



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**

**ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**“LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO DEL  
PARQUE ARQUEOLÓGICO CATAZHO Y ESTUDIO GEOTÉCNICO  
DEL SITIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL CENTRO DE  
INTERPRETACIÓN”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**PROYECTO TÉCNICO PARA TITULACIÓN DE GRADO**

**PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL  
TÍTULO DE INGENIERO EN GEOLOGÍA Y MINAS**

**JERSON EDUARDO GARNICA CHUQUI**

**IVÁN MARCELO GUZMÁN SEGARRA**

**Morona Santiago-Ecuador**

**2019**

## CERTIFICADOS DE APROBACIÓN DEL TEMA DE TESIS



# ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

EXTENSIÓN MORONA SANTIAGO

### INFORME DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Macas, febrero 18 del 2019

Ing. Romané Peñafiel Mgs.  
Directora de la ESPOCH Extensión Morona Santiago

Su despacho

De mi consideración

Reciba un cordial y atento saludo, a la vez deseándole éxito en las funciones que desempeña; en respuesta a los **Oficios No. 39- D-ESPOCH-EXT-MS-2019** emitidos el 13 de febrero de 2019 con respecto al trabajo de Titulación denominado **"LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO DEL PARQUE ARQUEOLÓGICO CATAZHO Y ESTUDIO GEOTÉCNICO DEL SITIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL CENTRO DE INTERPRETACIÓN"**. desarrollado por el sr. Egresado: **JERSON EDUARDO GARNICA CHUQUI**; una vez realizada la revisión remitimos los siguientes criterios:

- 1.- El trabajo escrito se encuentra de **afin** a la investigación propuesta, **apegado** a los parámetros de redacción técnica.
- 2.- El trabajo escrito refleja el **100%** de la **investigación desarrollada**, complementada con el **seguimiento** técnico continuo.
- 3.- Con la presentación del documento escrito da por culminado el proceso del trabajo investigación encontrándose **habilitado** para realizar la solicitud de defensa publica del mismo y la continuación de los trámites pertinentes subsiguientes.

Si más que adicionar y agradeciendo su gentil atención nos suscribimos.

Atentamente

Ing. Marco Mejía. Mgs.  
Director del trabajo de titulación

Ing. Jenny Granja Carrera. Mgs.  
Asesor del trabajo de titulación



# ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

EXTENSIÓN MORONA SANTIAGO

## INFORME DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Macas, febrero 18 del 2019

Ing. Romané Peñafiel Mgs.  
Directora de la ESPOCH Extensión Morona Santiago

Su despacho

De mi consideración

Reciba un cordial y atento saludo, a la vez deseándole éxito en las funciones que desempeña; en respuesta a los **Oficios No. 39- D-ESPOCH-EXT-MS-2019** emitidos el 13 de febrero de 2019 con respecto al trabajo de Titulación denominado **"LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO DEL PARQUE ARQUEOLÓGICO CATAZHO Y ESTUDIO GEOTÉCNICO DEL SITIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL CENTRO DE INTERPRETACIÓN"**. desarrollado por el sr. **Egresado: IVAN MARCELO GUZMAN SEGARRA**; una vez realizada la revisión remitimos los siguientes criterios:

- 1.- El trabajo escrito se encuentra de **afin** a la investigación propuesta, **apegado** a los parámetros de redacción técnica.
- 2.- El trabajo escrito refleja el **100%** de la **investigación desarrollada**, complementada con el **seguimiento** técnico continuo.
- 3.- Con la presentación del documento escrito da por culminado el proceso del trabajo investigación encontrándose **habilitado** para realizar la solicitud de defensa publica del mismo y la continuación de los trámites pertinentes subsiguientes.

Si más que adicionar y agradeciendo su gentil atención nos suscribimos.

Atentamente

Ing. Marco Mejía Mgs.  
Director del trabajo de titulación

Ing. Jenny Granja Carrera Mgs.  
Asesor del trabajo de titulación

## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Nosotros, **Garnica Chuqui Jerson Eduardo & Guzmán Segarra Iván Marcelo**, declaramos que el presente trabajo de titulación es de exclusivamente de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes y el documento que proviene de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Macas, 15 de febrero del 2019



Jerson Eduardo Garnica Chuqui

C.I. 140078543-0



Iván Marcelo Guzmán Segarra

C.I. 140051929-2

## **DEDICATORIA**

A Dios, por habernos dado la fuerza para alcanzar este sueño y habernos puesto personas maravillosas que nos han brindado una mano amiga durante este camino.

A nuestras familias, esposas, hijos, padres, quienes han sido ese pilar fundamental en nuestro trayecto estudiantil y en la culminación de este trabajo de titulación; además por su apoyo incondicional.

Jerson Garnica & Iván Guzmán.

## AGRADECIMIENTO

A Dios por habernos dado salud, perseverancia, sabiduría, fuerza y dedicación para terminar una etapa muy importante en nuestras vidas.

A nuestros padres, quienes nos impulsaron en la realización de este sueño tan grande para ser aún mejores cada día.

A nuestro director de trabajo de titulación, Ing. Marco Mejía por la gran ayuda brindada en la realización de este trabajo, sabiduría, consejos y sobre todo en los conocimientos impartidos en nuestra etapa universitaria.

A nuestra asesora, Ing. Jenny Granja por su paciencia, ideas, atención y la gran mano amiga que nos brindó en la finalización de nuestro trabajo de titulación.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Extensión Morona Santiago, a los docentes, personal administrativo, amigos y compañeros de la Escuela de Geología y Minas, por aportar experiencias, ideas y ver culminado esta meta.

Al Ing. Fernando Fierro, Ing. José Pesántez, Ing. Volmer Coronel, Ing. Valeria Chica por su valiosa colaboración.

Jerson Garnica & Iván Guzmán.

## Tabla de Contenidos

<b>CERTIFICADOS DE APROBACIÓN DEL TEMA DE TESIS .....</b>	<b>ii</b>
<b>DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD .....</b>	<b>iv</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>v</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>vi</b>
<b>Índice de Tablas .....</b>	<b>x</b>
<b>Índice de Figuras.....</b>	<b>xi</b>
<b>Índice de Anexos .....</b>	<b>xii</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>xiii</b>
<b>THESIS ABSTRACT .....</b>	<b>xiv</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPITULO I.....</b>	<b>2</b>
1. MARCO REFERENCIAL .....	2
1.1. ANTECEDENTES .....	2
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	2
1.4. OBJETIVOS .....	3
1.4.1. OBJETIVO GENERAL .....	3
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	3
1.5. HIPÓTESIS .....	3
1.6. GENERALIDADES .....	4
1.6.1. UBICACIÓN .....	4
1.6.2. ACCESO .....	6
1.6.3. CLIMA .....	7
1.7. EL SUELO .....	10
1.7.1. CLASIFICACIÓN AGRONÓMICA .....	10
1.8. FLORA Y FAUNA .....	11
1.9. ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS Y CULTURALES .....	11

<b>CAPITULO II .....</b>	<b>12</b>
2. MARCO TEÓRICO .....	12
2.1. GEOMORFOLOGÍA .....	12
2.2. GEOLOGÍA REGIONAL .....	13
2.3. GEOLOGÍA DE CAMPO .....	16
2.3.1. Topografía .....	17
2.3.2. Levantamiento Topográfico .....	17
2.3.3. Geotecnia .....	17
2.3.4. Ensayo de penetración estándar (S.P.T.) .....	18
2.3.5. Sondeos mecánicos a rotación con extracción continua de testigo. ....	18
2.3.5.1. Determinación de la capacidad de carga admisible del suelo .....	19
2.3.6. Descripción y clasificación de los suelos. ....	20
2.3.6.1. Origen y Formación .....	20
2.3.6.2. Identificación de los suelos .....	21
2.3.7. Distribución granulométrica. ....	21
2.3.8. Clasificación de suelos .....	22
2.3.8.1. Clasificación SUCS o USCS .....	23
2.3.8.2. Clasificación AASHTO .....	24
2.3.9. Consistencia del suelo .....	25
2.3.9.1. Límite líquido (LL) .....	25
2.3.9.2. Límite Plástico (LP) .....	26
2.4. SISMICIDAD .....	26
2.4.1. Tectónica Regional .....	26
2.4.2. Sismicidad Local .....	28
<b>CAPITULO III.....</b>	<b>29</b>
3. DISEÑO Y EXPERIMENTACIÓN.....	29



3.1.	Metodología.....	29
3.1.1.	Levantamiento topográfico.....	29
3.1.2.	Trabajo de campo .....	30
3.1.2.1.	Geología local.....	30
3.1.1.	Ensayo SPT.....	33
3.1.2.	Sondeos mecánicos a rotación con extracción continua de testigo. ....	35
3.1.3.	Nivel freático .....	36
3.1.4.	Ensayos de Laboratorio .....	36
3.1.4.1.	Clasificación de Suelos (SUCS) .....	36
3.1.4.2.	Contenido de Humedad Natural.....	37
3.1.4.3.	Determinación de Límites de Atterberg.....	37
3.1.4.4.	Límite Plástico .....	38
3.1.4.5.	Ensayo de Gravedad Específica (GE).....	39
3.1.5.	Sismicidad de la zona .....	40
3.1.6.	Estudio geotécnico.....	41
	<b>CAPITULO IV .....</b>	<b>43</b>
4.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	43
4.1.	LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO .....	43
4.2.	CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA.....	44
4.2.1.	Unidad 1: Relleno antrópico y limo plástico .....	44
4.2.2.	Unidad 2: Arcillas limosas plásticas con algo de arena. ....	48
4.3.	ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN .....	51
	<b>CAPITULO V.....</b>	<b>56</b>
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	56
5.1.	Conclusiones.....	56
5.2.	Recomendaciones .....	58

<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>59</b>
ANEXOS	60

### Índice de Tablas

<b>Tabla 1-1</b> Coordenadas del área de estudio .....	4
<b>Tabla 2-1</b> Climática // Datos Históricos del Tiempo Indanza.....	8
<b>Tabla 3-1</b> Temperaturas en la estación San Miguel de Conchay (GADP-MS) .....	9
<b>Tabla 4-1</b> Variables Climáticas de la Parroquia Indanza.....	10
<b>Tabla 5-2</b> Número de tamices y aberturas de mallas ASTM D 422 .....	22
<b>Tabla 6-2</b> Clasificación según SUCS.....	23
<b>Tabla 7-2</b> Clasificación según AASHTO.....	24
<b>Tabla 8-3</b> Coordenadas de levantamiento geológico. ....	31
<b>Tabla 9-3</b> Clasificación de Sanglerat 1967 Y Hunt 1984. ....	35
<b>Tabla 10-3</b> Resumen de trabajos in situ. ....	42
<b>Tabla 11-4</b> Clasificación de suelos de acuerdo a las normas ASTM & NEC-2015. ....	46
<b>Tabla 12-4</b> Estimación del ángulo de fricción interna. ....	47
<b>Tabla 13-4</b> Clasificación de suelos de acuerdo a las normas ASTM & NEC-2015. ....	49
<b>Tabla 14-4</b> Estimación del ángulo de fricción interna. ....	50
<b>Tabla 15-4</b> Fórmulas para calcular la tensión admisible.....	51
<b>Tabla 16-4</b> Tensión admisible para la UG-1(Kg/cm <sup>2</sup> ). ....	52
<b>Tabla 17-4</b> Tensión admisible para la UG-2.....	52
<b>Tabla 18-4</b> Cálculo de asiento total para cada unidad geotécnica. ....	54
<b>Tabla 19-4</b> Estimación del coeficiente de Balasto. ....	55

## Índice de Figuras

<b>Figura 1-1:</b> Mapa de ubicación de la zona de estudio .....	5
<b>Figura 2-1:</b> Mapa de acceso al área de estudio.....	6
<b>Figura 3-1:</b> INAMHI, Climas del Ecuador (2016) .....	7
<b>Figura 4-1:</b> Climograma INDANZA .....	7
<b>Figura 5-1:</b> Mapa General de Suelos del Ecuador, Sociedad Ecuatoriana de las Ciencias del Suelo (2014).....	11
<b>Figura 6-2:</b> Geomorfología de la zona de estudio. ....	13
<b>Figura 7-2:</b> Mapa Geológico Regional de la zona de estudio.....	14
<b>Figura 8-2:</b> Fundamento teórico ensayo S.P.T. ....	18
<b>Figura 9-2:</b> Límites de Atterberg .....	25
<b>Figura 10-2:</b> Principales estructuras tectónicas en el margen continental de la placa sudamericana en Ecuador. <b>(a)</b> La cordillera de los Andes en América del Sur. <b>(b)</b> Estructura del noroeste América del Sur, incluyendo Dominio Andino Norte. ....	27
<b>Figura 11-3:</b> Levantamiento topográfico para el centro de Interpretación.....	29
<b>Figura 12-3:</b> Ficha Geológica P12.....	32
<b>Figura 13-3:</b> Ficha Geológica P1 .....	33
<b>Figura 14-3:</b> Mapa de ubicación de los SPT.....	34
<b>Figura 15-3:</b> <b>a)</b> Ensamblado de la máquina SPT; <b>b)</b> Recuperación de testigo; <b>c)</b> Guardado y etiquetado de la muestra.....	35
<b>Figura 16-4:</b> litología de la zona.....	43
<b>Figura 17-4:</b> Curvas granulométricas de los limos.....	45

<b>Figura 18-4:</b> Distribución de los materiales en la gráfica de Casagrande. ....	46
<b>Figura 19-4:</b> Curvas granulométricas de los limos. ....	48
<b>Figura 20-4:</b> Distribución de los materiales en la gráfica de Casagrande. ....	49

### **Índice de Anexos**

<b>Anexo 1:</b> Levantamiento topográfico donde se implementará el centro de interpretación. ....	60
<b>Anexo 2:</b> Ensamblaje de la máquina para SPT. ....	60
<b>Anexo 3:</b> Recuperación de muestras para el análisis de laboratorio. ....	61
<b>Anexo 4:</b> Enfundado y etiquetado de las muestras. ....	61
<b>Anexo 5:</b> Elaboración de Fichas con los registros geológicos tomados en el campo ....	62
<b>Anexo 6:</b> Registro de perforación a través del ensayo SPT S1. ....	68
<b>Anexo 7:</b> Registro de perforación a través del ensayo SPT S2. ....	69
<b>Anexo 8:</b> Ensayo de clasificación S1 de 1.55 – 2.00 m ....	70
<b>Anexo 9:</b> Ensayo de clasificación S2 de 0.55 – 1.00 m ....	72
<b>Anexo 10:</b> Mapa Geológico de la Zona. ....	74
<b>Anexo 11:</b> Perfil Estratigráfico A – A' ....	75
<b>Anexo 12:</b> Perfil Estratigráfico B – B' ....	76
<b>Anexo 13:</b> Perfil Estratigráfico de Sondeos A – A' ....	77
<b>Anexo 14:</b> Mapa de puntos de muestreo ....	78

## RESUMEN

La presente investigación propone: realizar el levantamiento geológico del Parque Arqueológico Catazho ubicado en la comunidad de San José perteneciente al cantón Limón Indanza en la Provincia de Morona Santiago; además del análisis de la sismicidad de la zona de interés y el estudio geotécnico del sitio donde se pretende implementar el Centro de Interpretación. El estudio se inició con el levantamiento geológico de 122 hectáreas donde se evidenció la presencia de dos unidades estratigráficas, la primera de edad Cretáceo que está caracterizado por limos, arenas, lutitas y calizas las cuales pertenecen a la Formación Napo; la otra unidad corresponde a un coluvial donde se han depositado bloques métricos de andesita que se encuentran dentro de una matriz limo-arcillosa pertenecientes a la Formación Hollín. La caracterización geotécnica se realizó mediante la ejecución de dos sondeos SPT que llegaron hasta la profundidad de 4 metros, profundidad a la cual se presentó el rechazo a la penetración; estos sondeos definieron dos unidades geotécnicas la superior que corresponden a limos que presentan una plasticidad media y una capacidad de carga de  $2.70 \text{ kg/cm}^2$  y la unidad inferior que corresponde a arcillas de plasticidad media con  $9 \text{ kg/cm}^2$  de capacidad de carga admisible. Para la determinación de la sismicidad local se utilizó dos fórmulas empíricas que permiten calcular la aceleración local, la primera desarrollada por Goldsack con la que se obtuvo una aceleración de  $0.128^*g$  y la segunda fórmula desarrollada por Esteva Villaverde con la cual se obtuvo un valor de  $0.124^*g$ .

**Palabras clave:** LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO - ANÁLISIS DE LA SISMICIDAD - ESTUDIO GEOTÉCNICO.

Por: Jerson Gamica & Iván Guzmán



## THESIS ABSTRACT

The present investigation proposes: to carry out the geological survey of the Catazho Archaeological Park located in the community of San José belonging to the canton Limón Indaza in the Province of Morona Santiago; besides the analysis of the seismicity of the area of interest and the geotechnical study of the site where the Interpretation Center is to be implemented. The study began with the geological survey of 122 hectares where it was evidenced the presence of two stratigraphic units, the first one of Cretaceous age that is characterized by silts, sands, shales and limestones which belong to the Napo Formation; The other unit corresponds to a colluvium where metric blocks of andesite have been deposited inside a silt-clayey matrix belonging to the Hollín Formation. The geotechnical characterization was carried out by means of the execution of two SPT probes that reached the depth of 4 meters, depth at which the rejection of the penetration occurred; These drills defined two geotechnical units, the upper ones corresponding to silts that have an average plasticity and a load capacity of 2.70Kg / cm<sup>2</sup> and the lower unit that corresponds to clays of medium plasticity with 9Kg / cm<sup>2</sup> of admissible load capacity. For the determination of local seismicity, two empirical formulas were used to calculate the local acceleration, the first developed by Goldsack with which an acceleration of 0.128 \*g was obtained and the second formula developed by Esteva Villaverde with which a value of 0.124 \*g.

**Keywords:** GEOLOGICAL SURVEY - SEISMICITY ANALYSIS - GEOTECHNICAL STUDY.

By: Jerson Garnica & Ivan Guzman



## INTRODUCCIÓN

La geología como ciencia dedicada al estudio de la tierra y sus distintas ramas, aporta información importante para el desarrollo de planes de ordenamiento territorial, a más de utilizarse para determinar la idoneidad de un suelo para construcción, agricultura, ganadería, acuicultura, minería, etc.; permite conocer el valor histórico y sociocultural de nuestro entorno. (Mendiola, 2002)

El sector de afloramientos de los petroglifos en el sector de la comunidad de San José tiene una superficie de 42.41 hectáreas y se ubica en el centro del área de protección arqueológica definida por el INPC, cuenta con un total de 46 petroglifos identificados en la capa de información (año 2013) proporcionada por el INPC Regional 6.

A partir de lo anterior, la investigación propuesta es de vital importancia, ya que se va a fundamentar con un estudio geológico en el entorno donde se localiza esta importante huella de la evolución humana en el cantón Limón Indanza, el cual servirá para la elaboración del plan de ordenamiento territorial de la parroquia y aportará información para el desarrollo turístico de la zona.

## **CAPITULO I**

### **1. MARCO REFERENCIAL**

#### **1.1. ANTECEDENTES**

El área de interés está localizada en la comunidad San José perteneciente al cantón Limón Indanza, donde se encuentra ubicado uno de los parques emblemáticos de la Provincia de Morona Santiago, el Parque Arqueológico Catazho; que en los últimos años ha llamado la atención del Instituto Nacional de Patrimonio Cultural, este parque ha sido estudiado bajo criterios antropológicos, orientados a catalogar los petroglifos existentes en la zona.

#### **1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Considerando el interés de construir en la comunidad de San José el Centro de Interpretación Arqueológica del Parque Catazho; se ha visto la necesidad de realizar estudios geológicos y geotécnicos para generar información técnica sobre la calidad del suelo de esa zona de interés donde se pretende realizar la construcción de dicho centro, garantizando así la vida útil de la edificación.

#### **1.3. JUSTIFICACIÓN**

De conformidad con los objetivos de la creación del Parque Arqueológico Catazho, es necesario conservar, preservar y potenciar, los elementos invaluable, de significado cultural a nivel urbano - arquitectónico para coadyuvar a la sostenibilidad del sistema de asentamientos del cantón y conforme el Artículo 466 del Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización, que establece que, corresponde exclusivamente a los gobiernos municipales el control sobre el uso y ocupación del suelo en el territorio del cantón, se propone realizar el levantamiento geológico del Parque Arqueológico Catazho como un complemento a la investigación antropológica y como base para la elaboración de planes de ordenamiento territorial, a más de convertirse en una importante fuente de información que permita potenciar el turismo del lugar.



El propósito de la siguiente investigación es realizar el levantamiento geológico del Parque Arqueológico Catazho como un complemento para la investigación antes mencionada, y como base para la elaboración de planes de ordenamiento territorial, a más de convertirse en una importante fuente de información que permita potenciar el turismo del lugar.

## **1.4. OBJETIVOS**

### **1.4.1. *OBJETIVO GENERAL***

- Realizar el estudio geológico del Parque Arqueológico Catazho y el estudio geotécnico para la construcción del centro de interpretación.

### **1.4.2. *OBJETIVOS ESPECÍFICOS***

- Realizar el levantamiento geológico del Parque Arqueológico Catazho.
- Realizar el levantamiento geotécnico del sitio destinado para la construcción del Centro de Interpretación y definir las características del suelo.
- Realizar los mapas del levantamiento geológico del parque Catazho a escala 1:8.000 y del levantamiento geotécnico a escala 1:800.
- Realizar el análisis de sismicidad local del área de estudio.
- Interpretar los resultados del estudio geotécnico para generar conclusiones y recomendaciones.

