



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

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

Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial

TITULO

MAPA DE CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LA
URBANIZACIÓN MANUEL CARRIÓN PINZANO, PARROQUIA
SUCRE, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA

PREVIO A LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN GEOLOGÍA

Autor:

Oscar Lenin Zhinin Lituma

Director:

Ing. David Isaac Cuenca Gualán, Mg.Sc.

Loja – Ecuador

2019



CERTIFICADO

Ing.

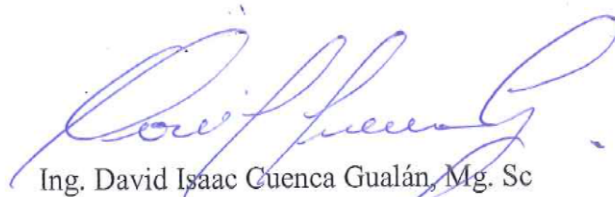
David Isaac Cuenca Gualán, Mg. Sc

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

CERTIFICA:

Haber dirigido, asesorado, revisado y corregido el presente trabajo de tesis de grado realizado por el egresado Sr. **OSACR LENIN ZHININ LITUMA**, con C.I. 1104067036, cuyo título se denomina: **“MAPA DE CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LA URBANIZACIÓN MANUEL CARRIÓN PINZANO, PERTENECIENTE A LA PARROQUIA SUCRE DE LA CIUDAD, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA.”**, previo a la obtención del título de Ingeniero en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial, mismo que cumple con la reglamentación y políticas de investigación, en consecuencia me permito autorizar su presentación, sustentación y defensa.

Loja, 24 julio de 2019



Ing. David Isaac Cuenca Gualán, Mg. Sc

DIRECTOR DE TESIS

AUTORÍA

Yo, **OSCAR LENIN ZHININ LITUMA**, declaro ser el autor del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma.

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

Firma:

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Oscar Lenin Zhinin Lituma', written over a circular stamp or seal.

Cedula: 1104067036

Fecha: Loja, 4 de septiembre de 2019

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

Yo, OSCAR LENIN ZHININ LITUMA, declaro ser autor de la tesis titulada: "MAPA DE CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LA URBANIZACIÓN MANUEL CARRIÓN PINZANO, PERTENECIENTE A LA PARROQUIA SUCRE DE LA CIUDAD, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA.", como requisito para optar al grado de Ingeniero en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional.

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

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

Para constancia de esta autorización, a los cuatro días del mes de septiembre del dos mil diecinueve en la ciudad de Loja firma el autor.

Firma:

Autor:

Oscar Lenin Zhinin Lituma

Cédula:

1104067036

Dirección:

Juan José Samaniego y Ramón Pinto

Correo Electrónico:

osle1985@hotmail.com

Teléfono: 072562820

Celular: 0980289715

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de Tesis: Ing. David Isaac Cuenca Gualán, Mg. Sc.

Tribunal de Grado: Ing. Julio Eduardo Romero Sigcho, Mg. Sc.

Ing. Carlomagno Nixon Chamba Tacuri, Mg. Sc.

Ing. Diego Israel Castillo Jaramillo, Mg. Sc.

DEDICATORIA

El presente trabajo de grado va dedicado principalmente a Dios, quien como guía estuvo presente en el caminar de mi vida, bendiciéndome y dándome fuerzas para continuar con mis metas trazadas sin desfallecer.

A mí madre, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional que me permitió culminar con éxito mi carrera profesional.

A mi querida esposa María e hija Alisson, gracias a ustedes que han sido mi fortaleza y motivación para prepararme cada día más y así poder luchar para que la vida nos depare un futuro mejor.

Oscar Lenin Zhinin Lituma

AGRADECIMIENTO

Al culminar esta etapa muy significativa de mi vida, quiero dejar constancia de mi profundo agradecimiento a la Universidad Nacional de Loja, Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables, Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial, ya que al cursar por las aulas universitarias he desarrollado el sentimiento de profesionalización que me ha convertido en persona capaz de desenvolverme de mejor manera en nuestra sociedad lojana.

A los docentes, distinguidos profesionales quienes con su dedicada labor han contribuido a mi formación académica que me permitirá afrontar los nuevos retos y obstáculos en el ejercicio profesional.

De manera muy especial mi gratitud al Ing. David Isaac Cuenca Gualán, Director del presente proyecto de tesis por su paciencia, bondad y profesionalismo al compartir sus conocimientos, capacidad y experiencia que me condujeron a la culminación del presente trabajo.

Finalmente quiero expresar mi más grande y sincero agradecimiento a mi Madre y hermanos por ser mi pilar fundamental y haberme apoyado incondicionalmente, pese a las adversidades e inconvenientes que se presentaron.

Oscar Lenin Zhinin Lituma

TABLA DE CONTENIDOS

CERTIFICADO	¡Error! Marcador no definido.
AUTORÍA	¡Error! Marcador no definido.
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR	¡Error! Marcador no definido.
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO	VI
TABLA DE CONTENIDOS	VI
ÍNDICE DE TABLAS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	XII
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	XIII
1. TÍTULO	1
2. RESUMEN	2
ABSTRACT	3
3. INTRODUCCIÓN	4
OBJETIVOS	5
3.1. Objetivo general.....	5
3.2. Objetivos específicos	5
4. REVISIÓN DE LITERATURA	7
4.1. Topografía.....	7
4.1.1. Fases principales de trabajo en topografía.....	7
4.2. Geomorfología	8
4.2.1. Mapas geomorfológicos	8
4.3. Hidrología	8
4.4. Geología.....	9
4.5. Consideraciones Geotécnicas.....	9
4.5.1. Clasificación y propiedades del suelo	10
4.6. Exploración del suelo in situ.....	19
4.6.1. Calicatas	20
4.6.2. Ensayo de penetración estándar (S.P.T.)	21
4.6.3. Exploración geofísica	22

4.7.	Sistemas de Información Geográfica (SIG).....	24
4.7.1.	ArcMAP	25
4.8.	Mapa de caracterización geotécnica	25
5.	MATERIALES Y MÉTODOS	26
5.1.	Materiales y Equipo	26
5.2.	Metodología	27
5.2.1.	Metodología para el primer objetivo específico	27
5.2.2.	Metodología para el segundo objetivo específico	30
5.2.3.	Metodología para el tercer objetivo específico.....	38
6.	RESULTADOS	39
6.1.	Descripción general del área de estudio.....	39
6.1.1.	Acceso	39
6.1.2.	Ubicación administrativa.....	40
6.1.3.	Localización geográfica.....	40
6.1.4.	Topografía	41
6.1.5.	Geología Regional	42
6.1.6.	Geología Local	45
6.1.7.	Geología Estructural.....	47
6.1.8.	Geomorfología.....	49
6.1.9.	Clima e Hidrología	51
6.1.10.	Pendientes.....	52
6.2.	Caracterización Geotécnica	53
6.2.1.	Exploración directa.....	54
6.2.2.	Exploración indirecta.....	72
6.3.	Valoración del sector	86
6.3.1.	Capacidad de carga del sector de estudio	86

6.3.2.	Cartografía Geotécnica	88
6.3.3.	Zonas constructivas	90
7.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	92
8.	CONCLUSIONES	93
9.	RECOMENDACIONES	96
10.	BIBLIOGRAFÍA	97
11.	ANEXOS	99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cuadro de símbolos de grupo SUCS	14
Tabla 2. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos	15
Tabla 3. Características de los suelos según SUCS	18
Tabla 4. Clasificación de suelos AASHTO	18
Tabla 5. Grado de meteorización.....	28
Tabla 6. Ficha para la caracterización geotécnica de calicatas.....	29
Tabla 7. Ficha para la caracterización geológica de afloramientos	29
Tabla 8. Ubicación geográfica de SPT	31
Tabla 9. Tabla de normas de los ensayos realizados in situ	31
Tabla 10. Grado de compacidad y consistencia de los suelos	34
Tabla 11. Coordenadas de ubicación de los SEV	35
Tabla 12. Equipo de sondeo medidor de resistividad SYSCAL	36
Tabla 13. Resistividad de diferentes suelos.....	36
Tabla 14. Resistividad de diferentes suelos.....	37
Tabla 15. Coordenadas de ubicación de la urbanización “Manuel Carrión Pinzano”.....	41
Tabla 16. Datos técnicos de topografía	42
Tabla 17. Unidades geomorfológicas de la Formación Quillollaco	49
Tabla 18. Longitud de flujos de acumulación de agua	52
Tabla 19. Rango de pendientes.....	53
Tabla 20. Pendiente del área de estudio	53
Tabla 21. Ficha Caracterización Geológica Calicata 1.....	56
Tabla 22. Ficha Caracterización Geológica Calicata 2.....	57
Tabla 23. Ficha Caracterización Geológica Calicata 3.....	58
Tabla 24. Ficha Caracterización Geológica Calicata 4.....	59
Tabla 25. Ficha Caracterización Geológica Calicata 5.....	60

Tabla 26. Registro de perforación SPT 01	62
Tabla 27. Compacidad o consistencia SPT 01	63
Tabla 28. Determinación del N corregido SPT 01	63
Tabla 29. Registro de perforación SPT 02	64
Tabla 30. Compacidad o consistencia SPT 02	65
Tabla 31. Determinación del N corregido SPT 02	65
Tabla 32. Registro de perforación SPT 03	66
Tabla 33. Compacidad o consistencia SPT 03	67
Tabla 34. Determinación del N corregido SPT 03	67
Tabla 35. Registro de perforación SPT 04	68
Tabla 36. Compacidad o consistencia SPT 04	69
Tabla 37. Determinación del N corregido SPT 04	69
Tabla 38. Registro de perforación SPT 05	70
Tabla 39. Compacidad o consistencia SPT 05	71
Tabla 40. Determinación del N corregido SPT 03	71
Tabla 41. Sondeos eléctricos verticales en el área de investigación	72
Tabla 42. Datos obtenidos en el campo para el SEV 1.....	74
Tabla 43. Datos obtenidos mediante el software IPI2WIN para el SEV 1.....	75
Tabla 44. Datos obtenidos en el campo para el SEV 2.....	77
Tabla 45. Datos obtenidos mediante el software IPI2WIN para el SEV 2.....	78
Tabla 46. Datos obtenidos en el campo para el SEV 3.....	80
Tabla 47. Datos obtenidos mediante el software IPI2WIN para el SEV 3.....	81
Tabla 48. Datos obtenidos en el campo para el SEV 4.....	83
Tabla 49. Datos obtenidos mediante el software IPI2WIN para el SEV 4.....	84
Tabla 50. Resistividades aparentes del área de estudio	86

Tabla 51. Datos para el cálculo de capacidades de carga	87
Tabla 52. Factores adimensionales de cada uno de los SPT	87
Tabla 53. Capacidad de carga de la urbanización “Manuel Carrión Pinzano	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama carta de casagrande para suelos cohesivos	17
Figura 2. Ensayo de penetración estándar (SPT).....	22
Figura 3. Disposición del dispositivo tipo Schlumberger.....	24
Figura 4. Características principales del equipo de SPT	32
Figura 5. Muestreador o tubo partido	32
Figura 6. Ubicación de la urbanización “Manuel Carrión Pinzano”	40
Figura 7. Columna estratigráfica de la Cuenca sedimentaria de Loja.	45
Figura 8. Superficie de Cuesta.....	50
Figura 9. Ubicación de calicatas	54
Figura 10. Ubicación de SPT.....	61
Figura 11. Ubicación geográfica de líneas SEV	73
Figura 12. Ingreso de datos de campo al software IPI2Win SEV 01	74
Figura 13. Curvas de resistividades y error admisible del SEV 01	75
Figura 14. Perfil geoelectrico del SEV 1	76
Figura 15. Ingreso de datos de campo al software IPI2Win SEV 2	77
Figura 16. Curvas de resistividades y error admisible del SEV 2.	78
Figura 17. Perfil geoelectrico del SEV 2.....	79
Figura 18. Ingreso de datos de campo al software IPI2Win SEV 3	80
Figura 19. Curvas de resistividades y error admisible del SEV 3.	81
Figura 20. Perfil geoelectrico del SEV 3.....	82
Figura 21. Ingreso de datos de campo al software IPI2Win SEV 4	83
Figura 22. Curvas de resistividades y error admisible del SEV 4.	84
Figura 23. Perfil geoelectrico del SEV 4.....	85

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Levantamiento topográfico del área de estudio	41
Fotografía 2. Conglomerados intercalados con areniscas y micro conglomerado	46
Fotografía 3. Arcillolita	46
Fotografía 4. Flanco occidental de la cuenca de Loja	47
Fotografía 5. Flanco oriental de la cuenca de Loja.....	48
Fotografía 6. Geología estructural de la UMCP	48
Fotografía 7. Superficie de Cuesta	50
Fotografía 8. Superficie de Cuesta	51
Fotografía 9. Caracterización Geológica Calicata 1	56
Fotografía 10. Caracterización Geológica Calicata 2.....	57
Fotografía 11. Caracterización Geológica Calicata 3	58
Fotografía 12. Caracterización Geológica Calicata 4.....	59
Fotografía 13. Caracterización Geológica Calicata 5.....	60
Fotografía 14. Ejecución del SPT 01.....	62
Fotografía 15. Ejecución del SPT 02.....	64
Fotografía 16. Ejecución del SPT 03.....	66
Fotografía 17. Ejecución del SPT 04.....	68
Fotografía 18. Ejecución del SPT 05.....	70

1. TITULO

**MAPA DE CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LA URBANIZACIÓN
MANUEL CARRIÓN PINZANO, PERTENECIENTE A LA PARROQUIA
SUCRE DE LA CIUDAD, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA.**

2. RESUMEN

Se realizó un mapa de caracterización geotécnica de los predios que constituyen la urbanización “Manuel Carrión Pinzano”, en la ciudad, cantón y provincia de Loja, la zona de estudio se encuentra ubicada al Nor-Oeste de la Ciudad de Loja, entre las coordenadas Este (698961– 698575) y Norte (9559675– 9559523), abarca un área total aproximada de 4.18 ha.

El levantamiento de campo, se realizó mediante métodos directos e indirectos que constituyeron de calicatas, sondeos de penetración estándar (SPT) y sondeos eléctricos verticales (SEV), los resultados obtenidos indican que el macizo rocoso presenta valores de capacidad de carga última entre los 11.48 y 25.69 Kg/m² y valores de carga admisible entre 3.82 y 8.56 Kg/cm², el promedio de carga admisible de la urbanización “Manuel Carrión Pinzano” es de 60.23 Tn/m². La formación que aflora en el lugar de estudio está compuesta por conglomerados (rocas metamórficas meteorizadas con diámetros mayores de 2 a 20 centímetros presentando acumulaciones de óxidos de Fe y Mg.) y arcillolita; con lo cual se puede deducir que los terrenos son aptos para para el diseño estructural de edificación.

Se presentó dos mapas, el primero delimita la cartografía geotécnica en base a la resistencia de los materiales presentes y el segundo clasifica las zonas construibles en la urbanización “Manuel Carrión Pinzano”. Se clasificó el área que cubre los predios en zonas construibles con un área 0.51 ha, las zonas construibles con modificación de la topografía abarcan 0.76 ha, zonas construibles con métodos de estabilización comprenden 0.09 ha y las zonas no construibles por condiciones topográficas desfavorables son nulas en los predios del sector de estudio.

Palabras Claves: Geotecnia, capacidad de carga, sondeo de penetración estándar, mapa de caracterización y sondeos eléctricos verticales.

ABSTRACT

In this investigation work a map is presented, which contains a geotechnical characterization of the properties that constitute the urbanization "Manuel Carrión Pinzano" in province of Loja, Ecuador, the study area is located to the North-West of the city, between the East (698961– 698575) and North (9559675– 9559523) coordinates, it covers an approximate total area of 4.18 ha.

The field survey was carried out using direct and indirect methods that constituted excavations, standard penetration test (SPT) and vertical electrical probes (SEV), the results obtained indicate that the rock massif has values of ultimate load capacity between 11.48 and 25.69 kg/m² and permissible load values between 3.82 and 8.56 kg/cm², the average permissible load of the urbanization "Manuel Carrión Pinzano" is 60.23 Tn/m². The formation that emerges at the study site is composed of conglomerates (weathered metamorphic rocks with diameters greater than 2 to 20 centimeters presenting accumulations of Fe and Mg oxides) and clay; which can be deduced that the land is suitable for the structural design of buildings.

Two maps were presented, the first one that defines the geotechnical mapping based on the resistance of the present materials and the second classifies the construction zones in the urbanization "Manuel Carrión Pinzano". The area that covers the land is classified into construction zones with an area 0.51 ha, buildable areas with topography modification cover 0.76 ha, buildable areas with stabilization methods comprise 0.09 ha, and the areas that cannot be built due to unfavorable topographic conditions are not present in the field of the study sector.

Keywords: Geotechnics, load capacity, standard penetration test, characterization map, and vertical electrical probes.

3. INTRODUCCIÓN

González de Vallejo, Luis (2002) en su libro de Ingeniería Geológica realiza ciertas apreciaciones muy válidas para diferenciar los mapas geológicos y los geotécnicos. Los datos incluidos en mapas geológicos (topografía, relieve, litología, estructuras y otros) permiten deducir información valiosa sobre las propiedades de los materiales, pero las descripciones geológicas no son suficientes cuando involucran construcciones o análisis de cimentaciones, por lo cual los mapas geotécnicos (engineering geological maps) constituyen un método en ingeniería geológica para presentar cartográficamente información geológico-geotécnica, con fines de planificación, uso de un territorio, construcción y mantenimiento de obras de ingeniería.

En tal razón, el presente proyecto prevé como objetivo final la elaboración del Mapa de Caracterización Geológica Geotécnica de la Urbanización “Manuel Carrión Pinzano” ubicada en la Ciudad de Loja, con coordenadas UTM, E: 698776, N: 9559628. La finalidad radica en determinar zonas aptas para la construcción de edificaciones (analizar litología, estructuras y valorar su capacidad portante de suelos).

Espacialmente, el área de investigación se encuentra localizado dentro del perímetro urbano de la ciudad de Loja, en la parte noroccidental de la parroquia Sucre, sector alto de San Rafael. La urbanización consta de cinco manzanas con un total de sesenta y un (61) lotes, abarcando una superficie de 4.0 hectáreas, como complemento referencial se localiza al sur de la quebrada Borja frente a la ciudadela Clodoveo Jaramillo.

La presente investigación se la ha dividido en las siguientes partes, la primera parte se define la problemática, justificación, objetivos, marco teórico y la metodología para cada uno de los ítems planteados en la presente investigación.

La segunda parte, consta la delimitación geográfica de la zona de estudio, así como el área de influencia directa e indirecta de la investigación, igualmente se detalla el relieve, geomorfología y geología regional sobre la cual se encuentra la urbanización.

En la tercera parte, constan los trabajos de campo como el levantamiento topográfico, la delimitación de la geología local y la geología estructural del área de estudio; y, la realización de los ensayos en sitio, de laboratorio y la interpretación de los resultados

obtenidos, en esta parte también se incluirá la elaboración del mapa de caracterización geotécnica, en base a los resultados obtenidos anteriormente. La parte final relaciona las conclusiones determinadas para este estudio en base a los objetivos planteados los mismos que se cumplirán en su totalidad.

La realización de la metodología estará basada en tres partes.

La primera parte, consta de la recopilación de información preliminar y el levantamiento topográfico de las cuatro hectáreas aproximadas que abarca la zona de estudio, así, mismo se efectuó los trabajos de campo que consiste en la caracterización geológica geotécnica de los tipos de suelos y macizos rocosos existentes en la zona, que nos permitiese cumplir con los objetivos planteados.

En segunda instancia se efectuará los ensayos de campo, para definir los parámetros geotécnicos de los materiales mediante métodos directos (calicatas, perforaciones), así mismo también se realizara ensayos con valores aproximados mediante métodos indirectos (sondeos eléctricos verticales); en cuanto a los ensayos de laboratorio para las muestras recolectadas en situ se determinara mediante ensayos de compresión simple, y para la clasificación de suelos mediante Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y AASHTON.

Finalmente, en una tercera instancia se analizan los resultados en el gabinete y la elaboración del mapa para identificar zonas constructivas y delimitar áreas de exclusión en la Urbanización Manuel Carrión Pinzano.

OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Realizar el Mapa de Caracterización Geotécnica de la urbanización “Manuel Carrión Pinzano”, parroquia Sucre, Cantón y Provincia de Loja.

3.2. Objetivos específicos

- ✓ Realizar el levantamiento topográfico y geológico a detalle del área de estudio, para posterior caracterización geológica-geotécnica.

- ✓ Definir parámetros geotécnicos de los geomateriales, detallando las capacidades portantes de los suelos; y, la resistencia y estabilidad de los sustratos rocosos.
- ✓ Delimitar las zonas para la construcción de obra civil y áreas de exclusión/recreo en la Urbanización “Manuel Carrión Pinzano” de la parroquia Sucre, cantón Loja.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Topografía

La Topografía es la ciencia y el arte de efectuar las mediciones necesarias para determinar las posiciones relativas de los puntos, ya sea arriba, sobre o debajo de la superficie de la tierra, o para establecer tales puntos. (Frederick Merritt, 2016)

La Topografía consiste en diseñar un modelo semejante al terreno, para al final obtener un plano o un mapa del mismo. (Chacón, 2010). De la misma forma permite trazar mapas o planos de un área, en los cuales aparecen las principales características físicas del terreno, tales como ríos, lagos, caminos, entre otros; y las diferencias de altura de los diferentes relieves, tales como valles, llanuras, colinas o pendientes.

Es por ello que se la ha tomado en cuenta para el levantamiento del relieve de las 4 hectáreas del sitio de estudio, ya que se desea hacer un levantamiento a detalle.

4.1.1. Fases principales de trabajo en topografía.

Michel Koolhaas (2003) menciona que, en términos generales, el trabajo topográfico se puede dividir en tres grandes partes; trabajo en campo, de gabinete y replanteo; de los cuales en el presente proyecto se utilizara solo los dos primeros.

Trabajo de campo

Antes de realizarlo, se analiza el objetivo del trabajo, y en función de distintas consideraciones se selecciona el método para el levantamiento, el instrumental más adecuado, entre otros. La realización de las mediciones y el registro de los datos en forma comprensible, rutinaria y estandarizada, constituyen el trabajo de campo.

Trabajo de gabinete.

Comprende la elaboración de cálculos con base en los datos registrados en campo, los cuales son procesados en planillas de cálculo (excel), para obtener coordenadas totales de los puntos relevados. También incluye la representación gráfica de los datos para obtener un plano o un gráfico o para transcribir los datos a un formato digital.

4.2. Geomorfología

El relieve en un punto determinado de la superficie terrestre es el resultado de la interacción de los procesos endógenos y exógenos. Los primeros actúan como creadores de las grandes unidades morfoestructurales (Büdel, 1968, 1977), producidas fundamentalmente por movimientos de componente vertical y los segundos, como desencadenantes de una continua denudación que tiende a rebajar el relieve originado.

4.2.1. Mapas geomorfológicos

St-Onge (1968) define que los mapas geomorfológicos son la representación gráfica precisa de las formas del relieve de un área, en la que se indican un amplio rango de influencias pretéritas y actuales.

La mayoría de las ciencias de la tierra han tenido un especial interés en la elaboración de mapas (Edafología, Geología, Botánica). Los mapas geomorfológicos constituyen un documento básico, que debe ser reelaborado en determinados aspectos en función de las necesidades concretas de aplicación (Peña, 1997)

En la aplicación geotécnica se necesita información geomorfológica para desarrollar mapas geotécnicos, por lo cual resulta de gran importancia en lo referente a la caracterización física del territorio, aportando información sobre procesos útiles en las obras de ingeniería.

4.3. Hidrología

Los aspectos hidrogeológicos son de especial importancia en aquellos mapas geotécnicos enfocados a la planificación y uso del territorio, explotación de recursos hídricos o selección de emplazamientos para obras o actuaciones que tengan relación directa con las condiciones hidrogeológicas, como por ejemplo la ubicación de vertederos urbanos u otro tipo de residuos, embalses. (Gonzales, 2002)

La presencia de agua en los materiales geológicos afecta a sus propiedades y comportamiento mecánico y, por tanto, este aspecto debe ser considerado en la cartografía geotécnica (Gonzales, 2002).

La hidrología aporta información sobre la consistencia de los suelos y las condiciones de alteración en suelos y rocas, por lo cual se detallará todos los aspectos hidrogeológicos

del área ya que son de gran importancia en mapas geotécnicos que se inclinan hacia la planificación y uso del territorio.

4.4. Geología

La geología se percibe como una ciencia que se realiza en el exterior. Una gran parte de la geología se basa en observaciones y experimentos llevados a cabo en el campo, pero la geología también se realiza en el laboratorio donde, por ejemplo, el estudio de varios materiales terrestres permite comprender muchos procesos básicos. (Tarbuck, Lutgens, 2005)

Ortiz, Carlos (2002), en su obra Ciencias de la Tierra define la geología como: Una de las ciencias más modernas, es por definición la ciencia de la tierra y como tal, estudia su composición, su estructura y los fenómenos que se producen y se han producido en ella desde la hora cero de los tiempos geológicos hasta nuestros días, es una ciencia poco independiente, su desarrollo va estrechamente unido al de la astronomía, la física, la química, la biología y otras ciencias.

La geología es una ciencia que estudia, tanto los materiales que componen la tierra como la evolución de esta, muchos de los problemas y cuestiones tratados por la geología, tienen un valor práctico para las personas.

Tomando en cuenta los criterios antes mencionados y relacionando al área de estudio, se realizará una descripción de la geología existente con la finalidad de saber su comportamiento ante las obras a realizarse en el área de estudio.

4.5. Consideraciones Geotécnicas

Braja M. Das (1999), define que para el diseño de cimentaciones de estructuras tales como edificios, puentes y presas, requiere el conocimiento de factores como: (a) la carga que será transmitida por la superestructura a la cimentación, (b) los requisitos del reglamento local de construcción; (c) el comportamiento esfuerzo-deformación de los suelos que soportaran el sistema, y (d) las condiciones geológicas del suelo. Para un ingeniero de cimentaciones, los dos últimos factores son sumamente importantes ya que tienen que ver con la mecánica de suelos.

Así mismo, precisa que las propiedades geotécnicas del suelo, como la distribución del tamaño del grano, la plasticidad, la compresibilidad y la resistencia por cortante, pueden

ser determinadas mediante apropiadas pruebas de laboratorio. Recientemente, se ha puesto énfasis en la determinación in situ de las propiedades de resistencia y deformación del suelo, debido a que así se evita la perturbación de las muestras durante la exploración de campo. Sin embargo, bajo ciertas circunstancias, no todos los parámetros necesarios pueden ser determinados o no por motivos económicos o de otra índole. En tales casos, el ingeniero debe hacer ciertas hipótesis respecto a las propiedades del suelo. Para estimar la exactitud de los parámetros del suelo (determinados en el laboratorio y en el campo o bien supuestos), el ingeniero debe tener un buen conocimiento de los principios básicos de la mecánica de suelos.

También se debe ser consciente de que los depósitos de suelo natural sobre los cuales las cimentaciones se construyen, no son homogéneos en la mayoría de los casos. El ingeniero debe entonces tener un conocimiento pleno de la geología de la zona, es decir del origen y naturaleza de la estratificación del suelo, así como de las condiciones del agua y del subsuelo.

La mayor parte de las consideraciones geotécnicas mencionadas serán tomadas en cuenta para obtener resultados óptimos del área en estudio.

