



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**Análisis de la capacidad portante del suelo para edificaciones de hasta 3
pisos en el barrio Servidores Universitarios del cantón Machala**

**UCHUARI ROBLES RENI JOSE
INGENIERO CIVIL**

**MACHALA
2023**



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**Análisis de la capacidad portante del suelo para edificaciones de
hasta 3 pisos en el barrio Servidores Universitarios del cantón
Machala**

**UCHUARI ROBLES RENI JOSE
INGENIERO CIVIL**

**MACHALA
2023**



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTOS TÉCNICOS

Análisis de la capacidad portante del suelo para edificaciones de hasta 3 pisos en el barrio Servidores Universitarios del cantón Machala

**UCHUARI ROBLES RENI JOSE
INGENIERO CIVIL**

CABRERA GORDILLO JORGE PAUL

**MACHALA
2023**

TESIS

por Reni Uchuari

Fecha de entrega: 29-feb-2024 10:07a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2307920666

Nombre del archivo: TESIS_-_RENI_UCHUARI.docx (287.37K)

Total de palabras: 16188

Total de caracteres: 85616

TESIS

INFORME DE ORIGINALIDAD

4%

INDICE DE SIMILITUD

5%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

docplayer.es

Fuente de Internet

2%

2

hdl.handle.net

Fuente de Internet

1%

3

repositorio.uta.edu.ec

Fuente de Internet

1%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 80 words

Excluir bibliografía

Activo

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

El que suscribe, UCHUARI ROBLES RENI JOSE, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado Análisis de la capacidad portante del suelo para edificaciones de hasta 3 pisos en el barrio Servidores Universitarios del cantón Machala, 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.



UCHUARI ROBLES RENI JOSE

0706170081

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a la persona más significativa en mi vida: María Cecilia Robles, mi madre. No solo me concedió la vida, sino también la inspiración y la valentía indispensables para alcanzar todas las metas que me he propuesto. María representa el primer amor de un hombre que aspira a retribuir al menos un porcentaje de todo lo que ella ha ofrecido con amor y sacrificio. Gracias a sus enseñanzas, este hombre sigue el camino correcto, haciendo lo correcto, tal y como Dios manda.

~ **Reni Uchuari**

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi profundo agradecimiento, en primer lugar, a Dios por bendecirme con la maravillosa familia que tengo, a quienes amo con todo mi corazón. Mis padres, María Robles y Jannio Uchuari, no solo me brindaron educación y sólidos valores desde mi infancia, sino que también me regalaron unos hermanos increíbles: Ana, David, María, Felicit, y Junior. Me esfuerzo cada día por ser un modelo a seguir para ellos.

Además, quiero agradecer a Carmen, mi segunda madre, y a mi tío Adriano, quien ha sido como un padre para mí en la universidad. Desde el primer día de mi carrera, han sido mi soporte incondicional. Sin su apoyo, no habría llegado hasta aquí; ellos fueron los primeros y últimos pasos de mi camino hacia la obtención del título como ingeniero civil.

También deseo expresar mi profunda gratitud a la familia Toledo Paladines por su apoyo incondicional durante mi vida universitaria. Su aliento y respaldo me han ayudado a no rendirme y a alcanzar mi meta de convertirme en un profesional.

Por último, quiero agradecer sinceramente a mi tutor de tesis, el ingeniero Jorge Cabrera, quien con su experiencia y paciencia me guió a lo largo de todo el proceso de titulación. Y a cada ser humano maravilloso que ha cruzado mi camino, les agradezco profundamente, ya que todos han sido parte de este hermoso y caótico viaje que nos ha llevado a ser quienes estamos destinados a ser.

~ **Reni Uchuari**

RESUMEN

El suelo representa el componente más importante de cualquier estructura, especialmente en el ámbito de la ingeniería civil. Por ende, el propósito de este proyecto de titulación radica en el análisis de la capacidad portante del suelo, con el fin de diseñar edificaciones de hasta 3 niveles, a diversas profundidades mediante sondeos, de acuerdo con las especificaciones de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC). Después de realizar los ensayos correspondientes se identificó que el valor de esfuerzo último alcanzó las 7,8 toneladas por metro cuadrado. Para determinar si el suelo puede resistir los esfuerzos generados por la edificación propuesta, se realizó la modelación de un edificio utilizando el software ETABS, lo que arrojó un peso de 522,565 toneladas. Con base en estos datos, se propuso un diseño de cimentación superficial que pueda soportar dicho peso, además de contemplar un plan de mejoramiento del terreno utilizando materiales pétreos provenientes de la provincia de El Oro, donde se emplazará la estructura. Conocer a fondo las características del suelo sienta las bases para una variedad de proyectos adicionales, como los relacionados con electricidad, saneamiento, infraestructura vial y más. Estos estudios son esenciales para encaminar un desarrollo seguro y sostenible en la sociedad.

Palabras clave: Suelos, capacidad portante, ensayo SPT, límites de Atterberg, cimentaciones superficiales, teoría de Terzaghi.

ABSTRACT

The soil represents the most important component of any structure, especially in the field of civil engineering. Therefore, the purpose of this graduation project lies in the analysis of the bearing capacity of the soil, in order to design buildings of up to 3 levels, at various depths through boreholes, in accordance with the specifications of the Ecuadorian Construction Standard (NEC). After conducting the corresponding tests, it was identified that the ultimate stress value reached 7.8 tons per square meter. To determine if the soil can withstand the stresses generated by the proposed building, a building model was created using the ETABS software, which yielded a weight of 522,565 tons. Based on this data, a design of shallow foundation was proposed to support said weight, in addition to considering a plan for land improvement using stone materials from the province of El Oro, where the structure will be located. Understanding the soil characteristics thoroughly lays the groundwork for a variety of additional projects, such as those related to electricity, sanitation, road infrastructure, and more. These studies are essential for guiding safe and sustainable development in society.

Keywords: Soils, bearing capacity, SPT test, Atterberg limits, shallow foundations, Terzaghi's theory.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	7
AGRADECIMIENTO.....	8
RESUMEN.....	9
ABSTRACT.....	10
TEMA DE INVESTIGACIÓN.....	23
INTRODUCCIÓN.....	23
➤ Importancia del tema.....	23
➤ Actualidad de la problemática.....	24
➤ Estructura del trabajo.....	24
1 CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	26
1.1 Línea base del proyecto.....	26
1.2 Descripción de la Situación problemática.....	33
1.3 Formulación del problema.....	33
1.4 Delimitación del objeto de estudio.....	34
1.5 Justificación.....	35
1.6 OBJETIVOS.....	36
1.6.1 Objetivo General.....	36
1.6.2 Objetivos Específicos.....	36
2 CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	37
2.1 Antecedentes Contextuales.....	37
2.1.1 Macro.....	37
2.1.2 Meso.....	38
2.1.3 Micro.....	39
2.2 Antecedentes conceptuales.....	40
2.2.1 Asentamientos informales.....	40
2.2.2 Vitalismo urbano.....	40

2.2.3	Planificación espacial	40
2.2.4	Ingeniería geotécnica.....	41
2.2.5	El suelo	41
2.2.6	Estratigrafía	41
2.2.7	Clasificación del suelo.....	41
2.2.8	Límites de Atterberg (o de consistencia).....	42
2.2.9	Humedad natural.....	43
2.2.10	Granulometría.....	44
2.2.11	Capacidad portante (capacidad de carga)	45
2.2.12	Cimentaciones superficiales	47
2.2.13	Rellenos	50
2.2.14	Sismos.....	51
2.3	Antecedentes Referenciales	52
3	CAPITULO III: Metodología.....	54
3.1	Modalidad de investigación	54
3.2	Objeto de estudio	54
3.3	Materiales y Métodos.....	54
3.3.1	Clasificación de las unidades de construcción	55
3.3.2	Número mínimo de sondeos	55
3.4	Ensayos a realizarse	56
3.4.1	Límite Líquido.....	56
3.4.2	Límite plástico	59
3.4.3	Contenido de humedad natural	61
3.4.4	Análisis granulométrico por lavado.....	64
3.4.5	Ensayo de compresión triaxial.....	66
3.5	Análisis estructural.....	69
3.6	Diseño zapata corrida.....	73

3.7	Capacidad de carga del suelo – Método de Terzaghi	79
4	CAPITULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADO	82
4.1	Parámetros del suelo	82
4.2	Tipo de suelo.....	82
4.2.1	Interpretación para profundidades de 1 metro	82
4.2.2	Interpretación para profundidades de 2 metros	84
4.2.3	Interpretación para profundidades de 3 metros	85
4.2.4	Interpretación para profundidades de 4 metros	87
4.2.5	Interpretación para profundidades de 5 metros	89
4.2.6	Interpretación para profundidades de 6 metros	91
4.2.7	Capacidad portante del suelo.....	93
4.3	Estratigrafía del terreno.....	95
4.4	Capacidad portante.....	99
	CONCLUSIONES.....	100
	RECOMENDACIONES	102
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	103
	ANEXOS	108
➤	Sondeo No. 1 Capacidad portante del suelo	108
➤	Sondeo No. 1 Granulometría y Límites de Atterberg.....	129
➤	Sondeo No. 2 Capacidad portante del suelo	135
➤	Sondeo No. 2 Granulometría y Límites de Atterberg.....	156
➤	Sondeo No. 3 Capacidad portante del suelo	162
➤	Sondeo No. 3 Granulometría y Límites de Atterberg.....	183
➤	Fotos de las prácticas realizadas	189

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Localización de vías con infraestructura de agua potable; Machala 2018.....	26
Ilustración 2. Localización de vías urbanas con infraestructura de alcantarillado o pozo; Machala 2018.	27
Ilustración 3. Cobertura de redes de energía eléctrica en la ciudad de Machala, año 2018. ..	28
Ilustración 4. Cobertura de la red de telefonía fija en Machala, año 2018.	29
Ilustración 5. Cobertura del servicio de recolección de basura en Machala, año 2018.	30
Ilustración 6. Cobertura del servicio de alumbrado público en Machala, año 2018.....	31
Ilustración 7. Cobertura del servicio de aseo de calles en Machala, año 2018.....	32
Ilustración 8. Árbol de Problemas.....	34
Ilustración 9. Formas y dimensiones de cimentaciones superficiales.....	48
Ilustración 10. Transferencia de cargas de columna al suelo en una cimentación superficial típica. a) Transferencia de cargas axiales; b) Transferencia de cargas laterales; c) Transferencia de momento y cargas axiales.	49
Ilustración 11. Forma de una cimentación superficial tipo losa de cimentación.	50
Ilustración 12. Plano arquitectónico tipo de la estructura de 3 pisos.	70
Ilustración 13. Diseño estructural de la edificación de 3 pisos	71
Ilustración 14. Espectro elástico de diseño para el cantón Machala	72
Ilustración 15. Diseño de zapata corrida del proyecto	79
Ilustración 16. Límites de Atterberg para estratos de 1 metro de profundidad.....	82
Ilustración 17. Contenido de humedad para estratos de 1 metro de profundidad.....	83
Ilustración 18. Granulometría para estratos de 1 metro de profundidad.....	83
Ilustración 19. Límites de Atterberg para estratos de 2 metros de profundidad	84
Ilustración 20. Contenido de humedad para estratos de 2 metros de profundidad	84
Ilustración 21. Granulometría para estratos de 2 metros de profundidad	85
Ilustración 22. Límites de Atterberg para estratos de 3 metros de profundidad	86
Ilustración 23. Contenido de humedad para estratos de 3 metros de profundidad	86
Ilustración 24. Granulometría para estratos de 3 metros de profundidad	87
Ilustración 25. Límites de Atterberg para estratos de 4 metros de profundidad	88
Ilustración 26. Contenido de humedad para estratos de 4 metros de profundidad	88
Ilustración 27. Granulometría para estratos de 4 metros de profundidad	89
Ilustración 28. Límites de Atterberg para estratos de 5 metros de profundidad	90
Ilustración 29. Contenido de humedad para estratos de 5 metros de profundidad	90

Ilustración 30. Granulometría para estratos de 5 metros de profundidad	91
Ilustración 31. Límites de Atterberg para estratos de 6 metros de profundidad	92
Ilustración 32. Contenido de humedad para estratos de 6 metros de profundidad	92
Ilustración 33. Granulometría para estratos de 6 metros de profundidad	93
Ilustración 34. Capacidad portante para estratos de 2 metros de profundidad	94
Ilustración 35. Capacidad portante para estratos de 3 metros de profundidad	94
Ilustración 36. Capacidad portante para estratos de 4 metros de profundidad	95
Ilustración 37. Capacidad portante para estratos de 6 metros de profundidad	95
Ilustración 38. Estratigrafía del sondeo No.1 para una profundidad de 6 metros.....	96
Ilustración 39. Estratigrafía del sondeo No.2 para una profundidad de 6 metros.....	97
Ilustración 40. Estratigrafía del sondeo No.3 para una profundidad de 6 metros.....	98
Ilustración 41. Entrada al sitio del proyecto: Barrio Servidores Universitarios	189
Ilustración 42. Ensayo de penetración estándar (SPT)	189
Ilustración 43. Nivel freático del suelo	189
Ilustración 44. Muestras del suelo obtenido mediante ensayo SPT.....	189
Ilustración 45. Tamizado de las muestras para realización de granulometría por lavado.....	190
Ilustración 46. Lavado del material para determinar su clasificación por medio de norma USCS	190
Ilustración 47. Muestras de los ensayos realizados para determinar los límites de Atterberg	190
Ilustración 48. Ensayo para determinar esfuerzos de compresión	190
Ilustración 49. Colocación de muestras del suelo en el horno	191
Ilustración 50. Preparación de muestra de suelo para determinar su humedad natural	191
Ilustración 51. Recolección de muestras del suelo mediante maquinaria pesada	191
Ilustración 52. Medición del nivel freático del suelo mediante orificio al aire libre	191

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Longitud de vías por tipo de cobertura de agua potable, en valores absolutos y relativos según AUT consideradas, Año 2018.	26
Tabla 2. Longitud de vías con cobertura de alcantarillado, en valores absolutos y relativos según AUT consideradas, Año 2018.	27
Tabla 3. Longitud de vías con infraestructura de energía eléctrica en valores absolutos y relativos según AUT consideradas, Año 2018.	28
Tabla 4. Longitud de vías con infraestructura telefónica, en valores absolutos y relativos según AUT consideradas, Año 2018.	29
Tabla 5. Longitud de vías cubiertas por el servicio de recolección de basura en valores absolutos y relativos, según AUT consideradas, Año 2018.	30
Tabla 6. Longitud de vías que cuentan con cobertura del servicio de alumbrado público, en valores absolutos y relativos, según AUT consideradas, Año 2018.....	31
Tabla 7. Longitud de vías con cobertura de aseo público, en valores absolutos y relativos, según AUT consideradas, Año 2018.	32
Tabla 8. Serie de tamices para análisis granulométrico.....	44
Tabla 9. Clasificación de las unidades de construcción	55
Tabla 10. Número mínimo de sondeos y profundidad por cada unidad de construcción.....	56
Tabla 11. Límites líquidos obtenidos en el sondeo No.1 hasta 6m de profundidad.....	58
Tabla 12. Límites líquidos obtenidos en el sondeo No.2 hasta 6m de profundidad.....	58
Tabla 13. Límites líquidos obtenidos en el sondeo No.3 hasta 6m de profundidad.....	59
Tabla 14. Límites plásticos e índices de plasticidad obtenidos en el sondeo No.1 hasta 6m de profundidad.....	60
Tabla 15. Límites plásticos e índices de plasticidad obtenidos en el sondeo No.2 hasta 6m de profundidad.....	61
Tabla 16. Límites plásticos e índices de plasticidad obtenidos en el sondeo No.3 hasta 6m de profundidad.....	61
Tabla 17. Porcentaje de humedad natural del suelo obtenidos en el sondeo No.1 hasta 6m de profundidad.....	62
Tabla 18. Porcentaje de humedad natural del suelo obtenidos en el sondeo No.2 hasta 6m de profundidad.....	63
Tabla 19. Porcentaje de humedad natural del suelo obtenidos en el sondeo No.3 hasta 6m de profundidad.....	63

Tabla 20. Porcentaje de grava, arena y finos del suelo obtenidos en el sondeo No.1 hasta 6m de profundidad.....	65
Tabla 21. Porcentaje de grava, arena y finos del suelo obtenidos en el sondeo No.2 hasta 6m de profundidad.....	65
Tabla 22. Porcentaje de grava, arena y finos del suelo obtenidos en el sondeo No.3 hasta 6m de profundidad.....	66
Tabla 23. Capacidad portante en diferentes estratos hasta una profundidad de 6 metros en el sondeo No.1	68
Tabla 24. Capacidad portante en diferentes estratos hasta una profundidad de 6 metros en el sondeo No.2	68
Tabla 25. Capacidad portante en diferentes estratos hasta una profundidad de 6 metros en el sondeo No.3	69
Tabla 26. Resumen de cargas gravitacionales presentes en la estructura (vivas y muertas)	73
Tabla 27. Resumen del peso total de la estructura.....	73
Tabla 28. Características del material de la provincia de El Oro	80
Tabla 29. Datos de suelo de la cantera Calichana para método de capacidad de carga de Terzaghi.	81
Tabla 30. Valores de presión efectiva N_c , N_q y N_g del método de Terzaghi.	81
Tabla 31. Datos para ensayo de capacidad portante del suelo en el sondeo No.1	108
Tabla 32. Cálculo del esfuerzo total, esfuerzo de la presión de poros, esfuerzo efectivo y ángulo de falla del sondeo No.1	109
Tabla 33. Contenido de humedad de la muestra para ensayo de capacidad portante del sondeo No.1	110
Tabla 34. Cálculo de las áreas y carga de la muestra No.1 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.1	111
Tabla 35. Cálculo de la deformación unitario de la muestra No.1 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.1	112
Tabla 36. Cálculo del área corregida de la muestra No.1 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.1	113
Tabla 37. Cálculo del esfuerzo de la muestra No.1 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.1	114
Tabla 38. Cálculo del esfuerzo normal de la muestra No.1 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.1	115

Tabla 39. Cálculo del radio del círculo de Mohr de la muestra No.1 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.1	115
Tabla 40. Resumen del ensayo de capacidad portante de la muestra No.1 del sondeo No.1 ..	116
Tabla 41. Cálculo de las áreas y carga de la muestra No.2 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.1	117
Tabla 42. Cálculo de la deformación unitario de la muestra No.2 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.1	118
Tabla 43. Cálculo del área corregida de la muestra No.2 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.1	119
Tabla 44. Cálculo del esfuerzo de la muestra No.2 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.1	120
Tabla 45. Cálculo del esfuerzo normal de la muestra No.2 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.1	120
Tabla 46. Cálculo del radio del círculo de Mohr de la muestra No.2 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.1	121
Tabla 47. Resumen del ensayo de capacidad portante de la muestra No.2 del sondeo No.1 ..	122
Tabla 48. Cálculo de las áreas y carga de la muestra No.3 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.1	123
Tabla 49. Cálculo de la deformación unitario de la muestra No.3 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.1	124
Tabla 50. Cálculo del área corregida de la muestra No.3 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.1	125
Tabla 51. Cálculo del esfuerzo de la muestra No.3 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.1	126
Tabla 52. Cálculo del esfuerzo normal de la muestra No.3 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.1	126
Tabla 53. Cálculo del radio del círculo de Mohr de la muestra No.3 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.1	127
Tabla 54. Resumen del ensayo de capacidad portante de la muestra No.3 del sondeo No.1 ..	128
Tabla 55. Cálculo de los límites de Atterberg y clasificación USCS del sondeo No.1 a una profundidad de 1 metro.....	129
Tabla 56. Cálculo de los límites de Atterberg y clasificación USCS del sondeo No.1 a una profundidad de 2 metros	130

Tabla 57. Cálculo de los límites de Atterberg y clasificación USCS del sondeo No.1 a una profundidad de 3 metros	131
Tabla 58. Cálculo de los límites de Atterberg y clasificación USCS del sondeo No.1 a una profundidad de 4 metros	132
Tabla 59. Cálculo de los límites de Atterberg y clasificación USCS del sondeo No.1 a una profundidad de 5 metros	133
Tabla 60. Cálculo de los límites de Atterberg y clasificación USCS del sondeo No.1 a una profundidad de 6 metros	134
Tabla 61. Datos para ensayo de capacidad portante del suelo en el sondeo No.2.....	135
Tabla 62. Cálculo del esfuerzo total, esfuerzo de la presión de poros, esfuerzo efectivo y ángulo de falla del sondeo No.2	136
Tabla 63. Contenido de humedad de la muestra para ensayo de capacidad portante del sondeo No.2	137
Tabla 64. Cálculo de las áreas y carga de la muestra No.1 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.2.....	138
Tabla 65. Cálculo de la deformación unitario de la muestra No.1 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.2.....	139
Tabla 66. Cálculo del área corregida de la muestra No.1 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.2.....	140
Tabla 67. Cálculo del esfuerzo de la muestra No.1 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.2	141
Tabla 68. Cálculo del esfuerzo normal de la muestra No.1 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.2.....	142
Tabla 69. Cálculo del radio del círculo de Mohr de la muestra No.1 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.1	142
Tabla 70. Resumen del ensayo de capacidad portante de la muestra No.1 del sondeo No.2 ..	143
Tabla 71. Cálculo de las áreas y carga de la muestra No.2 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.2.....	144
Tabla 72. Cálculo de la deformación unitario de la muestra No.2 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.2.....	145
Tabla 73. Cálculo del área corregida de la muestra No.2 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.2.....	146
Tabla 74. Cálculo del esfuerzo de la muestra No.2 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.1	147

Tabla 75. Cálculo del esfuerzo normal de la muestra No.2 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.2	148
Tabla 76. Cálculo del radio del círculo de Mohr de la muestra No.2 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.2	148
Tabla 77. Resumen del ensayo de capacidad portante de la muestra No.2 del sondeo No.2 ..	149
Tabla 78. Cálculo de las áreas y carga de la muestra No.3 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.2	150
Tabla 79. Cálculo de la deformación unitario de la muestra No.3 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.2	151
Tabla 80. Cálculo del área corregida de la muestra No.3 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.2	152
Tabla 81. Cálculo del esfuerzo de la muestra No.3 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.2	153
Tabla 82. Cálculo del esfuerzo normal de la muestra No.3 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.2	153
Tabla 83. Cálculo del radio del círculo de Mohr de la muestra No.3 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.2	154
Tabla 84. Resumen del ensayo de capacidad portante de la muestra No.3 del sondeo No.2 .	155
Tabla 85. Cálculo de los límites de Atterberg y clasificación USCS del sondeo No.2 a una profundidad de 1 metro.....	156
Tabla 86. Cálculo de los límites de Atterberg y clasificación USCS del sondeo No.2 a una profundidad de 2 metros	157
Tabla 87. Cálculo de los límites de Atterberg y clasificación USCS del sondeo No.2 a una profundidad de 3 metros	158
Tabla 88. Cálculo de los límites de Atterberg y clasificación USCS del sondeo No.2 a una profundidad de 4 metros	159
Tabla 89. Cálculo de los límites de Atterberg y clasificación USCS del sondeo No.2 a una profundidad de 5 metros	160
Tabla 90. Cálculo de los límites de Atterberg y clasificación USCS del sondeo No.2 a una profundidad de 6 metros	161
Tabla 91. Datos para ensayo de capacidad portante del suelo en el sondeo No.3	162
Tabla 92. Cálculo del esfuerzo total, esfuerzo de la presión de poros, esfuerzo efectivo y ángulo de falla del sondeo No.3	163

Tabla 93. Contenido de humedad de la muestra para ensayo de capacidad portante del sondeo No.3	164
Tabla 94. Cálculo de las áreas y carga de la muestra No.1 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.3	165
Tabla 95. Cálculo de la deformación unitario de la muestra No.1 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.3	166
Tabla 96. Cálculo del área corregida de la muestra No.1 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.3	167
Tabla 97. Cálculo del esfuerzo de la muestra No.1 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.3	168
Tabla 98. Cálculo del esfuerzo normal de la muestra No.1 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.3	169
Tabla 99. Cálculo del radio del círculo de Mohr de la muestra No.1 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.1	169
Tabla 100. Resumen del ensayo de capacidad portante de la muestra No.1 del sondeo No.3	170
Tabla 101. Cálculo de las áreas y carga de la muestra No.2 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.3	171
Tabla 102. Cálculo de la deformación unitario de la muestra No.2 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.3	172
Tabla 103. Cálculo del área corregida de la muestra No.2 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.3	173
Tabla 104. Cálculo del esfuerzo de la muestra No.2 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.3	174
Tabla 105. Cálculo del esfuerzo normal de la muestra No.2 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.3	175
Tabla 106. Cálculo del radio del círculo de Mohr de la muestra No.2 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.3	175
Tabla 107. Resumen del ensayo de capacidad portante de la muestra No.2 del sondeo No.3	176
Tabla 108. Cálculo de las áreas y carga de la muestra No.3 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.3	177
Tabla 109. Cálculo de la deformación unitario de la muestra No.3 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.3	178
Tabla 110. Cálculo del área corregida de la muestra No.3 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.3	179

Tabla 111. Cálculo del esfuerzo de la muestra No.3 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.3	180
Tabla 112. Cálculo del esfuerzo normal de la muestra No.3 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.3	180
Tabla 113. Cálculo del radio del círculo de Mohr de la muestra No.3 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.3	181
Tabla 114. Resumen del ensayo de capacidad portante de la muestra No.3 del sondeo No.3	182
Tabla 115. Cálculo de los límites de Atterberg y clasificación USCS del sondeo No.3 a una profundidad de 1 metro.....	183
Tabla 116. Cálculo de los límites de Atterberg y clasificación USCS del sondeo No.3 a una profundidad de 2 metros	184
Tabla 117. Cálculo de los límites de Atterberg y clasificación USCS del sondeo No.3 a una profundidad de 3 metros	185
Tabla 118. Cálculo de los límites de Atterberg y clasificación USCS del sondeo No.3 a una profundidad de 4 metros	186
Tabla 119. Cálculo de los límites de Atterberg y clasificación USCS del sondeo No.3 a una profundidad de 5 metros	187
Tabla 120. Cálculo de los límites de Atterberg y clasificación USCS del sondeo No.3 a una profundidad de 6 metros	188

TEMA DE INVESTIGACIÓN

ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO PARA EDIFICACIONES DE HASTA 3 PISOS EN EL BARRIO SERVIDORES UNIVERSITARIOS DEL CANTÓN MACHALA

INTRODUCCIÓN

➤ Importancia del tema

Los suelos de Machala son suelos con una clasificación litológica correspondiente a arcillas marinas de estuario, del periodo cuaternario (altamente saturados), pues la ciudad está localizada en la costa sur oeste del país donde predominan los suelos arcillosos-limosos. Este tipo de suelo es un gran desafío de ingeniería geotécnica de cimentaciones por un alto factor de riesgo asociado a la licuefacción, que es la pérdida de resistencia al cortante (Gashi & Shkodrani, 2015).

En formaciones complejas y débiles, como suelos arcillosos, el estudio de la capacidad portante se vuelve aún más significativo debido al comportamiento impredecible de estos materiales (Scarpelli et al., 2022). Esta baja resistencia al corte influye directamente sobre las estructuras civiles construidas sin una previa evaluación geotécnica haciéndolas inseguras para la habitabilidad humana y sumado a que el Ecuador tiene una alta actividad sísmica, por su ubicación dentro del cinturón de fuego del Pacífico, los suelos arcillosos, aunque con menor potencial de licuefacción que los arenosos siguen, siendo grandes amplificadores de ondas por lo que se son motivo de gran preocupación sísmica (Gashi & Shkodrani, 2015) (Abdelrahman et al., 2020). Los suelos blandos amplifican las ondas sísmicas y facilitan asentamientos nocivos en la cimentación, que pueden afectar la estructura y facilitar el daño en caso de sismo (Vasco, 2016).

Un claro ejemplo de amplificación por licuefacción y que ocurrió recientemente es el terremoto de Pohang de 2017, en Corea del Sur, el cual tuvo una magnitud de 5.4 (el segundo terremoto más fuerte registrado en las últimas décadas), resultando numerosas edificaciones dañados y un sinnúmero de lesiones humanas. Esto debido a que la magnitud mínima para que un sismo pueda desencadenar la licuefacción en suelos aptos para cimentaciones de edificaciones es de $5M_L$. Es importante destacar que la licuefacción se intensificó debido a que la región afectada por el terremoto estaba compuesta por suelos sedimentarios de origen cuaternario, que incluyen estratos aluviales, características que son compartidas con los suelos en el cantón Machala (Kim, 2023).

Cuando se conoce la capacidad portante de un suelo, los ingenieros pueden ajustar el diseño de la cimentación y la estructura para que sean adecuados a las condiciones específicas del terreno. Esto trae soluciones más eficientes, tanto constructivas como económicas, permitiendo elegir con más eficacia los materiales a usarse, planificar un mejor uso y definir las técnicas constructivas adecuadas para el proyecto garantizando la seguridad, estabilidad y durabilidad de las construcciones civiles. Por el contrario, si no se conociera la capacidad portante de los suelos, podrían ocurrir asentamientos excesivos a medida que se vaya cargando las estructuras aumentando exponencialmente la probabilidad de sufrir pérdidas por retraso de obra, colapso y litigios.

➤ **Actualidad de la problemática**

En la actualidad, los estudios geotécnicos han adquirido una importancia sustancial en la región, motivados por los recientes eventos sísmicos que han provocado daños con repercusiones directas partiendo desde la mala configuración de elementos estructurales, estrategias de refuerzo sísmico, selección de materiales de construcción, elección de tipos de cimentaciones, control de calidad y mantenimiento óptimo. Es crucial destacar que, en el contexto de Machala, una región caracterizada por niveles freáticos elevados, se ha intensificado la relevancia de lo previamente mencionado debido a las importantes pérdidas monetarias registradas. Esto ha llevado a las autoridades a revisar y reformular los procesos constructivos vigentes en el país. En este contexto, un primer paso es llevar a cabo una evaluación geotécnica exhaustiva, dado que los suelos representan el cimiento fundamental sobre el cual se erige cualquier estructura civil (Franco Guillermo et al., 2016).

➤ **Estructura del trabajo**

El desarrollo de este trabajo de titulación se efectuó con base a un desarrollo capitular.

En el capítulo I se describen los principales problemas y la situación actual de la parroquia urbana El Cambio, como zona de estudio, y la importancia de revitalizar el uso del suelo mediante una buena gestión por parte del GAD Cantonal de Machala.

El capítulo II se enfoca en proporcionar información contextual clave relacionada con la gestión del suelo y su influencia en la calidad de vida humana desde la habitabilidad. En este capítulo, se desglosan y explican los conceptos fundamentales vinculados al análisis del suelo, especialmente en lo que respecta a los peligros y riesgos sísmicos del área estudiada. Además, se desglosan todos los ensayos que se van a realizar para poder definir las características físicas

y mecánicas del suelo a parte del ensayo de esfuerzo triaxial con el cual se determinará la capacidad portante del suelo.

En el Capítulo III se presenta un diseño arquitectónico y estructural que utiliza el software ETABS para determinar el esfuerzo máximo generado por la edificación en una de sus columnas hacia el suelo. Este análisis es fundamental para seleccionar adecuadamente el tipo de cimentación que pueda soportar dicho esfuerzo, utilizando el método de carga última de Terzaghi. Además, se utiliza la NEC para representar de forma precisa la morfología del terreno y transferirla al software ETABS, con el objetivo de obtener valores más precisos que reflejen la realidad, considerando la importancia y el tipo de cargas presentes en la estructura propuesta.

En el Capítulo IV, se llevará a cabo un exhaustivo análisis de todos los resultados de los ensayos realizados, comparándolos con los obtenidos a través del software ETABS. Este análisis determinará si el suelo posee la capacidad inherente para resistir los esfuerzos generados por la edificación por sí solo, o si es necesario implementar mejoras en el terreno.

1 CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Línea base del proyecto

A continuación, se subrayan los aspectos que necesitan de una mayor implicación en el desarrollo de la parroquia para que se traduzca en un progreso tangible.

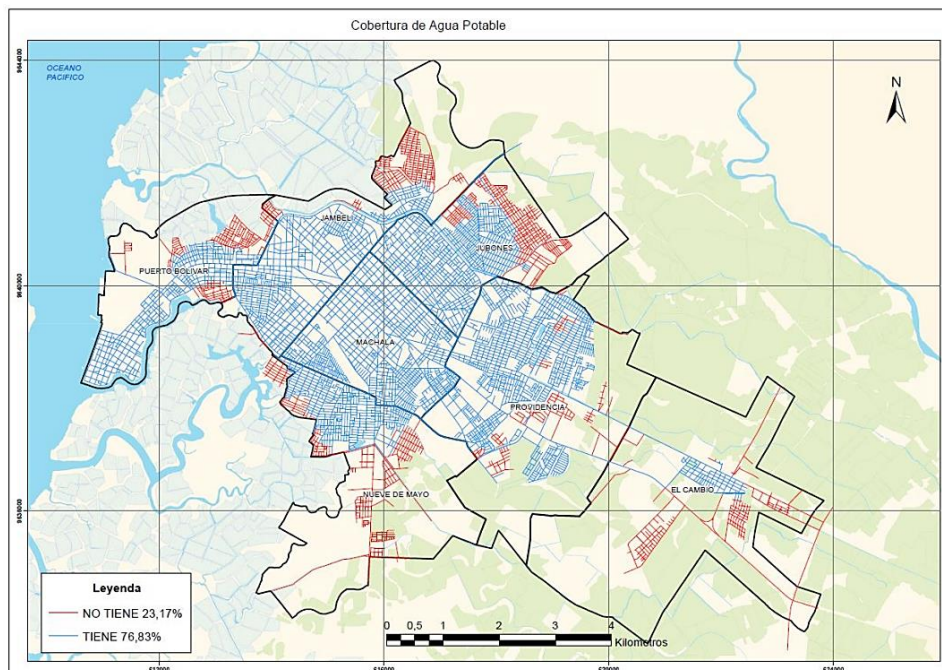
La provisión de agua potable de la parroquia es la más baja, apenas cubriendo el 33,76 % (ver Tabla 1) en base a las vías urbanas de Machala (ver Ilustración 1). En contraste con las demás parroquias, la que está por encima de esta es la parroquia Nueve de Mayo con el 60,69 %.

Tabla 1. Longitud de vías por tipo de cobertura de agua potable, en valores absolutos y relativos según AUT consideradas, Año 2018.

Unidades de Análisis Territorial	Cobertura Agua Potable				
	Longitud Total de vías	Cobertura (m)		Porcentaje	
		Con Cobertura (m)	Sin Cobertura (m)	Con Cobertura	Sin Cobertura
Puerto Bolívar	76.621,88	55.013,83	21.608,05	71,80%	28,20%
Jambelí	123.329,84	94.561,31	28.768,53	76,67%	23,33%
Jubones	127.220,62	93.511,96	33.708,66	73,50%	26,50%
Machala	111.079,45	111.079,45		100,00%	0,00%
Nueve de Mayo	89.016,21	54.022,85	34.993,37	60,69%	39,31%
La Providencia	152.469,20	133.220,20	19.249,00	87,38%	12,62%
El Cambio	44.496,74	15.021,20	29.475,54	33,76%	66,24%
Total	724.233,95	556.430,80	167.803,15	76,83%	23,17%

Fuente: E. Catastro Predial Urbano de Machala.

Ilustración 1. Localización de vías con infraestructura de agua potable; Machala 2018.



Fuente: E. Catastro Predial Urbano de Machala.

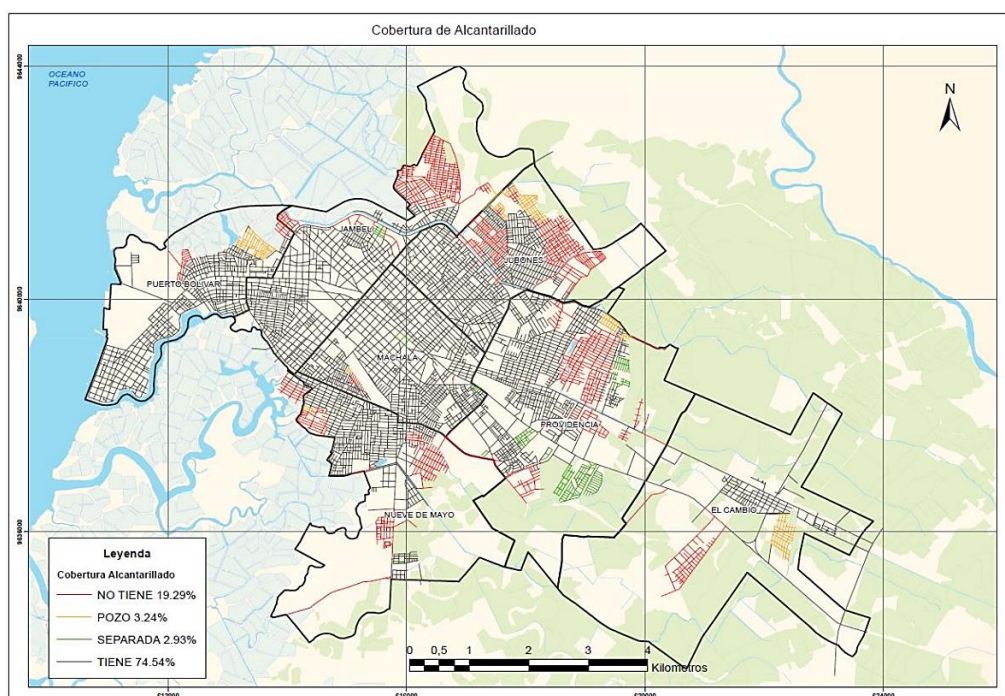
El servicio de alcantarillado en la parroquia El Cambio que, tiene como referente la longitud de vías que cuentan con la infraestructura pertinente (ver Ilustración 2), tiene un porcentaje de cobertura del 63,33% y aunque las demás parroquias (ver Tabla 2) tienen números parecidos hay que destacar algo. Y es que la parroquia El Cambio cuenta con uno de los porcentajes más altos de pozos sépticos, superando en un 50% a la parroquia que le antecede lo que en el contexto urbano es inaceptable. Se destaca que la longitud de vías con infraestructura de alcantarillado es mayor que la de vías con servicio de agua potable, lo cual no es generalmente posible.

Tabla 2. Longitud de vías con cobertura de alcantarillado, en valores absolutos y relativos según AUT consideradas, Año 2018.

Unidades de Análisis Territorial	Longitud Total de vías	Cobertura Alcantarillado							
		Cobertura (m)				Porcentaje			
		Con Cobertura (m)	Sin Cobertura (m)	Pozo(m)	Separada (m)	Con Cobertura	Sin Cobertura	Pozo	Separada
Puerto Bolívar	76.621,88	67.111,01	3.927,15	5.583,72	0	87,59%	5,13%	7,29%	0%
Jambelí	123.329,84	88.345,07	32.781,85	721,11	1.481,81	71,63%	26,58%	0,58%	1%
Jubones	127.220,62	87.542,35	33.251,34	6.426,94	0	68,81%	26,14%	5,05%	0%
Machala	111.079,45	108.434,39	913,88	384,15	1.347,03	97,62%	0,82%	0,35%	1%
Nueve de Mayo	89.016,21	65.595,19	22.659,28	761,75	0	73,69%	25,46%	0,86%	0%
La Providencia	152.469,20	94.663,60	36.211,79	3.216,06	18.377,75	62,09%	23,75%	2,11%	12%
El Cambio	44.496,74	28.178,47	9.939,65	6.378,62	0	63,33%	22,34%	14,34%	0%
Total	724.233,95	539.870,08	139.684,94	23.472,34	21.206,58	74,54%	19,29%	3,24%	2,93%

Fuente: E. Catastro Predial Urbano de Machala.

Ilustración 2. Localización de vías urbanas con infraestructura de alcantarillado o pozo; Machala 2018.



Fuente: E. Catastro Predial Urbano de Machala.

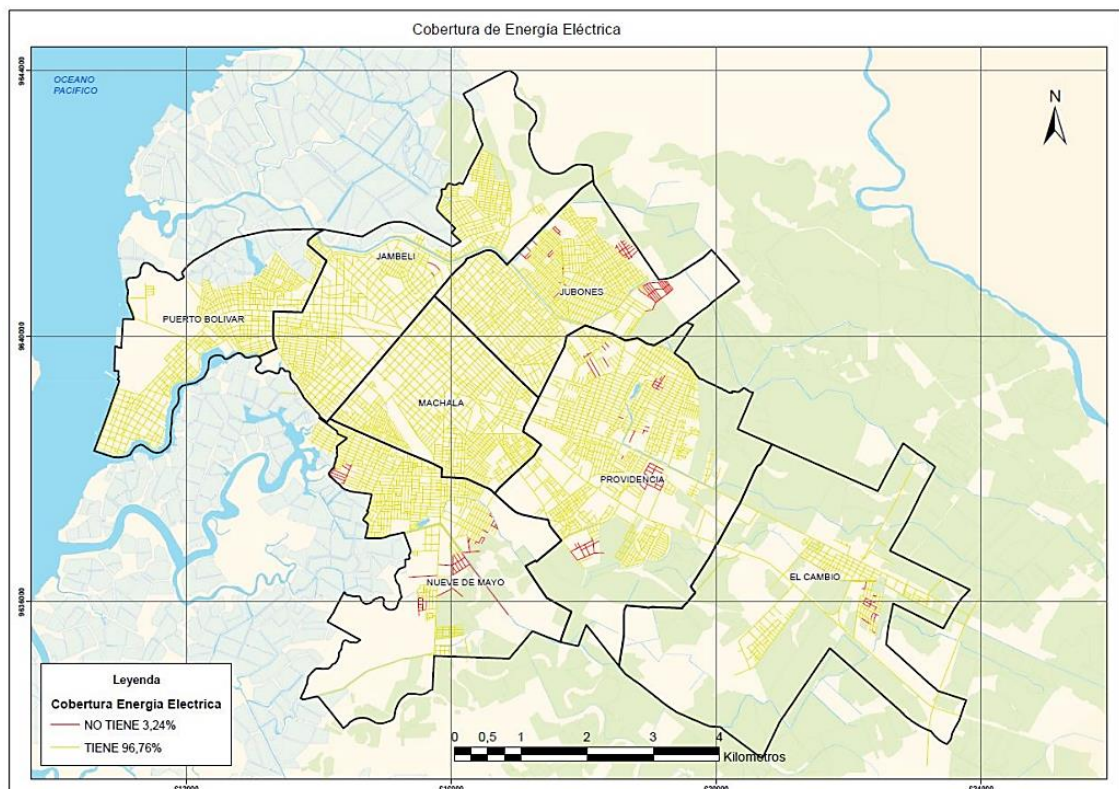
Al igual que los servicios anteriores, la Ilustración 3 muestra el servicio de energía eléctrica que se presenta relacionada con la longitud de vías que tienen la estructura pertinente. La longitud de vías, tal y como vemos en la Tabla 3, con este servicio equivale al 97.76% de total urbano y la parroquia El Cambio sigue estando en último lugar de cobertura para servicio de energía eléctrica.

Tabla 3. Longitud de vías con infraestructura de energía eléctrica en valores absolutos y relativos según AUT consideradas, Año 2018.

Unidades de Análisis Territorial	Cobertura Energía Eléctrica				
	Longitud Total de vías	Cobertura (m)		Porcentaje	
		Con Cobertura (m)	Sin Cobertura (m)	Con Cobertura	Sin Cobertura
Puerto Bolívar	76.621,88	76.621,88	-	100,00%	0,00%
Jambelí	123.329,84	123.020,38	309,45	99,75%	0,25%
Jubones	127.220,62	120.291,55	6.929,08	94,55%	5,45%
Machala	111.079,45	111.079,45	-	100,00%	0,00%
Nueve de Mayo	89.016,21	81.328,62	7.687,59	91,36%	8,64%
La Providencia	152.469,20	145.376,03	7.093,18	95,35%	4,65%
El Cambio	44.496,74	43.076,86	1.419,88	96,81%	3,19%
Total	724.233,95	700.794,77	23.439,18	96,76%	3,24%

Fuente: E. Catastro Predial Urbano de Machala.

Ilustración 3. Cobertura de redes de energía eléctrica en la ciudad de Machala, año 2018.



Fuente: E. Catastro Predial Urbano de Machala.

