



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional De Loja

Facultad de Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables

Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial

Estudio geológico – geotécnico para la ampliación de la
infraestructura física de la carrera de Artes Plásticas de la
Universidad Nacional de Loja, ubicada en el sector la Argelia, cantón
y provincia de Loja.

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

AUTOR:

Jorge Luis Espejo Orellana

DIRECTOR:

Ing. Oscar Adrián Estrella Lima, MSc.

Loja – Ecuador

2024

Certificación

Loja, 23 de abril de 2024

Ing. Oscar Adrián Estrella Lima. MSc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Estudio geológico - geotécnico para la ampliación de la infraestructura física de la carrera de Artes Plásticas de la Universidad Nacional de Loja, ubicada en el sector la Argelia, cantón y provincia de Loja.**, previo a la obtención del título de Ingeniero en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial, de la autoría del estudiante **Jorge Luis Espejo Orellana**, con **cédula de identidad Nro.1104575087**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.

Ing. Oscar Adrián Estrella Lima. MSc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría

Yo, **Jorge Luis Espejo Orellana**, declaro ser autor del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente, acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi trabajo de Unidad de Titulación en el Repositorio Digital Institucional- Biblioteca Virtual.

Firma:



Autor: Jorge Luis Espejo Orellana

Cedula de Identidad: 1104575087

Fecha: 23 – 04 – 2024

Correo electrónico: jlespejoo@unl.edu.ec

Teléfono: 0999376299

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

Yo, **Jorge Luis Espejo Orellana**, declaro ser autor del Trabajo de Titulación denominado: **Estudio geológico – geotécnico para la ampliación de la infraestructura física de la carrera de Artes Plásticas de la Universidad Nacional de Loja, ubicada en el sector la Argelia, cantón y provincia de Loja.**, como requisito para optar el grado de Ingeniero en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional.

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

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Unidad de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, suscribo en la ciudad de Loja, a los veinte tres días del mes de abril del dos mil veinte y cuatro.

Firma:	
Autor:	Jorge Luis Espejo Orellana
Cedula:	1104575087
Dirección:	Loja – San Pedro (AV. Argentina entre Uruguay y Paraguay)
Correo electrónico:	jlespejo@unl.edu.ec
Teléfono:	0999376299

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director del Trabajo de Titulación: Ing. Oscar Adrián Estrella Lima. MSc

Dedicatoria

Con gratitud y cariño este trabajo de titulación está dedicado:

Primeramente, a **Dios** por darme la sabiduría a **mis Padres Miguel y Elsa**, con gran esfuerzo me apoyaron, incentivaron, de manera incondicional en todo el trayecto de mis estudios, sus consejos me sirvieron de guía para cumplir mi meta profesional.

A mi **esposa Karla**, gracias por la paciencia y apoyo en el transcurso de mi carrera, la verdad no fue fácil esto, y por eso eres y siempre serás pilar fundamental en mi vida.

A **mis tres hijos de mi alma, Alfredo Jose, Jorge Luis, y Jose Armando** son mi vida, y por ustedes he luchado a fuertes obstáculos en la vida hasta llegar a convertirme en la persona que soy, Jose Armando no fue fácil aceptar tu partida quedando con una gran herida en mi corazón, pero estoy seguro que desde el cielo lo estas celebrando con tu grandiosa felicidad.

A **mis hermanos Liliana, Carla, Luis**, quienes han brindado su apoyo en mis momentos tan difíciles, y de manera muy especial a Liliana que desde el cielo junto a mi hijo estoy seguro que rogabas a nuestro redentor para poder seguir adelante y cumplir mi meta.

A **mis tías Rosario y Anita**, gracias por su apoyo y motivación siempre son personas ejemplares que me han enseñado que todo es posible si te lo propones.

Jorge Luis Espejo Orellana

Agradecimiento

Mi agradecimiento fraterno a **Dios** por permitirme la vida, y darme la valentía y fortaleza para superar todos los obstáculos que se presentan en la vida, seguidamente expresar mi gratitud a **mi familia** quienes han sido mi pilar fundamental en el trayecto de mi estudio, y gracias por su paciencia y comprensión.

A la **carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial** por acogerme durante toda la carrera, junto a sus prestigiosos docentes quienes con entrega incondicional impartieron sus conocimientos con responsabilidad. Agradecimiento especial al **Ing. Oscar Estrella**, por su paciencia y tiempo en revisar, corregir, orientar mediante observaciones que hicieron posibles la culminación de mi Trabajo de Titulación.

Mi profunda gratificación al **Ing. Ovidio Castillo J, y Ing. Pablo Torres B** por su apoyo, orientación, conocimientos, y experiencias entregadas incondicionalmente, hicieron posible poder profundizar técnicamente mi avance de Unidad de Titulación.

A **ESTSUELCON Cía. Ltda.**, por su apoyo, el cual hizo que pueda obtener información valdeira, que hizo posible el desarrollo de mi investigación.

Finalmente agradezco a todas las personas que formaron parte de mi etapa universitaria: **Fabricio Plaza, Carlos Collaguaso, Anita Jaramillo, Paul Lalangui, Manuel Saca, Yesenia Esparza, Fernanda Alvarado, y Diego Yangari**, que de una u otra manera contribuyeron el término de mi carrera.

Jorge Luis Espejo Orellana

Índice de contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización.	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenidos	vii
Índice de tablas:.....	xii
Índice de figuras:	xiii
Índice de anexos:.....	xiii
1. Título	1
2. Resumen	2
Abstract	3
3. Introducción	4
4. Marco teórico	5
4.1 Topografía	5
4.2 Geología	5
4.2.1 Definición de Suelos y Rocas	5
4.2.2 Ciclo de las Rocas	7
4.2.3 Rocas Sedimentarias	8
4.2.4 Depósitos Coluviales	8
4.2.5 Depósitos Aluviales	8
4.2.6 Mapeo Geológico.....	9
4.2.7 Geomorfología	9
4.3 Geotecnia.....	9
4.3.1 Mecánica del suelo.....	10

4.3.2	Propiedades Físicas de los Suelos.....	10
4.3.3	Propiedades Mecánicas de los Suelos.....	12
4.3.4	Descripción y Clasificación de los Suelos	13
4.4	Prospección Geotécnica	17
4.4.1	Métodos de Exploración Geotécnica	17
4.5	Cimentaciones	24
4.5.1	Cimentaciones superficiales.....	24
4.5.2	Capacidad de carga	24
4.5.3	Capacidad de carga última (qu)	26
4.5.4	Factor de seguridad	27
5.	Metodología	29
5.1	Descripción general del área de estudio.....	29
5.1.1	Ubicación geográfica	29
5.1.2	Acceso.....	30
5.1.3	Clima.....	30
5.1.4	Hidrología	31
5.1.5	Geología regional.....	31
5.1.6	Estratigrafía de la Cuenca de Loja (Terciario).....	33
5.1.7	Materiales.....	33
5.2	Metodología para el primer objetivo.....	34
5.2.1	Recopilación de información básica	34
5.2.2	Levantamiento litológico de unidades geológicas	35
5.2.3	Levantamiento geológico – estructural	37
5.2.4	Confección del mapa geológico estructural.....	40
5.3	Metodología para el segundo objetivo	41
5.3.1	Campaña geotécnica	41
5.3.2	Exploración Geotécnica	41

5.4	Metodología para el tercer objetivo	47
5.4.1	Ensayos de Laboratorio.....	47
5.4.2	Ensayos de penetración estándar (S.P.T.).....	47
5.4.3	Correcciones para número de golpes (N).....	47
5.4.4	Análisis de capacidad de carga.	48
5.4.5	Análisis de asentamiento.....	49
6.	Resultados.....	51
6.1	Topografía.....	51
6.1.1	Pendientes	51
6.2	Geología local	52
6.2.1	Lutitas de la formación San Cayetano	53
6.2.2	Conglomerados con lentes de Limolitas de la formación Quillollaco.....	54
6.2.3	Terrazas Aluviales	54
6.2.4	Depósitos Coluvio Aluviales	55
6.2.5	Depósitos Antrópicos (Rellenos)	56
6.3	Riesgos naturales.....	57
6.3.1	Riesgos Sísmicos:	57
6.3.2	Riesgos Geológicos y climáticos:	59
6.4	Caracterización Geotécnica.....	59
6.4.1	Apertura de calicatas.....	60
6.4.2	Ensayo de penetración estándar (SPT)	62
6.4.3	Sondeos eléctricos verticales	64
6.5	Parámetros obtenidos	67
6.5.1	Tipo de perfil de suelo	69
6.5.2	Parámetros de construcción a recomendar.....	70
7.	Discusión	73
8.	Conclusiones	75

9. Recomendaciones	77
10. Bibliografía	78
11. Anexos	81

Índice de tablas:

Tabla1. Símbolos y Grupos de Clasificación SUCS.....	14
Tabla2. Clasificación de Suelos AASHTO.....	16
Tabla3. Resistencia de los Suelos Cohesivos.....	18
Tabla4. Compacidad Relativa de la Arena.....	19
Tabla5. Cuadro de Nomenclatura para Correcciones del N del SPT.....	19
Tabla6. Cuadro de Variaciones Nh, Nb, Ns, Nr, para Correcciones del N del SPT ..	20
Tabla7. Rangos de Resistividad de los Geo-materiales Saturados	22
Tabla8. Capacidad de Carga Admisible Recomendada en Arcillas.....	26
Tabla9. Capacidad de Carga Admisible en las Rocas.....	26
Tabla10. Coordenadas de Ubicación Polígono de Estudio	29
Tabla11. Materiales de Campo, Laboratorio y Oficina	34
Tabla12. Ficha de Caracterización de Afloramiento	36
Tabla13. Ficha de Muestreo de Suelo	37
Tabla14. Coordenadas de Ubicación de Afloramientos.....	38
Tabla15. Coordenadas de Ubicación de Calicatas Geotécnicas	38
Tabla16. Coordenadas de Ubicación de Sondeos Geotécnicos	42
Tabla17. Ubicación de Línea Eléctrica Realizada	43
Tabla18. Ficha para Datos de Resistividad.....	45
Tabla19. Clasificación de Unidades Geo-electricas	45
Tabla20. Normas para Ensayo de Laboratorio.....	46
Tabla21. Categoría y Rangos de Pendientes del Área de Estudio	52
Tabla22. Valores del factor Z en Función de la Zona Sísmica Adoptada	58
Tabla23. Valoración de la Zona Sísmica	58
Tabla24. Resumen de Resultados de las Calicatas Exploradas	62
Tabla25. Resumen de Resultados de Laboratorio de las Muestras de Ensayos SPT.63	
Tabla26. Cuadro de Resistividad y Correspondencia Geológica SEV-1.....	65
Tabla27. Parámetros Mecánicos Obtenidos a Partir de NSPT.....	68
Tabla28. Tipo de Perfil de Suelo para Diseño Sísmico	69
Tabla29. Resumen de propiedades físicas y parámetros del suelo que se pretende cimentar.....	72

Índice de figuras:

Figura1. El Ciclo de las Rocas.....	7
Figura2. Estado de Consistencia de los Suelos Finos.....	11
Figura3. Resistencia a Cortante del Suelo.....	13
Figura4. Carta de Plasticidad SUCS.....	14
Figura5. Sistema de Clasificación SUCS.....	15
Figura6. Arreglo de Schlumberger y Wenner.....	22
Figura7. Ubicación del Área de Estudio WGS84, Zona 17 Sur.....	30
Figura8. Columna Estratigráfica de la Cuenca Sedimentaria de Loja.....	33
Figura9. Observación y Descripción de Afloramientos.....	39
Figura10. Observación y Descripción de Calicatas Mecánicas- Manuales.....	40
Figura11. Esquema y Ejecución de Ensayo de Penetración Estándar (S.P.T).....	42
Figura12. Equipo de Resistividad SAS-400 e Implementos.....	44
Figura13. Mapa Topográfico de la Carrera de Artes Plásticas.....	51
Figura14. Mapa de pendientes de la carrera de Artes Plásticas.....	52
Figura16. Afloramiento de Lutitas (superior) y Conglomerados (inferior).....	53
Figura17. Afloramiento de Conglomerados y Lentes de Limolitas.....	54
Figura18. Afloramiento de Terrazas Aluviales, y Depósitos Aluviales.....	55
Figura19. Afloramiento de Depósitos Coluvio – Aluviales.....	56
Figura20. Afloramiento de Depósitos Antrópicos (Relleno).....	57
Figura21. Zona Sísmicas para Propósito de Diseño y Valor del Factor de Zona Z...58	
Figura22. Ubicación de los Sondeos Directos e Indirectos.....	60
Figura23. Estratigrafía de la Calicata 01.....	61
Figura24. Estratigrafía de la Calicata 02.....	61
Figura25. Conjunto de Datos de Nspt de los Sondeos Realizados.....	64
Figura26. Curva de Sondeo Eléctrico Vertical.....	66
Figura26. Geología área de Estudio.....	66
Figura27. Geotecnia del área de estudio.....	67
Figura28. Estratigrafía del Sector de Estudio.....	69
Figura29. Cimentación de plinto aislado con viga de atado.....	70

Índice de anexos:

Anexo 1. Fichas Descripción de Afloramientos	81
Anexo 2. Fichas Descripción de Calicatas	86
Anexo 3. Resultados Muestras de Calicatas	88
Anexo 4. Resultados Muestras de Sondeos (SPTs)	91
Anexo 5. Resultados Capacidad Portante del Suelo	101
Anexo 6. Resultados Perfil Estratigráfico	105
Anexo 7. Registro de Sondeos Eléctricos Verticales	107
Anexo 8. Resultados de Sondeos Eléctricos Verticales	108
Anexo 9. Resultados Parámetros Geotécnicos	109
Anexo 10. Certificado del director de Trabajo de Titulación	111
Anexo 11. Certificado de traducción del resumen	112
Anexo 12. Mapa de Ubicación	113
Anexo 13. Mapa de Topográfico	113
Anexo 14. Mapa de Pendientes	113
Anexo 15. Mapa de Ubicación de Sondeos	113
Anexo 16. Mapa Geológico	113
Anexo 17. Mapa Geotécnico	113

1. Título

Estudio geológico - geotécnico para la ampliación de la infraestructura física de la carrera de Artes Plásticas de la Universidad Nacional de Loja, ubicada en el sector la Argelia, cantón y provincia de Loja.

2. Resumen

El presente trabajo de titulación desarrollado al Sur de la ciudad de Loja, denominado “Estudio geológico - geotécnico para la ampliación de la infraestructura física de la carrera de Artes Plásticas de la Universidad Nacional de Loja, ubicada en el sector la Argelia, cantón y provincia de Loja., “se inició con el levantamiento topográfico otorgado por el Departamento de Desarrollo Físico, y acoplado por el autor a escala 1:1000, el cual sirvió como base para el levantamiento geológico estructural en una zona comprendida de 1.26 hectáreas (ha), con una conformación litológica dominante en el terreno de una secuencia de estratos sub horizontales de lutitas, arcillas, limolitas, areniscas, conglomerados intercalados con lentes de arenas y conglomerados denominados depósitos coluvios - aluviales, del complejo sedimentario de la formación Quillollaco (MLPq).

Para realizar la caracterización geotécnica se aplicó métodos directos localizados de acuerdo a criterios técnicos y estratégicos como: 2 calicatas y 2 SPTs, y describir las propiedades físicas mecánicas de los geos materiales a partir de las muestras obtenidas en campo, y ensayadas en el laboratorio de acuerdo a las normas ASTM vigente para adquirir las clasificaciones **SUCS y AASTHO**.

Se aplicó métodos indirectos denominadas sondeos eléctricos verticales (**SEV**) ubicada una en el sector Sur entre el sondeo **AAP-01** y calicata **CAP-01**, del terreno. Corroborando la información obtenida fue contrastada donde permitió elaborar el mapa geotécnico del terreno, clasificando en 2 zonas geotécnicas, priorizando la zona 1 la más apta con una capacidad admisible **Qa=** de **5.5 T/m²**, con un ángulo de fricción **ϕ= 27°** determinadas estratigráficamente como suelos competentes para la construcción o ampliación física de 3 plantas, con cimentación de zapata aislada con base (B) de 2.0 m y un asentamiento de 2.38 cm por límite de servicio para zapatas aisladas de 1.0 m x, 2.00 m de área y un desplante de fundación (df) de -2.00 m de profundidad.

Palabras claves: *Geo-materiales, unidades geotécnicas, modelo geotécnico, zapata aislada parámetros de construcción.*

Abstract

The present research work developed in the South of the city of Loja, called "geological-geotechnical study for the expansion of the physical infrastructure of the Plastic Arts degree at the National University of Loja, located in the Argelia sector, canton and province of Loja", the work began with the topographic survey granted by the Department of Physical Development, and coupled by the author at a scale of 1:1000, which served as a basis for the structural geological survey in an area comprised of 1.26 hectares (ha), with a dominant lithological conformation in the terrain of a sequence of sub-horizontal strata of shales, clays, siltstones, sandstones, conglomerates interspersed with lenses of sands and conglomerates called alluvial, of the sedimentary complex of the Quillollaco formation (MLPq).

To carry out the geotechnical characterization, direct methods were applied according to technical and strategic criteria such as: 2 pits and 2 SPTs, and describe the physical-mechanical properties of the geomaterials from the samples obtained in the field, and tested in the laboratory. according to current ASTM standards and obtain SUCS and AASTHO classifications.

Indirect methods called vertical electrical soundings (SEV) were applied, located in the southern sector between the AAP-01 sounding and the CAP-01 pit, of the terrain. Corroborating the information obtained, it was contrasted where it allowed the preparation of the geotechnical map of the terrain, classifying it into 2 geotechnical zones, prioritizing zone 1, the most suitable with an admissible capacity $Q_a = 5.5 \text{ T/m}^2$, with a friction angle $\phi = 27^\circ$ determined stratigraphically. as competent soils for the construction or physical expansion of 3 floors, with an isolated footing foundation with a base (B) of 2.0 m and a settlement of 2.38 cm per service limit for isolated footings of 1.0 m x, 2.00 m in area and an offset of foundation (df) -2.0 m deep.

Keywords: *Geo-materials, Geotechnical units, geotechnical model, isolated footing construction parameters.*

3. Introducción

La inexistencia de estudios ingenieriles de suelo como (geológicos - geotécnicos) a detalle en diferentes áreas de la Universidad Nacional de Loja han ocasionado la necesidad de realizar un Estudio geológico geotécnico para la ampliación de la infraestructura física de la carrera de Artes Plásticas de la Universidad Nacional de Loja, ubicada en el sector la Argelia, cantón y provincia de Loja., en una superficie comprendida de 1.26 hectáreas (ha) cuya finalidad es para establecer parámetros geotécnicos fundamentales para el diseño y construcción de obras civiles garantizando cualquier estructura que se implanten.

Por lo tanto en la siguiente investigación se prevé conocer las unidades geológicas geotécnicas del área de estudio, solucionando así la carencia de información nueva de características litológicas, y parámetros físicos mecánicos del terreno, el cual se utiliza una metodología con información experimental de tipo descriptiva que se basó en el conocimiento detallado; donde se efectuaron trabajos de campo de topografía, geología estructural, geomorfología, pendientes, calicatas, sondeos SPTs, y sondeos eléctricos verticales (SEVs), posteriormente efectuando los ensayos en el laboratorio para obtener las propiedades de los geo-materiales presentes en el subsuelo.

De tal manera todo esto se consolida en el trabajo de oficina para analizar e interpretar los resultados obtenidos en campo y laboratorio, para generar un modelo geológico-geotécnico y recomendar parámetros de construcción, para la ejecución del proyecto.

El presente estudio tiene como objetivo establecer un conjunto de recomendaciones, permitiendo fortalecer y afianzar de mejor manera el sistema de asentamientos estudiantiles, y así minimizar las afectaciones que estos puedan presentar en el ámbito social y económico.

Para dar cumplimiento al tema principal se ha propuesto los siguientes objetivos:

Objetivo General:

Elaborar el estudio geológico – geotécnico para la ampliación de la infraestructura física de la carrera de Artes Plásticas de la Universidad Nacional de Loja, ubicada en el sector la Argelia, cantón y provincia de Loja.

Objetivos Específicos:

Realizar el levantamiento geológico – estructural de las unidades presentes en la zona de estudio.

Determinar las propiedades físico - mecánicas de los geo - materiales que componen el área de estudio.

Proponer parámetros geotécnicos para la construcción de infraestructura a partir de un mapa geotécnico.

4. Marco teórico

4.1 Topografía

La topografía aborda el conjunto de procedimientos para determinar las posiciones relativas de los puntos sobre la superficie de la tierra y su representación en un plano o dibujo a escala. (Echeveste, 2018).

En un sentido más general la topografía es considerada como la disciplina que comprende todas las técnicas y métodos para medir, ubicar y procesar puntos en el terreno ya sea mediante la medición de distancias y ángulos horizontales y verticales, o mediante el sistema global.

Como resultado del “levantamiento topográfico” es el mapa topográfico, utilizado para representar los accidentes naturales de una porción de la superficie terrestre y también los elementos artificiales, humanos o culturales, como redes de transporte, poblaciones o fronteras políticas de las provincias o estados.

4.2 Geología

Según Duque (2016) define a la geología como la ciencia que estudia todo el planeta Tierra, describiendo los materiales que lo componen con el fin de estudiar su historia y evolución e intentando comprender las causas de los fenómenos endógenos y exógenos.

Escobar, G (2003) señala que “la geología física estudia los materiales que componen la tierra y busca dar cuenta de los diversos procesos que ocurren por encima y por debajo de la superficie terrestre”. A diferencia de la geología histórica, se trata de conocer los orígenes de la Tierra y su evolución a lo largo del tiempo.

Según Obando (2009) indica que para la determinación de una obra de construcción es importante el reconocimiento geológico del terreno, tanto en superficie como en profundidad, actividad importante e indispensable para verificar la adecuación del lugar definido y detectar eventuales problemas.

“La litología, la geomorfología, la estructura y el estado de meteorización, entre otros, son factores determinantes en la ocurrencia de zonas inestables”. (Suarez, 2009).

4.2.1 Definición de Suelos y Rocas

Los términos suelos y rocas, son usados por los ingenieros civiles aplicando una clara distinción entre estos dos términos manteniendo los principios de su origen.

La roca es definida como un agregado de minerales que se encuentran de mineral natural y en estado sólido en la corteza terrestre y el manto. Las rocas se clasifican en ígneas, sedimentarias y metamórficas dependiendo de su génesis y origen. (Tarbuck y Lutgens, 2010).

Las rocas se clasifican en ígneas, sedimentarias y metamórficas dependiendo de su génesis y origen.

Los suelos son considerados como un agregado natural y su composición es producto de la meteorización y orogénesis que pueden ser gentilmente separados fácilmente ya sea por la mecanización del agua o en estado seco. (Terzaghi, et ál, Peck y Mesri,1996).

4.2.1.1 Origen y Formación de los Suelos.

Según (González de Vallejo, 2004), se afirma que el suelo se forma en macizos rocosos preexistentes que constituyen la roca madre, la cual es sometida a los efectos destructivos de la erosión ambiental en tres etapas:

Biológicamente, se produce por la actividad bacteriana en la que se descomponen materiales orgánicos y se mezclan con otras moléculas de origen físico químico, actuando como elemento catalítico.

Mecánicamente, se produce por cambios de condiciones e intrusión de agua, provocando grietas en la roca huésped y las grietas se vuelven cada vez más pequeñas en tamaño provocando que se separen de la roca por factores externos como el agua, el viento y la gravedad. Las partículas formadas constituyen el suelo

Química, se dan fenómenos de hidratación, disolución, oxidación, adhesión, etc.

4.2.1.2 Tipos de Suelos.

Según (González de Vallejo, 2004), muestra la necesidad de utilizar el método de ensayo del suelo, ya que es un material complejo debido a su diferente tamaño de partícula y composición química dependiendo de su tamaño de grano y el cumplimiento de las normas D.I.N., A.S.T.M, A.E.N.O.R. El suelo se ha dividido en cuatro grandes grupos.

Gravas, está formada por partículas que varían en tamaño entre 8, 10, y 2mm; se caracteriza por el hecho de que las partículas se observan directamente. constan de tamaño de grano que varía entre unos 8 – 10 cm y 2mm; se caracterizan porque los granos son observables directamente. Son capaces de permear el flujo de agua debido a su baja movilidad superficial y grandes distancias entre partículas.

Arenas, están comprendidas entre partículas que van de 2 a 0.060mm, todavía son observables a simple visto, se disgregan muy fácil al tacto, al mezclarse con agua no se forman masas sólidas, se separan de ella con facilidad.

Limos, es un suelo de grano fino ásperos al tacto con poca o ninguna plasticidad, pueden ser limo inorgánico como el que se encuentra en las canteras, o limo orgánico como el que se encuentra comúnmente en los ríos, siendo este último con propiedades plásticas. El diámetro

de las partículas de sedimento oscilo entre 0.06mm y 0.002mm. están sueltos y saturados de barro, son completamente inadecuados para soportar cargas en estanterías. Su color va desde gris claro al muy oscuro. Al no encontrarse en estado consolidado o compacto, se considera suelos pobres es decir no aptos para cimentar.

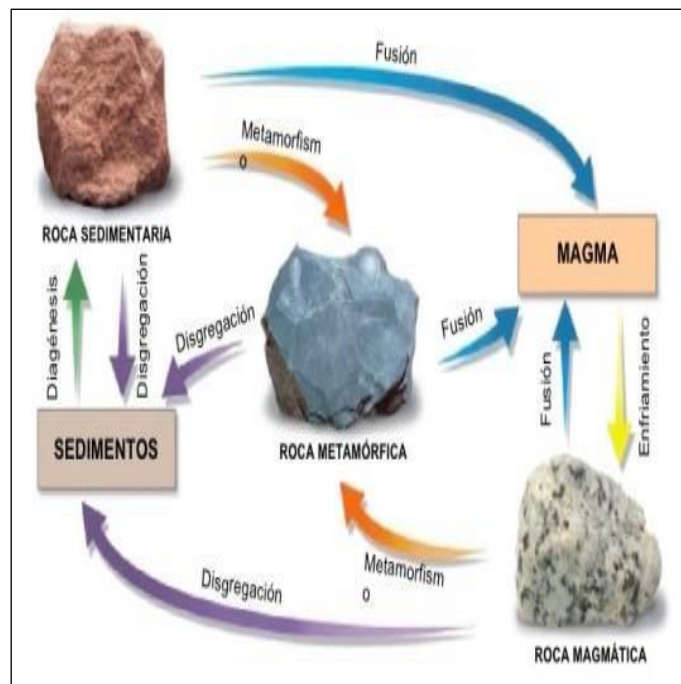
Arcillas, está formada por partículas más pequeñas que los limos de 0.002mm, su composición es debido a los silicatos, son muy impermeables por lo que son generalmente los materiales más problemáticos.

4.2.2 Ciclo de las Rocas

El ciclo de las rocas describe los pasos que ocurren en la transformación de los minerales para que se formen nuevas rocas. El motor del ciclo de las rocas es la interacción de fuerzas exógenas y endógenas. Las fuerzas exógenas están activas en la superficie de la tierra y causan un ciclo permanente de erosión. Son las que provocan el transporte, almacenamiento y depósito de rocas. Las fuerzas endógenas tienen lugar en la corteza terrestre y se manifiestan en forma de tectónica, magmatismo y metamorfosis.

Así, “el ciclo de las rocas es una aplicación de los procesos de formación y descomposición de las rocas; es decir, la formación de las rocas sedimentarias, ígneas y metamórficas”. (Strahler,1987). Como se puede indicar en la Figura1.

Figura1.
El Ciclo de las Rocas



Nota: En la figura se indica los procesos físicos que sufren las rocas ígneas metamórficas y sedimentarias. *Adaptado de 11 ciclos, 2015.*

4.2.3 Rocas Sedimentarias

Las rocas sedimentarias son las rocas formadas por partículas de otras rocas. El producto de la meteorización mecánica y química constituye la materia prima para las rocas sedimentarias; estas se pueden formar de cualquier variedad de roca preexistente a partir de su sedimento, el cual es transportado por ríos, olas, corrientes oceánicas, vientos o hielo glacial y finalmente se deposita en capas sobre el fondo oceánico, en los lechos de lagos o en superficies de tierras bajas. (Strahler, 1987).

4.2.3.1 Litología de depósitos sedimentarios.

En general, los sedimentos cuaternarios que cubren los afloramientos rocosos se formaron como resultados de procesos geodinámicos ocurridos en la era moderna. Aunque estos eventos pueden estar asociados con otros factores más complejos, los factores más comunes son el clima y el transporte de escombros a terrenos poblados por humanos. Esta clase tiene características únicas que le permiten caracterizarse como típica de un entorno deposicional particular. Por lo tanto, sus nombres vienen dados entendiendo su litología, tamaño de grano, forma, tamaño, continuidad y disposición. (Ayala, 2018)

Desde el punto de vista de la ingeniería, los depósitos recientes se denominan depósitos sedimentarios. Estas propiedades físicas están directamente relacionadas con el espacio geográfico que ocupan. Son: depósitos coluviales, depósitos aluviales, depósitos lacustres, sedimentos costeros, sedimentos glaciares, sedimentos de climas tropicales, sedimentos volcánicos. (González de Vallejo, 2004).

4.2.4 Depósitos Coluviales

Son el resultado de la alteración in situ y la deposición del macizo rocoso a lo largo del talud. Suelen estar compuestos por gravas angulares inestables (guijarros, y bloques) transportados en fragmentos por la gravedad y el agua. Tienen una matriz limosa arcillosa y generalmente no superan los 5 m de espesor. En algunos casos, pueden formarse sobre terrazas aluviales y parecen ser los mismos sedimentos. (Ayala, 2018).

4.2.5 Depósitos Aluviales

Son productos del transporte de residuo y de la sedimentación bajo la influencia del agua. Los elementos que los componen son arcilla, arena, gránulos, guijarros, piedras y bloques de diversas formas, desde angulares hasta redondeadas. Por tanto, ocupan cauces fluviales, llanuras y paleocanales en forma de abanicos. Los que se encuentran a lo largo de valles de mayor anchura y longitud están representados por depósitos fluviales. Una forma práctica de diferenciarlos es utilizar sus troqueles y fábricas. Por

ejemplo, en los depósitos en abanico, la matriz es predominante arcillosa y la gama de clastos es pequeña. Este último parámetro es fundamental para distinguir los sedimentos fluviales (clastos imbricados individuales). (Ayala, 2018).

4.2.6 Mapeo Geológico

Según (Thomas, J.A.G, 1977), afirmó que un mapa geológico representa los diferentes tipos de unidades geológicas que se encuentran en la superficie terrestre y sus respectivas conexiones en un mapa topográfico. Los mapas geológicos también representan características estructurales (pliegues, fallas, etc.), depósitos fósiles, capas hidrogeológicas (manantiales, drenajes, etc.) y minerales.

Es el proceso de transferir observaciones geológicas de campo a uno de varios tipos de mapas base. (Echeveste, 2018).

Un mapa geológico es, en particular, una representación gráfica de una parte de la superficie de la Tierra, donde las características proyectadas en el plano (accidentes geográficos naturales, limitaciones políticas, ingeniería humana, contactos litológicos y muchas otras características posibles) deben permanecer idénticas. La superficie terrestre debe tener relaciones espaciales. Esta distribución estará regulada por la escala del mapa construido.

4.2.7 Geomorfología

Según Escobar, (2003), asevera que “La geomorfología es la ciencia que estudia las morfologías de la Tierra, especializándose en estructura (incluye arquitectura geológica) y clima (intereses en modelación), combinado con métodos estadísticos de sedimentología y laboratorio, siendo los más importantes motivo, que perdió su aislamiento y se convirtió en una ciencia que abordaba múltiples factores e incluía el estudio de la topografía dentro de los escenarios naturales de la geografía física interpretativa global.

4.3 Geotecnia

Según Sagaseta, (2010), la ingeniería geotécnica se define como una rama de la ingeniería geológica que se encarga de estudiar las propiedades mecánicas y de ingeniería de los materiales en el ambiente geológico mediante la realización de investigaciones de suelos y rocas previas al desarrollo de la fase de construcción, para determinar sus características y diseñar la cimentación de acuerdo al tipo de infraestructura a colocar.

Según la (NEC-SE-CG, 2014-2015), se trata de unidades de construcción de categoría baja (hasta 3 niveles), como andenes de carga y descarga, bodegas, vías de acceso, entre otras.

Cantabria, (2010), menciona que la investigación geotécnica se refiere a una serie de estudios y experimentos o ensayos realizados sobre el terreno y la interpretación de los datos obtenidos de los mismos, que caracterizan las diferentes zonas de suelo incluidas en el estudio. Sus características dependen de los objetivos y las características del proyecto, y adicionalmente el suelo para determinar las propiedades geológicas, también determina el comportamiento del geomaterial utilizando sus propiedades físicas y mecánicas.

4.3.1 Mecánica del suelo

Crespo, (2011) define la mecánica de suelos: como parte de las ciencias físicas, de las acciones de las fuerzas sobre los objetos. De manera similar, la mecánica de suelos es una rama de la mecánica que estudia los efectos de las fuerzas sobre el suelo.

Karl y Terzaghi, (1946), afirmaron que la mecánica de suelos es la aplicación de las leyes de la mecánica y la hidráulica a problemas de ingeniería que involucran la acumulación suelta de sedimentos y otras partículas sólidas que son productos de la descomposición química y mecánica de las rocas.

4.3.2 Propiedades Físicas de los Suelos

El suelo resulta de la descomposición del lecho rocoso por proceso de erosión o descomposición, que a su vez pueden ser físicos o químicos.

Para Marín, (2008), la representación de propiedades físicas, también llamadas indicadores, se refiere a propiedades físicas que son necesarias para determinar su estado físico, para realizar análisis y proyectos adecuados en ingeniería, por lo que se deben estudiar estas propiedades, por ejemplo: Tamaño de partícula, plasticidad, gravedad específica y humedad, y mediante esto utilizar para comprender su comportamiento mecánico.

4.3.2.1 Peso Unitario.

Conocido como el peso de los sólidos (partículas) del suelo por unidad de volumen. Es el peso, por unidad de volumen, de la parte sólida (partículas) de un suelo. (Se toma en cuenta volumen total).

La gravedad específica o peso unitario de una sustancia se define como su peso por unidad de volumen. Como aclararemos en otro apartado, hoy en día esta definición se considera obsoleta e indeseable, y su nombre correcto es gravedad.

Se calcula dividiendo el peso de un objeto o parte de una sustancia por el volumen que ocupa. $Pe = \text{densidad/volumen de sustancia}$.

4.3.2.2 Contenido de humedad.

La determinación del contenido de humedad es un ensayo rutinario de laboratorio para determinar la cantidad de agua presente en una cantidad de suelo en términos de su peso en seco determinando por la norma (ASTM D2216- 71).

4.3.2.3 Limite líquido.

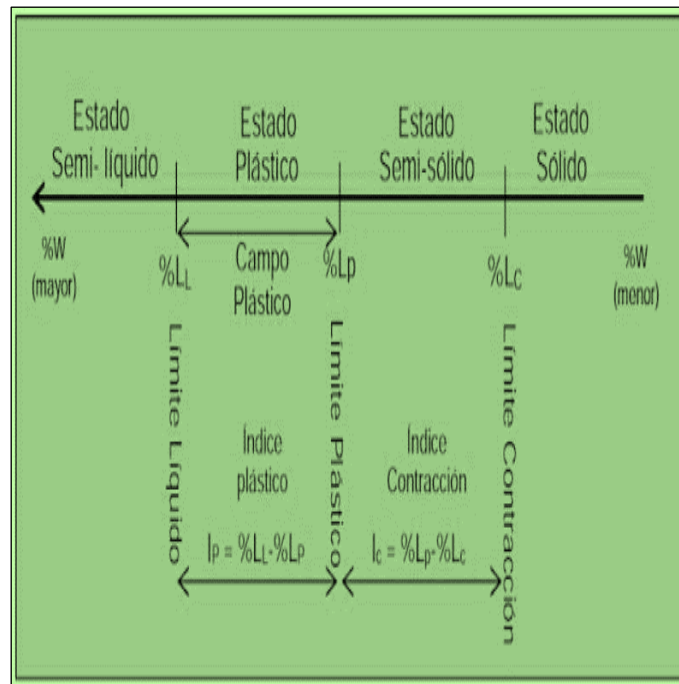
Cuando el suelo pasa de un estado semilíquido a un estado plástico y puede moldearse. Para la determinación de este límite se utiliza la cuchara de Casagrande.