4.5.1. Clasificación y propiedades del suelo

Para la clasificación se debe tener en cuenta que los suelos tienen su origen en los macizos rocosos preexistentes que constituyen la roca madre, por lo cual; “Una propiedad índice es cualquier propiedad del suelo utilizada en la clasificación del mismo”. (Según Coronado, 2014)

De Santis (2006), menciona que en suelos se dispone de dos clasificaciones fundamentales, la primera de amplio uso denominada “Sistema Unificado de Clasificación de Suelos” (Casagrande, 1942) vigente desde la segunda guerra mundial y el sistema de clasificación muy usado en vialidad denominado “American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) (HRBC, 1945)”. Ambos sistemas de clasificación tienen como datos de entrada las características granulométricas y de plasticidad de los suelos.

El Sistema unificados de clasificación (SUCS) divide los suelos en: Suelos granulares, Suelos finos, Suelos orgánicos.

Suelos Granulares

Está formado por partículas agregadas y sin cohesión entre ellas debido a su gran tamaño. Se originan mediante procesos de meteorización físicas, y el tipo de transporte condiciona sus características granulométricas. Entre las características más importantes de este tipo de suelo es que presentan buena capacidad portante, y su elevada permeabilidad, permitiendo buena capacidad de drenaje en presencia de cargas externas, esta capacidad de drenaje es proporcional al tamaño de las partículas, a este grupo pertenecen las arenas y las gravas. Las características resistentes de estos suelos vienen en gran parte determinadas por el ángulo de rozamiento interno entre partículas. (Avilés, 2013)

Suelos Finos

De Santis (2006), indica que los suelos finos se dividen en limos y arcillas siendo el tamaño límite de diferenciación 0,03 mm los cuales se pueden separar por análisis hidrométricos. En los suelos finos, pasantes tamiz 200, es muy importante la determinación del grado de plasticidad el cual se obtiene haciendo ensayos de límites de consistencia o límites de Atterberg.

Los límites de consistencia consisten en hacer ensayos para determinar el límite plástico y el límite líquido. Estos ensayos indican los valores de humedad en los cuales los suelos finos cambian de estado; es decir, si el límite líquido de una arcilla es 40, esto se interpreta que a una humedad por encima de 40 % la arcilla cambia de estado plástico a estado líquido. (De Santis, 2006)

Suelos Orgánicos

Así, mismo Avilés (2013), dice que son aquellos suelos formados por la descomposición de restos de materia orgánica de origen animal o vegetal. Se caracterizan por su baja capacidad portante, alta compresibilidad y mala tolerancia del agua. Este tipo de suelo presenta pésimas características para la ubicación de cualquier obra de infraestructuras.

Suelos Cohesivos

Avilés (2013), indica que los suelos son de tamaño mucho más fino que los suelos granulares. La cohesión se define como la fuerza interparticular producida por el agua de constitución del suelo, siempre que no esté saturado, esta propiedad es importante desde

el punto de vista de estabilidad de taludes ya que aumenta la resistencia del suelo frente a esfuerzos cortantes o de cizalla.

Entre los suelos cohesivos se encuentran los limos (de origen físico) y arcillas (formadas por agregados de partículas microscópicas procedentes de la meteorización química de las rocas), las cuales se diferencian debido a sus propiedades plásticas. Este tipo de suelos se caracteriza por su baja permeabilidad y su alta compresibilidad, tanto así que los suelos arcillosos, limosos, pueden colapsar comprimiéndose de forma brusca.

Rellenos

Los rellenos “son todos los materiales procedentes de otras obras; como escombros, vertederos industriales, basureros, entre otros, que no pueden ser considerados como terrenos aptos para la ubicación de obras de infraestructura”, (Avilés, 2013).

Estructura y consistencia

Según Herrera (2008), la estructura es la forma en que las partículas del suelo se reúnen para formar agregados, de acuerdo a esta característica se distinguen suelos de estructura esferoidal (agregados redondeados), laminar (agregados en láminas), prismática (en forma de prisma), blocosa (en bloques), y granular (en granos), la estructura del suelo se define por la forma en que se agrupan las partículas individuales de arena, limo y arcilla. Cuando las partículas individuales se agrupan, toman el aspecto de partículas mayores y se denominan agregados.

Así mismo Herrera (2008), indica que la consistencia es la característica física que gobierna las fuerzas de cohesión-adhesión, responsables de la resistencia del suelo a ser moldeado o roto, dichas fuerzas dependen del contenido de humedades por esta razón que la consistencia se debe expresar en términos de seco, húmedo y mojado.

Forma y Tamaño de las partículas.

Gonzales (2002), para conocer la proporción de cada material que tiene un suelo se realizan análisis granulométricos, utilizando la vía seca para partículas de tamaños superiores a 0,075 mm, y la granulometría por sedimentación mediante el hidrómetro (vía húmeda) para tamaños iguales o inferiores a 0,075 mm.

Análisis granulométrico

De acuerdo a la norma ecuatoriana de la construcción geotecnia y cimentación (NEC-SE-CM, 2014) establecidas en el Ecuador; para realizar el análisis granulométrico se efectuará mediante la norma (ASTM-D-422), ensayo para determinar la granulometría por tamizado.

La prueba de análisis granulométrico persigue determinar la clasificación de un suelo por el tamaño de partículas individuales; valiéndose de la curva granulométrica y de los valores de los coeficientes de uniformidad y curvatura. La prueba se realiza para obtener las fracciones correspondientes a los tamaños mayores de suelo; generalmente se llega así hasta los tamaños correspondientes a la malla # 200.

Límites de consistencia (Atterberg)

Valle (1982), define que el método usado para medir estos límites se conoce como “Método de Atterberg” y los contenidos de agua o humedad con los cuales se producen los cambios de estados, se denominan “límites de Atterberg”.

La Norma ecuatoriana (NEC-SE-CM, 2014) define las siguientes normas NTE INEN para la realización de estudios de caracterización geotecnia de suelos: (a) NTE INEN 691 Suelos. Límite líquido, (b) NTE INEN 692 Suelos. Límite plástico, (c) NTE INEN 690 Suelos. Contenido de agua.

NTE INEN 691 Suelos. Límite líquido (ASTM D-4318). Es determinado por medio de la copa de casagrande (Designación de prueba D-4318 de la ASTM) y se define como el contenido de agua con el cual se cierra una ranura de ½ pulg. (12.7 mm) mediante 25 golpes.

NTE INEN 692 Suelos. Límite plástico (ASTM D-4318). Se define como el contenido de agua con el cual el suelo se agrieta al formarse un rodillo de 1/8 pulg. (3.18 mm) de diámetro (Designación de prueba D-4318 de la ASTM).

NTE INEN 690 Suelos. Contenido de Agua. Contenido de humedad (ASTM-D-2216). El contenido de humedad del suelo se lo define como la relación porcentual del peso de agua contenida en la muestra y el peso de la muestra seca o peso de los sólidos.

Sistema unificado

Según A. Casagrande en (1942), ideó este sistema genérico de clasificación de suelos, que fue empleado por el Cuerpo de Ingenieros del ejército de los Estados Unidos de Norte América para la construcción de pistas de aterrizaje durante la II guerra mundial.

Diez años más tarde, vista la gran utilidad de este sistema en Ingeniería Civil, fue ligeramente modificado por el *Bureau of Reclamation*, naciendo el Sistema Unificado de Clasificación de suelos (SUCS); este sistema fue adoptado por la ASTM (American Society of Testing Materials) como parte de sus métodos normalizados.

Dicha clasificación se vale de unos símbolos de grupo, consistentes en prefijo que designa la composición del suelo y un sufijo que matiza sus propiedades. En la tabla 1, se muestran dichos símbolos y su significado:

Tabla 1. Cuadro de símbolos de grupo SUCS

TIPO DE SUELO	PREFIJO	SUBGRUPO	SUFIJO
Grava	G	Bien graduado	W
Arena	S	Pobrementemente graduado	P
Limo	M	Limoso	M
Arcilla	C	Arcilloso	C
Orgánico	O	Limite liquido alto (>50)	H
		Limite liquido bajo (<50)	L

Fuente. Luis Bañon Blazquez, Manual de Carreteras, tomo 2, 2007.


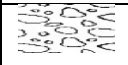


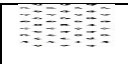


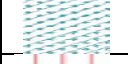







En función de estos símbolos, pueden establecerse diferentes combinaciones que definen uno y otro tipo de suelo. Ver tabla 2, Sistema Unificado de Clasificación de Suelos:

El sistema de clasificación de suelos SUCS clasifica los suelos mediante las siguientes especificaciones.

El Sistema se compone de dos letras: en la mayoría de los casos la primera denota el material primordial o de mayor presencia dentro del suelo, la segunda letra nombra la propiedad más importante, suelos granulares gruesos manifiesta algo relacionado con su gradación y/o el contenido de finos, mientras que en los suelos finos se refiere a la descripción de su plasticidad, principalmente.

La diferencia entre suelos finos y gruesos está dada por porcentaje de suelo gran fino que pasa por el tamiz No. 200, si el material que pasa es mayor al 50%, en peso de la muestra, se trata de un suelo fino, si, por el contrario, el material retenido es mayor al 50%, pues se trata de un suelo granular grueso.

Tabla 2. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

Suelos de grano grueso (más del 50% del material es más grande que el tamaño del tamiz N° 200)	Gravas limpias (menos del 5% de finos)			
	GRAVA > 50% de la fracción gruesa retenida en el tamiz n°4		GW	Gravas bien graduadas, mezclas de arena y grava poco o nada finas
			GP	Gravas mal graduadas, mezclas de grava-arena, poco o nada de multas
	Gravas con finos (más del 12% de finos)			
			GM	Gravas limosas, mezclas de grava-arena-limo
			GC	Gravas arcillosas, mezclas de grava-arena-arcilla
	Arenas limpias (menos del 5% de finos)			
	Arena ≥ 50% de fracción gruesa que pasa el tamiz n°4		SW	Arenas bien graduadas, arenas de grava, poco o nada de finos
			SP	Arenas pobremente graduadas, arenas de grava, poco o nada de finos
	Arenas con finos (más del 12% de finos).			
		SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.	
		SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.	
Suelos de grano fino (50% o más del material es más pequeño que el tamaño del tamiz N° 200)	Limos y arcillas límite líquido < 50		ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, limosa de arenas finas arcillosas o limos arcillosos con una ligera plasticidad.
			CL	Arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad, arcillas de grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras.
			OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad
	Limos y arcillas límite líquido ≥ 50		MH	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad
			CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas.
			OH	Arcillas orgánicas de media a alta plasticidad, limos orgánicos.
Suelos altamente orgánicos			PT	Turba y otros suelos altamente orgánicos

Fuente. Departamento de Transporte de California (CALTRANS)

Suelo Granular Grueso

Puede tratarse de gravas o arenas, según su tamaño; esta gradación se hace según el tamiz No. 4; Así, si el 50% de la fracción gruesa pasa el tamiz No. 4, se trata de una arena, pero si el 50% queda retenido en él, se trata de una grava.

Definida la primera letra se debe determinar la segunda letra, conforme a las propiedades predominantes del material, para lo que se utiliza nuevamente el tamiz No. 200:

- ✓ Si menos del 5% del material pasa el tamiz No. 200, la predomina la propiedad de la gradación,
- ✓ Si el porcentaje que pasa es mayor al 12%, se exalta la plasticidad identificando el tipo de fino que acompaña al material granular grueso,
- ✓ Pero si el porcentaje de material que pasa está entre el 5 y el 12%, se debe realizar una clasificación que tendrá doble símbolo, mostrando el tipo de fino y su clasificación según su plasticidad,
- ✓ La gradación depende de la forma como se distribuyen las partículas según su tamaño, y tiene como factores determinantes el Cc y Cu que corresponden al coeficiente de curvatura y coeficiente de uniformidad, respectivamente,
- ✓ Así, éstas determinan si un suelo tiene la característica de bien gradado (W) o pobremente gradado (P)

La plasticidad es una propiedad asociada a la cohesión y está determinada por el contenido de material fino en el suelo. Para esta clasificación es práctico recurrir a la carta de “Plasticidad de Casagrande”, permite definir la división entre arcillas y limos, comparando los límites líquidos y los índices de plasticidad.

De acuerdo la tabla 2 los suelos de grano grueso se simbolizan y se describe de la siguiente manera.

Subdivisión de gravas y arenas:

- ✓ Grupos GW y SW.

Material prácticamente limpio de finos, bien graduado. Símbolo *W* (well graded). Para cumplir con los requisitos de estos grupos se garantiza en la práctica especificando que el contenido de partículas finas no sea mayor de un 5% en peso.

- ✓ Grupos GP y SP.

Material prácticamente limpio de finos, mal graduado, dentro de esos grupos están comprendidas las gravas uniformes, tales como las que se depositan en los lechos de los ríos, las arenas uniformes, de meandros y playas y las mezclas de gravas y arenas finas, provenientes de estratos diferentes obtenidas durante un proceso de excavación.

- ✓ Grupos GM y SM.

Material con cantidad apreciable de finos no plásticos; el contenido de finos afecta las características de resistencia y esfuerzo - deformación y la capacidad de drenaje libre de la fracción gruesa. La plasticidad de los finos en estos grupos varía entre nula y media.

✓ Grupos GC y SC.

Material con cantidad apreciable de finos plásticos, como en el grupo anterior, el contenido de finos debe ser mayor que 12%, en peso, sin embargo, en estos casos, los finos son de media a alta plasticidad.

A los suelos gruesos con contenido de finos comprendido entre 5% y 12%, en peso, el sistema unificado los considera casos de frontera, adjudicándoles un símbolo doble.

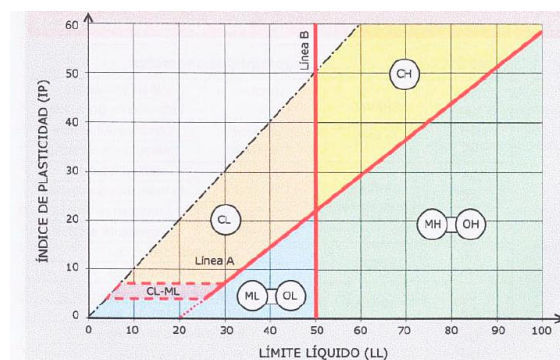
Suelo de Grano Fino

Se denomina suelo de grano fino si el 50% o más del material son más pequeños que el tamaño del tamiz N^o, 200 se dividen en arcillas, limos y suelos orgánicos.

Su clasificación depende en gran medida al límite líquido (LL), así como se mencionaba en la carta de casagrande, si el LL es mayor al 50% se tienen suelos con alta plasticidad, mientras que los menores al 50% tienen baja plasticidad.

En la figura 1 se muestra el diagrama conocido como la carta de casagrande de los suelos cohesivos, destacan dos grandes líneas que actúan a modo de límites: Línea A: $IP = 0.73$ y Línea B: $LL = 50$.

Figura 1. Diagrama carta de casagrande para suelos cohesivos



Fuente. Luis Bañón Blazquez, Manual de Carreteras, tomo 2, 2007.

En la tabla 3 se presenta las características de los suelos según el “Sistema Unificado de Clasificación de Suelos” (SUCS).

Tabla 3. Características de los suelos según SUCS

Divisiones principales		Símbolo	Componente mecánico	Capacidad de drenaje	Densidad óptima (PM)	CBR in situ	
SUELOS DE GRANO GRUESO	Gravas	GW	Excelente	Excelente	2.00 - 2.24	60 - 80	
		GP	Bueno a excelente	Excelente	1.76 - 2.08	25 - 60	
		GM	du	Bueno a excelente	Aceptable a mala	2.08 - 2.32	40 - 80
				Bueno	Mala a impermeable	1.92 - 2.24	20 - 40
	GC	Bueno	Mala a impermeable	1.92 - 2.24	20 - 40		
	Arenas	SW	Bueno	Excelente	1.76 - 2.08	20 - 40	
		SP	Aceptable a bueno	Excelente	1.60 - 1.92	10 - 25	
		SM	du	Aceptable a bueno	Aceptable a mala	1.92 - 2.16	20 - 40
				Aceptable	Mala a impermeable	1.68 - 2.08	10 - 20
		SC	Malo a aceptable	Mala a impermeable	1.68 - 2.08	10 - 20	
SUELOS DE GRANO FINO		Limos y arcillas (LL<50)	ML	Malo a aceptable	Aceptable a mala	1.60 - 2.00	5 - 15
	CL		Malo a aceptable	Casi impermeable	1.60 - 2.00	5 - 15	
	OL		Malo	Mala	1.44 - 1.70	4 - 8	
	Limos y arcillas (LL>50)	MH	Malo	Aceptable a mala	1.28 - 1.60	4 - 8	
		CH	Malo a aceptable	Casi impermeable	1.44 - 1.76	3 - 5	
		OM	Mala a aceptable	Casi impermeable	1.28 - 1.68	3 - 5	
SUELOS ORGÁNICOS		Pt	Inaceptable	Aceptable a mala	-	-	

Fuente. Luis Bañon Blazquez, Manual de Carreteras, tomo 2, 2007.

Sistema AASHTO

Braja M. Das (1999), determina que el sistema de clasificación de suelos “AASHTO” fue propuesto originalmente por el Highway Research Board’s Committee sobre clasificación de materiales para subrasantes y caminos de tipo granular (1945). De acuerdo con la actual forma de este sistema, los suelos pueden clasificarse según ocho grupos principales, A-1 al A-8, en base a su distribución granulométrica, límite líquido e índice de plasticidad.

Los suelos comprendidos en los grupos A-1, A-2 y A-3 son materiales de grano grueso y aquellos en los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7 son de grano fino, la turba, el lodo y otros suelos alta mente orgánicos quedan clasificados en el grupo A-8. Estos son identificados por inspección visual.

El índice de grupo es redondeado al número entero más cercano, se escribe al del grupo de suelo en paréntesis, en la tabla 4, se describe cada una de las clasificaciones de suelos según la “Asociación Americana de Oficiales de Carreteras y Transportes del Estado” (*American Association of State Highway and Transportation Officials*), denominada por sus siglas en ingles AASHTO.

Tabla 4. Clasificación de suelos AASHTO

División general		Materiales granulares (pasa menos del 35% por el tamiz ASTM #200)						Materiales limo-arcillosos (más del 35% el tamiz ASTM #200)				
Grupo		A-1		A-3	A-2			A-4	A-5	A-6	A-7	
Subgrupo		A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6				A-2-7	A-7-5
Análisis granulométrico (% que pasa por cada tamiz)												
Serie ASTM	#10	≤ 50										
	#40	≤ 30	≤ 50	≥ 51								
	#200	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36
Estado de consistencia (de la fracción suelo que pasa por el tamiz ASTM #40)												
Limite líquido			NP	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	> 41 (IP<LL-30)	> 41 (IP>LL-30)
Índice de plasticidad		≤ 6		≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≥ 11
Índice de grupo		0	0	0	≤ 4		≤ 8	≤ 12	≤ 20	≤ 20		
Tipología		Clasto, grava y arena	Arena fina	Gravas arenas Limosas o arcillosas			Suelos limosos		Suelos arcillosos			
Calidad		Excelente a buena					Aceptable a mala					

Fuente. Luis Bañon Blazquez, Manual de Carreteras, tomo 2, 2007.

Para la evaluación cualitativa de la conveniencia de un suelo, se desarrolló también un número denominado índice de grupo. Entre mayor es el valor del índice de grupo para un suelo, será menor el uso del suelo, un índice de grupo de 20 o más indica un material muy pobre para ser usado al respecto.

La fórmula para el índice de grupo IG es:

$$IG = (F_{200} - 35) [0.2 + 0.005(LL - 40)] + 0.01 (F_{200} - 15) (PI - 10)$$

Donde F = porcentaje que pasa la malla N° 200, expresado como un número entero

LL = límite líquido

PI = índice de plasticidad

Al calcular el índice de grupo para un suelo de los grupos A-2-6 o A-2-7, use ecuación de índice de grupo parcial relativa al índice de plasticidad:

$$IG = 0.01 (F_{200} - 15) (PI - 10)$$

4.6. Exploración del suelo in situ.

De acuerdo a Braja M. Das (1999), el proceso de identificar las capas o estratos de depósitos que subyacen bajo una estructura propuesta y sus características físicas se denomina exploración del subsuelo, su propósito es obtener información que ayude al ingeniero geotécnico en:

- ✓ Seleccionar el tipo y profundidad de la cimentación adecuada para una estructura dada,
- ✓ Evaluar la capacidad de carga de la cimentación,
- ✓ Estimar el asentamiento probable de una estructura,
- ✓ Detectar problemas potenciales de la cimentación (por ejemplo, suelo expansivo, suelo colapsable, relleno sanitario, entre otros),
- ✓ Determinar la localización del nivel freático,
- ✓ Predecir el empuje lateral de tierra en estructuras como muros de retención, tabla estacados y cortes arriostrados,
- ✓ Establecer métodos de construcción para condiciones cambiantes del subsuelo.

También puede ser necesaria cuando se contemplan adiciones y alteraciones a estructuras existentes.

La exploración del subsuelo comprende varias etapas, entre ellas la recolección de información preliminar, el reconocimiento e investigación del sitio.

Según Noriega R. José (2008) una prospección del terreno podrá llevarse a cabo mediante calicatas, sondeos mecánicos, pruebas continuas de penetración o métodos geofísicos. En el anexo C del CTE.DB-SE.C, se describen las principales técnicas de prospección, así como su aplicabilidad, que se llevarán a cabo de acuerdo con el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.

4.6.1. Calicatas

Noriega (2008), determina que son excavaciones de formas diversas (pozos, zanjas, rozas, etc.) que permiten una observación directa del terreno, toma de muestras y, eventualmente realización de ensayos en sitio. Este tipo de reconocimiento podrá emplearse con:

- ✓ Profundidad de reconocimiento < 4m,
- ✓ Terrenos excavables con pala manualmente,

- ✓ Ausencia de nivel freático,
- ✓ Terrenos preferentemente cohesivos,
- ✓ Terrenos granulares donde las perforaciones no serían representativas.

Con la finalidad de definir el perfil estratigráfico, se efectuarán cinco calicatas de 4.00 m de profundidad. Se tomarán muestras representativas de cada uno de los tipos de suelos encontrados, en cantidad suficiente como para realizar los ensayos de clasificación e identificación de suelos.

Paralelamente al avance de las excavaciones de las calicatas se realiza el registro de excavación vía clasificación manual visual según ASTM D2488, descubriéndose las principales características de los suelos encontrados tales como: Espesor, tipo de suelo, color, plasticidad, humedad, compacidad, que han sido utilizados este estudio.

4.6.2. Ensayo de penetración estándar (S.P.T.)

La prueba de penetración estándar SPT por sus siglas en inglés (*Standard Penetration Test*), permite determinar la resistencia al esfuerzo de corte del suelo mediante el número de golpes necesarios para hincar el penetrómetro estándar, y obtener muestras alteradas para identificar los suelos en estudio, con estas muestras se puede conocer las condiciones estratigráficas del sitio con las que se determina los índices y granulometrías así como también a través de correlaciones empíricas del número de golpes obtener la resistencia del suelo al corte.

Noriega (2008), establece que el ensayo de penetración estándar (SPT) se encuentra normalizado según UNE 103800-92 (ver imagen 2) como el número de golpes (N) necesario para que una masa de 63,5 ($\pm 0,5$) kg de masa golpee en la cabeza del varillaje desde una altura de 760 (± 10) mm y consiga que toma-muestras penetre 300 mm., después del descenso inicial por el propio peso del equipo y tras la denominada penetración de asiento de otros 150 mm.

Si los 30 cm de penetración no pueden lograrse con 100 golpes el ensayo de hincas se dará por terminado.

Figura 2. Ensayo de penetración estándar (SPT)



Fuente. Blog dedicado a la geología, ingeniería geológica y ciencias de la tierra

Equipo:

- ✓ Pesa 63.5 kg con una altura de caída de 76.2 cm,
- ✓ Barras y brazos de perforación,
- ✓ Toma muestra o tubo partido con las siguientes dimensiones:
 - Largo: 50 cm,
 - Diámetro exterior: 51 mm,
 - Diámetro interior: 38mm,
 - Peso total 70N (16 lb.),
- ✓ Trípode de carga,
- ✓ Flexómetro,
- ✓ Fundas de plástico,
- ✓ Tarjetas de identificación,
- ✓ Fundas de plástico,
- ✓ Tarjetas de identificación.

4.6.3. Exploración geofísica

Braja M. Das (1999), indica que varios tipos de procedimientos de exploración geofísica permiten una rápida evaluación de las características del subsuelo, estos permiten una rápida cobertura de grandes áreas y son menos caros que la exploración convencional por medio de barrenos, sin embargo, en muchos casos, una interpretación definitiva de los resultados es difícil, por esa razón esos procedimientos deben usarse sólo para trabajos preliminares.

Método Eléctrico

Trata sobre el comportamiento de rocas y sedimentos en relación a la corriente eléctrica, es decir, trata de la resistividad de las rocas al inducir una corriente eléctrica hacia el subsuelo.

La resistividad de la roca es de especial interés en exploraciones hidrogeológicas, ya que permite discriminar entre agua fresca y agua salada, entre roca, acuíferos y materiales arcillosos, entre acuíferos fracturados y arcillas.

Sondeo Eléctrico Vertical (SEV)

Consiste en medir las variaciones de la resistividad aparente según la vertical e un punto. Para eso se desplazan progresivamente los electrodos de alimentación de un dispositivo tetraelectródico AMNB simétrico con respecto del punto sondeado que coincide con el centro de MN.

Para la obtención de los valores de resistividad aparente ($\Omega \cdot m$), en el lugar de medición se colocan en el suelo cuatro electrodos de contacto (A, M, N y B) correspondiendo A y B al circuito de energización (o de corriente), M y N al de recepción (o de potencial).

Resistividad de las rocas

La conductividad eléctrica o propiedad de conducir la corriente eléctrica, varía grandemente de unas a otras. Los parámetros que representan esta propiedad son la conductividad o su inversa, la resistividad es la resistencia de un cilindro de longitud y sección unitarias.

Con: ρ = resistividad, ($\text{Ohm} \cdot m$)

R = resistencia, (O)

L = longitud, (m)

S = sección, ($m^2 \cdot AV1$)

ΔV = voltaje o caída de potencial, (V)

I = corriente (A)

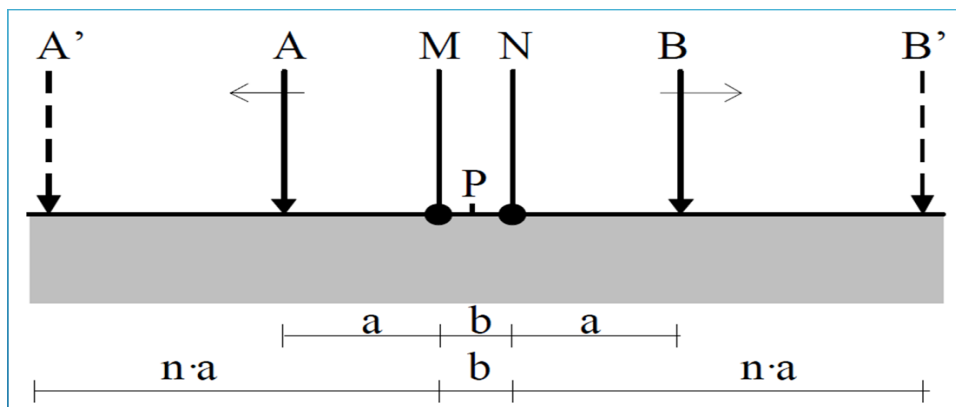
se tiene $\rho = R(s/L)$

De esta relación se deduce que la resistividad se expresa en Ohm*m

Dispositivo Tipo Schlumberger

El sondeo consiste en separar progresivamente los electrodos inyectoros A y B dejando los electrodos detectores M y N fijos en torno a un punto central fijo P, como se muestra en la imagen 3, la representación de este sondeo muestra en ordenadas y en abscisas la distancia $AB/2$ (m), en este sondeo el efecto de las heterogeneidades irrelevantes es menor pues sólo se mueven el par de electrodos inyectoros A y B.