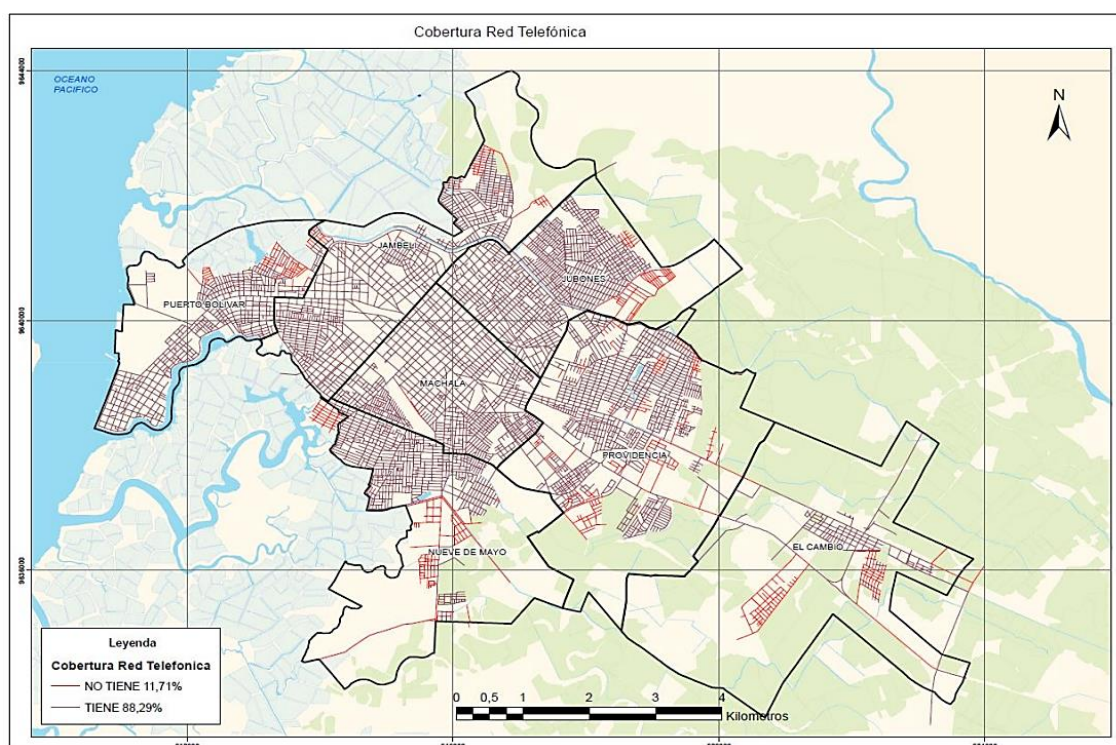
La cobertura del servicio de telefonía en la parroquia alcanza el 61,34% (ver Tabla 4) en relación a la longitud de sus vías urbanas (ver Ilustración 4). Sin embargo, es importante señalar que esta cifra no necesariamente refleja que todos los predios estén efectivamente conectados al servicio, dado que la telefonía móvil se ha convertido en el medio de comunicación predominante. Por lo tanto, aunque el servicio de telefonía fija pueda tener un papel menos prominente, sigue siendo un indicador relevante para evaluar la calidad de vida de la población.

Tabla 4. Longitud de vías con infraestructura telefónica, en valores absolutos y relativos según AUT consideradas, Año 2018.

Unidades de Análisis Territorial	Cobertura Red Telefonica				
	Longitud Total de vías	Cobertura (m)		Porcentaje	
		Con Cobertura (m)	Sin Cobertura (m)	Con Cobertura	Sin Cobertura
Puerto Bolívar	76.621,88	68.986,89	7.635,00	90,04%	9,96%
Jambelí	123.329,84	116.103,20	7.226,64	94,14%	5,86%
Jubones	127.220,62	116.647,58	10.573,04	91,69%	8,31%
Machala	111.079,45	110.481,70	597,76	99,46%	0,54%
Nueve de Mayo	89.016,21	71.698,64	17.317,57	80,55%	19,45%
La Providencia	152.469,20	128.227,53	24.241,68	84,10%	15,90%
El Cambio	44.496,74	27.296,33	17.200,40	61,34%	38,66%
Total	724.233,95	639.441,87	84.792,08	88,29%	11,71%

Fuente: E. Catastro Predial Urbano de Machala.

Ilustración 4. Cobertura de la red de telefonía fija en Machala, año 2018.



Fuente: E. Catastro Predial Urbano de Machala.

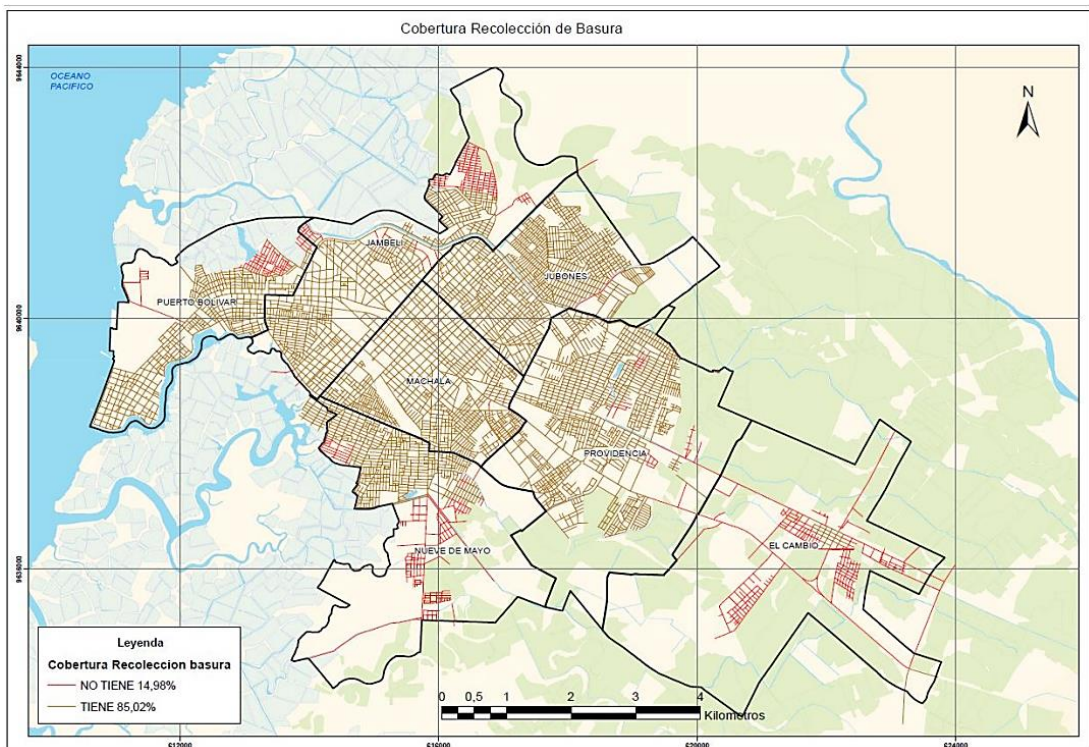
Uno de los servicios de vital importancia para mejorar la calidad de vida es la recolección de basura. En el cantón, la cobertura de este servicio abarca más del 85% de las vías urbanas tal y como se muestra en la Tabla 5. Sin embargo, es relevante señalar que esta cobertura representa solo el 10,11% del total de vías urbanas de El Cambio. Para poner esto en contexto, el resto de las parroquias urbanas del cantón tienen un promedio de cobertura del 88,31%, lo que destaca aún más la necesidad de mejorar la cobertura de la recolección de basura de la región.

Tabla 5. Longitud de vías cubiertas por el servicio de recolección de basura en valores absolutos y relativos, según AUT consideradas, Año 2018.

Unidades de Análisis Territorial	Cobertura Recolección de Basura				
	Longitud Total de vías	Cobertura (m)		Porcentaje	
		Con Cobertura (m)	Sin Cobertura (m)	Con Cobertura	Sin Cobertura
Puerto Bolívar	76.621,88	65.339,45	11.282,43	85,28%	14,72%
Jambelí	123.329,84	102.670,22	20.659,62	83,25%	16,75%
Jubones	127.220,62	126.203,09	1.017,54	99,20%	0,80%
Machala	111.079,45	110.901,61	177,85	99,84%	0,16%
Nueve de Mayo	89.016,21	61.369,90	27.646,32	68,94%	31,06%
La Providencia	152.469,20	144.735,43	7.733,77	94,93%	5,07%
El Cambio	44.496,74	4.497,74	39.999,00	10,11%	89,89%
Total	724.233,95	615.717,43	108.516,52	85,02%	14,98%

Fuente: E. Catastro Predial Urbano de Machala.

Ilustración 5. Cobertura del servicio de recolección de basura en Machala, año 2018.



Fuente: E. Catastro Predial Urbano de Machala.

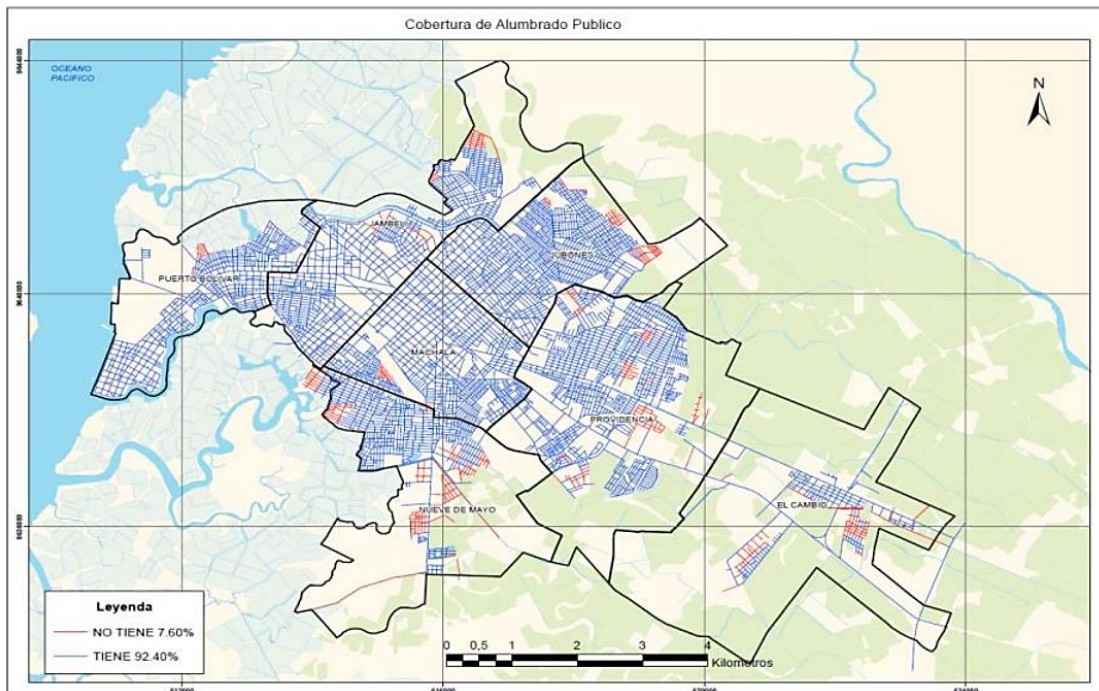
El servicio de alumbrado público en la parroquia urbana El cambio tiene un 77,94% de cobertura de las vías urbanas (ver Ilustración 6) como se muestra en la Tabla 6. Siendo también la parroquia urbana del cantón con el porcentaje más bajo junto con la parroquia Nueve de Mayo que tiene un 79,95% de vías de infraestructura cubiertas.

Tabla 6. Longitud de vías que cuentan con cobertura del servicio de alumbrado público, en valores absolutos y relativos, según AUT consideradas, Año 2018.

Unidades de Análisis Territorial	Cobertura Alumbrado Público				
	Longitud Total de vías	Cobertura (m)		Porcentaje	
		Con Cobertura (m)	Sin Cobertura (m)	Con Cobertura	Sin Cobertura
Puerto Bolívar	76.621,87	75.143,42	1.478,45	98,07%	1,93%
Jambelí	123.329,83	117.213,19	6.116,64	95,04%	4,96%
Jubones	127.220,62	121.342,55	5.878,08	95,38%	4,62%
Machala	111.079,45	109.383,96	1.695,49	98,47%	1,53%
Nueve de Mayo	89.016,21	71.171,15	17.845,06	79,95%	20,05%
La Providencia	152.469,20	140.246,19	12.223,01	91,98%	8,02%
El Cambio	44.496,74	34.680,84	9.815,90	77,94%	22,06%
Total	724.233,93	669.181,30	55.052,63	92,40%	7,60%

Fuente: E. Catastro Predial Urbano de Machala.

Ilustración 6. Cobertura del servicio de alumbrado público en Machala, año 2018.



Fuente: E. Catastro Predial Urbano de Machala.

El índice de cobertura del servicio de aseo de calles de El Cambio es del 61,98, siendo el penúltimo porcentaje más bajo de la ciudad (ver Tabla 7). Cabe mencionar que, se desconoce la

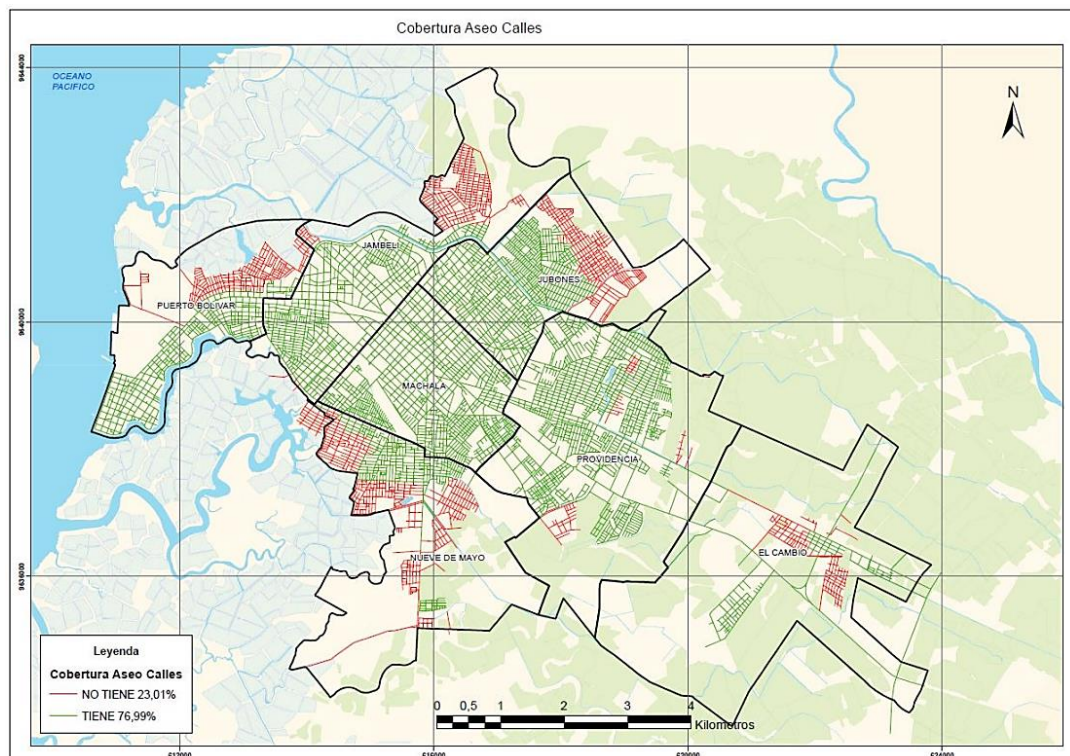
longitud de vías cuya carpeta de rodadura – tierra, lastre o similar – existen en la ciudad, lo que impide esa prestación (el mapa de cobertura para aseo de calles sólo muestra las vías con pavimento rígido o flexible) (ver Ilustración 7). Tampoco se conoce si dentro de estas longitudes se involucran los espacios públicos como plazas, parques, plataformas.

Tabla 7. Longitud de vías con cobertura de aseo público, en valores absolutos y relativos, según AUT consideradas, Año 2018.

Unidades de Análisis Territorial	Cobertura Aseo Calles				
	Longitud Total de vías	Cobertura (m)		Porcentaje	
		Con Cobertura (m)	Sin Cobertura (m)	Con Cobertura	Sin Cobertura
Puerto Bolívar	76.621,88	49.889,13	26.732,76	65,11%	34,89%
Jambelí	123.329,84	91.157,45	32.172,39	73,91%	26,09%
Jubones	127.220,62	96.211,61	31.009,01	75,63%	24,37%
Machala	111.079,45	111.078,41	1,04	100,00%	0,00%
Nueve de Mayo	89.016,21	37.625,23	51.390,98	42,27%	57,73%
La Providencia	152.469,20	144.021,31	8.447,89	94,46%	5,54%
El Cambio	44.496,74	27.578,28	16.918,46	61,98%	38,02%
Total	724.233,95	557.561,41	166.672,53	76,99%	23,01%

Fuente: E. Catastro Predial Urbano de Machala.

Ilustración 7. Cobertura del servicio de aseo de calles en Machala, año 2018.



Fuente: E. Catastro Predial Urbano de Machala.

1.2 Descripción de la Situación problemática

En la ciudad de Machala, la litología predominante se caracteriza por arcillas marinas de estuario, que datan del período cuaternario. Según el estudio de Iriondo M. (2005), esta litología en el territorio cantonal da origen a suelos frágiles, pero con una fertilidad significativa.

Debido a las características mencionadas previamente, se plantea la realización de un estudio geotécnico con el objetivo de analizar la capacidad de carga del suelo. Este estudio busca compensar la falta de información sobre el suelo mediante la extracción de datos basados en ensayos de suelos según las normas AASHTO (The American Association of State Highway and Transportation Officials), ASTM (American Society for Testing and Materials) Y NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción), proporcionando así información muy crucial para además comprender la influencia de la actividad sísmica en la región específica del proyecto. Finalmente, esta información contribuirá a futuros proyectos, evitando posibles catástrofes como las ocurridas el 18 de marzo de 2023 debido a la carencia de regulaciones específicas para la construcción. Estas regulaciones deben basarse en las características físicas y mecánicas necesarias para distintos tipos de cimientos, las cuales solo pueden obtenerse a través de un estudio geotécnico.

Como consecuencia, la evaluación adecuada de los cimientos existentes también se ve dificultada debido a la falta de documentación que garantice la conformidad de las cimentaciones con las características mencionadas.

1.3 Formulación del problema

La falta de una caracterización adecuada de los suelos en las parroquias urbanas de cualquier cantón se atribuye a su estrecha relación con la economía local. Es evidente que los gobiernos municipales a menudo no priorizan la inversión en estudios geotécnicos en áreas que no ofrecen retornos económicos inmediatos. Sin embargo, en las últimas décadas, la Parroquia urbana El Cambio ha experimentado un aumento significativo en su influencia y contribución económica a la ciudad de Machala, lo que la ha convertido en uno de los cinco polos urbanos más importantes del cantón.

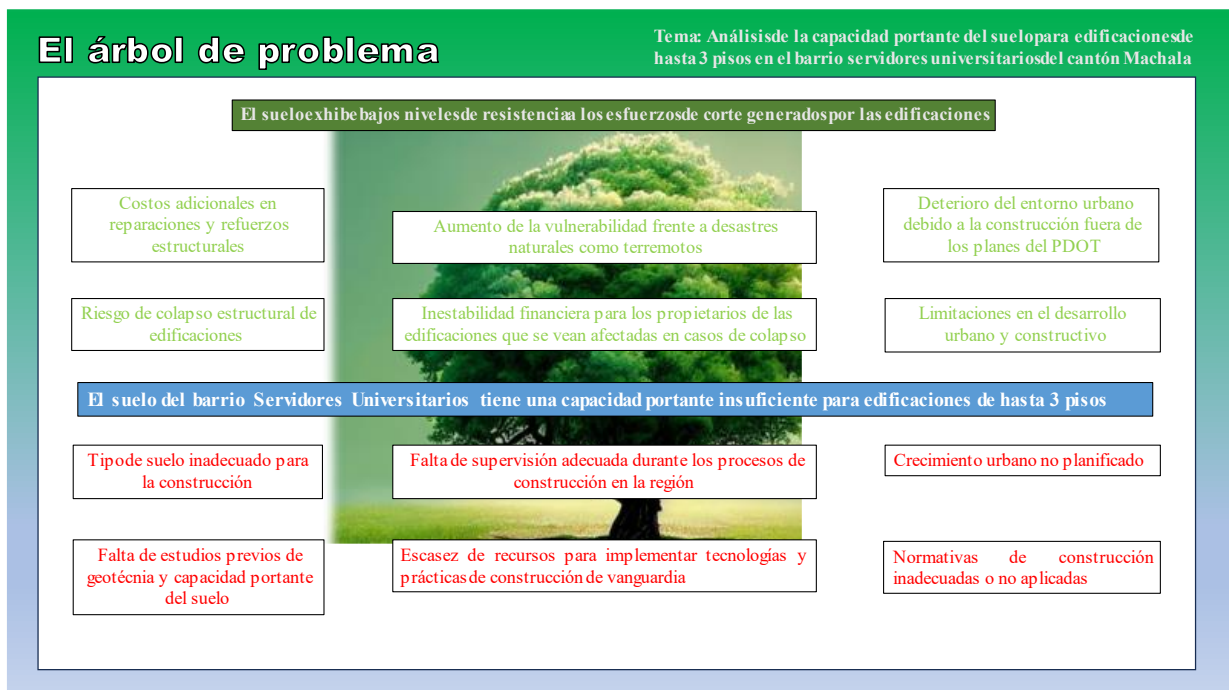
No obstante, su relevancia en el interés del Gobierno Autónomo Descentralizado de Machala y su potencial para impulsar el desarrollo urbano solo se manifestaron con la construcción de complejos educativos universitarios y, más recientemente, con la puesta en marcha del terminal de transporte terrestre el 18 de julio de 2018. A pesar del aumento en la población y el impulso a proyectos urbanísticos en la parroquia, esto no se refleja adecuadamente en la planificación

territorial, como lo demuestran el Plan de Uso y Gestión de Suelos (PUGS) y las Unidades de Análisis Territorial (UAT) de la parroquia.

Revisando el problema central se generan varios requerimientos complementarios

- ¿Cuáles son los estudios necesarios para evaluar la capacidad portante del suelo para asentamiento de edificaciones de hasta 3 pisos según las Normas NEC en parroquias urbanas?
- ¿Qué métodos existen para evaluar la capacidad portante del suelo en pro de soluciones habitacionales según las Normas NEC en parroquias urbanas?
- ¿Cómo se puede suplir la carencia de los servicios básicos en asentamientos de edificaciones en las parroquias urbanas?
- ¿Cómo puede planificarse y gestionarse el uso del suelo de manera eficiente y sostenible para reducir las disparidades en las parroquias urbanas y promover un desarrollo territorial equitativo?

Ilustración 8. Árbol de Problemas



Fuente: Elaboración propia

1.4 Delimitación del objeto de estudio

El proyecto se desarrollará en el barrio Servidores Universitarios ubicado en la parroquia urbana El Cambio perteneciente al cantón Machala. En este contexto, se llevará a cabo una evaluación exhaustiva de la capacidad portante del suelo en este sitio en particular. La capacidad portante

del suelo no solo revela el nivel de esfuerzo máximo que puede soportar antes de experimentar un fallo, sino que también proporciona información esencial para tomar decisiones clave en el diseño, como la elección de la cimentación adecuada, la determinación del número de pisos de la edificación y la selección del sistema constructivo más apropiado, todo ello teniendo en cuenta las características específicas del terreno.

La propuesta se enfoca en viviendas de hasta tres pisos, las cuales se dividen en dos tipos de estructuras predominantes en el medio: hormigón armado y estructuras metálicas. Dado que estos métodos constructivos son los más comunes y ampliamente utilizados, se llevará a cabo un estudio detallado para determinar cuál de ellos se adapta mejor al terreno evaluado según su capacidad portante.

1.5 Justificación

Después de un análisis exhaustivo de las Unidades de Análisis Territorial (UAT), se han identificado de manera más precisa los desafíos que enfrentan los residentes de la parroquia urbana El Cambio en el cantón Machala. Estos desafíos están directamente relacionados con la escasez de estudios de suelos. Y aunque se mencionó previamente que los estudios geotécnicos y la caracterización de suelos a menudo se relacionan con la inversión económica, la parroquia El Cambio, a pesar de estar entre los cinco polos urbanos más importantes, no refleja adecuadamente esta importancia en sus Unidades de Análisis Territorial (UAT).

Estos desafíos se manifiestan claramente en el barrio Servidores Universitarios, donde la falta de estudios geotécnicos dificulta la evaluación precisa de las características mecánicas del suelo, impidiendo así la selección adecuada de cimentaciones para cada vivienda. Además, se evidencia una ineficacia en los estudios topográficos; una visita al área del proyecto revela un desnivel de aproximadamente un metro de un extremo del barrio al otro, lo que causa inundaciones en ciertas zonas durante las lluvias, obligando a los residentes a invertir en maquinaria de relleno. Sin embargo, el material utilizado para el relleno no suele ser el adecuado, lo que resulta en asentamientos diferenciales una vez que se construyen edificaciones sobre él. Además, se han observado niveles de inseguridad más elevados como resultado de la presencia de edificaciones abandonadas que colapsaron debido a la actividad sísmica registrada en el 2023. Este fenómeno se ve exacerbado por un desequilibrio territorial que conduce a un aumento desproporcionado de la población, afectando así la economía regional debido a la migración hacia áreas no planificadas en el Plan de Uso y Gestión de Suelos (PUGS).

De los anteriormente descrito se deduce la ausencia de asentamientos sostenibles y, sumado al caos social provocado por la migración de habitantes de países vecinos debido a la situación actual en América Latina, crea un panorama complejo no sólo en el barrio de realización del proyecto, sino que también a nivel nacional.

Este proyecto técnico reviste una gran importancia, ya que brinda una comprensión profunda de la situación en la mayoría de los barrios de las parroquias urbanas del cantón Machala, especialmente aquellas que comparten desafíos similares. También, permite llevar a cabo un análisis detallado de las propiedades del suelo existentes en la parroquia urbana El Cambio, con el objetivo de proponer soluciones habitacionales. Además, este trabajo constituye un paso esencial hacia la obtención mi título como ingeniero civil.

1.6 OBJETIVOS

1.6.1 Objetivo General

Evaluar, a través de un estudio geotécnico, la capacidad portante del suelo para asentamientos de edificaciones de hasta 3 pisos en el barrio Servidores Universitarios del Cantón Machala.

1.6.2 Objetivos Específicos

- Identificar los métodos para la evaluación de la capacidad portante del suelo, mediante una investigación bibliográfica, con el fin de proporcionar información integral que contribuya a la planificación y desarrollo de cimentaciones eficientes, asegurando la creación de espacios habitaciones dignos a los habitantes del barrio Servidores Universitarios de la parroquia urbana El Cambio.
- Realizar un estudio geotécnico detallado en el barrio Servidores Universitarios de la parroquia urbana El Cambio, con el propósito de evaluar de manera exhaustiva las condiciones físicas y mecánicas del suelo, proporcionando información precisa para el desarrollo de estrategias de cimentación superficiales eficientes y seguras en futuras construcciones de 1, 2 y 3 pisos en la zona.
- Proponer una alternativa de cimentación superficial eficiente, basada en una evaluación exhaustiva de la capacidad portante del suelo, con el objetivo de garantizar un soporte adecuado para edificaciones de 3 pisos, maximizando la estabilidad y minimizando los riesgos geotécnicos asociados en el barrio Servidores Universitarios.

2 CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes Contextuales

A continuación, se analizarán varios proyectos a nivel internacional y nacional los cuales se relacionan con nuestro caso de estudio, ya que poseen condiciones similares y nos dan otra perspectiva de posibles soluciones a la problemática.

2.1.1 Macro

Según (Razo Carrasco & Domínguez, 2020) en su artículo denominado “Evaluación integral de la seguridad estructural de edificaciones existentes dañadas por sismos de gran magnitud” que tiene por objetivo desarrollar una metodología exhaustiva para evaluar la seguridad estructural de edificaciones de concreto armado ya existentes que han sido impactadas por sismos de gran intensidad. Además, se incluyen recomendaciones destinadas a supervisar el deterioro de la rigidez lateral y la integridad estructural, mediante la observación de parámetros que caracterizan el comportamiento dinámico de la estructura. Este artículo resalta la crucial importancia de llevar a cabo una inspección detallada del terreno y de la base de la edificación, ya que cualquier cambio en las propiedades del suelo o daños en la cimentación pueden también comprometer la seguridad estructural del edificio.

(Brenes, 2008) En su tesis "Evaluación del Potencial de Licuefacción en Suelos" expone una evaluación de la susceptibilidad de los suelos a la licuefacción mediante la aplicación de dos métodos de evaluación distintos: el método Seed e Idriss y el método Ambraseys. El propósito principal de esta investigación es proporcionar un rango de comparación entre estos métodos. El artículo subraya que el fenómeno de la licuefacción del suelo durante los terremotos ha sido objeto de un extenso análisis debido a sus consecuencias devastadoras y a la necesidad imperante de desarrollar estrategias de mitigación. Por último, se concluye que la comprensión completa de las condiciones que llevan a la rápida pérdida de resistencia en suelos sin cohesión y su susceptibilidad a la licuefacción es un desafío de gran complejidad, lo que destaca la necesidad de futuras investigaciones más profundas en este campo.

En el artículo publicado por (Dhakai et al., 2020) con nombre “Geotechnical characterization and liquefaction evaluation of gravelly reclamations and hydraulic fills (Port of Wellington, New Zealand)” que tiene como objetivo analizar la precisión de los métodos simplificados actuales para evaluar la licuefacción cuando se aplican a las recuperaciones de grava y grano fino de CentrePort. En donde con la ayuda de 47 pruebas de penetración por cono y la medición de perfiles de velocidad de onda de corte , más 74 datos de CPTs y 33 barrenas con muestras del

suelo (recuperado) se pudo realizar una investigación más amplia de la incidencia de los sismos en terrenos recuperados con manifestación de licuefacción. El artículo destaca la necesidad de hacer exámenes más exhaustivos y precisos de los métodos simplificados que actualmente se están usando para evaluar la licuefacción cuando se aplican a las condiciones específicas de las recuperaciones de grava y grano fino.

(Wolff et al., 2023) en su artículo titulado “Nature-based solutions in informal settlements: A systematic review of projects in Southeast Asian and Pacific countries” nos menciona una solución que ha ganado fuerza en el sudeste asiático el cual es denominado como “Las soluciones basadas en la naturaleza (Nbs)” y cuyo principal objetivo es examinar proyectos anteriores de Nbs en asentamientos informales e identificar los diferentes tipos de Nbs utilizados para abordar los desafíos sociales, ecológicos y culturales en estos asentamientos. En general, el artículo busca contribuir a la comprensión de los Nbs en los asentamientos informales y su potencial para abordar los desafíos actuales de la parte sur de Asia y Pacífico. Los resultados son los esperados, los Nbs desempeñan un papel muy importante en el apoyo los servicios ecosistémicos y proporcionan múltiples beneficios colaterales en los asentamientos informales.

2.1.2 Meso

(Bernal, 2020) presentó una tesis denominada “Análisis del uso del espacio público desde la habitabilidad y dinámicas urbanas contemporáneas: el caso de colonia Mitras centro en la ciudad de Monterrey” el cual tiene como objetivo principal abordar, analizar y comprender el concepto de calidad de vida urbana y su estrecha relación con la habitabilidad de los espacios urbanos enfocándose en la separación entre propiedad privada y pública. También se aborda la creación de espacios públicos no planificados como factor para evaluar la calidad ambiental, bienestar e identidad social. A su vez se explora la relación de estas dimensiones y el espacio urbano, considerando factores como la accesibilidad peatonal, la provisión de bienes y servicios, y la capacidad de los residentes para formar parte del entorno y hacerlo parte de su vida cotidiana. Dicha tesis concluye que la habitabilidad es un factor crucial para el desarrollo de la calidad de vida en los espacios urbanos. Hace énfasis que las encuestas realizadas muestran que los residentes ponen suma importancia en su nivel de satisfacción con el entorno, su percepción del sitio como lugar seguro, saludable y estéticamente agradable.

(Moreno Olmos, 2008) Presentó un artículo científico denominado “La habitabilidad urbana como condición de calidad de vida” cuyo objetivo principal es establecer una comprensión del concepto de habitabilidad urbana como un elemento esencial que influye en la mejora de la

calidad de vida en los entornos urbanos. Se destaca de su artículo que la habitabilidad no es nada más lejano que la estrecha relación de las condiciones de la vivienda y la satisfacción de las necesidades básicas. El artículo concluye que sin habitabilidad no puede haber calidad de vida y eso significa cumplir con normas acústicas, térmicas, sanitarias, geotécnicas y de eficiencia energética.

(Zinck, 2005) En su artículo denominado “Suelos, información y sociedad” que tiene como objetivo examinar la relación entre la segregación espacial y las políticas en América Latina desde el enfoque de la información edáfica para integrarla a temas de actualidad. Logra destacar un tema de interés para la presente tesis y es el de la planificación física para asentamientos humanos en donde se necesita de información edáfica cuyo fin parte desde la agricultura hasta obras de ingeniería civil con el fin de crear una sociedad desarrollada apoyándose en las múltiples áreas de tratamiento de datos de suelos. Dicho apartado concluye con que es muy difícil planificar la ocupación de los suelos pues es una actividad ligada y controlada por el mercado de época. Mientras que el artículo concluye que la segregación espacial en América Latina tiene consecuencias negativas en las condiciones socioeconómicas de las personas de bajos ingresos. Dando como resultado la creación de áreas en la periferia de las ciudades que son estigmatizadas y pobladas principalmente por personas en situaciones similares en términos económicos y sociales, lo que a su vez puede perpetuar la desigualdad y los problemas en estas áreas.

2.1.3 Micro

(Vasco, 2016) En su tesis para la obtención el grado de magister “Sismo resistencia en edificios de hormigón y acero para zonas de alta peligrosidad sísmica en el Ecuador” el cual tiene como objetivo estudiar la resistencia sísmica de edificios de concreto y acero a través del diseño y análisis del comportamiento estructural en el rango no lineal de dos estructuras de acero y una estructura de concreto. Dando como resultados que el espectro de diseño de la NEC para zonas de alta peligrosidad sísmica tiene techos más altos de aceleración espectral por los factores de amplificación del suelo, lo que finalmente incide en la demanda estructural y que el análisis por desempeño es una alternativa muy práctica para encontrar la respuesta de una estructura ante las diferentes acciones sísmicas, además es una gran herramienta de análisis no lineal la cual permite explorar el comportamiento en el rango inelástico de las estructuras, llevándolas a desarrollar su máxima capacidad.

2.2 Antecedentes conceptuales

Dado que el énfasis central de este proyecto de titulación recae en el análisis de la capacidad portante del suelo a través de un estudio geotécnico, junto con todo lo pertinente al adecuado uso y gestión del suelo, a continuación, se explorarán las definiciones y conceptos vinculados directa e indirectamente con el tema en cuestión.

2.2.1 Asentamientos informales

La informalidad en los asentamientos es impulsada por fuerzas institucionales y políticas, culturales y económicas. Vivir en grupos grandes y asegurar el futuro de las generaciones son una fuerza cultural que contribuye al crecimiento no planificado

La falta de características socioeconómicas y culturales en los nuevos asentamientos muchas veces no logra motivar a los habitantes a establecerse allí, lo que resulta en viviendas no planificadas dentro y alrededor de los asentamientos urbanos existentes. La ley tiene lagunas que dan tiempo a los invasores para terminar de construir antes de que concluya el proceso jurisdiccional, y los cuerpos policíacos tienen derecho a no aplicar órdenes por razones de seguridad (Abdelkader et al., 2022).

Los asentamientos informales están desconectados de los sistemas y políticas formales de las ciudades, lo que lleva a la falta de acceso a los servicios y oportunidades económicas. Sin embargo, también pueden ser sitios de resistencia y cambio social, donde los residentes emplean estrategias para resistir los intentos de desalojo, reivindicar su derecho a la vivienda y desarrollar su propia experiencia en la formulación de políticas (Zapata Campos et al., 2022).

2.2.2 Vitalismo urbano

El vitalismo urbano ve a las ciudades como lugares dinámicos y transformadores, con un enfoque en el proceso continuo de cambio y el papel de las personas y otros seres vivos en la conformación de los entornos urbanos (Nederhand et al., 2023).

Las configuraciones de uso del suelo caracterizadas por el uso mixto y la compacidad pueden contribuir positivamente a los esfuerzos de sustentabilidad en los ámbitos económico, ambiental y social (O'Driscoll et al., 2023).

2.2.3 Planificación espacial

La planificación espacial juega un papel crucial en la gestión de la expansión urbana y la conservación de la naturaleza en áreas periurbanas de países en desarrollo rodeadas de puntos críticos de biodiversidad. Las políticas futuras para la gestión del uso del suelo deben abordar

la creciente demanda de servicios básicos y vivienda y permitir el desarrollo urbano dentro de las áreas centrales urbanas (Daunt et al., 2021).

2.2.4 Ingeniería geotécnica

La ingeniería geotécnica juega un papel crucial en el desarrollo sustentable al garantizar la estabilidad y durabilidad de los proyectos de infraestructura. El uso de modelos constitutivos en ingeniería geotécnica ayuda a abordar diversos desafíos relacionados con la sostenibilidad (Onyelowe et al., 2023).

2.2.5 El suelo

El suelo juega un papel crucial en la ingeniería geotécnica, ya que sirve como base para las estructuras y afecta su estabilidad y rendimiento. Los ingenieros geotécnicos analizan las propiedades del suelo, como su composición, resistencia y permeabilidad, para evaluar su idoneidad para proyectos de construcción. (Rahman et al., 2022).

2.2.6 Estratigrafía

La estratigrafía es una rama esencial de la geología que se enfoca en el estudio y descripción de las capas o estratos de roca y sedimento que conforman la corteza terrestre. Su objetivo primordial es la interpretación de estos estratos, permitiendo clasificarlos en función de su edad y proporcionando una comprensión profunda de la historia geológica de una región o área geográfica específica (Tarawneh, 2017). La estratigrafía del suelo y sus propiedades geotécnicas son factores importantes a tener en cuenta cuando se quiera evaluar la respuesta sísmica de las estructuras ya que la respuesta sísmica de una estructura puede estar influenciada por la sismicidad del sitio y las características de sus estratos (Fiamingo et al., 2023).

La estratigrafía es una herramienta valiosa para evaluar la susceptibilidad de un suelo a la licuefacción, aunque no es el único factor a considerar. Cuando se identifican propiedades granulares, como la presencia de arenas o gravas en la estratigrafía, es probable que el suelo contenga una cantidad significativa de agua. La licuefacción ocurre cuando este suelo saturado se comporta como un líquido durante un terremoto, lo que puede resultar en deformaciones del terreno y daños graves en las estructuras circundantes (Kim, 2023).

2.2.7 Clasificación del suelo

En la presente era, se destacan dos metodologías predominantes para la clasificación del suelo: la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) y el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). Estas metodologías proporcionan un marco estructurado para la categorización del suelo, permitiendo una comprensión detallada de sus

propiedades físicas y mecánicas. La aplicabilidad de estas metodologías radica en la capacidad de llevar a cabo ensayos granulométricos y determinaciones de los límites de Atterberg. (Guerrero & Cruz Velasco, 2018)

2.2.7.1 Arena

La arena es aquel material granular cuyos componentes son partículas de roca y minerales finos. Al ser un material sedimentario se encuentra principalmente en playas, desiertos y orillas de ríos. Su tamaño oscila entre 0,0625 mm y 2 mm de diámetro (Castelli et al., 2022).

2.2.7.2 Arcilla

La arcilla se configura como un tipo de suelo compuesto por partículas sumamente finas, siendo comúnmente hallada en depósitos sedimentarios como resultado del proceso de desgaste y erosión de las rocas a lo largo de extensos períodos temporales. Los suelos arcillosos exhiben microestructuras distintivas que pueden ser objeto de análisis mediante microscopía electrónica de barrido. Aunque carecen de un diámetro específico debido a la naturaleza extremadamente fina de sus partículas, se observa que oscila entre 0,002 mm y 0,05 mm (Sergeyev et al., 1980).

2.2.7.3 Limos

Los limos o suelos limosos se originan a través de procesos prolongados de erosión de las rocas y se distinguen por la presencia de partículas poco cohesivas que confieren una textura suelta, baja resistencia, mala gradación y una notable acción capilar. Dada su fina composición, superior a la de las arenas y arcillas, el diámetro de estas partículas no excede los 0,002 mm de diámetro (Lu et al., 2021).

2.2.8 Límites de Atterberg (o de consistencia)

Este ensayo, concebido por Albert Mauritz Atterberg para caracterizar las propiedades líquidas y plásticas de los suelos finos, inicialmente consistía en seis límites: Límite Líquido (LL), Límite Plástico (LP), Límites de Contracción (LC), Límite Superior de flujo viscoso, Límite Pegajoso y el Límite de Cohesión. Sin embargo, en la ingeniería contemporánea, se hace referencia únicamente a tres de estos límites: Límite Líquido (LL), Límite Plástico (LP) y Límites de Contracción (LC) (Botía, 2015).

2.2.8.1 Límite Líquido (LL)

El límite líquido se define como el contenido de humedad, expresado en porcentaje, de un suelo en el punto límite arbitrario entre los estados semilíquido y plástico. Este parámetro proporciona una medida crucial de la plasticidad de un suelo y se determina a través de ensayos específicos, como el realizado con la copa de Casagrande (AASHTO T 89-02, 2002).

Para el cálculo del límite líquido se debe aplicar la siguiente fórmula:

$$LL = w^n \left(\frac{N}{25}\right)^{0.121}$$

Dónde:

N = Número de golpes

w^n = Contenido de humedad del suelo, para N golpes

2.2.8.2 Límite Plástico (LP)

El límite plástico al igual que el límite líquido, se define como el contenido de humedad del suelo el cual se expresa en porcentaje, con la única diferencia que este está entre un punto arbitrario entre el estado plástico y semisólido (AASHTO T 89-02, 2002) (NTE INEN 692, 1982). En el laboratorio, tras completar las actividades de campo, el ensayo implica determinar el instante en el que las muestras de suelo, enrolladas en forma de cilindros de 3 mm de diámetro, comienzan a exhibir fisuras. (Botía, 2015).

El límite plástico se calcula de la siguiente manera:

$$LP = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso de la muestra seca}} * 100$$

Y en caso de querer calcular el valor del índice de plasticidad, lo que se debe hacer es encontrar la diferencia de entre el límite líquido y el límite plástico, tal y como se muestra a continuación:

$$IP = LL - LP$$

Dónde:

IP = Índice de plasticidad

LL = Límite líquido

LP = Límite de plasticidad

2.2.9 Humedad natural

El contenido de agua en un material se refiere a la proporción de agua presente, expresada como un porcentaje de la masa del material sólido. En términos más simples, se trata del agua libre que reside en los poros del material y no está químicamente ligada a él. La determinación de este contenido se realiza mediante un cálculo que implica llevar el material a una temperatura estándar de $110 \pm 5^\circ\text{C}$ (ASTM D-2216 98, 1998).

Este procedimiento ampliamente empleado para calcular el contenido de humedad de un suelo, llevado a cabo en entornos de laboratorio, se determina mediante la siguiente ecuación:

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

Dónde:

W_w = Peso del agua existente en la masa del suelo

W_s = Peso de las partículas sólidas

W = Contenido de humedad expresado en porcentaje

2.2.10 Granulometría

Un análisis granulométrico consiste en la separación o clasificación de las partículas del suelo en diferentes rangos de tamaño los cuales se obtienen gracias al uso de mallas o tamices (AASHTO D-422 63, 2007). A nivel global, se utiliza el tamiz o malla No. 200 (0,075 mm) (ver Tabla 8) como una referencia estándar para la división entre suelos finos y gruesos. Este análisis posibilita la clasificación de los suelos conforme a las normativas de la AASHTO y el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

Tabla 8. Serie de tamices para análisis granulométrico

Tamiz	Diámetro (mm)	Tamiz	Diámetro (mm)
3"	76,20	10	2,0
2 1/2 "	63,50	20	0,840
2"	50,80	40	0,420
1 1/2"	38,10	50	0,297
1"	25,40	60	0,250
3/4"	19,05	70	0,210
1/2"	12,70	80	0,180
3/8"	9,53	100	0,149
No. 4	4,750	200	0,075

Fuente: (Botía, 2015)

La fórmula para determinar este ensayo es la siguiente:

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso retenido en el tamíz}}{\text{Peso de la muestra seca}} * 100\%$$

2.2.11 Capacidad portante (capacidad de carga)

La capacidad portante o capacidad de carga se refiere a la carga máxima que una cimentación o suelo puede soportar sin experimentar fallas. El enfoque propuesto por Brinch-Hansen, considerando las formulaciones ofrecidas por Fredlund y Vanapalli, puede ser utilizado para estimar la capacidad portante de suelos insaturados (García et al., 2017).

El comportamiento de los suelos insaturados difiere del saturado, con la capacidad de carga en suelos insaturados aumentando de 2 a 4 veces en comparación con la condición saturada, debido a una disminución en el grado de saturación (García et al., 2017).

Los problemas geotécnicos a menudo requieren la consideración de la insaturación, ya que muchas formaciones geológicas en el mundo consisten principalmente en suelos insaturados (García et al., 2017).

La capacidad portante de cimentaciones poco profundas en suelos insaturados se puede estimar utilizando enfoques originalmente presentados por Terzaghi y Meyerhof, con modificaciones para explicar la insaturación. La capacidad de estos suelos está significativamente influenciada por los valores de succión, que representan el grado de saturación del agua en el suelo (García et al., 2017).

