



1859

**UNL**

Universidad  
Nacional  
de Loja

# Universidad Nacional de Loja

**Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos**

**Naturales no Renovables**

**Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento**

**Territorial**

**Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000**

**parroquia Vilcabamba cantón y provincia de Loja.**

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de Ingeniero en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial.

**AUTOR:**

Carlos Arturo Gálvez Mera

**DIRECTOR:**

Ing. Fermín Alexander González Sisalima Mg. Sc.

Loja – Ecuador

2023

**Certificación**

Loja, 24 de julio de 2023

Ing. Fermín Alexander González Sisalima. Mg.Sc.

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

**CERTIFICO:**

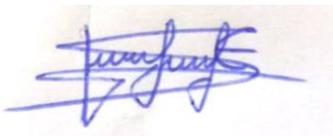
Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba cantón y provincia de Loja.**, previo a la obtención del título de **Ingeniero en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial**, de la autoría del estudiante **Carlos Arturo Gálvez Mera**, con cedula de identidad Nro. **1105690729**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.

**Ing. Fermín Alexander González Sisalima. Mg.Sc.**

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

**Autoría**

Yo, **Carlos Arturo Gálvez Mera** declaro ser autor del presente Trabajo de Titulación denominado: **Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba cantón y provincia de Loja.**, y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi Trabajo de Titulación, en el Repositorio Institucional – Biblioteca Virtual.



**Firma:**

**Cédula de identidad:** 1105690729

**Fecha:** 20/09/2023

**Correo electrónico:** [cagalvezm@unl.edu.ec](mailto:cagalvezm@unl.edu.ec)

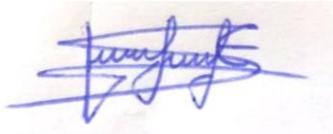
**Teléfono:** 0997127027

**Carta de autorización por parte del autor, para consulta, reproducción parcial o total  
y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Titulación.**

Yo, **Carlos Arturo Gálvez Mera**, declaro ser autor del Trabajo de Titulación denominado: **Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba cantón y provincia de Loja.**, como requisito para optar el título 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 los contenidos de este trabajo en el Repositorio Institucional, 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 del plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los veinte días del mes de septiembre de dos mil veintitrés.



**Firma:**

**Autor:** Carlos Arturo Gálvez Mera

**Cédula de identidad:** 1105690729

**Dirección:** Loja, Av. Eugenio Espejo e Irlanda

**Correo electrónico:** [cagalvezm@unl.edu.ec](mailto:cagalvezm@unl.edu.ec)

**Teléfono:** 0997127027

**DATOS COMPLEMENTARIOS:**

**Directora de Trabajo de Titulación:** Ing. Fermín Alexander González Sisalima Mg. Sc.

**Dedicatoria**

El presente Trabajo de Titulación se lo dedico en primera instancia a Dios por haberme otorgado la fuerza y la voluntad en este arduo camino; a mis padres y hermana por ser un apoyo incondicional en los momentos más difíciles de mi vida.

*Carlos Arturo Gálvez Mera*

### **Agradecimiento**

Un agradecimiento a Dios él cual ha sabido dirigir mi vida por un camino correcto y a pesar de los obstáculos siempre me ha dado la fuerza para prevalecer ante la adversidad; agradecerme a mí mismo por siempre tener mis objetivos claros, por no rendirme y saber que al final, aunque no siempre exista una recompensa el trabajo duro, el esfuerzo y la experiencia siempre serán las más grandes recompensas.

Agradecer a mis queridos padres y hermana, Zully, Edin y Dammar mi pequeña pero inmensa familia, que siempre han estado para mí brindándome su cariño y apoyo incondicional, por la educación y los valores que han plantado y plantan en mí para cada día ser un poco mejor.

A mis compañeros más cercanos en la vida universitaria los cuales con sus acciones a lo largo de esta etapa han sabido ganarse mi respeto y lealtad.

Al Ing. Alexander González por su consejo y guía en este proceso los cuales fueron de suma importancia para la culminación de este trabajo de investigación.

Finalmente, a la Universidad Nacional de Loja y a la carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial por haberme brindado la oportunidad de ser parte de tan gloriosa institución y haber realizado mis estudios a lo largo de estos años.

***Carlos Arturo Gálvez Mera***

## Índice de contenido

<b>Portada</b> .....	<b>i</b>
<b>Certificación</b> .....	<b>ii</b>
<b>Autoría</b> .....	<b>iii</b>
<b>Carta de autorización</b> .....	<b>iv</b>
<b>Dedicatoria</b> .....	<b>v</b>
<b>Agradecimiento</b> .....	<b>vi</b>
<b>Índice de contenido</b> .....	<b>vii</b>
<b>Índice de tablas</b> .....	<b>x</b>
<b>Índice de figuras</b> .....	<b>xii</b>
<b>Índice de anexos</b> .....	<b>xv</b>
<b>1. Título</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Resumen</b> .....	<b>2</b>
2.1. Abstract.....	3
<b>3. Introducción</b> .....	<b>4</b>
<b>4. Marco Teórico</b> .....	<b>6</b>
4.1. Topografía .....	6
4.1.1. Levantamiento topográfico.....	6
4.1.2. Curvas de Nivel.....	6
4.1.3. Levantamiento con Dron.....	6
4.1.4. Calibración .....	7
4.1.4.1. Calibración de nivel de precisión.....	7
4.1.5. Resolución.....	8
4.1.6. Fotogrametría .....	8
4.2. Geología.....	9
4.2.1. Clasificación de las rocas .....	9

**Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba  
cantón y provincia de Loja**

---

4.2.1.1.	Rocas Sedimentarias.....	9
4.2.1.2.	Rocas Metamórficas.....	10
4.2.1.3.	Rocas Ígneas o magmáticas.....	10
4.2.2.	Esfuerzos en las Rocas.....	10
4.2.3.	Deformaciones en el macizo rocoso.....	11
4.2.4.	Mecanismos de deformación de las rocas.....	12
4.2.5.	Tipos de Deformaciones.....	13
4.2.6.	Factores de plasticidad y rigidez de las rocas.....	13
4.2.7.	Estratigrafía.....	14
4.2.8.	Discordancias Estratigráficas.....	14
4.2.8.1.	Clases de discordancias.....	15
4.2.9.	Estudio Geológico.....	15
4.2.10.	Geología Estructural.....	16
4.2.10.1.	Estructuras Geológicas.....	16
4.3.	Geotecnia.....	17
4.3.1.	Estudio geotécnico.....	17
4.3.2.	Calicatas.....	17
4.3.3.	Mecánica de Suelos.....	18
4.3.4.	Clasificación de suelos.....	19
4.3.5.	Mecánica de Rocas.....	21
4.3.6.	Ensayos de Penetración Estándar.....	22
4.3.6.1.	Procedimiento del ensayo SPT y equipo.....	22
4.3.7.	Sondeo Eléctrico Vertical(SEV).....	22
4.3.7.1.	Procedimiento en campo.....	23
4.3.7.2.	Ábacos de Ebert (1943).....	24
<b>5.</b>	<b>Metodología.....</b>	<b>26</b>
5.1.	Área de estudio.....	27

**Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba  
cantón y provincia de Loja**

---

5.1.1.	Acceso .....	28
5.1.2.	Geología Regional.....	28
5.1.3.	Clima .....	30
5.1.4.	Hidrografía.....	31
5.2.	Procedimiento.....	31
5.2.1.	Metodología- Primer Objetivo .....	32
5.2.2.	Metodología- Segundo Objetivo .....	37
5.2.3.	Metodología Tercer Objetivo .....	40
<b>6.</b>	<b>Resultados.....</b>	<b>51</b>
6.1.	Resultados del primer objetivo .....	51
6.1.1.	Topografía.....	51
6.1.2.	Pendientes.....	53
6.2.	Resultados del segundo objetivo .....	53
6.2.1.	Geología Local .....	53
6.2.2.	Cortes Geológicos .....	58
6.2.3.	Geología Estructural.....	60
6.3.	Resultados del tercer objetivo.....	63
6.3.1.	Sondeos Eléctricos Verticales (S.E.V.).....	63
6.3.2.	Ensayo de Penetración Estándar (S.P.T.).....	74
6.3.3.	Calicatas Geotécnicas.....	97
6.3.4.	Representación Cartográfica de los ensayos SEV y SPT.....	105
<b>7.</b>	<b>Discusión .....</b>	<b>107</b>
<b>8.</b>	<b>Conclusiones .....</b>	<b>110</b>
<b>9.</b>	<b>Recomendaciones .....</b>	<b>112</b>
<b>10.</b>	<b>Bibliografía .....</b>	<b>113</b>
<b>11.</b>	<b>Anexos .....</b>	<b>115</b>

**Índice de Tablas:**

<b>Tabla 1.</b> Resistividades de los geomateriales. ....	25
<b>Tabla 2.</b> Coordenadas de ubicación de la zona de estudio. ....	27
<b>Tabla 3.</b> Temperatura media mensual y anual (°C).....	30
<b>Tabla 4.</b> Precipitación media mensual (mm).....	31
<b>Tabla 5.</b> Puntos GCP. ....	33
<b>Tabla 6.</b> Clasificación de las pendientes.....	36
<b>Tabla 7.</b> Ficha técnica para la descripción de afloramientos.....	38
<b>Tabla 8.</b> Ubicación de las calicatas.....	40
<b>Tabla 9.</b> Valores típicos de resistividad en rocas .....	43
<b>Tabla 10.</b> Ensayos realizados .....	44
<b>Tabla 11.</b> Valores en base a la compacidad relativa de las arenas .....	45
<b>Tabla 12.</b> Correlación del valor de N y la resistencia a la compresión simple (qu).....	45
<b>Tabla 13.</b> Consistencia Relativa del suelo.....	48
<b>Tabla 14.</b> Comportamiento de suelos en función del IL .....	49
<b>Tabla 15.</b> Número de actividad aplicada a los suelos plásticos.....	49
<b>Tabla 16.</b> Valores típicos del comportamiento “A” .....	49
<b>Tabla 17.</b> Parámetros del suelo SPT’s.....	50
<b>Tabla 18.</b> Descripción del suelo SEV.....	50
<b>Tabla 19.</b> Rango de pendientes.....	53
<b>Tabla 20.</b> Descripción general de los puntos de afloramientos.....	54
<b>Tabla 21.</b> Descripción general del afloramiento .....	55
<b>Tabla 22.</b> Resumen de la Geología Local.....	58
<b>Tabla 23.</b> Ubicación geográfica de los SEV.....	64
<b>Tabla 24.</b> Datos obtenidos en campo SEV1 .....	64
<b>Tabla 25.</b> Datos obtenidos mediante los ábacos de Ebert (1943).....	65
<b>Tabla 26.</b> Recopilación de Datos SEV 1. ....	66
<b>Tabla 27.</b> Datos obtenidos en campo SEV2. ....	66
<b>Tabla 28.</b> Datos obtenidos del modelo de la curva de resistividad SEV2.....	67
<b>Tabla 29.</b> Recopilación de datos SEV2 .....	68
<b>Tabla 30.</b> Datos obtenidos en campo SEV3. ....	68
<b>Tabla 31.</b> Datos obtenidos del modelo de la curva de resistividad SEV3.....	69

**Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba  
cantón y provincia de Loja**

---

<b>Tabla 32.</b> Recopilación de datos SEV3. ....	70
<b>Tabla 33.</b> Datos obtenidos en campo SEV4 .....	70
<b>Tabla 34.</b> Datos obtenidos del modelo de la curva de resistividad SEV4.....	71
<b>Tabla 35.</b> Recopilación de datos SEV4.....	72
<b>Tabla 36.</b> Ubicación geográfica de los S.P.T .....	75
<b>Tabla 37.</b> Resultados del contenido de humedad. ....	80
<b>Tabla 38.</b> Resultados del ensayo granulométrico.....	81
<b>Tabla 39.</b> Resultados de los límites de Atterberg SPT 1. ....	84
<b>Tabla 40.</b> Resultados de los límites de Atterberg SPT 2. ....	85
<b>Tabla 41.</b> Resultados de los límites de Atterberg SPT 3 .....	87
<b>Tabla 42.</b> Resultados de los límites de Atterberg SPT 4. ....	89
<b>Tabla 43.</b> Resultados de la consistencia relativa del suelo.....	90
<b>Tabla 44.</b> Resultados de índice de liquidez. ....	90
<b>Tabla 45.</b> Resultado del comportamiento “A” .....	91
<b>Tabla 46.</b> Resultados SPT 1 - Sistema Unificado de Clasificación de Suelos – SUCS. ....	91
<b>Tabla 47.</b> Resultados SPT 2 - Sistema Unificado de Clasificación de Suelos – SUCS. ....	93
<b>Tabla 48.</b> Resultados SPT 3 - Sistema Unificado de Clasificación de Suelos – SUCS. ....	94
<b>Tabla 49.</b> Resultados SPT 4 - Sistema Unificado de Clasificación de Suelos – SUCS .....	95
<b>Tabla 50.</b> Datos del modelo cartográfico de los SEV. ....	105
<b>Tabla 51.</b> Datos del modelo cartográfico de los SPT´s. ....	106

**Índice de figuras:**

<b>Figura 1.</b> Calibración del equipo topográfico GPS diferencial .....	7
<b>Figura 2.</b> Plan de vuelo mediante el software UGS .....	8
<b>Figura 3.</b> Ciclo de las rocas .....	9
<b>Figura 4.</b> Tipos de esfuerzos que influyen en la deformación de las rocas.....	11
<b>Figura 5.</b> Tipos de fuerzas en superficie .....	12
<b>Figura 6.</b> Sistema de clasificación AASTHO .....	20
<b>Figura 7.</b> Sistema de Clasificación SUCS .....	21
<b>Figura 8.</b> Sistema de Clasificación SUCS .....	21
<b>Figura 9.</b> Equipo del ensayo SPT.....	22
<b>Figura 10.</b> Geometría del SEV arreglo de Schlumberger. ....	23
<b>Figura 11.</b> Ubicación geográfica de la zona de estudio .....	27
<b>Figura 12.</b> Ruta de acceso al área de estudio .....	28
<b>Figura 13.</b> Ubicación geológica del área de estudio.....	30
<b>Figura 14.</b> Posicionamiento del PP con el GPS diferencial(izquierda), ubicación y calibración del ROVER(derecha). ....	32
<b>Figura 15.</b> Distribución de puntos GCP y Base en el sector de estudio.....	33
<b>Figura 16.</b> Ubicación estación GNSS LJEC-UTPL. ....	34
<b>Figura 17.</b> Diagrama de flujo para la creación del mapa de pendientes.....	37
<b>Figura 18.</b> Realización y medición de las dimensiones de la calicata 1.....	40
<b>Figura 19.</b> Esquema de SEV de cuatro electrodos .....	41
<b>Figura 20.</b> (Izquierda) Toma de datos, (Derecha) Resistivímetro ABEM Terrameter, arreglo de Schlumberger.....	42
<b>Figura 21.</b> Perfil Topográfico A-A´ .....	52
<b>Figura 22.</b> Perfil Topográfico B-B´ .....	52
<b>Figura 23.</b> Afloramiento compuesto principalmente por lutitas y arcilla. ....	55
<b>Figura 24.</b> Masivo de conglomerados .....	56
<b>Figura 25.</b> Tobas con presencia de fragmentos líticos .....	57
<b>Figura 26.</b> Depósito coluvial .....	57
<b>Figura 27.</b> Corte Geológico NE-SW .....	59
<b>Figura 28.</b> Corte geológico SW-NE.....	59
<b>Figura 29.</b> Estructuras regionales .....	60

<b>Figura 30.</b> Izquierda (Apertura del terreno); Derecha (desnivel en la superficie del suelo). ..	61
<b>Figura 31.</b> Cambio litológico entre el Depósito Coluvial(izquierda) y la formación San Francisco (derecha) .....	61
<b>Figura 32.</b> Cambio litológico entre la formación Quinara (derecha) y la formación San Francisco (Izquierda).....	62
<b>Figura 33.</b> Diaclasamiento en lutitas. ....	62
<b>Figura 34.</b> Ubicación de los SEV en el área de estudio .....	63
<b>Figura 35.</b> Curva de resistividad SEV1 .....	65
<b>Figura 36.</b> Curva de resistividad SEV2.....	67
<b>Figura 37.</b> Curvas de resistividad SEV 3 .....	69
<b>Figura 38.</b> Curva de resistividad SEV4.....	71
<b>Figura 39.</b> Correlación geoelectrica de los SEV .....	73
<b>Figura 40.</b> Correlación Litológica de los SEV .....	73
<b>Figura 41.</b> Ubicación de los S.P.T en el área de estudio .....	75
<b>Figura 42.</b> Clasificación y descripción SPT 1 .....	76
<b>Figura 43.</b> Clasificación y descripción STP 2 .....	77
<b>Figura 44.</b> Clasificación y descripción SPT 3 .....	78
<b>Figura 45.</b> Clasificación y descripción SPT 4 .....	79
<b>Figura 46.</b> Contenido de humedad de los ensayos SPT .....	80
<b>Figura 47.</b> Gráficas del Limite Líquido SPT 1 .....	84
<b>Figura 48.</b> Limite Liquido SPT 2 .....	85
<b>Figura 49.</b> Limite Liquido SPT 3 .....	87
<b>Figura 50.</b> Limite Liquido SPT 4 .....	88
<b>Figura 51.</b> Perfil Litológico del SPT 1 .....	92
<b>Figura 52.</b> Perfil Litológico del SPT 2 .....	93
<b>Figura 53.</b> Perfil Litológico del SPT 3 .....	94
<b>Figura 54.</b> Perfil Litológico del SPT 4. ....	95
<b>Figura 55.</b> Correlación litológica de los ensayos SPT .....	96
<b>Figura 56.</b> Columna estratigráfica, calicata N°1. ....	97
<b>Figura 57.</b> Columna estratigráfica, calicata N°2 .....	98
<b>Figura 58.</b> Columna estratigráfica, calicata N°3. ....	98
<b>Figura 59.</b> Columna estratigráfica, calicata N°4 .....	99
<b>Figura 60.</b> Columna estratigráfica, calicata N°5. ....	100

**Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba  
cantón y provincia de Loja**

---

<b>Figura 61.</b> Columna estratigráfica, calicata N°6 .....	101
<b>Figura 62.</b> Columna estratigráfica, Calicata N°7 .....	101
<b>Figura 63.</b> Correlación Litológica calicata 1-3-4 .....	102
<b>Figura 64.</b> Correlación calicata 2 y 6. ....	103
<b>Figura 65.</b> Correlación calicata 5 y 7. ....	103

**Índice de anexos:**

<b>Anexo 1.</b> Reporte de datos topográficos. ....	115
<b>Anexo 2.</b> Fichas de afloramientos.....	118
<b>Anexo 3.</b> Ficha de recolección de datos para las calicatas.....	128
<b>Anexo 4.</b> Reporte de ensayos SEV .....	135
<b>Anexo 5.</b> Ábacos de Ebert (1943).....	137
<b>Anexo 6.</b> Mapa topográfico .....	140
<b>Anexo 7.</b> Mapa de pendientes .....	140
<b>Anexo 8.</b> Mapa geológico .....	140
<b>Anexo 9.</b> Puntos entre contactos geológicos.....	141
<b>Anexo 10.</b> Cálculos de los SEV en base a los ábacos de Ebert (1943).....	142
<b>Anexo 11.</b> Mapa cartográfico de los SEV .....	150
<b>Anexo 12.</b> Mapa cartográfico de los SPT .....	150
<b>Anexo 13.</b> Resultados de laboratorio de los ensayos SPT. ....	151
<b>Anexo 14.</b> Certificado de traducción del resumen al idioma ingles .....	155

**1. Título**

**Estudio geológico geotécnico del barrio Izhcayluma, escala 1:1000 parroquia  
Vilcabamba cantón y provincia de Loja**

## **2. Resumen**

La presente investigación correspondió al “Estudio geológico geotécnico del barrio Izhcayluma, escala 1:1000 parroquia Vilcabamba cantón y provincia de Loja” cubriendo un área de 23. 79 ha. El proyecto se orientó a conocer las características litológicas y características geo-mecánicas de los materiales del sector mediante el empleo de técnicas de reconocimiento in situ, métodos geotécnicos directos e indirectos como ensayos de penetración estándar SPT’s, sondeos eléctricos verticales SEV y pruebas de laboratorio considerando las muestras obtenidas en campo.

La investigación inicio con la recopilación bibliográfica de la zona de tal forma poder obtener la mayor información posible, seguidamente el levantamiento topográfico a escala 1:1000 con el cual se pudo determinar la cota máxima (1706 m.s.n.m) y la cota mínima (1608 m.s.n.m) del terreno para continuar con el levantamiento geológico el cual se desarrolló a través de visitas de campo, descripción de afloramientos y calicatas; litológicamente la zona de estudio está conformada por 3 formaciones en las cuales se encontró arcillas, areniscas, cantos, limos y material poco consolidado perteneciente a la Depósitos Coluviales(Qc) mismos que abarcan la parte NE; areniscas con finas intercalaciones de lutitas y conglomerado perteneciente a la formación San Francisco(F.Msfr) cubriendo la parte NW y SW; se evidenció además material volcano sedimentario y tobas con pequeños fragmentos líticos pertenecientes a la formación Quinara (F.Qu) ocupando la parte central y SE.

La campaña geotécnica consistió en aplicar un total de 4 ensayos SPT y 4 SEV los cuales fueron distribuidos en las diferentes litologías y puntos críticos de la zona de estudio, a partir de los SPT’s se recolectó muestras, mismas que fueron analizadas en un laboratorio acreditado (DICON S.A) bajo la norma ASTM realizando diferentes ensayos como son: granulometría, contenido de humedad, límites de Atterberg, clasificación de suelos AASTHO y SUCS; dentro de los SEV estos permitieron conocer las diferentes capas del suelo así como la presencia de niveles freáticos y poder correlacionar dicha información con los SPT’s para finalmente obtener dos modelos cartográficos en donde se plasmó la información más relevante.

Con la información obtenida en esta investigación se recomiendan algunas medidas de mitigación a tomar en cuenta como lo son el mejoramiento del suelo y la implementación de alcantarillado.

***Palabras clave:*** SPT, SEV, litología, geotecnia, geología.

## **2.1. Abstract**

The present investigation corresponds to the "Geotechnical geological study of the Izhcayluma neighborhood, scale 1:1000 Vilcabamba parish, Loja canton and province" covering an area of 23.79 ha. The project is oriented to know the lithological characteristics and geomechanical characteristics of the sector's materials through the use of in situ recognition techniques, direct and indirect geotechnical methods such as SPT's standard penetration tests, SEV's vertical electrical soundings and laboratory tests considering the samples obtained in the field.

The investigation began with the bibliographic compilation of the area in order to obtain as much information as possible, followed by the topographic survey at a scale 1:1000 with which it was possible to determine the land maximum elevation (1706 a.m.s.l) and the minimum elevation (1608 a.m.s.l). to continue with the geological survey which was developed through field visits, description of outcrops and pits; lithologically, the study area is made up of 3 formations in which there was found clay, sandstone, pebbles, silt and poorly consolidated material belonging to the Colluvial Deposits (Qc), which cover the NE part; sandstones with fine intercalations of shale and conglomerate belonging to the San Francisco formation (F.Msfr) covering the NW and SW part; volcano sedimentary material and tuffs with small lithic fragments belonging to the Quinara formation (F.Qu) occupying the central and SE part were also evidenced.

The geotechnical campaign consisted of applying a total of 4 SPTs and 4 SEVs tests which were distributed in the different lithologies and critical points of the study area, samples were taken from the SPTs which were analyzed in an accredited laboratory (DICON S.A) under the ASTM standard, carrying out different tests such as: granulometry, moisture content, Atterberg limits and AASTHO and SUCS soil classification; the SEV tests allowed to know the different soil layers as well as the presence of groundwater levels and to be able to correlate the obtained information with the SPTs to finally obtain two cartographic models where the most relevant information was presented.

With the information obtained in this investigation, some mitigation measures to be taken into account are recommended, such as soil improvement and a sewerage system implementation.

***Keywords:*** SPT, SEV, lithology, geotechnics, geology.

### **3. Introducción**

La escasa existencia de estudios técnicos de geología y geotecnia al momento de construir en nuestro país y en especial en la zona sur y la provincia de Loja, se ha visto reflejada en el mal estado de las mismas a largo plazo; la presencia de hundimientos, la irregularidad de la calzada, el colapso de alcantarillas e infraestructura, entre otros muchos inconvenientes son efecto de una falta de previsión geológica y geotécnica en los procesos de diseño y construcción sumado a ello que dichos inconvenientes en su mayoría se dan en sectores rurales en los cuales los parámetros de construcción son mínimos.

La parroquia Vilcabamba se encuentra ubicada al sur del Ecuador, su topografía se caracteriza por ser irregular a su vez que presenta un rango de precipitaciones de 450 a 1000 mm anual, esto según datos de PDOT de Vilcabamba 2019-2023, dentro de su territorio existen diferentes barrios que se han visto afectados por condiciones geológicas, hidrológicas y geotécnicas como es el caso de la presente investigación siendo este el Barrio Izhcayluma en el cual se evidenció problemas en la infraestructura además de zonas de hundimientos debido principalmente a que la zona no cuenta con un sistema de alcantarillado por lo cual las aguas residuales son vertidas directamente en el suelo ocasionando dicho problema.

La investigación de esta problemática se realizó con el interés de proporcionar información base, misma que proporciona las propiedades físico – mecánicas de los materiales en el área, permitiendo identificar puntos críticos de inestabilidad y proponer adecuadamente medidas de estabilización.

La metodología de investigación consideró el método experimental que incluye los ensayos geotécnicos indirectos como SEV y ensayos directos con los SPT's, además de ensayos de laboratorio como el ensayo de granulometría, límites de Atterberg, contenido de humedad y clasificación de suelos AASTHO y SUCS; el método descriptivo es empleado en la observación y descripción de la historia geológica del área y posibles fenómenos causantes del problema de dicha zona.

La línea de investigación abarcó un conjunto de acciones secuenciales y coherentes que llevan a dividir el presente trabajo en tres partes; la primera parte basada en la recopilación de toda la información bibliográfica ya existente en la zona, así como el levantamiento topográfico de las 23. 79 ha con el uso de un dron, de igual manera el levantamiento geológico.

En segundo lugar, se realizaron los ensayos de exploración directa (SPT's) e indirectos (SEV) para conocer y determinar parámetros de los materiales, a su vez la recolección de muestras las cuales son sometidas a diferentes ensayos de laboratorio.

## **Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba cantón y provincia de Loja**

---

Finalmente, se analizó y se interpretó los resultados obtenidos y se elaboraron las conclusiones y debidas recomendaciones.

Para dar cumplimiento al tema investigativo se propuso los siguientes objetivos:

### **Objetivo General**

- Realizar un estudio geológico geotécnico del barrio Izhcayluma a escala 1:1000 perteneciente a la parroquia Vilcabamba cantón y provincia de Loja.

### **Objetivos Específicos**

- Realizar el levantamiento topográfico a detalle, escala 1:1000
- Caracterizar el levantamiento de las unidades geológicas estructurales.
- Determinar las propiedades físico mecánicas de los materiales existentes en el sector de estudio mediante ensayos SEV y SPT, además representar éstos cartográficamente.

## **4. Marco Teórico**

### **4.1. Topografía**

La topografía según Rincón Villalba et al. (2018) se define: Tradicionalmente como la ciencia aplicada responsable de determinar las posiciones relativas de los puntos de la Tierra y de representar porciones de la superficie terrestre en un plano.

Se puede definir como la disciplina que abarca todos los métodos para reunir información de partes físicas de la Tierra, tales como el relieve, los litorales, los cauces de corrientes hídricas, entre otros, usando para ello los métodos clásicos de medición en terreno, la fotogrametría y los Sensores Remotos.

#### **4.1.1. Levantamiento topográfico**

El levantamiento topográfico se realiza para determinar la configuración del terreno y la ubicación de elementos naturales o estructuras hechas por el hombre en el suelo. Los levantamientos topográficos recopilan todos los datos necesarios para dibujar una imagen gráfica o mapear el área de estudio; además, estos mapas suelen ser los mapas básicos a partir de los cuales se agrega la información geológica. (Casanova, 2002).

#### **4.1.2. Curvas de Nivel**

Bonillo (2018) define que las curvas de nivel son el resultado de la intersección del terreno con una serie de planos equidistantes y horizontales. Esta intersección produce una serie de líneas planas, generalmente curvas. Todos los puntos de una de estas curvas tienen la misma altura, ya que se producen por la intersección con el plano horizontal, que por definición tiene una altura constante.

#### **4.1.3. Levantamiento con Dron**

La precisión y la cantidad de información recopilada de la topografía es esencial como conocimiento preliminar antes de comenzar un proyecto de construcción. Por ello, el uso de drones se ha convertido en una revolución en estos trabajos. El levantamiento topográfico con drones produce modelos digitales del terreno que son detallados, precisos y de mucha más calidad que los métodos topográficos tradicionales.

La probabilidad de error en levantamientos topográficos con información recibida por drones es mínima. La combinación de tecnología drones y topografía ha supuesto un gran paso adelante en la construcción de un gran número de infraestructuras, edificios (públicos, privados o industriales) y otros muchos sectores.

El dron está equipado con una cámara que cubre el área de interés con una precisión óptima en tan solo unos minutos. Además, si hay lugares de difícil acceso o peligrosos para el ser humano, son el elemento perfecto para llegar sin ningún tipo de impedimento.

Las imágenes que se han recolectado por el dron son procesadas mediante programas y herramientas específicas. Así se obtienen nubes de millones de puntos que son un fiel reflejo de la realidad. Estas imágenes se pueden georreferenciar y escalar, además de extraer coordenadas, distancias, volúmenes, perfiles... y a partir de ello realizar modelos 3D y ortofotos, por ejemplo. Con ello ya se puede empezar a trabajar en el proyecto, ya sean obras civiles, como intervenciones arqueológicas, intervenciones en minería o para gestionar cultivos, entre otras posibilidades (Global Mediterranea Global Geomática, 2018).

#### **4.1.4. Calibración**

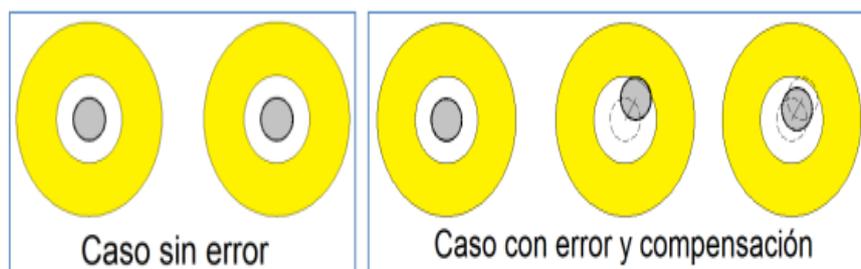
Dentro del campo topográfico es de suma importancia conocer este parámetro para evitar errores durante la ejecución del trabajo en campo; así dicho parámetro hace referencia a la comparación de un equipo de medición con un patrón pre establecido de tal forma que se pueda conocer la capacidad que tiene el equipo de entregar valores correctos. (Grupo Anainte, 2016).

##### **4.1.4.1. Calibración de nivel de precisión.**

En este apartado se debe verificar el siguiente orden:

- Nivelar el equipo donde el ocular debe ser paralelo a dos tornillos o perpendicular a uno. Girar el nivel 180 grados y verificar que la posición de la burbuja no haya cambiado (caso sin error), de presentarse un error se debe compensar la posición mediante los tornillos de nivelación, llevando la burbuja circular a la mitad del error como se observa en el gráfico, lo cual garantizará que el equipo quede nivelado.

**Figura 1.** Calibración del equipo topográfico GPS diferencial



*Nota.* Adaptado por Caldas (2012).

- Para un nivel mecánico verificar que la burbuja de colimación funcione al mover el tornillo de colimación. (Caldas, 2012).

#### 4.1.5. Resolución

Esto está intrínsecamente relacionado principalmente con el rendimiento y el tipo de drone, la calidad de sus componentes, la resolución de la cámara, la altura a la que vuela el drone, la vegetación y el método y la tecnología utilizados para geolocalizar las imágenes aéreas estos parámetros pueden influir en gran medida en la precisión del mapeo del levantamiento topográfico. De tal forma, es posible alcanzar una precisión absoluta hasta 1.5cm/px y GSD (distancia de muestra de tierra) de 0,9cm/px en condiciones óptimas con un drone topográfico de alta gama como el Dron PHANTON 4 PRO. (wingtra, 2019).

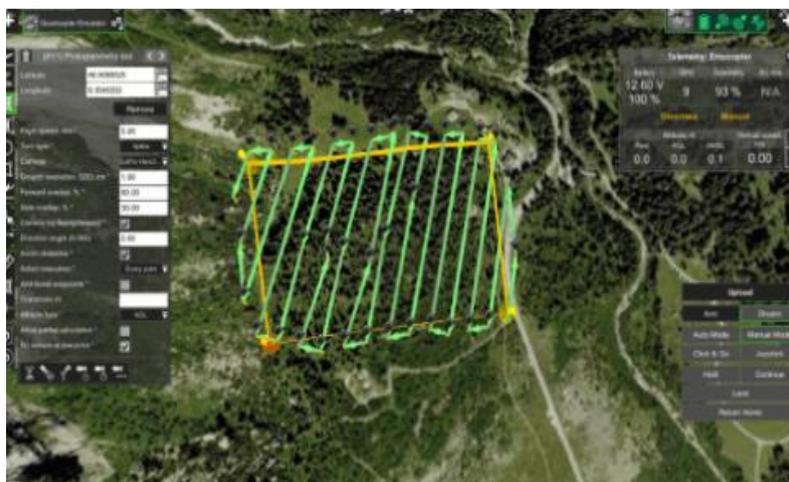
#### 4.1.6. Fotogrametría

De acuerdo a la información recopilada de Peña y Sanz (2011) aclaran que la fotogrametría es la ciencia por medio de la cual, a partir de fotografías tomadas en el terreno, se consigue deducir su planta y su alzado llegando a formar un plano topográfico del mismo, también se la puede definir como el conjunto de métodos y procedimientos mediante de los cuales podemos deducir a partir de la fotografía de un objeto, la forma y dimensiones del mismo.

- **Proyecto de vuelo.** Una vez seleccionado el terreno en el cual se va a ejecutar el levantamiento aéreo, el vuelo debe hacerse por pasada paralelas y considerando que todas las pasadas deben ser a la misma altura, así mismo debe existir un recubrimiento longitudinal y otro transversal.

En la figura 2 se detalla el plan de vuelo de una determinada zona por medio de un dron haciendo uso del programa UGSC (software de planificación y control de vuelo de drone de sph engineering).

**Figura 2.** Plan de vuelo mediante el software UGS



Nota. Adaptado por aerial insights(2017)

## 4.2. Geología

De acuerdo a Blyth y Freitas (2000) la geología es la ciencia que se ocupa de la Tierra y las rocas que la componen, los procesos que las formaron a lo largo del tiempo geológico y la estructura de su superficie en el pasado y el presente.

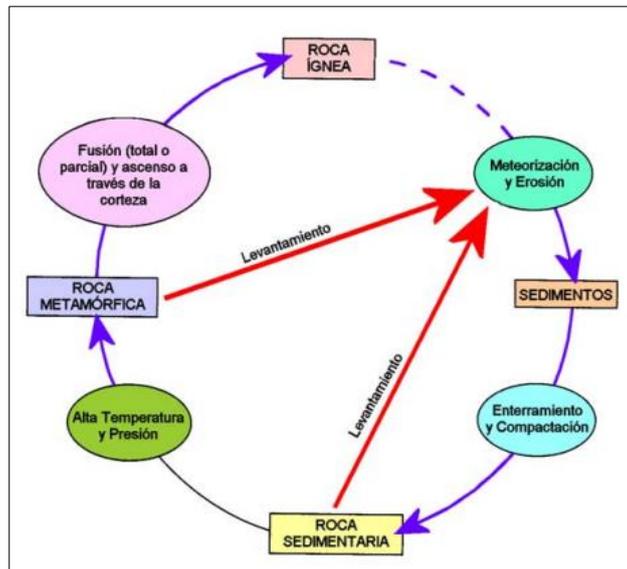
De igual manera Navea (2010) señala que la Geología es la ciencia que estudia la estructura de la tierra y su composición, así como los cambios que ha sufrido a lo largo del tiempo geológico.

### 4.2.1. Clasificación de las rocas

Las rocas son sólidos inorgánicos de origen natural, formados por agregados de uno o varios minerales a su vez estas tienen propiedades físicas y químicas bien definidas. Se encuentran formando gran parte de la corteza terrestre y oceánica, aunque de esta última se desconoce aún bastante. (González de Vallejo y Oteo 2002).

En la figura 3 se muestra el proceso simplificado del ciclo de las rocas, así como la relación existente entre los distintos tipos de rocas y los procesos geológicos de las mismas.

Figura 3. Ciclo de las rocas



Nota. Adaptado por Barrientos (2013)

#### 4.2.1.1. Rocas Sedimentarias.

Son originadas principalmente por el transporte y depositación de materiales como consecuencias de agentes físicos o químicos tales como: el agua, viento, hielo. Estas se clasifican en detríticas; son formadas a partir de la sedimentación de fragmentos de otras rocas después de haber pasado por una fase de transporte, la clasificación para este tipo de rocas va en función de los tamaños y los fragmentos que las componen, no detríticas; estas son formadas

a partir de la precipitación de determinados compuestos químicos en soluciones acuosas o a su vez por una acumulación de sustancia de origen orgánico.

#### **4.2.1.2. Rocas Metamórficas.**

Se generan a partir de rocas preexistentes que, como consecuencia de sufrir un aumento de temperatura y de presión por procesos geológicos sufren ciertos reajustes este cambio produce alteraciones en sus minerales y composición química. Pueden ser de dos tipos, laminadas; presentan foliación, cristalinas; estas no presentan foliación. (Insituto de Geociencias, 2013).

#### **4.2.1.3. Rocas Ígneas o magmáticas.**

Estas proceden de un magma original que se forma en el interior de la Tierra que posteriormente se enfría, poseen una composición silicatada estas pueden ser de dos tipos, plutónicas; las cuales se forman debajo de la superficie terrestre, su enfriamiento es lento por lo cual forman rocas densas no porosas, volcánicas; se originan cuando el magma sale a exterior de la superficie terrestre dando lugar a lavas se caracterizan por estar constituidas por pequeños cristales. (Barrientos, 2013).

### **4.2.2. Esfuerzos en las Rocas**

Garcia (2012) Señala que cuando se habla de esfuerzos se hace referencia a la fuerza aplicada a un área determinada de roca. La unidad de medida más habitual es el kilogramo por centímetro cuadrado ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ). En la naturaleza, según la dirección de las fuerzas aplicadas, el esfuerzo puede reconocerse en tres variedades.

#### ***La Compresión***

Esfuerzo al que están sometidas las rocas cuando son comprimidas por fuerzas dirigidas entre sí en la misma línea recta. Cuando los materiales se someten a este tipo de tensión, tienden a acortarse en la dirección de la tensión formando pliegues o fracturas, dependiendo de si son dúctiles o frágiles.

#### ***La Tensión***

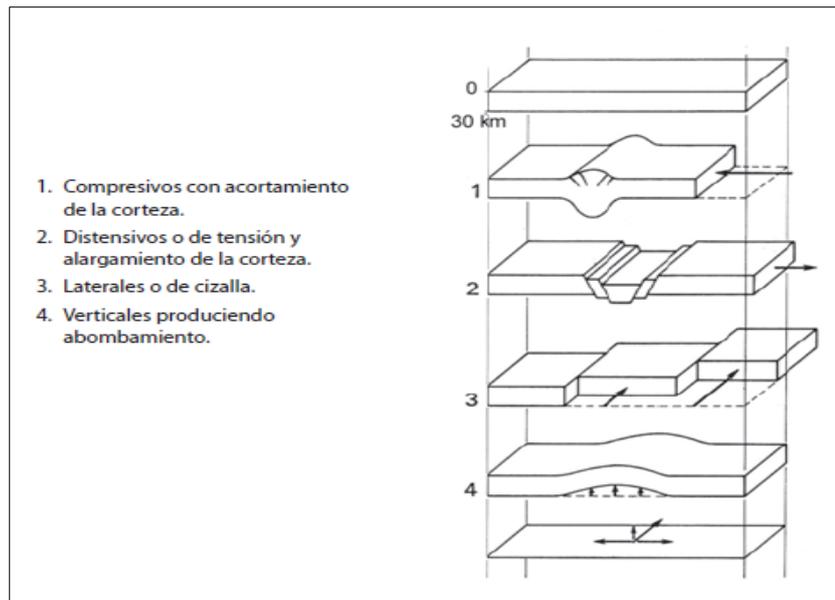
El resultado de fuerzas que actúan en la misma dirección, pero en direcciones opuestas.

#### ***Cizalla***

Tensión en la que las fuerzas actúan paralelas, pero opuestas entre sí, provocando una deformación por desplazamiento a lo largo de planos adyacentes.

En la Figura 4 se muestra los tipos de esfuerzos a los que están sometidas las rocas debido principalmente a las fuerzas tanto de compresión y extensión.

Figura 4. Tipos de esfuerzos que influyen en la deformación de las rocas



Nota. Adaptado por Garcia (2012)

#### 4.2.3. Deformaciones en el macizo rocoso

Su origen en el aspecto físico está asociado a la “fuerza” que tiende a producir un cambio en el movimiento de un cuerpo o en su estructura interna, es decir, tiende a producir una deformación. Existen dos tipos de fuerzas

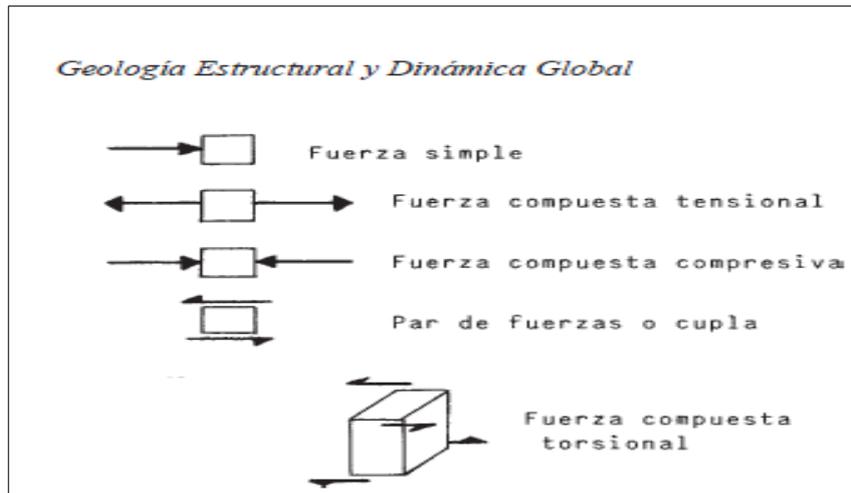
**Las fuerzas del cuerpo o másicas («body forces»):** Tensión en la que las fuerzas actúan paralelas, pero opuestas entre sí, provocando una deformación por desplazamiento a lo largo de planos adyacentes. Son fuerzas del cuerpo las inducidas por la gravedad, la centrífuga o las creadas por campos magnéticos, por ejemplo. Solo la gravedad es importante en los procesos que conducen a la deformación de las rocas.

**Las fuerzas de superficie («surface forces»):** siempre dependen de causas externas y no tienen relación con la masa corporal. Las fuerzas superficiales se dividen en simples y compuestas:

**Las simples;** tienden a crear movimiento y las compuestas tienden a producir una deformación.

**Las compuestas;** que consisten en dos fuerzas actuando en sentidos contrarios a lo largo de la misma línea recta se dividen en tensionales, cuando son divergentes, y compresivas o compresionales, cuando convergen hacia el cuerpo (Martinez Catalan, 2003).

Figura 5. Tipos de fuerzas en superficie



Nota. Adaptado por Martínez Catalan (2003)

#### 4.2.4. Mecanismos de deformación de las rocas

Casas Martínez (2015) a lo largo de una amplia recolección y selección, señala los siguientes:

**Movimientos intergranulares.** El movimiento entre granos minerales depende del tamaño de las partículas, su forma cristalina, su grado de consolidación y cementación.

**Movimientos intragranulares.** Están involucrados en la deformación interna de la red cristalina, en el origen de las microfisuras por las que se produce el desplazamiento de las caras adyacentes de los minerales.

#### **Disolución y recristalización**

El fenómeno causado por la alta presión y temperatura a que están sometidos los minerales constituyentes; Este mecanismo es equivalente a derretir y congelar agua en hielo, debido a las variaciones de temperatura por encima y por debajo del punto de congelación.

#### **Deformación elástica**

Es un evento que se produce a una profundidad con el paso de las ondas sísmicas y las mareas, en las que el suelo recuperará su forma tras el impacto.

#### **Deformación plástica**

Estos son pliegues producidos en rocas que han sido sometidas a esfuerzos más allá de la región elástica y antes del límite plástico.

#### **Ruptura**

Creación de fallas y juntas, cuando la tensión en el material excede el límite plástico.

#### **4.2.5. Tipos de Deformaciones**

##### ***Deformación Homogénea***

No hay cambio de volumen asociado. Las líneas paralelas en el cuerpo antes de la deformación permanecen paralelas después de la deformación. Los vectores de desplazamiento son paralelos.

##### ***Deformación Inhomogénea***

Puede existir cambio de volumen asociado. Las líneas paralelas en el cuerpo antes de la deformación ya no son paralelas después de la deformación. Los vectores de desplazamiento no son paralelos. (Acosta, 2006).

##### ***Deformación elástica***

Una roca se comporta cuando, después de dejar de intentarlo, se deforma de nuevo a su forma original. En general, las rocas hijo poco elásticas en niveles muy superficiales de la corteza terrestre, pero sí pueden serlo cuando se encuentran sometidas una gran presión litostática y niveles más profundos.

##### ***Deformación plástica***

Cuan hacer una roca sometida aun / A deformación elástica supera su límite elástico, sufre una deformación plástica, tras la que ya no puede recuperar su forma original. Si se excede el límite plástico, la roca se fractura y comienza a comportarse como objetos quebradizos. (Garcia, 2012).

#### **4.2.6. Factores de plasticidad y rigidez de las rocas**

Son los factores que influyen el comportamiento mecánico de la roca, para Escobar (2017) son:

##### ***La temperatura***

Un aumento en la temperatura le da plasticidad a la roca, mientras que una disminución hace que la roca se endurezca. la temperatura aumenta con la profundidad.

##### ***La presión confinante***

Con la profundidad, la presión de confinamiento aumenta y la roca, dura en la superficie, puede actuar plásticamente en la profundidad. Esto aumenta la tensión última y facilita la deformación plástica.

##### ***Contenido en fluido de la roca***

La arcilla seca es dura, pero la arcilla húmeda es flexible. De manera similar, la humedad reduce la dureza de las rocas y aumenta su ductilidad. La presencia de un fluido, a

medida que aumenta la temperatura, aumenta el campo de deformación, reduce la respuesta elástica y cambia el límite de fractura con el aumento de la tensión.

***El tiempo de actuación de la fuerza.***

Asociado a este factor está la tasa de deformación de las rocas; Si la velocidad de deformación es alta y por lo tanto el tiempo es corto, el material reacciona con fuerza, de lo contrario reacciona plásticamente. Tenga en cuenta que la unidad de tiempo geológico es millón de años.

***Composición y estructura de la roca***

Este factor se refiere a la isotropía o anisotropía del material. Debido a la isotropía, la roca puede ser funcional y capaz de absorber fuerzas sin deformarse, por lo que es dura; porque la anisotropía es lo contrario porque se deforma para mostrar su plasticidad.

**4.2.7. *Estratigrafía***

Según Koutsoukos (2005) la estratigrafía se puede definir como el estudio de la sucesión de rocas y la interrelación de eventos y procesos geológicos en el tiempo y el espacio. A menos que hayan sufrido alguna deformación después de la deposición, los estratos son horizontales y pueden extenderse sobre grandes áreas geográficas. Puede distinguir un piso de otros pisos arriba y abajo, así como de los pisos a ambos lados.

La geología estructural estudia el análisis de sedimentos deformados; entonces es fundamental conocer la secuencia de los sedimentos. En contraste, en una región tectónica perturbada, los problemas estratigráficos no pueden resolverse sin analizar las estructuras (Acosta, 2006).

**4.2.8. *Discordancias Estratigráficas***

Escobar (2017) señala que estos son los contactos de dos pisos que no se siguen inmediatamente porque uno o más pisos faltan en la secuencia, que se reconoce como una laguna estratigráfica

Además, Niemeyer (1999) describe que las discordancias se producen generalmente porque una cuenca sedimentaria sufre una elevación que interrumpe la sedimentación, mecanismo que es seguido por un proceso erosivo que elimina algunos estratos. Si luego vuelve a ser una cuenca sedimentaria, continuará el mecanismo seguido por la superposición de estratos”

#### **4.2.8.1. Clases de discordancias.**

Entre las más comunes Cadenillas (2018) señala:

##### ***Discordancia angular***

Desajuste de contacto de la superficie erosiva invisible, donde las capas más antiguas se sumergen (inclinan) en un ángulo diferente al de las capas más jóvenes (relacionado con los movimientos tectónicos). Está formado por una secuencia estratigráfica antigua, el sedimento se interrumpe, se pliega o inclina, y se le superpone una secuencia estratigráfica con diferentes ángulos de inclinación.

##### ***Discordancia angular erosiva***

Desajuste visible del contacto de la superficie debido a la erosión, donde la secuencia de los estratos más antiguos está empotrada en un ángulo diferente de la secuencia de los estratos más jóvenes. Está formado por un estrato más antiguo que ha sufrido un período visible de erosión, pliegues o inclinación, y se superpone con un estrato más joven con diferente ángulo de inclinación.

##### ***Discordancia progresiva***

No conformidades entre pisos inclinados en diferentes ángulos, variando gradualmente, generalmente de una inclinación mayor a una menor. El desajuste involucra sedimentación simultánea y procesos tectónicos.