4.3.2.4 Limite plástico.

Cuando el suelo pasa de un estado plástico a un estado semisólido y se rompe tal como se observa en la Figura2.

Figura2.

Estado de Consistencia de los Suelos Finos



Nota: En la figura se observa el estado de consistencia de los suelos finos. Adaptado de (Holtz & Kovacs). *Introducción a la Ingeniería Geotécnica*.

4.3.2.5 Límite de contracción.

Es el contenido de humedad al que la mezcla de suelo y agua entra en estado semisólido. Por debajo de este límite la mezcla se encuentra en estado sólido.

El límite de contracción de un suelo también se define como el contenido mínimo de humedad, por debajo del cual este contenido de humedad una disminución en el contenido de agua no provocara una disminución en el volumen de la muestra del suelo, pero un aumento en el contenido de agua provocara un aumento en el volumen de muestra de suelo.

4.3.2.6 Análisis granulométrico.

Su finalidad es obtener la distribución por tamaño de las partículas presentes en una muestra de suelo (ASTM D422). Así es posible también su clasificación mediante AASHTO 3282 o SUCS (ASTM D2487). El ensayo es importante, ya que gran parte de los criterios de aceptación de suelos son utilizados en bases o sub-bases de carreteras, presas de tierra o diques, drenajes, etc. Para obtener la distribución de tamaños, se emplean tamices normalizados y numerados, dispuestos en orden decreciente.

4.3.3 Propiedades Mecánicas de los Suelos

Crespo, (2011), menciona que el suelo es una fina capa de material de la corteza terrestre resultante de la descomposición de las rocas y/o de los restos físicos y/o químicos de la actividad biológica suprayacente. Considerando la variedad de suelos que se encuentran en la naturaleza, la mecánica de suelos ha desarrollado varios métodos de clasificación de suelos.

En realidad, cada uno de estos métodos tienen su propio alcance dependiendo de sus necesidades y aplicación Y así se tiene la clasificación de los suelos basado en el tamaño de las partículas, la clasificación de la Asociación Americana de funcionarios de caminos públicos (American Association State High-way Officials), la clasificación de la Administración Aeronáutica Civil (C.A.A.), el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S), etc.

4.3.3.1 Resistente Cortante del Suelo.

La resistencia al corte del suelo se caracteriza por el ángulo de fricción y la cohesión del modelo de Mohr – Coulomb, que son los parámetros básicos de la ingeniería geotecnia. Los suelos fallan o pandean cuando exceden su resistencia al corte, es decir, cuando alcanzan una tensión equivalente a la tensión última. (López, et ál, Larrúa, y Recarey, 2009).

Criterio de Mohr – Coulomb. Mohr (1900), sugirió que el criterio de resistencia más apropiado para los suelos se denomina criterio de resistencia o falla de Mohr – Coulomb, lo que implica que los suelos fallan por una combinación de esfuerzos normales y cortantes que actúan sobre planos (planos de falla). Por lo tanto, la relación entre estos esfuerzos se expresa de la siguiente manera:

$$\tau_f = (\sigma) \quad (1)$$

Dónde:

τ_f : Esfuerzo cortante en el plano de falla

σ : Estrés normal en el plano de falla

Para Coulomb (1776), la plataforma de falla se define mediante la ecuación como una curva, y para la mayoría de los problemas de mecánica de suelos es suficiente aproximar el esfuerzo cortante en la superficie de falla como una función lineal del esfuerzo normal, es decir, criterio de falla de Mohr- Coulomb. Como se presenta de la siguiente manera:

$$\tau_f = c + \sigma \tan \phi \quad (2)$$

Dónde:

τ_f : Esfuerzo cortante en el plano de falla

C: cohesión

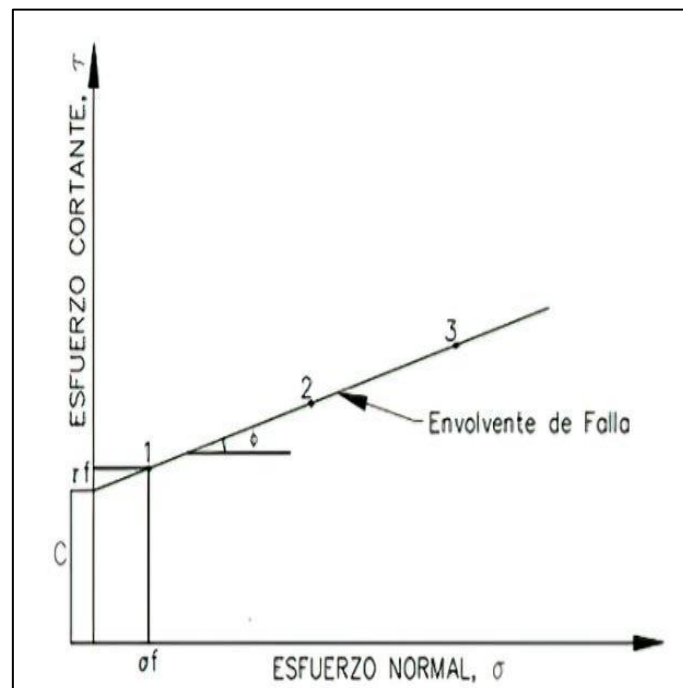
σ : estrés normal en el plano de falla

ϕ : ángulo de fricción interna

El punto de intersección en el eje τ se define como c, “cohesión” y el ángulo que forma con la horizontal se llama ϕ “ángulo de fricción interna”. Como se muestra en la Figura3.

Figura3.

Resistencia a Cortante del Suelo



Nota: En la figura se observa el esfuerzo cortante del suelo formando un ángulo de fricción interna. Adaptado de Braja (2015). *Fundamentos de ingeniería geotécnica*.

4.3.4 Descripción y Clasificación de los Suelos

Los suelos se clasifican según sus propiedades mecánicas y de ingeniería. Para expresar de forma breve y precisa las características generales del suelo se debe utilizar el mismo lenguaje llamado sistema de clasificación. Actualmente, en ingeniería se utilizan

comúnmente dos sistemas de clasificación, que utilizan la distribución del tamaño de las partículas del suelo y de la plasticidad. Se trata del American Association of State Highway Officials (AASHTO) y el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). (Braja M. Das, 2013).

Los tipos de suelos más comunes se describen a continuación, junto con los ingenieros civiles suelen utilizar para identificarlos, utilizando los prefijos y sufijos. (Crespo, 2004).

En la siguiente Tabla1, se muestra dichos símbolos y grupos de clasificación con su respectivo significado.

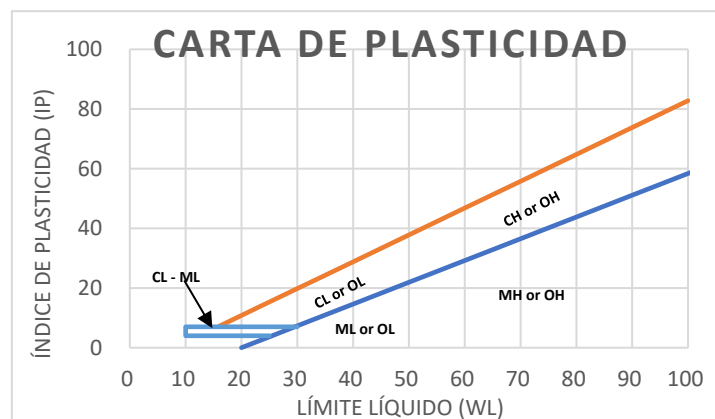
Tabla1.
Símbolos y Grupos de Clasificación SUCS

Tipo de suelo	Prefijo	Subgrupo	Sufijo
Grava	G	Bien graduado	W
Arena	S	Pobremente graduado	P
Limo	M	Limoso	M
Arcilla	C	Arcilloso	C
orgánico	O	Limite liquido alto (>50)	L
Turba	Pt	Limite liquido bajo (<50)	H

Nota: En la tabla se muestra la descripción de los suelos con su simbología y subgrupos. Adaptado de Marín (2008). *Mecánica de Suelos*

En la Figura4, se representa la clasificación de suelos que integra la gráfica de plasticidad, la cual representa los valores de Límite Líquido y del Índice de Plasticidad en un campo de coordenadas cartesianas para discriminar las arcillas y los limos de acuerdo con la relación de dichos valores.

Figura4.
Carta de Plasticidad SUCS



Nota: En la figura se indica la carta de plasticidad de acuerdo a la clasificación SUCS. Tomado de Crespo C, 2011. Adaptado por Guerrero C, 2015.

4.3.4.1 Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

El análisis granulométrico a través de una matriz permite comprender los diferentes tamaños de partículas presentes en los diferentes tipos de suelo, el tamiz se utiliza para separar el suelo en grava, arena, y partículas finas y obtener datos de porcentajes, así como de propiedades plásticas, y así se conoce el nombre del tipo del suelo. (Garces Castillo, s.f.).

El propósito del análisis del tamaño de partículas es comprender las proporciones de cada sustancia en el suelo. Para partículas mayores a 0,075 mm se utiliza el método seco y para partículas iguales o menores a 0,075 mm se utiliza el análisis granulométrico por sedimentación mediante un hidrómetro por el método húmedo. (González de Vallejo, 2004).

Según Duoc UC, 2016, presenta la clasificación del sistema unificado SUCS tal como se puede observar en la Figura5.

Figura5.
Sistema de Clasificación SUCS.

SISTEMA DE CLASIFICACIÓN USCS			
FINOS (≥ 50% pasa 0,08 mm)			
Tipo de Suelo	Símbolo	Lím. Liq. wt.	Índice de Plasticidad IP
Limos Inorgánicos	ML	< 50	< 0,73 (wL - 20) ó < 4
	MH	> 50	< 0,73 (wL - 20)
Arcillas Inorgánicas	CL	< 50	> 0,73 (wL - 20) y > 7
	CH	> 50	> 0,73 (wL - 20)
Limos o Arcillas orgánicas	OL	< 50	** wL seco al horno ≤ 75% del wL seco al aire
	OH	> 50	
Altamente Orgánicos	Pi	Materia orgánica fibrosa se carboniza, se quema o se pone incandescente	
* Si IP = 0,73 (wL - 20) ó si IP entre 4 y 7 e IP > 0,73 (wL - 20), usar símbolo doble: CL-ML, CH-OH			
** Si tiene olor orgánico debe determinarse adicionalmente wL seco al horno			
En casos dudosos favorecer clasificación más plástica Ej.: CH-MH en vez de CL - ML			
Si wL = 50: CL-CH ó ML-MH			

SISTEMA DE CLASIFICACIÓN USCS						
GRUESOS (< 50% pasa 0,08 mm)						
Tipo de Suelo	Símbolo	% Ret. en 5 mm	% Pasa* 0,08 mm	CU	CC	**IP
Gravas	GW	> 4	1 a 3			
	GP	< 5	Si no cumple requisitos de GW es GP:			
	GM	> 12	< 0,73 (wL - 20) ó < 4			
	GC	> 12	> 0,73 (wL - 20) y > 7			
Arenas	SW	> 6	1 a 3			
	SP	< 5	Si no cumple requisitos de SW es SP:			
	SM	> 12	< 0,73 (wL - 20) ó < 4			
	SC	> 12	> 0,73 (wL - 20) y > 7			
* Entre 5 y 12% usar símbolo doble como GW-GC, GP-GM, SW-SM, SP-SC						
** Si IP = 0,73 (wL - 20) ó si IP entre 4 y 7 e IP > 0,73 (wL - 20), usar símbolo doble: GM-GC, SM-SC						
En casos dudosos favorecer clasificación menos plástica Ej.: GW-GM en vez de GW-GC						
		$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$				
						$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$

Nota: En la figura se indica los tipos de suelos con su respectiva simbología de la clasificación SUCS. Tomado de Duoc UC, 2016.

4.3.4.2 Clasificación de Suelos AASHTO.

Según (Braja M. Das, 2013), este sistema de clasificación de suelos fue desarrollado en 1929 con un Sistema de Clasificación de Administración de Carreteras. Ha sido revisado por varias veces y la versión actual fue propuesta en 1945 por el Comité de Clasificación de Materiales para Tipos de Carreteras Subrasantes, Granulares del

Consejo de Investigación de Carreteras (Norma ASTM D-3282; método AASHTO M145).

Según este sistema, el suelo se divide en siete grupos principales: A-1 a A-7. Los suelos clasificados en los grupos A-1, A-2 y A-3 son materiales granulares en los que el 35% o menos de las partículas pasan a través del tamiz N^o. 200. Suelos en el que más del 35% pasan a través del tamiz núm. 200 se clasifican en los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7. Se trata principalmente de materiales a base de limo y materiales y arcilla. Este sistema de clasificación se basa en los siguientes criterios de: tamaño de grano, plasticidad, rocas, cantos y guijarros encontrados.

En la Tabla2, se muestra la clasificación de suelos AASHTO de acuerdo a la ASTM D 3282.

Tabla2.
Clasificación de Suelos AASHTO

Clasificación General	Materiales Granulares (35% o menos pasa el tamiz # 200)							Materiales limo-arcillosos (más de 35% pasa el tamiz # 200)			
	A-1		A-3 ^A	A-2							A=7
Clasificación de grupo	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-4	A-5	A-6	A-7-5 A-7-6
Tamizado, % que pasa											
N ^o 10 (2,00mm)	50 máx.	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
N ^o 40 (425 µm)	30 máx.	50 máx.	51 mín.	....	....	....	....	....	....	....	....
N ^o 200 (75 µm)	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Consistencia											
Límite Líquido	....	....		B				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad	6 máx.		N.P.	B				10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín. ^B
Tipos de materiales característicos	Cantos, grava y arena		Arena fina	Grava y arena limo-arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Calificación	Excelente a bueno							Regular a malo			
A. La colocación A3 antes de A2 en el proceso de eliminación de izquierda a derecha no necesariamente indica superioridad de A3 sobre A2.											
B. El índice de plasticidad del subgrupo a-7-5 es igual o menor que LL-30. El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6 es mayor que LL-30											

Nota: En la tabla se muestra la clasificación general mediante el porcentaje que pasa en el tamizado y de acuerdo a la consistencia del suelo. *Tomado de Clasificación AASHTO. Adaptada Guerrero C, (2015).*

4.4 Prospección Geotécnica

Los métodos de estudio geotécnico incluyen todas las técnicas geotécnicas utilizados para obtener la información sobre el suelo y las propiedades petrofísicas en lugares donde se planea construir o renovar una determinada infraestructura. (Friedrich, Trude V.V., Bernhard, & Douglas C, 2000).

4.4.1 Métodos de Exploración Geotécnica

Siapa (2014) mencionó que las condiciones para la exploración subterráneas a cierta profundidad son la susceptibilidad a la excavación manual o mecánica, la estabilidad de sus paredes y la presencia de un nivel freático. Si la excavación de un tajo abierto está limitada por la profundidad, la exploración requerirá el uso de equipos de perforación que permitan tomar muestras a mayores profundidades.

Según la (NEC, 2015) su sección Geotecnia y Cimentaciones, las investigaciones geotécnicas deben especificar las propiedades físicas y geomecánicas del subsuelo a través de pruebas, ya sea por investigación directa o indirecta.

4.4.1.1 Métodos de Exploración Directos.

Técnicas que permiten el acceso y observación al subsuelo, con obtención de muestras tales como:

4.4.1.1.1 Calicatas.

Se trata de excavaciones realizadas mediante medios mecánicos tradicionales, que permiten la observación directa del terreno, muestreos y pruebas puntuales de campo. Habitualmente suele ser un pozo de un 1.0 m x 1.0 m de ancho, donde la profundidad que se alcanza depende del tipo de máquina, pero suele tener al menos entre 1.50 m aunque puede llegar entre 3.0 m y 5.0 m de profundidad. (OfiGeo, 2016).

Las calicatas son uno de los métodos más utilizados para estudiar la superficie de terreno y, debido a su bajo costo y rapidez de ejecución, son un elemento común en cualquier tipo de estudios in situ.

4.4.1.1.2 Ensayos de penetración estándar (S.P.T.).

Ureta Chalen (2017), afirma que las pruebas de penetración estándar consisten principalmente en la realización de perforación mecánica del suelo en el lugar propuesto ingenierilmente. Normalmente, la prueba se utiliza para caracterizar suelos granulares y depósitos arcillosos de consistencia rígida donde el uso de tubos Shelby por lo general de torna complejo.

Santi (2012), propuso el siguiente sistema para realizar el SPT (Standard Penetration Test) que básicamente consiste en describir los números de golpes (N) necesarios para

introducir un muestreador (cuchara partida) de 30 cm de largo en capa de suelo, a profundidades variables (generalmente por metro). Se utiliza un martillo de caída libre de 140 lb. (33.5 Kg.) para impactar el muestreador con energía constante, la altura de caída es de 30 plg. (76,2 cm.). El ensayo se efectúa en depósitos de suelo conformados de arena y arcilla blanda; no se recomienda perforar en grava, roca o sedimentos arcillosos consolidados, ya que el equipo puede dañarse al ingresar a dichas formaciones.

Se registra el número de golpes necesarios para inducir la cuchara los primeros 15cm (N_{0-15}), seguidamente otros 15cm, anotando el número de golpes (N_{15-30}), y finalmente introduciendo otros 15cm hasta una profundidad de 45cm, apuntando el número de golpes en este caso de (N_{30-45}).

Se considera los resultados en el ensayo de golpes SPT las dos fracciones finales de conteo de golpes, es decir:

$$N_{SPT} = N_{15-30} + N_{30-45} \quad (3)$$

La prueba debe realizarse durante un máximo de 50 golpes, ya que pasado de este límite, la introducción del equipo de perforación en la formación puede causar daños a la misma. Cuando poseemos esta situación se dice que existe rechazo o rebote (roca o suelo muy bueno).

El número de golpes depende de la consistencia y tipo de suelo, a continuación, en las Tabla3, y Tabla4, se presenta valores de resistencia de suelos cohesivos y compacidad de las arenas necesarios para correlacionarlos con los obtenidos durante el ensayo S.P.T.

Tabla3.

Resistencia de los Suelos Cohesivos

Nº de golpes de SPT	Consistencia	Resistencia a la compresión simple en (kg/cm ²)
<2	Muy Blanda	<0.25
2-4	blanda	0.25-0.50
4 - 8	Media	0.50 – 1.00
8-15	Firme	2.00
15 - 30	Muy firme	4.00
>30	Dura	>4.00

Nota: En la tabla se muestra valores de suelos dependiendo de su consistencia y resistencia. Tomado de Universidad Nacional de Ingeniería, Terzaghi & Peck (2013)

Tabla4.
Compacidad Relativa de la Arena

Numero de golpes de SPT	Compacidad relativa
0-4	Muy Suelta
5-10	Suelta
11-20	Firme
21-30	Muy Firme
31 – 50	Densa
Más de 50	Muy densa

Nota: En la tabla se muestra el número de golpes de acuerdo a la compacidad relativa de las arenas. Tomado de Universidad Nacional de Ingeniería, Terzaghi & Peck (2013)

Existen diversas correcciones para el valor “N” de SPT, que se mencionan continuación:

El valor “N” debe ser corregido según la energía con la que se haya realizado, y el equipo utilizado como lo menciona (Skempton, 1987).

$$N_{60} = CN \times n_H \times n_B \times n_S \times n_R / 60 \quad (4)$$

Dónde:

En la Tabla5, se da a conocer las siguientes nomenclaturas que conforman la fórmula 4 a continuación se detalla.

Tabla5.
Cuadro de Nomenclatura para Correcciones del N del SPT

Nomenclatura	Descripción
N_{60}	número de penetración estándar, corregido por las condiciones en el campo
N	número de penetración medido
n_H	Eficiencia del martinete (%)
n_B	corrección por el diámetro de la perforación
n_S	corrección del muestreador
n_R	corrección por longitud de la barra

Nota: Adaptado de Braja M. Das, (2012). “Fundamentos de ingeniería de Cimentaciones”

A continuación, en la Tabla6, se presenta las siguientes variaciones:

Tabla6.Cuadro de Variaciones n_H , n_B , n_S , n_R , para Correcciones del N del SPT

Variación de n_H			
País	Tipo de martinete	Liberación del martinete	n_H (%)
Japón	Toroide	Cuerda y polea	67
Estados Unidos	De seguridad	Cuerda y polea	60
Argentina	Toroide	Cuerda y polea	45
China	Cuerda y polea	Cuerda y polea	50

Variación de n_B	
Diámetro, mm	n_B
60 – 120	1
150	1.05
200	1.15

Variación de n_S	
Variable	n_S
Muestreador estándar	1.0
Con recubrimiento para arena y arcilla densa	0.8
Con recubrimiento para arena suelta	0.9

Variación de n_R	
Longitud de la barra (m)	n_R
>10	1.0
6-10	0.95
4-6	0.85
0-4	0.75

Nota: Adaptado de Braja M. Das, (2012). “Fundamentos de ingeniería de Cimentaciones”

El valor N_{60} es afectado por diferentes presiones de sobrecarga efectiva ($\sigma'0$) por lo que es necesario estandarizar las diferentes presiones efectivas de sobrecargas a un valor aproximado de 100KN/m^2 .

4.4.1.2 Método de exploración indirecta.

Son aquellos métodos que se aplica sin la necesidad de acceder al terreno, y sirve para realizar mediciones indirectamente de propiedades físicas de los suelos y rocas pues se miden desde la superficie con la aplicación de equipos eléctricos.

Según González de Vallejo, (2004) los métodos indirectos son técnicas no destructivas y de investigación extensiva o con gran cobertura, complementaria de los ensayos in situ, se emplean habitualmente para determinar espesores de suelos y rocas, posición del nivel freático, u otras heterogeneidades del subsuelo.

4.4.1.2.1 Métodos eléctricos.

Se basan en la conductividad eléctrica de la Tierra, o su resistividad inversa. Hay dos tipos básicos; el pasivo y activo. En el modo pasivo, el potencial eléctrico en el suelo subterráneo se mide como producto de reacciones electroquímicas, gradientes de temperaturas o fenómenos relacionados al movimiento de aguas subterráneas. En el método activo, es preciso pasar la corriente eléctrica al subsuelo y un sistema de medición de la resistividad o conductividad para ver la respuesta de los materiales de acuerdo a sus propiedades (Peláez Zapata, 2018).

González L, Ferrer M, Ortuno L, & Oteo C (2002) definen que la resistividad que se obtiene no corresponde a una unidad litológica concreta, sino define al conjunto de materiales afectados por el paso de corriente, y se denomina resistividad aparente (ρ_a).

La resistividad eléctrica es la habilidad de un material para resistir el flujo de la corriente a través de él. La resistividad aparente (ζ_a) se calcula por la siguiente fórmula:

$$\zeta_a = K \frac{\Delta V}{I} \quad (5)$$

Dónde:

ζ_a : resistividad aparente en ohmios metro (Ωm)

k : coeficiente geométrico (m)

ΔV : diferencia de potencial en milivoltios (mV)

I : intensidad de la corriente continua en miliamperios (mA)

El valor de k es una constante que depende de la geometría del circuito:

$$k=2(1/AM-1/AN-1/BM+1/BN)^{-1} \quad (6)$$

La unidad de medida de la resistividad es ohmios por metro (Ωm).

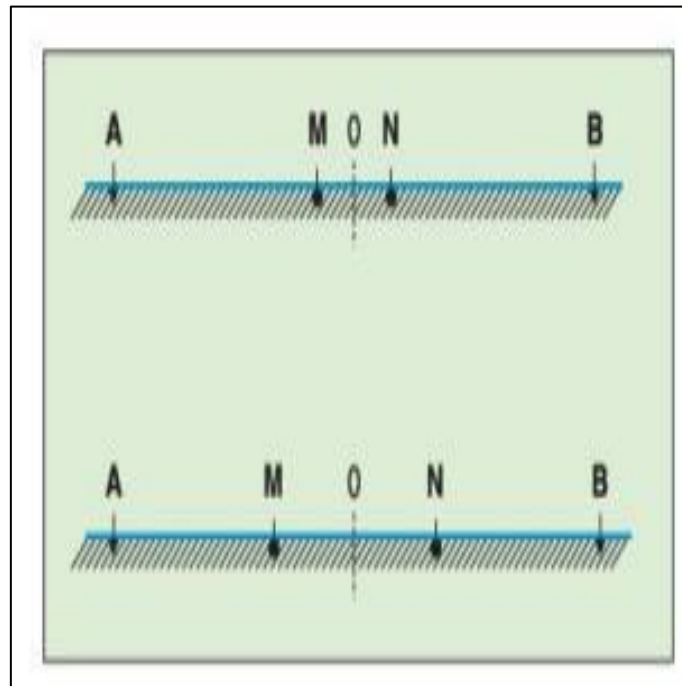
Lo más frecuente es utilizar configuraciones normalizadas, siendo las más comunes las denominadas “Schlumberger” y “Wenner”, como se indican en la Figura 6.

El primera es simétrico, donde electrodos tienen potenciales MN internos alineados con electrodos cuya corriente N-M es inferior a 1/5 de A-B. En la segunda, la práctica es el mismo, excepto que las distancias A-M, M-N y N-B son las mismas.

Los datos de campo utilizados para calcular la resistividad y espesores se obtienen mediante programas informáticos de interpretación. Para el desarrollo de un proyecto es necesario considerar la obtención del espesor y la homogeneidad de la capa de al menos dos puntos de relieve, lo que permitirá una valoración media del terreno y detectar irregularidades o presencia de nivel freático en el lugar. (Auge, 2008).

Figura6.

Arreglo de Schlumberger y Wenner



Nota: En la imagen se observa el arreglo Schlumberger y Wenner empleado para sondeos eléctricos verticales. Adaptado de: González de Vallejo I. (2002)

En la siguiente Tabla7, encontramos rangos de resistividad para ciertos tipos de roca y minerales.

Tabla7.

Rangos de Resistividad de los Geo-materiales Saturados

Material	Resistividad (Ωm)
Basamento roca sana con diaclasas especiales	>10000
Basamento roca fracturada	1500 – 5000
Basamento roca fracturada saturada con agua corriente	100 – 2000
Basamento. Roca fracturada saturada con agua salada	1- 100
Gruss no saturado	500 - 1000
Gruss saturado	40 – 60
Saprolito no saturado	200 – 500
Saprolito saturado	40 – 100
Gravas no saturadas	500 – 2000
Gravas saturadas	300 – 500
Arenas no saturadas	400 – 700
Arenas saturadas	100 – 200
Limos no saturados	100 – 200
Limos saturados	20 – 100

Limos saturados con agua salada	5 – 15
Arcillas no saturadas	20 – 40
Arcillas saturadas	5 – 20
Arcillas saturadas con agua salada	1 – 10
Andosoles secos	1000 – 2000
Andosoles no saturados	300 – 1000
Andosoles saturados	100 – 300

Nota: Esta tabla muestra valores de resistividad de acuerdo al tipo de material. Tomado de: *Arias, Echeverri, & Hoyos (2012)*

4.4.1.2 Métodos sísmicos

Se utilizan para medir la velocidad de las ondas acústicas en el suelo subterráneo, permitiendo caracterizarlas desde la superficie, incluyendo parámetros relacionados con las propiedades de la roca o medio por el que pasa. El movimiento sísmico es leve; utilizar explosiones, vibraciones o golpear el suelo con objetos pesados; para estudiar la propagación de ondas sísmicas y registrar efectos acústicos utilizando sensores o geófonos colocados previamente estratégicamente. Las técnicas sísmicas pueden hacer inferencias importantes sobre las propiedades de las rocas subterráneas, y existen dos técnicas: sísmica de reflexión y refracción. (Peláez Zapata, 2018).

4.4.1.3 Refracción sísmica

La refracción sísmica permite interpretar las propiedades del terreno y la profundidad de la roca mediante el análisis de las variaciones en las velocidades de propagación de las ondas sísmicas correspondientes a las velocidades de transmisión en un medio sólido.

El principio de esto es medir los tiempos de llegada de las ondas de compresión (P) de una fuente sísmica artificial (caída de peso, air gun, martillo, masa, explosivo) en función de la distancia. Los medios más compactos tienen altas velocidades (roca) en comparación con los medios sueltos (aluvión) con velocidades más bajas (Naranjo, H. & Dranichnikov T., 2012).

De la relación de velocidades V_p y V_s se puede obtener las ecuaciones para el cálculo de las propiedades elásticas del material del terreno (Oguilbi A, 1990, Savivh A, 1990); tales como densidad, coeficientes de Poisson, módulo de elasticidad y módulo de corte.

4.4.1.4 Métodos gravimétricos

Ésta permite caracterizar la superficie terrestre midiendo el campo de gravedad natural de la Tierra utilizando diferencias de gravedad en diferentes partes, ya que algunas áreas están más mineralizadas que otras (llamadas formaciones geológicas). Se realizan mediciones relativas o se miden cambios laterales de la atracción gravitatoria, de un

lugar a otro, ya que es más fácil lograr una precisión satisfactoria en dichas mediciones en comparación con las mediciones del campo gravitacional absoluto. (Peláez Zapata, 2018).

4.5 Cimentaciones

La base de una estructura es la que la sostiene sobre el terreno. Suele estar enterrada, trasfiere su peso y la carga que recibe al suelo, haciendo que la estructura que soporta sea estable, la presión transmitida sea menor que la presión permitida y el asiento sea limitado. La cimentación consta de dos partes, un elemento estructural responsable de transferir las cargas al suelo o cimentación, y el área del suelo o superficie de la base, que se ve afectada por estas cargas. La cimentación debe poder soportar las cargas y proteger la estructura contra influencias horizontales como viento y terremotos, manteniendo así su integridad. La interacción entre el suelo - estructura depende de las propiedades del oportuno suelo, la forma y el tamaño de los cimientos y la flexibilidad estructural. (Piqueras, 2019).

4.5.1 Cimentaciones superficiales

Para que las cimentaciones superficiales tengan un desempeño satisfactorio deben tener dos características principales:

1. Tienen que ser seguras contra la falla general por corte del suelo que las soporta.
2. No pueden experimentar un desplazamiento, o un asentamiento excesivo. (El término excesivo es relativo, debido a que el grado de asentamiento permitido para una estructura depende de varias consideraciones).

Las cimentaciones serán clasificadas como superficiales o profundas, diferenciándose entre sí por la relación:

$$\frac{Df}{B} \leq 4 = \text{cimentacion superficial}$$

$$\frac{Df}{B} > 4 = \text{cimentacion profunda}$$

Donde:

Df: Profundidad de desplante

B: Ancho de la cimentación

4.5.2 Capacidad de carga

Terzaghi (1943) fue el primero en presentar una teoría completa para evaluar la capacidad de carga última de cimentaciones aproximadamente superficiales. De acuerdo con su teoría, una cimentación es superficial si su profundidad, Df es menor

que o igual a su ancho. La carga por área unitaria de la cimentación a la que ocurre la falla por corte en un suelo se denomina capacidad de carga última.

Con los valores obtenidos de golpes corregidos (N_{60}), se han aplicado correlaciones universalmente aceptadas, con la finalidad de establecer parámetros mecánicos del suelo tales como cohesión, densidad, y fricción. Esta información ha sido utilizada en el cálculo de capacidad de carga por corte.

A continuación, se detalla la ecuación de capacidad de carga admisible por asentamiento elástico:

$$q_{adm} = \frac{11.98 \times N_{60}}{10} \text{ (para } B < 1.22\text{m)} \quad (7)$$

$$q_{adm} = \frac{7.99 \times N_{60} \left(\frac{3.28B + 1}{3.28B} \right)^2}{10} \text{ (para } B > 1.22\text{m)} \quad (8)$$

Dónde:

Q (adm)= Presión neta admisible en kg/cm^2

N corr = N del S.P.T. corregido.

B = Ancho de la zapata de cimentación.

Mediante la propuesta de Meyerhorf (1956), de correlación para la capacidad de carga usando el ensayo de penetración estándar, y presentado por Bowles (1977) para una solución permisible de 2,5 cm a continuación se presenta:

$$Q(\text{adm}) = 19.16 \left(\frac{s}{25.4} \right) N_{corr} * Fd \quad (9)$$

Dónde:

Q (adm)= presión neta admisible en kg/cm^2

N corr = N del S.P.T. corregido.

Fd = factor de profundidad = $1 + 0,33(Df/B) \leq 1.33$ m

Df = profundidad fundación

B = Ancho de la zapata de cimentación.

Para la determinación de la capacidad de carga de acuerdo a los tipos de suelos se menciona la siguiente: véase Tabla8.

Tabla8.*Capacidad de Carga Admisible Recomendada en Arcillas*

Descripción de la arcilla	N	qa en (kg/cm ²)
Muy Blanda	<2	<0.30
blanda	2-4	0.30-0.60
Media	4 - 8	0.60 – 1.20
Firme	8-15	1.20 – 2.40
Muy firme	15 - 30	2.40 – 4.80
Dura	>30	>4.80

Nota: En la tabla se muestra la capacidad de carga admisible en arcillas. *Tomado de: Crespo Villalaz – Mecánica de suelos y cimentaciones (pag.298)*

De la misma manera se describe en la Tabla9, los tipos de rocas con sus capacidades de carga admisible.

Tabla9.*Capacidad de Carga Admisible en las Rocas*

Rocas sedimentarias	qa en (kg/cm ²)
Lutitas	15 a 25
Calizas	10 a 20
Rocas Metamórficas	qa(kg/cm ²)
Gneiss	100

Nota: En la tabla se muestra la capacidad de carga admisible en rocas sedimentarias. *Adaptado de: Crespo Villalaz – Mecánica de suelos y cimentaciones (pag.304)*

4.5.3 Capacidad de carga última (q_u)

La carga aplicada por unidad de área hasta que ocurra falla por corte en el suelo se llama capacidad de carga última (Braja, 2001). Es decir, es la fuerza aplicada al suelo, a través de la cimentación la que provoca la falla debido a la resistencia al cortante del subsuelo.

4.5.3.1 Método de Karl Terzaghi

Usando el análisis de equilibrio, Terzaghi expresó que la carga última para un cimiento es la siguiente ecuación.

$$q_u = cN_c + qN_q + 1/2 \gamma B N_\gamma \quad (10)$$

Dónde:

c : Cohesión del suelo

γ : Peso específico del suelo

Df : Profundidad de desplante de la cimentación

q : $\gamma \cdot Df$ = sobrecarga efectiva

B : Ancho del cimiento

Nc : Factor de capacidad de carga debido a la cohesión

Nq : Factor de capacidad de carga debido a la sobrecarga

$N\gamma$: Factor de capacidad de carga debido al peso del suelo

Los factores de capacidad de carga, Nc , Nq , $N\gamma$, están en función del ángulo de fricción ϕ del suelo, donde se define mediante las expresiones:

Ángulo de fricción propuesta por Ohsaki (1962)

$$\phi = \sqrt{20} * N_{corr} + 15 \quad (11)$$

Cohesión (CU no drenada) propuesta por Terzaghi y Peck

$$C = ((\frac{N_{corr}}{8})/2) \quad (12)$$

Utilizando la teoría del Dr. Terzaghi y realizando las aplicaciones matemáticas de su modelo de falla, se obtiene un valor límite de carga que puede transmitir el cimiento mediante la siguiente expresión:

Cimentación corrida

$$qu = \frac{2}{3} \cdot C \cdot Nc + q \cdot Nq + \frac{1}{2} \gamma \cdot B \cdot N\gamma \quad (13)$$

Cimentación cuadrada

$$qu = 0.867 \cdot C \cdot Nc + q \cdot Nq + 0.4 \gamma \cdot B \cdot N\gamma \quad (14)$$

Cimentación circular

$$qu = 0.867 \cdot C \cdot Nc + q \cdot Nq + 0.3 \gamma \cdot B \cdot N\gamma \quad (15)$$

4.5.4 Factor de seguridad

El cálculo de la capacidad de carga permisible bruta de cimentaciones superficiales requiere aplicar un factor de seguridad (FS) a la capacidad de carga última bruta o incremento neto del esfuerzo del suelo.

$$q_{perm} = \frac{-qu}{FS} \quad (16)$$

Dónde:

Q_{perm} = es la carga ultima permisible

$q_{neta}(u)$ = capacidad de carga ultima neta

FS = factor de seguridad

La capacidad de carga última neta se define como la presión última por área unitaria de la cimentación que puede soportar el suelo en exceso de la presión causada por el suelo

circundante al nivel de la cimentación. El factor de seguridad para el cálculo de cimentaciones es de 3 en todos los casos.

$$q_{adm} = \frac{q_u - q}{FS} \quad (17)$$

Dónde:

q_{adm} = carga admisible ultima

q_u = carga ultima neta

q = carga general

FS = factor de seguridad

5. Metodología

5.1 Descripción general del área de estudio

La carrera de artes plásticas actualmente cuenta con una infraestructura en buen estado a pesar del tiempo en funcionamiento que posee. Estructuralmente no presenta fracturas o agrietamientos visibles, aunque existe presencia puntual de humedad en las paredes y en los márgenes superiores del bloque del área de estudio.

