El resultado de esta tesis debe ser utilizado en el Plan de Ordenamiento Territorial en la toma de decisiones correctas en cuanto a la planificación de expansión urbana, ya que en los últimos años la población se ha ubicado en zonas de alta susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa.
- Presentar estos estudios ante el Ilustre Municipio de Loja, para el trámite de obtención de permisos de construcción de las urbanizaciones ya que estas no deben encontrarse en zonas de alta a muy alta susceptibilidad a deslizamientos.

9. BIBLIOGRAFÍA

LIBROS:

- **Aranha Domínguez, F. A.** (1979) “Topografía y astronomía posición a Ingenieros y Arquitectos”. Editorial McGraw - Hill. Sao Paulo.
- **Ayala-Carcedo y J. Corominas** 2002 “Mapas de Susceptibilidad a los movimientos de ladera con técnicas SIG”. Editores – Madrid: Instituto Geológico y Minero de España, 194 p.
- **Belousov, V.** 1974 “Geología Estructural”, Editorial MIR, Moscú
- **Bemmelen, R.W.** 1961. “El Carácter Científico de la geología”, Revista de la geología, 63p
- **Brabb, E.E. Pampeyan, E.H. Bonilla M.G.** (1972), “Landslide Susceptibility in San Mateo County”, California Misc. Field Studies Map. MF360 (scale 1:62, 500)
- **Burrough, P.A.** 1986. “Principios de Sistemas de información geográfica de Recursos de la Tierra Evaluación”. Clarendon Prensa, Oxford.
- **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.
- **Chamba Carlomagno.** 2013. “Estudio Geológico – Geotécnico para identificación de Zonas inestables en la urbanización APUL - AGEUL, Provincia de Loja, cantón Loja”.
- **Chelotti, L. Acosta, N., Foster, M.,** 2009 “La Ciencia Geofísica”. Cátedra de Geofísica Aplicada, U.N.P.S.J.B., Chubut, Argentina.
- **Corominas, J. y García Yagiüe, A.** 1997. “Terminología de los movimientos de ladera”. IV Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables. Granada. Vol. 3: 1051-1072

- **Crozier, M. J.** 1986 "Los deslizamientos de tierra. Causas, consecuencias y medio ambiente". Ed. Routledge. Londres y Nueva York. 252 p.
- **Diccionario de Geología y Mineralogía** 1985 3ª. Edit. Rioduero, Madrid 238 p
- **Escobar, Duque.** 2013. "Manual de geología para Ingenieros". Geomorfología. Universidad de Colombia. Manizales 479 p.
- **Ferrer, M.** 1980. "Deslizamientos, desprendimientos, flujos y avalanchas". Riesgos Geológicos. Serie Geología Ambiental. IGME. Madrid 175-192 p.
- **GAD Loja. Guamán, Galo.** 2008 "Riesgos Naturales en el Área Urbana de la Ciudad de Loja".
- **Goodman. R. E. y Bray, J. W.** 1976. "Derrocamiento de taludes en roca". Actas del Congreso Especialidad en Roca Ingeniería de Fundaciones y pendientes. Boulder, CO ASCE. Vol. 2: 201-234
- **Guamán Galo** 2012. "Aplicación de SIG para el Manejo de Riesgos Naturales en el Área Urbana de la ciudad de Loja. Quito – Ecuador 113p
- **Hoek, E. y Bray, J.W.** 1981. "Roca ingeniería pendiente". Institución de Minería y Metalurgia. Londres. 358 p.
- **Hutchinson, J. N.** 1988. "Morfológica y GEOT parámetros de deslizamientos de tierra en relación con la geología y la hidrogeología". En el cap. Bonnard (Ed.): Los deslizamientos de tierra. Acta 5 Conferencia Internacional sobre desprendimientos de tierras. Lausana. Vol. 1: 3-35
- **Huxhold, W.E. y Levinsohn, M. A.** 2001. "Sistemas de Información Geográfica", Edición Universidad de Oxford, Nueva York.
- **IAEG Commission on Landslides** 1990.
- **Janssen y Van Herwijnen,** 1994. "Pesos de criterios usando el Método de Suma de Rango". Apoyo de decisión multiobjetivo a dirección ambiental. Decisiones definidas

de un juego finito de alternativas: discos de demostración e instrucción. Kluwer. Editores Académicos, Dordrecht (Países Bajos). 232 pp. ISBN 0-7923- 1908-7.

- **Leone, F. y Velásquez, E.** 2002. “La catástrofe del deslizamiento de La Josefina” (Ecuador, 1993): algunas enseñanzas sobre la vulnerabilidad. En: Hubp. J.e Invar, M. (eds). Desastres naturales en América Latina. México. XXIV, pp. 249-445
- **Mora, R. Chávez, J. & Vásquez, M.** 2002 “La zonificación de la susceptibilidad al Deslizamiento”. Resultados obtenidos para la Península de Papagayo. Internacional acerca del tercer curso microzonificación y su aplicación en la mitigación de desastres. Lima, Perú 38-46 p.
- **Noriega José M.** 2008. “Técnicas de Investigación del suelo: Elaboración e interpretación de estudios geotécnicos” 83p.
- **OEA 1993.** “Manual Sobre el Manejo de Peligros Naturales en la Planificación para el Desarrollo Regional Integrado”.
- **Orellana, E.,** 1982 “Prospección Geoeléctrica en Corriente Continua.” Paraninfo, S. A. Madrid.
- **Ortiz, Carlos.** 2002 “Ciencias de la tierra”.
- **Pedraza Gilsanz,** 1996. “Geomorfología: Principios, métodos y aplicaciones”. Madrid – España.
- **Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente,** Oficina Regional para América Latina y el Caribe, Municipalidad de Loja y Naturaleza y Cultura Internacional. 2007, Perspectivas del Medio Ambiente urbano: GEO Loja, 2007.
- **Santacana J.** 2001 “Una reflexión sobre conceptos históricos aprendidos a través del juego” Didáctica de las Ciencias Sociales, Geografía e Historia, 30 p.
- **Sharpe, C.F.S.**1938 "Los deslizamientos de tierra y su control".205p.
- **Suárez J.** 2009 “Deslizamientos Volumen 1: Análisis Geotécnico” Primera edición. Bucaramanga – Colombia 607p.

- **Tambo Walter.** 2011 “Estudio del Peligro de deslizamiento del Norte de la ciudad de Loja, Provincia de Loja. Ecuador”.
- **Varnes, DJ** 1978. “Tipos de movimientos de pendiente y procesos. En: Informe Especial 176: Análisis y Control” (Eds: Schuster, RL y Krizek, RJ). Transporte y Carretera la Junta de Investigación de la Academia Nacional de Ciencias, Washington DC, 11-33.

ANEXOS

Anexo 1. Ficha técnica para descripción de afloramientos.

Anexo 2. Ficha técnica para descripción de datos SEV en el campo.

Anexo 3. Tablas de referencia de las resistividad natural los geomateriales.

Anexo4. Caracterización de los Deslizamientos.

Anexo 5. Resultados de las líneas SEV.

Anexo 6. Cortes Geoeléctricos.

Anexo 7. Resultados de los Ensayos de Penetración Estándar.

Anexo 2. Ficha técnica para descripción de datos SEV en el campo.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA CARRERA EN GEOLOGIA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL		DISPOSITIVO SCHLUMBERGER		1 ^{ra} LECTURA		2 ^{da} LECTURA		3 ^{ra} LECTURA		OBSERVACIONES
ESTACION PUNTO	ABERTURA AB/2	ABERTURA MN/2	CONSTANTE k	RESISTENCIA R (Ohm)	RESISTIVIDAD (ohm-m)	RESISTENCIA R (Ohm)	RESISTIVIDAD (ohm-m)	RESISTENCIA R (Ohm)	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							
9	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							
15	46,40	2,00	1687,79							
16	46,40	5,00	668,52							
17	68,10	2,00	3639,24							
18	68,10	5,00	1449,10							
19	100,00	5,00	3133,75							
20	100,00	10,00	1555,09							

DIBUJO UBICACIÓN SEV # =



Sondaje Geofísico: Métodos Eléctricos.
 "Resistividad Verdadera "SCHLUMBERGER"
 NOMBRE DEL SONDAJE:
 FECHA:
 OPERADOR:
 COORDENADAS:

B ——— M ——— O ——— N ——— A

Anexo 3. Tablas de referencia de las resistividad natural los geomateriales.

Naturaleza del terreno	Resistividad en
Limo	20 a 100
Humus	10 a 160
Turba húmeda	6 a 100
Arcilla plástica	60
Margas y arcillas compactas	100 a 200
Margas del jurásico	30 a 40
Arenas arcillosas	50 a 500
Arena silícea	200 a 3000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 600
Suelo pedregoso desnudo	1500 a 3000
Calizas blandas	100 a 300
Calizas compactas	1000 a 6000
Calizas agrietadas	600 a 1000
Pizarras	60 a 300
Roca de mica o cuarzo	800
Granitos y gneis procedente de alteración	1 500 a 10 000
Granito y gneis muy alterado	100 a 600

Material	Resistividad (Ωm)
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	1000-2000
Andosoles no saturados	300-1000
Andosoles saturados	100-300

Fuente: Universidad Nacional de Colombia 2000 “Investigación de aguas subterráneas región Valles y San Nicolás”. Medellín.