## **1.5. HIPÓTESIS**

El levantamiento geológico en el Parque Arqueológico Catazho permitirá establecer la base geológica para realizar el estudio Geotécnico en la zona del Centro de Interpretación.

## 1.6. GENERALIDADES

### 1.6.1. UBICACIÓN

El trabajo de investigación está localizado en la Comunidad de San José, a 5.5 Km de la parroquia Indanza, perteneciente al Cantón Limón Indanza, Provincia de Morona Santiago, el área dentro de la cual se llevará a cabo el estudio pertenece al Parque Arqueológico Catazho, lugar donde anteriormente se llevó a cabo una investigación por parte del Instituto Nacional de Patrimonio Cultural, con la finalidad de catalogar los petroglifos existentes en esa zona.

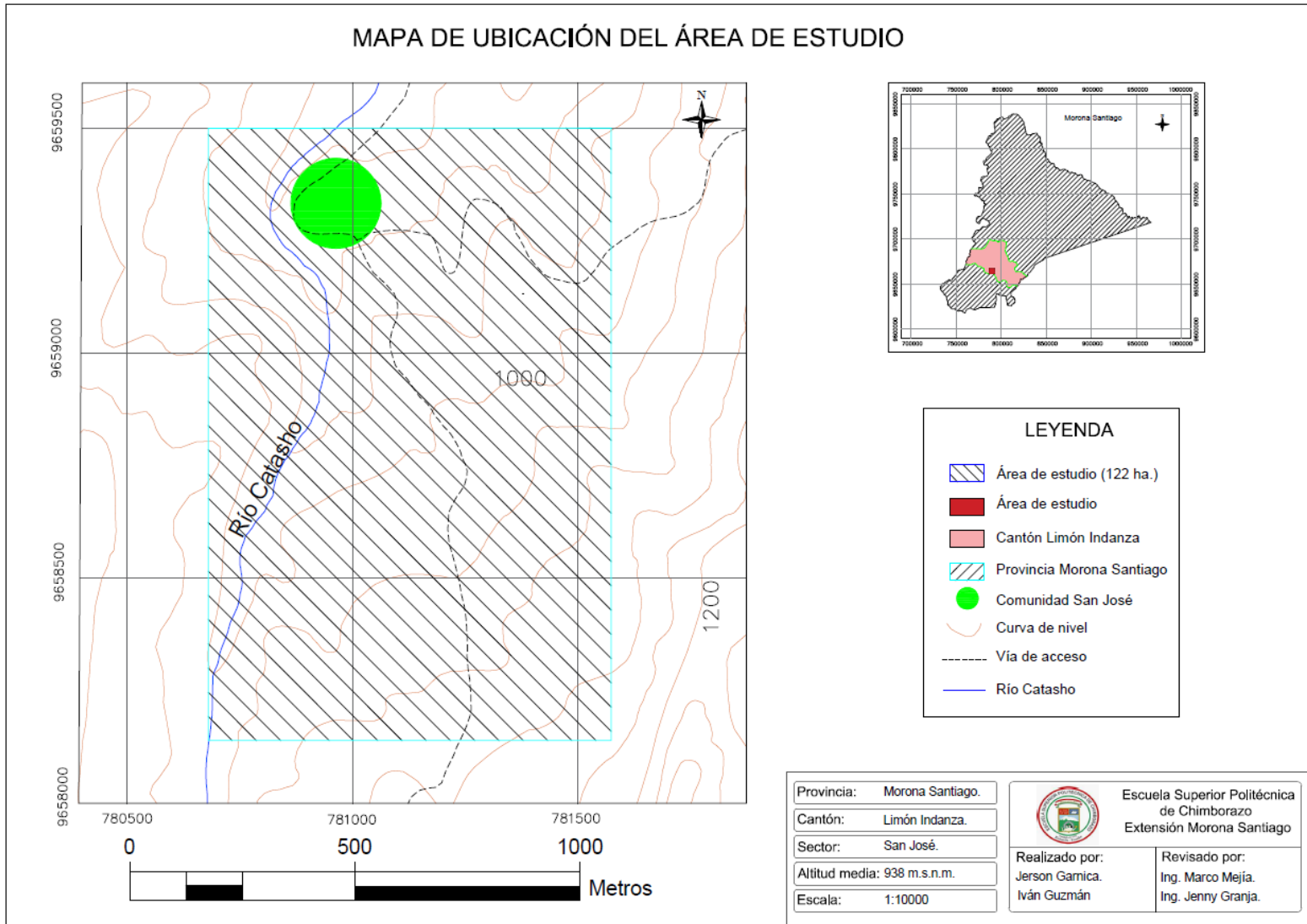
**Tabla 1-1**

*Coordenadas del área de estudio*

UBICACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN		
Coordenadas UTM - Zona 17S		
Vértices	Coordenadas	
	X	Y
1	780680	9659500
2	781575	9659500
3	781575	9658140
4	780680	9658140

**Superficie:** 122 Ha

Elaborado por: Jerson Garnica & Iván Guzmán 2018



**Figura 1-1: Mapa de ubicación de la zona de estudio**  
**Elaborado por: Jerson Garnica & Iván Guzmán 2018**

### 1.6.2. ACCESO

El acceso se puede realizar desde la población de Indanza, se recorre 5.5 km por una derivación de una vía de tercer orden que conduce hacia las comunidades de San José y La Delicia, dentro de la zona se tiene varios caminos de herradura para la movilización.



**Figura 2-1:** Mapa de acceso al área de estudio.  
**Elaborado por:** Garnica, J. & Guzmán, I. 2018.

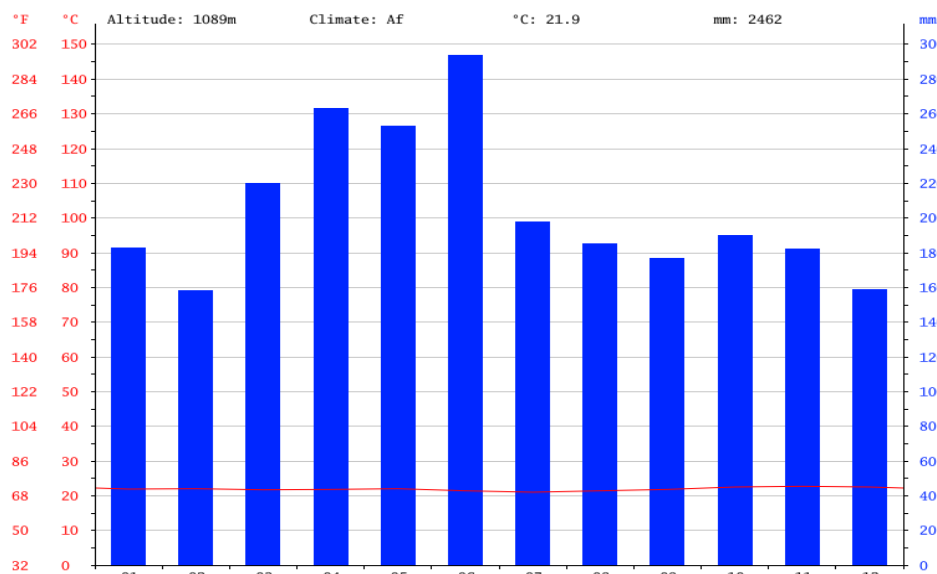
### 1.6.3. CLIMA

Según el Mapa de Climas del Ecuador, publicado por el INAHMI en 2006, el clima de la zona de estudio corresponde al tipo húmedo – nulo o pequeño déficit hídrico – Templado cálido.



*Figura 3-1: INAHMI, Climas del Ecuador (2016)*

El clima de Indanza está clasificado como tropical, la temperatura media anual es 21.9 °C. La precipitación es la más baja en febrero, con un promedio de 158 mm., la mayor cantidad de precipitación ocurre en junio, con un promedio de 294 mm. A una temperatura media de 22.7 °C, noviembre es el mes más caluroso del año. Las temperaturas medias más bajas del año se producen en julio, cuando está alrededor de 21.0 °C.



*Figura 4-1: Climograma INDANZA*

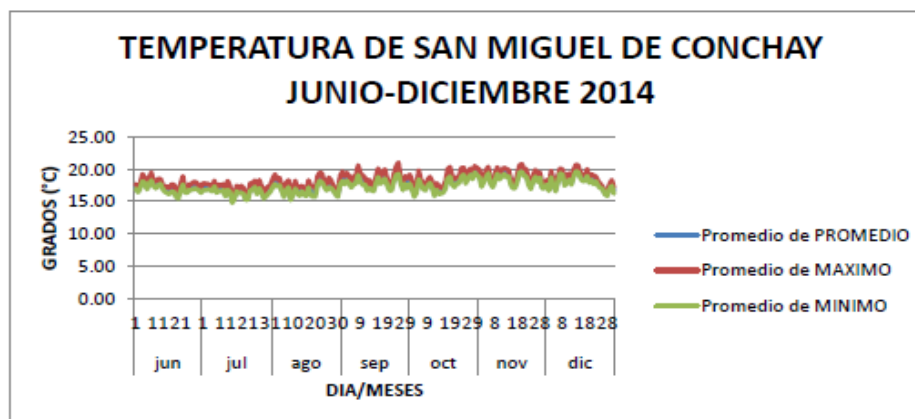
**Tabla 2-1**  
*Climática // Datos Históricos del Tiempo Indanza*

	<b>Enero</b>	<b>Febrero</b>	<b>Marzo</b>	<b>Abril</b>	<b>Mayo</b>	<b>Junio</b>	<b>Julio</b>	<b>Agosto</b>	<b>Septiembre</b>	<b>Octubre</b>	<b>Noviembre</b>	<b>Diciembre</b>
Temperatura media (°C)	21.9	22	21.7	21.8	22	21.4	21	21.4	21.8	22.5	22.7	22.5
Temperatura min. (°C)	16.7	16.5	16.6	16.6	17	16.6	16.2	16.2	16.5	17	16.9	16.9
Temperatura máx. (°C)	27.1	27.5	26.9	27.1	27	26.3	25.9	26.6	27.1	28	28.6	28.2
Temperatura media (°F)	71.4	71.6	71.1	71.2	71.6	70.5	69.8	70.5	71.2	72.5	72.9	72.5
Temperatura min. (°F)	62.1	61.7	61.9	61.9	62.6	61.9	61.2	61.2	61.7	62.6	62.4	62.4
Temperatura máx. (°F)	80.8	81.5	80.4	80.8	80.6	79.3	78.6	79.9	80.8	82.4	83.5	82.8
Precipitación (mm)	183	158	220	263	253	294	198	185	177	190	182	159

La temperatura media entre los meses de junio y diciembre del año 2014 es de 18 °C., en el siguiente cuadro se puede observar las temperaturas obtenidas durante los meses establecidos. Los datos están tomados de acuerdo a los registros disponibles al público.

**Tabla 3-1**

*Temperaturas en la estación San Miguel de Conchay (GADP-MS)*



MESES DE ANALISIS	PROMEDIO DE TEMPERATURA	PROMEDIO MAXIMO DE LA TEMPERATURA	PROMEDIO MINIMO DE LA TEMPERATURA
Junio	17,30	17,79	16,88
Julio	16,75	17,26	16,33
Agosto	17,18	17,78	16,67
Septiembre	18,25	18,89	17,70
Octubre	18,08	18,66	17,57
Noviembre	18,71	19,21	18,24
Diciembre	18,21	18,65	17,80
Total general	17,78	18,32	17,31

En la zona de estudio se presentan precipitaciones pluviométricas de entre 3000 – 3500 mm/año.

La alta pluviosidad está ligada a la presencia de una densa flora exuberante de gran tamaño, la elevada transpiración del bosque y, consecuentemente, un alto porcentaje de humedad relativa que, sumada a la humedad procedente de la cuenca amazónica acarreada por los vientos alisios, son causa de la ocurrencia de alta nubosidad y de grandes precipitaciones. De acuerdo a la clasificación climática de Pierre Pourrut, el clima predominante en la zona es el Uniforme Megatérmico Lluvioso, es decir, abundantes precipitaciones durante todo el año (mayores a 2500 mm. anuales), temperatura uniforme (menores 25 grados centígrados en promedio) y un alto porcentaje de humedad relativa (mayor al 90%). En el mes de enero la humedad es menor (exceso de 0.2 mm) que se lo puede considerar como equilibrio en el balance.

El mes de junio es el mes con mayor exceso de agua que supera ampliamente a la evapotranspiración potencial como a la real con exceso del orden de los 150 mm. A manera de conclusión en Indanza existe exceso de agua (todo el año) en toda su superficie.

**Tabla 4-1**  
*Variables Climáticas de la Parroquia Indanza*

<b>Variables Climáticas de la Parroquia Indanza</b>	
<b>Variable</b>	<b>Descripción</b>
Precipitación	2226.2 mm (año 2012) Estación PV M0501.
Temperatura	22.6°C (año 2012) Estación PC M0189.
Piso climático	Ecuatorial Mesotérmico Semi húmedo, sector norte. Tropical Megatérmico Húmedo, sector norte, centro y sur.
Humedad	91% (año 2012) Estación PC M0189.

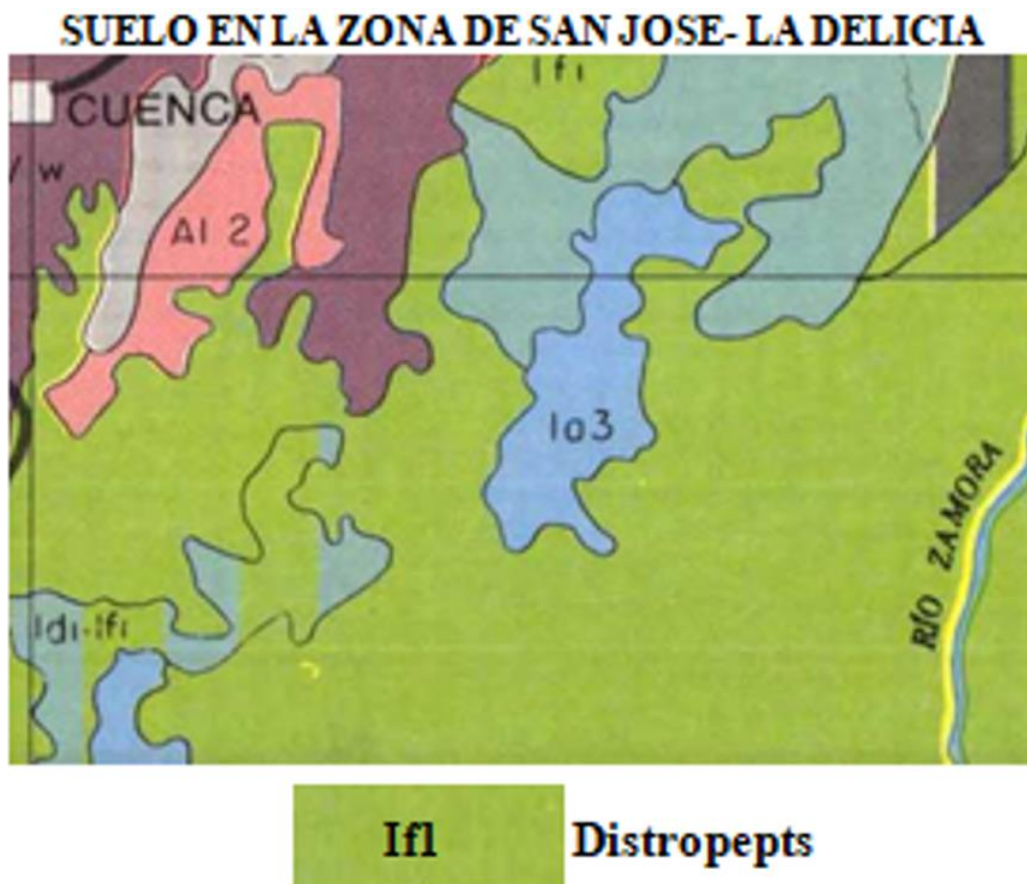
**Fuente:** Anuario Meteorológico, INAMHI 2012

## **1.7. EL SUELO**

### **1.7.1. CLASIFICACIÓN AGRONÓMICA**

La descripción del suelo en este acápite se realiza desde el punto de vista edafológico y se indica que el suelo en el sector de San José – La Delicia se caracterizan por ser un suelo con un incipiente desarrollo de horizontes pedogenéticos, que se ha desarrollado en una superficie plana, geomorfológicamente joven, ambiente húmedo a muy húmedo en zona templada a cálida, localizado en las estribaciones occidentales del contrafuerte Catazho, de color pardo rojizo poco profundos, derivado de rocas volcánicas, caoliníticos, arcillosos compactos, poco permeables, mal drenados, muy desaturadas en bases y lixiviados, baja productividad, pH ácido; estos suelos pertenecen al Orden Inceptisoles, Sub orden Tropepts, Gran Grupo Distropepts.





**Figura 5-1:** Mapa General de Suelos del Ecuador, Sociedad Ecuatoriana de las Ciencias del Suelo (2014)

## 1.8. FLORA Y FAUNA

La zona de estudio corresponde a un área poco intervenida, generalmente la zona se encuentra cubierta en un 65% de pastizales; y la otra parte corresponde a una zona cubierta de bosque, con árboles que bordean los 25 y 30 metros de altura, en ciertas zonas, la vegetación es densa que en ocasiones es casi imposible recorrer a través de las mismas. En esta zona se puede observar una gran variedad de anfibios, reptiles, aves y animales silvestres.

## 1.9. ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS Y CULTURALES

Los habitantes de este sector se dedican a la agricultura, tales como producción de la miel de caña y panela, entre otras como la naranjilla, yuca, papa china, chonta, plátano, etc. Una de las actividades más importantes, es la ganadería, generalmente la crianza de ganado bovino, mientras que una pequeña parte de la población se dedica a la explotación maderera. La comunidad de este sector espera que las visitas que se realiza a los diferentes atractivos turísticos que posee incrementen; ya que son una fuente de ingresos para las familias que habitan en el sector.

## CAPITULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. GEOMORFOLOGÍA

La zona de estudio está localizada al sur de la población de San José, se aprecia como una superficie aplanada e inclinada hacia el noroeste, en dirección al Río Catazho, que es el río principal en este sector.

Constituida por tres cumbres relativamente cercanas donde en cuya morfología se puede observar un sistema de drenaje paralelo, caracterizado por flujos continuos de agua a través de causes estrechos, lo que ha venido generando que con el paso del tiempo el suelo se sature y mediante la acción erosiva ha generado un coluvión con pendientes de 35 a 40 grados aproximadamente.

Este coluvión antiguo corresponde a una deposición de bloques de roca de variados tamaños que van desde  $0.05 \text{ m}^3$  ( $0.2 \text{ m} \cdot 0.5 \text{ m} \cdot 0.5 \text{ m}$ ) hasta tamaños aproximados a los  $50 \text{ m}^3$  ( $7 \text{ m} \cdot 2.5 \text{ m} \cdot 3 \text{ m}$ ) que se hallan dentro de una matriz limo-arcillosa, la cual se encuentran sobre las calizas y lutitas negras de la formación Napo; dichos cantos han sido aprovechados por antiguos asentamientos humanos los cuales generaron los vestigios arqueológicos identificados en el presente estudio.

La zona se localiza bajo el contrafuerte del Cerro Catazho, hacia la margen derecha del Río Catazho y hacia la margen derecha del Río Chinampis; el Río Catazho tiene una dirección de flujo de Sur a Norte y el Río Chinampis de NW hacia NE, los dos ríos forman una cuenca estrecha y profunda; el encausamiento de este río se ubica en el contacto occidental de la capa superficial del depósito coluvial al Este y las rocas de la formación Napo al Oeste, este escarpe presenta una altitud aproximada a los 50 metros donde se observa rocas rítmicas de la F. Napo.

La cota promedio de la zona de petroglifos se halla a 1120 msnm.