Cerca del bloque de la carrera antes mencionada que pertenecen al área de estudio existen la presencia de infraestructura en mal estado debido a su vida útil que necesita de subsanar reparaciones en cuanto a estructura.

Además, a su alrededor se evidencia sembríos tales como frutales, verduras entre otros, en parte del terreno se observa relleno de material no calificado que sirve de sostén al parqueadero que existen dentro de la zona estudiada.

5.1.1 Ubicación geográfica

El sector de estudio llamado “ Carrera de Artes Plásticas de la Universidad Nacional de Loja, se encuentra ubicado al sur del Ecuador, y al sur-oeste de la ciudad de Loja, al margen derecho de la vía Loja - Malacatos (sentido norte-sur), localizada en la Ciudadela Universitaria Guillermo Falconi Espinosa en el barrio la Argelia, junto al centro de Madera, diagonal al redondel Ángel Felicísimo Rojas de la avenida Reinaldo Espinosa y la Avenida Éxodo de Yangana – E682, pertenecientes a las parroquias urbanas San Sebastián y Punzara de la ciudad y Provincia de Loja. Abarca una superficie de 1.26 ha.

El área de estudio se encuentra limitada a las siguientes coordenadas UTM proyectadas: Datum WGS84, Zona 17 Sur. Véase Tabla10.

Tabla10.

Coordenadas de Ubicación Polígono de Estudio

Puntos	Coordenadas WGS 84 zona 17S		Altitud (m.s.n.m)
	Este(m)	Norte(m)	
P01	699858	9553927	2224
P02	699848	9553957	2122
P03	699831	9554022	2125
P04	699756	9553933	2126
P05	699769	9553926	2130
P06	699807	9553910	2130

Nota: El autor, 2024

En la Figura7, se detalla geográficamente y políticamente la localización de la zona de estudio, tal como se puede evidenciar en el anexo 12.

Figura7.
Ubicación del Área de Estudio WGS84, Zona 17 Sur



Nota: El autor, 2024

5.1.2 Acceso

Por vía aérea desde la capital (Quito) hasta el aeropuerto Camilo Ponce Enríquez de la ciudad de Catamayo con duración de 1 hora. Una vez en Catamayo, se puede desplazarse por vía terrestre hacia la ciudad de Loja recorriendo 35 km., y aproximadamente al km 30 se intercepta con la vía de Integración Barrial, lugar donde se encuentra el sector Plateado Bajo y luego recorriendo 25 minutos para llegar al sector de estudio.

Por vía terrestre el acceso a la zona de estudio se lo realiza desde la terminal de la ciudad de Loja por la vía de primer orden Loja – Catamayo (Vía Panamericana Transversal Sur - Troncal de la Sierra E35E50), y luego se toma del redondel del Plateado bajo por la vía de integración barrial tramo que conecta la periferia de la ciudad como es Plateado – Chonta Cruz – La Argelia unos 25 minutos aproximadamente.

5.1.3 Clima

El sector de estudio se encuentra dentro de la Hoya de Loja, el clima que predomina es templado, con una precipitación de 900 mm/año y una temperatura media de 16⁰C. En los últimos cuarenta años, la temperatura de la ciudad se ha elevado en 0,7⁰C, habiéndose

registrado en los años 2003 – 2004 las temperaturas más altas, las cuales han llegado a 28⁰C. La época menos lluviosa va de mayo a noviembre. (Geo Loja, 2007)

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

5.1.4 Hidrología

La hidrografía de la hoya de Loja se determina porque su parte central esta drenada por los ríos Malacatos y Zamora.

Como drenajes o ramales hidrográficos secundarias o subsecuentes, que circulan en direcciones más o menos perpendiculares a los drenajes principales antes mencionados, se pueden mencionar los rio Zamora Huayco y Jipiro, así como las quebradas Mónica, Quillollaco, Potrerillos, Violeta, Alumbre, Las Pavas, San Cayetano, la Banda, El Salado, etc., que conforman una red hídrica. Los caudales de estas corrientes son en la mayoría de casos poco considerables. (Geo Loja, 2007)

El drenaje general de la zona es desordenado, subdrenitico relacionado al sistema de fallas regionales y sistema de fracturas predominantes en las rocas metamórficas.

El área de estudio se encuentra paralela al río Malacatos que recorre de Sur – Norte, mismo que se une con el rio Zamora Huayco a la altura de la puerta de la ciudad.

A la entrada de la zona de estudio existe un drenaje de orden menor conformado por una Quebrada S/N, la cual es direccionada mediante un sistema de embaulado en dirección paralela a la Avenida Reinaldo Espinosa desembocando en el rio Malacatos, este influente al parecer no representa peligro, sin embargo, en épocas invernales puede aumentar su caudal considerablemente generando un problema en las instalaciones del área de estudio.

5.1.5 Geología regional

El valle de Loja se define por ser una cuenca sedimentaria muy variada de origen lacustre, superpuesta discordantemente en el basamento caracterizado por rocas metamórficas (Unidad Chiguinda y Agoyan), que establecen el basamento de la cuenca y rellenan a la misma por materiales sedimentarios, donde se desplegaron en dos áreas desiguales con edades similares Cenozoico (Oligoceno – Mioceno). Esta cuenca es de tipo tectónico donde atraviesa una falla inversa de rumbo oriente – occidente con un sistema de fallas que ordenan el sentido de flujo del rio Malacatos, Zamora y sus afluentes yuxtaponiendo los sedimentos en sucesiones diferente. Estratigráficamente la cuenca de Loja está formada de rocas antiguas a las más jóvenes.

En base a la hoja geológica de Loja, escala 1:100 000 se identifican la existencia de depósitos aluviales y coluviales producto de la erosión, arrastre y depositación de macizos rocosos, en la Figura 26, se muestra las formaciones correspondientes al sector de estudio y se describen a continuación:

5.1.5.1 Unidad Chiguinda (Paleozoico)

Pertenece al basamento de la cuenca sedimentaria de Loja, intercedida por rocas metamórficas de edad Paleozoica, como cuarcitas, filitas, esquistos, pizarras y escasamente metacuarcitas. La unidad emerge a través de los lados occidentales y orientales de la Cuenca sedimentaria, estableciendo parte de la Cordillera Real.

5.1.5.2 Formación San Cayetano (Mioceno Tardío a Último)

Se encuentra al este del río Zamora y se divide en tres miembros con límites transicionales:

- San Cayetano inferior: se caracteriza por conglomerados con intercalación de areniscas (micro-conglomerados).
- San Cayetano medio: se caracteriza por limonitas con capas de areniscas, lutitas fuertemente plegadas, limonitas con capas de diatomitas.
- San Cayetano superior: se caracteriza por tener puramente conglomerados y con capas de arcillolitas (sedimentos fluviales).

Debido al fuerte plegamiento la estimación del espesor de esta formación es difícil, pero su potencia total puede llegar a 800 m. Descansa discordantemente en la Unidad metamórfica Chiguinda y el sobre yace con una discordancia angular a la Formación Quillollaco.

5.1.5.3 Formación Quillollaco (Mioceno Tardío)

(Mioceno Plioceno) Esta formación conglomerática aflora principalmente el lado este y oeste de la cuenca de la ciudad de Loja, sobrepuesto al resto de formaciones por una discordancia angular que descansa sobre la Formación San Cayetano. La formación alcanza espesores hasta un máximo de 600 m, al este de la ciudad de Loja. La formación está dominada por conglomerados muy granulados, y cantos rodados bien redondeados de 2 a 30 cm de diámetro de filitas, cuarcitas, esquistos, vetas de cuarzo con arenas de grano medio a grueso con pocas intercalaciones de areniscas y limonitas micáceas.

Los sedimentos muestran una facies típica de un ambiente de depósitos coluviales – aluviales asentados esporádicamente en los márgenes del río Malacatos, compuestos por materiales arcillosos, limos, arenas y gravas.

5.1.5.4 Deposito Aluvial (Cuaternario)

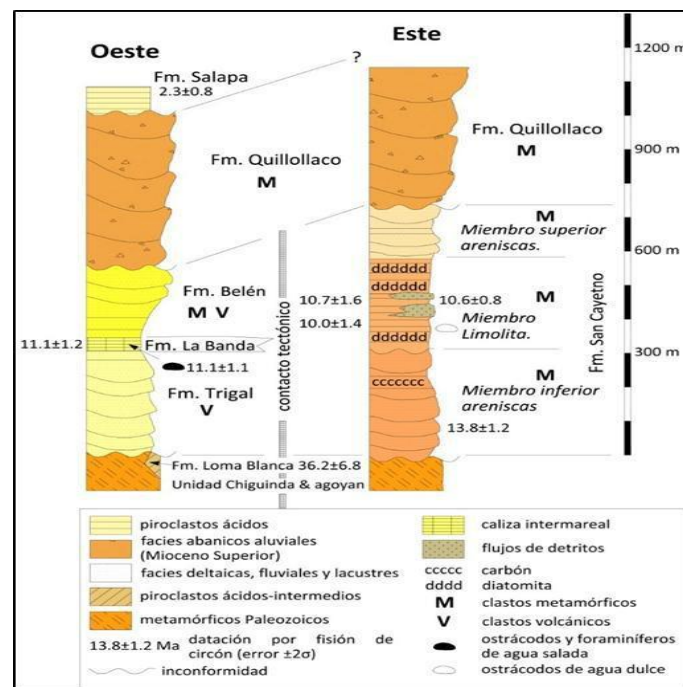
Se encuentran en los márgenes de los ríos Solanda, Malacatos, Zamora Huaycu, Catamayo, y Chinguilamaca y en el sector de Quinara. Material poco consolidado, con cantos y bloques de rocas metamórficas y/o volcánicas.

5.1.6 Estratigrafía de la Cuenca de Loja (Terciario)

La cuenca sedimentaria de Loja se encuentra fijada sobre formaciones de edades que comprenden desde el paleozoico hasta iniciaciones del periodo Terciario. Según información por (Kennerley, 1982), luego (Hungerbuhler, y otros, 2002), muestran que la cuenca está dividida en dos secciones estratigráficas como se observa en la Figura 8, la sección Occidental y Oriental, ambas con diferentes nombres de formaciones geológicas que no se pueden correlacionar en sus partes inferiores ni superiores a excepción de la formación Quillollaco que aparece en las dos secciones.

Figura 8.

Columna Estratigráfica de la Cuenca Sedimentaria de Loja



Nota: En la imagen se muestra las *columnas estratigráficas de la Geología regional de la cuenca sedimentaria de Loja*. Tomada de: Hungerbühler D. (2002).

5.1.7 Materiales

Para la presente investigación se han considerado los siguientes materiales y equipos de campo, laboratorio y oficina, para cada una de las diferentes actividades que se realizaron en el área de estudio, los mismos que se describen a continuación: Véase Tabla 11.

Tabla11.*Materiales de Campo, Laboratorio y Oficina*

Materiales de Campo	Materiales de Laboratorio	Materiales de Oficina
Brújula	Balanzas	Computador
Estación	Hornos	Microsoft
Total	Capsulas	Office 2016
GPS	Casa grandes	Microsoft
Cartas geológicas	Picnómetros	Excel 2016
Carta topográfica	Presas de compresión simple	Microsoft
Martillo Geológico	Tamices	Power Point Software
Flexómetro	Porta – objetos	ArcGIS 10.8.2
Cámara fotográfica	Espátulas	Software
Lápiz	Vidrio áspero	AutoCAD 2022
Graduador		Google Earth Pro
Equipo SPT		Google Maps
Equipo de SEV		Internet
Ácido clorhídrico		Flash memory
Fichas de descripción de afloramientos		
Libreta de campo		

Nota: Elaborado por: Autor, 2024

5.2 Metodología para el primer objetivo

“Realizar el levantamiento geológico – estructural de las unidades presentes en la zona de estudio”.

5.2.1 Recopilación de información básica

Se procedió a la recopilación bibliográfica de mapas geológicos regionales, locales, y trabajos previos otorgados por el Departamento de Dirección de Desarrollo Físico de la Universidad Nacional de Loja; que fueron revisados y analizados de forma explícita. Se efectuó la visita técnica del área de estudio, que sirvió de base para realizar el levantamiento de la información.

Para dar cumplimiento al trabajo de investigación se ha tomado en consideración tres fases de trabajo.

- Se analizó la carta geológica regional digital base de Gonzanamá generada por el (IGM, 2017) a escala 1:100 000 edición 2 serie J62-G hoja 57, NVII-B elaborado por el Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE), que permitió determinar la geología regional donde se emplaza el proyecto.
- Geomorfología Regional del proyecto “Generación de Geo información para la Gestión del Territorio a Nivel Nacional. Escala 1: 25 000” y complementado con el “Mapa Geomorfológico de la Hoya de Loja”.
- Fotografías satelitales del año 2018 (Bing Maps), y 2021 (Google Earth Pro).

En esta fase se tomó guías de carácter técnico regulador como Código Municipal de Urbanismo, Construcciones y Ornato de la ciudad; y guías de carácter técnico normativo como la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 2015). Como apoyo y referencia también se utilizó la normativa extranjera; de la misma manera como base referencial esquemática se revisaron proyectos de titulación con la misma temática investigativa.

Dentro de la fase dos se recopiló información a nivel de detalle del sector por medio de estudios previos. La topografía fue proporcionada por el Departamento de Dirección de Desarrollo físico de la Universidad Nacional de Loja, entregada en formato .dwg de AutoCAD 2018, realizada con estaciones totales marca Trimble en sus modelos S6 a una escala de trabajo 1:1000, conformado por curvas de nivel secundarias separadas cada 0.5 m, las curvas principales a 2.5 m, proyectadas en el sistema de coordenadas WGS84. La generación de los mapas locales se desarrolló sobre esta base de información.

Como tercera fase se ha integrado toda la información cartográfica y técnica, realizando la validación, reinterpretación y reprocesamiento en el caso necesario. Cabe mencionar que la data recopilada, se la ha categorizado como información base ya que sus resultados se encuentran relacionados directamente con el área de estudio.

- **Trabajo de campo**

5.2.2 Levantamiento litológico de unidades geológicas

Para el levantamiento de la geología se utilizó la metodología propuesta por el Instituto de Investigación Geológico y Energético del Ecuador (IIGE, 2019), el mismo que se describe a continuación:

Para lo cual se generó y modificó en un software CIVILCAD 2022 la topografía dentro del área de estudio; es decir se adaptó las curvas de nivel primarias con una separación de 2.50 m, y las secundarias con una separación de 0.5 m para así elaborar el mapa topográfico a escala 1:1000; se georreferenció la geología regional de la carta Gonzanamá 1:100000 y juntamente

con las fotografías aéreas y satelitales se desarrolló la fotointerpretación con el objetivo de ubicar puntos de interés, para el levantamiento de campo.

Se procedió a identificar mediante la observación y descripción de 6 afloramientos rasgos geológicos más significativos y estructuras mayores a nivel regional, considerando los fundamentos teóricos del libro fotogeología práctica. Fotogeología descriptiva e interpretativa con ejemplos de Colombia de (Narango, 2015), siendo estas distribuidas dentro y fuera del área de estudio focalizando en sectores estratégicos debidamente georreferenciados y registrados en las fichas de campo.

Se empleo la ficha de descripción de afloramientos la cual se basó en una ficha implementada por González 2015, y modificada por el autor como se muestra en la Tabla12, con la finalidad de documentar características necesarias de los materiales que permitieron elaborar el mapa de unidades geológicas. Véase anexo 1.

Tabla12.
Ficha de Caracterización de Afloramiento

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA FACULTAD DE ENERGIA, INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES <i>Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial</i> FICHA DE AFLORAMIENTOS				
PROYECTO:	“Estudio Geológico – Geotécnico para la ampliación de la infraestructura física de la carrera de Artes Plásticas de la Universidad Nacional de Loja, ubicada en la Argelia, cantón y provincia de Loja”				
Responsable:	Jorge Luis Espejo Orellana			N ⁰ Afloramiento	AAP-01
Ubicación:	x: y: z:	Datum:	WGS84	Dimensiones:	Longitud: Potencia:
Caracterización:			Croquis de ubicación		
Tipo de afloramiento					
Vegetación					
Clima:					
Contexto geológico					
Formación:					
Estado de alteración:					
Grado de meteorización:					
Origen					
Génesis:					
Datos estructurales						Fotografía
Rumbo					
Buzamiento					
descripción geológica:					

Nota: Elaborado por: Autor, 2024. Tomado de: González, 2015.

Se programó realizar 2 calicatas manuales con pala y barreta en las zonas centrales del área de estudio, debido a la falta de afloramientos. La dimensión fue de 0.40 m x 0.40 m x 1.50 m de profundidad. Se tomó muestras para ser analizadas en la componente mecánica de suelos y con ello desarrollar una mejor descripción de los materiales presentes.

El formato para la recolección de información de calicatas fue en base a la ficha propuesta por González 2015, y adaptada por el autor como se indica en la siguiente Tabla13, y se puede observar en el anexo 2.

Tabla13.

Ficha de Muestreo de Suelo

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA FACULTAD DE ENERGIA, INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES <i>Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial</i> FICHA DE CALICATAS			
PROYECTO:	“Estudio Geológico – Geotécnico para la ampliación de la infraestructura física de la carrera de Artes Plásticas de la Universidad Nacional de Loja, ubicada en la Argelia, cantón y provincia de Loja”			
Responsable:	Jorge Luis Espejo Orellana		NºCalicata	CAP-01
Sector:	Urbanización Jardines del punzara – Punzara Chico			
Ubicación:	X: Y: Z:	DATUM:	WGS84	Dimensiones: Longitud: Ancho: Profundidad:
Tipo de excavación:				
Caracterización:			Croquis de ubicación	
Descripción y Observación		Perfil		
			Fotografía	

Nota: Elaborado por: Autor, 2024. Adaptado de: González, 2015.

5.2.3 Levantamiento geológico – estructural

Para el levantamiento geológico estructural se lo realizo en base a la metodología propuesta por López, Vergara, en su manual de fotogeología publicado en el año 1971. Cabe

recalcar que para efectuar dicho método se utilizó como herramienta fundamental; la base topográfica, brújula Brunton, flexómetro, GPS, ácido clorhídrico (10%), cinta métrica, martillo geológico, libreta de campo, fundas ziploc, etiquetas, la ficha de afloramientos, y fichas de calicatas, además se usaron técnicas de levantamiento geológico estructural como el, uso de la regla de la mano derecha, que permitieron observar la composición de los geo materiales; de medir los elementos de yacencia, la génesis, texturas, estructuras, y ubicación de los estratos.

Se describieron 6 afloramientos siendo estos debidamente georreferenciado tal como se puede evidenciar en la Tabla14.

Tabla14.
Coordenadas de Ubicación de Afloramientos

Puntos	Coordenadas WGS 84 zona 17S		Altitud (m.s.n.m)	Observaciones
	Este (m)	Norte (m)		
AAP01	699948	9553926	2239	Afloramiento antrópico
AAP02	699916	9553962	2133	Afloramiento antrópico
AAP03	699823	9553879	2130	Afloramiento natural
AAP04	699815	9553973	2130	Afloramiento antrópico
AAP05	699802	9554016	2123	Afloramiento antrópico
AAP06	699714,57	9554005	2121	Afloramiento natural

Nota: Elaborado por: *autor*, 2024

Se efectuó la descripción estratigráfica del suelo, para la cual se tomó los datos de las calicatas.

Se construyó la columna estratigráfica de los suelos del proyecto usando la información obtenida de las calicatas practicadas, que abarcan el área de estudio.

Se realizaron un total de dos calicatas en la Tabla15, se indica la ubicación georreferenciada.

Tabla15.
Coordenadas de Ubicación de Calicatas Geotécnicas

Nº Calicatas	Coordenadas			Dimensiones		
	Norte(Y)	Este(X)	Cota (msnm)	Longitud (m)	Ancho (m)	Profundidad (m)
CAP-01	9553929,34	699805,87	2132	0.40m	0.40m	1.50m
CAP-02	9553978,6	699785,26	2126	0.40m	0.40m	1.50m

Nota: Elaborado por: *Autor*, 2024

Se realizó la descripción de afloramientos “in situ” como se indica en la Figura9, a través de una observación directa del terreno con escala.

Figura9.

Observación y Descripción de Afloramientos



Nota: Elaborado por: Autor, 2024

Se realizó la descripción de calicatas “in situ” como se demuestra en la Figura10, a través de una observación directa del terreno con escala, en las cuales se describe las dimensiones, naturaleza del terreno, y características geotécnicas: textura, estructura, consistencia, densidad y color.

Figura10.

Observación y Descripción de Calicatas Mecánicas- Manuales



Nota: Elaborado por: Autor, 2024

Mediante el empleo de la ficha de descripción de afloramientos como se muestra en la Tabla12, y calicatas Tabla13, proceso realizado con la finalidad de documentar características necesarias de los geo-materiales que permitieron elaborar el mapa geológico estructural.

- **Trabajo de gabinete**

5.2.4 Confección del mapa geológico estructural

Se tomo referencia a la Guía para la interpretación y elaboración de mapas geológicos de (Camargo, 2004), los estándares de Nomenclatura estratigráfica, simbolización y abreviaturas para la Cartografía Geológica del (IIGE, 2019), de esta manera se ingresó y proceso toda la información, los rasgos estructurales con su respectiva simbología, de esta manera se obtuvo el mapeo de la geología- estructural a escala 1:1000 considerando la topografía del terreno y los datos relevantes de cada una de los afloramientos y calicatas debidamente georreferenciada, para que luego exportar a software ArcGis 10.8.2 generando shapefile que constan de la delimitación espacial de las unidades de suelo y roca que es posible identificar en la zona.

En este mapa se representan los contactos litológicos observados e inferidos, datos estructurales (rumbo y buzamiento), las estructuras tectónicas (fallas medidas o foto

interpretadas), la hidrología, las curvas de nivel sobrepuestas la modelo de elevación digital (MDT).

5.3 Metodología para el segundo objetivo

“Determinar las propiedades físico – mecánicas de los geo-materiales que componen el área de estudio”.

- ***Fase de campo***

5.3.1 Campaña geotécnica

La campaña de estudios geotécnicos se desarrolló sobre la zona geotécnica más apta para la construcción de obra civil. Para definir el lugar de estudio puntual se consideró el uso de suelo actual y el “Código Municipal de Urbanismo, Construcciones y Ornato”, en su Sección V correspondiente a los Márgenes de protección de ríos y quebradas en la cual se establece que *“las franjas de protección a entregar son de 30 metros a cada lado medidas desde la orilla del río”*, en la cual no se permite ningún tipo de construcción.

El tipo y número de ensayos se ha definió adaptando lo recomendado por la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 2015).

Los equipos utilizados para los ensayos en campo pertenecen a la empresa de consultoría ESTSUELCON Cía. Ltda, y en laboratorio se utilizó los equipos de la empresa antes mencionada.

5.3.2 Exploración Geotécnica

Se procedió a realizar un mallado del terreno utilizando el método sistemático opcional que permitió definir la ubicación de los ensayos de SPT's, donde se obtuvo muestras tipo Shelby, que permitió determinar la capacidad admisible del suelo del proyecto de estudio.

5.3.2.1 Ensayo de Penetración Estándar (S.P.T.).

Para determinar los respectivos sondeos geo-mecánicos se consideró sitios puntuales debido a la geometría del terreno, se definió la apertura de 2 ensayos de S.P.T. (PENETRACIÓN ESTÁNDAR SPT ASTM D 1586), de 6.0 m de profundidad debidamente ubicados y georreferenciados dentro de la zona de estudio.

La ejecución del ensayo se realiza mediante el procedimiento establecido en la norma ASTM D1586 -11. El equipo utilizado se puede observar en la Figura 11, los mismos cumplen con las especificaciones técnicas descritas en la norma vigente.

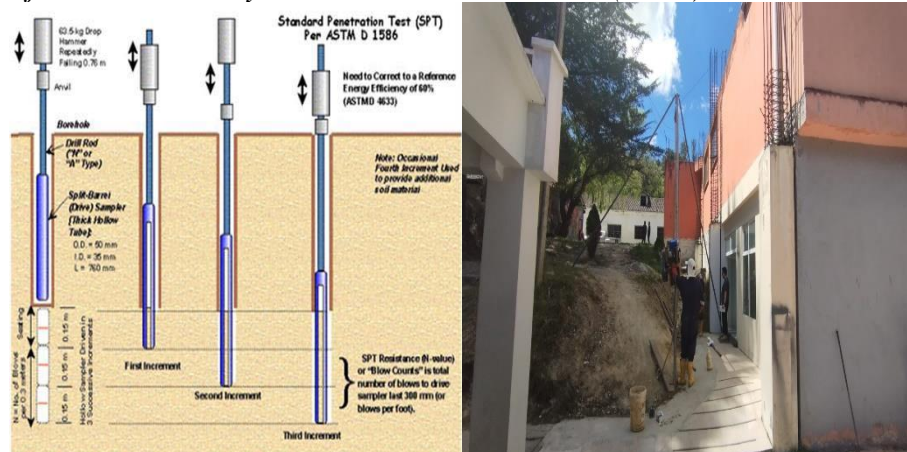
El método implica en introducir un muestreador de un tubo dividido con la finalidad de obtener la resistencia del suelo a la penetración, acompañada de la recuperación de una muestra alterada representativa para ser analizada en laboratorio.

Para este propósito se utilizó un muestreador tipo cuchara partida que sirvió para la recuperación de la muestra a cada metro. Además, se contabilizó el número de golpes (N) necesarios para hincar una toma de muestra estándar, que se le sumerge con una caída libre de una masa de 63.5 kg, desde una altura de 76.2 cm a una cierta distancia que van en tramos de 0- 15 cm, 15- 30 cm, 30- 45 cm hasta el final del sondeo explorado siendo estas registradas y debidamente etiquetadas. Para el ensayo se empleó los siguiente equipos y materiales estos son:

- Trípode de acero
- Un motor de 2 caballos de potencia
- Un cabo yute
- Polea
- Pesa de seguridad de 140 ±2 lb.
- Tubos de acero con rosca de 1.5 y 2.0 m
- Cuchara partida
- Otros (posteadora manual, equipo de seguridad industrial, flexómetro, hojas de campo, fundas, marcadores etiquetas, esferos, etc.)

Figura11.

Esquema y Ejecución de Ensayo de Penetración Estándar (S.P.T)



Nota: Elaborado por: Autor, 2024

A continuación, las coordenadas de ubicación se las muestra en la Tabla16.

Tabla16.

Coordenadas de Ubicación de Sondeos Geotécnicos

Sondeo	Este	Norte	Elevación(m.s.n.m.)	Profundidad(m)
PAP-01	699841.51	9553915.64	2136.00	6.00
PAP-02	699820.93	9553968.22	2128.00	6.00

Nota: Elaborado por: Autor, 2024

De las muestras alteradas obtenidas para cada metro de perforación recuperado en la cuchara partida y de las muestras de calicatas de material de fondo, se procedió a su etiquetado y embalado en fundas plásticas para ser llevadas a laboratorio para realizar los ensayos correspondientes.

Posteriormente las muestras fueron analizadas en el laboratorio de la empresa ESTSUELCON Cía. Ltda. Y otras muestras en el laboratorio de petrografía y geotecnia de la carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial & Minas de la Universidad Nacional de Loja, donde se realizó ensayos de contenido de humedad, limite líquido, limite plástico, y análisis granulométrico, que permitió la clasificación de los suelos aplicando el método (SUCS) y el método de la American Association of State Highway and Transportation Official (AASHTO).

5.3.2.2 Sondeos Eléctricos Verticales (SEV).

Los métodos indirectos que fueron utilizados en la presente investigación son los sondeos eléctricos verticales (SEV's).

Se realizó una campaña de un sondeo eléctrico vertical (SEV's), que se ubicó uno de forma horizontal con un AB variable de hasta 70 m, con abertura AB/2 en el área debidamente georreferenciadas. Para la obtención de datos geofísicos del polígono de estudio a fin de estimar las condiciones geológicas e hidrogeológicas de algunos sitios.

En la siguiente Tabla17, se indica su ubicación de forma gráfica y en coordenadas rectangulares.

Tabla17.
Ubicación de Línea Eléctrica Realizada

SEV	Coordenadas WGS 84 ZONA 17S		LONGITUD AB/2
	Este (m)	Norte (m)	
1	699810,98	9553917,34	70

Nota: Elaborado por: *autor, 2024*

Para realizar el ensayo se consideró el siguiente equipo:

En el estudio de resistividad eléctrica utilizó un medidor de resistividad ABEM modelo Terrameter SAS 4000 con un electrodo de corriente con un voltaje máximo de salida igual a 400 voltios, como se puede muestra en la Figura12.

El dispositivo SAS 4000 responde a las mediciones producidas por el transmisor de corriente cuando se activa, mientras rechaza las mediciones existentes de campos DC (SP), Voltaje y ruido; la relación V/I de muestra en las hojas de cálculo de cada sondeo eléctrico

vertical (SEV), se calcula automáticamente y se muestra numéricamente en la pantalla digitalmente en kiloohmios, ohmios o miliohmios.

Figura12.

Equipo de Resistividad SAS-400 e Implementos



Nota: Obtenida por el autor, 2024

Mediante el sistema Terrameter SAS 4000 se aprecian el módulo principal, los carretes de emisión y recepción de corriente, miden la diferencia de potencial (en colores rojo y negro), la fuente de poder (batería de 12 voltios) y los electrodos de acero y cobre para los puntos A, B y M, N respectivamente (configuración Schlumberger) opera de la siguiente manera.

La amplitud de la corriente la establece automáticamente el instrumento, o se controla manualmente para adaptarse fácilmente a las condiciones reales durante el estudio, el rango de intensidad de la corriente es de 1 mA a 1000 mA, que es suficiente para alcanzar la distancia del electrodo de corriente AB de 1000.0 m. en buenas condiciones de medición. Se utilizó la configuración Schlumberger en el cual la distancia entre los electrodos de AB y MN es igual. Los electrodos exteriores se expanden en distancias simétricas con respecto al origen, hasta una abertura máxima (AB) de 350 m, determinándose la resistividad aparente en cada estación.

Los datos obtenidos por el equipo (resistividades) fueron anotados en una ficha Tabla18, donde la primera columna corresponde al número de la lectura efectuada, en la segunda el parámetro del dispositivo en metros ($OA=L$), en la tercera la distancia entre los electrodos de medida MN, en la cuarta la resistividad aparente calculada del producto de la columna quinta y sexta, en la quinta corresponde al coeficiente del dispositivo en nuestro caso

del Schulumberger que relaciona las distancias AB y MN y la sexta y última columna es la resistividad que es valor del cociente V/I. véase anexo 7.

Tabla18.
Ficha para Datos de Resistividad

Nº	AB/2	MN	fa(Ohm.m)	k	V/I

Nota: Elaborado por: autor, 2024.

Para la respectiva descripción de los resultados mediante su resistividad y litología, se toma como referencia la clasificación de unidades geo-eléctricas según (Palacky, 1987; Sarma, 1997, CNA, 2008 y Dena, 2009), tal como se menciona en la Tabla19.

Tabla19.
Clasificación de Unidades Geo-electricas

UGE	Sub- UGE	Resistividad (Ω - m)	Litología
UGE1	UGE1a	30 – 40	Arenas limosas
UGE2	UGE1b	40 - 160	Conglomerado terciario dominado por arena limosa
UGE3	UGE2a	>300	Conglomerado cementado
UGE4	UGE2b	>300	Rocas ígneas(intrusivo) o calizas
		10- 80	Contacto entre rocas ígneas (o calizas) con lutitas
		<8	Lutitas

Nota: en la tabla se muestra la clasificación de unidades geo eléctricas de acuerdo su resistividad. *Tomado de: Palacky, 1987; Sharma, 1997, CNA, 2008 y Dena, 2009.*

La interpretación de los datos de resistividad se realiza en dos etapas que consistieron en lo siguiente:

En la primera etapa, implico una interpretación cuantitativa y cualitativa de las curvas de medición eléctrica vertical, que incluyo una comparación manual de las curvas obtenidas en el campo con las curvas teóricas determinadas en los libros de Resistividad Eléctrica, escritos por los autores Orellana - Mooney y Pilaeb A. M.

Por otro lado, se utiliza el interpretador automático IPI2win y se muestran los resultados mediante el software WinSEV, luego se determina el espesor de cada capa y la resistividad real correspondientes a cada capa.

5.3.2.3 Análisis de laboratorio.

En laboratorio luego de ser transportadas las muestras recolectadas en campo se procedió a realizar los análisis correspondientes de 12 muestras obtenidas del ensayo SPT, y 4 muestras de las calicatas mecánicas- manuales, el peso de cada muestra fue de 1 kg c/u. Los análisis que se practicaron fueron con el objetivo de obtener propiedades físicas mecánicas como: color, textura, contenido de humedad, limite líquido, limite plástico, granulometría, litología, ensayo de corte directo si las condiciones del material lo permiten, dependiendo a su homogeneidad o como su variación litológica que pueda presentar los geo-materiales recuperados.

En función a los requerimientos para los trabajos y objetivos definidos, se ejecutaron los siguientes ensayos acordes con la norma ASTM, los cuales se mencionan a continuación véase Tabla20.

Tabla20.

Normas para Ensayo de Laboratorio

Nº	Ensayo	Norma
1	Contenido de Humedad	ASTMD-2216
2	Limite Liquido	ASTMD-4318
3	Limite Plástico	ASTMD-4318
4	Granulometría	ASTMD-422

Nota: Elaborado por: Autor, 2024

En cuanto a los ensayos de laboratorio para las muestras recolectadas” in situ” se determinaron la clasificación de suelos mediante Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y AASHTO. Como se indica en (Tabla1) y, (Tabla2), de clasificación de suelos.

Fase de Oficina

Se procedió a la correlación de los datos del SPT, con relación de la compacidad relativa de la arena (Tabla4), y la resistencia de los suelos cohesivos (Tabla3), además con valores estándares de presiones admisibles recomendables en arenas y arcillas (Tabla8), en base a la relación del número de golpes del ensayo de penetración estándar y su capacidad portante del terreno.

Dicha información fue procesada al término de haber concluido los trabajos en campo y los análisis en laboratorio.

Para la elaboración del mapa geológico se procedió a correlacionar los datos registrados mediante la exploración directa e indirecta y los tipos de materiales que se presentaron en el

polígono, además se elaboró el mapa geotécnico de la zona proyectando los cortes y perfiles geotécnicos y resistencias de cada estrato de los sondeos a una escala 1: 1000.

Todo esto fue elaborado usando el AutoCAD 2022, y luego exportado al software ArcGis 10.8.2, generando shapefile con polígonos para representar los puntos de los sondeos explorados con sus litologías existentes. Se realizó el mapa geológico geotécnico mediante las respectivas especificaciones de la NEC-SE-CG (2014-2015), considerando la tipología de cada uno de los sondeos de calicatas, S.P.T., y sistemas eléctricos verticales.

5.4 Metodología para el tercer objetivo

“Proponer parámetros geotécnicos para la construcción de infraestructura a partir de un mapa geotécnico”.

Fase de Oficina

Después de haber recolectado información generada a través de trabajo de campo y laboratorio, y por medio de los resultados de clasificación de los geo-materiales y correlaciones mediante fórmulas con el valor N del ensayo SPT, se obtuvo los valores de fricción, cohesión, y peso unitario para la aplicación de la teoría de Meyerhof (Bowles, 1997), en la obtención de la capacidad de carga(q_a) para cada uno de los ensayos realizados.