Anexo 4. Caracterización de los deslizamientos.

DATOS GENERALES

MOVIMIENTO N.-	1	
COORDENADAS	X: 699 022,266	DIRECCIÓN: N 83° E
	Y: 9 553 739,909	ÁNGULO (inclinación de la ladera en grados): 28°
FOTO N.-	005	FORMA DE LA LADERA: recta () Cóncava (X) Convexa ()
ALTITUD:	2 186,776	USO DEL TERRENO: Arbustos y árboles () No vegetada () Pastos (X) Cultivos () Residencial (X) Vía Presente (X)
FECHA:	28 de marzo del 2014	

CARACTERÍSTICAS DEL MOVIMIENTO

TIPO :	Deslizamiento (X) flujo () Caídas () Reptación () Erosión ()
LONGITUD (Distancia Promedio desde el escarpe hasta la base):	98,63 m
ANCHO (promedio de la zona):	53,45 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 ()
SECUENCIA DE REPETICIÓN:	
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 () Alargado ()
AREA DEL ESCARPE:	No aplicable () Pequeña (<200 m ²) (X) Mediana (200 – 500 m ²) () Grande (>500 m ²) ()
VEGETACIÓN DEL ESCARPE:	No Aplicable () No vegetada () Vegetación escasa () Arbustos (X)
FORMA DE LA MASA DESPLAZADA:	No aplicable () Longitud = ancho () Longitud > ancho (X) Longitud < ancho ()
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 Inundadas () Zonas Húmedas (X)
VEGETACIÓN DE LA MASA DESPLAZADA:	No Aplicable () No vegetada () Vegetación escasa () arbustos (X) Árboles ()
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) Apertura de vía ()
DAÑO:	No visible () Carreteras (X) Residencias () Áreas de pasto (X) Residencias ()
ESTABILIZACIÓN:	No Visible (X) Muros () Canales () Drenes () Otros ()

REGISTO FOTOGRÁFICO



DATOS GENERALES

MOVIMIENTO N.-	2	
COORDENADAS	X: 698 659, 053	DIRECCIÓN: N 13° E
	Y: 9 553 950,919	ÁNGULO (inclinación de la ladera en grados): 27°
FOTO N.-	014	FORMA DE LA LADERA: recta () Cóncava () Convexa (X)
ALTITUD:	2 212,275	USO DEL TERRENO: Arbustos y árboles () No vegetada
FECHA:	28 de marzo del 2014	() Pastos (X) Cultivos () Residencial () Vía Presente()

CARACTERÍSTICAS DEL MOVIMIENTO

TIPO :	Deslizamiento (X) flujo () Caídas () Reptación () Erosión ()
LONGITUD (Distancia Promedio desde el escarpe hasta la base):	32,18 m
ANCHO (promedio de la zona):	18,32 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 ()
SECUENCIA DE REPETICIÓN:	
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 () Alargado ()
AREA DEL ESCARPE:	No aplicable () Pequeña (<200 m ²) (X) Mediana (200 – 500 m ²) () Grande (>500 m ²) ()
VEGETACIÓN DEL ESCARPE:	No Aplicable () No vegetada () Vegetación escasa (X) Arbustos ()
FORMA DE LA MASA DESPLAZADA:	No aplicable () Longitud = ancho () Longitud > ancho (X) Longitud < ancho ()
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 Inundadas () Zonas Húmedas ()
VEGETACIÓN DE LA MASA DESPLAZADA:	No Aplicable () No vegetada () Vegetación escasa (X) arbustos () Árboles ()
SUPERFICIE DE FALLA:	Cubierta orgánica () Suelo depositado (X) Suelo residual () Relleno (X)
CAUSA PROBABLE :	Desconocida () Erosión concentrada () Deforestación () Exceso de agua (X) cargas de construcción () Discontinuidades ()
FACTOR DISPARADOR :	Desconocido () Lluvias (X) Construcciones () Apertura de vía ()
DAÑO:	No visible () Carreteras () Residencias () Áreas de pasto (X) Residencias ()
ESTABILIZACIÓN:	No Visible (X) Muros () Canales () Drenes () Otros ()

REGISTO FOTOGRÁFICO



DATOS GENERALES

MOVIMIENTO N.-	3	
COORDENADAS	X: 698 261,857	DIRECCIÓN: S 80° E
	Y: 9 554 048,669	ÁNGULO (inclinación de la ladera en grados): 28°
FOTO N.-	027	FORMA DE LA LADERA: recta (X) Cóncava () Convexa ()
ALTITUD:	2 241,551	USO DEL TERRENO: Arbustos y árboles () No vegetada
FECHA:	28 de marzo del 2014	() Pastos (X) Cultivos () Residencial () Vía Presente ()

CARACTERÍSTICAS DEL MOVIMIENTO

TIPO :	Deslizamiento (X) flujo () Caídas () Reptación () Erosión ()
LONGITUD (Distancia Promedio desde el escarpe hasta la base):	121,64 m
ANCHO (promedio de la zona):	48,60 m
TIPO DE FALLA:	Indeterminada () Rotacional () Traslacional (X) Completa () Múltiple ()
MECANISMO:	Evento sencillo y rápido () Evento sencillo y lento () Evento múltiple y rápido (X) Evento múltiple y lento ()
SECUENCIA DE REPETICIÓN:	
ACTIVIDAD :	Inactivo () Latente (X) Activo () Actividad localizada ()
ESTADO DEL ESCARPE:	No es aplicable () Escarpe evidente (X) Escarpe vago ()
FORMA DEL ESCARPE:	No aplicable () Semicircular (X) Elongado () Alargado ()
AREA DEL ESCARPE:	No aplicable () Pequeña (<200 m ²) (X) Mediana (200 – 500 m ²) () Grande (>500 m ²) ()
VEGETACIÓN DEL ESCARPE:	No Aplicable () No vegetada () Vegetación escasa (X) Arbustos ()
FORMA DE LA MASA DESPLAZADA:	No aplicable () Longitud = ancho () Longitud > ancho (X) Longitud < ancho ()
ESTADO DE LA MASA DESPLAZADA:	Masa intacta (X) Masa desintegrada () Masa en forma de flujo () No Presente ()
HUMEDAD DE LA MASA DESPLAZADA:	No Presenta zonas Húmedas () Zonas de alta Humedad (X) Zonas Inundadas () Zonas Húmedas (X)
VEGETACIÓN DE LA MASA DESPLAZADA:	No Aplicable () No vegetada () Vegetación escasa (X) arbustos () Árboles ()
SUPERFICIE DE FALLA:	Cubierta orgánica () Suelo depositado (X) Suelo residual () Relleno ()
CAUSA PROBABLE :	Desconocida () Erosión concentrada () Deforestación () Exceso de agua (X) cargas de construcción () Discontinuidades ()
FACTOR DISPARADOR :	Desconocido () Lluvias (X) Construcciones () Apertura de vía ()
DAÑO:	No visible (X) Carreteras () Residencias () Áreas de pasto () Residencias ()
ESTABILIZACIÓN:	No Visible (X) Muros () Canales () Drenes () Otros ()

REGISTO FOTOGRÁFICO



DATOS GENERALES

MOVIMIENTO N.-	4	
COORDENADAS	X: 698 166,551	DIRECCIÓN: N 30° E
	Y: 9 554 201,730	ÁNGULO (inclinación de la ladera en grados): 30°
FOTO N.-	032	FORMA DE LA LADERA: recta () Cóncava (X) Convexa ()
ALTITUD:	2 241,407	USO DEL TERRENO: Arbustos y árboles () No vegetada () Pastos (X) Cultivos () Residencial () Vía Presente ()
FECHA:	31 de marzo del 2014	

CARACTERÍSTICAS DEL MOVIMIENTO

TIPO :	Deslizamiento (X) flujo () Caídas () Reptación () Erosión ()
LONGITUD (Distancia Promedio desde el escarpe hasta la base):	16,75 m
ANCHO (promedio de la zona):	23,55 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 ()
SECUENCIA DE REPETICIÓN:	
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 () Alargado ()
AREA DEL ESCARPE:	No aplicable () Pequeña (<200 m ²) (X) Mediana (200 – 500 m ²) () Grande (>500 m ²) ()
VEGETACIÓN DEL ESCARPE:	No Aplicable () No vegetada () Vegetación escasa (X) Arbustos ()
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 Inundadas () Zonas Húmedas (X)
VEGETACIÓN DE LA MASA DESPLAZADA:	No Aplicable () No vegetada () Vegetación escasa (X) arbustos () Árboles ()
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 () Apertura de vía ()
DAÑO:	No visible () Carreteras (X) Residencias (X) Áreas de pasto (X) Residencias ()
ESTABILIZACIÓN:	No Visible (X) Muros () Canales () Drenes () Otros ()

