



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA EL ESTADIO MUNICIPAL DEL
CANTÓN CAMILO PONCE ENRÍQUEZ PROVINCIA DEL AZUAY**

**ORDOÑEZ GUAMAN ELVIS ALEXANDER
INGENIERO CIVIL**

**MACHALA
2025**



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA EL ESTADIO MUNICIPAL DEL
CANTÓN CAMILO PONCE ENRÍQUEZ PROVINCIA DEL
AZUAY**

**ORDOÑEZ GUAMAN ELVIS ALEXANDER
INGENIERO CIVIL**

**MACHALA
2025**



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTOS TÉCNICOS

**ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA EL ESTADIO MUNICIPAL DEL
CANTÓN CAMILO PONCE ENRÍQUEZ PROVINCIA DEL
AZUAY**

**ORDOÑEZ GUAMAN ELVIS ALEXANDER
INGENIERO CIVIL**

CABRERA GORDILLO JORGE PAUL

**MACHALA
2025**

TESIS - ORDOÑEZ ELVIS .

1%
Textos sospechosos



10% Similitudes (ignorado)
< 1% similitudes entre comillas
0% entre las fuentes mencionadas
1% Idiomas no reconocidos

Nombre del documento: TESIS - ORDOÑEZ ELVIS .docx
ID del documento: b06f94fba00ea58023a01d4c546fddd0e6bf9119
Tamaño del documento original: 257,5 kB

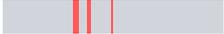
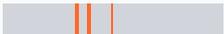
Depositante: JORGE PAUL CABRERA GORDILLO
Fecha de depósito: 29/7/2025
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 29/7/2025

Número de palabras: 14.775
Número de caracteres: 96.683

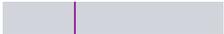
Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	 docslib.org Pdot-Canton-Camilo-Ponce - DocsLib https://docslib.org/doc/10081151/pdot-canton-camilo-ponce 2 fuentes similares	2%		 Palabras idénticas: 2% (330 palabras)
2	 www.habitatyvivienda.gob.ec https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/7.-NEC-SE-GC-Geotecnia-y... 7 fuentes similares	2%		 Palabras idénticas: 2% (312 palabras)
3	 docplayer.es NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN - NEC NEC-SE-CM G... https://docplayer.es/24224712-Norma-ecuatoriana-de-la-construccion-nec-nec-se-cm-geotec... 6 fuentes similares	2%		 Palabras idénticas: 2% (314 palabras)
4	 1library.co CPE INEN-NEC-SE-GM 26-8 Primera edición 2015-xx https://1library.co/document/yn0wgvjq-cpe-inen-nec-se-gm-primera-edición-xx.html 6 fuentes similares	2%		 Palabras idénticas: 2% (303 palabras)
5	 Documento de otro usuario #6a92ce Viene de de otro grupo 16 fuentes similares	2%		 Palabras idénticas: 2% (258 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	 Documento de otro usuario #9947bf Viene de de otro grupo	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (17 palabras)
2	 dspace.uazuay.edu.ec Correlación entre el Ensayo de Penetración Estándar (SP... http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/94773/15113.pdf.txt	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (17 palabras)
3	 Documento de otro usuario #324c49 Viene de de otro grupo	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (19 palabras)
4	 Documento de otro usuario #5a0ddd Viene de de otro grupo	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (14 palabras)
5	 dspace.ups.edu.ec https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/28694/1/UPS-GT005583.pdf	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (10 palabras)

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, ORDOÑEZ GUAMAN ELVIS ALEXANDER, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA EL ESTADIO MUNICIPAL DEL CANTÓN CAMILO PONCE ENRÍQUEZ PROVINCIA DEL AZUAY, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.



ORDÓÑEZ GUAMAN ELVIS ALEXANDER

0705796019

"Confía en el Señor con todo tu corazón, y no te apoyes en tu propia prudencia. Reconócelo en todos tus caminos, y él enderezará tus sendas"
Proverbios 3:5-6

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi madre, **Zoila Amada Guamán León** por su amor incondicional, sus sacrificios y su ejemplo de esfuerzo que me han guiado en cada paso de mi vida.

A mis hermanas **Vilma Maldonado, Rosa Guamán, Mariela Maldonado, Mayra Maldonado y Dayana Berrezueta**, por siempre estar a mi lado brindándome su apoyo incondicional.

A mi querido hermano **Abraham Maldonado**, por ser mi compañero de sueños y desafíos, por sus palabras de aliento en los momentos difíciles y por demostrarme, con su ejemplo, que la fortaleza y la bondad pueden ir siempre de la mano.

A toda mi familia, por ser mi refugio y mi mayor motivación.

Y a todas las personas que creyeron en mí incluso cuando yo dudaba de mis propias fuerzas.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a Dios, por darme la vida, la salud y la fortaleza para culminar esta etapa tan importante de mi formación profesional.

Extiendo mi gratitud a mis docentes, por su dedicación, por compartir sus conocimientos y experiencias, que han sido fundamentales para mi desarrollo académico y personal.

RESUMEN

El suelo representa el componente más importante de cualquier estructura, especialmente en el ámbito de la ingeniería civil. Por ende, el presente estudio geotécnico tiene como objetivo analizar las condiciones del suelo en el área destinada del estadio municipal del cantón Camilo Ponce Enríquez, provincia del Azuay. Donde se ejecutaron cuatro sondeos de exploración y ensayos de laboratorio para determinar propiedades como el contenido de humedad, límites de Atterberg, granulometría, resistencia a compresión simple y clasificación SUCS. Los resultados evidenciaron la presencia de suelos MH, ML y CL con capacidades portantes entre 0.50 y 0.91 kg/cm², así como un nivel freático entre 2.5 y 3.0 m. Con base en estos datos, se aplicó el método de Terzaghi para evaluar la capacidad de carga y se propusieron soluciones de mejoramiento del terreno mediante materiales pétreos. Este estudio proporciona una base técnica fundamental para el diseño de cimentaciones superficiales seguras y eficientes.

Palabras clave: Suelos, Capacidad portante, Límites de Atterberg, teoría de Terzaghi, compresión simple, cimentaciones

ABSTRACT

The ground is the most important component of any structure, especially in the field of civil engineering. Therefore, the objective of this geotechnical study is to analyze the soil conditions in the area designated for the municipal stadium in the canton of Camilo Ponce Enríquez, province of Azuay. Four exploratory boreholes and laboratory tests were carried out to determine properties such as moisture content, Atterberg limits, grain size distribution, simple compressive strength, and SUCS classification. The results showed the presence of MH, ML, and CL soils with bearing capacities between 0.50 and 0.91 kg/cm², as well as a water table between 2.5 and 3.0 m. Based on these data, the Terzaghi method was applied to evaluate the load-bearing capacity, and solutions for improving the soil using stone materials were proposed. This study provides a fundamental technical basis for the design of safe and efficient shallow foundations.

Keywords: Soils, Bearing capacity, Atterberg limits, Terzaghi theory, simple compression, foundations

INDICE DE CONTENIDO

<i>DEDICATORIA</i>	1
<i>AGRADECIMIENTO</i>	2
<i>RESUMEN</i>	3
<i>ABSTRACT</i>	4
<i>INDICE DE CONTENIDO</i>	5
<i>INDICE DE ILUSTRACIONES</i>	9
<i>INDICE DE TABLAS</i>	11
<i>INTRODUCCION</i>	14
<i>CAPITULO I</i>	17
<i>1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</i>	17
1.1. Línea base del proyecto.....	17
1.1.1. Ubicación Geográfica y extensión territorial.....	17
1.1.2. Población.....	18
1.1.3. Topografía.....	18
1.1.4. Uso del suelo.....	19
1.1.5. Suelo.....	19
1.1.6. Estabilidad del depósito de suelo.....	21
1.1.7. Geología.....	22
1.1.8. Amenaza sísmica.....	23
1.1.9. Sismicidad.....	23
1.1.10. Riesgos hidrológicos.....	24
1.2. Descripción de la situación del problema.....	25
1.3. Formulación del problema: preguntas científicas.....	26
1.4. Delimitación del objeto de estudio.....	27
1.5. Justificación.....	30
1.6. Objetivos: general y específicos.....	31
1.6.1. Objetivo general.....	31
1.6.2. Objetivos específicos.....	31
<i>CAPITULO II</i>	32
<i>2. MARCO TEORICO</i>	32
2.1. Antecedentes contextuales.....	32
2.2. Macro.....	32
2.3. Meso.....	32

2.4.	Micro	33
2.5.	Antecedentes conceptuales.....	33
2.5.1.	Información geotécnica.....	33
2.5.2.	Normativa	34
2.5.3.	Ensayos en campo.....	34
2.5.4.	Aguas subterráneas	41
2.5.5.	Ensayos en laboratorio.....	41
2.5.6.	Definición de las Propiedades geotécnicas de una masa de suelo	41
2.5.7.	Relaciones fundamentales.....	42
2.5.8.	Clasificación de los suelos	42
2.5.8.1.	SUCS.....	43
2.5.8.2.	AASHTO.....	44
2.5.9.	Mecánica de suelos	45
2.5.10.	Cimentaciones.....	45
2.5.10.1.	Cimentaciones superficiales	46
2.5.10.2.	Cimentaciones profundas	47
2.6.	Antecedentes referenciales.....	49
<i>CAPITULO III</i>		50
3.	<i>METODOLOGÍA</i>	50
3.1.	Modalidad básica de la investigación	50
3.2.	Tipo de Investigación	50
3.3.	Descripción de la Población y Muestra.....	50
3.4.	Métodos Teóricos o Empíricos con los Materiales Utilizados	51
3.5.	Técnicas para el Procesamiento de los Datos Obtenidos	51
3.6.	Ensayos a realizarse	51
3.6.1.	Contenido de humedad	52
3.6.2.	Límite de Atterberg	54
3.6.2.1.	Límite líquido.....	55
3.6.2.2.	Límite plástico.....	58
3.6.2.3.	Índice de plasticidad.....	60
3.6.3.	Análisis granulométrico (Método de lavado)	62
3.6.3.1.	Resumen de granulometrías	63
3.6.3.1.1.	Sondeo N°1	63
3.6.3.1.2.	Sondeo N°2	64

3.6.3.1.3. Sondeo N°3	64
3.6.3.1.4. Sondeo N°4	65
3.6.4. Compresión simple	65
3.6.4.1. Resumen de los esfuerzos obtenidos.....	65
3.6.4.1.1. Sondeo N°. 1	65
3.6.4.1.2. Sondeo N°2	66
3.6.4.1.3. Sonde N°3	66
3.6.4.1.4. Sondeo N°4	67
3.7. Capacidad de carga del suelo – Método de Terzaghi, 1948	67
<i>CAPITULO IV</i>	70
4. <i>ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</i>	70
4.1. Parámetros del suelo	70
4.2. Investigación del subsuelo	70
4.2.1. Evaluación e interpretación de las características físicas y mecánicas del suelo del sondeo N°1	70
4.2.1.1. Estratigrafía del suelo.....	71
4.2.2. Evaluación e interpretación de las características físicas y mecánicas del suelo del sondeo N°2.....	72
4.2.2.1. Estratigrafía del suelo.....	74
4.2.3. Evaluación e interpretación de las características físicas y mecánicas del suelo del sondeo N°3	75
4.2.3.1. Estratigrafía del suelo.....	76
4.2.4. Evaluación e interpretación de las características físicas y mecánicas del suelo del sondeo N°4.....	77
4.2.4.1. Estratigrafía del suelo.....	78
4.3. Evaluación comparativa de la capacidad portante del suelo según los 4 sondeos realizados.....	79
4.3.1. Sondeo N.º 1	80
4.3.2. Sondeo N.º 2	80
4.3.3. Sondeo N.º 3	80
4.3.4. Sondeo N.º 4	81
<i>CONCLUSIONES</i>	82
<i>RECOMENDACIONES</i>	84
<i>BIBLIOGRAFIA</i>	86

<i>ANEXOS</i>	90
Capacidad portante del suelo	90
Sondeo N° 1.....	90
Sondeo N°2.....	108
Sondeo N° 3.....	126
Sondeo N° 4.....	134
Granulometría y Limite de Atterberg.....	142
Sondeo N° 1.....	142
Sondeo N° 2.....	148
Sondeo N° 3.....	154
Sondeo N° 4.....	160
Fotos de la practica.....	169

INDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1. Ubicación geográfica de Camilo Ponce Enriquez</i>	17
<i>Ilustración 2. Mapa de sismos históricos del Ecuador y áreas de influencia.</i>	23
<i>Ilustración 3. Mapa de Peligro sísmico</i>	24
<i>Ilustración 4. Árbol de problemas</i>	27
<i>Ilustración 5. Mapa de ubicación del proyecto</i>	28
<i>Ilustración 6. Delimitación del proyecto</i>	28
<i>Ilustración 7. Ubicación de los puntos de los Sondeos realizados</i>	29
<i>Ilustración 8. 3D del estadio Camilo Ponce Enríquez</i>	30
<i>Ilustración 9. Normas para ensayos en campo y laboratorio.</i>	35
<i>Ilustración 10. Clasificación de las unidades de construcción por categorías.</i>	36
<i>Ilustración 11. Límites de Atterberg obtenidos en el Sondeo No. 1</i>	71
<i>Ilustración 12. Estratigrafía hasta una profundidad de 6 m, Sondeo N° 1</i>	72
<i>Ilustración 13. Límites de Atterberg obtenidos en el Sondeo No. 2</i>	73
<i>Ilustración 14. Estratigrafía hasta una profundidad de 6 m, Sondeo N° 2</i>	74
<i>Ilustración 15. Límites de Atterberg obtenidos en el Sondeo No. 3</i>	75
<i>Ilustración 16. Estratigrafía hasta una profundidad de 6 m, Sondeo N° 3</i>	76
<i>Ilustración 17. Límites de Atterberg obtenidos en el Sondeo No. 4</i>	77
<i>Ilustración 18. Estratigrafía hasta una profundidad de 6 m, Sondeo N° 4</i>	79
<i>Ilustración 19. Implantación 1 de estadio municipal de Ponce Enríquez</i>	166
<i>Ilustración 20. Implantación 2 de estadio municipal de Ponce Enríquez</i>	167
<i>Ilustración 21. Secciones transversales de Estadio municipal de Ponce Enríquez</i>	168
<i>Ilustración 22. Extracción de muestras con maquinaria pesada</i>	169
<i>Ilustración 23. Apertura de calicata con maquinaria pesada</i>	169
<i>Ilustración 24. Recolección de muestras para ensayos In Situ</i>	169
<i>Ilustración 25. Extracción de tubos shelby sondeo N.1</i>	169
<i>Ilustración 26. Extracción de tubo shelby, sondeo N°3</i>	170
<i>Ilustración 27. Extracción de tubos shelby, sondeo N°2</i>	170
<i>Ilustración 28. Ensayo de límite líquido</i>	170
<i>Ilustración 29. Extracción de muestras de los tubos shelby</i>	170
<i>Ilustración 30. Muestras extraídas de tubo shelby</i>	171
<i>Ilustración 31. Preparación de la muestra para Granulometría método de lavado</i>	171

<i>Ilustración 32. Granulometría método de lavado</i>	171
<i>Ilustración 33. Muestras obtenidas de granulometría (Por lavado)</i>	171
<i>Ilustración 34. Tamizado de muestras Para limite plástico</i>	171
<i>Ilustración 35. Ensayo limite plástico</i>	171
<i>Ilustración 36. Muestras de ensayo de Limite Liquido</i>	172
<i>Ilustración 37. Colocación de muestras de suelo en el horno</i>	173

INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Comparación de crecimiento poblacional de acuerdo a los censos de población y vivienda 2001 y 2010.</i>	18
<i>Tabla 2. Tipos de suelos según la NEC, 2015</i>	20
<i>Tabla 3. Formaciones geológicas dentro del cantón Camilo Ponce Enríquez.</i>	22
<i>Tabla 4. Coordenadas de los sondeos realizados</i>	29
<i>Tabla 5. Clasificación de las Estructuras o Edificios (Rodríguez Ortiz, Serra Gesta, & Oteo mazo, 1982)</i>	36
<i>Tabla 6. Número mínimo de sondeos y profundidad por cada unidad de construcción.</i>	37
<i>Tabla 7. Distancia máxima entre sondeos (Rodríguez Ortiz, Serra Gesta, & Oteo mazo, 1982)</i>	37
<i>Tabla 8. Profundidad mínima de los sondeos de acuerdo al tipo de cimentación</i>	38
<i>Tabla 9. Profundidad mínima de los sondeos de acuerdo al tipo de cimentación</i>	39
<i>Tabla 10. Clasificación de suelos AASHTO</i>	44
<i>Tabla 11. Resumen de Contenido de Humedad, Sondeo 1</i>	53
<i>Tabla 12. Resumen de Contenido de Humedad, Sondeo 2</i>	53
<i>Tabla 13. Resumen de Contenido de Humedad, Sondeo 3</i>	54
<i>Tabla 14. Resumen de Contenido de Humedad, Sondeo 4</i>	54
<i>Tabla 15. Límites líquidos obtenidos en el Sondeo No. 1 hasta 6m de profundidad</i>	56
<i>Tabla 16. Límites Líquidos obtenidos en la Sondeo No. 2 hasta 4m de profundidad</i>	57
<i>Tabla 17. Límites Líquidos obtenidos en la Sondeo No. 3 hasta 4m de profundidad</i>	57
<i>Tabla 18. Límites Líquidos obtenidos en la Sondeo No. 4 hasta 4m de profundidad</i>	57
<i>Tabla 19. Límites Plástico obtenidos en el Sondeo No. 1 hasta 6m de profundidad</i>	59
<i>Tabla 20. Límites Plástico obtenidos en la Sondeo No. 2 hasta 6m de profundidad</i>	59
<i>Tabla 21. Límites Plástico obtenidos en la Sondeo No. 3 hasta 6m de profundidad</i>	60
<i>Tabla 22. Límites Plástico obtenidos en la Sondeo No. 4 hasta 6m de profundidad</i>	60
<i>Tabla 23. Índice de Plasticidad obtenidos en el Sondeo No. 3 hasta 6m de profundidad</i>	61
<i>Tabla 24. Índice de Plasticidad obtenidos en el Sondeo No. 2 hasta 4m de profundidad</i>	61
<i>Tabla 25. Índice de Plasticidad obtenidos en el Sondeo No. 3 hasta 6m de profundidad</i>	61

<i>Tabla 26. Índice de Plasticidad obtenidos en el Sondeo No. 4 hasta 6m de profundidad</i>	62
<i>Tabla 27. Granulometría de los suelos obtenidos en el sondeo No.1</i>	64
<i>Tabla 28. Granulometría de los suelos obtenidos en el sondeo No.2</i>	64
<i>Tabla 29. Granulometría de los suelos obtenidos en el sondeo No.3</i>	64
<i>Tabla 30. Granulometría de los suelos obtenidos en el sondeo No.4</i>	65
<i>Tabla 31. Capacidad portante hasta una profundidad de 6 m, Sondeo N° 1</i>	66
<i>Tabla 32. Capacidad portante hasta una profundidad de 6 m, Sondeo N° 2</i>	66
<i>Tabla 33. Capacidad portante hasta una profundidad de 6 m, Sondeo N° 3</i>	66
<i>Tabla 34. Capacidad portante hasta una profundidad de 6 m, Sondeo N° 4</i>	67
<i>Tabla 35. Datos de suelo de Nueva Ponce en Ponce Enriquez</i>	68
<i>Tabla 36. Factores dependientes del ángulo de fricción, del método de Terzaghi.</i>	68
<i>Tabla 37. Cálculo de los Límites de Atterberg y Clasificación del Suelo según el Sistema USCS en el Sondeo N.° 1 a una Profundidad de 1 Metro</i>	142
<i>Tabla 38. Cálculo de los Límites de Atterberg y Clasificación del Suelo según el Sistema USCS en el Sondeo N.° 1 a una Profundidad de 2 Metro</i>	143
<i>Tabla 39. Cálculo de los Límites de Atterberg y Clasificación del Suelo según el Sistema USCS en el Sondeo N.° 1 a una Profundidad de 3 Metro</i>	144
<i>Tabla 40. Cálculo de los Límites de Atterberg y Clasificación del Suelo según el Sistema USCS en el Sondeo N.° 1 a una Profundidad de 4 Metro</i>	145
<i>Tabla 41. Cálculo de los Límites de Atterberg y Clasificación del Suelo según el Sistema USCS en el Sondeo N.° 1 a una Profundidad de 5 Metro</i>	146
<i>Tabla 42. Cálculo de los Límites de Atterberg y Clasificación del Suelo según el Sistema USCS en el Sondeo N.° 1 a una Profundidad de 6 Metro</i>	147
<i>Tabla 43. Cálculo de los Límites de Atterberg y Clasificación del Suelo según el Sistema USCS en el Sondeo N.° 2 a una Profundidad de 1 Metro</i>	148
<i>Tabla 44. Cálculo de los Límites de Atterberg y Clasificación del Suelo según el Sistema USCS en el Sondeo N.° 2 a una Profundidad de 2 Metro</i>	149
<i>Tabla 45. Cálculo de los Límites de Atterberg y Clasificación del Suelo según el Sistema USCS en el Sondeo N.° 2 a una Profundidad de 3 Metro</i>	150
<i>Tabla 46. Cálculo de los Límites de Atterberg y Clasificación del Suelo según el Sistema USCS en el Sondeo N.° 2 a una Profundidad de 4 Metro</i>	151
<i>Tabla 47. Cálculo de los Límites de Atterberg y Clasificación del Suelo según el Sistema USCS en el Sondeo N.° 2 a una Profundidad de 5 Metro</i>	152

<i>Tabla 48. Cálculo de los Límites de Atterberg y Clasificación del Suelo según el Sistema USCS en el Sondeo N.º 2 a una Profundidad de 6 Metro</i>	<i>153</i>
<i>Tabla 49. Cálculo de los Límites de Atterberg y Clasificación del Suelo según el Sistema USCS en el Sondeo N.º 3 a una Profundidad de 1 Metro</i>	<i>154</i>
<i>Tabla 50. Cálculo de los Límites de Atterberg y Clasificación del Suelo según el Sistema USCS en el Sondeo N.º 3 a una Profundidad de 2 Metro</i>	<i>155</i>
<i>Tabla 51. Cálculo de los Límites de Atterberg y Clasificación del Suelo según el Sistema USCS en el Sondeo N.º 3 a una Profundidad de 3 Metro</i>	<i>156</i>
<i>Tabla 52. Cálculo de los Límites de Atterberg y Clasificación del Suelo según el Sistema USCS en el Sondeo N.º 3 a una Profundidad de 4 Metro</i>	<i>157</i>
<i>Tabla 53. Cálculo de los Límites de Atterberg y Clasificación del Suelo según el Sistema USCS en el Sondeo N.º 3 a una Profundidad de 5 Metro</i>	<i>158</i>
<i>Tabla 54. Cálculo de los Límites de Atterberg y Clasificación del Suelo según el Sistema USCS en el Sondeo N.º 3 a una Profundidad de 6 Metro</i>	<i>159</i>
<i>Tabla 55. Cálculo de los Límites de Atterberg y Clasificación del Suelo según el Sistema USCS en el Sondeo N.º 4 a una Profundidad de 1 Metro</i>	<i>160</i>
<i>Tabla 56. Cálculo de los Límites de Atterberg y Clasificación del Suelo según el Sistema USCS en el Sondeo N.º 4 a una Profundidad de 2 Metro</i>	<i>161</i>
<i>Tabla 57. Cálculo de los Límites de Atterberg y Clasificación del Suelo según el Sistema USCS en el Sondeo N.º 4 a una Profundidad de 3 Metro</i>	<i>162</i>
<i>Tabla 58. Cálculo de los Límites de Atterberg y Clasificación del Suelo según el Sistema USCS en el Sondeo N.º 4 a una Profundidad de 4 Metro</i>	<i>163</i>
<i>Tabla 59. Cálculo de los Límites de Atterberg y Clasificación del Suelo según el Sistema USCS en el Sondeo N.º 4 a una Profundidad de 5 Metro</i>	<i>164</i>
<i>Tabla 60. Cálculo de los Límites de Atterberg y Clasificación del Suelo según el Sistema USCS en el Sondeo N.º 4 a una Profundidad de 6 Metro</i>	<i>165</i>

INTRODUCCION

La ciudad representa una de las creaciones más extraordinarias de la humanidad, al ser el núcleo donde convergen diversas expresiones de desarrollo urbano, social y económico. En este contexto, la ingeniería civil cumple un rol fundamental al liderar proyectos orientados a mejorar la infraestructura, resolver necesidades habitacionales y fomentar el crecimiento sostenible de las regiones. (He, 2012)

Dentro de cualquier proyecto de obra civil, resulta indispensable la realización de estudios geotécnicos, ya que estos permiten diseñar cimentaciones adecuadas que garanticen la estabilidad estructural y la seguridad de las edificaciones. Dichos estudios comprenden la evaluación del comportamiento y las propiedades geomecánicas del suelo o roca en el sitio de construcción, mediante actividades como el muestreo de campo, ensayos de laboratorio e investigaciones del subsuelo. A partir de esta información, se puede asegurar un diseño eficiente y compatible con las condiciones del terreno. (ZEKHNIEV et al., 2022)

Conocer cómo responderá un suelo ante las cargas generadas por una estructura es esencial para evitar fallos en el sistema de cimentación. Por ello, es necesario recopilar y analizar la mayor cantidad de datos posible: desde aspectos topográficos y estructurales hasta propiedades físicas y mecánicas del suelo. Esta información permite generar un modelo geotécnico representativo de la realidad, que contribuya a optimizar el diseño y ejecución de la obra.

Actualmente, el cantón Camilo Ponce Enríquez, ubicado en la provincia del Azuay, enfrenta un desafío relevante: la necesidad de un estudio geotécnico adecuado para su nuevo estadio municipal. Este estudio no solo es fundamental para garantizar la estabilidad y seguridad de la estructura, sino también para asegurar su funcionalidad y durabilidad a largo plazo. Por ello, es crucial abordar con rigurosidad el análisis del terreno, superando posibles limitaciones geotécnicas y contribuyendo, de esta manera, al desarrollo deportivo y social del cantón.

Este proyecto tiene como objetivo principal llevar a cabo un estudio detallado del comportamiento geotécnico del suelo en el área destinada al estadio de fútbol, una obra de uso deportivo. El estudio se fundamenta en investigaciones previas y se orienta a validar la idoneidad del terreno para proponer un sistema de cimentación adecuado.

De acuerdo con los lineamientos de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-2015), la zona de estudio corresponde a edificaciones de categoría baja (hasta tres plantas), por lo que se requieren sondeos con una profundidad mínima de 6 metros y un mínimo de tres exploraciones en el área de implantación.

En este sentido, el presente trabajo se enfoca exclusivamente en el estudio geotécnico del sitio, con el propósito de determinar los perfiles estratigráficos, la capacidad portante del suelo y las recomendaciones necesarias para el diseño adecuado de la cimentación. Este esfuerzo técnico busca ofrecer soluciones que acompañen el crecimiento ordenado del cantón, respondiendo a la necesidad de infraestructura moderna y segura, en beneficio de la comunidad local.

Estructura del trabajo

El presente trabajo de investigación constará de una estructura compuesta de 4 capítulos detallados a continuación:

El capítulo I: Planteamiento del problema procederemos a mención a la descripción problemática que existe respecto al tema de estudio, mediante la formulación de preguntas científicas que buscan solucionar la problemática principal, la delimitación del área de estudio, objetivos generales y específicos y además la justificación e importancia del proyecto técnico.

El capítulo II: El Marco Teórico abordará, en primer lugar, los antecedentes contextuales, analizando el desarrollo de los estudios geotécnicos desde una perspectiva macro, meso y micro, con énfasis en su aplicación en proyectos de infraestructura similares a nivel internacional, nacional y local. Se desarrollarán los antecedentes conceptuales, donde se definirán los principios fundamentales relacionados con el estudio geotécnico, las propiedades del suelo, y otros conceptos clave vinculados al comportamiento geotécnico. Asimismo, se incluirán las normativas técnicas aplicables como la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) y estándares internacionales, junto con los procedimientos metodológicos que se ejecutan durante un estudio geotécnico. Finalmente, los antecedentes referenciales presentarán una revisión de las diferentes metodologías aplicadas en el estudio geotécnico que se desarrolla en diversas investigaciones alrededor del mundo, permitiendo establecer un marco comparativo útil para fundamentar la propuesta metodológica del presente estudio.

El capítulo III: Metodología tocará temas como el tipo de investigación empleada y su modalidad, el objeto de estudio, la descripción de la población y muestra que se verá involucrada en el proyecto y los métodos teóricos y empíricos que fueron ejecutados con los materiales utilizados.

El capítulo IV: Interpretaremos el diseño definitivo de la alternativa de solución, Memoria técnica de los cálculos, emitiendo un criterio en base a los resultados obtenidos con la finalidad de proporcionar la información a las personas competentes.

CAPITULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

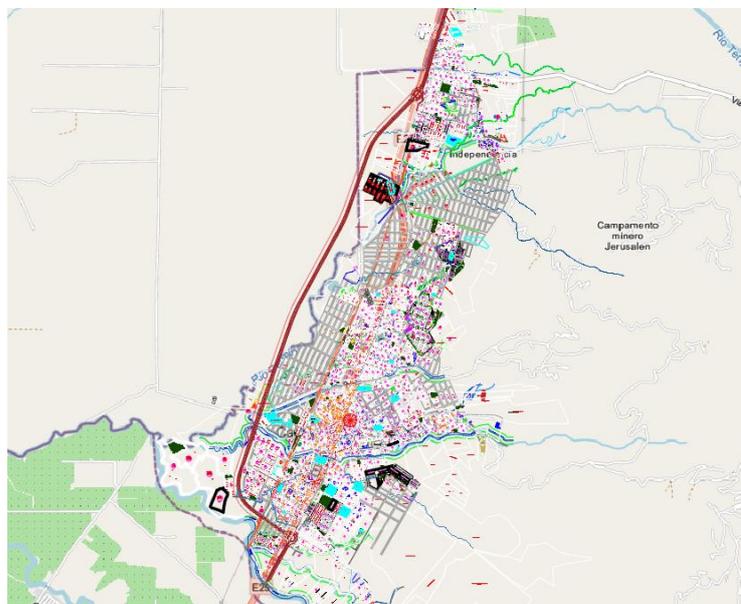
1.1. Línea base del proyecto

1.1.1. Ubicación Geográfica y extensión territorial

El cantón Camilo Ponce Enríquez está ubicado en el sector suroccidental del país, al Oeste de la provincia del Azuay, de la cual forma parte, en el límite con las provincias de Guayas y El Oro. Ocupando una superficie de 63.936,1 ha aproximadamente, es decir es el 7,68% de la provincia.

La enorme riqueza geofísica de los suelos y la ubicación geográfica de Camilo Ponce Enríquez son factores determinantes en el desarrollo socio-económico del cantón, considerado como uno de los más importantes de la provincia del Azuay. Esta zona goza de un clima tropical húmedo con temperaturas que van desde los 22 °C, hasta los 30 °C, aunque existen algunos meses del año en que ésta puede variar. Su topografía es bastante irregular pues posee altitudes que fluctúan desde los 43 m.s.n.m en la cabecera cantonal, hasta los 3680 m.s.n.m. en su parte más alta. (PDOT, 2019)

Ilustración 1. Ubicación geográfica de Camilo Ponce Enríquez



Fuente: Autor

1.1.2. Población

El cantón de Camilo Ponce Enríquez cuenta con una población de 21998 habitantes, según el último censo de Población y Vivienda realizado en el año 2010. El cantón tiene una superficie de 644km^2 y cuenta con una sola parroquia rural El Carmen de Pujilí. Y cabe recalcar que, según el censo de Población y vivienda del 2001, se observa un incremento de población muy considerable del 117.37%.

Tabla 1. Comparación de crecimiento poblacional de acuerdo a los censos de población y vivienda 2001 y 2010.

Población por sexo	Censo Poblacional y Vivienda 2001	Censo Poblacional y Vivienda 2010
Mujeres	4659	9787
Hombres	5431	12211
Total	10090	21998

Fuente: PDOT, 2015-2030, censo 2001, censo 2010

Elaborado: Equipo consultor

1.1.3. Topografía.

En la ingeniería civil la topografía es fundamental la medición y mapeo de las características físicas de un área

En ingeniería civil, la topografía es fundamental. Medición y mapeo de las características físicas de un área terrestre son necesarios para una variedad de actividades de ingeniería civil. Los levantamientos topográficos ayudan en la planificación, el diseño y la construcción de proyectos de infraestructura al recopilar datos sobre la elevación, los contornos y otras características del terreno. (JORGE LUIS MENDOZA DUEÑAS & ALFREDO PEZO PAREDES, 2023) & (Macedo & Ferreira, 2023)

Según (Peralta Delgado et al., 2020) la topografía es la disciplina que se presenta en nuestro diario vivir, constituyéndose un elemento indispensable dentro de las obras civiles y en muchos otros campos. La Topografía se ocupa del estudio de los métodos y los instrumentos para lograr representaciones de un terreno.

Partiendo de esto podemos definir que el territorio de Camilo Ponce Enríquez presenta una topografía regular en la parte baja en donde se encuentran las comunidades con mayor población; otra parte del territorio es topográficamente irregular con pendientes

pronunciadas, en estos terrenos se encuentran ubicadas comunidades que poseen paisajes naturales de interés turístico.

Camilo Ponce Enríquez posee altitudes que fluctúan de 43 m.s.n.m. en la cabecera cantonal, hasta 3680 m.s.n.m. en su parte más alta (comunidad de Pichilcay). El cantón cuenta con cinco importantes cuencas hidrográficas, todas ellas se desprenden en forma paralela desde la cordillera de los Andes hasta desembocar en el Océano Pacífico y el Golfo de Guayaquil. Estos ríos son: Río Jagua, Río Balao, Río Gala, Río Tenguel y Río Siete. (PDOT, 2019)

1.1.4. Uso del suelo.

El territorio, es el escenario en donde se realizan la gran mayoría de actividades humanas, y éste a su vez sufre las transformaciones de estas actividades, como la construcción de infraestructura (vías, centros poblados, represas, industria, etc.), remplazo de cobertura vegetal natural por actividades agropecuarias, entre otras, estas afectan en mayor o menor grado al territorio y sus interacciones.

1.1.5. Suelo

(Stanturf et al., 2021) Nos dice que los suelos son cuerpos naturales, formados por factores de estado de procesos físicos, químicos y biológicos que operan sobre el material geológico original a lo largo del tiempo. Debido a que permiten identificar la contaminación ambiental, debido a las diferentes actividades antrópicas, las mismas que a lo largo del tiempo han tenido repercusiones sobre el ecosistema.

Según el (GAD PROVINCIAL DEL AZUAY, 2019) encontramos diferentes tipos de suelos en la provincia del Azuay y se clasifican de acuerdo a sus formas físicas, pero de acuerdo las normas NEC-2015 “Los efectos locales de la respuesta sísmica de la edificación deben evaluarse en base a los perfiles de suelo, independientemente del tipo de cimentación. La identificación del perfil se realiza a partir de la superficie natural del terreno, inclusive en el caso de edificios con sótanos. Para edificios en ladera, el ingeniero geotécnico evaluará la condición más crítica para la edificación”. NEC en su Capítulo 2 establece la clasificación de los estratos de suelo en una escala de seis grupos: “A” “B” “C” “D” “E” y “F”; y corresponden a los 30 m superiores del perfil. En estratos claramente diferenciados se los debe subdividir asignándole un subíndice “i” que va desde

1 en la superficie hasta “n” en la parte inferior de los 30m superiores del perfil. (Ver tabla 2)

Tabla 2. Tipos de suelos según la NEC, 2015

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente.	$V_s \geq 1500 \text{ m/s}$
B	Perfil de roca de rigidez media.	$1500 \text{ m/s} > V_s \geq 760 \text{ m/s}$
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$760 \text{ m/s} > V_s \geq 360 \text{ m/s}$
	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios.	$N \geq 50.0$ $S_u \geq 100 \text{ kPa}$
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$360 \text{ m/s} > V_s \geq 180 \text{ m/s}$
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones.	$50 > N \geq 15.0$ $100 \text{ kPa} > S_u \geq 50 \text{ kPa}$
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$V_s < 180 \text{ m/s}$
	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas.	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ $S_u < 50 \text{ kPa}$
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista. Se contemplan las siguientes subclases:	
	F1 —Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como; suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc.	
	F2 —Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H > 3m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas).	
	F3 —Arcillas de muy alta plasticidad (H > 7.5 m con índice de Plasticidad IP > 75).	
	F4 —Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H > 30m)	
	F5 —Suelos con contrastes de impedancia α ocurriendo dentro de los primeros 30 m superiores del perfil de subsuelo, incluyendo contactos entre suelos blandos y roca, con variaciones bruscas de velocidades de ondas de corte.	
F6 —Rellenos colocados sin control ingenieril.		

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción – Peligro sísmico – Diseño sismo resistente (NEC, 2005)

1.1.6. Estabilidad del depósito de suelo.

De acuerdo a las normas NEC-2015, los perfiles de suelo hacen referencia a depósitos estables de suelo. Cuando exista la posibilidad de que el depósito no sea estable, especialmente ante la ocurrencia de un sismo como, por ejemplo, en sitios en ladera o en sitios con suelos potencialmente licuables o rellenos, no deben utilizarse las presentes definiciones y en su lugar debe realizarse una investigación geotécnica que identifique la estabilidad del depósito, además de las medidas correctivas, si son posibles, que se deben considerar para construir en el lugar. El estudio geotécnico debe indicar claramente las medidas correctivas y la demanda sísmica del sitio. De acuerdo con la información proporcionada, la investigación tiene como objetivo determinar las características del subsuelo y establecer la profundidad posible del estrato resistente, para el diseño de la cimentación de la estructura a construirse.

CARACTERIZACIÓN Y TIPOS DE SUELOS.

Según el origen de sus componentes, los suelos pueden clasificarse en dos grandes grupos: orgánicos e inorgánicos. En el caso de los suelos inorgánicos, si el material producto del intemperismo de las rocas permanece en el mismo lugar donde se generó, se denomina suelo residual. Por el contrario, si dicho material es desplazado de su sitio original por agentes externos como el agua o el viento, se forma un suelo transportado.

En muchos casos, la cantidad de materia orgánica es tan significativa respecto al contenido mineral, que las propiedades asociadas a la fracción inorgánica del suelo se ven prácticamente anuladas. (Islam et al., 2021)

- **Gravas:** Las gravas son acumulaciones sueltas de fragmentos de rocas y que tiene más de dos milímetros de diámetro.
- **Arenas:** La arena es el nombre que se le da a los materiales de granos finos procedentes de la denudación de las rocas o de su trituración artificial, y cuyas partículas varían entre 2mm y 0,06 mm de diámetro.
- **Limos:** los limos son suelos de granos finos con poca o ninguna plasticidad, pudiendo ser limo inorgánico como el producido en canteras, o limo orgánico como el que suele encontrarse en los ríos, siendo este último de características plásticas. El diámetro de las partículas de los limos está comprendido entre 0.06mm y 0.002mm. Los limos sueltos y saturados son completamente inadecuados para

soportar cargas por medio de zapatas. Su color varía desde gris claro a muy oscuro. Los limos, de no encontrarse en estado denso, a menudo son considerados como suelos pobres para cimentar.

- Arcillas: Se da el nombre de arcilla a las partículas sólidas con diámetro menor de 0,002 mm y cuya masa tiene la propiedad de volverse plástica al ser mezclada con agua. Químicamente en un silicato de alúmina hidratado, aunque en pocas ocasiones contiene también silicatos de hierro o de magnesio hidratados. La estructura de estos minerales es, generalmente cristalina y complicada, y sus átomos están dispuestos en forma laminar.
- Suelos cohesivos y suelos no cohesivos: Una característica que hace muy distintivos a diferentes tipos de suelos es la cohesión. Los suelos cohesivos son los que poseen cohesión, es decir, la propiedad de atracción intermolecular, como las arcillas. Los suelos no cohesivos son los formados por partículas de roca sin ninguna cementación, como la arena y la grava.