5.4.1 Ensayos de Laboratorio.

Todos los datos recabados de los diferentes ensayos realizados fueron procesados en las hojas electrónicas desarrolladas por ESTSUELCON Cía. Ltda. Los informes de los resultados de clasificación se adjuntan en el Anexo 3, y 4.

5.4.2 Ensayos de penetración estándar (S.P.T.).

De acuerdo a los resultados recuperados en campo se han desarrollado una serie de cálculos y relaciones con base a teorías y procedimientos recomendados por diversos autores. Sus datos se adjuntan en el Anexo 5.

5.4.3 Correcciones para número de golpes (N)

El N golpes del ensayo debe ser corregido para aplicar la teoría de asentamientos mediante el método elástico (estado límite de servicio). Las correcciones aplicadas se detallan a continuación:

El valor N debe ser corregido por la eficiencia de la energía de golpeo y el equipo utilizado, de acuerdo con (Skempton, 1987) como se puede observar en la fórmula 4.

Para suelos arenosos, se realiza corrección de valor N por sobrecarga C_N propuesta por (Peck & otros, 1974).

$$C_N = 0.77 \log \left[\frac{20}{\left(\frac{\sigma'_o}{\rho_a} \right)} \right] \quad (18)$$

$$(19)$$

$$N_1 = C_N \times N$$

C_N = Factor de corrección por presión efectiva de sobrecarga

σ'_o = Tensión efectiva de confinamiento

ρ_a = Presión atmosférica

N_1 = Índice de penetración estándar corregido por penetración de confinamiento

N = Número de penetración medido

Cuando el recuento de N_{spt} haya sido corregido tanto para efectos de sobrecarga como para los efectos de eficiencia del martillo, el recuento de golpes corregido resultante se indicará como:

$$(N_1) = C_N \times N \quad (20)$$

Si los suelos cumplen la condición de ser arenas o limos finos que estén bajo condición de nivel freático y las resultantes $(N_1)_{60}$ sea mayor a 15; se debe realizar una corrección por dilatación propuesta por (Terzaghi & otros, 1996).

$$N_{corr} = 15 + \frac{N-15}{2} \quad (21)$$

5.4.3.1 Resistencia al esfuerzo cortante (fricción)

Para suelos granulares existen diversas correlaciones para valor N_{spt} , se ha tomado la relación establecida por (Ohsaki, 1962).

$$\phi = \sqrt{20 * N_{60}} + 15 \quad (22)$$

5.4.3.2 Resistencia al esfuerzo cortante (cohesión)

La literatura técnica contiene muchas correlaciones entre el número de penetración estándar (N_{spt}) y la resistencia cortante (c_u), no drenada de la arcilla. Con base en resultados de pruebas triaxiales no drenadas conducidas en arcillas no sensitivas, Stroud (1974) sugiere que:

$$c_u = K N_{60} \quad (23)$$

$$K = \text{constante} = 3.5 - 6.5 \text{ kn/m}^2$$

5.4.4 Análisis de capacidad de carga.

La capacidad de carga por corte se ha estimado en base a la ecuación general de capacidad de carga propuesta por Meyerhof (1956, 1965).

Para suelos granulares (arenas secas y húmedas) Meyerhof propuso la siguiente expresión suponiendo que la presión de apoyo permitida causa un asentamiento total de 25 mm.

$$qa=N/10 \text{ (para cualquier B)} \quad (24)$$

En el caso de arcillas la capacidad portante está basada en el valor de cohesión no drenada en función de la siguiente expresión.

$$qu=5.14*C \text{ (para cualquier B)} \quad (25)$$

qa= Capacidad admisible

qu= Capacidad última

C= Cohesión

B= ancho de la base

5.4.5 *Análisis de asentamiento.*

Los asentamientos son de tipo elástico y se los ha evaluado con procedimientos teóricos y empíricos. El teórico implica la determinación de ciertos parámetros del terreno de apoyo como es el módulo de elasticidad del material, la relación de Poisson, y, otros parámetros que tienen relación con la forma y rigidez del cimiento.

Para la evaluación de los asentamientos en cada apoyo se aplica la expresión indicada a continuación, que proporciona el asentamiento S_e .

$$S_e = \frac{[q_o(1 - u^2)\sqrt{A'}]}{144 E_s \beta_z} \quad (26)$$

Donde:

q_o = Presión vertical aplicada

A' = área efectiva de la zapata

E_s = módulo de elasticidad del suelo en Ksi (Tabla C10.4.6.3-1 Constantes elásticas de las variaciones de suelo Bowles 1988; modificada por U.S. Departamento of he Navy, 1982; Bowles 1988).

β_z =Factor de forma y rigidez (Tabla 10.6.2.2.3b-2 AASHTO LRFD 2017; Kulhaway 1983)

u = Relación de poisson (Tabla C10.4.6.3-1 Constantes elásticas de las variaciones de suelo Bowles 1988; modificada por U.S. Departamento of he Navy, 1982; Bowles 1988).

El análisis del comportamiento de la cimentación superficial, se ha calculado considerando la distribución de esfuerzos de acuerdo a la ecuación de Boussinesq, basada en la teoría elástica.

Dentro de las consideraciones realizadas para el cálculo, se toma que el asentamiento máximo permisible sea de 25 mm y un ancho de zapata de acuerdo a la estructura a cimentar.

Mediante la información obtenida se analizó según la Norma Ecuatoriana de Construcciones (NEC- SE-CG 2015, Geotecnia y Cimentaciones) el límite de falla de la capacidad de carga de la cimentación bajo el criterio de resistencia al corte considerando el factor de seguridad $FS=3$; así como el análisis de estado límite de servicio de la capacidad de carga de la cimentación bajo el criterio de asentamiento.

En base a los resultados obtenidos de la clasificación SUCS Y AASHTO, y los tres parámetros antes mencionados, se realizó el mapa geotécnico mediante las respectivas especificaciones vigentes que garantiza en ornato Municipal de Loja, se propondrá parámetros de construcción para el diseño de cimentación de las infraestructuras proyectadas en el sector de estudio.

6. Resultados

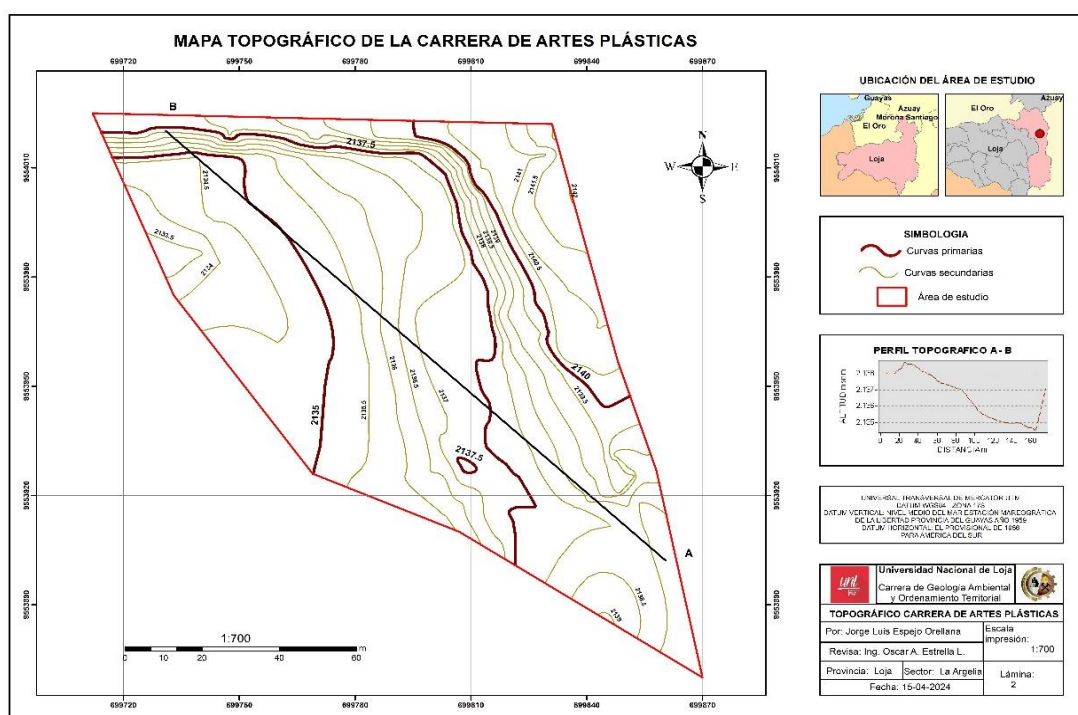
6.1 Topografía

El levantamiento topográfico a escala 1:1000 fue proporcionado por el departamento de Dirección de Desarrollo Físico de la Universidad Nacional de Loja. Las curvas de nivel secundarias se representaron a 0.5m y las principales a 2.5 m, presenta una superficie de 1.26 ha. La topografía del terreno es un relieve irregular, con elevaciones que oscilan de 2134.5 m.s.n.m a 2138.5 m.s.n.m, con un desnivel de 4.0 m. Dentro del levantamiento se consideró las calles, vías, infraestructuras, y quebradas, se complementó la red hídrica. Ver anexo 13.

El levantamiento topográfico esta georreferenciado con el Datum UTM WGS84, Zona 17 Sur tal como se representa en la Figura13.

Figura13.

Mapa Topográfico de la Carrera de Artes Plásticas



Nota: Obtenida por el autor, 2024

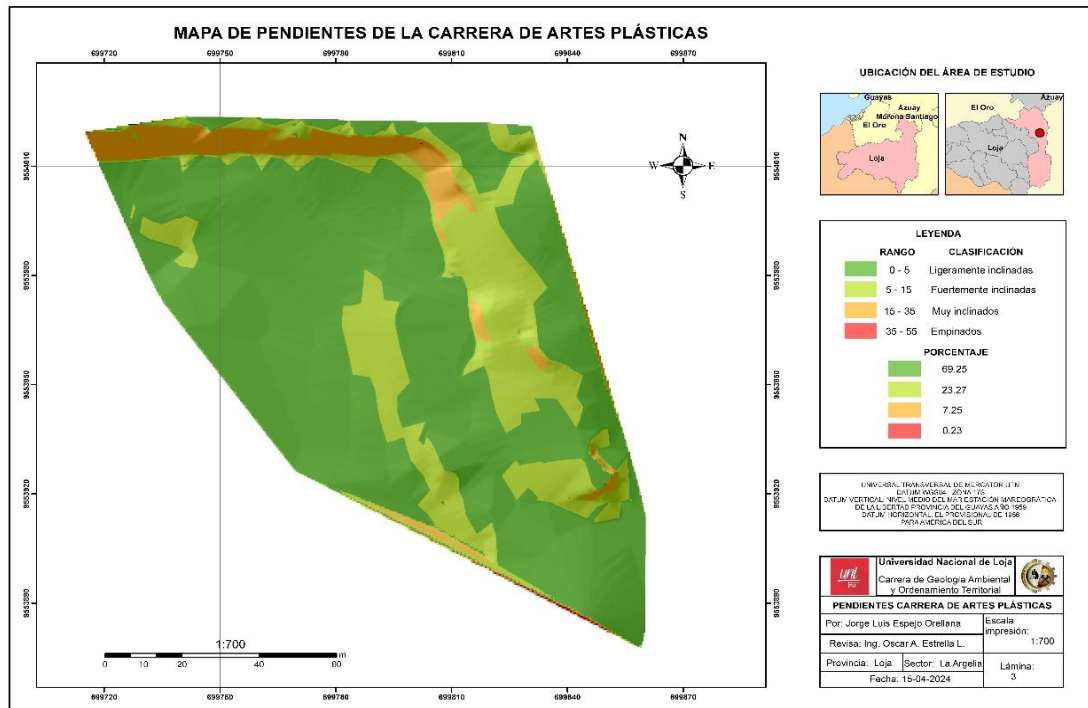
6.1.1 Pendientes

Para definir la pendiente del terreno se utilizó como base el mapa topográfico, y se generó la pendiente en grados por medio de un sistema de información geográfica (GIS) como se observa en la Figura14, y según la clasificación de pendientes por Demek (1972), se detalla los resultados y se menciona lo siguiente: el área de estudio se caracteriza por tener una pendiente de terrenos ligeramente inclinados a empinados en un rango que va de 0^0 a 5^0 grados, ocupando un porcentaje de 60.26 %, seguidamente con terrenos fuertemente inclinados con un

rango que va de 5⁰ a 15⁰, ocupando un porcentaje de 23.27 %, seguidamente con terrenos muy inclinados con un rango de 15⁰ a 35⁰ ocupando un porcentaje de 7.25 % y finalmente las pendientes más altas consideradas como terrenos empinados con un rango de 35⁰ a 55⁰ grados, ocupando un porcentaje de 0.23 % del área en su totalidad. Y se presenta en el anexo 14.

Figura14.

Mapa de pendientes de la carrera de Artes Plásticas



Nota: Obtenida por el autor, 2024

En la Tabla21, se describe las diferentes categorías que indican la predominancia del terreno estudiado.

Tabla21.
Categoría y Rangos de Pendientes del Área de Estudio

Color	Rango	Descripción	Porcentaje (%)
Verde	0 - 5	Ligeramente inclinados	69.25
Amarillo-verde	5 - 15	Fuertemente inclinados	23.27
Amarillo	15 - 35	Muy inclinado	7.25
Rojo	35 - 55	Empinados	0.23

Nota: Elaborado por: autor, 2024

6.2 Geología local

En el área de estudio geológicamente se encuentra ubicado sobre un depósito cuaternario tipo terraza Aluvial (TA), constituidos por materiales poco consolidados con cantos y bloques de rocas metamórficas y volcánicas. Los cantos están compuestos por clastos de

sedimentos volcánicos y metamórficos. Dentro de esto subyace la formación Quillollaco ubicada en la parte Sur Oriental de la cuenca de Loja, compuesta por una secuencia de estratificaciones masivos, micro conglomerados, limos, arenas, en una matriz de limos arenosos compactos a poco compactos, todos estos se encuentran depositados de forma sub-horizontal. Además de los depósitos coluviales – aluviales presentes en la carta geológica de Loja a escala 1:100 000.

De acuerdo a la descripción visual de los geo-materiales observados en campo tal como se evidenciaron en las fichas de afloramientos véase anexos 1, se identificaron cuatro tipos de litologías como son: estratos de lutitas, estratos de Conglomerados estratos de terrazas aluviales, estratos de areniscas, y depósitos antrópicos mismos que se describen a continuación:

6.2.1 Lutitas de la formación San Cayetano

Litológicamente se determinó la presencia de estratos de Lutitas fisibles de forma sub-horizontal en la zona de estudio tal como se evidencia en la Figura15, húmedas sedosas al tacto, poco plásticas, con potencia de 1m, color café claro, seguidamente se encontró otro estrato de conglomerados con matriz fina a media cementadas, ya que al generar impacto con el martillo geológico esta impide su fácil penetración, presenta una sensibilidad áspera, húmedas con potencia mayores a 1m y color gris verdosa a café claro, debido a la oxidación mineralógica al tener contacto con el agua existe la presencia de ferromagnesianos.

Figura15.

Afloramiento de Lutitas (superior) y Conglomerados (inferior)



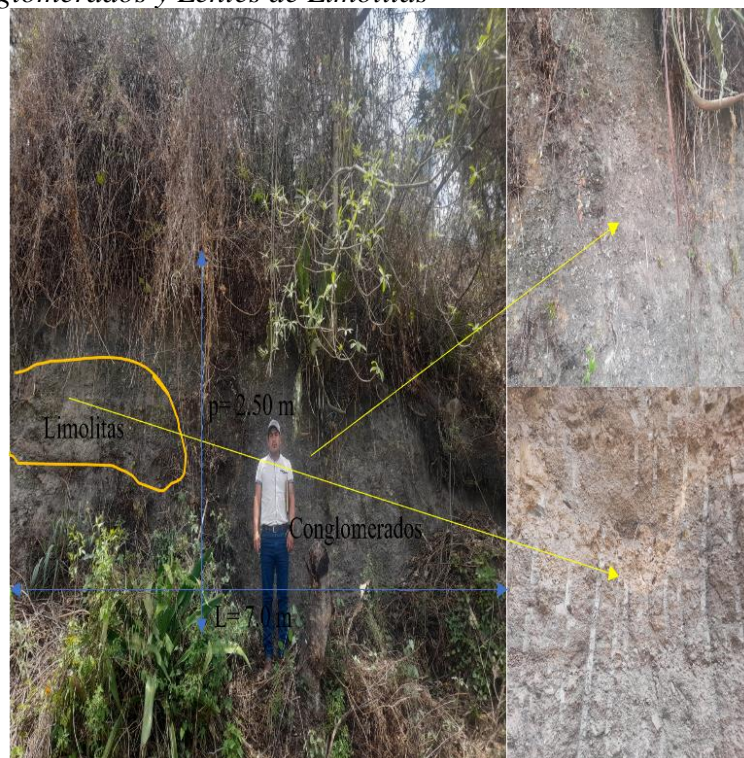
Nota: En la imagen se muestra dos estratos producto de la erosión de los materiales coluviales (*lutitas*), y Aluviales (*conglomerados*)

6.2.2 Conglomerados con lentes de Limolitas de la formación Quillollaco

Litológicamente se determinó la presencia de estratos de conglomerados clastos de matriz fina a media de forma sub-horizontal en la zona de estudio tal como se evidencia en la Figura16, poco húmedas ásperas al tacto, poco plásticas, con potencia de 2m, color café claro, seguidamente se evidencia la presencia de lentes de limolitas de coloración café claro, áspera con potencia de 0.40 cm la capa tiene una orientación sub horizontal.

Figura16.

Afloramiento de Conglomerados y Lentes de Limolitas



Nota: En la imagen se muestra conglomerados producto de la erosión de los *materiales de la formación Quillollaco con lentes de limolitas*.

6.2.3 Terrazas Aluviales

El sector de estudio geológicamente se encuentra emplazado sobre un depósito cuaternario tipo Terraza Aluvial (TA), constituido por material poco consolidado con cantos y bloques de rocas metamórficas y volcánicas como gravas arenas limos de la formación Chiguinda, que son producto del arrastre de quebradas siendo depositados en el río Malacatos siendo estos orillados en los márgenes del mismo, tal como se puede observar en la Figura17.

Figura17.

Afloramiento de Terrazas Aluviales, y Depósitos Aluviales



Nota: En la imagen se muestra la presencia de *Terrazas Aluviales* producto de la erosión de los materiales de la formación Chiguinda, y depósitos Aluviales.

6.2.4 Depósitos Coluvio Aluviales

Son materiales que se originan a partir del aporte de sedimentos coluviales de las vertientes y los transportados por el drenaje de quebradas Mónica y Santa Inés desde los flancos orientales de la formación Chiguinda. Están formados de rocas metamórficas y volcánicas constituidos por bloques, arenas, limos y materia orgánica, están sujetos a cambio de volumen de material, ya sea por el aporte de materiales nuevos o erosión de los ya existentes. En el presente afloramiento se observa la presencia de dos estratos sedimentarios el primero que consta de limolitas poco plásticas poco sedosas a ásperas de color gris verdoso, seguidamente subyace una intercalación de areniscas ásperas de coloración café claro con presencia de clastos de 0,5 cm a 5 cm, como se puede observar en la Figura18.

Figura18.

Afloramiento de Depósitos Coluvio – Aluviales



Nota: En la imagen se muestra la presencia de *depósitos Coluvio – Aluviales* producto de la erosión de los materiales de la formación Quillollaco.

6.2.5 Depósitos Antrópicos (Rellenos)

Son materiales que están constituidos por depósitos de material transportados de manera mecánica al lugar, siendo estos suelos como (gravas, arenas, limos, y arcillas), con presencia de fragmentos de rocas alteradas o materiales de desechos por obras civiles (escombros), depositados y distribuidos de forma aleatoria en el margen derecho de la vía Loja – Malacatos, el cual es utilizado como parqueadero de vehículos principalmente en la zona Norte del área de estudio. Como se representa en la Figura19.

Figura19.

Afloramiento de Depósitos Antrópicos (Relleno)



Nota: En la imagen se muestra la presencia de *depósito antrópico de material natural alterado y residuos de obras civiles*.

Mediante la observación y documentación de afloramientos indican que la conformación litológica dominante en el terreno es una secuencia de estratos de coluvio - aluvial, encontrando a sus alrededores conformaciones de terrazas aluviales ubicadas al occidente en el margen del río Malacatos, seguidamente en la parte sur se define la existencia de lutitas fisibles el cual subyace estratos de conglomerados, y en la parte oriental se evidencia la presencia de conglomerados y limolitas, además en la parte nororiental en la entrada de la zona de estudio de encuentra depósito de relleno antiguo donde actualmente este lugar sirve de parqueadero vehicular de la zona de estudio.

6.3 Riesgos naturales

El terreno donde se pretende desarrollar el proyecto, está influenciado por los siguientes riesgos: Riesgos Sísmicos, Geológicos y Climáticos.

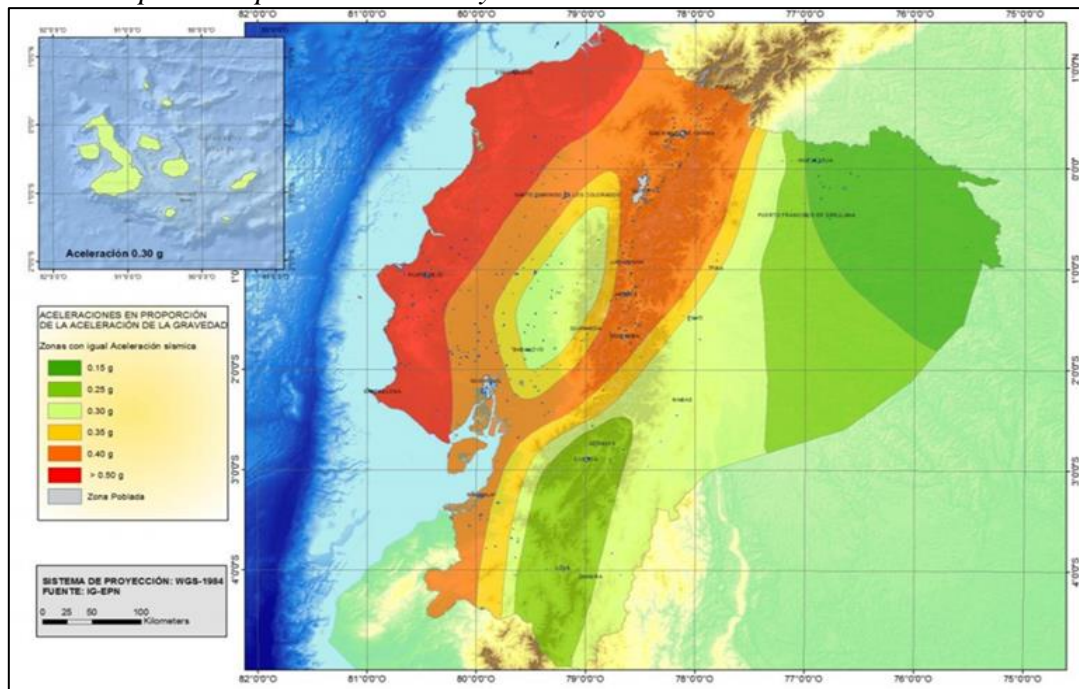
6.3.1 Riesgos Sísmicos:

El comportamiento de las estructuras durante los terremotos no solo depende de la intensidad de movimiento del suelo, sino también de la edad, del material, del diseño, de la calidad de la construcción y de las dimensiones de la estructura. De acuerdo al nuevo código

ecuatoriano de la construcción (NEC-15, véase Figura20), el factor Z está en función del mapa de zonas sísmicas del Ecuador.

Figura20.

Zona Sísmicas para Propósito de Diseño y Valor del Factor de Zona Z



Nota: En la imagen se muestra las *zonas sísmicas para propósito de diseño y valor de factor de zona Z. NEC,2015.*

Para facilitar la determinación del valor de Z, se ha seleccionado de la Tabla 3 del NEC-15 – NEC-SE-DS, Parte 1 (Tabla22).

Tabla22.

Valores del factor Z en Función de la Zona Sísmica Adoptada

ZONA SISMICA	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.50
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy Alta

Nota: Adaptado de *NEC, 2015.*

A continuación, en la Tabla23, se presentan los datos del valor de Z de la ciudad de más cercana al sitio de estudio, así como un cuadro de las zonas, el valor de Z y la caracterización de amenaza sísmica.

Tabla23.

Valoración de la Zona Sísmica

Población	Parroquia	Cantón	Provincia	Zona Sísmica	Factor Z
Loja	Loja	Loja	Loja	II	0.25
Catamayo	Catamayo	Catamayo	Loja	II	0.25

Nota: Adaptado de *NEC, 2015*.

Partiendo de lo anotado, se puede concluir que, de acuerdo con el Norma Ecuatoriana de la Construcción, el sector de estudio puede ubicarse en la **Zona Sísmica II**, adoptándose un valor de *Z* entre **0.25**.

De acuerdo a la NEC-2015 en su componente *Peligro Sísmico – Diseño Sismoresistente*, dentro del apartado Geología Local -Tabla 2¹, se establece la clasificación de los tipos de perfiles de suelo para diseño sísmico, en los cuales los parámetros utilizados en la clasificación son los correspondientes a los 30 m superiores del perfil de suelo.

El tipo de perfil de suelo se puede asignar conociendo cualquiera de los siguientes parámetros:

- La velocidad media de la onda cortante, V_{S30} (m/s)
- El número medio de golpes del ensayo de penetración estándar SPT).

Para ello se puede aplicar en dependencia del parámetro, las siguientes formulaciones:

$$V_{S30} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{V_{si}}} \quad \text{ó} \quad N_{60} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{N_{SPT}}} \quad (27)$$

Conocido el tipo de perfil del suelo y la zona sísmica se puede determinar los coeficientes de perfil de suelo F_a , F_d , F_s , necesario para obtener los diferentes espectros elásticos de diseño.

6.3.2 Riesgos Geológicos y climáticos:

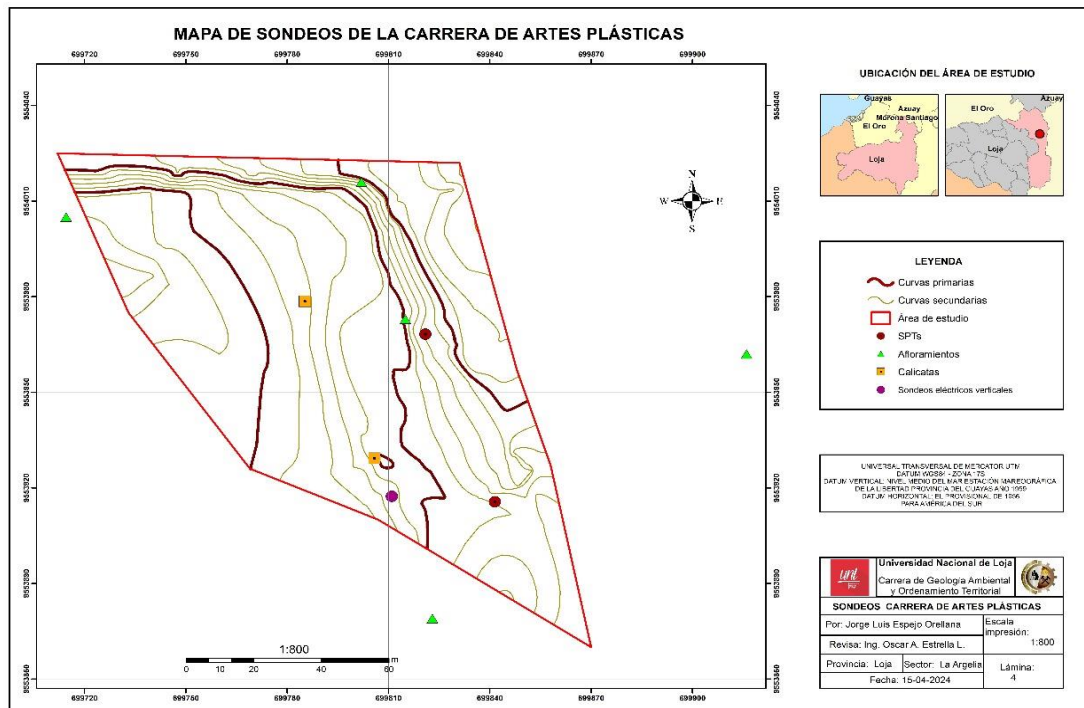
La zona de estudio por sus características geomorfológicas y litológicas, por el grado de meteorización y de acuerdo al Plan de Uso y Gestión del Suelo del Cantón Loja 2020 – 2032, en su componente de Índice de Vulnerabilidad al Cambio Climático en la Ciudad de Loja (Amenazas Hidrometeorológicas) para movimientos en masa se encuentra dentro de la categoría de baja a media. En cuanto a riesgos climáticos y en su componente de amenaza a inundaciones en función a las pendientes medias su amenaza a inundación en periodos extraordinarios de lluvia le corresponde a una categoría de media a alta.

6.4 Caracterización Geotécnica

En la siguiente Figura21, se da a conocer la respectiva ubicación de los sondeos explorados mediante la exploración directa e indirecta.

¹ <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/02/NEC-SE-DS-Peligro-S%C3%ADsmico-parte-1.pdf>

Figura21.
Ubicación de los Sondeos Directos e Indirectos



Nota: El autor, 2024

6.4.1 Apertura de calicatas

Con el fin de dar a conocer los materiales existentes en el área de estudio se realizaron 2 calicatas a 1.50 m de profundidad, con el objetivo de evidenciar los geo-materiales y a la vez describir sus propiedades físicas “in situ” como: textura, humedad, consistencia, y color desde el punto de vista geotécnico, como se puede apreciar en la ficha de descripción adjuntado en anexo 2. A continuación, se detallan las siguientes:

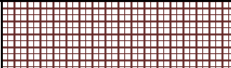

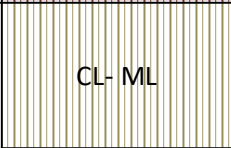

6.4.1.1 Calicatas -01

Se ubico en el sector Sur del polígono de estudio ver anexo16, con el fin de determinar los geo-materiales que presenta el sitio.

Desde la superficie del terreno hasta 0.40 m se evidencio una capa de material orgánico de color pardo con presencia de raíces: y seguidamente hasta 1.0 m se localiza un material de arcilla limosa arenosa, de color café, húmedo, consistencia baja, definido como un **CL-ML** de la clasificación **SUCS**; y finalmente hasta 1.50 m de profundidad se evidencia la presencia de arenas poco compactas limosas ásperas al tacto, poco húmeda, ligeramente plástica, color café amarillenta, definido como un **SM** de la clasificación **SUCS**, véase Figura22.

Figura22.

Estratigrafía de la Calicata 01

Prof.	Estratigrafía	Tipo de suelos	Fotografía
0.40m		Cobertura vegetal	
1.0m		Suelos arcillosos-limosos con arena plasticidad baja, color café	
1.50m		Arenas limosas, ligeramente plasticas, color amarillo	

Nota: En la imagen se muestra las conformaciones del suelo





6.4.1.2 Calicata -02

Se ubico en el sector Norte del polígono de estudio ver anexo 16, con el fin de determinar los geo-materiales que presenta el sitio.

Desde la superficie del terreno hasta 0.40 m se evidencio una capa de material orgánico de color café : y seguidamente hasta 1.0 m se localiza un material de Limo arenoso, de color café amarillento, poco húmedo, consistencia baja, definido como un **ML** de la clasificación **SUCS**; y finalmente hasta 1.50 m de profundidad se evidencia la presencia de gravas limosas con arena poco compactas ásperas al tacto, poco húmeda, con plasticidad baja, color café amarillenta, definido como un **GM** de la clasificación **SUCS**, véase Figura23.

Figura23.

Estratigrafía de la Calicata 02

Prof.	Estratigrafía	Tipo de suelos	Fotografía
0.40m		Material orgánico	
1.0m		Suelos limosos, baja plasticidad, color amarillo	
1.50m		Gravas limosas poco plasticas, color café amarillento	

Nota: En la imagen se muestra las conformaciones del suelo

Seguidamente en la Tabla24, se presenta un resumen de la clasificación de las 2 calicatas dando a conocer las propiedades del suelo hasta el final de la exploración.

Tabla24.*Resumen de Resultados de las Calicatas Exploradas*

Calicata	Prof. m.	C. h. %	L. l. %	L.p. %	I. p. %	Grava %	Arena %	Finos %	Clasificación	
									SUCS	AASHTO
C-01	1.00	20	24	18	6	1.66	25.15	73.19	CL-ML	A-4
	1.50	7	18	17	1	25	50.21	24.79	SM	A-4
C-02	1.00	8	20	19	1	3.64	43.52	52.84	ML	A-4
	1.50	5	18	17	1	45.88	36.88	17.25	GM	A-1-b

Nota: Clasificación de calicatas mediante la SUCS y AASHTO, elaborado por: Autor, 2024

6.4.2 *Ensayo de penetración estándar (SPT)*

Dentro de las exploraciones mecánicas, se realizó dos perforaciones ubicadas tal como se indican en la tabla 16, y realizando el ensayo spt a cada metro. De los datos recabados en campo y de los ensayos de laboratorio se determinan los siguientes resultados para los sondeos respectivos explorados:

6.4.2.1 **Sondeo CAP-01**

Desde el nivel actual del terreno hasta 0.50 m de profundidad se define la existencia de cobertura vegetal con presencia de raíces; y desde 0.50 m hasta 2.0 m se determina la presencia de arenas y gravas limosas mal graduadas de compresibilidad variable media y suelta con arena, húmeda, consistencia media a firme, color café, definido como un **SM, GP-GM** de la clasificación **SUCS**; entre 3.0 y 5.0 m, el suelo presente es un limo inorgánica de compresibilidad baja arenoso, húmedo, consistencia media a firme, color café claro, correspondiente a un **ML** de la clasificación **SUCS**; desde 5.0 m a 6.0 m (final de la exploración), se determina la presencia de arcillas limosas con grava, húmeda, de tonalidad café amarillento compacidad relativa entre suelta, media compacta, definida a un **ML -CL** de la clasificación **SUCS**. Existe la presencia del nivel freático desde 3.0 m hasta la profundidad explorada.

6.4.2.2 **Sondeo CAP -02**

Desde el nivel actual del terreno hasta 0.40 m de profundidad se define la existencia de cobertura vegetal con presencia de raíces; y desde 0.40 m hasta 3.0 m se determina la presencia de arenas limosas con grava mal graduadas de compacidad relativa suelta, poco húmedas, compresibilidad baja, color café, definido como un **SC-SM** de la clasificación **SUCS**; entre 3.0 y 4.0 m, el suelo presente es un limo inorgánica de compresibilidad baja arenoso, húmedo, consistencia media, color café claro, correspondiente a un **ML** de la clasificación **SUCS**; desde 5.0 m a 6.0 m (final de la exploración), se determina la presencia de gravas limosas con arena mal graduadas, húmeda, de tonalidad café grisáceo compacidad relativa entre media a firme,

definida a un **GP -GM** de la clasificación **SUCS**. Existe la presencia del nivel freático desde 3.0 m hasta la profundidad explorada.

Los ensayos de laboratorio realizados de las muestras extraídas de los sondeos S.P.T. mediante la clasificación SUCS, y AASHTO, seguidamente se muestran en el anexo 4, 6.

En la siguiente Tabla25, se muestra el resultado de los ensayos de contenido de humedad, granulometría, límites Atterberg y clasificación SUCS (ASTMD2487).

Tabla25.