REGISTO FOTOGRÁFICO

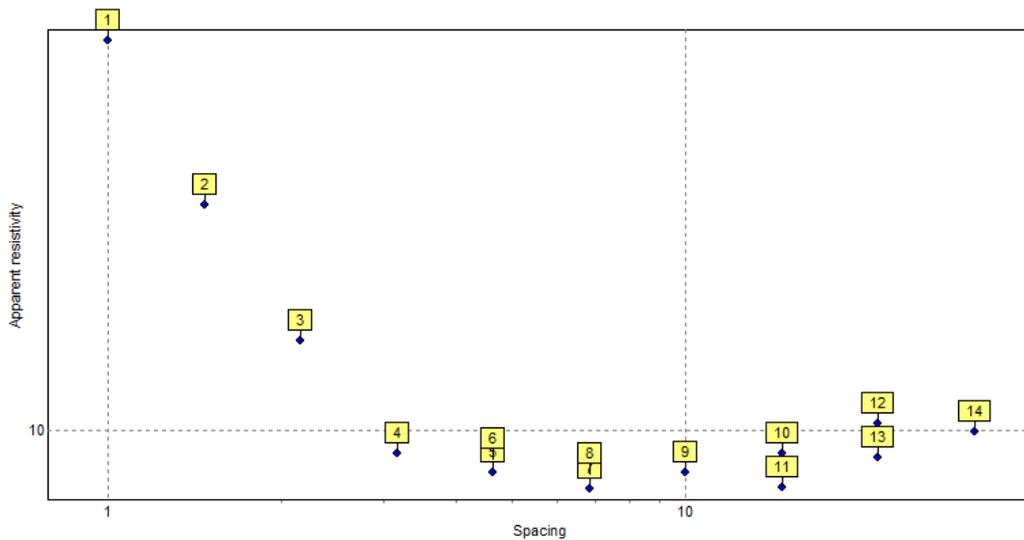


Anexo 5. Resultados de las líneas SEV.

Medidas de resistividad en el campo (SEV 1)

ESTACIÓN PUNTO	ABERTURA AB/2	ABERTURA MN/2	CONSTANTE k	RESISTIVIDAD (ohm-m)
1	1.00	0.20	7.54	89.48
2	1.47	0.20	16.66	35.58
3	2.15	0.20	35.99	16.57
4	3.16	0.20	78.11	8.81
5	4.64	0.20	168.78	7.89
6	4.64	0.50	86.85	8.54
7	6.81	0.20	363.92	7.22
8	6.81	0.50	144.91	7.81
9	10.00	0.50	313.37	7.9
10	14.70	0.50	678.08	8.8
11	14.70	2.00	166.58	7.26
12	21.50	0.50	1454.42	10.43
13	21.50	2.00	359.91	8.6
14	31.60	2.00	781.13	9.95

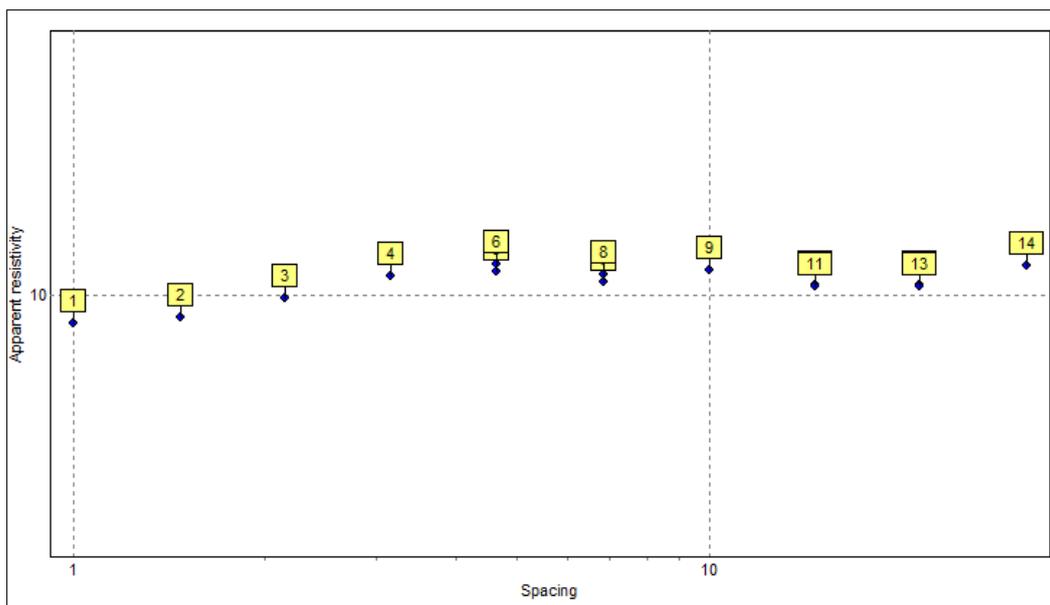
Gráfico de puntos en el campo del SEV 1 generada por el programa IPI2win.



Medidas de resistividad en el campo (SEV 2)

ESTACIÓN PUNTO	ABERTURA AB/2	ABERTURA MN/2	CONSTANTE k	RESISTIVIDAD (ohm-m)
1	1.00	0.20	7.54	8.78
2	1.47	0.20	16.66	9.02
3	2.15	0.20	35.99	9.88
4	3.16	0.20	78.11	10.94
5	4.64	0.20	168.78	11.19
6	4.64	0.50	86.85	11.58
7	6.81	0.20	363.92	10.66
8	6.81	0.50	144.91	11.04
9	10.00	0.50	313.37	11.25
10	14.70	0.50	678.08	10.53
11	14.70	2.00	166.58	10.43
12	21.50	0.50	1454.42	10.48
13	21.50	2.00	359.91	10.4
14	31.60	2.00	781.13	11.47

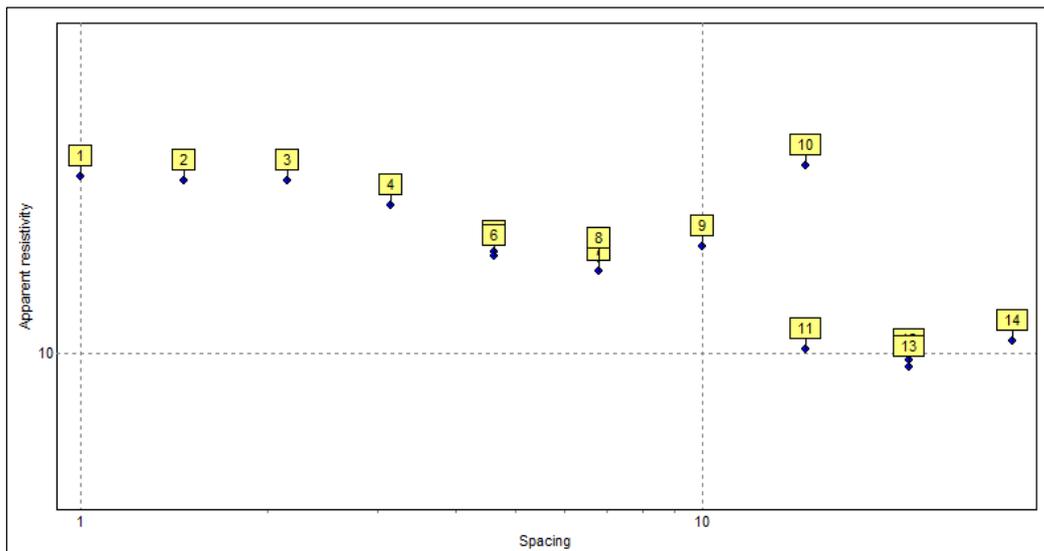
Gráfico de puntos en el campo del SEV 2 generada por el programa IPI2win.



Medidas de resistividad (SEV 3)

ESTACIÓN PUNTO	ABERTURA AB/2	ABERTURA MN/2	CONSTANTE k	RESISTIVIDAD (ohm-m)
1	1.00	0.20	7.54	24.16
2	1.47	0.20	16.66	23.73
3	2.15	0.20	35.99	23.76
4	3.16	0.20	78.11	21.04
5	4.64	0.20	168.78	16.60
6	4.64	0.50	86.85	16.25
7	6.81	0.20	363.92	15.09
8	6.81	0.50	144.91	16.05
9	10.00	0.50	313.37	17.13
10	14.70	0.50	678.08	25.69
11	14.70	2.00	166.58	10.18
12	21.50	0.50	1454.42	9.64
13	21.50	2.00	359.91	9.31
14	31.60	2.00	781.13	10.66

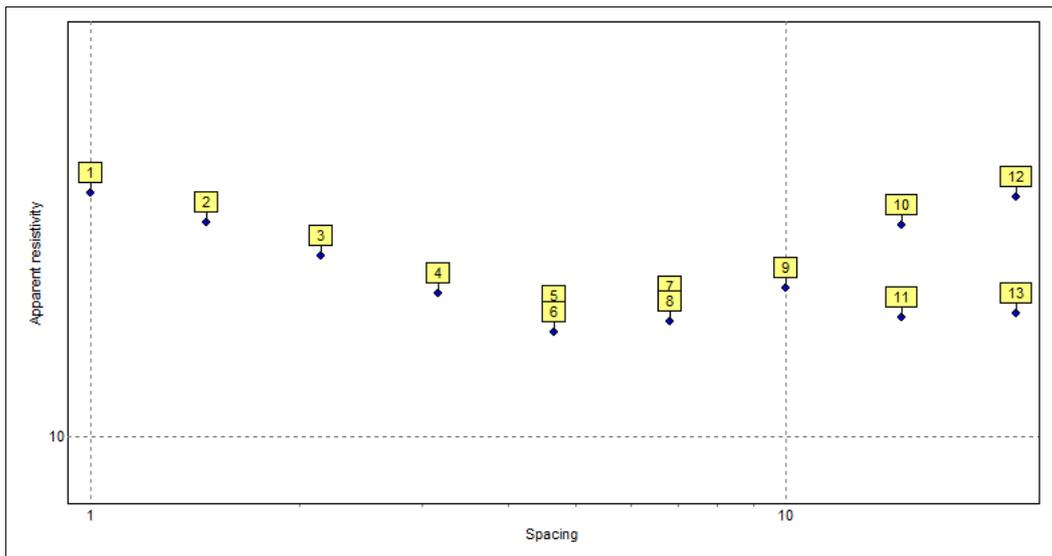
Gráfico de puntos en el campo del SEV 3 generada por el programa IPI2win.