2.2.11.1 Compresión triaxial

Este método de prueba se enfoca en determinar las fuerzas y las relaciones esfuerzo-deformación de una muestra de suelo con forma cilíndrica sin alterar. Los datos generados por este método son fundamentales para la caracterización de las propiedades de fuerza no drenada y las relaciones esfuerzo-deformación de suelos. Además, proporciona una medida de los esfuerzos totales aplicados a la muestra, sin corrección para la presión de agua en los poros (AASHTO D-2850, 2007).

Las muestras utilizadas en este ensayo son cilindros con diámetros mínimos de 3.3 cm (1.3 pulgadas). La relación entre la altura y el diámetro de las muestras estará comprendida entre 2 y 2.5. Además, el tamaño de la partícula más grande en las muestras será menor que un sexto (1/6) del diámetro del espécimen. Estas especificaciones garantizan condiciones adecuadas para la realización del ensayo y la obtención de datos confiables sobre el comportamiento del suelo bajo carga compresiva (AASHTO D-2850, 2007).

Las fórmulas para determinar este ensayo son las siguientes:

$$H_m = \text{Altura media}$$

$$A_m = \frac{\text{Area superior} + (4 * \text{Area central}) + \text{Area inferior}}{6}$$

$$\text{Carga} = \text{Lectura del dial} * \text{constante del anillo}$$

$$\text{Deformación unitaria } (\varepsilon) = \frac{\text{Deformación}}{H_m}$$

$$\text{Area corregida } (A_c) = \frac{A_m}{1 - \varepsilon}$$

$$\text{Esfuerzo } (G) = \frac{\text{Carga}}{A_c}$$

2.2.11.1.1 Cohesión

La cohesión, según la observación de Coulomb, representa una propiedad distintiva de ciertos materiales geotécnicos que va más allá de la fricción inherente entre partículas. Al descubrir que algunos materiales no eran necesariamente friccionantes y que su resistencia a la cortante no era nula en ausencia de esfuerzos externos, Coulomb introdujo el término "cohesión" para describir esta peculiaridad en la resistencia del suelo (Olmedo, 2020).

En el ámbito de la geotecnia, la cohesión se define como la capacidad de las partículas de un suelo para permanecer unidas debido a fuerzas internas. De manera figurativa, puede considerarse como el "pegamento" que asegura la cohesión entre las partículas, proporcionando al terreno una combinación de dureza y tenacidad.

2.2.11.1.2 Ángulo de fricción interna

En su obra "Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones ", Braja M. Das detalla la realización de pruebas de laboratorio destinadas a determinar el ángulo de fricción en arena seca, modificando la posición de la carga normal. A partir de estas pruebas, Das concluye que existe una relación directa entre el ángulo de fricción y el deslizamiento relativo, indicando que un ángulo mayor está asociado a un aumento en el coeficiente de rozamiento y, por ende, a un incremento en el potencial de deslizamiento (Das, 1983).

2.2.11.2 Prueba de penetración estándar (SPT)

Para determinar la capacidad portante de un suelo existen varios métodos y uno de los más comunes es el denominado "Prueba de Penetración Estándar (SPT)" el cual consiste en realizar

una prueba in situ que determina mediante exploración las propiedades del suelo y su clasificación. Es una prueba ampliamente utilizada en el análisis y diseño geotécnico ya que proporciona resistencias de penetración las mismas que se utilizan para caracterizar subsuelos (Tarawneh, 2017).

2.2.11.3 Prueba de penetración por Cono (CPT)

En los últimos años, ha surgido otro método que ha ido ganando reconocimiento, conocido como la "Prueba de Penetración de Cono (CPT)". Al igual que el SPT, este ensayo se realiza en el sitio de interés. La prueba CPT implica la inserción de un penetrómetro en forma de cono en el suelo con el propósito de medir la resistencia y proporcionar información valiosa sobre la estratigrafía del suelo, así como sobre sus propiedades y parámetros geotécnicos (Tarawneh, 2017).

2.2.12 Cimentaciones superficiales

Las cimentaciones juegan un papel crucial en la ingeniería geotécnica, ya que brindan soporte a las estructuras mediante la transferencia de cargas al suelo subyacente (García et al., 2017).

2.2.12.1 Zapatas extendidas

La mayoría de los edificios de uno o dos pisos utilizan zapatas extendidas, y si las condiciones del terreno son favorablemente buenas o se mejoran, incluso estructuras mucho más grandes pueden apoyarse en este tipo de cimentación por lo que se convierten en uno de los tipos de cimentaciones superficiales más usados en la industria de la construcción (Coduto et al., 2018).

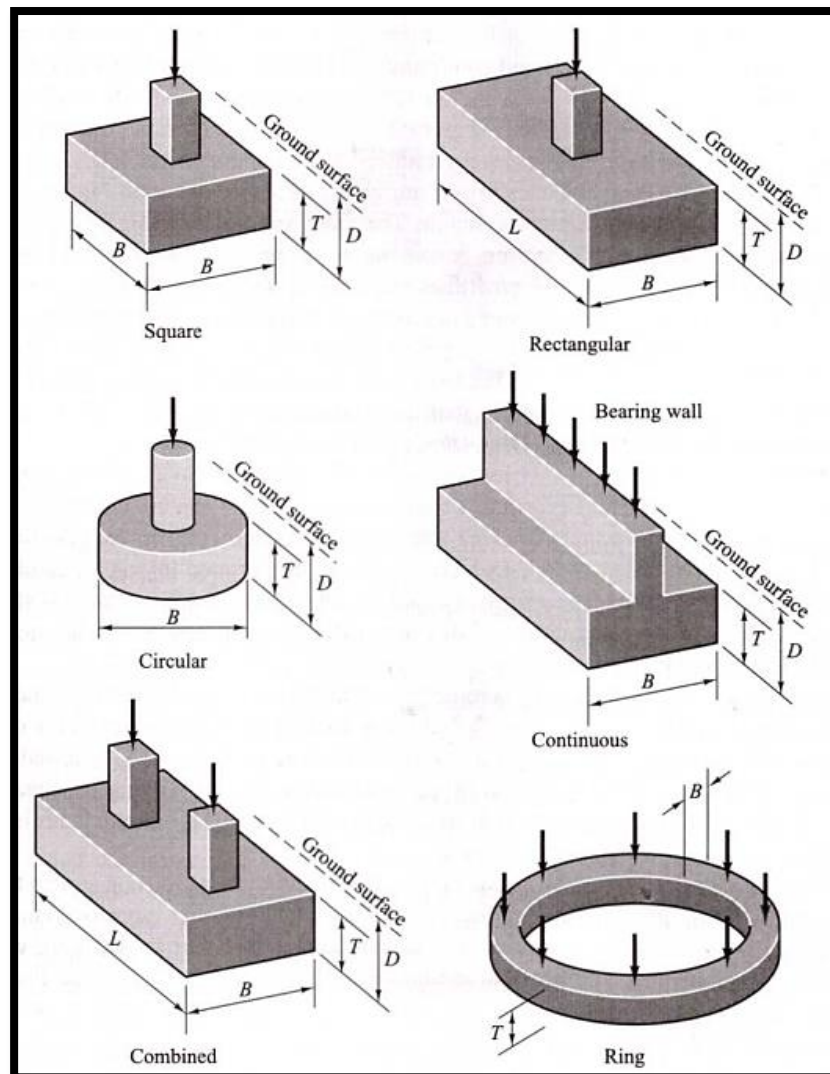
Como su nombre indica, las zapatas extendidas distribuyen las cargas estructurales en una extensa área de suelo, lo que permite reducir las tensiones inducidas a niveles aceptables. Estas cimentaciones pueden ser diseñadas en una amplia variedad de formas y tamaños para adaptarse a necesidades específicas, como se ilustra en la Ilustración 9, y suelen construirse mayormente con hormigón armado (Coduto et al., 2018). En la figura, se observa que las zapatas están definidas por dimensiones B, L, D y T, las cuales se emplean para describir su tamaño y profundidad. Estas medidas son influenciadas por la carga que van a soportar, así como por las propiedades físicas, químicas y mecánicas de los suelos subyacentes, entre otros factores.

- **Zapata aislada:** Esta es la forma de presentación más común de una zapata y se caracteriza por su configuración cuadrada cuya función es la de soportar una única columna. El diseño de la zapata cuadrada facilita la distribución uniforme de la carga sobre el suelo, ayudando así a minimizar los asentamientos diferenciales y mantener la estabilidad de la estructura (Coduto et al., 2018). A pesar de ser la forma más común de

una zapata, esta, debido a su versatilidad la convierten en la elección más ampliamente usadas en las construcciones civiles alrededor del mundo.

- **Zapata combinada:** Este tipo de sub clase de las zapatas extendidas fueron diseñadas para soportar más de una columna de manera simultánea. Se diferencian de las zapatas aisladas por el hecho de ser empleadas en estructuras mucho más complejas (Coduto et al., 2018).
- **Zapata continua:** Muchas veces también denominada “zapata corrida” es aquella que sostiene un muro de carga o elementos longitudinales continuos y en su mayoría son lineales, pero esta también puede rodear un círculo para soportar una pared exterior de un tanque, por ejemplo, así formando un nuevo tipo de zapata denominado “zapata anular” (Coduto et al., 2018).

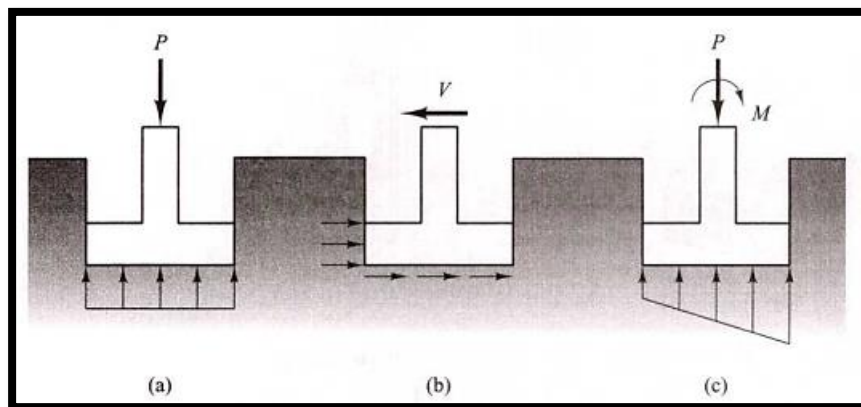
Ilustración 9. Formas y dimensiones de cimentaciones superficiales



Fuente: (Coduto et al., 2018)

Existen tres tipos de cargas a las que están expuestas las zapatas, siendo una de ellas la carga descendente, donde la carga se transfiere al suelo generando una presión de apoyo, tal como se muestra en la Ilustración 10(a). Esta presión, a su vez, origina tensiones normales y de corte en el suelo o roca subyacente. De manera análoga, un segundo tipo de esfuerzo se manifiesta horizontalmente mediante una combinación de fricción por deslizamiento a lo largo de la base de los cimientos y apoyo a lo largo del costado, como se muestra en la Ilustración 10(b). Por último, la carga axial, la cual las zapatas tienen una capacidad limitada para transferir al suelo en forma de momento, se exhibe en la Ilustración 10(c).

Ilustración 10. Transferencia de cargas de columna al suelo en una cimentación superficial típica. a) Transferencia de cargas axiales; b) Transferencia de cargas laterales; c) Transferencia de momento y cargas axiales.



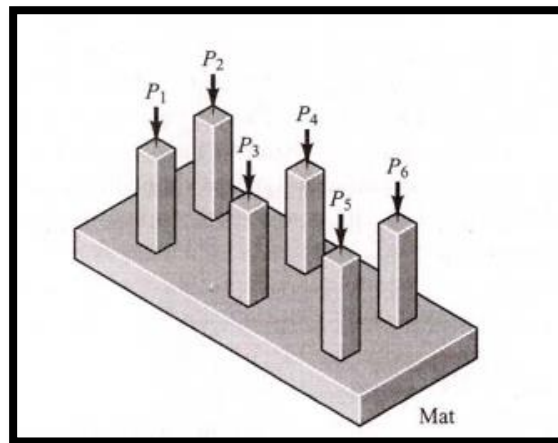
Fuente: (Coduto et al., 2018)

2.2.12.2 Losas de cimentación

Una columna individual suele ser apoyada por una base cuadrada con un ancho (B) y una profundidad (D) suficientes para albergar el espesor requerido de la zapata. Aumentar la profundidad de la zapata puede conducir a un contacto con suelos más robustos, mejorando así su capacidad de carga. Con el aumento de las cargas de las columnas, las zapatas extendidas tienden a volverse más grandes y profundas. Sin embargo, si las cargas estructurales son excesivas o las condiciones del suelo son deficientes, las zapatas extendidas pueden alcanzar dimensiones inaceptablemente grandes. En tales casos, una opción viable sería la utilización de una losa de cimentación, que básicamente es una extensa base que abarca toda la estructura. Si las cargas de las columnas resultan demasiado elevadas o si los suelos en las capas superficiales son insuficientes para albergar cimientos superficiales, surge la necesidad de algún tipo de sistema de cimientos profundos (Coduto et al., 2018).

Las losas de cimentación no solo proveen un soporte eficiente para las estructuras de gran tamaño al distribuir el peso sobre un área extensa, sino que también desempeñan un papel crucial en la reducción de las tensiones inducidas en los suelos subyacentes. Al distribuir la carga de manera más uniforme y de manera continua, se minimizan los riesgos de hundimientos locales o asentamientos diferenciales y se optimiza la capacidad de carga del suelo. Este enfoque no solo mejora la estabilidad estructural, sino que también contribuye a la preservación a largo plazo de la integridad del suelo.

Ilustración 11. Forma de una cimentación superficial tipo losa de cimentación.



Fuente: (Coduto et al., 2018)

2.2.13 Rellenos

El comportamiento de los terrenos compuestos bajo rellenos de tierra es diferente al de las zapatas rígidas. Bajo rellenos de tierra, el asentamiento del suelo podría ser mucho mayor que el asentamiento de la columna, lo que afecta la movilización de esfuerzos y el comportamiento portante del suelo compuesto (Ni et al., 2019).

Diferentes tipos de rellenos de tierra, como relleno de terraplén compactado y terrón de arcilla excavada, pueden tener diferentes niveles de resistencia y rigidez, lo que influye aún más en la capacidad de carga de los terrenos compuestos con columnas de suelo-cemento (Ni et al., 2019).

Bajo una base rígida, la movilización de tensiones del suelo compuesto podría estar dominada por el asentamiento de la columna (Ni et al., 2019).

El modo de falla de los terrenos compuestos bajo relleno de terraplén es principalmente falla de columna. Los diferentes modos de falla de los terrenos compuestos requieren diferentes factores de eficiencia de capacidad portante en el diseño (Ni et al., 2019).

2.2.14 Sismos

Uno de los principales desencadenantes de desastres naturales son los sismos, que constituyen un fenómeno natural resultado de la liberación súbita de energía en la corteza terrestre. Esto provoca la generación de ondas sísmicas y temblores en el suelo, con el potencial de causar daños considerables a edificios, infraestructuras y, lamentablemente, la pérdida de vidas humanas. La magnitud del impacto de un sismo se puede evaluar mediante análisis de peligro sísmico y riesgo, que tienen en cuenta factores como la ubicación de fallas geológicas, la actividad sísmica previa y la vulnerabilidad de la zona afectada (Lallawmawma et al., 2023).

Las propiedades dinámicas del suelo tienen la capacidad de alterar tanto el contenido de frecuencias como la amplitud de las ondas sísmicas. Por lo tanto, siempre que se disponga de información para identificar zonas de suelo homogéneo (microzonificaciones sísmicas), resulta recomendable incorporar este factor tanto en la evaluación de la amenaza sísmica como en la evaluación del riesgo sísmico (Salgado-Gálvez et al., 2016).

La mayor parte de la energía liberada por un sismo se disipa en forma de calor, mientras que una fracción menor se irradia desde la zona de la falla en forma de diversas ondas que provocan vibraciones en la corteza terrestre (Chevez, 2016).

2.2.14.1 Ondas elásticas

Las ondas elásticas se categorizan en dos grupos fundamentales: las ondas de cuerpo, que se propagan en el interior del medio elástico, y las ondas de superficie, que avanzan a lo largo de la frontera de un medio semi-infinito, como la superficie de un depósito de suelos. A su vez, las ondas de cuerpo se subdividen en ondas de compresión, también conocidas como ondas primarias (V_p), y ondas de corte, denominadas ondas secundarias (V_s). Las ondas V_p viajan a una velocidad que oscila entre un 70% y un 140% más rápida que las V_s , y esto se aplica a valores de la relación de Poisson (μ) que se sitúan en el rango característico de suelos y rocas, entre 0.25 y 0.4 (Aponte, 2020).

Como se mencionó previamente, se reconoce que los suelos arcillosos pueden amplificar las ondas sísmicas. Sin embargo, según el artículo de (Jeanne et al., 2021), las ondas sísmicas también desempeñan un papel fundamental en la estabilidad y el comportamiento de las fallas geológicas. Estas ondas sísmicas tienen la capacidad de provocar cambios en la permeabilidad de las fallas, generando fluctuaciones en la presión del agua subterránea debido al incremento de esfuerzo cortante inducido por las ondas, lo que, a su vez, puede dar origen a deslizamientos de tierra.

Las ondas sísmicas interactúan con los cimientos superficiales, que constituyen las capas superiores de la corteza terrestre donde se erigen las estructuras. Características como la amplitud, frecuencia y dirección de estas ondas sísmicas determinan la intensidad de las sacudidas que experimentan los cimientos superficiales. Además, factores como el tipo de roca o suelo, la profundidad y el diseño estructural de la edificación también influyen en esta interacción. Comprender la relación entre las ondas sísmicas y los cimientos superficiales es de suma importancia para evaluar la vulnerabilidad sísmica de las estructuras y para implementar prácticas adecuadas de diseño y construcción que garanticen su seguridad en caso de sismos. (Zhou et al., 2022)

2.3 Antecedentes Referenciales

En la investigación desarrollada por (Peng & Peng, 2019) menciona que, para determinar la capacidad de carga final de zapatas poco profundas en condiciones generales, considerando el suelo de cimentación como un material elástico-plástico ideal se lo puede hacer siguiendo el criterio de rendimiento Mohr-Coulomb. Apoyándose con el método slip-line para analizar el movimiento relativo y la interacción entre el pie de la zapata y el suelo, dividiendo el problema en dos categorías.

(Ni et al., 2021) nos menciona que la implementación de columnas en forma de T bajo relleno blando puede cambiar el modo de falla gobernante a falla de columna, una vez que el diámetro de la cabeza de la columna excede un cierto valor. Después de este punto, la eficiencia de mejora es la misma entre las columnas en forma de T y los sistemas de columna-losa. La capacidad de carga del suelo compuesto con columnas en forma de T se incrementa significativamente en comparación con el suelo sin tratar. Y al final concluye que el asentamiento de la columna es menor que el del suelo debido a su alta rigidez.

En su investigación (Viveros, 2019) nos menciona que la cantidad de precipitaciones y la mala planeación urbana para edificaciones en zonas con escasos estudios de suelo son la principal causa de la activación de desastres humanos o ambientales.

(Ramírez, 2017) Nos menciona la importancia de conocer la estratigrafía de los suelos ya que la ubicación y estabilidad de una cimentación, así como su susceptibilidad a movimientos sísmicos, fallas geológicas o saturación del suelo, están intrínsecamente relacionados con esta información. Por lo tanto, es altamente recomendable obtener un conocimiento completo de las propiedades mecánicas del suelo incluso antes de iniciar el proceso de diseño de cualquier estructura edificatoria.

(Torres Mahecha, 2023) En su tesis de posgrado nos menciona que se debe de prestar suma importancia en comprender la relación entre el contenido de humedad del suelo y la succión, ya que la succión es un factor clave que rige los cambios volumétricos y la resistencia al cizallamiento en suelos parcialmente saturados. Finalmente concluye que la capacidad portante de suelos en condiciones parcialmente saturadas con fisuras de desecación puede aumentar debido a la succión. Y sugiere que empleemos modelos constitutivos que integren por completo la influencia de la succión y la evaporación en función de la profundidad de las fisuras, con el fin de lograr una representación precisa del comportamiento del suelo.

(Vásquez, 2023) En su tesis, que tenía como objetivo llevar a cabo un análisis comparativo de la capacidad portante del suelo mediante los métodos de corte directo y penetración estándar, obtuvo resultados sorprendentes. Inicialmente, se había planteado la hipótesis de que el método de corte directo mostraría valores más altos en términos de capacidad última. Sin embargo, al concluir el estudio, se descubrió que el método de penetración estándar proporcionó una capacidad que era un 25% mayor en términos porcentuales en comparación con el otro método. La conclusión de la tesis indica que la disparidad en la capacidad portante está directamente influenciada por factores como el tipo de suelo, la estructura que se va a cimentar, el método de ensayo empleado y las fórmulas utilizadas.

(Falconez Loor et al., 2021) En su tesis de posgrado, cuyo objetivo era investigar la capacidad portante utilizando el Test de Penetración Estándar (SPT) con y sin el uso de un cabrestante, los resultados obtenidos revelaron que el empleo del cabrestante permitió registrar con mayor precisión el número de golpes en comparación con los ensayos sin su uso. Además, se recomienda que, antes de llevar a cabo el ensayo, tanto el equipo como el operador cumplan con las normas y especificaciones establecidas.

3 CAPITULO III: Metodología

3.1 Modalidad de investigación

La modalidad seleccionada para este proyecto es participativa, dado que se origina a partir de la problemática comunitaria de encontrar soluciones para la construcción de edificaciones en suelos de baja calidad, utilizando principalmente la capacidad portante del suelo como punto de partida para la resolución del problema. Además, se adopta una metodología documental, respaldada por fuentes como libros, artículos científicos, normativas y ensayos. Finalmente, se emplea una aproximación descriptiva, ya que, a través de la combinación de los métodos participativo y documental, se logrará caracterizar detalladamente los suelos mediante un análisis.

Con la colaboración de estos grupos de investigación y la aplicación de criterios de ingeniería adquiridos en la universidad relacionados con suelos, es posible consolidar y resumir toda la información recolectada. Este proceso facilita la obtención de un conocimiento preciso acerca de las características del suelo. Dichas características, a su vez, serán empleadas para proponer soluciones concretas dentro del marco del proyecto.

3.2 Objeto de estudio

El objeto a ser estudiado en este proyecto de titulación es el suelo del barrio Servidores Universitarios ubicado en la parroquia urbana El Cambio del cantón Machala.

3.3 Materiales y Métodos

El séptimo capítulo de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) referente a la seguridad estructural de edificaciones, específicamente la NEC-SE-GC: Geotécnia y Cimentaciones, aborda las cimentaciones como un elemento estructural cuya función principal es transmitir sus cargas al subsuelo y pueden ser de dos tipos: cimentaciones superficiales o profundas (NEC-SE-GC, 2015).

Adicionalmente, la norma nos proporciona un ligero concepto sobre un estudio geotécnico el cual comprende en el reconocimiento del campo, investigación del subsuelo, análisis y recomendaciones ingenieriles necesarios para el diseño de construcciones cuyos cimientos estarán anclados en el suelo, a fin de garantizar el comportamiento adecuado de las obras preservando la vida humana y evitando daños a construcciones vecinas (NEC-SE-GC, 2015).

Para llevar a cabo un estudio geotécnico, el primer paso consiste en consultar el Marco Normativo en el capítulo 1.3 de la norma, que proporciona las pautas y regulaciones a seguir

para la realización de cada ensayo requerido, adaptándose al propósito específico de la investigación.

Una vez se han identificado claramente las normas a seguir, se procede a realizar los sondeos de exploración, los cuales constituyen una parte integral del estudio geotécnico definitivo. Estos sondeos, ensayos de campo especializados, permiten determinar las propiedades de resistencia del suelo. El objetivo principal de este proyecto es abordar lo que la NEC-SE-GC denomina como "Estado Límite de Falla", que se define como la capacidad de carga bajo el criterio de resistencia al corte. En el contexto de las cimentaciones, esto implica identificar el punto crítico de falla de la capacidad de carga última.

3.3.1 Clasificación de las unidades de construcción

Una unidad de construcción según la NEC, se define como aquella edificación o fracción de proyecto dividido por alturas, cargas o niveles de excavación. En el contexto específico de este proyecto, el enfoque se basará en el nivel de construcción en el que se encuentra la estructura, para lo cual se presenta la siguiente tabla:

Tabla 9. Clasificación de las unidades de construcción

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 4 000
Alta	Entre 11 y 20 niveles	Entre 4 001 y 8 000
Especial	Mayor de 20 niveles	Mayores 8 000

Fuente: (NEC-SE-GC, 2015)

Con esta información, ahora se puede determinar que la edificación del proyecto se encuentra clasificada como de "Importancia Baja". Esta categoría abarca todas las construcciones que tienen tres niveles o menos.

3.3.2 Número mínimo de sondeos

La clasificación de un proyecto según la cantidad de sondeos es crucial, y en este aspecto, la NEC-SE-GC es particularmente detallada al organizar el número mínimo de sondeos en cuatro grupos distintos, determinados por su profundidad mínima.

Tabla 10. Número mínimo de sondeos y profundidad por cada unidad de construcción

Categoría 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

Fuente: (NEC-SE-GC, 2015)

3.4 Ensayos a realizarse

3.4.1 Límite Líquido

Este ensayo tiene como objetivo obtener por medio de datos de por medio de los cuales se puedan determinar las siguientes constantes de los suelos:

- Límite líquido
- Parámetro para determinar el Índice de plasticidad

Equipo

- **Copa casa grande.** – La copa casa grande es un aparato usado en ingeniería civil y geotécnica para determinar el límite líquido del suelo. Está compuesto por una taza de bronce fijada a un dispositivo de rotación manual por manivela la cual al girar eleva a la muestra 10mm para dejarla caer, dicho movimiento se denomina golpe.
- **Ranurador.** - Este componente esencial en el ensayo, comúnmente fabricado con algún material inoxidable y con una forma de triángulo invertido con la punta hacia abajo, se utiliza para realizar una ranura en la muestra colocada en la copa casa grande, lo que dividirá a la muestra en dos.
- **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, capaz de mantener temperaturas de $110^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}$ ($230 \pm 9^{\circ} \text{F}$).
- **Tamiz.** - Para este ensayo se necesita del tamiz No. 200, puesto que a simple vista se puede notar que el material tiene porcentaje de finos mayor al 90%.
- **Recipientes.** - Importantes para ir almacenando el material tamizado y que cumplan la NEC.

- **Espátula.** - Debe ser de hoja flexible con una longitud que oscile los 10cm y 2cm de ancho.
- **Martillo de goma.** - Este equipo es importante para triturar aquellas muestras del suelo cuyo tamaño es relativamente grande para ser tamizado.

Elementos de protección personal

- Botas punta de acero.
- Gafas de seguridad.
- Guantes de seguridad.
- Overol o bata de trabajo.

Procedimiento

- Triturar con el martillo el material a ensayar y tamizar por el tamiz No. 200
- Tomar una cantidad considerable de la muestra tamizada y colocarla en un recipiente limpio, a continuación, agregamos agua hasta formar una pasta.
- Calibrar la copa de casa grande, la altura de caída de la copa es por especificación de un centímetro (10mm).
- Colocar una cantidad del material previamente mezclado con agua en la copa de casa grande y se lo extiende uniformemente evitando dejar burbujas de aire.
- Con la ayuda del ranurador realizamos una ranura en la mitad de la pasta que ha sido colocada en la copa casa grande.
- Procedemos a dar caída de la copa a razón de dos golpes por segundo hasta que cierre la ranura a lo largo de 13 mm, el número de golpes no debe ser menos de 15 ni mayor de 35.
- Se toma una parte de la muestra que ha sido ensayada en la cazuela de la copa casa grande, esta muestra debe ser tomada transversalmente, asegurándose que se sea de lado a lado. Se coloca el material sobre un recipiente tarado en la balanza y se registra su peso para luego colocarse a secar en el horno.
- El material sobrante de la cazuela se coloca en el recipiente donde se está mezclando el demás material tamizado. Con la ayuda de un destilador de agua se aumenta o disminuye la humedad a tal punto de conseguir aumentar o disminuir el número de golpes.
- Se limpia la cazuela de la copa casa grande y se vuelven a realizar dos tanteos más.
- Se registran los valores de la muestra seca que ha sido puesta al horno a una temperatura de ± 110 °C.

Resumen de límites líquidos obtenidos

Sondeo No.1

Tabla 11. Límites líquidos obtenidos en el sondeo No.1 hasta 6m de profundidad

Superficie del terreno en el barrio Servidores Universitarios: 76,642.24 m²	
Profundidad (m)	Límite Líquido (%)
1	31,80
2	27,60
3	33,00
4	30,00
5	32,20
6	34,60

Fuente: Elaboración propia

Sondeo No.2

Tabla 12. Límites líquidos obtenidos en el sondeo No.2 hasta 6m de profundidad

Superficie del terreno en el barrio Servidores Universitarios: 76,642.24 m²	
Profundidad (m)	Límite Líquido (%)
1	33,50
2	27,69
3	33,70
4	31,33
5	33,50
6	35,26

Fuente: Elaboración propia

Sondeo No.3

Tabla 13. Límites líquidos obtenidos en el sondeo No.3 hasta 6m de profundidad

Superficie del terreno en el barrio Servidores Universitarios: 76,642.24 m ²	
Profundidad (m)	Límite Líquido (%)
1	35,00
2	28,90
3	34,10
4	32,00
5	34,00
6	36,10

Fuente: Elaboración propia

3.4.2 Límite plástico

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

- Límite Plástico.
- Índice de Plasticidad.

Equipo

- **Placa de vidrio esmerilado.** – Esta placa debe ser lo suficientemente grande como para poder hacer rollitos de la muestra del suelo que se va a ensayar.
- **Espátula.** - Debe ser de hoja flexible con una longitud que oscile los 10cm y 2cm de ancho.
- **Recipientes.** - Importantes para ir almacenando el material tamizado y 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, capaz de mantener temperaturas de $110^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}$ ($230 \pm 9^{\circ} \text{F}$).
- **Martillo de goma.** - Este equipo es importante para triturar aquellas muestras del suelo cuyo tamaño es relativamente grande para ser tamizado.
- **Calibrador.** – Este equipo debe trabajar con aproximación de 0.1cm

Elementos de protección personal

- Botas punta de acero.
- Gafas de seguridad.
- Guantes de seguridad.
- Overol o bata de trabajo.

Procedimiento

Se selecciona una porción de aproximadamente 20 – 30 g, de la muestra previamente tamizada y se adiciona agua hasta crear una pasta.

Se hace rodar la porción de muestra sobre la placa de vidrio esmerilado, aplicando la presión necesaria para formar rollos de aproximadamente 3,2 mm de diámetro.

Se debe formar un rollo de diámetro uniforme en la totalidad de la longitud y una vez que empiecen a salir grietas colocar el rollito de suelo sobre un recipiente para tomar su valor de peso húmedo.

Luego se coloca esta muestra al horno y se registran los valores de la muestra seca.

Resumen de límites plásticos obtenidos

Sondeo No.1

Tabla 14. Límites plásticos e índices de plasticidad obtenidos en el sondeo No.1 hasta 6m de profundidad

Superficie del terreno en el barrio Servidores Universitarios: 76,642.24 m²		
Profundidad (m)	Límite Plástico (%)	Índice Plástico (%)
1	24,65	7,15
2	20,20	6,40
3	24,86	8,14
4	27,49	2,51
5	24,16	8,04
6	29,33	5,37

Fuente: Elaboración propia

Sondeo No.2

Tabla 15. Límites plásticos e índices de plasticidad obtenidos en el sondeo No.2 hasta 6m de profundidad

Superficie del terreno en el barrio Servidores Universitarios: 76,642.24 m ²		
Profundidad (m)	Límite Plástico (%)	Índice Plástico (%)
1	25,41	8,09
2	20,90	6,79
3	25,12	8,58
4	28,72	2,61
5	25,44	8,06
6	29,60	5,66

Fuente: Elaboración propia

Sondeo No.3

Tabla 16. Límites plásticos e índices de plasticidad obtenidos en el sondeo No.3 hasta 6m de profundidad

Superficie del terreno en el barrio Servidores Universitarios: 76,642.24 m ²		
Profundidad (m)	Límite Líquido (%)	Índice Plástico (%)
1	26,75	8,25
2	21,65	7,25
3	25,42	8,68
4	28,90	3,10
5	25,85	8,15
6	29,85	6,25

Fuente: Elaboración propia

3.4.3 Contenido de humedad natural

El fin de este ensayo es determinar el contenido de agua que se encuentra presente en una muestra de suelo.

Equipo

- **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, capaz de mantener temperaturas de $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ($230 \pm 9^{\circ}\text{F}$).
- **Herramientas menores.** – Herramientas como espátulas, franelas, seguetas, entre otros.

Elementos de protección personal

- Botas punta de acero.
- Gafas de seguridad.
- Guantes de seguridad.
- Overol o bata de trabajo.

Procedimiento

- Seleccionar el recipiente en el que se va a colocar la muestra del suelo recién extraída del suelo, esto para conservar la humedad natural del suelo al momento del pesado en húmedo, y tararlo en la balanza.
- Colocar una muestra del suelo en el recipiente y registrar los valores arrojados por la balanza.
- Colocar el recipiente con la muestra en el horno a una temperatura constante de $\pm 110^{\circ}\text{C}$.
- Una vez secado el material, se lo debe colocar sobre la balanza y se procede a registrar los valores para luego proceder con los cálculos pertinentes.

Resumen de contenidos de humedad obtenidos

Sondeo No.1

Tabla 17. Porcentaje de humedad natural del suelo obtenidos en el sondeo No.1 hasta 6m de profundidad

Superficie del terreno en el barrio Servidores Universitarios: 76,642.24 m ²	
Profundidad (m)	Humedad Natural (%)
1	29,16
2	36,66
3	31,92

4	34,47
5	35,27
6	37,82

Fuente: Elaboración propia

Sondeo No.2

Tabla 18. Porcentaje de humedad natural del suelo obtenidos en el sondeo No.2 hasta 6m de profundidad

Superficie del terreno en el barrio Servidores Universitarios: 76,642.24 m ²	
Profundidad (m)	Humedad Natural (%)
1	30,27
2	37,89
3	32,86
4	35,49
5	37,70
6	38,57

Fuente: Elaboración propia

Sondeo No.3

Tabla 19. Porcentaje de humedad natural del suelo obtenidos en el sondeo No.3 hasta 6m de profundidad

Superficie del terreno en el barrio Servidores Universitarios: 76,642.24 m ²	
Profundidad (m)	Humedad Natural (%)
1	31,27
2	38,09
3	33,12
4	37,66
5	38,05
6	39,28

Fuente: Elaboración propia

3.4.4 Análisis granulométrico por lavado

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. 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, capaz de mantener temperaturas de $110^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}$ ($230 \pm 9^{\circ} \text{F}$).

Elementos de protección personal

- Botas punta de acero.
- Gafas de seguridad.
- Guantes de seguridad.
- Overol o bata de trabajo.

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 puede agregar 125 ml de hezametafosfato a la muestra la cual actuará como agente dispersante.
- Se procede a lavar el material que, anteriormente ha sido saturado, sobre el tamiz No. 200 (0,075 mm). Se tiene que someter la muestra a continuas corrientes de agua y mover el tamiz de un lado a otro con las manos mientras se frota sobre el material a ensayar.

- 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. Como el proceso de tamizado es manual se debe procurar que los movimientos que se produzcan tengan la vibración lo suficientemente alta como para que las partículas logren desplazarse a través del tamiz hacia los demás tamices.
- 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.

Resumen de granulometrías obtenidas

Sondeo No.1

Tabla 20. Porcentaje de grava, arena y finos del suelo obtenidos en el sondeo No.1 hasta 6m de profundidad

Superficie del terreno en el barrio Servidores Universitarios: 76,642.24 m²			
Profundidad (m)	Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)
1	0,00	2,79	97,21
2	0,00	9,76	90,24
3	0,00	11,35	88,65
4	0,00	18,28	81,72
5	2,53	87,30	10,17
6	0,00	14,00	86,00

Fuente: Elaboración propia

Sondeo No.2

Tabla 21. Porcentaje de grava, arena y finos del suelo obtenidos en el sondeo No.2 hasta 6m de profundidad

Superficie del terreno en el barrio Servidores Universitarios: 76,642.24 m²			
Profundidad (m)	Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)
1	0,00	2,72	97,28
2	0,00	8,88	91,12

3	0,00	11,13	88,87
4	0,00	16,41	83,59
5	1,68	82,32	16,00
6	0,00	13,81	86,19

Fuente: Elaboración propia

Sondeo No.3

Tabla 22. Porcentaje de grava, arena y finos del suelo obtenidos en el sondeo No.3 hasta 6m de profundidad

Superficie del terreno en el barrio Servidores Universitarios: 76,642.24 m²			
Profundidad (m)	Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)
1	0,00	2,48	97,52
2	0,00	8,47	91,53
3	0,00	10,94	89,06
4	0,00	16,00	84,00
5	1,7	84,22	15,78
6	0,00	13,61	86,39

Fuente: Elaboración propia

3.4.5 Ensayo de compresión triaxial

La finalidad de este ensayo es obtener datos por los cuales se puedan determinar las siguientes constantes de los suelos:

- Contenido de humedad de la muestra.
- Valor de cohesión y ángulo de fricción.
- Valor “qu” del suelo.

Equipo

- **Equipo de compresión.** - Este equipo debe tener la capacidad de generar tanto esfuerzos normales como horizontales.
- **Dial de carga.** - Pesas cuya masa este registrada en las mismas y cuya función será aportar carga para producir los esfuerzos normales.

- **Tubos shelby.** - Son un tipo de tubo metálicos utilizados en el campo de la geotécnia y la ingeniería civil para poder obtener muestras de suelo de manera rápida y eficaz de manera que no perturbe su estructura.
- **Herramientas de tallado.** - Es un tipo de tubo metálico partido en dos con la finalidad de colocar la muestra shelby en él para poder tallarlo a con la ayuda de una espátula.
- **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, capaz de mantener temperaturas de $110^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}$ ($230 \pm 9^{\circ} \text{F}$).

Elementos de protección personal

- Botas punta de acero.
- Gafas de seguridad.
- Guantes de seguridad.
- Overol o bata de trabajo.

Procedimiento

- Primero, es necesario obtener la muestra de suelo utilizando el tubo Shelby; esta muestra debe tener dimensiones suficientes para permitir la formación de tres muestras individuales a partir de la misma extracción con el tubo.
- Una vez extraídas las tres muestras con la máquina de extracción del tubo Shelby, se procede a tallarlas con la herramienta correspondiente. Luego, se calibra la máquina de compresión y se lubrican las superficies de contacto, asegurando la muestra con los tornillos alineadores ubicados en la parte superior de la máquina.
- Se alinea el anillo de tal manera que el propio peso de la máquina no ejerza presión sobre la muestra. La máquina de corte se ensambla perfectamente centrada en el carro, ajustando la celda de carga horizontal y vertical sin aplicar esfuerzos innecesarios a la muestra.
- Posteriormente, se aplica la fuerza normal mediante la colocación de pesas de acero en el brazo de carga. Una vez completado el proceso de consolidación, se inicia el proceso de corte de la muestra.
- La velocidad de corte variará según el material ensayado, y el desplazamiento deseado oscilará entre 12 mm y 5 mm para suelos sobre consolidados. Esto permite aplicar una

fuerza cortante a una velocidad específica, registrando cargas y tiempos en intervalos definidos de deformación.

- El ensayo se considera concluido de manera segura cuando las cargas disminuyen abruptamente. Si esto no ocurre, se finaliza el ensayo cuando la deformación alcanza el 10% del diámetro de la muestra.
- Finalmente, se desmontan las piezas del brazo de carga y se indica al ordenador que retroceda la celda de carga cortante. Se retira la muestra y se realiza el ensayo de humedad natural.

Resumen de los esfuerzos obtenidos

Sondeo No.1

Tabla 23. Capacidad portante en diferentes estratos hasta una profundidad de 6 metros en el sondeo No.1

Superficie del terreno en el barrio Servidores Universitarios: 76,642.24 m²		
Profundidad	Esfuerzo (kg/cm²)	Humedad Promedio (%)
2	0,84	24,02
3	0,91	
4	1,04	
6	1,09	

Fuente: Elaboración propia

Sondeo No.2

Tabla 24. Capacidad portante en diferentes estratos hasta una profundidad de 6 metros en el sondeo No.2

Superficie del terreno en el barrio Servidores Universitarios: 76,642.24 m²		
Profundidad	Esfuerzo (kg/cm²)	Humedad Promedio (%)
2	0,82	26,70
3	0,90	
4	1,02	
6	1,06	

Fuente: Elaboración propia

Sondeo No.3

Tabla 25. Capacidad portante en diferentes estratos hasta una profundidad de 6 metros en el sondeo No.3

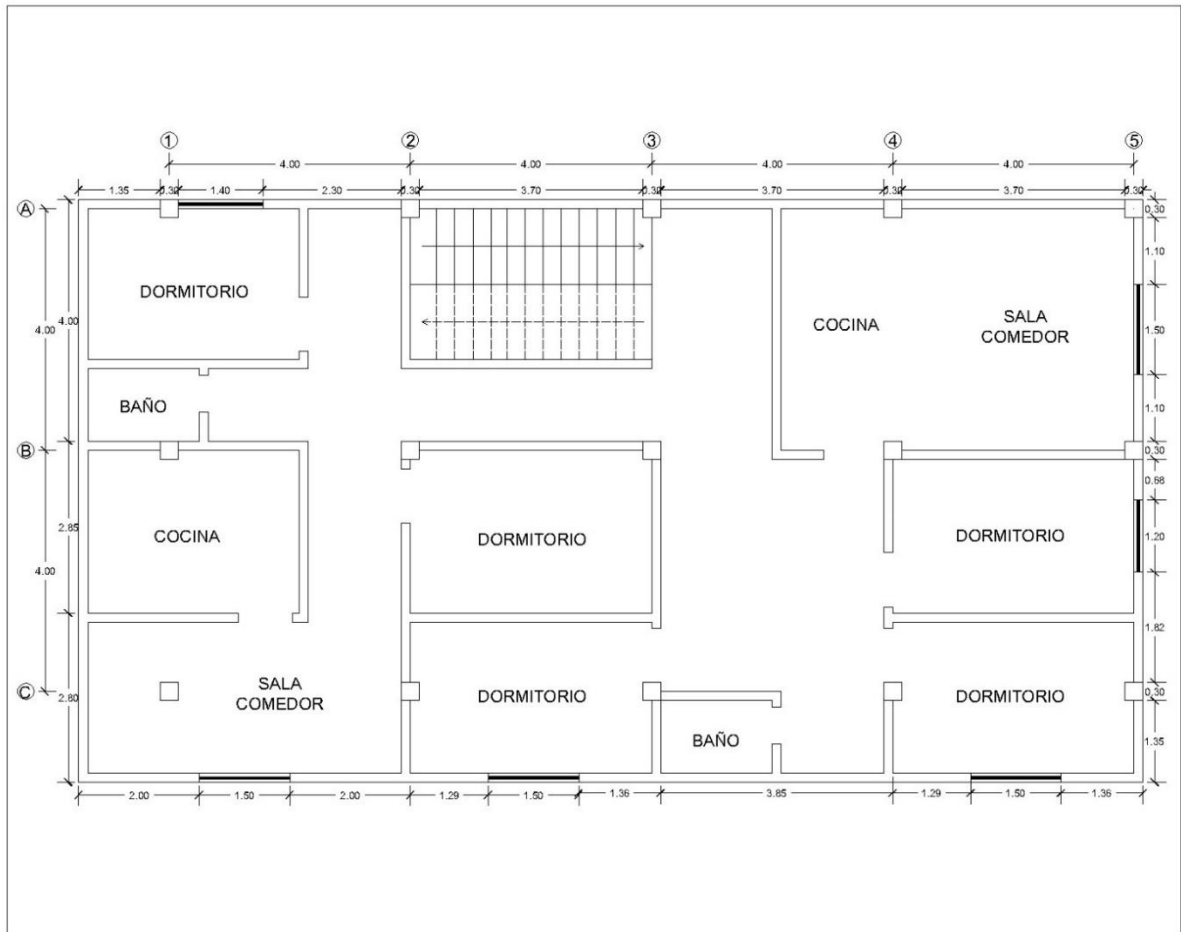
Superficie del terreno en el barrio Servidores Universitarios: 76,642.24 m²		
Profundidad	Esfuerzo (kg/cm²)	Humedad Promedio (%)
2	0,78	27,69
3	0,86	
4	0,98	
6	1,03	

Fuente: Elaboración propia

3.5 Análisis estructural

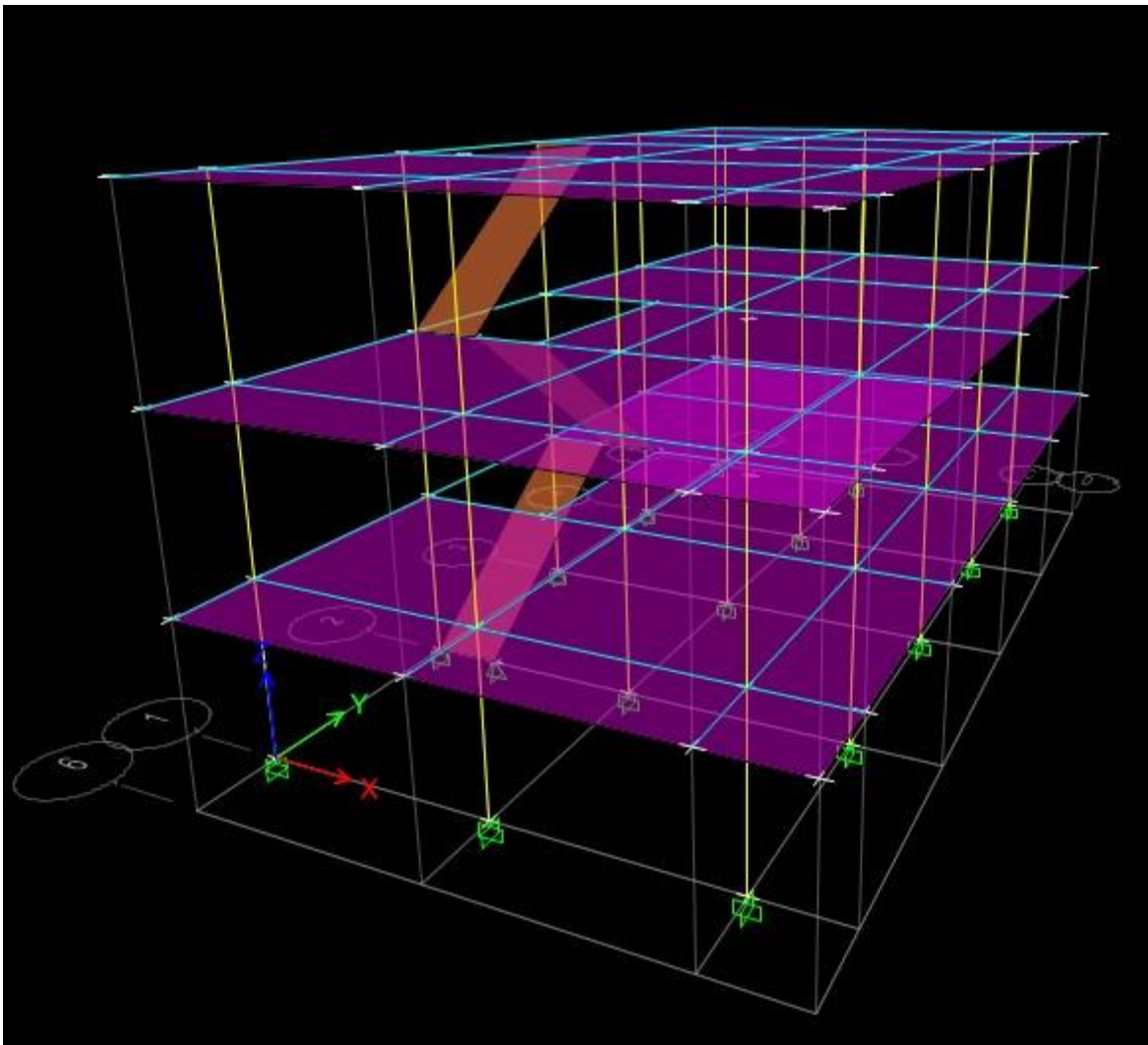
El proceso de análisis estructural realizado involucró la aplicación de cargas vivas y muertas a un diseño estructural previamente realizado en AUTOCAD (ver Ilustración 12) de una edificación de 3 niveles, utilizando el software ETABS (ver Ilustración 13). Esta etapa busca determinar las cargas y fuerzas que afectarán al edificio, simulando así las condiciones de carga real que enfrentará cada nivel de la estructura.