Figura 3. Disposición del dispositivo tipo Schlumberger



Fuente. Método Schlumberger, Gasulla M., 1999

Este dispositivo presenta una moderada profundidad de investigación, moderada resolución vertical y la mayor conveniencia para la realización de los sondeos eléctricos verticales.

4.7. Sistemas de Información Geográfica (SIG)

J. Star and J. Estes (1990), define un SIG como un sistema de información diseñado para trabajar con datos referenciados mediante coordenadas espaciales o geográficas, en otras palabras, un SIG es tanto un sistema de base de datos con capacidades específicas para datos georreferenciados, como un conjunto de operaciones para trabajar con esos datos, en cierto modo, un SIG es un mapa de orden superior.

Víctor Olaya (2011), un mapa es una representación de un conjunto de datos espaciales y, aunque esta representación resulta de enorme importancia, en el entorno de un SIG no es sino un elemento más de una serie de componentes (tales como el software y el hardware). Más aun, un SIG contiene no solo los datos y la representación, sino también las operaciones que pueden hacerse sobre el mapa, que no son ajenas a este sino partes igualmente de todo el sistema conformado por el SIG.

4.7.1. ArcMAP

Según Víctor Olaya (2011), ArcMAP es el principal componente de aplicaciones ArcGIS de ESRI, y el que contiene las funcionalidades clásicas del SIG de escritorio, respondiendo a la definición de este; ArcMAP es una herramienta que permite la visualización y manejo de información geográfica, y que cuenta con una arquitectura extensible mediante la que pueden añadirse nuevas funcionalidades, existen numerosos paquetes adicionales proporcionados por ESRI, con los cuales las capacidades de ArcMAP pueden extenderse hasta cubrir la práctica totalidad de capacidades que un SIG plenamente productivo en cualquier ámbito debe presentar hoy en día. Algunos de los paquetes más destacados son los correspondientes a las funciones de análisis, tales como Spatial Analyst (análisis raster), 3D Analyst (análisis 3D y de relieve) o Geostatistical Analyst (geoestadística).

4.8. Mapa de caracterización geotécnica

Los mapas geotécnicos constituyen un método en la ingeniería geológica para presentar cartográficamente información geológico–geotécnica con fines de planificación y usos del territorio y para el proyecto, construcción y mantenimiento de obras de ingeniería; aportan datos sobre las características y propiedades del suelo y del subsuelo de una determinada zona para evaluar su comportamiento y proveer los problemas geológicos y geotécnicos. (Luis I. González de Vallejo, Mercedes Ferrer, Luis Ortuño, Carlos Oteo; 2002)

Los datos incluidos en los mapas geológicos (topografía, relieve, litología y estructura) permiten deducir información valiosa sobre las propiedades de los materiales, pero las descripciones geológicas no son suficientes para su aplicación en la ingeniería geotécnica.

En la realización de este tipo de mapas se debe trabajar en base a la escala y extensión, técnicas de representación, información disponible, datos, importancia de los factores geológicos, así como también los geotécnicos y sus relaciones.

El mapa se realizará para presentar cartográficamente información geológico – geotécnica con fines de uso del territorio para la construcción de edificaciones; así mismo, aportaran datos sobre las características y propiedades del suelo y del subsuelo de acuerdo al análisis de las características geológico – geotécnica del área de estudio.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Materiales y Equipo

<u>Materiales y Equipos de campo</u>	
<u>Equipo topográfico</u>	<u>Equipo para geofísica</u>
<ul style="list-style-type: none"> • Estación TOPCON OS105 • Trípode • 3 prismas, • 1 GPS Garmin de precisión 	<ul style="list-style-type: none"> • Resistivímetro, SYSCAL JUNIOR R1 PLUS • Electrodo de corriente • Carretes de corriente • Conectores
<u>Equipo geológico</u>	<u>Implementos de medición:</u>
<ul style="list-style-type: none"> • Martillo geológico • Brújula • Lupa 20X 	<ul style="list-style-type: none"> • Flexómetro, • Escalímetro, • Marcadores de colores
<u>Equipo de S.P.T.</u>	<u>Implementos de apuntes en campo:</u>
<ul style="list-style-type: none"> • Tubo partido con punta de acero • Barreno espiral, pesas • Brazo de perforación • Varillas para muestreo • Martillo y cabezote • Trípodes de carga • Fundas de muestreo 	<ul style="list-style-type: none"> • Libreta • Carta topográfica, esc. 1:50 000 • Mapa geológico preliminar, esc. 1:50 000 • Tablero • Cámara fotográfica • Fichas y registros
<u>Materiales y Equipos de oficina /laboratorio</u>	
<u>Equipos de oficina y Software</u>	<u>Equipo de Laboratorio</u>
<ul style="list-style-type: none"> • Computadora • Impresora • Flash memory • ArcGis 10.3 • Sedlog 3.0 • AutoCAD 2015 • Google Earth 	<ul style="list-style-type: none"> • Casagrande: Límites de Atterberg • Juego de Tamices

Fuente. El Autor (2018)

5.2. Metodología

El presente trabajo se elaboró mediante la sistemática de mapas de caracterización geotécnica, así mismo se apoyó en la estructura de la elaboración de estudios geológicos-geotécnicos con lo cual se pretende alcanzar los objetivos específicos planteados que conllevan a cumplir con el objetivo general.

5.2.1. Metodología para el primer objetivo específico

Realizar el levantamiento topográfico y geológico a detalle de la urbanización “Manuel Carrión Pinzano”, para posterior caracterización geológica-geotécnica.

Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico del área de estudio se lo realizó a escala 1:750, y con relación a la zona influencia indirecta de 3:1; el levantamiento se elaboró con estación TOPCON OS105, de la cual se obtuvo los datos, para continuamente procesar el relieve del sitio de trabajo, que sirvió como base en la realización de los consecutivos procesos.

Además de esto se realizó la planimetría, de la urbanización “Manuel Carrión Pinzano” en la cual se detalló el número total de manzanas y lotes existentes, vías y demás información relevante; toda la información fue levantada en coordenadas UTM con sistema elipsoide referencial WGS84.

Levantamiento geológico

En los recorridos preliminares del área se pudo identificar las posibles zonas en las se puede obtener información geológica.

Una vez realizado el mapa topográfico y, el recorrido preliminar, se procedió a realizar el levantamiento geológico y descripción de los distintos afloramientos localizados en la zona; y, de las calicatas realizadas para el efecto.

- ✓ Elementos Petrológicos: Tipo de roca que aflora, color: fresco y meteorizado, tamaño de grano, espesor (si se aplica), composición mineralógica aproximada, texturas metamórficas y residuales observables, grado de meteorización (según Little, 1969), y posibles contactos entre grupos litológicos.
- ✓ Elementos Geotécnicos: Características generales, profundidad, espesor, perfil, estructura y descripción

La meteorización actúa constantemente en todas partes, es de decisiva importancia, pues prepara la formación del suelo y deja las rocas a disposición de la erosión, En la tabla 5, presenta los diferentes grados de meteorización.

Tabla 5. Grado de meteorización

Nombre	Símbolo	Características principales
Suelo residual	VI	Los granos constitutivos se pueden separar con las manos.
Completamente meteorizada	V	Los granos constitutivos se pueden separar con la mano. Se afloja al ser sumergido en agua. Puede romperse en pequeños fragmentos con

		la mano.
Altamente meteorizada	IV	Cuando se raya con el martillo produce un sonido grave pero no deja fácilmente la huella. No se afloja al ser sumergido en agua. Usualmente no puede romperse con la mano pero se rompe fácilmente con el martillo.
Moderadamente meteorizada	III	Cuando se raya con el martillo produce un sonido ligero. No se rompe fácilmente con el martillo.
Ligeramente meteorizada	II	Cuando se raya con el martillo produce un sonido agudo. Conservan los colores del material parental, a través de las discontinuidades se presenta decoloración.
Material parental fresco	I	No se parte fácilmente con el martillo. Produce un sonido agudo cuando se raya. Conserva el color del material parental.

Fuente. Diagrama de un perfil típico de suelo residual tropical (Según Little, 1969).

La recolección de muestras representativas de las litologías descritas se las realizó mediante los puntos situados en los mapas topográfico y geológico, los cuales detallaron todos los litotipos hallados en campo; tanto para la descripción de las calicatas y/o afloramientos se utilizó los formatos de las tablas 6 y 7 respectivamente.

Tabla 6. Ficha para la caracterización geotécnica de calicatas

TEMA DE PROYECTO:						
Código				DIMENSIONES		
Equipo						
Fecha						
UBICACIÓN						
DIVISIÓN POLÍTICO ADMINISTRATIVA		LOCALIZACIÓN UTM				
Provincia		Datum		Dimensiones	Longitud (m)	
Cantón		X			Profundidad (m)	
Parroquia		Y		Cobertura vegetal		
Sector		Altitud			# de estratos	Nivel freático
LITOESTRATIGRAFÍA						
Formación Geológica	Leyenda					
DESCRIPCIÓN CALICATA #						
Prof. (m)	Espesor (m)	Perfil	Estructura	Descripción		
Fotografía						

Fuente. El Autor (2018)

Tabla 7. Ficha para la caracterización geológica de afloramientos

Tema proyecto:					Anexo fotográfico
División política administrativa	Provincia:	Cantón:	Parroquia:	Sector:	
Registro de observación:	Código:	Realizado por:	Fecha:		

Coordenada:	Datum:	X:	Y:	Z:	
Tipo de afloramiento:		Estado de afloramiento			
Humedad:		Textura:		Estructura:	
Contexto geomorfológico:					
Grado de meteorización:					
Dimensiones (L x H)					
Formación geológica:					
Formación Geológica:					

Fuente. El Autor (2018)

Ubicación ensayos SPT Y SEV

Con la utilización del mapa topográfico y geológico, se ubicaron estratégicamente los puntos en los cuales se realizó los ensayos de SPT y SEV, la ubicación previa se la efectuó con la utilización de GPS (garmin monterra) especificados en la figura 10 mapa de ubicación de SPT y figura 11 mapa de ubicación de SEV.

Los cinco ensayos de penetración estándar SPT, se ubicaron estratégicamente tomando en cuenta el relieve del terreno y a la disposición ya existente de las manzanas que conforman la lotización, el área de estudio está totalmente urbanizada conformada por cinco cuadras, estas secuencialmente perpendiculares, debido a esto se ejecutó un sondeo por manzana.

Los sondeos eléctricos verticales SEV, se colocaron lo más paralelamente a los ensayos de penetración estándar SPT y al buzamiento de los estratos; con el fin de correlacionar estos dos tipos de sondeo, se desarrolló cuatro líneas de SEV una consecutivamente de la otra, abarcando longitudinalmente el área de estudio, ya que su relieve es muy irregular.

De acuerdo a la obtención de la información ya existente en el IIE y geoportal del IGM, del área de estudio y del levantamiento de los afloramientos y calicatas se procederá a realizar los mapas: geomorfológico, hidrológico y pendientes.

5.2.2. Metodología para el segundo objetivo específico

Definir parámetros geotécnicos de los geomateriales, detallando las capacidades portantes de los suelos y la resistencia y estabilidad de los sustratos rocosos.

La determinación de los parámetros geotécnicos de los geomateriales del área de estudio, se los realizó a través de los ensayos de método directo SPT e indirectos SEV.

Los ensayos penetración estándar se los realizó con la asistencia del laboratorio de materiales “Suelos & Pavimentos”, de la ciudad de Loja. Se realizaron sondeos

geotécnicos, la profundidad dependió de las condiciones del terreno con la respectiva recuperación de muestras por cada 1.0 metro explorado (ver tabla 8), a estas muestras se les efectuó ensayos (ver tabla 9) de clasificación manual, visual del suelo de acuerdo a la norma ASTM D – 2488, que permitió obtener resultados preliminares del tipo de suelo encontrado, y el ensayo de penetración estándar SPT de acuerdo a la norma ASTM D – 1586, el cual nos sirvió para determinar las capacidades portantes de los suelos y la resistencia y/o estabilidad de los sustratos rocosos.

Tabla 8. Ubicación geográfica de SPT

Prueba SPT	Ubicación geográfica			Profundidad a partir del nivel natural del terreno
	X	Y	Z	
Perforación 1	698901	9559665	2096	3.50 m
Perforación 2	698839	9559608	2105	4.50 m
Perforación 3	698801	9559627	2083	4.00 m
Perforación 4	698691	9559579	2092	4.00 m
Perforación 5	698649	9559571	2071	4.00 m

Fuente. Autor (2018)

Tabla 9. Tabla de normas de los ensayos realizados in situ

Nº	ENSAYO	NORMA
1	Penetración Estándar SPT	ASTM D – 1586
2	Clasificación manual – visual de suelos	ASTM D – 2488

Fuente. Parámetros para determinación del suelo norma ASTM.

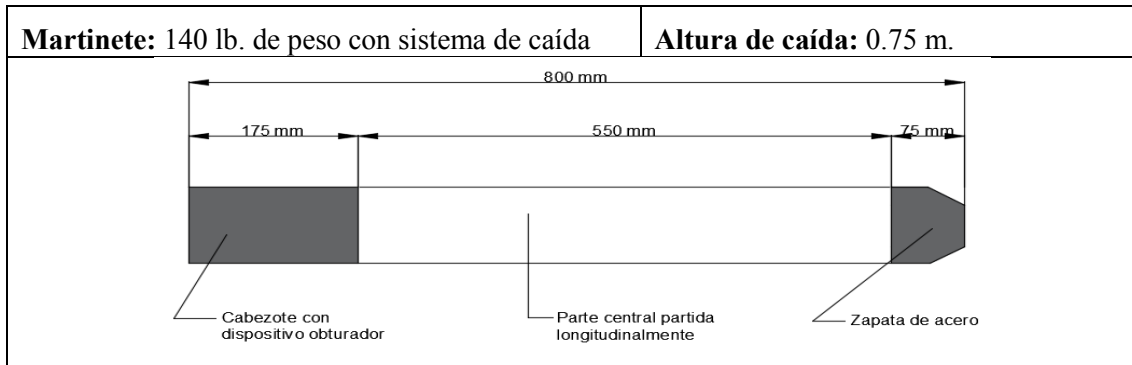
Determinación de la resistencia del suelo mediante el ensayo de penetración estándar norma ASTM D – 1586. Esta norma establece un método de ensayo para determinar indirectamente el grado de resistencia del suelo in situ.

El registro de la resistencia a la penetración permite determinar, en forma aproximada, el grado de compacidad o la consistencia del suelo in situ. La recuperación de la muestra de suelo, que se inserta en el muestreador proporciona el material necesario para su descripción en el campo y para verificar sus propiedades físico-mecánicas en el laboratorio.

Equipo de perforación. - Puede aceptarse cualquier equipo de perforación e hincado y accesorios que permitan una limpieza adecuada del pozo, de tal manera que no altere el suelo antes de la inserción del muestreador.

Los ensayos se realizaron con columnas de soporte con tubo tipo NW y equipo de muestreo de tubo partido tipo Split Spoon con martinete de hincado, de acuerdo a las normas ASTM (ver figura 4), se realizó la perforación y sondeo con avance en profundidad de metro en metro.

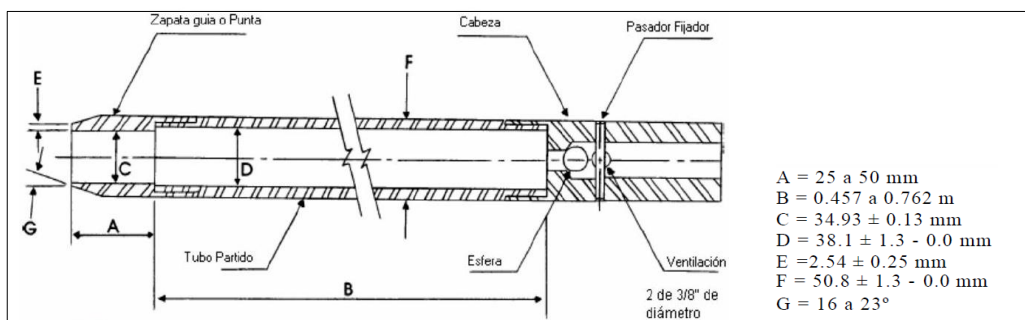
Figura 4. Características principales del equipo de SPT



Fuente. Laboratorio de materiales Suelo y Pavimentos S&P

Muestreador o tubo partido. - Tiene las dimensiones indicadas en la figura 5. La zapata guía o punta deberá ser de acero endurecido y reemplazarse o repararse cuando se torne dentada o se distorsione. Se permite el uso de una camisa interior delgada, para producir un diámetro interior constante de 35 mm (1 3/8"), pero si se usa, esto deberá anotarse en el registro de la perforación. Se permite el empleo de una canastilla retenedora de la muestra, lo cual deberá anotarse en el registro.

Figura 5. Muestreador o tubo partido



Fuente: Norma I.N.V. E – 111 – 07, ensayo SPT.

Cálculos.

Determinación del N corregido con la expresión de Bowles, (1988), de manera que:

$$N_{crr} = N * C_n * h_1 * h_2 * h_3 * h_4$$

En la cual:

N_{crr} = valor de N corregido

N = valor de N de campo

C_n = factor de corrección por confinamiento efectivo

$$C_n = 0.77 * \log\left(\frac{195}{q}\right)$$

$$q = \gamma * h$$

q = presión de trabajo

γ = densidad del suelo

h = profundidad

h1 = factor energía del martillo

- ✓ martillo de seguridad 0.9
- ✓ martillo de nuez 0.75

h2 = factor longitud de la varilla

- ✓ 10 m (30 ft) 1.00
- ✓ 6 a 10 m (20 a 30 ft) 0.95
- ✓ 4 a 6 m (13 a 20 ft) 0.85
- ✓ 3 a 4 m (10 a 14 ft) 0.75

h3 = factor revestimiento interno de tomamuestras

- ✓ Muestra estándar 1.00
- ✓ Muestreador sin forro 1.20

h4 = factor diámetro de la perforación

- ✓ 65 a 115 mm (2.5 a 4.5 pulg) 1.00
- ✓ 125 mm (6 pulg) 1.05
- ✓ 200 mm (8 pulg) 1.15

Una vez realizado los ensayos de SPT, finalmente se llevó a cabo la recolección de las muestras representativas de los suelos, para su análisis vía ensayos de laboratorio, toda esta información recolectada en campo y gabinete será modelada en diferentes mapas requeridos en la caracterización geotécnica.

Con las muestras obtenidas, se realizaron los siguientes análisis:

- ✓ Contenido de humedad natural ASTM D-2216,
- ✓ Análisis Granulométrico ASTM D-422,
- ✓ Límite líquido ASTM D-4318,

- ✓ Límite plástico ASTM D-4318,
- ✓ Índice de plasticidad ASTM D-4318,
- ✓ Clasificación SUCS y AASHTO,
- ✓ Ensayo de Compresión Simple ASTM D-2166.

Para la determinación de la estratigrafía del suelo se realizó muestreo alterado en el tubo partido para cada prueba de penetración estándar realizada, y determinando el tipo de suelo de acuerdo al sistema de clasificación SUCS y AASHTO, adicional a esto el anexo 12 brinda información fundamental para la elaboración registro de perforación de cada uno de los ensayos de SPT realizados en la urbanización “Manuel Carrión Pinzano”.

Para el cálculo del ángulo de fricción interna se utiliza la ecuación según Wolf (1989):

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

Otro parámetro que se puede determinar a partir del N obtenido, es el grado de compacidad en caso de suelos arenosos y la consistencia en caso de suelos arcillosos, esto mediante tablas (tabla 10) que relacionan los mencionados valores:

Tabla 10. Grado de compacidad y consistencia de los suelos

Compacidad (suelo granular)	Grado de compacidad	N (SPT)
Muy suelta	< 0.2	< 0.4
Suelta	0.2 - 0.4	4 – 10
Compacta	0.4 – 0.6	10 – 30
Densa	0.6 – 0.8	30 – 50
Muy densa	> 0.8	> 50
Consistencia (suelo cohesivo)	N (SPT)	
Muy blanda	< 2	
Blanda	2 – 4	
Mediana	4 – 8	
Compacta	8 – 15	
Muy compacta	15 – 30	
Dura	> 30	

Fuente. Parámetros para determinación del suelo norma ASTM D 1586.

La realización de los sondeos eléctricos verticales SEV, se dispuso de cuatro líneas de sondeo, los cuales están ubicados en puntos estratégicos del área de estudio y de forma paralela al buzamiento de los estratos con el fin conocer los tipos de materiales existentes en el subsuelo; los ensayos SPT están lo más aproximadamente perpendiculares a las

líneas de SEV, con la finalidad de correlacionar estos dos tipos de sondeos, los sondeos eléctricos son generados mediante el método de Schlumberger.

El desarrollo de los SEV's, se efectuó mediante una visita técnica preliminar, por medio de planos topográficos, geológicos e hidrológicos, se elige la zona donde se pudo ubicar la mejor posición de los sondeos, ver tabla 11, coordenadas de ubicación de los SEV.

Tabla 11. Coordenadas de ubicación de los SEV

COORDENADAS DE LOS SONDEOS		
X (m)	Y (m)	Z (m)
698901	9559637	2101
698798	9559634	2099
698716	9559618	2086
698647	9559585	2072

Fuente. Autor, 2018.

Se eligió el lugar de sondeo de acuerdo a las características topográficas del lugar ya que se debe de considerar una abertura de carretes por lado de 30 m, con el objeto de estudiar el perfil geoelectrico de la zona, a una profundidad aproximada a la tercera parte de la abertura máxima de los carretes AB.

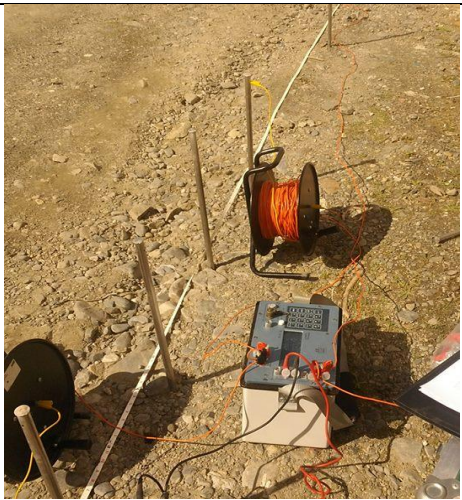
Para la elaboración de los sondeos se tomaron en cuenta ciertas características del lugar de estudio que son de importancia al momento de obtener los resultados:

- ✓ Propiedades físicas del subsuelo,
- ✓ Condiciones climáticas,
- ✓ Alteraciones del terreno (corte y relleno al momento de realizar la urbanización “Manuel Carrión Pinzano”).

Se clavó una barra de hierro que se utilizó como punto central de SEV y del arreglo, además se buscó un punto de orientación del arreglo para asegurar su linealidad, se midieron hacia ambos lados del arreglo las distancias en las que se ubicaron los electrodos de potencial M y N, comenzando del centro del SEV mediante la cinta métrica, los cables se conectaron al electrodo, se instaló el equipo SYSCAL R1 PLUS (ver tabla 12) y después de unas cuantas lecturas se procedió a llenar los datos generales que piden en el formato de la práctica.

Tabla 12. Equipo de sondeo medidor de resistividad SYSCAL

MEDIDOR DE RESISTIVIDAD SYSCAL R1 PLUS	
Transmisor	
Voltaje:	0 - 800 Vpp
Corriente:	0 - 1250 mA
Poder:	Convertidor interno de 100W DC / DC con control automático
Batería:	Batería interna o externa 12V
Receptor	
Duración del pulso:	250 ms, 500 ms, 1 s, 2 s, 4 s u 8 s
Canales:	2 canales, conmutador 24/48/72
Impedancia de entrada:	100 mhms
Voltaje de entrada:	15V, ganancia automática, protección de entrada 1000V



Fuente: Laboratorio de geofísica de la Universidad Nacional de Loja (2018)

Las mediciones se efectuaron de acuerdo a la tabla de datos preparada por el laboratorio de suelos “ESTUELCON” de la ciudad de Loja, la apertura de cada línea se realizó a 30 metros de $A+B/2$, dando un total de 17 mediciones por SEV, inmediatamente después de anotar los datos, se graficaban los datos de resistividad aparente contra la distancia $AB/2$ en la gráfica que se tenía anexa al formato esto para observar el comportamiento de los materiales.

Para el procesamiento de datos de resistividad aparente se utilizó el software IPI2win, el cual efectúa la interpretación automática o semi-automática de datos de sondeo eléctrico vertical obtenidos con varios de los arreglos utilizados con más frecuencia en la prospección eléctrica.

Mediante el programa SEDLOG versión 3.0 se graficó los perfiles geoelectricos de cada línea de sondeo eléctrico vertical, ejecutados en las inmediaciones de la urbanización “Manuel Carrión Pinzano”, para el análisis de los valores de resistividad obtenidos en cada uno de los sondeos se la realizó de acuerdo a la tabla 13 y 14.

Tabla 13. Resistividad de diferentes suelos

TIPO DE SUELO	RESISTIVIDAD ($\Omega \cdot m$)		
	Promedio	Min.	Max.

Rellenos de cenizas, partículas de madera quemadas, desperdicios de agua salada	23.70	5.90	70.00
Arcillas, rocas de arcilla endurecida, plantas gomosas, suelos ricos compuestos especialmente de arcilla arena materia orgánica	40.60	3.40	163.00
Los mismos pero con proporciones variables de arena y grava	158.00	10.20	1350.00
Grava, arena, con un poco de arcilla o suelos ricos compuestos especialmente arcilla arena y materia orgánica	940.00	590.00	4580.00

Fuente. Reporte 108 de la oficina de estándares técnicos de Estados Unidos de América (USA)

Tabla 14. Resistividad de diferentes suelos

SUELO	Resistividad ($\Omega \cdot m$)	
	rango	
Suelos superficie, suelos ricos compuestos especialmente de arcilla, arena y materia orgánica	1.00	50.00
Arcilla	2.00	100.00
Arena y grava	50.00	1000.00
Caliza superficial	100.00	10000.00
Caliza	5.00	4000.00
Roca de arcilla endurecida	5.00	100.00
Areniscas	20.00	2000.00
Granito, basalto	1000.00	0.00
Partículas de rocas formadas de capas de cuarzo, mica	50.00	500.00
Rocas duras dispuestas en capas delgadas	10.00	100.00

Fuente. Pruebas de resistencia de la tierra AVO, 2001

Para la valoración del sector de estudio se calculo los factores de capacidad de carga (son adimensionales y se encuentran en función del ángulo de fricción del suelo ϕ).

Se calculan utilizando las ecuaciones para los factores de capacidad de carga (para N_c , N_q , N_γ) sustituyendo ϕ por $\phi' = \tan^{-1}(2/3 \times \tan\phi)$.

$$N_c = \cot \phi \left[\frac{e^{2((3\pi/4) - \phi(\pi/180)(1/2))\tan\phi}}{2\cos^2(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2})} - 1 \right] = \cot \phi (N_q - 1)$$

$$N_q = \frac{e^{2((3\pi/4) - \phi(\pi/180)(1/2))\tan\phi}}{2\cos^2(45 + \frac{\phi}{2})}$$

$$N_\gamma = \frac{1}{2} \left(\frac{K_{p\gamma}}{\cos^2\phi} - 1 \right) \tan\phi$$

donde $K_{p\gamma}$ = coeficiente de empuje pasivo

La capacidad de carga última se determinó utilizando la teoría del Dr. Terzaghi y realizando la aplicación matemática de su modelo de falla, se obtiene un valor límite de la carga que puede transmitir el cimiento mediante la siguiente expresión:

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

Donde c es el valor de la cohesión del suelo sobre el que se apoya el cimiento; B es el ancho del cimiento; γD_f es el valor de la sobrecarga que se encuentra actuante al nivel del desplante y que depende de la profundidad de desplante D_f así como del peso volumétrico del material γ ; N'_c , N'_q y N'_γ , son factores de carga y dependen solo del ángulo de fricción interna (ϕ) del suelo y son coeficientes adimensionales que caracterizan la capacidad de carga de un suelo dado.