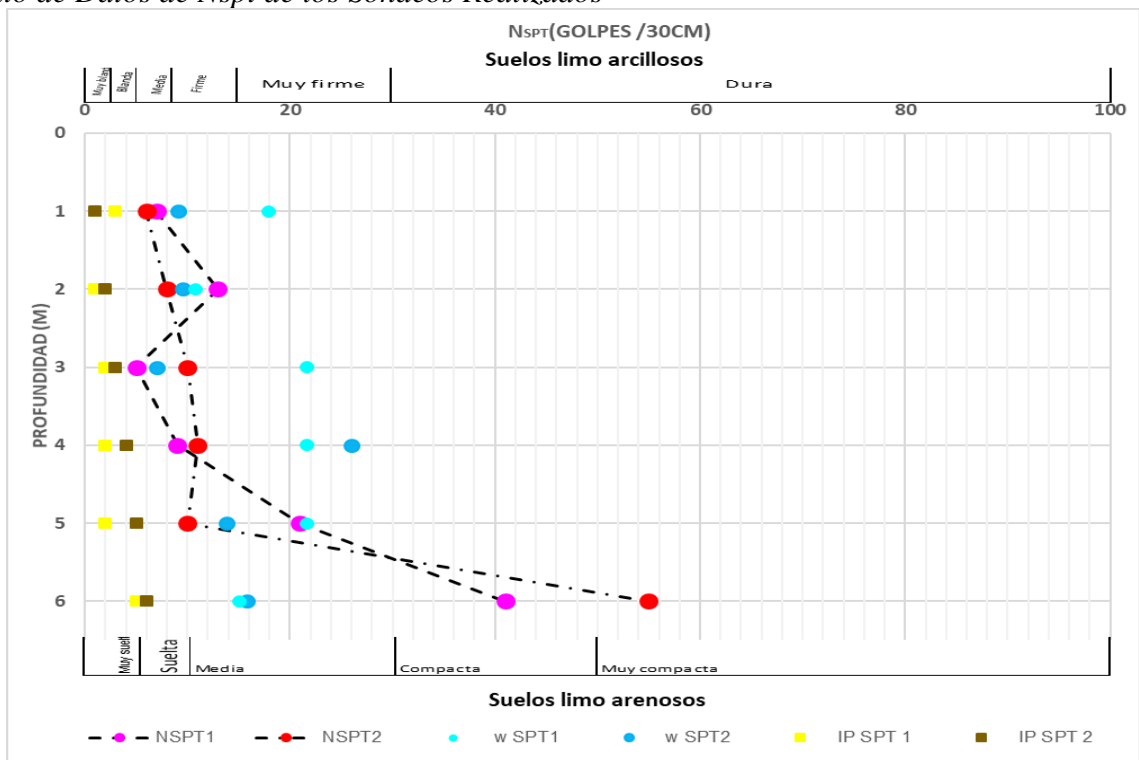
Resumen de Resultados de Laboratorio de las Muestras de Ensayos SPT

	Prof. m	N _{SPT}	C.H %.	LL %	LP %	IP %	SUCS	Descripción
SPT N.º 1	1.00	7	17.96	18	15	3	SM	Arena limosa con grava
	2.00	13	10.75	17	16	1	GP-GM	Grava mal graduada con limo y arena
	3.00	5	21.62	18	16	2		
	4.00	9	21.62	18	16	2	ML	Limo arenoso con grava
	5.00	21	21.62	18	16	2		
	6.00	41	15.04	20	15	5	ML-CL	Arcilla limosa gravosa con arena
SPT N.º 2	1.00	6	9.14	19	18	1	SM	Arena limosa con grava
	2.00	8	9.50	19	14	5	SC-SM	Arena limosa y arcillosa con grava
	3.00	10	7.06	19	17	2	SM	Arena limosa con grava
	4.00	11	26.02	20	17	3	ML	Limo con arena
	5.00	10	13.83	18	17	1	GP-GM	Grava mal graduada con limo y arena
	6.00	55	15.80	19	16	3	GM	Grava limosa con arena

Nota: El autor, 2024.

En la siguiente Figura24, se presenta gráficamente de cómo está representado las características físicas de los materiales en cuanto a sus valores de humedad (W), índice de plasticidad (IP), y número de golpes(N), distribuidos a cada metro hasta el final de la exploración (6.0m).

Figura24.
Conjunto de Datos de Nspt de los Sondeos Realizados



Nota: Elaborado por el autor, 2024

6.4.3 Sondeos eléctricos verticales

Mediante el ensayo de resistividad eléctrica se consideró un punto en el sector Sur realizado entre la calicata C-01, y la perforación CAP -01 por la compañía ESTSUELCON de la ciudad de Loja. Los resultados obtenidos se resumen a continuación en la Tabla26. Cuadro de Resistividad y Correspondencia Geológica SEV-1, y en el anexo 8, se muestra a detalle el registro de datos de campo del SEV.

En la Tabla26, se muestra la conformación geológica en cuatro horizontes geoelectricos establecidos con sus respectivas resistividades.

Tabla26.*Cuadro de Resistividad y Correspondencia Geológica SEV-1*

Complejo geo eléctrico y/o capa	Resistividad. $\Omega\text{m.}$	Potencia (m)	Profundidad (m)	Correspondencia geológica
A	20.7	0,401		Suelos limosos húmedos
B	2367	0.153	0,554	Materiales arenas limosas de la formación Quillollaco. Se registra un bajón en la resistividad eléctrica, probablemente por presencia de agua.
C	27.6	3.7	4.254	Conglomerado poco consolidado con clastos de arenisca y matriz entre arenas y limos. Posible existencia de lentes de limo arcilloso
D	518	1.71	5.96	Conglomerado poco consolidado con clastos de arenisca y matriz entre arenas y limos. Posible existencia de lentes de limo arcilloso

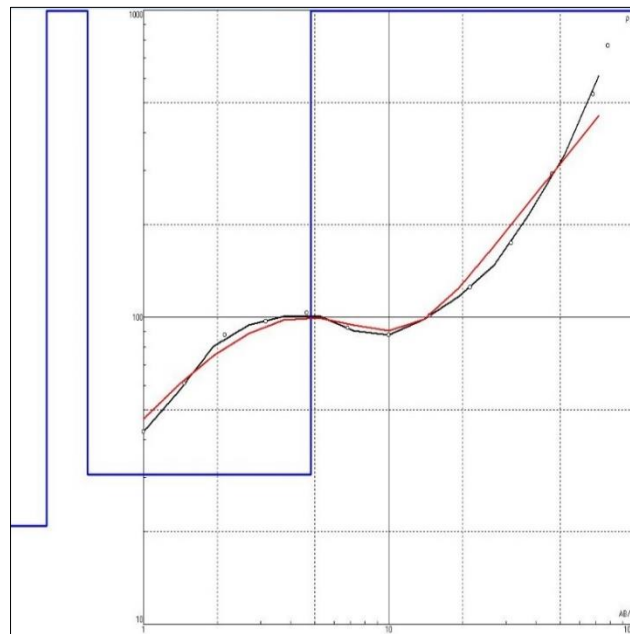
Nota: El autor, 2024.

De acuerdo a la clasificación geoelectrica según *Palacky, 1987; Sharma, 1997, CNA, 2008 y Dena, 2009*, se indica que se tendría 4 horizontes geo-eléctricos con resistividades de 20,7 Ωm en el inicio relacionado a la presencia de los suelos limosos húmedos. Luego una resistividad de 2367 Ωm y el brusco descenso a 27,6 Ωm para subir un tanto a 518 Ωm hacia el final del sondeo – lo que concordaría con la alternancia de estratos-capas-lentes de rocas sedimentarias de granulometría más o menos fina: limos-arcillosos, arcillas-limosas sondeadas cerca del SPT 01, con limos, areniscas guijarrosas, gravas con resistividad de 2367 y 518 Ωm . La caída de la resistividad con seguridad relacionada a la presencia de agua en profundidad.

De acuerdo al comportamiento de las curvas de resistividad, y la geología de la zona (capas estratificadas) se entiende que los materiales tengan una variación entre horizontes limosos, arcillosos, arenosos, y la presencia de gravas (conglomerados) hace que las curvas presenten altos resistivos. Así para valores de resistividad por debajo de 10 Ωm , se estima horizontes posiblemente saturados, en rangos hasta los 50 Ωm horizontes con trazas de saturación y valores superiores horizontes con presencia de gravas (conglomerados).

En la Figura25, se da a conocer el arreglo de la curva obtenida en campo para una mejor interpretación del tipo de materiales existentes en la zona de estudio.

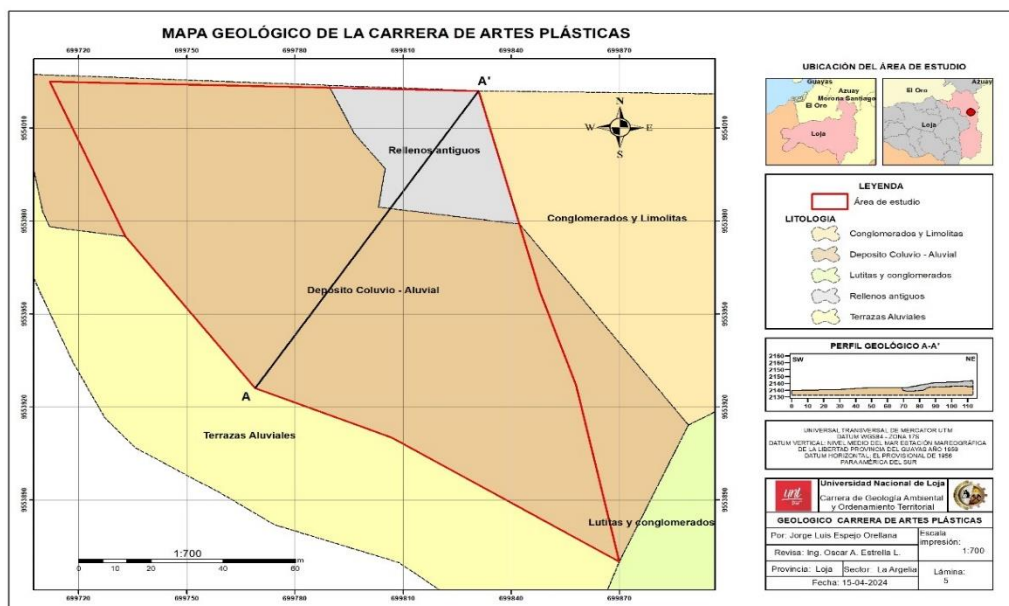
Figura25.
Curva de Sondeo Eléctrico Vertical



Nota: El autor, 2024.

El mapa geológico se realizó de acuerdo al análisis de las características geológicas geotécnicas del área de estudio mediante la correlación entre las unidades litológicas, ensayos de campo y los resultados obtenidos en el laboratorio, producto de esto se definieron unidades de geo materiales como se aprecia en el anexo 16 con características comunes tanto en lo geológico como en lo geotécnico. Véase Figura26.

Figura26.
Geología área de Estudio

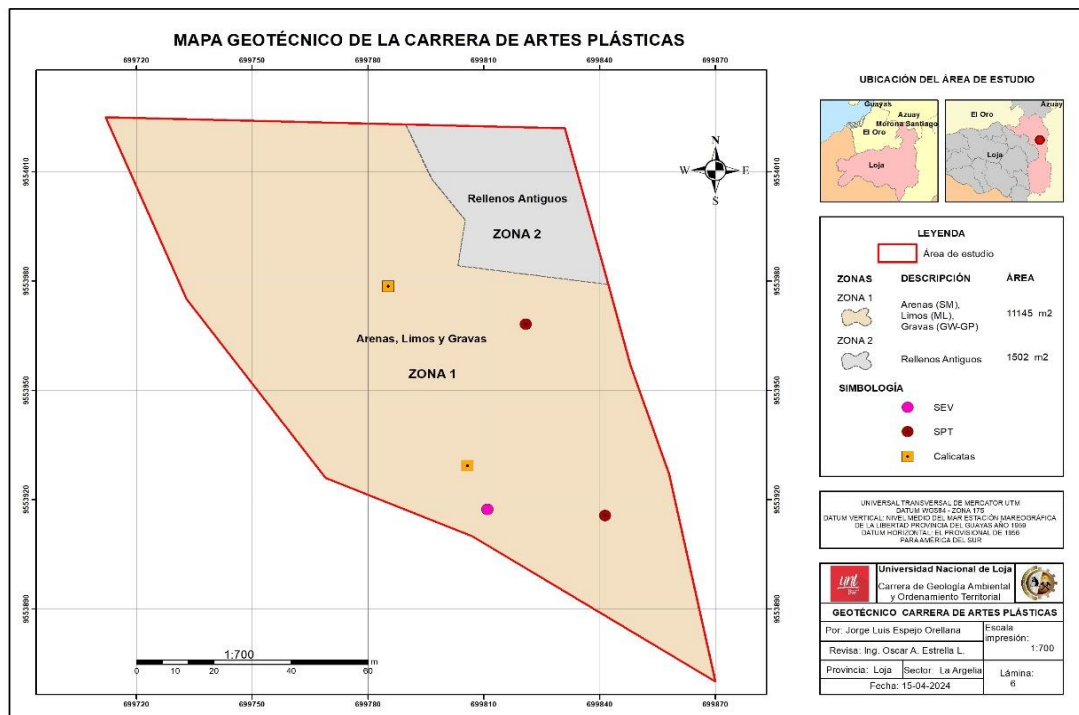


Nota: El autor, 2024

A continuación, en la Figura27, se presenta el mapa geotécnico conformado por dos zonas: zona 1, por materiales competentes de arenas limosas, hasta 2.0 m de profundidad, con intercalaciones de conglomerados poco plásticos, y seguidamente un estrato de Limos con lentes de conglomerados poco plásticos que también aparece un lente de arcillas limosas todo esto conforma un estrato entre 2.0m hasta 6.0m, zona2, materiales definidos como rellenos antiguos conformando una potencia de 3.0 m de profundidad. Seguidamente se efectúa la presencia de material con una potencia de 4.0 m, con las mismas características definidas en la zona 2. Para la ampliación de la infraestructura siempre se debe tomar en cuenta los márgenes cuando existen la presencia de rio en este caso la separación de 25m, de rio- terreno, y 20 m entre terreno y la vía Avenida Éxodo de Yangana – E682. Como se indica ver anexo 17.

Figura27.

Geotecnia del área de estudio



Nota: El autor, 2024

6.5 Parámetros obtenidos

Para el cálculo de capacidad de carga (Estado límite de falla) se ha considerado un factor de seguridad $FS=3$, de acuerdo a la NEC-SE-GC Tabla 6. Factores de seguridad indirectos mínimos². Los resultados de los parámetros mecánicos como se evidencian en el

² <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/02/NEC-SE-GC-Geot%C3%A9cnia-y-Cimentaciones.pdf>

anexo 9, obtenidos de acuerdo a las fórmulas citadas en la sección metodología se detallan en la siguiente Tabla27.

Tabla27.
Parámetros Mecánicos Obtenidos a Partir de NSPT

Pozo	Prof. m	SUCS	N _{spt} golpes	N ₆₀ golpes	N ₁₆₀ golpes	q _{ult neta} Kg/cm ²	q _{adm neta} Kg/cm ²	Ø(OSAKI.1959) °
SPT 1	1.00	SM	7	5	7	1.58	0.53	25
	2.00	GP-GM	13	10	13	2.93	0.98	29
	3.00	ML	5	4	5	1.13	0.38	24
	4.00	ML	9	8	9	2.30	0.77	27
	5.00	ML	21	15	17	4.59	1.53	32
	6.00	ML-CL	41	39	40	11.69	3.90	43
SPT 2	1.00	SM	6	5	6	1.35	0.45	24
	2.00	SC-SM	8	6	8	1.80	0.60	26
	3.00	SM	10	8	9	2.25	0.75	27
	4.00	ML	11	9	11	2.81	0.94	29
	5.00	GP-GM	10	9	9	2.55	0.85	28
	6.00	GM	55	52	52	15.68	5.23	47

Nota: El autor, 2024.

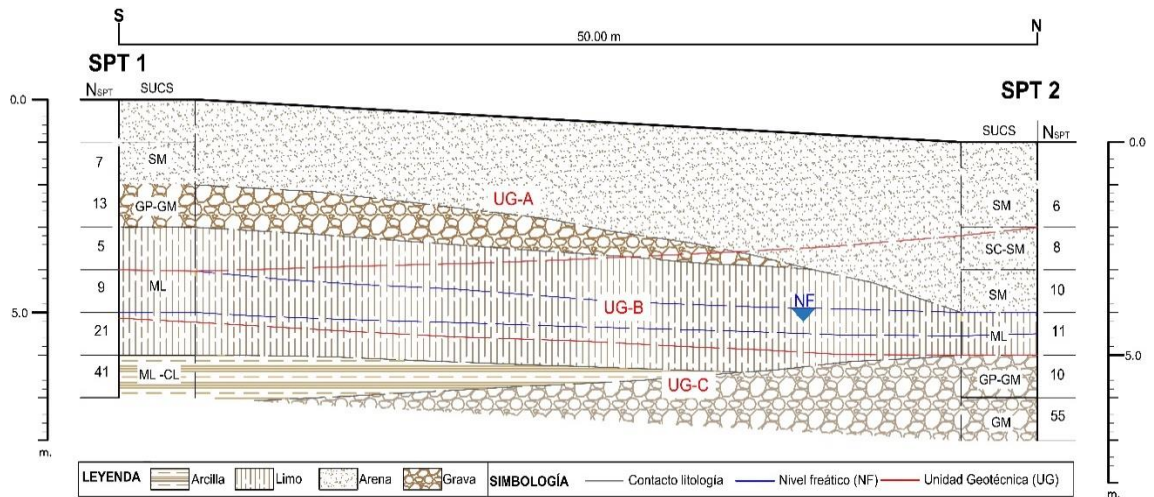
Con base a la información obtenida con los sondeos de penetración estática (spt), y correlacionando con el SEV, se obtuvo en forma descendente que la estratigrafía del sitio está compuesta por una unidad geológica como se indica a continuación:

- **SPT 1.** - Compuesta por intercalaciones de **Arenas limosas, gravas limosas, limos y arcilla limosa** (SM, GP-GM, ML, ML-CL), intercalada en capas de 2 a 3 metros de espesor promedio, tonalidad café a café amarillenta a profundidad, compacidad relativa variada, de suelta a media y compacta a profundidad, en tanto que el Ø en superficie es de 25° y a profundidad de 43°.
- **SPT 2.** - Compuesta por una capa de 3.00 m de **Arenas limosas con grava** (SM, SC-SM) de color café a café grisáceo, de compacidad relativa suelta y Ø=26°, capa de 1.00 m de Limo con arena (ML) de color café grisáceo, de compacidad relativa media y Ø=29°; además, capa de **Grava limosa con arena** (GP-GM, GM) de color café grisáceo, de compacidad relativa de media a compacta y Ø=38°

La unidad geotécnica ha sido definida en función de su resistencia a la penetración estática, y a su clasificación SUCS. Como se puede observar en la Figura28, el valor del índice de penetración es variable en función a la profundidad.

A continuación, se indica como está conformado estratigráficamente la litología de la zona estudiada.

Figura28.
Estratigrafía del Sector de Estudio



Nota: El autor, 2024

6.5.1 Tipo de perfil de suelo

La identificación del perfil se realiza a partir de la superficie natural del terreno según la NEC-SE-DS 2015 (Tabla 2: clasificación de los perfiles de suelo), para el presente trabajo se ha considerado los siguientes criterios: número medio de golpes del ensayo de penetración estándar SPT, Índice de plasticidad y Contenido de agua. Véase Tabla28.

Tabla28.
Tipo de Perfil de Suelo para Diseño Sísmico

Pozo	Descripción	Tipo de Perfil
1	Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones $50 > N \geq 15.0$ $100 \text{ kPa} > Su \geq 50 \text{ kPa}$	D

Nota: Adaptado de NEC, 2015.

6.5.2 Parámetros de construcción a recomendar

En los sondeos realizados se ha detectado la presencia del nivel freático a 4.0 m de profundidad, desde el nivel actual del terreno. Los valores de humedad, determinados a diferentes profundidades, indican que el suelo presenta valores por encima del límite plástico, esto puede producirse que el suelo pierda sus propiedades mecánicas y fallar la cimentación, lo que en el área estudiada existe poco la posibilidad que se den por que en su mayoría existe la presencia de suelos permeables como: arenas limosas CL, limos ML, Gravas pobremente gradadas (GP-GM)

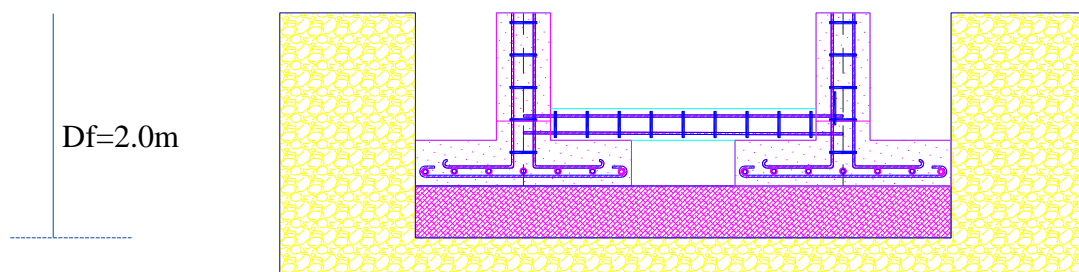
Sobre la capacidad admisible obtenida con SPT, se realizó un análisis por capacidad admisible por límite de servicio (asentamientos) considerando una profundidad de desplante (df) de acuerdo a la capacidad de carga a esa profundidad y la geometría más crítica, con lo que se obtuvo:

- Para un $df = -2.0$ m se obtiene un Q_a por límite de servicio igual a 0.55 Kg/cm^2 obteniendo un asentamiento $a_s = 2.38$ cm para una zapata aislada de $B = 2.00$ m.
- Los valores de capacidad por límite de carga a distinta profundidad para cualquier geometría de base y los asentamientos de capacidad por límite de servicio para zapatas aisladas de 1.00 m, 1.50 m y 2.00 m se adjuntan en el anexo 5.

Considerando la heterogeneidad de los materiales asentar la infraestructura a una capacidad portante de 0.55 kg/cm^2 es decir a 5.50 T/m^2 , $\phi = 27^\circ$, con tipo de cimentación de plinto aislado con viga de atado ver Figura29, para implantar una infraestructura de losa hasta 3 plantas.

Figura29.

Cimentación de plinto aislado con viga de atado



Nota: El autor, 2024

Se sugiere llevar a cabo una evaluación detallada sobre la estructura implantada actualmente en la zona y recomendar lo siguiente:

- Chequeo de cota de cimentación de la estructura edificada actualmente $df \geq -2,00$ m desde la superficie del terreno.
- Realizar ensayo de resistencia mediante el método de esclerometría en todas las estructuras verticales(columnas), y horizontales(vigas).
- Extraer núcleos de hormigón de forma alternada en cuanto a vigas y columnas para realizar una corroboración con la esclerometría y estimar si es pertinente su resistencia para dicha construcción.
- Todas estas medidas deben ser cumplidas a cabalidad e íntegramente, con la finalidad de mantener la estabilidad del terreno y la estructura.

De acuerdo Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC-15) capítulo Peligro Sísmico-Diseño Sismorresistente (NEC-SE-DS), la zona de estudio está situada dentro de la zona sísmica II, valor factor $Z=0.25$. Con base a los resultados de las exploraciones el subsuelo se categoriza como perfil de suelo tipo D (perfiles de suelos rígidos), con los siguientes valores de perfil de suelo $Fa=1.4$; $Fd=1.45$; $Fs=1.06$.

A continuación, se presenta las zonas con sus distribuciones litológicas que son:

Zona 1; en suelos arenas limosa, limos, y gravas se recomienda utilizar los siguientes parámetros: peso específico 1800 kg/cm^2 , cohesión 0 kg/cm^3 , ángulo de fricción 27^0 , capacidad admisible de $0,55 \text{ kg/cm}^2$, a una profundidad de $df= -2.0$ m, con una capacidad de soporte habitacional de 3 plantas.

Zona 2; en suelos conformados por rellenos antiguos no se recomienda la implantación de infraestructura, es mejor reemplazar estos suelos por suelos competentes como Arenas limosas limos, y gravas que cumplan con los siguientes parámetros: peso específico 1800 kg/cm^2 , cohesión 0 kg/cm^3 , ángulo de fricción 27^0 , capacidad admisible de $0,55 \text{ kg/cm}^2$, a una profundidad de $df= -2.0$ m, con una capacidad de soporte habitacional de 3 plantas.

Una vez que se obtuvo todas las propiedades físicas mecánicas de los geo materiales y estableciendo los parámetros necesarios para recomendar cota de cimentación para la ampliación de infraestructura física, se presenta en la Tabla29 un resumen del suelo competente para su fundación.

Tabla29.*Resumen de propiedades físicas y parámetros del suelo que se pretende cimentar*

Ensayo	Parámetros	Valor spt1	Valor spt2	Unidad
SPT	N.SPT	7	6	-
	Desplante (df)	-2,00	-2,00	m
	Ancho de Base (B)	2	2	m
	Carga ultima Neta	1,58	1,35	Kg/cm2
	Carga admisible neta	0,53	0,45	Kg/cm2
	Ángulo de fricción	27	25	°
	Cohesión	0	0	Kg/cm2
	Cohesión mediante SPT (Cu)	3,34	1,34	Kg/cm2
S.E.V.	Asentamiento (Se)	2,38	0,81	cm
	Resistividad	2367		Ωm.
Peso Unitario	Densidad del material	1,8	1,8	T/m3
	Contenido de Humedad	17,96	9,5	%
	Limite Liquido	18	19	%
	Limite Plástico	15	14	%
Clasificación de los materiales	Índice de plasticidad	3	5	%
	Coficiente de Uniformidad (Cu)	204,72	95,42	-
	Coficiente de Curvatura (Cc)	0,54	3,3	-
	Gravas	22,2	23,47	%
	Arenas	41,1	47,1	%
	Finos	36,7	29,43	%
Clasificación según AASHTO	Suelos limosos regular a pobre	A-4	A-2-4	-
Clasificación según la SUCS	Arena limosa con grava	SM	SC-SM	-

Nota: El autor, 2024

7. Discusión

El presente trabajo de titulación “Estudio geológico-geotécnico para la ampliación de la infraestructura física de la carrera de Artes Plásticas de la Universidad Nacional de Loja, ubicada en el sector la Argelia, cantón y provincia de Loja.”, se realizó con la finalidad de determinar los tipos de geo-materiales y sus propiedades físicas mecánicas que permiten identificar el comportamiento actual del terreno para su uso constructivo.

El área de estudio se encuentra ubicada dentro de la formación Quillollaco con sigla MPLq, mediante depósitos coluviales y aluviales de origen sedimentario, constituido de las siguientes litologías: lutitas, cuarcitas, limolitas, areniscas y conglomerados, depositados consecutivamente de forma natural; información que se corroboró en campo mediante fichas de descripción de afloramientos, y elaboración de calicatas.

Para la obtención de información más a detalle se realizó ensayos directos (SPT) el cual indican la siguiente estratigrafía; el suelo encontrado presenta una estratigrafía hasta los 2.0 m de profundidad de arenas limosas con gravas de compacidad relativa variable entre suelta y media, con tonalidades de café a café amarillento definidas como un SM, de la clasificación SUCS. seguidamente desde los 2.0 m hasta 4.0 m de profundidad se determina limos arenosos con gravas con intercalación de arcillas limosas de tonalidad café claro, de compacidad relativa variable entre suelta a media, definidos como un ML, CL-ML, de la clasificación SUCS, y desde 4.0 m hasta 6.0 m se define gravas limosas y arenas, de compacidad media compacta respectivamente, con una tonalidad café grisácea determinadas como un GM, de la clasificación SUCS. Se detecta la presencia del nivel freático a 4. m desde el nivel actual del terreno.

Los resultados obtenidos tienen una semejanza con los realizados por la Universidad Nacional de Loja en el año 2023 llamado “Estudios previos para la realización de ensayos de suelos para diferentes proyectos nuevos y ampliaciones en el campus Argelia”; geológicamente se compone por una serie de depósitos estratificados de origen sedimentarios se trata de arenas limosas poco compactas con tonalidades café amarillentas, con presencia de clastos 20 mm a 50 mm, e intercalaciones de limos arcillosos poco compactos muy ásperos con tonalidades amarillas, e incrustaciones de lentes de conglomerados ligeramente plásticos.

De no existir alguna comparación de ensayos indirectos de este método (SEV) con ensayos cercanos al área de estudio, se valida la similitud con los ensayos directos de los antes mencionados como se indica en la Tabla 26, y en concordancia con la Tabla 19, según la clasificación de Unidades Geo – eléctricas de acuerdo a sus resistividades propuestas por Palacky (1987) y Dena (2009), afirman las siguientes características; entre el complejo A y

B, se determina la presencia de suelos limosos y arenas limosas, con resistividades que van de 20.7 Ωm a 2367 Ωm a una profundidad de 0,55 m, en el complejo eléctrico C, y D se registra la presencia de conglomerados poco consolidados, con posible existencia de arenas y limos, con una resistividad de 27.6 Ωm , a 518 Ωm y una potencia entre 3,7 m y 1,71m, de 4.2 m hasta 5.96 m de profundidad, definidos como depósitos coluvio – aluviales producto de la formación Quillollaco. Por el bajón inmediato de resistividad en la capa C, se toma en consideración la presencia de agua.

De la misma manera de acuerdo la Norma Ecuatoriana de construcción NEC 2015: apartado Geotecnia y cimentaciones, se consideró el método directo con la apertura de 2 SPTs hasta 6.0 m de profundidad, para determinar los parámetros de construcción tomando en consideración dos zonas; zona 1 (suelos competentes como: arenosos, limosos, gravas), zona 2 (rellenos antiguos), establecidas por el autor como se afirma en la Figura 26, por lo que de acuerdo a este análisis se ha considerado la zona 1 como en óptimas condiciones para definir la capacidad portante, compacidad, ángulo de fricción, cohesión, y consistencia del subsuelo el cual se establece lo siguiente; en el SPT1 estratigráficamente se localiza suelos compuestos por intercalaciones de arenas limosas, gravas limosas, limos (SM, GP-GM, ML,) con cambios de capas en 1 a 2 m de espesor, con una alternancia de golpes hasta 5.0 m de profundidad, el promedio de golpes corregidos $N_{60} = 8.4$, y una capacidad de carga última $q_{\text{ultima}} = 2,54 \text{ kg/cm}^2$, con una carga admisible $q_{\text{adm}} = 0.84 \text{ kg/cm}^2$ de compacidad relativa variable suelta a media, con ángulo de fricción $\phi = 27^{\circ}$, al final de la exploración (6.0 m) se encuentra suelos arcillosos limosos (CL-ML) que tiene un $N_{60} = 39$, y el $q_{\text{ultima}} = 11,69 \text{ kg/cm}^2$, con un $q_{\text{adm}} = 3.90 \text{ kg/cm}^2$ compacidad relativa compacta, con $\phi = 43^{\circ}$, en el SPT2 se evidencia la presencia de Arena limosa con grava (SM, SC-SM) en capa de 3 m de espesor, con una alternancia de golpes promedio de $N_{60} = 7.4$, y el promedio de $q_{\text{ultima}} = 2,2 \text{ kg/cm}^2$, con un $q_{\text{adm}} = 0.72 \text{ kg/cm}^2$ de compacidad relativa suelta a media, con $\phi = 27^{\circ}$, desde 3m hasta el final de la exploración (6.0 m) se define intercalaciones de un limo con arena, además gravas limosas con arena (ML, GP-GM) en cambios de capas de 1 a 2m de espesor, con un promedio de $N_{60} = 52$, y el $q_{\text{ultima}} = 15,68 \text{ kg/cm}^2$, con un $q_{\text{adm}} = 5.23 \text{ kg/cm}^2$ compacidad relativa compacta, con $\phi = 47^{\circ}$. considerados como suelo con parámetros competentes para la ampliación de la estructura física en la carrera de Artes Plásticas.

8. Conclusiones

Al concluir la investigación del presente trabajo de titulación Estudio Geológico – Geotécnico para la ampliación de la infraestructura física de la carrera de Artes Plásticas de la Universidad Nacional de Loja, ubicada en el sector la Argelia, cantón y provincia de Loja, se obtienen las siguientes conclusiones:

La topografía a escala 1:1000, estableció que el área de estudio es de 1,26 ha, con esto se realizó un perfil transversal en la zona en sentido S – N de longitud 150 m, el mismo que mostró el desnivel del terreno desde las cotas 2134.5 msnm hasta 2138.5 m.s.n.m con un desnivel de 4 m, se presentan pendientes ligeramente inclinados a empinados (5 % a 55 %), la mayor parte del terreno tiene un relieve de ligeramente inclinado ocupando un 69.25 %, y la otra parte el suelo es considerado de fuertemente inclinado a empinado interviniendo un 30.75 % del área de estudio.

La geología del área de estudio se encuentra ubicada dentro de la formación Quillollaco con sigla **MPLq**, mediante depósitos coluviales y aluviales de origen sedimentario, constituido de las siguientes litologías: lutitas fisibles, limolitas, areniscas y conglomerados, poco compactos con tonalidades de café amarillentas, de poco sedosas a ásperas, con presencia de clastos 20 mm a 50 mm, la existencia de lentes de conglomerados bien compactos es evidente de una matriz media.

Regionalmente se registra la falla geológica río Malacatos que se encuentra paralela al área de estudio, y localmente no se registra estructuras geológicas ya que su complejo dominante de las unidades se encuentra asentadas de forma sub-horizontal buzando al Oeste.

Con la apertura de 2 calicatas hasta 1.50 m de profundidad, los suelos encontrados en la parte sur se presentan como limos arcillosos definidos con un CL – ML de la clasificación SUCS; sobre ello subyace una arena limosa definida como un SM de la clasificación SUCS. De la misma manera en la parte norte se encuentra un estrato de limos arenosos definido como un ML de la clasificación SUCS, subyace una grava limosa hasta el final de exploración definido con un GM de la clasificación SUCS.

Se efectuaron 2 SPTs hasta el final de la exploración 6.0 m, que permitieron definir la caracterización geotécnica de los materiales encontrados, en base a los resultados de campo y laboratorio, de SPT y correlacionados con SEV se define la estratigrafía del sitio compuesta por 3 unidades geotécnicas que se describen a continuación:

- **UG-A: Arena y grava limosa**, tonalidades desde café a café grisáceo. Esta unidad presenta una compacidad relativa de suelta a media. Su espesor promedio es de 1.00 a 3.00 metros, $q_{adm} = 0.54 \text{ Kg/cm}^2$.

- **UG-B: Limo arenoso**, tonalidades desde café a café grisáceo. Esta unidad presenta una compacidad relativa de suelta a media. Su espesor promedio es de 2.00 metros, $q_{adm} = 1.04 \text{ Kg/cm}^2$.
- **UG-C: Arcilla, limo arenoso y grava limosa**, tonalidades desde café amarillento a café grisáceo. Esta unidad presenta una compacidad relativa de media a compacta. Su espesor promedio es de 1.00 a 2.00 metros, $q_{adm} = 3.47 \text{ Kg/cm}^2$.

9. Recomendaciones

Recomendar a las autoridades competentes de esta prestigiosa institución consideren los estudios desarrollados para implantar una estructura con losa de hasta 3 plantas, a una cota de cimentación $d_f = -3.00$ m mínimo a partir del nivel del terreno, sobre 5 cm de hormigón de limpieza.

Para futuras obras de ampliación en la zona de estudio se recomienda profundizar el estudio con técnicas geofísica con el fin de obtener una posible correlación de datos más explícitos.

Se recomienda verificar al momento de la excavación, que el nivel de fundación cumpla con las condiciones geotécnicas estimadas, en todas las cimentaciones, y los materiales a utilizar en la construcción deben ser de la mejor calidad, en ningún caso las estructuras quedaran cimentadas sobre rellenos antiguos.

Trabajar con un FS no menor a 3, considerando el tipo de perfil Vs30 D, con un factor $Z = 0.25$, o de acuerdo al criterio del ingeniero estructural.