1.1.7. Geología.

Camilo Ponce Enríquez, presenta las siguientes formaciones geológicas dentro de su territorio:

Tabla 3. Formaciones geológicas dentro del cantón Camilo Ponce Enríquez.

FORMACIÓN	SUPERFICIE (HA)	PORCENTAJE (%)
F. Piñón	37575,69	58,9
Sin formación	19345,28	30,33
Volcánicos Saraguro	6614,91	10,37
F. Tarqui	149,8	0,23
Rocas Metamórficas	103,6	0,16

Fuente: MAGAP, 2005

Como se ve en la tabla anterior la formación Piñon domina dentro del cantón, seguida por los Volcánicos Saraguro, como las más importantes. Se debe mencionar que existe un 30,33% del territorio que no contiene formaciones (Sin Formación); sino está compuesto por un mosaico de rocas graníticas, terrazas aluviales, depósitos aluviales de ríos, cornubianitas diferenciadas, rocas graníticas no diferenciadas, entre otras.

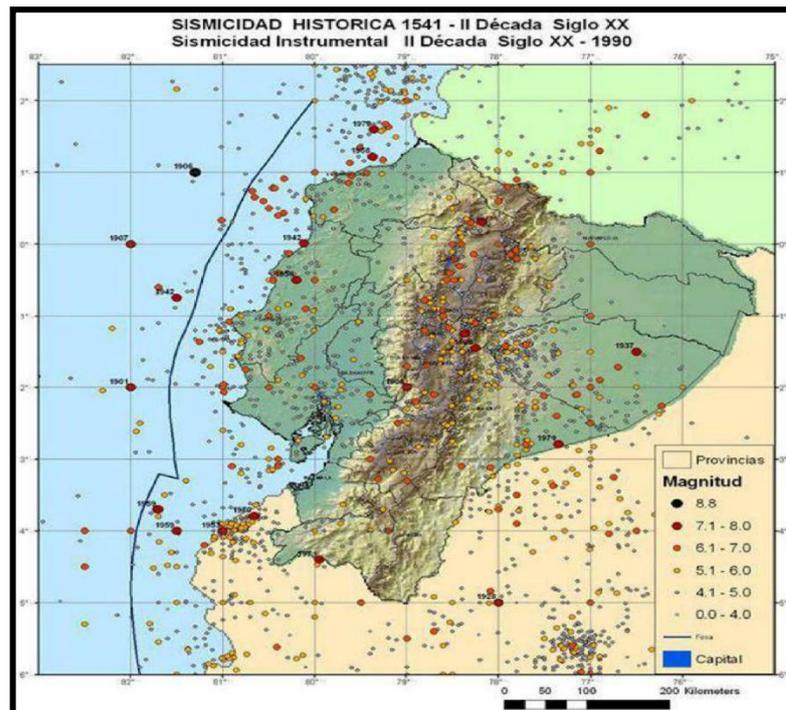
1.1.8. Amenaza sísmica.

Ecuador se encuentra localizado en el cinturón de fuego del océano Pacífico, al noroccidente de Sudamérica. Al ser uno de los países más densamente poblados de la región, está afectado por una intensa actividad sísmica, causada principalmente por la subducción de la placa oceánica de Nazca y la presencia de un complejo sistema de fallas activas locales.

1.1.9. Sismicidad.

La zona no presenta una sismicidad activa, se muestran los sismos históricos que han tenido lugar en el Ecuador. La sismicidad de la zona se caracteriza según la información consultada por sismos de intensidad en torno a cuatro, aunque aparece reflejado un sismo de intensidad 5 en la proximidad de la zona y varios de estas características en su entorno. Esto significa que la zona presenta una micro-sismicidad que hay que tener en cuenta en el diseño de cualquier elemento estructural. Un indicativo de esa actividad es el hecho de que en las zonas existan aguas termales asociadas a una falla profunda. El efecto de la micro-sismicidad tiende a degradar el ángulo de fricción interna del material, aspecto muy importante en los diques de la presa y en los taludes de las laderas.

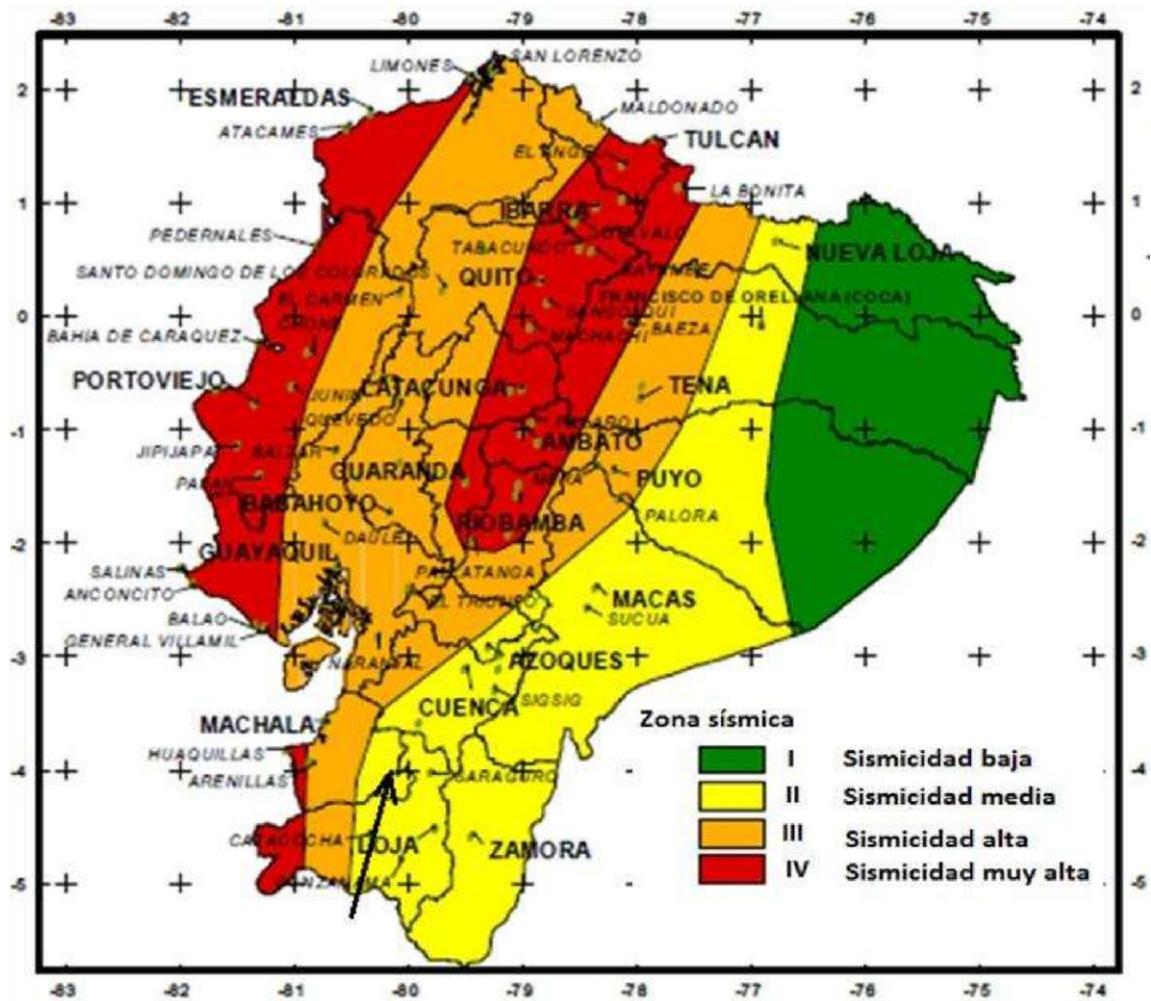
Ilustración 2. Mapa de sismos históricos del Ecuador y áreas de influencia.



Fuente: Instituto Geofísico

Es importante destacar que, según el Nuevo Código Ecuatoriano de la Construcción, norma NEC -2015, el sector de interés se encuentra incluido en una zona sísmica de intensidad II a III, en una escala cuatro, que tiene la siguiente distribución espacial en todo el territorio ecuatoriano como muestra la figura 3. El tema de la sismicidad es muy importante pues se considera que tienen incidencia sobre las obras civiles terremotos que se localizan hasta una distancia tengan de 300 Km.

Ilustración 3. Mapa de Peligro sísmico



Fuente: Instituto Geofísico

1.1.10. Riesgos hidrológicos.

Los riesgos hídricos en el cantón se desarrolla en consideración a 5 factores (zonas de acumulación, uso de suelo, litología, precipitación y orden hídrico), cada uno de ellos valorado en la mayoría de los casos entre 1 a 5 con el objeto que al sumar de acuerdo a un factor de ponderación de lugar a un valor total de amenaza, el cual se lo reclasifica en

5 clases (Muy baja, Baja, Media, Alta y Muy alta), estas clases representan la zonificación de la susceptibilidad por fenómenos de inundaciones en el territorio cantonal.

1.2. Descripción de la situación del problema

En el ámbito de la ingeniería civil, es esencial contar con un conocimiento detallado de las características del terreno antes de emprender cualquier proyecto de construcción. Lamentablemente, en la actualidad, se observa una tendencia preocupante en la que muchas construcciones se llevan a cabo sin realizar estudios previos de suelos. Esta omisión se debe, en gran medida, a la búsqueda de reducir los costos de construcción, aunque a menudo conlleva consecuencias negativas tanto para la población como para los residentes de la obra en el futuro.

Basándonos en este contexto, el propósito fundamental de estos estudios consiste en proporcionar datos de campo que garanticen la estabilidad, seguridad y durabilidad de las obras. Esto se logra mediante la prevención de situaciones de inestabilidad o desplazamientos de la estructura, lo que a su vez contribuye a minimizar los riesgos asociados y las posibles pérdidas, ya sean económicas, materiales o humanas.

Por otra parte, uno de los desafíos que enfrenta el sector es la frecuencia con la que se llevan a cabo los estudios de suelos. Para cualquier proyecto en la región, ya sea de esta naturaleza u otros similares, es imprescindible realizar un estudio geotécnico que se ajuste a las especificaciones técnicas establecidas por la normativa. Esto implica realizar los siguientes ensayos diseñados específicamente para recopilar datos relevantes sobre las características del suelo, según la NEC-SE-GC-Geotécnica-y-Cimentaciones 2015; sección 3.8., menciona que el tipo y número de ensayos depende del tipo de suelo, el alcance del proyecto y del criterio ingenieril, lo suficiente para definir las propiedades geotécnicas con claridad. Los ensayos a realizar en laboratorio para definir las propiedades geotécnicas del suelo se caracterizan en dos grupos que son:

- Número de la muestra y profundidad de la misma
- Clasificación S.U.C.S.
- Perfil estratigráfico del suelo
- Descripción de los materiales encontrados
- Contenidos de Humedad
- Límites de Consistencia: Limite Líquido, Limite Plástico

- Granulometría por lavado: % pasante Tamiz # 4, # 40 y # 200
- Valores de resistencia (S.P.T.) comprensión simple.
- Angulo de fricción
- q_u

Un problema ineludible y que ciertamente se escapa de nuestro control es la deficiente planificación de las cimentaciones debido a la ausencia de estudios de suelos en el cantón. Esta situación conduce a la realización de obras de manera inadecuada, lo que aumenta el riesgo en la construcción debido a una distribución de cargas incorrecta. Como resultado, las construcciones quedan expuestas a un alto nivel de peligro en caso de un sismo. Es imperativo abordar este problema para garantizar la seguridad de nuestras infraestructuras.

Otro problema que sin duda se sale de las manos y no se puede evitar, son los malos diseños de cimentación por falta de estudios de suelos del cantón, esto conlleva a ejecutar obras de la peor manera, incrementando el peligro en la construcción por su mala distribución de cargas, dejando a la obra en un alto grado de peligro ante un evento sísmico.

Uno de los principales desafíos en este estudio es garantizar la estabilidad y la seguridad del estadio, dado el alto peso y las cargas dinámicas que esta estructura deberá soportar. Además, la ubicación geográfica del estadio y las condiciones específicas del suelo en el área de construcción pueden presentar desafíos adicionales que deben ser considerados.

1.3. Formulación del problema: preguntas científicas

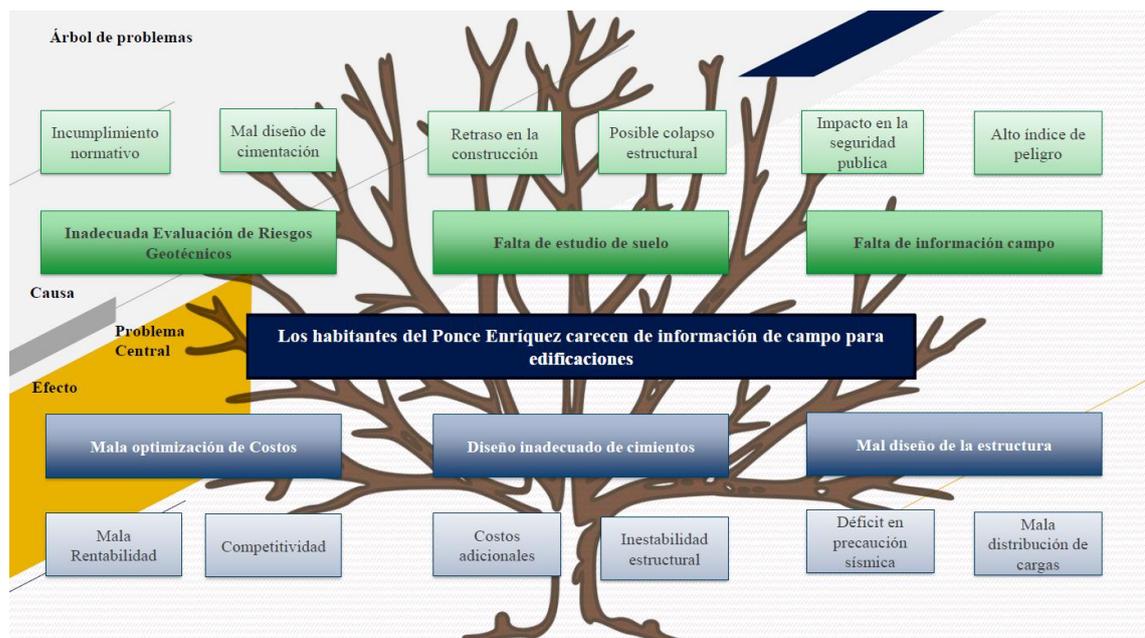
La construcción segura y eficiente de edificaciones requiere una comprensión detallada de las propiedades geotécnicas del suelo del lugar de estudio en este caso en el Cantón Ponce Enríquez, donde identificamos la necesidad de llevar a cabo un estudio geotécnico exhaustivo para evaluar la estabilidad del suelo en el sitio para lograr garantizar una base sólida y prevenir posibles deslizamientos o asentamientos que puedan afectar la integridad estructural de la edificación propuesta.

Así mismo hacemos énfasis a la falta de información de campo “Estudios de suelos”, que no nos permite determinar la capacidad exacta que va a soportar nuestro suelo, para asegurar que pueda soportar las cargas verticales y horizontales asociadas con las edificaciones, evitando deformaciones excesivas o fallas en las cimentaciones.

Por otro lado, la carencia de los estudios geotécnicos del suelo, provoca que el análisis estructural nos arroje una mala distribución de cargas ante una susceptibilidad de movimientos sísmicos, haciendo que el diseño de cimentaciones y estructuras no minimicen los riesgos asociados con eventos sísmicos.

Por lo tanto, analizando lo descrito anteriormente en la presente investigación se plantea el siguiente problema ¿Los habitantes del Ponce Enríquez carecen de información de campo para Edificaciones?

Ilustración 4. Árbol de problemas

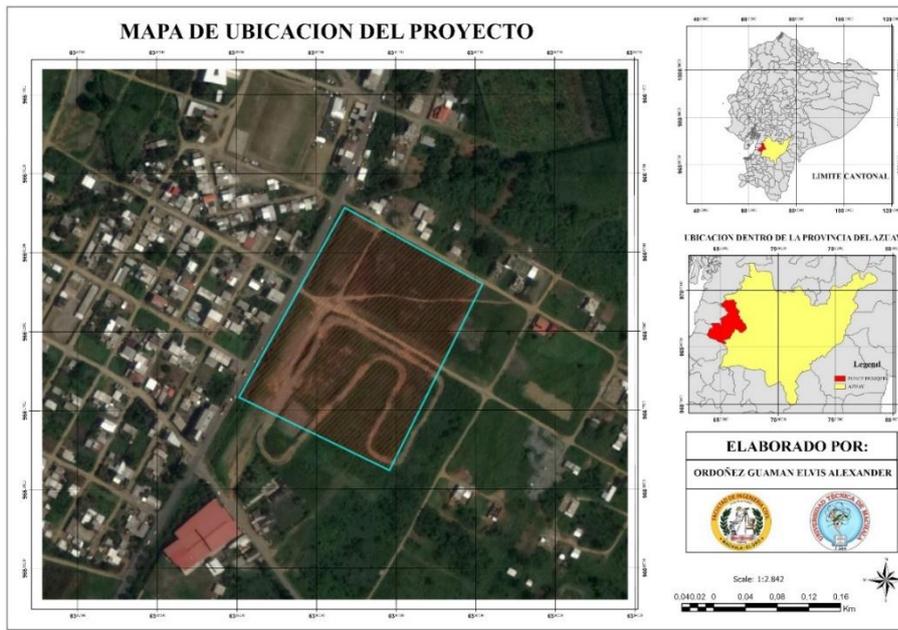


Fuente: Autor

1.4. Delimitación del objeto de estudio

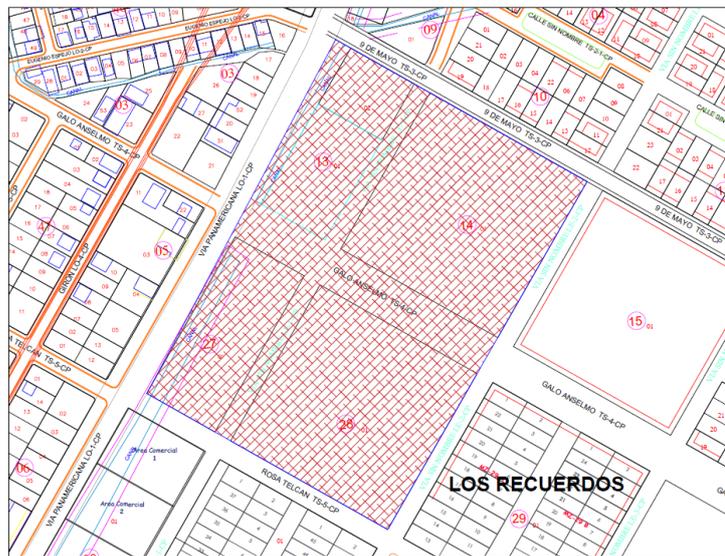
En este estudio se llevará a cabo un análisis geotécnico para respaldar la construcción de una edificación, específicamente un estadio de fútbol. Para este propósito, se ha elegido una zona específica de estudio que se presenta en la ilustración 2. En esta ilustración, se puede observar que el área de estudio está delimitada geográficamente por varios elementos. Al oeste, está limitada por la vía Panamericana, mientras que, al sur, se encuentra bordeada por la calle Rosa Telcan y una calle sin nombre. Por otro lado, al este, la delimitación se realiza mediante la calle 9 de mayo y otra vía sin nombre.

Ilustración 5. Mapa de ubicación del proyecto



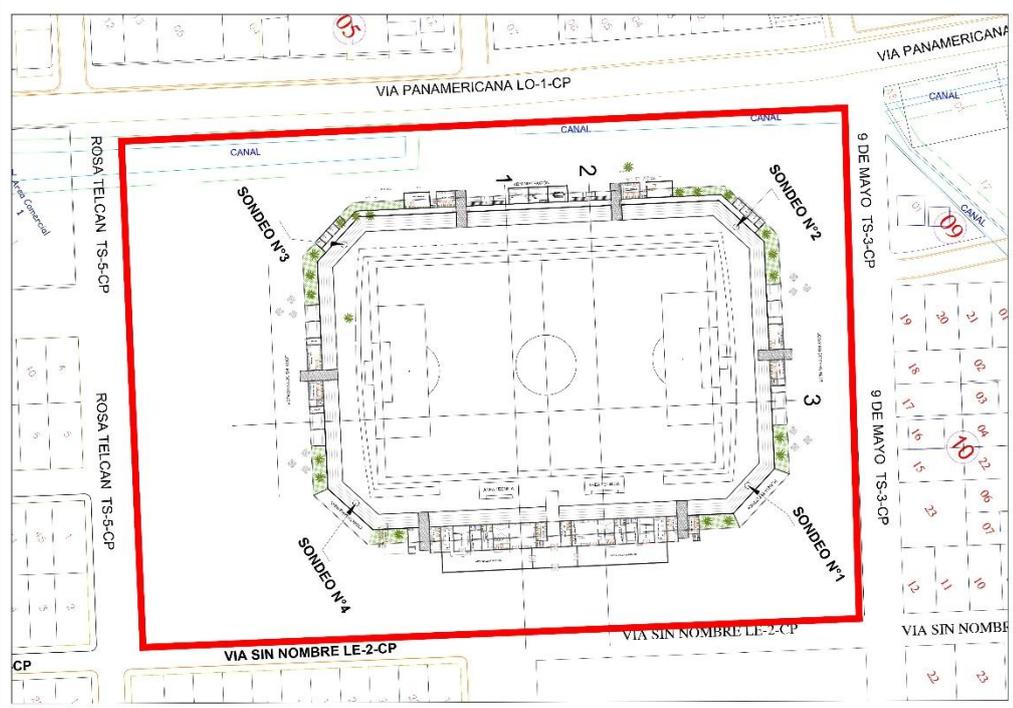
Fuente: Autor

Ilustración 6. Delimitación del proyecto



Fuente: Autor

Ilustración 7. Ubicación de los puntos de los Sondeos realizados



Fuente: Autor

Tabla 4. Coordenadas de los sondeos realizados

COORDENADAS UTM ZONA 17 SUR		
Superficie del terreno: 35105,6182		
Sondeo N°	ESTE	NORTE
1	639123,65	9660868,67
2	639054,73	9660907,22
3	638996,65	9660803,40
4	639065,56	9660764,85

Fuente: Autor

Ilustración 8. 3D del estadio Camilo Ponce Enríquez



Fuente: GAD MUNICIPAL

1.5. Justificación

La presente investigación se lleva a cabo para determinar el estudio geotécnico para la construcción de un estadio de fútbol, en el cantón Ponce Enríquez. Donde se planteará que las condiciones del suelo donde se piensa construir tienen que estar en un estado que permita soportar las cargas a las cuales se va a someter, por eso es necesario realizar el estudio geotécnico del suelo para saber cuál es el máximo esfuerzo que puede soportar dicho suelo.

Es así que resulta importante realizar el estudio de suelos y diseño de cimentaciones para que la estructura no tenga problemas de asentamientos y ni se produzcan grietas, por esta razón el suelo es la parte fundamental de una estructura debido a que este va a soportar todo el peso de la estructura, razón por la que se necesita saber todos los parámetros del suelo ya que estos nos brindan información sobre la capacidad que puede soportar, en nuestro caso determinar el esfuerzo último del suelo.

Cabe recalcar que en todo proyecto de ingeniería es importante conocer los parámetros de las propiedades físicas y mecánicas del suelo, el cual soporta todo el peso de la estructura, como ya se había dicho anteriormente, para conocer dichas propiedades se hace necesario realizar una serie de ensayos los cuales son obligatorios para todo tipo de

edificación según las normas NEC, SUCS y ASSTHO. Estas normas garantiza un proceso constructivo correcto que permitirá buena respuesta de la estructura en el momento de afrontar eventos sísmicos, este proceso encamina todo lo relacionado con la construcción, desde la ubicación del lote hasta la construcción o implementación del tipo sistema estructural, una medida fundamental es el estudio geotécnico, este permite determinar el tipo de suelo que tenemos por debajo de nuestra estructura y por ende el comportamiento de éste, y poder tomar los correctivos necesarios en caso de tener un suelo de comportamiento no deseado. Es primordial garantizar desde el inicio de nuestra obra, que las condiciones del terreno nos permiten tener seguridad en el momento de construir la estructura, que estamos frente a un suelo estable y de no ser así, poder desarrollar alternativas que contribuyan con la estabilización del suelo.

Una variable muy importante a considerar y que la información geotécnica lo indica es conocer si existen cuerpos de agua subterráneos (nivel freático) y a que profundidad, los cuerpos de agua subterráneos alteran el comportamiento de determinados tipos de suelo.

1.6. Objetivos: general y específicos

1.6.1. Objetivo general

Determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo, para el estadio de fútbol “Camilo Ponce Enríquez”, del cantón Camilo Ponce Enríquez de la provincia del Azuay.

1.6.2. Objetivos específicos

- Realizar investigaciones de campo mediante sondeos y perforaciones a 6 metros, con el fin de obtener muestras representativas del terreno.
- Determinar el tipo de suelos que existen en la zona mediante ensayos de laboratorio.
- Realizar estudio geotécnico para el estadio municipal de Ponce Enríquez.

CAPITULO II

2. MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes contextuales

A continuación, se presentan y analizan diversos proyectos tanto a nivel nacional como internacional que guardan similitudes con el caso de estudio abordado. Estos antecedentes permiten identificar enfoques metodológicos, soluciones aplicadas y lecciones aprendidas en contextos con características comparables, brindando así una perspectiva más amplia para la formulación de alternativas viables frente a la problemática planteada.

2.2. Macro

A nivel global es crucial determinar si los estudios geotécnicos realizados cumplen con los estándares necesarios para garantizar la seguridad y estabilidad de las edificaciones. Por lo tanto, resulta imperativo evaluar su desempeño frente a distintas disciplinas, como la mencionada mecánica de suelos y la ingeniería de cimentación. Esto permite asegurar que las cimentaciones diseñadas sean adecuadas para soportar las cargas y condiciones específicas de cada estructura. (Brohi et al., 2021)

El investigador turco (Akbulut, 2020) nos dice que la Mecánica de Suelos se basa en muchas disciplinas básicas: mecánica y dinámica, geología física e ingeniería geológica, mineralogía de arcillas y mecánica de sistemas granulares. Esto quiere decir que se emplea diferentes técnicas para realizar un estudio geotécnico.

2.3. Meso

En el sur de España se realizó una metodología novedosa para para la estabilización de cimientos poco profundos, donde se empleó un modelo de ERT-3D, que consiste en un modelo simplificado combinado con tomografía de resistividad eléctrica 3D, e inyecciones de consolidación, permitiendo definir el entorno geológico del subsuelo. (Gutiérrez-Martín et al., 2021)

La combinación de técnicas de campo y de laboratorio permitió obtener una comprensión integral de las características del suelo en la ciudad de Noto. Estos datos son fundamentales para la evaluación del riesgo sísmico y para el diseño adecuado de

infraestructuras resistentes a los movimientos telúricos. La información recopilada proporciona una base sólida para la planificación y ejecución de medidas de mitigación del riesgo sísmico en la región. (Cavallaro, 2022) Cabe aclarar que la mayor parte de estos ensayos serán aplicados en el presente trabajo.

2.4. Micro

En lo que concierne en el continente americano en Chile los autores (Villavicencio & Suazo, 2022) realizaron una caracterización geotécnica exhaustiva de las áreas de Viña del Mar, basándose en estudios posteriores al sismo del 3 de marzo de 1985, y pruebas geotécnicas como perforaciones de pruebas estándar de penetración (SPT), pruebas de penetración de cono dinámico (DCPT), estudios de microtremor de refracción (REMi) y pruebas Down-Hole. Por otro lado (Hussain et al., 2022), empleó un proceso de investigación del sitio para recopilar información geológica y geotécnica. Incluyendo pruebas de laboratorio para determinar el perfil del suelo y la capacidad de carga dentro del límite de asentamiento. Utilizando el enfoque Terzaghi para calcular la capacidad portante del suelo para cimentaciones aisladas.

En el contexto de Ecuador, un país con una diversidad geológica significativa y una historia de actividad sísmica, los estudios geotécnicos adquieren una importancia crítica para el diseño de cimentaciones seguras y eficientes. La variabilidad del terreno, desde suelos arenosos en la costa hasta formaciones rocosas en los Andes, requiere una comprensión detallada de las características geotécnicas locales para el desarrollo de soluciones de cimentación adecuadas. (Ortiz-Hernández et al., 2022) Emplearon diversos estudios para determinar la licuefacción del suelo mediante una prueba de penetración estándar (SPT), en la ciudad de Portoviejo.

2.5. Antecedentes conceptuales

2.5.1. Información geotécnica

La ingeniería geotécnica es un campo muy importante dentro de esta rama, debido a que el estudio de los problemas geotécnicos es crucial para las infraestructuras y diseño de cimentaciones para dichas construcciones. (Cavallaro, 2022) nos dice que es importante realizar estudios para determinar el comportamiento del suelo como material de

construcción o receptor de carga debido a que es de suma importancia, especialmente en zonas propensas a la actividad sísmica.

La geotecnia tiene un papel muy importante en la estabilidad y seguridad de las cimentaciones de los edificios. Esto implica una evaluación y caracterización detallada de las condiciones geotécnicas, ya que si descuidamos dichos estudios puede provocar deformaciones y consecuencias indeseables en las edificaciones. (Sokolov, 2022)

(Sowmiyaa, 2023) nos dice que las normas de diseño geotécnico son las herramientas básicas y más importantes para el diseño geotécnico de cimentaciones. Según (Šepac, 2022) en su artículo no indica que los diseños de cimentaciones juegan un papel crucial en el mundo debido a su importancia para garantizar la estabilidad, seguridad y sostenibilidad de las estructuras. Debido a esto el diseño de cimientos se basa en diversos factores para su construcción como los requisitos de cargas, condiciones de suelos y la integridad estructural. (Jibson & Tanyaş, 2020)

2.5.2. Normativa

Para realizar los estudios geotécnicos se llevarán a cabo ensayos en campo y laboratorio, para ello, la Normativa ecuatoriana de la construcción NEC-SE-GC-geotecnia-y-cimentaciones 2015 establece lo siguiente:

Pero cabe mencionar que (J. Briaud, 2023) nos dice que, en todo proyecto de ingeniería civil, se debe tener informa geotécnica debido a que proporciona información previa para la ejecución de los trabajos de campo y laboratorio, garantizando la seguridad y la estabilidad de los proyectos, para ello mencionamos las normas para cada ensayo en la tabla 4.

Este conjunto de normas técnicas NTE INEN y de la Sociedad Americana para Ensayos y Materiales, ASTM, forman parte integrante del Reglamento.

2.5.3. Ensayos en campo

Los ensayos de campo tienen como objetivo evaluar el comportamiento y el rendimiento de los materiales y técnicas en condiciones reales. Estas pruebas son cruciales para evaluar la eficacia de las técnicas de mejora del suelo a la hora de mitigar el riesgo de licuefacción del suelo(Muralha & Lamas, 2023).

(Flora et al., 2019) nos dice que los ensayos de campo también ayudan a comprender las propiedades y condiciones de los macizos rocosos, lo cual es esencial para diseñar estructuras de ingeniería rocosa y garantizar su seguridad, mismos que ayudan al reconocimiento del terreno en profundidad.

De la tabla N°4 usaremos el ensayo N°1, N°3, N°4, N°5, N°6 y N°7

Ilustración 9. Normas para ensayos en campo y laboratorio.

N°	ENSAYO		NORMAS		
1	Obtención de muestras para probetas de ensayo. Método para tu de pared delgada (Shelby)		NTE INEN 687	ASTMD 1587	
2	Peso unitario			BS - 1377	
3	Humedad natural		NTE INEN 690	ASTM D - 2216	
4	Límites de Atterberg	Limite liquido	NTE INEN 691	ASTM D - 423	AASHTO T- 89
		Limite plástico	NTE INEN 692	ASTM D - 424	AASHTO T- 90
5	Análisis granulométrico			ASTM D - 422	AASHTO T- 88
6	Clasificación de los suelos	SUCS		ASTM D - 2487	
		AASHTO			
7	Compresión simple			ASTM D - 2126	
	compresión triaxial UU			ASTM D - 4767	AASHTO T- 2850
8	Ensayo SPT			ASTM D - 1586	

Fuente: NEC-SE-GC-Geotecnia-y-Cimentaciones 2014

Clasificación de las unidades de construcción por categorías

La clasificación de las unidades de construcción por categorías es un proceso esencial en la planificación y diseño de proyectos. Se realiza con el propósito de evaluar la complejidad y las demandas estructurales de cada proyecto en particular. Esta clasificación se basa en varios criterios, incluyendo el número total de niveles y las cargas máximas de servicio que se anticipan en la estructura.(Oh & Vanapalli, 2018)

La clasificación de las unidades de construcción por categorías según la NEC-SE-GC-Geotecnia-y-Cimentaciones 2015 ofrece un enfoque sistemático y estructurado para la evaluación y el diseño de cimentaciones, facilitando la toma de decisiones informadas y la implementación de soluciones eficaces para cada proyecto. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2015)

Ilustración 10. Clasificación de las unidades de construcción por categorías.

CLASIFICACIÓN	SEGÚN LOS NIVELES DE CONSTRUCCIÓN	SEGÚN LAS CARGAS MÁXIMAS DE SERVICIO EN COLUMNAS (KN)
Baja	Hasta 3 niveles	Menores de 800
Media	Entre 4 y 10 niveles	Entre 801 y 4000
Alta	Entre 11 y 20 niveles	Entre 4001 y 8000
Especial	Mayor de 20 niveles	Mayores de 8000

Fuente: NEC-SE-GC-Geotecnia-y-Cimentaciones 2015

El Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid en su publicación Curso aplicado de Cimentaciones, realiza una clasificación aproximada de los edificios, donde se consideran el número de plantas incluyendo los sótanos.

Tabla 5. Clasificación de las Estructuras o Edificios (Rodríguez Ortiz, Serra Gesta, & Oteomazo, 1982)

Tipo	Profundidad de los sondeos
C-1	Edificios menores a 4 plantas* sin muros de carga, con estructura isostática o muy flexible y cerramientos independizados de la deformación de la estructura
C-2	Edificios de 4 a 10 plantas o que teniendo menos de cuatro plantas no cumplen las condiciones anteriores
C-3	Edificios de 11 a 20 plantas
C-4	Edificios de carácter monumental o singular, o con más de 20 plantas. (Serán objeto de un reconocimiento especial, cumpliendo al menos las condiciones que corresponden a C-3)

Fuente: NEC-SE-GC-Geotecnia-y-Cimentaciones 2015

Número mínimo de sondeos por categorías

el número mínimo de sondeos por categoría es un aspecto fundamental en la planificación de estudios geotécnicos, que garantiza la adecuada representación del suelo en el área de estudio y la fiabilidad de los resultados obtenidos.

La NEC-SE-GC-Geotecnia-y-Cimentaciones 2015; en la sección 3.5.2. Exige al ingeniero civil que se dedica al campo de construcción, realizar los sondeos necesarios “estudios geotécnicos”, que permitan obtener la información requerida de los parámetros del suelo para facilitar el diseño de cimentaciones, excavaciones, etc.

Para aquello la norma establece una profundidad mínima y el número de sondeos exploratorios, dependiendo de la categoría de la unidad de construcción como lo podemos

ver en la tabla 6. Es importante aclarar que Cada unidad esta categorizada respecto a su funcionalidad y a sus cargas.

En los análisis de nivel normal y para construcciones de los tipos C-1 y C-2, los puntos de reconocimiento deben ubicarse a una distancia d_{max} , a menos que exceda las dimensiones del terreno. Para otros tipos de edificaciones, los puntos de reconocimiento se colocarán más cercanos, según la tabla 8.

Tabla 6. Número mínimo de sondeos y profundidad por cada unidad de construcción.

CATEGORIA DE LA UNIDAD DE CONSTRUCCIÓN			
Baja	Media	Alta	Especial
Profundidad mínima de sondeos: 6 m	Profundidad mínima de sondeos: 15 m	Profundidad mínima de sondeos: 25 m	Profundidad mínima de sondeos: 30 m
Número mínimo de sondeos: 3	Número mínimo de sondeos: 4	Número mínimo de sondeos: 4	Número mínimo de sondeos: 5
El número mínimo de perforaciones serán tres.			

Fuente: NEC-SE-GC-Geotecnia-y-Cimentaciones 2015

NOTA: La distancia entre los sondeos exploratorios generalmente se determina más por la experiencia que por las normativas vigentes.

Tabla 7. Distancia máxima entre sondeos (Rodríguez Ortiz, Serra Gesta, & Oteo mazo, 1982)

Tipo	d (m)	do (m)
C-1, C-2	d_{max}	30
C-3	$0.8 d_{max}$	25
C-4	$0.7 d_{max}$	20

Fuente: NEC-SE-GC-Geotecnia-y-Cimentaciones 2015

La profundidad de perforación es un aspecto fundamental en el ámbito de la geotecnia, ya que suministra información esencial sobre las características geológicas y la estabilidad de los pozos excavados o perforados. (Huang et al., 2022) Aunque tradicionalmente, los métodos empleados para calcular esta profundidad se basaban en técnicas manuales, como el recuento directo de las tuberías de perforación, dichos métodos podrían resultar subjetivos y propensos a errores en la presentación de los datos. No obstante, (Ezendiokwere et al., 2021) nos dice que, con el progreso tecnológico, han surgido sistemas de monitoreo inteligentes destinados a calcular la profundidad de los pozos de perforación de manera precisa y en tiempo real.

Esto resalta la necesidad de una evaluación cuidadosa y fundamentada al seleccionar las profundidades de sondeo, ya que estas tienen un impacto significativo en la calidad y relevancia de la información geotécnica recopilada. La justificación de la elección de las profundidades de sondeo alternativas proporciona una base sólida para garantizar la idoneidad de los estudios geotécnicos y el diseño de cimentaciones adecuadas para cada proyecto específico. (Mirsayapov & Koroleva, 2023)

Además de las profundidades de sondeo indicadas en la tabla 6, la normativa también proporciona otras profundidades en la tabla 7, las cuales están relacionadas con el tipo específico de cimentación que se va a utilizar en el proyecto. En caso de optar por seguir estas pautas, será imprescindible explicar y fundamentar la decisión tomada.

El uso de estos criterios se da en base a la experiencia profesional de la exploración en campo del suelo y la estructura a cimentar.

Tabla 8. Profundidad mínima de los sondeos de acuerdo al tipo de cimentación

Tipo de obra subterránea	Profundidad de los sondeos
Losas corridas	1.5 veces el ancho
Zapatas	2.5 veces el ancho de la zapata de mayor dimensión.
Pilotes	Longitud total del pilote más largo, mas 4 veces el diámetro del pilote
Grupos de Pilotes	<ul style="list-style-type: none"> • Longitud total del pilote más largo, más 2 veces el ancho del grupo de pilotes • 2.5 veces el ancho del cabezal de mayor dimensión
Excavaciones	Mínimo 1.5 veces la profundidad de excavación a menos que el criterio del ingeniero geotécnico señale una profundidad mayor según requerimiento del tipo de suelo.

Fuente: NEC-SE-GC-Geotecnia-y-Cimentaciones 2014

Tabla 9. Profundidad mínima de los sondeos de acuerdo al tipo de cimentación

Caso particular: roca firme	<p>En los casos donde se encuentre roca firme, o aglomerados rocosos capas de suelos firmes asimilables a rocas, a profundidades inferiores a las establecidas, el 50% de los sondeos deberán alcanzar las siguientes penetraciones en material firme, de acuerdo con la categoría de la unidad de construcción:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Categoría Baja: los sondeos pueden suspenderse al llegar a estos materiales; • Categoría Media, penetrar un mínimo de 2 metros en dichos materiales, o dos veces el diámetro de los pilotes en éstos apoyados; • Categoría Alta y Especial, penetrar un mínimo de 4 metros o 2.5 veces el diámetro de pilotes respectivos, siempre y cuando se verifique la continuidad de la capa o la consistencia adecuada de los materiales y su consistencia con el marco geológico local.
-----------------------------	--

Fuente: NEC-SE-GC-Geotecnia-y-Cimentaciones 2014

Métodos permitidos para la exploración del suelo

Existen diversos métodos para la exploración del suelo, que pueden ser aplicados de manera directa o indirecta. La normativa NEC-SE-GC-Geotecnia-y-Cimentaciones 2015, en su sección 3.4, enumera un conjunto de alternativas que pueden ser empleadas en este proceso. La selección del método adecuado está determinada por las características específicas del suelo y las profundidades que se desean explorar.