Ilustración 12. Plano arquitectónico tipo de la estructura de 3 pisos.



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 13. Diseño estructural de la edificación de 3 pisos



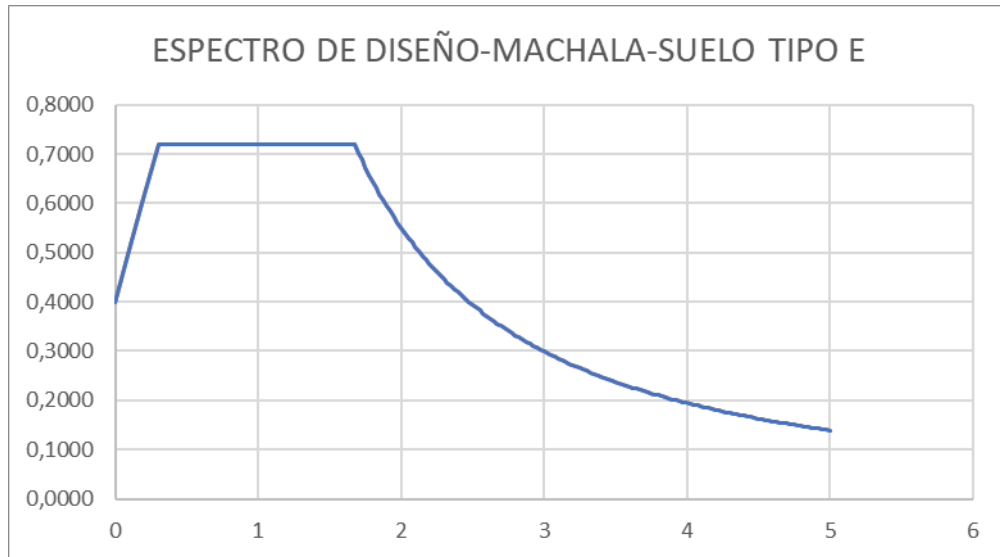
Fuente: Elaboración propia

El análisis estructural está basado en el código ecuatoriano NEC-SE-DS, que establece la necesidad de diseñar estructuras con un espectro de diseño (ver Ilustración 14). Este espectro representa los efectos dinámicos del sismo de diseño provocado por las condiciones geológicas, tectónicas, sismológicas y tipo de suelo asociado al sitio de emplazamiento de la estructura (NEC-SE-DS, 2015).

La NEC divide al país en seis zonas sísmicas, las cuales están caracterizadas por un valor de factor de zona Z , que representa la aceleración máxima esperada en roca para un sismo de diseño (NEC-SE-DS, 2015). El cantón Machala se encuentra ubicado en una zona de alto peligro sísmico, con un valor Z de 0.40. Para el diseño estructural, se ha definido el perfil de suelo como tipo E, lo que implica la utilización de coeficientes específicos del perfil del suelo para la construcción del espectro de diseño, los cuales son los siguientes:

- Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de período corto (F_d): 1.0.
- Amplificación de las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca (F_d): 1.6.
- Comportamiento no lineal de los suelos (F_s): 1.9.

Ilustración 14. Espectro elástico de diseño para el cantón Machala



Fuente: Elaboración propia

Considerando los valores mencionados previamente y al aplicar cargas vivas y muertas, se calcula el peso total del edificio, lo que permite analizar la distribución de cargas en cada columna y viga. Sin embargo, el foco principal radica en identificar el valor de carga máximo sobre la columna más exigida. Este dato es crucial para el diseño de los elementos estructurales y garantizar la seguridad de la edificación.

El objetivo específico de esta tesis es determinar este valor crítico de carga ejercida por el edificio sobre el suelo a través de la columna más cargada. Esta información es fundamental para evaluar si el suelo del proyecto posee la capacidad necesaria para resistir los esfuerzos de corte por sí solo o si requiere mejoras adicionales.

A continuación, se presentan en la Tabla 11 los valores de las cargas gravitacionales que inciden en la estructura. Estas cargas gravitacionales representan la suma de las cargas vivas y las cargas muertas. Las cargas muertas incluyen el peso propio de la estructura, con valores típicos de 240 kg/cm² para la resistencia a compresión del concreto y una fluencia del acero de 4200 kg/cm². Además, se añaden a las cargas muertas las cargas sobreimpuestas (SC), que engloban el peso del mortero, paredes, contrapisos, baldosas y otros elementos de ingeniería. Las sobrecargas

vivas mínimas en la estructura están determinadas por el uso y ocupación específicos, con ajustes adicionales sugeridos por el diseñador, siempre y cuando se cumplan los requisitos mínimos establecidos por la NEC para cargas no sísmicas (NEC-SE-CG).

Tabla 26. Resumen de cargas gravitacionales presentes en la estructura (vivas y muertas)

CARGAS DE LA ESTRUCTURA		
SC	500	kg/m ²
SC Azotea	200	kg/m ²
L	250	kg/m ²
L (azotea)	100	kg/m ²

Fuente: Elaboración propia

Estas sobrecargas en la estructura generan un peso total sobre cada nivel de la edificación, el cual es calculado por el software ETABS (ver Tabla 12). Los pesos son extraídos y ajustados mediante una combinación de cargas, en la que las cargas vivas se multiplican por un factor del 25%. Este proceso tiene como objetivo considerar posibles escenarios de carga que puedan ocurrir simultáneamente en la edificación, lo que garantiza la seguridad e integridad de la estructura frente a diversas acciones de carga.

Tabla 27. Resumen del peso total de la estructura

NIVEL	DEAD (kg)	LIVE (kg)	WR (D + 0.25L) (kg)
PISO 3	136577,76	17687,50	140999,64
PISO 2	180626,65	40625,00	190782,90
PISO 1	180626,65	40625,00	190782,90
TOTAL	497831,06	98937,50	522565,44

Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenido el peso total de la edificación y teniendo en cuenta que la distribución de las 15 columnas es de manera uniforme, podemos calcular cuál es el peso que ejerce cada columna al suelo el cual es de 34,84 toneladas.

3.6 Diseño zapata corrida

En el capítulo 3.5 del análisis estructural, se ha podido calcular con precisión la carga que el edificio transmitirá al suelo a través de cada una de sus columnas. Estos esfuerzos se transfieren al suelo mediante sistemas de cimentación, en este caso, cimentaciones superficiales. Se ha optado por proponer un diseño de zapata corrida para este propósito, basándonos en consideraciones específicas.

La elección del tipo de cimentación se fundamenta en el hecho de que estamos tratando con un edificio, lo que descarta las zapatas aisladas como la opción más adecuada. Las zapatas corridas son particularmente útiles en edificaciones, dado que estas tienden a estar rodeadas por otras construcciones, limitando la capacidad de las zapatas para extenderse de manera uniforme en todas las direcciones. Además, las zapatas corridas se utilizan comúnmente en suelos con deformaciones severas, lo que indica una capacidad de carga relativamente baja.

En este contexto, tampoco se considera óptimo el empleo de una losa de cimentación. Las recomendaciones indican que, si el área total de las zapatas no supera el 70% del área cubierta por la construcción, no es recomendable su uso. Además, los asentamientos diferenciales en las zapatas corridas en dos direcciones son comparables a los de una losa de cimentación, lo que refuerza la elección de las zapatas corridas como la opción más adecuada en este caso.

A continuación, se describe el proceso de diseño y verificación por corte de una zapata corrida:

➤ **Datos:**

$$P = 34,84 \text{ Ton}$$

$$F_c = 1,4$$

$$F'_c = 240 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$F_y = 4200 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$R_t = q_c = 104,52 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$$

➤ **Área de sustentación:**

$$P_u = P * F_c$$

$$P_u = 34,84 \text{ Ton} * 1,4$$

$$P_u = 48,78 \text{ Ton}$$

$$A = \frac{P_u}{R_t}$$

$$A = \frac{48,78 \text{ Ton}}{104,52 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}}$$

$$A = 0,4667 \text{ m}^2$$

➤ **Longitud de la zapata:**

$$L = \sqrt{A}$$

$$L = \sqrt{0,4667 \text{ m}^2} = 0,68 \approx 0,70 \text{ m}$$

$$L = 0,70 \text{ m}$$

➤ **Momento flexionante**

$$\text{Columna} = 30 \text{ cm}$$

$$W = Rt * L$$

$$W = 104,52 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2} * 0,70 \text{ m}$$

$$W = 73,16 \frac{\text{Ton}}{\text{m}}$$

$$l = \frac{L - \text{Columna}}{2}$$

$$l = \frac{0,70 \text{ m} - 0,30 \text{ m}}{2}$$

$$l = 0,20 \text{ m}$$

$$M = \frac{W * l^2}{2}$$

$$M = \frac{73,16 \frac{\text{Ton}}{\text{m}} * (0,20 \text{ m})^2}{2}$$

$$M = 1,46 \text{ Ton} * \text{m}$$

➤ **Cálculo de peralte (NEC-15)**

$$\alpha = 0,72 - \left(0,04 * \frac{F'c - 28}{7} \right)$$

$$\alpha = 0,72 - \left(0,04 * \frac{24 - 28}{7} \right)$$

$$\alpha = 0,7$$

$$\rho = 0,59 - \left(\alpha * \frac{F'c}{Fy} \right)$$

$$\rho = 0,59 - \left(0,7 * \frac{24}{420} \right)$$

$$\rho = 0,02357$$

$$d = \sqrt{\frac{M}{0,9 * \rho * L * Fy * \left(1 - \frac{0,59 * \rho * Fy}{F'c} \right)}}$$

$$d = \sqrt{\frac{1,46 \text{ Ton} * m * 100.000,0}{0,9 * 0,02357 * 70 \text{ cm} * 4200 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * \left(1 - \frac{0,59 * 0,02357 * 4200 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}{240 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} \right)}}$$

$$d = 5,56 \text{ cm}$$

➤ **Acero de refuerzo**

$$\varphi = 14 \text{ mm}$$

$$As = \frac{\pi * \varphi^2}{4}$$

$$As = \frac{\pi * (14 \text{ mm})^2}{4}$$

$$As = 1,54 \text{ cm}^2$$

$$As_t = \rho * L * d$$

$$As_t = 0,02357 * 70 \text{ cm} * 5,56 \text{ cm}$$

$$As_t = 9,17 \text{ cm}^2$$

➤ **Número de varillas**

$$\#V = \frac{As_t}{As}$$

$$\#V = \frac{9,17 \text{ cm}^2}{1,54 \text{ cm}^2} = 5,95 \approx 6$$

$$\#V = 6$$

➤ **Separación de varillas**

$$S = \frac{L}{\#Varillas}$$

$$S = \frac{70 \text{ cm}}{6}$$

$$S = 11,7 \text{ cm}$$

➤ **Comprobación por el método de penetración**

$$B = 30 \text{ cm}$$

$$l = B + \frac{B}{2} * 2$$

$$l = 30 \text{ cm} + \frac{30 \text{ cm}}{2} * 2$$

$$l = 60 \text{ cm}$$

➤ **Perímetro**

$$Pe = 4 * l$$

$$Pe = 4 * 60 \text{ cm}$$

$$Pe = 2,40 \text{ m}$$

➤ **Cortante que resiste el concreto**

$$V = Rt * (L^2 - B^2)$$

$$V = 104,52 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2} * ((0,70 \text{ m})^2 - (0,30 \text{ m})^2)$$

$$V = 41,81 \text{ Ton}$$

➤ **Esfuerzo cortante**

$$v = \frac{V}{Pe * B}$$

$$v = \frac{41,81 \text{ Ton} * 1000}{240 \text{ cm} * 30 \text{ cm}}$$

$$v = 5,81 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

➤ **Cortante por penetración**

$$FR = 0,8$$

$$FC = FR * F'c$$

$$FC = 0,8 * 240 \frac{kg}{cm^2}$$

$$FC = 192 \frac{kg}{cm^2}$$

$$VCR = FR * \sqrt{FC}$$

$$VCR = 0,8 * \sqrt{192 \frac{kg}{cm^2}}$$

$$VCR = 11,09 \frac{kg}{cm^2}$$

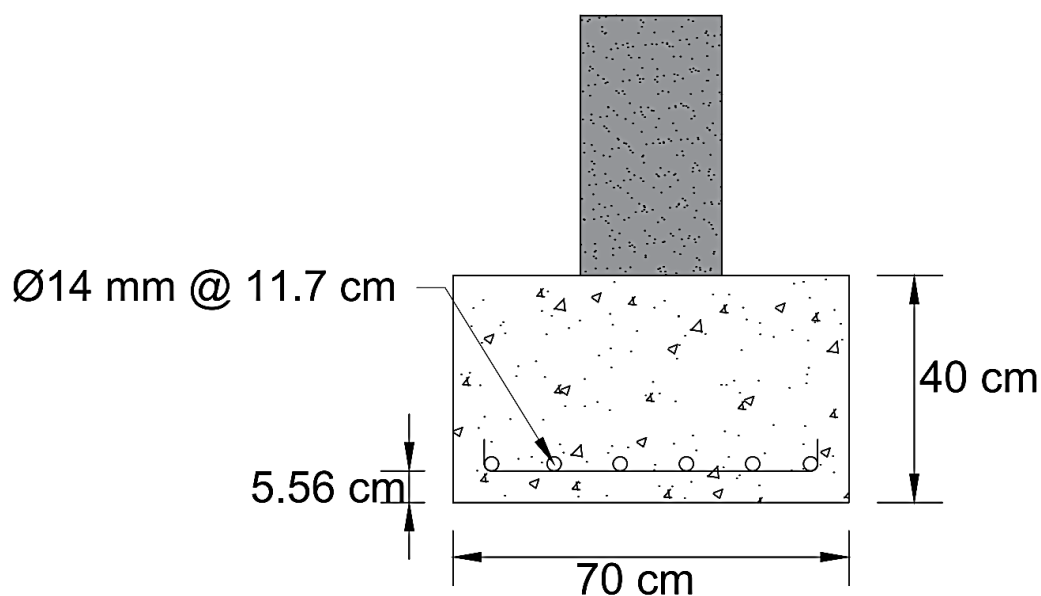
➤ **Verificación de cortantes**

$$v \leq VCR$$

$$5,81 \frac{kg}{cm^2} \leq 11,09 \frac{kg}{cm^2}$$

El esfuerzo cortante del concreto es suficiente para resistir la carga causada por la columna, por lo que se ha diseñado la zapata (ver Ilustración 15) con refuerzo de acero que consta de 6 varillas de 14 milímetros de diámetro, separadas a una distancia de 11,7 centímetros entre sí. La zapata tiene un espesor de 40 centímetros, con un recubrimiento de concreto de 7,5 centímetros y un peralte efectivo del refuerzo de 5,56 centímetros.

Ilustración 15. Diseño de zapata corrida del proyecto



Fuente: Elaboración propia

3.7 Capacidad de carga del suelo – Método de Terzaghi

Los ensayos realizados en este proyecto han revelado que el suelo existente es predominantemente arcilloso, de consistencia suelta y firme. Además, se han identificado estratos de suelos orgánicos de consistencia mediana ubicados a una profundidad de 2 metros.

Considerando que la capacidad portante crítica del suelo a esta profundidad es de 7,8 Ton/m² y que la carga ejercida por cada columna es de 34,84 toneladas, es evidente que tanto la cimentación como el suelo deben contrarrestar esta carga. A simple vista, el suelo existente no parece capaz de soportar esta carga por sí solo. Por lo tanto, se requiere un proceso de mejora del suelo mediante la incorporación de material granular de tamaño considerable, así como la adición de material rocoso, evitando la presencia de material orgánico.

Para lograr este objetivo, se propone implementar un proceso de mejora del suelo mediante la creación de varias capas estratégicas. La primera capa consistirá en una reposición de material granular grueso, comúnmente conocido como piedra bola, con diámetros comprendidos entre 20 y 30 centímetros, y con un espesor mínimo de 0,80 metros. Esta capa estará complementada con un lastre de relleno compactado de material graduado, que incluirá grava, arenas y finos.

El propósito de esta primera capa es crear una barrera efectiva que proteja la siguiente capa de mejoramiento del suelo contra los efectos del nivel freático. La segunda capa de mejoramiento consistirá en un suelo de granulometría más fina que la capa anterior, con un espesor de 0,35 metros. Por último, se agregará un replantillo de 10 centímetros de espesor (hormigón 21 MPa).

En conjunto, estas capas formarán un espesor total de mejora del suelo de 1,15 metros, proporcionando una base sólida y estable para la construcción. El material utilizado provendrá de la cantera de la provincia de El Oro, específicamente de la cantera Calichana, garantizando así la calidad y disponibilidad del material necesario para el proyecto.

Considerando que se trata de una cimentación superficial, se puede verificar mediante la ecuación $\frac{D_f}{B} \leq 4$, donde D_f es la profundidad del desplante y B es el ancho de la cimentación. Según el capítulo 13.3.1.2 del código ACI 318-14, no se especifica un espesor mínimo para zapatas corridas. Sin embargo, se establece que el peralte efectivo del refuerzo inferior debe ser de al menos 15 centímetros para garantizar una distribución adecuada de las cargas y la adherencia del concreto alrededor del refuerzo. Además, el código ACI 318-14 indica que el recubrimiento mínimo para elementos estructurales en contacto con el suelo o expuestos a la intemperie debería ser de al menos 7,5 centímetros. Considerando estas recomendaciones, se propone un espesor mínimo de 40 centímetros para la zapata.

Es fundamental considerar que el nivel freático del terreno se sitúa a una profundidad mínima de 1,15 metros. Por lo tanto, se lleva a cabo un corte de 2 metros de profundidad, medidos desde el nivel de bordillo, dejando una profundidad de desplante de 1,15 metros y proporcionando así 0,85 metros de zona libre para la colocación de la zapata. Este desplante garantiza una base sólida y estable para la cimentación, lo que permite que la estructura pueda soportar con seguridad y estabilidad las cargas previstas.

A continuación, en la Tabla 13 se presentan los datos del material de mejoramiento de 3 canteras de la provincia de El Oro y en la Tabla 14 se encuentra los datos utilizados en el diseño de una cimentación superficial tipo Zapata continua (Cantera Calichana), empleando la teoría de Terzaghi para suelos arcillosos firmes:

Tabla 28. Características del material de la provincia de El Oro

CANTERA	GRANULOMETRÍA				LÍMITES DE ATTERBERG		CLASIFICACIÓN			ENSAYO PROCTOR T-180 (C)			CBR
	Porcentaje pasante por tamiz				Límite Líquido	Límite Plástico	Índice Plástico	Índice de grupos	AASTHO	USCS	YD MÁX (kg/m ³)	% W OP T.	%
	Nº4	Nº10	Nº40	Nº200									
Calichana	42,3	33,4	17,5	1,68	23,4	17,89	5,51	0	A1a	GP	2258	7,5	6,8
Jubones	66,5	61,9	25	1,16			Np	0	A3	GP	2070	7,3	68

Chaguana	36,4	31	15,3	8,31	29	18,45	18,45	0	A-2-4	GW- GC	2062	7,5	59
----------	------	----	------	------	----	-------	-------	---	-------	-----------	------	-----	----

Fuente: Especificaciones técnicas MTOP

Tabla 29. Datos de suelo de la cantera Calichana para método de capacidad de carga de Terzaghi.

Profundidad de desplante, D_f ; (m):	1,15
Peso Volumétrico del suelo, G_m ; (Ton/m ³):	2,5
Cohesión del suelo, c ; (Ton/m ²):	0,0
Ángulo de fricción interna del suelo, F_i ; (grados):	32
Ancho o Radio del cimiento; B ó R ; (m):	0,70
Factor de seguridad, $F.S.$:	3,0

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, se derivan los siguientes valores para los factores N_c , N_q y N_g , los cuales varían en función del ángulo de fricción interna del suelo:

Tabla 30. Valores de presión efectiva N_c , N_q y N_g del método de Terzaghi.

Factor de cohesión, $N_c =$	44,04
Factor de sobrecarga, $N_q =$	28,52
Factor de piso, $N_g =$	26,87

Fuente: Elaboración propia.

Por lo que aplicando la fórmula:

$$q_c = 1,3c * N_c + G_m * D_f * N_q + 0,4 * G_m * B * N_g$$

Y reemplazando los valores, se obtiene la capacidad de carga máxima que el suelo puede soportar antes de que ocurra un fallo (q_c) de:

$$q_c = 105,5 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$$

Por lo que la capacidad de carga máxima admisible que puede soportar el suelo de manera segura sin que ocurra un fallo o deformaciones excesivas (q_a) es la siguiente:

$$q_a = 35,2 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$$

4 CAPITULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADO

4.1 Parámetros del suelo

Con el fin de determinar los parámetros geotécnicos de los suelos, se llevaron a cabo diversos ensayos y recopilados datos provenientes de tres sondeos cuantitativos en un área de 76,642.24 m² pertenecientes a los terrenos del barrio Servidores Universitarios llevados a cabo hasta una profundidad de 6 metros. Estos sondeos se realizaron siguiendo las directrices establecidas por la NEC para unidades de construcción de baja importancia y hasta tres niveles.

4.2 Tipo de suelo

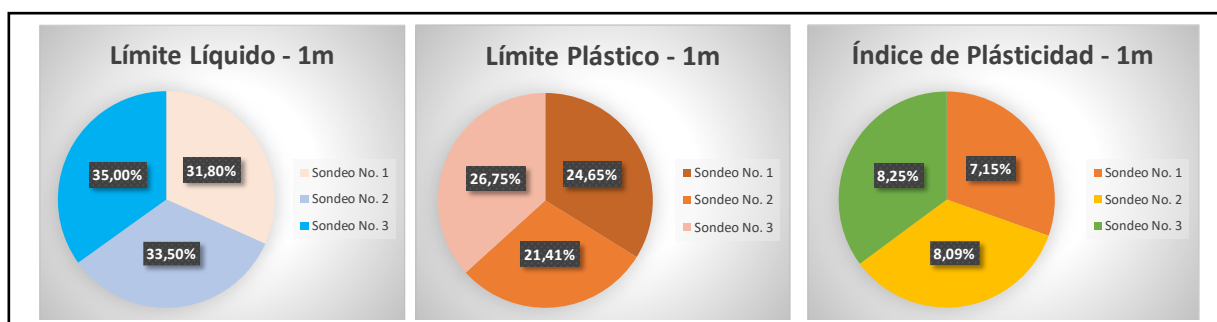
A continuación, se expondrán los resultados obtenidos mediante los diversos ensayos realizados a diferentes profundidades tal y como lo indica la norma:

4.2.1 Interpretación para profundidades de 1 metro

Debido a la planificación para el proyecto de construcciones de hasta 3 niveles, la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) establece que los sondeos de suelos deben extenderse hasta los 6 metros. En el presente análisis, se presenta un sondeo realizado a una profundidad de 1 metro. Se llevaron a cabo pruebas para determinar los límites de Atterberg, cuyos resultados se encuentran tabulados y representados mediante gráficos circulares como se muestra en la Ilustración 16, y con base en esos resultados, se aplicó la norma USCS, regida por la ASTM D-2487-98.

Según la clasificación USCS, los suelos pertenecen al grupo CL clase IV, que comprende arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad. Este grupo incluye arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas y arcillas pobres.

Ilustración 16. Límites de Atterberg para estratos de 1 metro de profundidad

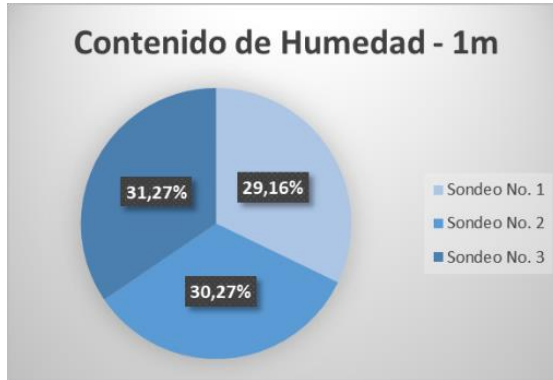


Fuente: Elaboración propia

Además, en el análisis del contenido de humedad (Ilustración 17), se recopilan datos de los sondeos realizados a una profundidad de 1 metro, tomando medidas de los tres sondeos

efectuadas. Estos datos revelan un contenido de humedad natural que ronda aproximadamente el 30%.

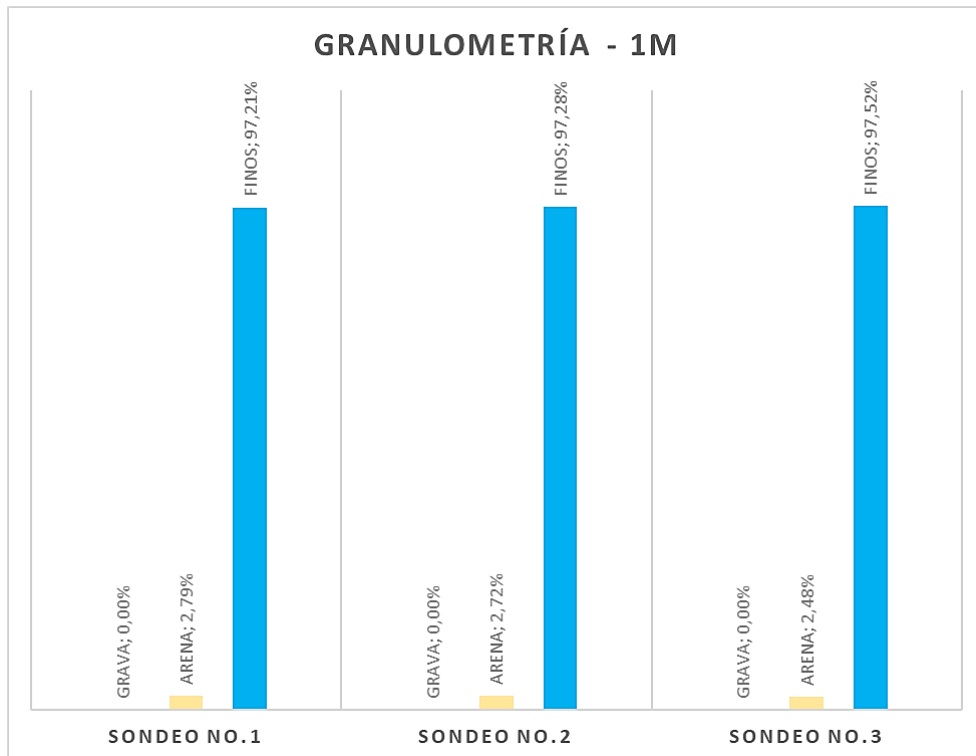
Ilustración 17. Contenido de humedad para estratos de 1 metro de profundidad



Fuente: Elaboración propia

Se ha definido mediante la norma USCS que los estratos a un metro de profundidad son suelos del grupo CL, pero con ayuda de los ensayos de granulometría por lavado se define con mejor claridad el porcentaje de material presente en cada estrato tal y como se muestran en la Ilustración 18 donde claramente predominan las partículas pasantes del tamiz No. 200 denominados como material fino.

Ilustración 18. Granulometría para estratos de 1 metro de profundidad



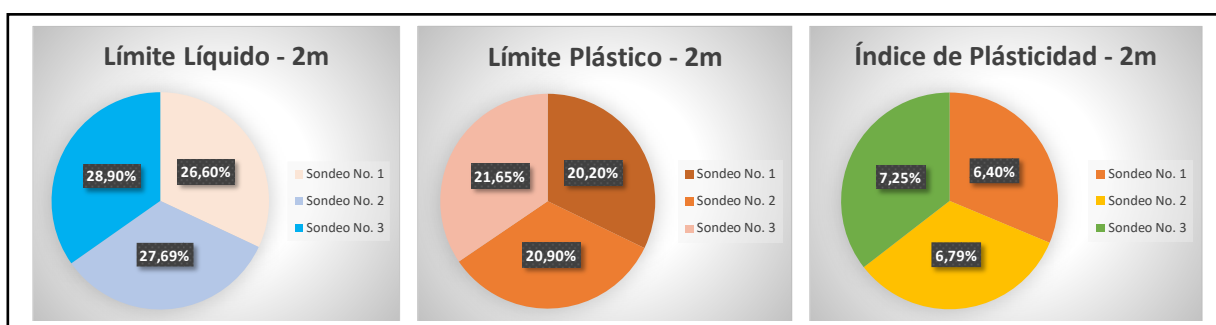
Fuente: Elaboración propia

4.2.2 Interpretación para profundidades de 2 metros

Debido a la planificación para el proyecto de construcciones de hasta 3 niveles, la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) establece que los sondeos de suelos deben extenderse hasta los 6 metros. En el presente análisis, se presenta un sondeo realizado a una profundidad de 2 metros. Se llevaron a cabo pruebas para determinar los límites de Atterberg, cuyos resultados se encuentran tabulados y representados mediante gráficos circulares como se muestra en la Ilustración 19, y con base en esos resultados, se aplicó la norma USCS, regida por la ASTM D-2487-98.

Según la clasificación USCS, los suelos pertenecen al grupo ML clase IV, que comprende limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca. Este grupo incluye arenas finas limosas o arcillas ligeramente plásticas.

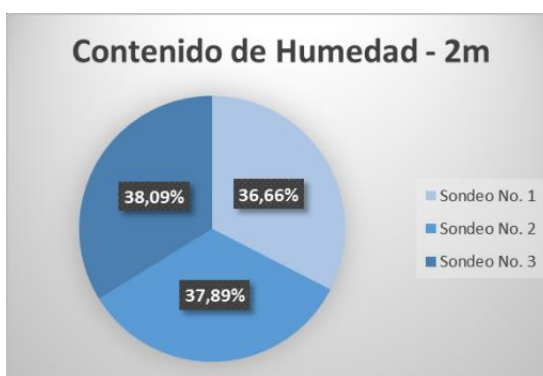
Ilustración 19. Límites de Atterberg para estratos de 2 metros de profundidad



Fuente: Elaboración propia

Además, en el análisis del contenido de humedad (Ilustración 20), se recopilan datos de los sondeos realizados a una profundidad de 2 metros, tomando medidas de los tres sondeos efectuadas. Estos datos revelan un contenido de humedad natural que ronda aproximadamente el 36%.

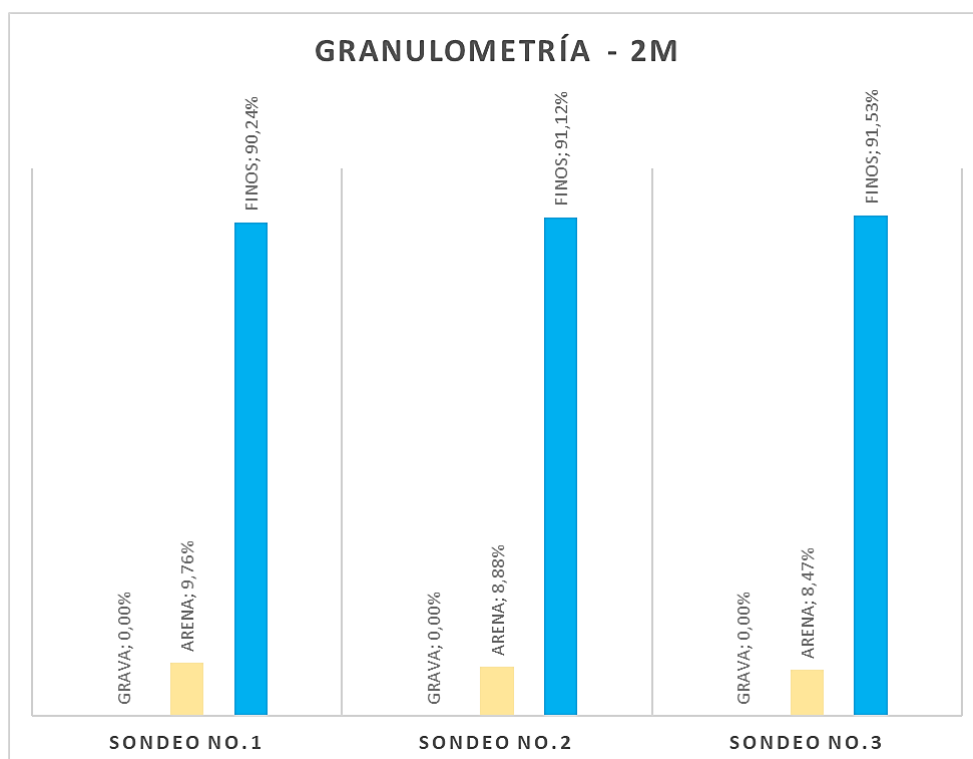
Ilustración 20. Contenido de humedad para estratos de 2 metros de profundidad



Fuente: Elaboración propia

Se ha definido mediante la norma USCS que los estratos a 2 metros de profundidad son suelos del grupo ML, pero con ayuda de los ensayos de granulometría por lavado se define con mejor claridad el porcentaje de material presente en cada estrato tal y como se muestran en la Ilustración 21 donde claramente predominan las partículas pasantes del tamiz No. 200 denominados como material fino y que, a diferencia de los estratos a 1 metro, estos tienen más contenido de arena.

Ilustración 21. Granulometría para estratos de 2 metros de profundidad



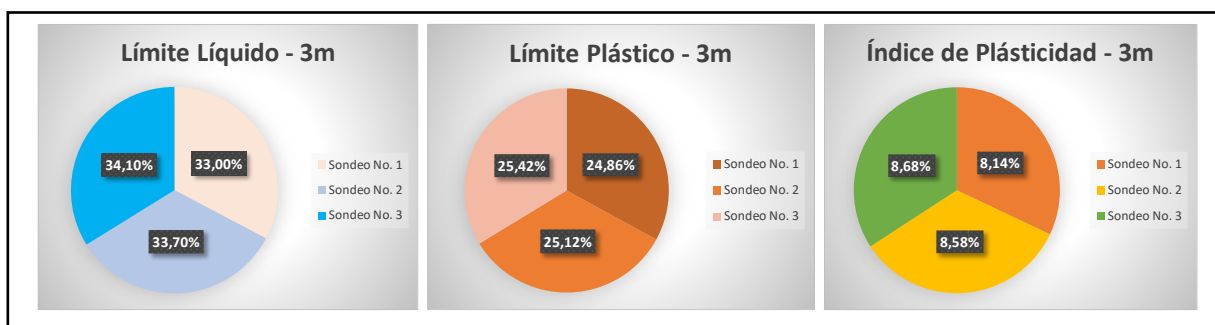
Fuente: Elaboración propia

4.2.3 Interpretación para profundidades de 3 metros

Debido a la planificación para el proyecto de construcciones de hasta 3 niveles, la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) establece que los sondeos de suelos deben extenderse hasta los 6 metros. En el presente análisis, se presenta un sondeo realizado a una profundidad de 3 metros. Se llevaron a cabo pruebas para determinar los límites de Atterberg, cuyos resultados se encuentran tabulados y representados mediante gráficos circulares como se muestra en la Ilustración 22, y con base en esos resultados, se aplicó la norma USCS, regida por la ASTM D-2487-98.

Según la clasificación USCS, los suelos pertenecen al grupo CL clase IV, que comprende arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad. Este grupo incluye arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas y arcillas pobres.

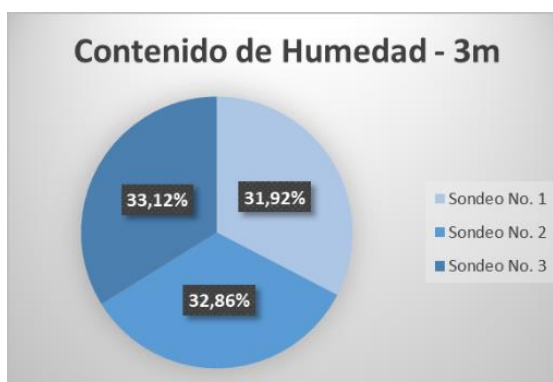
Ilustración 22. Límites de Atterberg para estratos de 3 metros de profundidad



Fuente: Elaboración propia

Además, en el análisis del contenido de humedad (Ilustración 23), se recopilan datos de los sondeos realizados a una profundidad de 3 metros, tomando medidas de los tres sondeos efectuadas. Estos datos revelan un contenido de humedad natural que ronda aproximadamente el 32%.

Ilustración 23. Contenido de humedad para estratos de 3 metros de profundidad

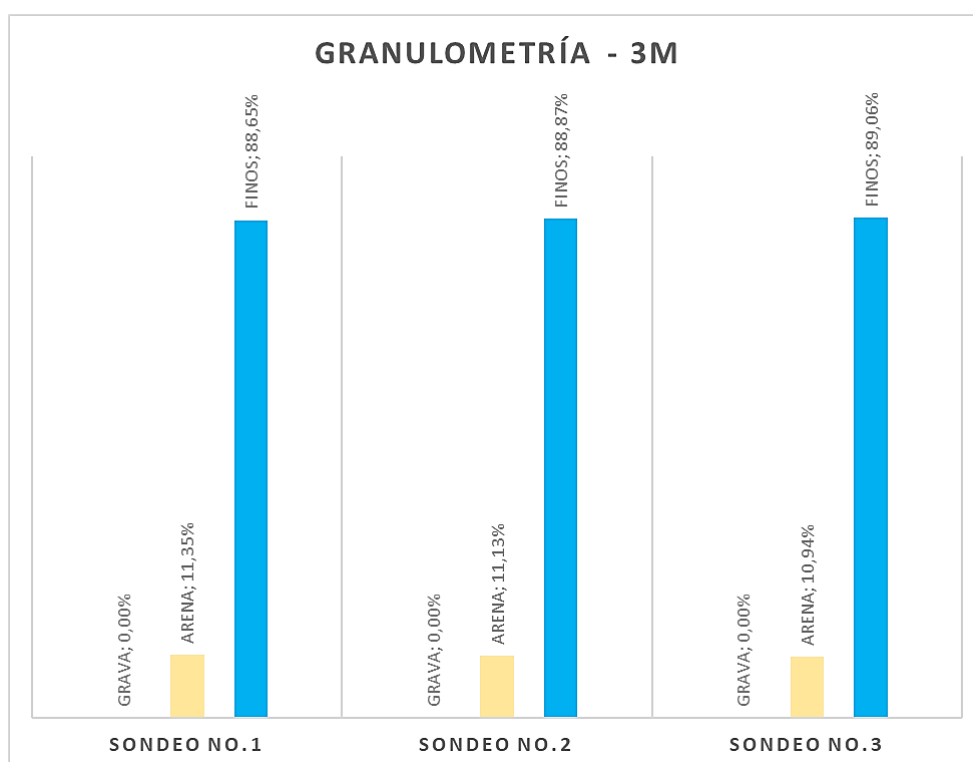


Fuente: Elaboración propia

Se ha definido mediante la norma USCS que los estratos a 3 metros de profundidad son suelos del grupo CL, pero con ayuda de los ensayos de granulometría por lavado se define con mejor claridad el porcentaje de material presente en cada estrato tal y como se muestran en la Ilustración 24 donde claramente predominan las partículas pasantes del tamiz No. 200 clasificados como material fino.

En comparación con la muestra a 1 metro de profundidad, el estrato a 3 metros presenta un mayor porcentaje de material granular arenoso, indicando un leve aumento en la proporción de arenas a medida que se profundiza en el suelo

Ilustración 24. Granulometría para estratos de 3 metros de profundidad



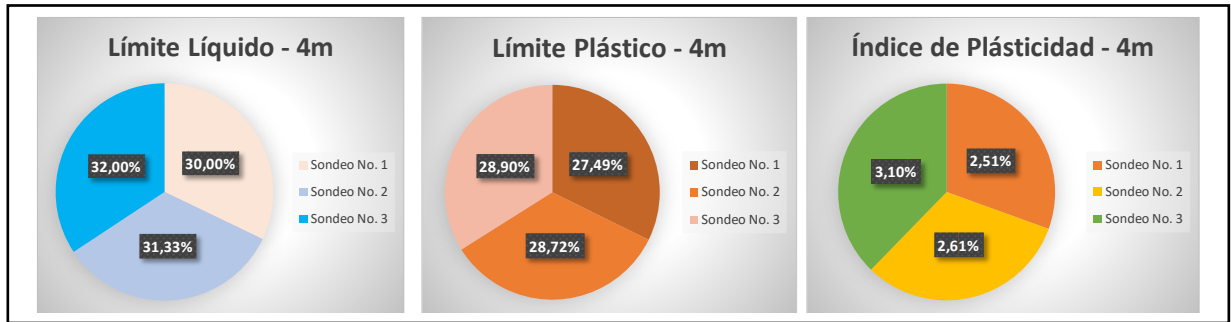
Fuente: Elaboración propia

4.2.4 Interpretación para profundidades de 4 metros

Debido a la planificación para el proyecto de construcciones de hasta 3 niveles, la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) establece que los sondeos de suelos deben extenderse hasta los 6 metros. En el presente análisis, se presenta un sondeo realizado a una profundidad de 4 metros. Se llevaron a cabo pruebas para determinar los límites de Atterberg, cuyos resultados se encuentran tabulados y representados mediante gráficos circulares como se muestra en la Ilustración 25, y con base en esos resultados, se aplicó la norma USCS, regida por la ASTM D-2487-98.