Medidas de resistividad (SEV 4)

ESTACIÓN PUNTO	ABERTURA AB/2	ABERTURA MN/2	CONSTANTE k	RESISTIVIDAD (ohm-m)
1	1.00	0.20	7.54	29.83
2	1.47	0.20	16.66	26.24
3	2.15	0.20	35.99	22.50
4	3.16	0.20	78.11	19.07
5	4.64	0.20	168.78	17.17
6	4.64	0.50	86.85	16.00
7	6.81	0.20	363.92	17.93
8	6.81	0.50	144.91	16.74
9	10.00	0.50	313.37	19.46
10	14.70	0.50	678.08	25.87
11	14.70	2.00	166.58	17.09
12	21.50	0.50	1454.42	29.38
13	21.50	2.00	359.91	17.43

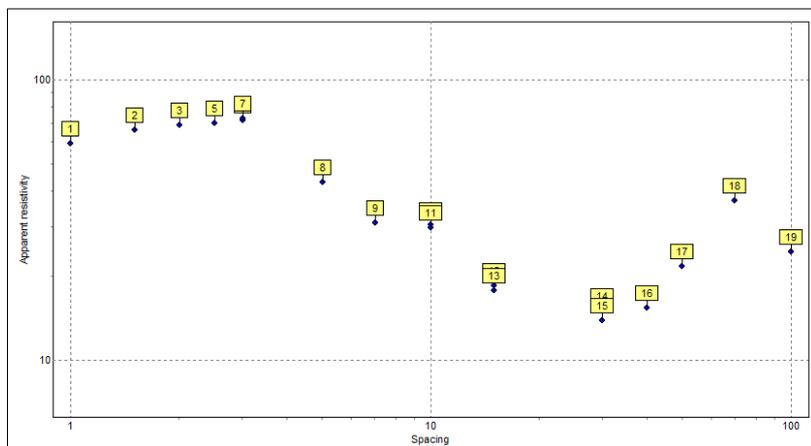
Gráfico de puntos en el campo del SEV 4 generada por el programa IPI2win.



Medidas de resistividad (SEV 5)

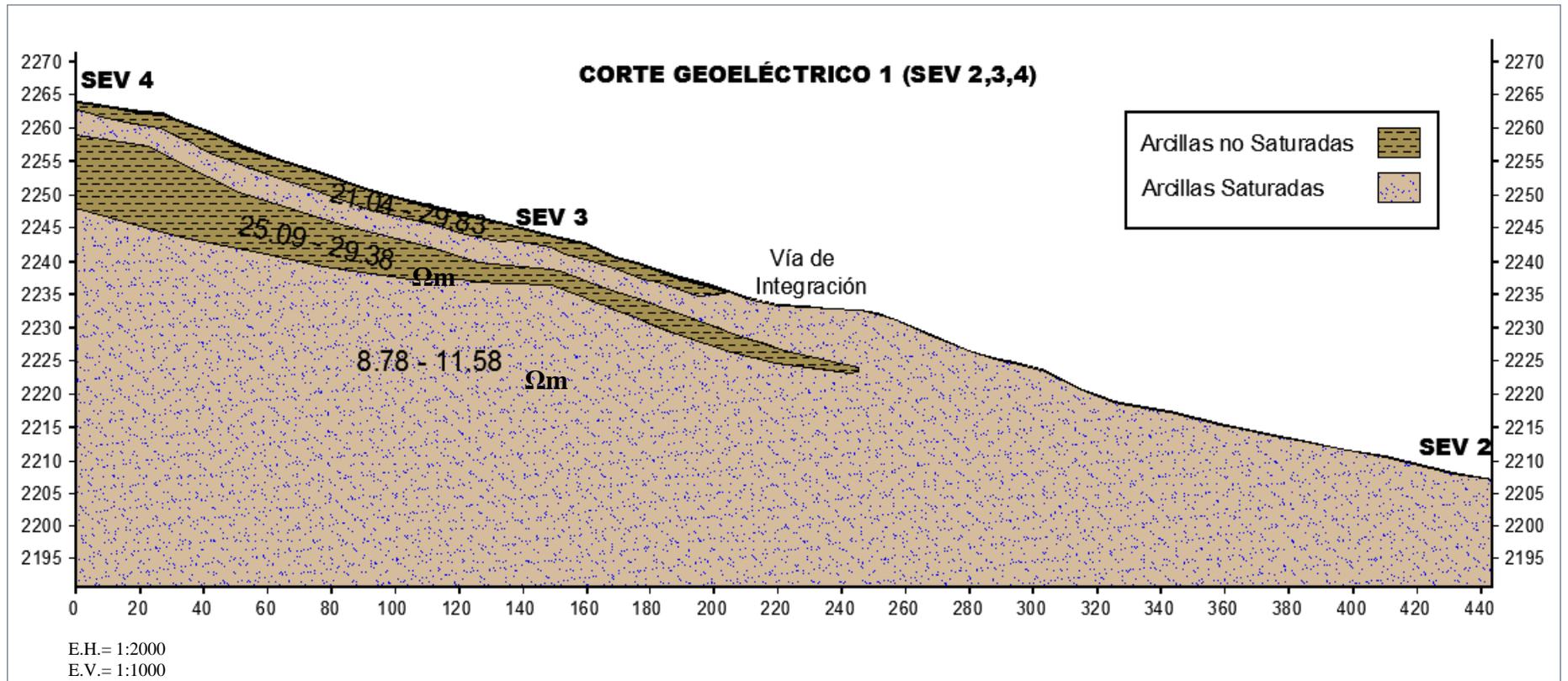
ESTACIÓN PUNTO	ABERTURA AB/2	ABERTURA MN/2	RESISTIVIDAD (ohm-m)
1	1.00	0.50	59.16
2	1.50	0.50	66.30
3	2.00	0.50	68.87
4	2.50	0.50	70.39
5	2.50	1.00	69.91
6	3.00	0.50	71.97
7	3.00	1.00	72.84
8	5.00	1.00	43.09
9	7.00	1.00	30.91
10	10.00	1.00	30.52
11	10.00	2.50	29.86
12	15.00	1.00	18.42
13	15.00	2.50	17.72
14	30.00	2.50	15.07
15	30.00	10.00	13.92
16	40.00	10.00	15.38
17	50.00	10.00	21.62
18	70.00	10.00	37.10
19	100.00	10.00	24.38

Gráfico de puntos en el campo del SEV 5 generada por el programa IPI2win.