*Figura 6-2: Geomorfología de la zona de estudio.*  
**Fuente:** Garnica, J. & Guzmán, I. 2018

## **2.2. GEOLOGÍA REGIONAL**

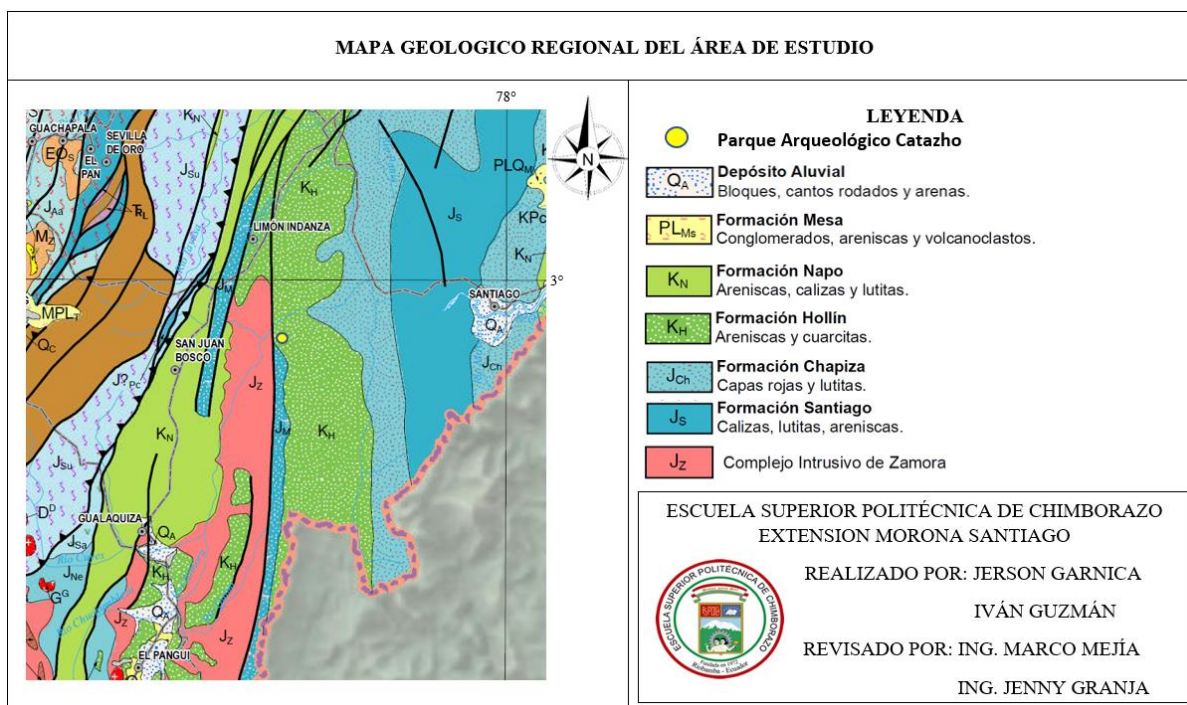
El área de estudio se encuentra localizada en la zona sur del Ecuador; se ubica en el valle que conforma la cordillera de Cutucú al este y la Real al oeste; la cual comprende principalmente terrenos jurásicos y cretácicos, donde aún se puede notar un núcleo paleozoico pequeño al norte, correspondiente a un anticlinorio, cuyo flanco oriental forma estructuras secundarias (Cangaime, Macuma, Oso), para finalmente hundirse en una zona de flexuras y fallas. Hacia el oeste sigue un área sinclinal con cretáceo aparente, forma una depresión longitudinal, drenada por el río Upano. Las capas vuelven a levantarse a lo largo de la Cordillera Real, permitiendo la reaparición de un núcleo jurásico.

Frente a la depresión Napo – Pastaza, se conoce otra estructura anticlinal llamada Mirador; está pegada a los Andes y tiene una extensión reducida.

Más al norte el domo del Napo está constituido por un cretáceo ampliamente expuesto, casi horizontal pero que buza al este en una zona de flexuras: el jurásico piroclástico subyacente aparece en los cortes de los ríos. Hacia el oeste el conjunto colinda con la cobertura andina, formada de paleozoico y mesozoico acompañados por un batolito granítico alargado.

En la depresión Napo-Pastaza y en la llanura amazónica se extiende un potente Terciario continental, son algunos episodios salobres. Descansa sobre el Cretáceo reconocido en perforaciones.

En la zona de la Cordillera Real de los Andes, dominan rocas metamórficas del Paleozoico.



**Figura 7-2:** Mapa Geológico Regional de la zona de estudio.

**Fuente:** Mapa Geológico del Ecuador (2017)

**Elaborado por:** Garnica, J. & Guzmán, I. 2018

Regionalmente la zona de estudio se halla en el dominio de las formaciones geológicas Santiago del Jurásico, Chapiza, Napo y Hollín, del Cretáceo; Mesa del terciario y rocas volcánicas indiferenciadas, a su vez en los depósitos cuaternarios como Aluviales y Coluviales cuyas descripciones son las siguientes:

- **Aluvial - Cuaternario**

Conformados por rocas de diferentes litologías, bloques, cantos rodados, gravas redondeadas a sub redondeadas en una matriz limo-arenosa. Estos depósitos están en parte cubiertos por coluviales, o cubren grandes planicies formando extensas terrazas como es el caso de los depósitos del río Upano. El aporte es principalmente metamórfico, es decir, la mayoría de los fragmentos son de esquistos y cuarcitas, en menor cantidad se presentan clastos volcánicos e intrusivos.

- **Coluviones - Cuaternario**

Están constituidos por bloques de rocas ígneas y metamórficas, angulosos a sub angulosos, de diversos tamaños en una matriz limo-arenosa con presencia también de poca arcilla. Son depósitos producto de los procesos erosivos que afectan a los macizos rocosos, tales como deslizamientos y caídas de bloques, transportados por la acción de la gravedad y depositados en zonas de poca pendiente, por lo que su textura es caótica y heterogénea.

Su volumen o espesor fluctúa desde centímetros hasta más de 20 m y se encuentran relacionados con suelos residuales tales como abanicos de coluviación al pie de laderas; y a la vez son materiales que se derivan de la disgregación de la roca y varía en composición desde bloques de conglomerados sin matriz inclusive llegando a formar masas de material fino o portando algunos bloques. Existen coluviones secos los cuales poseen un comportamiento friccionante y saturados que por lo general suelen ser arcillosos.

- **Formación Mesa (Plio – Pleistoceno)**

Comprende depósitos de piedemonte, vulcano fluviales, dispuestas en cinco niveles de terrazas escalonadas, está formada por areniscas tobáceas y tobas arenosas, presencia de conglomerados e intercalaciones arcillosas, dispuestas de manera alterada parcialmente cubiertas por depósitos Cuaternarios posteriores. (Tschopp, 1945).

- **Intrusivo (Cretáceo Superior-Terciario Inferior)**

Un cuerpo ígneo de química ácida caracterizado como granodiorita aflora en el sector entre Méndez y San Juan Bosco y se presenta como un cuerpo en forma de un dique de color blanco donde es evidente la presencia de óxido de manganeso predominantemente en las fracturas; este cuerpo se presenta como una masa aplítica, orientada de manera general de sur a norte, el ancho de este dique se mantiene constante a lo largo del afloramiento y variando entre cuarenta y ciento cincuenta metros; su emplazamiento corresponde a rocas de caja que se extienden desde los volcánicos Misahuallí hasta rocas de las formaciones Hollín y Napo, en ninguno de los sectores se ha visto que este cuerpo intrusivo corte rocas de la F. Mesa, por lo tanto se indica que el cuerpo granítico tendría una edad entre Cretáceo Superior y Terciario Inferior, siempre anterior a la formación Mesa.

- **Formación Napo (Cretáceo Inferior)**

“Es una de las formaciones más ampliamente distribuida en la parte del Oriente Ecuatoriano consiste en una sucesión de lutitas negras, calizas grises a negras y areniscas carbonatadas. Se dispone concordantemente sobre la formación hollín. Algunos autores dividen esta formación en Napo Basal, Napo Inferior, Napo Media y Napo Superior. Su espesor varía desde menos de 200m a más de 700m”. (Baldock, 1982).

- **Formación Hollín (Cretácico inferior)**

Esta formación corresponde a una secuencia de areniscas cuarzosas de color blanco, de grano medio a grueso, maciza o con estratificación cruzada, mostrando a veces ripple marks, obteniendo en ciertos casos capas guijarrosas e intercalaciones con lutitas arenosas oscuras, localmente micáceas y lutitas carbonosas negras, contiene también impregnaciones de asfalto. (Wasson, 1927).

En el oriente la formación Hollín tiene una potencia de 80 – 240 m; en base a estudios palinológicos señalan que la base es de edad Aptiano y la mayoría de la formación data del Albiano. (Bankwill et al., 1991).

- **Formación Chapiza (Jurásico – Cretácico Inferior)**

Esta formación comprende una sucesión de sedimentos clásticos de tipo continental de baja inmersión, no metamorfoseados, caracterizados por aproximadamente 2500 m de lutitas y areniscas rojas, rosadas y grises con finos horizontes de anhidrita, dolomitas y yeso, superpuestos por el miembro volcánico de Misahuallí. (Tschopp, 1945).

### **2.3. GEOLOGÍA DE CAMPO**

Conforme a la técnica establecida en las actividades geológicas de campo se procede a la elaboración de la malla de ubicación de los puntos, en las que se destacan algunas de las formaciones, características y rasgos del área de estudio, para posteriormente ser representada en el plano o carta topográfica a una escala determinada.

### **2.3.1. Topografía**

Los datos topográficos nos ayudan a la obtención de rasgos que puede presentar el relieve del área de interés en el cual se pueden proyectar o plasmar en las cartas, planos o mapas, que ayudarían en la interpretación de los datos geológicos y estructurales; los cuales servirán de base en la construcción de obras civiles

### **2.3.2. Levantamiento Topográfico**

Es la primera fase del estudio técnico y descriptivo de un terreno, en el que se debe examinar sigilosamente, teniendo en cuenta las características geográficas, geológicas y físicas del terreno, a su vez también las alteraciones que existan en el terreno en cuestión y que sean causadas por la mano del hombre (canteras, excavaciones, construcción de taludes, etc.).

El plano o carta que se obtenga a través del levantamiento topográfico nos servirá como punto de partida para la proyección o representación de la zona de interés a un mayor detalle y sirven de base para elaboración de mapas geológicos.

Según Casanova (2002); los clasifica en Instrumentos simples tales como cinta métrica, clisímetro, escuadras, brújula, miras horizontales, miras verticales y planímetro; y los Instrumentos primordiales que son teodolitos, distanciómetros electrónicos, estaciones robóticas, niveles, teodolitos electrónicos y estación total.

Gracias a la tecnología se ha podido llevar a otro nivel los levantamientos topográficos.

### **2.3.3. Geotecnia**

(NEC, 2014), concreta que el estudio geotécnico comprende el reconocimiento de campo, investigación del subsuelo, análisis y recomendaciones de ingeniería necesarios y óptimos para el diseño y construcción de las obras en contacto con el suelo, de forma que garantice un comportamiento adecuado de las estructuras (subestructura y superestructura) para edificaciones, puentes, torres, silos y demás obras, que preserve la vida humana, evitando también la afectación o daño a construcciones vecinas.

Mediante la realización de ensayos de suelo y a través de los análisis de laboratorio del mismo, el estudio de geotecnia nos permitirá establecer sus propiedades y naturaleza; los cuales son

necesarios para una ejecución adecuada y correcta de obras civiles o proyectos de construcción o edificación.

### 2.3.4. *Ensayo de penetración estándar (S.P.T.)*

A lo largo de la longitud del sondeo/s y siempre que sea posible se realizan varios ensayos de penetración. Este tipo de ensayos generalmente se realiza en el interior de sondeos, en los cuales es necesario limpiar previamente el fondo de la perforación, manteniendo la entubación por encima del nivel de comienzo del ensayo.

Los ensayos de Penetración SPT se utilizan en Geotecnia para correlacionar diferentes parámetros resistentes de los suelos. Estos ensayos determinan la resistencia de los suelos a la penetración de un toma-muestras partido, permitiendo obtener muestras alteradas de suelo dentro de un sondeo para su identificación, y proporcionando a su vez información sobre la variabilidad y rigidez del suelo.

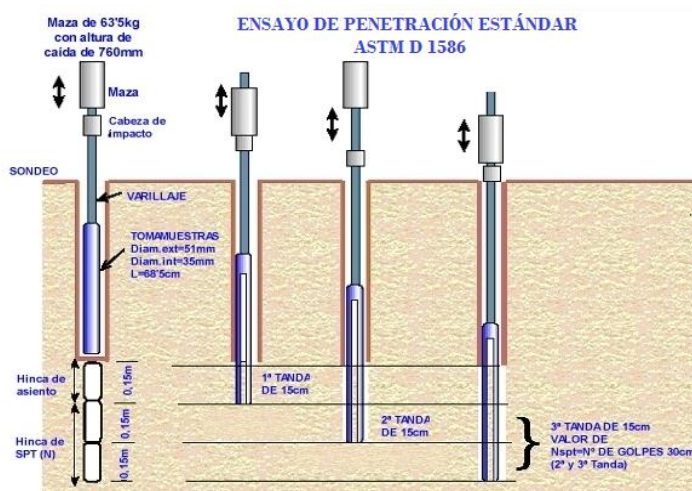


Figura 8-2: Fundamento teórico ensayo S.P.T.

### 2.3.5. *Sondeos mecánicos a rotación con extracción continua de testigo.*

El sondeo mecánico a rotación es la técnica fundamental en todo reconocimiento geotécnico. Es una perforación de pequeño diámetro, generalmente entre 65 y 140 mm que permite reconocer la naturaleza y la localización de las diferentes capas del subsuelo mediante la extracción continua de testigo de suelo o roca, a la vez que se alterna con ensayos geotécnicos de penetración y extracción de muestras inalteradas, en los casos en que es posible.



Las perforaciones se realizan con una sonda de avance y rotación hidráulica, generalmente con motricidad autónoma dotada de una torre de sondeo y bomba de lodos.

El testigo reconocido se aloja en un tubo testigo hueco, en cuyo extremo inferior va enroscada una corona de diamante, con la que se corta el material.

Al extremo superior del tubo va enroscado el varillaje, generalmente de 42 o 50 mm (hueco), para permitir que pase el agua proveniente de la bomba.

Durante la ejecución del sondeo, y si el terreno no lo permite, hay que proceder a la entubación del sondeo con la tubería de revestimiento o bien se utilizan lodos bentoníticos que mantienen las paredes sin desmoronamientos.

### 2.3.5.1. Determinación de la capacidad de carga admisible del suelo

En este estudio se ha aplicado las ecuaciones de Meyerhof y Teng para determinar la capacidad de carga admisible mediante SPT.

Ecuación de Meyerhof

$$q_{adm} = \frac{Nkd}{0.8} \quad \text{si } B < 1.2 \text{ m}$$

$$q_{adm} = Nkd/1.2 * ((B + 0.305)/B)^2 \quad \text{si } B \geq 1.2 \text{ m}$$

Donde:

$q_{adm}$  = presión admisible neta del suelo (T/m<sup>2</sup>).

N = número de golpes en el ensayo SPT.

$k_d = 1 + 0.2 D_f / B \leq 1.2$

B = ancho de la zapata (m)

$D_f$  = profundidad de desplante (m)

Teng propone una fórmula empírica, que es la modificación de la propuesta de Terzaghi-Peck.

$$q_{adm} = 3.52 (N-3) * (B+0.305)^2 / (2 * B)^2$$

Dónde:

$q_{adm}$  = presión admisible neta del suelo.

N = número de golpes del SPT.

B = ancho de la zapata.

En la zona de estudio de San José, dónde no existe ningún tipo de estudio y la exploración del suelo es limitada, se aplica un factor de seguridad de grado 3 para la capacidad de carga portante del suelo. (Vesic, 1973).

### **2.3.6. Descripción y clasificación de los suelos.**

#### **2.3.6.1. Origen y Formación**

Un suelo se origina y se forma a partir de la descomposición de un macizo rocoso o a su vez desde la roca madre, el cual a través de los diferentes factores y acciones del medioambiente de disgregación generadas in situ se dan los siguientes procesos de erosión tanto físicos, químicos y/o biológicos.

Físico: debido a la acción erosiva causada por el agua, el viento y la gravedad; donde estos agentes erosivos rompen el macizo rocoso disgregándolo en gujarros de menor tamaño.

Químico: se produce a través de la acción erosiva del agua la cual genera una reacción en los minerales que componen el macizo rocoso causando en esta hidratación, oxidación, disolución, entre otras; las cuales alteran la composición del suelo.

Biológico: causado por la putrefacción generado por la acción de microorganismos y bacterias.

Todos estos procesos causados por las diferentes acciones medioambientales dan origen a dos tipos de suelos: suelos residuales y suelos transportados, siendo los primeros los que no han sufrido ningún tipo de transporte, es decir, se forman in situ; y los segundos son aquellos que han sufrido transporte por diversos procesos físicos y son depositados en un diferente sitio. (Das, 2001).

Una vez depositados los suelos pueden sufrir fenómenos diversos como: presiones, con lo que mejora la resistencia, disminuyendo la permeabilidad y comprensibilidad; variaciones del nivel freático; cambios en el entorno, como puede ser la naturaleza del agua intersticial, la temperatura, el nivel de tensiones, etc.; acciones sísmicas o tectónicas; etc. (Rodríguez Ortiz, 2007)

### **2.3.6.2. Identificación de los suelos**

Dada la complejidad y prácticamente la infinita variedad con que los suelos se presentan en la naturaleza, cualquier intento de sistematización científica, debe ir precedido por otro de clasificación completa; ya que consiste en reconocer el tipo de suelo en un sistema de clasificación conocido, en este caso mediante una inspección visual, táctil y olfativa, acompañado de algunos ensayos manuales evaluados en forma cualitativa, ASTM, Designación D 2487-93.

#### **2.3.7. *Distribución granulométrica.***

La distribución granulométrica del suelo comprende al fraccionamiento del mismo en diferentes partes, cada fracción de las partículas especifica que su tamaño está entendido entre un valor máximo y uno mínimo.

Los métodos granulométricos que pueden ser empleados son los siguientes:

Análisis de ensayos por vía seca (Tamices cribados o calibrados).

Análisis de ensayos por vía húmeda (Hidrométricos).

Para la realización de los ensayos a través de los tamices cribados, es preciso colocar las muestras que se pretendan analizar en la columna de tamices dispuestos de manera descendente, es decir, desde el diámetro superior hasta el inferior; los cuales serán agitados para ir separando los materiales de acuerdo a su diámetro correspondiente.

**Tabla 5-2**  
*Número de tamices y aberturas de mallas ASTM D 422*

<b>TAMIZ</b>	<b>ABERTURA (mm)</b>
1/2"	12,5
3/8"	9,5
1/4"	6,3
N° 4	4,7
N° 8	2,3
N° 10	2,0
N° 20	0,85
N° 30	0,60
N° 40	0,43
N° 60	0,25
N° 80	0,18
N° 100	0,15
N° 200	0,07

**Fuente:** Archivo Lab. CPMS  
**Elaborado:** Garnica, J. & Guzmán, I. 2018

### **2.3.8. Clasificación de suelos**

Dentro de los sistemas más utilizados para la clasificación de suelos se encuentran:

Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS o USCS).

Sistema de Clasificación AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials)

Estos dos sistemas utilizan el análisis de resultados granulométrico del suelo y la determinación de los límites de Atterberg para la determinación de la clasificación del mismo.

### 2.3.8.1. Clasificación SUCS o USCS

Es utilizado para todos los trabajos de Ingeniería en Geotecnia, desarrollado por Casagrande; fue aprobado por el gobierno de los Estados Unidos 1952 y se encuentra estandarizado como la norma ASTM D 2487-97.

**Tabla 6-2**  
*Clasificación según SUCS*

SÍMBOLO		CARACTERÍSTICAS	
GW	GRAVAS	Limpias	Bien graduadas
		(Finos <5%)	Pobremente graduadas
GP	>50% en tamiz		
GM	#4 ASTM	Con finos	Componente limoso
GC		(Finos >12%)	Componente arcilloso
SW	ARENAS	Limpias	Bien graduadas
		(Finos <5%)	Pobremente graduadas
SP	<50% en tamiz		
SM	#4 ASTM	Con finos	Componente limoso
SC		(Finos >12%)	Componente arcilloso
ML	LIMOS	Baja plasticidad (LL<50)	
MH		Alta plasticidad (LL>50)	
CL	ARCILLAS	Baja plasticidad (LL<50)	
CH		Alta plasticidad (LL>50)	
OL	SUELOS	Baja plasticidad (LL<50)	
OH	ORGÁNICOS	Alta plasticidad (LL>50)	
Pt	TURBA	Suelos altamente orgánicos.	

**Elaborado:** Garnica, J. & Guzmán, I. 2018

### 2.3.8.2. Clasificación AASHTO

Es utilizado para trabajos de construcción de redes viales y terraplenes, el cual busca la capacidad del suelo para ser utilizado como material de soporte de un pavimento y en su posterior caso red vial, basado en la idoneidad de la medición numérica de calidad del suelo determinado por el **IG** (Índice de Grupo).