Según la clasificación USCS, los suelos pertenecen al grupo CL clase IV, que comprende arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad. Este grupo incluye arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas y arcillas pobres.

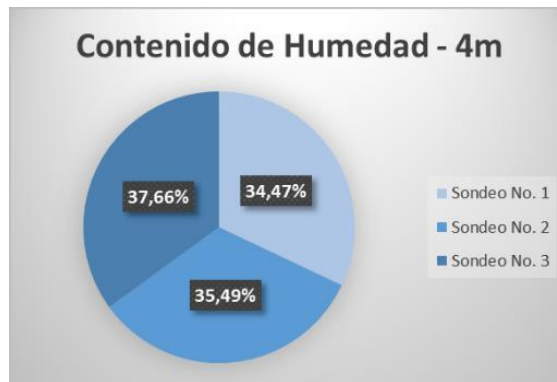
Ilustración 25. Límites de Atterberg para estratos de 4 metros de profundidad



Fuente: Elaboración propia

Además, en el análisis del contenido de humedad (Ilustración 26), se recopilan datos de los sondeos realizados a una profundidad de 4 metros, tomando medidas de los tres sondeos efectuadas. Estos datos revelan un contenido de humedad natural que ronda aproximadamente el 36%.

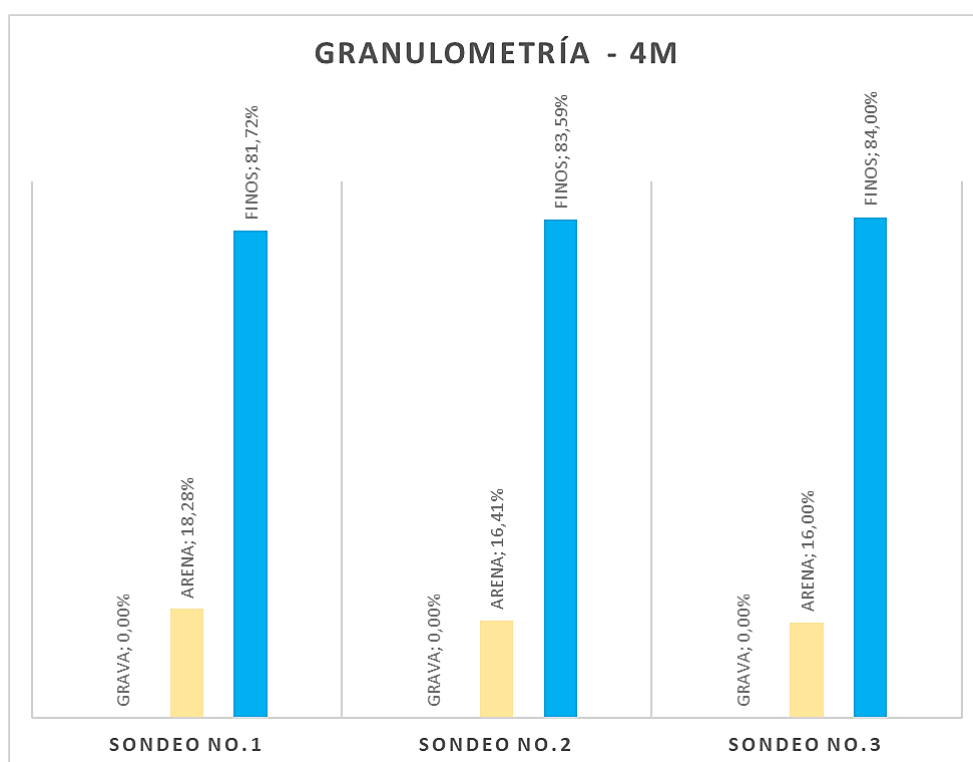
Ilustración 26. Contenido de humedad para estratos de 4 metros de profundidad



Fuente: Elaboración propia

Se ha definido mediante la norma USCS que los estratos a 4 metros de profundidad son suelos del grupo CL, pero con ayuda de los ensayos de granulometría por lavado se define con mejor claridad el porcentaje de material presente en cada estrato tal y como se muestran en la Ilustración 27 donde claramente predominan las partículas pasantes del tamiz No. 200 denominados como material fino. A su vez, se sigue notando el incremento del porcentaje de arenas a medida que se profundiza en el suelo.

Ilustración 27. Granulometría para estratos de 4 metros de profundidad



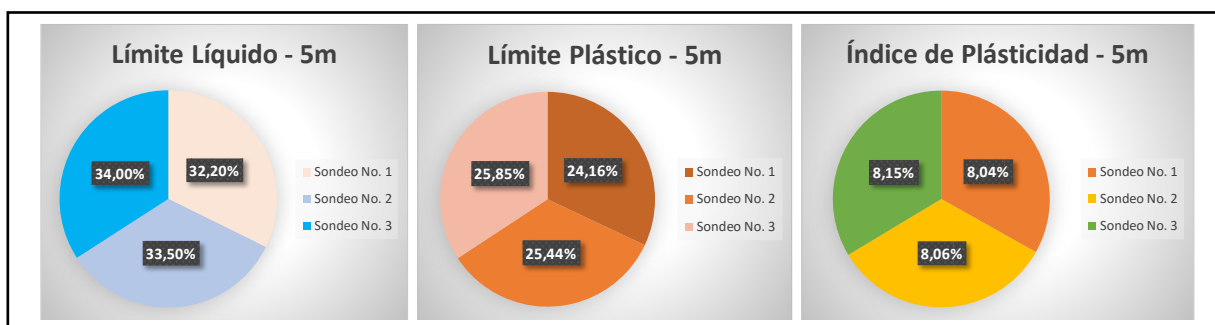
Fuente: Elaboración propia

4.2.5 Interpretación para profundidades de 5 metros

Debido a la planificación para el proyecto de construcciones de hasta 3 niveles, la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) establece que los sondeos de suelos deben extenderse hasta los 6 metros. En el presente análisis, se presenta un sondeo realizado a una profundidad de 5 metros. Se llevaron a cabo pruebas para determinar los límites de Atterberg, cuyos resultados se encuentran tabulados y representados mediante gráficos circulares como se muestra en la Ilustración 28, y con base en esos resultados, se aplicó la norma USCS, regida por la ASTM D-2487-98.

Según la clasificación USCS, los suelos pertenecen al grupo CL clase IV, que comprende arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad. Este grupo incluye arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas y arcillas pobres.

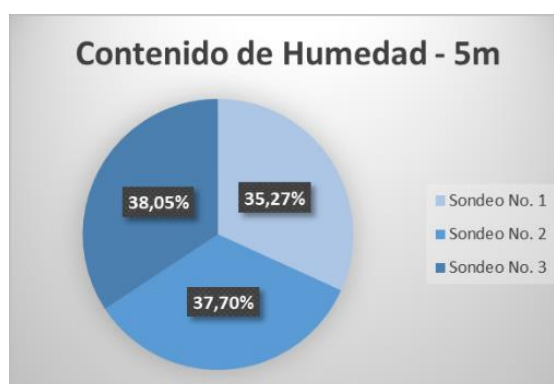
Ilustración 28. Límites de Atterberg para estratos de 5 metros de profundidad



Fuente: Elaboración propia

Además, en el análisis del contenido de humedad (Ilustración 29), se recopilan datos de los sondeos realizados a una profundidad de 5 metros, tomando medidas de los tres sondeos efectuadas. Estos datos revelan un contenido de humedad natural que ronda aproximadamente el 37%.

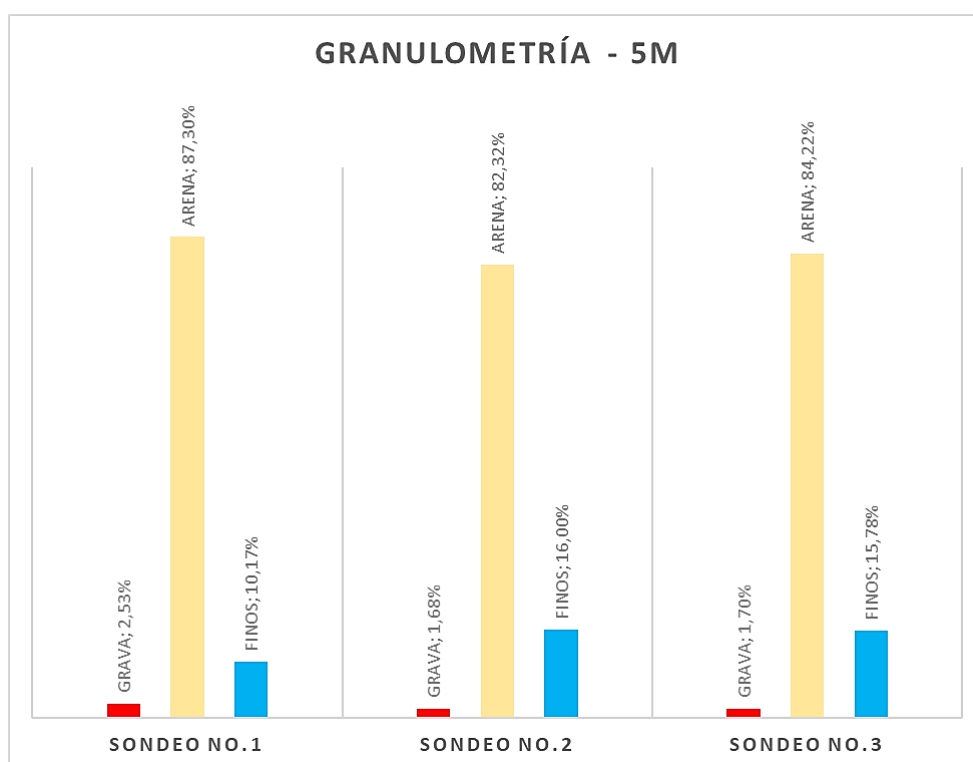
Ilustración 29. Contenido de humedad para estratos de 5 metros de profundidad



Fuente: Elaboración propia

Se ha definido mediante la norma USCS que los estratos a 5 metros de profundidad son suelos del grupo CL. No obstante, la aplicación de ensayos de granulometría por lavado ha permitido una definición más precisa del contenido en cada estrato, tal y como se evidencia en la Ilustración 30 donde a diferencia del resto de sondeos a distintas profundidades, este estrato es el único cuyo porcentaje pasante del tamiz No. 40 es mayor en proporción al pasante del tamiz No. 200. Esto señala un incremento sustancial de material arenoso, además, se observa la presencia adicional de un pequeño porcentaje de gravas a esta profundidad.

Ilustración 30. Granulometría para estratos de 5 metros de profundidad



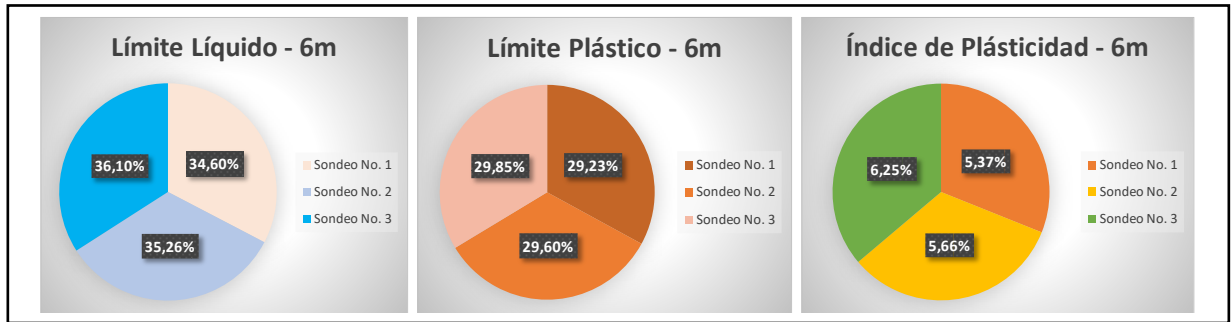
Fuente: Elaboración propia

4.2.6 Interpretación para profundidades de 6 metros

Debido a la planificación para el proyecto de construcciones de hasta 3 niveles, la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) establece que los sondeos de suelos deben extenderse hasta los 6 metros. En el presente análisis, se presenta un sondeo realizado a una profundidad de 6 metros. Se llevaron a cabo pruebas para determinar los límites de Atterberg, cuyos resultados se encuentran tabulados y representados mediante gráficos circulares como se muestra en la Ilustración 31, y con base en esos resultados, se aplicó la norma USCS, regida por la ASTM D-2487-98.

Según la clasificación USCS, los suelos pertenecen al grupo CL clase IV, que comprende arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad. Este grupo incluye arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas y arcillas pobres.

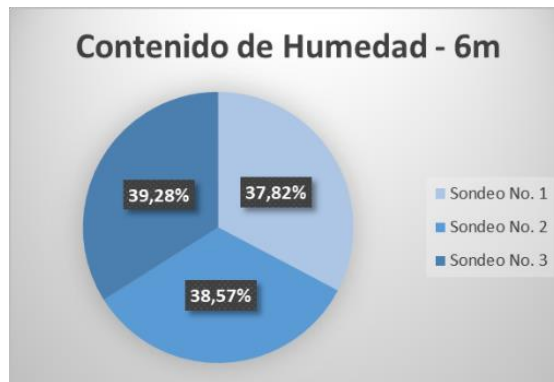
Ilustración 31. Límites de Atterberg para estratos de 6 metros de profundidad



Fuente: Elaboración propia

Además, en el análisis del contenido de humedad (Ilustración 32), se recopilan datos de los sondeos realizados a una profundidad de 5 metros, tomando medidas de los tres sondeos efectuadas. Estos datos revelan un contenido de humedad natural que ronda aproximadamente el 38%.

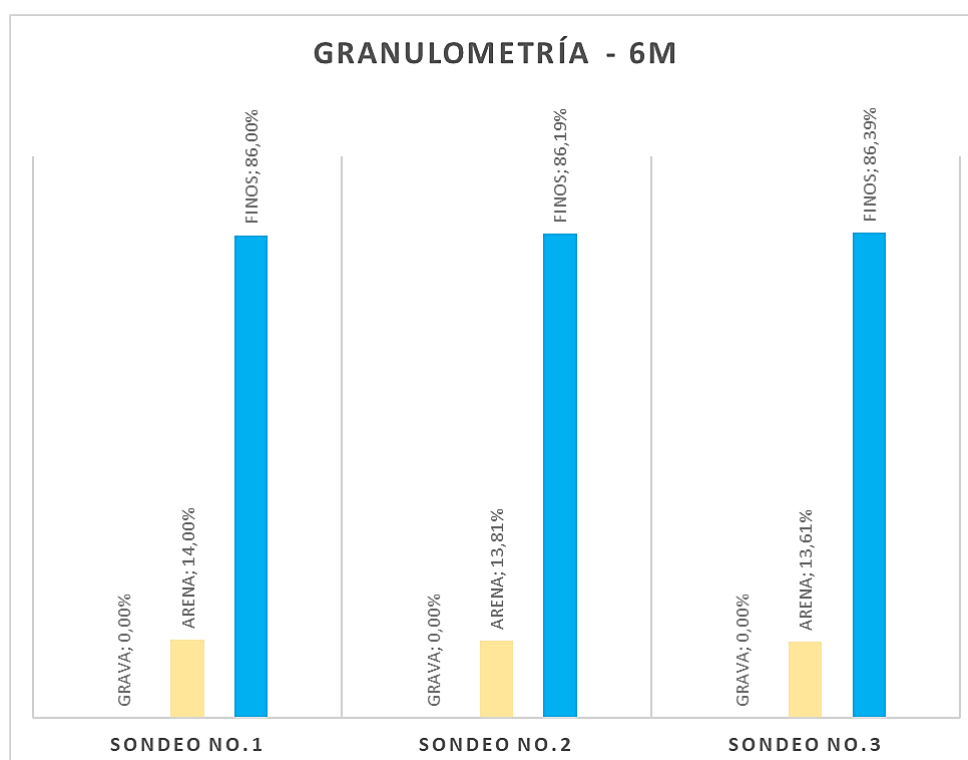
Ilustración 32. Contenido de humedad para estratos de 6 metros de profundidad



Fuente: Elaboración propia

Mediante la norma USCS, se ha establecido que los estratos a una profundidad de 5 metros corresponden a suelos del grupo CL. Sin embargo, la aplicación de ensayos de granulometría por lavado ha proporcionado una definición más precisa del contenido en cada estrato, como se detalla en la Ilustración 33. Aquí podemos destacar la predominancia evidente de partículas finas que pasan a través del tamiz No. 200, clasificadas como material fino. Se observa, además, una presencia leve de material arenoso pasante del tamiz No. 40, mientras que no se detectan rastros de grava, a diferencia de los sondeos a 5 metros de profundidad donde su presencia era notable.

Ilustración 33. Granulometría para estratos de 6 metros de profundidad



Fuente: Elaboración propia

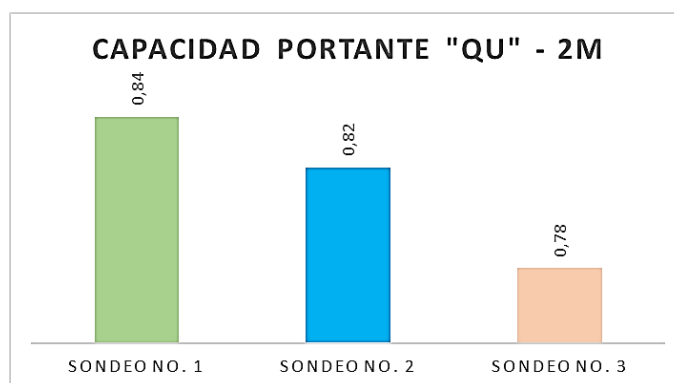
4.2.7 Capacidad portante del suelo

El ensayo de esfuerzo triaxial realizado en este proyecto ha sido fundamental para determinar la capacidad de carga máxima del terreno. Este valor proporciona la base para evaluar diversas opciones de cimentación, considerando la carga que será aplicada al terreno. Si la capacidad portante del suelo supera la carga transmitida por la edificación a través de sus elementos estructurales, como las columnas, no será necesario mejorar el terreno ni recurrir a cimentaciones más robustas.

Los resultados de este ensayo se presentan en un gráfico de barras, detallando las evaluaciones realizadas en cuatro profundidades distintas, tal como se indica a continuación:

- **Sondeo a 2 metros.** – La capacidad portante a esta profundidad va desde los 0,78 kg/cm², hasta los 0,84 kg/cm² en los 3 sondeos. Lo que significa que, la capacidad más crítica de este estrato es de 0,78 kg/cm² lo que se traduce en 7,8 Tn/m², la misma que se tomará como referencia para la evaluación de la capacidad de carga que se querrá transmitir al suelo sin que exista falla.

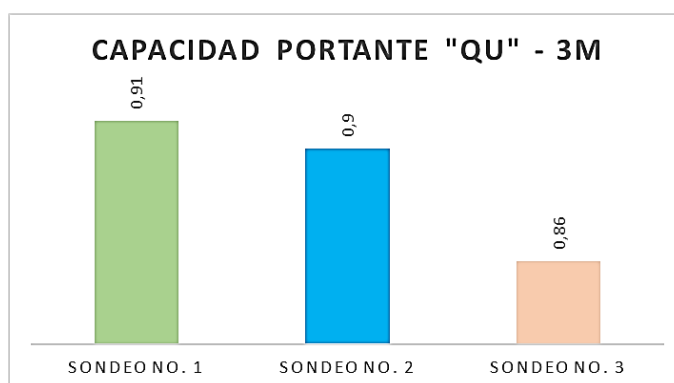
Ilustración 34. Capacidad portante para estratos de 2 metros de profundidad



Fuente: Elaboración propia

- **Sondeo a 3 metros.** – La capacidad portante a esta profundidad va desde los 0,86 kg/cm², hasta los 0,91 kg/cm² en los 3 sondeos. Lo que significa que, la capacidad más crítica de este estrato es de 0,86 kg/cm² lo que se traduce en 8,60 Tn/m², la misma que se tomará como referencia para la evaluación de la capacidad de carga que se querrá transmitir al suelo sin que exista falla.

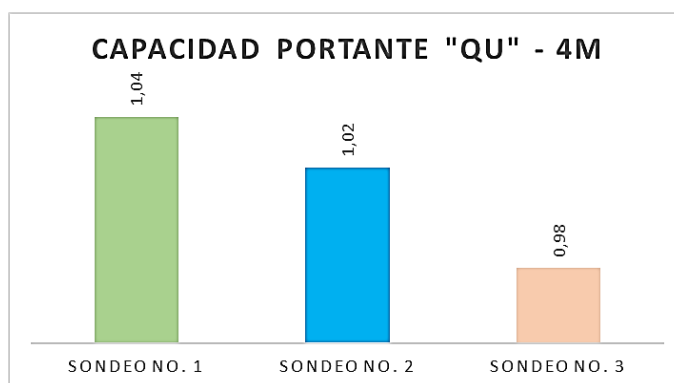
Ilustración 35. Capacidad portante para estratos de 3 metros de profundidad



Fuente: Elaboración propia

- **Sondeo a 4 metros.** – La capacidad portante a esta profundidad va desde los 0,98 kg/cm², hasta los 1,04 kg/cm² en los 3 sondeos. Lo que significa que, la capacidad más crítica de este estrato es de 0,98 kg/cm² lo que se traduce en 9,80 Tn/m², la misma que se tomará como referencia para la evaluación de la capacidad de carga que se querrá transmitir al suelo sin que exista falla.

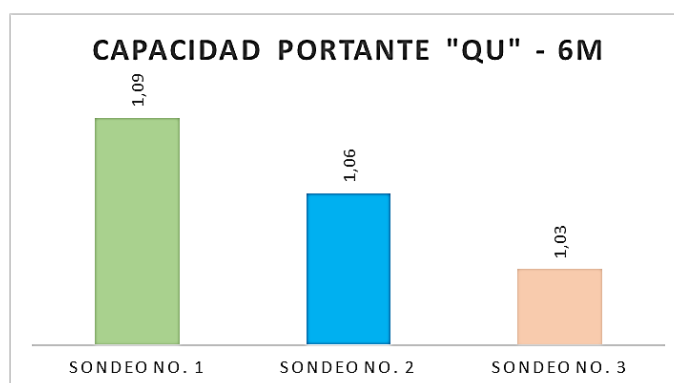
Ilustración 36. Capacidad portante para estratos de 4 metros de profundidad



Fuente: Elaboración propia

- **Sondeo a 6 metros.** – La capacidad portante a esta profundidad va desde los 1,03 kg/cm², hasta los 1,09 kg/cm² en los 3 sondeos. Lo que significa que, la capacidad más crítica de este estrato es de 1,03 kg/cm² lo que se traduce en 10,30 Tn/m², la misma que se tomará como referencia para la evaluación de la capacidad de carga que se querrá transmitir al suelo sin que exista falla.

Ilustración 37. Capacidad portante para estratos de 6 metros de profundidad



Fuente: Elaboración propia

4.3 Estratigrafía del terreno

Como se reconoce, la ciudad de Machala mayoritariamente presenta suelos de arcillas marinas de estuario, resultado de la interacción entre lecho marino y agua dulce. Los ensayos realizados han permitido identificar el tipo de material presente en seis niveles diferentes, los cuales, en su mayoría, han sido definidos como arcillas de baja y media plasticidad (CL) con la ayuda de la Clasificación Unificada para Suelos (UCSC).

Adicionalmente, se ha llevado a cabo un diseño estructural que ha arrojado un valor de carga ejercida por columna sobre el suelo. Este valor deberá ser soportado por un tipo específico de

cimentación conocido como zapata. A través del ensayo triaxial, se ha determinado la capacidad portante del suelo, lo que permite evaluar si el suelo, por sí mismo, es capaz de resistir las fuerzas generadas por una edificación de 3 niveles, o si es necesario mejorar el suelo para garantizar la estabilidad. Esta capacidad portante del suelo, esencial para el diseño de la cimentación superficial encargada de distribuir uniformemente las cargas del edificio al suelo, también forma parte integral de la estratigrafía del terreno.

A continuación, se presentan las estratigrafías de los tres sondeos realizadas para el proyecto, cada una acompañada de sus respectivos sondeos, tal como indica la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC):

Ilustración 38. Estratigrafía del sondeo No.1 para una profundidad de 6 metros

LABORATORIO DE SUELOS & PAVIMENTOS			SIMBOLOGIA		NOMENCLATURA									
RENI JOSE UCHUARI ROBLES RESPONSABLE TECNICO				RELLENO	NAF= Nivel de agua freática W = Humedad natural L. L. = Límite líquido L. P. = Límite plástico I. P. = Índice plástico "qu" = Compresión simple = Deformación N = Número de golpes (SPT)									
				GRAVA		ARENA		LIMO		ARCILLA				
PROF mts.	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	ESTRATI GRAFIA	NAF	MUESTRA #	CLASIF. SUCS	W %	L. L. %	L. P. %	I. P. %	GRANULOMETRIA			"qu"	
	RELLENO		▽	0,4						% Pasante tamiz N°4	% Pasante tamiz N°40	% Pasante tamiz N°200	(Kg/cm ²)	
1	Arcilla color café claro,		-1.05	1	1,00- 2,00	CL	29,16	31,8	24,65	7,152	100,00	99,66	97,21	
2	Arcilla color café claro, consistencia mediana humedad mediana.			2	2,00 3,00	ML	36,66	26,60	20,20	6,40	100,00	99,22	90,24	0,84
3				3	3,00 4,00	CL	31,92	33,00	24,86	8,14	100,00	90,83	88,65	0,91
4	Arcilla limosa,color café claro compacidad relativa firme, mediana humedad			4	4,00 5,00	CL	34,47	30,00	27,49	2,51	100,00	98,97	81,72	1,04
5				5	5,00 6,00	CL	35,27	32,20	24,16	8,04	97,47	86,80	10,17	
6	Arcilla firmes			6	6,00 7,00	CL	37,82	34,60	29,23	5,37	100,00	93,74	86,00	1,09

PROYECTO: TITULACIÓN DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA

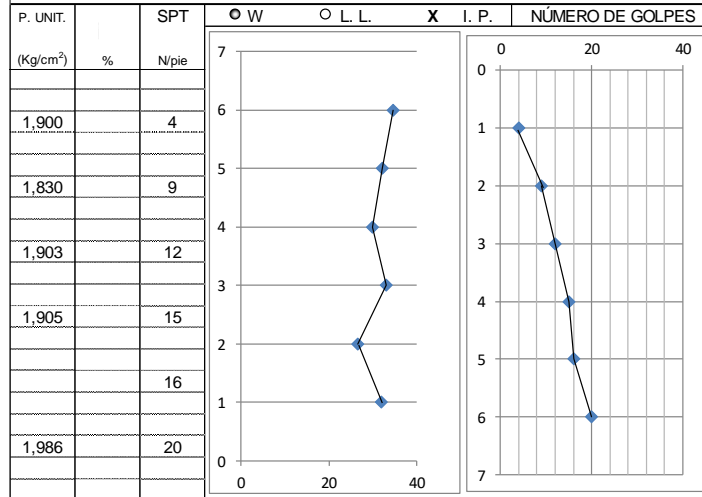
SOLICITA: UTMACH

UBICACIÓN : CIUDAD DE MACHALA

PERFORACION Nº 1

DIRECCION: PARROQUIA EL CAMBIO MAC HALA

LUGAR: BARRIO SERVIDORES UNIVERSITARIOS AREA: 76.642,24 m2



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 39. Estratigrafía del sondeo No.2 para una profundidad de 6 metros

LABORATORIO DE SUELOS & PAVIMENTOS		SIMBOLOGIA		NOMENCLATURA	
RENI JOSE UCHUARI ROBLES RESPONSABLE TECNICO			RELLENO	NAF= Nivel de agua freática	
			GRAVA	W = Humedad natural	
			ARENA	L. L. = Limite líquido	
			LIMO	L. P.= Limite plástico	
			ARCILLA	I. P. = Índice plástico	
				"qu" = Compresión simple	
				= Deformación	
				N = Número de golpes (SPT)	

PROF. mts.	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	ESTRATI GRAFIA	NAF	MUESTRA		CLASIF. SUCS	W %	L. L. %	L. P. %	I. P. %	GRANULOMETRIA			"qu" (Kg/cm ²)
				#	PROFUNDIDAD						% Pasante tamiz N°4	% Pasante tamiz N°40	% Pasante tamiz N°200	
	RELLENO		0,4											
1	Arcilla color café claro,	 -1,15 AGUA	1	1,00- 2,00	CL	30,27	33,5	25,41	8,094	100,00	99,68	97,28		
2	Arcilla color café claro, consistencia mediana humedad mediana.		2	2,00 3,00	ML	37,89	27,69	20,90	6,79	100,00	99,36	91,12	0,82	
3			3	3,00 4,00	CL	32,86	33,70	25,12	8,58	100,00	90,16	88,87	0,9	
4	Arcilla limosa,color café claro compasidad relativa firme, mediana humedad		4	4,00 5,00	CL	35,49	31,33	28,72	2,61	100,00	99,12	83,59	1,02	
5			5	5,00 6,00	CL	37,70	33,50	25,44	8,06	98,00	85,06	12,40		
6	Arcilla firmes		6	6,00 7,00	CL	38,57	35,26	29,60	5,66	100,00	93,83	86,19	1,06	

PROYECTO: TITULACIÓN DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA

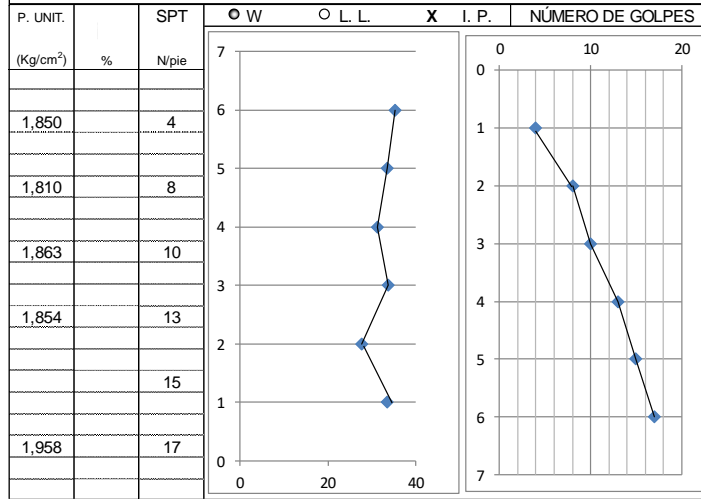
SOLICITA: UTMACH

UBICACIÓN : CIUDAD DE MACHALA

PERFORACION Nº 2

DIRECCION: PARROQUIA EL CAMBIO MAC HALA

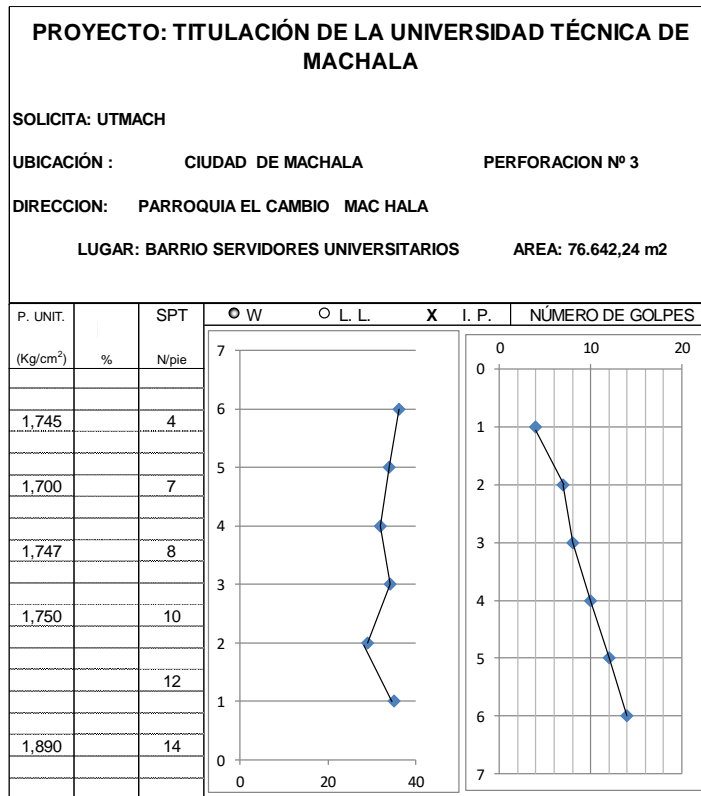
LUGAR: BARRIO SERVIDORES UNIVERSITARIOS AREA: 76.642,24 m2



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 40. Estratigrafía del sondeo No.3 para una profundidad de 6 metros

LABORATORIO DE SUELOS & PAVIMENTOS			SIMBOLOGIA		NOMENCLATURA									
RENI JOSE UCHUARI ROBLES RESPONSABLE TECNICO				RELLENO	NAF= Nivel de agua freática									
				GRAVA	W = Humedad natural									
				ARENA	L. L. = Limite liquido									
				LIMO	L. P.= Limite plástico									
				ARCILLA	I. P. = Indice plástico									
					"qu" = Compresión simple									
					= Deformación									
					N = Número de golpes (SPT)									
PROF mts.	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	ESTRATI GRAFIA	NAF #	MUESTRA #	CLASIF. SUCS	W %	L. L. %	L. P. %	I. P. %	GRANULOMETRIA			"qu"	
	RELLENO		0,4							% Pasante tamiz N°4	% Pasante tamiz N°40	% Pasante tamiz N°200	(Kg/cm ²)	
1	Arcilla color café claro,		-1,25	1	1,00- 2,00	CL	31,27	35	26,75	8,251	100,00	99,72	97,52	
2	Arcilla color café claro, consistencia mediana humedad mediana.		2	2,00 3,00	ML	38,09	28,90	21,65	7,25	100,00	99,44	91,53	0,78	
3			3	3,00 4,00	CL	33,12	34,10	25,42	8,68	100,00	90,70	89,06	0,86	
4	Arcilla limosa,color café claro compasidad relativa firme, mediana humedad		4	4,00 5,00	CL	37,66	32,00	28,90	3,10	100,00	99,22	84,00	0,98	
5			5	5,00 6,00	CL	38,05	34,00	25,85	8,15	98,32	90,61	16,00		
6	Arcilla firmes		6	6,00 7,00	CL	39,28	36,10	29,85	6,25	100,00	93,95	86,39	1,03	



Fuente: Elaboración propia

4.4 Capacidad portante

El valor de la capacidad portante del suelo a una profundidad de 2 metros en el proyecto fue de 7,8 Tn/m². Este dato fue utilizado como base para el desarrollo del diseño arquitectónico y la realización de un análisis estructural exhaustivo para una edificación de 3 niveles. El diseño es trasladado al software de análisis estructural, en este caso ETABS, para poder conocer si el suelo es capaz de soportar a la estructura sin la necesidad de realizar un mejoramiento del terreno.

Se empleó la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) para calcular las cargas gravitacionales vivas y muertas que se ubicarían según corresponda en el software, así como el espectro de diseño para un sismo con periodo de retorno de 475 años. Se determinó que la carga que ejerce cada columna hacia el suelo es de 34,84 toneladas. Por lo que, para cumplir con esta demanda estructural, se requiere implementar un sistema de cimentación adecuado, capaz de trasladar estos esfuerzos uniformemente hacia el suelo.

Se aplicó el método para capacidad de carga de Terzaghi, lo que condujo a proponer un mejoramiento del suelo de dos capas con espesor total de 1.10 metros y con profundidad de desplante de 0,9 metros medidos desde el bordillo. Este procesó resultó en una nueva capacidad admisible del suelo, alcanzando las 37,10 Tn/m², superando en un 1.06 veces el esfuerzo provocado por la columna, valorado en 34,84 Tn/m².

CONCLUSIONES

- A través de una serie de ensayos dedicados al análisis de las características físicas y mecánicas del suelo, los cuales se encuentran detallados en la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC, se ha logrado caracterizar los distintos estratos del suelo hasta una profundidad de 6 metros. El estudio se llevó a cabo mediante la recopilación de muestras del suelo por sondeos realizados en base a los niveles de construcción de la edificación que se propuso para el proyecto.
- Se llevó a cabo un estudio geotécnico en concordancia con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), mediante el cual se determinaron los límites de Atterberg, granulometría, contenido de humedad del suelo hasta una profundidad de 6 metros. Este análisis permitió clasificar el tipo de suelo de acuerdo con la norma USCS, revelando que, en las profundidades de 1, 3, 4, 5 y 6 metros se trata de una arcilla con baja y media plasticidad (CL). Por otro lado, a una profundidad de 2 metros se clasificó como ML, es decir, limos arcillosos de arenas finas con ligera plasticidad.
- El ensayo de compresión triaxial reveló que la capacidad de carga admisible mínima natural del suelo del proyecto es de 7,8 toneladas por metro cuadrado a una profundidad de 2 metros. Con el objetivo de evaluar esta capacidad de carga para una posible construcción de un edificio de 3 pisos sobre el suelo, se utilizó un software de análisis estructural para modelar un edificio estándar con las características geológicas y sísmicas del terreno del proyecto. El software muestra que la estructura tendrá un peso total de 522,565 toneladas y que la fuerza máxima que ejercerá la edificación sobre el suelo a través de cada columna es de 34,84 toneladas. Este análisis proporciona una estimación más que fiable de la carga que soportará el suelo y permite evaluar la viabilidad y seguridad del proyecto de construcción propuesto.
- Para que el suelo del proyecto pueda soportar los diferentes esfuerzos que se producirán por la estructura es necesario de un mejoramiento del mismo, por lo que se propuso mejorar el terreno con un material cuyas características físicas y mecánicas son capaces de otorgar la resistencia suficiente como para poder contrarrestar como mínimo el valor

ejercido por la estructura que es de 34,84 toneladas lo cual se logró en conjunto con una zapata corrida cuyo desplante fue de 0,8 metros medidos desde el nivel de bordillo. La zapata corrida propuesta en tándem con las características del material de mejoramiento de la cantera Calichana generan una capacidad de carga admisible de 35,20 Tn/m² por lo que este valor supera al generado individualmente por las columnas del edificio sobre el suelo.

RECOMENDACIONES

- Para obtener una comprensión completa de los requisitos de un proyecto o tema, es fundamental llevar a cabo una exhaustiva investigación bibliográfica. Este proceso implica evaluar meticulosamente la metodología que se utilizará, teniendo en cuenta las necesidades específicas de la población o muestra del proyecto, así como el objetivo principal que se busca alcanzar con el estudio en cuestión. Es crucial seleccionar métodos de investigación apropiados que sean capaces de proporcionar datos relevantes y significativos para abordar las preguntas de investigación planteadas y lograr los objetivos establecidos. Además, una revisión exhaustiva de la literatura existente ayuda a identificar vacíos en el conocimiento, establecer el contexto teórico adecuado y fundamentar la relevancia del proyecto dentro del campo de estudio correspondiente. De esta manera, una investigación bibliográfica completa y bien planificada sienta las bases sólidas para un estudio riguroso y efectivo.
- Para llevar a cabo los sondeos en este proyecto, se optó por el método SPT. Es importante señalar que, si bien esta fue la elección principal, existen otras alternativas disponibles. La selección del método más apropiado dependerá en gran medida de diversos factores, como la disponibilidad del equipo necesario, el nivel de destreza requerido para su manejo y la obtención de las licencias correspondientes que garanticen que el trabajo sea realizado por un profesional especializado. Es relevante destacar que, debido a la carencia de ciertas herramientas en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil donde se llevaron a cabo los ensayos, se requirió la colaboración de una compañía de maquinaria pesada y otro laboratorio más avanzado. En este sentido, fue necesario realizar pagos para poder acceder a las herramientas y recursos especializados que estos lugares ofrecían.
- La elección de la cimentación superficial tipo zapata corrida no es la única opción disponible para el edificio; esta decisión depende de diversos factores como el tipo de suelo y el análisis costo-beneficio de cada sistema. El propósito del proyecto es determinar la capacidad portante del suelo y sugerir un tipo de cimentación en base a las características específicas del terreno, sin realizar una evaluación exhaustiva de la viabilidad de dicho método. El método de Terzaghi ofrece tres tipos de zapatas dentro de las cimentaciones superficiales: continuas, corridas y circulares. La elección del tipo de

cimentación propuesto en el proyecto se basa en los conocimientos impartidos por el docente en la materia de cimentaciones.