Con estos valores se realizó el cálculo de capacidades mediante la teoría del Dr. Terzaghi

La selección de los factores de seguridad se justificó teniendo en cuenta la norma ecuatoriana de la construcción NEC-SE-CM la cual indica tener en cuenta lo siguiente:

- ✓ La magnitud de la obra,
- ✓ Las consecuencias de una posible falla en la edificación o sus cimentaciones,
- ✓ La calidad de la información disponible en materia de suelos.

5.2.3. Metodología para el tercer objetivo específico

Delimitar las zonas para la construcción de obra civil y áreas de exclusión/recreo en la Urbanización “Manuel Carrión Pinzano” de la parroquia Sucre, cantón Loja.

Una vez obtenidos todos los datos necesarios se realizará el mapa de acuerdo al análisis de las características geológicas – geotécnicas del área de estudio mediante la correlación entre las unidades litológicas, ensayos de campo y resultados de laboratorio, producto de esto se definirá las características comunes tanto en lo geológico como en lo geotécnico; para finalmente zonificar áreas con fines de uso para la construcción de edificaciones.

El mapa se realizó de acuerdo al análisis de las características geológico – geotécnica del área de estudio mediante la correlación entre las unidades litológicas, ensayos de campo y los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio, producto de esto se definieron zonas con características comunes tanto en lo geológico como en lo geotécnico.

Para correlacionar los datos se utilizó el método de interpolación tipo IDW, la cual es una herramienta de geoprocésamiento que interpola una superficie desde puntos utilizando una técnica de ponderación de distancia inversa (IDW), existen tres tipos de interpolación, la determinística, estadística y creación de superficies; el método IDW es un tipo de interpolación determinística. Una vez interpolados los datos de capacidad de carga admisible se realizó la suma ponderada entre el mapa de capacidad admisible y pendiente.

6. RESULTADOS

6.1. Descripción general del área de estudio

6.1.1. Acceso

El área de estudio se ubica en la parroquia Sucre, cantón y provincia de Loja, aproximadamente a 677 km al sur de la capital de la república del Ecuador (Quito), el acceso se lo puede hacer mediante vía aérea y terrestre.

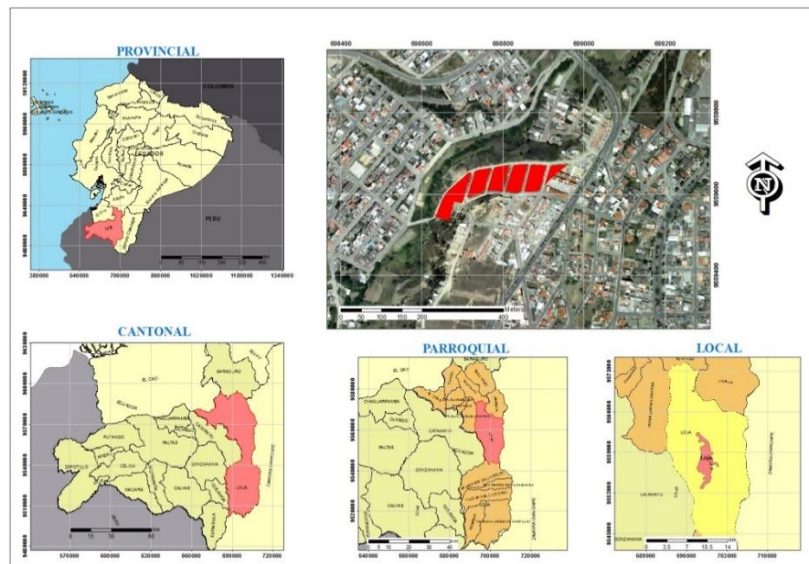
Mediante vía aérea es desde la ciudad de Quito, el acceso se lo puede realizar con los dos turnos disponibles a las 06:40 y a las 15:30, con un aproximado de vuelo de una hora.

Por vía terrestre se puede acceder con los turnos destinados por las agencias de transporte, el recorrido aproximado es de 11 horas.

6.1.2. Ubicación administrativa

Ubicada en la ciudad, cantón y provincia de Loja en la frontera sur del Ecuador, administrativamente se ubica en la parroquia urbana Sucre entre las coordenadas Este (698961– 698575) y Norte (9559675– 9559523); para acceder a la urbanización de estudio se lo puede efectuar por la avenida “Manuel Carrión Pinzano”, a 700 m. aproximadamente desde el terminal terrestre de la localidad. Véase figura 6. Ubicación de la urbanización “Manuel Carrión Pinzano”.

Figura 6. Ubicación de la urbanización “Manuel Carrión Pinzano”.



Fuente. Autor (2018).

6.1.3. Localización geográfica

El área de estudio está limitada al Norte por la ciudadela el Bosque, al Sur por la ciudadela San Francisco, al Este por el barrio San Vicente y al Oeste por la ciudadela Clodoveo Jaramillo Alvarado.

Los puntos extremos en coordenadas UTM WGS84 del límite de la zona de estudio se muestran en la tabla 15:

Tabla 15. Coordenadas de ubicación de la urbanización “Manuel Carrión Pinzano”

X	Y
698759.02	9559687.27
698942.24	9559689.92
698957.45	9559674.74
698906.52	9559624.43
698899.25	9559606.57
698804.66	9559596.65
698756.37	9559595.99
698664.43	9559543.73
698618.13	9559535.79
698643.92	9559601.28
698692.21	9559652.88

Fuente. Autor (2018).

6.1.4. Topografía

Fotografía 1. Levantamiento topográfico del área de estudio



Fuente. El Autor (2018)

Para el levantamiento topográfico de la zona de estudio, se utilizó la estación Total TOPCON OS105, con un DATUM WGS84, Zona 17 Sur, el levantamiento se efectuó con una relación al área de estudio de 3:1, en la cual se pudo obtener información de todas las manzanas y lotes que conforman el área de influencia directa y parte de área que influye de forma indirecta. En la tabla 16, se registra todos los datos relevantes de la topografía del área de estudio.

El relieve del sector de estudio comprende cotas de elevación que van desde los 2054 m. snm que corresponde a la parte más baja (Norte), aumentando progresivamente a los 2125 m. snm en la parte más alta del área de estudio (Sur).

El levantamiento topográfico general es de 25.80 hectáreas de las cuales, 4.18 hectáreas comprenden a la urbanización “Manuel Carrión Pinzano”, y se encuentra distribuido de la siguiente manera, 1.35 hectáreas que corresponden a los predios dando un total de seis manzanas (la manzana A con área de 828.60 m², manzana B de 2381.10 m², manzana C de 2379.05 m², manzana D de 2075.28 m², manzana E de 2179.90 m² y la manzana F con área de 3686.14 m²), 1.88 hectáreas correspondiente a áreas verdes y 0.95 hectáreas de infraestructura vial; la urbanización cuenta con un perímetro de 1.01 km.

Tabla 16. Datos técnicos de topografía

RESULTADOS TOPOGRAFÍA URBANIZACIÓN “MCP”		
	Área (Ha)	Porcentaje (%)
Manzanas	1.35	32.30
Área verde	1.97	47.13
Infraestructura vial	0.86	20.57
TOTAL	4.18	100.00
RESULTADOS TOPOGRAFÍA ÁREA DE LEVANTAMIENTO TOTAL		
Urbanización “MCP”	4.18	16.20
Infraestructura	10.22	39.61
Área verde	7.55	29.26
Infraestructura vial	3.85	14.92
TOTAL	25.80	100.00

Fuente. Autor (2018).

El mapa topográfico del área total se realizó a escala 1:1500, ver anexo 1, así mismo se realizó el mapa topográfico y planímetro de la urbanización “Manuel Carrión Pinzano” a escala 1:750, ver anexo 2 y 3.

6.1.5. Geología Regional

La ciudad de Loja se sitúa en la hoja geológica de Loja y Gonzanama, las cuales se localiza en la región andina del sur del Ecuador, incluye parte de las provincias de Zamora, Loja y El Oro, geológicamente están involucrados los dominios litotectónicos de las rocas metamórficas de la cordillera real (CR) y del bloque Amotape Tahuín (BAT), las rocas oceánicas de la cuenca Alamor Lancones (CAL), los conjuntos volcánicos de arco continental terciario, las cuencas sedimentarias intramontañosas y terrenos montañosos de la serie Zamora.

De acuerdo al PDOT (2014), Instituto Espacial Ecuatorial y MAGAP (2013), la ciudad de Loja está conformada por las siguientes formaciones geológicas que se presentan en orden cronológico:

Unidad Chigüinda (Paleozoico, PzLc)

El grado de metamorfismo varía desde filitas hasta granito metasomático. Conformada por rocas metamórficas que varían notablemente su estado de metamorfismo. Las rocas que constituyen esta unidad geológica (pizarras, filitas, esquistos grafitosos y cuarcitas), se localizan al Este de la cuenca de la ciudad de Loja, en los alrededores del Parque Nacional Podocarpus, y se correlacionan con el grupo Salas en el Perú que aflora al sureste de la cuenca, constituyendo el basamento rocoso de estos sectores.

Formación Trigal (Mioceno, MTr)

Kennerley (1973), Descrita originalmente en la parte occidental de la cuenca sedimentaria de Loja y aflora principalmente en los cortes de la vía de acceso a Loja desde Catamayo y en el sector de Carigán. Litológicamente está compuesta por una secuencia de areniscas y limolitas tobáceas café-verdosas y conglomerados.

Formación La Banda (Mioceno, MLbd)

Aflora en los cortes realizados en la quebrada la Banda-Bolonia y la Independencia-Virgenpamba, en las partes oriental y occidental de la cuenca. Este miembro consiste de calizas masivas, estromatolíticas, laminadas y dolomitas con lutitas que incluyen capas estratiformes de chert, además de areniscas calcáreas y diatomitas. Corrochano (2014) reporta la presencia de gasterópodos, ostrácodos, bivalvos y foraminíferos. Para este miembro la edad es de $11,1 \pm 1,2$ Ma. (Hungerbühler, 1997).

Formación San Cayetano (Mioceno, MSc)

Kennerley (1973), Descrita originalmente sólo en la parte oriental de la cuenca de Loja, sin embargo, aflora en los cortes entre La Independencia-Virgenpamba y La Banda-Jipiro-La Rivera. Está constituida por intercalaciones de areniscas, limolitas y lutitas con abundantes restos vegetales y de fauna fósil. Adicionalmente se observan capas de carbón lignito (UT M: 699 981E; 9 561 127N), diatomitas intercaladas con lutitas silíceas grises y calizas con niveles de chert, que han sido discriminadas en el Miembro La Banda. La Formación San Cayetano tiene una edad de $13,8 \pm 1,2$ a $10,0 \pm 1,4$ Ma. (Hungerbühler, 1997).

Formación Belén (Mioceno, MBe)

Hungerbühler (1997). Definida en la parte occidental de la cuenca de Loja, aflora en los alrededores del barrio Belén y en el corte de la vía San Juan-Salapa Alto. Litológicamente está constituida por lutitas marrones y limolitas con laminación paralela que ocasionalmente presentan restos vegetales. Existen areniscas con nódulos de yeso y concreciones carbonatadas, además de conglomerados. La edad asumida por Hungerbühler (1997) es del Mioceno Tardío.

Se encuentra al oeste del área de estudio esta formación no involucra los predios de la urbanización “Manuel Carrión Pinzano” pero si dentro del área de topografía total.

Formación Quillollaco (Mio-plioceno, MPLQ)

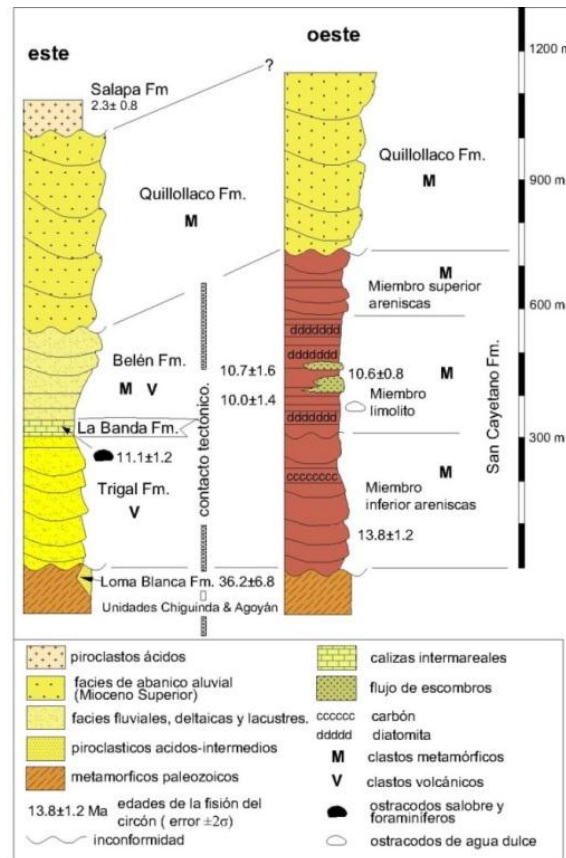
El área de estudio se encuentra dentro de esta formación, Kennerley (1973), determina que tiene amplia exposición en toda la cuenca sedimentaria de Loja, aflora en los alrededores del barrio Virgenpamba y a lo largo de las vías a la salida de Loja hacia Zamora y Turunuma-Cristo Rey. Litológicamente está constituida por conglomerados gruesos clasto-soportados en matriz arenosa intercalados con lentes métricos de areniscas. (Kennerley y Almeida, 1975) asumen una edad mio-pliocénica para la formación.

Formación Salapa (Plioceno, PLSI)

Kennerley (1973). Incluye las rocas volcánicas con limitada exposición en el sector de Salapa Alto. Consiste de lavas andesíticas marrones y capas de aglomerados andesíticas con matriz clastosoportada, además de tobas púrpuras fuertemente diaclasadas y meteorizadas. (Hungerbühler, 1997) reportó una edad de $2,4 \pm 0,8$ Ma.

Según información de D. Hungerbühler (2002), la cuenca de Loja se encuentra dividida en dos secciones estratigráficas (figura 7), sección Occidental y sección Oriental, ambas con diferentes nombres de formaciones geológicas que no se han podido correlacionar en sus partes inferiores a diferencia de la formación Quillollaco que aflora en las dos secciones.

Figura 7. Columna estratigráfica de la Cuenca sedimentaria de Loja.



Fuente. Secciones estratigráficas compuestas de las formaciones del Mioceno medio a tardío en el área de Loja. De Hungerbühler (1997).

6.1.6. Geología Local

Para detallar el subsuelo del sector de estudio, se tomó como referencia el levantamiento topográfico del área afín realizado a escala 1:1500, el levantamiento geológico se lo realizó mediante las actividades de descripción de afloramientos y la ubicación de los puntos de muestreos mediante GPS, y correlacionados entre sí en el mapa geológico, (ver Anexo 5) Mapa geológico de la urbanización “Manuel Carrión Pinzano”.

El sector de estudio está constituido geológicamente por la “Formación Quillollaco en la cuenca sedimentaria de Loja” (Hungerbühler, 1997), esta se encuentra conformada por

rocas sedimentarias predominando los conglomerados en una matriz areno-limosa, (ver Anexo 4) Caracterización geológica de afloramientos.

A continuación, se detalla la litología presente en el sector de estudio tomado de la descripción de afloramientos y puntos de muestreo.

El área de estudio está constituido gran parte por Conglomerado (fotografía 2), se encuentra desde los 4.50 hasta los 9 metros de potencia entre el techo y el muro de estratificación, son de color gris amarillento, la matriz es areno-limosa, con clastos de rocas metamórficas meteorizadas con diámetros desde 2 a 20 centímetros, el estudio mineralógico de las muestras manifiestan acumulación de óxidos de hierro (Fe) y Manganeso (Mn), presentan un grado medio de meteorización, estos paquetes de conglomerado se intercalan con capas de pequeño espesor de areniscas y micro conglomerados.

Fotografía 2. Conglomerados intercalados con areniscas y micro conglomerado



Fuente. Autor (2018)

Así mismo; el sector de estudio se encuentra conformado por arcillolita (fotografía 3) con potencias que van desde los 0.50 hasta los 1.50 metros entre el techo, y muro de estratificación son de color gris, el estudio mineralógico manifiesta alto contenido de sílice y de alta plasticidad, presentan un grado de medio de meteorización y fracturación.

Fotografía 3. Arcillolita



Fuente. Autor (2018)

6.1.7. Geología Estructural.

La cuenca de Loja se encuentra formada por dos secciones estratigráficas, el flanco oriental y occidental las dos con diferentes formaciones geológicas, pero con una característica mutua de que en ambas se encuentra yaciendo la formación Quillollaco, por otro lado presenta una gran tectónica interna, en la cual la parte occidental (ver fotografía 4) exhibe estructuras monoclinales y aureolas concéntricas inclinadas hacia el este; y la oriental (ver fotografía 5) donde las capas sufrieron fuertes pliegues con pequeño radio de curvatura, que atestiguan la existencia de una fase de compresión y que modelaron así estructuras anticlinales y sinclinales.

Fotografía 4. Flanco occidental de la cuenca de Loja



Fuente. Autor (2018)

Fotografía 5. Flanco oriental de la cuenca de Loja



Fuente. Autor (2018)

El área de estudio se encuentra en el flanco occidental (ver fotografía 6) con características descritas anteriormente, existen varios sitios en los que se nota claramente la estratificación de las capas, al sur del área se observa unos de los mayores afloramientos que presentan intercalaciones de arcillolita y conglomerados, los cuales están estratificados mediante una dirección de $N 24^{\circ} E$ y ángulo de buzamiento de $22^{\circ} SE$; además de esto se deberá tener en cuenta la proximidad de la falla inferida por la parte oeste que no pasa por el lugar de estudio pero que es de interés tener en cuenta la existencia de este tipo de estructura. Ver anexo 6 perfil geológico del área de estudio.

Fotografía 6. Geología estructural de la UMCP



Fuente. Autor (2018)

6.1.8. Geomorfología

Según el IEE la ciudad de Loja, está rodeada por los fondos de cuencas y valles deprimidos, situada a 2050 m, presenta una forma de almendra alargada sobre 20 Km aproximadamente en sentido Norte – Sur a NNW-SSE, por 9 Km (máximo) de Este a Oeste en la latitud de Loja. Sus altitudes indican variaciones poco marcadas, con un descenso homogéneo del Sur (2400 m) hacia el Norte (2000 m) paralelamente al río Zamora. Los relieves de la cuenca muestran altitudes decrecientes regularmente de los bordes (2550 a 2200 m al Oeste y 2400 a 2200 m al Este).

El área de estudio de acuerdo a la geología regional se encuentra sobre la Formación Quillollaco, la cual tiene las siguientes características de unidades geomorfológicas. Ver tabla 17, Unidades geomorfológicas de la Formación Quillollaco,

Una vez realizado el recorrido en campo e identificado las diferentes geoformas y correlacionadas con la información digital facilitada por el IEE, se obtuvo los siguientes resultados del lugar de estudio, (ver anexo 7), Mapa Geomorfológico del área de estudio.

Tabla 17. Unidades geomorfológicas de la Formación Quillollaco

Denominación geológica	Unidad genética	Unidad geomorfológica
Formación Quillollaco	Tectónico Erosivo	Macizo Rcoso
		Relieve Montañoso
		Relieve Colinado Muy Alto
		Relieve Colinado Alto
		Relieve Colinado Medio
		Relieve Colinado Bajo
		Relieve Colinado Muy Bajo
		Relieve Ondulado
		Relieves Escalonados
		Superficie Ondulada
		Vertiente Abrupta
	Estructural	Frente de Cuesta
		Superficie de Cuesta
Erosivo	Barranco	

Fuente. Memoria técnica cantón Loja: “Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional. Escala 1: 25000” geomorfología noviembre 2013

Superficie de Cuesta

En la ciudad de Loja se encuentra en la parte céntrica, en dirección Norte-Sur, extendiéndose a lo largo de la ciudad (ver figura 8), morfológicamente presenta vertientes irregulares, gran parte de esta ha sido modificada de forma antrópica, debido a la apertura de vías y edificación de viviendas, a lo largo de la geoforma tenemos afloramientos de litologías sedimentarias como: conglomerados, areniscas e intercaladas con arcillolita las cuales forman relieves medianamente y moderados, con pendientes suaves menores a 45° y abruptos mayores a 45° de inclinación, las pendientes suaves yacen en el sentido de la depositación de los sedimentos de la cuenca, mientras que las pendientes abruptas se encuentra al sentido contrario de la depositación de los sedimentos.

El área de estudio forma parte de este tipo de geoforma, la cual se encuentra al inicio en dirección N-S (ver fotografía 7), presenta pendientes menores y mayores a 45° . El tipo de roca que conforma esta geoforma corresponde a la Formación Quillollaco, que se encuentra constituida litológicamente por conglomerados y arcillollitas.

Figura 8. Superficie de Cuesta



Fuente. Google Earth (2018)

Fotografía 7. Superficie de Cuesta



Fuente. Autor (2018)

Frente de Cuesta

El lugar de estudio presenta este tipo de geofoma (ver fotografía 8), y se encuentra en dirección NNO de la superficie de cuesta, con pendientes mayores que la superficie; al igual que la superficie de cuesta se encuentra en un lugar específico junto a la misma, se caracteriza por tener pendientes fuertes (40 – 70 %), y un desnivel relativo que va de los 25 a los 50 m; al igual que la unidad precedente, el tipo de roca que conforma esta geofoma corresponde a la Formación Quillollaco.

Fotografía 8. Superficie de Cuesta



Fuente. Autor (2018)

6.1.9. Clima e Hidrología

Clima

El cantón Loja tiene diferentes tipos de clima, que son: clima ecuatorial mesotérmico seco, ecuatorial mesotérmico subhúmedo y ecuatorial de alta montaña, esto debido a la ubicación geográfica y principalmente por la influencia de la cordillera de los Andes.

El clima que presenta de la ciudad Loja según el INAMHI es temperado ecuatorial subhúmedo, la temperatura fluctúa entre los 14 y 21 ° C, la humedad media del aire en la ciudad es de 75%, fluctuando entre 69 y 83%, preexistiendo mayor humedad de diciembre a junio, y menor humedad de julio a noviembre, respecto a rangos de precipitación se evidencia que esta varía anualmente desde los 700 a 1700 milímetros.

Hidrología

Hidrológicamente la ciudad de Loja está conformada desde el nudo de Cajanuma a través de dos ríos pequeños: el Malacatos y el Zamora Huayco, estos ríos se unen al norte de la ciudad de Loja dando origen al río Zamora y engrosan su caudal recibiendo varios afluentes o quebradas el afluente más importante del río Zamora, aguas abajo de la unión con el Malacatos es el río Jipiro que se une al caudal principal desde la margen derecha. (GEO LOJA, 2007)

El área de estudio tiene la presencia de la quebrada Borja (tabla 18), ubicada al Noroeste del área hasta desembocar al río Zamora las áreas con proceso a edificar en relación a los flujos de acumulación se encuentran fuera de las áreas de influencia de crecida de la red hídrica, por lo que no es factor de amenaza a inundaciones y/o movimientos de masa, (ver anexo 8) Mapa hidrológico del área de estudio.

Tabla 18. Longitud de flujos de acumulación de agua

#	Flujo de acumulación	Ubicación con respecto al área de estudio	Longitud (metros)
1	Q. Borja	Oeste – Noreste	689.58

Fuente. Autor (2018)

6.1.10. Pendientes

Para realizar el mapa de pendientes de la urbanización “Manuel Carrión Pinzano”, se utilizó el levantamiento topográfico y con la ayuda del programa Arcgis 10.3, se procesó el mapa de pendientes, tomando en cuenta la clasificación de Martínez y Mercado (1992) (ver tabla 19) la misma que también sirvió para el diagnóstico de los rangos de pendientes.

Tabla 19. Rango de pendientes

CATEGORIA	RANGO %
Terrenos planos a casi inclinados	0 - 15
Terrenos inclinados	15 - 30
Terrenos moderadamente escarpados	30 - 50
Terrenos escarpados	50 - 75
Terrenos muy escarpados	>75

Fuente. Martínez y Mercado (1992)

Tabla 20. Pendiente del área de estudio

	RANGO %	CATEGORIA	AREA (ha)	%
	0 - 15	Terrenos planos a casi planos	0.70	16.74
	15 - 30	Terrenos inclinados	1.62	38.83
	30 - 50	Terrenos moderadamente escarpados	0.73	17.54
	50 - 75	Terrenos escarpados	0.86	20.64
	>75	Terrenos muy escarpados	0.26	6.25

Fuente. Autor (2018)

De acuerdo a la tabla de pendientes del área de estudio, la pendiente predominante en el análisis de la superficie en general es terrenos inclinados, zonas sobre las cuales se encuentran la mayoría de predios, con rango de 15 – 30 %, con un área de 10.74 hectáreas, dando un 41.66 %.

En cuanto a las superficies de terrenos escarpados se encuentran hacia la parte norte de la urbanización, con rangos que fluctúan entre los 50 – 75 %, ocupando un área de 0.86 hectáreas, que equivale al 20.64 %; así mismo los terrenos de superficies muy escarpados se encuentran hacia el sur de la urbanización, ocupando un área de 0.26 hectáreas que equivale al 6.25 %. (Ver anexo 9)

6.2. Caracterización Geotécnica

La caracterización geotécnica del área de estudio, se la realizó tomando en cuenta la norma ecuatoriana de la construcción (NEC-SE-CM, 2014), que comprenden el reconocimiento de campo, la investigación del subsuelo, los análisis y recomendaciones de ingeniería necesarios para el diseño y construcción de las obras en contacto con el suelo, de tal forma que se garantice un comportamiento adecuado de las estructuras (superestructura y subestructura) para edificaciones, puentes, torres, silos y demás obras,

que preserve la vida humana, así como también evite la afectación o daño a construcciones vecinas.

Para realizar la exploración de campo del estudio geotécnico definitivo. Se trata principalmente del número de sondeos.

6.2.1. Exploración directa

La exploración directa del subsuelo se realiza mediante las siguientes técnicas:

- ✓ Calicatas o trincheras,
- ✓ Veletas,
- ✓ Cono estático CPT, o dinámico DCP,
- ✓ Dilatómetro,
- ✓ Ensayo de Penetración Estándar, SPT.