#### **4.2.9. Estudio Geológico**

Paladines (2010) manifiesta que, el conocimiento de la tierra es esencial para el desarrollo sostenible y la riqueza de los pueblos. Ecuador es un país montañoso caracterizado por una amplia diversidad de entornos geológicos. Sin embargo, la investigación geológica realizada en nuestro país es pequeña y generalmente ha tenido el carácter de reservado, por lo que no ha podido ser conocida con facilidad.

Además el análisis de los riesgos de origen geológico tiene también gran incidencia en la población y desarrollo de los pueblos, por esta razón en el presente trabajo investigativo es necesario realizar un estudio geológico, puesto que la geología define las características o propiedades del terreno, la formación geológica a la que pertenece así como también determina la presencia de materiales duros y de baja resistencia, como las discontinuidades que pueden facilitar la ocurrencia de movimientos en masa a lo largo de ciertos planos de debilidad.

#### ***4.2.10. Geología Estructural***

De acuerdo a Acosta (2006) señala que es la disciplina que se ocupa del estudio y análisis morfológico y geométrico de las deformaciones que sufren los materiales de la corteza terrestre (análisis descriptivo)

Según Martínez Catalan (2003) en su libro Geología Estructural y Dinámica Global da a conocer que la geología estructural se ocupa de la forma, distribución y estructura interna de un macizo rocoso, con especial énfasis en los procesos involucrados en su deformación a pequeña y mediana escala.

De igual forma Molina y Nicescu (2020) postulan que la geología estructural es la disciplina científica que se ocupa del estudio de la deformación de la corteza tanto a escala pequeña como a gran escala. Su alcance es amplio y abarca todo, desde el estudio de fallas en la disposición atómica de los cristales hasta la estructura de fallas y sistemas de pliegues en la corteza terrestre.

##### **4.2.10.1. Estructuras Geológicas.**

Acosta (2006) señala a una estructura como “Ordenación espacial según una determinada disposición geométrica de: líneas, planos, rocas u otras formaciones geológicas discontinuas. Reflejan la interacción de la litología preexistente y el estrés.”

##### ***Estructuras primarias***

Arreglo general de líneas y planos que no han sido sometidos a esfuerzos, se la considera luego de su deposición (ondulitas, estratificación diagonal etc.).

##### ***Estructuras secundarias***

Cualquier estructura que haya sufrido una o más etapas de deformación (pliegue, falla).

- **Pliegues**

Billings (1974) define que los pliegues son ondulaciones u olas en las rocas de la tierra. Alcanzan su mayor desarrollo en formaciones estratificadas como rocas sedimentarias y volcánicas, o sus equivalentes metamórficos. Pero cualquier roca estratificada o foliada, tal como un grabo bandeado o un gneis granítico, puede mostrar pliegues.

- **Fallas**

Babin y Gomez (2010) describen a las fallas como discontinuidades en rocas a lo largo de las cuales existe un desplazamiento diferencial significativo. Aunque generalmente se han formado durante etapas de deformación frágil, existen todas las transiciones entre fallas frágiles características de rocas situadas en niveles superiores de la corteza, donde se ha producido un desplazamiento a lo largo de un plano de falla bien definido y zonas de cizallamiento dúctil,

caracterizadas por una deformación considerable y rodeadas de rocas que exhiben grados de deformación menos intensos que las zonas de deslizamiento.

Billings (1974) define que las fallas son rupturas a lo largo de las cuales las paredes opuestas se han movido la una con relación a otra. La característica básica es el movimiento diferencial paralelo a la superficie de falla. Algunas tienen solo unos pocos centímetros de largo, y el desplazamiento total se mide en fracciones de centímetro.

- **Diaclasas**

Ruiz (2018) describe a las diaclasas como fracturas sin movimiento en las rocas, se pueden desarrollar debido a los fenómenos de erosión con el tiempo geológico donde grandes espesores de la corteza terrestre han sido removidos, ya sean decenas, centenas o miles de metros, produciendo esfuerzos horizontales que pueden ser superiores a la presión vertical por columna de roca.

### **4.3. Geotecnia**

Padilla (2012) sostiene que: “La geotecnia es una rama de la geología que se ocupa de la aplicación de los principios geológicos en el estudio de materiales naturales como las rocas que forman la corteza terrestre en relación con el diseño, construcción y operación de proyectos de obras civiles, como carreteras, ferrocarriles, puentes, represas, oleoductos, sistemas de agua, casas, áreas de contención y edificios en general.”

#### **4.3.1. Estudio geotécnico**

Antes de ejecutar cualquier proyecto de obra civil o edificación es necesario realizar una serie de estudios, conocidos comúnmente con el nombre de estudio geotécnico o estudio topográfico.

El estudio geotécnico se define como “El compendio de información cuantificada en cuanto a las características del terreno en relación con el tipo de edificio previsto y el entorno donde se ubica, que es necesaria para proceder al análisis y dimensionado de los cimientos de este u otras obras” (Ingenieros Asesores, 2021).

#### **4.3.2. Calicatas**

Las calicatas es el mejor método para observar a gran detalle las estratificaciones del terreno, ya que son excavaciones realizadas de forma manual o por medios mecánicos a cielo abierto, a una profundidad generalmente de entre 1 a 4 metros, se pueden tomar muestras alteradas o inalteradas en forma de bloques, la muestra debe ser sellada con parafina para conservar su humedad natural.

Gonzales de Vallejo etc al. (2002) mencionan que, las calicatas, zanjas, rozas, pozos, etc., consisten en excavaciones realizadas mediante medios mecánicos convencionales, que permiten la observación directa del terreno a cierta profundidad, así como la toma de muestras y la realización de ensayos in situ.

#### **4.3.3. Mecánica de Suelos**

Von Terzaghi (2005) fundador de esta rama de la ciencia define “La mecánica de suelos es la aplicación de las leyes de la mecánica y la hidráulica a problemas de ingeniería para resolver problemas relacionados con la fusión de partículas subatómicas y sedimentos.

Este componente fundamental da lugar a propiedades de ingeniería únicas, y la descripción de su comportamiento mecánico requiere algunos de los principios más clásicos de la mecánica de ingeniería.

Los ingenieros están interesados en las propiedades mecánicas del suelo: permeabilidad, dureza y resistencia. Estos dependen principalmente de la naturaleza del grano del suelo, las tensiones presentes, el contenido de agua y la unidad de peso (Ruiz, 2013).

- **Ensayo granulométrico.**

MANCHEGO BARRERA (2015) mencionan que el ensayo de clasificación granulométrica consiste en la medición y gradación que se lleva a cabo de los granos de una formación sedimentaria, de los materiales sedimentarios, así como de los suelos, con fines de análisis, tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas, y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica.

- **Límites de Atterberg.**

DAS (2015) indica que el contenido de humedad, expresado en porcentaje, en el que se lleva a cabo la transición del estado sólido al estado semisólido se define como el límite de contracción. El contenido de humedad en el punto de transición del estado semisólido al estado plástico es el límite plástico, y del estado plástico al estado líquido es el límite líquido.

- **Límite líquido (LL).**

Salas (1975) da a conocer que se comienza por amasar, con agua destilada, unos 100 g de suelo seco que pasen por el tamiz número 40 de la A.S.T.M. D-423-66(72); el operador trata de añadir la cantidad de agua necesaria para acercarse lo más posible al límite líquido.

La determinación del límite líquido consiste en una copa de bronce y una base de hule duro. La copa de bronce se deja caer sobre la base por una leva operada por una manivela. Para esta prueba se coloca una pasta en la copa, se corta una ranura en el centro de la pasta del suelo

usando la herramienta de corte estándar, luego con la copa se eleva con la leva accionada por la manivela y se deja caer desde una altura de 10 mm.

- **Límite plástico (PL).**

El límite plástico se define como el contenido de humedad, en porcentaje, en el que el suelo al enrollarse en hilos de 3.2 mm de diámetro se desmorona. El límite plástico es el límite inferior del escenario plástico del suelo. La prueba es simple y se realiza mediante rodados repetidos por parte de una masa de tierra de tamaño elipsoidal sobre una placa de vidrio esmerilado. (Barrientos, 2013)

- **Índice de plasticidad (PI).**

El índice de plasticidad (PI) es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico de un suelo. DAS (2015) adicionalmente indica que al igual de otros factores, cuanto mayor es el índice de plasticidad de un suelo menor es su permeabilidad.

$$PI=LL-PL$$

#### **4.3.4. Clasificación de suelos**

Los diferentes suelos pueden ser clasificados en grupos y subgrupos de acuerdo a su función ingenieril. La mayoría de los sistemas de clasificación de suelos que fueron desarrollados con propósitos ingenieriles están basados en un simple índice de propiedades tales como la distribución del tamaño de la partícula y la plasticidad. (Vanegas, 2015)

- **Sistema de Clasificación AASTHO**

El sistema AASHTO de clasificación de suelos fue desarrollado en 1929 por el Public Road Administration System. Este tuvo sistema experimento varias revisiones, con la presente versión propuesta por el Committee on Classification of Materials for grades and Granular Type Roads of the Highway Research Board en 1975 (ASTM designation D-3282; AASTHO meted M145). (Vanegas, 2015)

El sistema de clasificación se basa en los siguientes criterios:

##### **a. Tamaño del grano**

Grava: fracción que pasa el tamiz de 75mm (3 pulg) y es retenido en el tamiz N°10 (2mm).

Arena: fracción que pasas el tamiz N°10 (2mm) y es retenido por el tamiz N°200 (0.075mm).

Limo y arcilla: fracción que pasa el tamiz N°200

##### **b. Plasticidad**

El termino limoso(silty) es aplicado cuando la fracción de finos del suelo tienen un índice de plasticidad de 10 o menor. El término arcilloso(clayey) es aplicado cuando la fracción de finos tienen un índice de plasticidad de 11 o mayor.

**c. Si se encuentra cascajo (cobble) y canto rodado (Boulders)**

Tamaño mayor a 75mm, estos son excluidos de la porción de la muestra de suelo de la cual se realiza la clasificación.

**Figura 6.** Sistema de clasificación AASTHO

SISTEMA DE CLASIFICACION AASHTO											
Clasificación General	Suelos granulares ( $\leq 35\%$ pasa 0,08 mm)						Suelos finos ( $>35\%$ Bajo 0,08 mm)				
Grupo	A-1		A-3	A-2			A-4	A-5	A-6	A-7	
Sub-grupo	A-1a	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6*	A-2-7*			A-7-5** A-7-6**	
2 mm	$\leq 50$										
0,5 mm	$\leq 30$	$\leq 50$	$\geq 51$								
0,08 mm	$\leq 15$	$\leq 25$	$\leq 10$	$\leq 35$			$\geq 36$				
WL				$\leq 40$	$\geq 41$	$\leq 40$	$\geq 41$	$\leq 40$	$\geq 41$	$\leq 40$	$\geq 41$
IP	$\leq 6$		NP	$\leq 10$	$\leq 10$	$\geq 11$	$\geq 11$	$\leq 10$	$\leq 10$	$\geq 11$	$\geq 11$
Descripción	Gravas y Arenas		Arena fina	Gravas y arenas Limosas o Arcillosas			Suelos Limosos		Suelos Arcillosos		
	** A-7-5 : $IP \leq (WL-30)$					A-7-6 : $IP > (WL-30)$					
	$IG = (F-35)(0,2 + 0,005(WL-40)) + 0,01(F-15)(IP-10)$ * Para A-2-6 y A-2-7 : $IG = 0,01(F-15)(IP-10)$ Si el suelo es NP $\rightarrow IG = 0$ ; Si $IG < 0 \rightarrow IG = 0$										

*Nota.* Adaptado por INACAP (2017)

- **Sistema de Clasificación S.U.C.S**

La forma original del Sistema Unificado de Clasificación del Suelo fue propuesta por Casagrande en 1942 para su uso en trabajos de construcción de aeropuertos por el Army Corps of Engineers (Cuerpo de Ingenieros del Ejército) durante la Segunda Guerra Mundial. (Borselli, 2021)

De acuerdo a su granulometría pueden ser:

**Suelos Granulares**

Si más del 50 % de las partículas son retenidas en el tamiz N° 200.

**Suelos Cohesivos**

Si el 50 % o más de las partículas pasan por el tamiz N° 200.

Tanto las arenas como las gravas se pueden clasificar como:

W ..... Bien gradadas.

P ..... Mal gradadas.

M..... Limosas.

C ..... Arcillosas.

**Figura 7. Sistema de Clasificación SUCS**

GRUESOS < 50% que pasa 0,08 mm							
Tipo de suelo	Símbolo	% Ret. en 5mm	% que pasa* 0,08mm	C <sub>u</sub>	C <sub>c</sub>	Índice de Plasticidad * IP	
Gravas	GW	≥50% de lo retenido en 0.08 mm	< 5	> 4	1 a 3		
	GP			Si no Cumple requisitos de GW es GP			
	GM			> 12			< 0,73 (WL-20) o < 4
	GC						> 0,73 (WL-20) y > 7
Arenas	SW	<50% de lo retenido en 0.08 mm	< 5	> 6	1 a 3		
	SP			Si no Cumple requisitos de SW es SP			
	SM			> 12			< 0,73 (WL-20) o < 4
	SC						> 0,73 (WL-20) y > 7
*Entre 5 y 12 % usar símbolo doble como GW-GC, GP-GM, SW-SM, SP-SC							
**Si IP ≈0,73(WL-20) o si IP entre 4 y 7 e IP>0,73(WL-20), usar símbolo doble: GM-GC, SM-SC							
En casos dudosos favorecer clasificación menos plástica Ej.: GW-GM en vez de GW-GC							

Nota. Adaptado por INACAP (2017)

**Figura 8. Sistema de Clasificación SUCS**

FINOS ≥ 50 % PASA 0.08 mm			
Tipo de suelo	Símbolo	Lím. Líquido WL	Índice de Plasticidad * IP
Limos Inorgánicos	ML	< 50	< 0,73 (WL-20) o < 4
	MH	> 50	< 0,73 (WL-20)
Arcillas Inorgánicas	CL	< 50	> 0,73 (WL-20) y > 7
	CH	> 50	>0,73 (WL-20)
Limos o Arcillas Orgánicas	OL	< 50	**WL seco al horno ≤ 75% del WL seco al aire
	OH	> 50	
Altamente Orgánicos	P <sub>1</sub>	Materia orgánica fibrosa se carboniza, se quema o se pone incandescente	
*Si IP ≈0,73(WL-20) o si IP entre 4 y 7 e IP>0,73(WL-20), usar símbolo doble: CL-ML, CH-OH.			
**Si tiene olor orgánico debe determinarse adicionalmente WL seco al Horno			
En casos dudosos favorecer clasificación más plástica Ej.: CH-MH en vez de CL-ML			
Si WL = 50; CL-CH ó ML-MH			

Nota. Adaptado por INACAP (2017)

#### 4.3.5. Mecánica de Rocas

Gonzales de Vallejo et al. (2002) menciona que, la mecánica de rocas se ocupa del estudio teórico y práctico de las propiedades y comportamiento mecánico de los materiales rocosos, y de su respuesta ante la acción de fuerzas aplicadas en su entorno físico. El desarrollo de la mecánica de rocas se inició como consecuencia de la utilización del medio geológico para obras superficiales y subterráneas y explotación de recursos mineros.

#### 4.3.6. Ensayos de Penetración Estándar

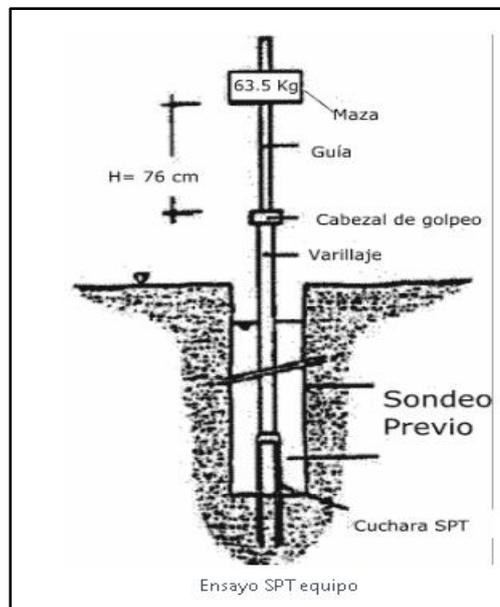
Se realiza en suelo o en roca que está muy meteorizada y meteorizada dentro del pozo durante la perforación. Es la prueba más utilizada y popular realizada dentro de un pozo, es por eso que la prueba SPT incluye varias correlaciones con parámetros mecánicos del suelo en combinación con datos del terreno y parámetros de laboratorio. (Maldonado, 2021).

##### 4.3.6.1. Procedimiento del ensayo SPT y equipo.

Consiste en definir el número de golpes (N) necesarios para conseguir que él toma muestras penetre 30 cm el terreno a ser analizado.

El muestreador se encuentra en la parte inferior del eslabón, que a su vez está controlado por un martillo de 63,5 kg, que golpea el extremo superior del eslabón esto en caída libre desde a una altura de 76 cm. El núcleo normalmente tiene un diámetro exterior de 2 pulgadas y un diámetro interior de 3/8 pulgadas y un ángulo de punta de 60°. (Maldonado, 2021).

Figura 9. Equipo del ensayo SPT.



Nota. Adaptado por Maldonado ( 2021)

#### 4.3.7. Sondeo Eléctrico Vertical(SEV)

Esta es una prueba que ayuda a conocer la distribución de resistividad del suelo. Dadas las propiedades eléctricas de los materiales que componen el sustrato, éste presenta un cierto comportamiento ante el paso de la corriente. Este comportamiento está representado por las líneas de fuerza de un campo eléctrico o magnético constante para materiales homogéneos, por lo que cuando los valores y características de estos campos son diferentes, muestran un cambio en el material o discontinuidad en un mismo depósito. Así, los suelos gruesos o pedregosos se

caracterizan por una alta resistividad, mientras que las regiones arcillosas o con alto contenido de agua y sal corresponden a anomalías de baja resistividad (Sismica de Suelos, 2021).

### Arreglo Schlumberger

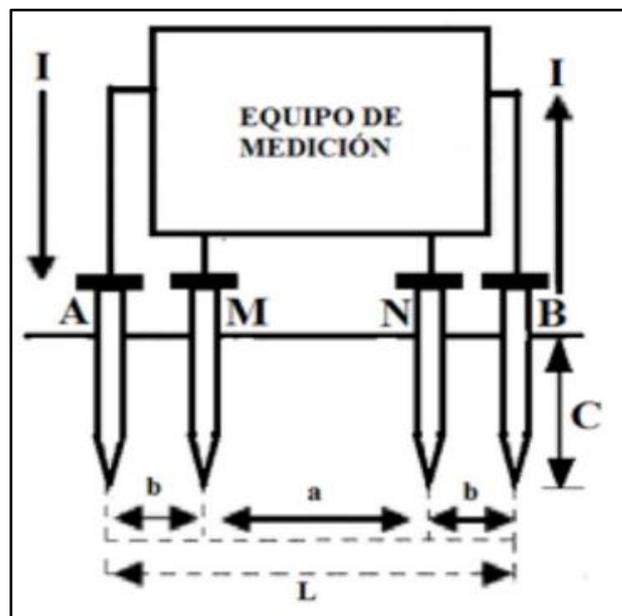
El arreglo tipo Schlumberger, es el más empleado y se caracteriza por mantener fijos los electrodos de potencial o lectura (M y N) mientras se alejan los electrodos de corriente (A y B). Este dispositivo es el más conveniente para realizar SEV's debido a su gran variedad de técnicas de interpretación, a su flexibilidad en el trabajo de campo y a su sensibilidad para realizar las correcciones necesarias en terrenos con topografía no completamente plana o irregular. (Glezz, 2017)

#### 4.3.7.1. Procedimiento en campo.

Se realizan Sondeos Eléctricos Verticales en arreglo Schlumberger (ver figura 10), cuyas mediciones de resistividad se hacen al nivel del terreno. Las aberturas de los electrodos “a” y “b” dependen del objetivo del estudio y son suficientes para caracterizar el subsuelo a la profundidad deseada; Estos sondeos se realizan en dos direcciones, perpendiculares entre sí, y se consideran los centros de las dos líneas como correspondientes a los centros geométricos de los arreglos realizados. Es decir, el cambio de resistividad con la profundidad se obtiene con la media de las dos mediciones, a fin de evitar errores en la interpretación de los resultados debido a la influencia de cambios de resistividad hacia el interior de la capa de suelo.

La toma de datos, de corriente y potencial se realiza con un equipo transmisor de corriente, capaz de inyectar al terreno pulsos rectangulares de 0.5 a 4 segundos de duración. (Sismica de Suelos, 2021).

Figura 10. Geometría del SEV arreglo de Schlumberger.



Nota. Adaptado por Sismica de Suelos ( 2021)

#### **4.3.7.2. Ábacos de Ebert (1943).**

La metodología se base en el punto auxiliar que es un método gráfico usado en la década de los años 60, con una precisión aceptable que sirvió a los geofísicos de la época; el procedimiento tiene sus orígenes con Hummel (1929) quien demostró que en casos de tres capas, con resistividad de la tercera capa igual a infinito, las dos primeras capas pueden sustituirse por una sola cuyo espesor es la suma de los espesores de ambas y cuya conductancia longitudinal, es la suma de dichas capas, sin que la parte derecha de la curva se alterase apreciablemente.

La experiencia demostró que, esta reducción de las dos primeras capas a una sola era aceptable solo para curvas de tres capas, con resistividad de la capa uno mayor que la resistividad de la capa dos, y esta, menor que la resistividad de la capa tres. A este tipo de curvas Hummel las llamo “H” que es la inicial del geofísico alemán aludido.

El método de punto auxiliar puede ser brevemente descrito como sigue:

Cada rama de una curva de resistividad aparente es aproximada por una curva de dos capas de resistividad aparente.

Las coordenadas de las cruces de estas curvas de dos capas, representan el espesor y la resistividad de una capa ficticia que reemplaza la secuencia de las capas superiores; Ebert (1943) empleo estas relaciones que proporcionan resultados favorables para un método de aproximación. (Kalenov, 1987).

#### **Correlación SEV y SPT**

La resistividad eléctrica de los geomateriales ha sido utilizada ampliamente en la prospección de aguas subterráneas, y en forma más limitada en la exploración geotécnica. De tal forma que dichos ensayos surgen en base a la respuesta a la necesidad de avanzar en el conocimiento de la relación entre resistividad eléctrica y características de los geomateriales de utilidad en la práctica geotécnica.

Generalmente las investigaciones se concentran a los suelos derivados de rocas sedimentarias, a partir de sondeos eléctricos verticales, ensayos de penetración estándar y ensayos de caracterización en laboratorio. Los resultados de la investigación son capaces de indicar diferencias razonables de los geomateriales del subsuelo con base en su resistividad eléctrica esto cuando se integra en la interpretación de los sondeos los valores de resistividad con un adecuado conocimiento de la geología local.

Las técnicas de geofísica aplicada están orientadas a distinguir o reconocer formaciones geológicas que se encuentran en profundidad mediante la medición de un parámetro físico

**Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba  
cantón y provincia de Loja**

---

asociado a ellas como lo es la resistividad eléctrica. Los métodos geofísicos son particularmente útiles cuando existen contrastes bien definidos entre las propiedades de materiales del subsuelo y son utilizados para cartografiar horizontes de suelo, y la posición del nivel freático y del basamento. La profundidad de penetración y la resolución de estos métodos varían dependiendo del equipo que se utilice y de las condiciones del terreno.

En la investigación geotécnica los métodos de exploración geofísica deben ser utilizados en combinación con la observación directa en campo y los sondeos mecánicos; los primeros pueden ser muy útiles como guía para determinar la localización de los sondeos mecánicos. (Arias, 2015).

**Tabla 1.** Resistividades de los geomateriales.

<b>Naturaleza del Material</b>	<b>Resistividad <math>\Omega \cdot m</math></b>
Basamento, Roca sana con diaclasas espaciadas	10000
Basamento, roca fracturada	1500-5000
Basamento, Roca fracturada saturada con agua corriente	100-200
Basamento, Roca fracturada saturada con agua salada	1-100
Gruss no saturada	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	30-100
Limos no saturados	60-100
Limos saturados	10-50
Arcillas no saturadas	20-40
Arcillas saturadas	5-20

*Nota.* Obtenido de Universidad Nacional de Colombia, (2000).

## **5. Metodología**

Dentro del trabajo de investigación, se desarrolló a partir de dos tipos de investigación: no experimental y experimental.

- **Investigación No experimental**

En sentido más específico, es el conjunto de técnicas y estrategias que se emplearon para localizar, identificar y acceder a aquellos documentos que contienen la información pertinente para la presente investigación (libros, ensayos, cartas geológicas, artículos científicos etc.)

En este tipo de investigación, se tienen dos conjuntos a estudiar. En uno, los elementos se mantienen constantes, mientras que, en el otro, las variables son manipuladas por los investigadores.

- **Investigación Experimental**

A partir de los objetivos planteados se analizó y explicó la realidad del área de estudio a partir de su observación (inductivo); este método se aplicó para la caracterización de las unidades geológicas estructurales.

Por otra parte, se tiene el método deductivo el cual es un proceso que va desde lo particular hasta lo general, consiste en explicar la realidad a partir de la lógica, es un proceso que va desde lo general hasta lo particular el cual se aplicó en el levantamiento topográfico, así como en los ensayos SEV y SPT.

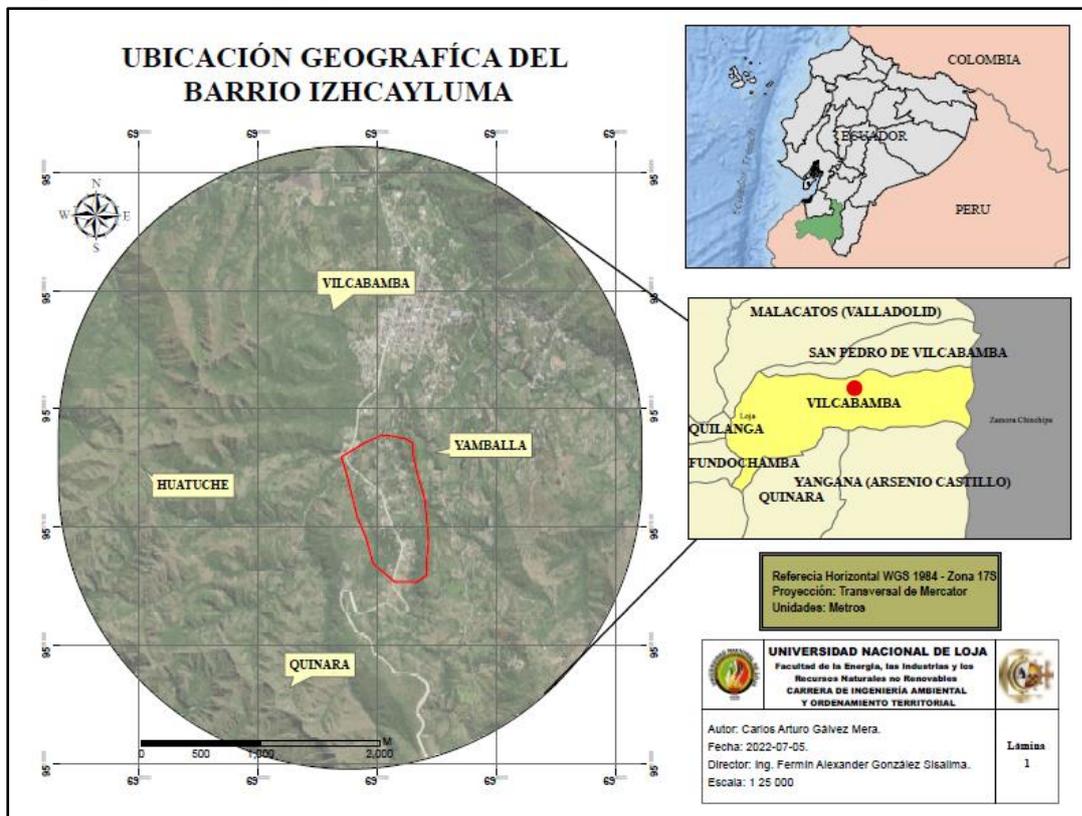
A su vez se basa en un procedimiento que descompone un todo en sus elementos básicos y, por tanto, que va de lo general a lo específico, éste fue muy útil ya que en conjunto con el método inductivo se complementaron para un análisis profundo de las unidades geológicas estructurales que comprenden el área de estudio.

Este tipo de investigación es la más importante ya que partió a través de la observación completa del área de estudio en donde se formuló premisas acerca de la litología del sector, así como el material geológico predominante para después a partir de ensayos en el laboratorio se corrobora dicha información y se elaboró un criterio técnico.

**5.1. Área de estudio**

La zona en la cual se realizó la presente investigación está ubicada en la región sierra al Sur del Ecuador a 40km de la ciudad de Loja, específicamente en el Barrio Izhcayluma, a su vez esté limita geográficamente, al Norte con la parroquia Vilcabamba, al Sur con la parroquia Quinara, al Oeste con el barrio Huatuche y al Este con el barrio Yamballa.

**Figura 11.** Ubicación geográfica de la zona de estudio



La zona de estudio comprende un área total de 23.79 ha, la cual fue limitada por las siguientes coordenadas WGS84/17S mismas que se muestra en la tabla 2.

**Tabla 2.** Coordenadas de ubicación de la zona de estudio.

Punto	X(m)	Y(m)	Z(msnm)
1	697148.67	9527521.86	1628
2	696986.16	9527144.66	1684
3	697072.35	9526758.31	1702
4	697264.44	9526624.78	1698
5	697340.98	9527076.85	1656

## Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba cantón y provincia de Loja

---

6	697272.78	9527381.07	1637
---	-----------	------------	------

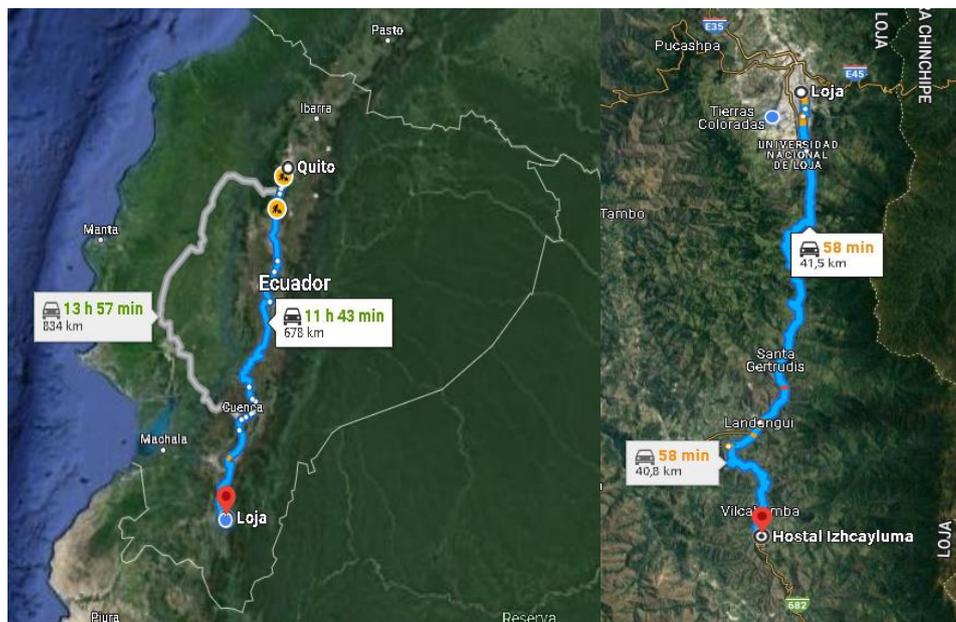
---

### 5.1.1. Acceso

Desde la capital de la República del Ecuador (Quito), mediante vía terrestre en un recorrido aproximado de 700 Km mediante una vía de primer orden por la carretera Panamericana Troncal de la Sierra/E35 en un aproximado de 11 horas en transporte público hasta la parroquia Vilcabamba, cantón y provincia de Loja.

Tomando como punto de partida el Terminal Terrestre Reina del Cisne de la ciudad de Loja se puede acceder al área por la Vía Loja–Vilcabamba, el recorrido lleva aproximadamente 60 min hasta llegar a la zona de estudio (Barrio Izhcayluma).

**Figura 12.** Ruta de acceso al área de estudio



Nota. Adaptado por Google Earth (2023)

### 5.1.2. Geología Regional

Gran parte de la región sur está conformada principalmente por las cuencas de Catamayo- Gonzanama , Malacatos Vilcabamba y Sacapalca; la formación de dichas cuencas representa un largo proceso de evolución lo cual dio lugar primeramente a una etapa de adelgazamiento cortical y con una extensión predominante en dirección Este-Oeste con presencia de fallas normales e inversas, afectando a rocas Paleozoicas del basamento durante el Oligoceno; siendo esta primera etapa la que permitió el ingreso de los sedimentos marinos a las cuencas aledañas, depositándose en ambientes de deltas.

En una segunda etapa existió una subsidencia de las cuencas en dirección Norte-Sur esto debido a los periodos de rápida exhumación de las cordilleras y cuyo relleno corresponde en su gran mayoría a lacustres y fluviales, debido al levantamiento de las cordilleras se originaron esfuerzos compresivos los cuales actuaron como medio deformacional de las cuencas. (Hungerbühler, 1997).

En general en gran parte de la región sur afloran rocas volcánicas cineríticas, de composición mayormente ácida y con altos índices de mineralización posiblemente de tipo hidrotermal. En gran medida las rocas que afloran en varios lugares corresponden a filitas, cuarcitas, esquistos, limonitas, arcillas y tobas.

### **Cuenca Malacatos-Vilcabamba**

Las secuencias sedimentarias de esta cuenca están sobreyaciendo parcialmente, las rocas Paleozoicas metasedimentarias de la Unidad Chiguinda (Litherland et al., 1994) desde el borde Oeste de la cordillera Real y a los volcánicos de la Fm. Loma Blanca, del Oligoceno inferior.

### **Depósitos Coluviales y Aluviales**

Corresponde a un material poco consolidado con componentes metamórficas y/o volcánicas, se evidencia areniscas de grano fino-grueso y arcillas de edad cuaternaria.

### **Formación Quinara**

Expuesta al sur de la cuenca y está compuesta por tobas ácidas grises y blanquecinas, ignimbritas, y brechas con escasos líticos metamórficos, que tiene un espesor aproximado de 300 m. Esta Formación descansa discordante sobre rocas metamórficas del Paleozoico, y esta disconforme sobre la Fm. Cerro Mandango. Las litologías volcánicas de la formación Quinara corresponden al Mioceno medio.

### **Formación San Francisco**

Es descrita por Corrochano (2014), considerando edades de  $11.4 \pm 1.6$  a  $7.7 \pm 0.8$  Ma, obtenidas mediante dataciones radiométricas de ZFT (Zircon Fission Track) y realizadas por Hungerbühler (1997), quién incluye esta formación dentro del Fm. Cerro Mandango como Miembro Arenisca. Esta Formación presenta en su sección basal varias secuencias que exponen asociaciones de facies de llanura deltaíca fluvial, caracterizada por intercalaciones de areniscas y conglomerados, y una asociación de facies palustre, con facies limolíticas y lutíticas.

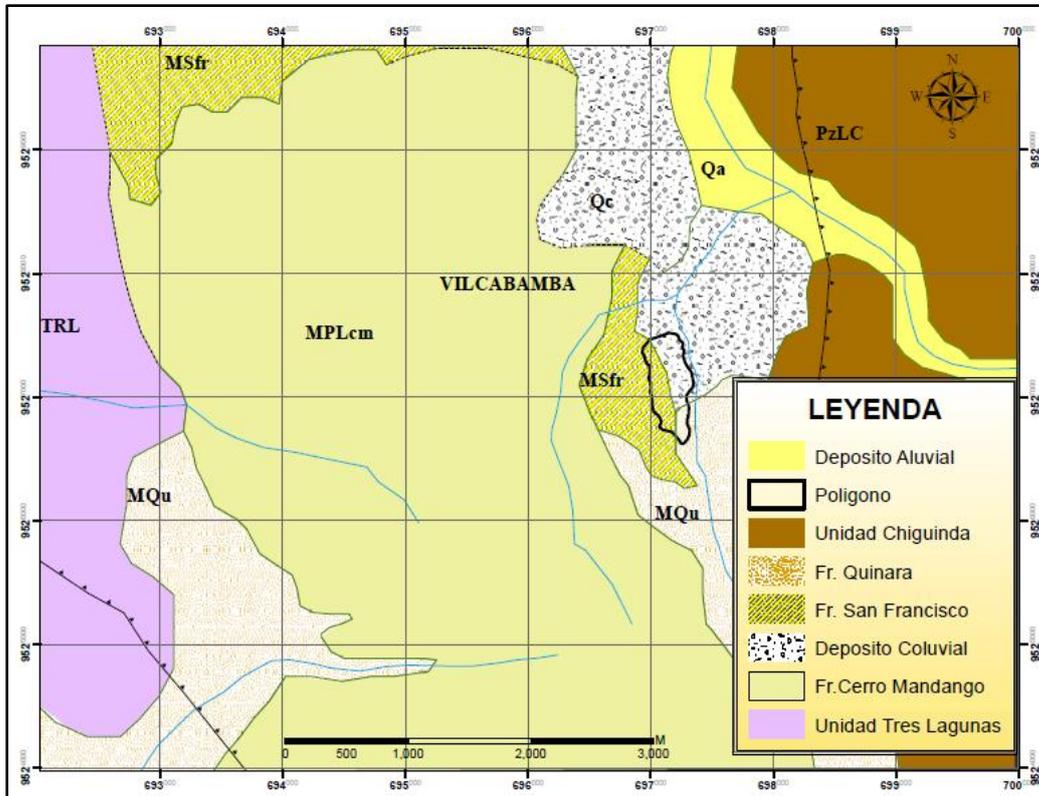
### **Formación Cerro Mandango**

Fue descrita por Kennerley (1973), sobre la Fm. Santo Domingo, y sobre rocas metamórficas viejas, con discordancia angular, y parcialmente está conformante sobre la Fm. Quinara. En la parte inferior está el Mb. Arenisca y en la parte superior el Mb Conglomerado.

**Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba cantón y provincia de Loja**

El Mb. Arenisca consiste en areniscas de grano medio y grueso, con laminación cruzada, láminas de grava con pequeños clastos metamórficos, y pocos limos. El Mb. Conglomerado consiste en general de conglomerados clasto soportado (clastos metamórficos), de areniscas de grano grueso, y pocos limos. (Cabascango, 2020).

**Figura 13. Ubicación geológica del área de estudio**



*Nota.* Adaptado por Hoja Geológica de Gonzanamá, Hoja 57, N VII-B.(2023)

**5.1.3. Clima**

La parroquia Vilcabamba presenta una climatología claramente definida como subtropical-seco en la cual no ocurren cambios bruscos con un valor promedio anual de 20.8° C; la temperatura máxima del sector es de 21.3° C esto en el mes de octubre y la más baja de 20.5° C en el mes de agosto. Dichos valores se observan en la tabla 3 con información en base a las estaciones meteorológicas.

**Tabla 3. Temperatura media mensual y anual (°C)**

Cod	Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media
MO33	Argelia	16.1	16.1	16.2	16.4	16.2	15.6	15.1	15.4	16.1	16.5	16.5	16.5	16.1
M143	Malacatos	20.1	19.7	19.6	19.8	19.9	19.6	19.8	19.9	20.1	20	20.1	20.2	19.9
M144	Vilcabamba	20.7	20.6	20.8	20.7	20.6	20.6	20.5	20.8	21.2	21.3	21.1	21	20.8
M147	Yangana	19.5	19.2	19.2	19.4	19.3	19.1	18.4	19	19.5	19.7	19.9	19.5	19.3

*Nota.* Adaptado por PDyOT-Vilcabamba (2019)

## Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba cantón y provincia de Loja

La estación lluviosa y las precipitaciones más fuertes ocurren entre el periodo de febrero y marzo y el segundo periodo de menos precipitación durante los meses de julio a septiembre con una precipitación media anual es de 869,9 mm y con una humedad del 78%.

En la tabla 4 se evidencia el índice de precipitación anual en base a las estaciones meteorológicas colindantes al sector de estudio.

**Tabla 4.** *Precipitación media mensual (mm)*

Cod	Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media
MO33	Argelia	94.2	128	151	99.1	63.5	53.5	49.9	41.6	39.4	71.2	75.5	89.8	956.7
M143	Malacatos	65.7	89.3	120	98	35.8	7.5	5.5	4.9	24.2	76.1	60.3	81.5	668.8
M144	Vilcabamba	106	133	157	110	50.3	15.5	8.7	6.2	32	82.5	76	92.7	869.9
M147	Yangana	132	171	120	120	79	58.3	44.8	30	38.5	93.7	82.9	118	1160.2

*Nota.* Adaptado por PDyOT-Vilcabamba (2019)

### 5.1.4. Hidrografía

La zona de estudio que comprende el Barrio Izhcayluma se encuentra dentro de la microcuenca del río Vilcabamba, misma que es la Microcuenca más grande en superficie de todo el territorio contando con un área de 8.124,51 ha, representando el 44,30% del área parroquial. La microcuenca Vilcabamba está atravesada en su totalidad por el Río Yambala en dirección norte a sur y este divide la microcuenca en dos partes, la occidental con las quebradas Guanamaca y Huatuchi y la oriental con la quebrada Riopamba.

### 5.2. Procedimiento

Para dar cumplimiento a los objetivos planteados en la presente investigación se procedió a seguir la siguiente secuencia.

Primeramente, una fase de recolección de información general con respecto a las zonas colindantes al área de estudio; seguidamente una fase de campo en la cual el principal propósito fue la observación, descripción y recopilación de todos aquellos elementos que conforman el entorno para así dar un criterio técnico; a continuación, se procedió con una fase de laboratorio la cual se complementa directamente con la fase de campo, ya que al recolectar muestras estas son analizadas y descritas a mayor detalle en esta fase; finalmente la investigación concluyó con una fase de gabinete en donde, con los datos obtenidos en todas las fases anteriores se procedió al diseño de todos los modelos necesarios para cumplir con la investigación.

### 5.2.1. Metodología- Primer Objetivo

- Realizar el levantamiento topográfico a detalle, escala 1:1000.

#### Topografía

##### Trabajo en Campo

Primeramente, se partió de la delimitación del área de estudio la cual cuenta con 23.79 ha, a su vez dicho levantamiento se realizó con el uso de un vehículo aéreo no tripulado (Dron PHANTON 4 PRO V2.0), el cual cuenta con una cámara 4K/60fps de alta resolución y una distancia focal de 24 mm; donde se reconoció, evaluó, registro y almaceno los datos obtenidos en campo tales como un set de fotografías.

A continuación, se colocó un Punto de Partida (PP) en la parte más alta de la zona de estudio misma ubicada al Sur cerca de la capilla de la comunidad, a su vez este punto sirvió para el posicionamiento de la base GPS Diferencial Emild Reach Rs+ con coordenadas WGS1984/UTM/ZONA17S: X: 697264.35(m) Y: 9526760.49(m) Z: 1701.27 (msnm).

**Figura 14.** Posicionamiento del PP con el GPS diferencial(izquierda), ubicación y calibración del ROVER(derecha).



La base del GPS diferencial fue ubicada en uno de los puntos más altos del área de estudio para así poder tener una mejor recepción de la información enviada por el dron y el ROVER del GPS diferencial, una vez estabilizada la base se colocó un total de 7 puntos de apoyo y control terrestre denominados GCP distribuidos en el área de trabajo cada uno de estos puntos se marcó con una cinta de color rojo en forma de “x”, esto con el objetivo que sean reconocibles al momento que el Dron realice las diferentes líneas de vuelo a una altura de 60 m y una velocidad constante de 0.44m/s.

**Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba cantón y provincia de Loja**

A continuación, se detallan los GCP tomados en el área de estudio.

**Tabla 5.** Puntos GCP.

PUNTO GCP	ESTE X (m)	NORTE Y(m)	ALTURA(msnm)
GCP1	697234.91	9526713.24	1696.65
GCP2	697274.27	9527107.59	1644.82
GCP3	697109.31	9527010.33	1670.72
GCP4	696978.38	9527304.17	1653.01
GCP5	697161.60	9527489.34	1620.33
GCP6	697239.42	9527295.35	1633.96
GCP7	697214.87	9526827.82	1688.71

**Figura 15.** Distribución de puntos GCP y Base en el sector de estudio.



En total se realizaron 9 líneas de vuelo que fueron realizadas de forma automática por la aplicación de libre acceso (PIX4DCAPTURE) previamente cargada la información del sector con un total de 973 fotografías, delimitado y abarcando una extensión adicional en las afueras del área prevista esto para realizar un correcto traslape (80%) de las fotografías. Finalmente,

## Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba cantón y provincia de Loja

para poder lograr una mejor precisión la base del GPS diferencial fue enlazada con la RED GNSS DE MONITOREO CONTINUO DE ECUADOR –REGME específicamente con la estación GNSS LJEC-UTPL. (anexo1)

A continuación, se muestra la ubicación de la estación GNSS LJEC-UTPL.

**Figura 16.** Ubicación estación GNSS LJEC-UTPL.



Nota. Adaptado por IGM(2023)

### Trabajo en Gabinete

Para el post procesamiento de las 973 fotografías obtenidas en las 23.79 ha del sector de estudio se utilizó el software PIX4D MAPPER; mediante el cual se realizó una fotogrametría esto con la finalidad de una correcta interpretación de los datos ya descritos, a su vez este proceso consta de 3 pasos.

El primer paso denominado “Procesamiento inicial” el cual consistió en cargar todas las fotografías del sector de estudio, seguidamente se referenció dichas fotos ingresando las coordenadas UTM/WGS84/17S de los 7 puntos de apoyo y control terrestre.

El segundo paso “Nube de puntos y malla” como ya se menciona el objetivo en este paso fue la generación de una nube de puntos clasificada con respecto a las fotografías y una malla que hace alusión a una serie de divisiones a lo largo y ancho del sector de estudio.

El tercer paso “DSM, ortomosaico e índices” el objetivo de este fue generar el DTM (modelo digital del terreno) y el ortomosaico final, previo se depuró todos aquellos puntos que no estén sujetos netamente a nivel de suelo como lo es: vegetación e infraestructura; una vez finalizada la depuración se pudo obtener un DSM (modelo digital de superficies), con un tamaño de 2.99cm/pixel. (ver anexo 1)

Para la elaboración del mapa topográfico se lo realizó en el software ArcGIS 10.5 en base al siguiente procedimiento:

- En primera instancia se creó un nuevo archivo “mxd” en el cual se arrastró la ortofoto y el modelo DSM previamente diseñados en el software PIX4D MAPPER.
- Se creó un nuevo shapefile “Área de estudio” y definió el área real ya que el modelo DSM abarca un área mayor esto debido al traslape de las fotografías.
- Con la herramienta ArcToolbox-Analyst Tools-Extract-**Clip** se recortó el shapefile “Área de estudio” con el modelo DSM, de esta manera se obtuvo el área real de trabajo.
- Seguidamente se realizó la generación de las curvas de nivel del área de estudio esto con ayuda del nuevo modelo DSM (Área de estudio); ArcToolbox- Spatial Analyst Tools-Surface-**Contour**; en este último en la casilla “contour interval” se coloca la distancia de las curvas de nivel en este caso de 2m y se lo guardo con el nombre de “curvas de nivel”.
- Obtenidas las curvas de nivel se procedió a suavizarlas para darles una mejor interpretación y presentación, con la herramienta ArcToolbox-Cartography Tools-Generalization-**Smooth Line**; en la casilla “Input Features” se colocó el shapefile de “curvas de nivel”, se selecciona el archivo de salida en la casilla “Output Feature Class” con el nombre de “curvas” y finalmente en la casilla “Smoothing Tolerance” se colocó el valor de 30 m el cual corresponde al grado de suavidad de las curvas de nivel.
- A continuación, se procedió a clasificar las curvas de tal manera que las curvas principales estén cada 10m, mientras que las secundarias cada 2m; en la tabla de atributos del shapefile “curvas” se creó un nuevo campo tipo texto de nombre “Intervalo” se selecciona el apartado “Select by Attributes” y se escribió el comando para seleccionar únicamente los valores cada 10m;  $\text{MOD}(\text{“CONTUOR”}, 10) = 0$  y OK, el campo “CONTUOR” corresponde a la casilla en donde están las respectivas alturas de las curvas de nivel, de esta forma se seleccionaron las curvas deseadas y con ayuda de la herramienta “Fiel Calculator” se colocó el nombre de “curvas principales”, y con la herramienta “Switch Selection” se hizo una inversión de tal forma que se seleccionan el resto de curvas las cuales se les dio el nombre de “curvas secundarias”.

- Finalmente, con ayuda de la ortofoto se pudo realizar una digitalización de todos los aspectos físicos de mayor relevancia tales como: infraestructura, vías de primer, segundo orden, caminos y senderos, para esto se procedió a crear un shapefile para cada uno de estos aspectos.

### **Pendientes**

El mapa de pendientes se confeccionó con el software “ArcGis 10.5” a escala 1:1000. Tomando como base las curvas de nivel y el polígono del área de estudio, primeramente se generó un TIN (Triangle Regular Network o Red de Triangulación Regular), seguidamente se transformó el TIN a modelo raster creando el DEM (Modelo digital del terreno), mediante la herramienta espacial analyst tools/Surface/Slope para así generar el mapa de pendientes siguiendo la metodología de Martínez y Mercado (1992), finalmente se reclasificó de acuerdo a la metodología propuesta por (DEMEK, 1972), el cual clasifica las pendientes en 5 clases.