- Dado que el nivel freático se encuentra aproximadamente a 1 metro del suelo, se sugiere el uso de equipo especializado, como bombas de succión, para facilitar la extracción de muestras del suelo que luego serán analizadas en el laboratorio, así como para la construcción de las cimentaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AASHTO D-422 63. (2007). *Ensayo para determinar la granulometría por tamizado e hidrómetro*.
- AASHTO D-2850. (2007). *Standard Test Method for Unconsolidated-Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils*.
- AASHTO T 89-02. (2002). *Standard Method of Test for Determining the Liquid Limit of Soils (AASHTO T 89-02)*.
- Abdelkader, M., Sliuzas, R., Boerboom, L., & Zevenbergen, J. (2022). The unintended consequences of Egypt's institutional land regime on unplanned settlement growth in the Nile Valley. *Land Use Policy*, 113, 105887. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105887>
- Abdelrahman, K., Alamri, A. M., Al-Otaibi, N., & Fnais, M. (2020). Geotechnical assessment for the ground conditions in Makah Al-Mukarramah city, Saudi Arabia. *Journal of King Saud University - Science*, 32(3), 2112–2121. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2020.02.011>
- Aponte, J. (2020). *Evaluación de métodos no convencionales de caracterización geotécnica* [Pontificia Universidad Javeriana]. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.10554.1267>
- ASTM D-2216 98. (1998). *Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass*.
- Bernal, V. T. (2020). *Análisis del uso del espacio público desde la habitabilidad y dinámicas urbanas contemporáneas: el caso de colonia Mitras centro en la ciudad de Monterrey*. <http://eprints.uanl.mx/id/eprint/25512>
- Botía, W. A. (2015). *Manual de procedimientos de ensayos de suelos y memoria de cálculo* [Universidad Militar Nueva Granada]. <http://hdl.handle.net/10654/6239>
- Brenes, F. (2008). *Evaluación del Potencial de Licuefacción en Suelos*. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/6061>
- Castelli, G., Piemontese, L., Quinn, R., Aerts, J., Elsner, P., Ertsen, M., Hussey, S., Filho, W. L., Limones, N., Mpofu, B., Neufeld, D. G., Ngugi, K., Ngwenya, N., Parker, A., Ryan, C., de Trinchiera, J., Villani, L., Eisma, J., & Bresci, E. (2022). Sand dams for sustainable water management: Challenges and future opportunities. *Science of The Total Environment*, 838, 156126. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156126>

- Chevez, J. (2016). *Velocidades de ondas de corte y periodos de vibración del suelo en la parroquia Jambelí de la ciudad de Machala*.
<http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/7905>
- Coduto, D. P., Yeung, M. R., & Kitch, W. A. (2018). *Geotechnical Engineering: Principles and Practices*.
- Das, B. M. (1983). *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones - Séptima edición*.
- Daunt, A. B. P., Inostroza, L., & Hersperger, A. M. (2021). The role of spatial planning in land change: An assessment of urban planning and nature conservation efficiency at the southeastern coast of Brazil. *Land Use Policy*, *111*, 105771.
<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105771>
- Dhokal, R., Cubrinovski, M., & Bray, J. D. (2020). Geotechnical characterization and liquefaction evaluation of gravelly reclamations and hydraulic fills (Port of Wellington, New Zealand). *Soils and Foundations*, *60*(6), 1507–1531.
<https://doi.org/10.1016/j.sandf.2020.10.001>
- Falconez Loor, K. J., Loor Arteaga, J. R., & Oleas Escalante, M. (2021). Capacidad portante del suelo con y sin uso del malacate en el ensayo SPT. In *Revista Científica de Educación Superior y Gobernanza Interuniversitaria Aula 24* (Vol. 2, Issue 3).
<https://publicacionescd.ulead.edu.ec/index.php/aula-24/article/view/440>
- Fiamingo, A., Bosco, M., & Massimino, M. R. (2023). The role of soil in structure response of a building damaged by the 26 December 2018 earthquake in Italy. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, *15*(4), 937–953.
<https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2022.06.010>
- Franco Guillermo, Stone Harriette, Ahmed Bayes, Chen Chian Siau, Hughes Fiona, Jirouskova Nina, Kaminski Sebastian, Lopez Jorge, Van Drunen Nicolas, & Querembás Manuel. (2016). *The April 16 2016 Mw7.8 Muisne Earthquake in Ecuador – Preliminary Observations from the EEFIT Reconnaissance Mission of May 24 - June 7*.
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.22609.53603>
- García, J., Cobelo, W., & Quevedo, G. (2017). Bearing capacity of footings in unsaturated soils employing analytic methods. *Ingeniería y Desarrollo*, *35*(2), 417–430.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85252030009>
- Gashi, S., & Shkodrani, N. (2015). Seismic Soil Liquefaction for Deterministic and Probabilistic Approach Based on in Situ Test (CPTU) Data. *World Journal of Engineering and Technology*, *03*(02), 41–49. <https://doi.org/10.4236/wjet.2015.32004>
- Guerrero, C. C., & Cruz Velasco, L. G. (2018). Estudio experimental de clasificación de suelos derivados de cenizas volcánicas en el suroccidente colombiano con el método SUCS, el AASHTO y un nuevo método de clasificación de suelos. *Ingeniería y Desarrollo*, *36*(2), 378–397. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85259689007>
- Jeanne, P., Guglielmi, Y., Rutqvist, J., Kunimaru, T., & Umeki, H. (2021). Evaluation of faults stability due to passing seismic waves: Study case of groundwater level changes induced by the 2011 Tohoku earthquake in Central Japan. *Journal of Hydrology X*, *13*, 100103.
<https://doi.org/10.1016/j.hydroa.2021.100103>

- Kim, H.-S. (2023). Geospatial data-driven assessment of earthquake-induced liquefaction impact mapping using classifier and cluster ensembles. *Applied Soft Computing*, 140, 110266. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2023.110266>
- Lallawmawma, C., Sharma, M. L., & Das, J. D. (2023). Probabilistic seismic hazard and risk assessment of Mizoram, North East India. *Natural Hazards Research*. <https://doi.org/10.1016/j.nhres.2023.06.008>
- Lu, L., Ma, Q., Hu, J., & Li, Q. (2021). Mechanical Properties, Curing Mechanism, and Microscopic Experimental Study of Polypropylene Fiber Coordinated Fly Ash Modified Cement–Silty Soil. *Materials*, 14(18), 5441. <https://doi.org/10.3390/ma14185441>
- Moreno Olmos, S. H. (2008). *La habitabilidad urbana como condición de calidad de vida*. <https://www.redalyc.org/pdf/948/94814774007.pdf>
- NEC-SE-GC. (2015). *Geotecnia y cimentaciones*.
- NEC-SE-DS. (2015). *Peligro sísmico y requisitos de diseño sismo resistente*.
- Nederhand, J., Avelino, F., Awad, I., De Jong, P., Duijn, M., Edelenbos, J., Engelbert, J., Fransen, J., Schiller, M., & Van Staple, N. (2023). Reclaiming the city from an urban vitalism perspective: critically reflecting smart, inclusive, resilient and sustainable just city labels. *Cities*, 137, 104257. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2023.104257>
- Ni, P., Yi, Y., & Liu, S. (2019). Bearing capacity of composite ground with soil-cement columns under earth fills: Physical and numerical modeling. *Soils and Foundations*, 59(6), 2206–2219. <https://doi.org/10.1016/j.sandf.2019.12.004>
- Ni, P., Yi, Y., & Liu, S. (2021). Bearing capacity optimization of T-shaped soil-cement column-improved soft ground under soft fill. *Soils and Foundations*, 61(2), 416–428. <https://doi.org/10.1016/j.sandf.2021.01.001>
- NTE INEN 692. (1982). *Ensayo para determinar el límite plástico y el índice de plasticidad*.
- O’Driscoll, C., Crowley, F., Doran, J., & McCarthy, N. (2023). Land-use mixing in Irish cities: Implications for sustainable development. *Land Use Policy*, 128, 106615. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2023.106615>
- Olmedo, J. (2020). *Influencia del estudio geotécnico en el diseño de cimentaciones superficiales para viviendas del programa familiar Profam - Santa Rosa 2019*.
- Onyelowo, K. C., Ebid, A. M., Ramani Sujatha, E., Fazel-Mojtahedi, F., Golaghaei-Darzi, A., Kontoni, D.-P. N., & Nooralddin-Othman, N. (2023). Extensive overview of soil constitutive relations and applications for geotechnical engineering problems. *Heliyon*, 9(3), e14465. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14465>
- Peng, M., & Peng, H. (2019). The ultimate bearing capacity of shallow strip footings using slip-line method. *Soils and Foundations*, 59(3), 601–616. <https://doi.org/10.1016/j.sandf.2019.01.008>

- Rahman, S. S., Siddiqua, S., & Cherian, C. (2022). Sustainable applications of textile waste fiber in the construction and geotechnical industries: A retrospect. *Cleaner Engineering and Technology*, 6, 100420. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2022.100420>
- Ramírez, M. (2017). *Cálculo de asentamientos diferenciales en la interfase suelo-roca, del edificio de ingeniería petrolera de la Facultad de Ciencias de la Tierra, Linares, Nuevo León*.
- Razo Carrasco, D. G., & Domínguez, O. G. (2020). EVALUACIÓN INTEGRAL DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE EDIFICACIONES EXISTENTES DAÑADAS POR SISMOS DE GRAN MAGNITUD. *Revista de Ingeniería Sísmica*, 104, 51–71. <https://doi.org/10.18867/ris.104.565>
- Salgado-Gálvez, M. A., Carreño, M. L., Barbat, A. H., & Cardona, O. D. (2016). Evaluación probabilista del riesgo sísmico en Lorca mediante simulaciones de escenarios. *Revista Internacional de Métodos Numéricos Para Cálculo y Diseño En Ingeniería*, 32(2), 70–78. <https://doi.org/10.1016/j.rimni.2014.12.001>
- Scarpelli, G., Fruzzetti, V. M. E., & Ruggeri, P. (2022). The design of infrastructures in stiff jointed clay formations: A step towards a geological-geotechnical integrated approach. *Engineering Geology*, 304, 106681. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2022.106681>
- Sergeyev, Y. M., Grabowska-Olszewska, B., Osipov, V. I., Sokolov, V. N., & Kolomenski, Y. N. (1980). The classification of microstructures of clay soils. *Journal of Microscopy*, 120(3), 237–260. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2818.1980.tb04146.x>
- Tarawneh, B. (2017). Predicting standard penetration test N-value from cone penetration test data using artificial neural networks. *Geoscience Frontiers*, 8(1), 199–204. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2016.02.003>
- Torres Mahecha, A. (2023). *Modelación numérica de la capacidad portante de cimentaciones superficiales en suelos fisurados. Comparación con resultados experimentales*. <https://repositorio.escuelaing.edu.co/handle/001/2272>
- Vasco, P. (2016). *Sismo resistencia en edificios de hormigón y acero para zonas de alta peligrosidad sísmica en el Ecuador*. <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/22521>
- Vásquez, L. (2023). *Análisis Comparativo entre la Capacidad Portante Determinada con el Ensayo de Corte Directo y El ensayo de Penetración Estándar, del Suelo para el Proyecto Sistema de Saneamiento Rural en el Distrito de Jesús-Cajamarca*. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/5440>
- Viveros, D. (2019). *Zonificación y detección de riesgos geológicos en el flanco sur del Cerro de las Mitras*. <http://eprints.uanl.mx/18018/>
- Wolff, E., Rauf, H. A., & Hamel, P. (2023). Nature-based solutions in informal settlements: A systematic review of projects in Southeast Asian and Pacific countries. *Environmental Science & Policy*, 145, 275–285. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2023.04.014>
- Zapata Campos, M. J., Kain, J.-H., Oloko, M., Scheinsohn, M., Stenberg, J., & Zapata, P. (2022). Residents' collective strategies of resistance in Global South cities' informal

settlements: Space, scale and knowledge. *Cities*, 125, 103663.
<https://doi.org/10.1016/j.cities.2022.103663>

Zhou, C., Zou, D., & Yu, X. (2022). Influence of seismic wave type and incident direction on the dynamic response of tall concrete-faced rockfill dams. *Earthquake Science*, 35(5), 343–354. <https://doi.org/10.1016/j.eqs.2022.10.007>

Zinck, A. (2005). *SUELOS, INFORMACIÓN Y SOCIEDAD*.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53907603>

ANEXOS

➤ Sondeo No. 1 Capacidad portante del suelo

Tabla 31. Datos para ensayo de capacidad portante del suelo en el sondeo No.1

LABORATORIO DE SUELOS & PAVIMENTOS

ENSAYO DE ESFUERZO PORTANTE

- 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

C U A D R O D E D A T O S

		MUESTRA # 1	MUESTRA # 2	MUESTRA # 3
P	(cm)	33	31	32
Ds	(cm)	3,89	3,81	3,86
Dc	(cm)	3,87	3,83	3,85
Di	(cm)	3,91	3,85	3,83
H	(cm)	9,03	9,00	9,03
Wp	(gr)	210,00	207,10	208,90

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32. Cálculo del esfuerzo total, esfuerzo de la presión de poros, esfuerzo efectivo y ángulo de falla del sondeo No.1

LABORATORIO DE SUELOS & PAVIMENTOS

CALCULO DEL ESFUERZO TOTAL (σ)

$$\sigma = \alpha \cdot Z \qquad Z = 100 \text{ cm}$$

$$\sigma = 196,69 \text{ gr / cm}^2 \qquad \gamma = 1,97 \text{ gr / cm}^3$$

CALCULO DE LA PRESION DE POROS (μ)

$$\mu = \gamma_w \cdot h \qquad h = 0 \text{ cm}$$

$$\mu = 0 \text{ gr / cm}^2 \qquad \gamma_w = 1 \text{ gr / cm}^3$$

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

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

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

$$\bar{\sigma} = 196,69 \text{ gr / cm}^2 = 0,196685 \text{ Kg / cm}^2$$

CALCULO DEL ANGULO DE FALLA (α)

$$X = 1,8 \text{ cm} \qquad Y = 0,3 \text{ cm}$$

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

$$\alpha = 9,46^\circ$$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 33. Contenido de humedad de la muestra para ensayo de capacidad portante del sondeo No.1

CONTENIDO DE HUMEDAD

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

MUESTRA N ° 1

RECIPIENTE	N °	W43
PESO DEL SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	W ₁	33,5 gr.
PESO DEL SUELO SECO + RECIPIENTE	W ₂	29,1 gr.
PESO DEL RECIPIENTE	W ₃	11,00 gr.
PESO DEL AGUA	W _w = W ₁ - W ₂	4,4 gr.
PESO DEL SUELO SECO	W _s = W ₂ - W ₃	18,100 gr.
CONTENIDO DE HUMEDAD	W (%) = $\frac{W_w}{W_s}$	24,31%

MUESTRA N ° 2

RECIPIENTE	N °	JU8
PESO DEL SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	W ₁	34,5 gr.
PESO DEL SUELO SECO + RECIPIENTE	W ₂	29,80 gr.
PESO DEL RECIPIENTE	W ₃	10,00 gr.
PESO DEL AGUA	W _w = W ₁ - W ₂	4,7 gr.
PESO DEL SUELO SECO	W _s = W ₂ - W ₃	19,800 gr.
CONTENIDO DE HUMEDAD	W (%) = $\frac{W_w}{W_s}$	23,74%

CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO :

$$W(\%)_{PROM} = 24,02\%$$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34. Cálculo de las áreas y carga de la muestra No.1 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.1

LABORATORIO DE SUELOS & PAVIMENTOS

CALCULO DE LAS AREAS: SUPERIOR - CENTRAL - INFERIOR

As : Area Superior

Ac : Area Central

Ai : Area Inferior

As	=	11,885	cm ²
Ac	=	11,763	cm ²
Ai	=	12,007	cm ²

CALCULO DEL AREA MEDIA :

Am : Area Media

Am	=	11,824	cm ²
-----------	---	--------	-----------------

CALCULO DE Hm EN plg :

Hm : Altura Media

Hm	=	3,555	plg
-----------	---	-------	-----

CALCULO DE LA CARGA :

CARGA = Constante del Anillo x Lectura del Dial

Ingresar Constante del Anillo :

0,140423	Kg/10 ⁻⁴ plg
----------	-------------------------

CARGA		CONSTANTE				LECTURA		
Carga # 1	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	6,0	x 10-4 plg =		0,8425
Carga # 2	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	10,0	x 10-4 plg =		1,4042
Carga # 3	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	15,0	x 10-4 plg =		2,1063
Carga # 4	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	25,0	x 10-4 plg =		3,5106
Carga # 5	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	37,0	x 10-4 plg =		5,1957
Carga # 6	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	50,0	x 10-4 plg =		7,0212
Carga # 7	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	62,0	x 10-4 plg =		8,7062
Carga # 8	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	73,0	x 10-4 plg =		10,2509
Carga # 9	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	80,0	x 10-4 plg =		11,2338
Carga # 10	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	90,0	x 10-4 plg =		12,6381
Carga # 11	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	95,0	x 10-4 plg =		13,3402
Carga # 12	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	101,0	x 10-4 plg =		14,1827
Carga # 13	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	103,0	x 10-4 plg =		14,4636
Carga # 14	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	107,0	x 10-4 plg =		15,0253
Carga # 15	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	111,0	x 10-4 plg =		15,5870
Carga # 16	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	114,0	x 10-4 plg =		16,0082
Carga # 17	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	117,0	x 10-4 plg =		16,4295
Carga # 18	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	119,0	x 10-4 plg =		16,7103
Carga # 19	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	123,0	x 10-4 plg =		17,2720

Fuente: Elaboración propia

Tabla 35. Cálculo de la deformación unitario de la muestra No.1 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.1

CALCULO DE LA DEFORMACION UNITARIA :

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

$\varepsilon_1 =$	10	x 10-3 plg /	3,555 plg =	2,813 x 10⁻³
$\varepsilon_2 =$	20	x 10-3 plg /	3,555 plg =	5,626 x 10⁻³
$\varepsilon_3 =$	30	x 10-3 plg /	3,555 plg =	8,439 x 10⁻³
$\varepsilon_4 =$	40	x 10-3 plg /	3,555 plg =	11,251 x 10⁻³
$\varepsilon_5 =$	50	x 10-3 plg /	3,555 plg =	14,064 x 10⁻³
$\varepsilon_6 =$	75	x 10-3 plg /	3,555 plg =	21,096 x 10⁻³
$\varepsilon_7 =$	100	x 10-3 plg /	3,555 plg =	28,128 x 10⁻³
$\varepsilon_8 =$	125	x 10-3 plg /	3,555 plg =	35,161 x 10⁻³
$\varepsilon_9 =$	150	x 10-3 plg /	3,555 plg =	42,193 x 10⁻³
$\varepsilon_{10} =$	175	x 10-3 plg /	3,555 plg =	49,225 x 10⁻³
$\varepsilon_{11} =$	200	x 10-3 plg /	3,555 plg =	56,257 x 10⁻³
$\varepsilon_{12} =$	250	x 10-3 plg /	3,555 plg =	70,321 x 10⁻³
$\varepsilon_{13} =$	270	x 10-3 plg /	3,555 plg =	75,947 x 10⁻³
$\varepsilon_{14} =$	300	x 10-3 plg /	3,555 plg =	84,385 x 10⁻³
$\varepsilon_{15} =$	320	x 10-3 plg /	3,555 plg =	90,011 x 10⁻³
$\varepsilon_{16} =$	340	x 10-3 plg /	3,555 plg =	95,637 x 10⁻³
$\varepsilon_{17} =$	360	x 10-3 plg /	3,555 plg =	101,262 x 10⁻³
$\varepsilon_{18} =$	380	x 10-3 plg /	3,555 plg =	106,888 x 10⁻³
$\varepsilon_{19} =$	400	x 10-3 plg /	3,555 plg =	112,514 x 10⁻³

Fuente: Elaboración propia

Tabla 36. Cálculo del área corregida de la muestra No.1 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.1

CALCULO DEL AREA CORREGIDA :

$$A_c = A_m / 1 - \varepsilon$$

$A_{c_1} =$	11,824 / 1 - 2,813 x 10 ⁻³ =	11,857 cm²
$A_{c_2} =$	11,824 / 1 - 5,626 x 10 ⁻³ =	11,891 cm²
$A_{c_3} =$	11,824 / 1 - 8,439 x 10 ⁻³ =	11,925 cm²
$A_{c_4} =$	11,824 / 1 - 11,251 x 10 ⁻³ =	11,958 cm²
$A_{c_5} =$	11,824 / 1 - 14,064 x 10 ⁻³ =	11,993 cm²
$A_{c_6} =$	11,824 / 1 - 21,096 x 10 ⁻³ =	12,079 cm²
$A_{c_7} =$	11,824 / 1 - 28,128 x 10 ⁻³ =	12,166 cm²
$A_{c_8} =$	11,824 / 1 - 35,161 x 10 ⁻³ =	12,255 cm²
$A_{c_9} =$	11,824 / 1 - 42,193 x 10 ⁻³ =	12,345 cm²
$A_{c_{10}} =$	11,824 / 1 - 49,225 x 10 ⁻³ =	12,436 cm²
$A_{c_{11}} =$	11,824 / 1 - 56,257 x 10 ⁻³ =	12,529 cm²
$A_{c_{12}} =$	11,824 / 1 - 70,321 x 10 ⁻³ =	12,718 cm²
$A_{c_{13}} =$	11,824 / 1 - 75,947 x 10 ⁻³ =	12,796 cm²
$A_{c_{14}} =$	11,824 / 1 - 84,385 x 10 ⁻³ =	12,914 cm²
$A_{c_{15}} =$	11,824 / 1 - 90,011 x 10 ⁻³ =	12,993 cm²
$A_{c_{16}} =$	11,824 / 1 - 95,637 x 10 ⁻³ =	13,074 cm²
$A_{c_{17}} =$	11,824 / 1 - 101,262 x 10 ⁻³ =	13,156 cm²
$A_{c_{18}} =$	11,824 / 1 - 106,888 x 10 ⁻³ =	13,239 cm²
$A_{c_{19}} =$	11,824 / 1 - 112,514 x 10 ⁻³ =	13,323 cm²

Fuente: Elaboración propia

Tabla 37. Cálculo del esfuerzo de la muestra No.1 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.1

CALCULO DEL ESFUERZO :

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

ESFUERZO 1 =	0,8425 kg / 11,857 cm ² =	0,0711 kg/cm²
ESFUERZO 2 =	1,4042 kg / 11,891 cm ² =	0,1181 kg/cm²
ESFUERZO 3 =	2,1063 kg / 11,925 cm ² =	0,1766 kg/cm²
ESFUERZO 4 =	3,5106 kg / 11,958 cm ² =	0,2936 kg/cm²
ESFUERZO 5 =	5,1957 kg / 11,993 cm ² =	0,4332 kg/cm²
ESFUERZO 6 =	7,0212 kg / 12,079 cm ² =	0,5813 kg/cm²
ESFUERZO 7 =	8,7062 kg / 12,166 cm ² =	0,7156 kg/cm²
ESFUERZO 8 =	10,2509 kg / 12,255 cm ² =	0,8365 kg/cm²
ESFUERZO 9 =	11,2338 kg / 12,345 cm ² =	0,9100 kg/cm²
ESFUERZO 10 =	12,6381 kg / 12,436 cm ² =	1,0162 kg/cm²
ESFUERZO 11 =	13,3402 kg / 12,529 cm ² =	1,0648 kg/cm²
ESFUERZO 12 =	14,1827 kg / 12,718 cm ² =	1,1151 kg/cm²
ESFUERZO 13 =	14,4636 kg / 12,796 cm ² =	1,1303 kg/cm²
ESFUERZO 14 =	15,0253 kg / 12,914 cm ² =	1,1635 kg/cm²
ESFUERZO 15 =	15,5870 kg / 12,993 cm ² =	1,1996 kg/cm²
ESFUERZO 16 =	16,0082 kg / 13,074 cm ² =	1,2244 kg/cm²
ESFUERZO 17 =	16,4295 kg / 13,156 cm ² =	1,2488 kg/cm²
ESFUERZO 18 =	16,7103 kg / 13,239 cm ² =	1,2622 kg/cm²
ESFUERZO 19 =	17,2720 kg / 13,323 cm ² =	1,2964 kg/cm²

Fuente: Elaboración propia

Tabla 38. Cálculo del esfuerzo normal de la muestra No.1 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.1

CALCULO DEL ESFUERZO NORMAL (G₁) :

$$G_1 = G_d + G_3$$

G₁ y G₃ = Esfuerzos Principales

G_d = Esfuerzo Deformador

$$G_1 = 1130,35 \times 10^{-3} \text{ kg/cm}^2 + 1,1 \text{ kg/cm}^2$$

$$G_1 = 2,2303 \text{ kg/cm}^2$$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 39. Cálculo del radio del círculo de Mohr de la muestra No.1 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.1

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

$$x = \frac{G_1 + G_3}{2} = \frac{2,2303 \text{ kg/cm}^2 + 1,1 \text{ kg/cm}^2}{2}$$

$$x = 1,665 \text{ kg/cm}^2$$

CALCULO DEL RADIO DEL CIRCULO DE MORH (R) :

$$R = \frac{G_1 - G_3}{2} = \frac{2,2303 \text{ kg/cm}^2 - 1,1 \text{ kg/cm}^2}{2}$$

$$R = 0,565 \text{ kg/cm}^2$$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 41. Cálculo de las áreas y carga de la muestra No.2 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.1

LABORATORIO DE SUELOS & PAVIMENTOS

CALCULO DE LAS AREAS: SUPERIOR - CENTRAL - INFERIOR

As : Area Superior

Ac : Area Central

Ai : Area Inferior

As	=	11,401	cm ²
Ac	=	11,521	cm ²
Ai	=	11,642	cm ²

CALCULO DEL AREA MEDIA :

Am : Area Media

Am	=	11,521	cm ²
-----------	---	--------	-----------------

CALCULO DE Hm EN plg :

Hm : Altura Media

Hm	=	3,543	plg
-----------	---	-------	-----

CALCULO DE LA CARGA :

CARGA = Constante del Anillo x Lectura del Dial

Ingresar Constante del Anillo :

0,140423	Kg/10⁻⁴ plg
-----------------	-------------------------------

CARGA		CONSTANTE				LECTURA		
Carga # 1	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	6,0	x 10-4 plg =		0,8425
Carga # 2	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	10,0	x 10-4 plg =		1,4042
Carga # 3	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	15,0	x 10-4 plg =		2,1063
Carga # 4	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	25,0	x 10-4 plg =		3,5106
Carga # 5	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	36,0	x 10-4 plg =		5,0552
Carga # 6	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	48,0	x 10-4 plg =		6,7403
Carga # 7	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	60,0	x 10-4 plg =		8,4254
Carga # 8	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	69,0	x 10-4 plg =		9,6892
Carga # 9	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	78,0	x 10-4 plg =		10,9530
Carga # 10	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	90,0	x 10-4 plg =		12,6381
Carga # 11	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	94,0	x 10-4 plg =		13,1998
Carga # 12	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	106,0	x 10-4 plg =		14,8848
Carga # 13	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	108,0	x 10-4 plg =		15,1657
Carga # 14	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	110,0	x 10-4 plg =		15,4465
Carga # 15	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	114,0	x 10-4 plg =		16,0082
Carga # 16	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	116,0	x 10-4 plg =		16,2891
Carga # 17	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	119,0	x 10-4 plg =		16,7103
Carga # 18	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	121,0	x 10-4 plg =		16,9912

Fuente: Elaboración propia

Tabla 42. Cálculo de la deformación unitario de la muestra No.2 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.1

CALCULO DE LA DEFORMACION UNITARIA :

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

$\varepsilon_1 =$	10	x 10-3 plg /	3,543	plg =	2,822 x 10⁻³
$\varepsilon_2 =$	20	x 10-3 plg /	3,543	plg =	5,644 x 10⁻³
$\varepsilon_3 =$	30	x 10-3 plg /	3,543	plg =	8,467 x 10⁻³
$\varepsilon_4 =$	40	x 10-3 plg /	3,543	plg =	11,289 x 10⁻³
$\varepsilon_5 =$	50	x 10-3 plg /	3,543	plg =	14,111 x 10⁻³
$\varepsilon_6 =$	75	x 10-3 plg /	3,543	plg =	21,167 x 10⁻³
$\varepsilon_7 =$	100	x 10-3 plg /	3,543	plg =	28,222 x 10⁻³
$\varepsilon_8 =$	125	x 10-3 plg /	3,543	plg =	35,278 x 10⁻³
$\varepsilon_9 =$	150	x 10-3 plg /	3,543	plg =	42,333 x 10⁻³
$\varepsilon_{10} =$	175	x 10-3 plg /	3,543	plg =	49,389 x 10⁻³
$\varepsilon_{11} =$	200	x 10-3 plg /	3,543	plg =	56,444 x 10⁻³
$\varepsilon_{12} =$	250	x 10-3 plg /	3,543	plg =	70,556 x 10⁻³
$\varepsilon_{13} =$	280	x 10-3 plg /	3,543	plg =	79,022 x 10⁻³
$\varepsilon_{14} =$	300	x 10-3 plg /	3,543	plg =	84,667 x 10⁻³
$\varepsilon_{15} =$	320	x 10-3 plg /	3,543	plg =	90,311 x 10⁻³
$\varepsilon_{16} =$	340	x 10-3 plg /	3,543	plg =	95,956 x 10⁻³
$\varepsilon_{17} =$	360	x 10-3 plg /	3,543	plg =	101,600 x 10⁻³
$\varepsilon_{18} =$	380	x 10-3 plg /	3,543	plg =	107,244 x 10⁻³
$\varepsilon_{19} =$	400	x 10-3 plg /	3,543	plg =	112,889 x 10⁻³

Fuente: Elaboración propia

Tabla 43. Cálculo del área corregida de la muestra No.2 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.1

CALCULO DEL AREA CORREGIDA :

$$A_c = A_m / 1 - \varepsilon$$

$A_{c_1} =$	11,521 / 1 - 2,822 x 10 ⁻³ =	11,554 cm²
$A_{c_2} =$	11,521 / 1 - 5,644 x 10 ⁻³ =	11,586 cm²
$A_{c_3} =$	11,521 / 1 - 8,467 x 10 ⁻³ =	11,619 cm²
$A_{c_4} =$	11,521 / 1 - 11,289 x 10 ⁻³ =	11,653 cm²
$A_{c_5} =$	11,521 / 1 - 14,111 x 10 ⁻³ =	11,686 cm²
$A_{c_6} =$	11,521 / 1 - 21,167 x 10 ⁻³ =	11,770 cm²
$A_{c_7} =$	11,521 / 1 - 28,222 x 10 ⁻³ =	11,856 cm²
$A_{c_8} =$	11,521 / 1 - 35,278 x 10 ⁻³ =	11,942 cm²
$A_{c_9} =$	11,521 / 1 - 42,333 x 10 ⁻³ =	12,030 cm²
$A_{c_{10}} =$	11,521 / 1 - 49,389 x 10 ⁻³ =	12,120 cm²
$A_{c_{11}} =$	11,521 / 1 - 56,444 x 10 ⁻³ =	12,210 cm²
$A_{c_{12}} =$	11,521 / 1 - 70,556 x 10 ⁻³ =	12,396 cm²
$A_{c_{13}} =$	11,521 / 1 - 79,022 x 10 ⁻³ =	12,510 cm²
$A_{c_{14}} =$	11,521 / 1 - 84,667 x 10 ⁻³ =	12,587 cm²
$A_{c_{15}} =$	11,521 / 1 - 90,311 x 10 ⁻³ =	12,665 cm²
$A_{c_{16}} =$	11,521 / 1 - 95,956 x 10 ⁻³ =	12,744 cm²
$A_{c_{17}} =$	11,521 / 1 - 101,600 x 10 ⁻³ =	12,824 cm²
$A_{c_{18}} =$	11,521 / 1 - 107,244 x 10 ⁻³ =	12,905 cm²
$A_{c_{19}} =$	11,521 / 1 - 112,889 x 10 ⁻³ =	12,987 cm²

Fuente: Elaboración propia

Tabla 44. Cálculo del esfuerzo de la muestra No.2 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.1

CALCULO DEL ESFUERZO :

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

ESFUERZO 1 =	0,8425	kg	/	11,554	cm ²	=	0,0729	kg/cm²
ESFUERZO 2 =	1,4042	kg	/	11,586	cm ²	=	0,1212	kg/cm²
ESFUERZO 3 =	2,1063	kg	/	11,619	cm ²	=	0,1813	kg/cm²
ESFUERZO 4 =	3,5106	kg	/	11,653	cm ²	=	0,3013	kg/cm²
ESFUERZO 5 =	5,0552	kg	/	11,686	cm ²	=	0,4326	kg/cm²
ESFUERZO 6 =	6,7403	kg	/	11,770	cm ²	=	0,5727	kg/cm²
ESFUERZO 7 =	8,4254	kg	/	11,856	cm ²	=	0,7107	kg/cm²
ESFUERZO 8 =	9,6892	kg	/	11,942	cm ²	=	0,8113	kg/cm²
ESFUERZO 9 =	10,9530	kg	/	12,030	cm ²	=	0,9104	kg/cm²
ESFUERZO 10 =	12,6381	kg	/	12,120	cm ²	=	1,0428	kg/cm²
ESFUERZO 11 =	13,1998	kg	/	12,210	cm ²	=	1,0810	kg/cm²
ESFUERZO 12 =	14,8848	kg	/	12,396	cm ²	=	1,2008	kg/cm²
ESFUERZO 13 =	15,1657	kg	/	12,510	cm ²	=	1,2123	kg/cm²
ESFUERZO 14 =	15,4465	kg	/	12,587	cm ²	=	1,2272	kg/cm²
ESFUERZO 15 =	16,0082	kg	/	12,665	cm ²	=	1,2640	kg/cm²
ESFUERZO 16 =	16,2891	kg	/	12,744	cm ²	=	1,2782	kg/cm²
ESFUERZO 17 =	16,7103	kg	/	12,824	cm ²	=	1,3031	kg/cm²
ESFUERZO 18 =	16,9912	kg	/	12,905	cm ²	=	1,3166	kg/cm²

Fuente: Elaboración propia

Tabla 45. Cálculo del esfuerzo normal de la muestra No.2 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.1

CALCULO DEL ESFUERZO NORMAL (G₁) :

$$G_1 = G_d + G_3$$

G₁ y G₃ = Esfuerzos Principales

G_d = Esfuerzo Deformador

$$G_1 = 1212,33 \times 10^{-3} \text{ kg/cm}^2 + 1,2 \text{ kg/cm}^2$$

$$G_1 = 2,4123 \text{ kg/cm}^2$$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 46. Cálculo del radio del círculo de Mohr de la muestra No.2 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.1

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

$$x = \frac{G_1 + G_3}{2} = \frac{2,4123 \text{ kg/cm}^2 + 1,2 \text{ kg/cm}^2}{2}$$

$$x = 1,806 \text{ kg/cm}^2$$

CALCULO DEL RADIO DEL CIRCULO DE MORH (R) :

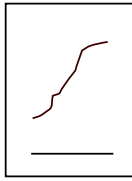
$$R = \frac{G_1 - G_3}{2} = \frac{2,4123 \text{ kg/cm}^2 - 1,2 \text{ kg/cm}^2}{2}$$

$$R = 0,606 \text{ kg/cm}^2$$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 47. Resumen del ensayo de capacidad portante de la muestra No.2 del sondeo No.1

LABORATORIO DE SUELOS & PAVIMENTOS									
RESISTENCIA AL CORTE									
TIPO DE ENSAYO ESFUERZO TRIAXIAL									
FECHA		NOVIEMBRE DEL 2023		GRUPO		CALCULO		REVISO	
OPERADOR _____									
Ds :	3,81	cm.	As :	11,401	cm ²	Wo :	207,10	gr.	
Dc :	3,83	cm.	Ac :	11,5209	cm ²	V :	103,689	cm ³	
Di :	3,85	cm.	Ai :	11,6416	cm ²	γ _m :	2,00	gr/cm ³	
Hm :	9,00	cm.	Am =	As + 4Ac + Ai		γ _s :		gr/cm ³	
Cte.An :	0,140423	Kg/10 ⁻⁴ plg		6		Gs :		gr/cm ³	
			Am :	11,521	cm ²				

TIEMPO (mm)	LECTURA 1 x 10 ⁻⁴ plg	CARGA Kg	DEFORMC plg x 10 ⁻³	DEFORMC UNITARIA x 10 ⁻³	AREA CORREG cm ²	ESFUERZO Kg/cm ²	CONTENIDO DE HUMEDAD		
							MUESTRA	1	2
	6,0	0,8425	10	2,822	11,554	0,07	CAPSULA N °	W43	JU8
	10,0	1,40423	20	5,644	11,586	0,12	PESO CAPS. + S. HUM.	33,5	34,5
	15,0	2,106345	30	8,467	11,619	0,18	PESO CAPS. + S. SEC.	29,1	29,80
	25,0	3,510575	40	11,289	11,653	0,30	PESO DEL AGUA	4,4	4,70
	36,0	5,0552	50	14,111	11,686	0,43	PESO DE LA CAPSULA	11,00	10,00
	48,0	6,7403	75	21,167	11,770	0,57	PESO DEL S. SECO	18,1	19,8
	60,0	8,4254	100	28,222	11,856	0,71	HUMEDAD %	24,31%	23,74%
	69,0	9,689187	125	35,278	11,942	0,81	HUMEDAD PROMEDIO	24,02%	
	78,0	10,953	150	42,333	12,030	0,91	<div style="text-align: center;"> <p>Area Corregida = $\frac{Am}{1 - \text{Deform. Unit.}}$</p> <p>Deform. Unitaria = $\frac{\text{Deformación}}{Hm}$</p> <p>CARGA = Lectura Dial x Cte. Anillo</p> <p>FALLA</p>  </div>		
	90,0	12,63807	175	49,389	12,120	1,04			

OBSERVACIONES : _____

RENI J. UCHUARI R.
RESP. TEC.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 48. Cálculo de las áreas y carga de la muestra No.3 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.1

LABORATORIO DE SUELOS & PAVIMENTOS

CALCULO DE LAS AREAS: SUPERIOR - CENTRAL - INFERIOR

As : Area Superior

Ac : Area Central

Ai : Area Inferior

As	=	11,702	cm ²
Ac	=	11,642	cm ²
Ai	=	11,521	cm ²

CALCULO DEL AREA MEDIA :

Am : Area Media

Am	=	11,632	cm ²
-----------	---	--------	-----------------

CALCULO DE Hm EN plg :

Hm : Altura Media

Hm	=	3,555	plg
-----------	---	-------	-----

CALCULO DE LA CARGA :

CARGA = Constante del Anillo x Lectura del Dial

Ingresar Constante del Anillo :

0,140423	Kg/10⁻⁴ plg
-----------------	-------------------------------

CARGA	CONSTANTE				LECTURA		
Carga # 1	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	6,0	x 10-4 plg =	0,8425
Carga # 2	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	10,0	x 10-4 plg =	1,4042
Carga # 3	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	15,0	x 10-4 plg =	2,1063
Carga # 4	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	25,0	x 10-4 plg =	3,5106
Carga # 5	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	36,0	x 10-4 plg =	5,0552
Carga # 6	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	50,0	x 10-4 plg =	7,0212
Carga # 7	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	60,0	x 10-4 plg =	8,4254
Carga # 8	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	71,0	x 10-4 plg =	9,9700
Carga # 9	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	77,0	x 10-4 plg =	10,8126
Carga # 10	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	90,0	x 10-4 plg =	12,6381
Carga # 11	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	96,0	x 10-4 plg =	13,4806
Carga # 12	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	107,0	x 10-4 plg =	15,0253
Carga # 13	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	110,0	x 10-4 plg =	15,4465
Carga # 14	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	118,0	x 10-4 plg =	16,5699

Fuente: Elaboración propia

Tabla 49. Cálculo de la deformación unitario de la muestra No.3 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.1

CALCULO DE LA DEFORMACION UNITARIA :

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

$\epsilon_1 =$	10	x 10-3 plg /	3,555	plg =	2,813 x 10⁻³
$\epsilon_2 =$	20	x 10-3 plg /	3,555	plg =	5,626 x 10⁻³
$\epsilon_3 =$	30	x 10-3 plg /	3,555	plg =	8,439 x 10⁻³
$\epsilon_4 =$	40	x 10-3 plg /	3,555	plg =	11,251 x 10⁻³
$\epsilon_5 =$	50	x 10-3 plg /	3,555	plg =	14,064 x 10⁻³
$\epsilon_6 =$	75	x 10-3 plg /	3,555	plg =	21,096 x 10⁻³
$\epsilon_7 =$	100	x 10-3 plg /	3,555	plg =	28,128 x 10⁻³
$\epsilon_8 =$	125	x 10-3 plg /	3,555	plg =	35,161 x 10⁻³
$\epsilon_9 =$	150	x 10-3 plg /	3,555	plg =	42,193 x 10⁻³
$\epsilon_{10} =$	175	x 10-3 plg /	3,555	plg =	49,225 x 10⁻³
$\epsilon_{11} =$	200	x 10-3 plg /	3,555	plg =	56,257 x 10⁻³
$\epsilon_{12} =$	250	x 10-3 plg /	3,555	plg =	70,321 x 10⁻³
$\epsilon_{13} =$	270	x 10-3 plg /	3,555	plg =	75,947 x 10⁻³
$\epsilon_{14} =$	280	x 10-3 plg /	3,555	plg =	78,760 x 10⁻³
$\epsilon_{15} =$	300	x 10-3 plg /	3,555	plg =	84,385 x 10⁻³
$\epsilon_{16} =$	320	x 10-3 plg /	3,555	plg =	90,011 x 10⁻³
$\epsilon_{17} =$	340	x 10-3 plg /	3,555	plg =	95,637 x 10⁻³
$\epsilon_{18} =$	360	x 10-3 plg /	3,555	plg =	101,262 x 10⁻³
$\epsilon_{19} =$	380	x 10-3 plg /	3,555	plg =	106,888 x 10⁻³

Fuente: Elaboración propia

Tabla 50. Cálculo del área corregida de la muestra No.3 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.1

CALCULO DEL AREA CORREGIDA :

$$A_c = A_m / 1 - \varepsilon$$

$A_{c_1} =$	11,632 / 1 - 2,813 x 10 ⁻³ =	11,664 cm²
$A_{c_2} =$	11,632 / 1 - 5,626 x 10 ⁻³ =	11,697 cm²
$A_{c_3} =$	11,632 / 1 - 8,439 x 10 ⁻³ =	11,731 cm²
$A_{c_4} =$	11,632 / 1 - 11,251 x 10 ⁻³ =	11,764 cm²
$A_{c_5} =$	11,632 / 1 - 14,064 x 10 ⁻³ =	11,797 cm²
$A_{c_6} =$	11,632 / 1 - 21,096 x 10 ⁻³ =	11,882 cm²
$A_{c_7} =$	11,632 / 1 - 28,128 x 10 ⁻³ =	11,968 cm²
$A_{c_8} =$	11,632 / 1 - 35,161 x 10 ⁻³ =	12,055 cm²
$A_{c_9} =$	11,632 / 1 - 42,193 x 10 ⁻³ =	12,144 cm²
$A_{c_{10}} =$	11,632 / 1 - 49,225 x 10 ⁻³ =	12,234 cm²
$A_{c_{11}} =$	11,632 / 1 - 56,257 x 10 ⁻³ =	12,325 cm²
$A_{c_{12}} =$	11,632 / 1 - 70,321 x 10 ⁻³ =	12,511 cm²
$A_{c_{13}} =$	11,632 / 1 - 75,947 x 10 ⁻³ =	12,588 cm²
$A_{c_{14}} =$	11,632 / 1 - 78,760 x 10 ⁻³ =	12,626 cm²
$A_{c_{15}} =$	11,632 / 1 - 84,385 x 10 ⁻³ =	12,704 cm²
$A_{c_{16}} =$	11,632 / 1 - 90,011 x 10 ⁻³ =	12,782 cm²
$A_{c_{17}} =$	11,632 / 1 - 95,637 x 10 ⁻³ =	12,862 cm²
$A_{c_{18}} =$	11,632 / 1 - 101,262 x 10 ⁻³ =	12,942 cm²
$A_{c_{19}} =$	11,632 / 1 - 106,888 x 10 ⁻³ =	13,024 cm²

Fuente: Elaboración propia

Tabla 51. Cálculo del esfuerzo de la muestra No.3 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.1

CALCULO DEL ESFUERZO :

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

ESFUERZO 1 =	0,8425 kg / 11,664 cm ² =	0,0722 kg/cm²
ESFUERZO 2 =	1,4042 kg / 11,697 cm ² =	0,1200 kg/cm²
ESFUERZO 3 =	2,1063 kg / 11,731 cm ² =	0,1796 kg/cm²
ESFUERZO 4 =	3,5106 kg / 11,764 cm ² =	0,2984 kg/cm²
ESFUERZO 5 =	5,0552 kg / 11,797 cm ² =	0,4285 kg/cm²
ESFUERZO 6 =	7,0212 kg / 11,882 cm ² =	0,5909 kg/cm²
ESFUERZO 7 =	8,4254 kg / 11,968 cm ² =	0,7040 kg/cm²
ESFUERZO 8 =	9,9700 kg / 12,055 cm ² =	0,8270 kg/cm²
ESFUERZO 9 =	10,8126 kg / 12,144 cm ² =	0,8904 kg/cm²
ESFUERZO 10 =	12,6381 kg / 12,234 cm ² =	1,0330 kg/cm²
ESFUERZO 11 =	13,4806 kg / 12,325 cm ² =	1,0938 kg/cm²
ESFUERZO 12 =	15,0253 kg / 12,511 cm ² =	1,2009 kg/cm²
ESFUERZO 13 =	15,4465 kg / 12,588 cm ² =	1,2271 kg/cm²
ESFUERZO 14 =	16,5699 kg / 12,626 cm ² =	1,3124 kg/cm²

Fuente: Elaboración propia

Tabla 52. Cálculo del esfuerzo normal de la muestra No.3 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.1

CALCULO DEL ESFUERZO NORMAL (G₁) :

$$G_1 = G_d + G_3$$

G₁ y G₃ = Esfuerzos Principales

G_d = Esfuerzo Deformador

$$G_1 = 1227,13 \times 10^{-3} \text{ kg/cm}^2 + 1,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$G_1 = 2,7271 \text{ kg/cm}^2$$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 53. Cálculo del radio del círculo de Mohr de la muestra No.3 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.1

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

$$x = \frac{G_1 + G_3}{2} = \frac{2,7271 \text{ kg/cm}^2 + 1,5 \text{ kg/cm}^2}{2}$$

$$x = 2,114 \text{ kg/cm}^2$$

CALCULO DEL RADIO DEL CIRCULO DE MORH (R) :

$$R = \frac{G_1 - G_3}{2} = \frac{2,7271 \text{ kg/cm}^2 - 1,5 \text{ kg/cm}^2}{2}$$

$$R = 0,614 \text{ kg/cm}^2$$

Fuente: Elaboración propia

➤ **Sondeo No. 1 Granulometría y Límites de Atterberg**

Tabla 55. Cálculo de los límites de Atterberg y clasificación USCS del sondeo No.1 a una profundidad de 1 metro

LABORATORIO DE SUELOS & PAVIMENTOS											
ENSAYO DE CLASIFICACION DE SUELOS											
PROYECTO: TITULACIÓN DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA											
SOLICITA: UTMACH					PERFORACION No			1			
UBICACIÓN: CIUDAD DE MACHALA - EL CAMBIO					MUESTRA No.			1			
DIRECCION: CALLES S/N					PROFUNDIDAD			1 mts			
PARROQUIA: EL CAMBIO					SOLAR Nº1 MANZANA ASOUTM-O AREA: 5.849,20 m2						
FECHA: NOVIEMBRE DEL 2023											
ENSAYOS DE CONSISTENCIA		LIMITE LIQUIDO					LIMITE PLASTICO			HUM. NAT.	
PASO No.		1	2	3	4	5	1	2	3	1	2
Recipiente No.		R96	R59X	RX7	K55	R117	R299	RX6	X54	R45	G6
Peso de muestra húmeda + recip. (gms)		19,10	19,44	19,80	20,30	20,80	11,56	11,50	11,60	119,00	116,30
Peso de muestra seca + recip. (gms)		17,10	17,20	17,30	17,50	17,80	11,20	11,15	11,20	95,00	91,60
Peso del recipiente (gms)		9,64	9,63	9,66	9,64	9,59	9,72	9,64	9,69	9,68	9,78
Peso del agua (gms)		2,00	2,24	2,50	2,80	3,00	0,36	0,35	0,40	24,00	24,70
Peso Seco (gms)		7,46	7,57	7,64	7,86	8,22	1,48	1,51	1,51	85,32	81,82
Contenido de humedad (%)		26,82	29,59	32,73	35,63	36,52	24,26	23,19	26,49	28,13	30,19
Número de golpes		40	27	21	17	15	24,65			29,16	

NUMERO DE GOLPES

NORMAS

LIMITE LIQUIDO: ASIMD - 423 AASHTO T - 89

LIMITE PLASTICO: ASTM D-424 AASHTO T-90

HUMEDAD: ASIMD-2216

GRANULOMETRIA: ASTM D-422 AASHTO T-88

GRANULOMETRIA					
TAMIZ	Milímetros	Peso Retenido	PORCENTAJE		
			Retenido Acumulado	Retenido	Pasante
4	4,75	0,00	0,00	0,00	100,00
8	2,36				
10					
16	1,18				
30	0,6				
40	425micron.	0,35	0,35	0,34	99,66
60	250micron.				
100	150micron.				
200	75micron.	2,50	2,85	2,79	97,21
FONDO		99,15	102,00	100,00	0,00
PESO ANTES DEL LAVADO		102,00			

RESUMEN:	
LIMITE LIQUIDO	31,80 %
LIMITE PLASTICO	24,65 %
INDICE PLASTICO	7,15 %
HUMEDAD NATURAL	29,16 %
CLASIFICACION SUSCS	
CL	
% DE LOS AGREGADOS EN LA MUESTRA	
GRAVA	0%
ARENA	2,79%
FINOS	97,21%

Descripción del material:	Arcilla plastica color café oscuro de mediana plasticidad consistencia blanda a media, mediana humedad	Responsable Técnico: RENI J. UCHUARI R.
Observaciones:	Ensayo granulométrico por lavado	
Realizado por:		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 56. Cálculo de los límites de Atterberg y clasificación USCS del sondeo No.1 a una profundidad de 2 metros

LABORATORIO DE SUELOS & PAVIMENTOS														
ENSAYO DE CLASIFICACION DE SUELOS														
PROYECTO: TITULACIÓN DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA														
SOLICITA: UTMACH					PERFORACION No			1						
UBICACIÓN: CIUDAD DE MACHALA - EL CAMBIO					MUESTRA No.			2						
DIRECCION: CALLES S/N					PROFUNDIDAD			2 mts.						
SOLAR Nº1 MANZANA ASOUTM-O AREA: 5.849,20 m2														
FECHA: NOVIEMBRE DEL 2023														
ENSAYOS DE CONSISTENCIA		LIMITE LIQUIDO					LIMITE PLASTICO			HUM. NAT.				
PASO No.		1	2	3	4	5	1	2	3	1				
Recipiente No.		T5	Z54	C6	S56	G76	D5	R65	S55	Y76				
Peso de muestra húmeda + recip. (gms)		17,65	18,40	18,70	19,40	19,70	10,70	11,35	10,97	145,60				
Peso de muestra seca + recip. (gms)		16,20	16,70	16,80	17,30	17,50	10,50	11,08	10,75	108,60				
Peso del recipiente (gms)		10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	9,48	9,73	9,70	9,95				
Peso del agua (gms)		1,45	1,70	1,90	2,10	2,20	0,20	0,27	0,22	37,00				
Peso Seco (gms)		6,20	6,70	6,80	7,30	7,50	1,02	1,35	1,05	98,65				
Contenido de humedad (%)		23,39	25,37	27,94	28,77	29,33	19,53	20,03	21,03	37,51				
Número de golpes		34	30	24	17	15	20,20		36,66					
							<p>NORMAS</p> <p>LIMITE LIQUIDO: ASIMD - 423 AASHTO T - 89</p> <p>LIMITE PLASTICO: ASTMD-424 AASHTO T-90</p> <p>HUMEDAD:ASIMD-2216</p> <p>GRANULOMETRIA: ASTMD-422 AASHTO T-88</p>							
GRANULOMETRIA														
TAMIZ	Milímetros	Peso Retenido	PORCENTAJE											
			Retenido Acumulado	Retenido Pasante										
4	4,75	0,00	0,00	0,00	100,00									
8	2,36													
10														
16	1,18													
30	0,6													
40	425micron.	0,80	0,80	0,78	99,22									
60	250micron.													
100	150micron.													
200	75micron.	8,96	9,76	9,76	90,24									
FONDO		90,24	100,00	100,00	0,00									
PESO ANTES DEL LAVADO		100,00												
<p>RESUMEN:</p> <p>LIMITE LIQUIDO 26,60 %</p> <p>LIMITE PLASTICO 20,20 %</p> <p>INDICE PLASTICO 6,40 %</p> <p>HUMEDAD NATURAL 36,66 %</p> <p>CLASIFICACION SUSCS ML</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>% DE LOS AGREGADOS EN LA MUESTRA</td> <td>GRAVA</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td></td> <td>ARENA</td> <td>9,76%</td> </tr> <tr> <td></td> <td>FINOS</td> <td>90,24%</td> </tr> </table>						% DE LOS AGREGADOS EN LA MUESTRA	GRAVA	0%		ARENA	9,76%		FINOS	90,24%
% DE LOS AGREGADOS EN LA MUESTRA	GRAVA	0%												
	ARENA	9,76%												
	FINOS	90,24%												
Descripción del material: Arcilla compasibilidad relativa mediana mediana humedad Observaciones: Ensayo granulométrico por lavado Realizado por:						Responsable Técnico: RENI J. UCHUARI R.								