Exploración directa

- Calicatas o trincheras.
- Veletas.
- Cono estático CPT, o dinámico DCP.
- Dilatómetro.
- Ensayo de penetración estándar SPT.

Exploración indirecta

- Sondeos Eléctricos Verticales
- Sísmica de Refracción (véase ASTM D577)
- Análisis Espectral de Ondas Superficiales

- ReMi

Distribución y Características de los sondeos

las características y la distribución de los sondeos son aspectos críticos en la planificación y ejecución de estudios geotécnicos. Una selección cuidadosa y una distribución adecuada de los sondeos garantizan la obtención de datos confiables que son fundamentales para el diseño seguro y eficiente de proyectos de ingeniería civil. (Abd El Aal & Rouaiguia, 2020)

La NEC-SE-GC-Geotecnia-y-Cimentaciones 2015, específicamente en su sección 3.5.1, establece los requisitos que deben cumplir los sondeos geotécnicos. Estos requisitos son fundamentales para asegurar la calidad y la fiabilidad de los datos obtenidos durante la exploración del suelo.

La normativa nos dice que los sondeos deben cumplir con las siguientes 6 disposiciones:

- Los sondeos con recuperación de muestras deben constituir como mínimo el 50% de los sondeos practicados en el estudio definitivo.
- En los sondeos con muestreo se deben tomar muestras cada metro a lo largo de toda la perforación.
- Al menos el 50% de los sondeos deben quedar ubicados dentro de la proyección sobre el terreno de las construcciones.
- Los sondeos practicados dentro del desarrollo del Estudio Preliminar pueden incluirse como parte del estudio definitivo -de acuerdo con esta normativa - siempre y cuando hayan sido ejecutados con la misma calidad y siguiendo las especificaciones dadas en el presente capítulo del Reglamento.
- El número de sondeos finalmente ejecutados para cada proyecto, debe cubrir completamente el área que ocuparán la unidad o unidades de construcción contempladas en cada caso, así como las áreas que no quedando ocupadas directamente por las estructuras o edificaciones, serán afectadas por taludes de cortes u otros tipos de intervención que deban ser considerados para evaluar el comportamiento geotécnico de la estructura y su entorno.
- En registros de perforaciones en ríos o en el mar, es necesario tener en cuenta el efecto de las mareas y los cambios de niveles de las aguas, por lo que se debe reportar la elevación (y no la profundidad solamente) del estrato, debidamente referenciada a un nivel preestablecido.

2.5.4. Aguas subterráneas

En los suelos costeros por su nivel cercano al mar, al momento de proyectar la cimentación de una edificación nos encontramos con el nivel freático entre -1 y -4m dependiendo de la zona. en la exploración del suelo dependiendo del alcance del proyecto definimos la cota del nivel freático, y su influencia en la capacidad del suelo a cimentar y en el proceso constructivo de la misma.

Cuando los suelos arcillosos de granulometría milimétrica interactúan con el agua, se observan cambios significativos en sus propiedades. Según diversos estudios, estos cambios se manifiestan principalmente en la disminución de ciertos parámetros como la conductividad hidráulica saturada (K_s), la difusividad relativa de los gases (D_p/D_0) y la permeabilidad al aire (K_a). Por lo tanto, es evidente que la interacción del agua con los suelos arcillosos induce cambios notables en la estructura de los poros del suelo, provocando una disminución de la cantidad de macroporos y un incremento en los microporos. (Yang et al., 2022)

2.5.5. Ensayos en laboratorio

Es el proceso que se lleva a cabo después del ensayo de campo, estos tienen como objetivo principal evaluar el comportamiento mecánico de las muestras de suelo. Esto se logra mediante la simulación de diversas condiciones, como cargas, deformaciones y variaciones de humedad, y posteriormente se realiza la clasificación correspondiente de las muestras. (Capa et al., 2023)

Por otro lado, las pruebas de laboratorio desempeñan un papel muy importante en la ingeniería geotécnica. (J. L. Briaud, 2023) nos dice que los ingenieros geotécnicos dependen en gran medida de estas pruebas para recopilar información esencial sobre el suelo. Estas pruebas permiten determinar una variedad de propiedades del suelo, que incluyen las propiedades de índice, las propiedades de deformación, las propiedades de resistencia y las propiedades de flujo.

2.5.6. Definición de las Propiedades geotécnicas de una masa de suelo

El estudio y comprensión de las propiedades geotécnicas del suelo son esenciales en la ingeniería civil y la construcción, ya que permiten evaluar la idoneidad del terreno para

proyectos específicos y diseñar cimentaciones y estructuras adecuadas para garantizar la seguridad y estabilidad de las obras. (Al-Sultani et al., 2023)

2.5.7. Relaciones fundamentales

En mecánica de suelos existen relaciones que son muy útiles de conocer y/o recordar, a continuación, se enlistan las principales:

Relación de vacíos. - La relación de vacíos proporciona información importante sobre la estructura y la capacidad de drenaje del suelo. Por ejemplo, un suelo con una relación de vacíos alta tendrá una mayor cantidad de poros y, por lo tanto, una mejor capacidad de drenaje, mientras que un suelo con una relación de vacíos baja tendrá menos poros y puede retener más agua.

$$\text{Relacion de vacios} = e = \frac{V_v}{V_s}$$

Contenido de humedad. - Las relaciones de peso son el contenido de humedad, el peso específico húmedo, el peso específico seco y el peso específico saturado, que con frecuencia se definen como sigue:

$$\text{Contenido de humedad} = w(\%) = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

Donde:

W_w = peso de los sólidos del suelo

W_s = peso del agua

2.5.8. Clasificación de los suelos

La clasificación de suelos surge con la necesidad de dividir los suelos en grupos de comportamientos semejantes, con propiedades geotécnicas similares. El procedimiento de clasificación consiste en incluir un suelo en un grupo que presenta un comportamiento semejante.

Esto se debe a que la mayoría de las clasificaciones de suelos utilizan ensayos muy sencillos, para obtener las características del suelo necesarias para poderlo asignar a un

determinado grupo. Las propiedades ingenieriles básicas que suelen emplear las distintas clasificaciones son la distribución granulométrica, los Límites de Atterberg, el contenido de materia orgánica.

Para esto se emplea, los sistemas de clasificación de suelos más utilizados en ingeniería civil como la SUCS (Unified Soil Classification System) y el AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials). El uso conjunto de ambos permite una comprensión más completa del comportamiento del suelo, ya que cada sistema aplica criterios específicos que, al ser comparados, ofrecen una evaluación más precisa y técnica. Para llevar a cabo esta clasificación, es fundamental analizar parámetros como la granulometría y los límites de Atterberg, los cuales proporcionan información esencial sobre la textura, plasticidad y aptitud del suelo para diferentes tipos de obras. De esta manera, se facilita una selección adecuada de materiales y métodos constructivos, contribuyendo a una toma de decisiones informada y segura durante las etapas de diseño y ejecución de proyectos de infraestructura.

2.5.8.1. SUCS

El SUCS (Unified Soil Classification System) clasifica los suelos con base en sus características granulométricas y de plasticidad, a través de ensayos de laboratorio como el análisis granulométrico (tamizado e hidrometría) y los límites de Atterberg (líquido y plástico). Este sistema es especialmente útil para describir suelos en proyectos estructurales, fundaciones y presas.

Los suelos se dividen en dos grandes grupos:

- Gruesos (más del 50% retenido en el tamiz N°200):

Gravas (G): GW (bien graduadas), GP (mal graduadas), GM (con finos limosos), GC (con finos arcillosos).

Arenas (S): SW, SP, SM, SC.

- Finos (más del 50% pasa el tamiz N°200):

Limos inorgánicos (ML), arcillas inorgánicas (CL), limos orgánicos (OL), arcillas orgánicas (CH, OH).

La carta de plasticidad de Casagrande permite distinguir entre limos y arcillas con base en el índice de plasticidad (IP) y el límite líquido (LL).

Aplicación:

El SUCS es el sistema adoptado por la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-SE-GC, 2015) para obras de edificación, siendo esencial para determinar la capacidad portante del suelo, su compresibilidad, expansividad o potencial de licuefacción.

2.5.8.2. AASHTO

El sistema AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) es un método ampliamente utilizado para la clasificación de suelos en proyectos de carreteras, caminos y plataformas, ya que relaciona las propiedades del suelo con su comportamiento bajo tráfico vehicular y condiciones climáticas adversas.

Los suelos se clasifican en grupos del A-1 al A-7, dependiendo de:

- El porcentaje que pasa por los tamices N°10 (2 mm), N°40 (0,425 mm) y N°200 (0,075 mm).
- Los límites de Atterberg: límite líquido (LL) y límite plástico (PL).
- El Índice de grupo (IG), el cual indica la calidad del suelo como subrasante (a mayor IG, menor calidad).

Clasificación general:

Tabla 10. Clasificación de suelos AASHTO

GROPO	Descripción general	Calidad de subrasante
A-1	Grava y arena bien graduada	Excelente
A-2	Grava y arena con algo de finos	Buena
A-3	Arena fina, limpia	Buena
A-4 a A-7	Limos y arcillas de baja a alta plasticidad	Baja a muy baja

Fuente: Autor

Índice de Grupo (IG)

$$IG = (F - 35)[0.2 + 0.005(LL - 40)] + 0.01(F - 15)(IP - 10)$$

Donde:

F= % que pasa el tamiz N°200

LL= Límite líquido

IP= Índice de plasticidad

2.5.9. Mecánica de suelos

La mecánica de suelos, se desarrolló a mediados del siglo XX, tuvo sus raíces en el trabajo empírico basado en el juicio ingenieril. Los pioneros en este campo fueron investigadores destacados como Terzagui en América y Caquot Kerisel en Europa. Su trabajo sentó las bases para los avances posteriores en la disciplina. A lo largo del tiempo, la mecánica de suelos ha evolucionado y se ha refinado, pero siempre con un enfoque en la aplicación práctica y la resolución de problemas del mundo real.

La ingeniería geotécnica se encarga de aplicar los principios de la mecánica de suelos para resolver problemas relacionados con el suelo en proyectos de ingeniería civil. Esta disciplina se centra en cómo el suelo interactúa con las estructuras y las cargas que estas imponen. (Vincent et al., 2020) En resumen, la ingeniería geotécnica utiliza los conceptos de la mecánica de suelos para abordar y resolver desafíos específicos presentados por el suelo en el contexto de la ingeniería civil.

2.5.10. Cimentaciones

Bowles, 1996; Nilson, 1999, y Das et al., 2006, define que la cimentación o subestructura, se ubica por debajo del nivel del terreno natural, su función es transmitir las cargas de la superestructura al suelo o roca. Su diseño depende de las cargas y las propiedades del suelo. Se clasifican en superficiales y profundas, diferenciándose por su geometría, capacidad del suelo, funcionalidad y sistema constructivo.

Según Bowles (1996), Nilson (1999) y Das et al. (2006), la cimentación, también conocida como subestructura, se sitúa bajo el nivel del terreno natural. Su principal objetivo es transferir las cargas de la superestructura al suelo o a la roca subyacente. El diseño de la cimentación se basa en las cargas que debe soportar y las propiedades específicas del suelo. Existen dos tipos principales de cimentaciones: superficiales y

profundas. Estas se diferencian en varios aspectos, incluyendo su geometría, la capacidad de carga del suelo, su funcionalidad y el método de construcción empleado.

La **Norma Ecuatoriana de la Construcción – NEC-SE-GC-Geotecnia y Cimentaciones (2015)**, en su sección 6.1.2, establece el siguiente criterio para clasificar el tipo de cimentación, basado en la relación entre la profundidad de desplante (D_f) y el ancho de la cimentación (B):

La NEC-SE-GC-Geotécnia-y-Cimentaciones 2015; sección 6.1.2., clasifica a las cimentaciones de acuerdo a la siguiente relación:

$$\frac{D_f}{B} \leq 4 = \text{Cimentación superficial}$$

$$\frac{D_f}{B} > 4 = \text{Cimentación profunda}$$

Donde:

$D_f =$ Profundidad de desplante

$B =$ Ancho de la cimentación

El tipo de cimentación se elegirá de acuerdo a:

- Un análisis que contemple la naturaleza de la edificación y las cargas a transmitir.
- Las condiciones del suelo o roca basados en los parámetros obtenidos de ensayos de campo y laboratorio.
- Las teorías a emplearse en la determinación de la capacidad admisible.
- Los costos que representan cada una de las alternativas estudiadas.

2.5.10.1. Cimentaciones superficiales

Las cimentaciones superficiales son sistemas estructurales que transmiten las cargas de la superestructura a las capas superiores del terreno, que deben poseer una resistencia suficiente para evitar asentamientos diferenciales o fallas por capacidad portante. Este tipo de cimentación se utiliza generalmente cuando los estratos superficiales del suelo

presentan buena capacidad de carga (superior a 1 kg/cm^2), y cuando la carga estructural es moderada.

Se consideran económicas y de fácil ejecución, ya que su construcción no requiere maquinaria especializada ni procedimientos complejos. Sin embargo, su aplicabilidad depende de estudios geotécnicos previos que verifiquen la homogeneidad y resistencia del suelo.

Tipos principales de cimentaciones superficiales:

Zapata aislada: Se emplea para soportar columnas individuales o pilares. Puede ser de forma cuadrada, rectangular o circular, dependiendo del tipo de carga y geometría estructural. Su diseño se basa en el equilibrio de presiones bajo la zapata y su capacidad portante.

Zapata combinada: Se utiliza cuando dos o más columnas están muy próximas, impidiendo la colocación de zapatas independientes. Pueden ser rectangulares o trapezoidales, y permiten distribuir uniformemente las cargas.

Zapata corrida: Se emplea en muros de carga o alineaciones continuas de columnas. Su diseño se basa en una distribución lineal de cargas a lo largo de su longitud.

Losa de cimentación (platea): Se trata de una gran losa de concreto armado que cubre toda el área de la edificación. Es útil cuando el suelo tiene baja resistencia y se desea distribuir las cargas en una mayor superficie. También se usa en edificaciones con sótano o estructuras con altas concentraciones de carga.

Las zapatas combinadas se plantean en casos intermedios, esto es, suelos de mediana compresibilidad y cargas no muy altas. Con esta solución se busca una reducción de esfuerzos, dándole cierta rigidez a la estructura, de modo que se restrinjan algunos movimientos relativos.

2.5.10.2. Cimentaciones profundas

Las cimentaciones profundas son elementos estructurales que transmiten las cargas hasta estratos profundos del subsuelo, donde la resistencia del terreno es suficiente para soportarlas de manera segura. Se emplean en casos donde el suelo superficial es blando, compresible, presenta presencia de agua subterránea elevada, o donde las cargas

estructurales son muy elevadas, como en rascacielos, puentes, presas o edificaciones industriales.

Estas cimentaciones trabajan por fricción lateral entre el elemento estructural y el terreno (capacidad por fuste) y/o por apoyo directo en un estrato resistente (capacidad por punta).

Tipos principales de cimentaciones profundas:

Pilotes prefabricados: Son hincados mediante golpeo o vibración, y pueden ser de concreto pretensado, acero o madera. Su ejecución rápida es una ventaja, pero requiere maquinaria especializada y control de vibraciones.

Pilotes colados in situ: Se perfora el terreno, se coloca armadura y se rellena con concreto. Existen variantes como pilotes barrenados o con entubado recuperable/permanente. Son ideales para áreas urbanas debido a su bajo impacto ambiental.

Caisson o pozos de cimentación: Son cimentaciones profundas de gran diámetro, excavadas manual o mecánicamente, con o sin entubado, hasta alcanzar el estrato competente. Se rellenan con concreto armado. Se utilizan en cimentaciones de puentes o estructuras hidráulicas.

Micropilotes: Son pilotes de pequeño diámetro (menor a 30 cm) que se introducen mediante perforación rotatoria. Están diseñados para transferir cargas moderadas y son ampliamente utilizados para reforzar cimentaciones existentes o en obras de rehabilitación estructural.

Consideraciones técnicas:

La ejecución requiere un estudio geotécnico detallado, incluyendo perfil estratigráfico, nivel freático, resistencia a la penetración (SPT o CPT), y características sísmicas del suelo.

Se deben evaluar efectos como el pandeo, la fricción negativa (en suelos blandos), y los asentamientos totales y diferenciales.

El control de calidad en la ejecución es crucial: pruebas de integridad (cross-hole), carga estática o dinámica, y monitoreo estructural.

2.6. Antecedentes referenciales

En la ciudad de Quito Pablo Morales con su trabajo titulado “Estudios geotécnicos para cimentaciones de estructuras: puentes, muros y edificios, en suelos y rocas” analiza una variedad de suelos para el diseño de cimentaciones que son analizados mediante ensayos “in situ”, para determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo, con el fin de establecer un adecuado procedimiento de ejecución y control, mediante un reconocimiento del terreno. También menciona que en Ecuador existe un poca importancia hacia la investigación geotécnica, por el desconocimiento de la importancia que tiene para el diseño de las cimentaciones de las estructuras.(Morales Erazo Pablo Alejandro, 2014)

Juan Riquetti en su trabajo titulado “Dimensionamiento geotécnico de cimentaciones superficiales en las unidades geotécnicas de la ciudad de Cuenca” busca determinar el dimensionamiento geotécnico de cimentaciones, considerando que se trata de cimientos cuadrados y rectangulares de dimensiones $B \times L$ con pedestal centrado ($E=0$), que reciben la carga entregada por columnas correspondientes al sistema resistente vertical propio de las tipologías porticadas tan frecuentes en la región. La continuidad entre columna y cimiento puede resolverse mediante vínculos articulados o empotrados (procurando continuidad del nudo), y las cargas entregadas al cimiento corresponden a fuerzas verticales y horizontales, y en adición un momento flector en el caso de existir continuidad. (Riquetti Morales Juan Pablo, 2010)

Robins Lima, realizó un estudio geotécnico para el diseño de cimentaciones de viviendas de tres pisos. en la ciudad de Machala. Definiendo información geotécnica de diversos puntos de la ciudad de Machala, mediante exploraciones de suelos, apegándose a la NEC – 2015, con el objetivo de generar una carta estratigráfica georreferenciada que permita determinar el tipo de suelos. Mediante los estudios de campo y laboratorio determino las características del suelo, su nivel freático, determinando que el suelo de la ciudad de Machala está constituido por partículas finas. (Lima Leon Robinson Jimmi, 2019)

CAPITULO III

3. METODOLOGÍA

El tipo de metodología que se va a emplear en este proyecto de titulación es de laboratorio y de campo.

3.1. Modalidad básica de la investigación

La presente investigación se enmarca dentro de la modalidad aplicada, ya que tiene como finalidad utilizar los conocimientos geotécnicos para evaluar las condiciones del terreno donde se proyecta la construcción del estadio municipal del Cantón Camilo Ponce Enríquez. Se busca obtener información precisa del subsuelo para aportar a la toma de decisiones técnicas en el desarrollo del proyecto de infraestructura.

3.2. Tipo de Investigación

El estudio tiene un enfoque mixto que combina la investigación documental y de campo. La investigación documental permitió recopilar y analizar información teórica y técnica relacionada con los estudios geotécnicos, normas ecuatorianas de la construcción (NEC) y antecedentes del área de estudio.

(Cabrera , Ordoñez , Carrión , & Lima, 2020) En su investigación de campo se desarrolló mediante la realización de ensayos directos en el terreno, con el objetivo de caracterizar sus propiedades físicas y mecánicas. Este enfoque permitió obtener datos concretos del sitio y contextualizarlos dentro del marco teórico.

3.3. Descripción de la Población y Muestra

En el contexto de esta investigación, la población está constituida por la totalidad del terreno donde se planifica construir el estadio municipal, ubicado dentro de los límites del Cantón Camilo Ponce Enríquez.

La muestra corresponde a las áreas específicas donde se realizaron las excavaciones y ensayos de campo. La selección de los puntos de muestreo se realizó de manera estratégica, considerando la extensión del terreno, la topografía, y el diseño preliminar de

la futura edificación. Se efectuaron calicatas, ensayos de penetración estándar (SPT) y recolección de muestras para análisis de laboratorio.

3.4. Métodos Teóricos o Empíricos con los Materiales Utilizados

Se aplicaron tanto métodos teóricos como empíricos para el desarrollo del estudio:

Métodos teóricos: Incluyeron el análisis de bibliografía especializada, normas técnicas nacionales e internacionales (NEC, ASTM, AASHTO), y teorías clásicas del comportamiento del suelo.

Métodos empíricos: Se utilizaron para la interpretación de los resultados de campo y laboratorio. Entre ellos, destacan la clasificación SUCS, curvas granulométricas, límite líquido y plástico, y correlaciones empíricas para determinar parámetros de resistencia.

Los materiales utilizados en campo incluyeron herramientas para la ejecución de calicatas, equipo para ensayos SPT, y elementos para la recolección de muestras inalteradas. En laboratorio, se emplearon tamices, balanzas, hornos, dispositivos para ensayos de Atterberg y demás equipos normalizados.

3.5. Técnicas para el Procesamiento de los Datos Obtenidos

Los datos obtenidos fueron procesados utilizando técnicas de análisis estadístico y normativo. Se aplicaron cálculos manuales y software (como Excel) para:

- Clasificación de suelos según SUCS y AASHTO.
- Cálculo de parámetros de plasticidad y capacidad portante.
- Generación de perfiles stratigráficos y secciones geotécnicas.
- Análisis de estabilidad y recomendaciones de cimentación.

Los resultados fueron organizados en tablas, gráficos y figuras para su interpretación técnica y presentación clara en el informe final.

3.6. Ensayos a realizarse

Con el fin de caracterizar geotécnicamente los suelos presentes en el área de estudio y clasificarlos de acuerdo a normas internacionales, se llevarán a cabo los siguientes ensayos de laboratorio:

3.6.1. Contenido de humedad

Este ensayo consiste en determinar el contenido de agua presente en el suelo tal como se encuentra en campo. Se utiliza el método de secado en horno a 110 ± 5 °C durante 24 horas, de acuerdo con la norma ASTM D2216. Este valor permite conocer el grado de saturación del suelo y es fundamental para correlacionar con otros parámetros físicos y mecánicos.

Equipo

- Recipiente
- Balanza
- Horno: a temperatura de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F).
- Herramientas menores: espátulas, franela, entre otros

Elementos de protección personal

- Bata de trabajo
- Gafas de seguridad
- Guantes de seguridad
- Botas punta de acero

Procedimiento

- Preparación del recipiente: Se selecciona un recipiente limpio y seco, al que se le mide y registra su peso vacío.
- Colocación de la muestra: Se introduce una cantidad representativa de suelo húmedo (recién extraído del campo) dentro del recipiente. A continuación, se mide el peso conjunto del recipiente y la muestra húmeda.
- Secado de la muestra: El recipiente con el suelo se coloca en un horno a una temperatura constante de 110 ± 5 °C durante un período mínimo de 24 horas, o hasta alcanzar masa constante.
- Pesado final: Luego del secado, se retira el recipiente, se deja enfriar en un desecador (si se dispone), y se registra el peso del recipiente con el suelo seco.

En la Tabla N.º 10, N.º11, N.º11 y N.º13 se detallan los resultados obtenidos en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Machala,

correspondientes a la determinación del contenido de humedad del suelo, conforme al procedimiento establecido para dicho ensayo.

Perforación N° 1

Tabla 11. Resumen de Contenido de Humedad, Sondeo 1

LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES		
CONTENIDO DE HUMEDAD		
Sondeo N°.	Profundidad	W%
1	1 m	29,71%
	2 m	25,87%
	3 m	37,86%
	4 m	17,33%
	5 m	32,86%
	6 m	39,36%
PROMEDIO		30,50%

Fuente: Autor

Perforación N° 2

Tabla 12. Resumen de Contenido de Humedad, Sondeo 2

LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES		
CONTENIDO DE HUMEDAD		
Sondeo N°.	Profundidad	W%
2	1 m	28,98%
	2 m	37,02%
	3 m	34,61%
	4 m	34,24%
	5 m	32,28%
	6 m	33,05%
PROMEDIO		33,71%

Fuente: Autor

Perforación N° 3

Tabla 13. Resumen de Contenido de Humedad, Sondeo 3

LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES		
CONTENIDO DE HUMEDAD		
Sondeo N°.	Profundidad	W%
3	1 m	34,99%
	2 m	12,63%
	3 m	14,48%
	4 m	17,41%
	5 m	17,68%
	6 m	20,83%
PROMEDIO		19,88%

Fuente: Autor

Perforación N° 4

Tabla 14. Resumen de Contenido de Humedad, Sondeo 4

LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES		
CONTENIDO DE HUMEDAD		
Sondeo N°.	Profundidad	W%
4	1 m	28,62%
	2 m	26,30%
	3 m	30,90%
	4 m	28,76%
	5 m	29,20%
	6 m	35,59%
PROMEDIO		28,65%

Fuente: Autor

3.6.2. Límite de Atterberg

Los límites de Atterberg son parámetros fundamentales para caracterizar el comportamiento plástico de los suelos finos, como limos y arcillas, en función de su contenido de humedad.(Ekeleme et al., 2021) Estos límites permiten identificar las transiciones entre los estados sólido, plástico y líquido del suelo, proporcionando información clave para su clasificación y comportamiento ingenieril.(De La Cruz Vega et al., 2022)

El ensayo se ejecuta conforme a lo establecido en la norma ASTM D4318, la cual contempla los procedimientos para obtener el límite líquido, el límite plástico y calcular

el índice de plasticidad. Estos valores son utilizados en la clasificación del suelo, así como en la interpretación de su comportamiento en estado natural.

3.6.2.1. Límite líquido

El límite líquido (LL) es el contenido de humedad a partir del cual un suelo pasa del estado plástico al estado líquido. Este parámetro es esencial para evaluar el comportamiento de los suelos finos, ya que indica la cantidad de agua necesaria para que el suelo pierda su capacidad de mantener su forma.

La Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-SE-GT) exige la determinación del límite líquido como parte del estudio de caracterización de suelos en proyectos de edificación y obras civiles, con el fin de evaluar su plasticidad, expansividad y compresibilidad.

El ensayo se realiza siguiendo el procedimiento de la norma ASTM D4318, utilizando el dispositivo de Casagrande. Durante el ensayo, se mide el contenido de humedad en el cual una ranura hecha en una muestra de suelo se cierra después de 25 golpes en la copa del dispositivo. Este valor permite establecer la frontera entre el comportamiento plástico y fluido del suelo, y es utilizado en la clasificación SUCS y AASHTO, así como en la interpretación de riesgos geotécnicos asociados al tipo de suelo.

Equipos

- Dispositivo de Casagrande con copa y manivela
- Espátula metálica
- Suelo tamizado (pasante del tamiz No. 40, 0.425 mm)
- Cuchillo o alisador
- Recipientes metálicos (taritas)
- Balanza de precisión (0.01 g)
- Estufa u horno (110 ± 5 °C)
- Agua destilada

Elementos de protección personal

- Guantes de látex o nitrilo
- Mandil o bata de laboratorio

- Gafas de seguridad (si se manipulan productos líquidos o el horno)
- Mascarilla (en caso de suelos con polvo fino)
- Zapatos cerrados

Procedimiento

- **Preparación de la muestra:** Se toma una porción de suelo previamente secado al aire y tamizado por el tamiz No. 40. Se mezcla con agua destilada hasta obtener una pasta uniforme.
- **Colocación en el dispositivo de Casagrande:** Se coloca la pasta en la copa del dispositivo y se alisa la superficie. Se forma una ranura en el centro utilizando el cortador estandarizado.
- **Golpeo de la copa:** Se gira la manivela a un ritmo constante de 2 golpes por segundo hasta que los bordes de la ranura se junten en una longitud de 13 mm, registrando el número de golpes.
- **Toma de muestra para humedad:** Se extrae una porción del suelo y se coloca en una tarita para determinar el contenido de humedad.
- **Repetición del ensayo:** Se repite el procedimiento ajustando la cantidad de agua para obtener al menos 4 lecturas con diferente número de golpes (10–40).
- **Determinación del límite líquido:** Se grafica en papel semilogarítmico el contenido de humedad vs. número de golpes.

Resumen de límites líquidos obtenidos en laboratorio.

Sondeo N° 1

Tabla 15. Límites líquidos obtenidos en el Sondeo No. 1 hasta 6m de profundidad

LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES		
LÍMITE LÍQUIDO		
Sondeo N°	Profundidad	(LL) %
1	1 m	57,30
	2 m	53,66
	3 m	51,19
	4 m	47,10
	5 m	45,66
	6 m	43,45

Fuente: Autor

Sondeo N° 2

Tabla 16. Límites Líquidos obtenidos en la Sondeo No. 2 hasta 4m de profundidad

LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES		
LIMITE LIQUIDO		
Sondeo N°	Profundidad	(LL) %
2	1 m	54,89
	2 m	52,58
	3 m	52,04
	4 m	47,27
	5 m	45,58
	6 m	43,19

Fuente: Autor

Sondeo N° 3

Tabla 17. Límites Líquidos obtenidos en la Sondeo No. 3 hasta 4m de profundidad

LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES		
LIMITE LIQUIDO		
Sondeo N°	Profundidad	(LL) %
3	1 m	33,16
	2 m	30,55
	3 m	31,24
	4 m	37,19
	5 m	33,17
	6 m	35,84

Fuente: Autor

Sondeo N° 4

Tabla 18. Límites Líquidos obtenidos en la Sondeo No. 4 hasta 4m de profundidad

LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES		
LIMITE LIQUIDO		
Sondeo N°	Profundidad	(LL) %
4	1 m	34,25
	2 m	36,15
	3 m	34,94
	4 m	32,93
	5 m	34,94
	6 m	33,64

Fuente: Autor

3.6.2.2. Limite plástico

El límite plástico (LP) es el contenido de humedad en el cual un suelo pasa del estado semisólido al estado plástico. Se define como la mínima cantidad de agua a la que el suelo puede ser moldeado en forma de hilos de 3 mm de diámetro sin desmoronarse. Este parámetro es fundamental para evaluar el comportamiento de los suelos finos y determinar su clasificación e índice de plasticidad.

La Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-SE-GT) establece que el ensayo del límite plástico debe aplicarse en suelos donde más del 35 % del material pasa por el tamiz N.º 200 (0.075 mm), como parte de la caracterización geotécnica obligatoria para edificaciones. Esta información es especialmente útil para identificar suelos con posibles problemas de expansividad, compresibilidad o baja capacidad portante.

Equipos

- Muestra de suelo (pasante del tamiz N.º 40)
- Tamiz N.º 40 (0.425 mm)
- Superficie de vidrio esmerilado o placa lisa no absorbente
- Espátula metálica
- Agua destilada
- Balanza de precisión (mínima 0.01 g)
- Recipientes metálicos con tapa (taritas)
- Horno con temperatura controlada (110 ± 5 °C)
- Cuchillo o espátula delgada para cortar los hilos de suelo

Elementos de protección personal

- Guantes de látex o nitrilo: para manipular muestras con humedad.
- Bata o mandil de laboratorio: para proteger la ropa.
- Gafas de seguridad: opcionales, especialmente si se trabaja cerca de hornos.
- Mascarilla: para evitar inhalación de partículas finas si se manipulan suelos secos.
- Zapatos cerrados antideslizantes

Procedimiento

- **Preparación de la muestra:** Se toma una cantidad representativa de suelo seco, se tamiza por el tamiz N.º 40.
- **Moldeo del hilo:** Se toma una porción de la masa y se amasa manualmente sobre la superficie lisa, hasta alcanzar un diámetro de aproximadamente 3 mm.
- **Detección del punto de falla:** Si el hilo se quiebra o desmorona antes de alcanzar los 3 mm de diámetro, se considera que el suelo está por debajo del límite plástico.
- **Toma de muestra para humedad:** Se recolectan los fragmentos del hilo justo antes del quiebre y se colocan en una tarita metálica, luego se pesa.
- **Secado en horno:** La muestra se lleva al horno a 110 ± 5 °C durante 24 horas

Sondeo N°1

Tabla 19. Límites Plástico obtenidos en el Sondeo No. 1 hasta 6m de profundidad

LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES		
LIMITE PLASTICO		
Sondeo N°	Profundidad	(LP) %
1	1 m	38,28
	2 m	37,76
	3 m	37,18
	4 m	33,37
	5 m	32,62
	6 m	31,59

Fuente: Autor

Sondeo N°2

Tabla 20. Límites Plástico obtenidos en la Sondeo No. 2 hasta 6m de profundidad

LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES		
LIMITE PLASTICO		
Sondeo N°	Profundidad	(LP) %
2	1 m	33,67
	2 m	33,64
	3 m	35,70
	4 m	31,98
	5 m	33,10
	6 m	32,22

Fuente: Autor

Sondeo N°3

Tabla 21. Límites Plástico obtenidos en la Sondeo No. 3 hasta 6m de profundidad

LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES		
LÍMITE PLÁSTICO		
Sondeo N°	Profundidad	(LP) %
3	1 m	17,35
	2 m	15,47
	3 m	13,53
	4 m	18,19
	5 m	14,32
	6 m	18,13

Fuente: Autor

Sondeo N°4

Tabla 22. Límites Plástico obtenidos en la Sondeo No. 4 hasta 6m de profundidad

LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES		
LÍMITE PLÁSTICO		
Sondeo N°	Profundidad	(LP) %
4	1 m	12,95
	2 m	13,79
	3 m	15,35
	4 m	16,89
	5 m	20,59
	6 m	14,90

Fuente: Autor

3.6.2.3. Índice de plasticidad

El índice de plasticidad (IP) es un parámetro fundamental que describe la amplitud del rango de humedad en el cual un suelo se comporta plásticamente. Se define como la diferencia entre el **límite líquido (LL)** y **Límite plástico (LP)** del suelo, proporcionando una medida cuantitativa de su plasticidad.

Este índice es especialmente importante en la clasificación de suelos finos dentro del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y en el sistema AASHTO, ya que permite distinguir entre limos y arcillas, y entre suelos de alta y baja plasticidad.

Sondeo N°1

Tabla 23. Índice de Plasticidad obtenidos en el Sondeo No. 3 hasta 6m de profundidad

LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES				
INDICE DE PLASTICIDAD				
SONDEO N°	Profundidad	LL %	LP %	IP %
1	1 m	57,30	38,28	19,02
	2 m	53,66	37,76	15,90
	3 m	51,19	37,18	14,01
	4 m	47,10	33,37	13,73
	5 m	45,66	32,62	13,03
	6 m	43,45	31,59	11,86

Fuente: Autor

Sondeo N°2

Tabla 24. Índice de Plasticidad obtenidos en el Sondeo No. 2 hasta 4m de profundidad

LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES				
INDICE DE PLASTICIDAD				
SONDEO N°	Profundidad	LL %	LP %	IP %
2	1 m	54,89	33,67	21,22
	2 m	52,58	33,64	18,94
	3 m	52,04	35,70	16,34
	4 m	47,27	31,98	15,29
	5 m	45,58	33,10	12,48
	6 m	43,19	32,22	10,97

Fuente: Autor

Sondeo N°3

Tabla 25. Índice de Plasticidad obtenidos en el Sondeo No. 3 hasta 6m de profundidad

LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES				
INDICE DE PLASTICIDAD				
SONDEO N°	Profundidad	LL %	LP %	IP %
3	1 m	33,16	17,35	15,80
	2 m	30,55	15,47	15,08
	3 m	31,24	13,53	17,71
	4 m	37,19	18,19	19,00
	5 m	33,17	14,32	18,85
	6 m	35,84	18,13	17,70

Fuente: Autor

Sondeo N°4

Tabla 26. Índice de Plasticidad obtenidos en el Sondeo No. 4 hasta 6m de profundidad

LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES				
INDICE DE PLASTICIDAD				
SONDEO N°	Profundidad	LL %	LP %	IP %
4	1 m	34,25	12,95	21,30
	2 m	36,15	13,79	22,36
	3 m	34,94	15,35	19,59
	4 m	32,93	16,89	16,04
	5 m	34,94	20,59	14,35
	6 m	33,64	14,90	18,74

Fuente: Autor

3.6.3. Análisis granulométrico (Método de lavado)

El análisis granulométrico, también conocido como análisis de textura, es un estudio físico fundamental que permite determinar la distribución y proporción relativa de los distintos grupos de partículas primarias del suelo, clasificadas según su diámetro. A través de esta técnica, se puede establecer la textura del suelo, lo cual resulta esencial para su caracterización. En este contexto, el estudio de la granulometría se orienta a clasificar los suelos en función de su composición granulométrica, permitiendo identificar su comportamiento mecánico, su permeabilidad y su idoneidad para diferentes aplicaciones en ingeniería civil y geotecnia. (Dembovetsky et al., 2024)

El propósito de este ensayo es el de obtener datos los cuales sirvan para poder determinar las siguientes constantes de los suelos:

- Porcentaje de gravas
- Porcentaje de arenas
- Porcentaje de finos
- Clasificación del suelo según SUCS

Equipo

- Juego de tamices. – Una serie de tamices de malla circular que cumplan la ASTM E11 (Tamiz No. 4, No. 10, No. 40, No. 200).
- Recipientes. - Que cumplan la NEC.

- Balanza. - Conforme a AASHTO M 231. Este equipo debe tener una sensibilidad promedio de 0.01g y con capacidad mínima de carga de 100g.
- Horno. - Equipo termostáticamente controlado, que mantenga temperaturas de $110^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}$ ($230 \pm 9^{\circ} \text{F}$).

Elementos de protección personal

- Guantes de nitrilo o látex, para manipulación de muestras y agua
- Gafas de seguridad, contra salpicaduras durante el lavado
- Bata de laboratorio, para mantener la limpieza y proteger la ropa
- Mascarilla (si es necesario), en caso de presencia de polvo fino o agentes contaminantes

Procedimiento

- Tomar una muestra del suelo del proyecto y ponerla a secar al horno a una temperatura $\pm 110^{\circ} \text{C}$.
- Pesar unos 500 gramos de la muestra seca que anteriormente se puso en el horno y proceder a colocar el material en un recipiente hondo junto con agua y dejarlo saturar por un estimado de 12 horas.
- Se procede a lavar el material que, anteriormente ha sido saturado, sobre el tamiz No. 200 (0,075 mm).
- El momento en el que el agua que pasa por el tamiz con el material salga de color claro, la muestra se dejará escurrir para luego colocarse en el horno.
- Con el material seco al horno se procede a tamizar la muestra con los matices No.4, No.40, No. 200.
- Con la ayuda de recipientes tarados y señalados con anterioridad se procederá a pesar cada muestra del material retenido por los tamices utilizados y el fondo.

3.6.3.1. Resumen de granulometrías

3.6.3.1.1. Sondeo N°1

Tabla 27. Granulometría de los suelos obtenidos en el sondeo No.1

LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES				
GRANULOMETRIA				
Sondeo N°	Profundidad (m)	Grava (%) Tamiz N°4	Arena (%) Tamiz N°40	Finos (%) Tamiz N°100
1	1	100,00%	94,72%	76,53%
	2	100,00%	80,20%	65,98%
	3	100,00%	93,05%	75,75%
	4	100,00%	94,72%	76,00%
	5	100,00%	89,57%	72,87%
	6	100,00%	91,48%	72,25%

Fuente: Autor

3.6.3.1.2. Sondeo N°2

Tabla 28. Granulometría de los suelos obtenidos en el sondeo No.2

LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES				
GRANULOMETRIA				
Sondeo N°	Profundidad (m)	Grava (%) Tamiz N°4	Arena (%) Tamiz N°40	Finos (%) Tamiz N°100
2	1	100,00%	83,06%	68,88%
	2	100,00%	54,92%	74,06%
	3	100,00%	54,02%	74,43%
	4	100,00%	37,94%	76,43%
	5	100,00%	54,01%	70,46%
	6	100,00%	41,38%	75,89%

Fuente: Autor

3.6.3.1.3. Sondeo N°3

Tabla 29. Granulometría de los suelos obtenidos en el sondeo No.3

LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES				
GRANULOMETRIA				
Sondeo N°	Profundidad (m)	Grava (%) Tamiz N°4	Arena (%) Tamiz N°40	Finos (%) Tamiz N°100
3	1	100,00%	95,95%	80,71%
	2	100,00%	98,66%	79,86%
	3	100,00%	96,70%	75,47%
	4	100,00%	79,93%	74,24%
	5	100,00%	97,16%	74,70%
	6	100,00%	91,35%	75,68%

Fuente: Autor

3.6.3.1.4. Sondeo N°4

Tabla 30. Granulometría de los suelos obtenidos en el sondeo No.4

LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES				
GRANULOMETRIA				
Sondeo N°	Profundidad (m)	Grava (%) Tamiz N°4	Arena (%) Tamiz N°40	Finos (%) Tamiz N°100
4	1	100,00%	95,95%	76,56%
	2	100,00%	97,96%	73,94%
	3	100,00%	95,95%	74,63%
	4	100,00%	86,73%	71,61%
	5	100,00%	97,69%	74,52%
	6	100,00%	82,98%	73,36%

Fuente: Autor

3.6.4. Compresión simple

El ensayo de compresión simple tiene como objetivo determinar la resistencia no confinada del suelo cohesivo (principalmente arcilloso), evaluando su capacidad para soportar esfuerzos axiales de compresión sin confinamiento lateral.