10. Bibliografía







- Ayala, L. (2018). *Explorock*. Obtenido de <https://www.explorock.com/litologia-y-granulometria-de-los-depositos-sedimentarios/>
- Auge, M. (2008). *Métodos Geo-eléctricos para la Prospección de Agua Subterránea*. Buenos Aires.
- Braja M. Das. (2013). “*Fundamentos De Ingeniería Geotécnica*”. Thomson Learning. México.
- Braja, M. D. (2012). *Cimentaciones Superficiales: Capacidad de Carga Última. Principios de Ingeniería de Cimentaciones*, 133-180.
- Braja M. Das. (2017). *Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones*.
- Crespo, C. (2011). “*Mecánica de Suelos y Cimentaciones*” (5 ed.). Monterrey, México: Limusa SA de C.V, GRUPO NORIEGA.
- Cantabria, U. d. (2010). *Introducción a la Geotecnia: Tipos y Propiedades Generales de los Suelos*. España.
- Camargo, J. (2004). *Manual de Geología Estructural. Guía para la interpretación y elaboración de Mapas Geológicos (1.a ed.)*. Editorial Universidad Surcolombiana
- Duque, G. (2003). *MANUAL DE GEOLOGIA PARA INGENIEROS. Rocas Sedimentarias. Boyoca- Colombia: Agelfire*.
- Duque, E. (2022). *Manual de Geología para Ingenieros*. Manizales, Colombia.
- Demek, J. (1972). *Manual of Detailed Geomorphological Mapping*. Academia Praga.
- Echeveste, H. (2018). *Manual de Levantamiento Geológico*. Buenos Aires, Argentina: Editorial de la Universidad de la Plata.
- Friedrich, K., Trude V. V., Bernhard, H., & Douglas C, P.(2000). Remote Sensing for Site Characterization. En K. Friedrich, K., Trude V. V., Bernhard, H., & Douglas C, *Remote Sensing for Site Characterization* (pag 240). Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- González L., Ferrer, M., & Ortuño, L. & Oteo, C, (2002). *Ingeniería Geológica*. Madrid, España.
- González de Vallejo, L. (2004). *Ingeniería Geológica*. Madrid, España. PEARSON EDUCACION, S.A.
- GAD Municipal de Loja. Plan de Uso y Gestión del suelo 2020-2032.
- Gonzales de Vallejo, L. (2005). “*Ingeniería Geológica*”. Madrid ‘España. Prentice – Hall.
- García Castillo, A. (s.f.). *Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)*.
- Geo Loja. (2007). *Perspectivas del medio ambiente urbano*. Loja.





- HUNT, R. (2005). "Geotechnical Engineering Investigation Handbook". Estados Unidos.
- Hungerbuhler, D. (1997). *Tertiary Basins in the Andes of Southern Ecuador (3°00' - 4°20')* *Sedimentary Evolution, Deformation and Regional Tectonic Implications*. PhD Thesis. Institute of Geology ETH Zurich, Switzerland.
- INIGEMM (2017). Hoja Geológica Gonzanamá, escala 1:100000.
- IIGE. (2019a). *Estándares de nomenclatura estratigráfica, simbolización y abreviaturas para la cartografía geológica*. Versión 2.0.
- IIGE. (2019b). *Metodología para levantamiento geológico. Mapas Temáticos*. https://drive.google.com/file/d/1bVS_ZnU-QcOhyhgJ9yhyMcCFA2WntWq6/view
- Kennerley, B. (1982). "Geología de la Provincia de Loja en el Sur del Ecuador"
- López Vergara, M.. (1988). *Manual de Fotogeología (3.a ed.)*. Editora CIEMAT.
- Mijailov, L. (1989). "Hidrogeología". Moscú- Rusia: Mir Moscú. 288p.
- Ministerio de Desarrollo y Vivienda. Norma Ecuatoriana de la Construcción – NEC 2015.
- Naranjo, H. & Dranichnikov T. (2012). *Cálculo de capacidad portante basado en geofísica y método convencional. El caso del puente sobre el río Maicito*. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana.
- Narango, J. (2015). *Fotogeología práctica. Fotogeología descriptiva e interpretativa con ejemplos de Colombia*. Editorial Universidad de Caldas.
- NEC-2015. *Norma Ecuatoriana de la Construcción. Cargas sísmicas - Diseño sismo resistente- Geotecnia y Cimentaciones*.
- OfiGeo. (31 de Mayo de 2016). OfiGeo Geología Geotecnia Geofísica Medio Ambiente. Obtenido de OfiGeo Geología Geotecnia Geofísica Medio Ambiente: <https://ofigeo.wordpress.com/2016/05/31/tecnicas-de-prospeccion-en-un-estudio-geotecnico/>
- Obando, T. (2009). *Modelación geomecánica y temporal de la licuefacción en suelos de minas no metálicas. Estudio de Caso: Ciudad de Managua (Nicaragua)*. Tesis Doctoral. Huelva, España: Editorial Universidad Internacional de Andalucía UNIA.
- Proyecto Multinacional Andino. (2005). "Mapa Geológico Binacional Región Norte de Perú y Sur del Ecuador". Escala 1:500 000.
- Piqueras, V. Y. (2019). *Concepto y clasificación de las cimentaciones*. Valencia.
- Peláez Zapata, R. (2018). *La Geofísica en la Exploración de Yacimientos*. PETROQUIMEX, 5-6.
- Rodríguez, C.E (2017). *Geología de Campo*. Universidad Nacional Autónoma México 2001.
- Strahler, A. N. (1987). *Geología Física*. Barcelona: Ediciones Omega, S.A.





- Santi, T. (2012). *Ensayo SPT Standard Penetration Test (ASTMD 1586) Índice*. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Suarez, J. (2009). “*Deslizamientos: en Áreas Urbanas y obras de Ingeniería, Análisis Geotécnico*”. Bucaramanga, Colombia.
- Siapa. (2014). *Criterios y Lineamientos Técnicos para Factibilidades, Geotecnia*.
- Sagaseta, C. (2010). *Introducción a la Geotecnia I: Tipos y Propiedades Generales de los Suelos*. España.
- Tarback, E., & Lutgens, F. (2010). *Ciencias de la Tierra una Introducción a la Geología Física*. Madrid: Pearson Educación S.A.
- Ureta Chalen, C. G. (2017). *Aplicación de la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-15*. Guayaquil-Ecuador.
- Terzagui, K., Peck, R. B., & Mesri, G. (1996). *Soil Mechanics in Engineering Practice*. New York: JHON WILEY Y SONS. INC.





11. Anexos





Anexo 1. Fichas Descripción de Afloramientos

	<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA FACULTAD DE ENERGÍA, INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES <i>Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial</i> FICHA DE AFLORAMIENTOS</p>				
PROYECTO:	“Estudio Geológico – Geotécnico para la ampliación de la infraestructura física de la carrera de Artes Plásticas de la Universidad Nacional de Loja, ubicada en el sector la Argelia, cantón y provincia de Loja.”				
Responsable:	Jorge Luis Espejo Orellana		Nº Afloramiento	AAP-02	
Ubicación:	x:699916 y:9553962 Z:2133m.s.n.m.	Datum:	WGS84	Dimensiones:	Longitud:7.0 m Potencia:2.50 m
Caracterización:			Croquis de ubicación		
Tipo de afloramiento	Antrópico				
Vegetación	Herbácea				
Clima:	Despejado(18 ^{0c})				
Contexto geológico					
Formación:	Quillollaco				
Estado de alteración:	-				
Grado de meteorización:	I				
Origen	Residual				
Génesis:	Sedimentario				
Datos estructurales			Fotografía		
Rumbo	-				
Buzamiento	-				
descripción geológica:					
<p><i>El afloramiento de tipo natural presenta estratos de conglomerados, de color café claro, y clastos de 2.0 mm a 5.0 mm de matriz fina a media de forma sub – horizontal, ásperas al tacto, con lente de limolitas con tonalidad café claro.</i></p>					

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA FACULTAD DE ENERGÍA, INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial FICHA DE AFLORAMIENTOS				
PROYECTO:	“Estudio Geológico – Geotécnico para la ampliación de la infraestructura física de la carrera de Artes Plásticas de la Universidad Nacional de Loja, ubicada en el sector la Argelia, cantón y provincia de Loja.”				
Responsable:	Jorge Luis Espejo Orellana		Nº Afloramiento	AAP-03	
Ubicación:	x:699823 y:9553879 Z:2130m.s.n.m.	Datum:	WGS84	Dimensiones:	Longitud:10.0 m Potencia:1.50 m
Caracterización:			Croquis de ubicación		
Tipo de afloramiento	Natural				
Vegetación	Herbácea				
Clima:	Despejado(18 ^{0c})				
Contexto geológico					
Formación:	Terraza aluvial				
Estado de alteración:	-				
Grado de meteorización:	I				
Origen	Residual				
Génesis:	Sedimentario				
Datos estructurales			Fotografía		
Rumbo	-				
Buzamiento	-				
descripción geológica: El afloramiento de tipo natural se encuentra sobre un depósito cuaternario tipo terraza aluvial, constituido por materiales poco consolidados con cantos y rocas metamórficas, como gravas, arenas, y limos arenosos, con tonalidades café a gris. Con dirección sub horizontal.					

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA FACULTAD DE ENERGÍA, INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES <i>Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial</i> FICHA DE AFLORAMIENTOS				
PROYECTO:	“Estudio Geológico – Geotécnico para la ampliación de la infraestructura física de la carrera de Artes Plásticas de la Universidad Nacional de Loja, ubicada en el sector la Argelia, cantón y provincia de Loja.”				
Responsable:	Jorge Luis Espejo Orellana		Nº Afloramiento	AAP-04	
Ubicación:	x:699815 y:9553973 Z:2130m.s.n.m.	Datum:	WGS84	Dimensiones:	Longitud:3.0 m Potencia:2.0 m
Caracterización:			Croquis de ubicación		
Tipo de afloramiento	Antrópico				
Vegetación	Herbácea				
Clima:	Despejado(18°C)				
Contexto geológico					
Formación:	Deposito coluvio aluvial				
Estado de alteración:	-				
Grado de meteorización:	I				
Origen	Residual				
Génesis:	Sedimentario				
Datos estructurales						Fotografía
Rumbo	-				
Buzamiento	-				
descripción geológica: <i>El afloramiento presenta aportes de sedimentos coluviales de los flancos de la formación Chiguinda y la Quillolaco, con presencia de roca metamórficas y volcánicas, es evidente las limolitas, con intercalaciones de areniscas de color café claro. Con dirección sub horizontal.</i>					

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA FACULTAD DE ENERGÍA, INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES <i>Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial</i> FICHA DE AFLORAMIENTOS				
PROYECTO:	“Estudio Geológico – Geotécnico para la ampliación de la infraestructura física de la carrera de Artes Plásticas de la Universidad Nacional de Loja, ubicada en el sector la Argelia, cantón y provincia de Loja.”				
Responsable:	Jorge Luis Espejo Orellana		Nº Afloramiento	AAP-05	
Ubicación:	x:699802 y:9554016 Z:2123m.s.n.m.	Datum:	WGS84	Dimensiones:	Longitud:10 m Potencia:3.0 m
Caracterización:			Croquis de ubicación		
Tipo de afloramiento	Natural				
Vegetación	Herbácea				
Clima:	Despejado(20 ^{0c})				
Contexto geológico					
Formación:	Material de relleno				
Estado de alteración:	-				
Grado de meteorización:	I				
Origen	Antrópico				
Génesis:	Sedimentario				
Datos estructurales			Fotografía		
Rumbo	-				
Buzamiento	-				
descripción geológica: El afloramiento de tipo antrópico denominado material de relleno por la presencia de materiales contaminados de conglomerados, arenas arcillosas, limos, arcillas, evidentemente con presencia de escombros.					

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA FACULTAD DE ENERGÍA, INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES <i>Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial</i> FICHA DE AFLORAMIENTOS				
PROYECTO:	“Estudio Geológico – Geotécnico para la ampliación de la infraestructura física de la carrera de Artes Plásticas de la Universidad Nacional de Loja, ubicada en el sector la Argelia, cantón y provincia de Loja.”				
Responsable:	Jorge Luis Espejo Orellana		Nº Afloramiento	AAP-06	
Ubicación:	x:699714,57 y:9554005,01 Z:2121m.s.n.m.	Datum:	WGS84	Dimensiones:	Longitud:5.0 m Potencia:1.30 m
Caracterización:			Croquis de ubicación		
Tipo de afloramiento	Natural				
Vegetación	Herbácea				
Clima:	Despejado(20 ^{0c})				
Contexto geológico					
Formación:	Deposito coluvio aluvial				
Estado de alteración:	-				
Grado de meteorización:	I				
Origen	Residual				
Génesis:	Sedimentario				
Datos estructurales			Fotografía		
Rumbo	-				
Buzamiento	-				
descripción geológica: <i>El afloramiento de tipo natural presenta limos arcillosos, con intercalaciones de arenas arcillosas con tonalidades de café amarillento a gris, de la formación Quillollaco. Con dirección sub horizontal.</i>					

Anexo 2. Fichas Descripción de Calicatas

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA FACULTAD DE ENERGIA, INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES <i>Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial</i> FICHA DE CALICATAS				
PROYECTO:		“Estudio Geológico – Geotécnico para la ampliación de la infraestructura física de la carrera de Artes Plásticas de la Universidad Nacional de Loja, ubicada en el sector la Argelia, cantón y provincia de Loja.”				
Responsable:		Jorge Luis Espejo Orellana		Nº Calicata	CAP-01	
Sector:		Carrera de Artes Plásticas – La Argelia				
Ubicación:		X:699805,87 Y:9553929,34 Z:2132m.s.n.m	DATUM:	WGS84	Dimensiones:	Longitud:0.40m Ancho:0.40m Profundidad:1.50m
Tipo de excavación:		Manual				
Caracterización:			Croquis de ubicación			
Descripción y Observación		Perfil		 <p style="text-align: center;">Fotografía</p> 		
0.0-0.40m Cobertura vegetal, color café pardo. 0.40-1.0m arcillas limosa arenosa, plásticas, húmeda, color café. 1.0-1.50m arena limosa poco compacta, húmeda, color café amarillenta.						

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA FACULTAD DE ENERGIA, INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial FICHA DE CALICATAS				
PROYECTO:	“Estudio Geológico – Geotécnico para la ampliación de la infraestructura física de la carrera de Artes Plásticas de la Universidad Nacional de Loja, ubicada en el sector la Argelia, cantón y provincia de Loja.”				
Responsable:	Jorge Luis Espejo Orellana		N ^o Calicata	CAP-02	
Sector:	Carrera de Artes Plásticas – La Argelia				
Ubicación:	X:699785,26 Y:9553978,6 Z:2126m.s.n.m	DATUM:	WGS84	Dimensiones:	Longitud:0.40m Ancho:0.40m Profundidad:1.50 m
Tipo de excavación:	Manual				
Caracterización:			Croquis de ubicación		
Descripción y Observación	Perfil				
0.0-0.40m Cobertura vegetal, color café pardo. 0.40-1.0m Limo arenoso, poco plásticos, húmedo, color amarillo. 1.0-1.50m Gravas limosas poco plásticas, húmeda, color café amarillenta.						Fotografía

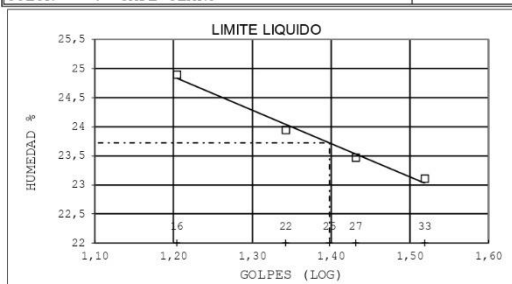
Anexo 3. Resultados Muestras de Calicatas



ESTSUELCON CIA. LTDA.
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN
ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

PROYECTO	: "ESTUDIO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO PARA LA AMPLIACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LA CARRERA DE ARTES PLÁSTICAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA, UBICADA EN EL SECTOR LA ARGELIA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA".					
OBRA	: ESTUDIO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO					
UBICACIÓN	: CIUDADELA UNIVERSITARIA GUILLERMO FALCONI E., CIUDAD Y PROVINCIA DE LOJA.					
OPERADOR	: J.E.			MUESTRA	: C-01	
FECHA	: DICIEMBRE-2023			PROFUNDIDAD	: 1,00 m	
	GOLPES	W HM.(gr)	W SECO (gr)	W CAPS (gr)	w %	RESULTADO%
1.- CONTENIDO HUMEDAD		97,93 86,74	84,54 75,24	18,37 18,07	20,24 20,12	20,18
2.- LIM. LIQUIDO	33 27 22 16	48,38 41,51 40,13 34,95	44,42 38,29 37,68 31,78	27,29 24,57 27,45 19,05	23,12 23,47 23,95 24,90	23,72
3.- LIMITE PLASTICO		24,38 24,39	23,53 23,54	18,98 18,86	18,68 18,16	18,42
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-					
PESO INICIAL DE CALCULO:	524,24 gr					
TAMIZ	WESO R (gr)	% R.A.	% PASA	GRAVA=	1,66 %	
1 1/2"	0,00	0,00	100	ARENA=	25,15 %	
1"	0,00	0,00	100	FINOS=	73,19 %	
3/4"	0,00	0,00	100	LL =	24,00 %	
1/2"	0,00	0,00	100	LP =	18,00 %	
3/8"	1,31	0,30	100	IP =	6,00 %	
No. 4	5,91	1,66	98	cu	19,09 %	
No. 10	9,47	3,83	96	cc	0,55	
No. 40	15,88	7,47	93	CLASIFICACION:		
No. 200	84,37	26,81	73	SUCS = ML-CL		
COLOR : CAFÉ CLARO	Arcilla limosa con arena					
	AASHTO= A-4 IG 0					
	Suelos limosos					
	Regular a Pobre					



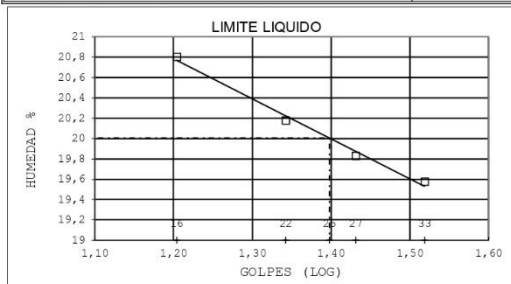
Ing. Ovidio Castillo J.
LABORATORIO



ESTSUELCON CIA. LTDA.
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN
ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

PROYECTO	: "ESTUDIO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO PARA LA AMPLIACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LA CARRERA DE ARTES PLÁSTICAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA, UBICADA EN EL SECTOR LA ARGELIA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA".					
OBRA	: ESTUDIO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO					
UBICACIÓN	: CIUDADELA UNIVERSITARIA GUILLERMO FALCONI E., CIUDAD Y PROVINCIA DE LOJA.					
OPERADOR	: J.E.	MUESTRA	: C-02			
FECHA	: DICIEMBRE-2023	PROFUNDIDAD	: 1,00 m			
	GOLPES	W HM. (gr)	W SECO (gr)	W CAPS (gr)	w %	RESULTADO%
1.- CONTENIDO HUMEDAD		88,30 95,70	83,09 90,20	17,39 18,46	7,93 7,67	7,80
2.- LIM. LIQUIDO	33 27 22 16	36,85 39,79 40,96 42,02	33,86 36,28 37,18 37,93	18,59 18,58 18,45 18,27	19,58 19,83 20,18 20,80	20,01
3.- LIMITE PLASTICO		24,24 23,01	23,26 22,27	18,24 18,42	19,52 19,22	19,37
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-					
PESO INICIAL DE CALCULO:	519,02 gr		GRAVA= 3,64 % ARENA= 43,52 % FINOS= 52,84 % LL = 20,00 % LP = 19,00 % IP = 1,00 % cu 47,45 cc 0,55			
TAMIZ	PESO R (gr)	% R.A.	% PASA	CLASIFICACION: SUCS = ML Limo arenoso AASHTO= A-4 IG 0 Suelos limosos Regular a Pobre		
1 1/2"	0,00	0,00	100			
1"	0,00	0,00	100			
3/4"	0,00	0,00	100			
1/2"	6,48	1,35	99			
3/8"	1,67	1,69	98			
No. 4	9,38	3,64	96			
No. 10	20,11	7,82	92			
No. 40	48,57	17,91	82			
No. 200	140,84	47,16	53			
COLOR	: CAFÉ AMARILLENTO					



Ing. Ovidio Castillo J.
LABORATORIO



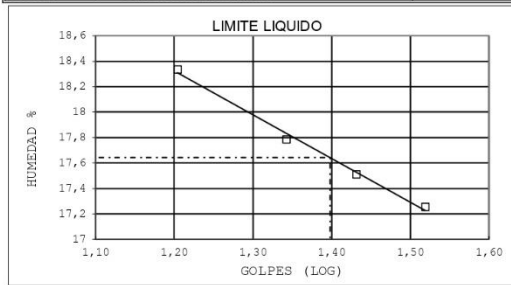
ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

PROYECTO : "ESTUDIO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO PARA LA AMPLIACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LA CARRERA DE ARTES PLÁSTICAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA, UBICADA EN EL SECTOR LA ARGELIA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA".						
OBRA : ESTUDIO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO						
UBICACIÓN : CIUDADELA UNIVERSITARIA GUILLERMO FALCONI E., CIUDAD Y PROVINCIA DE LOJA.						
OPERADOR : J.E.			MUESTRA : C-02			
FECHA : DICIEMBRE-2023			PROFUNDIDAD : 1,50 m			
	GOLPES	W HM.(gr)	W SECO (gr)	W CAPS (gr)	w %	RESULTADO%
1.- CONTENIDO HUMEDAD		111,34 111,40	107,07 106,59	18,58 18,40	4,83 5,45	5,14
2.- LIM. LIQUIDO	33 27 22 16	39,72 39,43 37,74 38,45	36,66 36,32 34,86 35,36	18,93 18,56 18,67 18,51	17,26 17,51 17,79 18,34	17,64
3.- LIMITE PLASTICO		23,87 24,05	23,06 23,32	18,46 19,10	17,61 17,30	17,45
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-					
PESO INICIAL DE CALCULO:		798,33 gr		GRAVA=	45,88 %	
TAMIZ		PESO R (gr)	% R.A.	% PASA	ARENA=	36,88 %
1 1/2"	0,00	0,00	100		FINOS=	17,25 %
1"	25,16	3,31	97		LL =	18,00 %
3/4"	56,88	10,80	89		LP =	17,00 %
1/2"	105,21	24,66	75		IP =	1,00 %
3/8"	47,67	30,94	69		cu	510,30
No. 4	113,42	45,88	54		cc	1,29
No. 10	79,10	56,29	44		CLASIFICACION:	
No. 40	83,98	67,35	33		SUCS =	GM
No. 200	116,94	82,75	17		Grava limosa con arena	
COLOR : CAFÉ AMARILLENTO		AASHTO= A-1-b IG 0 Fragmentos de Roca, Grava y Arena Excelente a Bueno				



Ing. Ovidio Castillo J.
LABORATORIO

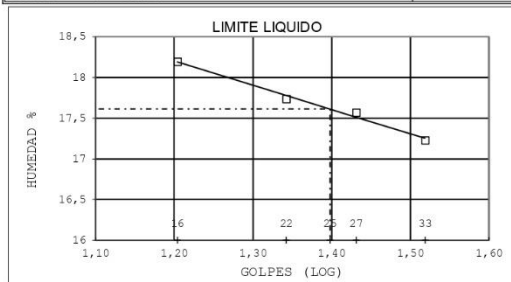
Anexo 4. Resultados Muestras de Sondeos (SPTs)



ESTSUELCON CIA. LTDA.
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN
ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

PROYECTO : "ESTUDIO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO PARA LA AMPLIACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LA CARRERA DE ARTES PLÁSTICAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA, UBICADA EN EL SECTOR LA ARGELIA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA".						
OBRA : ESTUDIO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO						
UBICACIÓN : CIUDADELA UNIVERSITARIA GUILLERMO FALCONI E., CIUDAD Y PROVINCIA DE LOJA.						
OPERADOR : J.E.			MUESTRA : SPT 1			
FECHA : DICIEMBRE-2023			PROFUNDIDAD : 1,00 m			
	GOLPES	W HM. (gr)	W SECO (gr)	W CAPS (gr)	w %	RESULTADO%
1.- CONTENIDO HUMEDAD		73,97	65,67	19,05	17,80	17,96
		72,84	64,41	17,90	18,13	
2.- LIM. LIQUIDO	33	29,61	27,12	12,67	17,23	17,61
	27	30,63	27,90	12,36	17,57	
	22	29,01	26,64	13,28	17,74	
	16	33,47	31,31	19,44	18,20	
3.- LIMITE PLASTICO		21,52	21,14	18,62	15,08	15,19
		21,69	21,24	18,30	15,31	
4.- GRANULOMETRIA			5.- CLASIFICACION.-			
PESO INICIAL DE CALCULO:		259,98 gr				
TAMIZ	PESO R (gr)	% R.A.	% PASA			
1 1/2"	0,00	0,00	100			
1"	0,00	0,00	100			
3/4"	0,00	0,00	100			
1/2"	10,71	4,86	95			
3/8"	11,40	10,03	90			
No. 4	26,82	22,20	78			
No. 10	20,81	31,64	68			
No. 40	27,09	43,94	56			
No. 200	42,68	63,30	37			
COLOR : CAFÉ						
				GRAVA=	22,20 %	
				ARENA=	41,10 %	
				FINOS=	36,70 %	
				LL =	18,00 %	
				LP =	15,00 %	
				IP =	3,00 %	
				cu	204,72	
				cc	0,54	
CLASIFICACION:						
SUCS = SM						
Arena limosa con grava						
AASHTO=		A-4	IG 0			
Suelos limosos						
Regular a Pobre						



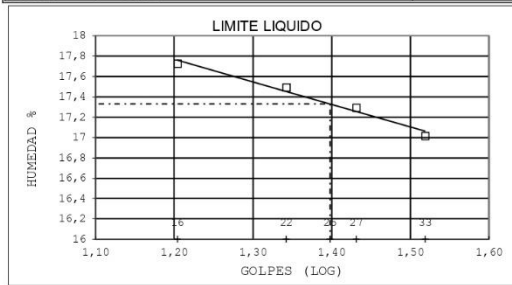
Ing. Ovidio Castillo J.
LABORATORIO



ESTSUELCON CIA. LTDA.
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN
ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

PROYECTO	: "ESTUDIO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO PARA LA AMPLIACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LA CARRERA DE ARTES PLÁSTICAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA, UBICADA EN EL SECTOR LA ARGELIA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA".				
OBRA	: ESTUDIO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO				
UBICACIÓN	: CIUDADELA UNIVERSITARIA GUILLERMO FALCONI E., CIUDAD Y PROVINCIA DE LOJA.				
OPERADOR	: J.E.	MUESTRA	: SPT 1		
FECHA	: DICIEMBRE-2023	PROFUNDIDAD	: 2,00 m		
	GOLPES	W HM.(gr)	W SECO (gr)	W CAPS (gr)	w % RESULTADO%
1.- CONTENIDO HUMEDAD		56,35 38,08	53,62 36,07	27,28 18,01	10,36 11,13 10,75
2.- LIM. LIQUIDO	33 27 22 16	38,37 37,78 25,42 33,04	35,63 35,11 23,59 30,81	19,53 19,67 13,13 18,23	17,02 17,29 17,50 17,73 17,33
3.- LIMITE PLASTICO		21,02 21,25	20,70 20,92	18,68 18,76	15,84 15,28 15,56
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-				
PESO INICIAL DE CALCULO:	115,92 gr		GRAVA= 71,45 % ARENA= 20,51 % FINOS= 8,04 % LL = 17,00 % LP = 16,00 % IP = 1,00 % cu 151,45 cc 17,56		
TAMIZ	PESO R (gr)	% R.A.	% PASA	CLASIFICACION: SUCS = GP-GM Grava mal graduada con limo y arena AASHTO= A-1-a IG 0 Fragmentos de Roca, Grava y Arena Excelente a Bueno	
1 1/2"	0,00	0,00	100		
1"	0,00	0,00	100		
3/4"	21,63	20,66	79		
1/2"	41,97	60,76	39		
3/8"	1,36	62,06	38		
No. 4	9,83	71,45	29		
No. 10	4,03	75,30	25		
No. 40	6,60	81,61	18		
No. 200	10,84	91,96	8		
COLOR	: CAFÉ				



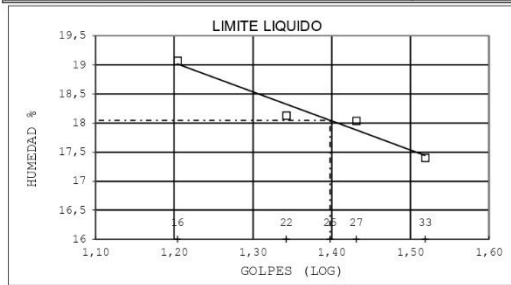
Ing. Ovidio Castillo J.
LABORATORIO



ESTSUELCON CIA. LTDA.
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN
ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

PROYECTO : "ESTUDIO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO PARA LA AMPLIACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LA CARRERA DE ARTES PLÁSTICAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA, UBICADA EN EL SECTOR LA ARGELIA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA".						
OBRA : ESTUDIO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO						
UBICACIÓN : CIUDADELA UNIVERSITARIA GUILLERMO FALCONI E., CIUDAD Y PROVINCIA DE LOJA.						
OPERADOR : J.E.			MUESTRA : SPT 1			
FECHA : DICIEMBRE-2023			PROFUNDIDAD : 3,00 m			
	GOLPES	W HM.(gr)	W SECO (gr)	W CAPS (gr)	w %	RESULTADO%
1.- CONTENIDO HUMEDAD		62,57 53,14	54,36 47,30	18,97 18,16	23,20 20,04	21,62
2.- LIM. LIQUIDO	33 27 22 16	36,12 48,07 37,56 36,88	33,34 44,90 34,69 33,99	17,37 27,33 18,86 18,84	17,41 18,04 18,13 19,08	18,04
3.- LIMITE PLASTICO		20,96 20,82	20,64 20,47	18,64 18,36	16,00 16,59	16,29
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-					
PESO INICIAL DE CALCULO:		270,42 gr		GRAVA=	20,31 %	
TAMIZ		PESO R (gr)	% R.A.	% PASA	ARENA=	27,34 %
1 1/2"	0,00	0,00	100		FINOS=	52,35 %
1"	32,03	14,41	86		LL =	18,00 %
3/4"	0,00	14,41	86		LP =	16,00 %
1/2"	5,19	16,74	83		IP =	2,00 %
3/8"	0,00	16,74	83		cu	47,72
No. 4	7,93	20,31	80		cc	0,57
No. 10	4,72	22,43	78		CLASIFICACION:	
No. 40	9,67	26,78	73		SUCS =	ML
No. 200	46,40	47,65	52		Limo arenoso con grava	
COLOR : CAFÉ					AASHTO=	A-4 IG 0
						Suelos limosos
						Regular a Pobre



Ing. Ovidio Castillo J.
LABORATORIO



ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

PROYECTO	: "ESTUDIO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO PARA LA AMPLIACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LA CARRERA DE ARTES PLÁSTICAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA, UBICADA EN EL SECTOR LA ARGELIA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA".					
OBRA	: ESTUDIO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO					
UBICACIÓN	: CIUDADELA UNIVERSITARIA GUILLERMO FALCONI E., CIUDAD Y PROVINCIA DE LOJA.					
OPERADOR	: J.E.	MUESTRA	: SPT 1			
FECHA	: DICIEMBRE-2023	PROFUNDIDAD	: 6,00 m			
	GOLPES	W HM.(gr)	W SECO (gr)	W CAPS (gr)	w %	RESULTADO%
1.- CONTENIDO HUMEDAD		116,80 138,70	105,03 126,28	34,34 33,78	16,65 13,43	15,04
2.- LIM. LIQUIDO	33 27 22 16	30,43 35,77 31,44 30,34	28,24 32,92 29,23 28,23	17,36 19,00 18,53 18,17	20,13 20,47 20,65 20,97	20,50
3.- LIMITE PLASTICO		21,12 21,30	20,80 20,96	18,62 18,79	14,68 15,67	15,17
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-					
PESO INICIAL DE CALCULO:	310,79 gr		GRAVA= 32,47 % ARENA= 31,60 % FINOS= 35,93 % LL = 20,00 % LP = 15,00 % IP = 5,00 % cu 443,28 cc 0,28			
TAMIZ	PESO R (gr)	% R.A.	% PASA	CLASIFICACION: SUCS = ML-CL Arcilla limosa gravosa con arena AASHTO= A-4 IG 0 Suelos limosos Regular a Pobre		
1 1/2"	0,00	0,00	100			
1"	0,00	0,00	100			
3/4"	28,68	10,62	89			
1/2"	31,52	22,28	78			
3/8"	0,00	22,28	78			
No. 4	27,53	32,47	68			
No. 10	16,17	38,46	62			
No. 40	22,44	46,76	53			
No. 200	46,75	64,07	36			
COLOR	: CAFÉ AMARILLENTO					



Ing. Ovidio Castillo J.
LABORATORIO



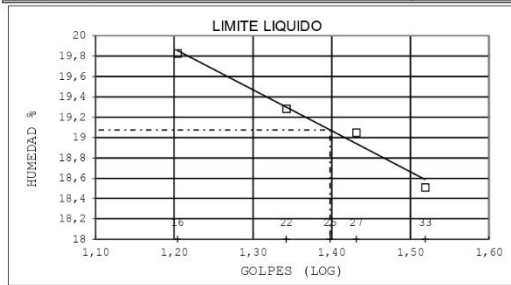
ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

PROYECTO : "ESTUDIO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO PARA LA AMPLIACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LA CARRERA DE ARTES PLÁSTICAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA, UBICADA EN EL SECTOR LA ARGELIA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA".							
OBRA : ESTUDIO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO							
UBICACIÓN : CIUDADELA UNIVERSITARIA GUILLERMO FALCONI E., CIUDAD Y PROVINCIA DE LOJA.							
OPERADOR : J.E.			MUESTRA : SPT 2				
FECHA : DICIEMBRE-2023			PROFUNDIDAD : 1,00 m				
	GOLPES	W HM.(gr)	W SECO (gr)	W CAPS (gr)	w %	RESULTADO%	
1.- CONTENIDO HUMEDAD		66,85 67,78	63,63 63,31	24,57 18,78	8,24 10,04	9,14	
2.- LIM. LIQUIDO	33 27 22 16	32,47 31,43 33,00 30,35	30,23 29,42 30,68 28,48	18,13 18,87 18,65 19,05	18,51 19,05 19,29 19,83	19,07	
3.- LIMITE PLASTICO		22,55 23,07	21,97 22,33	18,72 18,32	17,85 18,45	18,15	
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-						
PESO INICIAL DE CALCULO:		204,00 gr		GRAVA=	38,72 %		
TAMIZ		PESO R (gr)	% R.A.	% PASA	ARENA=	40,87 %	
1 1/2"	0,00	0,00	100		FINOS=	20,40 %	
1"	24,46	13,09	87		LL =	19,00 %	
3/4"	0,00	13,09	87		LP =	18,00 %	
1/2"	18,62	23,05	77		IP =	1,00 %	
3/8"	9,66	28,22	72		cu	517,91	
No. 4	19,64	38,72	61		cc	1,04	
No. 10	20,66	49,78	50		CLASIFICACION:		
No. 40	24,60	62,94	37		SUCS =	SM	
No. 200	31,14	79,60	20		Arena limosa con grava		
COLOR : CAFÉ				AASHTO=			A-1-b IG 0
				Fragmentos de Roca, Grava y Arena			
				Excelente a Bueno			



Ing. Ovidio Castillo J.
LABORATORIO



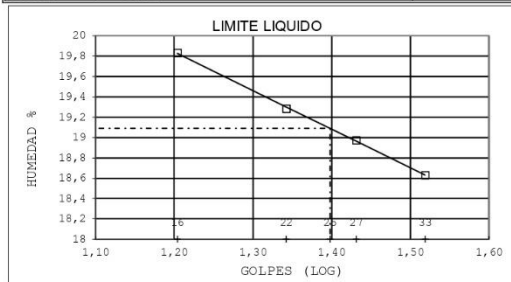
ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