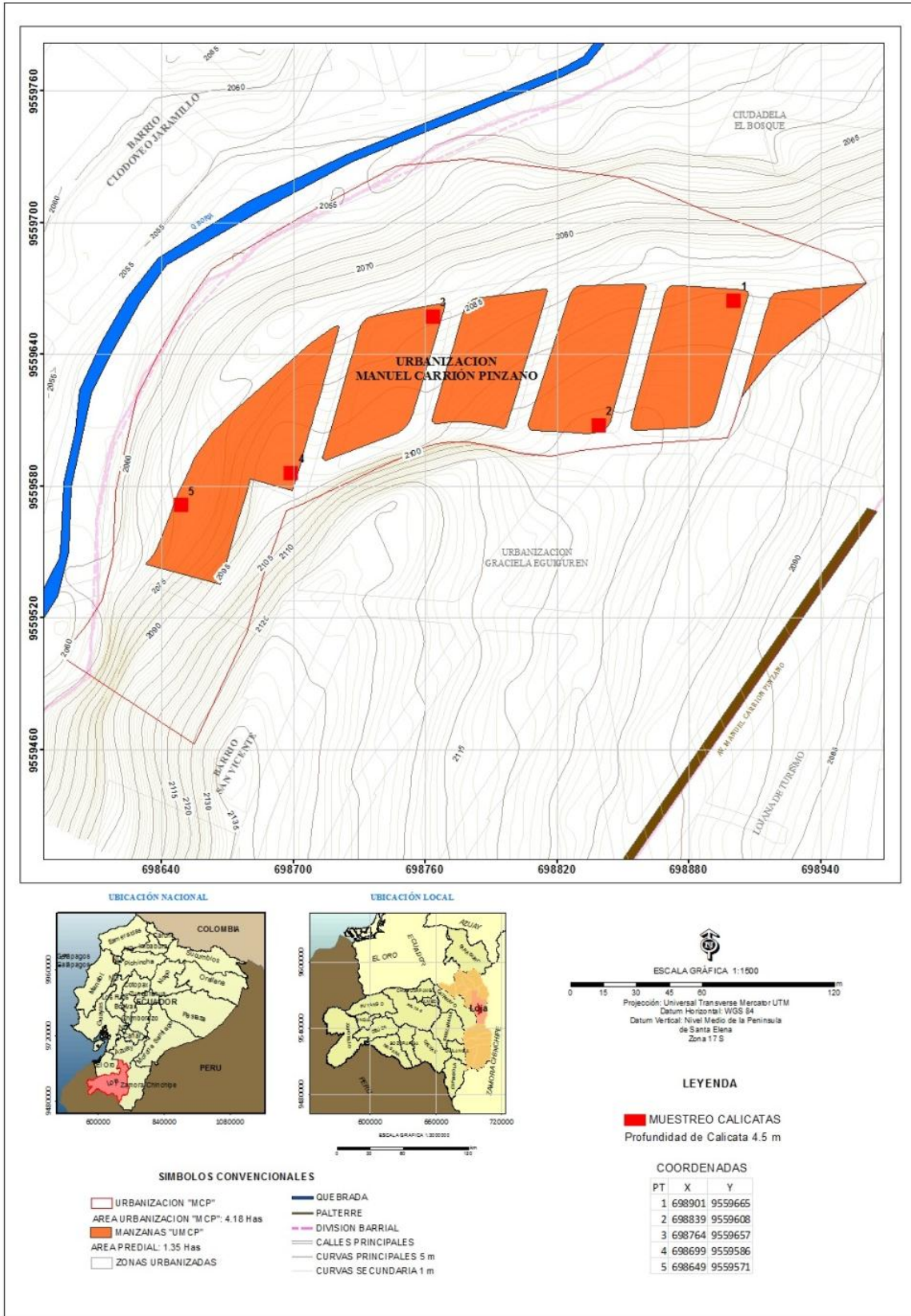
A continuación, se detallan los ensayos directos utilizados para determinar las características geotécnicas del sub-suelo del área de estudio.

Calicatas

Para apoyar la descripción geológica de afloramientos del área de estudio, se realizó la exploración mediante calicatas las cuales se ubicaron en relación sistemática a los ensayos de SPT, (ver figura 9, Ubicaciones de calicatas).

Se realizaron un total de cinco calicatas las cuales fueron ubicadas con dispositivo GPS marca Garmin Monterra, en un sistema de coordenadas WGS 84 zona 17 Sur, la apertura se lo realizó mediante maquinaria pesada (retroexcavadora, Caterpillar 420 D), con profundidades que van desde los 4 hasta 4.50 metros.

Figura 9. Ubicación de calicatas



Fuente. Autor (2018)

Tabla 21. Ficha Caracterización Geológica Calicata 1.

TEMA DE PROYECTO: MAPA CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LA URBANIZACIÓN “MANUEL CARRIÓN PINZANO”, PERTENECIENTE A LA PARROQUIA SUCRE DE LA CIUDAD, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA.				
REGISTRO DE OBSERVACIÓN			DIMENSIONES	
Código	C 01- UMCP			
Equipo	Retroexcavadora Caterpillar 420 D			
Fecha	21/07/2018			
UBICACIÓN				
DIVISIÓN POLÍTICO ADMINISTRATIVA		LOCALIZACIÓN UTM		
Provincia	Loja	Datum	WGS 84 Zona 17 S	
Cantón	Loja	X	698901	
Parroquia	Sucre	Y	9559665	
Sector	UMCP	Altitud	2091 m. snm	
LITOESTRATIGRAFÍA			Cobertura vegetal	Pasto
Formación Geológica	Leyenda		# de estratos	Nivel freático
Fm. Quillollaco (MPLQ)	Conglomerados clasto soporta dos intercalados con lentes de areniscas		3	No existe
DESCRIPCIÓN CALICATA 01				
Prof. (m)	Espesor (m)	Perfil	Estructura	Descripción
0.00 – 1.25	1.25		Terreno natural color amarillento	Conglomerado con matriz areno-limosa, clastos metamórficos altamente meteorizados
1.25 – 2.00	0.75		Terreno natural color amarillento	Arenisca con alteración de micro conglomerados
2.00 – 2.50	0.50		Terreno natural color amarillento	Conglomerado con matriz areno-limosa, clastos metamórficos de baja meteorización
Fotografía 9. Caracterización Geológica Calicata 1				
				

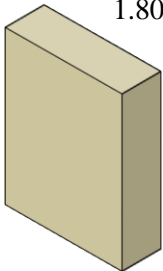




Fuente. Autor (2018)

Tabla 22. Ficha Caracterización Geológica Calicata 2.

REGISTRO DE OBSERVACIÓN					DIMENSIONES		
Código	C 02- UMCP						
Equipo	Retroexcavadora Caterpillar 420 D						
Fecha	21/07/2018						
UBICACIÓN							
DIVISIÓN POLÍTICO ADMINISTRATIVA		LOCALIZACIÓN UTM					
Provincia	Loja	Datum	WGS 84 Zona 17 S				
Cantón	Loja	X	698839				
Parroquia	Sucre	Y	9559608		Dimensiones	Longitud (m)	3.00
Sector	UMCP	Altitud	2105 m. snm				Profundidad (m)
LITOESTRATIGRAFÍA					Cobertura vegetal	Sin cobertura	
Formación Geológica	Leyenda			# de estratos	Nivel freático		
Fm. Quillolaco (MPL _Q)	Conglomerados clasto soporta dos intercalados con lentes de areniscas			3	No existe		
DESCRIPCIÓN CALICATA 02							
Prof. (m)	Espesor (m)	Perfil	Estructura	Descripción			
0.00 – 0.90	0.90		Terreno natural color amarillento	Conglomerado con matriz areno-limosa, clastos metamórficos altamente meteorizados			
0.90 – 2.00	1.10		Terreno natural color gris	Presencia de arcillolita de alta plasticidad, presenta un grado medio de meteorización			
2.00 – 3.00	2.50		Terreno natural color amarillento	Conglomerado con matriz areno-limosa, clastos metamórficos, de un grado bajo de meteorización			
Fotografía 10. Caracterización Geológica Calicata 2							
							

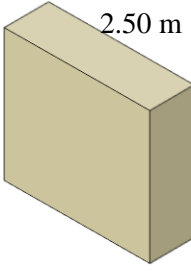




Fuente. Autor (2018)

Tabla 23. Ficha Caracterización Geológica Calicata 3.

REGISTRO DE OBSERVACIÓN					DIMENSIONES		
Código	C 03- UMCP						
Equipo	Retroexcavadora Caterpillar 420 D						
Fecha	21/07/2018						
UBICACIÓN							
DIVISIÓN POLÍTICO ADMINISTRATIVA		LOCALIZACIÓN UTM					
Provincia	Loja	Datum	WGS 84 Zona 17 S				
Cantón	Loja	X	698764				
Parroquia	Sucre	Y	9559657		Dimensiones	Longitud (m)	1.80
Sector	UMCP	Altitud	2101 m. snm			Profundidad (m)	2.50
LITOESTRATIGRAFÍA					Cobertura vegetal	Pasto	
Formación Geológica	Leyenda			# de estratos	Nivel freático		
Fm. Quillolaco (MPL _Q)	Conglomerados clasto soporta dos intercalados con lentes de areniscas			3	No existe		
DESCRIPCIÓN CALICATA 03							
Prof. (m)	Espesor (m)	Perfil	Estructura	Descripción			
0.00 – 0.80	0.80		Terreno natural color café	Arcillolita de baja plasticidad presenta meteorización			
0.80 – 1.50	0.70		Terreno natural color amarillento	Arenisca con alteración de micro conglomerados			
1.50 – 2.50	2.00		Terreno natural color gris	Conglomerado de matriz areno-limosa, clastos metamórficos de baja meteorización con intercalaciones de arenisca y arcillolita			
Fotografía 11. Caracterización Geológica Calicata 3							
							

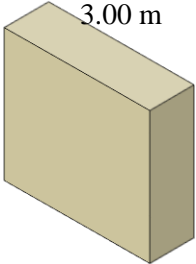

Fuente. Autor (2018)

Tabla 24. Ficha Caracterización Geológica Calicata 4.

REGISTRO DE OBSERVACIÓN					DIMENSIONES		
Código	C 04- UMCP						
Equipo	Retroexcavadora Caterpillar 420 D						
Fecha	21/07/2018						
UBICACIÓN							
DIVISIÓN POLÍTICO ADMINISTRATIVA		LOCALIZACIÓN UTM					
Provincia	Loja	Datum	WGS 84 Zona 17 S				
Cantón	Loja	X	698699				
Parroquia	Sucre	Y	9559586		Dimensiones	Longitud (m)	2.50
Sector	UMCP	Altitud	2078 m. snm			Profundidad (m)	2.85
LITOESTRATIGRAFÍA					Cobertura vegetal	Sin cobertura	
Formación Geológica	Leyenda			# de estratos	Nivel freático		
Fm. Quillolaco (MPL _Q)	Conglomerados clasto soporta dos intercalados con lentes de areniscas			2	No existe		
DESCRIPCIÓN CALICATA 04							
Prof. (m)	Espesor (m)	Perfil	Estructura	Descripción			
0.00 – 1.20	1.20		Terreno natural color gris	Arcillolita de mediana plasticidad con intercalaciones de arenisca			
1.20 – 2.85	1.65		Terreno natural color amarillento	Conglomerado de matriz areno-limosa, clastos metamórficos de baja meteorización con intercalaciones de arenisca y arcillolita			
Fotografía 12. Caracterización Geológica Calicata 4							
							

Fuente. Autor (2018)

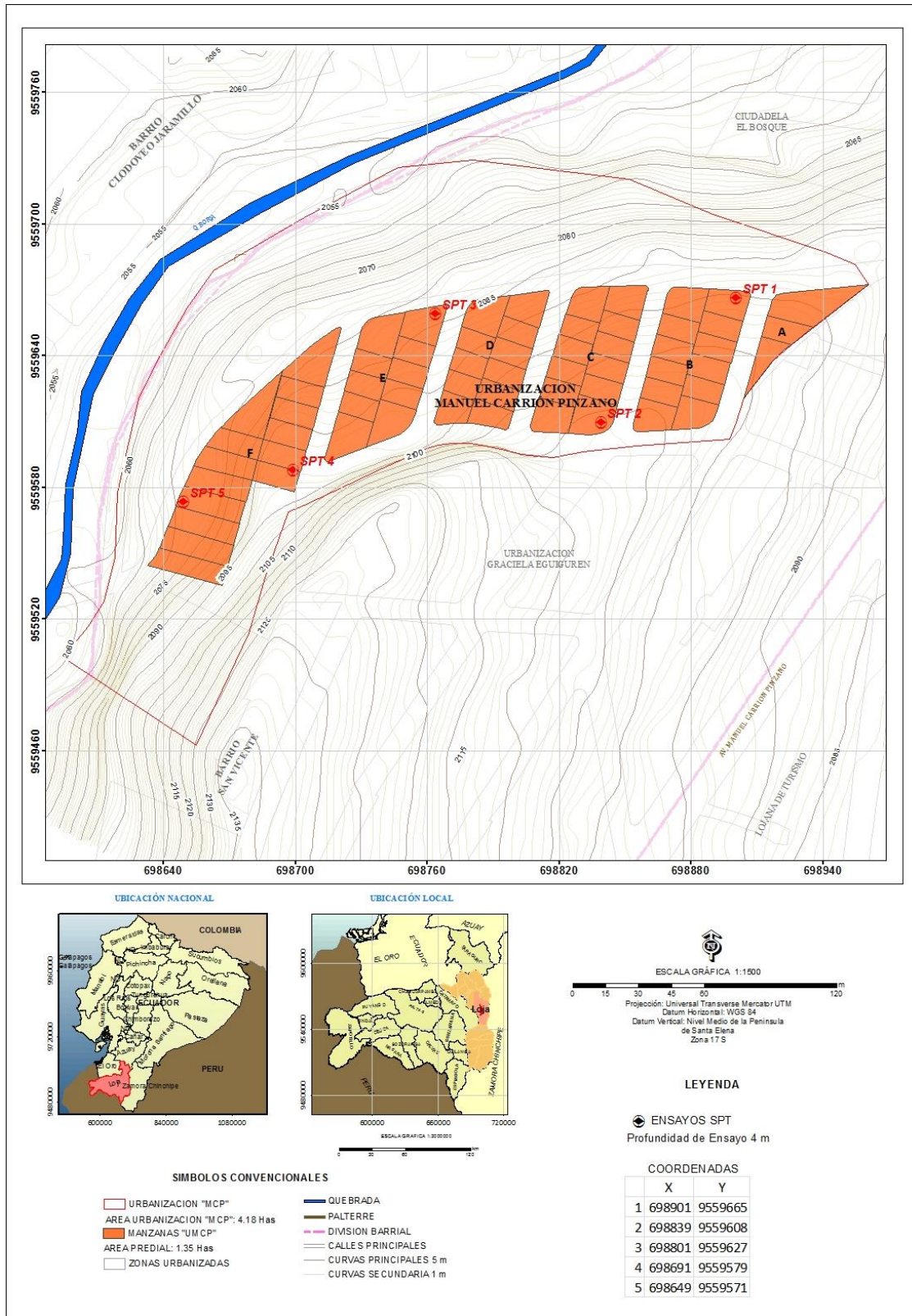
Tabla 25. Ficha Caracterización Geológica Calicata 5.

TEMA DE PROYECTO: MAPA CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LA URBANIZACIÓN “MANUEL CARRIÓN PINZANO”, PERTENECIENTE A LA PARROQUIA SUCRE DE LA CIUDAD, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA.				
REGISTRO DE OBSERVACIÓN			DIMENSIONES	
Código	C 05- UMCP			
Equipo	Retroexcavadora Caterpillar 420 D			
Fecha	21/07/2018			
UBICACIÓN				
DIVISIÓN POLÍTICO ADMINISTRATIVA		LOCALIZACIÓN UTM		
Provincia	Loja	Datum	WGS 84 Zona 17 S	
Cantón	Loja	X	698649	
Parroquia	Sucré	Y	9559571	
Sector	UMCP	Altitud	2105 m. snm	
LITOESTRATIGRAFÍA			Cobertura vegetal	Sin cobertura
Formación Geológica	Leyenda		# de estratos	Nivel freático
Fm. Quillolaco (MPL _Q)	Conglomerados clasto soporta dos intercalados con lentes de areniscas		3	No existe
DESCRIPCIÓN CALICATA 05				
Prof. (m)	Espesor (m)	Perfil	Estructura	Descripción
0.00 – 1.20	1.20		Terreno natural color amarillento	Conglomerado de matriz areno-limosa, clastos metamórficos de alta meteorización con intercalaciones de arenisca y arcillolita
1.20 – 2.50	1.30		Terreno natural color gris	Arenisca con alteración de micro conglomerados
2.50 – 3.00	0.50		Terreno natural color gris	Conglomerado de matriz areno-limosa, clastos metamórficos de baja meteorización con intercalaciones de arenisca
Fotografía 13. Caracterización Geológica Calicata 5				
				

Fuente. Autor (2018)

Ensayos de penetración estándar (SPT)

Figura 10. Ubicación de SPT





Fuente. Autor (2018)

Para el desarrollo del presente trabajo se realizó cinco perforaciones, los cuales fueron ubicados de manera sistemática (ver figura 10) con la finalidad de abarcar toda la superficie de estudio.

- **SPT 01**

Tabla 26. Registro de perforación SPT 01

	PROYECTO: MAPA CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LA URBANIZACIÓN “MANUEL CARRIÓN PINZANO”, PERTENECIENTE A LA PARROQUIA SUCRE DE LA CIUDAD, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA.									
	PERFORACIÓN: Equipo de penetración estándar “SPT” (Standart Penetration Test)									
	REALIZADO POR : Laboratorios de Materiales “Suelos & Pavimentos”									
	CÓDIGO:	SPT 01-UMCP	PROFUNDIDAD:	3.50 m	COORDENADAS:	X:	698901	Y:	9559665	
Perfil estratigráfico										
Perforación	Prof. (m)	Espesor (m)	Perfil	Estructura	Descripción					
P1-01	0.00 – 1.50	1.50	GP	Terreno Natural Color Amarillento	Sistema de clasificación de suelos SUCS GP: Grava mal graduada con arena					
P2-01	1.50 – 2.50	1.00	GP GC	Terreno Natural Color Amarillento	Sistema de clasificación de suelos SUCS GP GC: Grava mal graduada con arcilla y con arena					
P3-01	2.50 – 3.50	1.00	GP GM	Terreno Natural Color Amarillento	Sistema de clasificación de suelos SUCS GP GM: Grava mal graduada con limo					
Clasificación del suelo según AASHTO y SUCS										
Perforación	Prof. (m)	Hum. %	Grava %	Arena %	Finos %	LL.	LP.	IP	SUCS	AASHTO
P1-01	0.00 – 1.50	4.32	79	16.8	4.2	25.7	15.5	10.2	GP	A-2-6
P2-01	1.50 – 2.50	6.57	75	19.9	5.1	29	15.3	13.7	GP GC	A-2-6
P3-01	2.50 – 3.50	5.52	80	14.9	5.1	31.5	16.5	15	GP GM	A-1-a
Fotografía 14. Ejecución del SPT 01										
										

Fuente. Autor, 2018.

En el sondeo realizado e identificado como la perforación SPT 01-UMCP se observó que en la profundidad de 0.00 a 1.50 metros existe un estrato de suelo tipo GP de color amarillento identificado como grava mal graduada con arena; en la profundidad de 1.50 a 2.50 metros se tiene un estrato de suelo tipo GP GC de color amarillento identificado como grava mal graduada con arcilla y con arena, y; en la profundidad de 2.50 a 3.50 metros el estrato de suelo es de tipo GP GM de color amarillento, identificado como grava mal graduada con limo; la prueba de penetración estándar “SPT” se realizó a cada metro de profundidad hasta los 3.50 metros, tomando como referencia cero el suelo natural donde se inicia la perforación, además se obtiene muestras de suelo para ser analizadas en el laboratorio.

De acuerdo al sistema de clasificación ASSHTO, se observó que en la profundidad de 0.00 a 2.50 metros el tipo de suelo es granular perteneciente al subgrupo A-2-6 de materiales suelos arcillosos, con grava del 75 al 79 %, y de aceptable calidad; en la profundidad de 2.50 a 3.50 metros el tipo de suelo es granular perteneciente al subgrupo A-1-a de materiales cantos gravas y arenas, con grava del 80 % y de excelente calidad.

Con los datos obtenidos del número de golpes en campo del SPT 1, se determina la compacidad o consistencia del suelo, expresada en la tabla 27.

Tabla 27. Compacidad o consistencia SPT 01

Perforación	Profundidad bajo el nivel natural del terreno (m)	Numero de golpes Prueba SPT	Compacidad o Consistencia
P 1	1.00 – 1.45	65 golpes	Muy Densa
P 2	2.00 – 2.45	68 golpes	Muy Densa
P 3	3.00 – 3.45	Rechazo	Muy Densa

Fuente. Autor, 2018.

Una vez obtenido los resultados de las pruebas de penetración estándar se determina el valor de N corregido tal como lo indica la tabla 28.

Tabla 28. Determinación del N corregido SPT 01



Profundidad m.	Nº golpes			Nº golpes TOTAL	q* Tn/m ²	N _{corr}
	15cm.	30 cm	45 cm			
1.00	15	25	40	65	1.73	66
2.00	16	26	42	68	3.46	59
3.00	RECHAZO				5.18	

* q: presión de trabajo

Fuente. Autor, 2018.

- SPT 02

Tabla 29. Registro de perforación SPT 02

	PROYECTO:		MAPA CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LA URBANIZACIÓN “MANUEL CARRIÓN PINZANO”, PERTENECIENTE A LA PARROQUIA SUCRE DE LA CIUDAD, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA.							
	PERFORACIÓN:		Equipo de penetración estándar “SPT” (Standart Penetration Test)							
	REALIZADO POR :		Laboratorios de Materiales “Suelos & Pavimentos”							
	CÓDIGO:	SPT 02-UMCP	PROFUNDIDAD:	4.50 m	COORDENADAS:	X:	698839	Y:	9559608	
Perfil estratigráfico										
Perforación	Prof. (m)	Espesor (m)	Perfil	Estructura	Descripción					
P1-02	0.00-1.50	1.50	GP GM	Terreno natural color amarillento	Sistema de clasificación de suelos SUCS GP GM: Grava mal graduada con grava y limo					
P2-02	1.50-2.50	1.00	GM	Terreno natural color amarillento	Sistema de clasificación de suelos SUCS GM: Grava limosa con arena					
P3-02	2.50-3.50	1.00	SM	Terreno natural color gris	Sistema de clasificación de suelos SUCS SM: Arena limosa con grava					
P4-02	3.50-4.50	1.00	SM	Terreno natural color gris	Sistema de clasificación de suelos SUCS SM: Arena limosa					
Clasificación del suelo según AASHTO y SUCS										
Perforación	Prof. (m)	Hum. %	Grava %	Arena %	Finos %	LL.	LP	IP.	SUCS	AASHTO
P1-01	0.00-1.50	5.59	50	38	12			NP	SP SM	A-1-a
P2-01	1.50-2.50	4.77	52	35.9	12.1			NP	GM	A-1-a
P3-01	2.50-3.50	5.65	30	57.9	12.1			NP	SM	A-1-b
P4-01	3.50-4.50	7.11	14	71.9	14.1			NP	SM	A-2-4
Fotografía 15. Ejecución del SPT 02										
										

Fuente. Autor, 2018.

La perforación SPT 02-UMCP de acuerdo al sistema de clasificación SUCS, se observó que en la profundidad de 0.00 a 1.50 metros existe un estrato de suelo tipo GP GM de color amarillento identificado como grava mal graduada con limo y con arena, en la

profundidad de 1.50 a 2.50 se tiene un estrato de suelo tipo GM de color amarillento identificado como grava limosa con arena, en la profundidad de 2.50 a 3.50 metros el estrato de suelo es de tipo SM de color gris, identificado como arena limosa con grava; y, finalmente en la profundidad de 3.50 a 4.5 metros el estrato de suelo es de tipo SM de color gris, identificado como arena limosa; la prueba de penetración estándar “SPT” se realizó a cada metro de profundidad hasta los 4.50 metros, tomando como referencia cero el suelo natural donde se inicia la perforación, además se obtiene muestras de suelo para ser analizadas en el laboratorio.

El suelo mediante el sistema ASSHTO, se observó que en la profundidad de 0.00 a 2.50 metros el tipo de suelo es granular perteneciente al subgrupo A-1-a de materiales cantos gravas y arenas, con gravas que van de 50 a 52 % y de excelente calidad; en la profundidad 2.50 a 3.50 metros el tipo de suelo igual es granular perteneciente al subgrupo A-1-b con gravas del 30 % y de excelente calidad; y por último en la profundidad de 3.50 a 4.50 metros el tipo de suelo pertenece al subgrupo A-2-4 de materiales Grava y arena limo-arcillosas, con gravas del 14 %, y de buena calidad.

Con los datos obtenidos del número de golpes en campo del SPT 2, se determina la compactación o consistencia del suelo, expresada en la tabla 30.

Tabla 30. Compactación o consistencia SPT 02

Perforación	Profundidad bajo el nivel natural del terreno (m)	Numero de golpes Prueba SPT	Compactación o Consistencia
P 1	1.00 – 1.45	75 golpes	Muy densa
P 2	2.00 – 2.45	83 golpes	Muy Densa
P 3	3.00 – 3.45	98 golpes	Muy densa
P 4	4.00 – 4.45	Rechazo	Muy densa

Fuente. Autor, 2018.

Con los resultados de las pruebas de penetración estándar se determina el valor de N corregido tal como lo indica en la tabla 31.

Tabla 31. Determinación del N corregido SPT 02



Profundidad m.	Nº golpes			Nº golpes SPT -Total	q* Tn/m ²	N _{corr}
	15cm.	30 cm	45 cm			
1.00	20	35	40	75	1.88	75
2.00	32	38	45	83	3.75	71
3.00	30	42	56	98	5.63	75
4.00	RECHAZO				7.50	

* q: presión de trabajo

Fuente. Autor, 2018.

- SPT 03

Tabla 32. Registro de perforación SPT 03

	PROYECTO:	MAPA CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LA URBANIZACIÓN “MANUEL CARRIÓN PINZANO”, PERTENECIENTE A LA PARROQUIA SUCRE DE LA CIUDAD, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA.								
	PERFORACIÓN:	Equipo de penetración estándar “SPT” (Standart Penetration Test)								
	REALIZADO POR :	Laboratorios de Materiales “Suelos & Pavimentos”								
	CÓDIGO:	SPT 03-UMCP	PROFUNDIDAD:	4.50 m	COORDENADAS:	X:	698801	Y:	9559627	
Perfil estratigráfico										
Perforación	Prof. (m)	Espesor (m)	Perfil	Estructura	Descripción					
P1-02	0.00-1.50	1.50	CL	Terreno natural color café	Sistema de clasificación de suelos SUCS CL: Arcilla de baja plasticidad arenosa					
P2-02	1.50-2.50	1.00	SC	Terreno natural color café	Sistema de clasificación de suelos SUCS SC: Arena arcillosa con grava					
P3-02	2.50-3.50	1.00	GP GC	Terreno natural color amarillento	Sistema de clasificación de suelos SUCS GP GC: Grava mal graduada con arcilla y arena					
P4-02	3.50-4.50	1.00	GP GC	Terreno natural color amarillento	Sistema de clasificación de suelos SUCS GP GC: Grava mal graduada con arcilla y arena					
Clasificación del suelo según AASHTO y SUCS										
Perforación	Prof. (m)	Hum. %	Grava %	Arena %	Finos %	LL.	LP	IP.	SUCS	AASHTO
P1-01	0.00-1.50	19.52	9	37.30	53.7	29.3	17.58	11.72	CL	A-6
P2-01	1.50-2.50	25.43	30	30.40	39.6	27.1	14.37	12.73	SC	A-6
P3-01	2.50-3.50	7.8	57	33.1	9.9	26	16.17	9.83	GP GC	A-2-4
P4-01	3.50-4.50	7.78	65	24.4	10.6	27.2	15.47	11.73	GP GC	A-2-6
Fotografía 16. Ejecución del SPT 03										
										

Fuente. Autor, 2018.