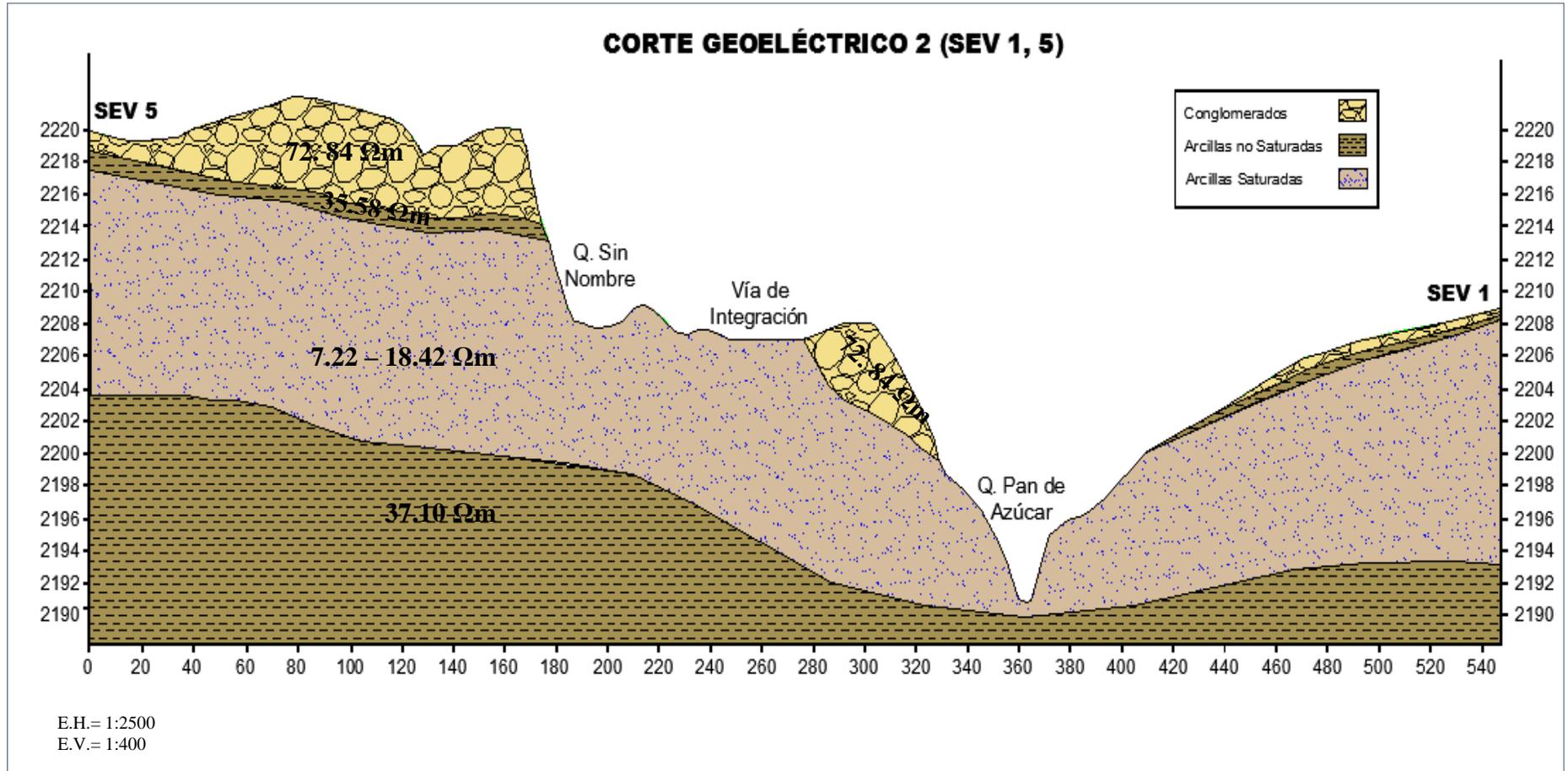


Anexo 6. Cortes Geoelectricos.

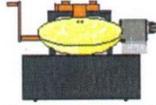
Corte A - B (SEV 2, SEV3, SEV4)



Corte C - D (SEV 1, SEV5)



Anexo 7. Resultados de los Ensayos de Penetración Estándar



ESTSUELCON CIA. LTDA.

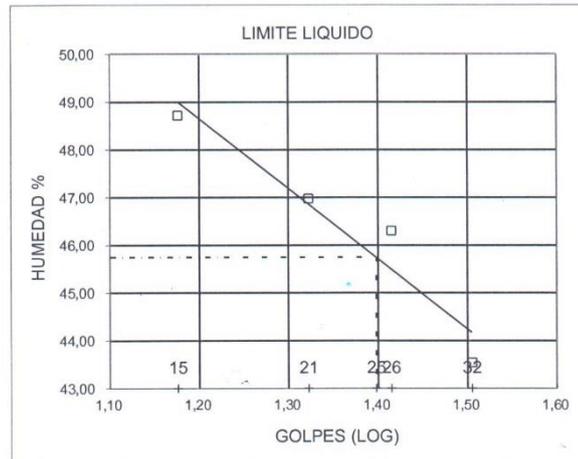
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

1e-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : SUSCEPTIBILIDAD DESLIZAMIENTOS						
OBRA : ESTUDIO DE SUELOS						
UBIC. : LA ARGELIA - LOJA					MUESTRA : POZO 1	
FECHA : JULIO-2014			OPERADOR: O.V		PROFUND.: 1,00 m.	
	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		66,66	58,80	17,98	19,26	
		85,15	76,30	31,39	19,71	19,48
2.- LIM. LIQUIDO	32	43,92	41,02	34,36	43,54	
	26	44,19	41,25	34,90	46,30	
	21	43,00	40,05	33,77	46,97	
	15	14,17	11,69	6,60	48,72	45,75
3.- LIMITE PLASTICO		39,24	38,46	34,61	20,26	
		39,08	38,22	33,97	20,24	20,25
4.- GRANULOMETRIA				5.- CLASIFICACION.-		
PESO IN= 141,5 (H/S) H				GRAVA= 1 %		
PESO INICIAL DE CALCULO: 118,4				ARENA= 14 %		
				FINOS= 86 %		
TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA	LL = 46,00 %		
1 1/2"	0,00	0,0	100	LP = 20,00 %		
1"	0,00	0,0	100	IP = 26,00 %		
3/4"	0,00	0,0	100			
1/2"	0,00	0,0	100			
3/8"	0,00	0,0	100			
No. 4	0,62	0,5	99	CLASIFICACION:		
No. 10	2,15	2,3	98	SUCS = CL		
No. 40	8,56	9,6	90	AASHTO= A-7-6		
No. 200	5,35	14,1	86	IG(86)= 23		
COLOR= CAFÉ				IG(45)= 16		



Ing. Diego I. Castillo
LABORATORIO



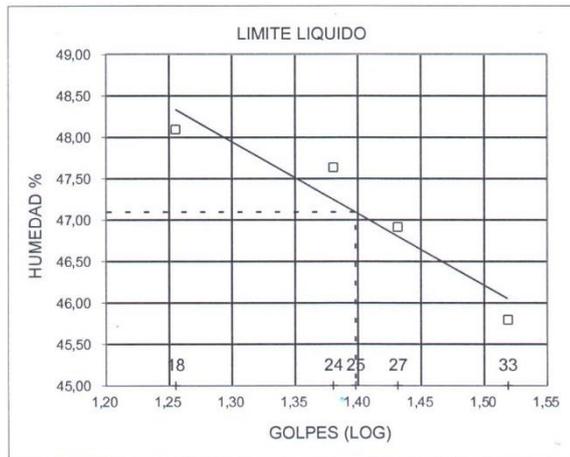
ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA
 le-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : SUSCEPTIBILIDAD DESLIZAMIENTOS						
OBRA : ESTUDIO DE SUELOS						
UBIC. : LA ARGELIA - LOJA				MUESTRA : POZO 1		
FECHA : JULIO-2014		OPERADOR: O.V		PROFUND.: 2,00 m.		
	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD						
		77,30	70,04	20,37	14,62	
		67,60	61,80	20,33	13,99	14,30
2.- LIM. LIQUIDO						
	33	36,32	33,65	27,82	45,80	
	27	35,00	32,49	27,14	46,92	
	24	34,64	32,32	27,45	47,64	
	18	36,22	33,44	27,66	48,10	47,10
3.- LIMITE PLASTICO						
		31,51	30,83	27,56	20,80	
		31,26	30,49	26,75	20,59	20,69
4.- GRANULOMETRIA				5.- CLASIFICACION.-		
PESO IN= 129,1 (H/S) H				GRAVA= 1 %		
PESO INICIAL DE CALCULO: 113,0				ARENA= 3 %		
				FINOS= 97 %		
TAMIZ	PESO R. %	R.A.	% PASA	LL = 47,00 %		
1 1/2"	0,00	0,0	100	LP = 21,00 %		
1"	0,00	0,0	100	IP = 26,00 %		
3/4"	0,00	0,0	100			
1/2"	0,00	0,0	100			
3/8"	0,00	0,0	100			
No. 4	0,62	0,5	99	CLASIFICACION:		
No. 10	1,32	1,7	98	SUCS = CL		
No. 40	0,58	2,2	98	AASHTO= A-7-6		
No. 200	1,17	3,3	97	IG(86)= 28		
COLOR= CAFÉ				IG(45)= 16		



Ing. Diego I. Castillo
 LABORATORIO



ESTSUELCON CIA. LTDA.

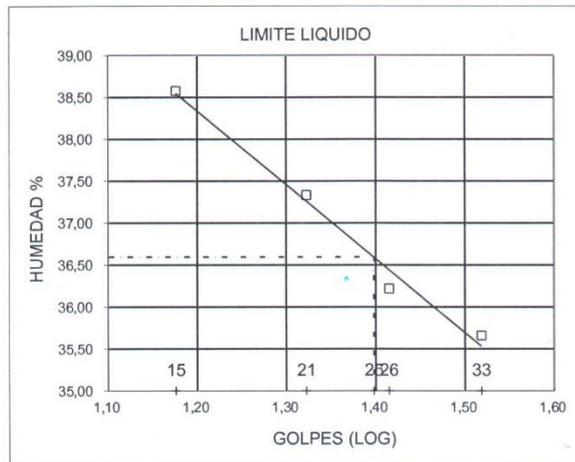
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

le-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

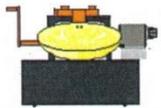
ESTSUELCON CIA. LTDA.