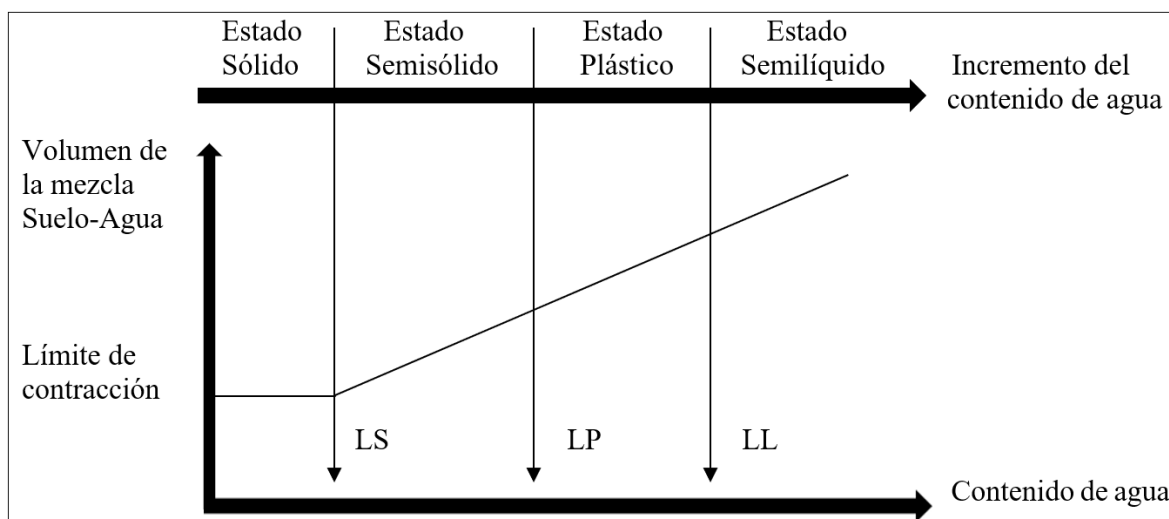
**Tabla 7-2**  
*Clasificación según AASHTO*

<i>Clasificación</i>	<b>Materiales granulares</b> (35% o menos pasa por el tamiz N° 200)							<b>Materiales limoso arcilloso</b> (más del 35% pasa el tamiz N° 200)			
	A-1		A-3	A-2-4				A-	A-	A-	A-
<i>Grupo</i>	A-	A-	A-3	A-	A-	A-	A-	A-	A-	A-	A-
	1-a	1-b		2-4	2-5	2-6	2-7	4	5	6	7 A-7-6
<i>Porcentaje que pasa:</i>	50	-	-								
<i>N° 10 (2mm)</i>	máx	50	51								
<i>N° 40 (0,43mm)</i>	30	máx	máx								
<i>N° 200 (0,07mm)</i>	máx	25	10		35	máx			36	min	
<i>Características de la fracción que pasa por el tamiz N° 40</i>				40	41	40	41	40	41	40	41
<i>Límite líquido</i>				máx	máx	máx	min	máx	min	máx	min (2)
<i>Índice de plasticidad</i>		6 máx	NP(1)	10	10	11	11	10	10	11	11
<i>Constituyentes principales</i>	Fragmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena arcillosa o limosa				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
<i>Características como subgrado</i>	Excelente a bueno							Pobre a malo			

**Elaborado:** Garnica, J. & Guzmán, I. 2018

### 2.3.9. Consistencia del suelo

Se basa en la aplicación de los métodos desarrollados por Albert Mauritz Atterberg los cuales se realizan en laboratorio y son utilizados para la obtención del contenido de agua y la cohesión existente en el suelo ya que estos pueden verse afectados debido a la saturación de agua presente en éstos, existiendo la posibilidad de encontrar suelos en estado sólido, semisólido, plástico, semilíquido, etc.; siendo éstas, fases que el suelo atraviesa por la evaporación del agua presente generándose así que se vaya este se seque. El establecimiento de estas ha de hacerse de forma convencional; Atterberg estableció las primeras convenciones para ello, bajo el nombre general de Límites de Consistencia. (Badillo & Rodríguez, 1996)



**Figura 9-2: Límites de Atterberg**  
Elaborado por: Garnica, J. & Guzmán, I. 2018

#### 2.3.9.1. Límite líquido (LL)

Se lo determina mezclando el agua con el suelo seco para poder amasarlo, el cual se procede a colocar el material húmedo en la Cuchara de Casa Grande aproximadamente entre 50 y 70 g, posteriormente se nivela la superficie a 1cm de espesor eliminando las partículas de aire y se divide al centro del material amasado con el acanalador una grieta para posteriormente colocar el molde sobre una base el cual será sometido a un número total de golpes de manera controlada, en éste caso 25 golpes para cerrar una abertura de 12 mm. Para la realización de este procedimiento es contar con dos valores de humedad diferente, apuntando el número de golpes y el porcentaje de humedad existente en la muestra.

Por definición, el límite líquido se expresa en % de humedad de la muestra y para esto es necesario 25 golpes, tal como se describe en este ensayo. (González & Rodríguez, 2007).

### **2.3.9.2. Límite Plástico (LP)**

Se lo determina mezclando poco a poco agua con la muestra de suelo amasando con la palma de la mano en una placa de vidrio hasta formar hilos elipsoidales de aproximadamente 30 mm de longitud y de 3 mm de diámetro. El límite plástico se expresa en % de humedad de la muestra sin que se rompa o se agriete hasta llegar al diámetro deseado en porciones de 1 a 2 cm de longitud.

El IP se calcula a través de la diferencia entre el LL y el LP de un material o suelo.

$$IP = LL - LP$$

Dónde:

IP = Índice de Plasticidad

LL = Límite Líquido

LP = Límite Plástico

Obtención de las muestras del suelo:

Para obtener más información de la litología de un área o terreno es recomendable realizar calicatas o de no ser posible la realización de éstas es necesario realizar ensayos más complejos y técnicos como los SPT, para lograr la obtención de una información a mayor detalle.

## **2.4. SISMICIDAD**

### **2.4.1. *Tectónica Regional***

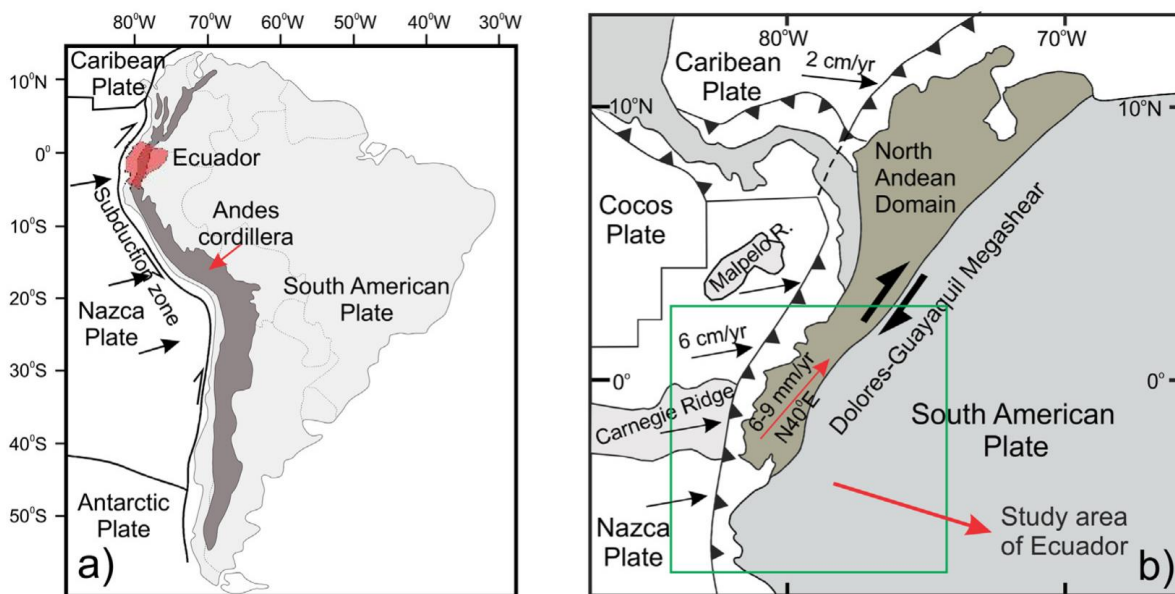
El análisis de la tectónica parte de que el Ecuador se encuentra localizado en la Placa Sudamericana y en el Bloque Norandino, separados estos bloques por la falla transformante dextral, Guayaquil-Dolores y que corresponde al límite occidental entre el Gondwana y las placas del Pacífico Sur (Dozy & Baggela, 1940,1941).

Al considerar la interacción de tres placas (Nazca, bloque Norandino y Sudamericana) en el desarrollo tectónico de la margen occidental del Ecuador, se plantea que al inicio de la subducción se forma un sistema de tipo back arc que genera la actual Cordillera Occidental de los Andes y



posteriormente es eliminado por la acreción final de la Cordillera Occidental (Bloque Norandino) a la masa continental de la placa Sudamericana por la acción conjugada del movimiento de la placa de Nazca en sentido W/E y el movimiento transcurre dextral en sentido NE de las placas tectónicas del Pacífico por la Falla Dolores-Guayaquil.

En la provincia de Morona Santiago, son notorias las reactivaciones de estructuras tipo rift, que son evidentes en las fallas que cortan la Formación Mesa del Plioceno y que es posible observar en los alrededores de la “Y” de Patuca; otros afloramientos distensivos en el país se localizan en el corredor Ibarra-Esmeraldas, puente de Guayllabamba en Pichincha, Sigchos en Cotopaxi, Ingamullo y Nabón en Azuay, ya que dejan marcada la huella de que el sistema rift que se consideraba suspendido durante el Cretáceo, sigue activo durante el Cuaternario, definiendo de esta manera la concurrencia de tres eventos tectónicos en el Ecuador. (Rift, mega cizalla transcurrente Dolores-Guayaquil y Subducción de Nazca).



**Figura 10-2:** Principales estructuras tectónicas en el margen continental de la placa sudamericana en Ecuador. (a) La cordillera de los Andes en América del Sur. (b) Estructura del noroeste América del Sur, incluyendo Dominio Andino Norte.

**Fuente:** (Ramos, 1999; Aleman and Ramos, 2000; Jaillard et al., 2000)

#### **2.4.2. *Sismicidad Local***

La zona de estudio se encuentra influenciada por la Falla Upano – Santiago que se localiza hacia el Este, lo que genera una elevada sismicidad como la que se refleja en el nido sísmico del Cutucú, donde se tiene sismos de magnitud 7 – 8.

## CAPITULO III

### 3. DISEÑO Y EXPERIMENTACIÓN

#### 3.1. Metodología

Para lograr los objetivos planteados en este tema de investigación, se realizaron los siguientes pasos:

##### 3.1.1. *Levantamiento topográfico*

Para efectuar las pruebas de capacidad de carga de la zona, donde se prevé construir la edificación del centro de interpretación de los petroglifos, se realizó el levantamiento topográfico del lugar, con una estación total marca SOKKIA CX-105. Este levantamiento se ejecutó a escala 1:800; donde se constata que la superficie es plana ubicada en la cota promedio 936 msnm como se muestra en la figura 14-3.



**Figura 11-3:** Levantamiento topográfico para el centro de Interpretación.

**Elaborado por:** Garnica, J. & Guzmán, I. 2018

### **3.1.2. Trabajo de campo**

Se procedió a la toma de datos in situ, los cuales permitieron realizar la toma de muestras, reconocimiento visual de las litologías, registros fotográficos, etc., lo que nos permitió realizar el estudio y análisis correspondiente, y la elaboración del mapa geológico del área de interés.

#### **3.1.2.1. Geología local**

La zona de Catazho se halla dentro de una zona geológica compleja, caracterizada históricamente por un intenso tectonismo que se extiende desde el Triásico hasta el período actual, que se manifiesta con el apareamiento de fallas de distensión, que permite encontrar rocas de edad Cretácea correspondiente a la F. Napo, junto a depósitos de grandes cantos rodados de carácter andesítico arrastrados por la acción de un coluvión donde se plasmaron los petroglifos.

Para la realización del levantamiento geológico en el área de estudio se tomó en consideración la monotonía de paisaje geológico dominando por un conjunto de características coluviales por lo que se realizó el levantamiento bajo esta condición, a escala 1:8000, con lo cual es posible representar en el mapa cuerpos rocosos mayores a 80 metros (cuerpos mayores a 8 milímetros).

Para referenciar temáticamente el trabajo realizado se contemplaron los puntos principales que destacan en el paisaje geológico, que a continuación se detallan:

**Tabla 8-3**  
*Coordenadas de levantamiento geológico.*

Puntos	Coordenadas		Cota (msnm)
	Norte	Este	
P1	9659205	780882	891
P2	9659247	781072	921
P3	9659280	781090	918
P4	9659312	781248	936
P5	9659284	781345	964
P6	9659228	781570	976
P7	9659060	780830	967
P8	9659096	780942	912
P9	9659161	781104	938
P10	9659186	781267	951
P11	9659152	781439	972
P12	9658992	780946	935
P13	9659022	781477	1006
P14	9658956	780937	921
P15	9658936	781119	978
P16	9658910	781420	1010
P17	9658820	780880	953
P18	9658864	781376	976
P19	9658705	780889	973
P20	9658730	781050	997
P21	9658680	781300	1032
P22	9658755	781520	1075
P23	9658580	780900	1016
P24	9658608	781175	1025
P25	9658489	780754	991
P26	9658510	781130	1038
P27	9658910	781400	1077
P28	9658330	780965	1043
P29	9658329	781385	1088
P30	9658250	781245	1088

**Elaborado por:** Garnica, J. & Guzmán, I. 2018

Además, en cada punto se encuentra detallada la geología mediante fichas de campo. (Ver en Anexos desde el 5 hasta el anexo 14). Con todos estos datos y la información recopilada se procedió al modelamiento del mapa geológico en el programa AutoCad Civil 3D 2015.

*Figura 12-3: Ficha Geológica P12***FICHA GEOLÓGICA DE CAMPO P12**

<b>FECHA:</b> 04 / 08 / 2018		<b>UBICACIÓN</b>	
<b>COORDENADAS</b>		<b>PROVINCIA</b>	Morona Santiago
<b>X</b>	780946 E	<b>CANTÓN</b>	Limón Indanza
<b>Y</b>	9658992 N	<b>SECTOR</b>	San José
<b>ALTURA</b>	935 msnm	<b>Parque Arqueológico Catazho</b>	



**DESCRIPCIÓN:** Presencia de falla a margen derecho del Río Catazho de 1 m de potencia, la litología que presenta es arenisca de cuarzo y debajo de la arenisca está la caliza.

La orientación de esta falla es N20E/80SE.

**Elaborado por:** Garnica, J. & Guzmán, I. 2018

---

**FICHA GEOLÓGICA DE CAMPO P1**


---

**FECHA:** 04 / 08 / 2018**UBICACIÓN****COORDENADAS****PROVINCIA** Morona Santiago**X** 780882 E**CANTÓN** Limón Indanza**Y** 9659205 N**SECTOR** San José**ALTURA** 891 msnm**Parque Arqueológico Catazho**

**DESCRIPCIÓN:** Afloramiento donde se aprecia un ritmo de arenitas calcáreas, conglomerados calcáreos y calizas en estratos de hasta 1 m de potencia, que se hallan intercalados con lutitas negras de hasta 10 cm de potencia.

Se observa la presencia de una falla evidenciada donde es notoria una brecha tectónica de aproximadamente 50 cm; el salto de esta falla normal en este sitio es de 5 cm haciendo que el bloque norte se hunda; los datos estructurales de la falla son N40W/90.

Sobre el bloque calcáreo se observa la presencia de lutitas negras con una potencia de 1.60 m, y sobre estas se encuentra depositada el material coluvial.

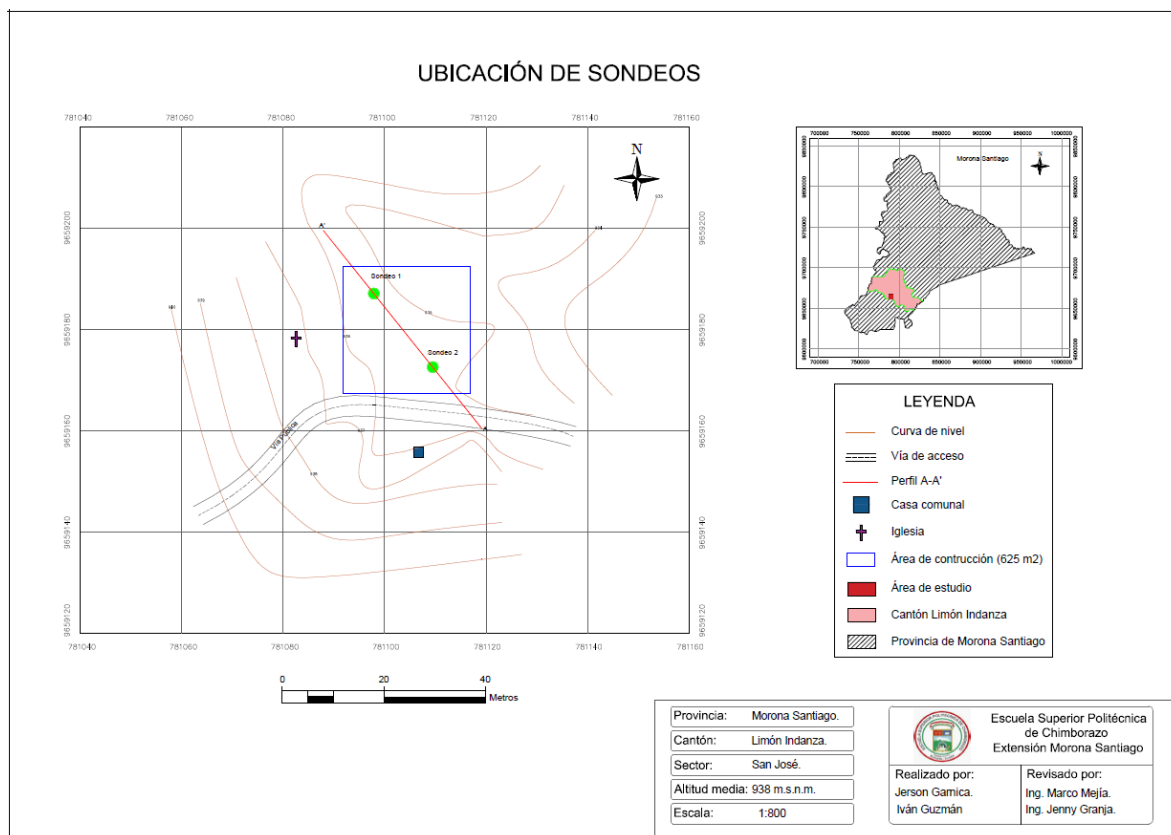
---

*Figura 13-3: Ficha Geológica P1*

**Elaborado por:** Garnica, J. & Guzmán, I. 2018

### 3.1.1. Ensayo SPT

Se realizan dos sondeos de 4 m de profundidad con recuperación de testigo, ubicados a 14 m de distancia entre cada sondeo dentro del área a construir el centro de interpretación, para desarrollar el perfil estratigráfico de la zona de estudio.



**Figura 14-3: Mapa de ubicación de los SPT.**  
**Elaborado por: Jerson Garnica & Iván Guzmán 2018**

En el procedimiento de realización del ensayo se distinguen dos fases. Una primera o hincada de colocación de 15 cm, incluyendo la penetración inicial del toma-muestras bajo su propio peso, y la segunda fase o ensayo de hincada propiamente dicho, en la cual se anota el número de golpes necesarios para penetrar adicionalmente 30 cm. Este número obtenido se denomina resistencia a la penetración N. Si los 30 cm de penetración no pueden lograrse con 100 golpes, el ensayo de hincada se dará por terminado.

Según (Sanglerat, 1967), en función del golpeo obtenido, se puede establecer la siguiente clasificación:



**Tabla 9-3**  
*Clasificación de Sanglerat 1967 Y Hunt 1984.*

SUELOS COHESIVOS		SUELOS GRANULARES	
N° DE GOLPES / 30	CONSISTENCIA	N° DE GOLPES / 30	COMPACIDAD
cm		cm	
0 – 2	Muy blanda	0 – 4	Muy suelta
3 – 5	Blanda	4 – 10	Suelta
6 – 15	Media	10 – 30	Media
16 – 25	Firme	30 – 50	Compacta
> 25	Dura	> 50	Muy compacta

Elaborado por: Garnica, J. & Guzmán, I. 2018



**Figura 15-3:** a) *Ensamblado de la máquina SPT;* b) *Recuperación de testigo;* c) *Guardado y etiquetado de la muestra.*

Elaborado por: Garnica, J. & Guzmán, I. 2018

### 3.1.2. *Sondeos mecánicos a rotación con extracción continua de testigo.*

Se realizaron dos sondeos o perforaciones de pequeño diámetro comprendidos entre 65 y 140 mm y de una profundidad de 4 m con una sonda de avance y rotación hidráulica con motricidad autónoma dotada de una torre de sondeo y bomba de lodos, las cuales permitieron conocer su naturaleza y la localización de las diferentes capas del subsuelo mediante la extracción continua de testigo de suelo y roca donde se pudo evidenciar la presencia de material de relleno en los

primeros 0.50 cm de perforación, conforme iba avanzando en profundidad se constataba limos y arcillas pertenecientes a la formación Napo.

### **3.1.3. Nivel freático**

Luego de la realización de las pruebas SPT y las de extracción de testigos que se alcanzó hasta la profundidad de 4 m, no se registró nivel freático o sea la presencia de agua subterránea local es mayor a dicha profundidad.

### **3.1.4. Ensayos de Laboratorio**

Con las muestras tomadas en campo se procede a realizar la Caracterización geotécnica del material.

#### **3.1.4.1. Clasificación de Suelos (SUCS)**

El ensayo granulométrico del suelo nos ayuda a saber y establecer la distribución y dimensión de las partículas por las que se encuentra constituido y conformado el suelo. Este ensayo es realizado a través del cribado o tamiz.

Los pasos que se realizaron para el desarrollo de este ensayo fueron los siguientes:

1. Se ordenan las muestras para posteriormente secarlas a temperatura ambiente.
2. Tomamos una porción representativa de la muestra y procedemos a pesarla.
3. Pasamos la muestra a través del tamiz #200, el material que no pasa por este tamiz se lo procede a lavar hasta que el agua que se utiliza salga completamente transparente.
4. Posteriormente el material retenido es colocado en una estufa por un lapso de 24 horas a una temperatura de 110°C para su secado.
5. Ya seca la muestra y a la vez fría, procedemos a pasar la muestra por las diferentes mallas N° 200, 40, 10, 4 de los tamices.
6. Procedemos a pesar el porcentaje de muestra retenida en los tamices tanto de finos, arenas y gravas.