En el ensayo de perforación SPT 03-UMCP de acuerdo al sistema de clasificación SUCS, se observó que en la profundidad de 0.00 a 1.50 metros existe un estrato de suelo tipo CL de color café identificado como arcilla de baja plasticidad arenosa, en la profundidad de 1,50 a 2,50 se tiene un estrato de suelo tipo SC de color café identificado como arena arcillosa con grava, en la profundidad de 2,50 a 3,50 el estrato de suelo es de tipo GP GC

de color amarillento, identificado como grava mal graduada con arcilla y arena; y finalmente en la profundidad de 3,50 a 4,50 el estrato de suelo es de tipo GP GC de color amarillento identificado como grava mal graduada con arcilla y arena; la prueba de penetración estándar “SPT” se realiza a cada metro de profundidad hasta llegar a 4,50 metros, tomando como referencia cero el suelo natural donde se inicia la perforación; además se obtienen muestras de suelo para ser analizadas en el laboratorio y realizar el perfil estratigráfico del suelo hasta la profundidad indicada.

En base al sistema de clasificación ASSHTO, se describe que en la profundidad de 0.00 a 2.50 metros el tipo de suelo pertenece al grupo A-6 correspondiente a suelos arcillosos, con porcentaje de gravas del 9 % y de aceptable a mala calidad, en la profundidad 2.50 a 3.50 metros el tipo de suelo es granular perteneciente al subgrupo A-2-4 de materiales grava y arena limo-arcillosas, con gravas del 57 % y de buena calidad; y por último en la profundidad de 3.50 a 4.50 metros el tipo de suelo de material granular pertenece al subgrupo A-2-6 de materiales Grava y arena limo-arcillosas, con porcentaje de grava de 65.5 % y de aceptable calidad.

Con los datos obtenidos del número de golpes en campo del SPT 3, se determina la compacidad o consistencia del suelo, expresada en la tabla 33.

Tabla 33. Compacidad o consistencia SPT 03

Perforación	Profundidad bajo el nivel natural del terreno (m)	Numero de golpes Prueba SPT	Compacidad o Consistencia
P 1	1.00 – 1.45	12 golpes	Medianamente compacta
P 2	2.00 – 2.45	48 golpes	Densa
P 3	3.00 – 3.45	88 golpes	Muy densa
P 4	4.00 – 4.45	Rechazo	Muy densa

Fuente. Autor, 2018.

Con los resultados de las pruebas de penetración estándar se determina el valor de N corregido tal como lo indica la tabla 34.

Tabla 34. Determinación del N corregido SPT 03



Profundidad m.	Nº golpes			Nº golpes SPT -Total	q* Tn/m ²	N _{corr}
	15cm.	30 cm	45 cm			
1,00	4	6	6	12	1.81	12
2,00	10	18	30	48	3.62	41
3,00	30	38	50	88	5.44	68
4,00	RECHAZO				7,25	

* q: presión de trabajo

Fuente. Autor, 2018.

- SPT 04

Tabla 35. Registro de perforación SPT 04

	PROYECTO:	MAPA CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LA URBANIZACIÓN “MANUEL CARRIÓN PINZANO”, PERTENECIENTE A LA PARROQUIA SUCRE DE LA CIUDAD, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA.								
	PERFORACIÓN:	Equipo de penetración estándar “SPT” (Standart Penetration Test)								
	REALIZADO POR :	Laboratorios de Materiales “Suelos & Pavimentos”								
	CÓDIGO:	SPT 04-UMCP	PROFUNDIDAD:	4.50 m	COORDENADAS:	X:	698691	Y:	9559579	
Perfil estratigráfico										
Perforación	Prof. (m)	Espesor (m)	Perfil	Estructura	Descripción					
P1-02	0.00-1.50	1.50	GC	Terreno natural color amarillento	Sistema de clasificación de suelos SUCS GC: Grava Arcilla con arena					
P2-02	1.50-2.50	1.00	GP-GM	Terreno natural color amarillento	Sistema de clasificación de suelos SUCS GP-GM: Grava mal graduada con limo y con arena					
P3-02	2.50-3.50	1.00	GP-GM	Terreno natural color amarillento	Sistema de clasificación de suelos SUCS GP-GM: Grava mal graduada con limo y con arena					
P4-02	3.50-4.50	1.00	GP	Terreno natural color amarillento	Sistema de clasificación de suelos SUCS GP: Grava mal graduada con arena					
Clasificación del suelo según AASHTO y SUCS										
Perforación	Prof. (m)	Hum. %	Grava %	Arena %	Finos %	LL.	LP	IP.	SUCS	AASHTO
P1-01	0.00-1.50	9.52	54	23.2	22.8	25.3	5.71	19.59	GC	A-2-6
P2-01	1.50-2.50	7.1	69	24.5	6.5	23.8	18.45	5.35	GP-GM	A-1-a
P3-01	2.50-3.50	5.36	60	33.4	6.6			NP	GP-GM	A-1-a
P4-01	3.50-4.50	4.87	70	25.6	4.4			NP	GP	A-1-a
Fotografía 17. Ejecución del SPT 04										
										

Fuente. Autor, 2018.

De acuerdo a la perforación SPT 04-UMCP y en base al sistema de clasificación SUCS, se observó que en la profundidad de 0.00 a 1.50 metros existe un estrato de suelo tipo GC de color amarillento identificado como grava arcillosa con arena; en la profundidad de

1,50 a 3,50 se tiene un estrato de suelo tipo GP GM de color amarillento identificado como grava mal graduada con limo y con arena ;y, en la profundidad de 3,50 a 4,50 el estrato de suelo es de tipo GP de color amarillento, identificado como grava mal graduada con arena; la prueba de penetración estándar “SPT” se realiza a cada metro de profundidad hasta 4,00 metros, tomando como referencia cero el suelo natural donde se inicia la perforación; además se obtienen muestras de suelo para ser analizadas en el laboratorio y realizar el perfil estratigráfico del suelo hasta la profundidad indicada.

Tomando en cuenta los datos de la granulometría del SPT 4 se determina la clasificación ASSHTO obteniendo así que en la profundidad de 0.00 a 1.50 metros el tipo de suelo es granular perteneciente al subgrupo A-2-6 de materiales grava arena limo-arcillosas, con porcentaje de grava de 54 % y de aceptable calidad; y en la profundidad de 1.50 a 4.50 metros el tipo de suelo es material granular perteneciente al subgrupo A-1-a de materiales cantos, grava y arena, con porcentaje de grava que va de 60 a 70 %, la calidad de estos tres tipos de suelo es excelente.

Con los datos obtenidos del número de golpes en campo del SPT 4, se determina la compacidad o consistencia del suelo, expresada en la tabla 36.

Tabla 36. Compacidad o consistencia SPT 04

Perforación	Profundidad bajo el nivel natural del terreno (m)	Numero de golpes Prueba SPT	Compacidad o Consistencia
P 1	1.00 – 1.45	83 golpes	Muy Densa
P 2	2.00 – 2.45	86 golpes	Muy Densa
P 3	3.00 – 3.45	Rechazo	Muy Densa
P 4	4.00 – 4.45	Rechazo	Muy Densa

Fuente. Autor, 2018.

Con los resultados de las pruebas de penetración estándar se determina el valor de N corregido tal como lo indica la tabla 37.

Tabla 37. Determinación del N corregido SPT 04



Profundidad m.	Nº golpes			Nº golpes SPT -Total	q* Tn/m²	N_{corr}
	15cm.	30 cm	45 cm			
1,00	36	38	45	83	1.75	85
2,00	30	36	50	86	3.49	75
3,00	RECHAZO				5.24	
4,00	RECHAZO				6.98	

* q: presión de trabajo

Fuente. Autor, 2018.

- SPT 05

Tabla 38. Registro de perforación SPT 05

	PROYECTO:	MAPA CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LA URBANIZACIÓN “MANUEL CARRIÓN PINZANO”, PERTENECIENTE A LA PARROQUIA SUCRE DE LA CIUDAD, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA.								
	PERFORACIÓN:	Equipo de penetración estándar “SPT” (Standart Penetration Test)								
	REALIZADO POR :	Laboratorios de Materiales “Suelos & Pavimentos”								
	CÓDIGO:	SPT 05-UMCP	PROFUNDIDAD:	4.50 m	COORDENADAS:	X:	698649	Y:	9559571	
Perfil estratigráfico										
Perforación	Prof. (m)	Espesor (m)	Perfil	Estructura	Descripción					
P1-02	0.00-1.50	1.50	CL	Terreno natural color gris	Sistema de clasificación de suelos SUCS CL: Arcilla de media plasticidad arenosa					
P2-02	1.50-2.50	1.00	SP-SM	Terreno natural color amarillento	Sistema de clasificación de suelos SUCS SP-SM: Arena mal graduada con limo y con grava					
P3-02	2.50-3.50	1.00	SP-SM	Terreno natural color amarillento	Sistema de clasificación de suelos SUCS SP-SM: Arena mal graduada con limo y con grava					
P4-02	3.50-4.50	1.00	SP-SM	Terreno natural color amarillento	Sistema de clasificación de suelos SUCS SP-SM: Arena mal graduada con limo					
Clasificación del suelo según AASHTO y SUCS										
Perforación	Prof. (m)	Hum. %	Grava %	Arena %	Finos %	LL.	LP	IP.	SUCS	AASHTO
P1-01	0.00-1.50	15.18	9	24	67	31.30	17.03	14.27	CL	A-6
P2-01	1.50-2.50	5.63	24	66.4	9.6			NP	SP-SM	A-1-b
P3-01	2.50-3.50	5.65	22	69.3	8.7			NP	SP-SM	A-1-b
P4-01	3.50-4.50	10.07	8	84.3	7.7			NP	SP-SM	A-1-b
Fotografía 18. Ejecución del SPT 05										
										

Fuente. Autor, 2018.

Los resultados de la prueba de SPT 05-UMCP y de acuerdo al sistema de clasificación SUCS, se observó que en la profundidad de 0.00 a 1.50 metros existe un estrato de suelo tipo CL de color gris identificado como arcilla de media plasticidad arenosa; en la profundidad de 1,50 a 3,50 se tiene un estrato de suelo tipo SP SM de color amarillento identificado como arena mal graduada con limo y con grava; y, en la profundidad de 3,50

a 4,50 el estrato de suelo es de tipo SP SM de color amarillento, identificado como arena mal graduada con limo; la prueba de penetración estándar “SPT” se realiza a cada metro de profundidad hasta 4,00 metros, tomando como referencia cero el suelo natural donde se inicia la perforación; además se obtienen muestras de suelo para ser analizadas en el laboratorio y realizar el perfil estratigráfico del suelo hasta la profundidad indicada.

Mediante el sistema de clasificación ASSHTO, se observó que en la profundidad de 0.00 a 1.50 metros el tipo de suelo pertenece al grupo A-6 correspondiente a suelos arcillosos, con porcentaje de grava de 22 % y de mala calidad; en la profundidad de 1.50 a 4.50 metros el tipo de material granular perteneciente al subgrupo A-1-b de materiales cantos, grava y arena de excelente calidad y con porcentaje de grava de 22 %.

Con los datos obtenidos del número de golpes en campo del SPT 5, se determina la compacidad o consistencia del suelo, expresada en la tabla 39.

Tabla 39. Compacidad o consistencia SPT 05

Perforación	Profundidad bajo el nivel natural del terreno (m)	Numero de golpes Prueba SPT	Compacidad o Consistencia
P 1	1.00 – 1.45	43 golpes	Dura
P 2	2.00 – 2.45	58 golpes	Muy Densa
P 3	3.00 – 3.45	Rechazo	Muy Densa
P 4	4.00 – 4.45	Rechazo	Muy Densa

Fuente. Autor, 2018.

Con los resultados de las pruebas de penetración estándar se determina el valor de N corregido tal como lo indica la tabla 40.

Tabla 40. Determinación del N corregido SPT 03

Profundidad m.	N° golpes			N° golpes SPT -Total	q* Tn/m ²	N _{corr}
	15cm.	30 cm	45 cm			
1,00	13	18	25	43	1.71	44
2,00	20	26	32	58	3.42	51
3,00	RECHAZO				5.14	
4,00	RECHAZO				6.85	

* q: presión de trabajo

Fuente. Autor, 2018.

En las perforaciones y exploraciones realizadas al sub-suelo de los predios de la urbanización “Manuel Carrión Pinzano” se determinó que el material obtenido en cada uno de los ensayos de SPT presenta características estables de suelo natural, no existe la

presencia de asentamientos, deslizamientos e inestabilidad en la estructura del suelo natural, además no se tiene la presencia de nivel freático.

6.2.2. Exploración indirecta

Para la exploración indirecta del área de estudio se tomó en cuenta métodos geofísicos, los cuales comúnmente son utilizados para el estudio de exploración hidrológica.

Método eléctrico

Trata sobre el comportamiento de rocas y sedimentos en relación a la corriente eléctrica. Es decir, trata de la resistividad de las rocas al inducir una corriente eléctrica hacia el subsuelo. La resistividad de la roca es de especial interés en exploraciones hidrogeológicas, ya que permiten discriminar entre agua fresca y agua salada, entre roca acuíferos y materiales arcillosos, entre acuíferos fracturados y arcillas.

Sondeos eléctricos verticales

En el presente estudio se realizó cuatro líneas de sondeos eléctricos verticales mediante el arreglo Schlumberger, los cuales han sido ubicados estratégicamente, para realizar cortes geoelectrónicos e interpretar las estructuras del subsuelo y el contenido de agua en los estratos. En la Tabla número 11 y 12, se exponen los rangos de resistividades considerados para la interpretación de cada uno de los sondeos eléctricos verticales (SEV).

Los resultados de las lecturas de las resistividades que fueron obtenidas por medio del laboratorio de geofísica de la Universidad Nacional de Loja (ver Anexo 13), se interpretaron mediante el programa IPI2Win versión 3.0.1 que permite usar profundidades y resistividades para minimizar el error de ajuste y de interpretación. En la tabla número 41, se detalla los puntos centrales donde se realizó los sondeos eléctricos verticales.

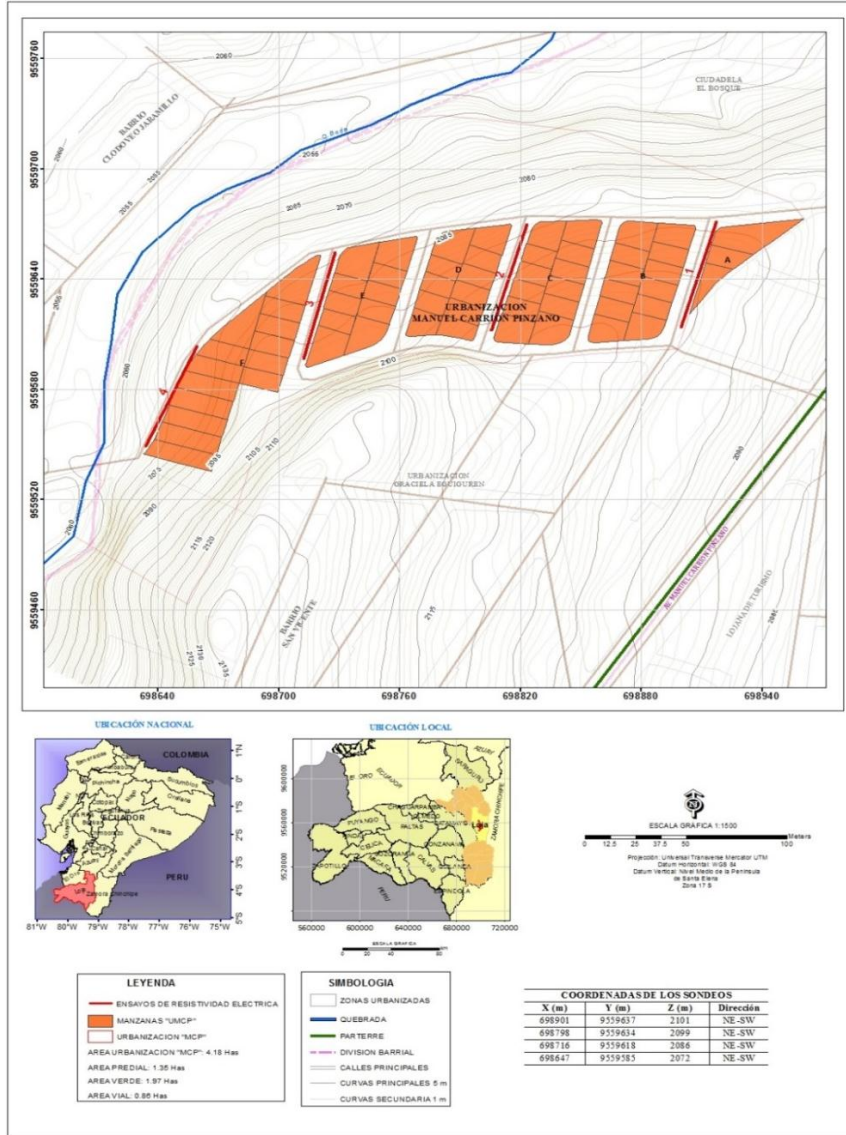
Tabla 41. Sondeos eléctricos verticales en el área de investigación

COORDENADAS DE LOS SONDEOS			
X (m)	Y (m)	Z (m)	Dirección
698901	9559637	2101	NE-SW
698798	9559634	2099	NE-SW
698716	9559618	2086	NE-SW
698647	9559585	2072	NE-SW

Fuente. Autor, 2018.

En la Figura 11 se expone la disposición espacial de los sondeos eléctricos verticales SEV.

Figura 11. Ubicación geográfica de líneas SEV



Fuente. Autor, 2018.

Las gráficas de representación de las resistividades en el programa representan: la línea de color azul es la resistividad real, la línea roja la resistividad aparente y, la línea de color negro que es la curva patrón.

Para obtener una resistividad aparente adecuada en el programa, se deberá tener en cuenta los siguientes aspectos como son: el margen de error que deberá aproximarse al 3%, y la profundidad que deberá acercarse a la tercera parte de la medida total de la abertura AB.

Línea SEV 01

Ubicación: el sondeo eléctrico vertical con código SEV 02 UMCP se encuentra entre las manzanas A y B, ver figura 11 ubicación geográfica de los SEV.

En la tabla 42 se registra los valores de resistividad del sondeo eléctrico vertical SEV 1.

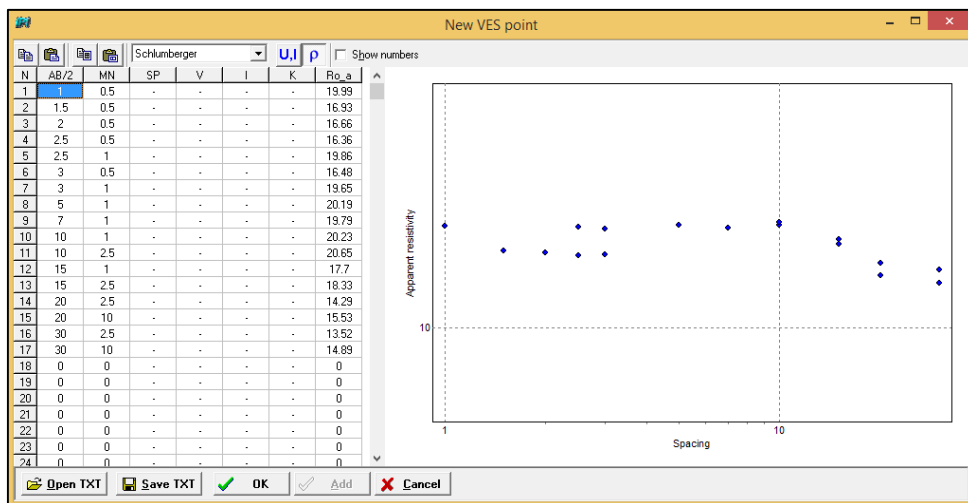
Tabla 42. Datos obtenidos en el campo para el SEV 1

Estación punto	AB/2 (m)	MN (m)	Resistividad ($\Omega \cdot m$)
1	1	0.5	19.99
2	1.5	0.5	16.93
3	2	0.5	16.66
4	2.5	0.5	16.36
5	2.5	1	19.86
6	3	0.5	16.48
7	3	1	19.65
8	5	1	20.19
9	7	1	19.79
10	10	1	20.23
11	10	2.5	20.65
12	15	1	17.70
13	15	2.5	18.33
14	20	2.5	14.29
15	20	10	15.53
16	30	2.5	13.52
17	30	10	14.89

Fuente. Autor, 2018.

Con los datos de resistividad obtenidos en campo se procede a ingresar los datos al programa IPI2WIN, en la figura 12 se presenta los datos ingresados.

Figura 12. Ingreso de datos de campo al software IPI2Win SEV 01

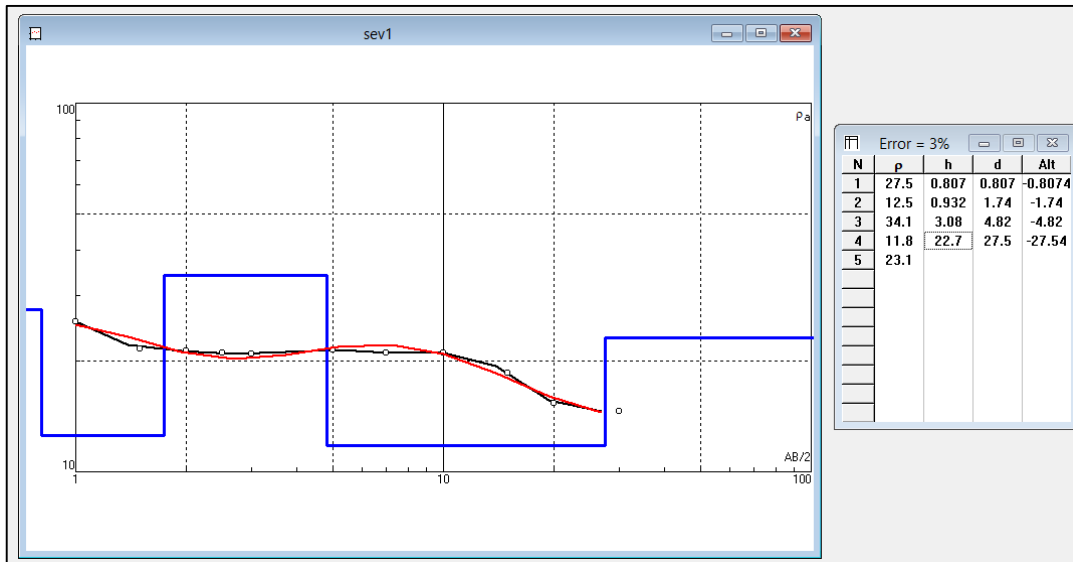


Fuente. Autor, 2018.

- **Obtención de curvas de resistividad SEV 01**

Insertados los datos al software IPI2win genero un total de cinco capas (ver figura 13), con error de corrección de 3.00 % margen de error aceptable, y una profundidad de 27.50 m. que se aproxima a la tercera parte de la abertura de AB.

Figura 13. Curvas de resistividades y error admisible del SEV 01



Fuente. Autor, 2018.

Paralelo a la gráfica se obtuvieron los datos de cinco capas de las cuales, solo se conocen las profundidades de cuatro de ellos; por lo que la quinta capa ya no se considera aun teniendo el valor de su resistividad esto porque se desconoce la profundidad de esta capa, en la tabla 43 se presenta datos obtenidos en el software para el SEV 1.

Tabla 43. Datos obtenidos mediante el software IPI2WIN para el SEV 1

Sev1			
# de capas	Resistividad ($\Omega \cdot m$)	Espesor (m)	Litología
1	27.50	0.81	Material granular, arenas con secciones variables de gravas en matriz arcillosa
2	12.50	0.93	Fino material entre clastos, arcillas con intercalaciones de gravas con matriz limosa
3	34.00	3.08	Material granular, arenas con secciones variables de gravas en matriz limosa
4	11.80	22.70	Fino material entre clastos, arcillas con intercalaciones de gravas con matriz limosa
5	23.10		Material granular, arenas con secciones variables de gravas en matriz arcillosa

Fuente. Autor, 2018.

El perfil obtenido según los datos del SEV 1 se muestra en la figura 14, la litología se determinó en base a las resistividades obtenidas y de acuerdo a las tablas 11 y 12.

Figura 14. Perfil geoelectrico del SEV 1

PERFIL GEOELECTRICO SEV 01				
ESPESOR (m)	PERFIL	RESISTIVIDAD ($\Omega \cdot m$)	DESCRIPCIÓN	LITOLOGÍA
0.81		27.50	Material granular de grano fino a grueso	Material granular, arenas con secciones variables de gravas en matriz arcillosa.
0.93		12.50		Fino material entre clastos, arcillas con intercalaciones de gravas con matriz limosa
3.08		34.00		Material granular, arenas con secciones variables de gravas en matriz limosa
22.70		11.80		Fino material entre clastos, arcillas con intercalaciones de gravas con matriz limosa

Fuente. Autor, 2018.

• **Análisis del perfil geoelectrico SEV 1**

De acuerdo a las resistividades obtenidas se puede decir que en las capas no existe la posibilidad de nivel freático, pero no se puede descartar la presencia de humedad debido a la existencia de medios granulares en las capas lo que indica una baja permeabilidad y transividad, después de los 27.50 m. el material presenta una resistividad de 23.10 $\Omega \cdot m$, por lo que se puede decir que se trata de materiales arenas granulares con gravas subredondeadas de grano fino a grueso en matriz limo arcillosa lo cual indica la nula presencia de agua.

Línea SEV 2

Ubicación: el sondeo eléctrico vertical con código SEV 02 UMCP se encuentra ubicado entre las manzanas C y D, ver figura 11 ubicación geográfica de los SEV.

En la tabla 44 se registra los valores de resistividad del sondeo eléctrico vertical SEV 2.

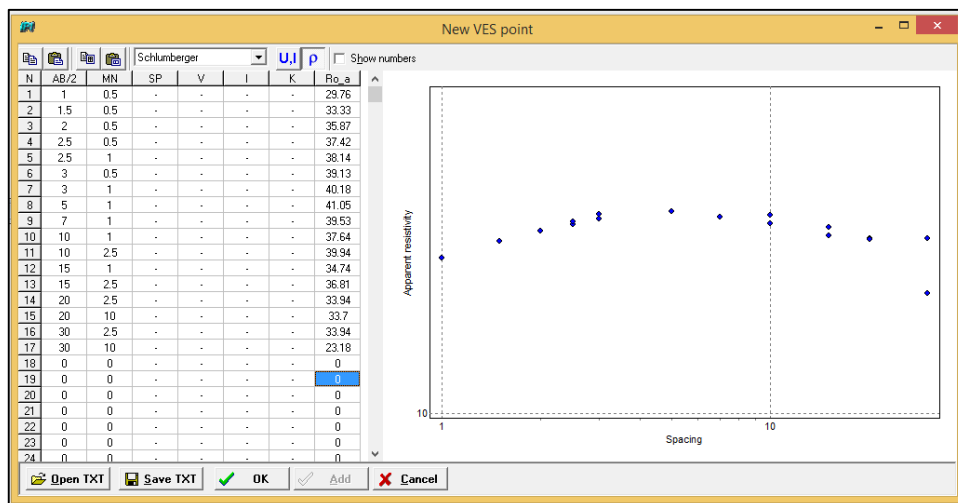
Tabla 44. Datos obtenidos en el campo para el SEV 2

Estación punto	AB/2 (m)	MN (m)	Resistividad ($\Omega \cdot m$)
1	1	0.5	29.76
2	1.5	0.5	33.33
3	2	0.5	35.87
4	2.5	0.5	37.42
5	2.5	1	38.14
6	3	0.5	39.13
7	3	1	40.18
8	5	1	41.05
9	7	1	39.53
10	10	1	37.64
11	10	2.5	39.94
12	15	1	34.74
13	15	2.5	36.81
14	20	2.5	33.94
15	20	10	33.70
16	30	2.5	33.94
17	30	10	23.18

Fuente. Autor, 2018.

Con los datos de resistividad obtenidos en campo se procede a ingresar los datos al programa IPI2WIN, en la figura 15 se presenta los datos ingresados.