Este valor es fundamental para estimar la resistencia al corte no drenado (q_u) de suelos blandos en condiciones rápidas de carga, conforme a la norma ASTM D2166 y lo requerido por la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-SE-GT).

Equipos Utilizados

- Máquina manual de compresión simple con anillo de carga
- Placas metálicas para alineación de muestra
- Vernier para medir dimensiones
- Cronómetro (opcional)
- Calculadora o software para análisis

3.6.4.1. Resumen de los esfuerzos obtenidos

3.6.4.1.1. Sondeo N°. 1

Tabla 31. Capacidad portante hasta una profundidad de 6 m, Sondeo N° 1

LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES			
CAPACIDAD PORTANTE			
Sondeo N°.	Profundidad	Esfuerzo (Kg/cm)	Humedad promedio (%)
1	1 m		33,08%
	2 m	0,50	
	3 m		
	4 m	0,67	
	5 m		
	6 m	0,91	

Fuente: Autor

3.6.4.1.2. Sondeo N°2

Tabla 32. Capacidad portante hasta una profundidad de 6 m, Sondeo N° 2

LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES			
CAPACIDAD PORTANTE			
Sondeo N°.	Profundidad	Esfuerzo (Kg/cm)	Humedad promedio (%)
2	1 m		31,39%
	2 m	0,50	
	3 m		
	4 m	0,64	
	5 m		
	6 m	0,93	

Fuente: Autor

3.6.4.1.3. Sonde N°3

Tabla 33. Capacidad portante hasta una profundidad de 6 m, Sondeo N° 3

LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES			
CAPACIDAD PORTANTE			
Sondeo N°.	Profundidad	Esfuerzo (Kg/cm)	Humedad promedio (%)
3	1 m		24,58%
	2 m	0,72	
	3 m		
	4 m		
	5 m		
	6 m		

Fuente: Autor

3.6.4.1.4. Sondeo N°4

Tabla 34. Capacidad portante hasta una profundidad de 6 m, Sondeo N° 4

LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES			
CAPACIDAD PORTANTE			
Sondeo N°.	Profundidad	Esfuerzo (Kg/cm)	Humedad promedio (%)
3	1 m		28.36%
	2 m	0,72	
	3 m		
	4 m		
	5 m		
	6 m		

Fuente: Autor

3.7. Capacidad de carga del suelo – Método de Terzaghi, 1948

La determinación de la capacidad portante del suelo constituye un elemento esencial en el diseño geotécnico de cimentaciones superficiales, dado que permite evaluar si el terreno es capaz de resistir las cargas estructurales transmitidas sin experimentar fallas o asentamientos excesivos. En este sentido, se ha optado por aplicar el método clásico de Terzaghi, ampliamente reconocido por su eficacia en la estimación de la capacidad última de carga para zapatas en suelos homogéneos. (Lima Leon Robinson Jimmi, 2019)

Para hallar la capacidad de carga última, Terzaghi (1948) propuso una ecuación general para la capacidad de carga de una cimentación superficial continua. Para su derivación, se asume que no existe agua en el suelo, que el ángulo de fricción (ϕ'), la cohesión (c') y el peso específico (γ) son constantes.

Con base en los resultados obtenidos en campo, se identificó que el suelo predominante es de tipo arcilloso firme, correspondiente al tipo 1 dentro de la clasificación empleada, el cual presenta un comportamiento cohesivo con valores significativos de fricción interna. Las propiedades físicas y mecánicas del suelo se resumen en los siguientes parámetros:

Tabla 35. Datos de suelo de Nueva Ponce en Ponce Enriquez

Profundidad de desplante, Df; (mts):	2,0
Peso Volumétrico del suelo; Gm (Ton/m3):	1,35
Cohesión del suelo, c; (Ton/m2):	1,8
Ángulo de fricción interna del suelo, Fi (grados):	37
Ancho o Radio del cimient; B ó R (mts):	1,4
Tipo de suelo: 1-Arcilloso firme / 2-Arcilloso blando / 3-Arenoso	1
Factor de seguridad, F.S.: (3.5 / 3.0 / 2.5)	3,0

Fuente: Autor

La cimentación se proyecta con una profundidad de desplante (Df), un ancho efectivo de zapata (B). Para garantizar la seguridad del diseño, se considera un factor de seguridad (F.S.)

Tabla 36. Factores dependientes del ángulo de fricción, del método de Terzaghi.

Factor de cohesión, $N_c =$	70,01
Factor de sobrecarga, $N_q =$	53,80
Factor de piso, $N_\gamma =$	65,27

Fuente: Autor

Según Terzaghi, la capacidad portante última (q_p) para una zapata cuadrada se estima a partir de la siguiente ecuación:

$$q_u = cN_c + \gamma D_f N_q + 0.5\gamma B N_\gamma$$

Donde:

$$c = 1.9 \text{ Ton}/m^2$$

$$D_f = 2.0 \text{ m}$$

$$B = 1.4 \text{ m}$$

$$\gamma = 1.35 \text{ Ton}/m^2$$

$$N_c = 70.01, N_q = 53.80, N_\gamma = 65.27$$

Sustituyendo los valores:

$$q_u = (1.9)(70.01) + (1.35)(2.0)(53.80) + 0.5(1.35)(1.4)(65.27)$$

$$q_u = 133.02 + 145.26 + 61.29 = 339.97 \text{ Ton}/\text{m}^2$$

Posteriormente, para determinar la capacidad portante admisible (q_{adm}), se divide el valor anterior entre el factor de seguridad:

$$q_{adm} = \frac{q_u}{F.S.} = \frac{339.97}{3.0} = 113.32 \text{ Ton}/\text{m}^2$$

$$q_u = 11.32 \text{ kg}/\text{cm}^2$$

Este valor representa la carga máxima uniforme admisible que puede aplicarse sobre la base de la zapata sin comprometer la seguridad estructural ni producir falla por corte en el suelo.

La resistencia observada está directamente asociada a la alta fricción interna del suelo y la presencia de cohesión significativa, condiciones típicas de una arcilla firme parcialmente consolidada. Cabe mencionar que este tipo de análisis resulta válido en la medida en que se garantice una homogeneidad razonable del estrato portante, y que se mantengan condiciones de drenaje adecuadas durante la vida útil de la cimentación (Sivakugan & Das, 2019).

En consecuencia, se concluye que el diseño de cimentaciones superficiales es técnicamente viable sobre este tipo de suelo, siempre que se respeten las condiciones de profundidad mínima y se apliquen controles de calidad adecuados durante la ejecución de los trabajos. Además, la correcta interpretación del comportamiento del suelo mediante el enfoque propuesto por Terzaghi permite reducir la incertidumbre en el diseño y contribuye a optimizar el dimensionamiento estructural de la cimentación.

En la siguiente tabla presentamos el q_{adm} máximo obtenido por el método de Terzaghi de los 4 sondeos realizados en el Barrio nueva Ponce en Camilo Ponce Enríquez.

CAPITULO IV

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Parámetros del suelo

De acuerdo con lo establecido en la Norma Ecuatoriana de la Construcción – NEC-SE-GT (2015), es obligatorio realizar estudios geotécnicos que permitan caracterizar adecuadamente el terreno natural donde se desarrollarán proyectos de infraestructura. En el marco del presente “Estudio Geotécnico para el estadio municipal del cantón Camilo Ponce Enríquez, provincia del Azuay”, se ha llevado a cabo la determinación de los parámetros físicos y mecánicos del suelo mediante ensayos de campo y laboratorio, con el fin de garantizar un diseño estructural seguro y conforme a la normativa vigente.

4.2. Investigación del subsuelo

La exploración del subsuelo se realizó mediante sondeos manuales a diferentes profundidades, cumpliendo con el mínimo requerido por la NEC-SE-GT, que establece una profundidad no menor a 6 metros para edificaciones de hasta tres niveles. No obstante, en este análisis preliminar, se consideraron perfiles de hasta 2.00 m, debido a condiciones particulares de acceso y excavación del terreno. Las muestras extraídas fueron sometidas a ensayos de laboratorio conforme a los procedimientos de la ASTM y lo estipulado en la NEC, entre ellos: contenido de humedad natural, límites de Atterberg, análisis granulométrico, clasificación SUCS y resistencia a la compresión simple.

4.2.1. Evaluación e interpretación de las características físicas y mecánicas del suelo del sondeo N°1

Como parte del Estudio Geotécnico para el estadio municipal del cantón Camilo Ponce Enríquez, provincia del Azuay, se realizó el Sondeo N.º 1 con el objetivo de caracterizar las propiedades físicas y mecánicas del terreno en el área de implantación del proyecto. Esta evaluación permite determinar la idoneidad del subsuelo para soportar las cargas estructurales de una edificación de tipo público con capacidad para albergar a gran número de usuarios.

De acuerdo con los lineamientos establecidos por la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), los estudios de suelos para edificaciones de hasta tres niveles deben considerar sondeos de al menos 6 metros de profundidad. En este caso, el Sondeo N.º 1 alcanzó dicha profundidad, permitiendo una visión integral del perfil estratigráfico y del comportamiento del suelo a distintas profundidades.

Se realizaron diversos ensayos de laboratorio sobre muestras inalteradas y alteradas, entre ellos, pruebas para determinar los límites de Atterberg (ver ilustración 7), la humedad natural, el contenido de finos mediante granulometría por lavado, y la resistencia a la compresión simple (qu). Estos ensayos permiten establecer el grado de plasticidad del suelo, su comportamiento ante la saturación y su capacidad para resistir cargas axiales sin fallar por corte.

Ilustración 11. Límites de Atterberg obtenidos en el Sondeo No. 1



Fuente: Autor

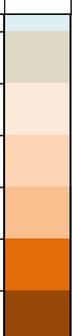
Los datos obtenidos indican la presencia predominante de arcillas inorgánicas de alta y baja plasticidad (clasificadas como MH y ML, respectivamente), con características que varían según la profundidad. Esta información es fundamental para definir el tipo de cimentación más adecuada para la estructura propuesta, así como para prever posibles asentamientos diferenciales y comportamientos mecánicos bajo cargas estructurales o sísmicas.

4.2.1.1. Estratigrafía del suelo

Los resultados obtenidos en el sondeo N.º 1 reflejan un perfil estratigráfico constituido por materiales predominantemente finos, con presencia de rellenos superficiales, suelos de alta plasticidad tipo MH y suelos de baja plasticidad tipo ML en los estratos inferiores. A continuación, se realiza una interpretación detallada de las características físicas, clasificación, y resistencia a compresión simple, considerando la profundidad y condiciones geotécnicas específicas de cada estrato.

Se identificó un estrato superficial de relleno antrópico de 0.30 metros de espesor, conformado por material de desecho de actividades mineras, no apto para apoyar cimentaciones estructurales. A continuación, desde los 0.30 m hasta los 2.0 m, se encuentra un suelo limoso de alta plasticidad (MH), de color pardo oscuro, con consistencia blanda y resistencia a compresión simple promedio de 0.50 kg/cm², clasificado como un suelo cohesivo débil.

Ilustración 12. Estratigrafía hasta una profundidad de 6 m, Sondeo N° 1

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA FACULTAD DE INGENIERIA LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES ORDOÑEZ GUAMAN ELVIS ALEXANDER RESP. TECNICO				SIMBOLOGIA		NOMECLATURA									
						NAF= Nivel de agua freática W= Humedad natural L.L.= Limite líquido L.P.= Limite plástico I.P.= Índice de plasticidad qu= Compresión simple δ = Deformación N= Número de golpes (SPT)									
PROF. MTS.	CAMBIO DE ESTRATO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	ESTRATIGRAFIA	NAF	MUESTRA				GRANULOMETRIA			qu (kg/cm ²)			
					#	PROFUNDIDAD	CLASIF. SUCS	W %	L.L. %	L.P. %	I.P. %		% Pasante tamiz #4	% Pasante tamiz #40	% Pasante tamiz #200
1	0,30	Relleno con material de desalojo de minería													
	1,00	Arcilla inorgánica color café amarilloso con plasticidad baja a media			1	0,5-1,00	MH	29,71%	57,30	38,28	19,02	100,00%	94,72%	76,53%	
2	2,00	Arcilla inorgánica color amarilla con plasticidad baja a media			2	1,50-2,00	MH	25,87%	53,66	37,76	15,90	100,00%	80,20%	65,98%	0,50
3	3,00	Arcilla inorgánica color café con plasticidad baja a media			3	2,50-3,00	MH	37,86%	51,19	37,18	14,01	100,00%	93,05%	75,75%	
4	4,00	Arcilla inorgánica color rojo con plasticidad baja a media			4	3,50-4,00	ML	17,33%	47,10	33,37	13,73	100,00%	94,72%	76,00%	0,64
5	5,00	Arcilla inorgánica color rojo con plasticidad baja a media			5	4,50-5,50	ML	32,86%	45,66	32,62	13,03	100,00%	89,57%	72,87%	
6	6,00	Arcilla inorgánica color rojo oscuro con plasticidad baja a media	6	5,5-6,00	ML	39,36%	43,45	31,59	11,86	100,00%	91,48%	72,25%	0,91		

Fuente: Autor

A partir de los 2.0 hasta los 4.0 m, se presenta un limo de baja plasticidad (ML) con mejores condiciones de resistencia, alcanzando qu de hasta 0.91 kg/cm². La consistencia del suelo mejora con la profundidad, observándose un comportamiento firme hacia los 6.0 metros. El nivel freático se detectó a una profundidad de 2.5 metros.

Estos tipos de suelo según la estratigrafía pertenece EL TIPO DE PERFIL “E”, por la alta plasticidad y presencia de relleno superficial, porque este suelo tiene estas características de suelos según a las NORMAS NEC-2015.

4.2.2. Evaluación e interpretación de las características físicas y mecánicas del suelo del sondeo N°2

Como parte del Estudio Geotécnico desarrollado para el diseño y construcción del estadio municipal del cantón Camilo Ponce Enríquez, en la provincia del Azuay, se llevó a cabo

la evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del terreno a través de sondeos estratigráficos. En concordancia con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), la cual establece que los estudios de suelos para edificaciones de hasta tres niveles deben alcanzar una profundidad mínima de 6 metros, se planificó una investigación geotécnica que cumple con estos criterios.

No obstante, en el presente apartado se detalla la interpretación correspondiente al Sondeo N.º 2, realizado hasta una profundidad de 1 metro, con el propósito de obtener una caracterización preliminar del estrato superficial del terreno. Este análisis resulta fundamental, ya que los primeros metros del suelo suelen tener una influencia significativa en el comportamiento de cimentaciones someras y en la respuesta dinámica del suelo ante cargas estructurales o sísmicas.

Con el fin de determinar el tipo de suelo y sus propiedades plásticas, se ejecutaron ensayos de laboratorio para la identificación de los límites de Atterberg (límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad) como se puede ver en la ilustración 9. Los resultados obtenidos fueron sistematizados en tablas técnicas y representados gráficamente mediante diagramas circulares, lo cual permite visualizar de forma clara la distribución y clasificación de los materiales analizados (ver ilustración 9).

Ilustración 13. Límites de Atterberg obtenidos en el Sondeo No. 2



Fuente: Autor

Los datos obtenidos indican la presencia predominante de arcillas inorgánicas de alta y baja plasticidad (clasificadas como MH y ML, respectivamente), con características que varían según la profundidad. Esta información es fundamental para definir el tipo de cimentación más adecuada para la estructura propuesta, así como para prever posibles asentamientos diferenciales y comportamientos mecánicos bajo cargas estructurales o sísmicas.

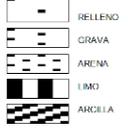
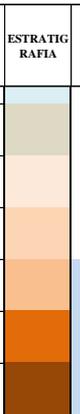
4.2.2.1. Estratigrafía del suelo

Mediante los datos obtenidos se procedió a la clasificación del suelo conforme al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), en estricto cumplimiento de la norma ASTM D-2487-98, permitiendo identificar el tipo de material predominante, su grado de plasticidad, y su implicación en el diseño estructural.

El perfil inicial del terreno presenta un estrato de relleno no técnico de 0.30 m, el cual debe ser removido. A continuación, desde los 0.30 m hasta los 2.5 m, se identifican limos de alta plasticidad (MH), de color marrón oscuro, con consistencia media y contenido de humedad natural elevado. Este material presenta una resistencia q_u promedio de 0.50 kg/cm^2 . Desde los 2.5 m hasta los 5.5 m, el suelo se transforma gradualmente a un limos de baja plasticidad (ML), más estable y con resistencia mejorada, alcanzando un q_u de hasta 0.85 kg/cm^2 . La compacidad relativa es intermedia, adecuada para fundar siempre que se incluya mejoramiento. El nivel freático se encuentra entre 2.5 y 3.0 metros.

Estos tipos de suelo según la estratigrafía pertenece EL TIPO DE PERFIL “E”, por la alta plasticidad y presencia de relleno superficial, porque este suelo tiene estas características de suelos según a las NORMAS NEC-2015.

Ilustración 14. Estratigrafía hasta una profundidad de 6 m, Sondeo N° 2

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA FACULTAD DE INGENIERIA LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES				SIMBOLOGIA		NOMECLATURA									
ORDOÑEZ GUAMAN ELVIS ALEXANDER RESP. TECNICO					NAF= Nivel de agua freática W= Humedad natural L.L.= Limite líquido L.P.= Limite plástico I.P.= Índice de plasticidad q_u = Compresión simple δ = Deformación N= Número de golpes (SPT)										
PROF. MTS.	CAMBIO DE ESTRATO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	ESTRATIGRAFIA	NAF	MUESTRA				GRANULOMETRIA			q_u (kg/cm ²)			
					#	PROFUNDIDAD	CLASIF. SUCS	W %	L.L. %	L.P. %	I.P. %		% Pasante tamiz #4	% Pasante tamiz #40	% Pasante tamiz #200
1	0,30	Relleno con material de desalojo de minería			1	0,5-1,00	MH	28,98%	54,89	33,67	21,22	100,00%	83,06%	68,88%	
	1,00	Arcilla inorgánica color cafe amarilloso con plasticidad baja a media													
2	2,00	Arcilla inorgánica color amarilla con plasticidad baja a media			2	1,50-2,00	MH	37,02%	52,58	33,64	18,94	100,00%	54,92%	74,06%	0,50
3	3,00	Arcilla inorgánica color cafe con plasticidad baja a media			3	2,50-3,00	MH	34,61%	52,04	35,70	16,34	100,00%	54,02%	74,43%	
4	4,00	Arcilla inorgánica color rojiso con plasticidad baja a media			4	3,50-4,00	ML	34,24%	47,27	31,98	15,29	100,00%	37,94%	76,43%	0,75
5	5,00	Arcilla inorgánica color rojo con plasticidad baja a media			5	4,50-5,50	ML	32,28%	45,58	33,10	12,48	100,00%	54,01%	70,46%	
6	6,00	Arcilla inorgánica color rojo oscuro con plasticidad baja a media	6	5,5-6,00	ML	33,05%	43,19	32,22	10,97	100,00%	41,38%	75,89%	0,85		

Fuente: Autor

4.2.3. Evaluación e interpretación de las características físicas y mecánicas del suelo del sondeo N°3

Como parte del Estudio Geotécnico para el estadio municipal del cantón Camilo Ponce Enríquez, provincia del Azuay, se ejecutó el Sondeo N.º 3 con el objetivo de evaluar las propiedades físicas y mecánicas del suelo en uno de los puntos estratégicos del terreno. Este análisis es fundamental para la toma de decisiones estructurales, especialmente en lo relativo al tipo de cimentación más adecuado para la edificación proyectada.

El sondeo se realizó de acuerdo con los lineamientos establecidos en la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), que exige una profundidad mínima de 6 metros para edificaciones de hasta tres niveles.

Durante la etapa de análisis se llevaron a cabo diversos ensayos de laboratorio, incluyendo la determinación de la humedad natural, los límites de Atterberg (límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad), la granulometría por lavado, y el ensayo de compresión simple (qu). Estos parámetros proporcionan información crucial sobre el comportamiento del suelo frente a cargas verticales, saturación y deformación.

Los resultados obtenidos fueron organizados en tablas técnicas y gráficos circulares para facilitar su análisis comparativo. Con base en estos datos, se realizó la clasificación del suelo conforme al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), siguiendo los lineamientos de la norma ASTM D-2487-98.

Ilustración 15. Límites de Atterberg obtenidos en el Sondeo No. 3



Fuente: Autor

Los seis estratos evaluados en el Sondeo N.º 3 fueron clasificados como CL (arcilla inorgánica de baja plasticidad), lo cual indica una composición predominantemente arcillosa, cohesiva y con plasticidad moderada. Este tipo de suelo suele presentar un comportamiento mecánico relativamente estable, con riesgo medio de asentamientos si

no se controla la compactación o la humedad. Su presencia a lo largo de todo el perfil vertical sugiere una homogeneidad geotécnica favorable, aunque es necesario considerar su sensibilidad a la saturación y su capacidad portante limitada.

4.2.3.1. Estratigrafía del suelo

El perfil estratigráfico del sondeo N.º 3 está constituido por un suelo homogéneo, donde predomina el material de tipo arcilloso de baja plasticidad (CL) en toda su extensión hasta los 6,0 metros de profundidad. En la zona superficial se presenta un estrato de relleno antrópico de 0,30 metros, compuesto por material de desalojo minero, lo cual implica baja confiabilidad estructural, por lo que no es recomendable ubicar cimentaciones sobre esta capa sin previo tratamiento.

Se registró un relleno superficial de 0.30 metros constituido por material suelto, seguido por un estrato continuo de arcilla inorgánica de baja plasticidad (CL) de color pardo claro, que se extiende hasta los 6.0 metros de profundidad. Este estrato presenta valores de resistencia q_u constantes de 0.60 kg/cm^2 , lo que indica una consistencia media y homogénea en todo el perfil. El contenido de humedad natural es relativamente alto, aunque dentro de rangos aceptables. La plasticidad es baja, con índice de plasticidad inferior al 20%, lo que favorece la estabilidad del suelo en condiciones no saturadas. El nivel freático fue detectado a 2.5 metros.

Ilustración 16. Estratigrafía hasta una profundidad de 6 m, Sondeo N° 3

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA FACULTAD DE INGENIERIA LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES				SIMBOLOGIA		NOMECLATURA									
ORDOÑEZ GUAMAN ELVIS ALEXANDER RESP. TECNICO						NAF=									
PROF. MTS.	CAMBIO DE ESTRATO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	ESTRATIGRAFIA	NAF	MUESTRA				GRANULOMETRIA				q_u (kg/cm ²)		
					#	PROFUNDIDAD	CLASIF. SUCS	W %	L.L. %	L.P. %	I.P. %	% Pasante tamiz #10		% Pasante tamiz #40	% Pasante tamiz #200
0	0,30	Relleno con material de desalojo de minería													
1	1,00	Arcilla con estrato de piedra color café, consistencia firme			1	0,5-1,00	CL	34,99%	33,16	17,35	15,80	100,00%	95,95%	80,71%	
2	2,00	Arcilla con estrato de piedra color café, consistencia firme			2	1,50-2,00	CL	12,63%	30,55	15,47	15,08	100,00%	98,66%	79,86%	0,60
3	3,00	Arcilla con estrato de piedra color café, consistencia firme			3	2,50-3,00	CL	14,48%	31,24	13,53	17,71	100,00%	96,70%	75,47%	
4	4,00	Arcilla con estrato de piedra color café, consistencia firme			4	3,50-4,00	CL	17,41%	37,19	18,19	19,00	100,00%	79,93%	74,24%	
5	5,00	Arcilla con estrato de piedra color café, consistencia firme			5	4,50-5,00	CL	17,68%	33,17	14,32	18,85	100,00%	97,16%	74,70%	
6	6,00	Arcilla con estrato de piedra color café, consistencia firme			6	5,5-6,00	CL	20,83%	35,84	18,13	17,70	100,00%	91,35%	75,68%	

Fuente: Autor

Estos tipos de suelo según la estratigrafía pertenece EL TIPO DE PERFIL “D”, por tratarse de suelo cohesivo moderadamente firme, con bajo IP, porque este suelo tiene estas características de suelos según a las NORMAS NEC-2015.

4.2.4. Evaluación e interpretación de las características físicas y mecánicas del suelo del sondeo N°4

Como parte del Estudio Geotécnico para el estadio municipal del cantón Camilo Ponce Enríquez, provincia del Azuay, se ejecutó el Sondeo N.º 4 con el objetivo de evaluar las propiedades físicas y mecánicas del suelo en uno de los puntos estratégicos del terreno. Este análisis es fundamental para la toma de decisiones estructurales, especialmente en lo relativo al tipo de cimentación más adecuado para la edificación proyectada.

El sondeo se realizó de acuerdo con los lineamientos establecidos en la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), que exige una profundidad mínima de 6 metros para edificaciones de hasta tres niveles.

Durante la etapa de análisis se llevaron a cabo diversos ensayos de laboratorio, incluyendo la determinación de la humedad natural, los límites de Atterberg (límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad), la granulometría por lavado, y el ensayo de compresión simple (qu). Estos parámetros proporcionan información crucial sobre el comportamiento del suelo frente a cargas verticales, saturación y deformación.

Los resultados obtenidos fueron organizados en tablas técnicas y gráficos circulares para facilitar su análisis comparativo. Con base en estos datos, se realizó la clasificación del suelo conforme al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), siguiendo los lineamientos de la norma ASTM D-2487-98.

Ilustración 17. Límites de Atterberg obtenidos en el Sondeo No. 4



Fuente: Autor

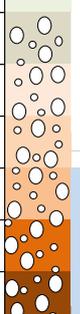
4.2.4.1. Estratigrafía del suelo

El perfil estratigráfico del sondeo N.º 4 revela una conformación predominantemente arcillosa, caracterizada por la presencia de arcillas de baja plasticidad (CL) en toda la profundidad evaluada, lo que le otorga al terreno una consistencia firme y una estructura mecánicamente homogénea. En los primeros 0,30 metros, se identifica un estrato de relleno antrópico compuesto por material de desalojo minero, el cual, como en los sondeos anteriores, presenta una naturaleza heterogénea no apta para soportar cimentaciones directas sin previo mejoramiento.

El análisis realizado por (Prokopov et al., 2023), destaca que los suelos CL pueden presentar buen desempeño estructural siempre que se garantice un control adecuado de humedad y se mantenga una compactación uniforme. Además, resaltan que estos suelos, si bien no alcanzan altas capacidades portantes como los suelos granulares, son viables para cimentaciones poco profundas si el diseño se ajusta a sus características geotécnicas.

Este sondeo muestra condiciones similares al anterior. El primer estrato es un relleno superficial de 0.30 metros, seguido de un perfil de arcillas de baja plasticidad (CL) con presencia ocasional de fragmentos de piedra café, indicando una leve heterogeneidad del material. El suelo es de color pardo y se mantiene constante hasta los 6.0 metros. Los valores de resistencia a compresión simple se estabilizan en 0.60 kg/cm², con una compacidad media y plasticidad moderada. El contenido de finos es elevado, con permeabilidad baja, por lo que se recomienda un adecuado control del drenaje. El nivel freático se encuentra entre 2.5 y 3.0 metros, lo cual debe considerarse en el diseño de cimentación.

Ilustración 18. Estratigrafía hasta una profundidad de 6 m, Sondeo N° 4

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES				SIMBOLOGÍA		NOMECLATURA									
ORDOÑEZ GUAMAN ELVIS ALEXANDER RESP. TECNICO						NAF= Nivel de agua freática W= Humedad natural L.L.= Limite líquido L.P.= Limite plástico IP.= Índice de plasticidad qu= Compresión simple δ = Deformación N= Número de golpes (SPT)									
PROF. MTS.	CAMBIO DE ESTRATO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	ESTRATIGRAFIA	NAF	MUESTRA				GRANULOMETRÍA						
					#	PROFUNDIDAD	CLASIF. SUCS	W %	L.L. %	L.P. %	I.P. %	% Pasante tamiz #10	% Pasante tamiz #40	% Pasante tamiz #200	qu (kg/cm ²)
1	0,30	Relleno con material de desalojo de minería		▽	1	0,5-1,00	CL	28,62%	34,25	12,95	21,30	100,00%	95,95%	76,56%	
	1,00	Arcila con estrato de piedra color café, consistencia firme													
2	2,00	Arcila con estrato de piedra color café, consistencia firme			2	1,50-2,00	CL	26,30%	36,15	13,79	22,36	100,00%	97,96%	73,94%	0,64
3	3,00	Arcila con estrato de piedra color café, consistencia firme			3	2,50-3,00	CL	30,90%	34,94	15,35	19,59	100,00%	95,95%	74,63%	
4	4,00	Arcila con estrato de piedra color café, consistencia firme			4	3,50-4,00	CL	28,76%	32,93	16,89	16,04	100,00%	86,73%	71,61%	
5	5,00	Arcila con estrato de piedra color café, consistencia firme			5	4,50-5,50	CL	29,20%	34,94	20,59	14,35	100,00%	97,69%	74,52%	
6	6,00	Arcila con estrato de piedra color café, consistencia firme	6	5,5-6,00	CL	35,59%	33,64	14,90	18,74	100,00%	82,98%	73,36%			

Fuente: Autor

Estos tipos de suelo según la estratigrafía pertenece EL TIPO DE PERFIL “D”, por tratarse de suelo cohesivo moderadamente firme, con bajo IP, porque este suelo tiene estas características de suelos según a las NORMAS NEC-2015.

4.3. Evaluación comparativa de la capacidad portante del suelo según los 4 sondeos realizados

Con base en los resultados obtenidos de los ensayos de campo y laboratorio correspondientes a los tres sondeos ejecutados en el área de estudio, se ha realizado una estimación comparativa de la capacidad portante del suelo (qu) a través de los valores de resistencia a compresión simple, la clasificación SUCS, la humedad natural y los índices de plasticidad. Este análisis permite identificar las zonas más adecuadas para el desplante de cimentaciones, considerando tanto la competencia mecánica del terreno como su homogeneidad estratigráfica.

El análisis comparativo de los cuatro sondeos realizados en el área de estudio ha permitido caracterizar detalladamente el comportamiento geotécnico del subsuelo, evaluando su capacidad portante, composición estratigráfica, plasticidad, humedad natural y contenido de finos, lo cual constituye una base fundamental para el diseño de cimentaciones seguras y eficientes.

Los cuatro perfiles estratigráficos presentan un estrato inicial de relleno antrópico (0,30 m), compuesto por material de desalojo de minería, el cual es inadecuado para soportar cargas estructurales sin tratamiento previo. A partir de esta profundidad, se identifican diferencias importantes en la naturaleza del suelo, que influyen directamente en la capacidad portante del terreno.

4.3.1. Sondeo N.º 1

El perfil estratigráfico del sondeo N.º 1 presenta una predominancia de suelos de tipo MH (limos de alta plasticidad) en los primeros 3 metros de profundidad, con una transición a suelos ML (limos de baja plasticidad) en los estratos más profundos. Los valores de resistencia a compresión simple (q_u) obtenidos en los niveles entre 1,5 y 6,0 metros oscilan entre 0,50 kg/cm² y 0,91 kg/cm², siendo el valor más alto registrado a 5,5–6,0 m. Estos resultados indican que, aunque el terreno superficial no es adecuado para cimentaciones debido a su alta compresibilidad, los estratos a partir de los 4,5 metros ofrecen condiciones más favorables para soportar cargas estructurales moderadas.

4.3.2. Sondeo N.º 2

El sondeo N.º 2 refleja una secuencia de suelos MH en los primeros 3 metros, y posteriormente suelos ML en profundidades mayores. En este caso, se observa una evolución favorable de la resistencia a compresión simple, aumentando de 0,50 kg/cm² a 0,73 kg/cm² hacia los 6 metros. Además, los índices de plasticidad decrecen progresivamente, lo cual implica una mayor estabilidad estructural en profundidad. Al igual que en el sondeo anterior, los primeros estratos no son recomendables para fundaciones, pero a partir de 3,5 metros se presentan valores adecuados de resistencia, con menor deformabilidad.

4.3.3. Sondeo N.º 3

El perfil correspondiente al sondeo N.º 3 se caracteriza por la presencia homogénea de suelos CL (arcillas de baja plasticidad) desde los 0,5 hasta los 6,0 metros. A diferencia de los sondeos 1 y 2, este terreno presenta condiciones mecánicas más estables en toda su profundidad, con índices de plasticidad entre 15% y 19%, y contenidos de finos superiores al 74%. El valor de $q_u = 0,60$ kg/cm² medido en el estrato de 1,5 a 2,0 m indica una capacidad portante moderada, pero constante. La homogeneidad del perfil sugiere que

este sondeo ofrece las mejores condiciones para el desplante de cimentaciones poco profundas, especialmente a partir de los 2,0 metros de profundidad, con menor riesgo de asentamientos diferenciales.

4.3.4. Sondeo N.º 4

El cuarto sondeo también presenta un perfil continuo con suelos CL en toda su profundidad, reforzando la consistencia del comportamiento identificado en el sondeo 3. Se registró una resistencia a compresión simple de 0,64 kg/cm² en el estrato de 1,5–2,0 m. Las características del material, incluyendo su contenido de finos (superior al 73%) y una humedad natural moderada, confirman su viabilidad para soportar cargas típicas de edificaciones de una o varias plantas. Por tanto, se concluye que este suelo es apto para fundar a partir de los 2,0 a 2,5 metros, especialmente si se garantiza el control del nivel freático.

CONCLUSIONES

Como resultado del estudio geotécnico realizado mediante la ejecución de cuatro sondeos, se ha logrado caracterizar de forma integral el comportamiento del suelo en el área destinada para la construcción del estadio municipal del cantón Camilo Ponce Enríquez. Cada sondeo permitió identificar variaciones estratigráficas y mecánicas que inciden directamente en la selección adecuada del tipo y profundidad de cimentación.

Cabe recalcar que, en el presente proyecto, se consideró sumamente importante la ubicación de la construcción, ya que se encuentra ubicada en terreno no forestales y en donde no se removerá vegetación forestal, condición que se cumple en su totalidad ya que el proyecto se encuentra en áreas dadas por el municipio, y con vías de comunicación existentes, ya que se construirá a pocos metros de la carretera principal.

También se ha determinado que en los cuatro puntos de exploración se presenta un estrato superficial compuesto por rellenos antrópicos de origen minero, con espesores promedio de 0,30 m. Este tipo de material, al no haber sido compactado técnicamente y presentar una estructura heterogénea, no es apto para el asentamiento directo de cimentaciones estructurales, por lo cual su remoción o tratamiento es estrictamente necesaria.

El comportamiento del subsuelo, se ha identificado que los Sondeos N.º 1 y N.º 2 presentan perfiles con suelos tipo MH y ML, es decir, limos de alta y baja plasticidad. En dichos perfiles, se evidenció un aumento progresivo en la resistencia a compresión simple (qu) con la profundidad, alcanzando valores máximos de 0,91 kg/cm² (Sondeo 1) y 0,85 kg/cm² (Sondeo 2) entre los 5 y 6 metros. Estos datos reflejan una mejora significativa en la capacidad portante a mayor profundidad,

Los Sondeos N.º 3 y N.º 4 presentan un perfil más homogéneo, compuesto enteramente por arcillas de baja plasticidad (CL). Estas presentan un comportamiento estable y menos variable, con valores de resistencia qu constantes cercanos a los 0,60 kg/cm² y índices de plasticidad moderados, lo que indica que el suelo tiene un buen desempeño estructural, siempre que se garantice una adecuada compactación y control del contenido de humedad. Por lo tanto, en estas zonas, es viable el uso de cimentaciones superficiales desde los 2,5 metros de profundidad.

Es importante resaltar que en todos los sondeos se identificó la presencia de un nivel freático relativamente alto, ubicado entre los 2,5 y 3,0 metros de profundidad. Esta

condición implica una posible reducción de la resistencia efectiva del suelo, principalmente en zonas con presencia de suelos MH o con alto contenido de finos, por lo que debe considerarse un diseño de cimentación que contemple sistemas de drenaje y protección contra la humedad.

En términos generales, los resultados obtenidos demuestran que el terreno del estadio municipal es apto para cimentaciones superficiales, siempre que se tomen las medidas de ingeniería adecuadas, tales como fundar a una profundidad óptima según el tipo de suelo, eliminar los rellenos inestables y controlar los efectos del nivel freático. Este estudio ha permitido establecer una base técnica sólida para el diseño estructural de la edificación proyectada.

RECOMENDACIONES

De acuerdo con los resultados de las perforaciones y en base a la información de los resultados obtenidos del laboratorio, nos han permitido obtener de manera física - mecánica parámetros fundamentales que permiten establecer criterios técnicos en el diseño de la cimentación, por lo que se recomienda lo siguiente.

Tomando en cuenta que estos suelos son aptos para el proyecto tiene una capacidad portante entre los 5t/m² y 9 t/m².

La información recolectada también respalda la afirmación de que el terraplén existente es estable, aunque se debe prestar especial atención al control de compactación, especialmente en las zonas donde se prevé la reposición de suelos. Esto implica la necesidad de equipos de laboratorio in situ para verificar tanto la humedad óptima como la densidad seca de cada capa colocada, a fin de garantizar el cumplimiento de las especificaciones técnicas.

En base a los datos obtenidos mediante el método de Terzaghi se debe considerar que las primeras capas deberán realizarse con una reposición de material granular grueso (LASTRE) denso y bien compactado, con diámetros no menor de 10 A 12 PULGADAS, la altura mínima de relleno o de reposición bajo la cimentación será de 1.40 m. La excavación total será de 1.80 metros desde el nivel del suelo natural y la diferencia se rellena con material del sitio o subbase.

Y la cota de cimentación será a partir de la altura especificada del relleno y descansará sobre un replantillo de hormigón simple de 10 cm. de espesor y $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ de resistencia a la compresión.

La capacidad de carga del suelo a asumir bajo las condiciones expuestas con la reposición del material puesto en la obra para la cimentación del proyecto será de 7.53 Kg/cm² y los asentamientos no serán mayores de 3 cm.