Fuente: Elaboración propia

Tabla 57. Cálculo de los límites de Atterberg y clasificación USCS del sondeo No.1 a una profundidad de 3 metros

LABORATORIO DE SUELOS & PAVIMENTOS																				
ENSAYO DE CLASIFICACION DE SUELOS																				
PROYECTO: TITULACIÓN DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA																				
SOLICITA: UTMACH			CIUDAD DE MACHALA - EL CAMBIO			PERFORACION No			1											
UBICACIÓN:			DIRECCION: CALLES S/N			MUESTRA No.			3											
FECHA: NOVIEMBRE DEL 2023			SOLAR Nº1 MANZANA ASOUTM-O AREA: 5.849,20 m2			PROFUNDIDAD			3 mts.											
ENSAYOS DE CONSISTENCIA		LIMITE LIQUIDO					LIMITE PLASTICO			HUM. NAT.										
PASO No.		1	2	3	4	5	1	2	3	1	2									
Recipiente No.		W43	Z45	S5	F5	F55	S44	H7	F54	R5	X5									
Peso de muestra húmeda + recip. (gms)		18,97	19,35	19,65	19,90	20,30	10,90	11,30	11,10	151,40	140,00									
Peso de muestra seca + recip. (gms)		16,87	17,00	17,13	17,23	17,40	10,66	10,98	10,81	113,50	112,00									
Peso del recipiente (gms)		9,65	9,63	9,69	9,63	9,69	9,67	9,68	9,69	9,70	9,53									
Peso del agua (gms)		2,10	2,35	2,52	2,67	2,90	0,24	0,32	0,29	37,90	28,00									
Peso Seco (gms)		7,22	7,37	7,44	7,61	7,71	0,99	1,30	1,12	103,80	102,47									
Contenido de humedad (%)		29,09	31,89	33,88	35,11	37,59	24,19	24,58	25,82	36,51	27,33									
Número de golpes		35	27	22	20	15	24,86			31,92										
						<p>NORMAS</p> <p>LIMITE LIQUIDO: ASIMD - 423 AASHTO T - 89</p> <p>LIMITE PLASTICO: ASTMD-424 AASHTO T-90</p> <p>HUMEDAD:ASIMD-2216</p> <p>GRANULOMETRIA: ASTMD-422 AASHTO T-88</p>														
GRANULOMETRIA						<p>RESUMEN:</p> <p>LIMITE LIQUIDO 33,00 %</p> <p>LIMITE PLASTICO 24,86 %</p> <p>INDICE PLASTICO 8,14 %</p> <p>HUMEDAD NATURAL 31,92 %</p> <p>CLASIFICACION SUSCS CL</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>% DE LOS</td> <td>GRAVA</td> <td>0,00%</td> </tr> <tr> <td>AGREGADOS EN LA</td> <td>ARENA</td> <td>11,35%</td> </tr> <tr> <td>MUESTRA</td> <td>FINOS</td> <td>88,65%</td> </tr> </table>						% DE LOS	GRAVA	0,00%	AGREGADOS EN LA	ARENA	11,35%	MUESTRA	FINOS	88,65%
% DE LOS	GRAVA	0,00%																		
AGREGADOS EN LA	ARENA	11,35%																		
MUESTRA	FINOS	88,65%																		
TAMIZ	Milímetros	Peso Retenido	PORCENTAJE																	
			Retenido Acumulado	Retenid	Pasante															
4	4,75	0,00	0,00	0,00	100,00															
8	2,36																			
10																				
16	1,18																			
30	0,6																			
40	425micron.	9,35	9,35	9,17	90,83															
60	250micron.																			
100	150micron.																			
200	75micron.	3,70	13,05	11,35	88,65															
FONDO		101,95	115,00	100,00	0,00															
PESO ANTES DEL LAVADO		115,00																		
Descripción del material: Arcilla contenido de humedad mediano compacidad relativamente firme Observaciones: Ensayo granulométrico por lavado Realizado por:						Responsable Técnico: RENI J. UCHUARI R.														

Fuente: Elaboración propia

Tabla 58. Cálculo de los límites de Atterberg y clasificación USCS del sondeo No.1 a una profundidad de 4 metros

LABORATORIO DE SUELOS & PAVIMENTOS											
ENSAYO DE CLASIFICACION DE SUELOS											
PROYECTO: TITULACIÓN DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA											
SOLICITA: UTMACH					PERFORACION No			1			
UBICACIÓN: CIUDAD DE MACHALA - EL CAMBIO					MUESTRA No.			4			
DIRECCION: CALLES S/N					PROFUNDIDAD			4 mts			
SOLAR Nº1 MANZANA ASOUTM-O AREA: 5.849,20 m2											
FECHA: NOVIEMBRE DEL 2023											
ENSAYOS DE CONSISTENCIA		LIMITE LIQUIDO					LIMITE PLASTICO			HUM. NAT.	
PASO No.		1	2	3	4	5	1	2	3	1	2
Recipiente No.		Y7	F65	D5	R5	F76	V7	S45	A54	G7	X54
Peso de muestra húmeda + recip. (gms)		19,50	19,30	19,80	19,40	19,70	10,70	11,11	11,15	150,00	150,00
Peso de muestra seca + recip. (gms)		17,50	17,10	17,30	16,96	17,21	10,50	10,75	10,84	115,30	112,80
Peso del recipiente (gms)		9,63	9,62	9,70	9,61	9,59	9,68	9,61	9,67	9,66	9,71
Peso del agua (gms)		2,00	2,20	2,50	2,44	2,49	0,20	0,36	0,31	34,70	37,20
Peso Seco (gms)		7,87	7,48	7,60	7,35	7,62	0,82	1,14	1,17	105,64	103,09
Contenido de humedad (%)		25,41	29,41	32,89	33,20	32,68	24,39	31,58	26,50	32,85	36,09
Número de golpes		35	25	21	19	15	27,49			34,47	

NUMERO DE GOLPES

NORMAS

LIMITE LIQUIDO:
ASIMD - 423 AASHTO T - 89

LIMITE PLASTICO:
ASTM D-424 AASHTO T-90

HUMEDAD: ASIMD-2216

GRANULOMETRIA:
ASTM D-422 AASHTO T-88

GRANULOMETRIA					
TAMIZ	Milímetros	Peso Retenido	PORCENTAJE		
			Retenido Acumulado	Retenido	Pasante
4	4,75	0,00	0,00	0,00	100,00
8	2,36				
10					
16	1,18				
30	0,6				
40	425micron.	1,50	1,50	1,03	98,97
60	250micron.				
100	150micron.				
200	75micron.	25,00	26,50	18,28	81,72
FONDO		118,50	145,00	100,00	0,00
PEO ANTES DEL LAVADO		145,00			

RESUMEN:	
LIMITE LIQUIDO	30,00 %
LIMITE PLASTICO	27,49 %
INDICE PLASTICO	2,51 %
HUMEDAD NATURAL	34,47 %
CLASIFICACION SUSCS CL	
% DE LOS	
AGREGADOS EN LA	
MUESTRA	
GRAVA	0,00%
ARENA	18,28%
FINOS	81,72%

Descripción del material:	Arcilla contenido de humedad mediano compacidad relativamente firme
Observaciones:	Ensayo granulométrico por lavado
Realizado por:	
Responsable Técnico: RENI J. UCHUARI R.	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 59. Cálculo de los límites de Atterberg y clasificación USCS del sondeo No.1 a una profundidad de 5 metros

LABORATORIO DE SUELOS & PAVIMENTOS																		
ENSAYO DE CLASIFICACION DE SUELOS																		
PROYECTO: TITULACIÓN DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA																		
SOLICITA: UTMACH			PERFORACION No			1												
UBICACIÓN: CIUDAD DE MACHALA - EL CAMBIO			MUESTRA No.			5												
DIRECCION: CALLES S/N			PROFUNDIDAD			5 mts												
FECHA: NOVIEMBRE DEL 2023			SOLAR N°1 MANZANA ASOUTM-O AREA: 5.849,20 m2															
ENSAYOS DE CONSISTENCIA		LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO			HUM. NAT.										
PASO No.		1	2	3	4	5	1	2	3	1	2							
Recipiente No.		X43	D5	R5	T6	S43	D5	G76	X43	R78	F56							
Peso de muestra húmeda + recip. (gms)		20,30	20,40	20,50	20,70	20,70	11,40	11,30	11,24	145,00	140,00							
Peso de muestra seca + recip. (gms)		18,35	18,30	18,05	18,27	18,10	11,05	10,96	10,95	105,90	110,00							
Peso del recipiente (gms)		11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	9,65	9,61	9,65	9,64	9,75							
Peso del agua (gms)		1,95	2,10	2,45	2,43	2,60	0,35	0,34	0,29	39,10	30,00							
Peso Seco (gms)		7,35	7,30	7,05	7,27	7,10	1,40	1,35	1,30	96,26	100,25							
Contenido de humedad (%)		26,53	28,77	34,75	33,43	36,62	25,00	25,19	22,31	40,62	29,93							
Número de golpes		32	35	25	20	14	24,16			35,27								
										<p>NORMAS</p> <p>LIMITE LIQUIDO: ASIMD - 423 AASHTO T - 89</p> <p>LIMITE PLASTICO: ASTMD-424 AASHTO T-90</p> <p>HUMEDAD:ASIMD-2216</p> <p>GRANULOMETRIA: ASTMD-422 AASHTO T-88</p>								
GRANULOMETRIA							<p>RESUMEN:</p> <p>LIMITE LIQUIDO 32,20 %</p> <p>LIMITE PLASTICO 24,16 %</p> <p>INDICE PLASTICO 8,04 %</p> <p>HUMEDAD NATURAL 35,27 %</p> <p>CLASIFICACION SUSCS CL</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td rowspan="3" style="width: 50%;">% DE LOS AGREGADOS EN LA MUESTRA</td> <td style="width: 20%;">GRAVA</td> <td style="width: 30%;">2,53%</td> </tr> <tr> <td>ARENA</td> <td>87,30%</td> </tr> <tr> <td>FINOS</td> <td>10,17%</td> </tr> </table>					% DE LOS AGREGADOS EN LA MUESTRA	GRAVA	2,53%	ARENA	87,30%	FINOS	10,17%
% DE LOS AGREGADOS EN LA MUESTRA	GRAVA	2,53%																
	ARENA	87,30%																
	FINOS	10,17%																
TAMIZ	Milímetros	Peso Retenido	PORCENTAJE															
			Retenido Acumulado	Retenido	Pasante													
4	4,75	2,53	2,53	2,53	97,47													
8	2,36																	
10																		
16	1,18																	
30	0,6																	
40	425micron.	13,20	13,20	13,20	86,80													
60	250micron.																	
100	150micron.																	
200	75micron.	74,10	87,30	87,30	10,17													
FONDO		10,17	97,47	97,47	2,53													
PESO ANTES DEL LAVADO		100,00																
Descripción del material:			Arcilla Limosa humedad media suelos firmes															
Observaciones:			Ensayo granulométrico por lavado															
Realizado por:			Responsable Técnico: RENI J. UCHUARI R.															

Fuente: Elaboración propia

Tabla 60. Cálculo de los límites de Atterberg y clasificación USCS del sondeo No.1 a una profundidad de 6 metros

LABORATORIO DE SUELOS & PAVIMENTOS																				
ENSAYO DE CLASIFICACION DE SUELOS																				
PROYECTO: TITULACIÓN DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA																				
SOLICITA: UTMACH					PERFORACION No 1															
UBICACIÓN: CIUDAD DE MACHALA - EL CAMBIO					MUESTRA No. 6															
DIRECCION: CALLES S/N					PROFUNDIDAD 6 mts															
SOLAR N°1 MANZANA ASOUTM-O AREA: 5.849,20 m2																				
FECHA: NOVIEMBRE DEL 2023																				
ENSAYOS DE CONSISTENCIA		LIMITE LIQUIDO					LIMITE PLASTICO			HUM. NAT.										
PASO No.		1	2	3	4	5	1	2	3	1	2									
Recipiente No.		U87	V6	D6	B8	D6	H87	B89	D65	N8	S5									
Peso de muestra húmeda + recip. (gms)		18,50	18,40	18,50	18,70	19,30	11,00	11,00	11,10	150,00	150,00									
Peso de muestra seca + recip. (gms)		16,31	16,10	16,13	16,82	16,30	10,75	10,83	10,63	112,00	111,00									
Peso del recipiente (gms)		9,00	10,00	8,00	12,00	8,50	9,67	9,68	9,69	9,60	9,80									
Peso del agua (gms)		2,19	2,30	2,37	1,88	3,00	0,25	0,17	0,47	38,00	39,00									
Peso Seco (gms)		7,31	6,10	8,13	4,82	7,80	1,08	1,15	0,94	102,40	101,20									
Contenido de humedad (%)		29,96	37,70	29,15	39,00	38,46	23,11	14,76	49,84	37,11	38,54									
Número de golpes		35	27	25	20	15	29,23			37,82										
							NORMAS LIMITE LIQUIDO: ASIMD - 423 AASHTO T - 89 LIMITE PLASTICO: ASTM D-424 AASHTO T-90 HUMEDAD: ASIMD-2216 GRANULOMETRIA: ASTM D-422 AASHTO T-88													
GRANULOMETRIA							RESUMEN: LIMITE LIQUIDO 34,60 % LIMITE PLASTICO 29,23 % INDICE PLASTICO 5,37 % HUMEDAD NATURAL 37,82 % CLASIFICACION SUSCS CL <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>% DE LOS</td> <td>GRAVA</td> <td>0,00%</td> </tr> <tr> <td>AGREGADOS EN LA</td> <td>ARENA</td> <td>14,00%</td> </tr> <tr> <td>MUESTRA</td> <td>FINOS</td> <td>86,00%</td> </tr> </table>					% DE LOS	GRAVA	0,00%	AGREGADOS EN LA	ARENA	14,00%	MUESTRA	FINOS	86,00%
% DE LOS	GRAVA	0,00%																		
AGREGADOS EN LA	ARENA	14,00%																		
MUESTRA	FINOS	86,00%																		
TAMIZ	Milímetros	Peso Retenido	PORCENTAJE																	
			Retenido Acumulado	Retenido Pasante																
4	4,75	0,00	0,00	0,00	100,00															
8	2,36																			
10																				
16	1,18																			
30	0,6																			
40	425micron.	8,45	8,45	6,26	93,74															
60	250micron.																			
100	150micron.																			
200	75micron.	10,45	18,90	14,00	86,00															
FONDO		116,10	135,00	100,00	0,00															
PESO ANTES DEL LAVADO		135,00																		
Descripción del material: Arcilla plastica color café oscuro de mediana plasticidad compasidad relativa firme y humedad media Observaciones: Ensayo granulométrico por lavado Realizado por:							Responsable Técnico: RENI J. UCHUARI R.													

Fuente: Elaboración propia

➤ **Sondeo No. 2 Capacidad portante del suelo**

Tabla 61. Datos para ensayo de capacidad portante del suelo en el sondeo No.2

LABORATORIO DE SUELOS & PAVIMENTOS

ENSAYO DE ESFUERZO PORTANTE

- 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

C U A D R O D E D A T O S

		MUESTRA # 1	MUESTRA # 2	MUESTRA # 3
P	(cm)	30	31	32
Ds	(cm)	3,79	3,83	3,80
Dc	(cm)	3,80	3,85	3,82
Di	(cm)	3,82	3,84	3,81
H	(cm)	9,00	9,02	9,03
Wp	(gr)	192,00	190,15	185,00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 62. Cálculo del esfuerzo total, esfuerzo de la presión de poros, esfuerzo efectivo y ángulo de falla del sondeo No.2

LABORATORIO DE SUELOS & PAVIMENTOS

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

$$\bar{\sigma} = \alpha \cdot Z \qquad Z = 100 \text{ cm}$$

$$\bar{\sigma} = 187,94 \text{ gr / cm}^2 \qquad \gamma = 1,88 \text{ gr / cm}^3$$

CALCULO DE LA PRESION DE POROS (μ)

$$\mu = \gamma_w \cdot h \qquad h = 0 \text{ cm}$$

$$\mu = 0 \text{ gr / cm}^2 \qquad \gamma_w = 1 \text{ gr / cm}^3$$

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

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

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

$$\bar{\sigma}' = 187,94 \text{ gr / cm}^2 = 0,187940 \text{ Kg / cm}^2$$

CALCULO DEL ANGULO DE FALLA (α)

$$X = 1,6 \text{ cm} \qquad Y = 0,23 \text{ cm}$$

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

$$\alpha = 8,18^\circ$$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 63. Contenido de humedad de la muestra para ensayo de capacidad portante del sondeo No.2

CONTENIDO DE HUMEDAD

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

MUESTRA N ° 1

RECIPIENTE	N °	W43
PESO DEL SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	W_1	30,25 gr.
PESO DEL SUELO SECO + RECIPIENTE	W_2	26,3 gr.
PESO DEL RECIPIENTE	W_3	11,00 gr.
PESO DEL AGUA	$W_w = W_1 - W_2$	3,95 gr.
PESO DEL SUELO SECO	$W_s = W_2 - W_3$	15,300 gr.
CONTENIDO DE HUMEDAD	$W (\%) = \frac{W_w}{W_s}$	25,82%

MUESTRA N ° 2

RECIPIENTE	N °	JU8
PESO DEL SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	W_1	38,36 gr.
PESO DEL SUELO SECO + RECIPIENTE	W_2	32,23 gr.
PESO DEL RECIPIENTE	W_3	10,00 gr.
PESO DEL AGUA	$W_w = W_1 - W_2$	6,13 gr.
PESO DEL SUELO SECO	$W_s = W_2 - W_3$	22,230 gr.
CONTENIDO DE HUMEDAD	$W (\%) = \frac{W_w}{W_s}$	27,58%

CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO :

$$W(\%)_{\text{PROM}} = \mathbf{26,70\%}$$

Tabla 64. Cálculo de las áreas y carga de la muestra No.1 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.2

LABORATORIO DE SUELOS & PAVIMENTOS

CALCULO DE LAS AREAS: SUPERIOR - CENTRAL - INFERIOR

As : Area Superior

Ac : Area Central

Ai : Area Inferior

As	=	11,282	cm ²
Ac	=	11,341	cm ²
Ai	=	11,461	cm ²

CALCULO DEL AREA MEDIA :

Am : Area Media

Am	=	11,351	cm ²
-----------	---	--------	-----------------

CALCULO DE Hm EN plg :

Hm : Altura Media

Hm	=	3,543	plg
-----------	---	-------	-----

CALCULO DE LA CARGA :

CARGA = Constante del Anillo x Lectura del Dial

Ingresar Constante del Anillo :

0,140423	Kg/10⁻⁴ plg
-----------------	-------------------------------

CARGA	CONSTANTE			LECTURA			
Carga # 1	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	6,0	x 10-4 plg =	0,8425
Carga # 2	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	10,0	x 10-4 plg =	1,4042
Carga # 3	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	15,0	x 10-4 plg =	2,1063
Carga # 4	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	25,0	x 10-4 plg =	3,5106
Carga # 5	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	36,0	x 10-4 plg =	5,0552
Carga # 6	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	48,0	x 10-4 plg =	6,7403
Carga # 7	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	59,0	x 10-4 plg =	8,2850
Carga # 8	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	69,0	x 10-4 plg =	9,6892
Carga # 9	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	76,0	x 10-4 plg =	10,6721
Carga # 10	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	89,0	x 10-4 plg =	12,4976
Carga # 11	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	92,0	x 10-4 plg =	12,9189
Carga # 12	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	98,0	x 10-4 plg =	13,7615
Carga # 13	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	100,0	x 10-4 plg =	14,0423
Carga # 14	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	105,0	x 10-4 plg =	14,7444
Carga # 15	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	109,0	x 10-4 plg =	15,3061
Carga # 16	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	111,0	x 10-4 plg =	15,5870
Carga # 17	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	115,0	x 10-4 plg =	16,1486
Carga # 18	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	117,0	x 10-4 plg =	16,4295
Carga # 19	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	119,0	x 10-4 plg =	16,7103

Fuente: Elaboración propia

Tabla 65. Cálculo de la deformación unitario de la muestra No.1 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.2

CALCULO DE LA DEFORMACION UNITARIA :

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

$\varepsilon_1 =$	10	x 10-3 plg /	3,543 plg =	2,822 x 10⁻³
$\varepsilon_2 =$	20	x 10-3 plg /	3,543 plg =	5,644 x 10⁻³
$\varepsilon_3 =$	30	x 10-3 plg /	3,543 plg =	8,467 x 10⁻³
$\varepsilon_4 =$	40	x 10-3 plg /	3,543 plg =	11,289 x 10⁻³
$\varepsilon_5 =$	50	x 10-3 plg /	3,543 plg =	14,111 x 10⁻³
$\varepsilon_6 =$	75	x 10-3 plg /	3,543 plg =	21,167 x 10⁻³
$\varepsilon_7 =$	100	x 10-3 plg /	3,543 plg =	28,222 x 10⁻³
$\varepsilon_8 =$	125	x 10-3 plg /	3,543 plg =	35,278 x 10⁻³
$\varepsilon_9 =$	150	x 10-3 plg /	3,543 plg =	42,333 x 10⁻³
$\varepsilon_{10} =$	175	x 10-3 plg /	3,543 plg =	49,389 x 10⁻³
$\varepsilon_{11} =$	200	x 10-3 plg /	3,543 plg =	56,444 x 10⁻³
$\varepsilon_{12} =$	250	x 10-3 plg /	3,543 plg =	70,556 x 10⁻³
$\varepsilon_{13} =$	270	x 10-3 plg /	3,543 plg =	76,200 x 10⁻³
$\varepsilon_{14} =$	300	x 10-3 plg /	3,543 plg =	84,667 x 10⁻³
$\varepsilon_{15} =$	320	x 10-3 plg /	3,543 plg =	90,311 x 10⁻³
$\varepsilon_{16} =$	340	x 10-3 plg /	3,543 plg =	95,956 x 10⁻³
$\varepsilon_{17} =$	360	x 10-3 plg /	3,543 plg =	101,600 x 10⁻³
$\varepsilon_{18} =$	380	x 10-3 plg /	3,543 plg =	107,244 x 10⁻³
$\varepsilon_{19} =$	400	x 10-3 plg /	3,543 plg =	112,889 x 10⁻³

Fuente: Elaboración propia

Tabla 66. Cálculo del área corregida de la muestra No.1 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.2

CALCULO DEL AREA CORREGIDA :

$$A_c = A_m / 1 - \varepsilon$$

A_{c1} =	11,351 / 1 - 2,822 x 10 ⁻³ =	11,383 cm²
A_{c2} =	11,351 / 1 - 5,644 x 10 ⁻³ =	11,416 cm²
A_{c3} =	11,351 / 1 - 8,467 x 10 ⁻³ =	11,448 cm²
A_{c4} =	11,351 / 1 - 11,289 x 10 ⁻³ =	11,481 cm²
A_{c5} =	11,351 / 1 - 14,111 x 10 ⁻³ =	11,514 cm²
A_{c6} =	11,351 / 1 - 21,167 x 10 ⁻³ =	11,597 cm²
A_{c7} =	11,351 / 1 - 28,222 x 10 ⁻³ =	11,681 cm²
A_{c8} =	11,351 / 1 - 35,278 x 10 ⁻³ =	11,766 cm²
A_{c9} =	11,351 / 1 - 42,333 x 10 ⁻³ =	11,853 cm²
A_{c10} =	11,351 / 1 - 49,389 x 10 ⁻³ =	11,941 cm²
A_{c11} =	11,351 / 1 - 56,444 x 10 ⁻³ =	12,030 cm²
A_{c12} =	11,351 / 1 - 70,556 x 10 ⁻³ =	12,213 cm²
A_{c13} =	11,351 / 1 - 76,200 x 10 ⁻³ =	12,287 cm²
A_{c14} =	11,351 / 1 - 84,667 x 10 ⁻³ =	12,401 cm²
A_{c15} =	11,351 / 1 - 90,311 x 10 ⁻³ =	12,478 cm²
A_{c16} =	11,351 / 1 - 95,956 x 10 ⁻³ =	12,556 cm²
A_{c17} =	11,351 / 1 - 101,600 x 10 ⁻³ =	12,635 cm²
A_{c18} =	11,351 / 1 - 107,244 x 10 ⁻³ =	12,715 cm²
A_{c19} =	11,351 / 1 - 112,889 x 10 ⁻³ =	12,796 cm²

Fuente: Elaboración propia

Tabla 67. Cálculo del esfuerzo de la muestra No.1 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.2

CALCULO DEL ESFUERZO :

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

ESFUERZO 1 =	0,8425 kg / 11,383 cm ² =	0,0740 kg/cm²
ESFUERZO 2 =	1,4042 kg / 11,416 cm ² =	0,1230 kg/cm²
ESFUERZO 3 =	2,1063 kg / 11,448 cm ² =	0,1840 kg/cm²
ESFUERZO 4 =	3,5106 kg / 11,481 cm ² =	0,3058 kg/cm²
ESFUERZO 5 =	5,0552 kg / 11,514 cm ² =	0,4391 kg/cm²
ESFUERZO 6 =	6,7403 kg / 11,597 cm ² =	0,5812 kg/cm²
ESFUERZO 7 =	8,2850 kg / 11,681 cm ² =	0,7093 kg/cm²
ESFUERZO 8 =	9,6892 kg / 11,766 cm ² =	0,8235 kg/cm²
ESFUERZO 9 =	10,6721 kg / 11,853 cm ² =	0,9004 kg/cm²
ESFUERZO 10 =	12,4976 kg / 11,941 cm ² =	1,0466 kg/cm²
ESFUERZO 11 =	12,9189 kg / 12,030 cm ² =	1,0739 kg/cm²
ESFUERZO 12 =	13,7615 kg / 12,213 cm ² =	1,1268 kg/cm²
ESFUERZO 13 =	14,0423 kg / 12,287 cm ² =	1,1428 kg/cm²
ESFUERZO 14 =	14,7444 kg / 12,401 cm ² =	1,1890 kg/cm²
ESFUERZO 15 =	15,3061 kg / 12,478 cm ² =	1,2266 kg/cm²
ESFUERZO 16 =	15,5870 kg / 12,556 cm ² =	1,2414 kg/cm²
ESFUERZO 17 =	16,1486 kg / 12,635 cm ² =	1,2781 kg/cm²
ESFUERZO 18 =	16,4295 kg / 12,715 cm ² =	1,2922 kg/cm²
ESFUERZO 19 =	16,7103 kg / 12,796 cm ² =	1,3059 kg/cm²

Fuente: Elaboración propia

Tabla 68. Cálculo del esfuerzo normal de la muestra No.1 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.2

CALCULO DEL ESFUERZO NORMAL (G_1) :

$$G_1 = G_d + G_3$$

G_1 y G_3 = Esfuerzos Principales

G_d = Esfuerzo Deformador

$$G_1 = 1142,81 \times 10^{-3} \text{ kg/cm}^2 + 1,1 \text{ kg/cm}^2$$

$$G_1 = 2,2428 \text{ kg/cm}^2$$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 69. Cálculo del radio del círculo de Mohr de la muestra No.1 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.1

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

$$x = \frac{G_1 + G_3}{2} = \frac{2,2428 \text{ kg/cm}^2 + 1,1 \text{ kg/cm}^2}{2}$$

$$x = 1,671 \text{ kg/cm}^2$$

CALCULO DEL RADIO DEL CIRCULO DE MORH (R) :

$$R = \frac{G_1 - G_3}{2} = \frac{2,2428 \text{ kg/cm}^2 - 1,1 \text{ kg/cm}^2}{2}$$

$$R = 0,571 \text{ kg/cm}^2$$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 71. Cálculo de las áreas y carga de la muestra No.2 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.2

LABORATORIO DE SUELOS & PAVIMENTOS

CALCULO DE LAS AREAS: SUPERIOR - CENTRAL - INFERIOR

As : Area Superior

Ac : Area Central

Ai : Area Inferior

As	=	11,521	cm ²
Ac	=	11,642	cm ²
Ai	=	11,581	cm ²

CALCULO DEL AREA MEDIA :

Am : Area Media

Am	=	11,611	cm ²
-----------	---	--------	-----------------

CALCULO DE Hm EN plg :

Hm : Altura Media

Hm	=	3,551	plg
-----------	---	-------	-----

CALCULO DE LA CARGA :

CARGA = Constante del Anillo x Lectura del Dial

Ingresar Constante del Anillo :

0,140423	Kg/10 ⁻⁴ plg
----------	-------------------------

CARGA	CONSTANTE			LECTURA			
Carga # 1	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	6,0	x 10-4 plg =	0,8425
Carga # 2	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	10,0	x 10-4 plg =	1,4042
Carga # 3	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	15,0	x 10-4 plg =	2,1063
Carga # 4	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	25,0	x 10-4 plg =	3,5106
Carga # 5	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	36,0	x 10-4 plg =	5,0552
Carga # 6	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	48,0	x 10-4 plg =	6,7403
Carga # 7	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	59,0	x 10-4 plg =	8,2850
Carga # 8	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	69,0	x 10-4 plg =	9,6892
Carga # 9	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	76,0	x 10-4 plg =	10,6721
Carga # 10	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	89,0	x 10-4 plg =	12,4976
Carga # 11	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	92,0	x 10-4 plg =	12,9189
Carga # 12	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	105,0	x 10-4 plg =	14,7444
Carga # 13	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	108,0	x 10-4 plg =	15,1657
Carga # 14	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	110,0	x 10-4 plg =	15,4465
Carga # 15	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	113,0	x 10-4 plg =	15,8678
Carga # 16	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	115,0	x 10-4 plg =	16,1486
Carga # 17	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	119,0	x 10-4 plg =	16,7103
Carga # 18	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	120,0	x 10-4 plg =	16,8508

Fuente: Elaboración propia

Tabla 72. Cálculo de la deformación unitario de la muestra No.2 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.2

CALCULO DE LA DEFORMACION UNITARIA :

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

$\varepsilon_1 =$	10	x 10-3 plg /	3,551 plg =	2,816 x 10⁻³
$\varepsilon_2 =$	20	x 10-3 plg /	3,551 plg =	5,632 x 10⁻³
$\varepsilon_3 =$	30	x 10-3 plg /	3,551 plg =	8,448 x 10⁻³
$\varepsilon_4 =$	40	x 10-3 plg /	3,551 plg =	11,264 x 10⁻³
$\varepsilon_5 =$	50	x 10-3 plg /	3,551 plg =	14,080 x 10⁻³
$\varepsilon_6 =$	75	x 10-3 plg /	3,551 plg =	21,120 x 10⁻³
$\varepsilon_7 =$	100	x 10-3 plg /	3,551 plg =	28,160 x 10⁻³
$\varepsilon_8 =$	125	x 10-3 plg /	3,551 plg =	35,200 x 10⁻³
$\varepsilon_9 =$	150	x 10-3 plg /	3,551 plg =	42,239 x 10⁻³
$\varepsilon_{10} =$	175	x 10-3 plg /	3,551 plg =	49,279 x 10⁻³
$\varepsilon_{11} =$	200	x 10-3 plg /	3,551 plg =	56,319 x 10⁻³
$\varepsilon_{12} =$	250	x 10-3 plg /	3,551 plg =	70,399 x 10⁻³
$\varepsilon_{13} =$	280	x 10-3 plg /	3,551 plg =	78,847 x 10⁻³
$\varepsilon_{14} =$	300	x 10-3 plg /	3,551 plg =	84,479 x 10⁻³
$\varepsilon_{15} =$	320	x 10-3 plg /	3,551 plg =	90,111 x 10⁻³
$\varepsilon_{16} =$	340	x 10-3 plg /	3,551 plg =	95,743 x 10⁻³
$\varepsilon_{17} =$	360	x 10-3 plg /	3,551 plg =	101,375 x 10⁻³
$\varepsilon_{18} =$	380	x 10-3 plg /	3,551 plg =	107,007 x 10⁻³
$\varepsilon_{19} =$	400	x 10-3 plg /	3,551 plg =	112,639 x 10⁻³

Fuente: Elaboración propia

Tabla 73. Cálculo del área corregida de la muestra No.2 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.2

CALCULO DEL AREA CORREGIDA :

$$A_c = A_m / 1 - \varepsilon$$

$A_{c_1} =$	11,611 / 1 - 2,816 x 10 ⁻³ =	11,644 cm²
$A_{c_2} =$	11,611 / 1 - 5,632 x 10 ⁻³ =	11,677 cm²
$A_{c_3} =$	11,611 / 1 - 8,448 x 10 ⁻³ =	11,710 cm²
$A_{c_4} =$	11,611 / 1 - 11,264 x 10 ⁻³ =	11,744 cm²
$A_{c_5} =$	11,611 / 1 - 14,080 x 10 ⁻³ =	11,777 cm²
$A_{c_6} =$	11,611 / 1 - 21,120 x 10 ⁻³ =	11,862 cm²
$A_{c_7} =$	11,611 / 1 - 28,160 x 10 ⁻³ =	11,948 cm²
$A_{c_8} =$	11,611 / 1 - 35,200 x 10 ⁻³ =	12,035 cm²
$A_{c_9} =$	11,611 / 1 - 42,239 x 10 ⁻³ =	12,123 cm²
$A_{c_{10}} =$	11,611 / 1 - 49,279 x 10 ⁻³ =	12,213 cm²
$A_{c_{11}} =$	11,611 / 1 - 56,319 x 10 ⁻³ =	12,304 cm²
$A_{c_{12}} =$	11,611 / 1 - 70,399 x 10 ⁻³ =	12,491 cm²
$A_{c_{13}} =$	11,611 / 1 - 78,847 x 10 ⁻³ =	12,605 cm²
$A_{c_{14}} =$	11,611 / 1 - 84,479 x 10 ⁻³ =	12,683 cm²
$A_{c_{15}} =$	11,611 / 1 - 90,111 x 10 ⁻³ =	12,761 cm²
$A_{c_{16}} =$	11,611 / 1 - 95,743 x 10 ⁻³ =	12,841 cm²
$A_{c_{17}} =$	11,611 / 1 - 101,375 x 10 ⁻³ =	12,921 cm²
$A_{c_{18}} =$	11,611 / 1 - 107,007 x 10 ⁻³ =	13,003 cm²
$A_{c_{19}} =$	11,611 / 1 - 112,639 x 10 ⁻³ =	13,085 cm²

Fuente: Elaboración propia

Tabla 74. Cálculo del esfuerzo de la muestra No.2 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.1

CALCULO DEL ESFUERZO :

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

ESFUERZO 1 =	0,8425 kg / 11,644 cm ² =	0,0724 kg/cm²
ESFUERZO 2 =	1,4042 kg / 11,677 cm ² =	0,1203 kg/cm²
ESFUERZO 3 =	2,1063 kg / 11,710 cm ² =	0,1799 kg/cm²
ESFUERZO 4 =	3,5106 kg / 11,744 cm ² =	0,2989 kg/cm²
ESFUERZO 5 =	5,0552 kg / 11,777 cm ² =	0,4292 kg/cm²
ESFUERZO 6 =	6,7403 kg / 11,862 cm ² =	0,5682 kg/cm²
ESFUERZO 7 =	8,2850 kg / 11,948 cm ² =	0,6934 kg/cm²
ESFUERZO 8 =	9,6892 kg / 12,035 cm ² =	0,8051 kg/cm²
ESFUERZO 9 =	10,6721 kg / 12,123 cm ² =	0,8803 kg/cm²
ESFUERZO 10 =	12,4976 kg / 12,213 cm ² =	1,0233 kg/cm²
ESFUERZO 11 =	12,9189 kg / 12,304 cm ² =	1,0499 kg/cm²
ESFUERZO 12 =	14,7444 kg / 12,491 cm ² =	1,1804 kg/cm²
ESFUERZO 13 =	15,1657 kg / 12,605 cm ² =	1,2031 kg/cm²
ESFUERZO 14 =	15,4465 kg / 12,683 cm ² =	1,2179 kg/cm²
ESFUERZO 15 =	15,8678 kg / 12,761 cm ² =	1,2434 kg/cm²
ESFUERZO 16 =	16,1486 kg / 12,841 cm ² =	1,2576 kg/cm²
ESFUERZO 17 =	16,7103 kg / 12,921 cm ² =	1,2932 kg/cm²
ESFUERZO 18 =	16,8508 kg / 13,003 cm ² =	1,2959 kg/cm²

Fuente: Elaboración propia

Tabla 75. Cálculo del esfuerzo normal de la muestra No.2 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.2

CALCULO DEL ESFUERZO NORMAL (G₁) :

$$G_1 = G_d + G_3$$

G₁ y G₃ = Esfuerzos Principales

G_d = Esfuerzo Deformador

$$G_1 = 1203,12 \times 10^{-3} \text{ kg/cm}^2 + 1,2 \text{ kg/cm}^2$$

$$G_1 = 2,4031 \text{ kg/cm}^2$$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 76. Cálculo del radio del círculo de Mohr de la muestra No.2 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.2

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

$$x = \frac{G_1 + G_3}{2} = \frac{2,4031 \text{ kg/cm}^2 + 1,2 \text{ kg/cm}^2}{2}$$

$$x = 1,802 \text{ kg/cm}^2$$

CALCULO DEL RADIO DEL CIRCULO DE MORH (R) :

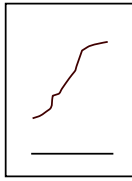
$$R = \frac{G_1 - G_3}{2} = \frac{2,4031 \text{ kg/cm}^2 - 1,2 \text{ kg/cm}^2}{2}$$

$$R = 0,602 \text{ kg/cm}^2$$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 77. Resumen del ensayo de capacidad portante de la muestra No.2 del sondeo No.2

LABORATORIO DE SUELOS & PAVIMENTOS									
RESISTENCIA AL CORTE									
TIPO DE ENSAYO ESFUERZO TRIAXIAL									
FECHA <u>NOVIEMBRE DEL 2023</u>		GRUPO _____			CALCULO _____			REVISO _____	
OPERADOR _____									
Ds :	<u>3,83</u>	cm.	As :	<u>11,521</u>	cm ²	Wo :	<u>190,15</u>	gr.	
Dc :	<u>3,85</u>	cm.	Ac :	<u>11,6416</u>	cm ²	V :	<u>104,735</u>	cm ³	
Di :	<u>3,84</u>	cm.	Ai :	<u>11,5812</u>	cm ²	γ _m :	<u>1,82</u>	gr/cm ³	
Hm :	<u>9,02</u>	cm.	Am = $\frac{As + 4Ac + Ai}{6}$			γ _s :	_____	gr/cm ³	
Cte.An :	<u>0,140423</u>	Kg/10 ⁻⁴ plg	6			Gs :	_____	gr/cm ³	
			Am :			<u>11,6114</u> cm ²			

TIEMPO (mm)	LECTURA 1 x 10 ⁻⁴ plg	CARGA Kg	DEFORMC plg x 10 ⁻³	DEFORMC UNITARIA x 10 ⁻³	AREA CORREG cm ²	ESFUERZO Kg/cm ²	CONTENIDO DE HUMEDAD		
							MUESTRA	1	2
	6,0	0,8425	10	2,816	11,644	0,07	CAPSULA N °	W43	JU8
	10,0	1,40423	20	5,632	11,677	0,12	PESO CAPS. + S. HUM.	30,25	38,36
	15,0	2,106345	30	8,448	11,710	0,18	PESO CAPS. + S. SEC.	26,3	32,23
	25,0	3,510575	40	11,264	11,744	0,30	PESO DEL AGUA	3,95	6,13
	36,0	5,0552	50	14,080	11,777	0,43	PESO DE LA CAPSULA	11,00	10,00
	48,0	6,7403	75	21,120	11,862	0,57	PESO DEL S. SECO	15,3	22,23
	59,0	8,2850	100	28,160	11,948	0,69	HUMEDAD %	25,82%	27,58%
	69,0	9,689187	125	35,200	12,035	0,81	HUMEDAD PROMEDIO	26,70%	
	76,0	10,672	150	42,239	12,123	0,88			
	89,0	12,497647	175	49,279	12,213	1,02			
							Area Corregida = $\frac{Am}{1 - \text{Deform. Unit.}}$		
							Deform. Unitaria = $\frac{\text{Deformación}}{Hm}$		
							CARGA = Lectura Dial x Cte. Anillo		
							FALLA		
									
OBSERVACIONES : _____									
RENI J. UCHUARI R. RESP. TEC.									