Figura 15. Ingreso de datos de campo al software IPI2Win SEV 2

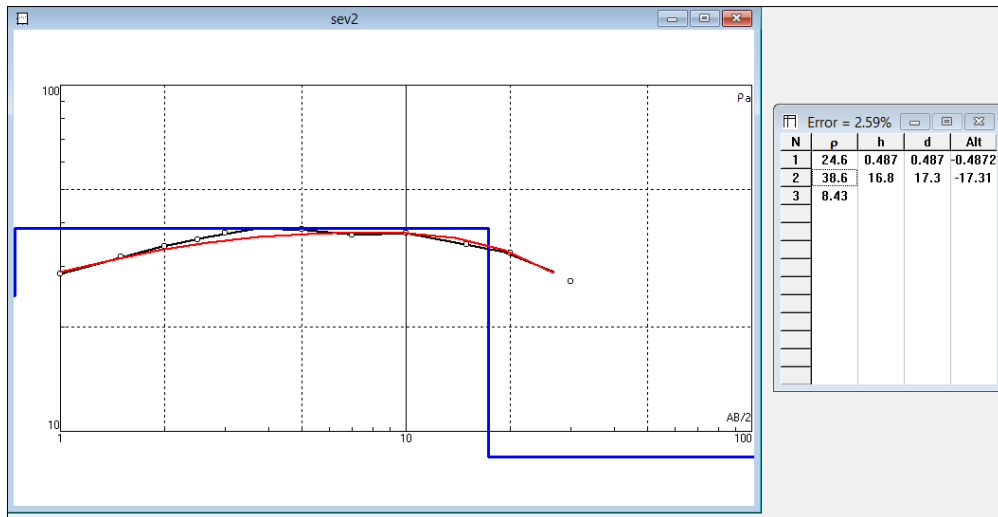


Fuente. Autor, 2018.

- **Obtención de curvas de resistividad SEV 2**

Con los datos del sondeo 2 y con el software IPI2win se generó un total de tres capas (ver figura17), con error de corrección de 2.59% que es un margen de error aceptable, y una profundidad de 17.30 m. que se aproxima a la tercera parte de la abertura de AB.

Figura 16. Curvas de resistividades y error admisible del SEV 2.



Fuente. Autor, 2018.

De las tres capas obtenidas solo se conocen las profundidades de dos de ellos; por lo que la tercera capa ya no se considera aun teniendo el valor de su resistividad esto porque no se sabe hasta dónde termina esta capa, en la tabla 45 se presenta datos obtenidos en el software para el SEV 2.


Tabla 45. Datos obtenidos mediante el software IPI2WIN para el SEV 2

Sev2			
# de capas	Resistividad ($\Omega \cdot m$)	Espesor (m)	Litología
1	24.60	0.49	Material granular, arenas con secciones variables de gravas en matriz arcillosa
2	38.60	16.80	Material granular, arenas con secciones variables de gravas en matriz limosa
3	8.43		Fino material entre clastos, arcillas humedad con intercalaciones de gravas con matriz limosa

Fuente. Autor, 2018.

Los datos del SEV 2 se muestra interpretadas en la figura 17, la litología se determinó en base a las resistividades obtenidas y de acuerdo a las tablas 11 y 12.

Figura 17. Perfil geoelectrico del SEV 2.

PERFIL GEOELECTRICO SEV 02				
ESPESOR (m)	PERFIL	RESISTIVIDAD ($\Omega \cdot m$)	DESCRIPCIÓN	LITOLOGÍA
0.49		24.60		Material granular, arenas con secciones variables de gravas en matriz arcillosa
16.80		38.60	Material granular de grano fino a grueso	Material granular, arenas con secciones variables de gravas en matriz limosa

Fuente. Autor, 2018.

- **Análisis del perfil geoelectrico SEV 2**

De las resistividades obtenidas se puede decir que en las capas no existe la posibilidad de nivel freático, pero no se puede descartar la presencia de humedad debido a la existencia de medios granulares lo que indica una baja permeabilidad y transividad, el suelo después de los 16.80 m. el material presenta una resistividad de $8.43 \Omega \cdot m$, por lo que se puede decir que se trata de arcillas con materiales granulares gravas subredondeadas de grano fino a medio en matriz limo arenosa lo que indica la nula presencia de agua.

Línea SEV 3.

Ubicación: el sondeo eléctrico vertical con código SEV 03 UMCP se encuentra ubicado entre las manzanas E y F, ver figura 11 ubicación geográfica de los SEV.

La tabla 46 presenta los valores de resistividad del sondeo eléctrico vertical SEV 3.

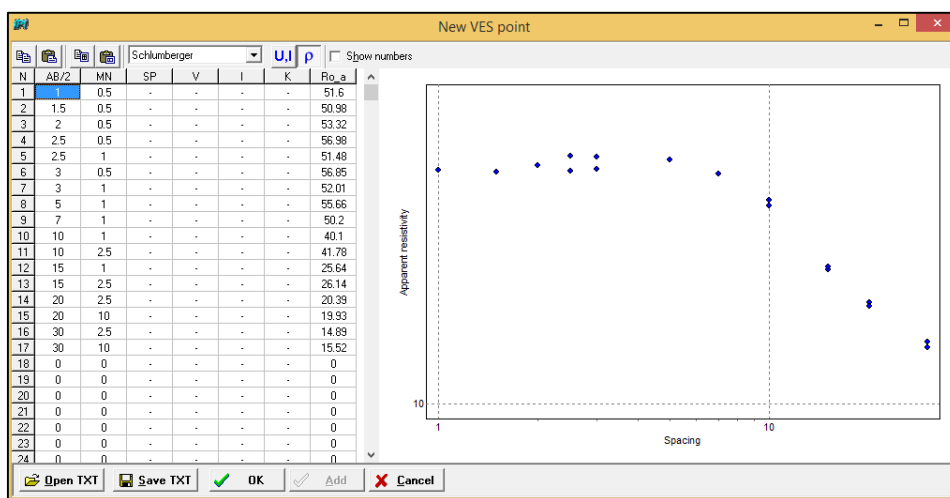
Tabla 46. Datos obtenidos en el campo para el SEV 3.

Estación punto	AB/2 (m)	MN (m)	Resistividad ($\Omega \cdot m$)
1	1	0.5	51.60
2	1.5	0.5	50.98
3	2	0.5	53.32
4	2.5	0.5	56.98
5	2.5	1	51.48
6	3	0.5	56.85
7	3	1	52.01
8	5	1	55.66
9	7	1	50.20
10	10	1	40.10
11	10	2.5	41.78
12	15	1	25.64
13	15	2.5	26.14
14	20	2.5	20.39
15	20	10	19.93
16	30	2.5	14.89
17	30	10	15.52

Fuente. Autor, 2018.

Obtenidos los datos del SEV 3 se procede a ingresar los datos al programa IPI2WIN, en la figura 18 se presenta los datos ingresados.

Figura 18. Ingreso de datos de campo al software IPI2Win SEV 3

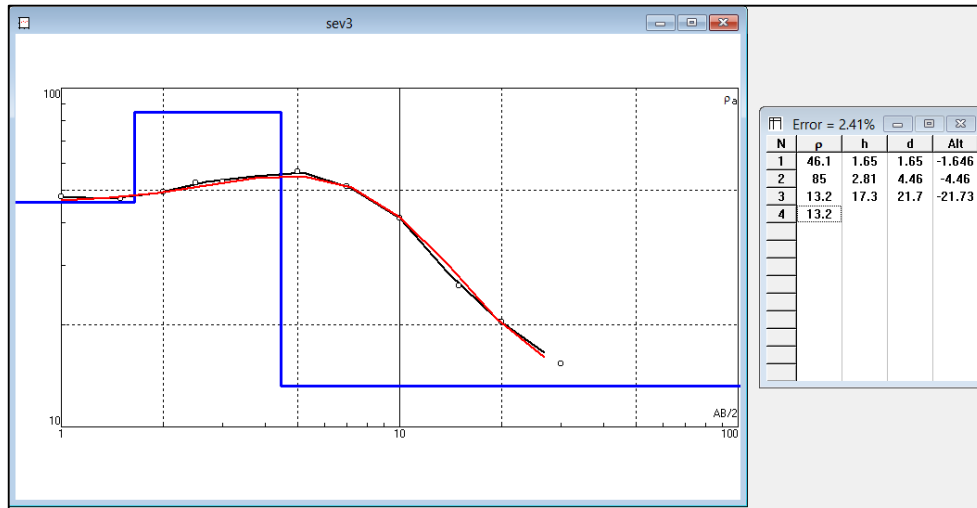


Fuente. Autor, 2018.

- Obtención de curvas de resistividad SEV 3

Una vez ingresados los datos del SEV 3 al software IPI2win genero un total de cuatro capas (ver figura 19), con error de corrección de 2.41 % que es un margen de error aceptable, y una profundidad de 21.70 m. que se aproxima a la tercera parte de la abertura de AB.

Figura 19. Curvas de resistividades y error admisible del SEV 3.



Fuente. Autor, 2018.

Se obtuvieron un total de cuatro capas de las cuales, solo se conocen las profundidades de tres de ellos, por lo que la cuarta capa ya no se considera aun teniendo el valor de su resistividad esto porque no se sabe hasta dónde termina esta capa, en la tabla 47 se presenta datos obtenidos en el software para el SEV 3.


Tabla 47. Datos obtenidos mediante el software IPI2WIN para el SEV 3

Sev3			
# de capas	Resistividad ($\Omega \cdot m$)	Espesor (m)	Litología
1	46.10	1.65	Material granular, arenas con secciones variables de gravas en matriz limosa
2	85.00	2.81	Material granular, gravas subredondeadas con secciones variables de arenas en matriz limosa
3	13.20	17.30	Fino material entre clastos, arcillas con intercalaciones de gravas con matriz limosa
4	13.20		

Fuente. Autor, 2018.

De acuerdo a los datos del SEV 3 se procedió a realizar el perfil geoelectrico tal cual se lo muestra en la figura 20, la litología se determinó en base a las resistividades obtenidas y de acuerdo a las tablas 11 y 12.

Figura 20. Perfil geoelectrico del SEV 3.

PERFIL GEOELECTRICO SEV 03				
ESPESOR (m)	PERFIL	RESISTIVIDAD (Ω^*m)	DESCRIPCIÓN	LITOLOGÍA
1.65		46.10		Material granular, arenas con secciones variables de gravas en matriz limosa
2.81		85.00		Material granular, gravas subredondeadas con secciones variables de arenas en matriz limosa
17.30		13.20	Material granular de grano fino a grueso	Fino material entre clastos, arcillas con intercalaciones de gravas con matriz limosa

Fuente. Autor, 2018.

• **Análisis del perfil geoelectrico SEV3**

Con las resistividades obtenidas en el software se puede decir que en las capas no existe la posibilidad de nivel freático, pero no se puede descartar la presencia de humedad debido a la existencia de medios granulares en las capas lo que indica una baja permeabilidad y transividad, después de los 21.70 m. el material presenta una resistividad de 13.20 Ω^*m , por lo que se puede señalar que se trata de materiales arcillosos con intercalaciones gravas subredondeadas de grano fino a medio en matriz limo arenosa lo que indica la nula presencia de agua.

Línea SEV 4.

Ubicación: el sondeo eléctrico vertical con código SEV 04 UMCP se encuentra ubicado al sur-oeste de la manzana F, ver figura 11 ubicación geográfica de los SEV

En la tabla 48 se registra los valores de resistividad del sondeo eléctrico vertical SEV 4

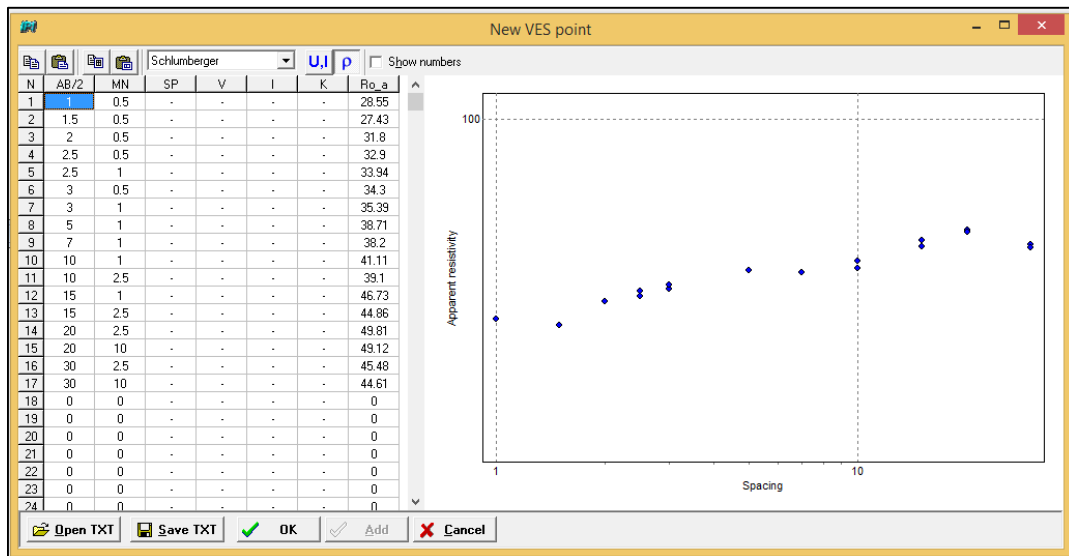
Tabla 48. Datos obtenidos en el campo para el SEV 4.

Estación punto	AB/2 (m)	MN (m)	Resistividad ($\Omega \cdot m$)
1	1	0.5	28.55
2	1.5	0.5	27.43
3	2	0.5	31.80
4	2.5	0.5	32.90
5	2.5	1	33.94
6	3	0.5	34.30
7	3	1	35.39
8	5	1	38.71
9	7	1	38.20
10	10	1	41.11
11	10	2.5	39.10
12	15	1	46.73
13	15	2.5	44.86
14	20	2.5	49.81
15	20	10	49.12
16	30	2.5	45.48
17	30	10	44.61

Fuente. Autor, 2018.

En la figura 22 se presenta los datos ingresados al programa IPI2WIN.

Figura 21. Ingreso de datos de campo al software IPI2Win SEV 4

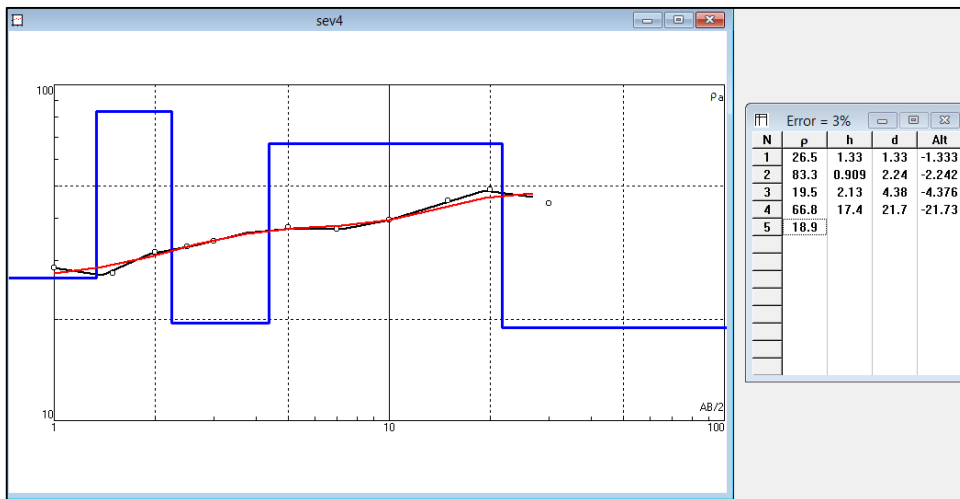


Fuente. Autor, 2018.

- **Obtención de curvas de resistividad**

El software IPI2win generó un total de cinco capas (ver figura 22), con error de corrección de 3.00 %, que es un margen de error aceptable, y una profundidad de 21.70 m. que se aproxima a la tercera parte de la abertura de AB.

Figura 22. Curvas de resistividades y error admisible del SEV 4.



Fuente. Autor, 2018.

Con el software se obtuvieron los datos de cinco capas de las cuales, solo se conocen las profundidades de cuatro de ellos, por lo que la quinta capa ya no se considera aun teniendo el valor de su resistividad esto porque no se sabe hasta dónde termina esta capa, en la tabla 49 se presenta datos obtenidos en el software para el SEV 4.


Tabla 49. Datos obtenidos mediante el software IPI2WIN para el SEV 4

Sev4			
# de capas	Resistividad ($\Omega \cdot m$)	Espesor (m)	Litología
1	26.50	1.33	Material granular, arenas con secciones variables de gravas en matriz arcillosa
	83.30	0.91	Material granular, gravas subredondeadas con secciones variables de arenas en matriz limosa
	19.50	2.13	Fino material entre clastos, arcillas con intercalaciones de gravas con matriz limosa
	68.80	17.40	Material granular, gravas subredondeadas con secciones variables de arenas en matriz limosa
2	18.90		Fino material entre clastos, arcillas con intercalaciones de gravas con matriz limosa

Fuente. Autor, 2018.

Mediante el programa SEDLOG se realizó el perfil del SEV 4, ver figura 23, la litología se determinó en base a las resistividades obtenidas y de acuerdo a las tablas 11 y 12.

Figura 23. Perfil geoelectrico del SEV 4.

PERFIL GEOELECTRICO SEV 04				
ESPESOR (m)	PERFIL	RESISTIVIDAD (Ω^*m)	DESCRIPCIÓN	LITOLOGÍA
1.13		26.50	Material granular de grano fino a grueso	Material granular, arenas con secciones variables de gravas en matriz arcillosa
0.91		83.30		Material granular, gravas subredondeadas con secciones variables de arenas en matriz limosa
2.13		19.50		Fino material entre clastos, arcillas con intercalaciones de gravas con matriz limosa
14.70		68.80		Material granular, gravas subredondeadas con secciones variables de arenas en matriz limosa

Fuente. Autor, 2018.

• **Análisis del perfil geoelectrico SEV 4**

Los valores de las resistividades obtenidas del SEV 4 permiten indicar que en las capas no existe la posibilidad de nivel freático, pero no se puede descartar la presencia de humedad debido a la existencia de medios granulares en la capa uno, tres y cuatro; en la capa dos se obtiene material arcilloso lo que indica una baja permeabilidad y transividad entre estratos, después de los 16.60 m. el material presenta una resistividad de 10.70 Ω^*m , por lo que se puede señalar que se trata de materiales granulares gravas subredondeadas de grano fino a medio en matriz limo arenosa, lo que indica la nula presencia de agua.

Corte geoelectrico

Los resultados alcanzados por medio de los sondeos eléctricos se correlacionaron con la geología local, los SPT, obteniendo 1 corte geoelectrico, cuya disposición desde la superficie hasta el suelo es de: suelos granulares de grano fino a grueso gravas intercaladas con arenas limosas y arcillas, y suelos finos arcillas de mediana plasticidad.

Tabla 50. Resistividades aparentes del área de estudio

Resistividad aparente ($\Omega \cdot m$)	Espesor (m)				Geología asumida
	SEV 01	SEV 02	SEV 03	SEV 04	
8.43 – 18.90	0.93 – 22.70		17.30	2.13	Fino material entre clastos, arcillas con intercalaciones de gravas con matriz limosa
23.10 – 46.10	0.80 – 3.08	0.49 -18.60	1.65	1.33	Material granular, arenas con secciones variables de gravas en matriz arcillosa - limosa
68.80 – 85.00			2.81	0.91 – 17.40	Material granular, gravas subredondeadas con secciones variables de arenas en matriz limosa

Fuente. Autor, 2018.

Corte 1

Es el resultado de la interpolación de los sondeos eléctricos realizados en las inmediaciones de la urbanización “Manuel Carrión Pinzano” con dirección E-O de manera paralela a la geología estructural del sector de estudio. Ver anexo 14.

6.3. Valoración del sector

La valoración del área de estudio, se realizó mediante el cálculo de capacidades de carga, de cada uno de los ensayos de SPT, los resultados obtenidos tanto de la caracterización geológica y geotécnica son utilizados en la interpolación para la elaboración del mapa de caracterización geotécnica.

6.3.1. Capacidad de carga del sector de estudio

Los resultados de capacidad de carga, se realizó de acuerdo a la estratigrafía del suelo, y en base al resultado obtenido de la capacidad admisible de los estratos, de acuerdo a esto se determinó si existen las condiciones favorables para efectuar la cimentación a una profundidad adecuada, y mediante la colaboración de un ingeniero civil se valoró que tipo de plinto se deberá elaborar, esta profundidad será medida desde la cota de contrapiso o nivel cero de planta baja de acuerdo a la planificación del proyecto arquitectónico.

Capacidad de carga de los ensayos de SPT

Para el análisis de la capacidad de carga se utilizó los parámetros obtenidos de correlaciones empíricas con la prueba de penetración estándar. Para el cálculo de la capacidad de carga se observó y tomo los datos más críticos de la calicata a la profundidad tentativa de desplante.

Tabla 51. Datos para el cálculo de capacidades de carga

Ensayo	N	Angulo de fricción interna		Cohesión	Presión de trabajo	Densidad	Altura	Ancho de cimiento
	corr	ϕ (°)	ϕ' (°)	C^* (Tn/m ²)	q (Tn/m ²)	γ^* (Tn/m ³)	h^* (m)	B^* (m)
SPT 01	59	42.92	31.80	0.1	3.456	1.728	2.00	2.50
SPT 02	71	45.68	34.32	0.1	3.75	1.875	2.00	2.10
SPT 03	41	38.49	27.93	0.1	3.624	1.812	2.00	2.50
SPT 04	85	48.70	37.19	0.1	2.613	1.742	1.50	2.10
SPT 05	51	41.00	30.09	0.1	3.424	1.712	2.00	2.50

* Datos entregados por el laboratorio de materiales “Suelos & Pavimentos”

Fuente. Autor.

De acuerdo a los resultados de la capacidad última y admisible, se concluye que el factor de seguridad no podrá ser menor a 3 de acuerdo al tipo de suelo descritos en la exploración directa que presenta el terreno en el cual se va a cimentar y a la importancia de la obra a construirse, la profundidad de cimentación deberá ser de 2.00 metros solo en el caso de que los suelos cuenten con características del SPT 04 la profundidad será de 1.50 metros, con la ayuda y valoración de un ingeniero civil se determinó que se deberá cimentar mediante plintos aislados (zapatas aisladas), no se necesita realizar cambio de suelo en ninguno de los predios de la urbanización “Manuel Carrión Pinzano”.

Tabla 52. Factores adimensionales de cada uno de los SPT

FACTORES ADIMENSIONALES			
Ensayo	N_c	N_q	N_γ
SPT 01	43.27	27.82	38.80
SPT 02	54.20	38.00	51.21
SPT 03	31.44	17.67	26.55
SPT 04	71.42	55.19	72.82
SPT 05	37.44	22.69	32.62

Fuente. Autor.

Tabla 53. Capacidad de carga de la urbanización “Manuel Carrión Pinzano

CAPACIDAD DE CARGA

ENSAYO	PROFUNDIDAD DE DESPLANTE	# DE GOLPES CAMPO N	# DE GOLPES N CORREGIDO	CAPACIDAD O CONSISTENCIA	FACTOR DE SEGURIDAD	DENSIDAD	CARGA ULTIMO q_u		CARGA ADMISIBLE q_{adm}	
	h* (m)	N	Ncorr		FS*	γ^* (g/cm ³)	(Tn/m ²)	(Kg/cm ²)	(Tn/m ²)	(Kg/cm ²)
SPT 1	2.00	68	59	Muy densa	3.00	1.728	166.66	16.66	55.65	5.56
SPT 2	2.00	83	71	Muy densa	3.00	1.875	227.85	22.78	75.95	7.59
SPT 3	2.00	48	41	Densa	3.00	1.812	114.86	11.48	38.29	3.82
SPT 4	1.50	83	85	Muy densa	3.00	1.742	256.97	25.69	85.66	8.56
SPT 5	2.00	58	51	Muy densa	3.00	1.712	136.79	25.30	45.60	8.43

* Datos entregados por el laboratorio de materiales "Suelos & Pavimentos"

Fuente. Autor.

6.3.2. Cartografía Geotécnica

La base de datos que permite la elaboración del mapa corresponde a cinco sondeos exploratorios proporcionados por los adjudicatarios de los predios, y que fueron realizados por el laboratorio de materiales SUELOS & PAVIMENTOS; la profundidad que se tomó en cuenta para realizar la cartografía geotécnica es de 2.50 m, profundidad acta para la construcción de viviendas de acuerdo a los resultados obtenidos en la capacidad de carga, de la sumatoria de todos estos factores se ha obtenido un total de cuatro zonas las cuales se detallan a continuación.

Zona I

La zona I, presenta excelentes condiciones del suelo para la construcción, no se detectó la presencia de niveles freáticos por lo tanto el contenido de humedad es bajo y de plasticidad nula, los materiales presentes se consideran de buena competencia como soporte para cimentaciones, en su totalidad muy favorables para la construcción de viviendas, presentan excelente capacidad portante, la zona está representada por grava graduada con arcilla y arena, de coloración amarillento, mediante los ensayos realizados y tomando como referencia el sistema unificado de clasificación de suelos SUCS se ha determinado que pertenecen al grupo GP GC, tienen una compacidad muy densa el análisis de la capacidad de carga se ha considerado la condición más crítica en cuanto a

la compacidad del subsuelo y la posibilidad de falla de tipo general, por lo tanto la capacidad admisible del suelo para esta zona es de 55.65 Tn/m².

Zona II

La zona II, el suelo presenta condiciones de bueno a excelente para la construcción, no se detectó la presencia de niveles freáticos, el contenido de humedad es bajo y de plasticidad baja, los materiales presentes se consideran de buena competencia como soporte para cimentaciones, en su totalidad muy favorables para la construcción de viviendas, presentan excelente capacidad portante, la zona está representada por grava limosa con arena, de coloración amarillento, mediante los ensayos realizados y tomando como referencia el sistema unificado de clasificación de suelos SUCS se ha determinado que pertenecen al grupo GM, tienen una compacidad muy densa, el análisis de la capacidad de carga se ha considerado la condición más crítica en cuanto a la compacidad del subsuelo y la posibilidad de falla de tipo general, por lo tanto la capacidad admisible del suelo para esta zona es de 55.65 y 85.66 Tn/m².

Zona III

La zona III, presenta excelentes condiciones para la construcción, no se detectó la presencia de niveles freáticos, el contenido de humedad es bajo y de plasticidad nula, los materiales presentes se consideran de buena competencia como soporte para cimentaciones, en su totalidad muy favorables para la construcción de viviendas, presentan excelente capacidad portante, la zona está representada por arena mal graduada limo y con arena, de coloración amarillento, mediante los ensayos realizados y tomando como referencia el sistema unificado de clasificación de suelos SUCS se ha determinado que pertenecen al grupo SP SM, tienen una compacidad muy densa, el análisis de la capacidad de carga se ha considerado la condición más crítica en cuanto a la compacidad del subsuelo y la posibilidad de falla de tipo general, por lo tanto la capacidad admisible del suelo es de 45.60 Tn/m².

Zona IV

La zona IV, presenta buenas condiciones para la construcción, no se detectó la presencia de niveles freáticos, el contenido de humedad es regular y de plasticidad moderado, los materiales presentes se consideran de buena competencia como soporte para cimentaciones, en su totalidad muy favorables para la construcción de viviendas,

presentan buena capacidad portante, la zona está representada por arena mal graduada con limo y con arena, de coloración amarillento, mediante los ensayos realizados y tomando como referencia el sistema unificado de clasificación de suelos SUCS se ha determinado que pertenecen al grupo SP SM, tienen una compacidad densa, el análisis de la capacidad de carga se ha considerado la condición más crítica en cuanto a la compacidad del subsuelo y la posibilidad de falla de tipo general, por lo tanto la capacidad admisible del suelo para esta zona es de 38.29 Tn/m².