### 3.1.4.2. Contenido de Humedad Natural

Para la realización de este ensayo se debe elegir una cápsula de secado y pesarlo (Peso Tarro).

1. Colocamos la muestra en la cápsula de secado y procedemos a pesarla (Peso Húmedo).
2. Realizado el pesado de la muestra conjuntamente con la cápsula de sacado, la colocamos en una estufa a temperatura de 110°C durante 24 horas.
3. Sacamos la muestra del horno seca dejamos enfriar para proceder a pesarla (Peso Seco).
4. Al contar con los valores de todos los pesos, tarro, húmedo y seco; utilizamos la siguiente fórmula para calcular el % de humedad:

$$\% \text{ humedad} = \frac{\text{Peso húmedo} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco} - \text{Peso tarro}}$$

$$\% \text{ humedad} = \frac{Ph - Ps}{Ps - Pt}$$

### 3.1.4.3. Determinación de Límites de Atterberg

En este análisis se utiliza 100 g de muestra para pasar por el tamiz N° 40.

#### Límite Líquido

- 1) En una cápsula de porcelana colocamos los 100 g de muestra y con una espátula procedemos a ir mezclando el material agregando agua durante la mezcla de 15 a 30 ml, según se lo requiera hasta formar una masa de consistencia suave y homogénea.
- 2) Colocar la mezcla en la cuchara de Casagrande y realizar un corte en el centro con el instrumento de ranurado.
- 3) A través de una manivela se acciona la cuchara, dejándose caer desde una altura de 10 mm; y a razón de 2 golpes/segundo, contando el número de golpes necesarios para que el corte se cierre a los 12.6 mm. Si esto no sucede, se toma la muestra de la cuchara y se agrega agua para volver a mezclarla nuevamente.

- 4) Se cuentan el número de golpes necesarios y se toma una porción de la masa de las dos partes divididas para la determinación del contenido de agua, la cual se deposita en un tarro.
- 5) Se repite el procedimiento con varios contenidos de humedad, utilizando un gotero y mezclando de manera uniforme hasta obtener la masa deseada.
- 6) Pesamos cada uno de los tarros (Ph) y los colocamos al horno por 24 horas.
- 7) Una vez secas las muestras se pesan nuevamente (Ps).
- 8) Con los valores obtenidos en este ensayo procedemos a calcular el % de humedad.

#### **3.1.4.4. Límite Plástico**

- 1) En la realización de este ensayo se ocupa el material restante que se utilizó en el ensayo de Límite Líquido.
- 2) Tomamos la muestra y procedemos a eliminar la humedad existente, con la ayuda de una espátula colocamos el material sobre una placa de vidrio donde se realiza repetidos rodados elipsoidales.
- 3) Se toma una porción de material aproximadamente de 1 cm<sup>3</sup> y se procede a amasar el material entre la palma de la mano y la placa de vidrio hasta alcanzar cilindros uniformes de 3 mm de diámetro.
- 4) Si el cilindro no se disgrega hasta llegar a los 3 mm de diámetro, se procederá a juntar el material nuevamente y se repite el proceso hasta que el material alcance el diámetro deseado. En caso de que el suelo no pueda ser amasado de la forma que se desea este será considerado como un suelo No Plástico (NP).
- 5) Recogemos el material disperso y colamos en un recipiente para pesarla y posteriormente llevarlo al horno por un lapso de 24 horas. Se procede enfriar y a pesar el material ya seco.
- 6) Se repite el proceso varias veces con diferentes porciones de material para realizar los respectivos cálculos con los valores obtenidos.

Para la obtención del índice de plasticidad (IP), se calculó a través de la diferencia entre el límite líquido (LL) y el límite plástico (LP) de un suelo.

$$IP = LL - LP$$

### 3.1.4.5. Ensayo de Gravedad Específica (GE)

A través de este ensayo se obtienen los valores para calcular la gravedad específica y el porcentaje de absorción del suelo.

- 1) Se toma aproximadamente 1500 g de material el cual debe ser colocado en un recipiente y proceder a saturar el material con agua por 24 horas.
- 2) Posteriormente se la debe secar al ambiente.
- 3) Una vez seca la muestra se procede a pasarla a través del tamiz #3/8; para este ensayo y se toma 200 g del suelo a probar.
- 4) Pesar el picnómetro que será empleado más el agua que se ocupará.
- 5) Se coloca el material al interior del picnómetro con el agua y se procede a eliminar las burbujas de aire y espacios vacíos formados en este ensayo.
- 6) Se realiza el pesaje correspondiente del picnómetro, agua y material para realizar los cálculos respectivos aplicando la siguiente fórmula:

$$GE \text{ masa} = \frac{A}{B - C}$$

$$GE \text{ s. s. s} = \frac{A}{B - C}$$

$$GE \text{ aparente} = \frac{A}{B - C}$$

$$\% \text{ de absorción} = \frac{A}{B - C}$$

Dónde:

GE = Gravedad Específica.

A = Peso en el aire de la muestra.

B = Volumen de la probeta.

C = Peso en gramos de agua añadida.

### 3.1.5. *Sismicidad de la zona*

La zona de estudio se encuentra influenciada por la Falla Upano – Santiago que se localiza hacia el Este, lo que genera una elevada sismicidad como la que se refleja en el nido sísmico del Cutucú, donde se tiene sismos de magnitud 7 – 8.

Sabiendo que el riesgo sísmico resulta de la interacción entre el peligro de que una zona sufra actividad sísmica y la vulnerabilidad o daño potencial que va a sufrir por efecto del sismo, consecuentemente se debe realizar una evaluación del riesgo sísmico a fin de prevenir y minimizar los efectos de los terremotos potenciales para la zona.

Se entiende por vulnerabilidad de las edificaciones y obras de infraestructura civil al daño que estas van a sufrir debido a la ubicación en una zona sísmica o a deficiencias de construcción considerando que las normativas existentes difícilmente se aplican en el sector rural del país.

Los registros instrumentales para los sismos de la Cordillera del Cutucú indican una magnitud de 8, estimándose que, para la zona de San José, La Delicia los sismos tendrán una magnitud de 7.

La definición del peligro sísmico conlleva en primer lugar un análisis de los principales sitios sísmo genéticos que potencialmente va a afectar la zona, comparados con datos y evidencias geológicas existentes y verificables en el campo; como son las fallas geológicas.

El sismo de mayor afectación ocurrido en el cantón Morona fue el 3 de octubre de 1995, catalogado como terremoto de magnitud 7, a una profundidad de 23,6 km, según (Legrand, 2004), que produjo grietas y deslizamientos de tierra.

Considerando que en la zona de San José y La Delicia los datos de actividad sísmica son escasos y oscuros, debido principalmente al tipo de construcción en madera que predomina en el sector, utilizaremos los cálculos realizados por Goldsack y Esteva – Villaverde que utilizan los siguientes parámetros.

**Goldsack (1976):**

$$a = \frac{4290e^{0.8M}}{[(R^2+20^2)^{0.5}+25]^2}$$

**Donde:****a:** Aceleración horizontal máxima.**M:** Magnitud probable**R:** Distancia focal efectiva, se obtiene de:

$$R = \sqrt{X^2+H^2+r^2}; \text{ Donde:}$$

**X** es la distancia epicentral**H** es la profundidad focal**r** es una constante que en este caso es igual a 20.**Esteva y Villaverde (1973):**

$$a = \frac{5600e^{0.8M}}{(R+40)^2}$$

$$R = \sqrt{65^2+10^2+20^2}$$

$$R = 68,74$$

**Datos sísmicos:**

Distancia al epicentro: 65 kilómetros

Profundidad focal: 10 kilómetros

Magnitud probable: 7

**Esteva y Villaverde**

$$a = \frac{5600e^{0.8M}}{(R+40)^2}$$

$$a = 0.128 * g$$

$$a = \frac{5600e^{0.8(7)}}{(68.74+40)^2}$$

$$a = 0.128 * g$$

**Goldsack**

$$a = \frac{4290e^{0.8M}}{[(R^2+20^2)^{0.5}+25]^2}$$

$$a = 0.124 * g$$

$$a = \frac{4290e^{0.8(7)}}{[(68.74^2+20^2)^{0.5}+25]^2}$$

$$a = 0.124 * g$$

**3.1.6. Estudio geotécnico**

Los trabajos de campo realizados para el reconocimiento del subsuelo han consistido en la ejecución de los siguientes ensayos:

**Tabla 10-3***Resumen de trabajos in situ.*

	<b>N° DE ENSAYOS</b>	<b>PROFUNDIDAD (m)</b>	<b>NIVEL FREÁTICO (m)</b>
<b>SONDEOS CON EXTRACI3N CONTINUA DE TESTIGO</b>	S-1	4,00	S/NF
<b>ENSAYOS S.P.T. EN SONDEO</b>	8		
<b>EXTRACION DE MUESTRAS</b>	8		

**Elaborado por:** Garnica, J. & Guzmán, I. 2018

Los mencionados trabajos han sido llevados a cabo con la maquinaria y personal especializado de Geo-Ingeniería, siguiendo las pautas y procedimientos normalizados que exigen la normativa existente al respecto (*Normas Estándar de la American Society for Testing and Materials*).





## CAPITULO IV

### 4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1. LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO

Se establece la siguiente litología con lo cual se determinaron puntos de contacto para realizar el modelo geológico:

GEOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
Formación Hollín (Depósito coluvial)	<p>Corresponde a una serie de cantos rodados redondeados y sub - redondeados de diámetros variados desde 0.05 m<sup>3</sup> hasta 50 m<sup>3</sup>; con una matriz fina tipo arcilloso, clastos de areniscas.</p> 
Formación Napo	<p>Corresponde a una secuencia rítmica de lutitas café, areniscas negras, limos negros, lutitas negras y calizas negras que se presentan en estratos desde 1 cm hasta 1 m de potencia, esta secuencia se halla suavemente plegada, los estratos de caliza están conformados por conglomerados calcáreos dentro de una matriz arenisca calcárea.</p> 

**Figura 16-4:** litología de la zona  
Fuente: Garnica, J. & Guzmán, I. 2018

- **Tectónica de la zona**

En esta zona se observa una falla N30W/40 dentro de las calizas que presenta un salto de los estratos de 5 cm, es una falla normal y el bloque que se hunde es el que está en dirección al norte.

Se observa una brecha de arenisca de cuarzo de 5 mm hasta 3 cm., lo que implica que la secuencia observada de la formación Napo en esta localidad corresponde a la secuencia basal de la formación.

Todos estos datos estructurales se encuentran plasmados en el modelo geológico. Ver desde Anexo # 5 hasta Anexo # 14.

## **4.2. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA**

El conjunto de ensayos de campo y de laboratorio realizados sobre las distintas muestras tomadas en los sondeos han permitido realizar una caracterización geotécnica de los materiales encontrados en el subsuelo del área en estudio.

A continuación, se realiza una descripción geotécnica de los materiales y se cuantifican sus principales parámetros mecánicos, empezando por el más superficial hasta alcanzar al más profundo:

### **4.2.1. *Unidad 1: Relleno antrópico y limo plástico***

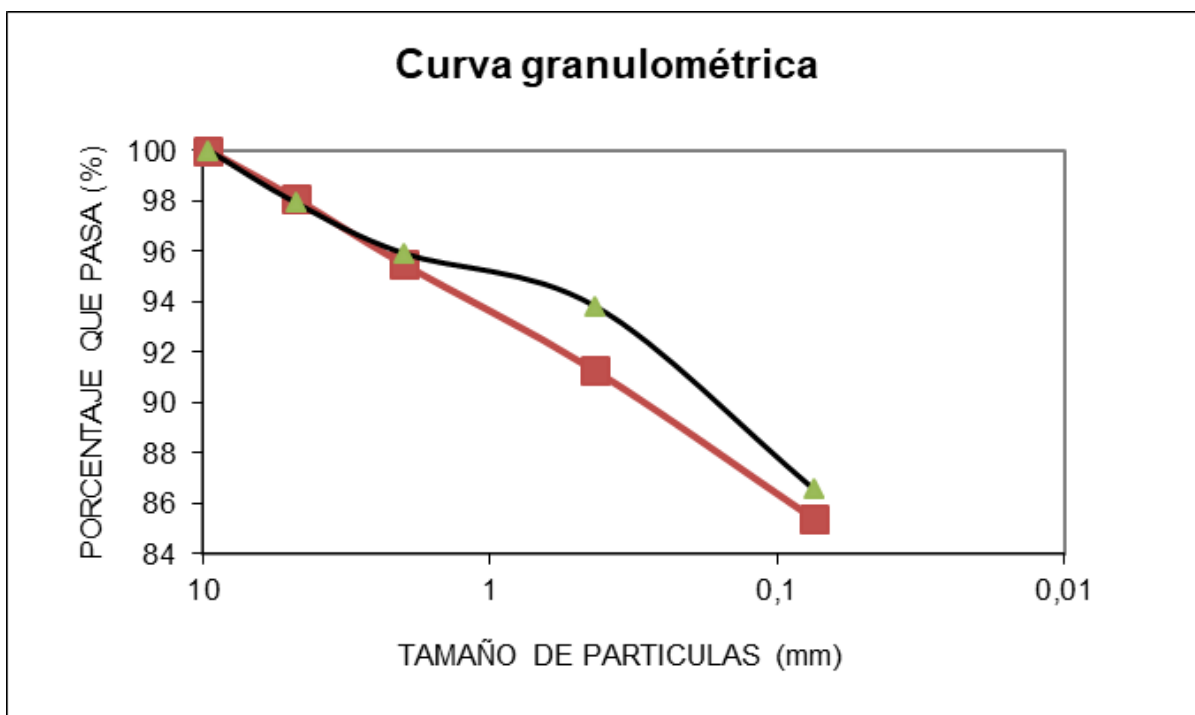
Este nivel se encuentra en la parte superficial del terreno, con espesores variables entre 1.70 a 2.00 cm.

Los primeros 0,50 m de este nivel ha sido reconocido como un relleno antrópico de carácter limo plástico con arena, color gris claro a café, presenta (35%) de grava gruesa sub angular, compuesto de arcosas altamente meteorizadas. Seguido por un sustrato formado por material limoso marrón a café, con presencia de (2%) grava sub angular altamente meteorizada. La tonalidad marrón del limo es consecuencia de una cierta alteración y meteorización producida por el agua.

Dos muestras de las cuatro que se obtuvieron, se realizaron ensayos de clasificación SUCS.

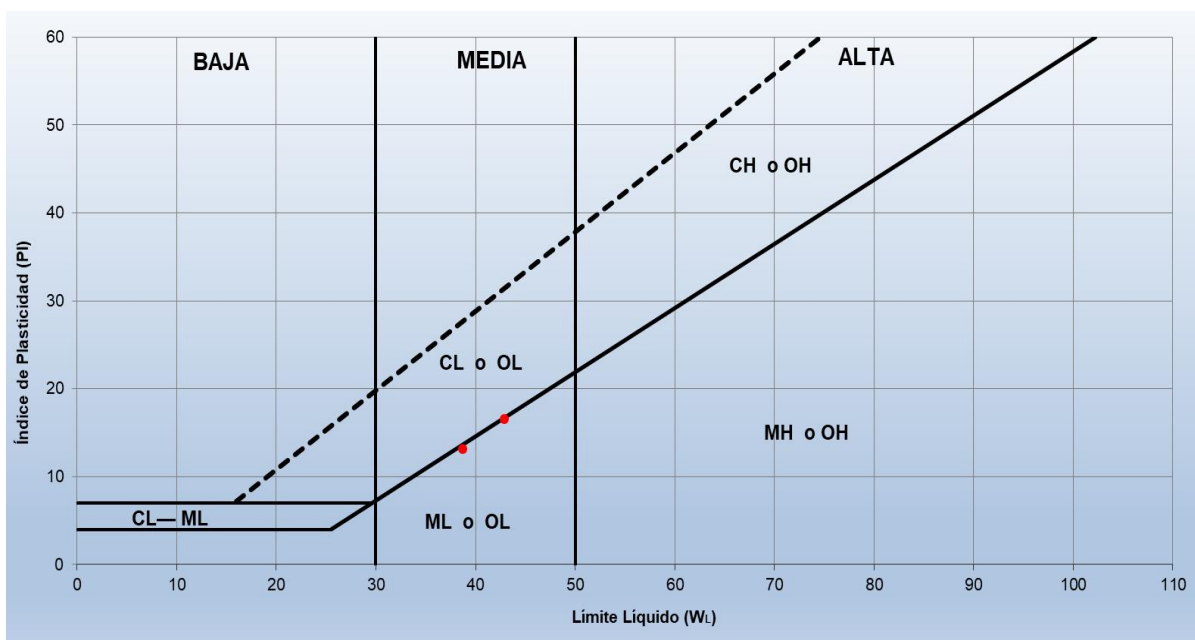
- **Identificación geotécnica del material**

Desde un punto de vista granulométrico, este nivel está formado principalmente por partículas finas (tamaño inferior a 0,08 mm) en proporciones variables entre 85 y 87%, por partículas tamaño arena (tamaños comprendidos entre 5 y 0,08 mm) con proporciones fluctuando entre 10 y 13%, y por partículas tamaño grava (superior a 5 mm) con proporciones de 2%.



**Figura 17-4:** Curvas granulométricas de los limos.  
Elaborado por: Garnica, J. & Guzmán, I. 2018

Con la fracción fina de estos materiales, se han realizado cuatro ensayos de determinación de los límites de Atterberg. Los dos valores de plasticidad que se pudieron determinar se han recogido en el Gráfico de Casagrande presentado en la figura siguiente.



**Figura 18-4:** Distribución de los materiales en la gráfica de Casagrande.

Elaborado por: Garnica, J. & Guzmán, I. 2018

El límite líquido fluctúa entre 39 a 43%, mientras que el correspondiente índice de plasticidad ha variado entre 13 y 17%, respectivamente.

Estos resultados indican que esta fracción fina tiene una plasticidad característica de limos de plasticidad media.

**Tabla 11-4**

*Clasificación de suelos de acuerdo a las normas ASTM & NEC-2015.*

Muestra	Profundidad (m)	Descripción	SUCS	NEC
<b>S1-m1</b>	0,55-1,00	Limos de plasticidad media	ML	D
<b>S2-m1</b>	0,55-1,00	Limos de plasticidad media	ML	D

Elaborado por: Garnica, J. & Guzmán, I. 2018

Los limos de plasticidad media indican que esta unidad geotécnica es resistente a las deformaciones rápidas, es decir, no cambiará su volumen ni se agrietarán a corto plazo; y además presenta baja permeabilidad.

- ***Análisis del estado natural del material***

La humedad natural estuvo comprendida entre 29 y 31%, con un valor medio de 30%.

En todos los casos estos valores están por debajo del correspondiente límite plástico, esto permite al suelo mantener su cohesión.

- ***Características resistentes***

Se realizaron dos ensayos SPT en este nivel, con valores comprendidos entre 13 y 20 golpes/30 cm. Estos valores indican una compacidad media, sin embargo, pueden estar sobredimensionados por la existencia de gravas, como anteriormente se apuntaba.

A partir de correlaciones entre el número de golpes de SPT corregido ( $N_{1(72)}$ ), propuesto por varios autores, se ha estimado el ángulo de fricción interna del material. Los resultados se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 12-4**

*Estimación del ángulo de fricción interna.*

<b>Sondeo</b>	<b>Profundidad (m)</b>	<b><math>N_{1(72)}</math></b>	<b>Angulo de Fricción</b>
S1	1,00	16	33,04
	2,00	19	34,99
S2	1,00	24	37,91
	2,00	16	33,06

**Elaborado por:** Garnica, J. & Guzmán, I. 2018

Con los valores del ángulo de fricción se podría estimar la capacidad portante del suelo (Método de Terzaghi) y comparar con los valores estimados mediante número de golpes de SPT, sin embargo, los valores podrían no coincidir porque no se está tomado en cuenta el valor de la cohesión.