PROYECTO : "ESTUDIO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO PARA LA AMPLIACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LA CARRERA DE ARTES PLÁSTICAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA, UBICADA EN EL SECTOR LA ARGELIA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA".						
OBRA : ESTUDIO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO						
UBICACIÓN : CIUDADELA UNIVERSITARIA GUILLERMO FALCONI E., CIUDAD Y PROVINCIA DE LOJA.						
OPERADOR : J.E.			MUESTRA : SPT 2			
FECHA : DICIEMBRE-2023			PROFUNDIDAD : 2,00 m			
	GOLPES	W HM.(gr)	W SECO (gr)	W CAPS (gr)	w %	RESULTADO%
1.- CONTENIDO HUMEDAD		60,90 72,89	57,14 68,21	18,79 17,37	9,80 9,21	9,50
2.- LIM. LIQUIDO	33 27 22 16	30,78 32,67 31,49 30,31	28,82 30,41 29,50 28,18	18,30 18,50 19,18 17,44	18,63 18,98 19,28 19,83	19,09
3.- LIMITE PLASTICO		21,12 21,12	20,80 20,81	18,53 18,66	14,10 14,42	14,26
4.- GRANULOMETRIA			5.- CLASIFICACION.-			
PESO INICIAL DE CALCULO:		235,98 gr		GRAVA= 23,47 %		
				ARENA= 47,10 %		
				FINOS= 29,43 %		
				LL = 19,00 %		
				LP = 14,00 %		
				IP = 5,00 %		
				cu 95,42		
				cc 3,30		
				CLASIFICACION:		
				SUCS = SC-SM		
				Arena limosa y arcillosa con grava		
				AASHTO= A-2-4 IG 0		
				Grava o Arena limosa o arcillosa		
				Excelente a Bueno		
TAMIZ		PESO R (gr)	% R.A.	% PASA		
1 1/2"		0,00	0,00	100		
1"		0,00	0,00	100		
3/4"		35,13	16,30	84		
1/2"		2,89	17,64	82		
3/8"		2,69	18,89	81		
No. 4		9,86	23,47	77		
No. 10		13,15	29,57	70		
No. 40		21,85	39,71	60		
No. 200		66,50	70,57	29		
COLOR : CAFÉ						



Ing. Ovidio Castillo J.
LABORATORIO



ESTSUELCON CIA. LTDA.
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN
ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

PROYECTO	: "ESTUDIO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO PARA LA AMPLIACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LA CARRERA DE ARTES PLÁSTICAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA, UBICADA EN EL SECTOR LA ARGELIA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA".					
OBRA	: ESTUDIO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO					
UBICACIÓN	: CIUDADELA UNIVERSITARIA GUILLERMO FALCONI E., CIUDAD Y PROVINCIA DE LOJA.					
OPERADOR	: J.E.	MUESTRA	: SPT 2			
FECHA	: DICIEMBRE-2023	PROFUNDIDAD	: 3,00 m			
	GOLPES	W HM.(gr)	W SECO (gr)	W CAPS (gr)	w %	RESULTADO%
1.- CONTENIDO HUMEDAD		112,52 121,21	107,00 115,73	33,29 33,08	7,49 6,63	7,06
2.- LIM. LIQUIDO	33 27 22 16	32,37 45,72 38,49 35,36	30,12 42,75 35,27 32,64	18,37 27,36 18,94 19,07	19,15 19,30 19,72 20,04	19,48
3.- LIMITE PLASTICO		22,47 21,72	21,99 21,29	19,16 18,79	16,96 17,20	17,08
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-					
PESO INICIAL DE CALCULO:	191,28 gr					
TAMIZ	PESO R (gr)	% R.A.	% PASA	GRAVA=	15,44 %	
1 1/2"	0,00	0,00	100	ARENA=	59,24 %	
1"	0,00	0,00	100	FINOS=	25,32 %	
3/4"	0,00	0,00	100	LL =	19,00 %	
1/2"	10,19	5,70	94	LP =	17,00 %	
3/8"	0,00	5,70	94	IP =	2,00 %	
No. 4	17,39	15,44	85	cu	184,56	
No. 10	27,76	30,97	69	cc	1,95	
No. 40	34,90	50,51	49	CLASIFICACION:		
No. 200	43,18	74,68	25	SUCS = SM		
COLOR	: CAFÉ GRISÁCEO					Arena limosa con grava
				AASHTO= A-2-4 IG 0		
				Grava o Arena limosa o arcillosa		
				Excelente a Bueno		



Ing. Ovidio Castillo J.
LABORATORIO



ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

PROYECTO	: "ESTUDIO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO PARA LA AMPLIACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LA CARRERA DE ARTES PLÁSTICAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA, UBICADA EN EL SECTOR LA ARGELIA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA".					
OBRA	: ESTUDIO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO					
UBICACIÓN	: CIUDADELA UNIVERSITARIA GUILLERMO FALCONI E., CIUDAD Y PROVINCIA DE LOJA.					
OPERADOR	: J.E.	MUESTRA	: SPT 2			
FECHA	: DICIEMBRE-2023	PROFUNDIDAD	: 4,00 m			
	GOLPES	W HM.(gr)	W SECO (gr)	W CAPS (gr)	w %	RESULTADO%
1.- CONTENIDO HUMEDAD		65,19 69,21	55,63 58,52	17,29 19,08	24,93 27,10	26,02
2.- LIM. LIQUIDO	33 27 22 16	44,44 34,01 45,65 35,93	41,69 31,41 42,61 33,04	27,27 18,02 27,19 18,61	19,07 19,42 19,71 20,03	19,49
3.- LIMITE PLASTICO		27,25 20,95	26,86 20,52	24,57 17,90	17,03 16,41	16,72
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-					
PESO INICIAL DE CALCULO:	296,48 gr		GRAVA= 1,98 % ARENA= 17,98 % FINOS= 80,04 % LL = 19,00 % LP = 17,00 % IP = 2,00 % cu 14,84 % cc 0,58			
TAMIZ	PESO R (gr)	% R.A.	% PASA	CLASIFICACION: SUCS = ML Limo con arena AASHTO= A-4 IG 0 Suelos limosos Regular a Pobre		
1 1/2"	0,00	0,00	100			
1"	0,00	0,00	100			
3/4"	0,00	0,00	100			
1/2"	3,14	1,33	99			
3/8"	1,22	1,85	98			
No. 4	0,30	1,98	98			
No. 10	4,65	3,96	96			
No. 40	5,99	6,50	93			
No. 200	31,67	19,96	80			
COLOR	: CAFÉ GRISÁCEO					



Ing. Ovidio Castillo J.
LABORATORIO



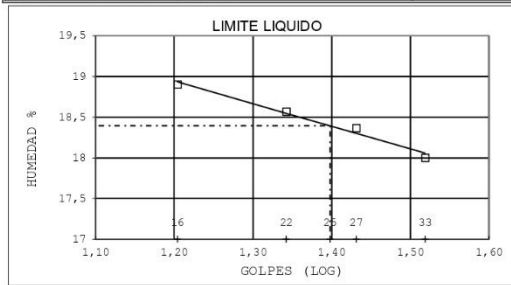
ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

PROYECTO	: "ESTUDIO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO PARA LA AMPLIACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LA CARRERA DE ARTES PLÁSTICAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA, UBICADA EN EL SECTOR LA ARGELIA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA".				
OBRA	: ESTUDIO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO				
UBICACIÓN	: CIUDADELA UNIVERSITARIA GUILLERMO FALCONI E., CIUDAD Y PROVINCIA DE LOJA.				
OPERADOR	: J.E.	MUESTRA	: SPT 2		
FECHA	: DICIEMBRE-2023	PROFUNDIDAD	: 5,00 m		
	GOLPES	W HM.(gr)	W SECO (gr)	W CAPS (gr)	w % RESULTADO%
1.- CONTENIDO HUMEDAD		92,58 79,96	84,77 72,47	27,50 19,05	13,64 14,02 13,83
2.- LIM. LIQUIDO	33 27 22 16	31,63 36,87 29,97 33,38	29,59 34,06 28,18 31,10	18,26 18,76 18,54 19,04	18,01 18,37 18,57 18,91 18,40
3.- LIMITE PLASTICO		29,51 19,89	29,25 19,66	27,59 18,37	15,66 17,83 16,75
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-				
PESO INICIAL DE CALCULO:	200,26 gr		GRAVA= 65,88 % ARENA= 23,93 % FINOS= 10,19 % LL = 18,00 % LP = 17,00 % IP = 1,00 % cu 194,13 cc 12,22		
TAMIZ	PESO R (gr)	% R.A.	% PASA	CLASIFICACION: SUCS = GP-GM Grava mal graduada con limo y arena AASHTO= A-1-a IG 0 Fragmentos de Roca, Grava y Arena Excelente a Bueno	
1 1/2"	0,00	0,00	100		
1"	28,11	15,98	84		
3/4"	0,00	15,98	84		
1/2"	51,28	45,13	55		
3/8"	1,13	45,77	54		
No. 4	35,39	65,88	34		
No. 10	18,34	76,31	24		
No. 40	12,49	83,41	17		
No. 200	11,27	89,81	10		
COLOR	: CAFÉ GRISÁCEO				



Ing. Ovidio Castillo J.
LABORATORIO



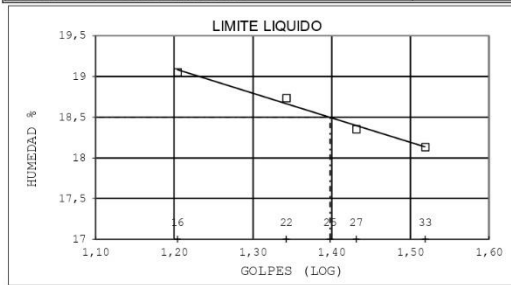
ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

ASTM D2487-AASHTO 3282 - 2487

PROYECTO	: "ESTUDIO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO PARA LA AMPLIACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LA CARRERA DE ARTES PLÁSTICAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA, UBICADA EN EL SECTOR LA ARGELIA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA".					
OBRA	: ESTUDIO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO					
UBICACIÓN	: CIUDADELA UNIVERSITARIA GUILLERMO FALCONI E., CIUDAD Y PROVINCIA DE LOJA.					
OPERADOR	: J.E.	MUESTRA	: SPT 2			
FECHA	: DICIEMBRE-2023	PROFUNDIDAD	: 6,00 m			
	GOLPES	W HM.(gr)	W SECO (gr)	W CAPS (gr)	w % RESULTADO%	
1.- CONTENIDO HUMEDAD		83,28 89,76	73,52 81,10	18,62 18,49	17,78 13,83	15,80
2.- LIM. LIQUIDO	33 27 22 16	34,98 32,82 37,62 34,33	32,53 30,43 34,65 31,79	19,02 17,41 18,80 18,46	18,13 18,36 18,74 19,05	18,50
3.- LIMITE PLASTICO		19,81 20,00	19,60 19,75	18,28 18,14	15,91 15,53	15,72
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-					
PESO INICIAL DE CALCULO:	356,38 gr				GRAVA= 49,91 %	
TAMIZ	PESO R (gr)	% R.A.	% PASA	LL = 18,00 %	ARENA= 34,99 %	
1 1/2"	0,00	0,00	100	LP = 16,00 %	FINOS= 15,11 %	
1"	37,51	12,19	88	IP = 2,00 %	cu 508,06	
3/4"	44,56	26,67	73	cc 3,59		
1/2"	28,58	35,96	64			
3/8"	8,99	38,88	61			
No. 4	33,94	49,91	50	CLASIFICACION:		
No. 10	36,29	61,70	38	SUCS = GM		
No. 40	36,94	73,70	26	Grava limosa con arena		
No. 200	34,44	84,89	15	AASHTO= A-1-b IG 0		
COLOR : CAFÉ GRISÁCEO					Fragmentos de Roca, Grava y Arena	
					Excelente a Bueno	



Ing. Ovidio Castillo J.
LABORATORIO

Anexo 5. Resultados Capacidad Portante del Suelo



ESTSUELCON CIA. LTDA.
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

CÁLCULO DE N_{SPT}. NORMALIZADO

PROYECTO: "ESTUDIO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO PARA LA AMPLIACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LA CARRERA DE ARTES PLÁSTICAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA, UBICADA EN EL SECTOR LA ARGELIA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA".

OBRA: ESTUDIO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO

SOLICITADO POR: JORGE LUIS ESPEJO O.

REALIZADO POR: ING. OVIDIO CASTILLO J.

SECTOR: CIUDADELA UNIVERSITARIA GUILLERMO FALCONI E., CIUDAD Y PROVINCIA DE LOJA

POZO: SPT 1

Prof.	ER	15	30	45	N	Nh (Ers 60)	γ (T/m ³)	N. F.	γ' (T/m ³)	$\gamma \times H$ (T/m ²)	Cn (Peck 1974)	Nr	REV.	Ns	D_perf. (mm)	Nb	SUCS	N60	N160
1	60	5	4	3	7	60,0	1,80	NO	1,80	1,80	1,34	0,75	NO	1,00	60	1,00	SM	5	7
2	60	8	8	5	13	60,0	1,85	NO	1,85	3,65	1,34	0,75	NO	1,00	60	1,00	GP-GM	10	13
3	60	2	2	3	5	60,0	1,85	NO	1,85	5,50	1,20	0,75	NO	1,00	60	1,00	ML	4	5
4	60	6	5	4	9	60,0	1,90	SI	0,90	6,40	1,15	0,85	NO	1,00	60	1,00	ML	8	9
5	60	8	4	17	21	60,0	1,90	SI	0,90	7,30	1,11	0,85	NO	1,00	60	1,00	ML	15	17
6	60	18	23	18	41	60,0	1,90	NO	1,90	9,20	1,03	0,95	NO	1,00	60	1,00	ML-CL	39	40



ING. OVIDIO CASTILLO J.
CONSULTOR

Tele-fax: 072633699 Celular: 09 8883061-0999692335-0980253180 Email: estsuelcon@gmail.com

1



ESTSUELCON CIA. LTDA.
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORÍA

CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS MÉTODO ELÁSTICO

PROYECTO: "ESTUDIO GEOLOGICO - GEOTÉCNICO PARA LA AMPLIACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LA CARRERA DE ARTES PLÁSTICAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA, UBICADA EN EL SECTOR LA ARGELIA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA".

OBRA: ESTUDIO GEOLOGICO - GEOTÉCNICO
SOLICITADO POR: JORGE LUIS ESPEJO O.
REALIZADO POR: ING. OVIDIO CASTILLO J.
SECTOR: CIUDADELA UNIVERSITARIA GUILLERMO FALCONI E., CIUDAD Y PROVINCIA DE LOJA
POZO: SPT 1

POZO	L m	B m	eL m	eB m	PROF. m.	CIM RIG/FLEX	q ₀ Kg/cm ²	E _s prom. Kg/cm ²	Bz cm/cm	u prom. -	Se cm	Sc cm	Sf cm	OBSERVACIONES
SPT 1	1,00	1,00	0,0	0,0	1,5	FLEX	0,55	40,3	1,05	0,24	1,22	0,00	1,22	Capacidad portante recomendada 0,55 Kg/cm ² .
	1,50	1,50	0,0	0,0	1,5	FLEX	0,55	39,7	1,05	0,23	1,86	0,00	1,86	
	2,00	2,00	0,0	0,0	1,5	FLEX	0,55	41,4	1,05	0,23	2,38	0,00	2,38	

PROF. m	SUCS	N ₆₀	q _u (CS) Kg/cm ²	u -	E _s Kg/cm ²	I _p 1	I _p 2	I _p 3	E _m Kg/cm ²	Sc 1 cm	Sc 2 cm	Sc 3 cm	OBSERVACIONES
1,0	SM	7		0,30	49,202	0,930	0,976	0,989					Se recomienda cimentar a 1,50 m, sobre 5 cm de hormigón de limpieza como firme de cimentación.
2,0	GP-GM	13		0,30	326,339	0,336	0,549	0,701					
3,0	ML	5		0,35	18,026	0,108	0,217	0,336					
4,0	ML	9		0,35	35,222	0,051	0,108	0,179					
5,0	ML	17		0,35	67,751	0,029	0,063	0,108					
6,0	ML-CL	40		0,35	160,424	0,019	0,041	0,072					

q_u(CS) = Capacidad última
q₀ = Presión de trabajo

E_s = Módulo de elasticidad
u = reducción de Poisson

E_m = Módulo Edométrico
S_i = A asentamiento inmediato

S_e = A asentamiento por consolidación
S_c = A asentamiento total



ING. OVIDIO CASTILLO J.
CONSULTOR



ESTSUELCON CI. A. LTDA.
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

CÁLCULO DE N_sP.T. NORMALIZADO

PROYECTO: "ESTUDIO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO PARA LA AMPLIACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LA CARRERA DE ARTES PLÁSTICAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA, UBICADA EN EL SECTOR LA ARGELIA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA".
 OBRA: ESTUDIO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO
 SOLICITADO POR: JORGE LUIS ESPEJO O.
 REALIZADO POR: ING. OVIDIO CASTILLO J.
 SECTOR: CIUDADELA UNIVERSITARIA GUILLERMO FALCONI E., CIUDAD Y PROVINCIA DE LOJA.
 POZO: SPT 2

Prof.	ER	15	30	45	N	Nh (Ers 60)	γ (T/m3)	N. F.	γ' (T/m3)	$\gamma' \times H$ (T/m2)	Cu (Peck 1974)	Nr	REV.	Ns	D_perf. (mm)	Nb	SUCS	N60	N160
1	60	3	4	2	6	60,0	1,80	NO	1,80	1,80	1,34	0,75	NO	1,00	60	1,00	SM	5	6
2	60	2	3	5	8	60,0	1,82	NO	1,82	3,62	1,34	0,75	NO	1,00	60	1,00	SC-SM	6	8
3	60	10	6	4	10	60,0	1,85	NO	1,85	5,47	1,20	0,75	NO	1,00	60	1,00	SM	8	9
4	60	3	3	8	11	60,0	1,86	SI	0,86	6,33	1,15	0,85	NO	1,00	60	1,00	ML	9	11
5	60	8	4	6	10	60,0	1,90	NO	1,90	8,23	1,07	0,85	NO	1,00	60	1,00	GP-GM	9	9
6	60	17	18	37	55	60,0	2,00	NO	2,00	10,23	0,99	0,95	NO	1,00	60	1,00	GM	52	52



ING. OVIDIO CASTILLO J.
CONSULTOR



ESTSUELCON CIA. LTDA.
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS MÉTODO ELÁSTICO

PROYECTO: "ESTUDIO GEOLOGICO - GEOTÉCNICO PARA LA AMPLIACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LA CARRERA DE ARTES PLÁSTICAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA, UBICADA EN EL SECTOR LA ARGELIA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA".

OBRA: ESTUDIO GEOLOGICO - GEOTÉCNICO
SOLICITADO POR: JORGE LUIS ESPEJO O.
REALIZADO POR: ING. OVIDIO CASTILLO J.
SECTOR: CIUDADELA UNIVERSITARIA GUILLERMO FALCONI E., CIUDAD Y PROVINCIA DE LOJA.
POZO: SPT 2

POZO	L m	B m	eL m	eB m	PROF. m.	CIM RIG-FLEX	q _o Kg/cm ²	E _s prom. Kg/cm ²	Bz cm/cm	u prom. -	Sc cm	Sc cm	St cm	OBSERVACIONES
SPT 2	1,00	1,00	0,0	0,0	1,5	FLEX	0,60	77,2	1,05	0,27	0,68	0,00	0,68	Capacidad portante recomendada 0,60 Kg/cm ² .
	1,50	1,50	0,0	0,0	1,5	FLEX	0,60	103,4	1,05	0,25	0,77	0,00	0,77	
	2,00	2,00	0,0	0,0	1,5	FLEX	0,60	131,8	1,05	0,25	0,81	0,00	0,81	

PROF. m	SUCS	N ₁₆₀	qu(Cs) Kg/cm ²	u -	E _s Kg/cm ²	I _p 1	I _p 2	I _p 3	E _m Kg/cm ²	Sc 1 cm	Sc 2 cm	Sc 3 cm	OBSERVACIONES
1.0	SM	6	0,35	42,260	0,930	0,976	0,989						Se recomienda cimentar a 1,50 m, sobre 5 cm de hormigon de limpieza como firme de cimentación.
2.0	SC-SM	8	0,35	56,347	0,336	0,549	0,701						
3.0	SM	9	0,35	63,186	0,108	0,217	0,336						
4.0	ML	11	0,35	43,186	0,051	0,108	0,179						
5.0	GP-GM	9	0,30	226,724	0,029	0,063	0,108						
6.0	GM	52	0,30	1038,927	0,019	0,041	0,072						

qu(Cs)=Coeficiente de rigidez
q_o= Presión de trabajo

E_s= Módulo de elasticidad
u= relación de Poisson

E_m= Módulo Esqueatico
I_p= Asentamiento inmediato

Sc= Asentamiento por consolidación
St= Asentamiento total



ING. OVIDIO CASTILLO J.
CONSULTOR

Anexo 6. Resultados Perfil Estratigráfico

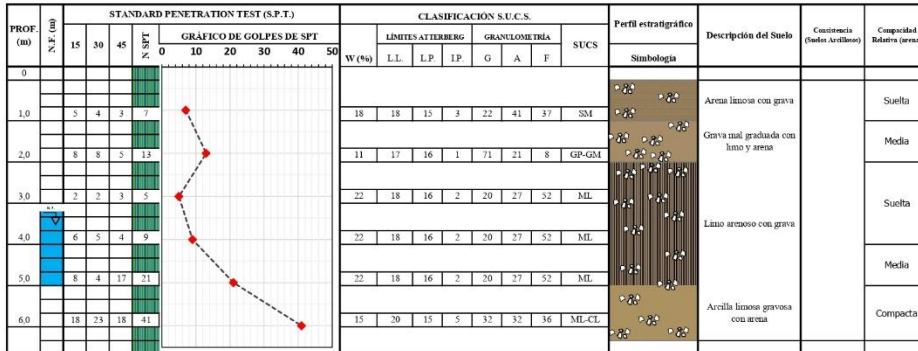


ESTSUELCON C.I.A. LTDA.
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO DE CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORÍA

RESUMEN DE RESULTADOS

PROYECTO: "ESTUDIO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO PARA LA AMPLIACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LA CARRERA DE ARTES PLÁSTICAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA, UBICADA EN EL SECTOR LA ARGELIA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA".

OBRA: ESTUDIO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO
SOLICITADO POR: JORGE LUIS ESPEJO O. POZO: SPT 1
SECTOR: CIUDADELA UNIVERSITARIA GUILLERMO FALCONEI, CIUDAD Y PROVINCIA DE LOJA
REALIZADO POR: ING. OVIDIO CASTILLO J.



PERFORAC. TOTAL:	6 m.		Perforación destructiva		Limo		Arena		Arcilla		Grava		Bloque
NIVEL FREÁTICO:	4.0 m.		Nivel Freático										



ING. OVIDIO CASTILLO J.
CONSULTOR

Tel: fax: 2540294, Cel: 09983061-099692335-096023280 Email: estsuelcon@gmail.com

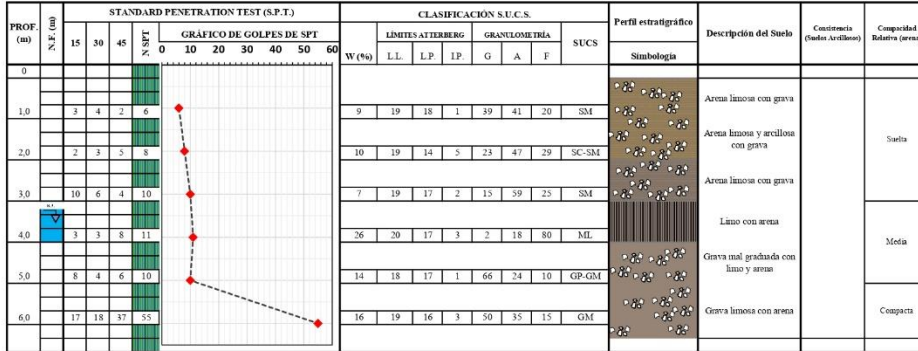


ESTSUELCON C.I.A. LTDA.
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO DE CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORÍA

RESUMEN DE RESULTADOS

PROYECTO: "ESTUDIO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO PARA LA AMPLIACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LA CARRERA DE ARTES PLÁSTICAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA, UBICADA EN EL SECTOR LA ARGELIA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA".

OBRA: ESTUDIO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO
SOLICITADO POR: JORGE LUIS ESPEJO O. POZO: SPT 2
SECTOR: CIUDADELA UNIVERSITARIA GUILLERMO FALCONEI, CIUDAD Y PROVINCIA DE LOJA.
REALIZADO POR: ING. OVIDIO CASTILLO J.



PERFORAC. TOTAL: 6 m.	Perforación destructiva	Limo	Arena	Bloque
NIVEL FREÁTICO: 4.0 m.	Nivel Freático	Arcilla	Grava	


 OVIDIO CASTILLO J.
 ING. OVIDIO CASTILLO J.
 CONSULTOR

Tel: fax: 2545294. Celular: 093883061-0999692335-0960233280 Email: estsuelcon@gmail.com

Anexo 7. Registro de Sondeos Eléctricos Verticales

Fecha: 15 Diciembre de 2023

SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL ARREGLO SCHLUMBERGER



Proyecto: ESTUDIO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO PARA LA AMPLIACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LA CARRERA DE ARTES PLÁSTICAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA, UBICADA EN EL SECTOR LA ARGELIA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA

Solicita: JORGE LUIS ESPEJO

SEV: 1

Coordenadas: X:

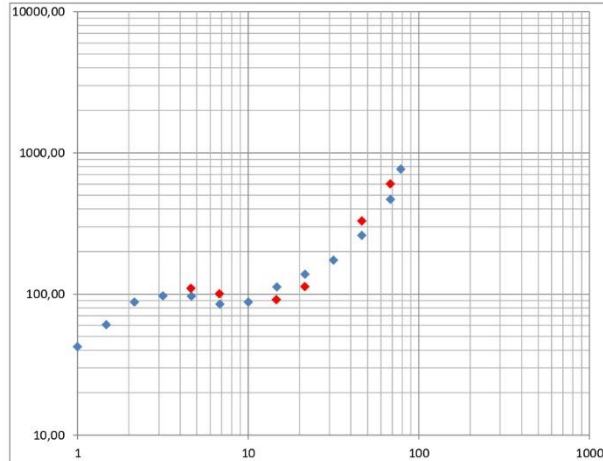
Y:

Dirección:

CUIDADELA UNIVERSITARIA FALCONI E., SECTOR LA ARGELIA, CIUDAD Y PROVINCIA DE LOJA

Operador: C. C. 699810.98 9553917.34

AB/2	MN/2	K	$\Delta v/i$	ρ_a
1	0,2	7,54	5,6261	42,42
1,47	0,2	16,66	3,6391	60,62
2,15	0,2	35,99	2,4307	87,48
3,16	0,2	78,11	1,2394	96,81
4,64	0,2	168,78	0,64771	109,32
4,64	0,5	66,85	1,4429	96,46
6,81	0,2	363,92	0,27528	100,18
6,81	0,5	144,91	0,58381	84,60
10	0,5	313,37	0,27954	87,60
14,7	0,5	678,08	0,16519	112,01
14,7	2	166,58	0,54667	91,06
21,5	0,5	1451,42	0,09512	138,06
21,5	2	359,91	0,31323	112,73
31,6	2	781,13	0,22282	174,05
46,4	2	1687,79	0,19453	328,33
46,4	5	668,52	0,38813	259,47
68,1	2	3639,23	0,16561	602,68
68,1	5	1449,09	0,32329	468,48
78,1	5	1908,40	0,40133	765,90

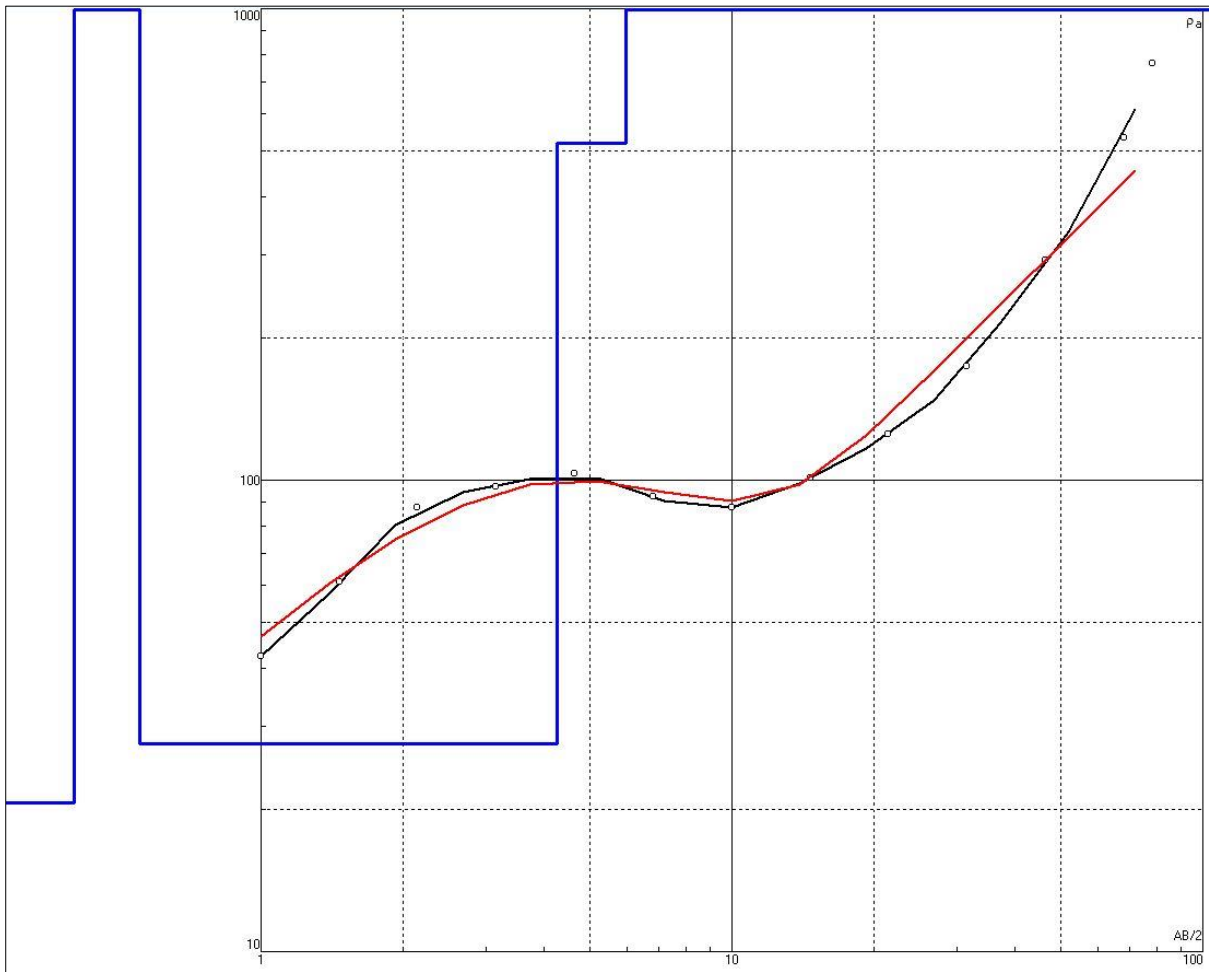


Ing. Ovidio Castillo Jaramillo
LABORATORIO



Tele-fax: (07)2613699. Celular: 093883061-099692335-0980253180 Email: estsuelcon@gmail.com

Anexo 8. Resultados de Sondeos Eléctricos Verticales



N	ρ	h	d	Alt
1	20.7	0.401	0.401	-0.401
2	2367	0.153	0.554	-0.554
3	27.6	3.7	4.25	-4.254
4	518	1.71	5.96	-5.964
5	40171			

Anexo 9. Resultados Parámetros Geotécnicos



ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORÍA

RESUMEN DE DATOS DE CAMPO, DE LABORATORIO Y RESISTENCIAS OBTENIDAS.
MEYERHOF (1956), MEYERHOF (1963)

PROYECTO: "ESTUDIO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO PARA LA AMPLIACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LA CARRERA DE ARTES PLÁSTICAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA, UBICADA EN EL SECTOR LA ARGELIA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA".

OBRA: ESTUDIO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO

SOLICITADO POR: JORGE LUIS ESPEJO O.

REALIZADO POR: ING. OVIDIO CASTILLO J.

SECTOR: CIUDADELA UNIVERSITARIA GUILLERMO FALCONI E., CIUDAD Y PROVINCIA DE LOJA

POZO: SPT 1

POZO	PROF.	C. H.	L. L.	L. P.	I. P.	GRAVA	ARENA	FINOS	CLASIFIC		N60	NI60	qultmeta	qadmmeta	C STROUD 1974	Ø (OSAKI 1959)
	m.	%	%	%	%	%	%	%	SUCS	AASHTO	golpes	golpes	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	*
SPT 1	1,00	17,96	18	15	3	22,20	41,10	36,70	SM	A-1	5	7	1,58	0,53		25
	2,00	10,75	17	16	1	71,45	20,51	8,04	GP-GM	A-1-a	10	13	2,93	0,98		29
	3,00	21,62	18	16	2	20,31	27,34	52,35	ML	A-1	4	5	1,13	0,38		24
	4,00	21,62	18	16	2	20,31	27,34	52,35	ML	A-1	3	9	2,30	0,77		27
	5,00	21,62	18	16	2	20,31	27,34	52,35	ML	A-1-b	15	17	4,59	1,53		32
	6,00	15,04	20	15	5	32,47	31,60	35,93	ML-CL	A-1	39	40	11,69	3,90		43



ING. OVIDIO CASTILLO J.
CONSULTOR



ESTSUELCON CI A. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

RESUMEN DE DATOS DE CAMPO, DE LABORATORIO Y RESISTENCIAS OBTENIDAS.
MEYERHOF (1956), MEYERHOF (1963)

PROYECTO: "ESTUDIO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO PARA LA AMPLIACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LA CARRERA DE ARTES PLÁSTICAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA, UBICADA EN EL SECTOR LA ARGELIA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA".

OBRA: ESTUDIO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO

SOLICITADO POR: JORGE LUIS ESPEJO O.

REALIZADO POR: ING. OVIDIO CASTILLO J.

SECTOR: CIUDADELA UNIVERSITARIA GUILLERMO FALCONI E., CIUDAD Y PROVINCIA DE LOJA.

POZO: SPT 2

POZO	PROF.	C. H.	L. L.	L. P.	I. P.	GRAVA		ARENA	FINOS	CLASIFIC		N60	N160	qufneteta	qadmneteta	C STROUD 1974	Ø (OSAKI 1959)
	m.	%	%	%	%	%	%	%	%	SUCS	AASHTO	golpes	golpes	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	*
SPT 2	1,00	9,14	19	18	1	38,75	40,87	20,38		SM	A-1-b	5	6	1,35	0,45		24
	2,00	9,50	19	14	5	23,47	47,10	29,43		SC-SM	A-2-4	6	8	1,80	0,60		26
	3,00	7,06	19	17	2	15,44	59,24	25,32		SM	A-2-4	8	9	2,25	0,75		27
	4,00	26,02	20	17	3	1,98	17,98	80,04		ML	A-4	9	11	2,81	0,94		29
	5,00	13,83	18	17	1	65,88	23,93	10,19		GP-GM	A-1-a	9	9	2,55	0,85		28
	6,00	15,80	19	16	3	49,91	34,99	15,10		GM	A-1-b	52	52	15,68	5,23		47



ING. OVIDIO CASTILLO J.
CONSULTOR

Anexo 10. Certificado del director de Trabajo de Titulación



unl

Universidad
Nacional
de Loja

Facultad
de la Energía, las Industrias y los
Recursos Naturales No Renovables

CARRERA DE INGENIERIA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

Loja, 22 de enero del 2024

Ing. Oscar Adrián Estrella Lima MSc.

DIRECTOR DE TESIS

DOCENTE CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

DOCENTE CARRERA DE INGENIERÍA EN MINAS

CERTIFICA

Que el señor, **JORGE LUIS ESPEJO ORELLANA**, con CI: **1104575087**, egresado de la Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial y estudiante de la Unidad de Titulación Especial, ha desarrollado su Trabajo de Titulación denominado: “**Estudio Geológico – Geotécnico para la ampliación de la infraestructura física de la carrera de Artes Plásticas de la Universidad Nacional de Loja, ubicada en el sector la Argelia, cantón y provincia de Loja.**”, del cual se ha dirigido, asesorado, revisado y corregido el presente trabajo investigativo.

Con este antecedente, siendo las 11:25 horas del día 22 de enero del 2024 se certifica que el estudiante **JORGE LUIS ESPEJO ORELLANA** ha cumplido hasta la fecha con el **100%** de avance de su trabajo de titulación.

Particular que certifico para los fines pertinentes.



Escaneado electrónicamente por:
OSCAR ADRIAN
ESTRELLA LIMA

Ing. Oscar Adrián Estrella Lima MSc.

DIRECTOR DE TESIS

Anexo 11. Certificado de traducción del resumen

Loja, 22 de enero del 2024

Yo, Nohelia Fernanda Paltín Cuenca, con documento de identidad Nro. 0704645878, Licenciada en Pedagogía del Idioma Inglés con N° de registro 1031-2023-2757744.