	PROYECTO:	ESTADIO DE PONCE ENRIQUEZ	FECHA: 25/07/25															
	LOCALIZACIÓN:	CAMILO PONCE ENRIQUEZ																
	ELABORADO PARA:	DISEÑO DE CIMENTACION																
	ELABORÓ:	ELVIS ORDOÑEZ																
DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA DEL SUELO -MÉTODO DE TERZAGHI-																		
Datos:																		
<table border="1"> <tr> <td>Profundidad de desplante, Df (mts):</td> <td>1,8</td> </tr> <tr> <td>Peso Volumétrico del suelo, Gm (Ton/m3):</td> <td>1,48</td> </tr> <tr> <td>Cohesión del suelo, c, (Ton/m2):</td> <td>1,8</td> </tr> <tr> <td>Ángulo de fricción interna del suelo, Fi (grados):</td> <td>38</td> </tr> <tr> <td>Ancho o Radio del cimientó; B ó R (mts):</td> <td>1,4</td> </tr> <tr> <td>Tipo de suelo: 1-Arcilloso firme / 2-Arcilloso blando / 3-Arenoso</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Factor de seguridad, F.S.: (3.5 / 3.0 / 2.5)</td> <td>3,0</td> </tr> </table>				Profundidad de desplante, Df (mts):	1,8	Peso Volumétrico del suelo, Gm (Ton/m3):	1,48	Cohesión del suelo, c, (Ton/m2):	1,8	Ángulo de fricción interna del suelo, Fi (grados):	38	Ancho o Radio del cimientó; B ó R (mts):	1,4	Tipo de suelo: 1-Arcilloso firme / 2-Arcilloso blando / 3-Arenoso	2	Factor de seguridad, F.S.: (3.5 / 3.0 / 2.5)	3,0	
Profundidad de desplante, Df (mts):	1,8																	
Peso Volumétrico del suelo, Gm (Ton/m3):	1,48																	
Cohesión del suelo, c, (Ton/m2):	1,8																	
Ángulo de fricción interna del suelo, Fi (grados):	38																	
Ancho o Radio del cimientó; B ó R (mts):	1,4																	
Tipo de suelo: 1-Arcilloso firme / 2-Arcilloso blando / 3-Arenoso	2																	
Factor de seguridad, F.S.: (3.5 / 3.0 / 2.5)	3,0																	
Cálculos y Resultados:																		
<table border="0"> <tr> <td colspan="2">Factores dependientes del ángulo de fricción:</td> <td>Para suelo arcilloso blando o arenoso:</td> </tr> <tr> <td>Factor de cohesión, Nc =</td> <td>77,50</td> <td>c=2/3c= 1,21</td> </tr> <tr> <td>Factor de sobrecarga, Nq =</td> <td>61,55</td> <td>N' c= 2/3N' c= 51,67</td> </tr> <tr> <td>Factor de piso, Ng =</td> <td>78,61</td> <td>N' q= 2/3N' q= 41,03</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>N' g= 2/3N' g= 52,41</td> </tr> </table>				Factores dependientes del ángulo de fricción:		Para suelo arcilloso blando o arenoso:	Factor de cohesión, Nc =	77,50	c=2/3c= 1,21	Factor de sobrecarga, Nq =	61,55	N' c= 2/3N' c= 51,67	Factor de piso, Ng =	78,61	N' q= 2/3N' q= 41,03			N' g= 2/3N' g= 52,41
Factores dependientes del ángulo de fricción:		Para suelo arcilloso blando o arenoso:																
Factor de cohesión, Nc =	77,50	c=2/3c= 1,21																
Factor de sobrecarga, Nq =	61,55	N' c= 2/3N' c= 51,67																
Factor de piso, Ng =	78,61	N' q= 2/3N' q= 41,03																
		N' g= 2/3N' g= 52,41																
<p>Para todo cimientó:</p> <p>Capacidad de carga última, qc:</p> $qc = c' \cdot N' c + Gm \cdot Df \cdot N' q + 0.5 \cdot Gm \cdot B \cdot N' g$ <p>Capacidad de carga admisible; qa:</p> $qa = qc / FS$ <p> $c' \cdot N' c = 62,3$ $g \cdot Df \cdot N' q = 109,3$ $0.5 \cdot g \cdot B \cdot N' g = 54,3$ $qc, (Ton/m2) = 226,0$ $qa, (Ton/m2) = 75,3$ </p>																		

En la fase de la construcción se recomienda realizar la verificación de los parámetros dados que se cumplan para toda el área, durante la excavación se realizara la verificación antes mencionada. Además, la compactación se lo realizará con un rodillo vibro dinámico de 14 toneladas, con un mínimo de 8 pasadas por cada franja, con 2 a 3% de hidratación del material de relleno, y se tomará densidades de campo para verificar el grado de compactación que debe ser del 100%. El Ing. Calculista del proyecto verificara las condiciones dadas por el Ing. de Suelos, y tomara la decisión de determinar la cimentación antes mencionada.

Finalmente, se destaca que el ingeniero calculista deberá coordinar con el especialista geotécnico para validar las condiciones de diseño adoptadas y seleccionar el tipo de cimentación más adecuado. Durante la ejecución de la obra, es fundamental realizar verificaciones de los parámetros de diseño en toda el área, especialmente durante la etapa de excavación, con el fin de ajustar o validar las hipótesis iniciales del estudio de suelos.

BIBLIOGRAFIA

- Abd El Aal, A. K., & Rouaiguia, A. (2020). Determination of the Geotechnical Parameters of Soils Behavior for Safe Future Urban Development, Najran Area, Saudi Arabia: Implications for Settlements Mitigation. *Geotechnical and Geological Engineering*, 38(1), 695–712. <https://doi.org/10.1007/s10706-019-01058-x>
- Akbulut, S. (2020). The importance of education in geotechnical engineering. In *Geotechnical Engineering Education and Training*. <https://doi.org/10.1201/9781003078623-29>
- Al-Sultani, N. K., Al-Amar, H. A., & Al-Zubaydi, J. H. (2023). Geotechnical Properties of Soil Slopes of the Great Musaiyab Project, Babylon, Middle of Iraq. *Iraqi Geological Journal*, 56(1). <https://doi.org/10.46717/igj.56.1B.20ms-2023-2-28>
- Briaud, J. (2023). Introduction. In *Geotechnical Engineering*. <https://doi.org/10.1002/9781119788720.ch1>
- Briaud, J. L. (2023). Geotechnical Engineering: Unsaturated and Saturated Soils. In *Geotechnical Engineering: Unsaturated and Saturated Soils*. <https://doi.org/10.1002/9781119788720>
- Brohi, I. A., Kalwar, M. A., Agheem, M. H., Junejo, S. A., & Sahito, A. G. (2021). Study of Geotechnical Assessments for The Foundation and Construction of Civil Work at Tharparkar District, Sindh, Pakistan. *International Journal of Economic and Environmental Geology*, 11(4), 18–21. <https://doi.org/10.46660/ijeeg.Vol11.Iss4.2020.510>
- Capa, V. E., Torrijo, F. J., Calderón, P. A., & Hidalgo Signes, C. (2023). Geotechnical Characterization of Quito's North-Central Zone as Applied to Deep Excavation in the Urban Setting. *Sustainability*, 15(10), 8272. <https://doi.org/10.3390/su15108272>
- Cavallaro, A. (2022). A geotechnical study for the historical heritage preservation of the City of Noto (Italy). *Geotechnical Engineering for the Preservation of Monuments and Historic Sites III - Proceedings of the 3rd International Issmge TC301 Symposium, 2022*. <https://doi.org/10.1201/9781003308867-69>
- De La Cruz Vega, S. A., Mendoza Flores, C. M., Ascoy Flores, K. A., Cipriano Bautista, J. G., Barrenechea Alvarado, J. C., & Flores Reyes, G. (2022). Chapter 3: Soil mechanics studies. *Athenea*, 44–62. <https://doi.org/10.47460/athenea.v3i7.36>
- Dembovetsky, A. V., Tyugai, Z., & Shein, E. V. (2024). Granulometric composition of soils: history, development of methods, current state and prospects. *Lomonosov Soil Science Journal*, 79(№4, 2024), 7–13. <https://doi.org/10.55959/MSU0137-0944-17-2024-79-4-7-13>
- Ekeleme, A. C., Ibearugbulem, O. H., Ugwu, E. I., Njoku, C. E., Amanamba, E. C., Ibe, O. P., Igwegbe, E. W., & Okpara, P. C. (2021). Investigation of geotechnical properties of soil samples in Isu-Njaba Imo State. *IOP Conference Series*:

- Materials Science and Engineering*, 1036(1), 012035.
<https://doi.org/10.1088/1757-899X/1036/1/012035>
- Ezendiokwere, N. E., Aimikhe, V. J., Dosunmu, A., & Joel, O. F. (2021). Influence of depth on induced geo-mechanical, chemical, and thermal poromechanical effects. *Journal of Petroleum Exploration and Production*, 11(7).
<https://doi.org/10.1007/s13202-021-01174-6>
- Flora, A., Chiaradonna, A., Bilotta, E., Fasano, G., Mele, L., Lirer, S., Pingue, L., & Fanti, F. (2019). Field tests to assess the effectiveness of ground improvement for liquefaction mitigation. *Earthquake Geotechnical Engineering for Protection and Development of Environment and Constructions- Proceedings of the 7th International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering, 2019*.
- GAD PROVINCIAL DEL AZUAY. (2019). *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA PROVINCIA DEL AZUAY*.
- Gutiérrez-Martín, A., Yenes, J. I., Fernández-Hernández, M., & Castedo, R. (2021). Stabilization methodology in foundation soils by ERT-3D application in Estepona, South Spain. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(10).
<https://doi.org/10.3390/app11104455>
- He, Z. (2012). The evaluation on civil engineering construction sustainable development using grey relational analysis. *Advanced Materials Research*, 575.
<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.575.32>
- Huang, M., Chen, Z., Hong, C., Sha, P., Wu, Z., Hu, C., & Tao, Z. (2022). Intelligent Drilling Depth Monitoring System for Geotechnical Site Investigation. *Shock and Vibration*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/6730484>
- Hussain, K., Bin, D., Asghar, A., Hussain, J., Iqbal, S. M., Ali Shah, S. Y., & Hussain, S. (2022). GEOTECHNICAL PARAMETER ASSESSMENT AND BEARING CAPACITY ANALYSIS FOR THE FOUNDATION DESIGN. *Earth Science Malaysia*, 6(2). <https://doi.org/10.26480/esmy.02.2022.136.145>
- Islam, Md. S., Begum, A., & Hasan, Md. M. (2021). Slope stability analysis of the Rangamati District using geotechnical and geochemical parameters. *Natural Hazards*, 108(2), 1659–1686. <https://doi.org/10.1007/s11069-021-04750-5>
- Jibson, R. W., & Tanyaş, H. (2020). The influence of frequency and duration of seismic ground motion on the size of triggered landslides—A regional view. *Engineering Geology*, 273, 105671. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2020.105671>
- JORGE LUIS MENDOZA DUEÑAS, & ALFREDO PEZO PAREDES. (2023). STRATEGIC PLANNING Case: Department of Topography and Transportation Roads at the Faculty of Civil Engineering - UNI. *Journal of Namibian Studies : History Politics Culture*, 33. <https://doi.org/10.59670/jns.v33i.974>
- Lima Leon Robinson Jimmi. (2019). *ESTUDIO GEOTECNICO COMO ELEMENTO DE ANALISIS Y DISEÑO DE CIMENTACIONES PARA VIVIENDAS DE TRES PISOS EN LA CIUDAD DE MACHALA*.

- Macedo, M., & Ferreira, B. (2023). Use of Advanced Technologies for Topographic Surveys in Civil Construction. *Journal of Management and Sustainability*, 13(2). <https://doi.org/10.5539/jms.v13n2p17>
- Mirsayapov, I., & Koroleva, I. (2023). Geotechnical justification of the stadium construction on water-saturated soils under seismic loading. *E3S Web of Conferences*, 371, 02017. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202337102017>
- Morales Erazo Pablo Alejandro. (2014). *Estudios geotécnicos para cimentaciones de estructuras puentes, muros y edificios, en suelos y rocas*. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/3017>
- Muralha, J., & Lamas, L. (2023). Laboratory and Field Testing of Rock Masses for Civil Engineering Infrastructures. In *Springer Tracts in Civil Engineering*. https://doi.org/10.1007/978-3-031-05875-2_3
- Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2015). *GEOTÉCNIA Y CIMENTACIONES*.
- Oh, W. T., & Vanapalli, S. K. (2018). Modeling the stress versus settlement behavior of shallow foundations in unsaturated cohesive soils extending the modified total stress approach. *Soils and Foundations*, 58(2), 382–397. <https://doi.org/10.1016/j.sandf.2018.02.008>
- Ortiz-Hernández, E., Chunga, K., Pastor, J. L., & Toulkeridis, T. (2022). Assessing Susceptibility to Soil Liquefaction Using the Standard Penetration Test (SPT)—A Case Study from the City of Portoviejo, Coastal Ecuador. *Land*, 11(4). <https://doi.org/10.3390/land11040463>
- PDOT. (2019). PDOT. DOCUMENTO PDOT CPE 2020-2032_. *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*, 160.
- Peralta Delgado, J. A., Cordero Garcés, M. O., & Jaramillo Véliz, J. J. (2020). Topografía I. In *Topografía I*. <https://doi.org/10.17993/ccyll.2020.34>
- Prokopov, A., Akopyan, A., Akopyan, V., Berger, I., Dushilo, D., & Malamant, D. (2023). Assessment of anisotropy of physical and mechanical characteristics of soil. *Construction and Architecture*, 11(4), 6–6. <https://doi.org/10.29039/2308-0191-2023-11-4-6-6>
- Riquetti Morales Juan Pablo. (2010). *Dimensionamiento geotécnico de cimentaciones superficiales en las unidades geotécnicas de la ciudad de Cuenca*. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/2582>
- Šepac, Z. (2022). Foundation engineering structure. *Road and Rail Infrastructure VII*, 7. <https://doi.org/10.5592/co/cetra.2022.1386>
- Sokolov, N. S. (2022). Geotechnical Practice of Slope Reinforcement. *Journal of Civil Engineering Research & Technology*, 1–6. [https://doi.org/10.47363/JCERT/2022\(4\)123](https://doi.org/10.47363/JCERT/2022(4)123)
- Sowmiyaa, V. S. (2023). Comparative Study of Geotechnical Design of Foundations as Per Indian Standards and Eurocode 7. *Lecture Notes in Civil Engineering*, 295. https://doi.org/10.1007/978-981-19-6359-9_4

- Stanturf, J. A., Callaham, M. A., & Madsen, P. (2021). Soils are fundamental to landscape restoration. *Soils and Landscape Restoration*, 1–37. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813193-0.00001-1>
- Tesema, T. A., & Leta, O. T. (2020). Sediment Yield Estimation and Effect of Management Options on Sediment Yield of Kesem Dam Watershed, Awash Basin, Ethiopia. *Scientific African*, 9. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00425>
- Villavicencio, G., & Suazo, G. (2022). Geotechnical characterization of Viña del Mar for areas where buildings were affected by mega-earthquakes in Central Chile. *Earthquake Spectra*, 38(4). <https://doi.org/10.1177/87552930221111193>
- Vincent, E., Dominic, P., & Kure, M. (2020). Assessment of Geotechnical Parameters of Lateritic Soil of Jos and Environs, for Civil Engineering Constructions North Central part of Nigeria. *NIGERIAN ANNALS OF PURE AND APPLIED SCIENCES*, 3(3b), 222–239. <https://doi.org/10.46912/napas.209>
- Yang, T., Xing, X., Deepagoda T. K. K., C., Fu, W., Ma, X., & M. M. T., L. (2022). Relationships among water and gas transport properties in soils from natural and induced clay gradients. *Vadose Zone Journal*, 21(2). <https://doi.org/10.1002/vzj2.20180>
- ZEKHNIEV, F. F., VNUKOV, D. A., RAZVODOVSKY, D. E., & NIKOLAEV, A. N. (2022). GEOTECHNICAL SUPPORT FOR THE CONSTRUCTION OF A UNIQUE BUILDING THROUGH THE OBSERVATIONAL DESIGN METHOD. *Bulletin of Science and Research Center of Construction*, 34(3). [https://doi.org/10.37538/2224-9494-2022-3\(34\)-54-65](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2022-3(34)-54-65)
- Cabrera , P., Ordoñez , J., Carrión , L., & Lima, R. (2020). Geotecnia enfocada a cimentaciones de edificaciones de 3 pisos en la ciudad de Machala. 4(1). Retrieved 07 2025, 02, from <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/17917>
- Rodríguez Ortiz, J. M., Serra Gesta, J., & Oteo mazo, C. (1982). *CURSO APLICADO DE CIMENTACIONES* (4 ed.). Madrid. Retrieved 2 25, 2024
- Sivakugan, N., & Das, b. (2019). Principles of Foundation Engineering. Retrieved 07 13, 2025, from <https://faculty.cengage.com/works/9781337705028>

ANEXOS

Capacidad portante del suelo

Sondeo N° 1

Muestra 1

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA
FACULTAD DE IGENIERIA
LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES

P : Perímetro de la Muestra
Ds : Diámetro Superior de la Muestra
Dc : Diámetro Central de la Muestra
Di : Diámetro Inferior de la Muestra
H : Altura de la Muestra
Wp : Peso de la Muestra

CUADRO DE DATOS

		MUESTRA # 1	MUESTRA # 2	MUESTRA # 3
P	(cm)	12	12	12
Ds	(cm)	3,70	3,70	3,70
Dc	(cm)	3,70	3,70	3,70
Di	(cm)	3,60	3,70	3,70
H	(cm)	8,33	8,33	8,33
Wp	(gr)	124,59	128,89	130,25

**UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES**

CALCULO DEL ESFUERZO TOTAL (σ)

$$\sigma = \alpha \cdot Z$$

$$Z = 200 \text{ cm}$$

$$\sigma = 280,87 \text{ gr / cm}^2$$

$$\gamma = 1,40 \text{ gr / cm}^3$$

CALCULO DE LA PRESION DE POROS (μ)

$$\mu = \gamma_w \cdot h$$

$$h = 10 \text{ cm}$$

$$\mu = 10 \text{ gr / cm}^2$$

$$\gamma_w = 1 \text{ gr / cm}^3$$

CALCULO DEL ESFUERZO EFECTIVO ($\bar{\sigma}$)

$$\bar{\sigma} = \sigma + \mu$$

$$\bar{\sigma} = \sigma - \mu$$

$$\bar{\sigma} = 270,87 \text{ gr / cm}^2 = 0,270875 \text{ Kg / cm}^2$$

CALCULO DEL ANGULO DE FALLA (α)

$$X = 3,4 \text{ cm}$$

$$Y = 0,8 \text{ cm}$$

$$\text{tg } \alpha = \frac{Y}{X}$$

$$\alpha = 13,24^\circ$$

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA
FACULTAD DE IGENIERIA
LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE
MATERIALES

CONTENIDO DE HUMEDAD

$$W (\%) = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

MUESTRA N ° 1

RECIPIENTE	N °	C2M20
PESO DEL SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	W_1	154,26 gr.
PESO DEL SUELO SECO + RECIPIENTE	W_2	119,56 gr.
PESO DEL RECIPIENTE	W_3	9,54 gr.
PESO DEL AGUA	$W_w = W_1 - W_2$	34,7 gr.
PESO DEL SUELO SECO	$W_s = W_2 - W_3$	110,02 gr.
CONTENIDO DE HUMEDAD	$W (\%) = \frac{W_w}{W_s}$	31,54%

MUESTRA N ° 2

RECIPIENTE	N °	x25
PESO DEL SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	W_1	169,89 gr.
PESO DEL SUELO SECO + RECIPIENTE	W_2	129,24 gr.
PESO DEL RECIPIENTE	W_3	9,54 gr.
PESO DEL AGUA	$W_w = W_1 - W_2$	40,65 gr.
PESO DEL SUELO SECO	$W_s = W_2 - W_3$	119,700 gr.
CONTENIDO DE HUMEDAD	$W (\%) = \frac{W_w}{W_s}$	33,96%

MUESTRA N ° 3

RECIPIENTE	N °	X50
PESO DEL SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	W_1	162,78 gr.
PESO DEL SUELO SECO + RECIPIENTE	W_2	124,13 gr.
PESO DEL RECIPIENTE	W_3	9,55 gr.
PESO DEL AGUA	$W_w = W_1 - W_2$	38,65 gr.
PESO DEL SUELO SECO	$W_s = W_2 - W_3$	114,580 gr.
CONTENIDO DE HUMEDAD	$W (\%) = \frac{W_w}{W_s}$	33,73%

CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO :

$$W(\%)_{\text{PROM}} = \quad \quad \quad \mathbf{33,08\%}$$

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA
FACULTAD DE IGENIERIA
LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES

CÁLCULO DE LAS AREAS: SUPERIOR - CENTRAL - INFERIOR

As : Area Superior

Ac : Area Central

Ai : Area Inferior

As	=	10,752	cm ²
Ac	=	10,752	cm ²
Ai	=	10,179	cm ²

CÁLCULO DEL AREA MEDIA :

Am : Area Media

Am	=	10,657	cm ²
-----------	---	--------	-----------------

ALTURA MEDIA EN mm:

Hm : Altura Media

Hm	=	83,25	mm
-----------	---	-------	----

CARGA - DEFORMACIÓN:

NÚMERO		CARGA (kg)	DEFORMACIÓ N (mm)
Carga # 1	=	0,72	10
Carga # 2	=	0,79	20
Carga # 3	=	0,856	30
Carga # 4	=	1,134	40
Carga # 5	=	1,39	50
Carga # 6	=	2,13	75
Carga # 7	=	2,74	100
Carga # 8	=	3,29	125
Carga # 9	=	3,63	150
Carga # 10	=	3,97	175
Carga # 11	=	4,24	200
Carga # 12	=	4,80	250
Carga # 13	=	5,07	275
Carga # 14	=	5,30	300
Carga # 15	=	5,47	320
Carga # 16	=	5,57	340
Carga # 17	=	5,51	350

CÁLCULO DE LA DEFORMACIÓN UNITARIA :

$$e = \text{Deformación} / H_m$$

$e_1 =$	10	x 10 ⁻² mm /	83,3	mm =	0,12 x 10⁻²
$e_2 =$	20	x 10 ⁻² mm /	83,3	mm =	0,24 x 10⁻²
$e_3 =$	30	x 10 ⁻² mm /	83,3	mm =	0,36 x 10⁻²
$e_4 =$	40	x 10 ⁻² mm /	83,3	mm =	0,48 x 10⁻²
$e_5 =$	50	x 10 ⁻² mm /	83,3	mm =	0,60 x 10⁻²
$e_6 =$	75	x 10 ⁻² mm /	83,3	mm =	0,90 x 10⁻²
$e_7 =$	100	x 10 ⁻² mm /	83,3	mm =	1,20 x 10⁻²
$e_8 =$	125	x 10 ⁻² mm /	83,3	mm =	1,50 x 10⁻²
$e_9 =$	150	x 10 ⁻² mm /	83,3	mm =	1,80 x 10⁻²
$e_{10} =$	175	x 10 ⁻² mm /	83,3	mm =	2,10 x 10⁻²
$e_{11} =$	200	x 10 ⁻² mm /	83,3	mm =	2,40 x 10⁻²
$e_{12} =$	250	x 10 ⁻² mm /	83,3	mm =	3,00 x 10⁻²
$e_{13} =$	275	x 10 ⁻² mm /	83,3	mm =	3,30 x 10⁻²
$e_{14} =$	300	x 10 ⁻² mm /	83,3	mm =	3,60 x 10⁻²
$e_{15} =$	320	x 10 ⁻² mm /	83,3	mm =	3,84 x 10⁻²
$e_{16} =$	340	x 10 ⁻² mm /	83,3	mm =	4,08 x 10⁻²
$e_{16} =$	350	x 10 ⁻² mm /	83,3	mm =	4,20 x 10⁻²

CÁLCULO DEL AREA CORREGIDA :

$$Ac = A_m / 1 - e$$

$Ac_1 =$	10,66	/ 1 -	0,12	x 10 ⁻² =	10,67 cm²
$Ac_2 =$	10,66	/ 1 -	0,24	x 10 ⁻² =	10,68 cm²
$Ac_3 =$	10,66	/ 1 -	0,36	x 10 ⁻² =	10,70 cm²
$Ac_4 =$	10,66	/ 1 -	0,48	x 10 ⁻² =	10,71 cm²
$Ac_5 =$	10,66	/ 1 -	0,60	x 10 ⁻² =	10,72 cm²
$Ac_6 =$	10,66	/ 1 -	0,90	x 10 ⁻² =	10,75 cm²
$Ac_7 =$	10,66	/ 1 -	1,20	x 10 ⁻² =	10,79 cm²
$Ac_8 =$	10,66	/ 1 -	1,50	x 10 ⁻² =	10,82 cm²
$Ac_9 =$	10,66	/ 1 -	1,80	x 10 ⁻² =	10,85 cm²
$Ac_{10} =$	10,66	/ 1 -	2,10	x 10 ⁻² =	10,89 cm²
$Ac_{11} =$	10,66	/ 1 -	2,40	x 10 ⁻² =	10,92 cm²
$Ac_{12} =$	10,66	/ 1 -	3,00	x 10 ⁻² =	10,99 cm²
$Ac_{13} =$	10,66	/ 1 -	3,30	x 10 ⁻² =	11,02 cm²
$Ac_{14} =$	10,66	/ 1 -	3,60	x 10 ⁻² =	11,05 cm²
$Ac_{15} =$	10,66	/ 1 -	3,84	x 10 ⁻² =	11,08 cm²
$Ac_{16} =$	10,66	/ 1 -	4,08	x 10 ⁻² =	11,11 cm²
$Ac_{17} =$	10,66	/ 1 -	4,20	x 10 ⁻² =	11,12 cm²

CÁLCULO DEL ESFUERZO :

$$G = \text{Carga} / \text{Area Corregida}$$

ESFUERZO 1 =	0,72	kg	/	10,67	cm ²	=	0,07	kg/cm²
ESFUERZO 2 =	0,79	kg	/	10,68	cm ²	=	0,07	kg/cm²
ESFUERZO 3 =	0,86	kg	/	10,70	cm ²	=	0,08	kg/cm²
ESFUERZO 4 =	1,13	kg	/	10,71	cm ²	=	0,11	kg/cm²
ESFUERZO 5 =	1,39	kg	/	10,72	cm ²	=	0,13	kg/cm²
ESFUERZO 6 =	2,13	kg	/	10,75	cm ²	=	0,20	kg/cm²
ESFUERZO 7 =	2,74	kg	/	10,79	cm ²	=	0,25	kg/cm²
ESFUERZO 8 =	3,29	kg	/	10,82	cm ²	=	0,30	kg/cm²
ESFUERZO 9 =	3,63	kg	/	10,85	cm ²	=	0,33	kg/cm²
ESFUERZO 10 =	3,97	kg	/	10,89	cm ²	=	0,36	kg/cm²
ESFUERZO 11 =	4,24	kg	/	10,92	cm ²	=	0,39	kg/cm²
ESFUERZO 12 =	4,80	kg	/	10,99	cm ²	=	0,44	kg/cm²
ESFUERZO 13 =	5,07	kg	/	11,02	cm ²	=	0,46	kg/cm²
ESFUERZO 14 =	5,30	kg	/	11,05	cm ²	=	0,48	kg/cm²
ESFUERZO 15 =	5,47	kg	/	11,08	cm ²	=	0,49	kg/cm²
ESFUERZO 16 =	5,57	kg	/	11,11	cm ²	=	0,50	kg/cm²

CÁLCULO DEL ESFUERZO NORMAL (G₁) :

$$G_1 = G_d + G_3$$

G₁ y G₃ = Esfuerzos Principales

G_d = Esfuerzo Deformador

$$G_1 = 0,50 \text{ kg/cm}^2 + 0,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$G_1 = 1,0013 \text{ kg/cm}^2$$

CÁLCULO DE LA ABCISA AL CENTRO DEL CIRCULO DE MORH (x) :

$$x = \frac{G_1 + G_3}{2} = \frac{1,0013 \text{ kg/cm}^2 + 0,5 \text{ kg/cm}^2}{2}$$

$$x = 0,751 \text{ kg/cm}^2$$

CÁLCULO DEL RADIO DEL CIRCULO DE MORH (R) :

$$R = \frac{G_1 - G_3}{2} = \frac{1,0013 \text{ kg/cm}^2 - 0,5 \text{ kg/cm}^2}{2}$$

$$R = 0,251 \text{ kg/cm}^2$$

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA
FACULTAD DE IGENIERIA
LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES

CALCULO DE LAS AREAS: SUPERIOR - CENTRAL - INFERIOR

As : Area Superior

Ac : Area Central

Ai : Area Inferior

As	=	10,752	cm ²
Ac	=	10,752	cm ²
Ai	=	10,752	cm ²

CALCULO DEL AREA MEDIA :

Am : Area Media

Am	=	10,752	cm ²
-----------	---	--------	-----------------

ALTURA MEDIA EN mm:

Hm : Altura Media

Hm	=	83,250	mm
-----------	---	--------	----

CARGA - DEFORMACIÓN:

NUMERO		CARGA (kg)	DEFORMACIÓ N (mm)
Carga # 1	=	0,283	10
Carga # 2	=	0,352	20
Carga # 3	=	0,783	30
Carga # 4	=	1,134	40
Carga # 5	=	1,390	50
Carga # 6	=	2,132	75
Carga # 7	=	2,740	100
Carga # 8	=	3,285	125
Carga # 9	=	3,632	150
Carga # 10	=	3,967	175
Carga # 11	=	4,236	200
Carga # 12	=	4,796	250
Carga # 13	=	5,298	270
Carga # 14	=	5,670	290
Carga # 15	=	6,350	300
Carga # 16	=	6,960	380

CALCULO DE LA DEFORMACION UNITARIA :

$$e = \text{Deformación} / Hm$$

$e_1 =$	10	x 10 ⁻² mm /	83,250	mm =	0,120 x 10⁻²
$e_2 =$	20	x 10 ⁻² mm /	83,250	mm =	0,240 x 10⁻²
$e_3 =$	30	x 10 ⁻² mm /	83,250	mm =	0,360 x 10⁻²
$e_4 =$	40	x 10 ⁻² mm /	83,250	mm =	0,480 x 10⁻²
$e_5 =$	50	x 10 ⁻² mm /	83,250	mm =	0,601 x 10⁻²
$e_6 =$	75	x 10 ⁻² mm /	83,250	mm =	0,901 x 10⁻²
$e_7 =$	100	x 10 ⁻² mm /	83,250	mm =	1,201 x 10⁻²
$e_8 =$	125	x 10 ⁻² mm /	83,250	mm =	1,502 x 10⁻²
$e_9 =$	150	x 10 ⁻² mm /	83,250	mm =	1,802 x 10⁻²
$e_{10} =$	175	x 10 ⁻² mm /	83,250	mm =	2,102 x 10⁻²
$e_{11} =$	200	x 10 ⁻² mm /	83,250	mm =	2,402 x 10⁻²
$e_{12} =$	250	x 10 ⁻² mm /	83,250	mm =	3,003 x 10⁻²
$e_{13} =$	270	x 10 ⁻² mm /	83,250	mm =	3,243 x 10⁻²
$e_{14} =$	290	x 10 ⁻² mm /	83,250	mm =	3,483 x 10⁻²
$e_{15} =$	300	x 10 ⁻² mm /	83,250	mm =	3,604 x 10⁻²
$e_{16} =$	380	x 10 ⁻² mm /	83,250	mm =	4,565 x 10⁻²

CALCULO DEL AREA CORREGIDA :

$$Ac = Am / 1 - e$$

$Ac_1 =$	10,752	/ 1 -	0,120	x 10 ⁻² =	10,753 cm²
$Ac_2 =$	10,752	/ 1 -	0,240	x 10 ⁻² =	10,755 cm²
$Ac_3 =$	10,752	/ 1 -	0,360	x 10 ⁻² =	10,756 cm²
$Ac_4 =$	10,752	/ 1 -	0,480	x 10 ⁻² =	10,757 cm²
$Ac_5 =$	10,752	/ 1 -	0,601	x 10 ⁻² =	10,759 cm²
$Ac_6 =$	10,752	/ 1 -	0,901	x 10 ⁻² =	10,762 cm²
$Ac_7 =$	10,752	/ 1 -	1,201	x 10 ⁻² =	10,765 cm²
$Ac_8 =$	10,752	/ 1 -	1,502	x 10 ⁻² =	10,768 cm²
$Ac_9 =$	10,752	/ 1 -	1,802	x 10 ⁻² =	10,772 cm²
$Ac_{10} =$	10,752	/ 1 -	2,102	x 10 ⁻² =	10,775 cm²
$Ac_{11} =$	10,752	/ 1 -	2,402	x 10 ⁻² =	10,778 cm²
$Ac_{12} =$	10,752	/ 1 -	3,003	x 10 ⁻² =	10,784 cm²
$Ac_{13} =$	10,752	/ 1 -	3,243	x 10 ⁻² =	10,787 cm²
$Ac_{14} =$	10,752	/ 1 -	3,483	x 10 ⁻² =	10,790 cm²
$Ac_{15} =$	10,752	/ 1 -	3,604	x 10 ⁻² =	10,791 cm²
$Ac_{16} =$	10,752	/ 1 -	4,565	x 10 ⁻² =	10,801 cm²

CALCULO DEL ESFUERZO :

$$G = \text{Carga} / \text{Area Corregida}$$

ESFUERZO 1 =	0,28	kg	/	10,753	cm ²	=	0,0263	kg/cm ²
ESFUERZO 2 =	0,35	kg	/	10,755	cm ²	=	0,0327	kg/cm ²
ESFUERZO 3 =	0,78	kg	/	10,756	cm ²	=	0,0728	kg/cm ²
ESFUERZO 4 =	1,13	kg	/	10,757	cm ²	=	0,1054	kg/cm ²
ESFUERZO 5 =	1,39	kg	/	10,759	cm ²	=	0,1292	kg/cm ²
ESFUERZO 6 =	2,13	kg	/	10,762	cm ²	=	0,1981	kg/cm ²
ESFUERZO 7 =	2,74	kg	/	10,765	cm ²	=	0,2545	kg/cm ²
ESFUERZO 8 =	3,29	kg	/	10,768	cm ²	=	0,3051	kg/cm ²
ESFUERZO 9 =	3,63	kg	/	10,772	cm ²	=	0,3372	kg/cm ²
ESFUERZO 10 =	3,97	kg	/	10,775	cm ²	=	0,3682	kg/cm ²
ESFUERZO 11 =	4,24	kg	/	10,778	cm ²	=	0,3930	kg/cm ²
ESFUERZO 12 =	4,80	kg	/	10,784	cm ²	=	0,4447	kg/cm ²
ESFUERZO 13 =	5,30	kg	/	10,787	cm ²	=	0,4911	kg/cm ²
ESFUERZO 14 =	5,67	kg	/	10,790	cm ²	=	0,5255	kg/cm ²
ESFUERZO 15 =	6,35	kg	/	10,791	cm ²	=	0,5885	kg/cm ²
ESFUERZO 16 =	6,96	kg	/	10,801	cm ²	=	0,6444	kg/cm ²

CALCULO DEL ESFUERZO NORMAL (G₁) :

$$G_1 = G_d + G_3$$

G₁ y G₃ = Esfuerzos Principales

$$G_d = \text{Esfuerzo Deformador}$$

$$G_1 = 0,64 \text{ kg/cm}^2 + 1,0 \text{ kg/cm}^2$$

$$G_1 = 1,6444 \text{ kg/cm}^2$$

CALCULO DE LA ABCISA AL CENTRO DEL CIRCULO DE MORH (x) :

$$x = \frac{G_1 + G_3}{2} = \frac{1,6444 \text{ kg/cm}^2 + 1 \text{ kg/cm}^2}{2}$$

$$x = 1,322 \text{ kg/cm}^2$$

CALCULO DEL RADIO DEL CIRCULO DE MORH (R) :

$$R = \frac{G_1 - G_3}{2} = \frac{1,6444 \text{ kg/cm}^2 - 1 \text{ kg/cm}^2}{2}$$

$$R = 0,322 \text{ kg/cm}^2$$

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA
FACULTAD DE IGENIERIA
LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES

CALCULO DE LAS AREAS: SUPERIOR - CENTRAL - INFERIOR

As : Area Superior

Ac : Area Central

Ai : Area Inferior

As	=	10,752	cm ²
Ac	=	10,752	cm ²
Ai	=	10,752	cm ²

CALCULO DEL AREA MEDIA :

Am : Area Media

Am	=	10,752	cm ²
-----------	---	--------	-----------------

ALTURA MEDIA EN mm :

Hm : Altura Media

Hm	=	83,250	mm
-----------	---	--------	----

CALCULO DE LA CARGA :

NÚMERO		CARGA (kg)	DEFORMACIÓ N (mm)
Carga # 1	=	0,43	10
Carga # 2	=	0,68	20
Carga # 3	=	0,894	30
Carga # 4	=	1,32	40
Carga # 5	=	1,508	50
Carga # 6	=	2,50	75
Carga # 7	=	3,26	100
Carga # 8	=	4,04	125
Carga # 9	=	4,79	150
Carga # 10	=	5,26	175
Carga # 11	=	6,14	200
Carga # 12	=	6,87	250
Carga # 13	=	7,58	300
Carga # 14	=	7,85	350
Carga # 15	=	8,96	370
Carga # 16	=	9,86	390

CALCULO DE LA DEFORMACION UNITARIA :

$$e = \text{Deformación} / \text{Hm}$$

e₁ =	10	x 10-2 mm /	83,250	mm =	0,120 x 10⁻²
e₂ =	20	x 10-2 mm /	83,250	mm =	0,240 x 10⁻²
e₃ =	30	x 10-2 mm /	83,250	mm =	0,360 x 10⁻²
e₄ =	40	x 10-2 mm /	83,250	mm =	0,480 x 10⁻²
e₅ =	50	x 10-2 mm /	83,250	mm =	0,601 x 10⁻²
e₆ =	75	x 10-2 mm /	83,250	mm =	0,901 x 10⁻²
e₇ =	100	x 10-2 mm /	83,250	mm =	1,201 x 10⁻²
e₈ =	125	x 10-2 mm /	83,250	mm =	1,502 x 10⁻²
e₉ =	150	x 10-2 mm /	83,250	mm =	1,802 x 10⁻²
e₁₀ =	175	x 10-2 mm /	83,250	mm =	2,102 x 10⁻²
e₁₁ =	200	x 10-2 mm /	83,250	mm =	2,402 x 10⁻²
e₁₂ =	250	x 10-2 mm /	83,250	mm =	3,003 x 10⁻²
e₁₃ =	300	x 10-2 mm /	83,250	mm =	3,604 x 10⁻²
e₁₄ =	350	x 10-2 mm /	83,250	mm =	4,204 x 10⁻²
e₁₅ =	370	x 10-2 mm /	83,250	mm =	4,444 x 10⁻²
e₁₆ =	390	x 10-2 mm /	83,250	mm =	4,685 x 10⁻²

CALCULO DEL AREA CORREGIDA :

$$Ac = Am / 1 - e$$

Ac₁ =	10,752	/ 1 -	0,120	x 10-2 =	10,753 cm²
Ac₂ =	10,752	/ 1 -	0,240	x 10-2 =	10,755 cm²
Ac₃ =	10,752	/ 1 -	0,360	x 10-2 =	10,756 cm²
Ac₄ =	10,752	/ 1 -	0,480	x 10-2 =	10,757 cm²
Ac₅ =	10,752	/ 1 -	0,601	x 10-2 =	10,759 cm²
Ac₆ =	10,752	/ 1 -	0,901	x 10-2 =	10,762 cm²
Ac₇ =	10,752	/ 1 -	1,201	x 10-2 =	10,765 cm²
Ac₈ =	10,752	/ 1 -	1,502	x 10-2 =	10,768 cm²
Ac₉ =	10,752	/ 1 -	1,802	x 10-2 =	10,772 cm²
Ac₁₀ =	10,752	/ 1 -	2,102	x 10-2 =	10,775 cm²
Ac₁₁ =	10,752	/ 1 -	2,402	x 10-2 =	10,778 cm²
Ac₁₂ =	10,752	/ 1 -	3,003	x 10-2 =	10,784 cm²
Ac₁₃ =	10,752	/ 1 -	3,604	x 10-2 =	10,791 cm²
Ac₁₄ =	10,752	/ 1 -	4,204	x 10-2 =	10,797 cm²
Ac₁₅ =	10,752	/ 1 -	4,444	x 10-2 =	10,800 cm²
Ac₁₆ =	10,752	/ 1 -	4,685	x 10-2 =	10,803 cm²