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : SUSCEPTIBILIDAD DESLIZAMIENTOS						
OBRA : ESTUDIO DE SUELOS						
UBIC. : LA ARGELIA - LOJA				MUESTRA : POZO 1		
FECHA : JULIO-2014			OPERADOR: O.V		PROFUND.: 3,00 m.	
	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		66,54	61,14	19,69	13,03	
		75,18	69,28	24,97	13,32	13,17
2.- LIM. LIQUIDO	33	33,21	29,33	18,45	35,66	
	26	32,18	28,54	18,49	36,22	
	21	42,13	38,18	27,60	37,33	
	15	45,98	40,88	27,66	38,58	36,60
3.- LIMITE PLASTICO		25,85	24,93	19,88	18,22	
		25,71	24,81	19,91	18,37	18,29
4.- GRANULOMETRIA				5.- CLASIFICACION.-		
PESO IN= 134,5 (H/S) H				GRAVA= 1 %		
PESO INICIAL DE CALCULO: 118,9				ARENA= 11 %		
				FINOS= 88 %		
TAMIZ	PESO R. %	R.A.	% PASA	LL = 37,00 %		
1 1/2"	0,00	0,0	100	LP = 18,00 %		
1"	0,00	0,0	100	IP = 19,00 %		
3/4"	0,00	0,0	100			
1/2"	0,00	0,0	100			
3/8"	0,00	0,0	100	CLASIFICACION:		
No. 4	0,77	0,6	99	SUCS = CL		
No. 10	0,80	1,3	99	AASHTO= A-6		
No. 40	1,81	2,8	97	IG(86)= 17		
No. 200	10,41	11,6	88	IG(45)= 12		
COLOR= CAFÉ						



Ing. Diego I. Castillo
LABORATORIO



ESTSUELCON CIA. LTDA.

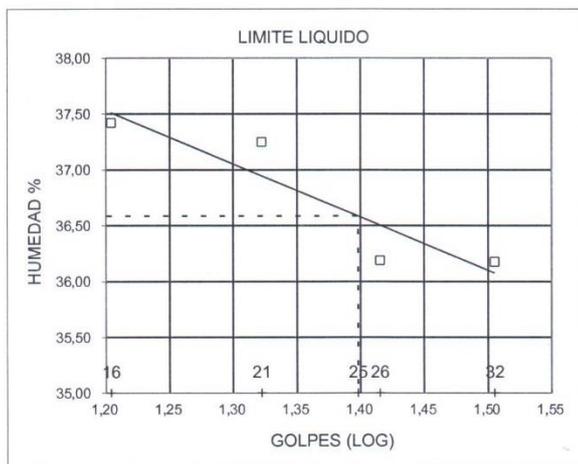
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

le-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

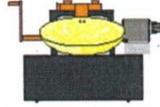
ESTSUELCON CIA. LTDA.

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : SUSCEPTIBILIDAD DESLIZAMIENTOS						
OBRA : ESTUDIO DE SUELOS						
UBIC. : LA ARGELIA - LOJA				MUESTRA : POZO 1		
FECHA : JULIO-2014		OPERADOR: O.V		PROFUND.: 4,00 m.		
	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		69,90	64,57	20,42	12,07	
		70,63	64,51	19,23	13,52	12,79
2.- LIM. LIQUIDO	32	27,04	23,52	13,79	36,18	
	26	41,38	37,79	27,87	36,19	
	21	42,29	38,17	27,11	37,25	
	16	38,82	35,25	25,71	37,42	36,59
3.- LIMITE PLASTICO		25,63	24,57	19,16	19,59	
		27,90	26,73	20,84	19,86	19,73
4.- GRANULOMETRIA				5.- CLASIFICACION.-		
PESO IN= 134,2 (H/S) H				GRAVA= 0 %		
PESO INICIAL DE CALCULO: 119,0				ARENA= 15 %		
				FINOS= 85 %		
TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA	LL = 37,00 %		
1 1/2"	0,00	0,0	100	LP = 20,00 %		
1"	0,00	0,0	100	IP = 17,00 %		
3/4"	0,00	0,0	100			
1/2"	0,00	0,0	100			
3/8"	0,00	0,0	100			
No. 4	0,00	0,0	100	CLASIFICACION:		
No. 10	0,57	0,5	100	SUCS = CL		
No. 40	5,25	4,9	95	AASHTO= A-6		
No. 200	12,45	15,4	85	IG(86)= 15		
COLOR= CAFÉ				IG(45)= 11		



Ing. Diego I. Castillo
LABORATORIO



ESTSUELCON CIA. LTDA.

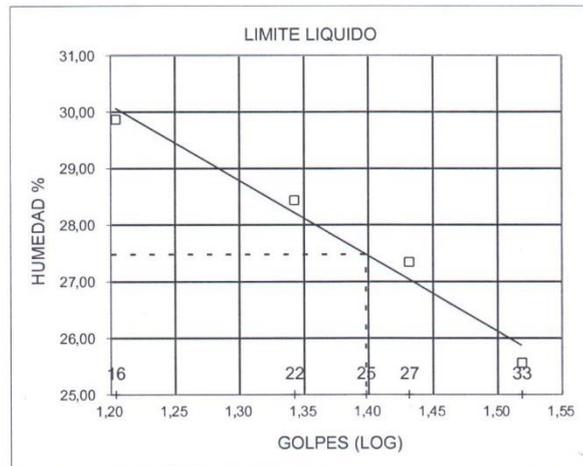
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

1e-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : SUSCEPTIBILIDAD DESLIZAMIENTOS						
OBRA : ESTUDIO DE SUELOS						
UBIC. : LA ARGELIA - LOJA				MUESTRA : POZO 1		
FECHA : JULIO-2014		OPERADOR: O.V		PROFUND.: 5,00 m.		
	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		60,05	56,72	25,59	10,70	
		54,50	51,02	19,25	10,95	10,83
2.- LIM. LIQUIDO	33	33,17	30,20	18,58	25,56	
	27	34,19	31,10	19,80	27,35	
	22	34,38	31,03	19,25	28,44	
	16	31,71	28,55	17,97	29,87	27,48
3.- LIMITE PLASTICO		25,82	24,90	19,25	16,28	
		27,60	26,59	20,36	16,21	16,25
4.- GRANULOMETRIA				5.- CLASIFICACION.-		
PESO IN= 86,1 (H/S) H				GRAVA= 0 %		
PESO INICIAL DE CALCULO: 77,7				ARENA= 54 %		
				FINOS= 46 %		
TAMIZ	PESO R. %	R.A.	% PASA	LL = 27,00 %		
1 1/2"	0,00	0,0	100	LP = 16,00 %		
1"	0,00	0,0	100	IP = 11,00 %		
3/4"	0,00	0,0	100			
1/2"	0,00	0,0	100			
3/8"	0,00	0,0	100			
No. 4	0,00	0,0	100	CLASIFICACION:		
No. 10	3,46	4,5	96	SUCS = SC		
No. 40	18,23	27,9	72	AASHTO= A-6		
No. 200	20,53	54,4	46	IG(86)= 2		
COLOR= CAFÉ				IG(45)= 2		



Ing. Diego I. Castillo
LABORATORIO



ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

--Fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail..

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE

HOJA 1

PROYECTO: SUSCEPTIBILIDAD DESLIZAMIENTOS					
OBRA: ESTUDIO DE SUELOS					
LOCALIZ.: LA ARGELIA - LOJA			POZO No.		1,00
FECHA: MARZO-201			OPERADOR: C.F.G.C.		PROFUND. (m) 1,00
DATOS DE LA MUESTRA:			CONTENIDO DE HUMEDAD:		
DIAMETRO:	3,50	cm.	Peso Hum. :	84,80	
ALTURA :	7,69	cm.	Peso Seco :	75,96	
AREA :	9,62	cm ² .	Peso Cap. :	35,07	
VOLUMEN :	73,99	cm ³ .	w (%) :	21,62	
PESO :	151,44	gr.			
DENSIDAD:	2,05	gr/cm ³	CONSTANTE DE CARGA		
			K = 1,0000		
DATOS DE LA PRUEBA:					
Dial de Deform. mm	Dial Carga	Deform. Unit. (%)	Carga (kg)	Area Corrg. (cm ²)	Tension Desviante (Kg/cm ²)
0,0	0	0,00	0,00	9,62	0,00
0,5	0,21	0,65	21,41	9,68	2,21
1,0	0,32	1,30	32,62	9,75	3,35
2,0	0,39	2,60	39,76	9,88	4,02
3,0	0,43	3,90	43,83	10,01	4,38
4,0	0,46	5,20	46,89	10,15	4,62
5,0	0,46	6,50	46,89	10,29	4,56
RESULTADOS :			COMPRESION SIMPLE: (Kg/cm²) = 4,62		



ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

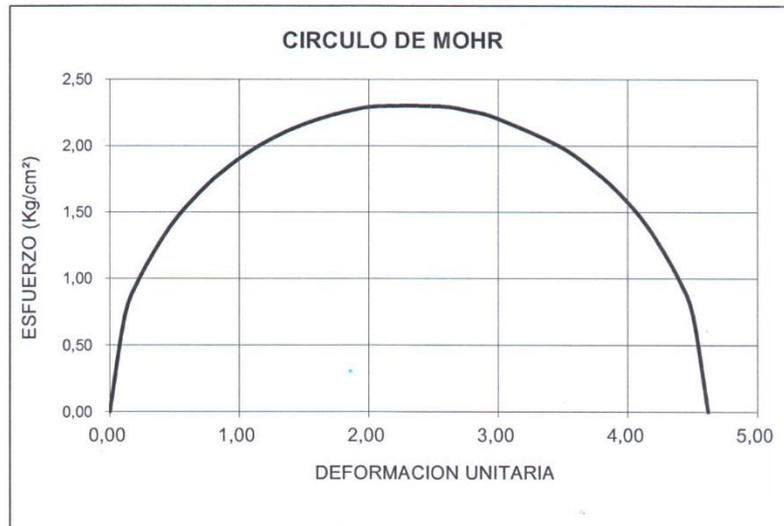
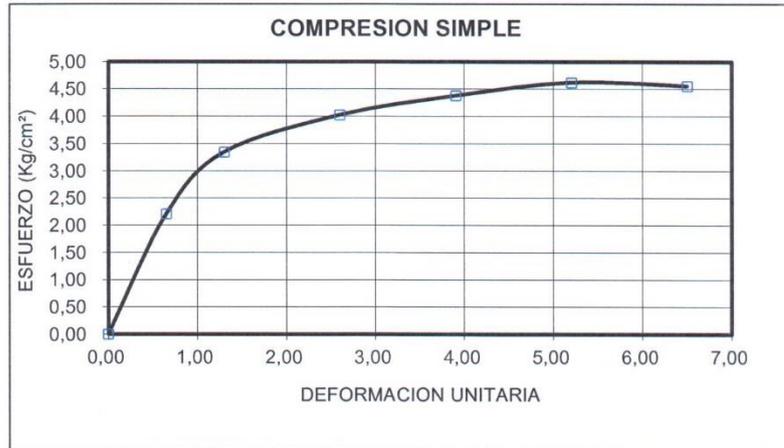
fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE

HOJA 2

PROYECTO:	SUSCEPTIBILIDAD DESLIZAMIENTOS		
OBRA:	ESTUDIO DE SUELOS		
LOCALIZ.:	LA ARGELIA - LOJA	MUESTRA No.	1,00
FECHA:	MARZO-2014	OPERADOR:	C.F.G.C. PROFUND. (m) 1,00



Ing. Diego I. Castillo J.
LABORATORIO



RESUMEN DE DATOS DE CAMPO, DE LABORATORIO Y RESISTENCIAS OBTENIDAS

PROYECTO: **SUSCEPTIBILIDAD DESLIZAMIENTOS**

OBRA: ESTUDIO DE SUELOS
MIRIAN RIVERA

REALIZADO POR: ING. DIEGO I. CASTILLO

OBRA	POZO	PROF. m.	C. H. %	L. L. %	L. P. %	I. P. %	GRAVA %	ARENA %	FINOS %	CLASIFI SUCS	CLASIFI AASHTO	GOLPES N			N30 golpes	qu Kg/cm2	qa Kg/cm2
												15 cm	30 cm	45 cm			
CIMENTACION	1	1,00	19,48	46	20	26	1	14	85	CL	A-7-6	3	4	8	12	2	0,86
CIMENTACION	1	2,00	14,30	47	21	26	1	3	96	CL	A-7-6	10	30	38	68	10	4,86
CIMENTACION	1	3,00	13,17	37	18	19	1	11	88	CL	A-6	18	20	34	54	8	3,86
CIMENTACION	1	4,00	12,79	37	20	17	0	15	85	CL	A-6	26	38	52	90	13	6,43
CIMENTACION	1	5,00	10,83	27	16	11	0	54	46	SC	A-6	40	38	R	R	>6	>6

Ing. Diego I. Castillo
CONSULTOR

PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL SUELO

PROYECTO:
 OBRA:
 SOLICITADO POR:
 REALIZADO POR:
 POZO:

SUSCEPTIBILIDAD DESLIZAMIENTOS
 ESTUDIO DE SUELOS
 MIRIAN RIVERA
 ING. DIEGO I. CASTILLO
 1



PROFUNDIDAD D (M)	COLOR	COMPOSICION	DESCRIPCION
0-1	CL	C. H.= 19,5 % L.L.= 46 % L.P.= 20 % I.P.= 26 %	Arcilla de Baja Plasticidad
1-2	CL	C. H.= 14,3 % L.L.= 47 % L.P.= 21 % I.P.= 26 %	Arcilla de Baja Plasticidad
2-3	CL	C. H.= 13,2 % L.L.= 37 % L.P.= 19 % I.P.= 19 %	Arcilla de Baja Plasticidad
3-4	CL	C. H.= 12,8 % L.L.= 37 % L.P.= 20 % I.P.= 17 %	Arcilla de Baja Plasticidad
4-5	SC	C. H.= 10,8 % L.L.= 27 % L.P.= 16 % I.P.= 11 %	Arena Arcillosa





ESTSUELCON CIA. LTDA.

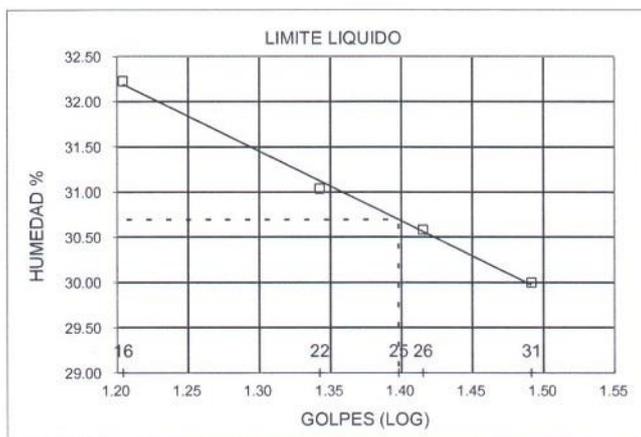
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

Tele-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : URBANIZACIONES ATUL Y APUL						
OBRA : ESTUDIO DE SUELOS						
UBIC. : LOJA						
FECHA : MARZO-2013		OPERADOR: O.V		MUESTRA : POZO 9		
				PROFUND.: 1.00 m.		
	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		72.47	65.72	27.65	17.73	
		74.70	66.79	24.51	18.71	18.22
2.- LIM. LIQUIDO	31	39.44	36.32	25.92	30.00	
	26	37.76	35.35	27.47	30.58	
	22	37.49	34.74	25.88	31.04	
	16	40.25	37.04	27.08	32.23	30.69
3.- LIM. PLASTICO		43.27	41.03	27.17	16.16	
		40.89	38.69	25.27	16.39	16.28
4.- GRANULOMETRIA				5.- CLASIFICACION.-		
PESO IN= 449.3 (H/S) H				GRAVA= 14 %		
PESO INICIAL DE CALCULO: 380.0				ARENA= 22 %		
				FINOS= 64 %		
TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA	LL = 31.00 %		
1 1/2"	0.00	0.0	100	LP = 16.00 %		
1"	40.53	10.7	89	IP = 15.00 %		
3/4"	0.00	10.7	89			
1/2"	0.00	10.7	89			
3/8"	5.91	12.2	88			
No. 4	7.28	14.1	86			
No. 10	9.34	16.6	83			
No. 40	14.33	20.4	80			
No. 200	59.40	36.0	64			
COLOR= CAFÉ CLARO				CLASIFICACION: SUCS = CL AASHTO= A-6 IG(86)= 8 IG(45)= 8		



Ing. Diego I. Castillo
LABORATORIO



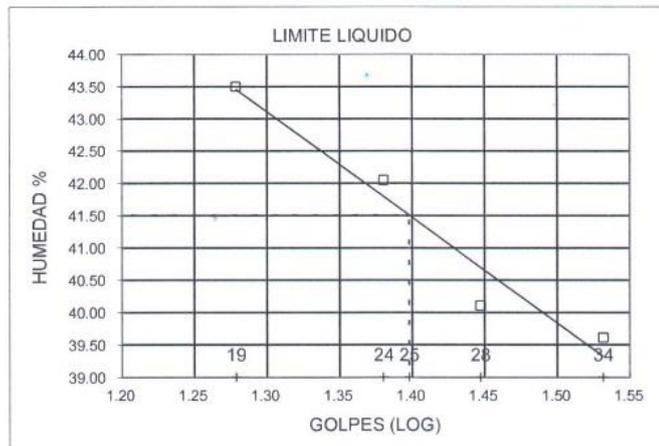
ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA
 Tele-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : URBANIZACIONES ATUL Y APUL						
OBRA : ESTUDIO DE SUELOS						
UBIC. : LOJA			MUESTRA : POZO 9			
FECHA : MARZO-2013		OPERADOR: O.V		PROFUND.: 2.00 m.		
	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		70.33	62.08	27.37	23.77	
		65.44	57.82	25.77	23.78	23.77
2.- LIM. LIQUIDO	34	33.11	29.41	20.07	39.61	
	28	38.42	34.73	25.53	40.11	
	24	39.34	35.69	27.01	42.05	
	19	40.77	36.62	27.08	43.50	41.51
3.- LIM. PLASTICO		33.04	32.07	25.88	15.67	
		37.85	37.00	31.35	15.04	15.36
4.- GRANULOMETRIA				5.- CLASIFICACION.-		
PESO IN= 294.3 (H/S) H				GRAVA= 2 %		
PESO INICIAL DE CALCULO: 237.8				ARENA= 18 %		
				FINOS= 80 %		
TAMIZ	PESO R. %	R.A.	% PASA	LL = 42.00 %		
1 1/2"	0.00	0.0	100	LP = 15.00 %		
1"	0.00	0.0	100	IP = 27.00 %		
3/4"	0.00	0.0	100			
1/2"	0.00	0.0	100			
3/8"	2.36	1.0	99	CLASIFICACION:		
No. 4	1.74	1.7	98	SUCS = CL		
No. 10	2.74	2.9	97	AASHTO= A-7-6		
No. 40	8.40	6.4	94	IG(86)= 21		
No. 200	32.30	20.0	80	IG(45)= 15		
COLOR= CAFÉ CLARO						