CERTIFICO:

Que el documento aquí compuesto es fiel traducción del idioma español al idioma inglés, del resumen del trabajo de titulación, denominado: Estudio Geológico – Geotécnico para la ampliación de la infraestructura física de la carrera de Artes Plásticas de la Universidad Nacional de Loja, ubicada en el sector la Argelia, cantón y provincia de Loja., de autoría del estudiante Jorge Luis Espejo Orellana con numero de cedula 1104575087, egresado de la carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial de la Universidad Nacional de Loja.

Lo certifico en honor a la verdad y a su vez al interesado hacer uso del presente para fines académicos.



Lic. Nohelia Fernanda Paltín Cuenca

LICENCIADA EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN MENCIÓN INGLÉS

CI: 0704645878

Numero de registro: 1031-2023-2757744.

Anexo 12. Mapa de Ubicación

Anexo 13. Mapa de Topográfico

Anexo 14. Mapa de Pendientes

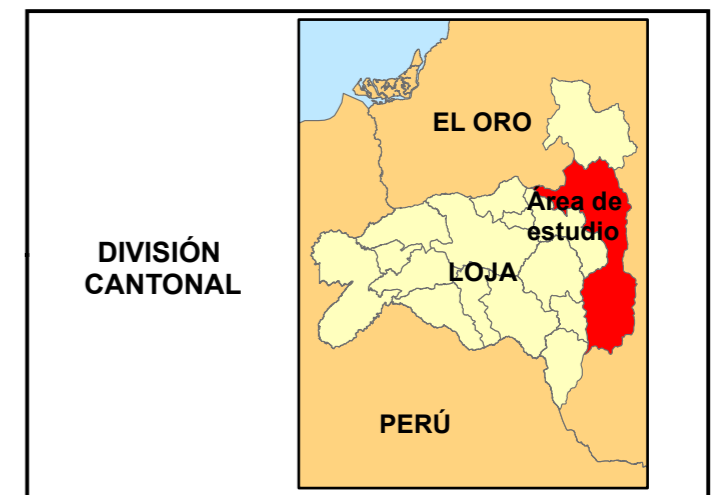
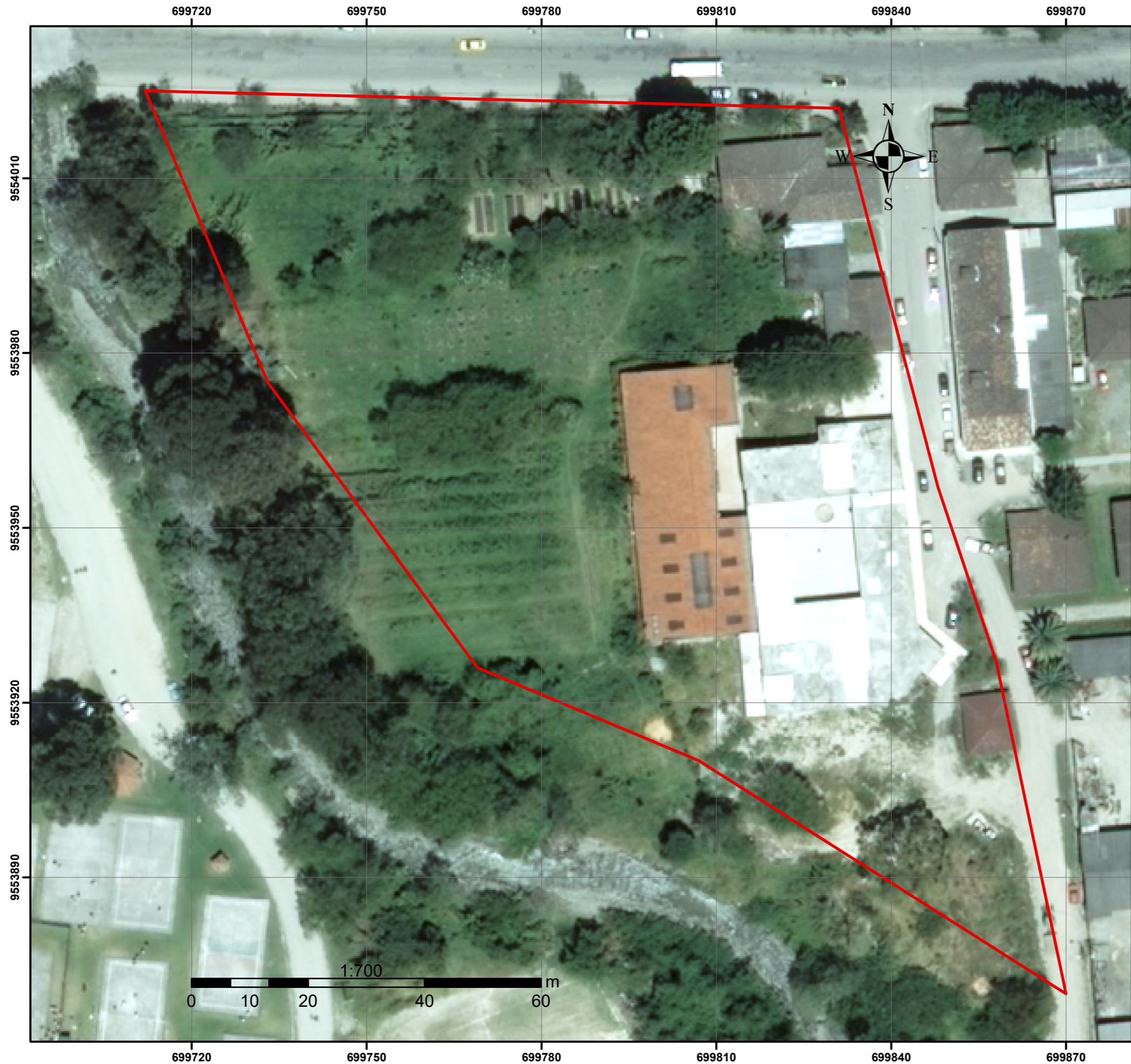
Anexo 15. Mapa de Ubicación de Sondeos

Anexo 16. Mapa Geológico



Anexo 17. Mapa Geotécnico

(Ubicados en carpeta)

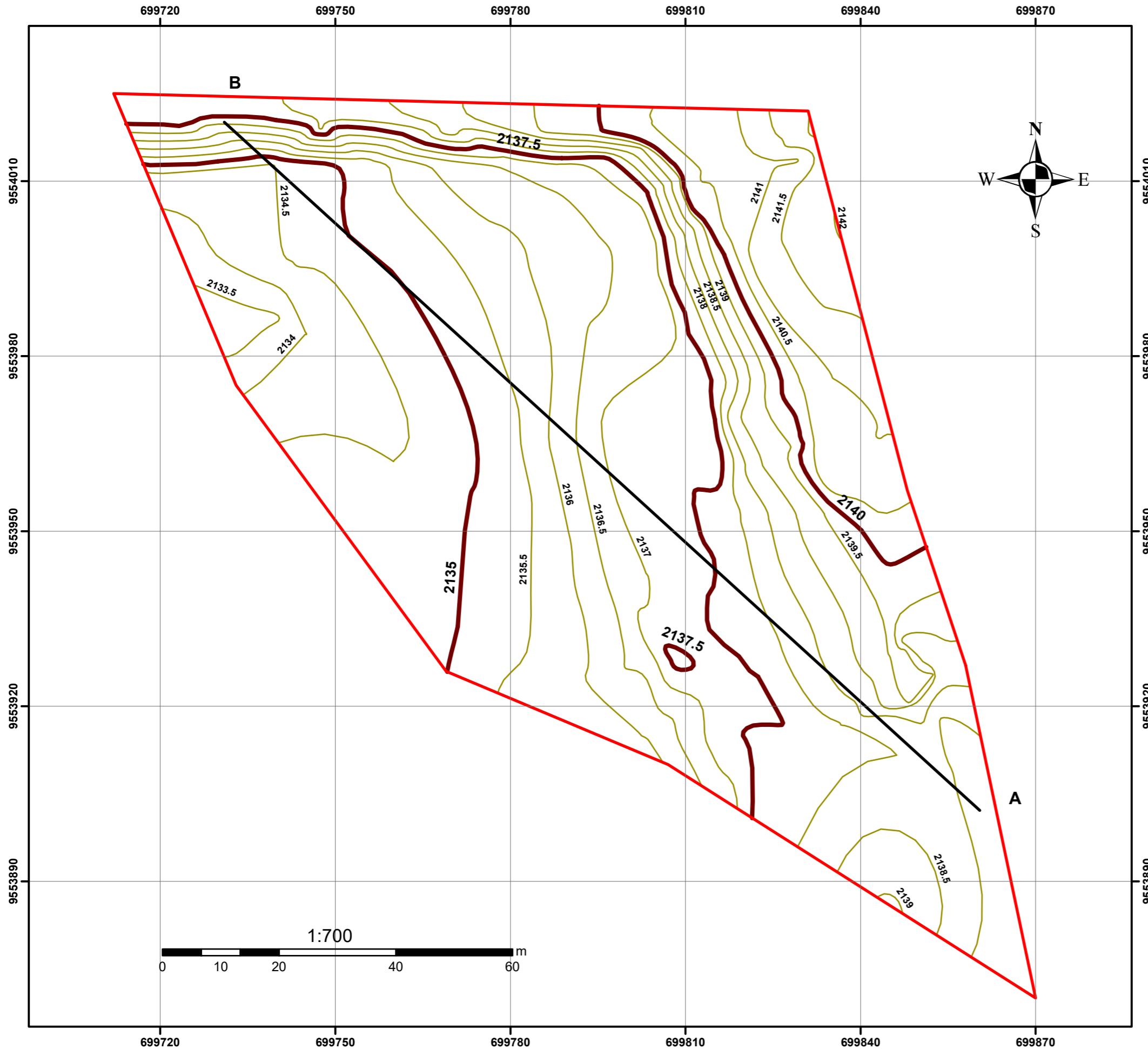
MAPA DE UBICACIÓN DE LA CARRERA DE ARTES PLÁSTICAS



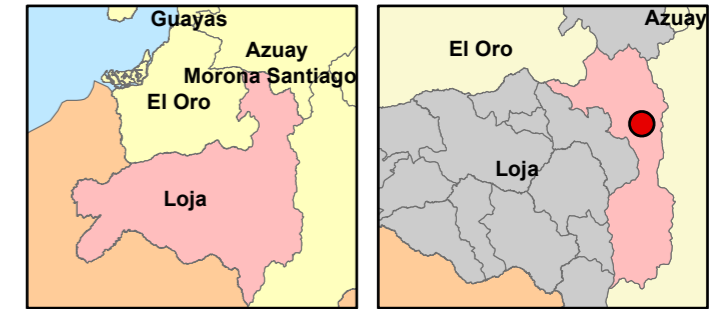
UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR UTM
 DATUM WGS84 - ZONA 17S
 DATUM VERTICAL: NIVEL MEDIO DEL MAR ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE LA LIBERTAD PROVINCIA DEL GUAYAS AÑO 1959
 DATUM HORIZONTAL: EL PROVISIONAL DE 1956 PARA AMÉRICA DEL SUR

	Universidad Nacional de Loja Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial		
	UBICACIÓN CARRERA DE ARTES PLÁSTICAS		
Por: Jorge Luis Espejo Orellana		Escala impresión: 1:700	
Revisa: Ing. Oscar A. Estrella L.			
Provincia: Loja	Sector: La Argelia	Lámina: 1	
Fecha: 15-04-2024			




MAPA TOPOGRÁFICO DE LA CARRERA DE ARTES PLÁSTICAS



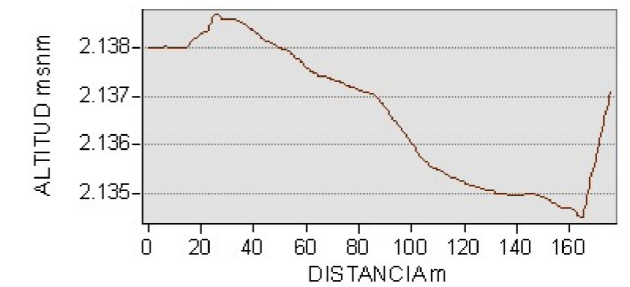
UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO





SIMBOLOGIA

-  Curvas primarias
-  Curvas secundarias
-  Área de estudio

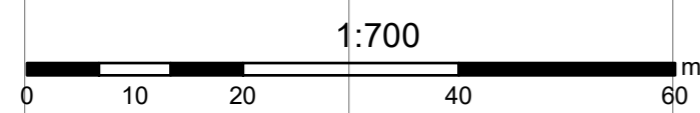
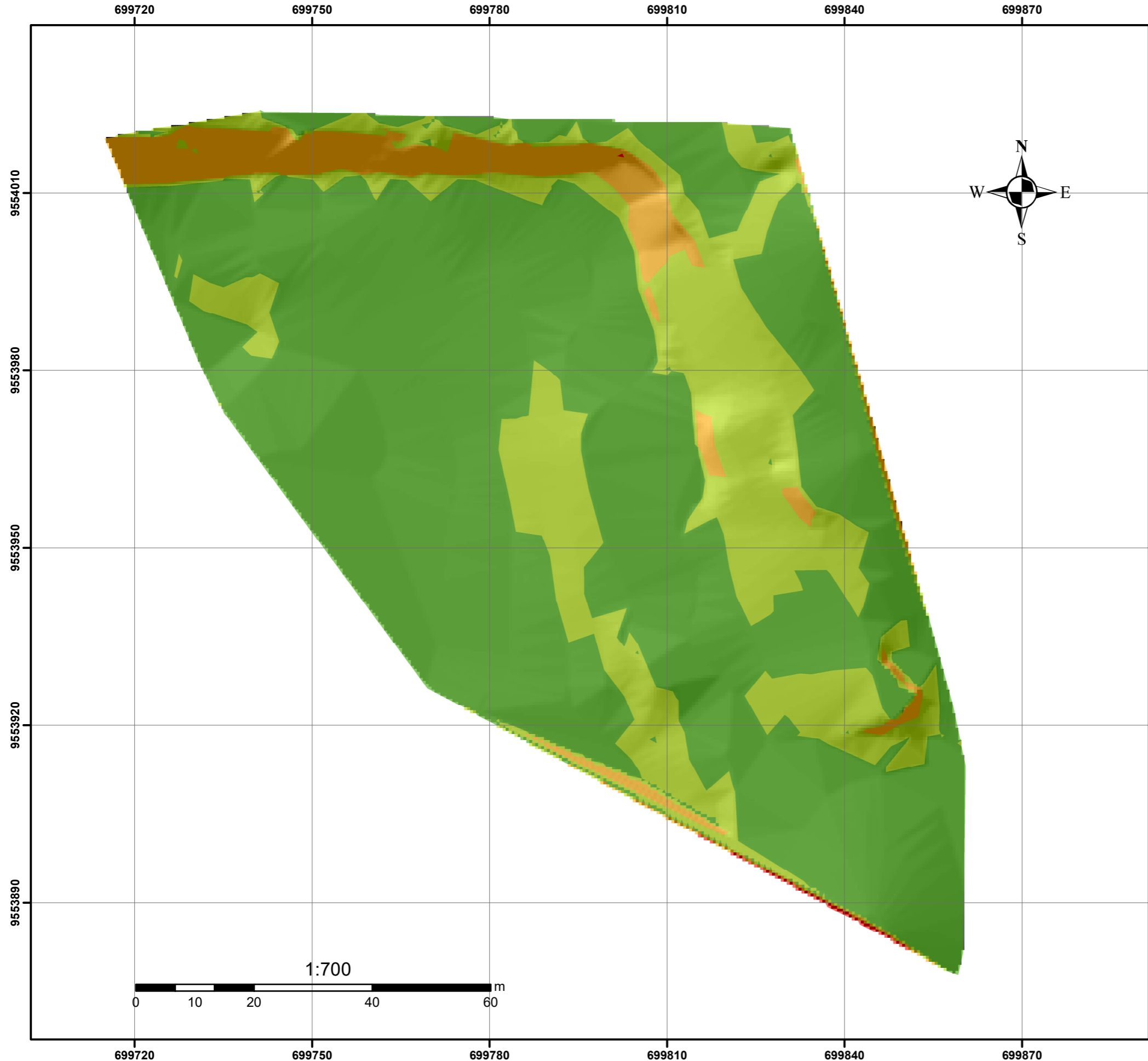
PERFIL TOPOGRÁFICO A - B



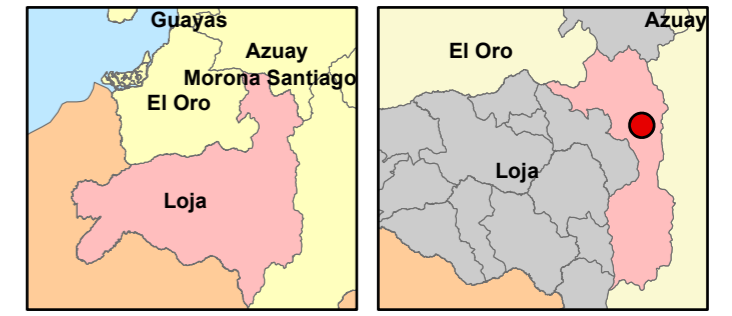
UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR UTM
 DATUM WGS84 - ZONA 17S
 DATUM VERTICAL: NIVEL MEDIO DEL MAR ESTACIÓN MAREOGRÁFICA
 DE LA LIBERTAD PROVINCIA DEL GUAYAS AÑO 1959
 DATUM HORIZONTAL: EL PROVISIONAL DE 1956
 PARA AMÉRICA DEL SUR

	Universidad Nacional de Loja Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial	
TOPOGRÁFICO CARRERA DE ARTES PLÁSTICAS		
Por: Jorge Luis Espejo Orellana		Escala impresión:
Revisa: Ing. Oscar A. Estrella L.		1:700
Provincia: Loja	Sector: La Argelia	Lámina:
Fecha: 15-04-2024		2

MAPA DE PENDIENTES DE LA CARRERA DE ARTES PLÁSTICAS



UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO



LEYENDA

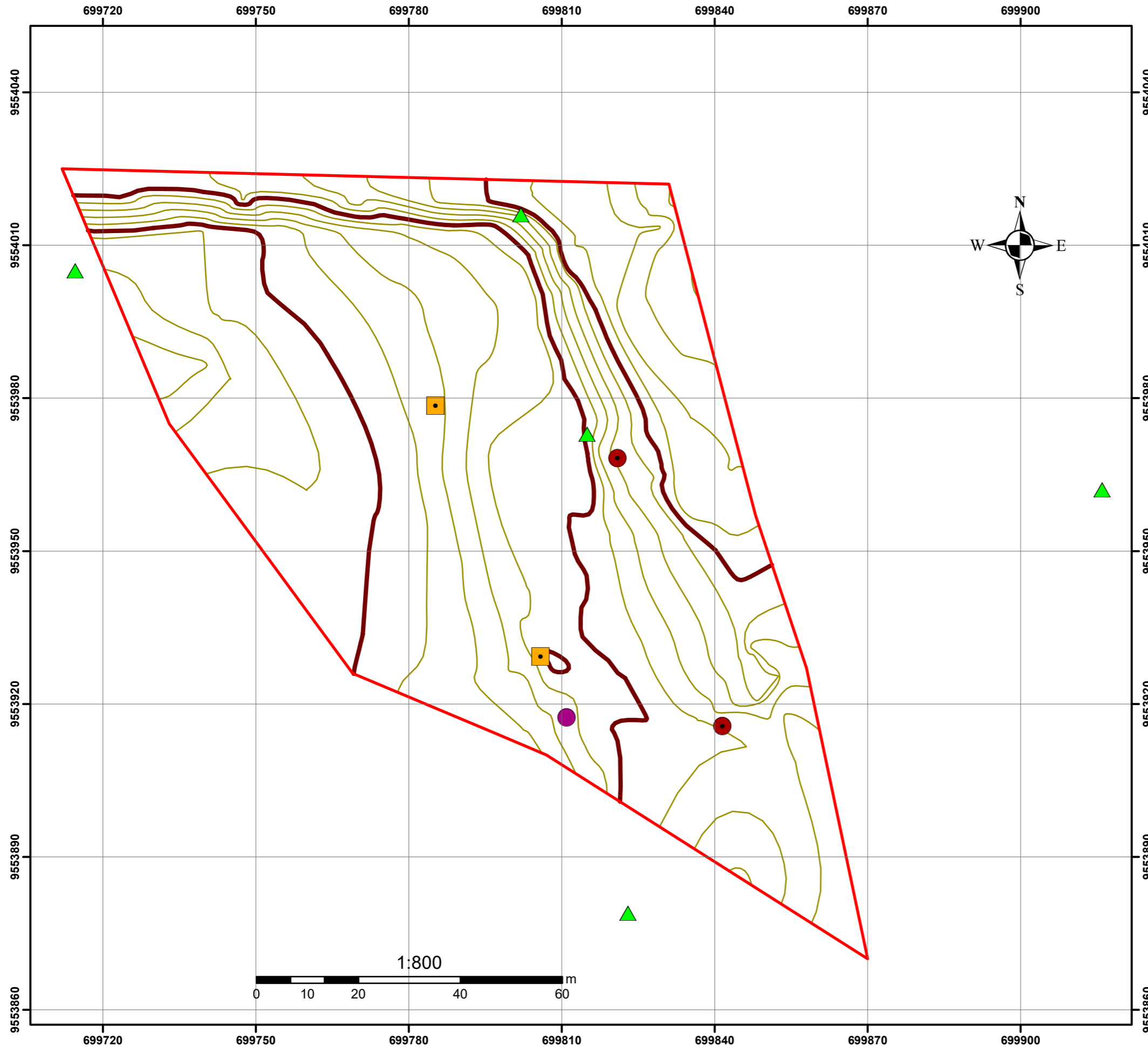
RANGO		CLASIFICACIÓN
	0 - 5	Ligeramente inclinadas
	5 - 15	Fuertemente inclinadas
	15 - 35	Muy inclinados
	35 - 55	Empinados

PORCENTAJE	
	69.25
	23.27
	7.25
	0.23

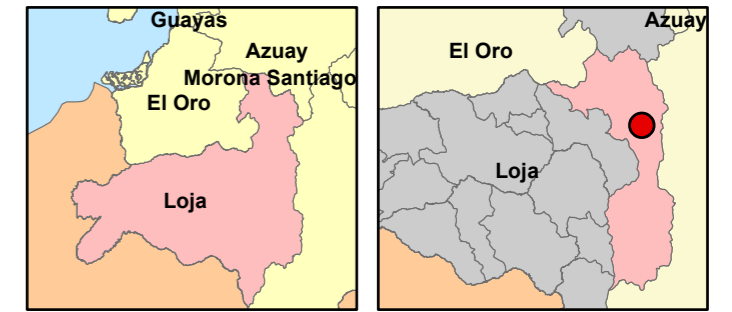
UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR UTM
 DATUM WGS84 - ZONA 17S
 DATUM VERTICAL: NIVEL MEDIO DEL MAR ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE LA LIBERTAD PROVINCIA DEL GUAYAS AÑO 1959
 DATUM HORIZONTAL: EL PROVISIONAL DE 1956 PARA AMÉRICA DEL SUR

	Universidad Nacional de Loja	
Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial		
PENDIENTES CARRERA DE ARTES PLÁSTICAS		
Por: Jorge Luis Espejo Orellana		Escala impresión: 1:700
Revisa: Ing. Oscar A. Estrella L.		
Provincia: Loja	Sector: La Argelia	Lámina: 3
Fecha: 15-04-2024		








MAPA DE SONDEOS DE LA CARRERA DE ARTES PLÁSTICAS





UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO



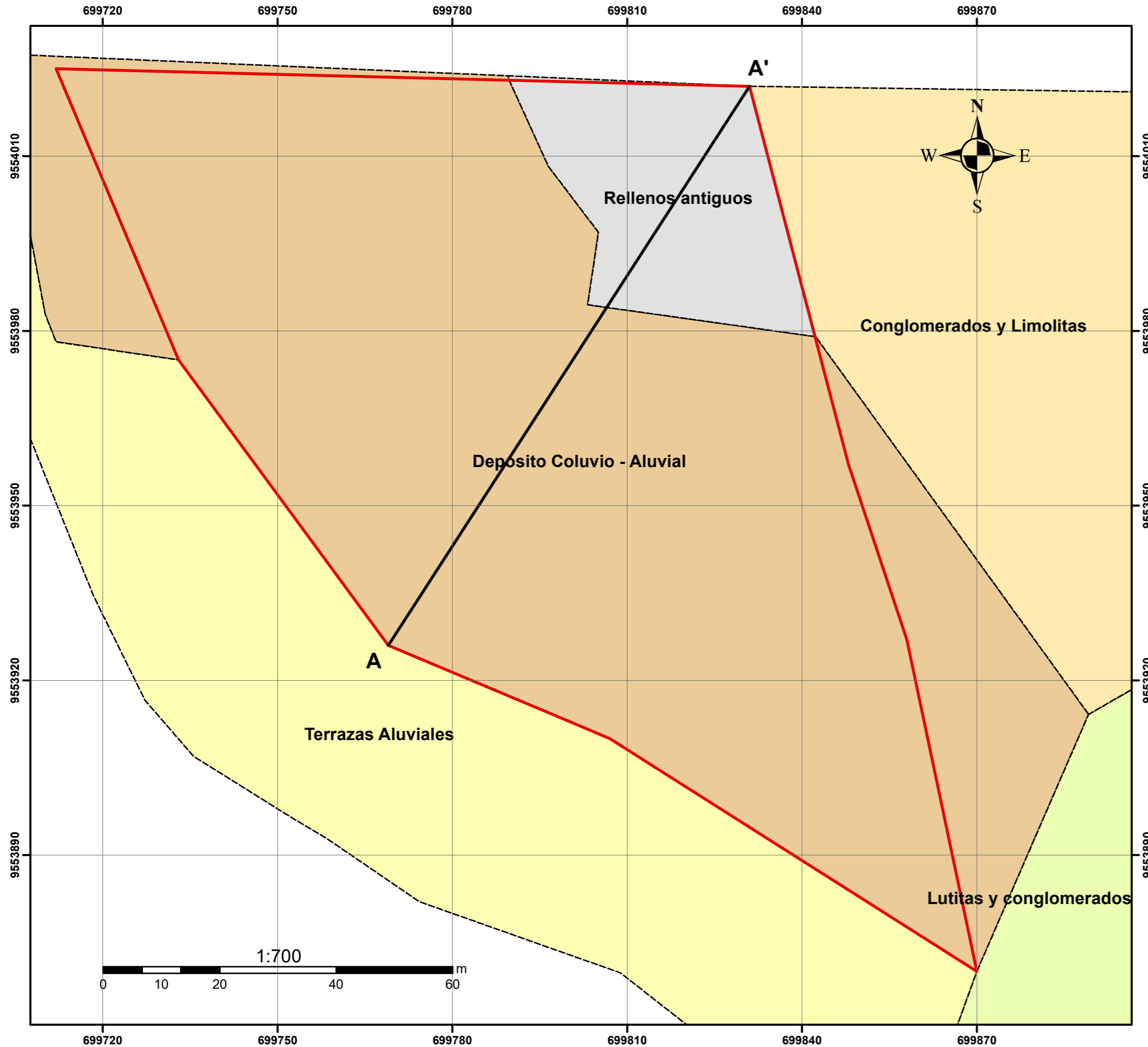
LEYENDA

-  Curvas primarias
-  Curvas secundarias
-  Área de estudio
-  SPTs
-  Afloramientos
-  Calicatas
-  Sondeos eléctricos verticales

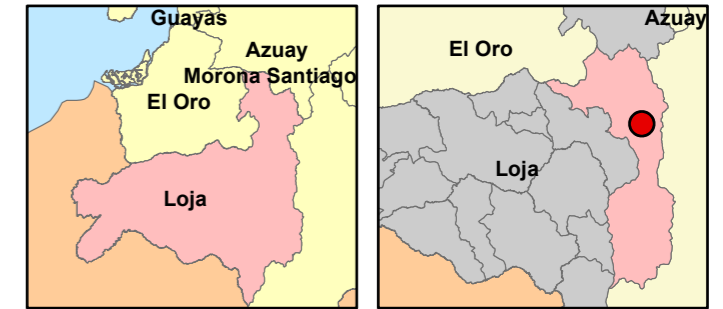
UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR UTM
 DATUM WGS84 - ZONA 17S
 DATUM VERTICAL: NIVEL MEDIO DEL MAR ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE LA LIBERTAD PROVINCIA DEL GUAYAS AÑO 1959
 DATUM HORIZONTAL: EL PROVISIONAL DE 1956 PARA AMÉRICA DEL SUR

	Universidad Nacional de Loja Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial		
	SONDEOS CARRERA DE ARTES PLÁSTICAS		
Por: Jorge Luis Espejo Orellana		Escala impresión: 1:800	
Revisa: Ing. Oscar A. Estrella L.		Lámina: 4	
Provincia: Loja	Sector: La Argelia	Fecha: 15-04-2024	

MAPA GEOLÓGICO DE LA CARRERA DE ARTES PLÁSTICAS



UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO



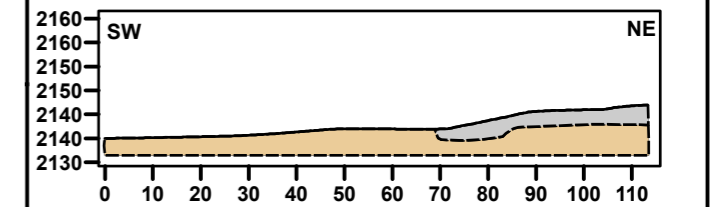
LEYENDA

Área de estudio

LITOLOGIA

- Conglomerados y Limolitas
- Deposito Coluvio - Aluvial
- Lutitas y conglomerados
- Rellenos antiguos
- Terrazas Aluviales

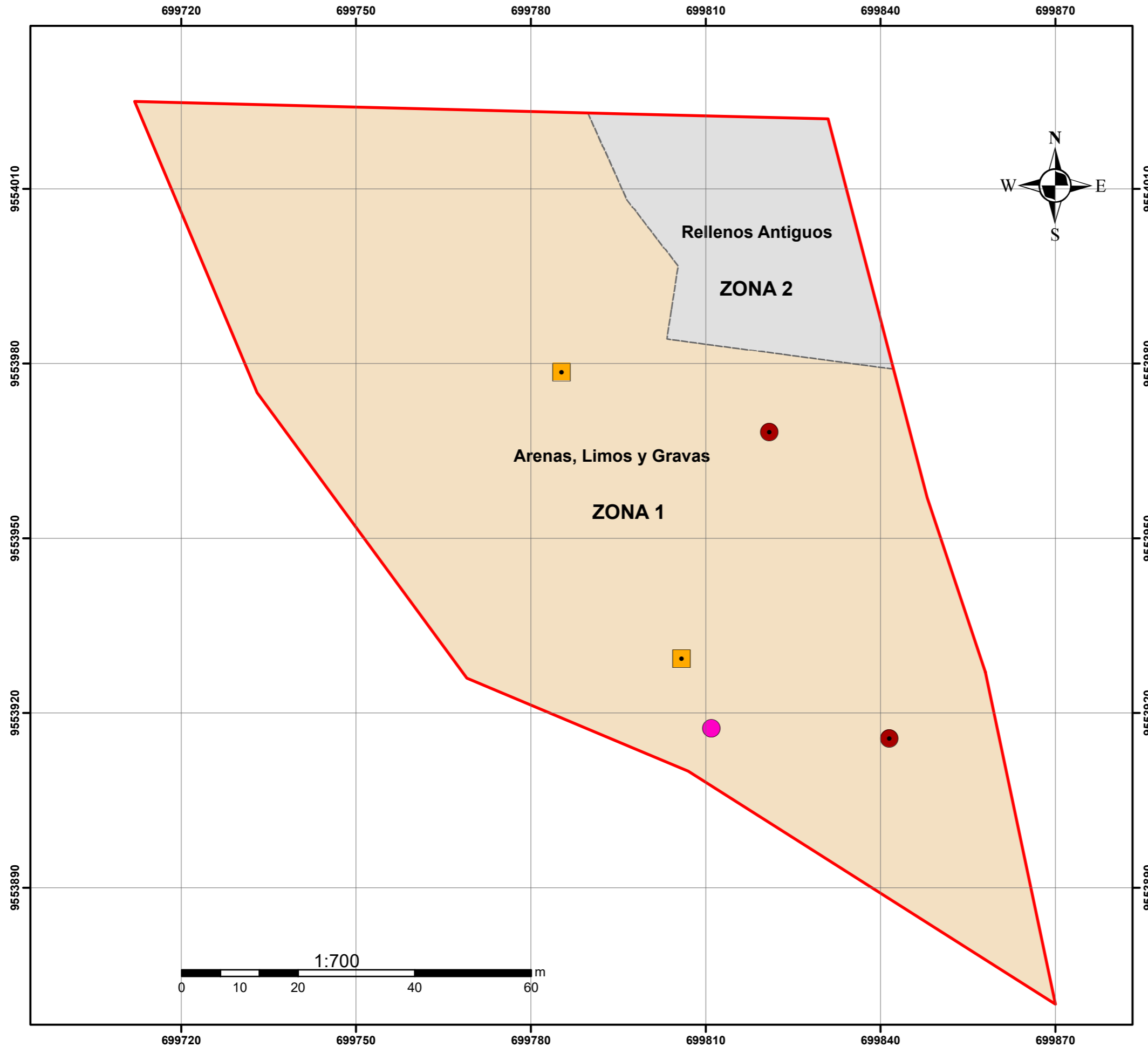
PERFIL GEOLÓGICO A-A'



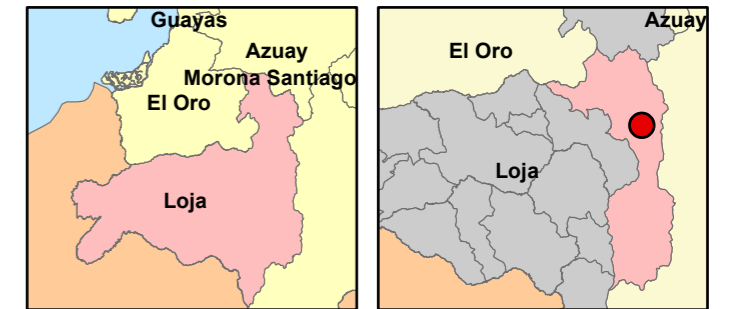
UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR UTM
 DATUM WGS84 - ZONA 17S
 DATUM VERTICAL: NIVEL MEDIO DEL MAR ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE LA LIBERTAD PROVINCIA DEL GUAYAS AÑO 1959
 DATUM HORIZONTAL: EL PROVISIONAL DE 1956 PARA AMÉRICA DEL SUR

	Universidad Nacional de Loja	
Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial		
GEOLOGICO CARRERA DE ARTES PLÁSTICAS		
Por: Jorge Luis Espejo Orellana		Escala impresión:
Revisa: Ing. Oscar A. Estrella L.		1:700
Provincia: Loja	Sector: La Argelia	Lámina:
Fecha: 15-04-2024		5

MAPA GEOTÉCNICO DE LA CARRERA DE ARTES PLÁSTICAS





UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO






LEYENDA



 Área de estudio

ZONAS	DESCRIPCIÓN	ÁREA
ZONA 1 	Arenas (SM), Limos (ML), Gravas (GW-GP)	11145 m ²
ZONA 2 	Rellenos Antiguos	1502 m ²

SIMBOLOGÍA

-  SEV
-  SPT
-  Calicatas

UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR UTM
DATUM WGS84 - ZONA 17S
DATUM VERTICAL: NIVEL MEDIO DEL MAR ESTACIÓN MAREOGRÁFICA
DE LA LIBERTAD PROVINCIA DEL GUAYAS AÑO 1959
DATUM HORIZONTAL: EL PROVISIONAL DE 1956
PARA AMÉRICA DEL SUR

	Universidad Nacional de Loja Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial	
---	--	---

GEOTÉCNICO CARRERA DE ARTES PLÁSTICAS		
Por: Jorge Luis Espejo Orellana	Escala impresión: 1:700	
Revisa: Ing. Oscar A. Estrella L.		
Provincia: Loja	Sector: La Argelia	Lámina: 6
Fecha: 15-04-2024		