CALCULO DEL ESFUERZO :

$$G = \text{Carga} / \text{Area Corregida}$$

ESFUERZO 1 =	0,4300	kg	/	10,753	cm ²	=	0,0400	kg/cm ²
ESFUERZO 2 =	0,6800	kg	/	10,755	cm ²	=	0,0632	kg/cm ²
ESFUERZO 3 =	0,8940	kg	/	10,756	cm ²	=	0,0831	kg/cm ²
ESFUERZO 4 =	1,3200	kg	/	10,757	cm ²	=	0,1227	kg/cm ²
ESFUERZO 5 =	1,5080	kg	/	10,759	cm ²	=	0,1402	kg/cm ²
ESFUERZO 6 =	2,5029	kg	/	10,762	cm ²	=	0,2326	kg/cm ²
ESFUERZO 7 =	3,2600	kg	/	10,765	cm ²	=	0,3028	kg/cm ²
ESFUERZO 8 =	4,0396	kg	/	10,768	cm ²	=	0,3751	kg/cm ²
ESFUERZO 9 =	4,7900	kg	/	10,772	cm ²	=	0,4447	kg/cm ²
ESFUERZO 10 =	5,2600	kg	/	10,775	cm ²	=	0,4882	kg/cm ²
ESFUERZO 11 =	6,1400	kg	/	10,778	cm ²	=	0,5697	kg/cm ²
ESFUERZO 12 =	6,8700	kg	/	10,784	cm ²	=	0,6370	kg/cm ²
ESFUERZO 13 =	7,5800	kg	/	10,791	cm ²	=	0,7024	kg/cm ²
ESFUERZO 14 =	7,8500	kg	/	10,797	cm ²	=	0,7270	kg/cm ²
ESFUERZO 15 =	8,9600	kg	/	10,800	cm ²	=	0,8296	kg/cm ²
ESFUERZO 16 =	9,8600	kg	/	10,803	cm ²	=	0,9127	kg/cm ²

CALCULO DEL ESFUERZO NORMAL (G₁) :

$$G_1 = G_d + G_3$$

G₁ y G₃ = Esfuerzos Principales

$$G_d = \text{Esfuerzo Deformador}$$

$$G_1 = 0,91 \text{ kg/cm}^2 + 1,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$G_1 = 2,4127 \text{ kg/cm}^2$$

CALCULO DE LA ABCISA AL CENTRO DEL CIRCULO DE MORH (x) :

$$x = \frac{G_1 + G_3}{2} = \frac{2,4127 \text{ kg/cm}^2 + 1,5 \text{ kg/cm}^2}{2}$$

$$x = 1,956 \text{ kg/cm}^2$$

CALCULO DEL RADIO DEL CIRCULO DE MORH (R) :

$$R = \frac{G_1 - G_3}{2} = \frac{2,4127 \text{ kg/cm}^2 - 1,5 \text{ kg/cm}^2}{2}$$

$$R = 0,456 \text{ kg/cm}^2$$

Sondeo N°2

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA
FACULTAD DE IGENIERIA
LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES

P : Perímetro de la Muestra
Ds : Diámetro Superior de la Muestra
Dc : Diámetro Central de la Muestra
Di : Diámetro Inferior de la Muestra
H : Altura de la Muestra
Wp : Peso de la Muestra

CUADRO DE DATOS

		MUESTRA # 1	MUESTRA # 2	MUESTRA # 3
P	(cm)	12	12	12
Ds	(cm)	3,70	3,70	3,70
Dc	(cm)	3,70	3,70	3,70
Di	(cm)	3,60	3,70	3,70
H	(cm)	8,33	8,33	8,33
Wp	(gr)	124,95	128,78	130,12

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA
FACULTAD DE IGENIERIA
LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES

CALCULO DEL ESFUERZO TOTAL (σ)

$$\sigma = \alpha \cdot Z \qquad Z = 200 \text{ cm}$$

$$\sigma = 281,69 \text{ gr / cm}^2 \qquad \gamma = 1,41 \text{ gr / cm}^3$$

CALCULO DE LA PRESION DE POROS (μ)

$$\mu = \gamma_w \cdot h \qquad h = 10 \text{ cm}$$

$$\mu = 10 \text{ gr / cm}^2 \qquad \gamma_w = 1 \text{ gr / cm}^3$$

CALCULO DEL ESFUERZO EFECTIVO ($\bar{\sigma}$)

$$\sigma = \bar{\sigma} + \mu$$

$$\bar{\sigma} = \sigma - \mu$$

$$\bar{\sigma} = 271,69 \text{ gr / cm}^2 = 0,271686 \text{ Kg / cm}^2$$

CALCULO DEL ANGULO DE FALLA (α)

$$X = 3,9 \text{ cm} \qquad Y = 1,1 \text{ cm}$$

$$\text{tg } \alpha = \frac{Y}{X}$$

$$\alpha = 15,75^\circ$$

**UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA
FACULTAD DE IGENIERIA
LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE
MATERIALES**

C O N T E N I D O D E H U M E D A D

$$W (\%) = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

MUESTRA N ° 1

RECIPIENTE	N °	C2M20
PESO DEL SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	W_1	154,26 gr.
PESO DEL SUELO SECO + RECIPIENTE	W_2	121,20 gr.
PESO DEL RECIPIENTE	W_3	9,54 gr.
PESO DEL AGUA	$W_w = W_1 - W_2$	33,06 gr.
PESO DEL SUELO SECO	$W_s = W_2 - W_3$	111,66 gr.
CONTENIDO DE HUMEDAD	$W (\%) = \frac{W_w}{W_s}$	29,61%

MUESTRA N ° 2

RECIPIENTE	N °	x25
PESO DEL SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	W_1	168,45 gr.
PESO DEL SUELO SECO + RECIPIENTE	W_2	133,34 gr.
PESO DEL RECIPIENTE	W_3	9,54 gr.
PESO DEL AGUA	$W_w = W_1 - W_2$	35,11 gr.
PESO DEL SUELO SECO	$W_s = W_2 - W_3$	123,800 gr.
CONTENIDO DE HUMEDAD	$W (\%) = \frac{W_w}{W_s}$	28,36%

MUESTRA N ° 3

RECIPIENTE	N °	X50
PESO DEL SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	W_1	173,24 gr.
PESO DEL SUELO SECO + RECIPIENTE	W_2	135,63 gr.
PESO DEL RECIPIENTE	W_3	9,55 gr.
PESO DEL AGUA	$W_w = W_1 - W_2$	37,61 gr.
PESO DEL SUELO SECO	$W_s = W_2 - W_3$	126,080 gr.
CONTENIDO DE HUMEDAD	$W (\%) = \frac{W_w}{W_s}$	29,83%

CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO :

$$W(\%)_{\text{PROM}} = \quad \quad \quad \mathbf{29,27\%}$$

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA
FACULTAD DE IGENIERIA
LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES

CÁLCULO DE LAS AREAS: SUPERIOR - CENTRAL - INFERIOR

As : Area Superior
Ac : Area Central
Ai : Area Inferior

As	=	10,752	cm ²
Ac	=	10,752	cm ²
Ai	=	10,179	cm ²

CÁLCULO DEL AREA MEDIA :

Am : Area Media

Am	=	10,657	cm ²
-----------	---	--------	-----------------

ALTURA MEDIA EN mm:

Hm : Altura Media

Hm	=	83,25	mm
-----------	---	-------	----

CARGA - DEFORMACIÓN:

NÚMERO		CARGA (kg)	DEFORMACIÓ N (mm)
Carga # 1	=	0,72	10
Carga # 2	=	0,79	20
Carga # 3	=	0,856	30
Carga # 4	=	1,134	40
Carga # 5	=	1,39	50
Carga # 6	=	2,13	75
Carga # 7	=	2,74	100
Carga # 8	=	3,29	125
Carga # 9	=	3,63	150
Carga # 10	=	3,97	175
Carga # 11	=	4,24	200
Carga # 12	=	4,80	250
Carga # 13	=	5,07	275
Carga # 14	=	5,30	300
Carga # 15	=	5,47	320
Carga # 16	=	5,57	340
Carga # 17	=	5,51	350

CÁLCULO DE LA DEFORMACIÓN UNITARIA :

$$e = \text{Deformación} / Hm$$

e₁ =	10	x 10 ⁻² mm /	83,3	mm =	0,12 x 10⁻²
e₂ =	20	x 10 ⁻² mm /	83,3	mm =	0,24 x 10⁻²
e₃ =	30	x 10 ⁻² mm /	83,3	mm =	0,36 x 10⁻²
e₄ =	40	x 10 ⁻² mm /	83,3	mm =	0,48 x 10⁻²
e₅ =	50	x 10 ⁻² mm /	83,3	mm =	0,60 x 10⁻²
e₆ =	75	x 10 ⁻² mm /	83,3	mm =	0,90 x 10⁻²
e₇ =	100	x 10 ⁻² mm /	83,3	mm =	1,20 x 10⁻²
e₈ =	125	x 10 ⁻² mm /	83,3	mm =	1,50 x 10⁻²
e₉ =	150	x 10 ⁻² mm /	83,3	mm =	1,80 x 10⁻²
e₁₀ =	175	x 10 ⁻² mm /	83,3	mm =	2,10 x 10⁻²
e₁₁ =	200	x 10 ⁻² mm /	83,3	mm =	2,40 x 10⁻²
e₁₂ =	250	x 10 ⁻² mm /	83,3	mm =	3,00 x 10⁻²
e₁₃ =	275	x 10 ⁻² mm /	83,3	mm =	3,30 x 10⁻²
e₁₄ =	300	x 10 ⁻² mm /	83,3	mm =	3,60 x 10⁻²
e₁₅ =	320	x 10 ⁻² mm /	83,3	mm =	3,84 x 10⁻²
e₁₆ =	340	x 10 ⁻² mm /	83,3	mm =	4,08 x 10⁻²
e₁₆ =	350	x 10 ⁻² mm /	83,3	mm =	4,20 x 10⁻²

CÁLCULO DEL AREA CORREGIDA :

$$Ac = Am / 1 - e$$

Ac₁ =	10,66	/ 1 -	0,12	x 10 ⁻² =	10,67 cm²
Ac₂ =	10,66	/ 1 -	0,24	x 10 ⁻² =	10,68 cm²
Ac₃ =	10,66	/ 1 -	0,36	x 10 ⁻² =	10,70 cm²
Ac₄ =	10,66	/ 1 -	0,48	x 10 ⁻² =	10,71 cm²
Ac₅ =	10,66	/ 1 -	0,60	x 10 ⁻² =	10,72 cm²
Ac₆ =	10,66	/ 1 -	0,90	x 10 ⁻² =	10,75 cm²
Ac₇ =	10,66	/ 1 -	1,20	x 10 ⁻² =	10,79 cm²
Ac₈ =	10,66	/ 1 -	1,50	x 10 ⁻² =	10,82 cm²
Ac₉ =	10,66	/ 1 -	1,80	x 10 ⁻² =	10,85 cm²
Ac₁₀ =	10,66	/ 1 -	2,10	x 10 ⁻² =	10,89 cm²
Ac₁₁ =	10,66	/ 1 -	2,40	x 10 ⁻² =	10,92 cm²
Ac₁₂ =	10,66	/ 1 -	3,00	x 10 ⁻² =	10,99 cm²
Ac₁₃ =	10,66	/ 1 -	3,30	x 10 ⁻² =	11,02 cm²
Ac₁₄ =	10,66	/ 1 -	3,60	x 10 ⁻² =	11,05 cm²
Ac₁₅ =	10,66	/ 1 -	3,84	x 10 ⁻² =	11,08 cm²
Ac₁₆ =	10,66	/ 1 -	4,08	x 10 ⁻² =	11,11 cm²
Ac₁₇ =	10,66	/ 1 -	4,20	x 10 ⁻² =	11,12 cm²

CÁLCULO DEL ESFUERZO :

$$G = \text{Carga} / \text{Area Corregida}$$

ESFUERZO 1 =	0,72	kg	/	10,67	cm ²	=	0,07	kg/cm²
ESFUERZO 2 =	0,79	kg	/	10,68	cm ²	=	0,07	kg/cm²
ESFUERZO 3 =	0,86	kg	/	10,70	cm ²	=	0,08	kg/cm²
ESFUERZO 4 =	1,13	kg	/	10,71	cm ²	=	0,11	kg/cm²
ESFUERZO 5 =	1,39	kg	/	10,72	cm ²	=	0,13	kg/cm²
ESFUERZO 6 =	2,13	kg	/	10,75	cm ²	=	0,20	kg/cm²
ESFUERZO 7 =	2,74	kg	/	10,79	cm ²	=	0,25	kg/cm²
ESFUERZO 8 =	3,29	kg	/	10,82	cm ²	=	0,30	kg/cm²
ESFUERZO 9 =	3,63	kg	/	10,85	cm ²	=	0,33	kg/cm²
ESFUERZO 10 =	3,97	kg	/	10,89	cm ²	=	0,36	kg/cm²
ESFUERZO 11 =	4,24	kg	/	10,92	cm ²	=	0,39	kg/cm²
ESFUERZO 12 =	4,80	kg	/	10,99	cm ²	=	0,44	kg/cm²
ESFUERZO 13 =	5,07	kg	/	11,02	cm ²	=	0,46	kg/cm²
ESFUERZO 14 =	5,30	kg	/	11,05	cm ²	=	0,48	kg/cm²
ESFUERZO 15 =	5,47	kg	/	11,08	cm ²	=	0,49	kg/cm²
ESFUERZO 16 =	5,57	kg	/	11,11	cm ²	=	0,50	kg/cm²

CÁLCULO DEL ESFUERZO NORMAL (G₁) :

$$G_1 = G_d + G_3$$

G₁ y G₃ = Esfuerzos Principales

$$G_d = \text{Esfuerzo Deformador}$$

$$G_1 = 0,50 \text{ kg/cm}^2 + 0,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$G_1 = 1,0013 \text{ kg/cm}^2$$

CÁLCULO DE LA ABCISA AL CENTRO DEL CIRCULO DE MORH (x) :

$$x = \frac{G_1 + G_3}{2} = \frac{1,0013 \text{ kg/cm}^2 + 0,5 \text{ kg/cm}^2}{2}$$

$$x = 0,751 \text{ kg/cm}^2$$

CÁLCULO DEL RADIO DEL CIRCULO DE MORH (R) :

$$R = \frac{G_1 - G_3}{2} = \frac{1,0013 \text{ kg/cm}^2 - 0,5 \text{ kg/cm}^2}{2}$$

$$R = 0,251 \text{ kg/cm}^2$$

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA
FACULTAD DE IGENIERIA
LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES

CALCULO DE LAS AREAS: SUPERIOR - CENTRAL - INFERIOR

As : Area Superior

Ac : Area Central

Ai : Area Inferior

As	=	10,752	cm ²
Ac	=	10,752	cm ²
Ai	=	10,752	cm ²

CALCULO DEL AREA MEDIA :

Am : Area Media

Am	=	10,752	cm ²
-----------	---	--------	-----------------

ALTURA MEDIA EN mm:

Hm : Altura Media

Hm	=	83,250	mm
-----------	---	--------	----

CARGA - DEFORMACIÓN:

NUMERO		CARGA (kg)	DEFORMACIÓ N (mm)
Carga # 1	=	0,283	10
Carga # 2	=	0,783	20
Carga # 3	=	1,134	30
Carga # 4	=	1,459	40
Carga # 5	=	2,132	50
Carga # 6	=	2,740	75
Carga # 7	=	3,285	100
Carga # 8	=	3,632	125
Carga # 9	=	4,236	150
Carga # 10	=	4,796	175
Carga # 11	=	5,298	200
Carga # 12	=	5,689	250
Carga # 13	=	6,180	270
Carga # 14	=	6,490	290
Carga # 15	=	7,230	300
Carga # 16	=	8,150	380

CALCULO DE LA DEFORMACION UNITARIA :

$$e = \text{Deformación} / Hm$$

e₁ =	10	x 10-2 mm /	83,250	mm =	0,120 x 10⁻²
e₂ =	20	x 10-2 mm /	83,250	mm =	0,240 x 10⁻²
e₃ =	30	x 10-2 mm /	83,250	mm =	0,360 x 10⁻²
e₄ =	40	x 10-2 mm /	83,250	mm =	0,480 x 10⁻²
e₅ =	50	x 10-2 mm /	83,250	mm =	0,601 x 10⁻²
e₆ =	75	x 10-2 mm /	83,250	mm =	0,901 x 10⁻²
e₇ =	100	x 10-2 mm /	83,250	mm =	1,201 x 10⁻²
e₈ =	125	x 10-2 mm /	83,250	mm =	1,502 x 10⁻²
e₉ =	150	x 10-2 mm /	83,250	mm =	1,802 x 10⁻²
e₁₀ =	175	x 10-2 mm /	83,250	mm =	2,102 x 10⁻²
e₁₁ =	200	x 10-2 mm /	83,250	mm =	2,402 x 10⁻²
e₁₂ =	250	x 10-2 mm /	83,250	mm =	3,003 x 10⁻²
e₁₃ =	270	x 10-2 mm /	83,250	mm =	3,243 x 10⁻²
e₁₄ =	290	x 10-2 mm /	83,250	mm =	3,483 x 10⁻²
e₁₅ =	300	x 10-2 mm /	83,250	mm =	3,604 x 10⁻²
e₁₆ =	380	x 10-2 mm /	83,250	mm =	4,565 x 10⁻²

CALCULO DEL AREA CORREGIDA :

$$Ac = Am / 1 - e$$

Ac₁ =	10,752	/ 1 -	0,120	x 10-2 =	10,753 cm²
Ac₂ =	10,752	/ 1 -	0,240	x 10-2 =	10,755 cm²
Ac₃ =	10,752	/ 1 -	0,360	x 10-2 =	10,756 cm²
Ac₄ =	10,752	/ 1 -	0,480	x 10-2 =	10,757 cm²
Ac₅ =	10,752	/ 1 -	0,601	x 10-2 =	10,759 cm²
Ac₆ =	10,752	/ 1 -	0,901	x 10-2 =	10,762 cm²
Ac₇ =	10,752	/ 1 -	1,201	x 10-2 =	10,765 cm²
Ac₈ =	10,752	/ 1 -	1,502	x 10-2 =	10,768 cm²
Ac₉ =	10,752	/ 1 -	1,802	x 10-2 =	10,772 cm²
Ac₁₀ =	10,752	/ 1 -	2,102	x 10-2 =	10,775 cm²
Ac₁₁ =	10,752	/ 1 -	2,402	x 10-2 =	10,778 cm²
Ac₁₂ =	10,752	/ 1 -	3,003	x 10-2 =	10,784 cm²
Ac₁₃ =	10,752	/ 1 -	3,243	x 10-2 =	10,787 cm²
Ac₁₄ =	10,752	/ 1 -	3,483	x 10-2 =	10,790 cm²
Ac₁₅ =	10,752	/ 1 -	3,604	x 10-2 =	10,791 cm²
Ac₁₆ =	10,752	/ 1 -	4,565	x 10-2 =	10,801 cm²

CALCULO DEL ESFUERZO :

$$G = \text{Carga} / \text{Area Corregida}$$

ESFUERZO 1 =	0,28	kg	/	10,753	cm ²	=	0,0263	kg/cm ²
ESFUERZO 2 =	0,78	kg	/	10,755	cm ²	=	0,0728	kg/cm ²
ESFUERZO 3 =	1,13	kg	/	10,756	cm ²	=	0,1054	kg/cm ²
ESFUERZO 4 =	1,46	kg	/	10,757	cm ²	=	0,1356	kg/cm ²
ESFUERZO 5 =	2,13	kg	/	10,759	cm ²	=	0,1982	kg/cm ²
ESFUERZO 6 =	2,74	kg	/	10,762	cm ²	=	0,2546	kg/cm ²
ESFUERZO 7 =	3,29	kg	/	10,765	cm ²	=	0,3052	kg/cm ²
ESFUERZO 8 =	3,63	kg	/	10,768	cm ²	=	0,3373	kg/cm ²
ESFUERZO 9 =	4,24	kg	/	10,772	cm ²	=	0,3933	kg/cm ²
ESFUERZO 10 =	4,80	kg	/	10,775	cm ²	=	0,4451	kg/cm ²
ESFUERZO 11 =	5,30	kg	/	10,778	cm ²	=	0,4916	kg/cm ²
ESFUERZO 12 =	5,69	kg	/	10,784	cm ²	=	0,5275	kg/cm ²
ESFUERZO 13 =	6,18	kg	/	10,787	cm ²	=	0,5729	kg/cm ²
ESFUERZO 14 =	6,49	kg	/	10,790	cm ²	=	0,6015	kg/cm ²
ESFUERZO 15 =	7,23	kg	/	10,791	cm ²	=	0,6700	kg/cm ²
ESFUERZO 16 =	8,15	kg	/	10,801	cm ²	=	0,7545	kg/cm ²

CALCULO DEL ESFUERZO NORMAL (G₁) :

$$G_1 = G_d + G_3$$

G₁ y G₃ = Esfuerzos Principales

$$G_d = \text{Esfuerzo Deformador}$$

$$G_1 = 0,75 \text{ kg/cm}^2 + 1,0 \text{ kg/cm}^2$$

$$G_1 = 1,7545 \text{ kg/cm}^2$$

CALCULO DE LA ABCISA AL CENTRO DEL CIRCULO DE MORH (x) :

$$x = \frac{G_1 + G_3}{2} = \frac{1,7545 \text{ kg/cm}^2 + 1 \text{ kg/cm}^2}{2}$$

$$x = 1,377 \text{ kg/cm}^2$$

CALCULO DEL RADIO DEL CIRCULO DE MORH (R) :

$$R = \frac{G_1 - G_3}{2} = \frac{1,7545 \text{ kg/cm}^2 - 1 \text{ kg/cm}^2}{2}$$

$$R = 0,377 \text{ kg/cm}^2$$

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA
FACULTAD DE IGENIERIA
LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES

CALCULO DE LAS AREAS: SUPERIOR - CENTRAL - INFERIOR

As : Area Superior

Ac : Area Central

Ai : Area Inferior

As	=	10,752	cm ²
Ac	=	10,752	cm ²
Ai	=	10,752	cm ²

CALCULO DEL AREA MEDIA :

Am : Area Media

Am	=	10,752	cm ²
-----------	---	--------	-----------------

ALTURA MEDIA EN mm :

Hm : Altura Media

Hm	=	83,250	mm
-----------	---	--------	----

CALCULO DE LA CARGA :

NÚMERO		CARGA (kg)	DEFORMACIÓ N (mm)
Carga # 1	=	0,43	10
Carga # 2	=	0,89	20
Carga # 3	=	1,32	30
Carga # 4	=	1,51	40
Carga # 5	=	2,51	50
Carga # 6	=	3,26	75
Carga # 7	=	4,04	100
Carga # 8	=	4,83	125
Carga # 9	=	5,16	150
Carga # 10	=	5,76	175
Carga # 11	=	6,01	200
Carga # 12	=	6,78	250
Carga # 13	=	7,45	300
Carga # 14	=	8,15	350
Carga # 15	=	8,76	400
Carga # 16	=	9,24	450

CALCULO DE LA DEFORMACION UNITARIA :

$$e = \text{Deformación} / Hm$$

e₁ =	10	x 10-2 mm /	83,250	mm =	0,120 x 10⁻²
e₂ =	20	x 10-2 mm /	83,250	mm =	0,240 x 10⁻²
e₃ =	30	x 10-2 mm /	83,250	mm =	0,360 x 10⁻²
e₄ =	40	x 10-2 mm /	83,250	mm =	0,480 x 10⁻²
e₅ =	50	x 10-2 mm /	83,250	mm =	0,601 x 10⁻²
e₆ =	75	x 10-2 mm /	83,250	mm =	0,901 x 10⁻²
e₇ =	100	x 10-2 mm /	83,250	mm =	1,201 x 10⁻²
e₈ =	125	x 10-2 mm /	83,250	mm =	1,502 x 10⁻²
e₉ =	150	x 10-2 mm /	83,250	mm =	1,802 x 10⁻²
e₁₀ =	175	x 10-2 mm /	83,250	mm =	2,102 x 10⁻²
e₁₁ =	200	x 10-2 mm /	83,250	mm =	2,402 x 10⁻²
e₁₂ =	250	x 10-2 mm /	83,250	mm =	3,003 x 10⁻²
e₁₃ =	300	x 10-2 mm /	83,250	mm =	3,604 x 10⁻²
e₁₄ =	350	x 10-2 mm /	83,250	mm =	4,204 x 10⁻²
e₁₅ =	400	x 10-2 mm /	83,250	mm =	4,805 x 10⁻²
e₁₆ =	450	x 10-2 mm /	83,250	mm =	5,405 x 10⁻²

CALCULO DEL AREA CORREGIDA :

$$Ac = Am / 1 - e$$

Ac₁ =	10,752	/ 1 -	0,120	x 10-2 =	10,753 cm²
Ac₂ =	10,752	/ 1 -	0,240	x 10-2 =	10,755 cm²
Ac₃ =	10,752	/ 1 -	0,360	x 10-2 =	10,756 cm²
Ac₄ =	10,752	/ 1 -	0,480	x 10-2 =	10,757 cm²
Ac₅ =	10,752	/ 1 -	0,601	x 10-2 =	10,759 cm²
Ac₆ =	10,752	/ 1 -	0,901	x 10-2 =	10,762 cm²
Ac₇ =	10,752	/ 1 -	1,201	x 10-2 =	10,765 cm²
Ac₈ =	10,752	/ 1 -	1,502	x 10-2 =	10,768 cm²
Ac₉ =	10,752	/ 1 -	1,802	x 10-2 =	10,772 cm²
Ac₁₀ =	10,752	/ 1 -	2,102	x 10-2 =	10,775 cm²
Ac₁₁ =	10,752	/ 1 -	2,402	x 10-2 =	10,778 cm²
Ac₁₂ =	10,752	/ 1 -	3,003	x 10-2 =	10,784 cm²
Ac₁₃ =	10,752	/ 1 -	3,604	x 10-2 =	10,791 cm²
Ac₁₄ =	10,752	/ 1 -	4,204	x 10-2 =	10,797 cm²
Ac₁₅ =	10,752	/ 1 -	4,805	x 10-2 =	10,804 cm²
Ac₁₆ =	10,752	/ 1 -	5,405	x 10-2 =	10,811 cm²

CALCULO DEL ESFUERZO :

$$G = \text{Carga} / \text{Area Corregida}$$

ESFUERZO 1 =	0,4300	kg	/	10,753	cm ²	=	0,0400	kg/cm ²
ESFUERZO 2 =	0,8900	kg	/	10,755	cm ²	=	0,0828	kg/cm ²
ESFUERZO 3 =	1,3200	kg	/	10,756	cm ²	=	0,1227	kg/cm ²
ESFUERZO 4 =	1,5100	kg	/	10,757	cm ²	=	0,1404	kg/cm ²
ESFUERZO 5 =	2,5100	kg	/	10,759	cm ²	=	0,2333	kg/cm ²
ESFUERZO 6 =	3,2600	kg	/	10,762	cm ²	=	0,3029	kg/cm ²
ESFUERZO 7 =	4,0400	kg	/	10,765	cm ²	=	0,3753	kg/cm ²
ESFUERZO 8 =	4,8300	kg	/	10,768	cm ²	=	0,4485	kg/cm ²
ESFUERZO 9 =	5,1600	kg	/	10,772	cm ²	=	0,4790	kg/cm ²
ESFUERZO 10 =	5,7600	kg	/	10,775	cm ²	=	0,5346	kg/cm ²
ESFUERZO 11 =	6,0100	kg	/	10,778	cm ²	=	0,5576	kg/cm ²
ESFUERZO 12 =	6,7800	kg	/	10,784	cm ²	=	0,6287	kg/cm ²
ESFUERZO 13 =	7,4500	kg	/	10,791	cm ²	=	0,6904	kg/cm ²
ESFUERZO 14 =	8,1500	kg	/	10,797	cm ²	=	0,7548	kg/cm ²
ESFUERZO 15 =	8,7600	kg	/	10,804	cm ²	=	0,8108	kg/cm ²
ESFUERZO 16 =	9,2400	kg	/	10,811	cm ²	=	0,8547	kg/cm ²

CALCULO DEL ESFUERZO NORMAL (G₁) :

$$G_1 = G_d + G_3$$

G₁ y G₃ = Esfuerzos Principales

$$G_d = \text{Esfuerzo Deformador}$$

$$G_1 = 0,85 \text{ kg/cm}^2 + 1,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$G_1 = 2,3547 \text{ kg/cm}^2$$

CALCULO DE LA ABCISA AL CENTRO DEL CIRCULO DE MORH (x) :

$$x = \frac{G_1 + G_3}{2} = \frac{2,3547 \text{ kg/cm}^2 + 1,5 \text{ kg/cm}^2}{2}$$

$$x = 1,927 \text{ kg/cm}^2$$

CALCULO DEL RADIO DEL CIRCULO DE MORH (R) :

$$R = \frac{G_1 - G_3}{2} = \frac{2,3547 \text{ kg/cm}^2 - 1,5 \text{ kg/cm}^2}{2}$$

$$R = 0,427 \text{ kg/cm}^2$$

Sondeo N° 3

**UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA
FACULTAD DE IGENIERIA
LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES**

P : Perímetro de la Muestra
Ds : Diámetro Superior de la Muestra
Dc : Diámetro Central de la Muestra
Di : Diámetro Inferior de la Muestra
H : Altura de la Muestra
Wp : Peso de la Muestra

CUADRO DE DATOS

		MUESTRA # 1	MUESTRA # 2	MUESTRA # 3
P	(cm)	12		
Ds	(cm)	3,70		
Dc	(cm)	3,70		
Di	(cm)	3,70		
H	(cm)	8,33		
Wp	(gr)	132,25		

**UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES**

CALCULO DEL ESFUERZO TOTAL (σ)

$$\sigma = \alpha \cdot Z$$

$$Z = 200 \text{ cm}$$

$$\sigma = 295,49 \text{ gr / cm}^2$$

$$\gamma = 1,48 \text{ gr / cm}^3$$

CALCULO DE LA PRESION DE POROS (μ)

$$\mu = \gamma_w \cdot h$$

$$h = 10 \text{ cm}$$

$$\mu = 10 \text{ gr / cm}^2$$

$$\gamma_w = 1 \text{ gr / cm}^3$$

CALCULO DEL ESFUERZO EFECTIVO ($\bar{\sigma}$)

$$\bar{\sigma} = \sigma + \mu$$

$$\bar{\sigma} = \sigma - \mu$$

$$\bar{\sigma} = 285,49 \text{ gr / cm}^2 = 0,285494 \text{ Kg / cm}^2$$

CALCULO DEL ANGULO DE FALLA (α)

$$X = 2,2 \text{ cm}$$

$$Y = 1,7 \text{ cm}$$

$$\text{tg } \alpha = \frac{Y}{X}$$

$$\alpha = 37,69^\circ$$

**UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA
FACULTAD DE IGENIERIA
LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE
MATERIALES**

C O N T E N I D O D E H U M E D A D

$$W (\%) = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

MUESTRA N ° 1

RECIPIENTE	N °	M16
PESO DEL SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	W_1	174,23 gr.
PESO DEL SUELO SECO + RECIPIENTE	W_2	139,56 gr.
PESO DEL RECIPIENTE	W_3	9,55 gr.
PESO DEL AGUA	$W_w = W_1 - W_2$	34,67 gr.
PESO DEL SUELO SECO	$W_s = W_2 - W_3$	130,010 gr.
CONTENIDO DE HUMEDAD	$W (\%) = \frac{W_w}{W_s}$	26,67%

CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO :

$$W(\%)_{\text{PROM}} = \quad \quad \quad \mathbf{24,58\%}$$

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA
FACULTAD DE IGENIERIA
LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES

CALCULO DE LAS AREAS: SUPERIOR - CENTRAL - INFERIOR

As : Area Superior

Ac : Area Central

Ai : Area Inferior

As	=	10,752	cm ²
Ac	=	10,752	cm ²
Ai	=	10,752	cm ²

CALCULO DEL AREA MEDIA :

Am : Area Media

Am	=	10,752	cm ²
-----------	---	--------	-----------------

ALTURA MEDIA EN mm :

Hm : Altura Media

Hm	=	83,250	mm
-----------	---	--------	----

CALCULO DE LA CARGA :

NÚMERO		CARGA (kg)	DEFORMACIÓ N (mm)
Carga # 1	=	0,43	10
Carga # 2	=	0,68	20
Carga # 3	=	0,894	30
Carga # 4	=	1,32	40
Carga # 5	=	1,508	50
Carga # 6	=	2,50	75
Carga # 7	=	3,26	100
Carga # 8	=	4,04	125
Carga # 9	=	4,41	150
Carga # 10	=	4,83	175
Carga # 11	=	5,16	200
Carga # 12	=	5,75	250
Carga # 13	=	6,01	300
Carga # 14	=	6,29	320
Carga # 15	=	6,40	340
Carga # 16	=	6,47	370

CALCULO DE LA DEFORMACION UNITARIA :

$$e = \text{Deformación} / Hm$$

e₁ =	10	x 10-2 mm /	83,250	mm =	0,120 x 10⁻²
e₂ =	20	x 10-2 mm /	83,250	mm =	0,240 x 10⁻²
e₃ =	30	x 10-2 mm /	83,250	mm =	0,360 x 10⁻²
e₄ =	40	x 10-2 mm /	83,250	mm =	0,480 x 10⁻²
e₅ =	50	x 10-2 mm /	83,250	mm =	0,601 x 10⁻²
e₆ =	75	x 10-2 mm /	83,250	mm =	0,901 x 10⁻²
e₇ =	100	x 10-2 mm /	83,250	mm =	1,201 x 10⁻²
e₈ =	125	x 10-2 mm /	83,250	mm =	1,502 x 10⁻²
e₉ =	150	x 10-2 mm /	83,250	mm =	1,802 x 10⁻²
e₁₀ =	175	x 10-2 mm /	83,250	mm =	2,102 x 10⁻²
e₁₁ =	200	x 10-2 mm /	83,250	mm =	2,402 x 10⁻²
e₁₂ =	250	x 10-2 mm /	83,250	mm =	3,003 x 10⁻²
e₁₃ =	300	x 10-2 mm /	83,250	mm =	3,604 x 10⁻²
e₁₄ =	320	x 10-2 mm /	83,250	mm =	3,844 x 10⁻²
e₁₅ =	340	x 10-2 mm /	83,250	mm =	4,084 x 10⁻²
e₁₆ =	370	x 10-2 mm /	83,250	mm =	4,444 x 10⁻²

CALCULO DEL AREA CORREGIDA :

$$Ac = Am / 1 - e$$

Ac₁ =	10,752	/ 1 -	0,120	x 10-2 =	10,753 cm²
Ac₂ =	10,752	/ 1 -	0,240	x 10-2 =	10,755 cm²
Ac₃ =	10,752	/ 1 -	0,360	x 10-2 =	10,756 cm²
Ac₄ =	10,752	/ 1 -	0,480	x 10-2 =	10,757 cm²
Ac₅ =	10,752	/ 1 -	0,601	x 10-2 =	10,759 cm²
Ac₆ =	10,752	/ 1 -	0,901	x 10-2 =	10,762 cm²
Ac₇ =	10,752	/ 1 -	1,201	x 10-2 =	10,765 cm²
Ac₈ =	10,752	/ 1 -	1,502	x 10-2 =	10,768 cm²
Ac₉ =	10,752	/ 1 -	1,802	x 10-2 =	10,772 cm²
Ac₁₀ =	10,752	/ 1 -	2,102	x 10-2 =	10,775 cm²
Ac₁₁ =	10,752	/ 1 -	2,402	x 10-2 =	10,778 cm²
Ac₁₂ =	10,752	/ 1 -	3,003	x 10-2 =	10,784 cm²
Ac₁₃ =	10,752	/ 1 -	3,604	x 10-2 =	10,791 cm²
Ac₁₄ =	10,752	/ 1 -	3,844	x 10-2 =	10,794 cm²
Ac₁₅ =	10,752	/ 1 -	4,084	x 10-2 =	10,796 cm²
Ac₁₆ =	10,752	/ 1 -	4,444	x 10-2 =	10,800 cm²

CALCULO DEL ESFUERZO :

$$G = \text{Carga} / \text{Area Corregida}$$

ESFUERZO 1 =	0,4300	kg	/	10,753	cm ²	=	0,0400	kg/cm ²
ESFUERZO 2 =	0,6800	kg	/	10,755	cm ²	=	0,0632	kg/cm ²
ESFUERZO 3 =	0,8940	kg	/	10,756	cm ²	=	0,0831	kg/cm ²
ESFUERZO 4 =	1,3200	kg	/	10,757	cm ²	=	0,1227	kg/cm ²
ESFUERZO 5 =	1,5080	kg	/	10,759	cm ²	=	0,1402	kg/cm ²
ESFUERZO 6 =	2,5029	kg	/	10,762	cm ²	=	0,2326	kg/cm ²
ESFUERZO 7 =	3,2600	kg	/	10,765	cm ²	=	0,3028	kg/cm ²
ESFUERZO 8 =	4,0396	kg	/	10,768	cm ²	=	0,3751	kg/cm ²
ESFUERZO 9 =	4,4140	kg	/	10,772	cm ²	=	0,4098	kg/cm ²
ESFUERZO 10 =	4,8300	kg	/	10,775	cm ²	=	0,4483	kg/cm ²
ESFUERZO 11 =	5,1640	kg	/	10,778	cm ²	=	0,4791	kg/cm ²
ESFUERZO 12 =	5,7460	kg	/	10,784	cm ²	=	0,5328	kg/cm ²
ESFUERZO 13 =	6,0100	kg	/	10,791	cm ²	=	0,5569	kg/cm ²
ESFUERZO 14 =	6,2900	kg	/	10,794	cm ²	=	0,5828	kg/cm ²
ESFUERZO 15 =	6,3960	kg	/	10,796	cm ²	=	0,5924	kg/cm ²
ESFUERZO 16 =	6,4720	kg	/	10,800	cm ²	=	0,5993	kg/cm ²

CALCULO DEL ESFUERZO NORMAL (G₁) :

$$G_1 = G_d + G_3$$

G₁ y G₃ = Esfuerzos Principales

$$G_d = \text{Esfuerzo Deformador}$$

$$G_1 = 0,60 \text{ kg/cm}^2 + 1,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$G_1 = 2,0993 \text{ kg/cm}^2$$

CALCULO DE LA ABCISA AL CENTRO DEL CIRCULO DE MORH (x) :

$$x = \frac{G_1 + G_3}{2} = \frac{2,0993 \text{ kg/cm}^2 + 1,5 \text{ kg/cm}^2}{2}$$

$$x = 1,800 \text{ kg/cm}^2$$

CALCULO DEL RADIO DEL CIRCULO DE MORH (R) :

$$R = \frac{G_1 - G_3}{2} = \frac{2,0993 \text{ kg/cm}^2 - 1,5 \text{ kg/cm}^2}{2}$$

$$R = 0,300 \text{ kg/cm}^2$$

Sondeo N° 4

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA
FACULTAD DE IGENIERIA
LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES

P : Perímetro de la Muestra
Ds : Diámetro Superior de la Muestra
Dc : Diámetro Central de la Muestra
Di : Diámetro Inferior de la Muestra
H : Altura de la Muestra
Wp : Peso de la Muestra

CUADRO DE DATOS

		MUESTRA # 1	MUESTRA # 2	MUESTRA # 3
P	(cm)	12		
Ds	(cm)	3,70		
Dc	(cm)	3,70		
Di	(cm)	3,70		
H	(cm)	8,33		
Wp	(gr)	121,06		

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA
FACULTAD DE IGENIERIA
LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES

CALCULO DEL ESFUERZO TOTAL (σ)

$$\sigma = \alpha \cdot Z \qquad Z = 200 \text{ cm}$$

$$\sigma = 270,49 \text{ gr / cm}^2 \qquad \gamma = 1,35 \text{ gr / cm}^3$$

CALCULO DE LA PRESION DE POROS (μ)

$$\mu = \gamma_w \cdot h \qquad h = 10 \text{ cm}$$

$$\mu = 10 \text{ gr / cm}^2 \qquad \gamma_w = 1 \text{ gr / cm}^3$$

CALCULO DEL ESFUERZO EFECTIVO ($\bar{\sigma}$)

$$\sigma = \bar{\sigma} + \mu$$

$$\bar{\sigma} = \sigma - \mu$$

$$\bar{\sigma} = 260,49 \text{ gr / cm}^2 = 0,260491 \text{ Kg / cm}^2$$

CALCULO DEL ANGULO DE FALLA (α)

$$X = 3,6 \text{ cm} \qquad Y = 2,7 \text{ cm}$$

$$\text{tg } \alpha = \frac{Y}{X}$$

$$\alpha = 36,87^\circ$$

**UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA
FACULTAD DE IGENIERIA
LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE
MATERIALES**