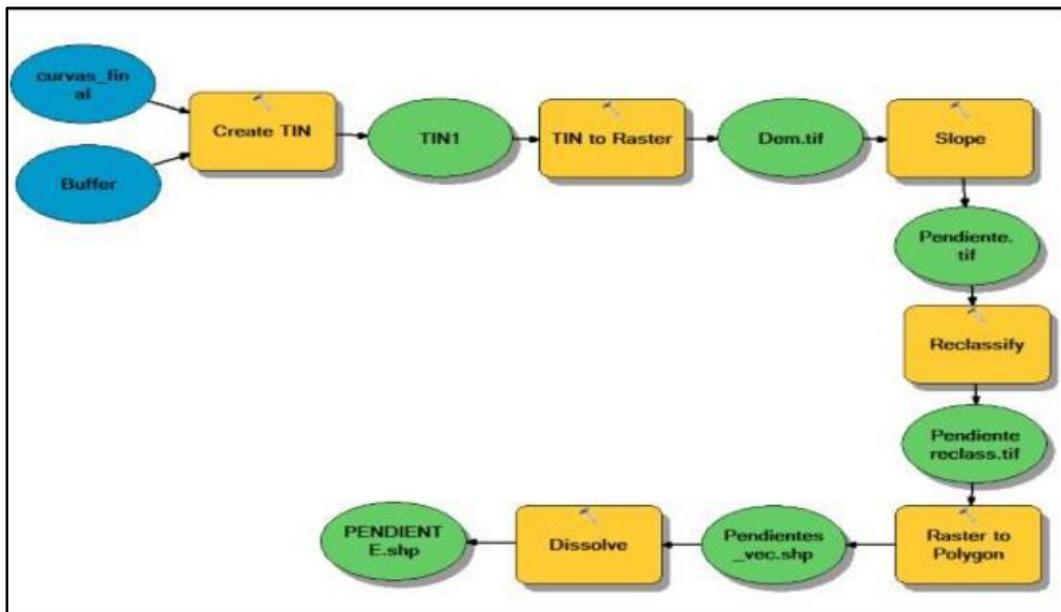
**Tabla 6.** *Clasificación de las pendientes.*

<b>Termino de la pendiente</b>	<b>Categoría (°)</b>
Ligeramente Inclinado	0-5
Fuertemente Inclinado	5-15
Muy Inclinado	15-35
Empinado	35-55
Vertical	55-90

*Nota.* Adaptado por Demek (1972)

En la figura 17 se muestra el procedimiento a través del modelo Model Builder para la confección del mapa de pendientes.

Figura 17. Diagrama de flujo para la creación del mapa de pendientes.



### 5.2.2. Metodología- Segundo Objetivo

- Caracterizar el levantamiento de las unidades geológicas estructurales.

Para la descripción de la geología del área de estudio se tomó como referencia la hoja geológica 57, N VII-B de Gonzanamá a escala 1: 100 000, además de la recopilación de diferentes estudios en zonas aledañas de tal forma de garantizar la calidad y veracidad de la información.

### Geología

#### Trabajo en campo

#### Identificación y descripción de afloramientos

El reconocimiento de campo se realizó “in situ” mediante el método de Mapeo por Afloramientos de Echeveste (2018), tomando en cuenta afloramientos de origen natural y antrópico los cuales fueron identificados a lo largo de la zona de estudio a su vez se tomaron datos estructurales como lo son potencias, rumbo, buzamiento, dirección de buzamiento además de identificar estructuras geológicas secundarias tales como: fallas, fracturas, foliación y diaclasas.

La elaboración del corte geológico se lo llevó a cabo principalmente con el ángulo de buzamiento de aquellos afloramientos cercanos a los contactos de las diferentes litologías a su vez apoyado en la carta geológica de la zona de estudio.

Los equipos y materiales utilizados fueron martillo geológico, brújula Brunton, ácido clorhídrico al 7%, lupa de bolsillo, GPS Garmin y fundas para recolectar muestras; el

**Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba cantón y provincia de Loja**

levantamiento y descripción de la información de cada afloramiento se realizó mediante una ficha técnica para la descripción de afloramientos (anexo 2).

**Tabla 7.** Ficha técnica para la descripción de afloramientos

 Universidad Nacional de Loja				<b>Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba cantón y provincia de Loja.</b>			
<b>Código del afloramiento:</b>			Perfil litológico del afloramiento				
<b>Responsable:</b>			<b>Tipo de Afloramiento</b>				
<b>Cantón:</b>			<b>Cobertura Vegetal</b>				
<b>Parroquia:</b>			<b>Estado de meteorización</b>				
<b>Sector:</b>			<b>Angulo de inclinación</b>				
<b>Coordenadas UTM-DATUM WGS84</b>			<b>Formación Geológica</b>				
<b>X:</b>	<b>Y:</b>	<b>Z:</b>	<b>Datos estructurales</b>				
<b>Dimensiones</b>	<b>Ancho</b>	<b>Alto</b>	<b>Rumbo</b>				
			<b>Buzamiento</b>				
<b>Fecha:</b>			<b>D. de Buzamiento</b>				
<b>Nro. Capas</b>	<b>Génesis</b>	<b>Litología</b>			<b>Potencia (m)</b>		
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
<b>Descripción Litológica:</b>							
<b>Fotografía</b>							
<b>Observaciones</b>							

### **Metodología de gabinete**

A partir de la información registrada en campo se procedió a confeccionar la cartografía geológica siguiendo la metodología de González Vallejo (2002), misma que destaca la universalidad de las diferentes tramas usadas para representar litologías, así se inició con la ubicación de los afloramientos en el mapa topográfico mediante el uso del software ArcGIS 10.5 indicando el tipo de roca con sus respectivos rumbos y buzamientos, obteniendo como resultado el mapa de afloramientos, que sirvió de base para generar el mapa litológico, empleando técnicas de interpretación e interpolación de estos puntos y estructuras previamente levantadas.

Además, se creó Shapefiles correspondientes a puntos líneas y polígonos y mediante la agrupación y digitalización de materiales con características en común, así se delimitó las litologías existentes, obteniendo el mapa geológico local a escala 1:1000 con su respectiva leyenda.

### **Geología Estructural**

El levantamiento geológico estructural a escala regional se realizó por medio de fotointerpretación de imágenes satelitales, considerando criterios para el reconocimiento de fracturas, expuestos en el “manual de Fotogeología” de Vergara, 1971. A su vez se consideró criterios de investigaciones previas como “Revisión morfoestructural y tectónica del norte de la cuenca Malacatos- Vilcabamba” expuesta por (Solís et al., 2017). Las estructuras locales fueron levantadas y verificadas en campo mediante el mapeo por afloramientos establecido previamente.

### **Elaboración de calicatas**

El reconocimiento preliminar y descripción de afloramientos, permitió conocer la homogeneidad litológica de la zona de estudio, de manera que las calicatas se realizaron en puntos donde no existió la presencia de afloramientos para determinar en primer plano la litología predominante en el sector, y por otra parte reconocer las propiedades físicas del suelo “IN SITU” tales como: color, textura y humedad natural.

Las calicatas se elaboraron de manera mixta, es decir mecánica, utilizando una retroexcavadora y manualmente mediante pala y barreta en base a la Norma NTP 339.162 (ASTM D-430).

Toda la información levantada fue recolectada en una ficha de calicatas (ver anexo 3).

**Tabla 8.** *Ubicación de las calicatas.*

N° Calicata	Coordenadas (WGS1984/UTM/ZONA17S)			Dimensiones		
	X(m)	Y(m)	Z(msnm)	Longitud (m)	Ancho (m)	Profundidad (m)
1	697204	9527417	1634	1	1	2.00
2	697275	9527199	1668	1	1	2.00
3	697214	9526704	1720	1	1	1.5
4	697286	9526823	1694	1	1	2.00
5	697095	9527177	1655	2.50	2.50	3
6	697140	9527208	1664	1	1	2.00
7	697247	9527097	1670	1	1	2.00

**Figura 18.** *Realización y medición de las dimensiones de la calicata 1*



### 5.2.3. Metodología Tercer Objetivo

- Determinar las propiedades físico mecánicas de los materiales existentes en el sector de estudio mediante ensayos SEV y SPT, además representar éstos cartográficamente.

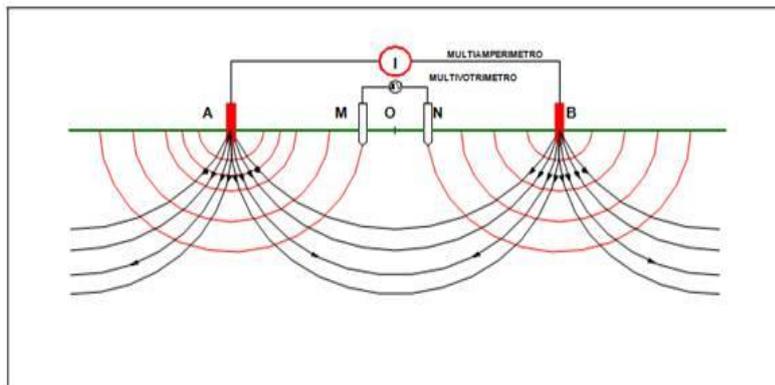
#### Trabajo en campo

##### Sondeo Eléctrico Vertical (S.E.V)

Se realizó un total de 4 S.E.V distribuidos en el área de estudio tomando en cuenta para su ubicación los lugares en donde se presentó un cambio litológico, además dichos ensayos están ligados a determinar las propiedades físicas de los materiales que existieron en el área de estudio, que a su vez sirvieron para complementar el levantamiento geológico; los S.E.V son un proceso de correlación de las capas del corte geoelectrico con la estratificación mediante la inyección de corriente eléctrica en el subsuelo, la respuesta eléctrica esta intrínsecamente ligada a la composición mineralógica, propiedades físico mecánicas y grado de saturación de los materiales que conforman el suelo.

El arreglo utilizado en la ejecución de los S.E.V es el de Schlumberger el cual se basa en la colocación de 4 electrodos alineados y simétricos respecto al centro del sondeo, dos electrodos de potencial (M, N) y dos de corriente (A, B), (ver figura 19), para la medición se utilizó la separación entre los electrodos de corriente siendo estos los que se desplazan a lo largo de la línea S.E.V a diferentes distancias mientras que los electrodos de potencial permanecen estáticos.

**Figura 19.** Esquema de SEV de cuatro electrodos



*Nota.* Adaptado por Geomaster (2015)

Las medidas de resistividad del subsuelo fueron adquiridas con el resistivímetro de marca ABEM, modelo Terrameter (SAS-1000) el cual fue la unidad central de donde se controla la inyección de corriente, la medida de potencial y la configuración electródica, las ventajas principales en el arreglo de Schlumberger es el tiempo de ejecución del sondeo y la calidad de las curvas de campo es superior, esto debido a que los electrodos de potencial permanecen fijos.

El proceso consistió en primera instancia en introducir corriente eléctrica al subsuelo desde la superficie por medio de dos electrodos de denominación A y B y a su vez medir la caída de potencial eléctrico con los dos electrodos restantes denominados M y N los cuales deben estar alineados, así se va aumentando progresivamente la distancia de los mismos manteniendo un punto fijo central; todos los datos son registrados en la memoria del resistivímetro (ver anexo 4).

Figura 20. (Izquierda) Toma de datos, (Derecha) Resistivímetro ABEM Terrameter, arreglo de Schlumberger.



Una parte del tratamiento de los datos se la realizó en campo con el cálculo de la resistividad aparente con el uso de fórmulas y a su vez la elaboración de la curva resistividad – distancia sobre una hoja logarítmica, en donde las resistividades aparentes corresponden al eje de las ordenadas y las distancias en el eje de las abscisas.

$$\rho\alpha = K\left(\frac{\Delta V}{I}\right)$$

Donde:

$\rho\alpha$ = resistencia aparente ( $\Omega\text{m}$ )

K= coeficiente del dispositivo de Schlumberger (m)

$\Delta V$ = diferencia de potencial (mv)

I= intensidad de la corriente (ma)

Las fichas técnicas utilizadas constan de la siguiente información, en la primera columna corresponde a la abertura AB/2, en la segunda la abertura MN, en la tercera el coeficiente del dispositivo en este caso del arreglo Schlumberger que relaciona las distancias AB y MN, en la cuarta la resistividad que es el valor del cociente  $\Delta V/ I$  y la quinta y última columna es la resistividad aparente la cual es calculada de la multiplicación de la columna tres y cuatro.

### Trabajo en gabinete

Una vez realizadas las líneas SEV, se realizó el procesamiento de las resistividades obtenidas en campo mediante el software IPI2Win el cual es de uso libre; este sirvió para la interpretación de los datos del sondeo eléctrico vertical, el programa recolecta los valores correspondientes de AB/2, MN,  $\rho\alpha$ , una vez analizada esta información se elabora la curva teórica de resistividad en función de la distancia AB/2 en donde se pudo obtener los parámetros de inversión: número de capas(n), valores de resistividad por capa( $\rho_i$ ) y alturas de las capas( $h_i$ ).

Además, también se utilizó los diferentes ábacos de Ebert (1943) (ver anexo 5) para corroborar la información obtenida por el software; para dar una idea de los valores de resistividad obtenidos, en la tabla 9 se presenta valores típicos según Cantos (1974).

**Tabla 9.** Valores típicos de resistividad en rocas

<b>Tipo de material</b>	<b>Resistividad (Ohm.m)</b>
<b>Arenisca seca</b>	5-25
<b>Limonita</b>	10-45
<b>Marga</b>	20-65
<b>Arcilla seca</b>	15- 25
<b>Arcilla húmeda</b>	25-50
<b>Gravas</b>	100-300

*Nota.* Adaptado por (Cantos 1974).

### **Ensayos de penetración Estándar (S.P.T)**

#### **Trabajo en campo**

El ensayo de penetración estándar (SPT), es un método de ensayo in-situ, se realizó en campo para determinar las condiciones de resistencia del suelo y se obtuvo una muestra representativa del estrato y así se determinó las propiedades mecánicas de los materiales en la zona de estudio, en la Norma ASTM D-1586, indica la instrumentación, metodología y obtención de resultados del Ensayo de Penetración Estándar.

De forma normal el ensayo consistió en apoyar en el terreno del fondo de una perforación y al nivel deseado un muestreador (penetrómetro estándar), en este caso tubo partido también conocido como cuchara partida el cual tiene un diámetro externo de 51 mm y diámetro interno de 35mm, para la penetración se utiliza de una maza o martillo 63.5 kg, (140 lbs), altura de caída 76.2 cm, (30 pulgs), contabilizando el número de golpes necesarios para hincar o penetrar.

Para realizar los ensayos S.P.T. se procedió a la recolección de muestras representativas durante las salidas de campo, estas muestras posteriormente fueron empleadas para realizar sus respectivos análisis de laboratorio, el ensayo S.P.T. es sencillo y puede ser introducido con facilidad en cualquier sondeo de reconocimiento. Puede ejecutarse en casi cualquier tipo de suelo, incluso en rocas blandas o meteorizadas. Los resultados de la prueba, difundida ampliamente en todo el mundo, se correlacionan empíricamente con las propiedades específicas in-situ del terreno.

Después que haya avanzado el sondeo hasta la profundidad deseada y que se haya limpiado en tal forma que se garantice que el suelo a ensayar no se encuentra alterado.

- Acoplar el muestreador (tubo partido) a la tubería de perforación e introducir en el pozo perforado, dejándolo caer suavemente hasta el fondo.
- En la superficie unir a la barra de perforación el martillo con su respectivo acople.
- Apoyar el muestreador en el fondo del pozo, y marcar el extremo superior de la tubería de perforación en tres incrementos sucesivos de 15 cm.
- Penetrar o hincar el muestreador con golpes del martillo de 63,5 kg, con caída de 76,2 cm., contar el número de golpes aplicados a cada incremento de 15 cm.
- Anotar en el registro de perforación, el número de golpes por cada 15 cm. de penetración o de la fracción correspondiente.
- Después de dar por terminado el ensayo y antes de extraer el muestreador, hacer girar la tubería con el muestreador con el fin de que la muestra se corte en el fondo.
- Extraer el muestreador a la superficie, abrir y medir la muestra de suelo recuperado para determinar el % de recuperación, es importante retirar la porción de suelo de parte superior que se considera no representativa y alterada.
- Describir la muestra representativa de suelo, principalmente la humedad, color, olor, definir si es suelo fino o grueso, plasticidad y compacidad en suelos finos, densificación en caso de suelos gruesos.
- Identificar la muestra de suelo mediante una tarjeta, que consta principalmente, profundidad y número de golpes.
- Poner la muestra en un recipiente (funda hermética), para evitar la evaporación de la humedad del suelo.
- Las muestras se colocan en una caja para su adecuado transporte.
- Se repite el mismo procedimiento para la siguiente profundidad requerida.

### **Trabajo de Laboratorio**

Una vez obtenidas las muestras del ensayo SPT, y mediante las normas ASTM, se realizó los ensayos de laboratorio, los cuales se detallan en la Tabla 10, con su respectiva norma.

**Tabla 10.** *Ensayos realizados*

<b>Ensayos</b>	<b>Normas</b>
Contenido Humedad	ASTM D 2216-98
Limite liquido	ASTM D 423-66

**Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba cantón y provincia de Loja**

Limite plástico	ASTM D 424-59
Granulometría	ASTM D 421-58

Obtenidos los resultados del laboratorio estos son relacionados con los obtenidos del ensayo SPT en lo que respecta a la compacidad relativa de la arena, y a la resistencia de los suelos cohesivos y arenas como se detalla en la Tabla 11 y 12.

**Tabla 11.** Valores en base a la compacidad relativa de las arenas

Número de golpes del SPT	Compacidad relativa
0 - 4	Muy suelta
5 - 10	Suelta
11 - 20	Firme
21 - 30	Muy firme
31 - 50	Densa
Más de 50	Muy densa

*Nota.* Adaptado por Aguilar (2013)

**Tabla 12.** Correlación del valor de  $N$  y la resistencia a la compresión simple ( $q_u$ )

Número de golpes del SPT	Consistencia	Resistencia a la compresión simple en ( $\text{Kg/cm}^2$ )
<2	Muy Blanda	<0.25
2 - 4	Blanda	0.25 - 0.50
4 - 8	Media	0.50 - 1.00
8 - 15	Firme	1.00 - 2.00
15 - 30	Muy Firme	2.00 - 4.00
>30	Dura	>4.00

*Nota.* Adaptado por Aguilar (2013)

### **Contenido de Humedad**

- Se pesó el tarro o cápsula de secado que se va a emplear para realizar este ensayo (peso tarro).
- Se tomó una porción de la muestra obtenida en el campo en un recipiente, se la pesa (peso húmedo) y se la coloca en el horno a 110 °C. La muestra debe permanecer 24 horas en dicho horno.

- La muestra secada se la saco del horno y se la deja enfriar para posteriormente pesarla (peso seco).
- Una vez que se tuvieron los valores: peso tarro, peso húmedo y peso seco, se procedió a calcular el % de humedad utilizando la siguiente fórmula:

$$w(\%) = \frac{W_w}{W_s} * 100$$

### **Limite liquido**

Para la determinación del mismo se emplea material de suelo que pasa el tamiz No. 40 y se siguió el siguiente procedimiento:

- Se toman unos 100g del material, se colocan en una cápsula de porcelana y con la ayuda de una espátula se hace una mezcla pastosa, homogénea y de consistencia suave agregándole una pequeña cantidad de agua durante la mezcla.
- Se coloca esta pasta de suelo en la copa de Casagrande y se hace un corte en su centro, usando una herramienta de ranurado.
- La copa se eleva mediante la acción de una manivela y se deja caer desde una altura de 10 mm. A razón de 2 golpes por segundo, contando el número de golpes necesarios para que la parte inferior de la ranura se cierre a los 12.7mm. En el caso de que esto no suceda, se recoge la muestra de la copa y se le agrega un poco más de agua volviéndola a mezclar.
- Una vez obtenido el número de golpes, se toma una porción de la pasta de suelo del área más cercana a la ranura para determinar el contenido de agua, esta pasta se deposita en un tarro.
- Se repiten los pasos anteriormente descritos humedeciendo el suelo (con otros contenidos de humedad), para lo cual se hace uso de un gotero. Al añadir el agua se debe mezclar bien con el suelo hasta que este quede uniformemente incorporado.
- Cada tarro se pesa y se los coloca en el horno por 24 horas (Ph).
- Ya secas las muestras vuelven a ser pesada. (Ps)
- Con los valores obtenidos se procede a realizar los cálculos respectivos.

### **Limite Plástico**

Al igual que el ensayo de limite liquido se emplea material de suelo que pasa el tamiz No. 40 y se siguió el siguiente procedimiento:

- Para realizar este ensayo se hace uso de la mezcla sobrante del ensayo de Límite líquido. A esta mezcla se le evapora humedad removiéndola con la ayuda de la espátula hasta

obtener una muestra plástica para después realizar rodados repetidos de tamaño elipsoidal sobre una placa de vidrio esmerilado.

- Se forma una pequeña bola de masa, la cual se hace rodar entre la palma de la mano y el vidrio esmerilado con presión suficiente para enrollar la masa hasta obtener un hilo de diámetro uniforme de unos 3 mm.
- Si el hilo no se ha desmoronado antes de llegar a un diámetro de 3 mm, deberá juntarse nuevamente la masa, formar una bola y volver a enrollarla. Continuando con el enrollado hasta conseguir un hilo de suelo de unos 3 mm hasta que el hilo se desmenuce al alcanzar dicho diámetro. Los suelos que no puedan ser enrollados se los considera como NP que significa suelos no plásticos.
- Posteriormente se recogen todos los fragmentos de suelo disgregado y se los coloca en un recipiente (tapa seca), se los pesa y coloca en el horno por 24 horas. Una vez seca se lo vuelve a pesar.
- Este proceso se repite con otra porción de masa y con los valores obtenidos se realizan los cálculos respectivos.

### **Granulometría**

Con este análisis se determina la cantidad en porcentaje de los diferentes tamaños de las partículas que constituye un suelo, para lo cual se realizó la clasificación granulométrica mediante el tamizado. Y el proceso que se siguió fue el siguiente:

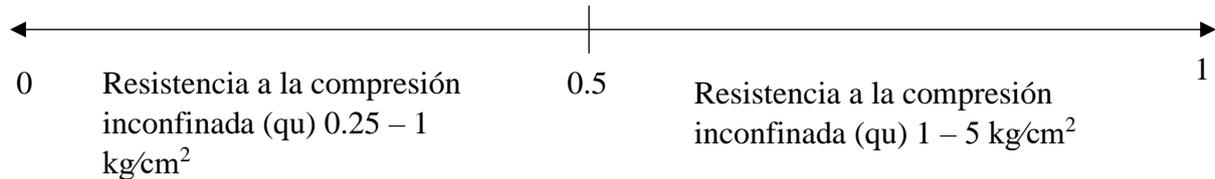
- Se toma una muestra representativa de suelo, se la lava empleando un tamiz #200
- El material retenido en dicho tamiz se lo coloca en el horno a una temperatura de 110°C. durante 24 horas.
- Una vez listo se lo saca del horno, se espera a que este se enfríe y se lo pasa por los tamices con mallas de diferentes tamaños.
- Se pesa el porcentaje de material retenido en cada uno de los tamices: el % de grava, % de arena y el % de finos.

Además, los resultados de laboratorio mediante normativa ASTM pueden ser relacionados y analizados mediante tablas y fórmulas para determinar las propiedades de los suelos en cuanto a su consistencia relativa, índice de liquidez y comportamiento de las arcillas. A continuación, se detallan las tablas y formulas empleadas.

**Consistencia relativa (CR)**

La consistencia del suelo es la firmeza con que se unen los materiales que lo componen o la resistencia de los suelos a la deformación y la ruptura, se utilizó la siguiente ecuación para su respectivo calculo.

$$CR = \frac{LL - W_n}{IP}$$



**Donde:**

**CR** = consistencia relativa

**LL**: limite liquido

**IP**: índice de plasticidad

**Wn**= contenido de humedad

**Tabla 13.** *Consistencia Relativa del suelo.*

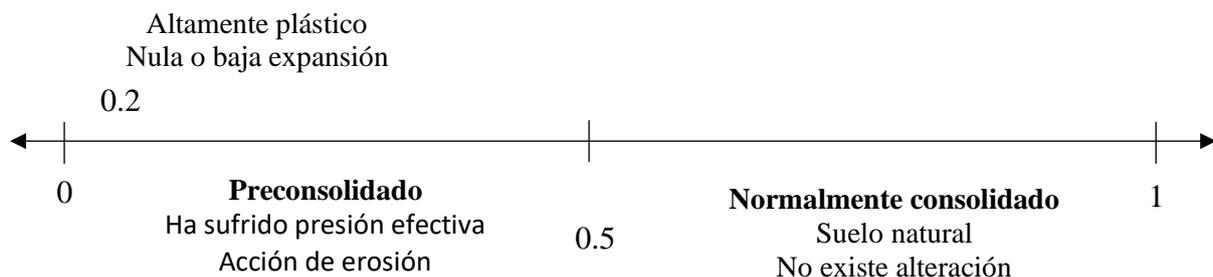
<b>Intervalos</b>	<b>Descripción del suelo</b>
0.00 – 0.25	Suelo muy blando
0.25 – 0.50	Suelo blando
0.50 – 0.75	Suelo de consistencia media
0.75 – 1.00	Suelo de consistencia rígida

*Nota.* Adaptado por Vallejo (2002)

**Índice de liquidez (IL)**

El índice de liquidez sirve para detectar suelos que presentaran. problemas al ser trabajados o remodelados y tomar precauciones para su manejo, además de evaluar el comportamiento plástico de los suelos y obtener una idea de la historia de los esfuerzos a los que fueron sometidos. Está basado en los límites de Atterberg y se calcula con la siguiente ecuación.

$$IL = \frac{W_n - LP}{IP}$$



**Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba cantón y provincia de Loja**

**Donde:** **LP:** limite plástico  
**IL:** índice de plasticidad **IP:** índice de plasticidad  
**Wn:** contenido de humedad

**Tabla 14.** Comportamiento de suelos en función del IL

<b>IL</b>	<b>Comportamiento de suelos</b>
< 0.00	Suelo en estado sólido a semi solido
0.00-1.00	Plástico (Arcillas expansivas)
>1.00	Sensibles (En estado natural son estables, pero con carga colapsan)

*Nota.* Adaptado por Vallejo (2002)

**Comportamiento de las arcillas (A)**

Es un valor adimensional que permite determinar el comportamiento, actividad, potencial de cambio de volumen y el tipo de arcillas y se calcula con la siguiente ecuación

$$A = \frac{IP}{\text{Fracción de arcilla (\% < 2mm)}}$$

**Tabla 15.** Número de actividad aplicada a los suelos plásticos.

<b>Actividad</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Tipo de arcilla</b>	<b>Potencial de cambio de volumen</b>
< 0.75	Inactiva	Caolinita	Bajo
0.75 / 1.25	Normal	Lilita	Medio
>1.25	Activa	Montmorillonita	Alto

*Nota.* Adaptado por Vallejo (2002)

**Tabla 16.** Valores típicos del comportamiento "A"

<b>Tipo de arcilla</b>	<b>Valor del Parámetro A de Skempton</b>
Altamente Sensitiva	0.75 a 1.5
Normalmente consolidada	0.5 a 1.0
Arcilla arenosa compacta	0.25 a 0.75
Arcillas ligeramente sobreconsolidada	0.0 a 0.5
Arcillas gravosas compactas	-0.25 a +0.25
Arcillas muy sobreconsolidadas	-0.5 a 0.0

*Nota.* Adaptado por Vallejo (2002)

**Representación Cartográfica de los ensayos SEV y SPT**

Con la información recolectada en campo y analizada en laboratorio se procedió a la confección de dos modelos cartográficos a escala 1:1000, uno para los SEV y otro para los SPT's en donde para los SEV se consideró su resistividad y tipo de litologías asociadas a la

**Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba  
cantón y provincia de Loja**

zona de estudios mientras que para los SPT's se tomó en cuenta el número de golpes, la clasificación de suelos SUCS y la capacidad portante del suelo, siguiendo la metodología propuesta por Gónzales de Vallejo (2002).

En el software ArcGIS para la representación de los datos obtenidos en los SPT's, se generó un shapefile con la designación de puntos, en el cual dentro de la tabla de atributos se generó 3 campos, uno con las coordenadas geográficas; clase de suelo; y capacidad portante ( $\text{kg/cm}^2$ ), además de los campos Área (Ha) y Porcentaje (%). De esta forma los parámetros considerados fueron interpolados siguiendo el siguiente proceso dentro del ArcGIS, abrir el ArcToolbox-Spatial Analyst tools, dentro de esta opción escogemos-Interpolación y por último seleccionamos la herramienta Kriging; el mismo proceso aplica para la representación de los SEV con la diferencia de los campos ya que para estos se consideró la resistividad eléctrica (Oh.m) y la litología del suelo. Cabe mencionar que los valores obtenidos de los ensayos para obtener una mejor precisión de los datos fueron comparados con los valores que se observan en la tabla 17 para el caso de los SPT's y la tabla 18 para el caso de los SEV.

**Tabla 17.** *Parámetros del suelo SPT's*

<b>Descripción del suelo</b>	<b>N° SPT</b>	<b>Carga admisible (<math>\text{Kg/cm}^2</math>)</b>
Muy blanda	Menos de dos	Menos de 0.30
Blanda	2 a 4	0.30 a 0.60
Mediana	4 a 8	0.60 a 1.20
Compacta	8 a 13	1.20 a 2.40
Muy compacta	15 a 30	2.40 a 4.80
Dura	Más de 30	Más de 4.80

*Nota.* Adaptado por Maldonado (2021)

**Tabla 18.** *Descripción del suelo SEV*

<b>Tipo de suelo</b>	<b>Resistividad Eléctrica (Oh.m)</b>
Limos, Arcillas, Suelo Vegetal y de Cultivo	10 – 100
Tierra Fina, Turbas, Fangos, Suelos Finos y Concretos Húmedos	100 – 300
Tierra Aluvial, Arenas firmes, Suelos secos y Cimientos de concreto	300 – 800
Arena Eólica, Lecho de Río, Cascajo, Areniscas secas	800 – 3,000
Rocas Estratificadas, Fracturadas, Volcánicas	3,000 – 10,000

*Nota.* Adaptado por Tomasevich (2019)

## **6. Resultados**

### **6.1. Resultados del primer objetivo**

#### **6.1.1. Topografía**

Una vez realizado el levantamiento topográfico se puede dar una parametrización del relieve del sector de estudio en el cual se tomó como punto de partida las coordenadas X: 697264.35(m) Y: 9526760.49(m) y Z: 1701.27 (msnm), WGS1984/UTM/ZONA17S, punto que sirvió como PP y base del GPS diferencial; así se categorizo curvas de nivel principales cada 10m y curvas secundarias cada 2m en las cuales se pudo ver reflejado la irregularidad del terreno con cotas que van desde 1608 (cota más baja) a 1706 (cota máxima) msnm, existiendo un desnivel de 98m, todo esto en un área de 23.79 ha (ver anexo 6).

El modelo topográfico muestra las principales características físicas del terreno en la zona de estudio, tales como viviendas, cercas, caminos, zonas de cultivo, zonas de alta y baja vegetación, así como las diferencias de altura que existen entre los accidentes de la tierra tales como valles y colinas llamadas también relieves verticales.

Con respecto a la cota más baja (1608 m.s.n.m) esta se encuentra ubicada en la parte nor-este, cerca del límite del polígono de estudio dicha zona se encuentra ocupada por infraestructura y zonas destinadas al cultivo de diferentes tipos de hortalizas, el terreno en este sector se presenta plano con pequeñas elevaciones ya que las líneas de contorno conectan con puntos de igual elevación las cuales se van pronunciando hacia la parte sur este y oeste del área de estudio.

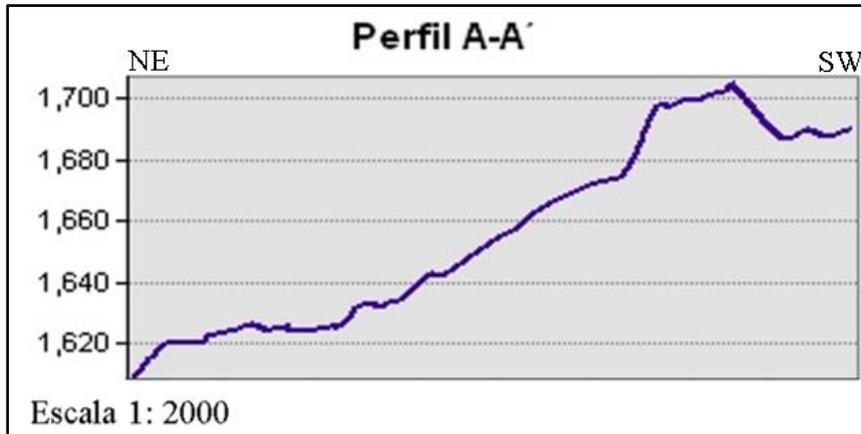
La cota más alta (1706 m.s.n.m) se encuentra en la parte sur oeste a 350m de la parte central del área delimitada, dicha elevación se debe principalmente a procesos tectónicos conocidos como orogénesis a su vez este sector se encuentra en su mayoría conformado por asentamientos humanos los cuales cuentan con una distribución espacial mala en correlación con la elevación de dicha zona.

Con respecto a la vía principal que conecta la zona de estudio con la parroquia Quinara en este tramo se puede evidenciar que se encuentra en mal estado debido a la presencia de eventos geológicos los cuales se extienden hacia la parte sur este de igual manera dichos eventos geológicos afectan a una parte importante de la infraestura categorizada en 20 viviendas las cuales presentan daños estructurales.

### Perfil Topográfico A-A'

En la figura 21 se representa el perfil topográfico longitudinal con una dirección NE-SW, una longitud de 781.93 m, su cota máxima es de 1703 msnm y mínima de 1610 msnm existiendo un desnivel de 93 m.

Figura 21. Perfil Topográfico A-A'

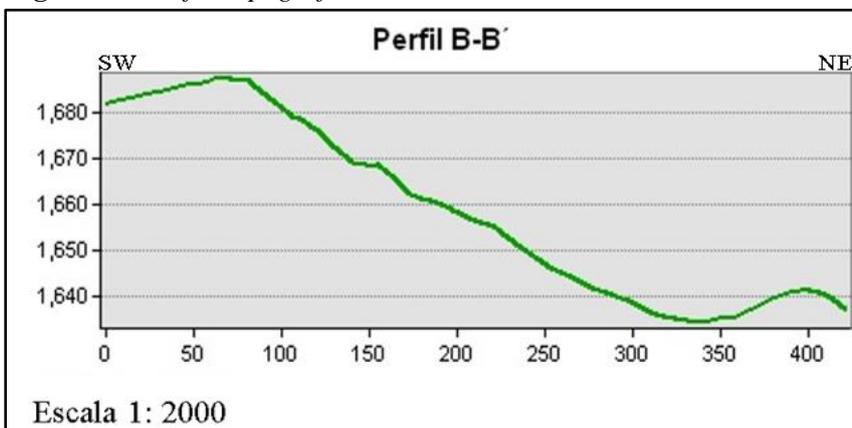


En base al perfil obtenido se pudo apreciar la irregularidad de la zona de estudio misma que comenzó con una cota de 1610 msnm la cual fue en aumento hasta alcanzar los 1703 msnm en su punto más alto, para después empezar a descender hasta los 1690 msnm. Esto debido principalmente al relieve irregular de la zona.

### Perfil Topográfico B-B'

En la figura 22 se representa el perfil topográfico transversal con una dirección SW-NE, una longitud de 781.93 m, su cota máxima es de 1682 msnm y mínima de 1635 msnm existiendo un desnivel de 47 m.

Figura 22. Perfil Topográfico B-B'



En el perfil se observó el descenso de las cotas en primera instancia comenzando en 1682 msnm para posterior empezar a decaer hasta 1635 msnm posterior se evidencio un leve aumento hasta los 1642msnm; esta irregularidad en esta zona se presenta debido a que se presentan leves hundimientos.

**6.1.2. Pendientes**

Un mapa de pendientes identifica la diferencia del gradiente entre dos formas de relieve la cual está dada en una relación entre la distancia horizontal y la altitud entre dos puntos.

Dicho mapa se lo obtuvo a partir de Modelo de Elevación Digital (DEM) el cual fue generado a partir de las curvas de nivel y con el software “ArcGIS 10.5”. En este contexto dentro del área de estudio se han definido 3 categorías siguiendo la metodologías propuesta por (Demek, 1972),dada en porcentaje tal como se muestra en la tabla 19.

**Tabla 19. Rango de pendientes**

<b>PENDIENTES DEL ÁREA DE ESTUDIO</b>			
<b>Término de la pendiente</b>	<b>Categoría(°)</b>	<b>Área(Ha)</b>	<b>Porcentaje(%)</b>
Ligeramente inclinado	0-5	3.42	14.43
Fuertemente inclinado	5-15	13.02	54.85
Muy Inclinado	15-35	7.29	30.71

Tal cual se observa en la tabla anterior en el área de estudio predominan las zonas fuertemente inclinadas de categoría 5-15° abarcando un área de 13.02 ha y un porcentaje del 54.85 %, por otra parte, las zonas que menos predomina corresponde a zonas ligeramente inclinadas en la categoría de 0-5° con un área de 3.42 ha y un porcentaje de 14.43%, finalmente las pendientes muy inclinadas en la categoría de 15-35° con un área de 7.29 ha y un porcentaje del 30.71%. (ver anexo7)

**6.2. Resultados del segundo objetivo**

**6.2.1. Geología Local**

El Barrio Izhcayluma está constituido por rocas de origen sedimentario y volcano sedimentario pertenecientes a las formaciones Quinara M<sub>Qu</sub> (Mioceno), San Francisco M<sub>Sfr</sub> (Mioceno) y Deposito Coluvial Qc, como resultado se tuvo tres tipos de litologías bien definidas las cuales están representadas en el mapa geológico de dicha zona (ver anexo 8).

A continuación, se detallan los puntos de los afloramientos descritos en el área de estudio.

**Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba  
cantón y provincia de Loja**

**Tabla 20.** Descripción general de los puntos de afloramientos

Nro. de Afloramiento	Coordenadas UTM/WGS84 (m)			Tipo de Afloramiento	Tipo de Material
	X	Y	Z		
1	697242	9527300	1661	Natural	Coluvial
2	697276	9527124	1673	Antrópico	Coluvial
3	697272	9527098	1669	Antrópico	Coluvial
4	697214	9527307	1650	Antrópico	Coluvial
5	697022	9527259	1640	Antrópico	Areniscas con intercalación fina de lutitas
6	697017	9527186	1658	Antrópico	Areniscas con intercalación fina de lutitas
7	696966	9527380	1646	Antrópico	Areniscas con intercalación fina de lutitas
8	697237	9526784	1700	Antrópico	Tobas con fragmentos líticos
9	697130	9526750	1708	Antrópico	Conglomerado con clastos metamórficos
10	697087	9526977	1703	Antrópico	Conglomerado con clastos metamórficos

**Areniscas con intercalación fina de lutitas (Formación San Francisco)**

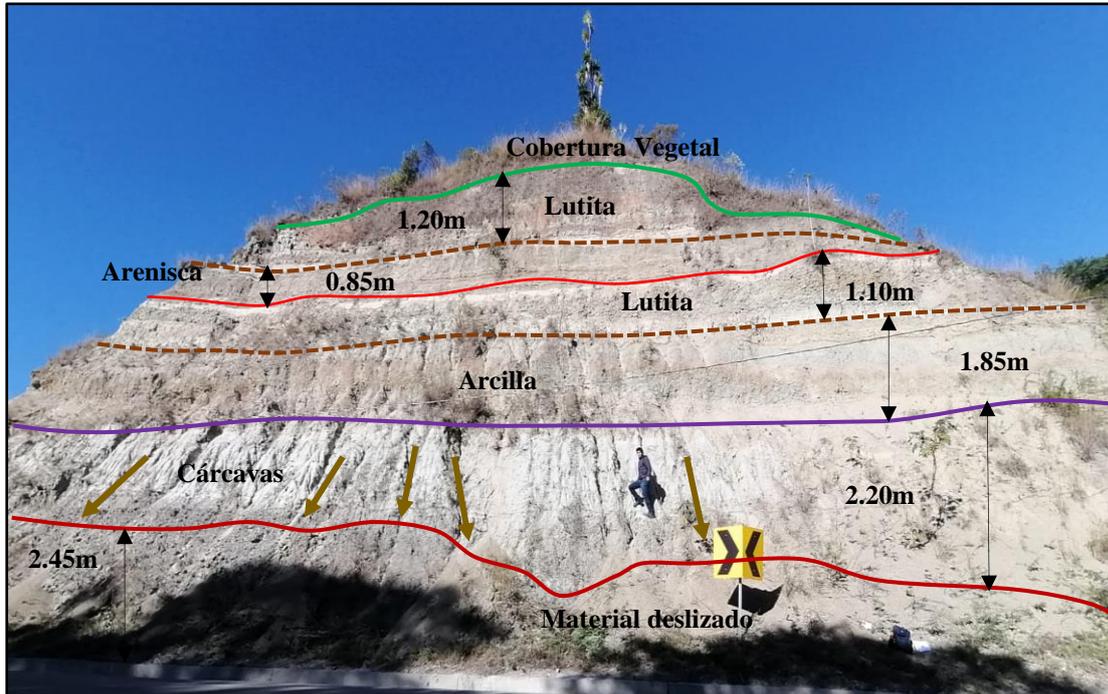
Distribuidas en la parte central y sur del área de estudio, corresponden a rocas sedimentarias de la época del Mioceno-Medio pertenecen a la formación San Cayetano, están compuestas en su mayoría de minerales arcillosos tales como calcita, con una matriz arenosa, presentan una gama bastante amplia de tonalidades que van desde gris, rojizo, amarillo y negro esto producto de la oxidación de los minerales presentes en los mismos (hierro y manganeso principalmente).

Las capas de lutitas presentan laminación por lo general son el resultado de procesos de compactación diagenética mecánica que se producen debido a la alta presión a mayores profundidades de cobertura, lo que conduce a la destrucción de la estructura; la potencia va desde los 0.40 a 1.2 m mismas que se encuentran meteorizadas y erosionadas por acción de los agentes meteorológicos.

**Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba cantón y provincia de Loja**

En la figura 23 se muestra uno de los afloramientos más representativos conformado por lutitas, areniscas, y pequeñas capas de calcita cuyos datos estructurales son: Rumbo: N80°W, Buzamiento: 17°E, Dir. Buzamiento: N10°E.

**Figura 23.** Afloramiento compuesto principalmente por lutitas y arcilla.



En la tabla 21 se detallan la potencia de los estratos del afloramiento.

**Tabla 21.** Descripción general del afloramiento

Nro. Capas	Génesis	Litología	Potencia (m)
1	Sedimentario	Arcilla	1.80
2	Sedimentario	Arenisca con presencia de óxidos de hierro	1.35
3	Sedimentario	Lutitas con alto grado de compactación	1.20
4	Sedimentario	Limolitas	1.70
5	Sedimentario	Arcilla tonalidad café clara	1.85
6	Sedimentario	Lutitas con intercalaciones de arenisca	1.25
7	Sedimentario	Limolitas	1.10
8	Sedimentario	Arenisca	Indefinido

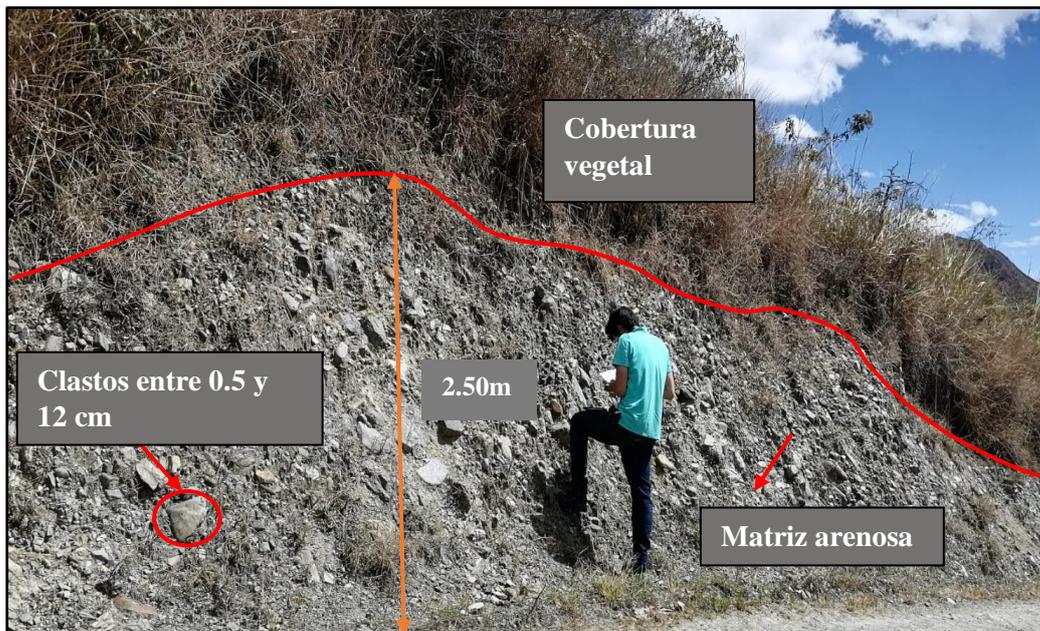
**Conglomerado (Formación San Francisco)**

Corresponde a la zona Sur-Oeste del área de estudio se presentan en tonalidades oscuras y grises, no presentan una composición mineralógica notoria a más de feldespatos a su vez no se evidencia estratificación los afloramientos en su mayoría están compuestos por clastos de tamaños que van desde los 0.5 a 12cm con una matriz arenosa, dichos clastos se presentan como sub angulosos y redondeados.

La secuencia de depositación es alterna es decir grano decreciente y grano creciente, se observó un conjunto clastosoportado es decir que los clastos están en contacto mutuo y la matriz arenosa es escasa, dichos clastos presentan imbricación; la redondez de los clastos indica un transporte medianamente largo desde la fuente de origen.

El origen de los clastos que componen a los conglomerados es intraformacional ya que los mismos son producto de la erosión de la misma roca y se encuentran dentro de la misma cuenca sedimentaria, en este caso la cuenca Malacatos-Vilcabamba a su vez dichos conglomerados han sido sometido a procesos de erosión para luego ser depositados y, a través de procesos de litificación ser formados.

**Figura 24.** Masivo de conglomerados



### **Tobas con fragmentos Líticos (Formación Quinara)**

Datan del Mioceno, consiste de una secuencia de flujos piroclásticos que varían entre tobas e ignimbritas con líticos metamórficos y niveles de flujos laharíticos esta a su vez subyace concordantemente a los conglomerados de la formación San Francisco y se interpreta a la unidad como un remanente volcánico que subyace a las series sedimentarias de la cuenca de Malacatos –V ilcabamba.

Figura 25. Tobas con presencia de fragmentos líticos

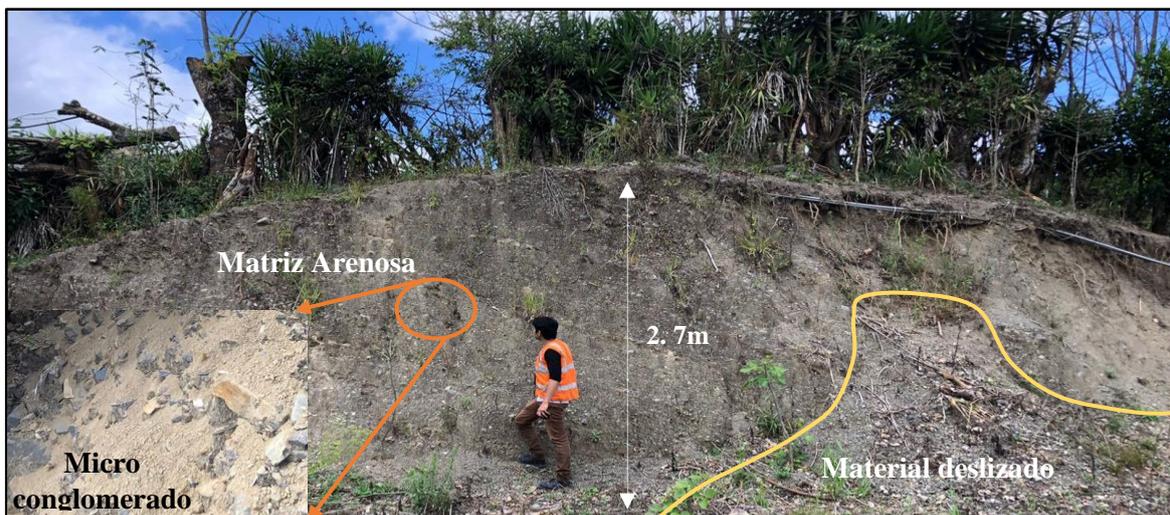


### Depósitos Coluviales (Qc)

Ocupan pequeñas franjas alrededor de la quebrada Mollepamba en la zona Norte-Este, central y Sur Este, los depósitos aluviales constituyen depósitos del periodo Cuaternario, se encuentran formados por cantos rodados de varios tamaños que van desde los 0.1 a 0.6 cm y gravas medias a gruesas de rocas volcánicas e intrusivas principalmente.

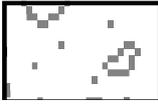
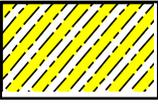
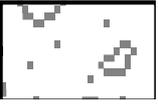
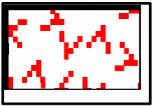
Este tipo de litología consiste en depósitos poco consolidados generalmente formando terrazas aluviales, los materiales que conforman los depósitos aluviales son: arena, grabas y clastos tipo ígneos redondeados, subangulosos y angulosos de rocas, estos depósitos se encuentran mal gradados, de coloración gris claro a gris oscuro y con presencia de meteorización en las rocas. De igual manera, se evidenciaron materiales finos intermedios, como la arena y arcilla que conforman la matriz.