#### 4.2.2. *Unidad 2: Arcillas limosas plásticas con algo de arena.*

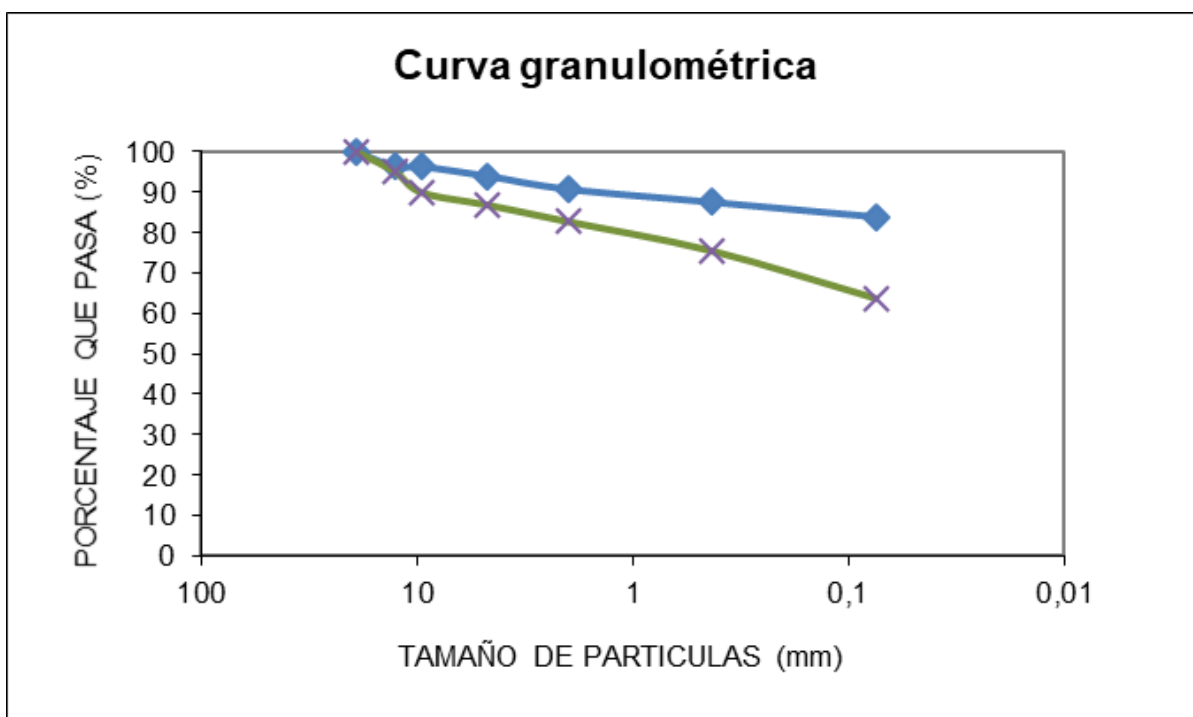
Apareció en los dos sondeos inmediatamente por debajo del nivel del relleno y el limo plástico, hasta los 4,0m de profundidad.

El sustrato formado por material arcilla gris clara con tonalidades marrones, presenta (15%) de grava sub angular, y presencia de arcosa altamente meteorizada.

Se tomaron cuatro muestras en este material, de las cuales, dos se realizaron ensayos de laboratorio para proceder a su caracterización geotécnica.

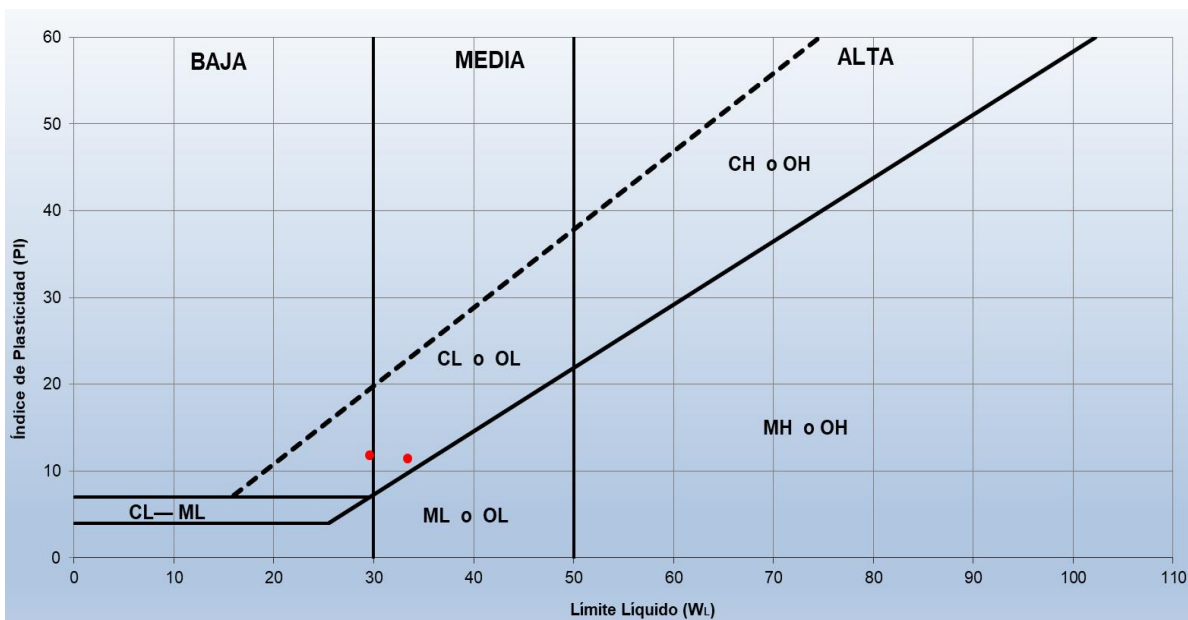
- *Identificación geotécnica del material*

Desde un punto de vista granulométrico, este nivel está formado principalmente por partículas finas (tamaño inferior a 0,08 mm) en proporciones variables entre 64 y 84%, por partículas tamaño arena (tamaños comprendidos entre 5 y 0,08 mm) con proporciones fluctuando entre 10 y 23%, y por partículas tamaño grava (superior a 5 mm) con proporciones entre 6 y 13%. Se puede resaltar que el contenido de gravas es proporcional a la profundidad, como puede verse en la figura siguiente.



**Figura 19-4:** *Curvas granulométricas de los limos.*  
**Elaborado por:** Garnica, J. & Guzmán, I. 2018

Con la fracción fina de estos materiales, se han realizado cuatro ensayos de determinación de los límites de Atterberg. Los dos valores de plasticidad que se pudieron determinar se han recogido en el Gráfico de Casagrande presentado en la figura siguiente.



**Figura 20-4:** Distribución de los materiales en la gráfica de Casagrande.

**Elaborado por:** Garnica, J. & Guzmán, I. 2018

El límite líquido fluctúa entre 30 a 33%, mientras que el correspondiente índice de plasticidad ha variado entre 12 y 11%, respectivamente. Estos resultados indican que esta fracción fina tiene una plasticidad característica de las arcillas de plasticidad media a baja.

**Tabla 13-4**

*Clasificación de suelos de acuerdo a las normas ASTM & NEC-2015.*

Muestra	Profundidad (m)	Descripción	SUCS	NEC
S1-m3	2,55-3,00	Arcilla de plasticidad media	CL	D
S2-m3	2,55-3,00	Arcilla de plasticidad media	CL	C

**Elaborado por:** Garnica, J. & Guzmán, I. 2018

Las arcillas de plasticidad media indican que esta unidad geotécnica es resistente a las deformaciones rápidas, sin embargo, son propensas a sufrir consolidación secundaria y presenta baja permeabilidad.

- *Análisis del estado natural del material*

La humedad natural estuvo en 21%, en los dos casos estos valores están por debajo del correspondiente límite plástico, esto permite al suelo mantener su cohesión.

- *Características resistentes*

Se realizaron 2 ensayos SPT en este nivel, con valores comprendidos entre 41 y 100 golpes/30 cm. Estos valores indican una compacidad dura a rígida. Se puede observar que a partir de los 3,0m los ensayos SPT dan golpes mayores a 41 y Rechazo.

A partir de correlaciones entre el número de golpes de SPT corregido ( $N_{1(72)}$ ), propuesto por varios autores, se ha estimado el ángulo de fricción interna del material. Los resultados se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 14-4**

*Estimación del ángulo de fricción interna.*

Sondeo	Profundidad (m)	$N_{1(72)}$	Ang. Fricción
S1	3,00	38	44,28
	4,00	84	59,32
S2	3,00	48	47,91
	4,00	84	59,32

**Elaborado por:** Garnica, J. & Guzmán, I. 2018

Con los valores del ángulo de fricción se podría estimar la capacidad portante del suelo (Método de Terzaghi) y comparar con los valores estimados mediante número de golpes de SPT, sin embargo, los valores podrían no coincidir porque no se está tomado en cuenta el valor de la cohesión.



### 4.3. ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN

- **Determinación de la tensión admisible**

Para el cálculo de la Tensión Admisible se han empleado los valores de golpeo considerados más representativos de los ensayos SPT, y se han introducido en las ecuaciones de Terzaghi y Peck, de Bowles, y de Meyerhof.

**Tabla 15-4**

*Fórmulas para calcular la tensión admisible.*

<b>FÓRMULACIÓN PARA TENSIÓN ADMISIBLE (<math>Q_{adm}</math>)</b>	
<b>BOWLES (B&gt;1.2m)</b>	<b>MEYERHOF (B&gt;1.2m)</b>
$Q_{adm} = 11.98 * N \left( \frac{3.28*B+1}{3.28*b} \right)^2 * F_d * \left( \frac{S_e}{25.4} \right)$	$Q_{adm} = \frac{N*s}{8} * \left( \frac{B+0.3}{B} \right)^2$
<p><math>Q_{adm}</math>: Tensión admisible (KPa).            N: Número de golpes SPT.  <math>F_d</math>: <math>1+0.33 (D_f/B)</math>.            B: Ancho de cimentación (m).  <math>D_f</math>: Empotramiento de la cimentación (m).  <math>S_e</math>: Asiento tolerable en mm (25mm).</p>	<p><math>Q_{adm}</math>: Tensión admisible (Kg/cm<sup>2</sup>).            N: Número de golpes SPT.            B: Ancho de cimentación (m).  <math>S_e</math>: Asiento admisible (1 pulgada para zapatas).</p>
<b>TERZAGHI Y PECK (B&lt;1.2m)</b>	<b>MEYERHOF (B&lt;1.2m)</b>
$Q_{adm} = \frac{N*s}{8}$	$Q_{adm} = \frac{N*S_t}{0.13}$
<p><math>Q_{adm}</math>: Tensión admisible (Kg/cm<sup>2</sup>).            N: Número de golpes SPT.            S: Asiento admisible (2.5 cm).</p>	<p><math>Q_{adm}</math>: Tensión admisible (KPa).            N: Número de golpes SPT.  <math>S_t</math>: Asiento admisible (2.5cm).</p>
	<b>MEYERHOF (Losa)</b>
	$Q_{adm} = \frac{N * s}{18.62}$
	<p><math>Q_{adm}</math>: Tensión admisible (KPa).            N: Número de golpes SPT.            S: Asiento admisible (2.5cm para losa).</p>

Elaborado por: Garnica, J. & Guzmán, I. 2018

A continuación, se representan los resultados obtenidos para la Unidad Geotécnica 1, calculada en base al número de golpes de SPT igual a quince (15):

**Tabla 16-4**

*Tensión admisible para la UG-1(Kg/cm<sup>2</sup>).*

<b>CIMENTACIÓN</b>	<b>TERZAGHI</b> (Kg/cm <sup>2</sup> )	<b>MEYERHOF</b> (Kg/cm <sup>2</sup> )	<b>BOWLES</b> (Kg/cm <sup>2</sup> )	<b>MEDIA</b> (Kg/cm <sup>2</sup> )
Zapata de 0,8 m de lado	1,88	2,94	-	2,41
Zapata de 1,0 m de lado	1,88	2,94	-	2,41
Zapata de 1,2 m de lado	1,88	2,94	-	2,41
Zapata de 1,5 m de lado	-	2,70	2,90	2,80
Zapata de 2.0 m de lado	-	2,48	2,59	2,54
Zapata de 2.5 m de lado	-	2,35	2,42	2,39
Losa	-	2,01	-	2,01

**Elaborado por:** Garnica, J. & Guzmán, I. 2018

Los valores de la tensión admisible varían desde 2.01 a 2.8 Kg/cm<sup>2</sup> de acuerdo al tipo de cimentación que se pretenda emplear. El profesional encargado del cálculo estructural de la edificación realizará un análisis técnico-económico para elegir el diseño de cimentación adecuado.

De la misma manera se calcularon las tensiones admisibles para la Unidad Geotécnica 2, calculada en base al número de golpes de SPT igual a cincuenta (50):

**Tabla 17-4**

*Tensión admisible para la UG-2.*

<b>CIMENTACIÓN</b>	<b>TERZAGHI</b> (Kg/cm <sup>2</sup> )	<b>MEYERHOF</b> (Kg/cm <sup>2</sup> )	<b>BOWLES</b> (Kg/cm <sup>2</sup> )	<b>MEDIA</b> (Kg/cm <sup>2</sup> )
Zapata de 0,8 m de lado	6,25	9,81	-	8,03
Zapata de 1,0 m de lado	6,25	9,81	-	8,03
Zapata de 1,2 m de lado	6,25	9,81	-	8,03
Zapata de 1,5 m de lado	-	9,00	9,66	9,33
Zapata de 2.0 m de lado	-	8,27	8,64	8,45
Zapata de 2.5 m de lado	-	7,84	8,07	7,95
Losa	-	6,71	-	6,71

**Elaborado por:** Garnica, J. & Guzmán, I. 2018

Los valores de la tensión admisible varían desde 6.71 a 9.33 Kg/cm<sup>2</sup> de acuerdo al tipo de cimentación que se pretenda emplear. El profesional encargado del cálculo estructural de la edificación realizará un análisis técnico-económico para elegir el diseño de cimentación adecuado.

- **Estimación de asentamientos**

Es importante comprobar que las cargas transmitidas por la cimentación no se encuentren limitadas por los asientos que se puedan generar en el terreno como consecuencia de la sobrecarga ejercida por las Edificaciones.

Podemos diferenciar dos tipos: asentamientos totales y los asentamientos diferenciales. Los asentamientos diferenciales son los que podrían comprometer la seguridad de la estructura si sobrepasa 2.50 cm (edificaciones), que es el asentamiento máximo para estructuras convencionales.

Los métodos más comunes emplean varias integraciones de la solución de Boussinesq para determinar el asentamiento de una carga puntual en la superficie de un semi-espacio homogéneo, isotrópico y elástico.

$$\rho_i = p B \frac{(1-\mu^2)}{E} I$$

Donde:

- $\rho_i$  = asentamiento inicial
- $p$  = esfuerzo promedio transmitido
- $B$  = dimensión característica del área cargada
- $E$  = módulo de Young
- $I$  = factor de influencia
- $\mu$  = 0.5, relación de Poisson

Las propiedades elásticas del suelo de cimentación fueron asumidas a partir de tablas (Dr. Ing. Jorge Alva Hurtado) publicadas con valores para el tipo de suelo existente donde irá implantada la edificación (Tabla 11). Los cálculos de asentamiento se han realizado considerando una cimentación rígida con zapata de (1.5m\*1.5m):

**Tabla 18-4***Cálculo de asiento total para cada unidad geotécnica.*

<b>CÁLCULOS PARA ASIENTOS</b>	<b>UG-1</b>	<b>UG-2</b>
Carga última ( $Q_h$ )	2,5 Kg/cm <sup>2</sup>	2,5 Kg/cm <sup>2</sup>
Coefficiente De Poisson ( $\nu$ )	0,4	0,28
Módulo de Elasticidad $E$	90 kg/cm <sup>2</sup>	250 kg/cm <sup>2</sup>
Asiento admisible ( $S_{max}$ )	2,5 cm	2,5 cm
Ancho cimentación (B)	150 cm	150 cm
Factor de forma (k)	0,8	0,8
<b>Asiento total</b>	<b>2.80 cm</b>	<b>1,11 cm</b>

Elaborado por: Garnica, J. &amp; Guzmán, I. 2018

Se observa que con la carga última de 2.5 kg/cm<sup>2</sup> transmitida al terreno produce un asentamiento de 2.80 cm en la unidad geotécnica 1, mayor al permitido; mientras que el asentamiento en la unidad geotécnica 2 estimada es igual 1,11 cm., ubicada dentro de los valores permitidos.

- **Obtención del coeficiente de balasto (KS).**

El coeficiente de balasto considera al terreno como un conjunto infinito de muelles situados bajo la cimentación, la constante de deformación de cada muelle es  $K_s$  (módulo de balasto), que se obtiene del cociente entre la presión de contacto o de trabajo ( $Q$ ) y el desplazamiento o asiento ( $S$ ):

$$K_s = \frac{Q}{S};$$

$$K_s = \frac{E}{B * (1 - \nu^2)}$$

Se realizó el cálculo por el método clásico y por la fórmula de Vesic, la cual se basa en los parámetros del terreno: módulo de elasticidad y el coeficiente de Poisson.

**Tabla 19-4***Estimación del coeficiente de Balasto.*

<b>MÓDULO DE BALASTO (Ks)</b>	<b>UG-1</b>	<b>UG-2</b>
Carga de trabajo (Q)	2,5 kg/cm <sup>2</sup>	2,5 kg/cm <sup>2</sup>
Asentamiento resultante (S)	2,8 cm	1,1 cm
Ancho cimentación (B)	150 cm	150 cm
Coeficiente de Poisson (ν)	0,4	0,28
Módulo de Elasticidad E	90 kg/cm <sup>2</sup>	250 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Ks (kg/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>0,89 kg/cm<sup>3</sup></b>	<b>2,26 kg/cm<sup>3</sup></b>
<b>Ks (Vesic)</b>	<b>0,71 kg/cm<sup>3</sup></b>	<b>1,81 kg/cm<sup>3</sup></b>

**Elaborado por:** Garnica, J. & Guzmán, I. 2018

Los valores estimados del módulo de Balasto permitirán al profesional encargado del diseño de cimentación comprobar el asentamiento de la edificación.

## CAPITULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

- Dentro del área de estudio se han localizado dos formaciones geológicas de edad cretácica; la primera corresponde a un ritmito compuesto por areniscas, limos, arcillas, calizas de la Formación Napo cubiertas por una matriz limo-arenosa con presencia de arcilla y la segunda perteneciente a la Formación Hollín presenta clastos de areniscas cuarzosas redondeadas y sub redondeadas de diversos tamaños. (Ver anexo 21)
- Los limos y arcillas de plasticidad media indicadas en las unidades geotécnicas 1 y 2 son resistentes a las deformaciones rápidas, es decir, no cambiarán su volumen ni se agrietarán a corto plazo; y además presentan baja permeabilidad.
- Los valores de la humedad natural de las dos unidades geotécnicas están por debajo del correspondiente límite plástico, esto permite al suelo mantener su cohesión.
- Mediante el levantamiento geotécnico se determinó dos unidades: la primera unidad geotécnica corresponde de 0.0-2.00m de profundidad compuesta por limo plástico y la segunda de 2.00-4,00m de profundidad compuesta por arcillas de plasticidad media. (Ver anexo 24).

Los principales parámetros geotécnicos se resumen en la siguiente tabla:

<b>Material / Parámetro</b>	<b>Unidad 1</b>	<b>Unidad 2</b>
Número de muestras	4	4
Contenido de finos (%)	85-87	84-64
Límite líquido	39-43	30-33
Límite plástico	26	18-22
Humedad (%)	29-31	21
NSPT	13-20	41-R
Cohesión (kPa)	-	-
Ángulo de rozamiento (°)	35	53

- Para el diseño de la cimentación del proyecto se puede utilizar las dos unidades geotécnicas, sin embargo, el Ingeniero estructural mediante un análisis técnico-económico deberá elegir la alternativa más adecuada para la construcción del proyecto. A continuación, se presenta las tensiones admisibles del terreno para varias dimensiones de zapatas:

<b>CIMENTACIÓN</b>	<b>TERZAGHI</b> (Kg/cm <sup>2</sup> )	<b>MEYERHOF</b> (Kg/cm <sup>2</sup> )	<b>BOWLES</b> (Kg/cm <sup>2</sup> )	<b>MEDIA</b> (Kg/cm <sup>2</sup> )
Zapata de 0,8 m de lado	6,25	9,81	-	8,03
Zapata de 1,0 m de lado	6,25	9,81	-	8,03
Zapata de 1,2 m de lado	6,25	9,81	-	8,03
Zapata de 1,5 m de lado	-	9,00	9,66	9,33
Zapata de 2.0 m de lado	-	8,27	8,64	8,45
Zapata de 2.5 m de lado	-	7,84	8,07	7,95
Losa	-	6,71	-	6,71

- Se realizaron varios mapas temáticos a diferente escala y representan la topografía, geología, malla del muestreo, ubicación de los sondeos geotécnicos y perfiles geológicos. (Ver anexos 21, 22, 23, 25).
- El análisis de sismicidad local empleando las fórmulas de las leyes de atenuación de Goldsack y la de Esteva y Villaverde dan como resultado una aceleración máxima horizontal de 0.12\*g para los dos casos, siendo óptimo el sitio para la construcción del Centro de Interpretación.

## 5.2. Recomendaciones

- En la zona de estudio, por lo general, presentan depósitos cuaternarios compuestos de arcillas y limos, los mismo que dificultan observar y medir los estratos de mayor antigüedad. Por tanto, se recomienda recorrer las zonas de vertientes y ríos, taludes empinados donde hay mayor probabilidad de encontrarse con afloramientos.
- Para la construcción de la edificación del Centro de interpretación: el técnico encargado de la elaboración de los planos de cimentación deberá tomar en cuenta los resultados de los cálculos de cimentación y de acuerdo a las características de la edificación que vaya a construir elegir la opción más viable.
- Los mapas temáticos cubren un área aproximada de 122 ha, sin embargo, los petroglifos se encuentran ubicados en 400 ha, por lo que se recomienda continuar con la investigación de los sectores que no se abarca en el presente estudio.
- Para conservar de manera eficaz el parque arqueológico se recomienda: implementar letreros de señalización e información, mejorar la vía de acceso al parque arqueológico Catazho e implementar un programa de mantenimiento y conservación de los petroglifos.