C O N T E N I D O D E H U M E D A D

$$W (\%) = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

MUESTRA N ° 1

RECIPIENTE	N °	Rx25
PESO DEL SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	W_1	168,45 gr.
PESO DEL SUELO SECO + RECIPIENTE	W_2	133,34 gr.
PESO DEL RECIPIENTE	W_3	9,55 gr.
PESO DEL AGUA	$W_w = W_1 - W_2$	35,11 gr.
PESO DEL SUELO SECO	$W_s = W_2 - W_3$	123,790 gr.
CONTENIDO DE HUMEDAD	$W (\%) = \frac{W_w}{W_s}$	28,36%

CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO :

$$W(\%)_{\text{PROM}} = \quad \quad \quad \mathbf{28,36\%}$$

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA
FACULTAD DE IGENIERIA
LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES

CALCULO DE LAS AREAS: SUPERIOR - CENTRAL - INFERIOR

As : Area Superior

Ac : Area Central

Ai : Area Inferior

As	=	10,752	cm ²
Ac	=	10,752	cm ²
Ai	=	10,752	cm ²

CALCULO DEL AREA MEDIA :

Am : Area Media

Am	=	10,752	cm ²
-----------	---	--------	-----------------

ALTURA MEDIA EN mm :

Hm : Altura Media

Hm	=	83,250	mm
-----------	---	--------	----

CALCULO DE LA CARGA :

NÚMERO		CARGA (kg)	DEFORMACIÓ N (mm)
Carga # 1	=	0,43	10
Carga # 2	=	0,68	20
Carga # 3	=	0,894	30
Carga # 4	=	1,32	40
Carga # 5	=	1,508	50
Carga # 6	=	2,50	75
Carga # 7	=	3,26	100
Carga # 8	=	4,04	125
Carga # 9	=	4,41	150
Carga # 10	=	4,83	175
Carga # 11	=	5,16	200
Carga # 12	=	5,75	250
Carga # 13	=	6,01	300
Carga # 14	=	6,29	320
Carga # 15	=	6,40	340
Carga # 16	=	6,89	370

CALCULO DE LA DEFORMACION UNITARIA :

$$e = \text{Deformación} / \text{Hm}$$

e₁ =	10	x 10-2 mm /	83,250	mm =	0,120 x 10⁻²
e₂ =	20	x 10-2 mm /	83,250	mm =	0,240 x 10⁻²
e₃ =	30	x 10-2 mm /	83,250	mm =	0,360 x 10⁻²
e₄ =	40	x 10-2 mm /	83,250	mm =	0,480 x 10⁻²
e₅ =	50	x 10-2 mm /	83,250	mm =	0,601 x 10⁻²
e₆ =	75	x 10-2 mm /	83,250	mm =	0,901 x 10⁻²
e₇ =	100	x 10-2 mm /	83,250	mm =	1,201 x 10⁻²
e₈ =	125	x 10-2 mm /	83,250	mm =	1,502 x 10⁻²
e₉ =	150	x 10-2 mm /	83,250	mm =	1,802 x 10⁻²
e₁₀ =	175	x 10-2 mm /	83,250	mm =	2,102 x 10⁻²
e₁₁ =	200	x 10-2 mm /	83,250	mm =	2,402 x 10⁻²
e₁₂ =	250	x 10-2 mm /	83,250	mm =	3,003 x 10⁻²
e₁₃ =	300	x 10-2 mm /	83,250	mm =	3,604 x 10⁻²
e₁₄ =	320	x 10-2 mm /	83,250	mm =	3,844 x 10⁻²
e₁₅ =	340	x 10-2 mm /	83,250	mm =	4,084 x 10⁻²
e₁₆ =	370	x 10-2 mm /	83,250	mm =	4,444 x 10⁻²

CALCULO DEL AREA CORREGIDA :

$$Ac = Am / 1 - e$$

Ac₁ =	10,752	/ 1 -	0,120	x 10-2 =	10,753 cm²
Ac₂ =	10,752	/ 1 -	0,240	x 10-2 =	10,755 cm²
Ac₃ =	10,752	/ 1 -	0,360	x 10-2 =	10,756 cm²
Ac₄ =	10,752	/ 1 -	0,480	x 10-2 =	10,757 cm²
Ac₅ =	10,752	/ 1 -	0,601	x 10-2 =	10,759 cm²
Ac₆ =	10,752	/ 1 -	0,901	x 10-2 =	10,762 cm²
Ac₇ =	10,752	/ 1 -	1,201	x 10-2 =	10,765 cm²
Ac₈ =	10,752	/ 1 -	1,502	x 10-2 =	10,768 cm²
Ac₉ =	10,752	/ 1 -	1,802	x 10-2 =	10,772 cm²
Ac₁₀ =	10,752	/ 1 -	2,102	x 10-2 =	10,775 cm²
Ac₁₁ =	10,752	/ 1 -	2,402	x 10-2 =	10,778 cm²
Ac₁₂ =	10,752	/ 1 -	3,003	x 10-2 =	10,784 cm²
Ac₁₃ =	10,752	/ 1 -	3,604	x 10-2 =	10,791 cm²
Ac₁₄ =	10,752	/ 1 -	3,844	x 10-2 =	10,794 cm²
Ac₁₅ =	10,752	/ 1 -	4,084	x 10-2 =	10,796 cm²
Ac₁₆ =	10,752	/ 1 -	4,444	x 10-2 =	10,800 cm²

CALCULO DEL ESFUERZO :

$$G = \text{Carga} / \text{Area Corregida}$$

ESFUERZO 1 =	0,4300	kg	/	10,753	cm ²	=	0,0400	kg/cm ²
ESFUERZO 2 =	0,6800	kg	/	10,755	cm ²	=	0,0632	kg/cm ²
ESFUERZO 3 =	0,8940	kg	/	10,756	cm ²	=	0,0831	kg/cm ²
ESFUERZO 4 =	1,3200	kg	/	10,757	cm ²	=	0,1227	kg/cm ²
ESFUERZO 5 =	1,5080	kg	/	10,759	cm ²	=	0,1402	kg/cm ²
ESFUERZO 6 =	2,5029	kg	/	10,762	cm ²	=	0,2326	kg/cm ²
ESFUERZO 7 =	3,2600	kg	/	10,765	cm ²	=	0,3028	kg/cm ²
ESFUERZO 8 =	4,0396	kg	/	10,768	cm ²	=	0,3751	kg/cm ²
ESFUERZO 9 =	4,4140	kg	/	10,772	cm ²	=	0,4098	kg/cm ²
ESFUERZO 10 =	4,8300	kg	/	10,775	cm ²	=	0,4483	kg/cm ²
ESFUERZO 11 =	5,1640	kg	/	10,778	cm ²	=	0,4791	kg/cm ²
ESFUERZO 12 =	5,7460	kg	/	10,784	cm ²	=	0,5328	kg/cm ²
ESFUERZO 13 =	6,0100	kg	/	10,791	cm ²	=	0,5569	kg/cm ²
ESFUERZO 14 =	6,2900	kg	/	10,794	cm ²	=	0,5828	kg/cm ²
ESFUERZO 15 =	6,3960	kg	/	10,796	cm ²	=	0,5924	kg/cm ²
ESFUERZO 16 =	6,8900	kg	/	10,800	cm ²	=	0,6380	kg/cm ²

CALCULO DEL ESFUERZO NORMAL (G₁) :

$$G_1 = G_d + G_3$$

G₁ y G₃ = Esfuerzos Principales

$$G_d = \text{Esfuerzo Deformador}$$

$$G_1 = 0,64 \text{ kg/cm}^2 + 1,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$G_1 = 2,1380 \text{ kg/cm}^2$$

CALCULO DE LA ABCISA AL CENTRO DEL CIRCULO DE MORH (x) :

$$x = \frac{G_1 + G_3}{2} = \frac{2,1380 \text{ kg/cm}^2 + 1,5 \text{ kg/cm}^2}{2}$$

$$x = 1,819 \text{ kg/cm}^2$$

CALCULO DEL RADIO DEL CIRCULO DE MORH (R) :

$$R = \frac{G_1 - G_3}{2} = \frac{2,1380 \text{ kg/cm}^2 - 1,5 \text{ kg/cm}^2}{2}$$

$$R = 0,319 \text{ kg/cm}^2$$

Granulometría y Limite de Atterberg

Sondeo N° 1

Muestra 1

Tabla 37. Cálculo de los Límites de Atterberg y Clasificación del Suelo según el Sistema USCS en el Sondeo N.º 1 a una Profundidad de 1 Metro

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA										
FACULTAD DE IGENIERIA										
LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES										
Machala - El Oro - Ecuador										
ENSYO DE CLASIFICACION DE SUELOS										
PROYECTO:		TITULACIÓN DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA								
UBICACIÓN:		CAMILO PONCE ENRIQUEZ - BARRIO NUEVA PONCE - PANAMERICANA E25								
ORDENADO POR:		UTMACH					FECHA: Mayo del 2025			
							HOJA N° 1 de 6			
PERFORACION:		N°1		AREA: 35105.6182 m ²		PROFUNDIDAD: 1 m				
ENSAYO DE CONSISTENCIA			LIMITE LIQUIDO					LIMITE PLASTICO		HUMEDAD NATURAL
PRUEBA N°			1	2	3	4	5	1	2	1
Recipiente N°			R90	R21	R20	X14	X50	L-10	L-7	A-26
Peso muestra Humeda + recip. (grms)			29,59	31,07	23,01	26,51	27,05	13,74	14,68	1507,63
Peso muestra seca + recip. (grms)			22,45	23,49	18,17	20,18	20,45	12,64	13,27	1346,49
Peso del recipiente (grms)			9,73	9,66	9,51	9,6	9,6	9,64	9,65	804,10
Peso del agua (grms)			7,14	7,58	4,84	6,33	6,6	1,1	1,41	161,14
Peso Seco (grms)			12,72	13,83	8,66	10,58	10,85	3	3,62	542,39
Contenido de Humedad			56,13	54,81	55,89	59,83	60,83	36,67	38,95	29,71
Número de golpes			36	30	25	16	14	38,28		29,71%
							NORMAS LIMITE LIQUIDO: ASTM D-423 AASHTO T-89 LIMITE PLASTICO: ASTM D-424 AASHTO T-90 HUMEDAD: ASTM D-2216 GRANULOMETRIA: ASTM D-422 AASHTO T-88			
GRANULOMETRIA						RESUMEN:				
TAMIZ	Milímetros	Peso Retenido	Retenido Acumulado	PORCENTAJE						
				Retenido	Pasante					
4	4,75	0,00	0,00	0,00	100,00	LIMITE LIQUIDO 57,30				
8	2,36					LIMITE PLASTICO 38,28				
10	2,00	1,08	1,08	0,92	99,08	INDICE PLASTICO 19,02				
30	0,60					HUMEDAD NATURAL 29,71%				
40	425 micron	5,12	6,20	5,28	94,72	CLASIFICACION SUSCS MH				
60	250 micron									
100	150 micron									
200	75 micron	47,80	54,00	46,01	76,53%	% DE LOS AGREGADOS EN LA MUESTRA		GRAVA	100,00%	
FONDO			117,37	100,00				ARENA	94,72%	
TOTAL		144,43						FINOS	76,53%	
Descripción del material:										
Arcilla plastica color café, consistencia media, tiene el 76,53% pasante del tamiz #200										
Observaciones: El ensayo granulometrico se lo realizo por el metodo de lavado										
Realizado por: Ordoñez G. Elvis Alexander						Responsable Tecnico ELVIS A. ORDOÑEZ GUAMAN				

Fuente: Autor

Muestra 3

Tabla 39. Cálculo de los Límites de Atterberg y Clasificación del Suelo según el Sistema USCS en el Sondeo N.º 1 a una Profundidad de 3 Metro

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA										
FACULTAD DE IGENIERIA										
LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES										
Machala - El Oro - Ecuador										
ENSYO DE CLASIFICACION DE SUELOS										
PROYECTO:		TITULACIÓN DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA								
UBICACIÓN:		CAMILO PONCE ENRIQUEZ - BARRIO NUEVA PONCE - PANAMERICANA E25								
ORDENADO POR:		UTMACH				FECHA: Mayo del 2025				
PERFORACION:		Nº3		AREA: 35105.6182 m ²		PROFUNDIDAD: 3 m				
ENSAYO DE CONSISTENCIA			LIMITE LIQUIDO					LIMITE PLASTICO		HUMEDAD NATURAL
PRUEBA N°			1	2	3	4	5	1	2	1
Recipiente N°			R80	R59X	R33	R5A	R11	L-10	L-7	A-12
Peso muestra Humeda + recip.	(grms)		29,59	31,07	23,01	26,51	27,05	15,5	12,44	1524,28
Peso muestra seca + recip.	(grms)		23,17	24,31	18,52	20,47	20,59	13,96	11,67	1324,62
Peso del recipiente	(grms)		9,73	9,66	9,51	9,6	9,6	9,64	9,65	797,30
Peso del agua	(grms)		6,42	6,76	4,49	6,04	6,46	1,54	0,77	199,66
Peso Seco	(grms)		13,44	14,65	9,01	10,87	10,99	4,32	2,02	527,32
Contenido de Humedad			47,77	46,14	49,83	55,57	58,78	56,13	38,12	37,86
Número de golpes			36	30	25	16	14	37,18		37,86
								<p>NORMAS</p> <p>LIMITE LIQUIDO: ASTM D-423 AASHTO T-89</p> <p>LIMITE PLASTICO: ASTM D-424 AASHTO T-90</p> <p>HUMEDAD: ASTM D-2216</p> <p>GRANULOMETRIA: ASTM D-422 AASHTO T-88</p>		
GRANULOMETRIA										
TAMIZ	Milímetros	Peso Retenido	Retenido Acumulado	PORCENTAJE						
				Retenido	Pasante					
4	4,75	0,00	0,00	0,00	100,00					
8	2,36									
10	2,00	4,14	4,14	3,26	96,74					
30	0,60									
40	425 micron	4,69	8,83	6,95	93,05					
60	250 micron									
100	150 micron									
200	75 micron	54,78	63,61	50,09	75,75%	% DE LOS AGREGADOS EN LA MUESTRA		GRAVA	100,00%	
FONDO		63,37	126,98	100,00				ARENA	93,05%	
TOTAL		126,98						FINOS	75,75%	
Descripción del material:										
Arcilla plastica color café, consistencia media, tiene el 75,75% pasante del tamiz #200										
Observaciones:										
El ensayo granulometrico se lo realizo por el metodo de lavado										
Realizado por:										
Ordoñez G. Elvis Alexander						Responsable Tecnico ELVIS A. ORDOÑEZ GUAMAN				

Fuente: Autor

Muestra 4

Tabla 40. Cálculo de los Límites de Atterberg y Clasificación del Suelo según el Sistema USCS en el Sondeo N.º 1 a una Profundidad de 4 Metro

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA FACULTAD DE IGENIERIA LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES										
Machala - El Oro - Ecuador										
ENSAYO DE CLASIFICACION DE SUELOS										
PROYECTO:		TITULACIÓN DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA								
UBICACIÓN:		CAMILO PONCE ENRIQUEZ - BARRIO NUEVA PONCE - PANAMERICANA E25								
ORDENADO POR:		UTMACH					FECHA: Mayo del 2025 HOJA N° 4 de 6			
PERFORACION:		N°4		AREA: 35105.6182 m ²		PROFUNDIDAD: 4 m				
ENSAYO DE CONSISTENCIA			LIMITE LIQUIDO					LIMITE PLASTICO		HUMEDAD NATURAL
PRUEBA N°			1	2	3	4	5	1	2	1
Recipiente N°			R4	R860	K5	R119	R5	L-10	L-7	A-26
Peso muestra Humeda + recip.	(grms)		23,09	26,43	24,28	23,78	27,48	13,74	14,68	1584,10
Peso muestra seca + recip.	(grms)		19,22	21,45	19,76	19,18	21,41	12,74	13,26	1358,46
Peso del recipiente	(grms)		9,72	9,56	9,72	9,63	9,66	9,66	9,68	56,16
Peso del agua	(grms)		3,87	4,98	4,52	4,6	6,07	1	1,42	225,64
Peso Seco	(grms)		9,5	11,89	10,04	9,55	11,75	3,08	3,58	1302,30
Contenido de Humedad			40,74	41,88	45,02	48,17	51,66	32,47	39,66	17,33
Número de golpes			51	48	26	19	13	33,37		17,33
								NORMAS LIMITE LIQUIDO: ASTM D-423 AASHTO T-89 LIMITE PLASTICO: ASTM D-424 AASHTO T-90 HUMEDAD: ASTM D-2216 GRANULOMETRIA: ASTM D-422 AASHTO T-88		
GRANULOMETRIA										
TAMIZ	Milímetros	Peso Retenido	Retenido Acumulado	PORCENTAJE						
				Retenido	Pasante					
4	4,75	0,00	0,00	0,00	100,00					
8	2,36									
10	2,00	1,12	1,12	0,90	99,10					
30	0,60									
40	425 micron	5,48	5,48	5,28	94,72					
60	250 micron									
100	150 micron									
200	75 micron	54,97	54,97	49,28	76,00%	% DE LOS AGREGADOS EN LA MUESTRA		GRAVA	100,00%	
FONDO			124,94	100,00				ARENA	94,72%	
TOTAL		124,94						FINOS	76,00%	
Descripción del material:										
Arcilla plastica color café, consistencia media, tiene el 76,00% pasante del tamiz #200										
Observaciones:										
El ensayo granulometrico se lo realizo por el metodo de lavado										
Realizado por:										
Ordoñez G. Elvis Alexander								Responsable Tecnico ELVIS A. ORDOÑEZ GUAMAN		

Fuente: Autor

Muestra 6

Tabla 42. Cálculo de los Límites de Atterberg y Clasificación del Suelo según el Sistema USCS en el Sondeo N.º 1 a una Profundidad de 6 Metro

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA FACULTAD DE IGENIERIA LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES										
Machala - El Oro - Ecuador										
ENSYO DE CLASIFICACION DE SUELOS										
PROYECTO:		TITULACIÓN DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA								
UBICACIÓN:		CAMILO PONCE ENRIQUEZ - BARRIO NUEVA PONCE - PANAMERICANA E25								
ORDENADO POR:		UTMACH				FECHA: Mayo del 2025 HOJA N° 6 de 6				
PERFORACION:		N°6		AREA: 35105.6182 m ²		PROFUNDIDAD: 6 m				
ENSAYO DE CONSISTENCIA			LIMITE LIQUIDO					LIMITE PLASTICO		HUMEDAD NATURAL
PRUEBA N°			1	2	3	4	5	1	2	1
Recipiente N°			R4	R860	K5	R119	R5	L-10	L-7	A-26
Peso muestra Humeda + recip.	(grms)		25,61	23,38	23,3	26,32	28,58	13,21	12,15	1584,10
Peso muestra seca + recip.	(grms)		21,43	19,49	19,21	21,13	22,36	12,52	11,52	1358,46
Peso del recipiente	(grms)		9,61	9,73	9,66	9,51	9,6	9,69	9,68	785,23
Peso del agua	(grms)		4,18	3,89	4,09	5,19	6,22	0,69	0,63	225,64
Peso Seco	(grms)		11,82	9,76	9,55	11,62	12,76	2,83	1,84	573,23
Contenido de Humedad			35,36	39,86	42,83	44,66	48,75	24,38	34,24	39,36
Número de golpes			43	37	25	19	15	31,59		39,36
								NORMAS LIMITE LIQUIDO: ASTM D-423 AASHTO T-89 LIMITE PLASTICO: ASTM D-424 AASHTO T-90 HUMEDAD: ASTM D-2216 GRANULOMETRIA: ASTM D-422 AASHTO T-88		
GRANULOMETRIA										
TAMIZ	Milímetros	Peso Retenido	Retenido Acumulado	PORCENTAJE						
				Retenido	Pasante					
4	4,75	0,00	0,00							
8	2,36									
10	2,00	3,57	3,57	2,47	97,53					
30	0,60									
40	425 micron	8,74	12,31	8,52	91,48					
60	250 micron									
100	150 micron									
200	75 micron	68,75	81,06	56,12	72,25%	% DE LOS AGREGADOS EN LA MUESTRA		GRAVA	100,00%	
FONDO			144,43	100,00				ARENA	91,48%	
TOTAL		144,43						FINOS	72,25%	
Descripción del material:										
Arcilla plastica color café, consistencia media, tiene el 72,25% pasante del tamiz #200										
Observaciones:										
El ensayo granulometrico se lo realizo por el metodo de lavado										
Realizado por:										
Ordoñez G. Elvis Alexander								Responsable Tecnico ELVIS A. ORDOÑEZ GUAMAN		

Fuente: Autor

Sondeo N° 2

Muestra 1

Tabla 43. Cálculo de los Límites de Atterberg y Clasificación del Suelo según el Sistema USCS en el Sondeo N.° 2 a una Profundidad de 1 Metro

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA FACULTAD DE IGENIERIA LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES Machala - El Oro - Ecuador										
ENSYO DE CLASIFICACION DE SUELOS										
PROYECTO:		TITULACIÓN DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA								
UBICACIÓN:		CAMILO PONCE ENRIQUEZ - BARRIO NUEVA PONCE - PANAMERICANA E25								
ORDENADO POR:		UTMACH						FECHA: Mayo del 2025		
								HOJA N° 1 de 6		
PERFORACION:		N°1		AREA: 35105.6182 m ²			PROFUNDIDAD: 1 m			
ENSAYO DE CONSISTENCIA			LIMITE LIQUIDO					LIMITE PLASTICO		HUMEDAD NATURAL
PRUEBA N°			1	2	3	4	5	1	2	1
Recipiente N°			R47X	R31A	R61	R12A	R22	L-10	L-7	A-26
Peso muestra Humeda + recip. (grms)			22,68	23,69	23,99	26,51	27,05	16,4	15,1	1575,41
Peso muestra seca + recip. (grms)			18,43	18,97	18,89	20,74	21,45	14,79	13,59	1400,36
Peso del recipiente (grms)			9,68	9,73	9,57	9,6	9,63	9,68	9,7	796,41
Peso del agua (grms)			4,25	4,72	5,1	6,42	7,06	1,61	1,51	175,05
Peso Seco (grms)			8,75	9,24	9,32	11,14	11,82	5,11	3,89	603,95
Contenido de Humedad			48,57	51,08	54,72	57,63	59,73	31,51	38,82	28,98
Número de golpes			47	29	24	18	15	33,67		28,98%
								NORMAS LIMITE LIQUIDO: ASTM D-423 AASHTO T-89 LIMITE PLASTICO: ASTM D-424 AASHTO T-90 HUMEDAD: ASTM D-2216 GRANULOMETRIA: ASTM D-422 AASHTO T-88		
GRANULOMETRIA										
TAMIZ	Milímetros	Peso Retenido	Retenido Acumulado	PORCENTAJE						
				Retenido	Pasante					
4	4,75	0,00	0,00	0,00	100,00	RESUMEN: LIMITE LIQUIDO 54,89 LIMITE PLASTICO 33,67 INDICE PLASTICO 21,22 HUMEDAD NATURAL 28,98% CLASIFICACION SUSCS MH				
8	2,36									
10	2,00	7,54	7,54	4,57	95,43					
30	0,60									
40	425 micron	20,42	27,96	16,94	83,06					
60	250 micron									
100	150 micron									
200	75 micron	73,74	101,70	61,61	68,88%					
FONDO			165,07	100,00						
TOTAL		165,07								
						% DE LOS AGREGADOS EN LA MUESTRA	GRAVA	100,00%		
							ARENA	83,06%		
							FINOS	68,88%		
Descripción del material:						Responsable Tecnico ELVIS A. ORDOÑEZ GUAMAN				
Arcilla plastica color café, consistencia media, tiene el 68,88% pasante del tamiz #200										
Observaciones: El ensayo granulometrico se lo realizo por el metodo de lavado										
Realizado por: Ordoñez G. Elvis Alexander										

Fuente: Autor

Muestra 2

Tabla 44. Cálculo de los Límites de Atterberg y Clasificación del Suelo según el Sistema USCS en el Sondeo N.º 2 a una Profundidad de 2 Metro

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA									
FACULTAD DE IGENIERIA									
LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES									
Machala - El Oro - Ecuador									
ENSYO DE CLASIFICACION DE SUELOS									
PROYECTO:		TITULACIÓN DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA							
UBICACIÓN:		CAMILO PONCE ENRIQUEZ - BARRIO NUEVA PONCE - PANAMERICANA E25							
ORDENADO POR:		UTMACH				FECHA: Mayo del 2025			
PERFORACION:		Nº2		AREA: 35105.6182 m ²		PROFUNDIDAD: 2 m			
ENSAYO DE CONSISTENCIA		LIMITE LIQUIDO					LIMITE PLASTICO		HUMEDAD NATURAL
PRUEBA N°		1	2	3	4	5	1	2	1
Recipiente N°		R575	R187	R42	R187	R170	L-10	L-7	A-25
Peso muestra Humeda + recip. (grms)		24,51	24,28	27,6	28,07	28,3	12,56	12,68	1873,27
Peso muestra seca + recip. (grms)		19,52	19,32	21,53	21,75	21,61	11,78	11,97	1676,22
Peso del recipiente (grms)		9,53	9,64	9,73	9,6	9,71	9,6	9,71	1143,97
Peso del agua (grms)		4,99	4,96	6,07	6,32	6,69	0,78	0,71	197,05
Peso Seco (grms)		9,99	9,68	11,80	12,15	11,90	2,18	2,26	532,25
Contenido de Humedad		49,95	51,24	51,44	52,02	56,22	35,78	31,42	37,02
Número de golpes		48	37	25	18	12	33,64		37,02%
							<p>NORMAS</p> <p>LIMITE LIQUIDO: ASTM D-423 AASHTO T-89</p> <p>LIMITE PLASTICO: ASTM D-424 AASHTO T-90</p> <p>HUMEDAD: ASTM D-2216</p> <p>GRANULOMETRIA: ASTM D-422 AASHTO T-88</p>		
RESUMEN:									
LIMITE LIQUIDO							52,58		
LIMITE PLASTICO							33,64		
INDICE PLASTICO							18,94		
HUMEDAD NATURAL							37,02%		
CLASIFICACION SUSCS							MH		
GRANULOMETRIA				PORCENTAJE					
TAMIZ	Milimetros	Peso Retenido	Retenido Acumulado	Retenido	Pasante				
4	4,75	0,00	0,00	0,00	100,00				
8	2,36								
10	2,00	21,39	21,39	11,80	88,20				
30	0,60								
40	425 micron	60,35	81,74	45,08	54,92				
60	250 micron								
100	150 micron								
200	75 micron	36,20	117,94	65,05	74,06%				
FONDO			181,31	100,00					
TOTAL		181,31							
% DE LOS AGREGADOS EN LA MUESTRA						GRAVA	100,00%		
						ARENA	54,92%		
						FINOS	74,06%		
Descripción del material:									
Arcilla plastica color café, consistencia media, tiene el 75,06% pasante del tamiz #200									
Observaciones:									
El ensayo granulometrico se lo realizo por el metodo de lavado									
Realizado por:									
Ordoñez G. Elvis Alexander						Responsable Tecnico			
						ELVIS A. ORDOÑEZ GUAMAN			

Fuente: Autor

Muestra 5

Tabla 47. Cálculo de los Límites de Atterberg y Clasificación del Suelo según el Sistema USCS en el Sondeo N.º 2 a una Profundidad de 5 Metro

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA										
FACULTAD DE IGENIERIA										
LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES										
Machala - El Oro - Ecuador										
ENSYO DE CLASIFICACION DE SUELOS										
PROYECTO:		TITULACIÓN DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA								
UBICACIÓN:		CAMILO PONCE ENRIQUEZ - BARRIO NUEVA PONCE - PANAMERICANA E25								
ORDENADO POR:		UTMACH				FECHA: Mayo del 2025				
						HOJA N° 5 de 6				
PERFORACION:		N°5		AREA: 35105.6182 m ²		PROFUNDIDAD: 5 m				
ENSAYO DE CONSISTENCIA			LIMITE LIQUIDO					LIMITE PLASTICO		HUMEDAD NATURAL
PRUEBA N°			1	2	3	4	5	1	2	1
Recipiente N°			R22	R305	R299	R117		L-10	L-7	A-26
Peso muestra Humeda + recip. (grms)			24,15	26,67	24,62	26,91		15,78	16,08	2752,79
Peso muestra seca + recip. (grms)			19,92	21,45	19,76	21,22		14,23	14,48	2275,05
Peso del recipiente (grms)			9,53	9,51	9,64	9,66		9,68	9,78	794,88
Peso del agua (grms)			4,23	5,22	4,86	5,69		1,55	1,60	477,74
Peso Seco (grms)			10,39	11,94	10,12	11,56		4,55	4,70	1480,17
Contenido de Humedad			40,71	43,72	48,02	49,22		34,07	34,04	32,28
Número de golpes			42	28	17	15		33,10		32,28%
								NORMAS LIMITE LIQUIDO: ASTM D-423 AASHTO T-89 LIMITE PLASTICO: ASTM D-424 AASHTO T-90 HUMEDAD: ASTM D-2216 GRANULOMETRIA: ASTM D-422 AASHTO T-88		
GRANULOMETRIA										
TAMIZ	Milímetros	Peso Retenido	Retenido Acumulado	PORCENTAJE		RESUMEN: LIMITE LIQUIDO 45,58 LIMITE PLASTICO 33,10 INDICE PLASTICO 12,48 HUMEDAD NATURAL 32,28% CLASIFICACION SUSCS ML				
				Retenido	Pasante					
4	4,75	0,00	0,00	0,00	100,00					
8	2,36									
10	2,00	35,63	35,63	15,11	84,89					
30	0,60									
40	425 micron	72,81	108,44	45,99	54,01					
60	250 micron									
100	150 micron									
200	75 micron	63,98	172,42	73,12	70,46%	% DE LOS AGREGADOS EN LA MUESTRA		GRAVA	100,00%	
FONDO			235,79	100,00				ARENA	54,01%	
TOTAL		235,79						FINOS	70,46%	
Descripción del material:										
Arcilla plastica color café, consistencia media, tiene el 70,46% pasante del tamiz #200										
Observaciones: El ensayo granulometrico se lo realizo por el metodo de lavado										
Realizado por: Ordoñez G. Elvis Alexander										
Responsable Tecnico ELVIS A. ORDOÑEZ GUAMAN										

Fuente: Autor

Muestra 6

Tabla 48. Cálculo de los Límites de Atterberg y Clasificación del Suelo según el Sistema USCS en el Sondeo N.º 2 a una Profundidad de 6 Metro

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA FACULTAD DE IGENIERIA LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES										
Machala - El Oro - Ecuador										
ENSYO DE CLASIFICACION DE SUELOS										
PROYECTO:		TITULACIÓN DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA								
UBICACIÓN:		CAMILO PONCE ENRIQUEZ - BARRIO NUEVA PONCE - PANAMERICANA E25								
ORDENADO POR:		UTMACH					FECHA: Mayo del 2025			
							HOJA N° 6 de 6			
PERFORACION:		N°6	AREA: 35105.6182 m ²		PROFUNDIDAD: 6 m					
ENSAYO DE CONSISTENCIA			LIMITE LIQUIDO					LIMITE PLASTICO		HUMEDAD NATURAL
PRUEBA N°			1	2	3	4	5	1	2	1
Recipiente N°			R515	R50	R25	X50	R23	L-10	L-7	A-26
Peso muestra Humeda + recip.	(grms)		26,09	26,92	27,53	24,39	28,97	15,46	16,16	2772,55
Peso muestra seca + recip.	(grms)		21,39	21,86	22,08	19,79	22,97	14,23	14,48	2285,66
Peso del recipiente	(grms)		9,77	9,61	9,71	9,52	9,64	9,73	9,63	812,49
Peso del agua	(grms)		4,7	5,06	5,45	4,6	6	1,23	1,68	486,89
Peso Seco	(grms)		11,62	12,25	12,37	10,27	13,33	4,50	4,85	1473,17
Contenido de Humedad			40,45	41,31	44,06	44,79	45,01	27,33	34,64	33,05
Número de golpes			43	29	22	19	14	32,22		33,05%
								NORMAS LIMITE LIQUIDO: ASTM D-423 AASHTO T-89 LIMITE PLASTICO: ASTM D-424 AASHTO T-90 HUMEDAD: ASTM D-2216 GRANULOMETRIA: ASTM D-422 AASHTO T-88		
GRANULOMETRIA										
TAMIZ	Milímetros	Peso Retenido	Retenido Acumulado	PORCENTAJE						
				Retenido	Pasante					
4	4,75	0,00	258,48	0,00	100,00	RESUMEN: LIMITE LIQUIDO 43,19 LIMITE PLASTICO 32,22 INDICE PLASTICO 10,97 HUMEDAD NATURAL 33,05% CLASIFICACION SUSCS ML				
8	2,36									
10	2,00	87,59	87,59	33,89	66,11					
30	0,60									
40	425 micron	63,94	151,53	58,62	41,38					
60	250 micron									
100	150 micron									
200	75 micron	43,58	195,11	75,48	75,89%	% DE LOS AGREGADOS EN LA MUESTRA		GRAVA	100,00%	
FONDO			258,48	100,00				ARENA	41,38%	
TOTAL		258,48						FINOS	75,89%	
Descripción del material:										
Arcilla plastica color café, consistencia media, tiene el 75,89% pasante del tamiz #200										
Observaciones: El ensayo granulometrico se lo realizo por el metodo de lavado										
Realizado por: Ordoñez G. Elvis Alexander										
Responsable Tecnico ELVIS A. ORDOÑEZ GUAMAN										

Fuente: Autor

Sondeo N° 3

Muestra 1

Tabla 49. Cálculo de los Límites de Atterberg y Clasificación del Suelo según el Sistema USCS en el Sondeo N.º 3 a una Profundidad de 1 Metro

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA FACULTAD DE IGENIERIA LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES											
Machala - El Oro - Ecuador											
ENSYO DE CLASIFICACION DE SUELOS											
PROYECTO:		TITULACIÓN DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA									
UBICACIÓN:		CAMILO PONCE ENRIQUEZ - BARRIO NUEVA PONCE - PANAMERICANA E25									
ORDENADO POR:		UTMACH					FECHA: Mayo del 2025				
							HOJA N° 1 de 6				
PERFORACION:		N°1		AREA: 35105.6182 m ²		PROFUNDIDAD: 1 m					
ENSAYO DE CONSISTENCIA			LIMITE LIQUIDO					LIMITE PLASTICO		HUMEDAD NATURAL	
PRUEBA N°			1	2	3	4	5	1	2	1	
Recipiente N°			R90	R21	R20	X14	Y6	L-10	L-7	A-26	
Peso muestra Humeda + recip.	(grms)		25,89	26,12	24,96	24,57	23,21	13,09	12,11	2406,71	
Peso muestra seca + recip.	(grms)		22,19	22,15	20,95	20,86	19,62	12,59	11,76	1988,78	
Peso del recipiente	(grms)		9,61	9,73	9,66	9,51	9,62	9,69	9,68	794,23	
Peso del agua	(grms)		3,7	3,97	4,01	3,71	3,59	0,50	0,35	417,93	
Peso Seco	(grms)		12,58	12,42	11,29	11,35	10,00	2,90	2,08	1194,55	
Contenido de Humedad			29,41	31,96	35,52	32,69	35,90	17,24	16,83	34,99	
Número de golpes			36	28	25	21	16	17,35		34,99%	
								NORMAS LIMITE LIQUIDO: ASTM D-423 AASHTO T-89 LIMITE PLASTICO: ASTM D-424 AASHTO T-90 HUMEDAD: ASTM D-2216 GRANULOMETRIA: ASTM D-422 AASHTO T-88			
GRANULOMETRIA						RESUMEN: LIMITE LIQUIDO 33,16 LIMITE PLASTICO 17,35 INDICE PLASTICO 15,80 HUMEDAD NATURAL 34,99% CLASIFICACION SUSCS CL					
TAMIZ	Milímetros	Peso Retenido	Retenido Acumulado	PORCENTAJE							
4	4,75	0,00	0,00	0,00	100,00						
8	2,36			1,25	98,75						
10	2,00	1,41	1,41								
30	0,60										
40	425 micron	3,18	4,59	4,05	95,95						
60	250 micron										
100	150 micron										
200	75 micron	45,24	49,83	44,02	80,71%						
FONDO			113,20	100,00							
TOTAL		113,20									
						% DE LOS AGREGADOS EN LA MUESTRA		GRAVA	100,00%		
								ARENA	95,95%		
								FINOS	80,71%		
Descripción del material:						Responsable Tecnico ELVIS A. ORDOÑEZ GUAMAN					
Arcilla con estrato de piedra color café, consistencia media, tiene el 80,71% pasante del tamiz #200											
Observaciones: El ensayo granulometrico se lo realizo por el metodo de lavado											
Realizado por: Ordoñez G. Elvis Alexander											

Fuente: Autor

Muestra 2

Tabla 50. Cálculo de los Límites de Atterberg y Clasificación del Suelo según el Sistema USCS en el Sondeo N.º 3 a una Profundidad de 2 Metro

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA									
FACULTAD DE IGENIERIA									
LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES									
Machala - El Oro - Ecuador									
ENSYO DE CLASIFICACION DE SUELOS									
PROYECTO:		TITULACIÓN DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA							
UBICACIÓN:		CAMILO PONCE ENRIQUEZ - BARRIO NUEVA PONCE - PANAMERICANA E25							
ORDENADO POR:		UTMACH				FECHA: Mayo del 2025			
PERFORACION:		Nº2		AREA: 35105.6182 m ²		PROFUNDIDAD: 2 m			
ENSAYO DE CONSISTENCIA		LIMITE LIQUIDO					LIMITE PLASTICO		HUMEDAD NATURAL
PRUEBA N°		1	2	3	4	5	1	2	1
Recipiente N°		X16	X25	XR32	TX25	0	L-10	L-7	A-25
Peso muestra Humeda + recip.	(grms)	19,48	21,23	21,55	21,56	21,9	12,03	12,15	3307,91
Peso muestra seca + recip.	(grms)	17,26	18,45	19,02	18,96	18,56	11,72	11,79	3025,20
Peso del recipiente	(grms)	9,65	9,59	9,52	9,66	9,61	9,61	9,65	786,25
Peso del agua	(grms)	2,22	2,78	2,53	2,6	3,34	0,31	0,36	282,71
Peso Seco	(grms)	7,61	8,86	9,50	9,30	8,95	2,11	2,14	2238,95
Contenido de Humedad		29,17	31,38	26,63	27,96	37,32	14,69	16,82	12,63
Número de golpes		36	28	25	21	16	15,47		12,63%
							<p>NORMAS</p> <p>LIMITE LIQUIDO: ASTM D-423 AASHTO T-89</p> <p>LIMITE PLASTICO: ASTM D-424 AASHTO T-90</p> <p>HUMEDAD: ASTM D-2216</p> <p>GRANULOMETRIA: ASTM D-422 AASHTO T-88</p>		
GRANULOMETRIA						RESUMEN:			
TAMIZ	Milímetros	Peso Retenido	Retenido Acumulado	PORCENTAJE					
				Retenido	Pasante				
4	4.75	0,00	0,00	0,00	100,00	LIMITE LIQUIDO	30,55		
8	2.36					LIMITE PLASTICO	15,47		
10	2,00	0,18	0,18	0,15	99,85	INDICE PLASTICO	15,08		
30	0,60					HUMEDAD NATURAL	12,63%		
40	425 micron	1,43	1,61	1,34	98,66	CLASIFICACION SUSCS	CL		
60	250 micron								
100	150 micron								
200	75 micron	55,37	56,98	47,35	79,86%	% DE LOS AGREGADOS EN LA MUESTRA	GRAVA	100,00%	
FONDO			120,35	100,00			ARENA	98,66%	
TOTAL		120,35					FINOS	79,86%	
Descripción del material:									
Arcilla con estrato de piedra color café, consistencia media, tiene el 79,86% pasante del tamiz #200									
Observaciones: El ensayo granulometrico se lo realizo por el metodo de lavado									
Realizado por: Ordoñez G. Elvis Alexander						Responsable Tecnico ELVIS A. ORDOÑEZ GUAMAN			