Figura 26. Depósito coluvial



**Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba  
cantón y provincia de Loja**

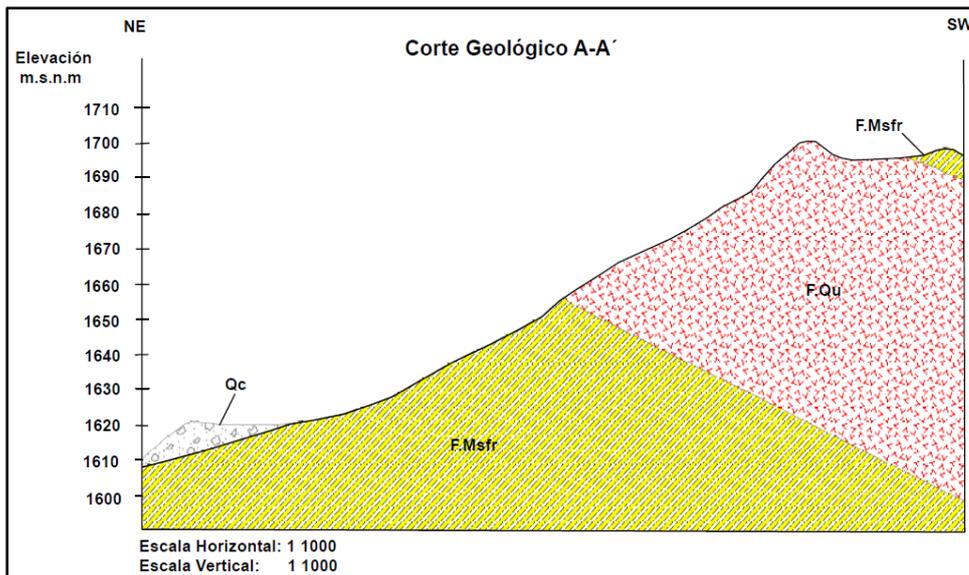
**Tabla 22.** *Resumen de la Geología Local.*

Descripción		Área(m <sup>2</sup> )	Porcentaje(%)	Simbología
	Depósito Coluvial	5 729.08	2.40	Qc
	Areniscas con intercalación fina de lutitas	129 761.87	54.54	F.Msfr
	Conglomerado	16 275.99	6.84	F.Msfr
	Tobas con fragmentos líticos	86 116.32	36.20	F.Qu

**6.2.2. Cortes Geológicos**

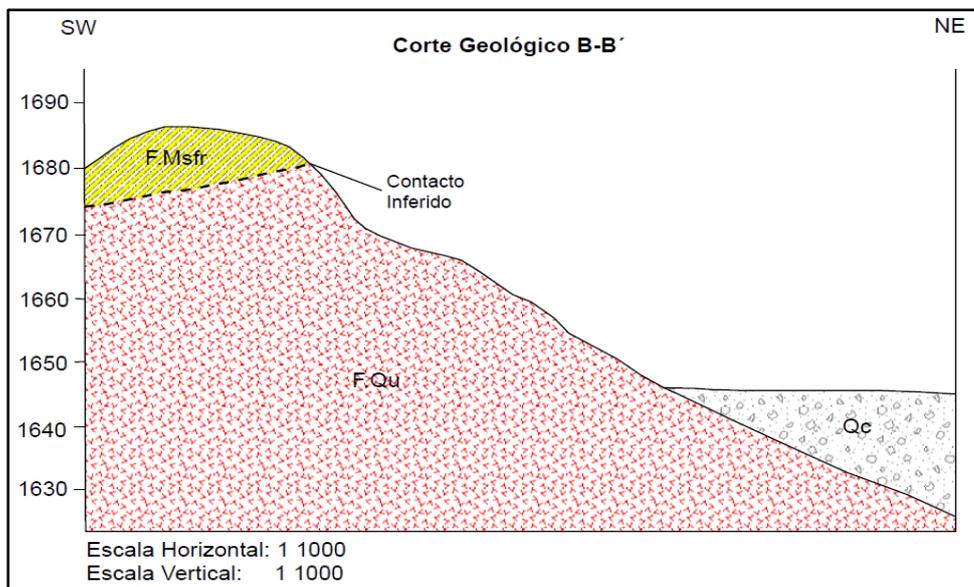
En la figura 27 se presenta el primer corte geológico en el sentido NE-SW en el cual en primer lugar se presenta los Depósitos Coluviales(QC) los cuales son los más jóvenes (cuaternario) por ende son depositados en la parte inferior izquierda, dichos depósitos constan de arenisca, arcillas, limos y cantos subredondeados y angulosos; en segundo lugar, se evidencia a la formación San Francisco (F. Msfr) la cual consta de areniscas con intercalación fina de lutitas y conglomerado; finalmente la formación Quinara (F.Qu) la cual es la más antigua (Mioceno) en la cual se encontró tobas con fragmentos líticos procedente de material volcánico sedimentario en su mayoría; destacar que al final del corte aflora nuevamente la formación San Francisco debido a que se encuentra en una zona donde se presentó un contacto inferido.

Figura 27. Corte Geológico NE-SW



En la figura 28 se presenta el segundo corte geológico en sentido SW-NE en el cual en primer lugar se tiene una leve aparición de la formación San Francisco (F. Msfr) en donde el material predominante son las areniscas y conglomerado; se pudo evidenciar un contacto inferido entre la formación San Francisco y Quinara del cual no se puede asegurar con certeza dada la naturaleza de la zona sin embargo la litología asociada determinan dicho contacto; finalmente los Depósitos Coluviales los cuales se depositan en la parte NE.

Figura 28. Corte geológico SW-NE

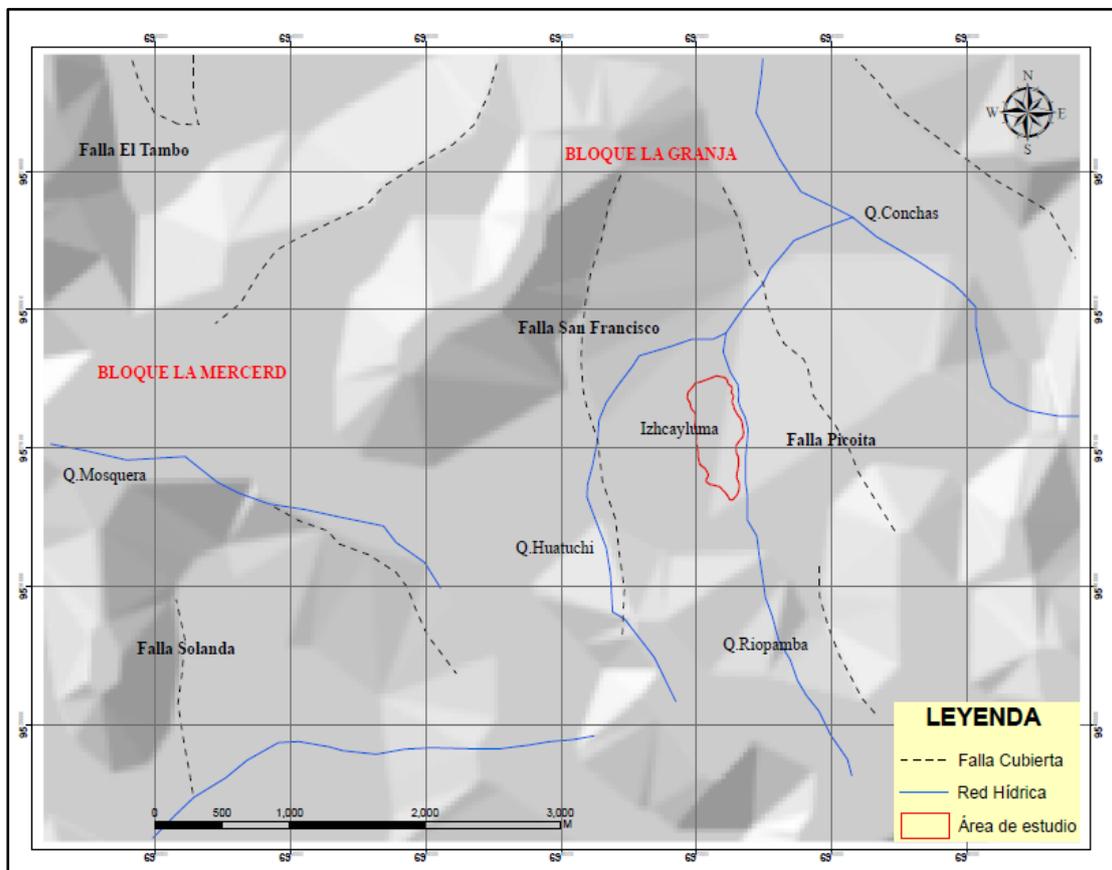


### 6.2.3. Geología Estructural

Regionalmente la cuenca de Malacatos esta conformadas por 3 dominios; volcánico, metamórfico y sedimentario en el cual atraviesan fallas con dirección preferencialmente N-S. dentro de la zona de estudio no se evidencio fallas regionales, sin embargo, al Este, se encuentra la falla Picota con una dirección NW-SE con un buzamiento al Nor Este. Al NW se encuentra la falla San Francisco, con dirección NE-SW y buzamiento vertical. En la figura 29 se observa la zona de estudio con las respectivas estructurales regionalmente establecidas por la carta geológica regional y Solís, (2017).

La zona de estudio en su gran mayoría está cubierta por depósitos superficiales siendo estos coluviales y suelos de variada afinidad ya descritos en el marco geológico local, por ello no se ha logrado identificar rasgos estructurales significativos.

Figura 29. Estructuras regionales



Localmente debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas, topográficas, mayoritariamente de la zona de estudio está cubierta por depósitos superficiales tipo suelos coluviales, por ende, no se puede identificar con facilidad rasgos estructurales de mayor importancia más allá de diaclasamiento y aperturas del terreno pertenecientes a estructuras de carácter sedimentario.

**Figura 30.** Izquierda (Apertura del terreno); Derecha (desnivel en la superficie del suelo).



De igual manera se evidenció la presencia de contactos inferidos y observados los cuales son los límites de los cambios litológicos de mayor relevancia y fueron identificados en campo mediante la observación y la toma de puntos de coordenadas para posteriormente ser graficados en el software ArcGIS (ver anexo 9).

**Figura 31.** Cambio litológico entre el Depósito Coluvial(izquierda) y la formación San Francisco (derecha)



**Figura 32.** Cambio litológico entre la formación Quinara (derecha) y la formación San Francisco (Izquierda)



Acotar que se tuvo un afloramiento en el cual se identificó diaclasas formadas principalmente por procesos físicos las cuales no van acompañadas de un deslizamiento de la estructura como tal, a su vez se tiene presencia de material volcánico sedimentario acompañado por tobos e ignimbritas.

Estas diaclasas son de tipo ortogonales discontinuas no muestran rellenos cristalinos en sus juntas de separación, estas juntas van desde los 0.3 a 3cm; con lo que respecta a su origen son de retracción esto debido a que la roca pierde volumen ya que al estar conformado por arcillas y lutitas estas se deshidratan dando lugar al diaclasamiento.

Se pudo observar varias familias de diaclasas paralelas o subparalelas que al interceptarse dos o más de estas familias forman un sistema de diaclasas, los datos estructurales fueron Rumbo: S12°W, Buzamiento: 65°E y Dir. Buzamiento de S78°E.

**Figura 33.** Diaclasamiento en lutitas.



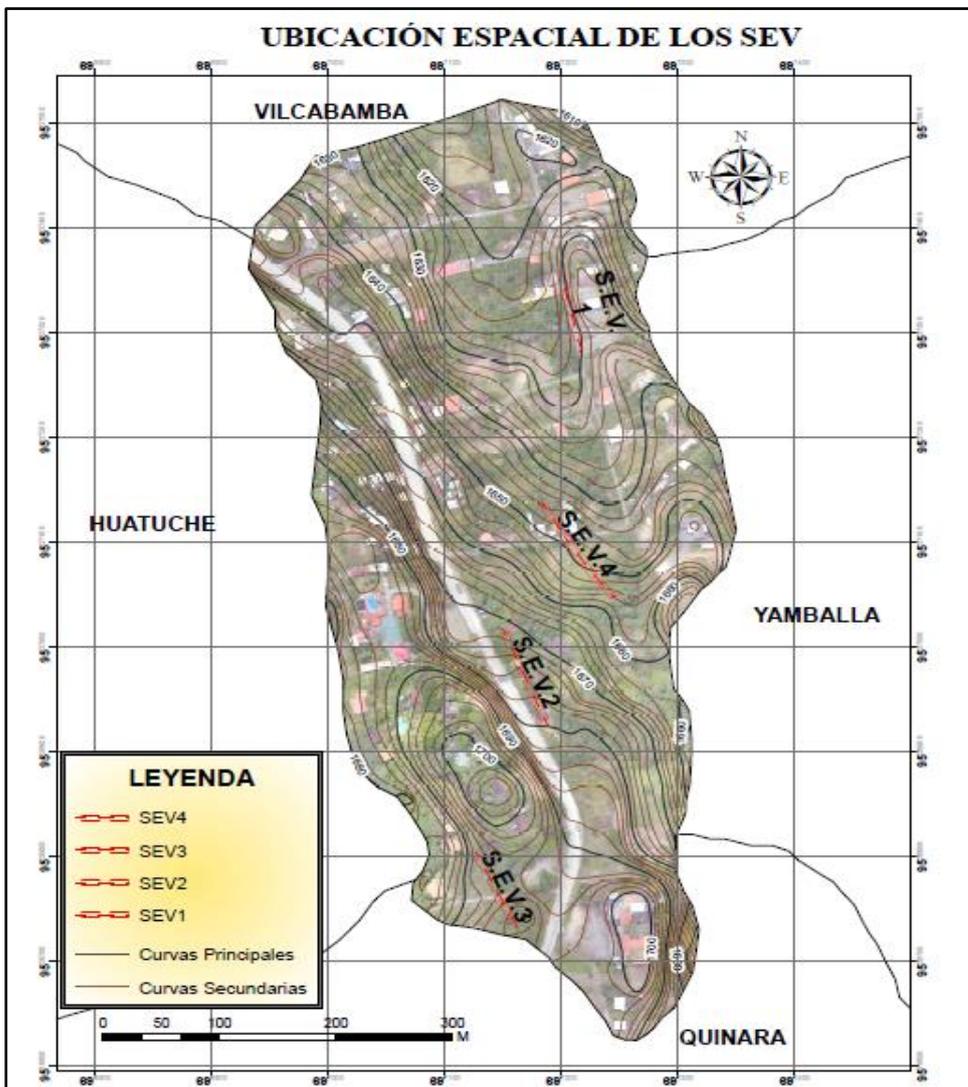
### 6.3. Resultados del tercer objetivo

#### 6.3.1. Sondeos Eléctricos Verticales (S.E.V.)

En el sector se realizaron un total de 4 S.E.V. distribuidos en las zonas planas y en los contactos litológicos de tal forma que abarque la mayor longitud posible sabiendo que el rango máximo es de 200m a cada lado del punto central, en donde está ubicado el resistivímetro, este ensayo se realizó con la finalidad de conocer la resistividad del suelo y en base a eso determinar las litologías de las cuales está conformada el área de estudio, que a su vez fueron corroboradas con el levantamiento geológico previamente realizado para una mejor interpretación de resultados.

En la figura 34 y tabla 23 se representa la ubicación y coordenadas espaciales de los S.E.V, así como su abertura.

Figura 34. Ubicación de los SEV en el área de estudio



**Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba  
cantón y provincia de Loja**

**Tabla 23.** *Ubicación geográfica de los SEV*

<i>Línea SEV</i>	<i>Coordenadas-Eje Central(m)</i>			<i>Abertura AB/2(m)</i>
	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>	
<b>Línea 1</b>	697195	9527363	1640	100
<b>Línea 2</b>	697211	9526858	1707	100
<b>Línea 3</b>	697108	9526755	1699	70
<b>Línea 4</b>	697224	9527089	1662	70

**SEV 1**

Esta primera línea se la realizó en la parte baja del área de estudio en una dirección NW-SE donde el mismo tuvo una apertura de AB/2 de 100m a una profundidad de 42.8m y se efectuaron un total de 21 mediciones, en la tabla 24 se indican los resultados obtenidos.

Con el uso de los ábacos de Ebert (1943) se determinó la presencia de 3 capas, obteniendo así una la curva de resistividad la cual fue catalogada como tipo KQQ, misma que se observa en la figura 35.

Todos los cálculos en base a los ábacos de Ebert se observan en el anexo 10.

**Tabla 24.** *Datos obtenidos en campo SEVI*

<b>AB/2(M)</b>	<b>MN/2(M)</b>	<b>K(M)</b>	<b><math>\Delta V/I</math> (V/A)</b>	<b>PA(OHM.M)</b>
<b>1</b>	0.5	2.36	73.12	172.30
<b>1.5</b>	0.5	6.28	42.54	267.31
<b>2</b>	0.5	11.78	29.40	346.36
<b>2.5</b>	0.5	18.85	21.08	397.52
<b>2.5</b>	1	8.25	50.74	418.49
<b>3</b>	0.5	27.49	15.20	418.08
<b>3</b>	1	12.57	35.82	450.22
<b>5</b>	1	37.70	13.78	519.61
<b>7</b>	1	75.40	6.25	471.52
<b>10</b>	1	155.51	2.34	364.81
<b>10</b>	2.5	58.90	5.99	353.11
<b>15</b>	1	351.86	0.64	226.77
<b>15</b>	2.5	137.44	1.57	215.79
<b>20</b>	2.5	247.40	0.46	114.08
<b>20</b>	10	47.12	3.85	181.72
<b>30</b>	2.5	561.56	0.03	20.81
<b>30</b>	10	125.66	0.31	39.90
<b>40</b>	10	235.62	0.07	17.45
<b>50</b>	10	376.99	0.03	11.66
<b>70</b>	10	753.98	0.01	10.56
<b>100</b>	10	1555.09	0.007	11.80

Figura 35. Curva de resistividad SEVI

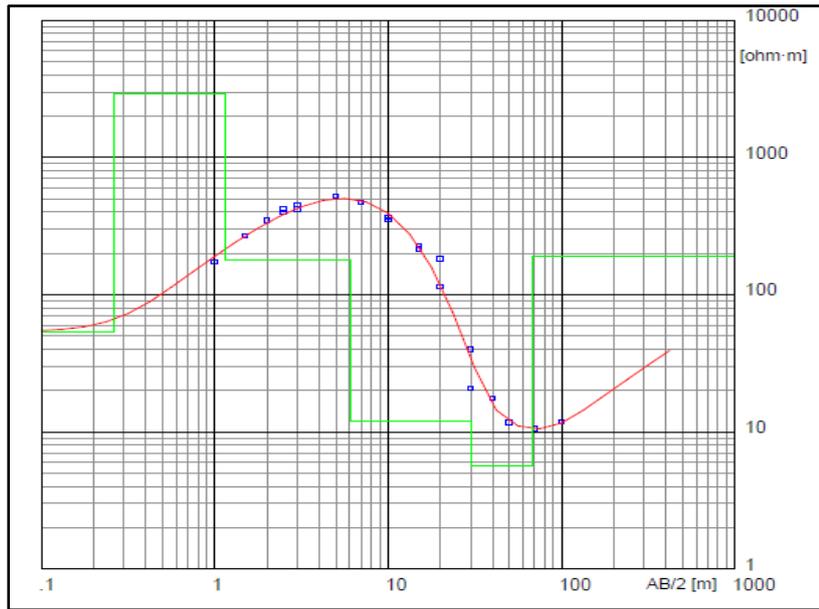


Tabla 25. Datos obtenidos mediante los ábacos de Ebert (1943).

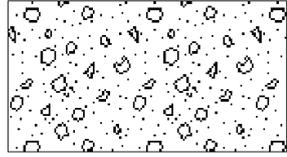
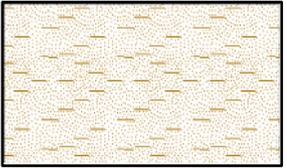
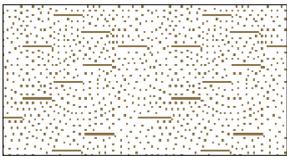
MODELO RESISTIVIDAD [OHM·M]	ESPESOR [M]
340	3.8
58	15
6	24

### Análisis del perfil geoelectrico

En base a la tabla 26 se determinó que existen un total de 3 capas, la primera corresponde a material superficial dentro del cual se pudo identificar mezclas de suelos gravosos en matriz limo-arenosa, con un espesor de 3.8 m y con una resistividad de 340  $\Omega\text{m}$ , la segunda capa correspondiente a limos y arenas con un espesor de 15 m, con una resistividad de 58  $\Omega\text{m}$ , la tercera capa de arcillas y limos con saturación, con espesor de 24m y una resistividad de 6  $\Omega\text{m}$ .

**Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba cantón y provincia de Loja**

**Tabla 26.** *Recopilación de Datos SEV 1.*

<b>Capa geoelectrica</b>	<b>Resistividad (<math>\Omega.m</math>)</b>	<b>Espesor (m)</b>	<b>Descripción</b>	<b>Perfil estratigráfico</b>
<b>A</b>	340	3.8	Material superficial (mezclas de suelos gravosos en matriz limo-arenosa)	
<b>B</b>	58	15	Limos y arenas	
<b>C</b>	6	24	Arcillas y limos con saturación	

**SEV 2**

Esta segunda línea se la realizo en la parte alta del área de estudio en una dirección NW-SE donde, el mismo tuvo una apertura de AB/2 de 100m a una profundidad de 19.2m y se efectuaron un total de 21 mediciones, en la tabla 27 se indican los resultados obtenidos.

Mediante el uso de los ábacos de Ebert (1943) se determinó 2 capas, obteniendo así una la curva de resistividad la cual fue catalogada como QK, misma que se observa en la figura 36.

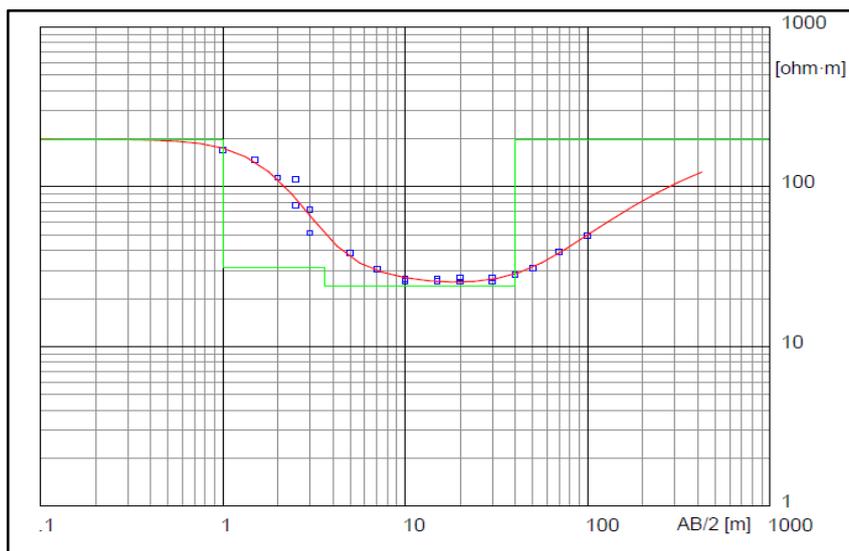
**Tabla 27.** *Datos obtenidos en campo SEV2.*

<b>AB/2(m)</b>	<b>MN/2(m)</b>	<b>K(m)</b>	<b><math>\Delta v/i</math> (V/A)</b>	<b>Pa(Ohm.m)</b>
1	0.5	2.36	71.81	169.20
1.5	0.5	6.28	23.64	148.57
2	0.5	11.78	9.71	114.48
2.5	0.5	18.85	4.07	76.75
2.5	1	8.25	13.48	111.18
3	0.5	27.49	1.87	51.54
3	1	12.57	5.70	71.69
5	1	37.70	1.02	38.59
7	1	75.40	0.40	30.62
10	1	155.51	0.16	25.53
10	2.5	58.90	0.44	26.41
15	1	351.86	0.07	25.69

**Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba  
cantón y provincia de Loja**

15	2.5	137.44	0.19	26.52
20	2.5	247.40	0.10	26.96
20	10	47.12	0.53	25.39
30	2.5	561.56	0.047	26.86
30	10	125.66	0.20	25.33
40	10	235.62	0.11	28.12
50	10	376.99	0.08	30.87
70	10	753.98	0.05	39.06
100	10	1555.1	0.03	49.16

**Figura 36.** Curva de resistividad SEV2.



**Tabla 28.** Datos obtenidos del modelo de la curva de resistividad SEV2

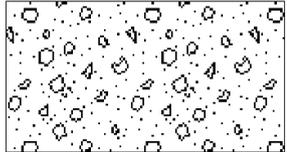
MODELO RESISTIVIDAD [OHM·M]	ESPESOR [M]
40	4.2
62.5	15

**Análisis del perfil geoelectrico**

En base a la tabla 29 se determinó que existen 2 capas, la primera de ellas corresponde a material limo-arenoso con un espesor de 4.2m y una resistividad de 40 Ωm, la segunda capa con una mezcla de suelos gravosos en matriz limo – arenosa con una potencia de 15m y una resistividad equivalente a 62.5 Ωm.

**Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba  
cantón y provincia de Loja**

**Tabla 29.** Recopilación de datos SEV2

Capa geoelectrica	Resistividad ( $\Omega$ .m)	Espesor (m)	Descripción	Perfil estratigráfico
<b>A</b>	40	4.2	Limos y arenas	
<b>B</b>	62.5	15	Mezcla de suelos gravosos en matriz limo – arenosa	

**SEV 3**

Esta tercera línea se la realizó en la parte alta del área de estudio en una dirección NW-SE donde el mismo tuvo una apertura de AB/2 de 70m a una profundidad de 32m y se efectuaron un total de 20 mediciones, en la tabla 30 se indican los resultados obtenidos.

Mediante el uso de los ábacos de Ebert (1943) se determinó 3 capas, obteniendo así una la curva de resistividad la cual fue catalogada como QKK, misma que se observa en la figura 37.

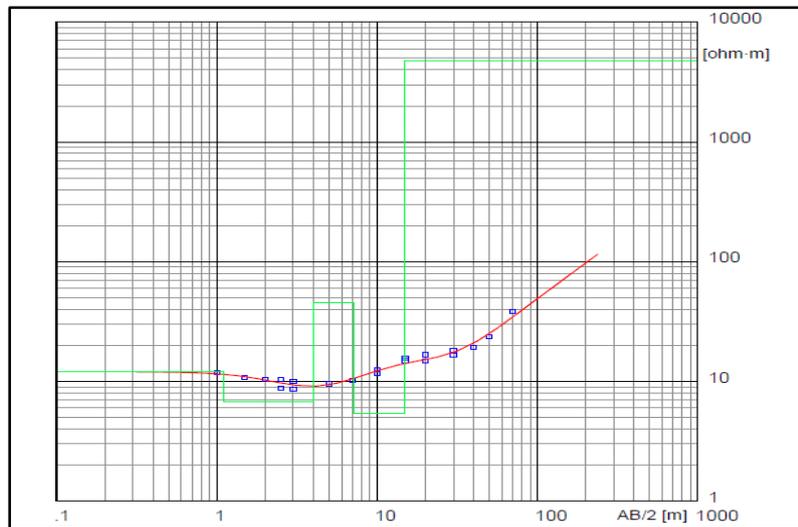
**Tabla 30.** Datos obtenidos en campo SEV3.

AB/2(m)	MN/2(m)	K(m)	$\Delta v/i$ (V/A)	Pa(Ohm.m)
1	0.5	2.36	4.98	11.75
1.5	0.5	6.28	1.69	10.66
2	0.5	11.78	0.88	10.39
2.5	0.5	18.85	0.54	10.31
2.5	1	8.25	1.06	8.78
3	0.5	27.49	0.36	9.93
3	1	12.57	0.68	8.56
5	1	37.70	0.25	9.51
7	1	75.40	0.13	10.18
10	1	155.51	0.074	11.64
10	2.5	58.90	0.21	12.48
15	1	351.86	0.044	15.54
15	2.5	137.44	0.10	14.95
20	2.5	247.40	0.067	16.76

**Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba cantón y provincia de Loja**

20	10	47.12	0.31	14.76
30	2.5	561.56	0.032	18.09
30	10	125.66	0.13	16.47
40	10	235.62	0.08	19.27
50	10	376.99	0.06	23.59
70	10	753.98	0.05	38.55

**Figura 37. Curvas de resistividad SEV 3**



**Tabla 31. Datos obtenidos del modelo de la curva de resistividad SEV3.**

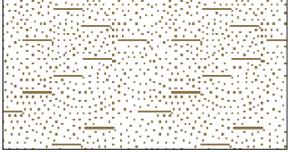
<b>Modelo Resistividad [ohm·m]</b>	<b>Espesor [m]</b>
9.6	4
18	16
37.5	12

**Análisis del perfil geoelectrico**

En base a la tabla 32 se determinó que existen 3 capas, la primera de ellas corresponde a arcillas y limos con saturación, un espesor de 4m y una resistividad de 9.6 Ωm, la segunda capa compuesta de arenas y posibles limos con saturación baja, un espesor de 16 m y una resistividad 18 Ωm, la tercera capa compuesta por limos y arenas con un espesor de 12m y una resistividad equivalente a 37.5 Ωm.

**Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba cantón y provincia de Loja**

**Tabla 32.** Recopilación de datos SEV3.

Capa geoelectrica	Resistividad ( $\Omega.m$ )	Espesor (m)	Descripción	Perfil estratigráfico
<b>A</b>	9.6	4	Arcillas y limos	
<b>B</b>	18	16	Arenas y posibles limos	
<b>C</b>	37.5	12	Limos y arenas	

**SEV4**

La cuarta línea se la realizó en la parte baja del área de estudio en una dirección NE-SW donde el mismo tuvo una apertura de AB/2 de 70m a una profundidad de 43.9m y se efectuaron un total de 20 mediciones, en la tabla 33 se indican los resultados obtenidos.

Mediante el uso de los ábacos de Ebert (1943) se determinó 3 capas, obteniendo así una la curva de resistividad la cual fue catalogada como KQH, misma que se observa en la figura 38.

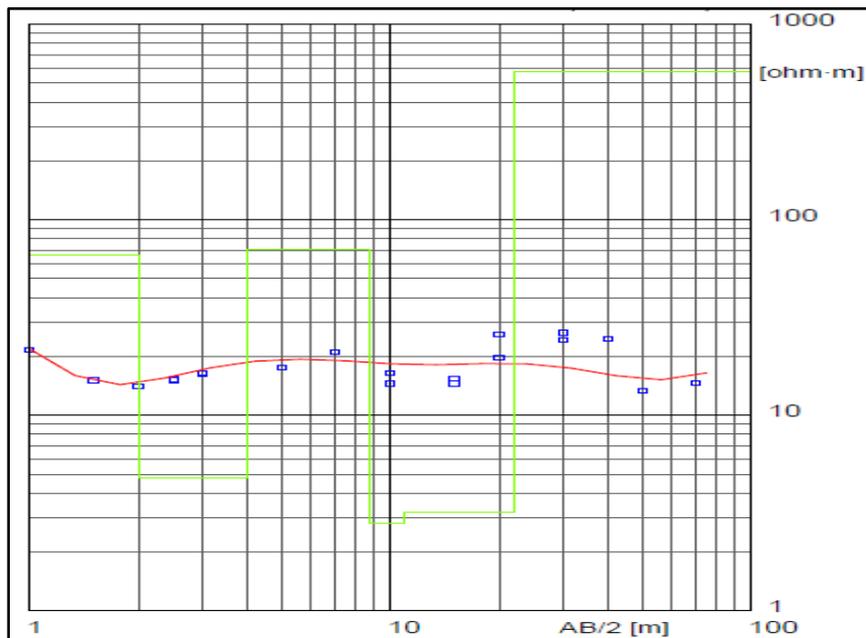
**Tabla 33.** Datos obtenidos en campo SEV4

AB/2(m)	MN/2(m)	K(m)	$\Delta v/i$ (V/A)	Pa(Ohm.m)
1	0.5	2.36	9.15	21.57
1.5	0.5	6.28	2.35	14.82
2	0.5	11.78	1.22	14.40
2.5	0.5	18.85	0.81	15.38
2.5	1	8.25	1.95	16.08
3	0.5	27.49	0.59	16.48
3	1	12.57	1.37	17.28
5	1	37.70	0.54	20.68
7	1	75.40	0.25	18.93

**Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba cantón y provincia de Loja**

10	1	155.51	0.11	17.14
10	2.5	58.90	0.34	20.13
15	1	351.86	0.04	16.29
15	2.5	137.44	0.13	18.66
20	2.5	247.40	0.070	17.55
20	10	47.12	0.44	20.90
30	2.5	561.56	0.035	19.86
30	10	125.66	0.17	21.56
40	10	235.62	0.066	15.71
50	10	376.99	0.039	14.95
70	10	753.98	0.021	16.29

**Figura 38.** Curva de resistividad SEV4



**Tabla 34.** Datos obtenidos del modelo de la curva de resistividad SEV4

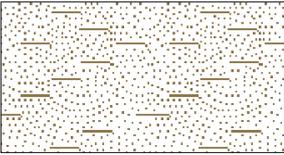
Resistividad [ohm·m]	Espesor [m]
11	1.5
30	2.4
16	15
10.8	25

**Análisis del perfil geoelectrico**

En base a la tabla 35 se determinó que existen 4 capas, sin embargo estas fueron agrupadas en 3 para el análisis geoelectrico de esta manera la primera, segunda y tercera capa corresponden a un tipo K en donde su resistividad empieza en 11  $\Omega$ m asciende a los 30  $\Omega$ m y finalmente desciende a 16  $\Omega$ m; la segunda, tercera y cuarta capa corresponden a un tipo Q en donde su resistividad desciende empezando en 30  $\Omega$ m seguidamente de 16  $\Omega$ m y finalmente hasta 10.8  $\Omega$ m; la tercera y cuarta capa corresponden a un tipo H en donde su resistividad empieza en 16  $\Omega$ m, desciende hasta los 10.8  $\Omega$ m.

Para el análisis litológico se tomó en cuenta las 4 capas para una mejor interpretación así; la primera de ellas corresponde a arcillas y limos con saturación, un espesor de 1.5 m y una resistividad de 11  $\Omega$ m, la segunda compuesta por limos y arenas con saturación baja con un espesor de 2.4 m y una resistividad 30  $\Omega$ m, la tercera capa compuesta por arcillas y limos con un espesor de 15m y una resistividad equivalente a 16  $\Omega$ m, la cuarta capa correspondiente a arcillas y limos saturados con un espesor 25 m y una resistividad de 10.8  $\Omega$ m.

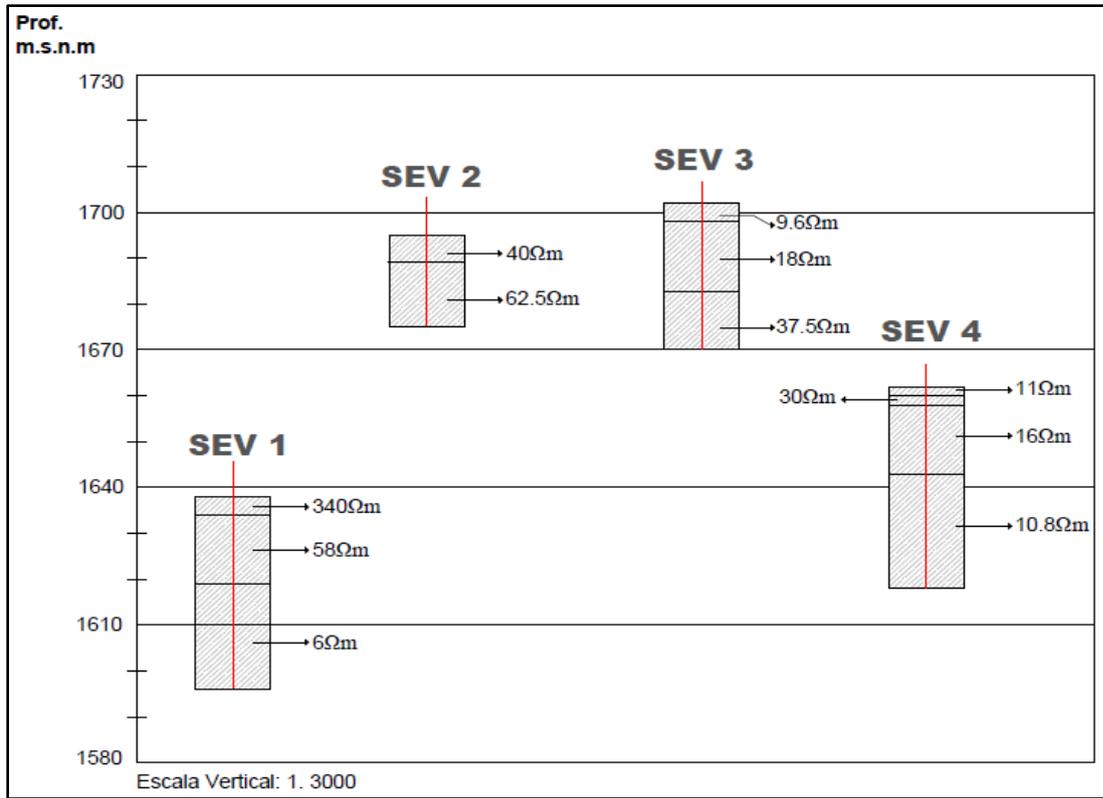
**Tabla 35.** *Recopilación de datos SEV4.*

Capa geoelectrica	Resistividad ( $\Omega$ .m)	Espesor (m)	Descripción	Perfil estratigráfico
A	11	1.5	Arcillas y limos	
B	30	2.4	Limos y arenas	
C	16	15	Arcillas y limos	
D	10.8	25	Arcillas o limos saturados	

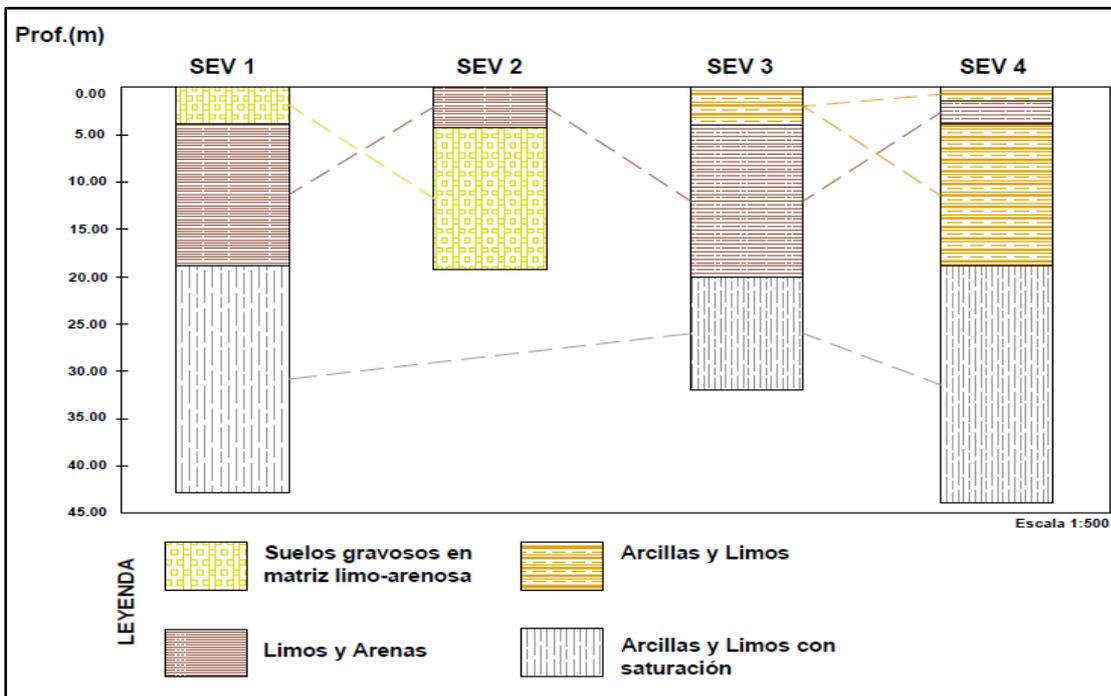
**Correlación geoelectrica y litológica de los sondeos eléctricos verticales (SEV)**

En la figura 39 y 40 se presenta la correlación en sentido Norte-Sur alineando los SEV 1,2,3 y 4.

**Figura 39. Correlación geoelectrica de los SEV**



**Figura 40. Correlación Litológica de los SEV**



De acuerdo a la figura 40 se pudo interpretar una correlación litológica de material sedimentario, comenzando por el SEV 1 el cual en su primera capa presento suelos gravosos envueltos en matriz limo arenosa, este mismo material fue evidenciado en la segunda capa perteneciente al SEV 2; esta secuencia de depositación posiblemente surgió por procesos de erosión y meteorización por transporte de sedimentos.

En la segunda capa del SEV 1 se evidenció limos y arenas de igual manera este material estuvo presente en la primera capa del SEV 2 así como en la segunda capa del SEV 3 y 4; en cuanto a la tercera capa del SEV 1 en donde se encontró arcillas y limos con saturación, dicho material también fue presentado en la tercera capa del SEV 3 y cuarta capa del SEV 4; esta secuencia de depositación resultó ser más común ya que los materiales finos tienden a ser depositados en el fondo y se produce fácilmente intercalaciones de los mismos; a su vez relacionado con la incidencia directa de la cuenca Malacatos Vilcabamba en donde los procesos denudativos rigen dicha cuenca.

La primera capa del SEV 3 también guardo correlación directa de materiales con la primera y tercera capa del SEV 4 siendo este arcillas y limos; este proceso de depositación posiblemente surgió debido a una terminación periclinal la cual en un inicio cubría toda la zona del SEV 4 y posteriormente se erosionó por agente físicos repitiendo este proceso varias veces de tal forma que resultó en una intercalación de capas (arcillas y limos).

### ***6.3.2. Ensayo de Penetración Estándar (S.P.T.)***

En primera instancia estos fueron elaborados bajo la normativa ASTM - D1586 y según la metodología descrita anteriormente, se realizaron 4 ensayos de penetración estándar (SPT), los cuales están ubicados en las zonas litológicas de mayor representatividad, con la finalidad de realizar una correlación e interpretación final integra. En la figura 41, se muestra la ubicación de los ensayos de campo y en la tabla 36 la ubicación exacta y profundidad alcanzada de cada sondeo realizado por cada SPT.

Figura 41. Ubicación de los S.P.T en el área de estudio

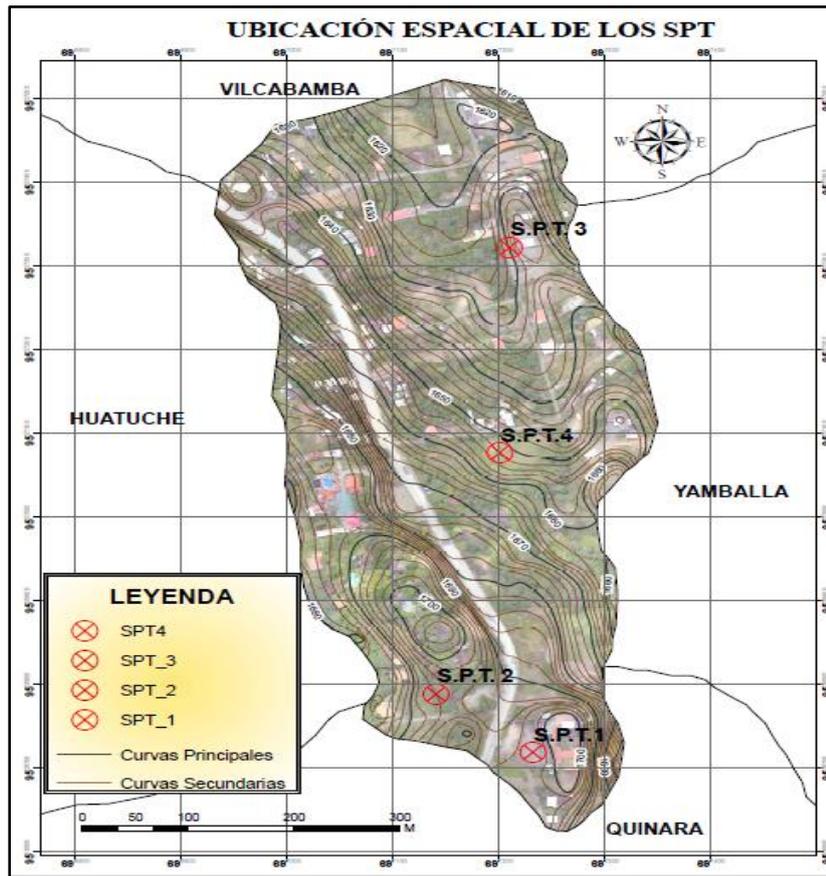


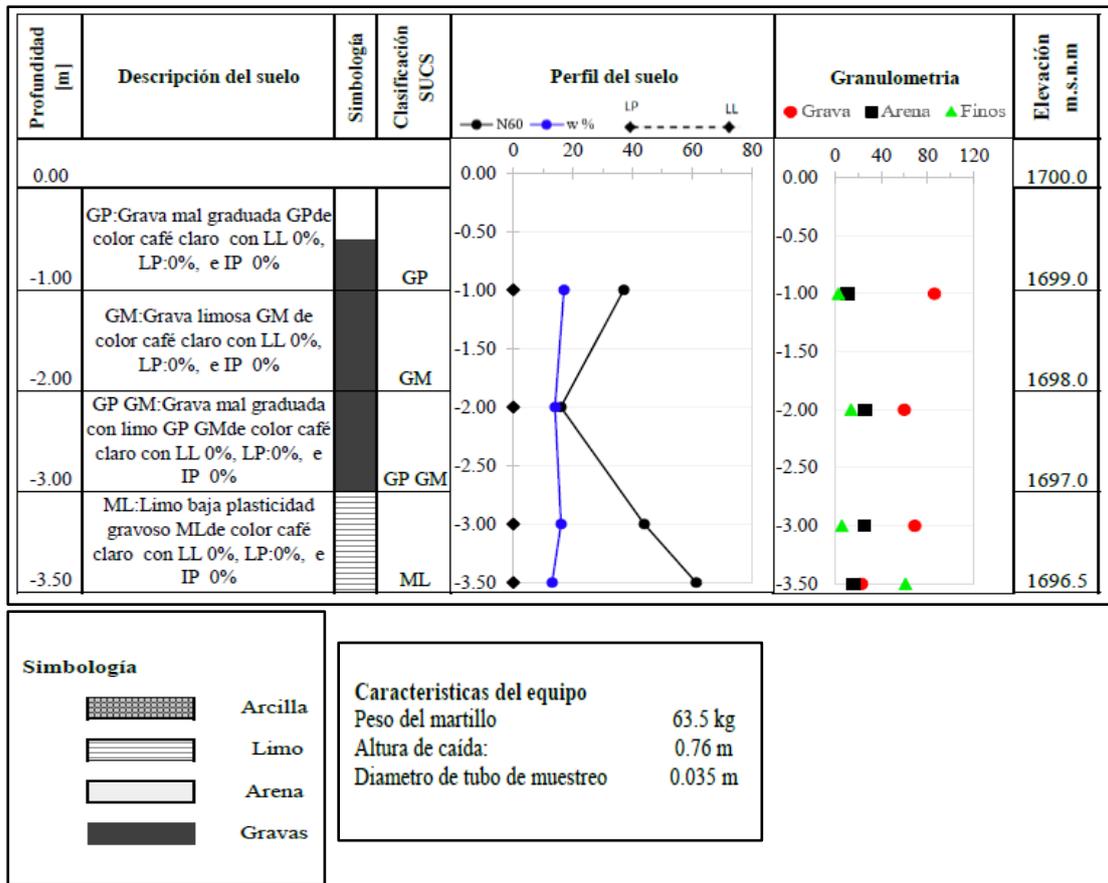
Tabla 36. Ubicación geográfica de los S.P.T

N° de sondeo	Coordenadas-Eje Central			Profundidad(m)
	X	Y	Z	
<b>Sondeo 1</b>	697234	9526713	1700	3.50
<b>Sondeo 2</b>	697121	9526761	1698	4
<b>Sondeo 3</b>	697235	9527218	1646	3
<b>Sondeo 4</b>	697224	9527089	1662	6

**SPT.1**

En la figura adjunta se observan los resultados obtenidos.

**Figura 42. Clasificación y descripción SPT 1**



*Nota.* Adaptado por DICON S GEOTÉCNICO Cia. Ltda (2022).

El primer SPT tuvo una profundidad de 3.50m comenzando a nivel de suelo con una cota de 1700 m.s.n.m y terminando en 1696.5 msnm, el material predominante es una mezcla entre grava mal graduada, arena y material fino; no se evidencio presencia de nivel freático a lo largo de la perforación, en total se obtuvieron 4 capas bien definidas las cuales se describen a continuación.

La primera capa corresponde a grava mal graduada de color café claro con un NSPT de 42 golpes, con un peso específico natural de 18.36 kN/m<sup>3</sup>.

La segunda capa corresponde a grava limosa de color café claro con un NSPT de 21 golpes y con un peso específico natural de 17.18 kN/m<sup>3</sup>.

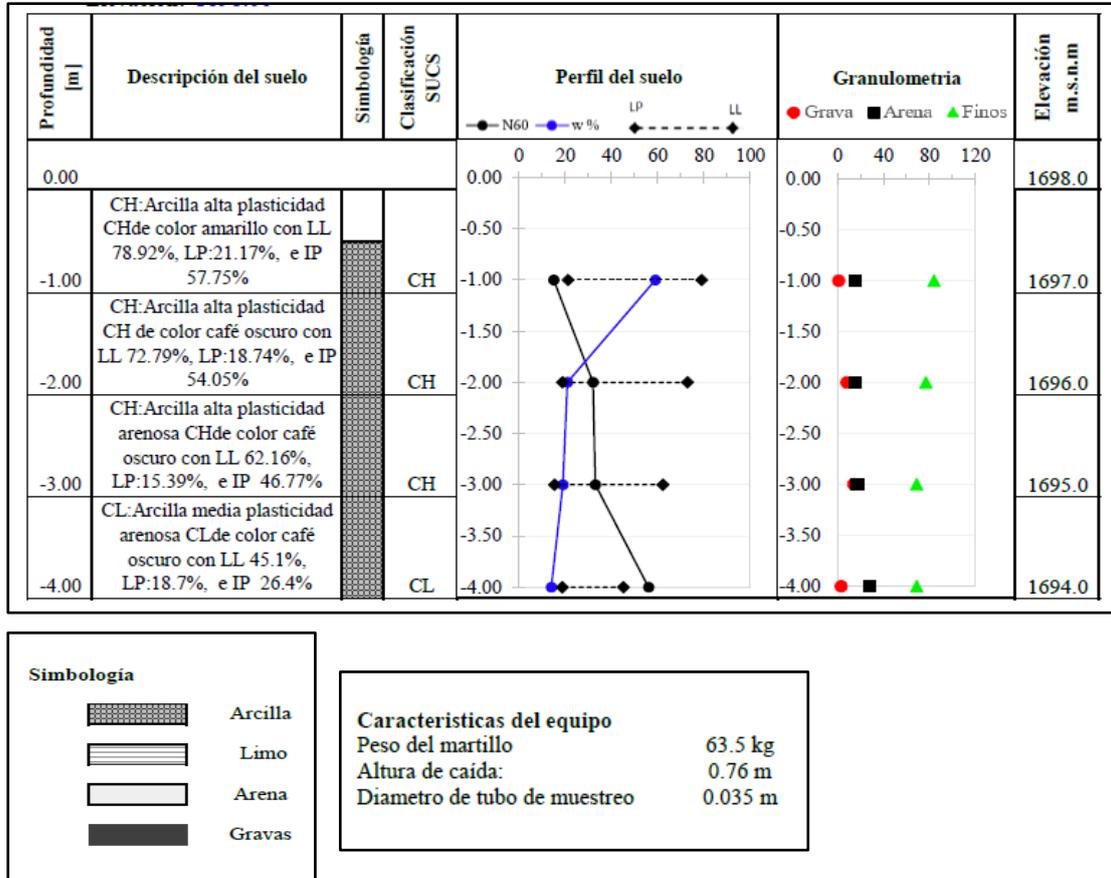
La tercera capa corresponde a grava mal graduada con limo de color café claro con un NSPT de 65 golpes con un peso específico natural de 19.66 kN/m<sup>3</sup>.

**Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba cantón y provincia de Loja**

La cuarta capa corresponde a limo de baja plasticidad gravoso de color café claro con un NSPT de 100 golpes, con un peso específico natural de 21.63 kN/m<sup>3</sup>, rebotando finalmente a los 3.50 metros de profundidad.

**SPT. 2**

**Figura 43. Clasificación y descripción STP 2**



*Nota.* Adaptado por DICONS GEOTÉCNICO Cia. Ltda (2022).

El segundo SPT tuvo una profundidad de 4.00m comenzando a nivel de suelo con una cota de 1698 y terminando en 1694 msnm, el material predominante es arcilla la cual presenta niveles de plasticidad media-alta; no se evidencio presencia de nivel freático a lo largo de la perforación, en total se obtuvieron 4 capas bien definidas las cuales se describen a continuación.

La primera capa corresponde a arcilla de alta plasticidad de color amarillo con un NSPT de 27 golpes y un peso específico natural de 19.08 kN/m<sup>3</sup>.

La segunda capa corresponde a arcilla de alta plasticidad de color café oscuro con un NSPT de 56 golpes y con un peso específico natural de 21.53 kN/m<sup>3</sup>.

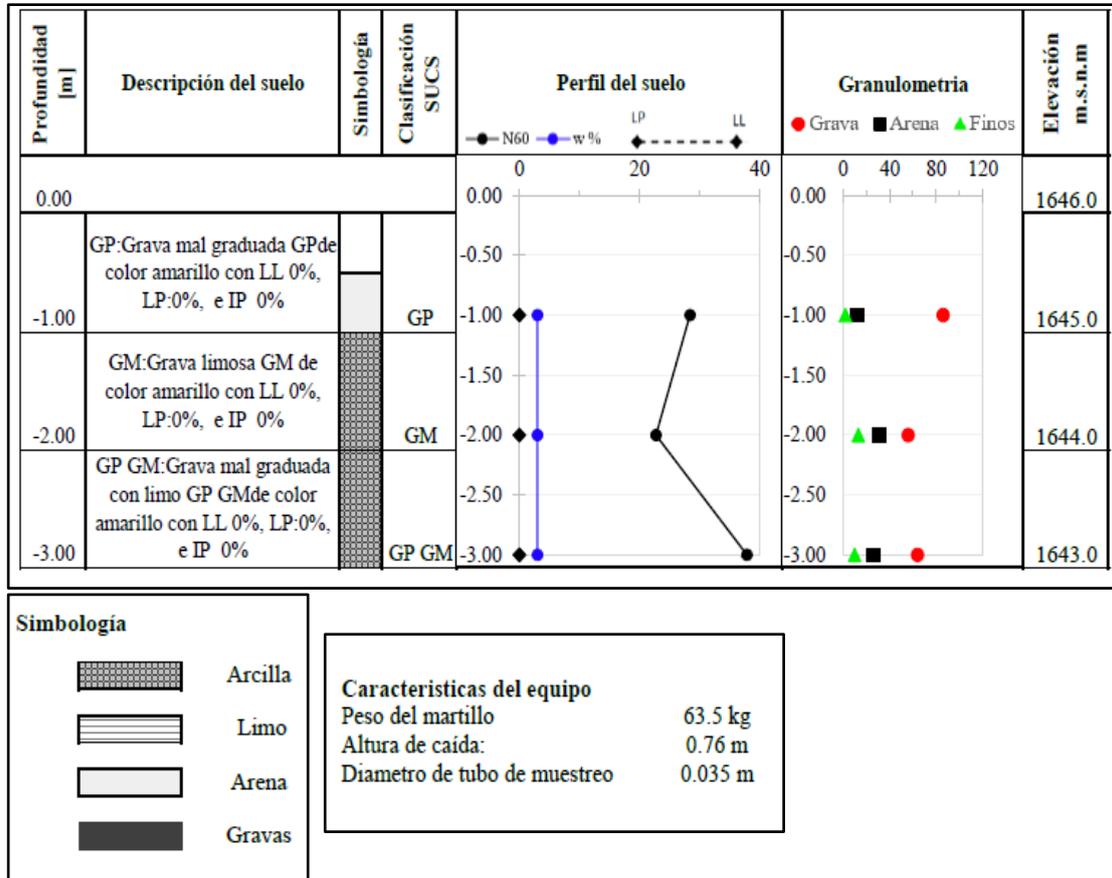
La tercera capa corresponde a arcilla de alta plasticidad con una matriz arenosa de un color café oscuro, un NSPT de 58 golpes y un peso específico natural de 21.69 kN/m<sup>3</sup>.

**Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba cantón y provincia de Loja**

La cuarta capa corresponde a arcilla de media plasticidad con una matriz arenosa de una tonalidad café oscura, un NSPT 100 golpes y un peso específico natural de 25.24kN/m<sup>3</sup>.

**SPT. 3**

**Figura 44.** Clasificación y descripción SPT 3



Nota. Adaptado por DICONS GEOTÉCNICO Cia. Ltda (2022).

El tercer SPT tuvo una profundidad de 3.00m comenzando a nivel de suelo con una cota de 1646 y terminando en 1643 msnm, el material predominante es una mezcla entre grava mal graduada, arena y material fino; no se evidencio presencia de nivel freático a lo largo de la perforación, en total se obtuvieron 3 capas bien definidas las cuales se describen a continuación.

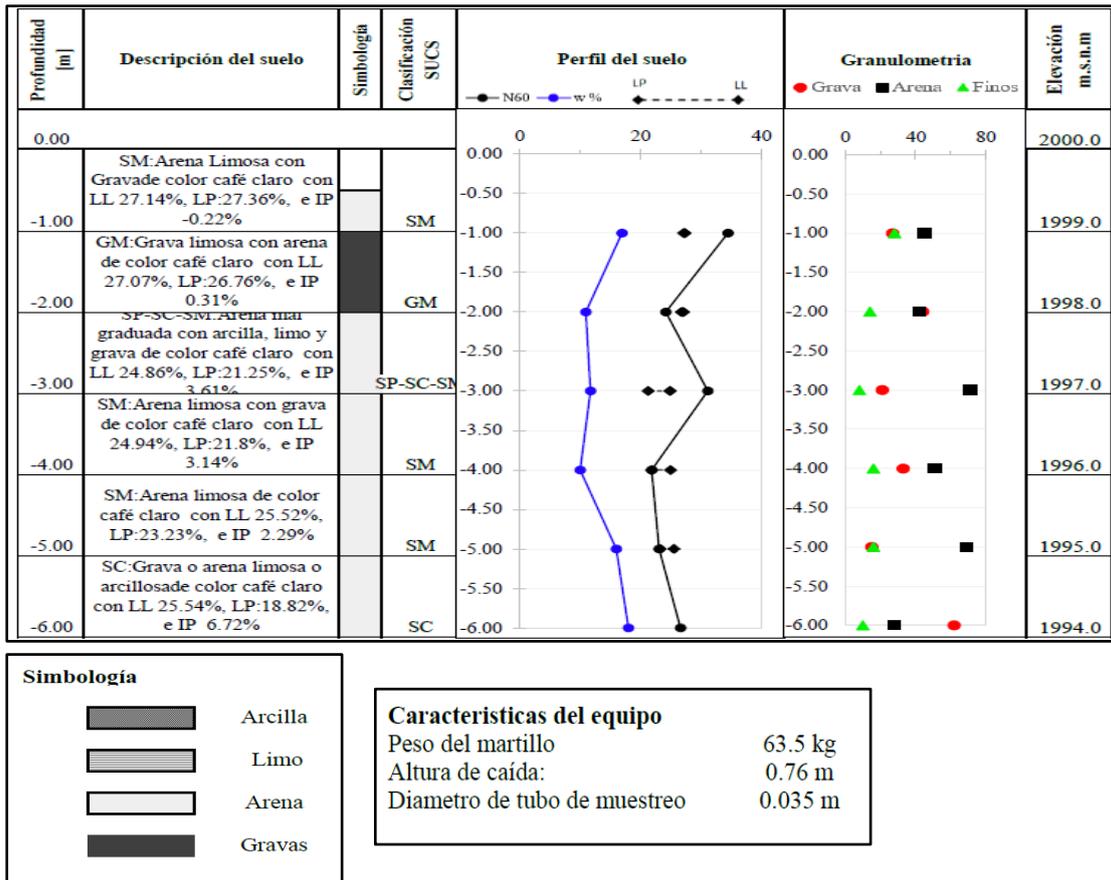
La primera capa corresponde a grava mal graduada de color amarillo con un NSPT de 32 golpes, con un peso específico natural de 17.80 kN/m<sup>3</sup>.

La segunda capa corresponde a grava limosa de color amarillo con un NSPT de 30 golpes y con un peso específico natural de 17.69 kN/m<sup>3</sup>.

La tercera capa corresponde a grava mal graduada con limo de color amarillo con un NSPT de 56 golpes con un peso específico natural de 19.15 kN/m<sup>3</sup>.

**SPT.4**

**Figura 45.** Clasificación y descripción SPT 4



Nota. Adaptado por DICONS GEOTÉCNICO Cia. Ltda (2022).

El cuarto SPT tuvo una profundidad de 6.00m comenzando a nivel de suelo con una cota de 1662 y terminando en 1656 msnm, el material predominante es una mezcla entre grava y arena; no se evidencio presencia de nivel freático a lo largo de la perforación, en total se obtuvieron 6 capas bien definidas las cuales se describen a continuación.

La primera capa corresponde a grava limosa con arena de color café claro con un NSPT de 29 golpes, con un peso específico natural de 18.60 kN/m<sup>3</sup>.

La segunda capa corresponde a grava limosa con arena de color café claro con un NSPT de 24 golpes, con un peso específico natural de 18.60 kN/m<sup>3</sup>.

La tercera capa corresponde a arena mal graduada con arcilla, limo y grava gris claro con un NSPT de 29 golpes, con un peso específico natural de 16.50 kN/m<sup>3</sup>.

La cuarta capa corresponde a arena limosa con grava de color café claro con un NSPT de 30 golpes, con un peso específico natural de 19.50 kN/m<sup>3</sup>.

La quinta capa corresponde a arena limosa color gris claro con un NSPT de 30 golpes, con un peso específico natural de 16.60 kN/m<sup>3</sup>.

**Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba cantón y provincia de Loja**

La sexta capa corresponde a grava o arena limosa de color café claro con un NSPT de 41 golpes, con un peso específico natural de 18.40 kN/m<sup>3</sup>.

En base a los resultados obtenidos de los ensayos SPT se procedió al cálculo de los siguientes parámetros: contenido de humedad, granulometría, límites de Atterberg, clasificación de suelos y capacidad portante del suelo.

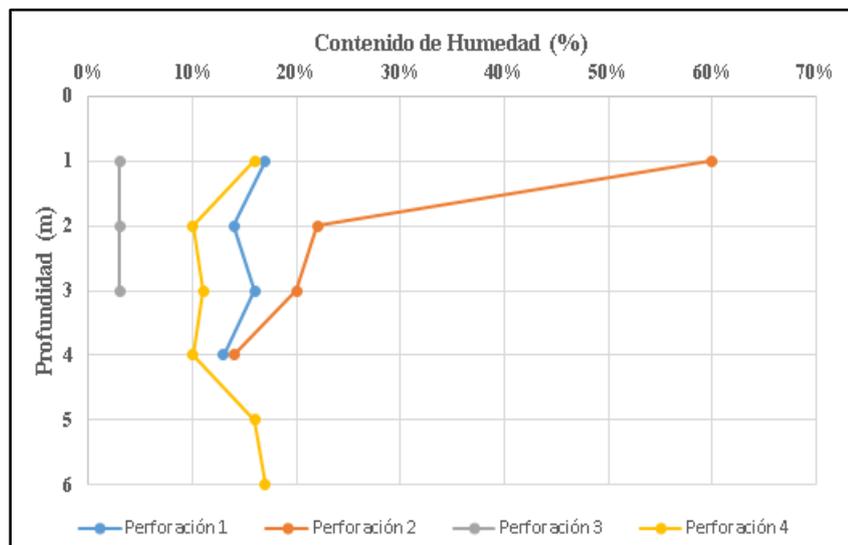
**Contenido de Humedad-Norma (ASTM D-2216)**

El contenido de humedad es una de las propiedades índices más representativas que se emplea para correlacionar con otras propiedades del suelo. Este contenido (%) sirve para evaluar el peso de agua, en una muestra dada de suelo, con relación al peso seco.

$$w(\%) = \frac{W_w}{W_s} * 100$$

Parámetros obtenidos de la perforación realizada in situ se toma una cierta cantidad de suelo y se realiza el ensayo cuyos resultados se reflejan en la figura 46 y Tabla 37.

**Figura 46.** *Contenido de humedad de los ensayos SPT*



**Tabla 37.** *Resultados del contenido de humedad.*

<b>Perforación 1</b>	
Profundidad(m)	Contenido de Humedad (%)
<b>1</b>	17.34
<b>2</b>	14.56
<b>3</b>	16.21
<b>4</b>	13.54
<b>Perforación 2</b>	

**Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba  
cantón y provincia de Loja**

<b>1</b>	59.00
<b>2</b>	21.00
<b>3</b>	19.00
<b>4</b>	14.00
<b>Perforación 3</b>	
<b>1</b>	3.00
<b>2</b>	3.00
<b>3</b>	3.00
<b>Perforación 4</b>	
<b>1</b>	16.91
<b>2</b>	10.96
<b>3</b>	11.72
<b>4</b>	10.02
<b>5</b>	16.17
<b>6</b>	17.80

De acuerdo con los datos obtenidos in situ se observa que el contenido de humedad en la perforación 1 disminuye desde el valor de 17 % hasta el 13%, en el caso de la perforación 2 en superficie el contenido de humedad es muy elevado, pero disminuye con la profundidad hasta el valor de 14%, en el caso de la perforación 3 el contenido de humedad se mantiene constante hasta los 3.00 m y en la perforación 4 el contenido de humedad en el primer metro evidencia un 16.91% misma que va descendiendo a medida que avanza la perforación con un valor final a los 6m de 15.80%.

**Granulometría – Norma (ASTM-D-422)**

El análisis granulométrico se rige a la norma (ASTM-D-422) que consiste en la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de suelo.

A continuación, se presentan los parámetros obtenidos del análisis granulométrico por tramos realizados en laboratorio.

**Tabla 38.** Resultados del ensayo granulométrico.

<b>SPT1</b>				
<b>Tramos(m)</b>				
	<b>0.50 - 1</b>	<b>1.50 - 2</b>	<b>2.5 - 3</b>	<b>3 - 3.50</b>
<b>%Grava</b>	86	60	69	23
<b>%Arena</b>	11	26	25	16
<b>%Finos</b>	3	14	6	61

**Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba  
cantón y provincia de Loja**

<b>SPT2</b>					
	<b>0.50 - 1</b>	<b>1.50 - 2</b>	<b>2.50 - 3</b>	<b>3.50 - 4</b>	
<b>%Grava</b>	1	8	14	3	
<b>%Arena</b>	15	15	17	28	
<b>%Finos</b>	84	77	69	69	

<b>SPT3</b>			
	<b>0.50 - 1</b>	<b>1.50 - 2</b>	<b>2.50 - 3</b>
<b>%Grava</b>	86	56	64
<b>%Arena</b>	12	31	26
<b>%Finos</b>	2	13	10

<b>SPT4</b>						
	<b>0.50 - 1</b>	<b>1.50 - 2</b>	<b>2.50 - 3</b>	<b>3.50 - 4</b>	<b>4.50 - 5</b>	<b>5.50 - 6</b>
<b>%Grava</b>	27	44	21	33	15	62
<b>%Arena</b>	45	42	71	51	69	28
<b>%Finos</b>	28	14	8	16	16	10

En el primer ensayo SPT el porcentaje más elevado de material en el primer tramo de perforación corresponde a grava con un 86% seguidamente para el segundo tramo él mismo decrece hasta un 60 %, para el tercer tramo se produce un aumento el cual se lo puede considerar como menor obteniendo un 69% y finalmente para el cuarto tramo se observó una disminución considerable con un 23%. Para la arena se evidencia que la misma se mantiene en porcentajes constantes sin llegar a tener ascensos o descensos notorios comenzando en el primer tramo de perforación con un valor de 11% seguido del segundo tramo con un valor de 26%, para el tercer tramo con un 25% y finalmente para el cuarto tramo un valor del 16%. Para el material fino esté presentan ascensos y descensos considerables en diferentes puntos de la perforación así se tiene que para el primer tramo se obtuvo un valor de 3%, para el segundo tramo un valor de 14%, en el tercer tramo registro un 6% y finalmente en el cuarto tramo el valor se elevó hasta un 61%.

En el segundo ensayo SPT con lo correspondiente a los resultados de la grava se tuvo en el primer tramo un valor sumamente bajo siendo él mismo 1%, en el segundo tramo este valor se vio incrementado hasta alcanzar el 8%, en el tercer tramo el valor vuelve a aumentar hasta 14% para finalmente en el último tramo descender hasta el 3 %. La arena en el primer y segundo tramo presenta un 15%, para el tercer tramo este incrementa mínimamente hasta 17%

y finalmente para el cuarto tramo el valor asciende hasta un 28%. El porcentaje de material fino en el primer tramo fue de 84%, en el segundo tramo este valor descendió hasta 77%, para el tercer y cuarto de igual manera descendió hasta un 69% para ambos casos.

El tercer ensayo SPT comenzado con el porcentaje de grava en su primer tramo registro un 86% seguidamente para el segundo tramo un descenso hasta el 56% y el tercer tramo un aumento significativo hasta un 64%. La arena en el primer tramo de perforación con un 12%, para el segundo tramo un aumento hasta un 31% y para el tercer tramo descendiendo hasta un 26%. El material fino en el primer tramo con un valor mínimo del 2%, para el segundo tramo un valor de 13% y para el tercer tramo un valor del 10%.

El cuarto ensayo SPT el porcentaje de grava en el primer tramo registro un 27% seguido de un 44% para el segundo tramo, en el tercer tramo con un valor del 21%, en el cuarto tramo un valor del 33%, en el cuarto tramo se registró un descenso considerable hasta un 15% y para el sexto tramo el valor más alto siendo el mismo del 62%. El porcentaje de arena en el primer y segundo tramo presento valores similares de 45% y 42 % respectivamente, en el tercer tramo el valor se eleva hasta un 71% para después en el cuarto tramo descender hasta un 51%, en el quinto tramo el valor vuelve a incrementar hasta un 69% y para el sexto tramo un descenso considerable hasta el 28%. El porcentaje de finos registro en el primer tramo un 28% seguido de un 14% en el segundo tramo, en el tercer tramo un valor mínimo del 8%, en el cuarto tramo y quinto tramo con un valor del 16% y finalmente en el último tramo un descenso hasta el 10%.

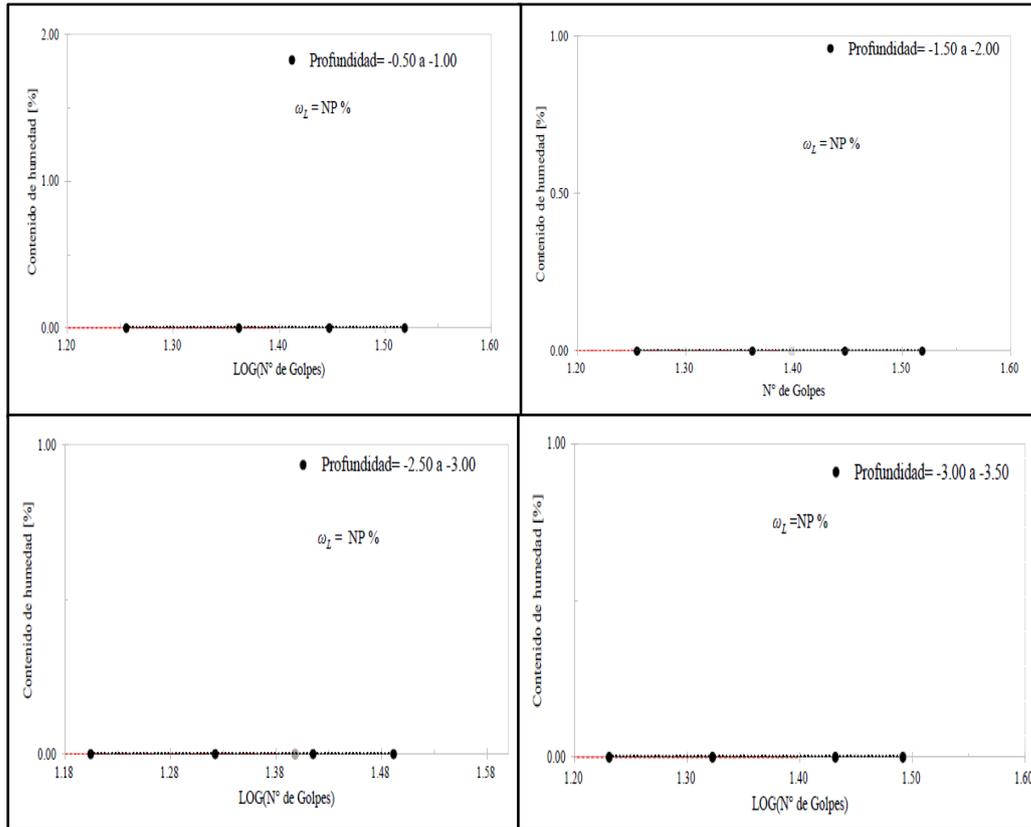
### **Límites de Atterberg - (ASTM-D-4318)**

#### **SPT 1**

A continuación, se presentan los resultados tanto del límite líquido y plástico, por tramos, así como sus respectivas graficas de acuerdo al avance de la perforación.

**Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba cantón y provincia de Loja**

**Figura 47. Gráficas del Limite Líquido SPT 1**



*Nota.* Adaptado por DICONS GEOTÉCNICO Cia. Ltda (2022).

En este primer ensayo no se evidenció una tendencia creciente ni decreciente debido a que la inexistencia de un límite líquido y plástico.

**Tabla 39. Resultados de los límites de Atterberg SPT 1.**

PROFUNDIDAD	0.50 a 1m		1.50 a 2m		2.50 a 3m		3 a 3.50m	
Nº recipiente	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2
Peso de recipiente (g)	-	-	-	-	-	-	-	-
Peso de suelo húmedo + recipiente (g)	-	-	-	-	-	-	-	-
Peso de suelo seco + recipiente (g)	-	-	-	-	-	-	-	-
Peso de suelo seco (g)	-	-	-	-	-	-	-	-
Peso de agua (g)	-	-	-	-	-	-	-	-
Contenido de humedad (g)								
Límite plástico $\omega_p$ (%) =	<b>0.00</b>		<b>0.00</b>		<b>0.00</b>		<b>0.00</b>	
<b>Parámetros obtenidos</b>								
Ítem	Símbolo	<b>0.50 a 1m</b>	<b>1.50 a 2m</b>	<b>2.50 a 3m</b>	<b>3 a 3.50m</b>			

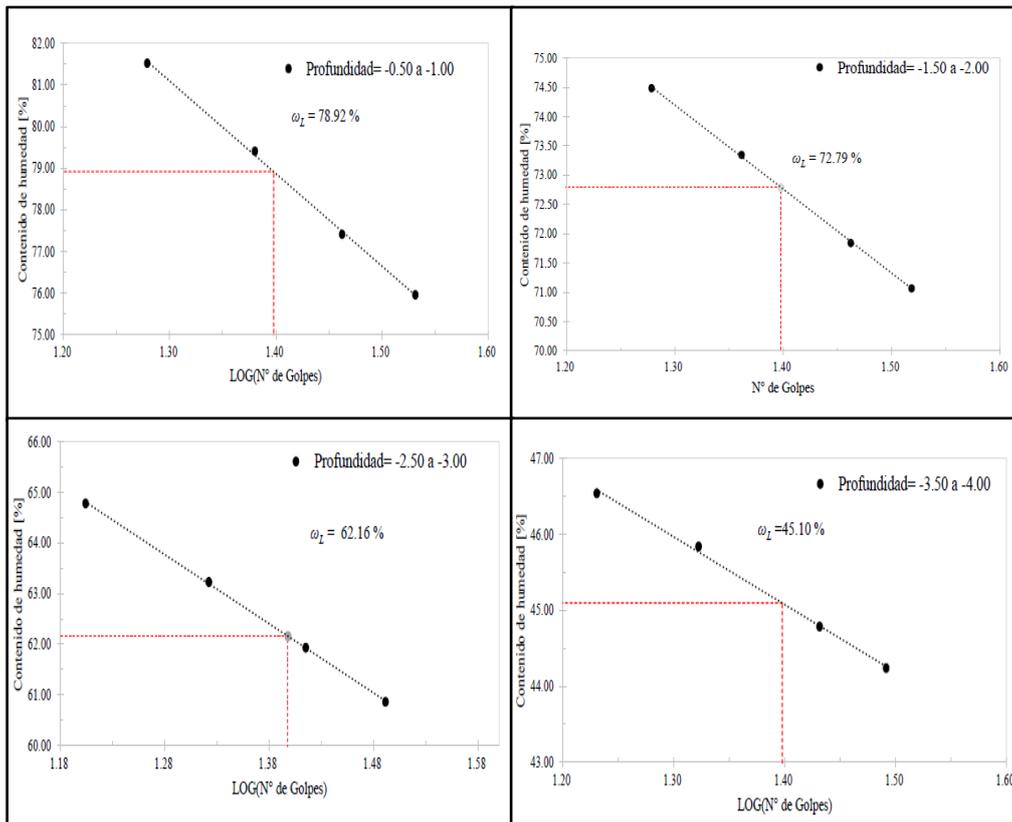
**Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba cantón y provincia de Loja**

<b>Límite líquido</b>	$\omega_L$	-	-	-	-
<b>Límite plástico</b>	$\omega_P$	-	-	-	-
<b>Índice de plasticidad</b>	IP	-	-	-	-

Dado que en el primer ensayo SPT 1 no se encontró suficiente material de limos y arcillas no se pudo determinar los límites de Atterberg, siendo la grava el material que predominaba en este primer ensayo con un 86%, seguido de arena con un 11% y material fino con un 3%.

**SPT 2**

**Figura 48. Limite Liquido SPT 2**



*Nota.* Adaptado por DICONS GEOTÉCNICO Cia. Ltda (2022).

En el segundo ensayo se evidencio un cambio constante en los LL y PL en los diferentes tramos de la perforación mismos que se detallan en la tabla 40.

**Tabla 40. Resultados de los límites de Atterberg SPT 2.**

Profundidad	0.50 a 1m		1.50 a 2m		2.50 a 3m		3.50 a 4m	
Nº recipiente	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2
<b>Peso de recipiente (g)</b>	4.27	4.25	8.50	8.54	8.46	8.45	8.46	8.49

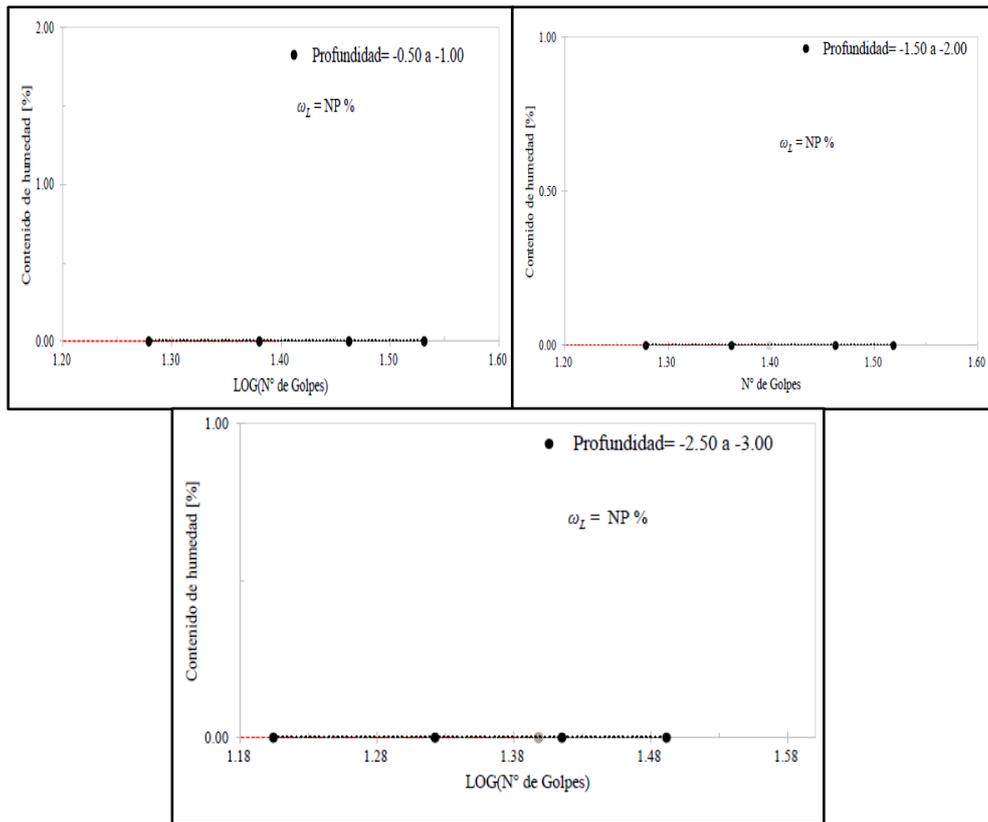
**Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba  
cantón y provincia de Loja**

<b>Peso de suelo húmedo + recipiente (g)</b>		5.14	5.20	9.42	9.54	9.48	9.80	10.04	10.08
<b>Peso de suelo seco + recipiente (g)</b>		4.99	5.04	9.28	9.38	9.35	9.61	9.79	9.83
<b>Peso de suelo seco (g)</b>		0.71	0.78	0.77	0.84	0.88	1.16	1.35	1.33
<b>Peso de agua (g)</b>		0.15	0.16	0.14	0.15	0.13	0.18	0.24	0.25
<b>Contenido de humedad (g)</b>		21.3	21.0	18.94	18.52	15.12	15.65	18.42	18.98
<b>Límite plástico <math>\omega_p</math> (%) =</b>		<b>21.17</b>		<b>18.73</b>		<b>15.38</b>		<b>18.70</b>	
<b>Parámetros obtenidos</b>									
<b>Ítem</b>	<b>Símbolo</b>	<b>0.50 a 1m</b>	<b>1.50 a 2m</b>	<b>2.50 a 3m</b>	<b>3 a 3.50m</b>				
<b>Límite líquido</b>	$\omega_L$	78.92	72.79	62.16	45.10				
<b>Límite plástico</b>	$\omega_P$	21.17	18.74	15.39	18.70				
<b>Índice de plasticidad</b>	<b>IP</b>	57.75	54.05	46.77	26.40				

En el segundo SPT se puede evidenciar un descenso en los 3 parámetros analizados (LL, LP e IP) a medida que avanza la perforación siendo en el primer tramo (0.50-1m) su LL de 78.92 % mientras que para su tramo final (3-3-50m) es de 45.10% así, teniendo un descenso del 33.82%, de igual manera el LP tuvo un comienzo de 21.17% concluyendo con 18.70 % con una diferencia de 2.4% y finalmente el IP al comienzo registro un 57.75 % mientras que al final un 26.40% teniendo así, una diferencia de 31.35%; este cambio se debe principalmente a que en este SPT a medida que se avanzaba el suelo iba perdiendo humedad ya que no existió nivel freático.

SPT 3

Figura 49. Limite Liquido SPT 3



Nota. Adaptado por DICONS GEOTÉCNICO Cia. Ltda (2022).

En el tercer ensayo SPT no se evidencio limites plástico ni liquido ya que el material predominante es la grava teniendo la misma un contenido de humedad bastante escaso por lo cual las gráficas no presentan ningún tipo de tendencia ya sea ascendente o descendente.

Tabla 41. Resultados de los límites de Atterberg SPT 3

Profundidad	0.50 a 1m		1.50 a 2m		2.50 a 3m	
Nº recipiente	T1	T2	T1	T2	T1	T2
Peso de recipiente (g)	-	-	-	-	-	-
Peso de suelo húmedo + recipiente (g)	-	-	-	-	-	-
Peso de suelo seco + recipiente (g)	-	-	-	-	-	-
Peso de suelo seco (g)	-	-	-	-	-	-
Peso de agua (g)	-	-	-	-	-	-
Contenido de humedad (g)	-	-	-	-	-	-
Límite plástico $\omega_p$ (%) =	<b>0.00</b>		<b>0.00</b>		<b>0.00</b>	
Parámetros Obtenidos						

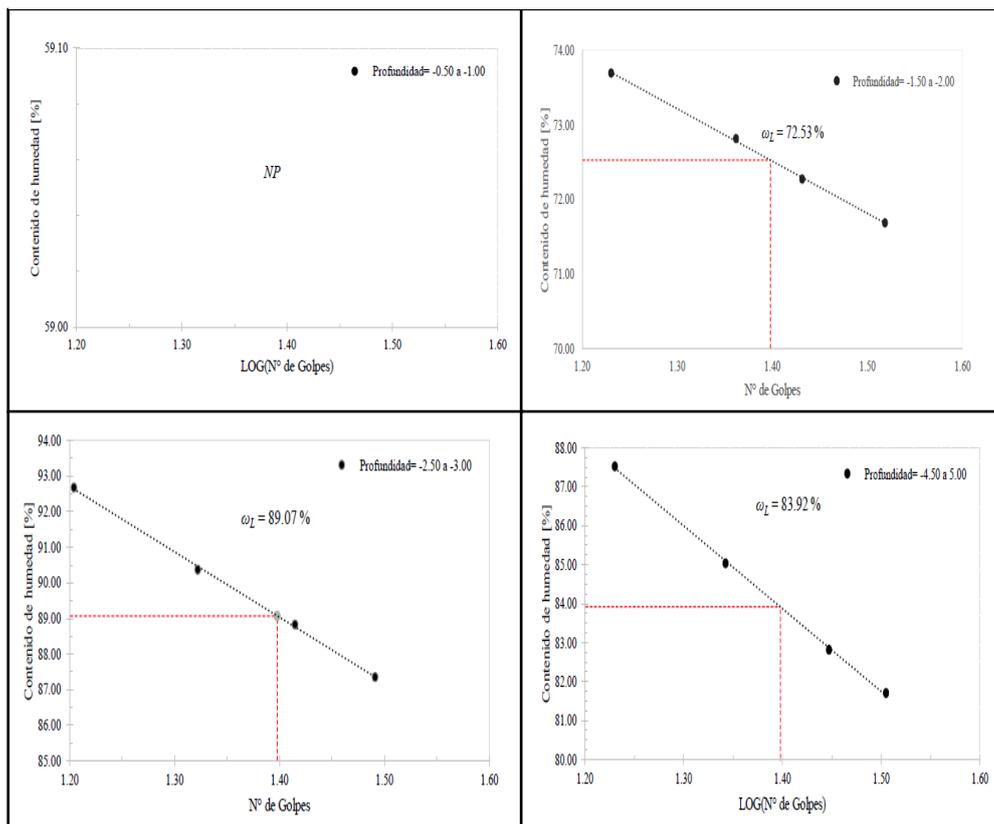
**Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba cantón y provincia de Loja**

ÍTEM	Símbolo	0.50 a 1m	1.50 a 2m	2.50 a 3m
Límite líquido	$\omega_L$			
Límite plástico	$\omega_P$			
Índice de plasticidad	IP			

Dado que en el tercer ensayo SPT 3 no se encontró suficiente material de limos y arcillas no se pudo determinar los límites de Atterberg, siendo la grava el material que predominaba en este primer ensayo con un 86%, seguido de arena con un 12% y material fino con un 2%.

**SPT 4**

**Figura 50. Limite Liquido SPT 4**



*Nota.* Adaptado por DICONS GEOTÉCNICO Cia. Ltda (2022).

En el cuarto ensayo SPT se pudo evidenciar un cambio constante en los porcentajes de los LL y LP ya que es material predominante corresponde a arena y finos, en la tabla 42 se detalla los valores obtenidos.

**Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba  
cantón y provincia de Loja**

**Tabla 42.** Resultados de los límites de Atterberg SPT 4.

PROFUNDIDAD	0.50 a 1m		1.50 a 2m		2.50 a 3m		4.50 a 5m		
N° recipiente	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2	
<b>Peso de recipiente (g)</b>	0.00	0.00	4.29	8.50	4.25	8.55	8.45	4.28	
<b>Peso de suelo húmedo + recipiente (g)</b>	0.00	0.00	4.92	9.34	4.76	9.08	9.08	4.92	
<b>Peso de suelo seco + recipiente (g)</b>	0.00	0.00	4.81	9.19	4.67	8.99	8.95	4.78	
<b>Peso de suelo seco (g)</b>	0.00	0.00	0.51	0.69	0.42	0.43	0.49	0.50	
<b>Peso de agua (g)</b>	0.00	0.00	0.10	0.15	0.08	0.09	0.13	0.14	
<b>Contenido de humedad (g)</b>			20.73	21.69	20.70	21.23	26.35	29.14	
Límite plástico $\omega_p$ (%) =			<b>21.21</b>		<b>20.96</b>		<b>27.75</b>		
Parámetros obtenidos									
Ítem	Símbolo	0.50 a 1m		1.50 a 2m		2.50 a 3m		4.5 a 5m	
<b>Límite líquido</b>	$\omega_L$			72.53		89.07		83.92	
<b>Límite plástico</b>	$\omega_P$			21.22		20.97		27.75	
<b>Índice de plasticidad</b>	IP			51.31		68.10		56.17	

En el cuarto SPT se puede evidenciar un aumento en los 3 parámetros analizados (LL, LP e IP) a medida que avanza la perforación teniendo en cuenta que dichos parámetros en el primer tramo (0.50-1m) fueron nulos al no encontrar arcillas o limos; de esta manera a partir del segundo tramo (1.50-2m) el LL de 75.52 % mientras que para su tramo final (4.5-5m) es de 83.92% así, teniendo un aumento del 11.39%, de igual manera el LP de 21.12% concluyendo con 27.75 % con un aumento de 6.53% y finalmente el IP registro un 51.31 % mientras que al final un 56.17% teniendo así, un aumento de 4.86%; este cambio se debe principalmente a que en este SPT a medida que se avanzaba el suelo presenta una mayor cantidad tanto de arcillas y limos.

## Comportamiento de los suelos

### Consistencia relativa

La consistencia relativa permite determinar la firmeza y la solides del suelo. En base a la interpretación de la tabla 13 se obtuvo los siguientes resultados detallados en la tabla 43.

**Tabla 43.** Resultados de la consistencia relativa del suelo.

<b>N° SPT</b>	<b>Consistencia Relativa</b>	<b>Interpretación</b>
1	0.00	Se determina que son suelos de consistencia muy blanda y tienen una resistencia a la compresión inconfiada (qu) de 0.25 – 1 kg/cm <sup>2</sup> .
2	1.4	Se determina que son suelos de consistencia rígida y tienen una resistencia a la compresión inconfiada (qu) de 1.0 -5.0 kg/cm <sup>2</sup>
3	0.00	Se determina que son suelos de consistencia muy blanda y tienen una resistencia a la compresión inconfiada (qu) de 0.25 – 1 kg/cm <sup>2</sup> .
4	0.83	Se determina que son suelos de consistencia rígida y tienen una resistencia a la compresión inconfiada (qu) de 1.0 -5.0 kg/cm <sup>2</sup>

### Índice de liquidez

Este índice permite evaluar el comportamiento plástico de los suelos y así poder tener una noción de la historia de los esfuerzos a los que fueron sometidos. En base a la interpretación tabla 14 se obtuvieron los siguientes resultados detallados en la tabla 44.

**Tabla 44.** Resultados de índice de liquidez.

<b>N ° SPT</b>	<b>Índice de liquidez</b>	<b>Interpretación</b>
1	0.00	Se determina que son suelos preconsolidados que han sufrido presión efectiva y acción de erosión, además su comportamiento es plástico tratándose arcillas expansivas.
2	0.95	Se determina que son suelos normalmente consolidados, naturales en los cuales no existe alteración.
3	0.00	Se determina que son suelos preconsolidados que han sufrido presión efectiva y acción de erosión además su comportamiento es plástico tratándose arcillas expansivas.
4	0.69	Se determina que son suelos normalmente consolidados, naturales en los cuales no existe alteración.

**Comportamiento de las arcillas(A)**

Es un valor adimensional que permite determinar el comportamiento, actividad, potencial de cambio de volumen y el tipo de arcillas. En base a la interpretación tabla 15 y 16 se obtuvieron los siguientes resultados detallados en la tabla 45.

**Tabla 45.** Resultado del comportamiento “A”

<b>N ° SPT</b>	<b>Comportamiento de arcillas (A)</b>	<b>Interpretación</b>
1	0.00	Se determina que son suelos inactivos, están dentro del grupo de la caolinita, con un potencial bajo frente al cambio de volumen, finalmente se establece que es una arcilla ligeramente sobreconsolidada.
2	0.61	Se determina que son suelos inactivos, están dentro del grupo de la caolinita, con un potencial bajo frente al cambio de volumen, finalmente se establece que es una arcilla arenosa compacta.
3	0.00	Se determina que son suelos inactivos, están dentro del grupo de la caolinita, con un potencial bajo frente al cambio de volumen, finalmente se establece que es una arcilla ligeramente sobreconsolidada.
4	0.93	Se determina que son suelos normales, están dentro del grupo de la lilita, con un potencial medio frente al cambio de volumen finalmente, se establece que es una arcilla normalmente consolidada.

**Clasificación de suelos - (ASTM D-2487)**

La clasificación del suelo se realiza de acuerdo a la norma (ASTM D-2487) dirigida principalmente a conocer el tipo exacto de suelo. En la siguiente tabla se resumen los parámetros del suelo obtenidos a partir de los ensayos de laboratorio descritos anteriormente.

**SPT 1**

**Tabla 46.** Resultados SPT 1 - Sistema Unificado de Clasificación de Suelos – SUCS.

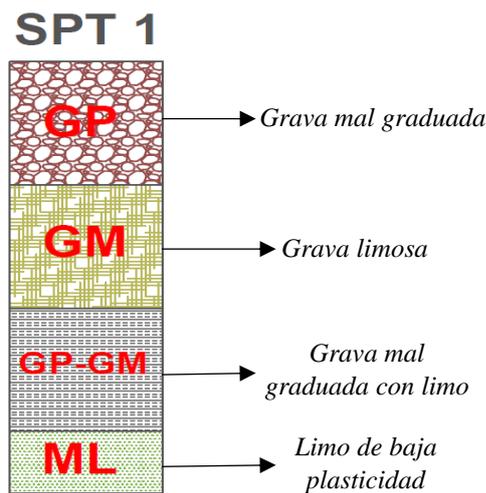
<b>PARÁMETROS</b>	<b>0.50 a 1m</b>	<b>1.50 a 2m</b>	<b>2.50 a 3m</b>	<b>3 a 3.50m</b>
<b>Límite líquido <math>\omega_l</math> (%)</b>	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Límite plástico <math>\omega_p</math> (%)</b>	0.00	0.00	0.00	0.00

**Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba cantón y provincia de Loja**

<b>Índice de plasticidad (ip)</b>	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Pasa tamiz nº 4 (5mm)</b>	14.00	40.00	31.00	77.00
<b>Pasa tamiz nº 40 (0.42mm)</b>	7.00	22.00	14.00	67.00
<b>Pasa tamiz nº 200 (0,075 mm)</b>	3.00	14.00	6.00	61.00
<b>% Grava =</b>	86.00	60.00	69.00	23.00
<b>% Arena =</b>	11.00	26.00	25.00	16.00
<b>% Finos =</b>	3.00	14.00	6.00	61.00
<b>Cu</b>	13.79		248.95	
<b>Cc</b>	5.23		6.94	
<b>Tipo de suelo</b>	GP	GM	GP GM	ML

La muestra de suelo obtenida corresponde a un suelo tipo *Grava mal graduada GP* hasta la profundidad de -1.00 m, en la profundidad de -1.50 a -2.00 m el material corresponde a *Grava limosa GM*, de -2.50 m a -3.00 es *Grava mal graduada con limo GP GM* y de -3.00 m a -3.50 es *Limo baja plasticidad gravoso ML* de acuerdo con el perfil obtenido de la Perforación 1 y adjunto en la figura 51.

**Figura 51.** Perfil Litológico del SPT 1



**Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba  
cantón y provincia de Loja**

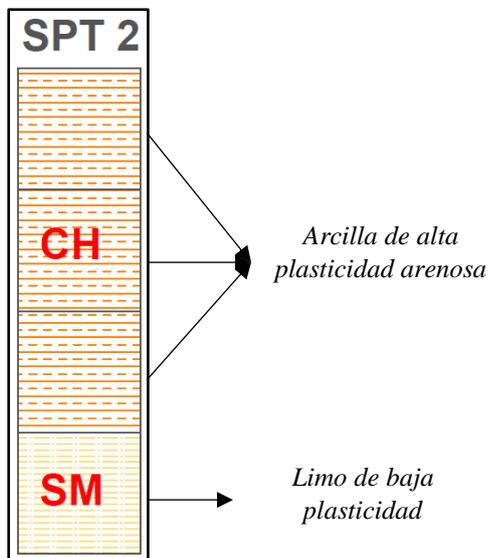
**SPT 2**

**Tabla 47.** Resultados SPT 2 - Sistema Unificado de Clasificación de Suelos – SUCS.

PARÁMETROS	0.50 a 1m	1.50 a 2m	2.50 a 3m	3.50 a 4m
<b>Límite líquido <math>\omega_l</math> (%)</b>	78.92	72.79	62.16	45.10
<b>Límite plástico <math>\omega_p</math> (%)</b>	21.17	18.74	15.39	18.70
<b>Índice de plasticidad (ip)</b>	57.75	54.05	46.77	26.40
<b>Pasa tamiz n° 4 (5mm)</b>	99.00	92.00	86.00	97.00
<b>Pasa tamiz n° 40 (0.42mm)</b>	96.00	88.00	82.00	88.00
<b>Pasa tamiz n° 200 (0,075 mm)</b>	84.00	77.00	69.00	69.00
<b>% Grava =</b>	1.00	8.00	14.00	3.00
<b>% Arena =</b>	15.00	15.00	17.00	28.00
<b>% Finos =</b>	84.00	77.00	69.00	69.00
<b>Cu</b>				
<b>Cc</b>				
<b>Tipo de suelo</b>	CH	CH	CH	SM

La muestra de suelo obtenida corresponde a un suelo tipo *Arcilla alta plasticidad CH* hasta la profundidad de -2.00 m, en la profundidad de -2.50 a -300 m el material corresponde a *Arcilla alta plasticidad arenosa CH*, en la profundidad de -3.50 m a -4.00 corresponde a *Arcilla media plasticidad arenosa SM* de acuerdo con el perfil obtenido de la Perforación 2 adjunto en la figura 52 y el ensayo granulométrico.

**Figura 52.** Perfil Litológico del SPT 2



**Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba  
cantón y provincia de Loja**

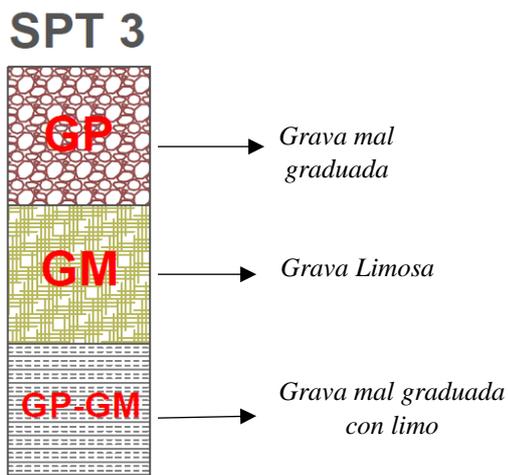
**SPT 3**

**Tabla 48.** Resultados SPT 3 - Sistema Unificado de Clasificación de Suelos – SUCS.

PARÁMETROS	0.50 a 1m	1.50 a 2m	2.50 a 3m
<b>Límite líquido <math>\omega_l</math> (%)</b>	0.00	0.00	0.00
<b>Límite plástico <math>\omega_p</math> (%)</b>	0.00	0.00	0.00
<b>Índice de plasticidad (ip)</b>	0.00	0.00	0.00
<b>Pasa tamiz n° 4 (5mm)</b>	14.00	44.00	36.00
<b>Pasa tamiz n° 40 (0.425mm)</b>	4.00	22.00	15.00
<b>Pasa tamiz n° 200 (0,075 mm)</b>	2.00	13.00	10.00
<b>% Grava =</b>	86.00	56.00	64.00
<b>% Arena =</b>	12.00	31.00	26.00
<b>% Finos =</b>	2.00	13.00	10.00
<b>Cu</b>	8.12		174.92
<b>Cc</b>	1.52		11.58
<b>Tipo de suelo</b>	GP	GM	GP GM

La muestra de suelo obtenida corresponde a un suelo tipo *Grava mal graduada GP* hasta la profundidad de -1.00 m, en la profundidad de -1.50 a -2.00 m el material corresponde a *Grava limosa GM*, en la profundidad de -2.50 m a -3.00 corresponde a *Grava mal graduada con limo GP GM* de acuerdo con el perfil obtenido de la Perforación 3 adjunto en la figura 53 y el ensayo granulométrico.