Ing. Diego I. Castillo
LABORATORIO



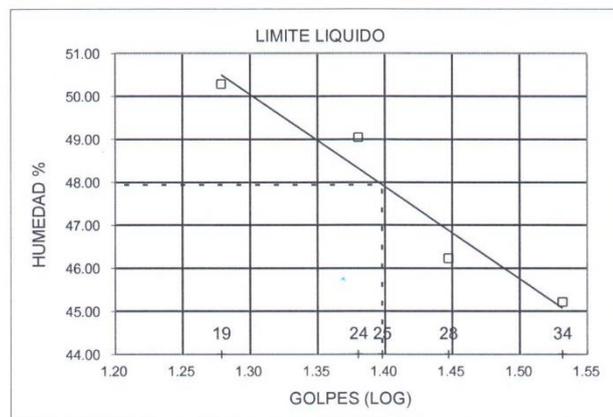
ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA
 Tele-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : URBANIZACIONES ATUL Y APUL						
OBRA : ESTUDIO DE SUELOS						
UBIC. : LOJA				MUESTRA : POZO 9		
FECHA : MARZO-2013		OPERADOR: O.V		PROFUND.: 3.00 m.		
	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		71.78	63.26	25.55	22.59	
		61.68	55.09	27.16	23.59	23.09
2.- LIM. LIQUIDO	34	40.17	36.20	27.42	45.22	
	28	39.58	35.84	27.75	46.23	
	24	38.43	34.84	27.52	49.04	
	19	32.18	27.79	19.06	50.29	47.94
3.- LIM. PLASTICO		28.59	27.87	24.05	18.85	
		30.25	29.63	26.39	19.14	18.99
4.- GRANULOMETRIA				5.- CLASIFICACION.-		
PESO IN= 381.6 (H/S) H				GRAVA= 4 %		
PESO INICIAL DE CALCULO: 310.0				ARENA= 10 %		
				FINOS= 86 %		
TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA	LL = 48.00 %		
1 1/2"	0.00	0.0	100	LP = 19.00 %		
1"	0.00	0.0	100	IP = 29.00 %		
3/4"	0.00	0.0	100			
1/2"	0.00	0.0	100			
3/8"	0.00	0.0	100			
No. 4	11.26	3.6	96	CLASIFICACION:		
No. 10	2.99	4.6	95	SUCS = CL		
No. 40	6.24	6.6	93	AASHTO= A-7-6		
No. 200	21.40	13.5	86	IG(86)= 26		
COLOR= CAFÉ CLARO				IG(45)= 17		



Ing. Diego I. Castillo
 LABORATORIO



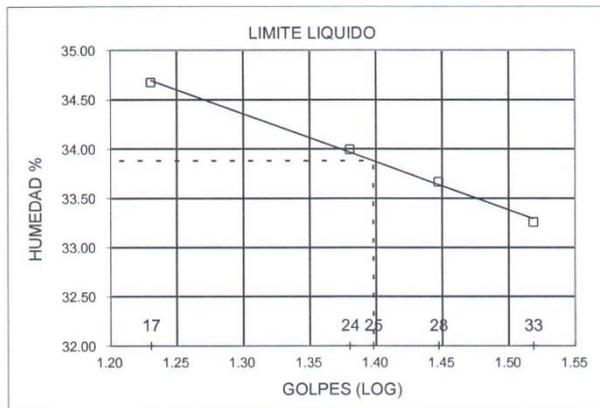
ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA
 Tele-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : URBANIZACIONES ATUL Y APUL						
OBRA : ESTUDIO DE SUELOS						
UBIC. : LOJA			MUESTRA : POZO 9			
FECHA : MARZO-2013			OPERADOR: O.V		PROFUND.: 4.00 m.	
	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		64.47	58.10	27.92	21.11	
		66.10	59.05	27.18	22.12	21.61
2.- LIM. LIQUIDO	33	39.40	36.46	27.62	33.26	
	28	32.95	29.58	19.57	33.67	
	24	32.41	29.16	19.60	34.00	
	17	39.23	36.13	27.19	34.68	33.88
3.- LIM. PLASTICO		30.38	28.33	19.19	22.43	
		28.38	26.82	19.71	21.94	22.18
4.- GRANULOMETRIA				5.- CLASIFICACION.-		
PESO IN= 269.2 (H/S) H				GRAVA= 0 %		
PESO INICIAL DE CALCULO: 221.4				ARENA= 4 %		
				FINOS= 96 %		
TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA	LL = 34.00 %		
1 1/2"	0.00	0.0	100	LP = 22.00 %		
1"	0.00	0.0	100	IP = 12.00 %		
3/4"	0.00	0.0	100			
1/2"	0.00	0.0	100			
3/8"	0.00	0.0	100			
No. 4	0.00	0.0	100	CLASIFICACION:		
No. 10	0.31	0.1	100	SUCS = CL		
No. 40	0.82	0.5	99	AASHTO= A-6		
No. 200	7.76	4.0	96	IG(86)= 14		
COLOR=	CAFÉ CLARO			IG(45)= 9		



Ing. Diego I. Castillo
LABORATORIO

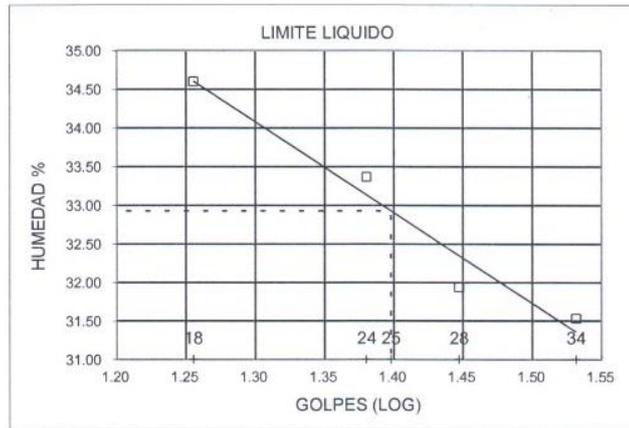


ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA
 Tele-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : URBANIZACIONES ATUL Y APUL						
OBRA : ESTUDIO DE SUELOS						
UBIC. : LOJA			MUESTRA : POZO 9			
FECHA : MARZO-2013		OPERADOR: O.V		PROFUND.: 5.00 m.		
	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		64.96	59.01	24.87	17.43	
		72.90	66.02	25.10	16.81	17.12
2.- LIM. LIQUIDO	34	33.79	30.58	20.40	31.53	
	28	29.60	27.08	19.19	31.94	
	24	31.82	28.75	19.55	33.37	
	18	31.07	28.16	19.75	34.60	32.93
3.- LIM. PLASTICO		32.54	31.78	27.32	17.04	
		31.08	30.27	25.51	17.02	17.03
4.- GRANULOMETRIA				5.- CLASIFICACION.-		
PESO IN= 207.1 (H/S) H				GRAVA= 1 %		
PESO INICIAL DE CALCULO: 176.9				ARENA= 26 %		
				FINOS= 74 %		
TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA	LL = 33.00 %		
1 1/2"	0.00	0.0	100	LP = 17.00 %		
1"	0.00	0.0	100	IP = 16.00 %		
3/4"	0.00	0.0	100			
1/2"	0.00	0.0	100			
3/8"	1.37	0.8	99	CLASIFICACION:		
No. 4	0.00	0.8	99	SUCS = CL		
No. 10	1.07	1.4	99	AASHTO= A-6		
No. 40	1.59	2.3	98	IG(86)= 11		
No. 200	42.55	26.3	74	IG(45)= 10		
COLOR= CAFÉ CLARO						



Ing. Diego I. Castillo
 LABORATORIO


PROYECTO:
OBRA:
SOLICITADO POR:
REALIZADO POR:
POZO:

PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL SUELO

URBANIZACIONES ATUL Y APUL
 ESTUDIO DE SUELOS
 ING. CARLO MAGNO CHAMBA
 ING. DIEGO I. CASTILLO
 9

PROFUNDIDAD D (M)	COLOR	COMPOSICION	DESCRIPCION
1	CL	C. H.= 18.2 % L.L.= 31 % L.P.= 16 % I.P.= 15 %	Arcilla de Baja Plasticidad
2	CL	C. H.= 23.8 % L.L.= 42 % L.P.= 15 % I.P.= 27 %	Arcilla de Baja Plasticidad
3	CL	C. H.= 23.1 % L.L.= 48 % L.P.= 19 % I.P.= 29 %	Arcilla de Baja Plasticidad
4	CL	C. H.= 21.6 % L.L.= 34 % L.P.= 22 % I.P.= 12 %	Arcilla de Baja Plasticidad
5	CL	C. H.= 17.1 % L.L.= 33 % L.P.= 17 % I.P.= 16 %	Arcilla de Baja Plasticidad

Ing. Diego I. Castillo
CONSULTOR