Fuente: Autor

Muestra 3

Tabla 51. Cálculo de los Límites de Atterberg y Clasificación del Suelo según el Sistema USCS en el Sondeo N.º 3 a una Profundidad de 3 Metro

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA FACULTAD DE IGENIERIA LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES										
Machala - El Oro - Ecuador										
ENSYO DE CLASIFICACION DE SUELOS										
PROYECTO:		TITULACIÓN DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA								
UBICACIÓN:		CAMILO PONCE ENRIQUEZ - BARRIO NUEVA PONCE - PANAMERICANA E25								
ORDENADO POR:		UTMACH				FECHA: Mayo del 2025				
						HOJA N° 3 de 6				
PERFORACION:		N°3		AREA: 35105.6182 m ²		PROFUNDIDAD: 3 m				
ENSAYO DE CONSISTENCIA			LIMITE LIQUIDO					LIMITE PLASTICO		HUMEDAD NATURAL
PRUEBA N°			1	2	3	4	5	1	2	1
Recipiente N°			M16	R65X	R32	A23	TX23	L-10	L-7	A-12
Peso muestra Humeda + recip.	(grms)		22,98	26,24	24,28	23,58	27,18	12,68	12,63	3931,34
Peso muestra seca + recip.	(grms)		20,03	22,36	20,68	20,24	22,87	12,36	12,31	3536,17
Peso del recipiente	(grms)		9,72	9,56	9,72	9,63	9,66	9,66	9,68	806,48
Peso del agua	(grms)		2,95	3,88	3,6	3,34	4,31	0,32	0,32	395,17
Peso Seco	(grms)		10,31	12,80	10,96	10,61	13,21	2,70	2,63	2729,69
Contenido de Humedad			28,61	30,31	32,85	31,48	32,63	11,85	12,17	14,48
Número de golpes			36	29	27	20	15	13,53		14,48%
								NORMAS LIMITE LIQUIDO: ASTM D-423 AASHTO T-89 LIMITE PLASTICO: ASTM D-424 AASHTO T-90 HUMEDAD: ASTM D-2216 GRANULOMETRIA: ASTM D-422 AASHTO T-88		
GRANULOMETRIA							RESUMEN: LIMITE LIQUIDO 31,24 LIMITE PLASTICO 13,53 INDICE PLASTICO 17,71 HUMEDAD NATURAL 14,48% CLASIFICACION SUSCS CL			
TAMIZ	Milímetros	Peso Retenido	Retenido Acumulado	PORCENTAJE						
				Retenido	Pasante					
4	4,75	0,00	0,00	0,00	100,00					
8	2,36									
10	2,00	0,00	0,00	0,00	100,00					
30	0,60									
40	425 micron	4,48	4,48	3,30	96,70					
60	250 micron									
100	150 micron									
200	75 micron	67,92	72,40	53,33	75,47%					
FONDO			135,77	100,00						
TOTAL		135,77								
							% DE LOS AGREGADOS EN LA MUESTRA		GRAVA	100,00%
									ARENA	96,70%
									FINOS	75,47%
Descripción del material:										
Arcilla con estrato de piedra color café, consistencia media, tiene el 75,47% pasante del tamiz #200										
Observaciones: El ensayo granulometrico se lo realizo por el metodo de lavado										
Realizado por: Ordoñez G. Elvis Alexander										
Responsable Tecnico ELVIS A. ORDOÑEZ GUAMAN										

Fuente: Autor

Muestra 4

Tabla 52. Cálculo de los Límites de Atterberg y Clasificación del Suelo según el Sistema USCS en el Sondeo N.º 3 a una Profundidad de 4 Metro

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA									
FACULTAD DE IGENIERIA									
LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES									
Machala - El Oro - Ecuador									
ENSYO DE CLASIFICACION DE SUELOS									
PROYECTO:		TITULACIÓN DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA							
UBICACIÓN:		CAMILO PONCE ENRIQUEZ - BARRIO NUEVA PONCE - PANAMERICANA E25							
ORDENADO POR:		UTMACH				FECHA: Mayo del 2025			
PERFORACION:		Nº4		AREA: 35105.6182 m ²		PROFUNDIDAD: 4 m			
ENSAYO DE CONSISTENCIA		LIMITE LIQUIDO					LIMITE PLASTICO		HUMEDAD NATURAL
PRUEBA N°		1	2	3	4	5	1	2	1
Recipiente N°		R21	T26	C29	T41	E16	L-10	L-7	A-26
Peso muestra Humeda + recip.	(grms)	27,23	28,13	24,16	26,51	28,25	13,65	14,26	4239,59
Peso muestra seca + recip.	(grms)	22,66	23,22	20,25	21,89	22,96	13,01	13,62	3729,28
Peso del recipiente	(grms)	9,73	9,66	9,51	9,6	9,6	9,64	9,65	798,56
Peso del agua	(grms)	4,57	4,91	3,91	4,62	5,29	0,64	0,64	510,31
Peso Seco	(grms)	12,93	13,56	10,74	12,29	13,36	3,37	3,97	2930,72
Contenido de Humedad		35,34	36,21	36,41	37,59	39,60	18,99	16,12	17,41
Número de golpes		37	33	26	18	16	18,19		17,41%
							<p>NORMAS</p> <p>LIMITE LIQUIDO: ASTM D-423 AASHTO T-89</p> <p>LIMITE PLASTICO: ASTM D-424 AASHTO T-90</p> <p>HUMEDAD: ASTM D-2216</p> <p>GRANULOMETRIA: ASTM D-422 AASHTO T-88</p>		
GRANULOMETRIA							RESUMEN:		
TAMIZ	Milímetros	Peso Retenido	Retenido Acumulado	PORCENTAJE					
				Retenido	Pasante				
4	4,75	0,00	0,00	0,00	100,00	LIMITE LIQUIDO 37,19			
8	2,36					LIMITE PLASTICO 18,19			
10	2,00	9,11	9,11	6,42	93,58	INDICE PLASTICO 19,00			
30	0,60					HUMEDAD NATURAL 17,41%			
40	425 micron	19,36	28,47	20,07	79,93	CLASIFICACION SUSCS CL			
60	250 micron								
100	150 micron								
200	75 micron	50,01	78,48	55,33	74,24%	% DE LOS AGREGADOS EN LA MUESTRA		GRAVA	100,00%
FONDO			141,85	100,00				ARENA	79,93%
TOTAL		141,85						FINOS	74,24%
Descripción del material:									
Arcilla con estrato de piedra color café, consistencia media, tiene el 74,24% pasante del tamiz #200									
Observaciones: El ensayo granulometrico se lo realizo por el metodo de lavado									
Realizado por: Ordoñez G. Elvis Alexander						Responsable Tecnico ELVIS A. ORDOÑEZ GUAMAN			

Fuente: Autor

Muestra 5

Tabla 53. Cálculo de los Límites de Atterberg y Clasificación del Suelo según el Sistema USCS en el Sondeo N.º 3 a una Profundidad de 5 Metro

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA									
FACULTAD DE IGENIERIA									
LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES									
Machala - El Oro - Ecuador									
ENSYO DE CLASIFICACION DE SUELOS									
PROYECTO:		TITULACIÓN DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA							
UBICACIÓN:		CAMILO PONCE ENRIQUEZ - BARRIO NUEVA PONCE - PANAMERICANA E25							
ORDENADO POR:		UTMACH				FECHA: Mayo del 2025			
PERFORACION:		Nº5		AREA: 35105.6182 m ²		PROFUNDIDAD: 5 m			
ENSAYO DE CONSISTENCIA		LIMITE LIQUIDO					LIMITE PLASTICO		HUMEDAD NATURAL
PRUEBA N°		1	2	3	4	5	1	2	1
Recipiente N°		M16	R65X	R32	A23	TX23	L-10	L-7	A-26
Peso muestra Humeda + recip.	(grms)	23,09	26,43	24,28	23,78	27,48	13,74	14,68	4042,34
Peso muestra seca + recip.	(grms)	20,15	22,58	20,68	20,12	22,75	13,25	14,05	3556,17
Peso del recipiente	(grms)	9,72	9,56	9,72	9,63	9,66	9,66	9,68	806,48
Peso del agua	(grms)	2,94	3,85	3,6	3,66	4,73	0,49	0,63	486,17
Peso Seco	(grms)	10,43	13,02	10,96	10,49	13,09	3,59	4,37	2749,69
Contenido de Humedad		28,19	29,57	32,85	34,89	36,13	13,65	14,42	17,68
Número de golpes		40	36	27	20	15	14,32		17,68%
							<p>NORMAS</p> <p>LIMITE LIQUIDO: ASTM D-423 AASHTO T-89</p> <p>LIMITE PLASTICO: ASTM D-424 AASHTO T-90</p> <p>HUMEDAD: ASTM D-2216</p> <p>GRANULOMETRIA: ASTM D-422 AASHTO T-88</p>		
GRANULOMETRIA						RESUMEN:			
TAMIZ	Milímetros	Peso Retenido	Retenido Acumulado	PORCENTAJE					
				Retenido	Pasante				
4	4,75	0,00	0,00	0,00	100,00	LIMITE LIQUIDO	33,17		
8	2,36					LIMITE PLASTICO	14,32		
10	2,00	0,00	0,00	0,00	100,00	INDICE PLASTICO	18,85		
30	0,60					HUMEDAD NATURAL	17,68%		
40	425 micron	3,98	3,98	2,84	97,16	CLASIFICACION SUSCS	CL		
60	250 micron								
100	150 micron								
200	75 micron	72,69	76,67	54,75	74,70%	% DE LOS AGREGADOS EN LA MUESTRA	GRAVA	100,00%	
FONDO			140,04	100,00			ARENA	97,16%	
TOTAL		140,04					FINOS	74,70%	
Descripción del material:									
Arcilla con estrato de piedra color café, consistencia media, tiene el 74,70% pasante del tamiz #200									
Observaciones: El ensayo granulometrico se lo realizo por el metodo de lavado									
Realizado por: Ordoñez G. Elvis Alexander						Responsable Tecnico ELVIS A. ORDOÑEZ GUAMAN			

Fuente: Autor

Muestra 6

Tabla 54. Cálculo de los Límites de Atterberg y Clasificación del Suelo según el Sistema USCS en el Sondeo N.º 3 a una Profundidad de 6 Metro

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA									
FACULTAD DE IGENIERIA									
LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES									
Machala - El Oro - Ecuador									
ENSAYO DE CLASIFICACION DE SUELOS									
PROYECTO:		TITULACIÓN DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA							
UBICACIÓN:		CAMILO PONCE ENRIQUEZ - BARRIO NUEVA PONCE - PANAMERICANA E25							
ORDENADO POR:		UTMACH				FECHA: Mayo del 2025			
PERFORACION:		Nº6		AREA: 35105.6182 m ²		PROFUNDIDAD: 6 m			
ENSAYO DE CONSISTENCIA		LIMITE LIQUIDO					LIMITE PLASTICO		HUMEDAD NATURAL
PRUEBA N°		1	2	3	4	5	1	2	1
Recipiente N°		R21	T26	C29	T41	E16	L-10	L-7	A-26
Peso muestra Humeda + recip.	(grms)	27,23	28,13	24,16	26,51	28,25	13,65	14,26	4419,59
Peso muestra seca + recip.	(grms)	22,66	23,22	20,45	21,98	23,23	13,23	13,6	3795,28
Peso del recipiente	(grms)	9,73	9,66	9,51	9,6	9,6	9,64	9,65	798,56
Peso del agua	(grms)	4,57	4,91	3,71	4,53	5,02	0,42	0,66	624,31
Peso Seco	(grms)	12,93	13,56	10,94	12,38	13,63	3,59	3,95	2996,72
Contenido de Humedad		35,34	36,21	33,91	36,59	36,83	11,70	16,71	20,83
Número de golpes		37	33	26	18	16	18,13		20,83%
							<p>NORMAS</p> <p>LIMITE LIQUIDO: ASTM D-423 AASHTO T-89</p> <p>LIMITE PLASTICO: ASTM D-424 AASHTO T-90</p> <p>HUMEDAD: ASTM D-2216</p> <p>GRANULOMETRIA: ASTM D-422 AASHTO T-88</p>		
GRANULOMETRIA						RESUMEN:			
TAMIZ	Milímetros	Peso Retenido	Retenido Acumulado	PORCENTAJE					
				Retenido	Pasante				
4	4,75	0,00	0,00			LIMITE LIQUIDO	35,84		
8	2,36					LIMITE PLASTICO	18,13		
10	2,00	0,00	0,00	0,00	100,00	INDICE PLASTICO	17,70		
30	0,60					HUMEDAD NATURAL	20,83%		
40	425 micron	11,58	11,58	8,65	91,35	CLASIFICACION SUSCS	CL		
60	250 micron								
100	150 micron								
200	75 micron	58,96	70,54	52,68	75,68%	% DE LOS AGREGADOS EN LA MUESTRA	GRAVA	100,00%	
FONDO			133,91	100,00			ARENA	91,35%	
TOTAL		133,91					FINOS	75,68%	
Descripción del material:									
Arcilla con estrato de piedra color café, consistencia media, tiene el 75,68% pasante del tamiz #200									
Observaciones: El ensayo granulometrico se lo realizo por el metodo de lavado									
Realizado por: Ordoñez G. Elvis Alexander						Responsable Tecnico ELVIS A. ORDOÑEZ GUAMAN			

Fuente: Autor

Sondeo N° 4

Muestra 1

Tabla 55. Cálculo de los Límites de Atterberg y Clasificación del Suelo según el Sistema USCS en el Sondeo N.º 4 a una Profundidad de 1 Metro

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA FACULTAD DE IGENIERIA LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES										
Machala - El Oro - Ecuador										
ENSYO DE CLASIFICACION DE SUELOS										
PROYECTO:		TITULACIÓN DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA								
UBICACIÓN:		CAMILO PONCE ENRIQUEZ - BARRIO NUEVA PONCE - PANAMERICANA E25								
ORDENADO POR:		UTMACH					FECHA: Mayo del 2025 HOJA N° 1 de 6			
PERFORACION:		N°1		AREA: 35105.6182 m ²		PROFUNDIDAD: 1 m				
ENSAYO DE CONSISTENCIA			LIMITE LIQUIDO					LIMITE PLASTICO		HUMEDAD NATURAL
			1	2	3	4	5	1	2	1
PRUEBA N°			X60	M20	R16	Tx25	A16	L-10	L-7	A-26
Recipiente N°										
Peso muestra Humeda + recip. (grms)			24,96	25,36	24,79	24,86	25,89	12,89	12,45	1695,41
Peso muestra seca + recip. (grms)			21,45	21,53	20,95	20,56	21,56	12,54	12,15	1495,36
Peso del recipiente (grms)			9,61	9,73	9,66	9,51	9,61	9,69	9,68	796,41
Peso del agua (grms)			3,51	3,83	3,84	4,3	4,33	0,35	0,3	200,05
Peso Seco (grms)			11,84	11,80	11,29	11,05	11,95	2,85	2,47	698,95
Contenido de Humedad			29,65	32,46	34,01	38,91	36,23	12,28	12,15	28,62
Número de golpes			35	30	25	20	15	12,95		28,62%
			NORMAS LIMITE LIQUIDO: ASTM D-423 AASHTO T-89 LIMITE PLASTICO: ASTM D-424 AASHTO T-90 HUMEDAD: ASTM D-2216 GRANULOMETRIA: ASTM D-422 AASHTO T-88							
GRANULOMETRIA										
TAMIZ	Milímetros	Peso Retenido	Retenido Acumulado	PORCENTAJE						
				Retenido	Pasante					
4	4,75	0,00	0,00	0,00	100,00	RESUMEN: LIMITE LIQUIDO 34,25 LIMITE PLASTICO 12,95 INDICE PLASTICO 21,30 HUMEDAD NATURAL 28,62% CLASIFICACION SUSCS CL				
8	2,36									
10	2,00	2,15	2,15	1,56	98,44					
30	0,60									
40	425 micron	3,85	6,00	4,36	95,64					
60	250 micron									
100	150 micron									
200	75 micron	68,24	74,24	53,95	76,56%	% DE LOS AGREGADOS EN LA MUESTRA		GRAVA	100,00%	
FONDO			137,61	100,00				ARENA	94,72%	
TOTAL		137,61				FINOS	76,53%			
Descripción del material: Arcilla con estrato de piedra color café, consistencia media, tiene el 76,56% pasante del tamiz #200										
Observaciones: El ensayo granulometrico se lo realizo por el metodo de lavado										
Realizado por: Ordoñez G. Elvis Alexander										
Responsable Tecnico ELVIS A. ORDOÑEZ GUAMAN										

Fuente: Autor

Muestra 2

Tabla 56. Cálculo de los Límites de Atterberg y Clasificación del Suelo según el Sistema USCS en el Sondeo N.º 4 a una Profundidad de 2 Metro

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA									
FACULTAD DE IGENIERIA									
LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES									
Machala - El Oro - Ecuador									
ENSYO DE CLASIFICACION DE SUELOS									
PROYECTO:		TITULACIÓN DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA							
UBICACIÓN:		CAMILO PONCE ENRIQUEZ - BARRIO NUEVA PONCE - PANAMERICANA E25							
ORDENADO POR:		UTMACH				FECHA: Mayo del 2025			
PERFORACION:		Nº2		AREA: 35105.6182 m ²		PROFUNDIDAD: 2 m			
ENSAYO DE CONSISTENCIA		LIMITE LIQUIDO					LIMITE PLASTICO		HUMEDAD NATURAL
PRUEBA N°		1	2	3	4	5	1	2	1
Recipiente N°		R132	R52	R14	A42	R33	L-10	L-7	A-25
Peso muestra Humeda + recip.	(grms)	25,72	26,35	26,12	27,32	26,98	12,25	12,75	1941,27
Peso muestra seca + recip.	(grms)	21,65	21,98	21,85	22,87	21,84	11,98	12,35	1775,22
Peso del recipiente	(grms)	9,65	9,59	9,52	9,66	9,63	9,61	9,65	1143,97
Peso del agua	(grms)	4,07	4,37	4,27	4,45	5,14	0,27	0,4	166,05
Peso Seco	(grms)	12,00	12,39	12,33	13,21	12,21	2,37	2,70	631,25
Contenido de Humedad		33,92	35,27	34,63	33,69	42,10	11,39	14,81	26,30
Número de golpes		45	32	24	18	13	13,79		26,30%
							<p>NORMAS</p> <p>LIMITE LIQUIDO: ASTM D-423 AASHTO T-89</p> <p>LIMITE PLASTICO: ASTM D-424 AASHTO T-90</p> <p>HUMEDAD: ASTM D-2216</p> <p>GRANULOMETRIA: ASTM D-422 AASHTO T-88</p>		
GRANULOMETRIA									
TAMIZ	Milímetros	Peso Retenido	Retenido Acumulado	PORCENTAJE		<p>RESUMEN:</p> <p>LIMITE LIQUIDO 36,15</p> <p>LIMITE PLASTICO 13,79</p> <p>INDICE PLASTICO 22,36</p> <p>HUMEDAD NATURAL 26,30%</p> <p>CLASIFICACION SUSCS CL</p>			
				Retenido	Pasante				
4	4,75	0,00	0,00	0,00	100,00				
8	2,36								
10	2,00	0,48	0,48	0,31	99,69				
30	0,60								
40	425 micron	2,69	3,17	2,04	97,96				
60	250 micron								
100	150 micron								
200	75 micron	89,20	92,37	59,31	73,94%	% DE LOS AGREGADOS EN LA MUESTRA		GRAVA	100,00%
FONDO			155,74	100,00		ARENA	97,96%		
TOTAL		155,74				FINOS	76,53%		
Descripción del material:							<p>Responsable Tecnico ELVIS A. ORDOÑEZ GUAMAN</p>		
Arcilla con estrato de piedra color café, consistencia media, tiene el 73,94% pasante del tamiz #200									
Observaciones: El ensayo granulometrico se lo realizo por el metodo de lavado									
Realizado por: Ordoñez G. Elvis Alexander									

Fuente: Autor

Muestra 3

Tabla 57. Cálculo de los Límites de Atterberg y Clasificación del Suelo según el Sistema USCS en el Sondeo N.º 4 a una Profundidad de 3 Metro

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA										
FACULTAD DE IGENIERIA										
LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES										
Machala - El Oro - Ecuador										
ENSYO DE CLASIFICACION DE SUELOS										
PROYECTO:		TITULACIÓN DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA								
UBICACIÓN:		CAMILO PONCE ENRIQUEZ - BARRIO NUEVA PONCE - PANAMERICANA E25								
ORDENADO POR:		UTMACH					FECHA: Mayo del 2025			HOJA N° 3 de 6
PERFORACION:		N°3		AREA: 35105.6182 m ²		PROFUNDIDAD: 3 m				
ENSAYO DE CONSISTENCIA			LIMITE LIQUIDO					LIMITE PLASTICO		HUMEDAD NATURAL
PRUEBA N°			1	2	3	4	5	1	2	1
Recipiente N°			M16	R65X	R32	A23	TX23	L-10	L-7	A-12
Peso muestra Humeda + recip.	(grms)		24,51	25,36	23,89	25,31	26,14	13,74	14,68	2780,79
Peso muestra seca + recip.	(grms)		21,02	21,26	20,35	21,36	21,56	13,21	13,98	2312,05
Peso del recipiente	(grms)		9,72	9,56	9,72	9,63	9,66	9,66	9,68	794,88
Peso del agua	(grms)		3,49	4,1	3,54	3,95	4,58	0,53	0,7	468,74
Peso Seco	(grms)		11,30	11,70	10,63	11,73	11,90	3,55	4,30	1517,17
Contenido de Humedad			30,88	35,04	33,30	33,67	38,49	14,93	16,28	30,90
Número de golpes			37	35	28	22	17	15,35		30,90%
								<p align="center">NORMAS</p> <p>LIMITE LIQUIDO: ASTM D-423 AASHTO T-89</p> <p>LIMITE PLASTICO: ASTM D-424 AASHTO T-90</p> <p>HUMEDAD: ASTM D-2216</p> <p>GRANULOMETRIA: ASTM D-422 AASHTO T-88</p>		
GRANULOMETRIA										
TAMIZ	Milímetros	Peso Retenido	Retenido Acumulado	PORCENTAJE						
				Retenido	Pasante					
4	4,75	0,00	0,00	0,00	100,00					
8	2,36									
10	2,00	0,00	0,00	0,00	100,00					
30	0,60									
40	425 micron	5,69	5,69	4,05	95,95					
60	250 micron									
100	150 micron									
200	75 micron	71,36	77,05	54,87	74,63%	% DE LOS AGREGADOS EN LA MUESTRA		GRAVA	100,00%	
FONDO			140,42	100,00				ARENA	95,95%	
TOTAL		140,42						FINOS	74,63%	
Descripción del material:										
Arcilla con estrato de piedra color café, consistencia media, tiene el 74,63% pasante del tamiz #200										
Observaciones:	El ensayo granulometrico se lo realizo por el metodo de lavado									
Realizado por:	Ordoñez G. Elvis Alexander					Responsable Tecnico ELVIS A. ORDOÑEZ GUAMAN				

Fuente: Autor

Muestra 5

Tabla 59. Cálculo de los Límites de Atterberg y Clasificación del Suelo según el Sistema USCS en el Sondeo N.º 4 a una Profundidad de 5 Metro

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA										
FACULTAD DE IGENIERIA										
LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES										
Machala - El Oro - Ecuador										
ENSYO DE CLASIFICACION DE SUELOS										
PROYECTO:		TITULACIÓN DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA								
UBICACIÓN:		CAMILO PONCE ENRIQUEZ - BARRIO NUEVA PONCE - PANAMERICANA E25								
ORDENADO POR:		UTMACH					FECHA: Mayo del 2025			HOJA N° 5 de 6
PERFORACION:		N°5		AREA: 35105.6182 m ²		PROFUNDIDAD: 5 m				
ENSAYO DE CONSISTENCIA			LIMITE LIQUIDO					LIMITE PLASTICO		HUMEDAD NATURAL
PRUEBA N°			1	2	3	4	5	1	2	1
Recipiente N°			R4	R860	K5	R119	R5	L-10	L-7	A-26
Peso muestra Humeda + recip.	(grms)		25,36	24,98	23,68	24,89	25,12	12,58	13,02	2731,79
Peso muestra seca + recip.	(grms)		21,56	21,98	20,35	20,89	20,75	12,12	12,35	2294,05
Peso del recipiente	(grms)		9,72	9,56	9,72	9,63	9,66	9,66	9,68	794,88
Peso del agua	(grms)		3,8	3	3,33	4	4,37	0,46	0,67	437,74
Peso Seco	(grms)		11,84	12,42	10,63	11,26	11,09	2,46	2,67	1499,17
Contenido de Humedad			32,09	24,15	31,33	35,52	39,40	18,70	25,09	29,20
Número de golpes			35	32	26	21	17	20,59		29,20%
								<p>NORMAS</p> <p>LIMITE LIQUIDO: ASTM D-423 AASHTO T-89</p> <p>LIMITE PLASTICO: ASTM D-424 AASHTO T-90</p> <p>HUMEDAD: ASTM D-2216</p> <p>GRANULOMETRIA: ASTM D-422 AASHTO T-88</p>		
GRANULOMETRIA										
TAMIZ	Milímetros	Peso Retenido	Retenido Acumulado	PORCENTAJE						
				Retenido	Pasante					
4	4,75	0,00	0,00	0,00	100,00					
8	2,36									
10	2,00	0,00	0,00	0,00	100,00					
30	0,60									
40	425 micron	3,26	3,26	2,31	97,69					
60	250 micron									
100	150 micron									
200	75 micron	74,36	77,62	55,05	74,52%					
FONDO			140,99	100,00						
TOTAL		140,99								
RESUMEN:										
LIMITE LIQUIDO						36,15				
LIMITE PLASTICO						20,59				
INDICE PLASTICO						15,55				
HUMEDAD NATURAL						29,20%				
CLASIFICACION SUSCS						CL				
						% DE LOS AGREGADOS EN LA MUESTRA		GRAVA		100,00%
								ARENA		97,69%
								FINOS		74,52%
Descripción del material:										
Arcilla con estrato de piedra color café, consistencia media, tiene el 74,52% pasante del tamiz #200										
Observaciones:										
El ensayo granulometrico se lo realizo por el metodo de lavado										
Realizado por:										
Ordoñez G. Elvis Alexander										
Responsable Tecnico										
ELVIS A. ORDOÑEZ GUAMAN										

Fuente: Autor

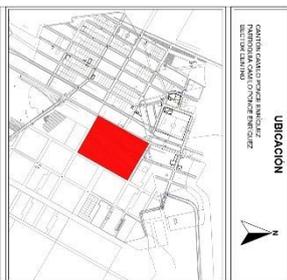
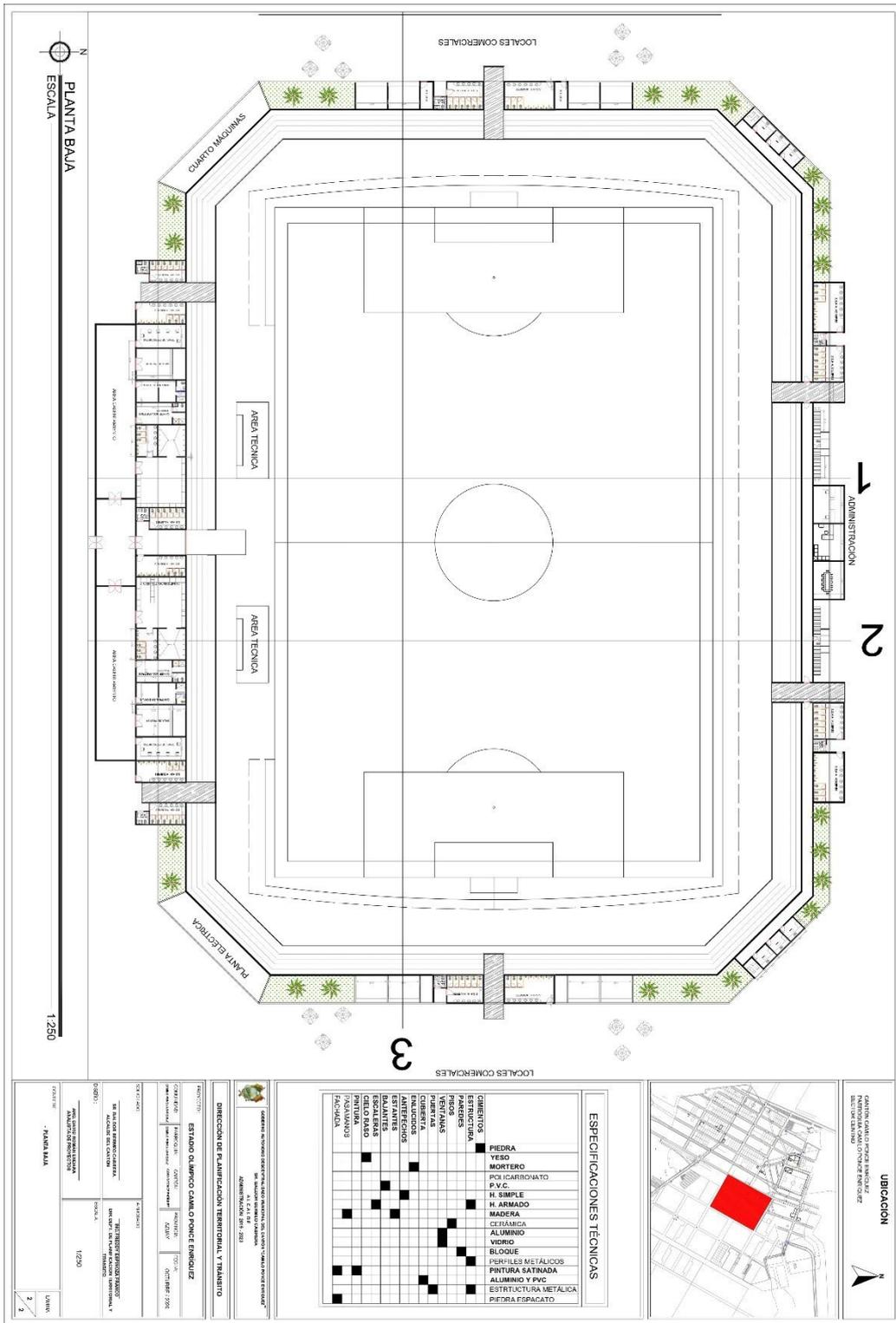
Muestra 6

Tabla 60. Cálculo de los Límites de Atterberg y Clasificación del Suelo según el Sistema USCS en el Sondeo N.º 4 a una Profundidad de 6 Metro

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA										
FACULTAD DE IGENIERIA										
LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES										
Machala - El Oro - Ecuador										
ENSYO DE CLASIFICACION DE SUELOS										
PROYECTO:		TITULACIÓN DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA								
UBICACIÓN:		CAMILO PONCE ENRIQUEZ - BARRIO NUEVA PONCE - PANAMERICANA E25								
ORDENADO POR:		UTMACH						FECHA: Mayo del 2025		
PERFORACION:		Nº6		AREA: 35105.6182 m ²			HOJA Nº 6 de 6			
							PROFUNDIDAD: 6 m			
ENSAYO DE CONSISTENCIA			LIMITE LIQUIDO					LIMITE PLASTICO		HUMEDAD NATURAL
PRUEBA Nº			1	2	3	4	5	1	2	1
Recipiente Nº			R80	R59X	R33	R5A	R11	L-10	L-7	A-26
Peso muestra Humeda + recip. (grms)			26,89	27,36	25,68	27,12	26,32	13,68	12,89	2447,55
Peso muestra seca + recip. (grms)			22,66	23,22	21,56	22,59	21,96	13,23	12,51	2018,36
Peso del recipiente (grms)			9,73	9,66	9,51	9,6	9,6	9,64	9,65	812,49
Peso del agua (grms)			4,23	4,14	4,12	4,53	4,36	0,45	0,38	429,19
Peso Seco (grms)			12,93	13,56	12,05	12,99	12,36	3,59	2,86	1205,87
Contenido de Humedad			32,71	30,53	34,19	34,87	35,28	12,53	13,29	35,59
Número de golpes			34	29	27	21	17	14,90		35,59%
							<p>NORMAS</p> <p>LIMITE LIQUIDO: ASTM D-423 AASHTO T-89</p> <p>LIMITE PLASTICO: ASTM D-424 AASHTO T-90</p> <p>HUMEDAD: ASTM D-2216</p> <p>GRANULOMETRIA: ASTM D-422 AASHTO T-88</p>			
GRANULOMETRIA										
TAMIZ	Milímetros	Peso Retenido	Retenido Acumulado	PORCENTAJE		RESUMEN: LIMITE LIQUIDO 33,64 LIMITE PLASTICO 14,90 INDICE PLASTICO 18,74 HUMEDAD NATURAL 35,59% CLASIFICACION SUSCS CL				
				Retenido	Pasante					
4	4,75	0,00	0,00	0,00	100,00					
8	2,36									
10	2,00	6,98	6,98	4,76	95,24					
30	0,60									
40	425 micron	17,98	24,96	17,02	82,98					
60	250 micron									
100	150 micron									
200	75 micron	58,36	83,32	56,80	73,36%	% DE LOS AGREGADOS EN LA MUESTRA		GRAVA	100,00%	
FONDO			146,69	100,00		ARENA	82,98%			
TOTAL		144,43				FINOS	73,36%			
Descripción del material:						<p>Responsable Tecnico ELVIS A. ORDOÑEZ GUAMAN</p>				
Arcilla con estrato de piedra color café, consistencia media, tiene el 73,36% pasante del tamiz #200										
Observaciones: El ensayo granulometrico se lo realizo por el metodo de lavado										
Realizado por: Ordoñez G. Elvis Alexander										

Fuente: Autor

Ilustración 20. Implantación 2 de estadio municipal de Ponce Enriquez



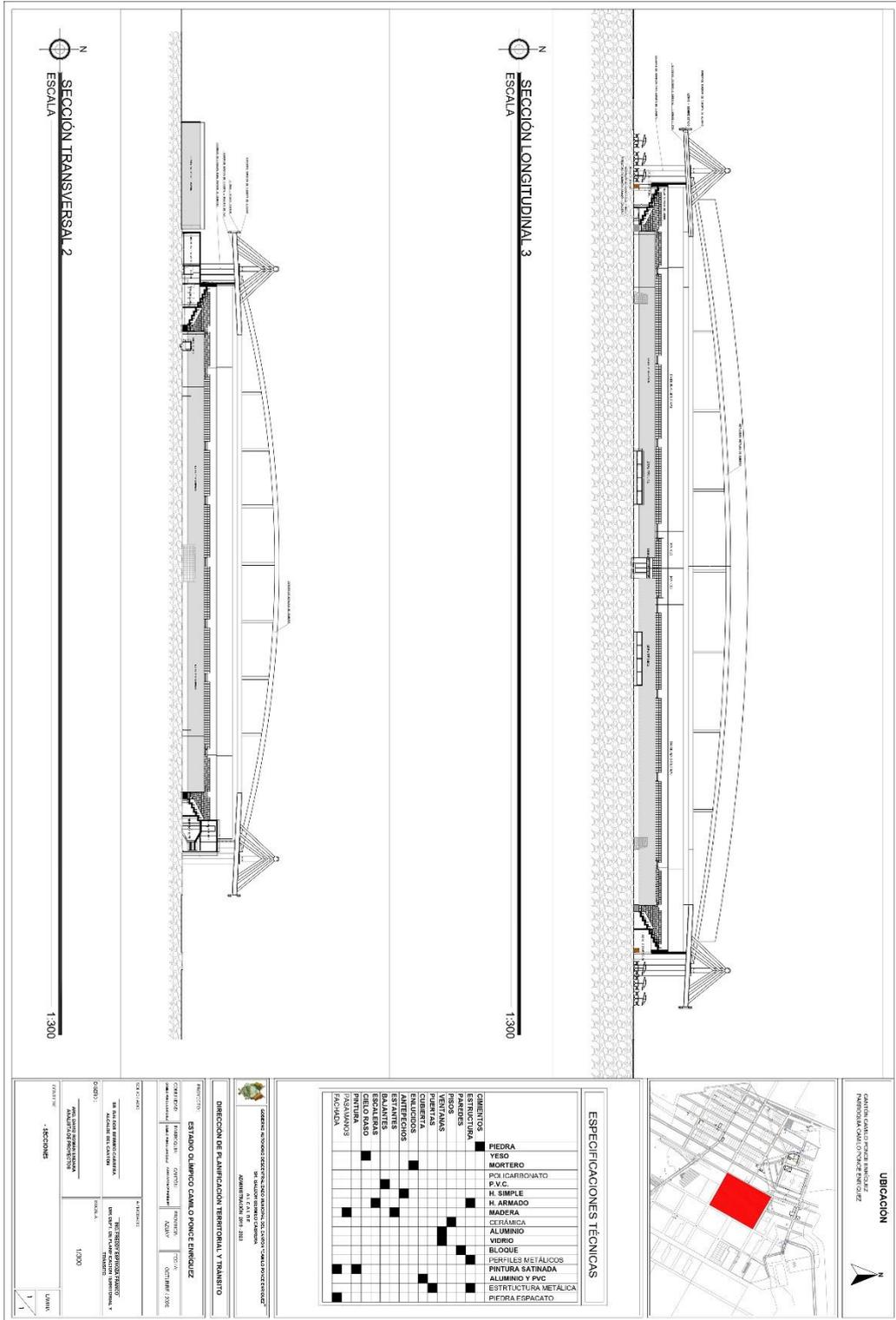
ESPECIFICACIONES TECNICAS

CONCRETOS	PIEDRA
ESTRUCTURAS	YESO
PAREDES	MORTERO
VENTANAS	POLICARBONATO
PUERTAS	P.V.C.
ANTEROS	H. SIMPLE
ANTEROS	H. ARMADO
ANTEROS	MADERA
ANTEROS	CERAMICA
ANTEROS	ALUMINO
ANTEROS	VIDRIO
ANTEROS	BLOQUE
ANTEROS	PERFILES METALICOS
ANTEROS	PINTURA SATINADA
ANTEROS	ALUMINO Y PVC
ANTEROS	ESTRUCTURA METALICA
ANTEROS	PIEDRA ESPACATO

DIRECCION DE PLANEACION TERRITORIAL Y TRABAJO
ESTADIO OLIMPO CAMU O PONCE ENRIQUEZ
 PROYECTO: ESTADIO OLIMPO CAMU O PONCE ENRIQUEZ
 CLIENTE: GOBIERNO MUNICIPAL DE PONCE
 INGENIERO: JUAN CARLOS RAMIREZ
 ARQUITECTO: JUAN CARLOS RAMIREZ
 FECHA: OCTUBRE 2006
 ESCALA: 1:250
 HOJA: 2 DE 2
 PLANTEAMIENTO: PLANTEAMIENTO

Fuente: GAD MUNICIPAL

Ilustración 21. Secciones transversales de Estadio municipal de Ponce Enriquez



Fuente: GAD MUNICIPAL

Fotos de la practica

Ilustración 23. Apertura de calicata con maquinaria pesada



Ilustración 22. Extracción de muestras con maquinaria pesada



Ilustración 24. Recolección de muestras para ensayos In Situ



Ilustración 25. Extracción de tubos shelby sondeo N.1



Ilustración 27. Extracción de tubos shelby, sondeo N°2



Ilustración 26. Extracción de tubo shelby, sondeo N°3



Ilustración 29. Extracción de muestras de los tubos shelby



Ilustración 28. Ensayo de limite liquido



Ilustración 30. Muestras extraídas de tubo shelby



Ilustración 32. Granulometría método de lavado



Ilustración 31. Preparación de la muestra para Granulometría método de lavado



Ilustración 33. Muestras obtenidas de granulometría (Por lavado)



Ilustración 34. Tamizado de muestras Para limite plástico

Ilustración 35. Ensayo limite plástico



Ilustración 36. Muestras de ensayo de Limite Liquido



Ilustración 37. Colocación de muestras de suelo en el horno