**Figura 53.** Perfil Litológico del SPT 3



**Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba  
cantón y provincia de Loja**

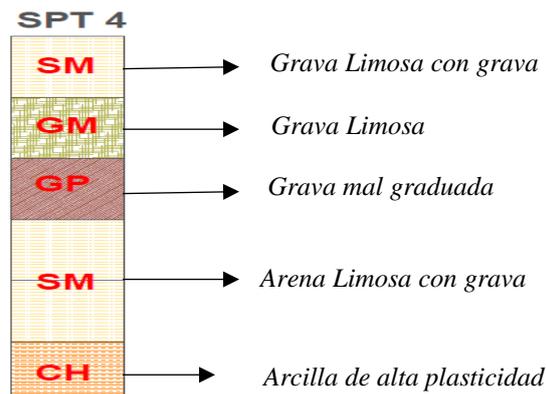
**SPT 4**

**Tabla 49.** Resultados SPT 4 - Sistema Unificado de Clasificación de Suelos – SUCS

PARÁMETROS	0.5 a 1m	1.5 a 2m	2.5a 3m	3.5a 4m	4.5a 5m	5.5a 6m
Límite líquido $\omega_l$ (%)	27.14	27.07	24.86	24.94	25.52	25.54
Límite plástico $\omega_p$ (%)	27.36	26.76	21.25	21.80	23.23	18.82
Índice de plasticidad (ip)	0.22	0.31	3.61	3.14	2.29	6.72
Pasa tamiz n° 4 (5mm)	73.00	56.00	79.00	67.00	85.00	38.00
Pasa tamiz n° 40 (0.425mm)	49.00	32.00	37.00	34.00	39.00	19.00
Pasa tamiz n° 200 (0,075 mm)	28.00	14.00	8.00	16.00	16.00	10.00
% Grava =	27.00	44.00	21.00	15.00	15.00	62.00
% Arena =	45.00	42.00	71.00	69.00	69.00	28.00
% Finos =	28.00	14.00	8.00	16.00	16.00	10.00
Tipo de suelo	SM	GM	GP	SM	SM	CH

La muestra de suelo obtenida de -0.50 a -1.0 m de profundidad corresponde a un suelo tipo *arena limosa con grava (SM)*, de -1.50 a -2.0m de profundidad corresponde a un suelo de *grava limosa (GM)*, de -2.50 a -3.0m de profundidad corresponde a un suelo de *arena mal graduada con arcilla, limo y grava (GP)*, de -3.50 a -4.0m de profundidad corresponde a un suelo de *arena limosa con grava (SM)*, de -4.50 a -5.0m de profundidad corresponde a un suelo de *arena limosa (SM)*, finalmente de -5.50 a -6.0m de profundidad corresponde a un suelo de *arcilla de alta plasticidad (CH)*. de acuerdo al perfil obtenido de la Perforación 4 adjunto en la figura 54 y el ensayo granulométrico.

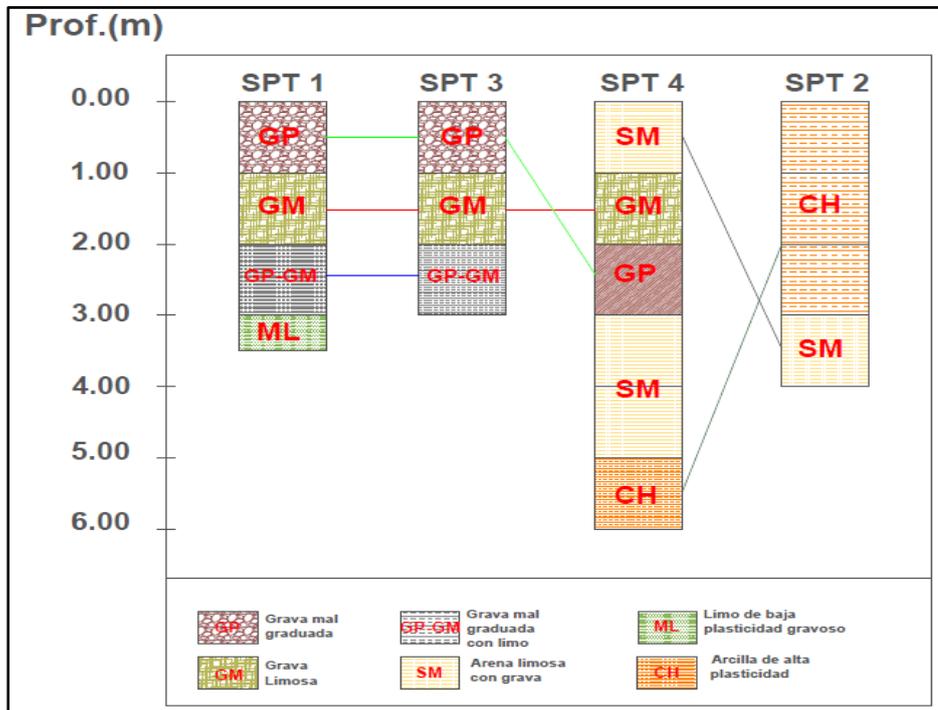
**Figura 54.** Perfil Litológico del SPT 4.



### Correlación de los ensayos SPT

En la figura 55 se presenta la correlación litológica de los ensayos SPT según la clasificación de suelos SUCS.

Figura 55. Correlación litológica de los ensayos SPT



El SPT 1; el primer metro corresponde a grava mal graduada este material también se presenta en el SPT 3 de igual manera en el primer metro, a su vez en el SPT 4 también existe afinidad de este material; el segundo metro corresponde a grava limosa el cual también está presente en el segundo metro del SPT 3 y 4; el tercer metro corresponde a grava mal graduada con limo mismo material se presenta en el SPT 3 en el tercer metro; finalmente el ultimo metro de perforación corresponde a Limo de baja plasticidad con un contenido medio de grava este material no se logró evidenciar tal cual es las demás perforaciones.

El SPT 2; en sus tres primeros metros se evidencio arcilla de alta plasticidad que a su vez presentaba un alto contenido de humedad mismo material estuvo presente en el sexto metro del SPT 4; el cuarto metro del SPT 2 tuvo relación con el primer metro del SPT 4 en donde el material principal fue la arcilla limosa con leve presencia de grava.

El SPT 3; tuvo relación directa en su primer y segundo metro de perforación con el SPT 1 en donde la grava mal graduada se evidencio en el primer metro, mientras que para el segundo metro la presencia de grava limosa a su vez este material también se evidencio en el segundo metro del SPT 4.

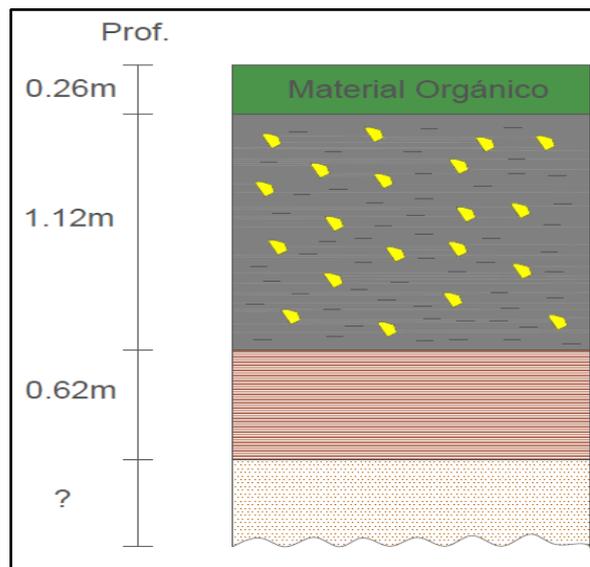
El SPT4; el primer, cuarto y quinto metro de perforación se relacionó con el cuarto metro de SPT 2 siendo el material arena limosa con grava; el sexto metro tuvo relación con los 3 primeros metros del SPT 2 compartiendo arcilla de alta plasticidad.

### **6.3.3. Calicatas Geotécnicas**

Para el presente estudio se realizó un total de 7 calicatas definidas a lo largo y ancho del sector de estudio en puntos estratégicos donde no se evidenciaban afloramientos mismos que ayudaron a definir mejor la geología de la zona, dichas calicatas fueron realizadas de manera manual cuya ubicación geográfica y profundidad se detallan en tabla N ° 8. A continuación se presentan las columnas estratigráficas para cada calicata.

#### **Calicata 1**

**Figura 56.** Columna estratigráfica, calicata N°1.

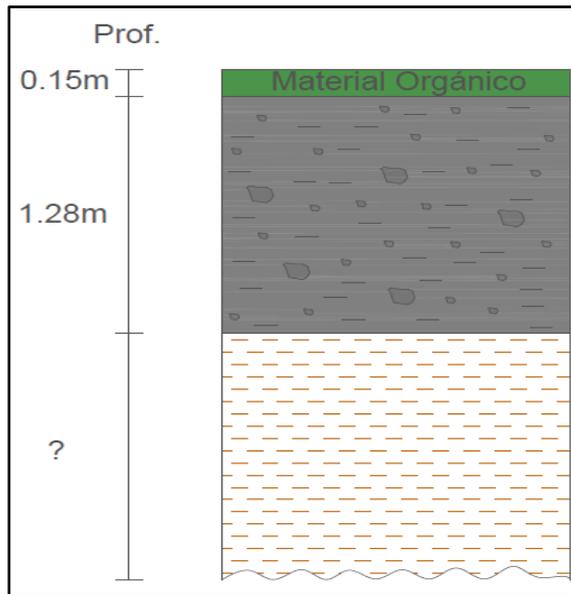


En la primera calicata se determinó un total de 4 capas, la primera de ellas correspondiente a la cobertura vegetal del suelo con una potencia de 0.26m, la segunda capa con material conglomerado que van desde los 3 a 8 cm de diámetro con finas intercalaciones de arena y mínimamente de arcilla esta última con un contenido de humedad escaso, la tercera capa con una potencia de 0.62m corresponde a material arenoso de tonalidad gris clara en su mayoría, con pequeños clastos subredondeados de origen metamórfico con un diámetro de 2 a 3cm, finalmente la cuarta capa con una potencia indefinida corresponde a limos con una baja plasticidad en conjunto con material gravoso mal graduado anguloso y diámetro de 0.5 a 1cm.

No se evidenció presencia de nivel freático.

### Calicata 2

Figura 57. Columna estratigráfica, calicata

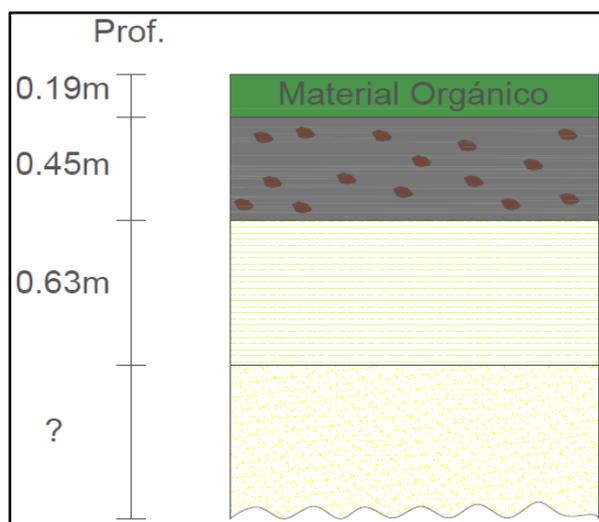


En la segunda calicata se determinó un total de 3 capas, la primera de ellas con una potencia de 0.15 m correspondiente a la cobertura vegetal del suelo, la segunda capa con una potencia de 1.28m corresponde a grava mal graduada con tonalidad gris clara en una matriz arenosa con clastos de origen metamórficos que van desde los 1 a 3cm, también se evidenció la presencia de materia orgánica y finalmente la tercera capa con una potencia indefinida corresponde a material arcilloso de tonalidad café oscura, con grado alto de compactación y pequeña presencia de material orgánico, además se evidencio la presencia de pequeños clastos sedimentarios de limos y arenisca.

No se evidenció presencia de nivel freático.

### Calicata 3

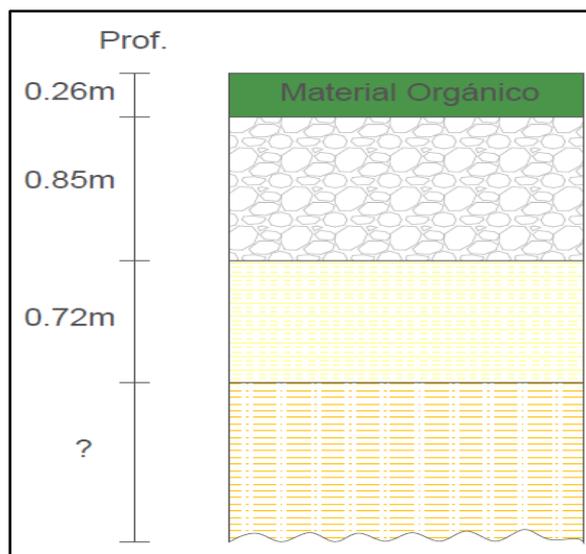
Figura 58. Columna estratigráfica, calicata N°3.



En la tercera calicata se determinó un total de 4 capas bien definidas , la primera de ellas con una potencia de 0.19m correspondiente a la cobertura vegetal del suelo, la segunda con una potencia de 0.45m correspondiente a conglomerado con incrustaciones de clastos de origen volcánico sedimentario con tonalidad que abarcan desde gris claro a oscuro , la tercera capa corresponde a arenisca con pequeñas intercalaciones de arcilla de baja plasticidad de tonalidad café oscura, la cuarta capa con una potencia de 0.63m comprende una matriz areno-arcillosa con un contenido bajo de plasticidad, además se evidencio la presencia de pequeños clastos de origen volcánico sedimentario los cuales presentaban tonalidades claras.

#### **Calicata 4**

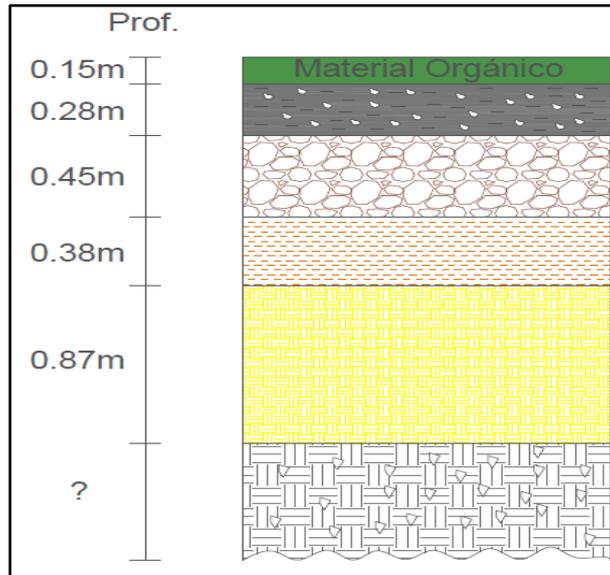
**Figura 59. Columna estratigráfica, calicata N°4**



En la cuarta calicata se identificó un total de 4 capas, la primera de ellas con una potencia de 0.26m corresponde a la cobertura vegetal del suelo, la segunda capa con una potencia de 0.85m con un material conglomerado en una matriz arenosa con finas capas de arcilla con una tonalidad gris clara y una plasticidad media, además de clastos de origen metamórfico angulosos que van desde los 3 a 8 cm de diámetro, la tercera capa con una potencia de 0.72m corresponde a una matriz arcillo-arenoso con presencia de clastos de lutita y arenisca compacta, finalmente la cuarta capa con una potencia indefinida corresponde a arena limosa con una tonalidad gris clara.

Calicata 5

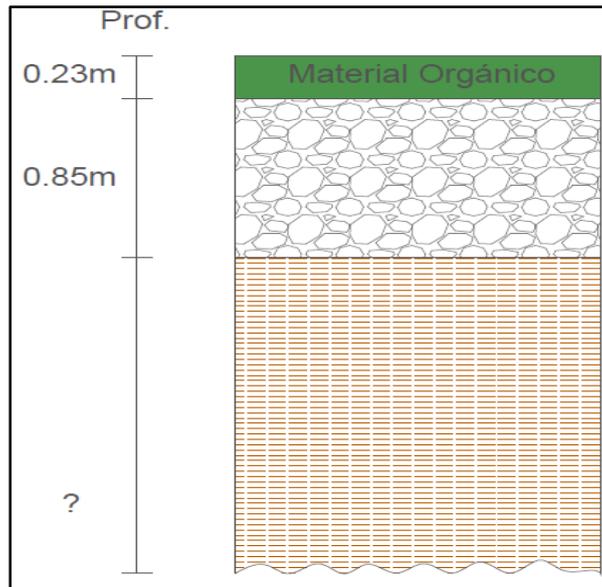
Figura 60. Columna estratigráfica, calicata N°5.



En la quinta calicata se identificó un total de 6 capas bien definidas, la primera de ellas con una potencia de 0.15m correspondiente a la cobertura vegetal del suelo, la segunda capa con una potencia de 0.28m correspondiente a una matriz arenosa arcillosa de color amarillo claro con micro conglomerado con clastos subredondeados de 2 a 5cm de diámetro, la tercera capa con una potencia de 0.45m corresponde a conglomerado en una matriz arenosa de tamaño variable siendo este de 1 a 3 cm de diámetro de origen metamórfico, la cuarta capa con una potencia de 0.38m corresponde a arcilla de tonalidad café clara con un contenido de humedad media-alta y leve presencia de materia orgánica, la quinta capa con una potencia de 0.87m corresponde a arenisca diseminada en pequeños fragmentos de clastos, finalmente la sexta capa con una potencia de indefinida corresponde a conglomerado en matriz arcillo arenosa de tonalidad gris clara y oscura en determinados puntos, además la presencia de clastos angulosos y subredondeados de 0.5 a 2cm de diámetro de origen metamórfico.

### Calicata 6

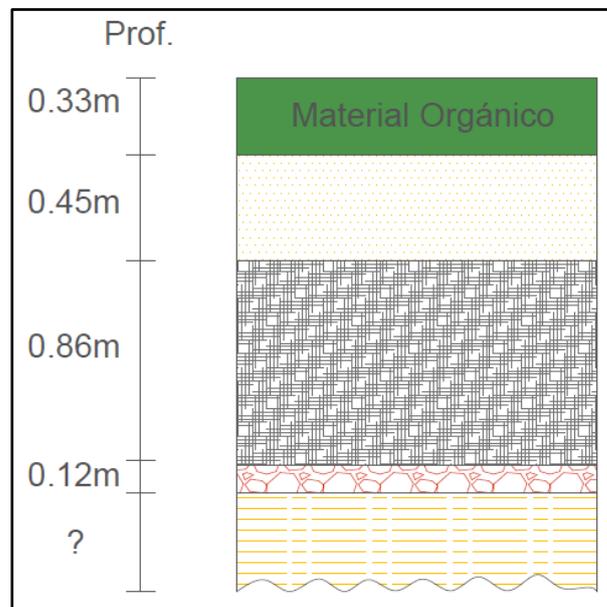
Figura 61. Columna estratigráfica, calicata N°6



En la sexta calicata se identificó un total de 3 capas, la primera de ellas con una potencia de 0.23m corresponde a la cobertura vegetal del suelo, la segunda capa corresponde grava mal graduada de tonalidad gris clara y con fragmentos líticos bien compactados de 0.1 a 2cm de diámetro de origen sedimentario, finalmente la tercera capa con una potencia indefinida correspondiente a arcilla con un grado alto de compactación y de tonalidad café oscura.

### Calicata 7

Figura 62. Columna estratigráfica, Calicata N°7

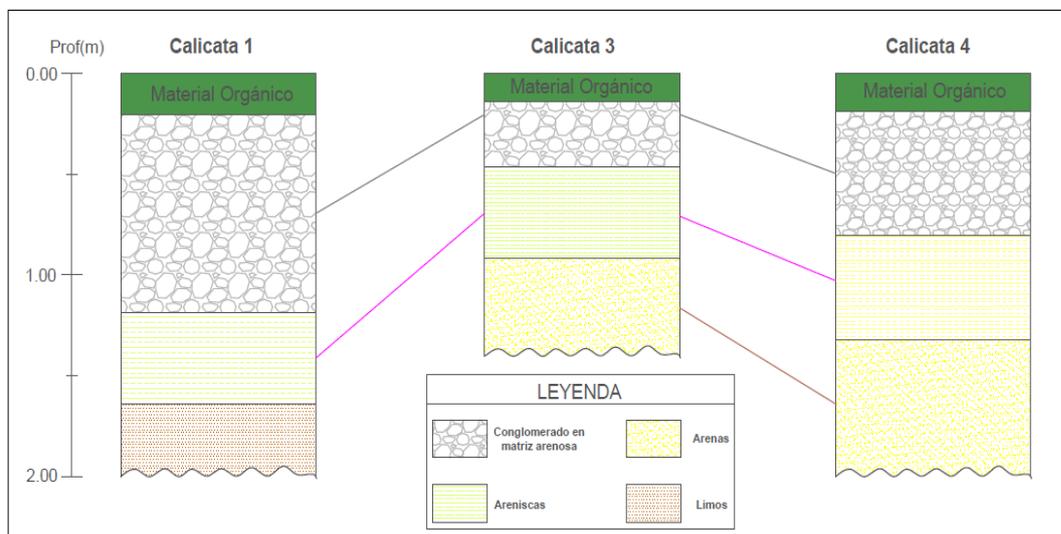


En la séptima y última calicata de identifico un total de 5 capas, la primera de ellas con una potencia de 0.33 m corresponde a la cobertura vegetal del suelo, la segunda capa con una potencia de 0.45m corresponde a una matriz arcillosa de tonalidad café clara que abarca clastos metamórficos y de arenisca con un alto grado de compactación; la tercera capa con una potencia de 0.86 m corresponde a un material arcilloso con contenido orgánico, se pudo evidenciar la presencia de pequeños fragmentos metamórfico; la cuarta capa con una potencia de 0.12m comprende una matriz arcillo-arenosa de tonalidad amarilla clara; finalmente la quinta y última capa con una potencia indefinida comprende material conglomerado y leves rasgos de arcilla de tonalidad gris clara y café oscuro en determinados puntos, además se evidencio la presencia de pequeños clastos sedimentarios compactos de lutita y arenisca.

### **Correlación geológica de calicatas**

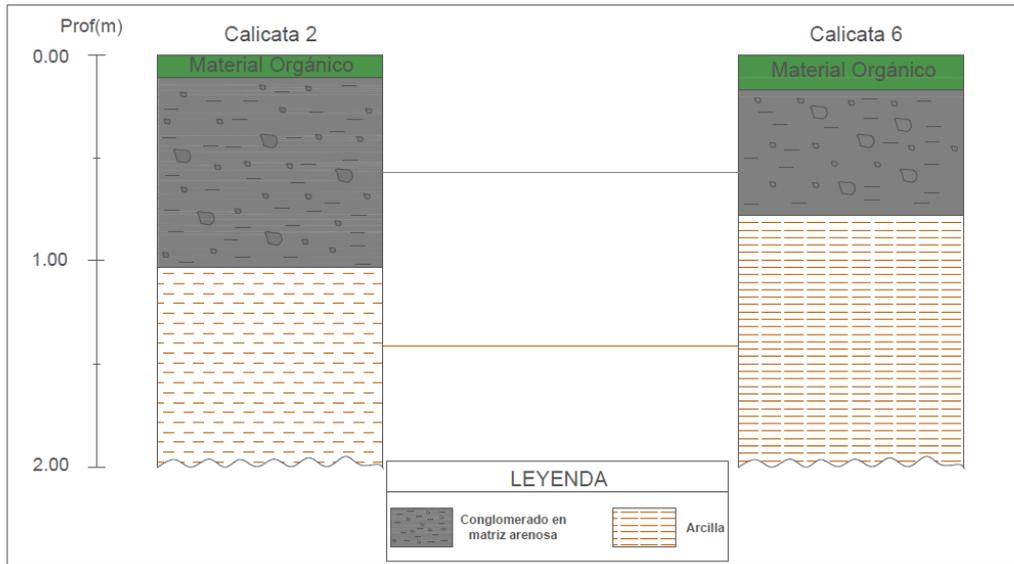
Una vez que se realizó la descripción geológica de cada calicata se procedió a correlacionar dicha información de tal manera que se obtuvo una mejor perspectiva de los principales materiales que conforman la zona de estudio.

**Figura 63.** Correlación Litológica calicata 1-3-4



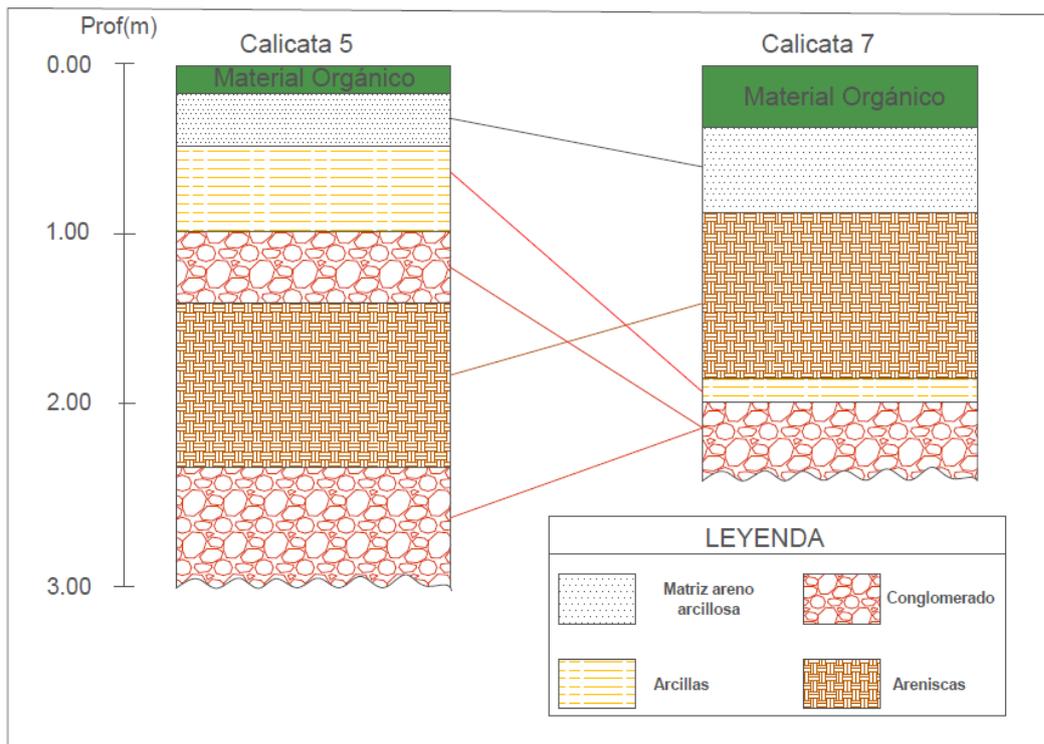
En base a la figura 63 se pudo establecer la similitud en los materiales geológicos de las calicatas 1,3 y 4 de tal manera que en la segunda capa de las 3 calicatas comparten material conglomerado envuelto en una matriz arenosa con finas capas de arcilla que no presentan mayor humedad; la tercera capa también compartió afinidad litológica siendo areniscas de tonalidad gris clara a oscura acompañada de pequeños clastos de origen metamórfico; la cuarta capa de las calicatas 3 y 4 si bien el material no resulto ser exactamente este presento cierta similitud en la matriz que los componen, siendo arena en su mayoría.

**Figura 64.** Correlación calicata 2 y 6.



En base a la figura 64 las dos calicatas presentaron el mismo número de capas siendo un total de 3; en la segunda de ellas encontrándose grava mal graduada con tonalidad gris clara envuelta en una matriz netamente de arena a su vez acompañados por clastos de tamaños variables de origen metamórfico principalmente; finalmente la tercera capa en donde el material resulto ser arcilla de tonalidad café oscura misma que presento un alto grado de compactación.

**Figura 65.** Correlación calicata 5 y 7.



En base a la figura 65 las calicatas 5 y 7 fueron las que presentaron mayor número de estratos 6 y 5 respectivamente , a su vez que la correlación litológica de las mismas también resulto ser de gran afinidad, así, en el segundo estrato de ambas calicatas se pudo identificar una matriz areno arcillosa con tonalidades claras acompañado de clastos subredondeados ; el tercer estrato de la calicata 5 se correlacionó con el cuarto estrato de calicata 7 en donde predominaban arcilla con contenido orgánico y un nivel de saturación alto; seguidamente el cuarto y sexto estrato de la calicata 5 presento la misma litología que el estrato 5 de la calicata 7 siendo este material conglomerado con escasa presencia de arcilla; finalmente el quinto estrato de la calicata 5 presento el mismo material con relación al estrato 3 de la calicata 7 siendo estas areniscas en su gran mayoría.

### **6.3.4. Representación Cartográfica de los ensayos SEV y SPT**

Con la información recopilada y analizada en campo como fue la observación directa de afloramientos, calicatas, ensayos directos (SPT) e indirectos (SEV) se procedió a confeccionar dos modelos en los cuales se plasme dicha información.

#### **SEV**

Para la representación cartográfica de los SEV se tomó en cuenta la resistividad de las capas, así como la descripción litológica esto para los 4 ensayos (ver anexo11) esto en base a la información de la tabla 18, obteniendo un total de 4 clases, en la tabla 50 se detallan los resultados obtenidos.

**Tabla 50.** Datos del modelo cartográfico de los SEV.

<b>Nº ensayos</b>	<b>Rango de Resistividad(Oh.m)</b>	<b>Litología</b>	<b>Área(Ha)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
SEV 1	5.40 - 21.79	Limos, arcillas, suelo vegetal y de cultivo	8.87	37.29
SEV 2	21.79 - 38.19	Arenas y limos consolidados	6.98	29.36
SEV 3	38.19 - 54.59	Material poco consolidado arcillas y areniscas	4.85	20.39
SEV 4	> 54.59	Conglomerado con matriz arenosa	3.07	12.94

Se obtuvo un total de 4 clases en base a las diferentes resistividades del suelo; la primera en un rango de 5.40 a 21.79 Oh.m con limos, arcillas, suelo vegetal y de cultivo abarcando un área de 8.87 ha siendo la más extensa, la segunda clase con un rango de resistividad entre 21.79 a 38.19 Oh.m con material arenoso y presencia de limos en pequeñas cantidades, pero con un alto grado de consolidación y abarcando un área de 6.98 ha; la tercera clase con un rango de resistividad entre 38.19 a 54.59 Oh.m con material poco consolidado de arcillas y areniscas abarcando un área de 4.85 ha y finalmente la cuarta clase con una resistividad mayor a 54.59 Oh.m con material conglomerado con matriz arenosa abarcando un área de 3.07 ha.

**SPT's**

En primera instancia para los SPT's una vez analizada la carga máxima admisible del suelo para los 4 ensayos de determino 2 zonas geotécnicas (ver anexo 12) esto en base a la información de la tabla 17. En la tabla 51 se detallan los resultados obtenidos.

**Tabla 51.** Datos del modelo cartográfico de los SPT.

<b>Zona</b>	<b>Resistencia del suelo</b>	<b>Clasificación del suelo</b>	<b>Q adm(kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Área(Ha)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
1	Suelos Medianos	GP;GM;GP- GM;SM;SP;SC;ML	0.60 – 1.20	19.72	82.91
2	Suelos compactos	CH; CL;GP;GM	1.20 – 2.40	4.064	17.083

**Zona 1**

Litológicamente compuesta por grava mal graduada con limo de baja plasticidad, arena limosa y arcilla de alta plasticidad, en esta zona se presentan daños graves en las infraestructuras, el suelo presenta una resistencia media y una compacidad media, un valor de NSP de 10 a 25 y una carga admisible de 0.60 a 1.20 kg/cm<sup>2</sup>, además está zona abarca un área de 19.72 ha.

**Zona 2**

Litológicamente compuesta en su mayoría por arcillas arenosas con un nivel bajo de plasticidad, a su vez de grava y arena limosa, además se presentó material volcánico sedimentario como lo son las tobas con fragmentos líticos; en esta zona los daños a la infraestructura son leves, el suelo presenta una resistencia compacta, así como una compacidad alta, un valor de NSP de 15 a 60 y una carga admisible de 1.20 a 2.40 kg/cm<sup>2</sup>, además está zona abarca un área de 4.064 ha.

## **7. Discusión**

El presente trabajo de investigación se realizó con la finalidad de conocer las características geológicas – geotécnicas de los materiales presentes en “El barrio Izhcayluma, parroquia Vilcabamba, cantón y provincia de Loja”, de tal manera que se pueda conocer las causas por las cuales se da el colapso y deterioro prematuro de la infraestructura presente en la zona.

La topografía del sector de estudio resulta bastante irregular teniendo un desnivel de 98 m, esto debido principalmente a procesos orogénicos y a la naturaleza misma de material geológico existente esto siendo corroborado por la información de Litherland (1994), además Clirsent (2013) establece que para un levantamiento topográfico a detalle mediante DRON la altura máxima de vuelo no debe superar los 100m, para el efecto para esta investigación fue de 60m. En cuanto a las pendientes del sector de estudio estas fueron obtenidas mediante la metodología planteada por Demek (1972) siendo las mismas con un total de 3 en donde las pendientes predominantes corresponden a “Fuertemente Inclinado” ocupando 13.023 ha con un porcentaje del 54.85%, siendo así que dicha información resulta ser mucho más detallada que la expuesta en el PDOT (2019- 2023) de la parroquia Vilcabamba en el cual la zona de estudio en cuestión solo esta categorizada como un terreno levemente irregular.

Con respecto a la geología esta fue realizada a través de la descripción directa de afloramientos y elaboración de calicatas en base a esto se determinó que el área de estudio está conformada por 3 formaciones geológicas bien definidas contrastando con la información del PODT (2019-2023) de la parroquia, en el cual la zona de estudio descansa sobre una única formación siendo esta la formación San Cayetano. Las 3 formaciones del sector de estudio en cuestión son: los depósitos coluviales, la formación San Francisco y la formación Quinara; Solís (2015) hace referencia a la formación San Francisco la cual presenta en su sección basal varias secuencias que exponen asociaciones de facies de llanura deltaíca coluvial, caracterizada por intercalaciones de areniscas y conglomerados, y una asociación de facies palustre, con facies limosas y arcillosas.

Acotar que el sector de estudio en su mayoría está compuesto por material sedimentario constituidos por clastos subangulosos y subredondeados milimétricos a centimétricos envueltos en una matriz arcillo-arenosa, enfatizando que existen depósitos coluviales que se encuentran en contacto con fragmentos volcánicos y clastos metamórficos centimétricos con matriz areniscosa de diámetro variable, intercalada con matriz areno-limosa-arcillosa; la información geológica levantada en campo guarda similitud con la expuesta en la carta

geológica regional de Gonzanamá propuesta por el INIGEMM (2017) y con Hungerbühler (1997)

En cuanto al levantamiento geológico – estructural se han identificado pequeñas estructuras de carácter local, como fallas generadas por esfuerzos tensionales, siendo muy puntuales, las cuales se las pudo identificar dentro de la formación Quinara y que afectan a la parte Sur del barrio; sin embargo Kennerley (1973) en su investigación a lo largo de cuenca Malacatos Vilcabamba señala que los límites estructurales de esta cuenca en su mayoría están controladas por complejos sistemas de fallas, que afectan el relleno sedimentario del Neógeno, además del basamento volcánico y metamórfico del Mesozoico-Oligoceno además que dicha cuenca está afectada también por la presencia de cuerpos intrusivos discordantes al relleno sedimentario.

Mediante la campaña geotécnica a través de métodos de exploración directa e indirecta como (calicatas; SPT y SEV) bajo la norma ASTM, se correlaciono y valido la información geológica levantada con anterioridad. A partir de los SEV y las curvas de resistividad obtenidas siendo dichos resultados correlacionados con valores estándares por Kalenov(1987) en donde de acuerdo a las curvas teóricas se definen 4 tipos de curvas siendo estas KQQA, QH, HKH y HAKH se puede afirmar que la zona de estudio está conformada en su mayoría por arcillas y limos los cuales presentan un nivel de saturación alto, así como arenas y material gravoso acompañado de conglomerados en un matriz limo arenosa, de tal forma que los valores de resistividad para dicha litología abarcaron valores de entre 5  $\Omega$ m a 80 $\Omega$ m, cabe destacar que en los puntos de mayor profundidad entiéndase mayor a 40m las resistividades tuvieron valores que superaban los 200  $\Omega$ m.

A partir de los SPT's bajo la norma ASTM, se pudo identificar que los primeros metros de suelo poseen distintos cambios litológicos, así, el material varía entre grava mal graduada, limos, arcilla de alta plasticidad y arenas con grava. Mediante los parámetros de Contenido de Humedad (C.H), Limite Liquido (LL), Limite Plástico (LP), Índice de Plasticidad (IP), y porcentaje de gravas, arenas, finos, consistencia relativa, índice de liquidez y el comportamiento de las arcillas se determina que los suelos están dentro del grupo de la caolinita, con un potencial de medio a alto frente al cambio de volumen, finalmente se establece que son arcillas medianamente sobreconsolidadas, Gonzáles de Vallejo (2002) explica que estos suelos en estado natural son estables, pero con carga pueden llegar a colapsar, además Terzaghi (1925) indica que, si las arcillas son normalmente consolidadas hay muchas probabilidades de que

ocurran asentamientos diferenciales excesivos en cimentaciones y no es viable el uso de zapatas aisladas.

Braja Das (2015) manifiesta que en suelos de baja capacidad de carga es recomendable construir sobre una plataforma de concreto denominada losa de cimentación, sin embargo, Crespo (2004) menciona que es recomendable cimentar a considerable distancia de la superficie atravesando el sustrato expansivo, donde actúa la cohesión a favor de la estabilidad y las arcillas tienden a expandirse y contraerse en menor proporción.

Simons & Menzies (2000) señalan que la capacidad de carga de un suelo está relacionada con el fallo al corte, para las cimentaciones sobre arcillas la resistencia al corte es usualmente el factor de control ya que las arcillas son de baja permeabilidad y la construcción de la estructura generalmente ocurre bajo condiciones no drenadas por lo que la arcilla se consolidará con el tiempo. Sin embargo, los suelos friccionales son de alta permeabilidad y al final de la construcción ya estarán totalmente drenados. Según la Teoría de Capacidad de Carga correspondiente a la teoría de Meyerhof (1953). De los 4 sondeos realizados en los SPT 1 y 3, la capacidad portante a 2 m fluctúa entre 0.60 y 1.20 kg/cm<sup>2</sup>, dichos suelos presentaron una resistencia baja a la carga por lo cual los asentamientos por obras de infraestructuras son comunes, mientras que, a 3 m de profundidad, en el punto del SPT 2 y 4, la capacidad portante fluctúa entre a 1.2 a 2.40 kg/cm<sup>2</sup> este valor presenta suelos con buena capacidad de carga al momento de realizar obras de infraestructura sin embargo dichos suelos en el área de estudio son mínimos contando solo con 4.06ha.

## **8. Conclusiones**

- Topográficamente el sector de estudio comprende un área total de 23.79 ha, presenta un relieve del terreno irregular con alturas que oscilan entre 1608 m s.n.m (cota más baja) y 1706 m s.n.m (cota más alta). En base al modelo de pendientes los relieves predominantes son fuertemente inclinados que abarcan un área de 13.02 ha. Así mismo, las clases de relieves muy inclinados ocupan un área 7.29 ha, finalmente se determina zonas de relieve ligeramente inclinado que ocupan 3.42 ha distribuidos en la zona norte y sur en su mayoría.
- Geológicamente el área de estudio se encuentra dentro de 3 formaciones las cuales datan del Mioceno y Cuaternario y tiene un origen sedimentario siendo la más antigua la Formación Quinara (Qu), seguidamente de la formación San Francisco (F. Msfr) y la más joven perteneciente a Depósitos Coluviales (Qc) así se evidenció las siguientes litologías: arcillas, areniscas, cantos subredondeados y limos; areniscas con intercalaciones fina de lutitas y conglomerado con clastos angulosos pertenecientes a la F. Msfr; finalmente material volcánico sedimentario con tobas a su vez conformadas por fragmentos líticos estas ocupan la parte central y SE los cuales pertenecen a la F. Qu
- Los sondeos eléctricos verticales (SEV), fueron distribuidos en las diferentes litologías de la zona de estudio, en los cuales no se localizó un nivel freático como tal, sin embargo, por medio de las resistividades eléctricas se pudo determinar que la zona de estudio presenta correlación litológica particularmente de arcillas, limos y arenas en los cuales se evidenció niveles de saturación medios y altos; el rango de resistividades fluctuó entre 5-60  $\Omega$ m.
- Los ensayos de penetración estándar (SPT), fueron distribuidos en los mismos puntos que los SEV de tal manera que se pudo corroborar y comparar la información, lo cual determinó que los suelos están caracterizados principalmente por arcillas de alta y baja plasticidad y arena limosa por lo cual, de acuerdo al comportamiento de las arcillas, estas tienen un cambio de volumen moderado y con un potencial expansivo bajo esto para los SPT 2 y 4; sin embargo para los SPT 1 y 3 la capacidad portante es baja encontrándose de 0.60 a 1.20 kg/cm<sup>2</sup> y de consistencia media a blanda en los suelos, debido a la presencia de mayor humedad y poca cohesión de los materiales abarcando parte de la formación San Francisco al suroeste y los depósitos coluviales al noroeste.
- La zona de estudio tras realizar la representación cartográfica de los ensayos SPT's y SEV se determinó en primera instancia para los SPT's dos zonas, la primera de ellas

con un material limoso de baja plasticidad, arena limosa y arcilla con media y alta plasticidad de una compacidad baja a media con una carga admisible en el rango de 0.60 a 1.20 kg/cm<sup>2</sup>, abarcando un área de 19.72 ha con un porcentaje del 82.91% dicha zona es considerada la más inestable y a su vez en donde se presentan las mayores afectaciones a la infraestructura; la segunda zona corresponde a arcillas arenosas y arenas mal graduadas con una compacidad alta y siendo su carga admisible de 1.20 a 2.40 kg/cm<sup>2</sup>, abarcando un área de 4.06 ha y un 17.08%.

- En lo que respecta a la representación cartográfica de los SEV al tener un mayor rango de resistividades se pudo obtener un total de 4 clases litológicas; siendo la primera de ellas la de mayor extensión con 8.87 ha clasificándola como limos, arcillas, suelo vegetal y de cultivo con resistividad de 5.40 a 21.79 Ωm; la segunda clase con una extensión de 6.98 ha siendo clasificada como arenas y limos consolidados y una resistividad de 21.79 a 38.19 Ω; la tercera clase con una extensión de 4.85 ha siendo clasificada como material gravoso poco consolidado con matriz arcillo arenosa y un rango de resistividad de 38.19 a 54.59 Ωm; finalmente la cuarta clase con una extensión de 3 ha siendo clasificada como conglomerados en matriz predominante de arena y un rango de resistividad mayor a 54.59 dicho material se encontraba a partir de los 20m de profundidad.

## **9. Recomendaciones**

- Realizar un estudio hidrogeológico e hidrológico del sector con tomografías eléctricas, para determinar las principales zonas de recarga natural y las direcciones preferentes del flujo de agua subterránea.
- Realizar ensayos de sísmica de refracción en la zona más conflictiva del barrio Izhcayluma esto para complementar los ensayos SPT realizados previamente y poder determinar la estructura del subsuelo a mayor profundidad.
- Realizar obras de drenaje para protección de superficies; tales como cunetas de superficie y de drenaje subterráneo las cuales intercepten aguas provenientes de escorrentías superficiales y subterráneas, esto con finalidad de conservar y garantizar la estabilidad global de los suelos.
- Investigar el comportamiento del área de estudio, monitoreando mediante hitos topográficos, las infraestructuras y los suelos del sector con el propósito de medir los desplazamientos en el tiempo que pudieran presentarse tanto en latitud, longitud y elevación, y correlacionarlos con ocurrencia de sismos y de precipitaciones.
- Incrementar el muestreo geotécnico aumentando el número de ensayos y la profundidad de la exploración geotécnica con el objetivo de obtener una mejor representación de las zonas más vulnerables del barrio en cuestión.
- Realizar ensayos de laboratorio tales como: consolidación, compresión simple, ensayo triaxial y corte directo para suelos, de tal manera que permita obtener parámetros mecánicos de forma directa y correlacionarlo con los resultados obtenidos.
- Hacer uso de la información y los resultados obtenidos en esta investigación ya que sirven como base para futuros estudios de investigación, ordenamiento territorial y planificación del uso del suelo, lo cual permitirá determinar zonas de interés para el desarrollo del sector en cuestión.

## 10. Bibliografía

- Babin , R. B., y Gomez Ortiz, D. (2010). Problemas de Geología Estructural. Reduca.
- Billings, M. (1974). Geología Estructural(1ªed.). Almadía.
- Blyth y Freitas. (2000). Geologia para Ingenieros.Continental.
- Cadenillas, J. (2018). Discordancias. En Geologia Aplicada. (pp. 35-46). Marcial Pons.  
<https://es.scribd.com/document/368932615/Capitulo-15-Discordancias-Clases-Tipos>
- Casanova, L. M. (2002). Topografía Plana. Taller de Publicaciones de Ingenieria, ULA.
- Escobar, G. (2017). Manual de Geología para ingenieros. En Geología Estructural (págs. 285-290). Editorial Rueda.
- García, M. (2012). *Geologia Estructural-Esfuerzos y Deformaciones de las Rocas*. Cenoposiciones.
- Gonzales de Vallejo , L., Ferrer, M., y Oteo, C. (2002). Ingenieria Geológica. Pearson Educación, S.A.
- Kalenov, E. N. (1987). Interpretación de curvas de sondeos electricos verticales. Edición Promovida por la Dirección de Carreteras del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.
- Koutsoukos, E. (2005). Stratigraphy: Evolution of a Concept. Springer. E.A.M.
- Martinez Catalan, J. R. (2003). *Geologia Estructural y Dinamina Global*. S. Ex Libro Lapidum Historia Mundial.
- Navea, C. (2010). *Geologia General*. Umaeditorial.
- Niemeyer, H. R. (1999). *Geologia Estructural*. Master.Ril.
- Paladines Agustín, J. S. (2010). *Geología y yacimientos minerales del ecuador*. Universidad Técnica Particular de Loja - UTPL
- Rincón Villalba, M. A., Vargas Vargas, W. E., y González Vergara, C. J. (2018). *Topografía Conceptos y Aplicaciones*. ECOE EDICIONES.
- Von Terzaghi, K. (2005). *Mecanica de Suelos*. LIMUSA S.A de C.V.