Realizado el mapa de cartografía geotécnica se calculó el valor promedio para la capacidad de carga admisible necesaria para el diseño estructural en los predios de la urbanización “Manuel Carrión Pinzano” obteniendo así un valor de 60.23 Tn/m².

En el anexo 10 se presenta la cartografía geotécnica del área de estudio.

6.3.3. Zonas constructivas

Con la finalidad de delimitar las zonas constructivas y áreas de exclusión/recreo, de los predios existentes en la urbanización, se correlaciono los datos obtenidos de la geología del sitio, los resultados de capacidad portante de los suelos obtenida de la realización de los ensayos en sitio y de laboratorio, y las condiciones topográficas del terreno. En base a esta correlación se ha determinado las siguientes zonas:

Zona Construibles

La zona comprende las manzanas A, B, C, E, y F, en una área de 0.51 ha que corresponde al 37.46 %, la litología presente pertenece a la formación Quillollaco (conglomerados y arcillas), los materiales que yacen en los predios son desde gravas hasta limos estos de compacidad muy densa, permitiendo de esta manera la construcción de obras, las cargas admisibles de los suelos pertenecientes a la zona tienen capacidades que oscilan los 55.65 a 75.95 ton/m², además las pendientes que presenta la zona no sobrepasa la inclinación de los 30°, lo cual permite asumir que en esta zona no existe ningún tipo de riesgo para la construcción de obras civiles.

Zonas construibles con modificación de la topografía

Abarca todas las manzanas en una área de 0.76 ha que corresponde al 55.98 %, a pesar de que las condiciones geológicas y geotécnicas del suelo son óptimas no pueden ser construibles debido a que la topografía del sitio presenta pendientes con inclinación de

30 a los 45 %, debido a que la topografía es la única que afecta la zona se deberá hacer modificaciones al terreno, los materiales que yacen en los predios van desde gravas hasta arcillas, estos de compacidad densa a muy densa en materiales granulares, y consistencia media a dura en arcillas, las cargas admisibles de los suelos pertenecientes a la zona tienen capacidades que oscilan los 38.29 a 85.66 ton/m², lo cual permite asumir que en esta zona se podrá realizar la construcción de obras civiles.

Zonas construibles con métodos de estabilización

Los predios que abarcan esta zona se encuentran en la manzana F con una área de 0.09 ha que corresponde al 6.56 %, las cargas admisibles de los suelos pertenecientes a la zona tienen capacidades dentro de los 45.60 ton/m², igualmente esta zona a pesar de que las condiciones geotécnicas demuestran que pueden ser aptas para la construcción, la topografía del terreno no favorece para la edificación ya que en esta área las pendientes sobrepasan los 45 % de inclinación, los predios afectados por esta zona no están totalmente descartados ya que los estratos presentes en el subsuelo buzan en sentido contrario al corte de talud, pero debido a que el material es de tipo granular presenta desprendimientos lo cual se puede solucionar con intervención de obras secundarias de ingeniería que permitan asumir que en esta zona se podrá realizar la construcción de viviendas.

Zonas no construibles por condiciones topográficas desfavorables

La zona no se presenta en ningún predio de la urbanización, pero no está por demás describir sus características, las condiciones geotécnicas de la zona son favorables para la construcción, no así el caso de la topografía la cual una vez más afecta con pendientes de inclinación mayor a los 45 %, a esto se le suma lo complicado de acceder lo cual lo hace aún más desfavorable para la construcción.

En el anexo 11 se presenta el mapa de zonas aptas para la construcción.

Una vez obtenido el mapa de zonas aptas para la construcción se calculó un promedio para la capacidad de carga admisible necesaria para el diseño estructural en los predios de la urbanización “Manuel Carrión Pinzano”, obteniendo así un valor de 60.23 Tn/m².

7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La ejecución del presente proyecto se lo realizó debido al memorando N°. ML-JRCU-2015-1640-M en la cual indica que el predio con clave catastral Nro. 610006024550700 perteneciente a la urbanización “Manuel Carrión Pinzano”, se encuentra en una zona *No Urbanizable en riesgo moderado*, por lo cual se elabora el proyecto de tesis denominado Mapa de Caracterización Geotécnica de la urbanización “Manuel Carrión Pinzano” con lo cual se pretende mediante los resultados obtenidos establecer zonas de construcción de obras de edificación, dentro de las áreas urbanizadas.

Los resultados obtenidos de la caracterización tanto geológica como geotécnica, demuestran que las condiciones actuales de los predios no presentan susceptibilidad ante amenazas a movimientos en masa e inundaciones; en el estudio realizado por Carlomagno Chamba T. denominado “Estudio geológico con fines geotécnicos de la lotización de la Asociación de Trabajadores Autónomos “Carrión Pinzano”, manifiesta ciertas características las cuales se correlacionan con lo investigado.

Geológicamente la urbanización en la parte inferior presenta un solo tipo de roca definido como conglomerado que pertenece a la formación Quillollaco cuya potencia supera los 80 metros, así mismo, en base a la clasificación geológico-geotécnico este tipo de rocas pertenecen a rocas sedimentarias clásticas, por el grado de solides se las clasifican como duras y estables prácticamente insolubles, también se manifiesta que se deberá tomar muy en cuenta la topografía escarpada del terreno además construir terrazas para disminuir la pendiente para fines de lotización, y realizar diseños y cálculos que ilustren y determinen la geometría del talud.

El trabajo investigativo desde el punto de vista ingeniero-geológico la urbanización “Manuel Carrión Pinzano” no presenta inconveniente alguno para su planificación y ejecución, siempre y cuando se manejen técnicamente los parámetros de la construcción civil., lo que reafirma las características geológico-geotécnico del área señalados en el estudio, y correlacionado con lo indicado por Carlomagno Chamba; no así con lo determinado por el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Loja, donde indica que los predios que se encuentran dentro de la urbanización están en una zona no urbanizable en riesgo moderado y que para la edificación de los mismos deberá realizarse estudios en la cual indiquen todas las características geotécnicas necesarias.

8. CONCLUSIONES

- De acuerdo a la información topográfica de la urbanización “Manuel Carrión Pinzano”, los predios de las manzanas A, B y E actualmente tienen una pendiente de terrenos inclinados con rango de 15 a 30 %, en las manzanas C y D la inclinación va desde los 30 a 45 % siendo moderadamente escarpados esto debido a la modificación del terreno, en el caso de la manzana F las condiciones de la pendiente de los predios II, III, IV, VII, VIII, IX, X, XI, XII, XIII y XIV es muy escarpada sobrepasando el 75 % de inclinación.
- La geología del sector de acuerdo a la información regional y en base a la descripción de afloramientos y calicatas, se conforma por rocas sedimentarias predominando los conglomerados en una matriz areno-limosa y con intercalaciones de arcillolita, secuencias atribuidas a la formación Quillollaco hace menos de 24´000,000 años en la época mio-plioceno.
- Los conglomerados se encuentran desde los 4.50 hasta los 9.00 metros de potencia entre el techo y el muro de estratificación, son de color gris amarillento, la matriz es areno-limosa, con clastos de rocas metamórficas meteorizadas. La arcillolita está conformada por estratos de espesores de 0.50 hasta aproximadamente los 2 metros y son de color gris.
- La estructura geológica está conformada por la estratificación de los conglomerados y arcillas con una dirección N 24° E y un buzamiento de 22° SE, existe la presencia de una falla inversa al oeste de la urbanización, pero esta no involucra los predios en estudio.
- En cuanto a la geomorfología está constituida por dos tipos de geoformas, de norte a sur se forma una superficie de cuesta la cual se prolonga hacia el sur, de oeste a este se presenta un frente de cuesta; debido a la presencia de estas dos geoformas en el sector de estudio morfológicamente presenta vertientes irregulares que varía los 45° de inclinación.
- En el análisis de los predios no se identifican flujos de acumulación de agua que pasen por los mismos, pero la escorrentía es puntualizada en las vías del lugar.

- En las perforaciones y exploraciones realizadas al sub-suelo se determinó que el material a los 2.50 metros de profundidad presenta características estables de suelo natural y no existe la presencia de asentamientos, deslizamientos e inestabilidad en la estructura del suelo natural, además no se tiene la presencia de nivel freático.
- De acuerdo a los perfiles estratigráficos obtenidos en la exploración del suelo, en el SPT 01 se determina que en la profundidad de 2.50 metros existe un estrato de suelo tipo GP GC de color amarillento, identificado como grava mal graduada con arcilla y con arena, en el SPT 02 se determina que en la profundidad de 2.50 metros existe un estrato de suelo tipo GM de color amarillento, identificado como grava limosa con arena, en el SPT 03 se determina que en la profundidad de 2,50 metros existe un estrato de suelo tipo SC de color café, identificado como arena arcillosa con grava, en el SPT 04 se determina que en la profundidad de 2.50 metros existe un estrato de suelo tipo GP GC de color amarillento, identificado como grava mal graduada con arcilla y limo con arena, y por último en el SPT 05 se determina que en la profundidad de 2.50 metros existe un estrato de suelo tipo SP SM de color amarillento, identificado como arena mal graduada con limo y con grava; todos estos materiales son de granulometría granular con tamaños de 2 a 20 mm de optima capacidad de soporte de cargas esto determina que no es necesario realizar cambio de suelo y que la cimentación de la edificación se puede realizar directamente sobre el estrato natural del suelo a la profundidad de 2 m.
- En el análisis de la capacidad de carga del sector de estudio se ha considerado la condición más crítica en cuanto a la compacidad del subsuelo y la posibilidad de falla de tipo general; los cálculos se realizaron de acuerdo a la teoría de Terzaghi. Utilizando la información arrojada por los ensayos de clasificación y compresión simple y por la prueba de penetración Estándar “SPT”, los valores de capacidad de carga para el diseño estructural se presentan en tabla 52. (valores de capacidad de carga para el diseño estructural)
- De acuerdo a los sondeos eléctricos verticales SEV se puede decir que en las capas obtenidas no existe la posibilidad de nivel freático, pero no se puede descartar la presencia de humedad debido a la existencia de medios granulares,

la resistividades de los suelos de la urbanización “Manuel Carrión Pinzano” van desde los 8.43 hasta 85.00 $\Omega \cdot m$. presentando materiales arcillosos y suelos de gravas subredondeadas de grano fino a medio en matriz limo arenosa, lo cual indica la nula presencia de agua.

- De acuerdo a los valores obtenidos en cada uno de los ensayos se interpoló y se calculó un promedio para la capacidad de carga admisible necesaria para el diseño estructural en los predios de la urbanización “Manuel Carrión Pinzano”, obteniendo así un valor de 60.23 Tn/m².
- El Factor de seguridad no podrá ser menor a 3 de acuerdo al tipo de suelo que presenta el terreno en el cual se va a cimentar y a la importancia de la obra a construirse.
- La cartografía geotécnica establece cuatro zonas, las cuales se caracterizan por la geomorfología del terreno, la litología de acuerdo al sistema unificado de clasificación de suelos SUCS y a la capacidad de carga admisible.
 - La Zona I. Se caracteriza por tener excelente material de tipo grava limosa con arena, con índice de plasticidad nula y de compacidad muy densa, se encuentra dentro de los predios de las manzanas A, B, D y F; ocupando un área de 0.42 ha.
 - La Zona II. Se caracteriza por tener material de excelente a bueno de tipo grava mal graduada con arcilla y con arena, con índice de plasticidad que va de 13.7 a 5.35 % y de compacidad muy densa, se encuentra dentro de todos los predios de las manzanas, ocupando un área de 1.45 ha.
 - La Zona III. Se caracteriza por tener excelente material de tipo arena mal graduada con limo y con grava, con índice de plasticidad nula y de compacidad muy densa, se encuentra dentro de los predios de las manzanas D, E y F.
 - La Zona IV. Se caracteriza por tener material bueno de tipo arena arcillosa con grava, con índice de plasticidad de 12.73 % y de compacidad muy densa, se encuentra dentro de los predios de las manzanas D, E y F.

- Las zonas constructivas en los predios del sector de estudio, son delimitadas de acuerdo a los parámetros geológico-geotécnico, en base a los datos obtenidos se determinó cuatro zonas constructivas.
 - Zona construible. Comprende las manzanas A, B, C, E y F, gran porcentaje de los predios son abarcados con un área de 0.51 ha y con una capacidad de carga que oscila los 55.65 a 75.95 Tn/m².
 - Zona construible con modificación de la topografía. Comprende todas las manzanas con un área de 0.76 ha y con una capacidad de carga que oscila los 38.29 a 85.66 Tn/m².
 - Zona construible con métodos de estabilización. Comprende parte de la manzana F, con capacidad de carga de 45.60 Tn/m². abarcando un área de 0.09 ha.
 - Zonas no construibles por condiciones topográficas desfavorables. La presencia de esta zona es nula en los predios, pero dentro de la urbanización se encuentran en la parte sur y al noroeste delimitada como área verde
- Las condiciones actuales de los predios de las manzanas A, B, C, D y E no presentan susceptibilidad ante amenazas a movimientos en masa e inundación. Las condiciones de estabilización del suelo son relativas y pueden cambiar drásticamente debido a procesos antrópicos; en cambio en la manzana F, las condiciones son diferentes presentando desprendimientos de material, por lo cual la estabilización del terreno de los predios de la manzana F dependerán del control de las actividades antrópicas que se realicen tanto en los predios de la manzana como en su entorno.

9. RECOMENDACIONES

- Los diseños estructurales del proyecto deben estar calculados de acuerdo a la capacidad portante del suelo, obtenido por los ensayos in situ y laboratorio, proyectándose para una vivienda según la ordenanza del gobierno autónomo descentralizado de Loja
- Diseñar y construir muros de contención para los predios que se encuentren dentro de la zona de construcción con modificación de la topografía, ya que debido a la intervención de agentes antrópicos se presentaran taludes, los cuales pondrán en riesgo la estabilidad de los predios, los muros deberán ser construidos con sus respectivos drenajes internos y externos.
- Para una construcción segura en los predios de la manzana F, los cuales se encuentran dentro de la zona de construcción con métodos de estabilización, se debe realizar el análisis de estabilidad de taludes en las pendientes de los limites oeste, para luego los respectivos diseños y trabajos de estabilización de las pendientes.
- La mayor parte de los predios tienen una pendiente inclinada, y al no contar la urbanización con calles asfaltadas y/o adoquinadas, se deberá diseñar las edificaciones con conexiones al sistema de alcantarillado pluvial, para evitar saturaciones en los suelos, la limpieza de sumideros deberá ser continua en temporada invernal, para drenar las escorrentías y minimizar la erosión de los suelos y subsuelos.

10. BIBLIOGRAFÍA

- González de Vallejo, L. Ingeniería Geológica. Madrid: Pearson Educación. (2002). ISBN: 84-205-3104-9
- Tarbuck, E. J.; Lutgens, F. K., Ciencias de la Tierra. Pearson Educación S.A., Madrid, 2005. ISBN edición latinoamericana: 84-205-4998-3
- Encarnación E. Carlos F., Estudio Geológico-Geotécnico del Campus Universitario de la Universidad Técnica Particular de Loja, 2013.
- F.G.H. Btyth – M.H. Ffreitas. Geología para ingenieros. Séptima edición 1995.
- Noriega, J. Elaboración e Interpretación de Estudios Geotécnicos, Técnicas de Investigación del Suelo. Axan, S.L., 2008
- Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar, Levantamiento Topográfico con fines catastrales, 2011.
- Braja M. Das, Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, publicado en inglés por Brooks Cole ©, Sacramento, California, 1999, ISBN-0-534-37114-5
- Sagaseta, C., Introducción a la Geotecnia: Tipos y Propiedades de los suelos.2010.
- Hungerbuhler, D. (1997). Neogene basins in the Andes of southern Ecuador: evolution, deformation and regional tectonic implications. Zurich: Swiss Federal Lnstttute Of Technology Zurich.
- Franuet J. & Querol A. 2010. Nivelación de Terrenos. España.
- Collazos C., González O., Ante C., Bravo D., Concha A. Ensayo De Penetración estándar (SPT), Universidad del Cauca, Facultad de Ingeniería Civil Departamento De Geotecnia, 2006
- Suárez Díaz J. Deslizamientos y Estabilidad de Taludes, Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos, Colombia, 1998, ISBN 958-33-0800-5
- Pozo M, González J y Giner J; geología práctica, Introducción al reconocimiento de materiales y análisis de mapas, Pearson Educación, ISBN 84 205-3908-2
- Delgado Vergas M. Ingeniería en Cimentaciones, Fundamentos e introducción al análisis geotécnico, 2a edición, Alfaomega, S.A, Colombia, 2000.
- Silvia Angelone y M. Teresa Garibay; Geología y Geotecnia, Tipos de suelos: características tacto visuales, (4ta edición), 2014.

- Guerrón Andrade A & Tacuri L. Ingeniería Civil. Quito. 2012.
- Plan De Desarrollo y Ordenamiento Territorial, Municipio de Loja, noviembre 2014
- Estudio geotécnico complementario, gerencia de urbanismo. Ayuntamiento de Jerez, España.
- ELE International. Testing Equipment for Construction Materials Catálogo 2007
- Geotecnia y Cimentaciones, Norma Ecuatoriana de la Construcción, NEC-SE-CM
- Star, L. y Estes, JE. Sistemas de información geográfica. Englewood Cliffs, Nueva Jersey: Prentice-Hall. 1990. ISBN: 0 13 351123 5
- <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/6166/1/CD-4818.pdf>
- <http://ocw.uis.edu.co/ingenieriacivil/estabilidaddetaludes/clase11/perforacionymuestreodesuelos.pdf>
- <http://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador/loja-hay-22-zonas-riesgos.html>.
- <http://ocw.unican.es/enseanzastecnicas/geotecniai/materialesdeclase/capitulo1.pdf>
- <https://es.scribd.com/doc/14537512/CaracteristicasFisicasyPropiedadesMecanicas-de-los-suelos-y-sus-Metodos-de-Medicion>
- <http://www.jerez.es/fileadmin/Documentos/Ciudadelflamenco/240lc01acf115anexo4estudiogeotecnicoproyecto.pdf>.

11. ANEXOS

Anexo 1. Mapa topográfico del área total de estudio a escala 1:1500.

Anexo 2. Mapa topográfico de la urbanización “Manuel Carrión Pinzano” a escala 1:750.

Anexo 3. Levantamiento planímetro de la urbanización “Manuel Carrión Pinzano” a escala 1:750.

Anexo 4. Caracterización geológica de afloramientos.

Anexo 5. Mapa Geológico de la urbanización “Manuel Carrión Pinzano” a escala 1:3500.

Anexo 6. Perfil geológico del área de estudio.

Anexo 7. Mapa Geomorfológico del área de estudio a escala 1:3500.

Anexo 8. Mapa hidrológico del área de estudio a escala 1:4000.

Anexo 9. Mapa de pendientes del área de estudio a escala 1:1500.

Anexo 10. Cartografía geotécnica del área de estudio 1:1500.

Anexo 11. Zonas constructivas y áreas de exclusión y/o recreo.

Anexo 12. Resultados del ensayo de penetración estándar S.P.T.

Anexo 13. Resultados de los sondeos eléctricos verticales SEV

Anexo 14. Corte geoelectrico de los SEV de la urbanización “Manuel Carrión Pinzano”

Anexo 1.

Mapa topográfico del área total de estudio a escala 1:1500.

Anexo 2.

Mapa topográfico de la urbanización “Manuel Carrión Pinzano” a escala 1:750.

Anexo 3.

**Levantamiento planímetro de la urbanización “Manuel Carrión Pinzano” a escala
1:750.**

Anexo 4.

Caracterización geológica de afloramientos.

• **Afloramiento 01**

Tema	Mapa de caracterización geotécnica de la urbanización “Manuel Carrión Pinzano”, perteneciente a la parroquia el Sucre de la ciudad, cantón y provincia de Loja.				Anexo fotográfico	
División política administrativa	Provincia: Loja	Cantón: Loja	Parroquia: Sucre	Sector: Urbanización “MCP”		
Registro de observación:	Código: A MCP 01	Realizado por : Oscar Lenin Zhinin Lituma		Fecha: 04/07/2018		
Coordenada:	Datum: WGS 84	X: 698782	Y: 9559597	Z: 2099		
Tipo de afloramiento:	Antrópico, debido a apertura de vías		Estado de afloramiento:	Estable con ligeras marcas de erosión.		
Humedad:	Baja	Textura:	Gruesa	Estructura	Estratificada	
Contexto geomorfológico:	Vertientes abruptas					
Grado de meteorización:	IV Altamente meteorizada					
Dimensiones (L x H):	25.4 x 5.7 metros					
Formación geológica:	Quillollaco					
Descripción geológica:	El afloramiento se conforma por rocas sedimentarias predominando los conglomerados en una matriz areno-limosa, los conglomerados compuestos de clastos redondeados de diámetro de 2 a 20 centímetros de roca metamórfica altamente meteorizada se encuentran en estratos 1.50 hasta 5 metros de espesor; sobre estos yacen e intercalan estratos de arcillolita y areniscas de color gris amarillento con espesores de 1.00 hasta los 2.00 metros respectivamente.					

• **Afloramiento 02**

Tema	Mapa de caracterización geotécnica de la urbanización “Manuel Carrión Pinzano”, perteneciente a la parroquia el Sucre de la ciudad, cantón y provincia de Loja.				Anexo fotográfico	
División política administrativa	Provincia: Loja	Cantón: Loja	Parroquia: Sucre	Sector: Urbanización “MCP”		
Registro de observación:	Código: A MCP 01	Realizado por : Oscar Lenin Zhinin Lituma		Fecha: 04/07/2018		
Coordenada:	Datum: WGS 84	X: 698661	Y: 9559572	Z: 2081		
Tipo de afloramiento:	Antrópico, debido a retaludamiento para apertura de predios		Estado de afloramiento:	Estable con ligeras marcas de erosión.		
Humedad:	Sin presencia de agua	Textura:	Media	Estructura		Estratificada
Contexto geomorfológico:	Vertientes abruptas					
Grado de meteorización:	III moderadamente meteorizada					
Dimensiones (L x H):	76 x 19 metros					
Formación geológica:	Quillollaco					
Descripción geológica:	El afloramiento se conforma por rocas sedimentarias predominando los conglomerados en una matriz areno-limosa, los conglomerados compuestos de clastos redondeados de 0.5 a 12 centímetros de roca metamórfica altamente meteorizada se encuentran en estratos 4 a 6 metros de espesor; sobre estos yacen e intercalan estratos de arcillolita y areniscas de color gris de espesores de 0.50 hasta los 1.50 metros respectivamente.					



- **Afloramiento 03**

Tema	Mapa de caracterización geotécnica de la urbanización “Manuel Carrión Pinzano”, perteneciente a la parroquia el Sucre de la ciudad, cantón y provincia de Loja.				Anexo fotográfico	
División política administrativa	Provincia: Loja	Cantón: Loja	Parroquia: Sucre	Sector: Urbanización “MCP”		
Registro de observación:	Código: A MCP 03	Realizado por : Oscar Lenin Zhinin Lituma		Fecha: 04/07/2018		
Coordenada:	Datum: WGS 84	X: 698612	Y: 9559493	Z: 2063		
Tipo de afloramiento:	Natural, debido a la erosión		Estado de afloramiento:	Estable con ligeras marcas de erosión.		
Humedad:	Sin presencia de agua	Textura:	Media	Estructura		Estratificada
Contexto geomorfológico:	Frente de cuesta					
Grado de meteorización:	III moderadamente meteorizada					
Dimensiones (L x H):	49 x 19 metros					
Formación geológica:	Quillollaco					

**Descripción
geológica:**

El afloramiento se conforma por rocas sedimentarias predominando los conglomerados en una matriz areno-limosa, los conglomerados compuestos de clastos redondeados de 1 a 10 centímetros de roca metamórfica altamente meteorizada se encuentran en estratos 4 a 6 metros de espesor; intercalados estratos de arcillolita y areniscas de color gris de espesores de 1.00 hasta los 1.50 metros respectivamente.

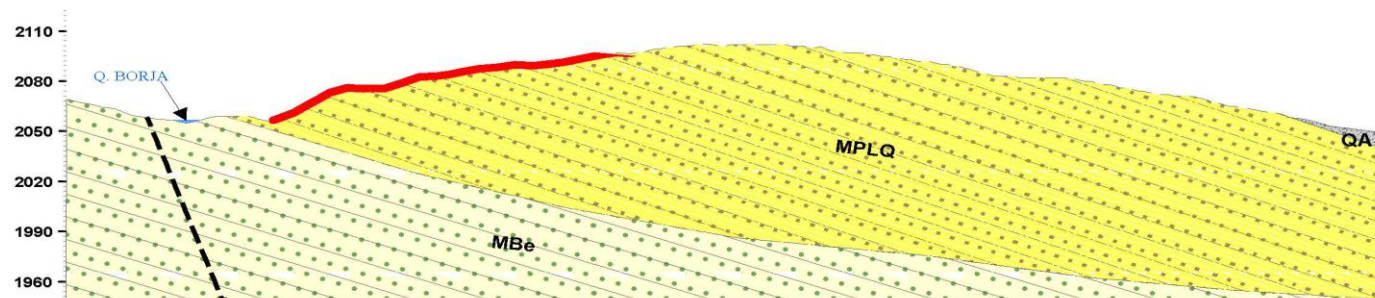


Anexo 5.

Mapa Geológico de la urbanización “Manuel Carrión Pinzano” a escala 1:3500.

Anexo 6.

Perfil geológico del área de estudio.



PERFIL GEOLÓGICO LINEA A-B
 ESCALA HORIZONTAL: 1:3000
 ESCALA VERTICAL: 1:3000

LEYENDA

- | | | | |
|--|---|----------------|------------------|
| <p>QA DEPOSITO ALUVIAL
Material poco consolidado, generalmente compuesto por bloques, cantos y guijeros de rocas volcánicas y metamórficas</p> <p>MPLQ QUILLOLLACO
Conglomerados clasto soportados intercalados con lentes de areniscas</p> <p>MBe BELEN
Lutitas y limolitas con restos vegetales intercalados con areniscas y conglomerados.</p> | <p>CUATERNARIO</p> <p>MIO-PLIOCENO</p> <p>MIOCENO</p> | <p>NEÓGENO</p> | <p>CENOZOICO</p> |
|--|---|----------------|------------------|

SÍMBOLOS GEOLÓGICOS

- Falta Observada
- - - Falta Inferida
- · - Contacto Inferido
- Urbanización "MCP"

Anexo 7.

Mapa Geomorfológico del área de estudio a escala 1:3500.

Anexo 8.

Mapa hidrológico del área de estudio a escala 1:4000.

Anexo 9.

Mapa de pendientes del área de estudio a escala 1:1500.

Anexo 10.

Cartografía geotécnica del área de estudio 1:1500.

Anexo 11.

Zonas constructivas y áreas de exclusión y/o recreo.

Anexo 12.-

Resultados del ensayo de penetración estándar S.P.T.

Ensayo de Penetracion Estandar SPT MCP 01

Ensayo de Penetracion Estandar SPT MCP 02

Ensayo de Penetracion Estandar SPT MCP 03

Ensayo de Penetracion Estandar SPT MCP 04

Ensayo de Penetracion Estandar SPT MCP 05

Anexo 13.-

Resultados de los sondeos eléctricos verticales SEV

Sondeo eléctrico vertical SEV 01

Sondeo eléctrico vertical SEV 02

Sondeo eléctrico vertical SEV 03

Sondeo eléctrico vertical SEV 04

Anexo 14.-

Corte geoelectrico de los SEV de la urbanización “Manuel Carrión Pinzano”