## REFERENCIAS

- Badillo, J., & Rodríguez, R. (1996). *Mecánica de Suelos, Vol I*. México: Limusa.
- Baldock, J. (1982). *Geología del Ecuador*. Quito: División de Investigación Geológico Minera.
- Casanova, L. (2002). *Topografía plana (cap.2)*. Mérida: Taller de publicaciones, ULA.
- Das, B. (2001). *Fundamentos de ingeniería geotécnica*. California: Cengage Learning Latin Am.
- Dozy, J., & Baggela, H. (1940,1941). *Geological reconnaissance of the area around Morona (Lower Mangosiza, Cusuimi, Cangaima & Macuma rivers)*. Shell Geological Report n° 11, Informe Interno ITG-41-003. Petroproducción-Quito.
- González, L., & Rodríguez, J. (2007). *Manual de Ingeniería geológica*. Madrid: Instituto Geológico Minero.
- Legrand, D. (2004). *El enjambre sísmico de Macas (Cordillera del Cutucú)*. En M. R. Patrice Baby, *Geología de la Cuenca Oriente*. Quito: Institut français d'études andines.
- Mendiola, F. (2002). *Arte rupestre: Epistemología, estética y geometría. Sus interrelaciones con la simetría de la cultura*. México.
- Rodríguez Ortíz, J. (2007). *Introducción a la mecánica del suelo*. España.
- Sanglerat, G. (1967). *El Penetrómetro y el Reconocimiento de los Suelos*. New York: Servicio de Publicaciones del M.O.P.
- Tschopp, H. (1945). *Mesas cuaternarias de la planicie oriental*. Madrid.
- Vesic, A. (1973). *Análisis de la capacidad de carga de cimentaciones superficiales*. París: ASCE.
- Wasson, T. &. (1927). *Geological Explorations East of the Andes of Ecuador*. Estados Unidos.

## ANEXOS

**Anexo 1:** Levantamiento topográfico donde se implementará el centro de interpretación.



**Anexo 2:** Ensamblaje de la máquina para SPT.



**Anexo 3:** Recuperación de muestras para el análisis de laboratorio.**Anexo 4:** Enfundado y etiquetado de las muestras.

**Anexo 5:** Elaboración de Fichas con los registros geológicos tomados en el campo**FICHA GEOLÓGICA DE CAMPO P1****FECHA:** 04 / 08 / 2018**UBICACIÓN****COORDENADAS****PROVINCIA** Morona Santiago**X** 780882 E**CANTÓN** Limón Indanza**Y** 9659205 N**SECTOR** San José**ALTURA** 891 msnm**Parque Arqueológico Catazho**

**DESCRIPCIÓN:** Afloramiento donde se aprecia un ritmo de arenitas calcáreas, conglomerados calcáreos y calizas en estratos de hasta 1 m de potencia, que se hallan intercalados con lutitas negras de hasta 10 cm de potencia.

Se observa la presencia de una falla evidenciada donde es notoria una brecha tectónica de aproximadamente 50 cm; el salto de esta falla normal en este sitio es de 5 cm haciendo que el bloque norte se hunda; los datos estructurales de la falla son N40W/90.

Sobre el bloque calcáreo se observa la presencia de lutitas negras con una potencia de 1.60 m, y sobre estas se encuentra depositada el material coluvial.

**Elaborado por:** Jerson Garnica & Iván Guzmán

---

**FICHA GEOLÓGICA DE CAMPO P3**


---

**FECHA:** 04 / 08 / 2018**UBICACIÓN****COORDENADAS****PROVINCIA** Morona Santiago**X** 781090 E**CANTÓN** Limón Indanza**Y** 9659280 N**SECTOR** San José**ALTURA** 918 msnm**Parque Arqueológico Catazho**

**DESCRIPCIÓN:** Afloramiento de arcilla plástica color café que presenta fragmentos de arena de cuarzo, fragmentos de cuarcita meteorizadas y escasa presencia de elementos líticos de 5 cm de diámetro; aproximadamente el 90% del material en el afloramiento es arcilla.

**Elaborado por:** Jerson Garnica & Iván Guzmán

---



---

**FICHA GEOLÓGICA DE CAMPO P6**


---

**FECHA:** 04 / 08 / 2018**UBICACIÓN****COORDENADAS****PROVINCIA** Morona Santiago**X** 781570 E**CANTÓN** Limón Indanza**Y** 9659228 N**SECTOR** San José**ALTURA** 976 msnm**Parque Arqueológico Catazho**

**DESCRIPCIÓN:** Presencia de arcillas con contenido de bloques angulosos de andesita comprendidas entre 40\*20 cm de diámetro, la cual se encuentra cubierta por una densa capa de pastizales.

**Elaborado por:** Jerson Garnica & Iván Guzmán

---

---

**FICHA GEOLÓGICA DE CAMPO P8**


---

**FECHA:** 04 / 08 / 2018**UBICACIÓN****COORDENADAS****PROVINCIA** Morona Santiago**X** 780942 E**CANTÓN** Limón Indanza**Y** 9659096 N**SECTOR** San José**ALTURA** 912 msnm**Parque Arqueológico Catazho**

**DESCRIPCIÓN:** Afloramiento con calizas, estratos de 50 cm de potencia con presencia de una falla N30W/55NE

Es un conglomerado calcáreo en un matriz de arenisca calcárea.

**Elaborado por:** Jerson Garnica & Iván Guzmán

---

---

**FICHA GEOLÓGICA DE CAMPO P9**


---

**FECHA:** 04 / 08 / 2018**UBICACIÓN****COORDENADAS****PROVINCIA** Morona Santiago**X** 781104 E**CANTÓN** Limón Indanza**Y** 9659161 N**SECTOR** San José**ALTURA** 938 msnm**Parque Arqueológico Catazho**

**DESCRIPCIÓN:** Terraza formada por coluvión.

En este sector se ha proyectado la construcción del Centro de Interpretación.

**Elaborado por:** Jerson Garnica & Iván Guzmán

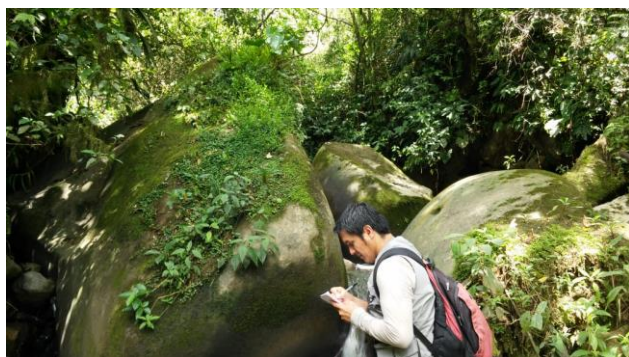
---



---

**FICHA GEOLÓGICA DE CAMPO P14**


---

**FECHA:** 04 / 08 / 2018**UBICACIÓN****COORDENADAS****PROVINCIA** Morona Santiago**X** 780937 E**CANTÓN** Limón Indanza**Y** 9658956 N**SECTOR** San José**ALTURA** 921 msnm**Parque Arqueológico Catazho**

**DESCRIPCIÓN:** Presencia de cantos rodados y sub-redondeados de andesita desde 5 m hasta 7 m de diámetro.

**Elaborado por:** Jerson Garnica & Iván Guzmán

---

---

**FICHA GEOLÓGICA DE CAMPO P15**
**FECHA:** 04 / 08 / 2018**UBICACIÓN****COORDENADAS****PROVINCIA** Morona Santiago**X** 781119 E**CANTÓN** Limón Indanza**Y** 9658936 N**SECTOR** San José**ALTURA** 978 msnm**Parque Arqueológico Catazho**

**DESCRIPCIÓN:** Presencia de rocas de origen andesítico sub - redondeados de 1.5 m de alto por 2 m de ancho asentadas sobre una capa arcillosa.

**Elaborado por:** Jerson Garnica & Iván Guzmán

---

**FICHA GEOLÓGICA DE CAMPO P20**
**FECHA:** 04 / 08 / 2018**UBICACIÓN****COORDENADAS****PROVINCIA** Morona Santiago**X** 781050 E**CANTÓN** Limón Indanza**Y** 9658730 N**SECTOR** San José**ALTURA** 997 msnm**Parque Arqueológico Catazho**

**DESCRIPCIÓN:** Afloramiento de material arcilloso de color amarillento, presenta contenido de limo en un 70%, dentro de la masa presenta lutitas de la F. Napo entre 5 a 10% y sobre el afloramiento se encuentran asentados cantos rodados de andesita desde 2 cm hasta 30 cm de diámetro subangulosos y subredondeados.

**Elaborado por:** Jerson Garnica & Iván Guzmán



---

**FICHA GEOLÓGICA DE CAMPO P25**

<b>FECHA:</b> 04 / 08 / 2018		<b>UBICACIÓN</b>	
<b>COORDENADAS</b>		<b>PROVINCIA</b>	Morona Santiago
<b>X</b>	780754 E	<b>CANTÓN</b>	Limón Indanza
<b>Y</b>	9658489 N	<b>SECTOR</b>	San José
<b>ALTURA</b>	991 msnm	<b>ÁREA</b>	Parque Arqueológico Catazho



**DESCRIPCIÓN:** Presencia de cantos rodados en el Río Catazho, redondeados de andesita comprendidos entre 3 m de alto por 6 m de largo, formando un muro.

**Elaborado por:** Jerson Garnica & Iván Guzmán

---



---

**FICHA GEOLÓGICA DE CAMPO P27**

<b>FECHA:</b> 04 / 08 / 2018		<b>UBICACIÓN</b>	
<b>COORDENADAS</b>		<b>PROVINCIA</b>	Morona Santiago
<b>X</b>	781400 E	<b>CANTÓN</b>	Limón Indanza
<b>Y</b>	9658910 N	<b>SECTOR</b>	San José
<b>ALTURA</b>	1077 msnm	<b>Parque Arqueológico Catazho</b>	

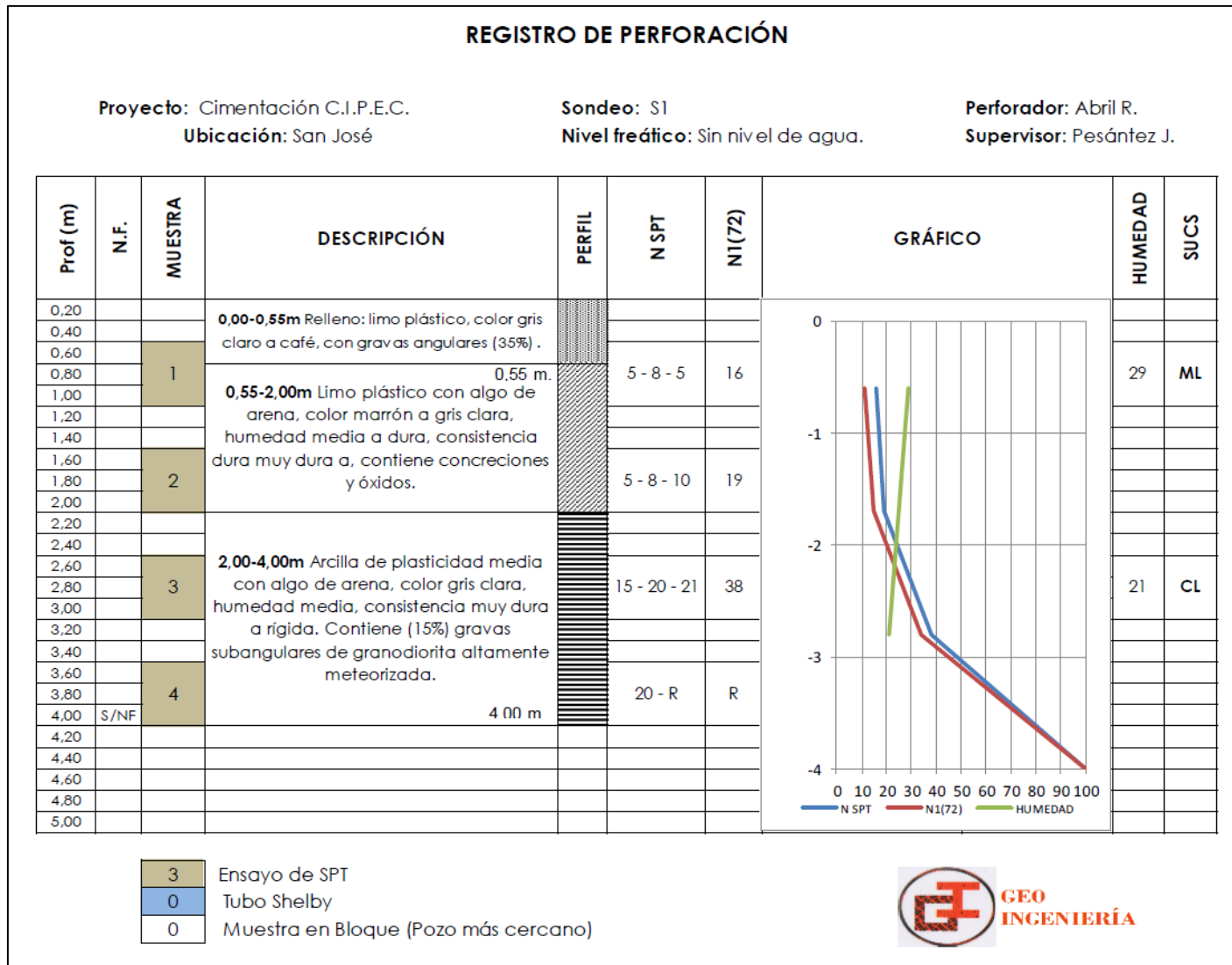


**DESCRIPCIÓN:** Presencia de suelo residual con una potencia de 1.5 m, de color café blanquesino debido a la alteración superficial y la acción del humus; y debajo de este suelo se presenta el limo arcilloso.

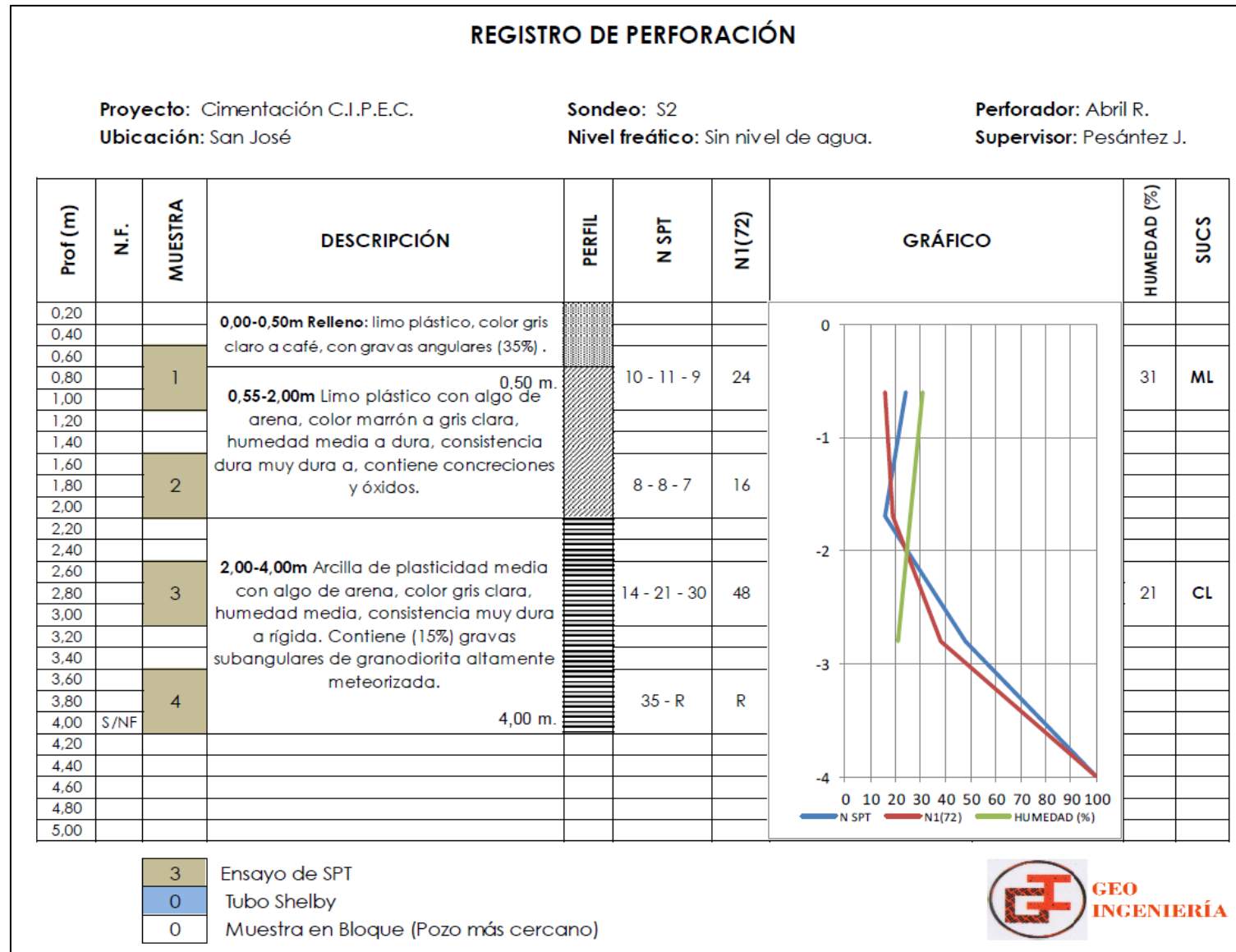
**Elaborado por:** Jerson Garnica & Iván Guzmán

---

Anexo 6: Registro de perforación a través del ensayo SPT S1.



**Anexo 7:** Registro de perforación a través del ensayo SPT S2.



**Anexo 8:** Ensayo de clasificación S1 de 1.55 – 2.00 m

**GEO  
INGENIERÍA**
**ENSAYO DE CLASIFICACIÓN**

Proyecto:	Cimentación C.I.P.A.C.	Sondeo:	S1
Ubicación:	San José	Muestra N°:	S1-M1
Fecha:	Agosto - 2018.	Profundidad:	1,55 - 2,00m

**CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL**

No.golpes	Capsula No	P.Húmedo	P.Seco	P.cápsula	Humedad	Media/valor
	1	117,15	95,18	17,61	28,32	
	2	93,05	75,97	16,53	28,73	28,53

**LÍMITE LÍQUIDO**

29	3	42,47	34,44	15,32	42,00	
20	4	39,48	32,17	15,63	44,20	
13	5	42,11	33,70	16,24	48,17	44,79

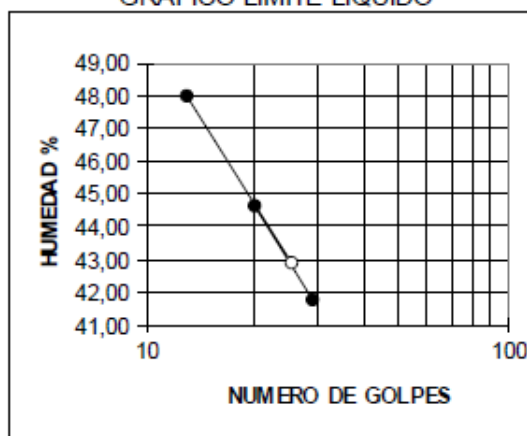
**LÍMITE PLÁSTICO**

	6	12,54	11,72	8,55	25,87	
	7	13,60	12,76	9,62	26,75	
	8	14,28	13,28	9,48	26,32	26,31

Peso de la muestra húmeda	203,17 g
Peso de la muestra seca	158,07 g

**GRANULOMETRÍA**

Tamiz	P.Retenido	% Retenido	% Q' pasa
2"		0,00	100,00
1 1/2"		0,00	100,00
1"		0,00	100,00
3/4"		0,00	100,00
1/2"		0,00	100,00
3/8"		0,00	100,00
No 4	3,02g	1,91	98,09
No 10	7,13g	4,51	95,49
No 40	13,82g	8,74	91,26
No 200	23,07g	14,59	85,41

**GRÁFICO LÍMITE LÍQUIDO**


Grava	2%
Arena	13%
Finos	85%

LL	42,9%
LP	26,3%
IP	16,6%

SUCS	ML
AASHTO	A-7-6
IG(86)	15



**GEO  
INGENIERÍA**

## ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

Proyecto: Cimentación C.I.P.A.C.

Sondeo: S1

Ubicación: San José

Muestra N°: S1-M3

Fecha: Agosto - 2018.

Profundidad: 2,55 - 3,00m.

### CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

No.golpes	Capsula No	P.Húmedo	P.Seco	P.cápsula	Humedad	Media/valor
	1	108,28	92,40	15,78	20,73	
	2	98,50	84,53	16,71	20,60	20,66

### LÍMITE LÍQUIDO

30	3	39,03	34,14	16,97	28,48	
19	4	41,38	35,34	16,01	31,25	
12	5	38,47	32,60	15,22	33,77	31,17

### LÍMITE PLÁSTICO

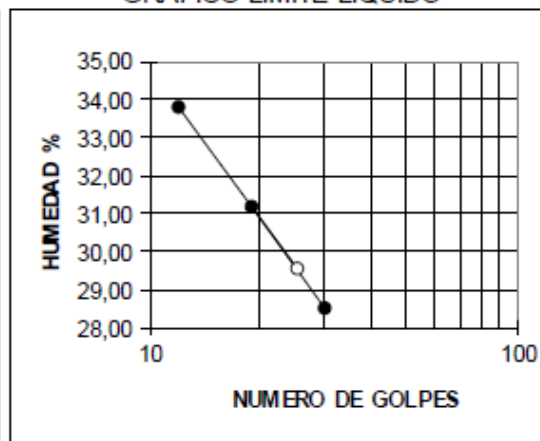
	6	12,21	11,64	8,51	18,21	
	7	12,40	11,89	8,98	17,53	
	8	11,71	11,20	8,30	17,59	17,77

Peso de la muestra humeda	212,15 g
Peso de la muestra seca	175,82 g

### GRANULOMETRIA

Tamiz	P.Retenido	% Retenido	% Q' pasa
2"		0,00	100,00
1 1/2"		0,00	100,00
1"		0,00	100,00
3/4"		0,00	100,00
1/2"	6,47g	3,68	96,32
3/8"	6,47g	3,68	96,32
No 4	10,51g	5,98	94,02
No 10	16,24g	9,24	90,76
No 40	21,91g	12,46	87,54
No 200	28,26g	16,07	83,93

### GRÁFICO LÍMITE LÍQUIDO



Grava	6%
Arena	10%
Finos	84%

LL	29,6%
LP	17,8%
IP	11,8%

SUCS	CL
AASHTO	A-6
IG(86)	8

**Anexo 9:** Ensayo de clasificación S2 de 0.55 – 1.00 m

**GEO  
INGENIERÍA**
**ENSAYO DE CLASIFICACIÓN**

Proyecto:	Cimentación C.I.P.A.C.	Sondeo:	S2
Ubicación:	San José	Muestra N°:	S2-M1
Fecha:	Agosto - 2018.	Profundidad:	0,55 - 1,00m

**CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL**

No.golpes	Capsula No	P.Húmedo	P.Seco	P.cápsula	Humedad	Media/valor
	1	85,94	69,34	16,07	31,16	
	2	82,84	66,93	14,86	30,56	30,86

**LÍMITE LÍQUIDO**

29	3	37,11	31,33	16,07	37,88	
20	4	38,01	32,16	17,49	39,88	
13	5	39,09	32,24	16,55	43,66	38,71

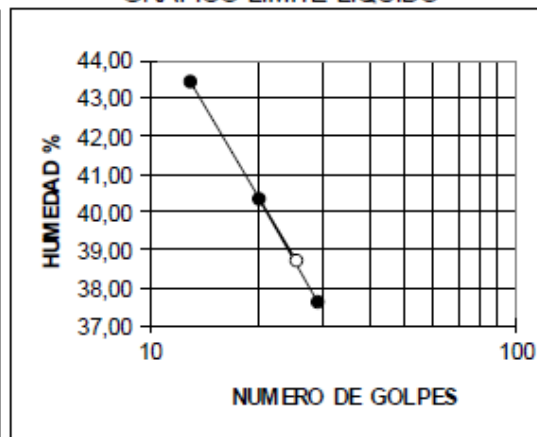
**LÍMITE PLÁSTICO**

	6	10,04	9,29	6,37	25,68	
	7	11,91	11,23	8,55	25,37	
	8	12,17	11,38	8,32	25,82	25,63

Peso de la muestra húmeda	191,29 g
Peso de la muestra seca	146,18 g

**GRANULOMETRIA**

Tamiz	P.Retenido	% Retenido	% Q' pasa
2"		0,00	100,00
1 1/2"		0,00	100,00
1"		0,00	100,00
3/4"		0,00	100,00
1/2"		0,00	100,00
3/8"		0,00	100,00
No 4	3,03g	2,07	97,93
No 10	5,96g	4,08	95,92
No 40	9,04g	6,18	93,82
No 200	19,61g	13,41	86,59

**GRÁFICO LÍMITE LÍQUIDO**


Grava	2%
Arena	11%
Finos	87%

LL	38,7%
LP	25,6%
IP	13,1%

SUCS	ML
AASHTO	A-6
IG(86)	12



**GEO  
INGENIERÍA**

## ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

Proyecto: Cimentación C.I.P.A.C.

Sondeo: S2

Ubicación: San José

Muestra N°: S2-M3

Fecha: Agosto - 2018.

Profundidad: 2,55 - 3,00m.

### CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

No.golpes	Capsula No	P.Húmedo	P.Seco	P.cápsula	Humedad	Media/valor
	1	88,61	74,96	14,92	22,73	
	2	102,12	88,57	16,76	18,87	20,80

### LÍMITE LÍQUIDO

32	3	40,17	34,81	17,98	31,85	
24	4	41,45	35,10	16,49	34,12	
12	5	43,05	35,56	15,18	36,75	34,24

### LÍMITE PLÁSTICO

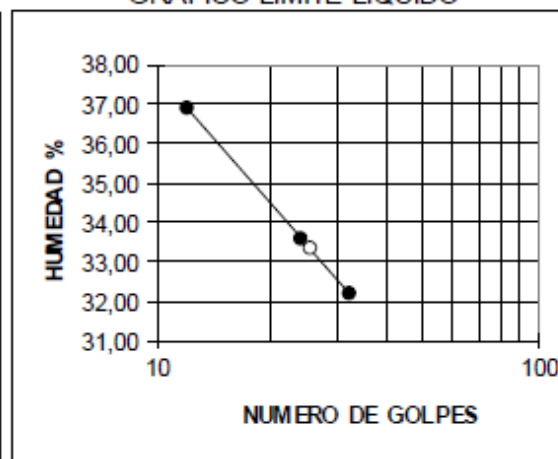
	6	13,65	12,96	9,76	21,56	
	7	12,17	11,57	8,87	22,22	
	8	13,24	12,49	9,11	22,19	21,99

Peso de la muestra húmeda	204,26 g
Peso de la muestra seca	169,09 g

### GRANULOMETRÍA

Tamiz	P.Retenido	% Retenido	% Q' pasa
2"		0,00	100,00
1 1/2"		0,00	100,00
1"		0,00	100,00
3/4"		0,00	100,00
1/2"	8,32g	4,92	95,08
3/8"	17,05g	10,08	89,92
No 4	22,22g	13,14	86,86
No 10	29,21g	17,28	82,72
No 40	41,48g	24,53	75,47
No 200	61,28g	36,24	63,76

### GRÁFICO LÍMITE LÍQUIDO

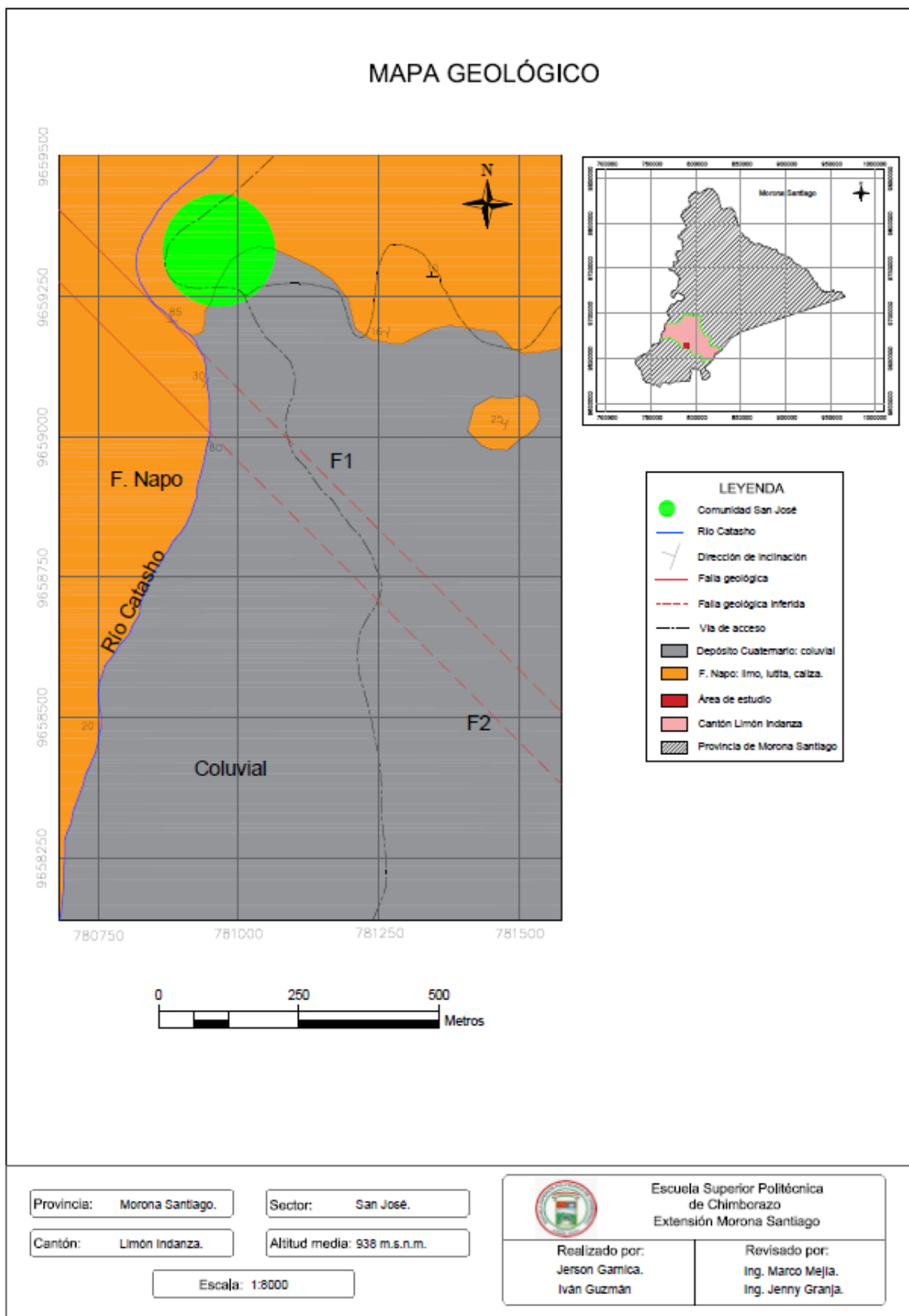


Grava	13%
Arena	23%
Finos	64%

LL	33,4%
LP	22,0%
IP	11,4%

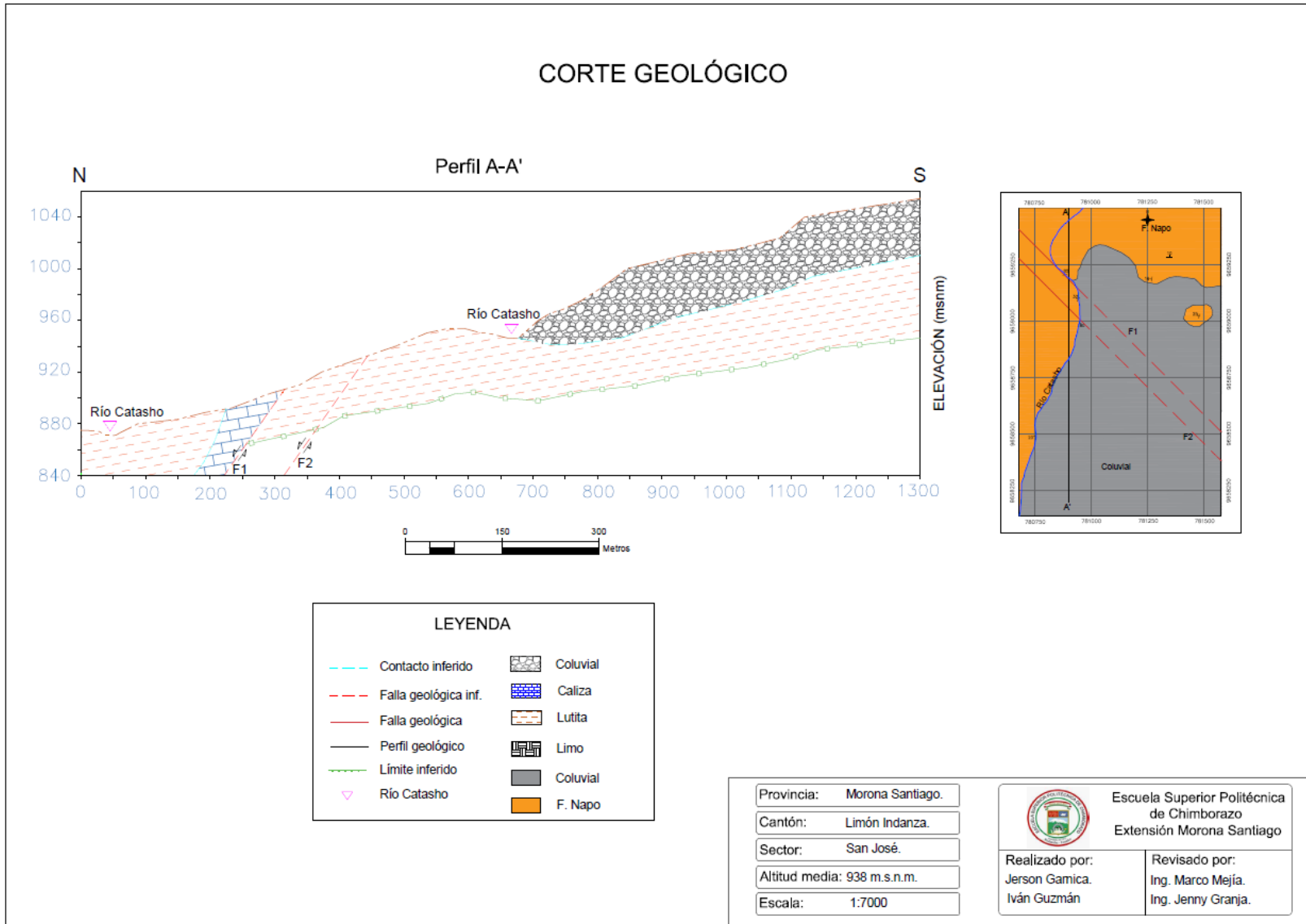
SUCS	CL
AASHTO	A-6
IG(86)	5

Anexo 10: Mapa Geológico de la Zona.

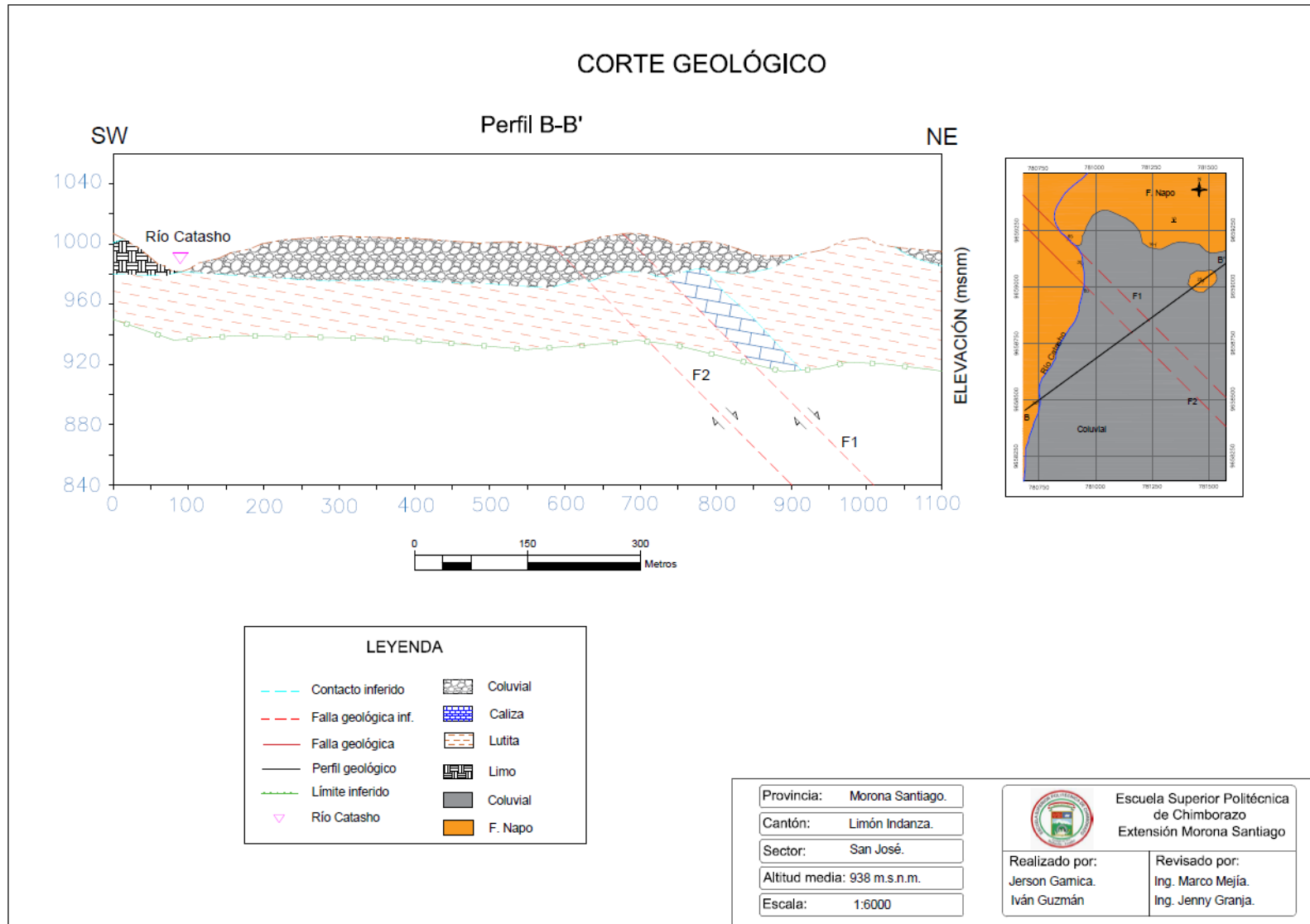




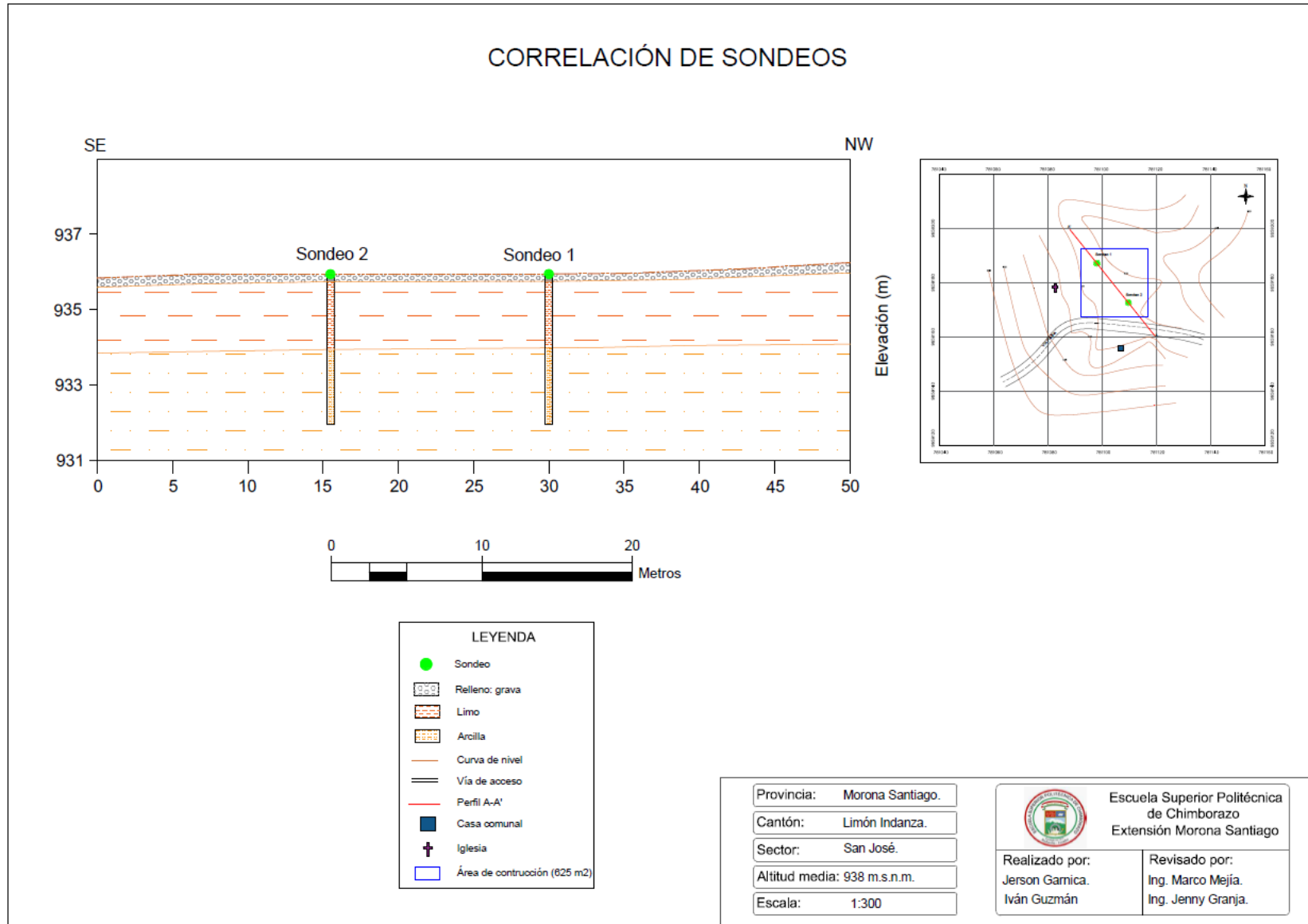
Anexo 11: Perfil Estratigráfico A – A'



Anexo 12: Perfil Estratigráfico B – B'



**Anexo 13:** Perfil Estratigráfico de Sondeos A – A'



Anexo 14: Mapa de puntos de muestreo