- Casas Martinez, D. (2015). Mecanismos de Deformación de Las Rocas. Revista Científica de América Latina y el Caribe, 3(1), 7-14.  
<https://es.scribd.com/document/262523203/MECANISMOS-DE-DEFORMACION-DE-LAS-ROCAS-docx>
- Ruiz, R. (2018). El termino Diaclasa y su aplicación adecuada a la Valorizacion de Macizos Rocosos. Revista de la Facultad de Ingenieria tekne, 21(3), 4-12.  
<https://revistasenlinea.saber.ucab.edu.ve/index.php/tekhne/article/view/3810>
- Acosta, C. (2006). *Geología Estructural*. cloudfront.net  
[https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/51144260/geologia\\_estructural-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1637852263&Signature=VjdJSm5kPg90iIg1nx3gZdHZ7OwIuiqgZXJyhMLTKWMIvd7Hrpbjmm84qkZfMAucTWFuRtYsq1pkMNTY~6I~2FSedq88OC62xTdxo4IyNyxN8SQ-51aIqozuNtspgZD0JoXZwc](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/51144260/geologia_estructural-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1637852263&Signature=VjdJSm5kPg90iIg1nx3gZdHZ7OwIuiqgZXJyhMLTKWMIvd7Hrpbjmm84qkZfMAucTWFuRtYsq1pkMNTY~6I~2FSedq88OC62xTdxo4IyNyxN8SQ-51aIqozuNtspgZD0JoXZwc)
- Bonillo, M. (2018). Curvas de nivel - Confección de planos. Academia.edu  
[https://www.academia.edu/26161197/Curvas\\_de\\_nivel](https://www.academia.edu/26161197/Curvas_de_nivel)
- Global Mediterranea Global Geomática. (2018). Levantamientos Topográficos mediante dron. globalmediterranea.es.  
<https://www.globalmediterranea.es/levantamientos-topograficos-mediante-dron/>
- Ingenieros Asesores. (2021). ¿Qué es un estudio geotécnico? Usos y beneficios. ingenierosasesores.com.  
<https://ingenierosasesores.com/actualidad/que-es-un-estudio-geotecnico-usos-y-beneficios/>
- Maldonado, Y. (2021). *Ensayo de penetración estándar (SPT)*. geologiaweb.com  
<https://geologiaweb.com/ingenieria-geologica/ensayo-spt/>
- Molina, I., y Nicescu, B. (2020). *Geología Estructural*. Geociencias.com  
<https://geociencias.uniandes.edu.co/es/investigacion/geologia-estructural>
- Padilla, R. (2012). *Introduccion a la Geotecnia*. smig.org  
<https://www.smig.org.mx/archivos/pdf/IntrIngGoet.pdf>
- Sismica de Suelos. (2021). *Sondeo Eléctrico Vertical (SEV)*. sismica.com  
<https://sismica.com.mx/procedimientos/sondeo-electrico-vertical.php>

## 11. Anexos

### Anexo 1. Reporte de datos topográficos.

### Quality Report

Generated with PhotoContextator version 4.5.6

**Important:** Click on the different icons for:

- Help to analyze the results in the Quality Report
- Additional information about the sections

Click [here](#) for additional tips to analyze the Quality Report

#### Summary

Project	PROCESAMIENTO1
Processed	2022-07-01 07:18:42
Camera Model Name(s)	FC6310_8.8_4864x3648 (RGB)
Average Ground Sampling Distance (GSD)	2.99 cm / 1.18 in
Area Covered	0.589 km <sup>2</sup> / 58.8636 ha / 0.23 sq. mi. / 145.5304 acres

#### Quality Check

Images	median of 70379 keypoints per image	✓
Dataset	955 out of 974 images calibrated (98%), all images enabled	✓
Camera Optimization	1.61% relative difference between initial and optimized internal camera parameters	✓
Matching	median of 18924.4 matches per calibrated image	✓
Georeferencing	yes, 7 GCPs (7 3D), mean RMS error = 0.064 m	⚠

#### Preview



# Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba cantón y provincia de Loja

**Leica Geosystems AG**  
Heinrich Wild Strasse  
CH-9435 Heerbrugg  
St. Gallen, Switzerland

Phone: + 41 71 727 3131  
Fax: + 41 71 727 4674

- when it has to be **right**



## Points Quality Report

Report created: 16/06/2022 17:49:57

### Project Details

General	Customer Details	Master Coordinate System
Project Name: TOPOGRAFÍA CARLOS ARTURO GALVEZ MERA	Customer Name: -	Coordinate System Name: WGS84 175 _ EGM96
Owner: Arq. Bryan Jiménez Vega	Contact Person: -	Transformation Type: Classical 3D
Lead Surveyor: DELTA CIA. LTDA.	Number: -	Residual Distribution: None
Date Created: 16/06/2022 17:31:45	Email: -	Ellipsoid: WGS 1984
Last Accessed: 16/06/2022 17:31:46	Skype: -	Projection Type: UTM
Application Software: Infinity 3.2	Website: -	Geoid Model: EGM96ec
		CSCS Model: -
Path: E:\DELTA\TOPOGRAFIA\TESISTAS UNL\Puntos Postprocesados Carlos Gálvez\PROCESOS LEICA\TOPOGRAFÍA CARLOS ARTURO GALVEZ MERA \TOPOGRAFÍA CARLOS ARTURO GALVEZ MERA.iprj..		
Size: 164,1 MB		
Comments: -		

### Summary

#	Point ID	Point Role	Easting [m]	Northing [m]	Ortho. Height [m]	Ellips. Height [m]	Code	Tilt [gon]	3D CQ [m]	2D CQ [m]	1D CQ [m]	Date/Time
1	BASE	Fixed PP	697.264,3589	9.526.760,4910	1.701,2758	1.718,7227		-	0,0004	0,0002	0,0004	09/06/2022 14:25:35
2	GCP1	Fixed PP	697.234,9156	9.526.713,2427	1.696,6563	1.714,1043		-	0,0006	0,0002	0,0005	09/06/2022 11:14:05
3	GCP2	Fixed PP	697.274,2734	9.527.107,5974	1.644,8224	1.662,2716		-	0,0006	0,0002	0,0006	09/06/2022 11:28:04
4	GCP3	Fixed PP	697.109,3101	9.527.010,3376	1.670,7288	1.688,1839		-	0,0006	0,0002	0,0005	09/06/2022 11:54:03
5	GCP4	Fixed PP	696.978,3805	9.527.304,1795	1.653,0166	1.670,4787		-	0,0003	0,0006	0,0002	09/06/2022 12:14:14
6	GCP5	Fixed PP	697.161,6077	9.527.489,3447	1.620,3397	1.637,7962		-	0,0009	0,0004	0,0008	09/06/2022 12:36:04
7	GCP6	Fixed PP	697.239,4273	9.527.295,3551	1.633,9629	1.651,4149		-	0,0006	0,0003	0,0006	09/06/2022 12:51:05
8	GCP7	Fixed PP	697.214,8751	9.526.827,8288	1.688,7113	1.706,1610		-	0,0005	0,0002	0,0004	09/06/2022 13:05:50
9	LJEC	Control Fixed 3D	700.008,3092	9.558.951,5747	2.125,7095	2.143,5100		-	-	-	-	16/06/2022 17:43:52
10	PC 1	Fixed PP	697.241,6098	9.526.758,1911	1.700,7972	1.718,2453		-	0,0002	0,0001	0,0002	09/06/2022 13:53:09
11	PC 2	Fixed PP	697.214,0507	9.526.784,3146	1.691,6992	1.709,1485		-	0,0002	0,0001	0,0002	09/06/2022 14:01:04

# Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba cantón y provincia de Loja



I N S T I T U T O  
*Geográfico Militar*



## Ficha de Estación Permanente - REGME

Junio-2020

### Situación:

Código.....: **LJEC**                      Cantón: **Loja**  
Nombre.....: **Loja**  
Código IERS: 42010M001                  Provincia: **Loja**  
Instalación...: 13-ene-2009

Localización.: Edificio de CITTES en la Universidad Técnica Particular de Loja UTPL

Construcción: Estructura mixta de acero y concreto de 2.00 m de alto. Sobre esta se ubica el centrado forzoso (CF-IGM-v1) en el cual se encuentra la antena.

### Coordenadas ITRF2008:

Latitud.....: 3° 50' 17.7352" S	X.....: 1192829.004 m.
Longitud.....: 79° 11' 54.7355" W	Y.....: -8252181.880 m.
Altitud elipsoidal: 2143.510 m.	Z.....: -440799.114 m.
Este UTM.....: 700008.309 m.	Altitud sobre el nivel medio del mar:
Norte UTM.....: 9558051.575 m.	Época de referencia: 2016.4
Zona.....: 17 Sur	

### Instrumentación:

Receptor: TRIMBLE NET R9  
Antena: TRM59800.00    SCIS    Altura: 0.0100 m. (BPA)

#### Esquema antena



### Información adicional:

Esta estación permanente, además de a la red REGME, pertenece a la siguiente red:  
- Red SIRGAS Sistema de Referencia Geocéntrico para Las Américas:  
<http://www.sirgas.org/es/>

Datos crudos a 1 segundo y rínx a 30 segundos:  
<http://www.geoportalgm.gob.ec/geodesia/>

Envíe correcciones diferenciales a través del Caster:  
Principal: <http://regme-tp.gm.gob.ec:2101>  
Backup: <http://regme-tp.epoch.ec:2101>

E-mail de contacto IGM: [proceso.geodesia@geograficomilitar.gob.ec](mailto:proceso.geodesia@geograficomilitar.gob.ec)

Coordenadas oficiales hasta el 15 de abril 2016:  
ITRF04 - SIRGAS95

Latitud.....: 3° 50' 17.7411" S
Longitud.....: 79° 11' 54.7348" W
Altitud elipsoidal.....: 2143.532 m.
Época de referencia.....: 1995.4



### Observaciones:

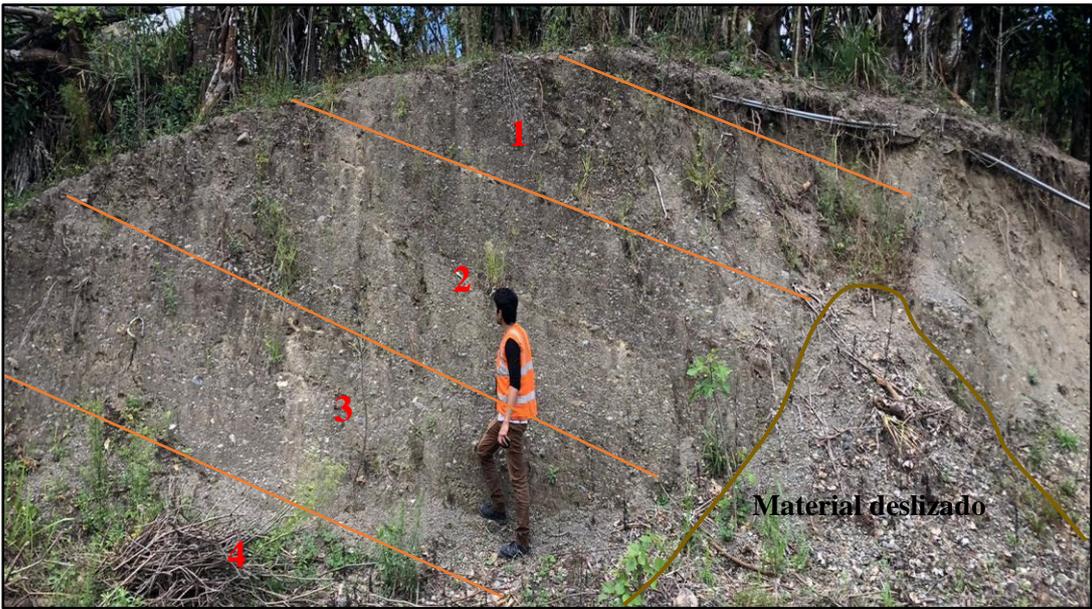
Más información de esta estación permanente:  
<http://ftp.sirgas.org/pub/gps/DGF/stationlog>

Sensor meteorológico MET4 que proporciona datos: (PR, TD, HR) con un intervalo de 5 minutos  
<http://www.geoportalgm.gob.ec/geodesia/>

img

**Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba cantón y provincia de Loja**

**Anexo 2. Fichas de afloramientos**

		Universidad Nacional de Loja		<p align="center"><i>Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba cantón y provincia de Loja.</i></p>			
<b>Código del afloramiento:</b> 01			Perfil litológico del afloramiento				
<b>Responsable:</b> Carlos Gálvez		<b>Tipo de Afloramiento</b>		Natural			
<b>Cantón:</b> Loja		<b>Cobertura Vegetal</b>		Arbustiva			
<b>Parroquia:</b> Vilcabamba		<b>Estado de meteorización</b>		Alto			
<b>Sector:</b> Izhcayluma		<b>Angulo de inclinación</b>		72°			
<b>Coordenadas UTM-DATUM WGS84</b>		<b>Formación Geológica</b>		San Francisco			
<b>X:</b> 697242	<b>Y:</b> 9527300	<b>Z:</b> 1661	<b>Datos estructurales</b>				
<b>Dimensiones</b>	<b>Ancho</b>	<b>Alto</b>	<b>Rumbo</b>	S7°O			
	27m	3.20m	<b>Buzamiento</b>	16E			
<b>Fecha:</b> 07-07-2022			<b>D. de Buzamiento</b>	S87°E			
<b>Nro. Capas</b>	<b>Génesis</b>	<b>Litología</b>				<b>Potencia (m)</b>	
<b>1</b>	Sedimentario	Lutitas con intercalaciones de arenisca				0.80	
<b>2</b>	Sedimentario	Arenisca con presencia de óxido de hierro				1.30	
<b>3</b>	Sedimentario	Micro conglomerado con una matriz arenosa				1.10	
<b>4</b>	Sedimentario	Arenisca				Indefinido	
<p><b>Descripción Litológica:</b> Ubicado en el flanco NE conformado por cuatro estratos de origen sedimentario en donde se evidencio en mayor proporción arenisca acompañado por micro conglomerado con una secuencia granodecreciente; el material arenoso contaba con pequeñas cantidades de óxidos debido a tu tonalidad amarillenta y rojiza al costado del afloramiento, además debido a la poca consolidación una parte del material se encuentra deslizado.</p>							
<p><b>Fotografía</b></p> 							
<p><b>Observaciones</b></p>							

**Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba cantón y provincia de Loja**



**unl**

Universidad  
Nacional  
de Loja

**Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba cantón y provincia de Loja.**

<b>Código del afloramiento:</b> 02			Perfil litológico del afloramiento		
<b>Responsable:</b> Carlos Gálvez			<b>Tipo de Afloramiento</b>	Antrópico	
<b>Cantón:</b> Loja			<b>Cobertura Vegetal</b>	Arbustiva	
<b>Parroquia:</b> Vilcabamba			<b>Estado de meteorización</b>	Media	
<b>Sector:</b> Izhcayluma			<b>Angulo de inclinación</b>	77°	
<b>Coordenadas UTM-DATUM WGS84</b>			<b>Formación Geológica</b>	San Francisco	
<b>X:</b> 697276	<b>Y:</b> 9527124	<b>Z:</b> 1673	<b>Datos estructurales</b>		
<b>Dimensiones</b>	<b>Ancho</b>	<b>Alto</b>	<b>Rumbo</b>	S64°E	
	12.3m	3.50m	<b>Buzamiento</b>	75°	
<b>Fecha:</b> 21-07-2022			<b>D. de Buzamiento</b>	S26°W	
<b>Nro. Capas</b>	<b>Génesis</b>	<b>Litología</b>			<b>Potencia (m)</b>
1	Sedimentario	Arenisca con intercalaciones de arcilla con plasticidad media.			0.70
2	Sedimentario	Arenisca bien compactada con vetillas de calcita			1.50
3	Sedimentario	Lutitas			1.30
4	Metamórfico	Litoclastos			Indefinido

**Descripción Litológica:**

Ubicado en el flanco NE conformado por cuatro estratos de origen sedimentario en donde se evidencia la presencia de finas capas de calcita, la arenisca se encuentra altamente compactada formando pequeñas diaclasas en la zona central del afloramiento, la presencia de las raíces han sido un factor importante ya que una parte del material se encuentra deslizado.

**Fotografía**



**Observaciones**

**Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba cantón y provincia de Loja**



**unl**

Universidad  
Nacional  
de Loja

**Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba cantón y provincia de Loja.**

<b>Código del afloramiento:</b> 03			Perfil litológico del afloramiento		
<b>Responsable:</b> Carlos Gálvez			<b>Tipo de Afloramiento</b>	Antrópico	
<b>Cantón:</b> Loja			<b>Cobertura Vegetal</b>	Arbustiva	
<b>Parroquia:</b> Vilcabamba			<b>Estado de meteorización</b>	Media	
<b>Sector:</b> Izhcayluma			<b>Angulo de inclinación</b>	81°	
<b>Coordenadas UTM-DATUM WGS84</b>			<b>Formación Geológica</b>	San Francisco	
<b>X:</b> 697272	<b>Y:</b> 9527098	<b>Z:</b> 1669	<b>Datos estructurales</b>		
<b>Dimensiones</b>	<b>Ancho</b>	<b>Alto</b>	<b>Rumbo</b>	-----	
	5.3m	2.7m	<b>Buzamiento</b>	-----	
<b>Fecha:</b> 21-07-2022			<b>D. de Buzamiento</b>	-----	
<b>Nro. Capas</b>	<b>Génesis</b>	<b>Litología</b>			<b>Potencia (m)</b>
1	Sedimentario	Arcilla deshidratada			1.50
2	Sedimentario	Conglomerado con matriz arenosa			1.20
3	Sedimentario	Arenisca			Indefinido

**Descripción Litológica:**

Ubicado en el flanco SE se trata de un depósito coluvio aluvial en el cual sus estratos no se encuentran completamente definidos, su tonalidad es gris claro con pequeñas pintas amarillentas producto de óxido de hierro, existe conglomerado con una secuencia granocreciente que presenta cierta imbricación al W, en su mayor parte se trata arenisca y arcilla, acotar a ello la presencia exuberante de cobertura vegetal.

**Fotografía**



**Observaciones**

**Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba cantón y provincia de Loja**



**UNL**

Universidad Nacional de Loja

**Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba cantón y provincia de Loja.**

<b>Código del afloramiento:</b> 04			Perfil litológico del afloramiento		
<b>Responsable:</b> Carlos Gálvez			<b>Tipo de Afloramiento</b>	Antrópico	
<b>Cantón:</b> Loja			<b>Cobertura Vegetal</b>	Arbustiva	
<b>Parroquia:</b> Vilcabamba			<b>Estado de meteorización</b>	Alta	
<b>Sector:</b> Izhcayluma			<b>Angulo de inclinación</b>	71°	
<b>Coordenadas UTM-DATUM WGS84</b>			<b>Formación Geológica</b>	San Francisco	
<b>X:</b> 697214	<b>Y:</b> 9527307	<b>Z:</b> 1650	<b>Datos estructurales</b>		
<b>Dimensiones</b>	<b>Ancho</b>	<b>Alto</b>	<b>Rumbo</b>	-----	
	8.30m	4.10m	<b>Buzamiento</b>	-----	
<b>Fecha:</b> 21-08-2022			<b>D. de Buzamiento</b>	-----	
<b>Nro. Capas</b>	<b>Génesis</b>	<b>Litología</b>			<b>Potencia (m)</b>
1	Sedimentario	Arenisca			Irregular
2	Sedimentario	Lutitas			Irregular
3	Sedimentario	Micro conglomerado con matriz arenosa			Indefinido

**Descripción Litológica:**

Ubicado en el flanco NE se trata de un depósito coluvio-aluvial en el cual no se presentan estratos definidos para tomar datos estructurales, en su mayor parte de encuentra conformado por arenisca, lutitas, arcilla y pequeños conglomerados depositados en una secuencia granodecreciente, la tonalidad predominante es gris con pequeñas franjas de color naranja indicativo de óxidos de manganeso, gran parte de este material se disgrega con facilidad y se encuentra deslizado en la parte central del afloramiento.

**Fotografía**



**Observaciones**

**Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba cantón y provincia de Loja**



**UNL**

Universidad Nacional de Loja

**Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba cantón y provincia de Loja.**

<b>Código del afloramiento: 05</b>			Perfil litológico del afloramiento		
<b>Responsable:</b> Carlos Gálvez			<b>Tipo de Afloramiento</b>	Antrópico	
<b>Cantón:</b> Loja			<b>Cobertura Vegetal</b>	Arbustiva	
<b>Parroquia:</b> Vilcabamba			<b>Estado de meteorización</b>	Media	
<b>Sector:</b> Izhcayluma			<b>Angulo de inclinación</b>	77°	
<b>Coordenadas UTM-DATUM WGS84</b>			<b>Formación Geológica</b>	San Cayetano	
<b>X:</b> 697022	<b>Y:</b> 9527259	<b>Z:</b> 1640	<b>Datos estructurales</b>		
<b>Dimensiones</b>	<b>Ancho</b>	<b>Alto</b>	<b>Rumbo</b>	N24°E	
	12.67m	4.30m	<b>Buzamiento</b>	11°W	
<b>Fecha:</b>			<b>D. de Buzamiento</b>	N63°W	
<b>Nro. Capas</b>	<b>Génesis</b>	<b>Litología</b>			<b>Potencia (m)</b>
1	Sedimentario	Lutitas con presencia de calcita			0.40
2	Sedimentario	Arenisca			0.85
3	Sedimentario	Arenisca con presencia de óxido de hierro			0.35
4	Sedimentario	Lutitas con finas capas de calcita			0.65
5	Sedimentario	Arenisca con conglomerado			0.52
6	Sedimentario	Limolitas			0.80
7	Sedimentario	Arenisca con presencia de óxido de hierro			0.45
8	Sedimentario	Micro Conglomerado			1.25
9	Sedimentario	Lutitas			Indefinido

**Descripción Litológica:**

Ubicado en la parte NE es el afloramiento más representativo ya que sus estratos están sumamente bien definidos en los cuales es fácil identificar la secuencia de depositación ; este afloramiento consta de arenisca bien compactada con tonalidad gris, rojiza y naranja además de contar con finas capas de calcita.

**Fotografía**



**Observaciones**

**Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba cantón y provincia de Loja**



**unl**

Universidad Nacional de Loja

**Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba cantón y provincia de Loja.**

<b>Código del afloramiento:</b> 06			Perfil litológico del afloramiento		
<b>Responsable:</b> Carlos Gálvez			<b>Tipo de Afloramiento</b>	Antrópico	
<b>Cantón:</b> Loja			<b>Cobertura Vegetal</b>	Arbustiva	
<b>Parroquia:</b> Vilcabamba			<b>Estado de meteorización</b>	Alta	
<b>Sector:</b> Izhcayluma			<b>Angulo de inclinación</b>	78°	
<b>Coordenadas UTM-DATUM WGS84</b>			<b>Formación Geológica</b>	San Cayetano	
<b>X:</b> 697017	<b>Y:</b> 9527186	<b>Z:</b> 1658	<b>Datos estructurales</b>		
<b>Dimensiones</b>	<b>Ancho</b>	<b>Alto</b>	<b>Rumbo</b>	S32°E	
	28.5m	17.4m	<b>Buzamiento</b>	18°W	
<b>Fecha:</b> 23-07-2022			<b>D. de Buzamiento</b>	S58°W	
<b>Nro. Capas</b>	<b>Génesis</b>	<b>Litología</b>			<b>Potencia (m)</b>
1	Sedimentario	Arcilla			1.80
2	Sedimentario	Areniscas con presencia de óxidos de hierro			1.35
3	Sedimentario	Lutitas con alto grado de compactación			1.20
4	Sedimentario	Limolitas			1.70
5	Sedimentario	Arenisca de tonalidad café clara			1.85
6	Sedimentario	Lutitas con intercalación de areniscas			1.25
7	Sedimentario	Limolitas			1.10
8	Sedimentario	Arenisca			Indefinido

**Descripción Litológica:**

Ubicado en el flanco N, este afloramiento presenta una vegetación medianamente abundante cuyas raíces disgregan el material el cual es predominantemente lutitas y arenisca de tonalidad clara y oscura esto último debido al contenido de materia orgánica, se evidencia cárcavas a media y baja altura y material desplazado.

**Fotografía**



**Observaciones**

**Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba cantón y provincia de Loja**



**UNL**

Universidad  
Nacional  
de Loja

**Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba cantón y provincia de Loja.**

<b>Código del afloramiento:</b> 07			Perfil litológico del afloramiento		
<b>Responsable:</b> Carlos Gálvez			<b>Tipo de Afloramiento</b>	Antrópico	
<b>Cantón:</b> Loja			<b>Cobertura Vegetal</b>	Arbustiva	
<b>Parroquia:</b> Vilcabamba			<b>Estado de meteorización</b>	Alta	
<b>Sector:</b> Izhcayluma			<b>Angulo de inclinación</b>	78°	
<b>Coordenadas UTM-DATUM WGS84</b>			<b>Formación Geológica</b>	San Cayetano	
<b>X:</b> 696966	<b>Y:</b> 9527380	<b>Z:</b> 1646	<b>Datos estructurales</b>		
<b>Dimensiones</b>	<b>Ancho</b>	<b>Alto</b>	<b>Rumbo</b>	S32°E	
	28.5m	15.4m	<b>Buzamiento</b>	18°W	
<b>Fecha:</b> 23-07-2022			<b>D. de Buzamiento</b>	S58°W	
<b>Nro. Capas</b>	<b>Génesis</b>	<b>Litología</b>			<b>Potencia (m)</b>
1	Sedimentario	Areniscas bien diseminadas			1.50
2	Sedimentario	Lutitas con finas intercalaciones de areniscas			1.24
3	Sedimentario	Lutitas con facies de metamorfismo			0.85
4	Sedimentario	Arcilla de tonalidad café clara			1.05
5	Sedimentario	Arenisca			0.78
6	Sedimentario	Limos			1.25
7	Sedimentario	Micro conglomerado en matriz arenosa			1.14
8	Sedimentario	Arenisca			Indefinido

**Descripción Litológica:**

Ubicado en el flanco N, este afloramiento presenta una vegetación extensa con capas de material sedimentario en su mayoría conformado principalmente por areniscas, lutitas y arcilla de varias tonalidades debido a la presencia de óxidos tales como el hierro.

**Fotografía**



**Observaciones**

**Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba cantón y provincia de Loja**



**unl**

Universidad  
Nacional  
de Loja

**Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba cantón y provincia de Loja.**

<b>Código del afloramiento: 08</b>			Perfil litológico del afloramiento		
<b>Responsable:</b> Carlos Gálvez			<b>Tipo de Afloramiento</b>	Antrópico	
<b>Cantón:</b> Loja			<b>Cobertura Vegetal</b>	Arbustiva	
<b>Parroquia:</b> Vilcabamba			<b>Estado de meteorización</b>	Media	
<b>Sector:</b> Izhcayluma			<b>Angulo de inclinación</b>	77°	
<b>Coordenadas UTM-DATUM WGS84</b>			<b>Formación Geológica</b>	San Cayetano	
<b>X:</b> 697237	<b>Y:</b> 9526784	<b>Z:</b> 1700	<b>Datos estructurales</b>		
<b>Dimensiones</b>	<b>Ancho</b>	<b>Alto</b>	<b>Rumbo</b>	N54°W	
	17.7m	3.25m	<b>Buzamiento</b>	76°	
<b>Fecha:</b> 23-07-2022			<b>D. de Buzamiento</b>	N°36°E	
<b>Nro. Capas</b>	<b>Génesis</b>	<b>Litología</b>			<b>Potencia (m)</b>
1	Metamórfico	Litoclastos volcánicos (Tobas)			1.70m

**Descripción Litológica:**

Ubicado en el flanco SE este afloramiento se trata de una exposición de roca de origen ígneo, toba volcánica con pequeños clastos en forma triangular diseminados a lo largo de su superficie, cuenta con minerales máficos como lo es la biotita, presenta una tonalidad gris oscura.

**Fotografía**



**Observaciones**

**Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba cantón y provincia de Loja**



**unl**

Universidad  
Nacional  
de Loja

**Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba cantón y provincia de Loja.**

<b>Código del afloramiento:</b> 09			Perfil litológico del afloramiento		
<b>Responsable:</b> Carlos Gálvez			<b>Tipo de Afloramiento</b>	Antrópico	
<b>Cantón:</b> Loja			<b>Cobertura Vegetal</b>	Arbustiva	
<b>Parroquia:</b> Vilcabamba			<b>Estado de meteorización</b>	Alta	
<b>Sector:</b> Izhcayluma			<b>Angulo de inclinación</b>	82°	
<b>Coordenadas UTM-DATUM WGS84</b>			<b>Formación Geológica</b>	San Francisco	
<b>X:</b> 697130	<b>Y:</b> 9526750	<b>Z:</b> 1708	<b>Datos estructurales</b>		
<b>Dimensiones</b>	<b>Ancho</b>	<b>Alto</b>	<b>Rumbo</b>	S59°W	
	4.5m	2.50m	<b>Buzamiento</b>	54°E	
<b>Fecha:</b> 23-07-2022			<b>D. de Buzamiento</b>	S31°E	
<b>Nro. Capas</b>	<b>Génesis</b>	<b>Litología</b>			<b>Potencia (m)</b>
1	Sedimentario	Arcilla altamente meteorizada			Irregular
2	Sedimentario	Arenisca			0.50
3	Sedimentario	Conglomerado			1.40
4	Sedimentario	Lutitas con intercalaciones de calcita y arcilla			0.50

**Descripción Litológica:**

Ubicado en la parte SW es un afloramiento bastante irregular que no presenta estratos definidos del todo, su tonalidad es de color gris claro, debido a su alto grado de meteorización en el flanco izquierdo de ha producido una serie de familias de diaclasas.

**Fotografía**



**Observaciones**

**Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba cantón y provincia de Loja**



**UNL**

Universidad Nacional de Loja

**Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba cantón y provincia de Loja.**

<b>Código del afloramiento:</b> 10			Perfil litológico del afloramiento		
<b>Responsable:</b> Carlos Gálvez			<b>Tipo de Afloramiento</b>	Antrópico	
<b>Cantón:</b> Loja			<b>Cobertura Vegetal</b>	Arbustiva	
<b>Parroquia:</b> Vilcabamba			<b>Estado de meteorización</b>	Alta	
<b>Sector:</b> Izhcayluma			<b>Angulo de inclinación</b>	59°	
<b>Coordenadas UTM-DATUM WGS84</b>			<b>Formación Geológica</b>	San Francisco	
<b>X:</b> 697087	<b>Y:</b> 9526977	<b>Z:</b> 1703	<b>Datos estructurales</b>		
<b>Dimensiones</b>	<b>Ancho</b>	<b>Alto</b>	<b>Rumbo</b>	-----	
	23.4m	2.85m	<b>Buzamiento</b>	-----	
<b>Fecha:</b> 23-07-2022			<b>D. de Buzamiento</b>	-----	
<b>Nro. Capas</b>	<b>Génesis</b>	<b>Litología</b>			<b>Potencia (m)</b>
1	Sedimentaria	Coluvio-Aluvial			2.85

**Descripción Litológica:**

Ubicado en el flanco SW este afloramiento es un deposito coluvio-aluvial el cual fue categorizado como una masivo de conglomerado el cual presenta una secuencia de depositación granocreciente con clastos de variado tamaño (2 -20cm), además se aprecia una notoria imbricación de sus clastos.

**Fotografía**



**Observaciones**

**Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba cantón y provincia de Loja**

**Anexo 3.** Ficha de recolección de datos para las calicatas.

  Universidad Nacional de Loja <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA</b>		
<b>Ficha de Calicata 1</b>		
<b>Datos Generales</b>	<b>Proyecto:</b> Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba cantón y provincia de Loja	
	<b>Ubicación:</b> Izhcayluma parroquia Vilcabamba	
	<b>Fecha:</b> 07-07-2022	
	<b>Responsable:</b> Carlos Gálvez	
	<b>Coordenadas</b>	<b>X:</b> 697204
		<b>Y:</b> 9527417
<b>Z:</b> 1634		
<b>Dimensiones</b>	<b>Largo(m):</b>	1
	<b>Ancho(m):</b>	1
	<b>Profundidad(m):</b>	2
<b>Registro Fotográfico</b>		
		
<b>Descripción</b> En los primeros centímetros (10-15) se evidencia presencia de gran parte de material suelto principalmente coluvial conforme aumento la profundidad el material cambia a arena y arcilla con relativa humedad, además de pequeños clastos mezclados con arena. No se evidencio nivel freático.		



**unl**

Universidad  
Nacional  
de Loja

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**

**Ficha de Calicata 2**

<b>Datos Generales</b>	<b>Proyecto:</b> Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba cantón y provincia de Loja	
	<b>Ubicación:</b> Izhcayluma parroquia Vilcabamba	
	<b>Fecha:</b> 07-07-2022	
	<b>Responsable:</b> Carlos Gálvez	
	<b>Coordenadas</b>	<b>X:</b> 697275 <b>Y:</b> 9527199 <b>Z:</b> 1668
<b>Dimensiones</b>	<b>Largo(m):</b>	1
	<b>Ancho(m):</b>	1
	<b>Profundidad(m):</b>	2

**Registro Fotográfico**



**Descripción**

Grava mal graduada en matriz arenosa de tonalidad gris clara, intercalaciones de areniscas y arcillas además de pequeños limos y areniscas bien compactados. No se evidencio nivel freático



**unl**

Universidad  
Nacional  
de Loja

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**

**Ficha de Calicata 3**

<b>Datos Generales</b>	<b>Proyecto:</b> Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba cantón y provincia de Loja	
	<b>Ubicación:</b> Izhcayluma parroquia Vilcabamba	
	<b>Fecha:</b> 14-07-2022	
	<b>Responsable:</b> Carlos Gálvez	
	<b>Coordenadas</b>	<b>X:</b> 697214 <b>Y:</b> 9526704 <b>Z:</b> 1720
<b>Dimensiones</b>	<b>Largo(m):</b>	1
	<b>Ancho(m):</b>	1
	<b>Profundidad(m):</b>	1.5

**Registro Fotográfico**



**Descripción**

Grava mal graduada con incrustaciones de clastos de origen volcánico sedimentario con tonalidad gris claro, presencia de arcilla altamente compactada y arenisca esta última en pequeña cantidad.



**unl**

Universidad  
Nacional  
de Loja

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**

**Ficha de Calicata 4**

<b>Datos Generales</b>	<b>Proyecto:</b> Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba cantón y provincia de Loja	
	<b>Ubicación:</b> Izhcayluma parroquia Vilcabamba	
	<b>Fecha:</b> 14-07-2022	
	<b>Responsable:</b> Carlos Gálvez	
	<b>Coordenadas</b>	<b>X:</b> 697286
		<b>Y:</b> 9526823
<b>Z:</b> 1694		
<b>Dimensiones</b>	<b>Largo(m):</b>	1
	<b>Ancho(m):</b>	1
	<b>Profundidad(m):</b>	2

**Registro Fotográfico**



**Descripción**

En primera vista el material tiende a presentarse en un solo bloque sin embargo el material predominante es conglomerado envuelto en matriz arenosa con finas capas de arcilla las cuales presenta una moderada humedad, además se material bien compactado como areniscas y clastos de origen metamórfico de tonalidad gris clara.



**unl**

Universidad  
Nacional  
de Loja

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**

**Ficha de Calicata 5**

<b>Datos Generales</b>	<b>Proyecto:</b> Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba cantón y provincia de Loja	
	<b>Ubicación:</b> Izhcayluma parroquia Vilcabamba	
	<b>Fecha:</b> 21-07-2022	
	<b>Responsable:</b> Carlos Gálvez	
	<b>Coordenadas</b>	<b>X:</b> 697095 <b>Y:</b> 9527177 <b>Z:</b> 1655
<b>Dimensiones</b>	<b>Largo(m):</b>	2.50
	<b>Ancho(m):</b>	2.50
	<b>Profundidad(m):</b>	3

**Registro Fotográfico**



**Descripción**

Arcilla con intercalaciones de micro conglomerado, clastos subredondeados de tonalidad amarilla, arcilla con alto contenido de humedad de varias tonalidades, presencia de conglomerados en matriz arcillosa principalmente.



unl

Universidad  
Nacional  
de Loja

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

**Ficha de Calicata 6**

<b>Datos Generales</b>	<b>Proyecto:</b> Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba cantón y provincia de Loja	
	<b>Ubicación:</b> Izhcayluma parroquia Vilcabamba	
	<b>Fecha:</b> 21-07-2022	
	<b>Responsable:</b> Carlos Gálvez	
	<b>Coordenadas</b>	<b>X:</b> 697140 <b>Y:</b> 9527208 <b>Z:</b> 1664
<b>Dimensiones</b>	<b>Largo(m):</b>	1
	<b>Ancho(m):</b>	1
	<b>Profundidad(m):</b>	2

**Registro Fotográfico**



**Descripción**

El material predominante es el conglomerado con grandes clastos de 4 a 25cm subredondeados y subangulosos a su vez los mismos están envueltos en una matriz de arena medianamente suelta y con leve presencia de arcilla con un nivel bajo de humedad.



**unl**

Universidad  
Nacional  
de Loja

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**

**Ficha de Calicata 7**

<b>Datos Generales</b>	<b>Proyecto:</b> Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba cantón y provincia de Loja	
	<b>Ubicación:</b> Izhcayluma parroquia Vilcabamba	
	<b>Fecha:</b> 21-07-2022	
	<b>Responsable:</b> Carlos Gálvez	
	<b>Coordenadas</b>	<b>X:</b> 697247
		<b>Y:</b> 9527097
<b>Z:</b> 1670		
<b>Dimensiones</b>	<b>Largo(m):</b>	1
	<b>Ancho(m):</b>	1
	<b>Profundidad(m):</b>	2

**Registro Fotográfico**

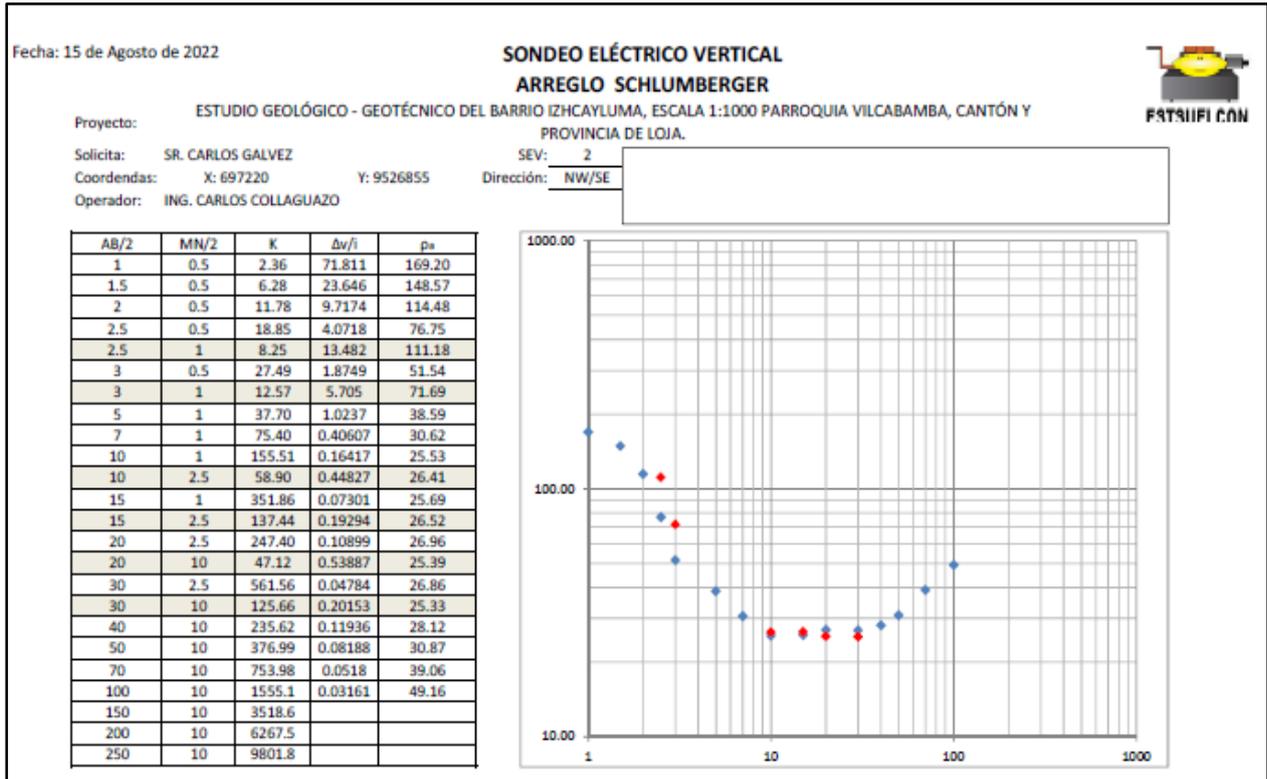
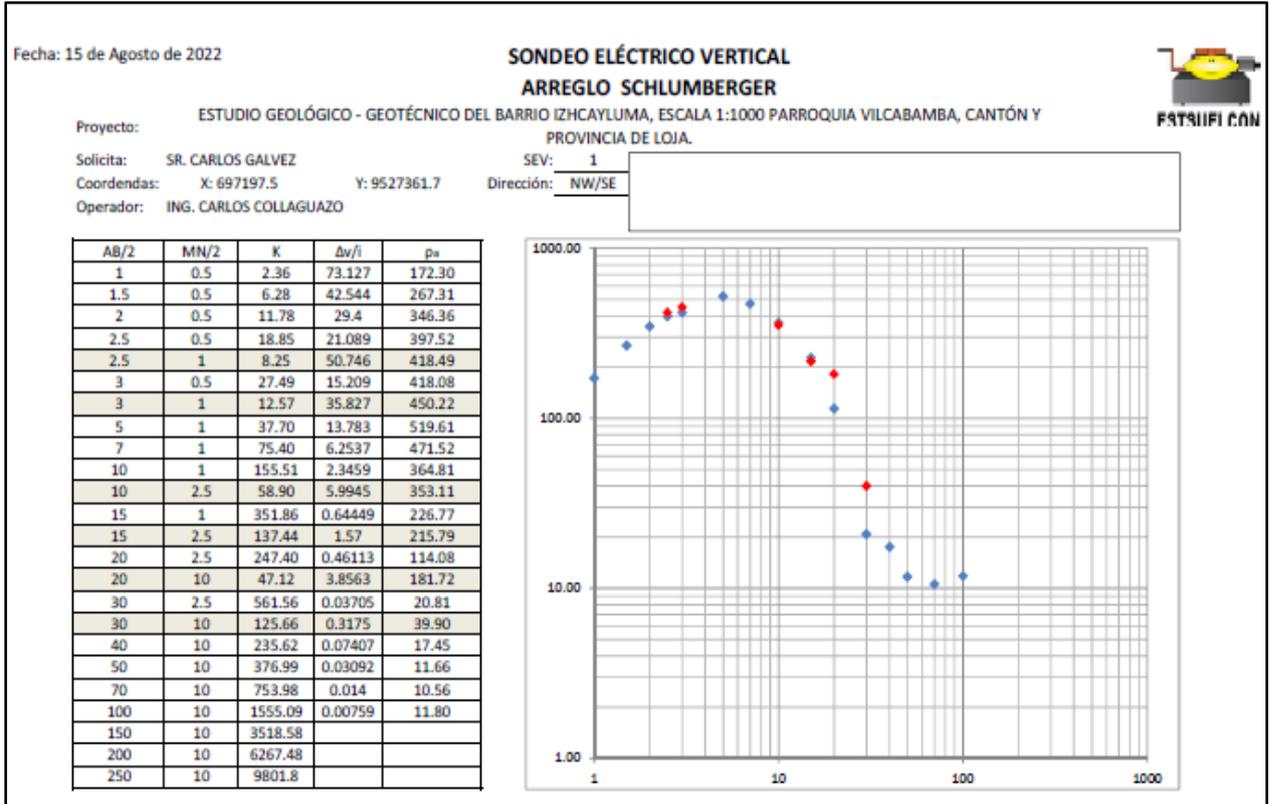


**Descripción**

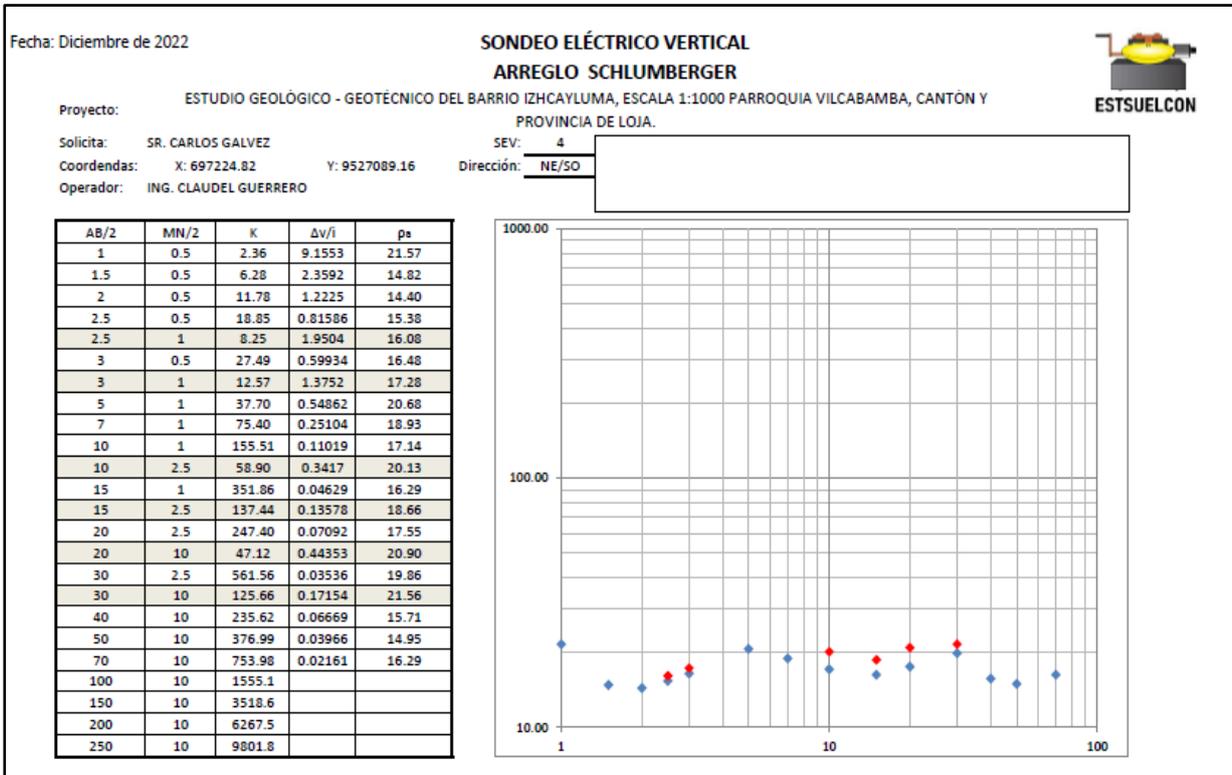
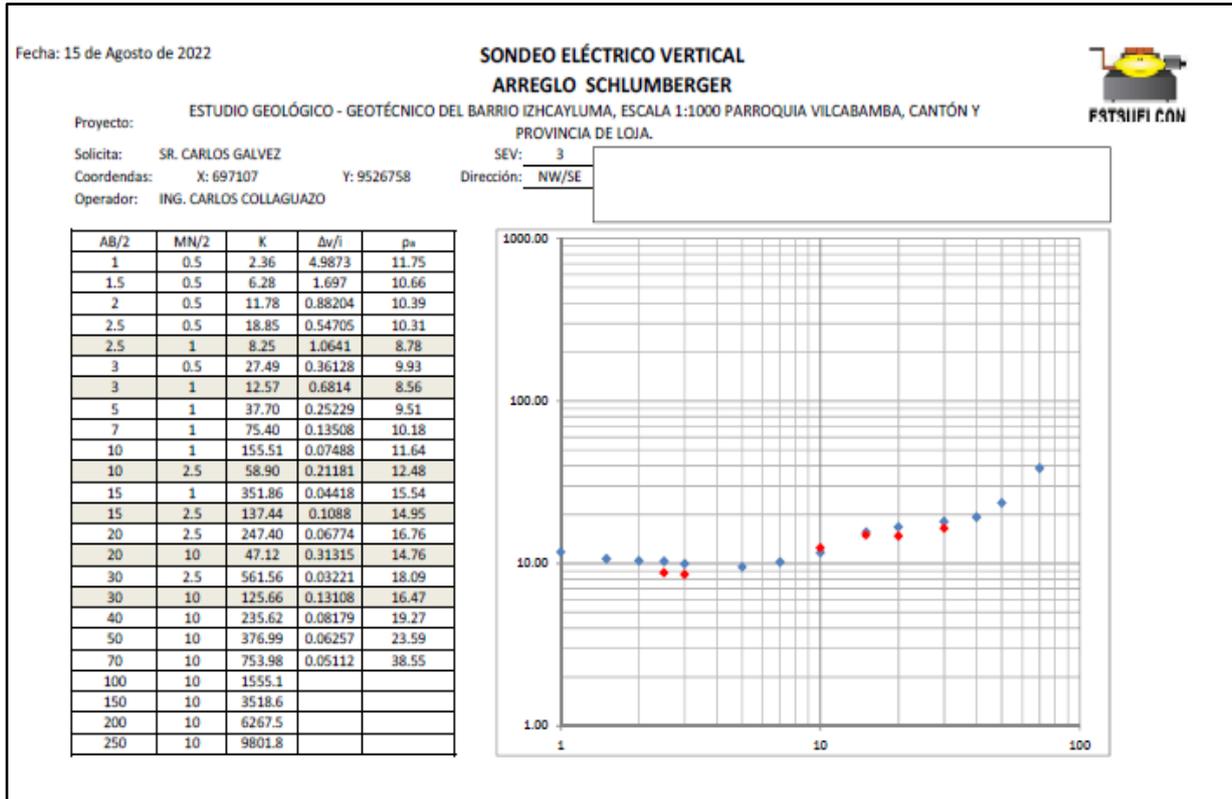
Material arcilloso con fragmentos metamórficos subredondeados y angulosos además de fragmentos de arenisca consolidada con una matriz areno-limosa, pequeñas intercalaciones de limos.

# Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba cantón y provincia de Loja

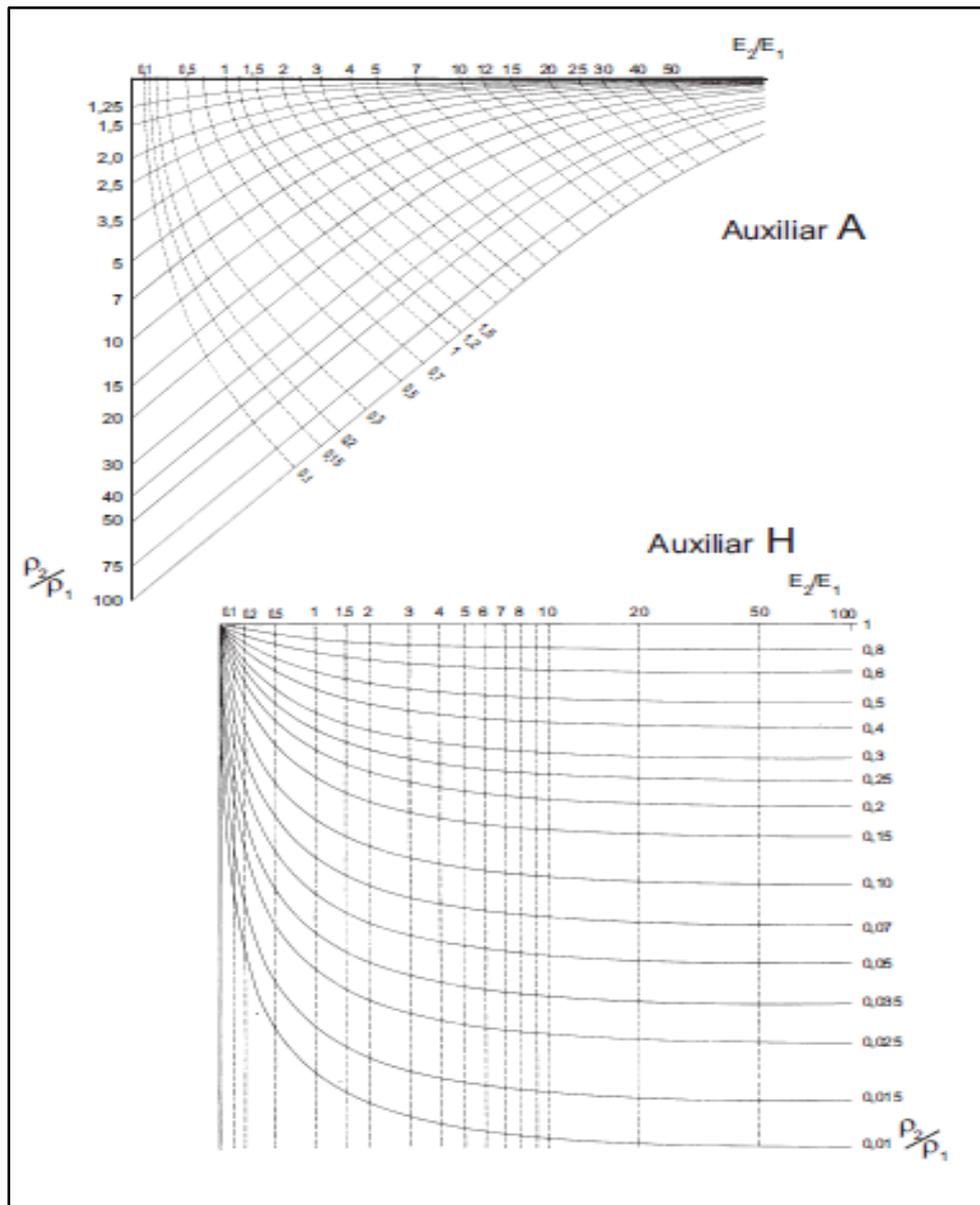
## Anexo 4. Reporte de ensayos SEV

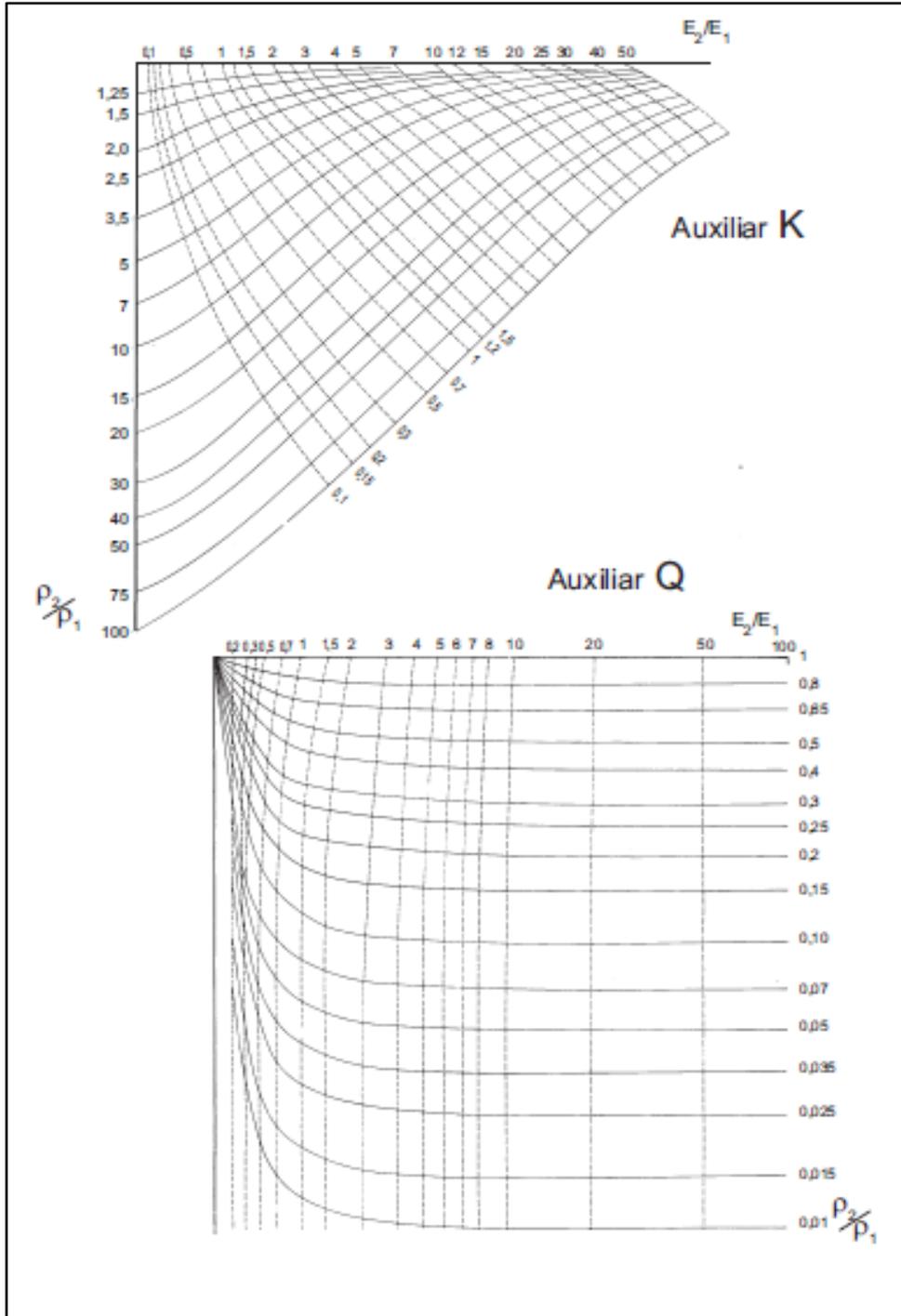


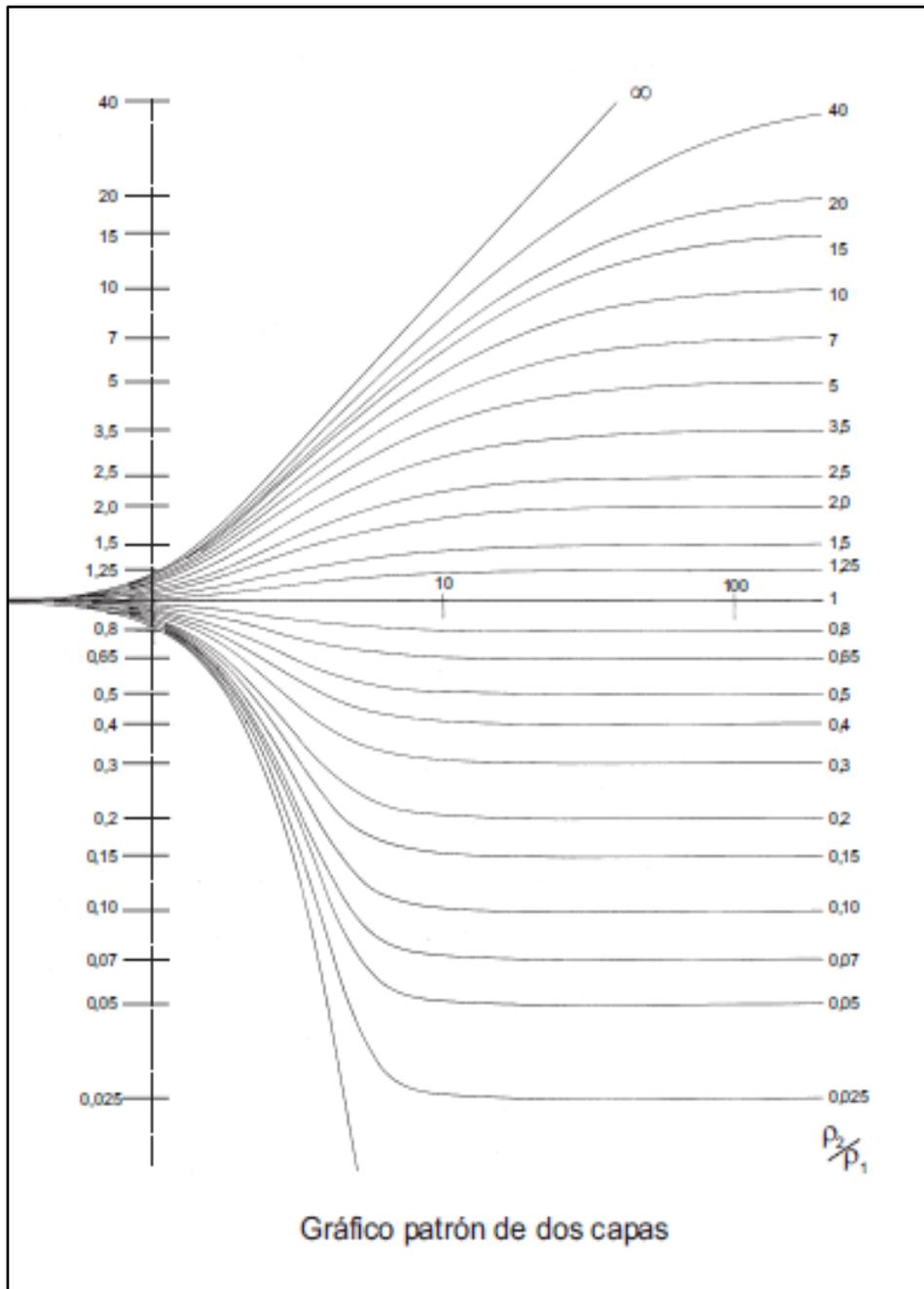
# Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba cantón y provincia de Loja



Anexo 5. Ábacos de Ebert (1943)







**Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba  
cantón y provincia de Loja**

---

**Anexo 6.** Mapa topográfico

**Anexo 7.** Mapa de pendientes

**Anexo 8.** Mapa geológico

(Ubicado en el CD-R nro. 1)

**Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba  
cantón y provincia de Loja**

**Anexo 9.** Puntos entre contactos geológicos.

<b>CONTACTO F. MSFR Y QA</b>		
<b>CÓDIGO</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
<b>1</b>	697144	9526735
<b>2</b>	697143	9526749
<b>3</b>	697141	9526769
<b>4</b>	697144	9526781
<b>5</b>	697140	9526792
<b>6</b>	697136	9526801
<b>7</b>	697130	9526809
<b>8</b>	697125	9526820
<b>9</b>	697122	9526833
<b>10</b>	697118	9526848
<b>11</b>	697113	9526860
<b>12</b>	697120	9526872
<b>13</b>	697119	9526886
<b>14</b>	697114	9526900
<b>15</b>	697108	9526911
<b>16</b>	697104	9526930
<b>17</b>	697098	9526954
<b>18</b>	697094	9526984
<b>19</b>	697092	9527002
<b>20</b>	697096	9527019
<b>21</b>	697098	9527056
<b>22</b>	697100	9527080
<b>23</b>	697109	9527094
<b>24</b>	697113	9527101
<b>25</b>	697140	9527115
<b>26</b>	697163	9527130
<b>27</b>	697183	9527145
<b>28</b>	697190	9527164
<b>29</b>	697197	9527187
<b>30</b>	697201	9527211
<b>31</b>	697201	9527232
<b>32</b>	697203	9527256
<b>33</b>	697187	9527276
<b>34</b>	697173	9527289
<b>35</b>	697151	9527295
<b>36</b>	697130	9527301
<b>37</b>	697109	9527313
<b>38</b>	697093	9527325
<b>39</b>	697085	9527340
<b>40</b>	697073	9527352
<b>41</b>	697057	9527365
<b>42</b>	697047	9527375
<b>43</b>	697048	9527395
<b>44</b>	697041	9527415
<b>45</b>	697037	9527433

**Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba  
cantón y provincia de Loja**

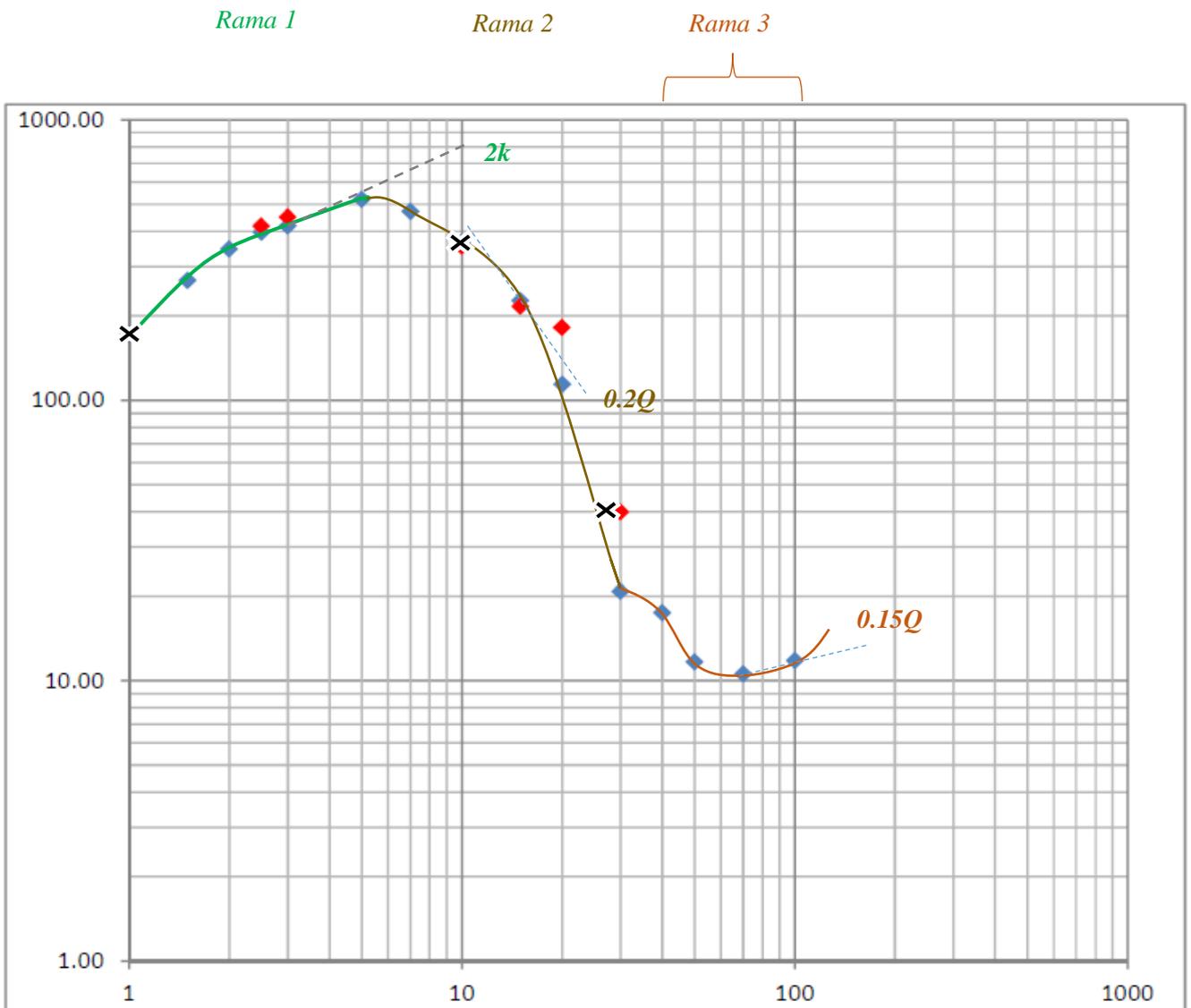
<b>46</b>	697034	9527446	<b>9</b>	697261	9527052
<b>47</b>	697028	9527471	<b>10</b>	697257	9527062
<b>CONTACTO F.QU Y QA</b>			<b>11</b>	697248	9527069
<b>CÓDIGO</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>12</b>	697239	9527079
<b>1</b>	697292	9526977	<b>13</b>	697233	9527094
<b>2</b>	697285	9526983	<b>14</b>	697234	9527106
<b>3</b>	697279	9526993	<b>15</b>	697231	9527119
<b>4</b>	697274	9527000	<b>16</b>	697225	9527134
<b>5</b>	697274	9527010	<b>17</b>	697216	9527148
<b>6</b>	697273	9527024	<b>18</b>	697207	9527163
<b>7</b>	697270	9527034	<b>19</b>	697201	9527188
<b>8</b>	697264	9527044			

**Anexo 10.** Cálculos de los SEV en base a los ábacos de Ebert (1943).

*SEVI*



Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba cantón y provincia de Loja



*Tipo de curva KQQ*

**Relación rama 1 y 2 = 3.8  $\Omega$ m**

$$\gamma_1/\gamma_2 = 2 \Omega m$$

**Relación rama 2 y 3 = 1.5  $\Omega$ m**

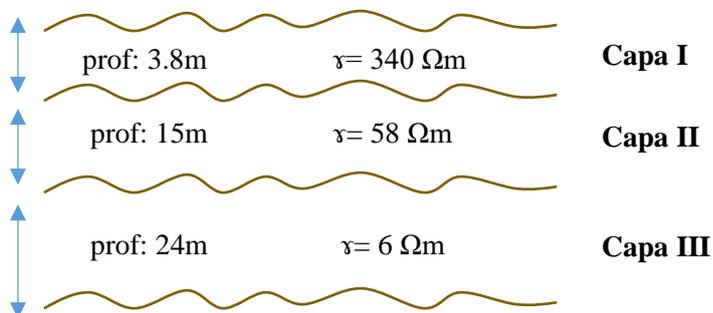
$$\gamma_2/\gamma_3 = 0.2 \Omega m$$

**Relación rama 3 y 4 = 0.8  $\Omega$ m**

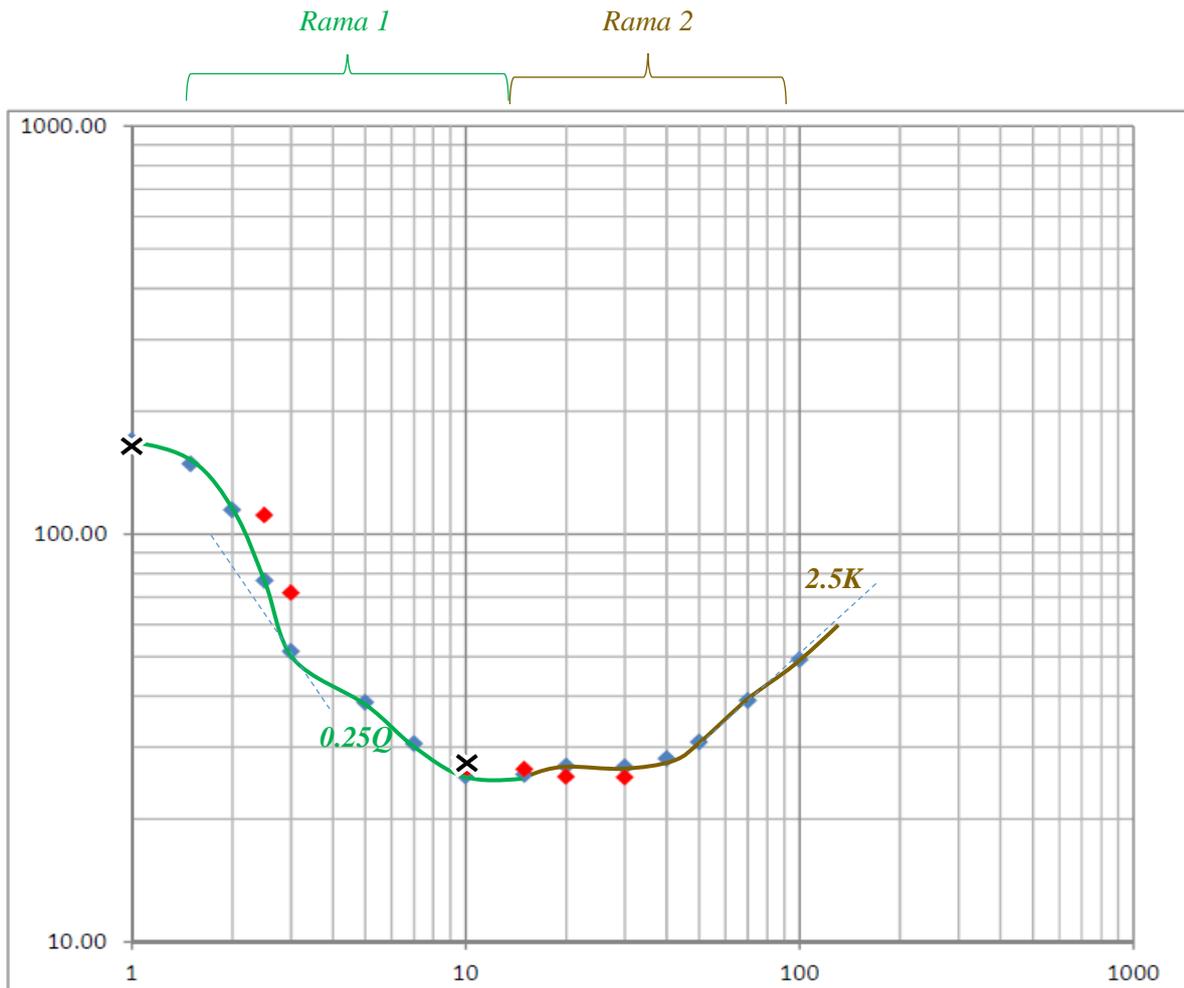
$$\gamma_3/\gamma_4 = 0.15 \Omega m$$

X ; Y	
<b>Capa I (1; 170)</b>	
$p_1/p_2 = 3.8 \times 1$	$\gamma_1/\gamma_2 = 2 \times 170$
= 3.8m	= 340 $\Omega$ m
<b>Capa II (10; 290)</b>	
$p_2/p_3 = 1.5 \times 10$	$\gamma_2/\gamma_3 = 0.2 \times 290$
= 15m	= 58 $\Omega$ m
<b>Capa III (30; 40)</b>	
$p_3/p_4 = 0.8 \times 30$	$\gamma_3/\gamma_4 = 0.15 \times 40$
= 24m	= 6

**Perfil del suelo**



SEV2



*Tipo de curva QK*

**Relación rama 1 y 2 = 4.2  $\Omega$ m**  
 $\gamma_1/\gamma_2 = 0.25 \Omega$ m

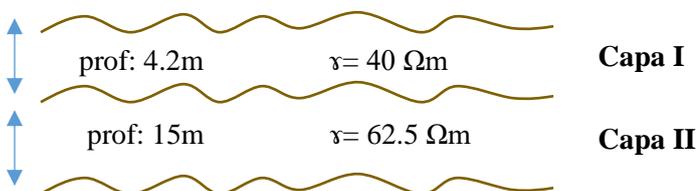
**Relación rama 2 y 3 = 1.5  $\Omega$ m**  
 $\gamma_2/\gamma_3 = 2.5 \Omega$ m

X ; Y

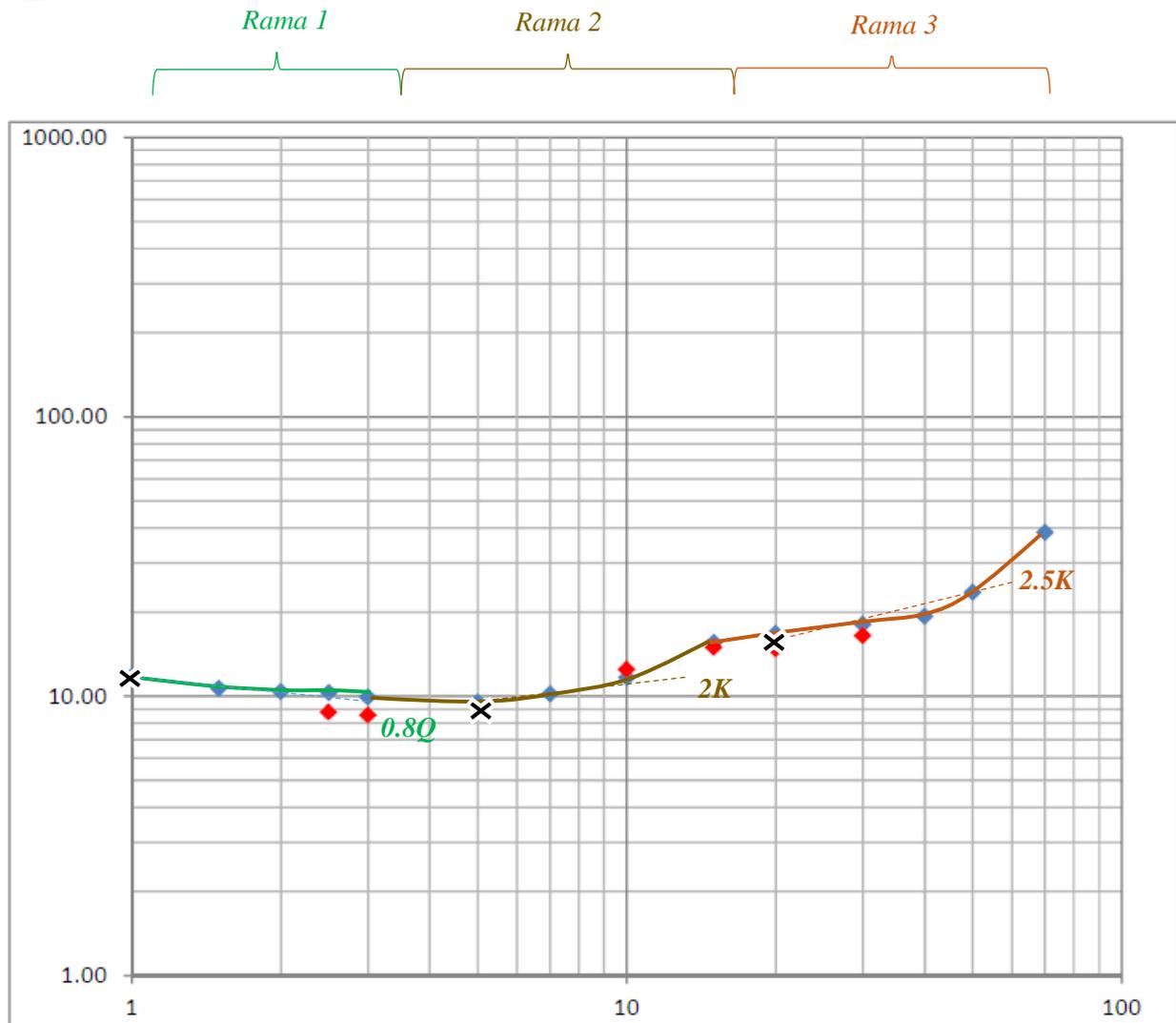
**Capa I (1; 160)**  
 $p_1/p_2 = 4.2 \times 1 = 4.2\text{m}$        $\gamma_1/\gamma_2 = 0.25 \times 160 = 40 \Omega\text{m}$

**Capa II (10; 25)**  
 $p_2/p_3 = 1.5 \times 10 = 15\text{m}$        $\gamma_2/\gamma_3 = 2.5 \times 25 = 62.5 \Omega\text{m}$

**Perfil del suelo**



SEV3



Tipo de curva QKK

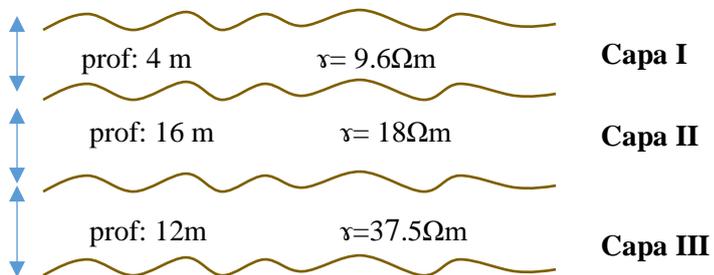
**Relación rama 1 y 2 = 4 Ωm**  
 $\gamma_1/\gamma_2 = 0.8 \Omega m$

**Relación rama 2 y 3 = 3.2 Ωm**  
 $\gamma_2/\gamma_3 = 2 \Omega m$

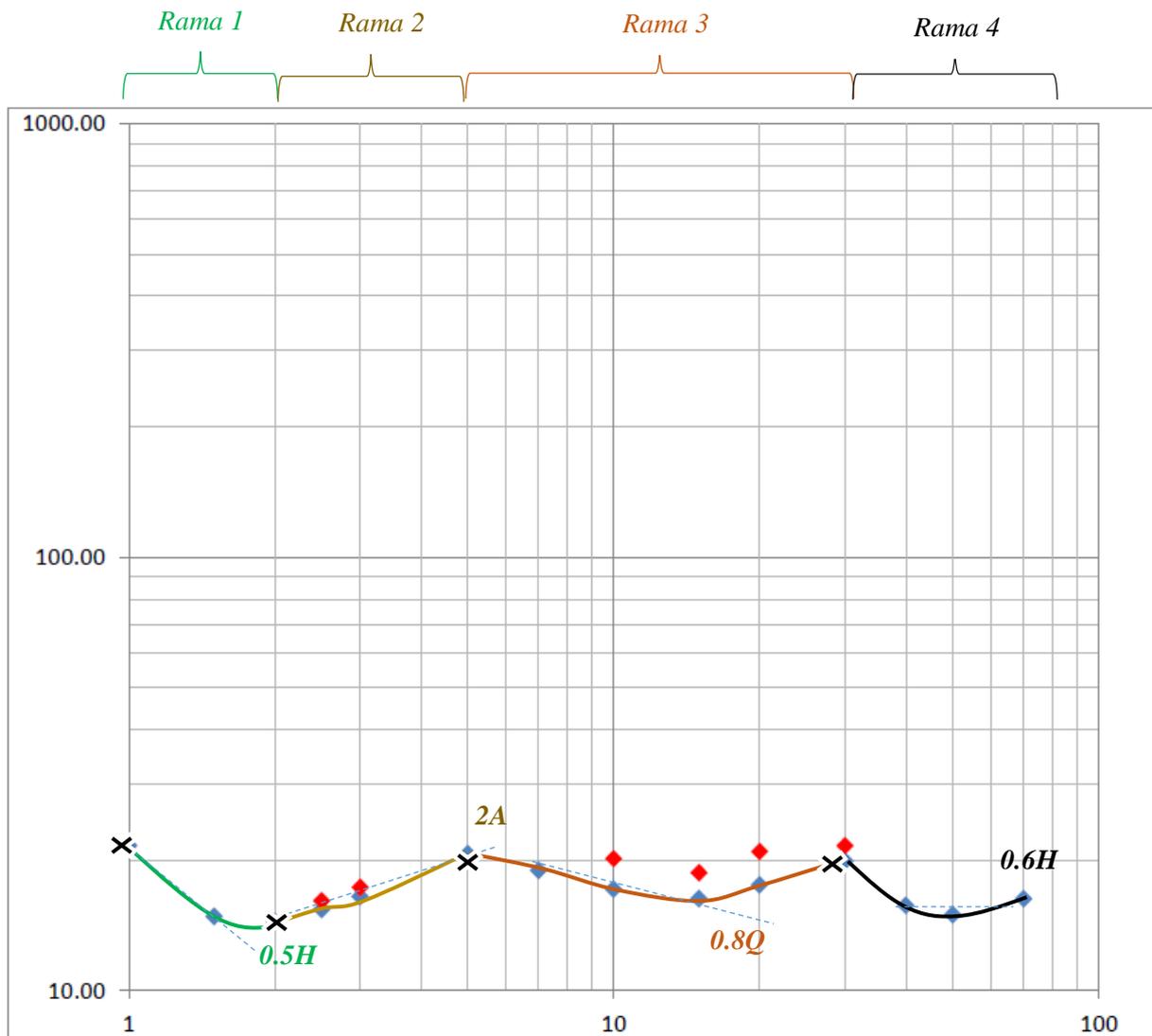
**Relación rama 3 y 4 = 0.6 Ωm**  
 $\gamma_3/\gamma_4 = 2.5 \Omega m$

X ; Y	
<b>Capa I (1; 12)</b>	
$p_1/p_2 = 4 \times 1$	$\gamma_1/\gamma_2 = 0.8 \times 12$
= 4m	= 9.6 $\Omega$ m
<b>Capa II (5; 9)</b>	
$p_2/p_3 = 3.2 \times 5$	$\gamma_2/\gamma_3 = 2 \times 9$
= 16m	= 18 $\Omega$ m
<b>Capa III (20; 15)</b>	
$p_3/p_4 = 0.6 \times 20$	$\gamma_3/\gamma_4 = 2.5 \times 15$
= 12m	= 37.5 $\Omega$ m

**Perfil del suelo**



SEV 4



*Tipo de curva KQH*

**Relación rama 1 y 2 = 1.5 Ωm**

$$\gamma_1/\gamma_2 = 0.5 \Omega m$$

**Relación rama 2 y 3 = 1.2 Ωm**

$$\gamma_2/\gamma_3 = 2 \Omega m$$

**Relación rama 3 y 4 = 3 Ωm**

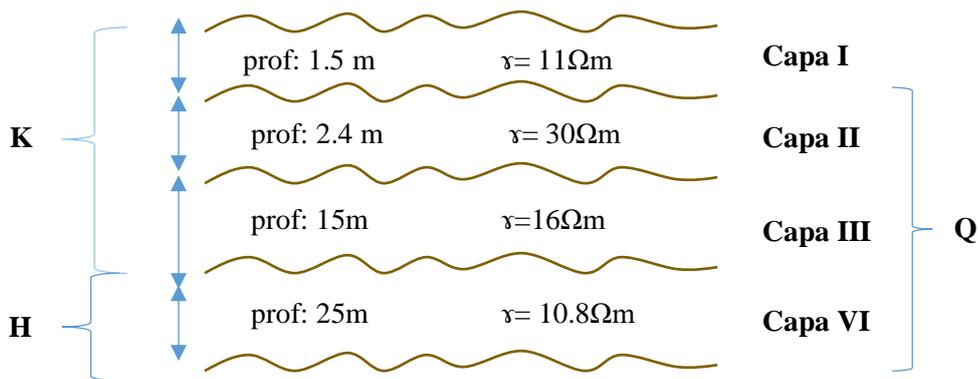
$$\gamma_3/\gamma_4 = 0.8 \Omega m$$

**Relación rama 4 y 5 = 2.3 Ωm**

$$\gamma_4/\gamma_5 = 0.6 \Omega m$$

**Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba  
cantón y provincia de Loja**

X ; Y	
<b>Capa I (1; 22)</b>	
$p_1/p_2 = 1.5 \times 1$	$\gamma_1/\gamma_2 = 0.5 \times 22$
= 1.5m	= 11 $\Omega$ m
<b>Capa II (2; 15)</b>	
$p_2/p_3 = 1.2 \times 2$	$\gamma_2/\gamma_3 = 2 \times 15$
= 2.4m	= 30 $\Omega$ m
<b>Capa III (5; 20)</b>	
$p_3/p_4 = 3 \times 5$	$\gamma_3/\gamma_4 = 0.8 \times 20$
= 15m	= 16 $\Omega$ m
<b>Capa VI (11; 18)</b>	
$p_3/p_4 = 2.3 \times 11$	$\gamma_3/\gamma_4 = 0.6 \times 18$
= 25m	= 10.8 $\Omega$ m



**Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba  
cantón y provincia de Loja**

---

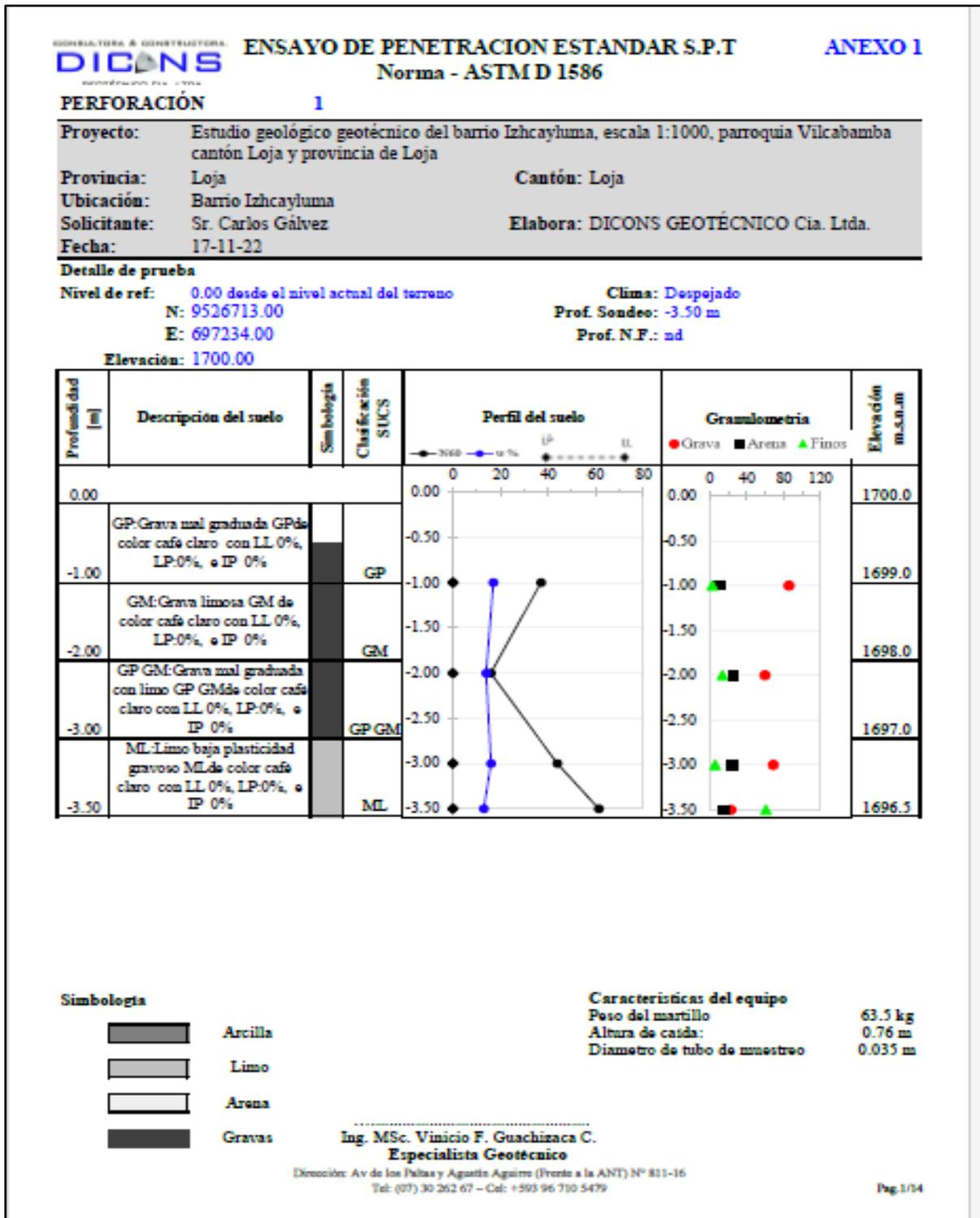
**Anexo 11.** Mapa cartográfico de los SEV

**Anexo 12.** Mapa cartográfico de los SPT

(Ubicado en el CD-R nro. 1

**Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba cantón y provincia de Loja**

**Anexo 13. Resultados de laboratorio de los ensayos SPT.**



Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba cantón y provincia de Loja

REGISTRADA & CONSTRUCTORA  
**DICONS**  
INGENIERÍA S.A.S.

**ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR S.P.T**  
Norma - ASTM D 1586

**ANEXO 1**

**PERFORACIÓN 2**

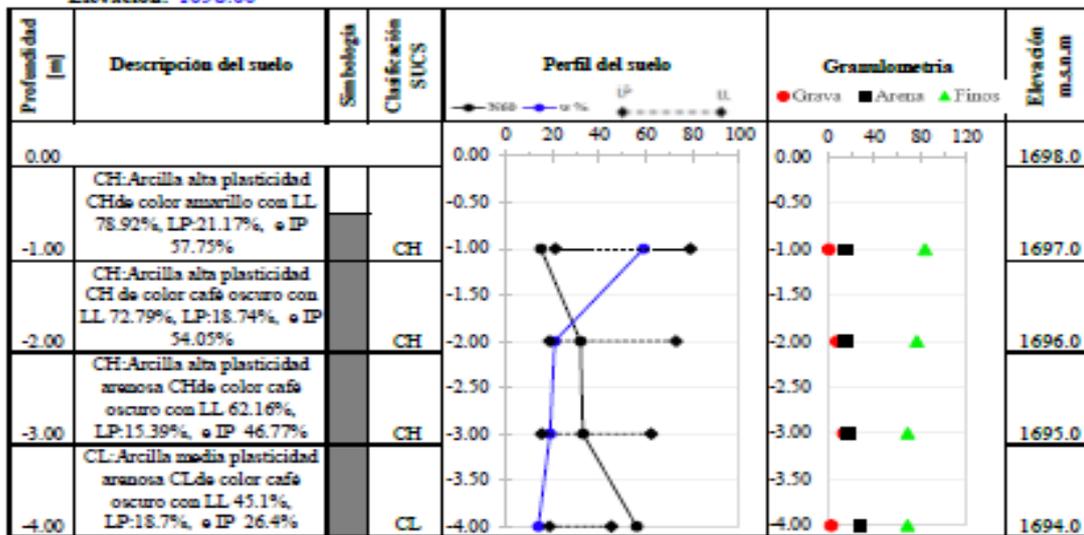
**Proyecto:** Estudio geológico geotécnico del barrio Izhcayluma, escala 1:1000, parroquia Vilcabamba cantón Loja y provincia de Loja  
**Provincia:** Loja **Cantón:** Loja  
**Ubicación:** Barrio Izhcayluma  
**Solicitante:** Sr. Carlos Gálvez **Elabora:** DICONS GEOTÉCNICO Cia. Ltda.  
**Fecha:** 17-11-22

**Detalle de prueba**

**Nivel de ref:** 0.00 desde el nivel actual del terreno  
N: 9526761.00  
E: 697121.00

**Clima:** Despejado  
**Prof. Sondeo:** -4.00 m  
**Prof. N.F.:** nd

**Elevación:** 1698.00



**Simbología**

- Arcilla
- Limo
- Arena
- Gravas

**Características del equipo**

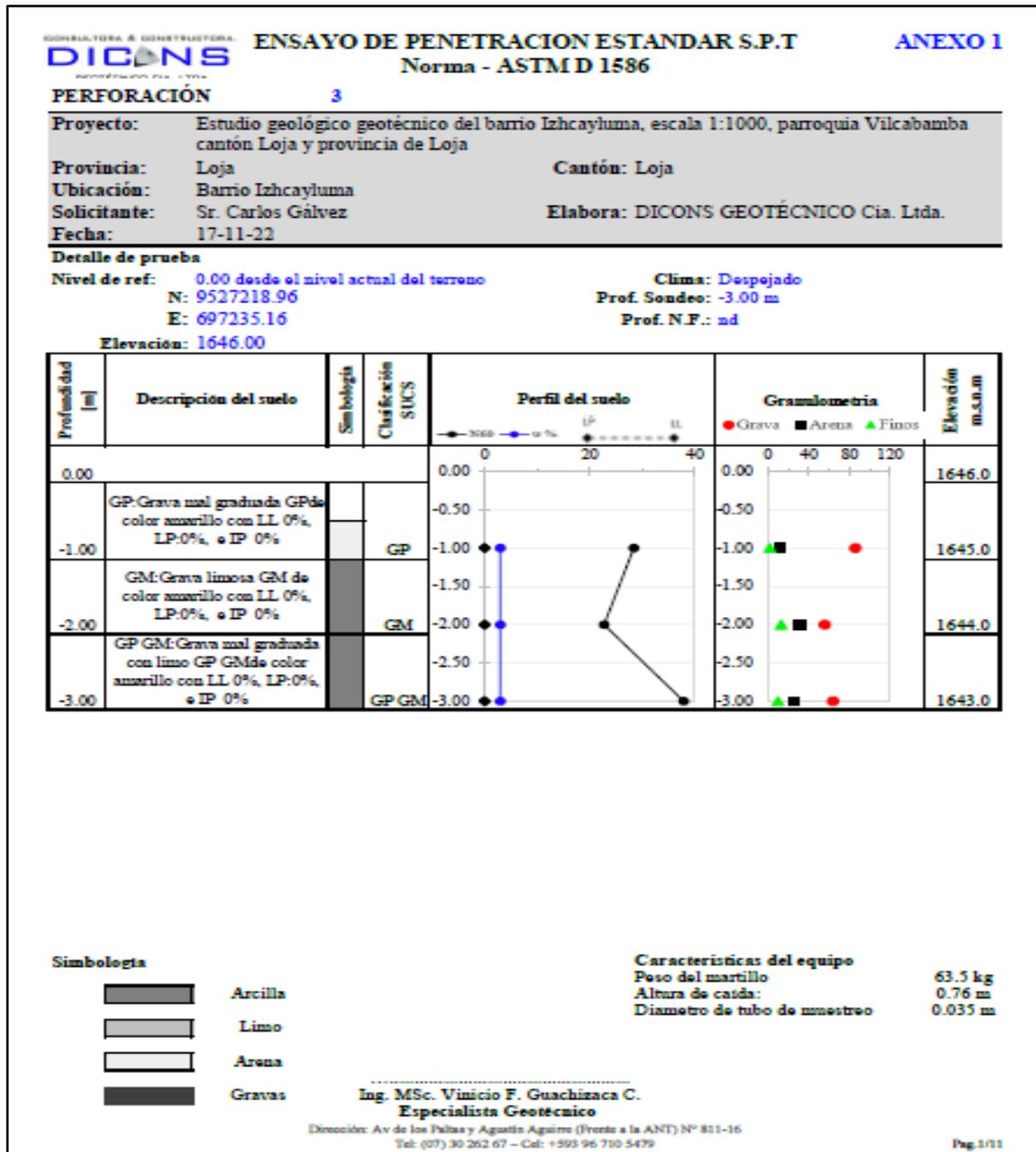
Peso del martillo 63.5 kg  
Altura de caída: 0.76 m  
Diámetro de tubo de muestreo 0.035 m

**Ing. MSc. Vinicio F. Guachizaca C.**  
**Especialista Geotécnico**

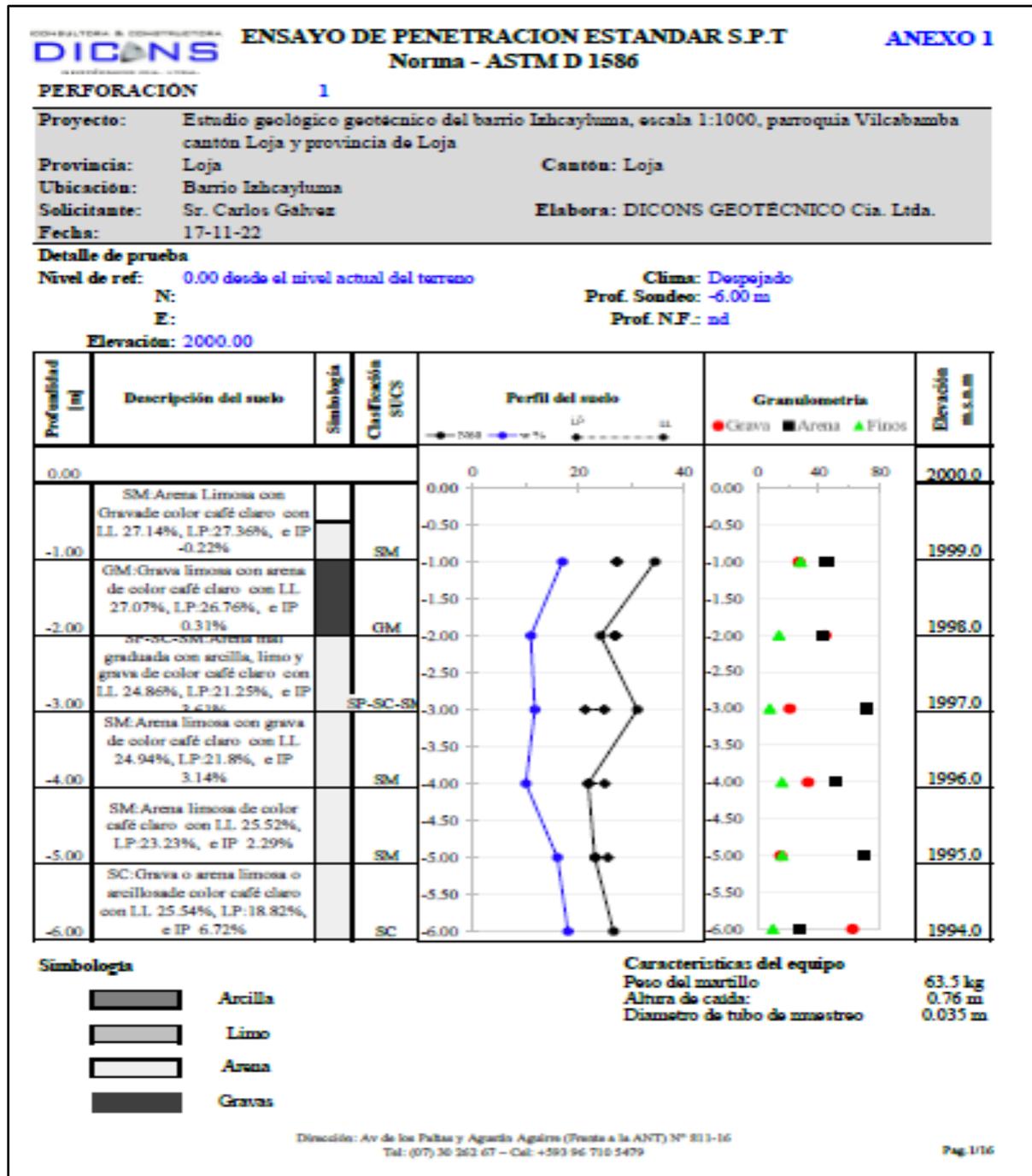
Dirección: Av de los Palmas y Agustín Aguirre (frente a la ANT) Nº 811-16  
Tel: (07) 30 262 67 - Cel: +593 96 710 5479

Pag.1/14

**Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba cantón y provincia de Loja**



Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba cantón y provincia de Loja



**Estudio Geológico Geotécnico del Barrio Izhcayluma, escala 1: 1000 parroquia Vilcabamba  
cantón y provincia de Loja**

---

**Anexo 14.** Certificado de traducción del resumen al idioma ingles

Loja, 07 de agosto del 2023

Yo, Lilibeth Johana Bravo Fajardo, con documento de identidad Nro. 2100510854, poseedora del certificado NIVEL INTERMEDIO AVANZADO B2-INGLÉS, avalado por Cambridge Assessment English, Número de Verificación: C0018683.

**CERTIFICO:**

Que el documento aquí compuesto es fiel a la traducción del idioma Español al idioma Inglés de un resumen del trabajo de titulación, la misma que se realizó en base a los documentos originales entregados por el autor, el Señor **CARLOS ARTURO GÁLVEZ MERA**, con cedula de identidad Nro. 1105690729, con el tema denominado "Estudio geológico geotécnico del barrio Izhcayluma, escala 1:1000 parroquia Vilcabamba cantón y provincia de Loja", traducción que servirá para fines personales de uso del cliente.

Lo certifico en honor a la verdad, y, a su vez autorizo al interesado a hacer uso del presente para los fines que considere pertinentes.



Ing. Lilibeth Johana Bravo Fajardo

C.I: 2100510854