Fuente: Elaboración propia

Tabla 78. Cálculo de las áreas y carga de la muestra No.3 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.2

LABORATORIO DE SUELOS & PAVIMENTOS

CALCULO DE LAS AREAS: SUPERIOR - CENTRAL - INFERIOR

As : Area Superior

Ac : Area Central

Ai : Area Inferior

As	=	11,341	cm ²
Ac	=	11,461	cm ²
Ai	=	11,401	cm ²

CALCULO DEL AREA MEDIA :

Am : Area Media

Am	=	11,431	cm ²
-----------	---	--------	-----------------

CALCULO DE Hm EN plg :

Hm : Altura Media

Hm	=	3,555	plg
-----------	---	-------	-----

CALCULO DE LA CARGA :

CARGA = Constante del Anillo x Lectura del Dial

Ingresar Constante del Anillo :

0,140423	Kg/10⁻⁴ plg
-----------------	-------------------------------

CARGA	CONSTANTE				LECTURA		
Carga # 1	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	6,0	x 10-4 plg =	0,8425
Carga # 2	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	10,0	x 10-4 plg =	1,4042
Carga # 3	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	15,0	x 10-4 plg =	2,1063
Carga # 4	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	25,0	x 10-4 plg =	3,5106
Carga # 5	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	36,0	x 10-4 plg =	5,0552
Carga # 6	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	48,0	x 10-4 plg =	6,7403
Carga # 7	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	59,0	x 10-4 plg =	8,2850
Carga # 8	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	69,0	x 10-4 plg =	9,6892
Carga # 9	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	76,0	x 10-4 plg =	10,6721
Carga # 10	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	89,0	x 10-4 plg =	12,4976
Carga # 11	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	92,0	x 10-4 plg =	12,9189
Carga # 12	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	105,0	x 10-4 plg =	14,7444
Carga # 13	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	106,0	x 10-4 plg =	14,8848
Carga # 14	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	116,0	x 10-4 plg =	16,2891

Fuente: Elaboración propia

Tabla 79. Cálculo de la deformación unitario de la muestra No.3 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.2

CALCULO DE LA DEFORMACION UNITARIA :

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

$\varepsilon_1 =$	10	x 10-3 plg /	3,555 plg =	2,813 x 10⁻³
$\varepsilon_2 =$	20	x 10-3 plg /	3,555 plg =	5,626 x 10⁻³
$\varepsilon_3 =$	30	x 10-3 plg /	3,555 plg =	8,439 x 10⁻³
$\varepsilon_4 =$	40	x 10-3 plg /	3,555 plg =	11,251 x 10⁻³
$\varepsilon_5 =$	50	x 10-3 plg /	3,555 plg =	14,064 x 10⁻³
$\varepsilon_6 =$	75	x 10-3 plg /	3,555 plg =	21,096 x 10⁻³
$\varepsilon_7 =$	100	x 10-3 plg /	3,555 plg =	28,128 x 10⁻³
$\varepsilon_8 =$	125	x 10-3 plg /	3,555 plg =	35,161 x 10⁻³
$\varepsilon_9 =$	150	x 10-3 plg /	3,555 plg =	42,193 x 10⁻³
$\varepsilon_{10} =$	175	x 10-3 plg /	3,555 plg =	49,225 x 10⁻³
$\varepsilon_{11} =$	200	x 10-3 plg /	3,555 plg =	56,257 x 10⁻³
$\varepsilon_{12} =$	250	x 10-3 plg /	3,555 plg =	70,321 x 10⁻³
$\varepsilon_{13} =$	270	x 10-3 plg /	3,555 plg =	75,947 x 10⁻³
$\varepsilon_{14} =$	280	x 10-3 plg /	3,555 plg =	78,760 x 10⁻³
$\varepsilon_{15} =$	300	x 10-3 plg /	3,555 plg =	84,385 x 10⁻³
$\varepsilon_{16} =$	320	x 10-3 plg /	3,555 plg =	90,011 x 10⁻³
$\varepsilon_{17} =$	340	x 10-3 plg /	3,555 plg =	95,637 x 10⁻³
$\varepsilon_{18} =$	360	x 10-3 plg /	3,555 plg =	101,262 x 10⁻³
$\varepsilon_{19} =$	380	x 10-3 plg /	3,555 plg =	106,888 x 10⁻³

Fuente: Elaboración propia

Tabla 80. Cálculo del área corregida de la muestra No.3 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.2

CALCULO DEL AREA CORREGIDA :

$$A_c = A_m / 1 - \varepsilon$$

A_{c1} =	11,431 / 1 - 2,813 x 10 ⁻³ =	11,463 cm²
A_{c2} =	11,431 / 1 - 5,626 x 10 ⁻³ =	11,496 cm²
A_{c3} =	11,431 / 1 - 8,439 x 10 ⁻³ =	11,528 cm²
A_{c4} =	11,431 / 1 - 11,251 x 10 ⁻³ =	11,561 cm²
A_{c5} =	11,431 / 1 - 14,064 x 10 ⁻³ =	11,594 cm²
A_{c6} =	11,431 / 1 - 21,096 x 10 ⁻³ =	11,677 cm²
A_{c7} =	11,431 / 1 - 28,128 x 10 ⁻³ =	11,762 cm²
A_{c8} =	11,431 / 1 - 35,161 x 10 ⁻³ =	11,847 cm²
A_{c9} =	11,431 / 1 - 42,193 x 10 ⁻³ =	11,934 cm²
A_{c10} =	11,431 / 1 - 49,225 x 10 ⁻³ =	12,023 cm²
A_{c11} =	11,431 / 1 - 56,257 x 10 ⁻³ =	12,112 cm²
A_{c12} =	11,431 / 1 - 70,321 x 10 ⁻³ =	12,296 cm²
A_{c13} =	11,431 / 1 - 75,947 x 10 ⁻³ =	12,370 cm²
A_{c14} =	11,431 / 1 - 78,760 x 10 ⁻³ =	12,408 cm²
A_{c15} =	11,431 / 1 - 84,385 x 10 ⁻³ =	12,484 cm²
A_{c16} =	11,431 / 1 - 90,011 x 10 ⁻³ =	12,562 cm²
A_{c17} =	11,431 / 1 - 95,637 x 10 ⁻³ =	12,640 cm²
A_{c18} =	11,431 / 1 - 101,262 x 10 ⁻³ =	12,719 cm²
A_{c19} =	11,431 / 1 - 106,888 x 10 ⁻³ =	12,799 cm²

Fuente: Elaboración propia

Tabla 81. Cálculo del esfuerzo de la muestra No.3 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.2

CALCULO DEL ESFUERZO :

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

ESFUERZO 1 =	0,8425 kg / 11,463 cm ² =	0,0735 kg/cm²
ESFUERZO 2 =	1,4042 kg / 11,496 cm ² =	0,1222 kg/cm²
ESFUERZO 3 =	2,1063 kg / 11,528 cm ² =	0,1827 kg/cm²
ESFUERZO 4 =	3,5106 kg / 11,561 cm ² =	0,3037 kg/cm²
ESFUERZO 5 =	5,0552 kg / 11,594 cm ² =	0,4360 kg/cm²
ESFUERZO 6 =	6,7403 kg / 11,677 cm ² =	0,5772 kg/cm²
ESFUERZO 7 =	8,2850 kg / 11,762 cm ² =	0,7044 kg/cm²
ESFUERZO 8 =	9,6892 kg / 11,847 cm ² =	0,8178 kg/cm²
ESFUERZO 9 =	10,6721 kg / 11,934 cm ² =	0,8942 kg/cm²
ESFUERZO 10 =	12,4976 kg / 12,023 cm ² =	1,0395 kg/cm²
ESFUERZO 11 =	12,9189 kg / 12,112 cm ² =	1,0666 kg/cm²
ESFUERZO 12 =	14,7444 kg / 12,296 cm ² =	1,1992 kg/cm²
ESFUERZO 13 =	14,8848 kg / 12,370 cm ² =	1,2033 kg/cm²
ESFUERZO 14 =	16,2891 kg / 12,408 cm ² =	1,3128 kg/cm²

Fuente: Elaboración propia

Tabla 82. Cálculo del esfuerzo normal de la muestra No.3 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.2

CALCULO DEL ESFUERZO NORMAL (G₁) :

$$G_1 = G_d + G_3$$

G₁ y G₃ = Esfuerzos Principales

G_d = Esfuerzo Deformador

$$G_1 = 1203,26 \times 10^{-3} \text{ kg/cm}^2 + 1,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$G_1 = 2,7033 \text{ kg/cm}^2$$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 83. Cálculo del radio del círculo de Mohr de la muestra No.3 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.2

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

$$x = \frac{G_1 + G_3}{2} = \frac{2,7033 \text{ kg/cm}^2 + 1,5 \text{ kg/cm}^2}{2}$$

$$x = 2,102 \text{ kg/cm}^2$$

CALCULO DEL RADIO DEL CIRCULO DE MORH (R) :

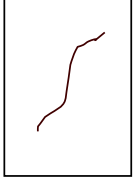
$$R = \frac{G_1 - G_3}{2} = \frac{2,7033 \text{ kg/cm}^2 - 1,5 \text{ kg/cm}^2}{2}$$

$$R = 0,602 \text{ kg/cm}^2$$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 84. Resumen del ensayo de capacidad portante de la muestra No.3 del sondeo No.2

LABORATORIO DE SUELOS & PAVIMENTOS									
RESISTENCIA AL CORTE									
TIPO DE ENSAYO <u>ESFUERZO TRIAXIAL</u>									
FECHA <u>NOVIEMBRE DEL 2023</u>		GRUPO _____			CALCULO _____			REVISO _____	
OPERADOR _____									
Ds :	<u>3,80</u>	cm.	As :	<u>11,3411</u>	cm ²	Wo :	<u>185,00</u>	gr.	
Dc :	<u>3,82</u>	cm.	Ac :	<u>11,4608</u>	cm ²	V :	<u>103,22</u>	cm ³	
Di :	<u>3,81</u>	cm.	Ai :	<u>11,4009</u>	cm ²	γ _m :	<u>1,79</u>	gr/cm ³	
Hm :	<u>9,03</u>	cm.	Am =	<u>As + 4Ac + Ai</u>		γ _s :	_____	gr/cm ³	
Cte.An :	<u>0,140423</u>	Kg/10 ⁻⁴ plg		<u>6</u>		Gs :	_____	gr/cm ³	
			Am :	<u>11,4309</u>	cm ²				

TIEMPO (mm)	LECTURA 1 x 10 ⁻⁴ plg	CARGA Kg	DEFORMC plg x 10 ⁻³	DEFORMC UNITARIA x 10 ⁻³	AREA CORREG cm ²	ESFUERZO Kg/cm ²	CONTENIDO DE HUMEDAD		
							MUESTRA	1	2
	6,0	0,843	10	2,813	11,463	0,07	CAPSULA N °	W43	JU8
	10,0	1,404	20	5,626	11,496	0,12	PESO CAPS. + S. HUM.	30,25	38,36
	15,0	2,106	30	8,439	11,528	0,18	PESO CAPS. + S. SEC.	26,3	32,23
	25,0	3,511	40	11,251	11,561	0,30	PESO DEL AGUA	3,95	6,13
	36,0	5,055	50	14,064	11,594	0,44	PESO DE LA CAPSULA	11,00	10,00
	48,0	6,740	75	21,096	11,677	0,58	PESO DEL S. SECO	15,3	22,23
	59,0	8,285	100	28,128	11,762	0,70	HUMEDAD %	25,82%	27,58%
	69,0	9,689	125	35,161	11,847	0,82	HUMEDAD PROMEDIO	26,70%	
	76,0	10,672	150	42,193	11,934	0,89			
	89,0	12,498	175	49,225	12,023	1,04			
	92,0	12,919	200	56,257	12,112	1,06			
							Area Corregida =	$\frac{Am}{1 - \text{Deform. Unit.}}$	
							Deform. Unitaria =	$\frac{\text{Deformación}}{Hm}$	
							CARGA = Lectura Dial x Cte. Anillo		
							FALLA		
									

OBSERVACIONES : _____

RENI J. UCHUARI R.
RESP. TEC.

Fuente: Elaboración propia

➤ **Sondeo No. 2 Granulometría y Límites de Atterberg**

Tabla 85. Cálculo de los límites de Atterberg y clasificación USCS del sondeo No.2 a una profundidad de 1 metro

LABORATORIO DE SUELOS & PAVIMENTOS											
ENSAYO DE CLASIFICACION DE SUELOS											
PROYECTO: TITULACIÓN DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA											
SOLICITA: UTMACH					PERFORACION No			1			
UBICACIÓN: CIUDAD DE MACHALA - EL CAMBIO					MUESTRA No.			1			
DIRECCION: CALLES S/N					PROFUNDIDAD			1 mts			
PARROQUIA: EL CAMBIO					SOLAR Nº1 MANZANA ASOUTM-P AREA: 9.888,08 m2						
FECHA: NOVIEMBRE DEL 2023											
ENSAYOS DE CONSISTENCIA		LIMITE LIQUIDO					LIMITE PLASTICO			HUM. NAT.	
PASO No.		1	2	3	4	5	1	2	3	1	2
Recipiente No.		Y76	H7	J8	D5	G7	Y8	A43	X54	R45	G6
Peso de muestra húmeda + recip. (gms)		19,51	19,85	20,21	20,47	20,60	11,53	11,59	11,61	119,85	115,70
Peso de muestra seca + recip. (gms)		17,15	17,33	17,50	17,66	17,60	11,16	11,19	11,23	94,29	91,05
Peso del recipiente (gms)		9,64	9,63	9,66	9,64	9,59	9,72	9,64	9,69	9,68	9,78
Peso del agua (gms)		2,36	2,52	2,71	2,81	3,00	0,37	0,39	0,39	25,56	24,65
Peso Seco (gms)		7,50	7,70	7,84	8,02	8,01	1,44	1,55	1,54	84,61	81,27
Contenido de humedad (%)		31,49	32,65	34,58	35,00	37,45	25,83	25,32	25,07	30,21	30,33
Número de golpes		35	29	24	20	14	25,41			30,27	
							<p>NORMAS LIMITE LIQUIDO: ASIMD - 423 AASHTO T - 89 LIMITE PLASTICO: ASTM D-424 AASHTO T-90 HUMEDAD: ASIMD-2216 GRANULOMETRIA: ASTM D-422 AASHTO T-88</p>				
GRANULOMETRIA											
TAMIZ	Milímetros	Peso Retenido	PORCENTAJE								
			Retenido Acumulado	Retenido	Pasante						
4	4,75	0,00	0,00	0,00	100,00						
8	2,36										
10											
16	1,18										
30	0,6										
40	425micron.	0,32	0,32	0,32	99,68						
60	250micron.										
100	150micron.										
200	75micron.	2,36	2,68	2,72	97,28						
FONDO		96,00	98,68	100,00	0,00						
PESO ANTES DEL LAVADO		100,00									
Descripción del material:		Arcilla plastica color café oscuro de mediana plasticidad consistencia blanda a media, mediana humedad									
Observaciones:		Ensayo granulométrico por lavado									
Realizado por:											
									Responsable Técnico: RENI J. UCHUARI R.		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 86. Cálculo de los límites de Atterberg y clasificación USCS del sondeo No.2 a una profundidad de 2 metros

LABORATORIO DE SUELOS & PAVIMENTOS													
ENSAYO DE CLASIFICACION DE SUELOS													
PROYECTO: TITULACIÓN DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA													
SOLICITA: UTMACH					PERFORACION No 1								
UBICACIÓN: CIUDAD DE MACHALA - EL CAMBIO					MUESTRA No. 2								
DIRECCION: CALLES S/N					PROFUNDIDAD 2 mts.								
SOLAR Nº1 MANZANA ASOUTM-P AREA: 9.888,08 m2													
FECHA: NOVIEMBRE DEL 2023													
ENSAYOS DE CONSISTENCIA		LIMITE LIQUIDO					LIMITE PLASTICO			HUM. NAT.			
PASO No.		1	2	3	4	5	1	2	3	1	2		
Recipiente No.		T5	Z54	C6	S56	G76	D5	R65	S55	Y76	S5		
Peso de muestra húmeda + recip. (gms)		17,96	18,75	18,97	19,00	19,37	10,83	11,27	11,01	143,43	147,07		
Peso de muestra seca + recip. (gms)		16,32	16,90	17,00	17,00	17,21	10,60	10,99	10,79	106,74	109,33		
Peso del recipiente (gms)		10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	9,48	9,73	9,70	9,95	9,66		
Peso del agua (gms)		1,64	1,85	1,97	2,00	2,17	0,23	0,27	0,23	36,69	37,74		
Peso Seco (gms)		6,32	6,90	7,00	7,00	7,21	1,12	1,26	1,08	96,79	99,67		
Contenido de humedad (%)		25,92	26,74	28,10	28,53	30,05	20,43	21,47	20,79	37,91	37,86		
Número de golpes		34	30	23	18	13	20,90			37,89			
						<p>NORMAS</p> <p>LIMITE LIQUIDO: ASIMD - 423 AASHTO T - 89</p> <p>LIMITE PLASTICO: ASTMD-424 AASHTO T-90</p> <p>HUMEDAD: ASIMD-2216</p> <p>GRANULOMETRIA: ASTMD-422 AASHTO T-88</p>							
GRANULOMETRIA													
TAMIZ	Milímetros	Peso Retenido	PORCENTAJE										
			Retenido Acumulado	Retenido Pasante	Pasante								
4	4,75	0,00	0,00	0,00	100,00								
8	2,36												
10													
16	1,18												
30	0,6												
40	425micron.	0,63	0,63	0,64	99,36								
60	250micron.												
100	150micron.												
200	75micron.	8,25	8,88	8,88	91,12								
FONDO		52,00	60,88	60,88	39,12								
PESO ANTES DEL LAVADO		100,00											
<p>RESUMEN:</p> <p>LIMITE LIQUIDO 27,69 %</p> <p>LIMITE PLASTICO 20,90 %</p> <p>INDICE PLASTICO 6,79 %</p> <p>HUMEDAD NATURAL 37,89 %</p> <p>CLASIFICACION SUSCS ML</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td rowspan="2">% DE LOS AGREGADOS EN LA MUESTRA</td> <td>GRAVA</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>ARENA</td> <td>8,88%</td> </tr> <tr> <td></td> <td>FINOS</td> <td>91,12%</td> </tr> </table>						% DE LOS AGREGADOS EN LA MUESTRA	GRAVA	0%	ARENA	8,88%		FINOS	91,12%
% DE LOS AGREGADOS EN LA MUESTRA	GRAVA	0%											
	ARENA	8,88%											
	FINOS	91,12%											
Descripción del material: Arcilla compasibilidad relativa mediana mediana humedad Observaciones: Ensayo granulométrico por lavado Realizado por:						Responsable Técnico: RENI J. UCHUARI R.							

Fuente: Elaboración propia

Tabla 87. Cálculo de los límites de Atterberg y clasificación USCS del sondeo No.2 a una profundidad de 3 metros

LABORATORIO DE SUELOS & PAVIMENTOS																				
ENSAYO DE CLASIFICACION DE SUELOS																				
PROYECTO: TITULACIÓN DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA																				
SOLICITA: UTMACH			CIUDAD DE MACHALA - EL CAMBIO			PERFORACION No		1												
UBICACIÓN:			DIRECCION: CALLES S/N			MUESTRA No.		3												
FECHA: NOVIEMBRE DEL 2023			SOLAR Nº1 MANZANA ASOUTM-P AREA: 9.888,08 m2			PROFUNDIDAD		3 mts.												
ENSAYOS DE CONSISTENCIA		LIMITE LIQUIDO					LIMITE PLASTICO			HUM. NAT.										
PASO No.		1	2	3	4	5	1	2	3	1	2									
Recipiente No.		W43	Z45	S5	F5	F55	S44	H7	F54	R5	X5									
Peso de muestra húmeda + recip. (gms)		19,08	19,41	19,62	19,78	20,24	10,94	11,06	11,13	149,42	159,87									
Peso de muestra seca + recip. (gms)		16,94	17,04	17,09	17,10	17,27	10,69	10,78	10,83	111,14	127,00									
Peso del recipiente (gms)		9,65	9,63	9,69	9,63	9,69	9,67	9,68	9,69	9,70	9,53									
Peso del agua (gms)		2,14	2,37	2,53	2,68	2,97	0,25	0,28	0,29	38,28	32,87									
Peso Seco (gms)		7,29	7,41	7,40	7,48	7,58	1,02	1,10	1,15	101,44	117,47									
Contenido de humedad (%)		29,43	32,01	34,18	35,84	39,20	24,95	25,05	25,37	37,74	27,98									
Número de golpes		34	28	24	19	14	25,12			32,86										
						<p>NORMAS</p> <p>LIMITE LIQUIDO: ASIMD - 423 AASHTO T - 89</p> <p>LIMITE PLASTICO: ASTMD-424 AASHTO T-90</p> <p>HUMEDAD:ASIMD-2216</p> <p>GRANULOMETRIA: ASTMD-422 AASHTO T-88</p>														
GRANULOMETRIA						<p>RESUMEN:</p> <p>LIMITE LIQUIDO 33,70 %</p> <p>LIMITE PLASTICO 25,12 %</p> <p>INDICE PLASTICO 8,58 %</p> <p>HUMEDAD NATURAL 32,86 %</p> <p>CLASIFICACION SUSCS CL</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>% DE LOS</td> <td>GRAVA</td> <td>0,00%</td> </tr> <tr> <td>AGREGADOS EN LA</td> <td>ARENA</td> <td>11,13%</td> </tr> <tr> <td>MUESTRA</td> <td>FINOS</td> <td>88,87%</td> </tr> </table>						% DE LOS	GRAVA	0,00%	AGREGADOS EN LA	ARENA	11,13%	MUESTRA	FINOS	88,87%
% DE LOS	GRAVA	0,00%																		
AGREGADOS EN LA	ARENA	11,13%																		
MUESTRA	FINOS	88,87%																		
TAMIZ	Milímetros	Peso Retenido	PORCENTAJE																	
			Retenido Acumulado	Retenid	Pasante															
4	4,75	0,00	0,00	0,00	100,00															
8	2,36																			
10																				
16	1,18																			
30	0,6																			
40	425micron.	9,71	9,71	9,84	90,16															
60	250micron.																			
100	150micron.																			
200	75micron.	3,65	13,36	11,13	88,87															
FONDO		85,00	98,36	81,97	18,03															
PESO ANTES DEL LAVADO		120,00																		
Descripción del material: Arcilla contenido de humedad mediano compacidad relativamente firme Observaciones: Ensayo granulométrico por lavado Realizado por:						Responsable Técnico: RENI J. UCHUARI R.														

Fuente: Elaboración propia

Tabla 88. Cálculo de los límites de Atterberg y clasificación USCS del sondeo No.2 a una profundidad de 4 metros

LABORATORIO DE SUELOS & PAVIMENTOS											
ENSAYO DE CLASIFICACION DE SUELOS											
PROYECTO: TITULACIÓN DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA											
SOLICITA: UTMACH					PERFORACION No			1			
UBICACIÓN: CIUDAD DE MACHALA - EL CAMBIO					MUESTRA No.			4			
DIRECCION: CALLES S/N					PROFUNDIDAD			4 mts			
SOLAR Nº1 MANZANA ASOUTM-P AREA: 9.888,08 m2											
FECHA: NOVIEMBRE DEL 2023											
ENSAYOS DE CONSISTENCIA		LIMITE LIQUIDO					LIMITE PLASTICO			HUM. NAT.	
PASO No.		1	2	3	4	5	1	2	3	1	2
Recipiente No.		Y7	F65	D5	R5	F76	V7	S45	A54	G7	X54
Peso de muestra húmeda + recip. (gms)		19,01	19,36	19,62	19,78	19,85	10,94	11,20	11,13	149,44	149,56
Peso de muestra seca + recip. (gms)		17,08	17,09	17,06	17,15	17,25	10,69	10,78	10,83	112,65	113,11
Peso del recipiente (gms)		9,63	9,62	9,70	9,61	9,59	9,68	9,61	9,67	9,66	9,71
Peso del agua (gms)		1,93	2,27	2,56	2,63	2,60	0,25	0,42	0,29	36,79	36,45
Peso Seco (gms)		7,45	7,47	7,36	7,54	7,66	1,01	1,17	1,16	102,99	103,40
Contenido de humedad (%)		25,91	30,39	34,84	34,87	33,94	25,25	35,90	25,00	35,72	35,25
Número de golpes		33	27	21	20	18	28,72			35,49	

NUMERO DE GOLPES

NORMAS

LIMITE LIQUIDO:
ASIMD - 423 AASHTO T - 89

LIMITE PLASTICO:
ASTM D-424 AASHTO T-90

HUMEDAD: ASIMD-2216

GRANULOMETRIA:
ASTM D-422 AASHTO T-88

GRANULOMETRIA					
TAMIZ	Milímetros	Peso Retenido	PORCENTAJE		
			Retenido Acumulado	Retenido	Pasante
4	4,75	0,00	0,00	0,00	100,00
8	2,36				
10					
16	1,18				
30	0,6				
40	425micron.	1,32	1,32	0,88	99,12
60	250micron.				
100	150micron.				
200	75micron.	23,30	24,62	16,41	83,59
FONDO		100,00	124,62	83,08	16,92
PESO ANTES DEL LAVADO		150,00			

RESUMEN:	
LIMITE LIQUIDO	31,33 %
LIMITE PLASTICO	28,72 %
INDICE PLASTICO	2,61 %
HUMEDAD NATURAL	35,49 %
CLASIFICACION SUSCS CL	
% DE LOS	
AGREGADOS EN LA	GRAVA 0,00%
MUESTRA	ARENA 16,41%
	FINOS 83,59%

Descripción del material:	Arcilla contenido de humedad mediano compacidad relativamente firme
Observaciones:	Ensayo granulométrico por lavado
Realizado por:	
Responsable Técnico: RENI J. UCHUARI R.	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 89. Cálculo de los límites de Atterberg y clasificación USCS del sondeo No.2 a una profundidad de 5 metros

LABORATORIO DE SUELOS & PAVIMENTOS																		
ENSAYO DE CLASIFICACION DE SUELOS																		
PROYECTO: TITULACIÓN DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA																		
SOLICITA: UTMACH			PERFORACION No			1												
UBICACIÓN: CIUDAD DE MACHALA - EL CAMBIO			MUESTRA No.			5												
DIRECCION: CALLES S/N			PROFUNDIDAD			5 mts												
SOLAR Nº1 MANZANA ASOUTM-P AREA: 9.888,08 m2																		
FECHA: NOVIEMBRE DEL 2023																		
ENSAYOS DE CONSISTENCIA		LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO				HUM. NAT.									
PASO No.		1	2	3	4	5	1	2	3	1	2							
Recipiente No.		X43	D5	R5	T6	S43	D5	G76	X43	R78	F56							
Peso de muestra húmeda + recip. (gms)		20,01	20,36	20,62	20,78	20,85	11,02	11,17	11,10	153,20	148,30							
Peso de muestra seca + recip. (gms)		18,08	18,09	18,06	18,15	18,25	10,52	11,00	11,01	111,63	112,65							
Peso del recipiente (gms)		11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	9,65	9,61	9,65	9,64	9,75							
Peso del agua (gms)		1,93	2,27	2,56	2,63	2,60	0,50	0,17	0,09	41,57	35,65							
Peso Seco (gms)		7,08	7,09	7,06	7,15	7,25	0,87	1,39	1,36	101,99	102,90							
Contenido de humedad (%)		27,26	32,02	36,26	36,78	35,86	57,47	12,23	6,62	40,76	34,65							
Número de golpes		33	37	21	20	11	25,44			37,70								
<p>NORMAS</p> <p>LIMITE LIQUIDO: ASIMD - 423 AASHTO T - 89</p> <p>LIMITE PLASTICO: ASTMD-424 AASHTO T-90</p> <p>HUMEDAD: ASIMD-2216</p> <p>GRANULOMETRIA: ASTMD-422 AASHTO T-88</p>																		
GRANULOMETRIA							<p>RESUMEN:</p> <p>LIMITE LIQUIDO 33,50 %</p> <p>LIMITE PLASTICO 25,44 %</p> <p>INDICE PLASTICO 8,06 %</p> <p>HUMEDAD NATURAL 37,70 %</p> <p>CLASIFICACION SUSCS CL</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td rowspan="3" style="text-align: center;">% DE LOS AGREGADOS EN LA MUESTRA</td> <td style="text-align: center;">GRAVA</td> <td style="text-align: right;">1,72%</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">ARENA</td> <td style="text-align: right;">87,60%</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">FINOS</td> <td style="text-align: right;">12,40%</td> </tr> </table>					% DE LOS AGREGADOS EN LA MUESTRA	GRAVA	1,72%	ARENA	87,60%	FINOS	12,40%
% DE LOS AGREGADOS EN LA MUESTRA	GRAVA	1,72%																
	ARENA	87,60%																
	FINOS	12,40%																
TAMIZ	Milímetros	Peso Retenido	PORCENTAJE															
			Retenido Acumulado	Retenid	Pasante													
4	4,75	2,00	2,00	2,00	98,00													
8	2,36																	
10																		
16	1,18																	
30	0,6																	
40	425micron.	12,94	14,94	14,94	85,06													
60	250micron.																	
100	150micron.																	
200	75micron.	72,66	87,60	87,60	12,40													
FONDO		12,40	100,00	100,00	0,00													
PESO ANTES DEL LAVADO		100,00																
Descripción del material:			Arcilla Limosa humedad media suelos firmes															
Observaciones:			Ensayo granulométrico por lavado															
Realizado por:			Responsable Técnico: RENI J. UCHUARI R.															

Fuente: Elaboración propia

Tabla 90. Cálculo de los límites de Atterberg y clasificación USCS del sondeo No.2 a una profundidad de 6 metros

LABORATORIO DE SUELOS & PAVIMENTOS											
ENSAYO DE CLASIFICACION DE SUELOS											
PROYECTO: TITULACIÓN DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA											
SOLICITA: UTMACH					PERFORACION No			1			
UBICACIÓN: CIUDAD DE MACHALA - EL CAMBIO					MUESTRA No.			6			
DIRECCION: CALLES S/N					PROFUNDIDAD			6 mts			
SOLAR Nº1 MANZANA ASOUTM-P AREA: 9.888,08 m2											
FECHA: NOVIEMBRE DEL 2023											
ENSAYOS DE CONSISTENCIA		LIMITE LIQUIDO					LIMITE PLASTICO			HUM. NAT.	
PASO No.		1	2	3	4	5	1	2	3	1	2
Recipiente No.		U87	V6	D6	B8	D6	H87	B89	D65	N8	S5
Peso de muestra húmeda + recip. (gms)		18,09	18,41	18,62	18,78	19,24	10,65	11,08	11,07	150,62	151,35
Peso de muestra seca + recip. (gms)		15,94	16,04	16,08	16,90	16,27	10,45	10,85	10,65	112,36	110,98
Peso del recipiente (gms)		9,00	10,00	8,00	12,00	8,50	9,67	9,68	9,69	9,60	9,80
Peso del agua (gms)		2,15	2,37	2,54	1,88	2,97	0,20	0,23	0,42	38,26	40,37
Peso Seco (gms)		6,94	6,04	8,08	4,90	7,77	0,78	1,17	0,96	102,76	101,18
Contenido de humedad (%)		30,98	39,24	31,44	38,37	38,22	25,58	19,62	43,61	37,23	39,90
Número de golpes		34	28	24	19	14	29,60			38,57	
							NORMAS LIMITE LIQUIDO: ASIMD - 423 AASHTO T - 89 LIMITE PLASTICO: ASTM D-424 AASHTO T-90 HUMEDAD: ASIMD-2216 GRANULOMETRIA: ASTM D-422 AASHTO T-88				
GRANULOMETRIA											
TAMIZ	Milímetros	Peso Retenido	PORCENTAJE								
			Retenido Acumulado	Retenido Pasante	Pasante						
4	4,75	0,00	0,00	0,00	100,00						
8	2,36										
10											
16	1,18										
30	0,6										
40	425micron.	8,33	8,33	6,17	93,83						
60	250micron.										
100	150micron.										
200	75micron.	10,32	18,65	13,81	86,19						
FONDO		116,35	135,00	100,00	0,00						
PESO ANTES DEL LAVADO		135,00									
Descripción del material:		Arcilla plastica color café oscuro de mediana plasticidad compasidad relativa firme y humedad media									
Observaciones:		Ensayo granulométrico por lavado									
Realizado por:		Responsable Técnico: RENI J. UCHUARI R.									

Fuente: Elaboración propia

➤ **Sondeo No. 3 Capacidad portante del suelo**

Tabla 91. Datos para ensayo de capacidad portante del suelo en el sondeo No.3

LABORATORIO DE SUELOS & PAVIMENTOS

ENSAYO DE ESFUERZO PORTANTE

- 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

C U A D R O D E D A T O S

		MUESTRA # 1	MUESTRA # 2	MUESTRA # 3
P	(cm)	27	29	28
Ds	(cm)	3,82	3,80	3,83
Dc	(cm)	3,80	3,81	3,82
Di	(cm)	3,79	3,79	3,81
H	(cm)	8,90	8,88	8,91
Wp	(gr)	180,30	189,40	185,40

Fuente: Elaboración propia

Tabla 92. Cálculo del esfuerzo total, esfuerzo de la presión de poros, esfuerzo efectivo y ángulo de falla del sondeo No.3

LABORATORIO DE SUELOS & PAVIMENTOS

CALCULO DEL ESFUERZO TOTAL (σ)

$$\sigma = \alpha \cdot Z \qquad Z = 100 \text{ cm}$$

$$\sigma = 178,47 \text{ gr / cm}^2 \qquad \gamma = 1,78 \text{ gr / cm}^3$$

CALCULO DE LA PRESION DE POROS (μ)

$$\mu = \gamma_w \cdot h \qquad h = 0 \text{ cm}$$

$$\mu = 0 \text{ gr / cm}^2 \qquad \gamma_w = 1 \text{ gr / cm}^3$$

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

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

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

$$\bar{\sigma} = 178,47 \text{ gr / cm}^2 = 0,178470 \text{ Kg / cm}^2$$

CALCULO DEL ANGULO DE FALLA (α)

$$X = 1,67 \text{ cm} \qquad Y = 0,2 \text{ cm}$$

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

$$\alpha = 6,83^\circ$$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 93. Contenido de humedad de la muestra para ensayo de capacidad portante del sondeo No.3

CONTENIDO DE HUMEDAD

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

MUESTRA N ° 1

RECIPIENTE	N °	W43
PESO DEL SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	W ₁	35,7 gr.
PESO DEL SUELO SECO + RECIPIENTE	W ₂	30,5 gr.
PESO DEL RECIPIENTE	W ₃	11,00 gr.
PESO DEL AGUA	W _w = W ₁ - W ₂	5,2 gr.
PESO DEL SUELO SECO	W _s = W ₂ - W ₃	19,500 gr.
CONTENIDO DE HUMEDAD	W (%) = $\frac{W_w}{W_s}$	26,67%

MUESTRA N ° 2

RECIPIENTE	N °	JU8
PESO DEL SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	W ₁	35,1 gr.
PESO DEL SUELO SECO + RECIPIENTE	W ₂	29,50 gr.
PESO DEL RECIPIENTE	W ₃	10,00 gr.
PESO DEL AGUA	W _w = W ₁ - W ₂	5,6 gr.
PESO DEL SUELO SECO	W _s = W ₂ - W ₃	19,500 gr.
CONTENIDO DE HUMEDAD	W (%) = $\frac{W_w}{W_s}$	28,72%

CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO :

$$W(\%)_{PROM} = 27,69\%$$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 94. Cálculo de las áreas y carga de la muestra No.1 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.3

LABORATORIO DE SUELOS & PAVIMENTOS

CALCULO DE LAS AREAS: SUPERIOR - CENTRAL - INFERIOR

As : Area Superior

Ac : Area Central

Ai : Area Inferior

As	=	11,461	cm ²
Ac	=	11,341	cm ²
Ai	=	11,282	cm ²

CALCULO DEL AREA MEDIA :

Am : Area Media

Am	=	11,351	cm ²
-----------	----------	--------	-----------------

CALCULO DE Hm EN plg :

Hm : Altura Media

Hm	=	3,504	plg
-----------	----------	-------	-----

CALCULO DE LA CARGA :

CARGA = Constante del Anillo x Lectura del Dial

Ingresar Constante del Anillo :

0,140423	Kg/10⁻⁴ plg
-----------------	-------------------------------

CARGA		CONSTANTE		LECTURA		RESULTADO
Carga # 1	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	6,0	x 10-4 plg = 0,8425
Carga # 2	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	10,0	x 10-4 plg = 1,4042
Carga # 3	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	15,0	x 10-4 plg = 2,1063
Carga # 4	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	25,0	x 10-4 plg = 3,5106
Carga # 5	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	36,0	x 10-4 plg = 5,0552
Carga # 6	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	44,0	x 10-4 plg = 6,1786
Carga # 7	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	56,0	x 10-4 plg = 7,8637
Carga # 8	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	65,0	x 10-4 plg = 9,1275
Carga # 9	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	73,0	x 10-4 plg = 10,2509
Carga # 10	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	83,0	x 10-4 plg = 11,6551
Carga # 11	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	88,0	x 10-4 plg = 12,3572
Carga # 12	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	96,0	x 10-4 plg = 13,4806
Carga # 13	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	100,0	x 10-4 plg = 14,0423
Carga # 14	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	103,0	x 10-4 plg = 14,4636
Carga # 15	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	106,0	x 10-4 plg = 14,8848
Carga # 16	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	109,0	x 10-4 plg = 15,3061
Carga # 17	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	111,0	x 10-4 plg = 15,5870
Carga # 18	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	114,0	x 10-4 plg = 16,0082
Carga # 19	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	116,0	x 10-4 plg = 16,2891

Fuente: Elaboración propia

Tabla 95. Cálculo de la deformación unitario de la muestra No.1 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.3

CALCULO DE LA DEFORMACION UNITARIA :

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

$\varepsilon_1 =$	10	x 10-3 plg /	3,504 plg =	2,854 x 10⁻³
$\varepsilon_2 =$	20	x 10-3 plg /	3,504 plg =	5,708 x 10⁻³
$\varepsilon_3 =$	30	x 10-3 plg /	3,504 plg =	8,562 x 10⁻³
$\varepsilon_4 =$	40	x 10-3 plg /	3,504 plg =	11,416 x 10⁻³
$\varepsilon_5 =$	50	x 10-3 plg /	3,504 plg =	14,270 x 10⁻³
$\varepsilon_6 =$	75	x 10-3 plg /	3,504 plg =	21,404 x 10⁻³
$\varepsilon_7 =$	100	x 10-3 plg /	3,504 plg =	28,539 x 10⁻³
$\varepsilon_8 =$	125	x 10-3 plg /	3,504 plg =	35,674 x 10⁻³
$\varepsilon_9 =$	150	x 10-3 plg /	3,504 plg =	42,809 x 10⁻³
$\varepsilon_{10} =$	175	x 10-3 plg /	3,504 plg =	49,944 x 10⁻³
$\varepsilon_{11} =$	200	x 10-3 plg /	3,504 plg =	57,079 x 10⁻³
$\varepsilon_{12} =$	250	x 10-3 plg /	3,504 plg =	71,348 x 10⁻³
$\varepsilon_{13} =$	270	x 10-3 plg /	3,504 plg =	77,056 x 10⁻³
$\varepsilon_{14} =$	300	x 10-3 plg /	3,504 plg =	85,618 x 10⁻³
$\varepsilon_{15} =$	320	x 10-3 plg /	3,504 plg =	91,326 x 10⁻³
$\varepsilon_{16} =$	340	x 10-3 plg /	3,504 plg =	97,034 x 10⁻³
$\varepsilon_{17} =$	360	x 10-3 plg /	3,504 plg =	102,742 x 10⁻³
$\varepsilon_{18} =$	380	x 10-3 plg /	3,504 plg =	108,449 x 10⁻³
$\varepsilon_{19} =$	400	x 10-3 plg /	3,504 plg =	114,157 x 10⁻³

Fuente: Elaboración propia

Tabla 96. Cálculo del área corregida de la muestra No.1 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.3

CALCULO DEL AREA CORREGIDA :

$$A_c = A_m / 1 - \varepsilon$$

$A_{c_1} =$	11,351 / 1 - 2,854 x 10 ⁻³ =	11,384 cm²
$A_{c_2} =$	11,351 / 1 - 5,708 x 10 ⁻³ =	11,416 cm²
$A_{c_3} =$	11,351 / 1 - 8,562 x 10 ⁻³ =	11,449 cm²
$A_{c_4} =$	11,351 / 1 - 11,416 x 10 ⁻³ =	11,482 cm²
$A_{c_5} =$	11,351 / 1 - 14,270 x 10 ⁻³ =	11,515 cm²
$A_{c_6} =$	11,351 / 1 - 21,404 x 10 ⁻³ =	11,599 cm²
$A_{c_7} =$	11,351 / 1 - 28,539 x 10 ⁻³ =	11,685 cm²
$A_{c_8} =$	11,351 / 1 - 35,674 x 10 ⁻³ =	11,771 cm²
$A_{c_9} =$	11,351 / 1 - 42,809 x 10 ⁻³ =	11,859 cm²
$A_{c_{10}} =$	11,351 / 1 - 49,944 x 10 ⁻³ =	11,948 cm²
$A_{c_{11}} =$	11,351 / 1 - 57,079 x 10 ⁻³ =	12,038 cm²
$A_{c_{12}} =$	11,351 / 1 - 71,348 x 10 ⁻³ =	12,223 cm²
$A_{c_{13}} =$	11,351 / 1 - 77,056 x 10 ⁻³ =	12,299 cm²
$A_{c_{14}} =$	11,351 / 1 - 85,618 x 10 ⁻³ =	12,414 cm²
$A_{c_{15}} =$	11,351 / 1 - 91,326 x 10 ⁻³ =	12,492 cm²
$A_{c_{16}} =$	11,351 / 1 - 97,034 x 10 ⁻³ =	12,571 cm²
$A_{c_{17}} =$	11,351 / 1 - 102,742 x 10 ⁻³ =	12,651 cm²
$A_{c_{18}} =$	11,351 / 1 - 108,449 x 10 ⁻³ =	12,732 cm²
$A_{c_{19}} =$	11,351 / 1 - 114,157 x 10 ⁻³ =	12,814 cm²

Fuente: Elaboración propia

Tabla 97. Cálculo del esfuerzo de la muestra No.1 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.3

CALCULO DEL ESFUERZO :

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

ESFUERZO 1 =	0,8425 kg / 11,384 cm ² =	0,0740 kg/cm²
ESFUERZO 2 =	1,4042 kg / 11,416 cm ² =	0,1230 kg/cm²
ESFUERZO 3 =	2,1063 kg / 11,449 cm ² =	0,1840 kg/cm²
ESFUERZO 4 =	3,5106 kg / 11,482 cm ² =	0,3057 kg/cm²
ESFUERZO 5 =	5,0552 kg / 11,515 cm ² =	0,4390 kg/cm²
ESFUERZO 6 =	6,1786 kg / 11,599 cm ² =	0,5327 kg/cm²
ESFUERZO 7 =	7,8637 kg / 11,685 cm ² =	0,6730 kg/cm²
ESFUERZO 8 =	9,1275 kg / 11,771 cm ² =	0,7754 kg/cm²
ESFUERZO 9 =	10,2509 kg / 11,859 cm ² =	0,8644 kg/cm²
ESFUERZO 10 =	11,6551 kg / 11,948 cm ² =	0,9755 kg/cm²
ESFUERZO 11 =	12,3572 kg / 12,038 cm ² =	1,0265 kg/cm²
ESFUERZO 12 =	13,4806 kg / 12,223 cm ² =	1,1029 kg/cm²
ESFUERZO 13 =	14,0423 kg / 12,299 cm ² =	1,1418 kg/cm²
ESFUERZO 14 =	14,4636 kg / 12,414 cm ² =	1,1651 kg/cm²
ESFUERZO 15 =	14,8848 kg / 12,492 cm ² =	1,1915 kg/cm²
ESFUERZO 16 =	15,3061 kg / 12,571 cm ² =	1,2176 kg/cm²
ESFUERZO 17 =	15,5870 kg / 12,651 cm ² =	1,2321 kg/cm²
ESFUERZO 18 =	16,0082 kg / 12,732 cm ² =	1,2573 kg/cm²
ESFUERZO 19 =	16,2891 kg / 12,814 cm ² =	1,2712 kg/cm²

Fuente: Elaboración propia

Tabla 98. Cálculo del esfuerzo normal de la muestra No.1 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.3

CALCULO DEL ESFUERZO NORMAL (G₁) :

$$G_1 = G_d + G_3$$

G₁ y G₃ = Esfuerzos Principales

G_d = Esfuerzo Deformador

$$G_1 = 1141,76 \times 10^{-3} \text{ kg/cm}^2 + 1,1 \text{ kg/cm}^2$$

$$G_1 = 2,2418 \text{ kg/cm}^2$$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 99. Cálculo del radio del círculo de Mohr de la muestra No.1 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.1

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

$$x = \frac{G_1 + G_3}{2} = \frac{2,2418 \text{ kg/cm}^2 + 1,1 \text{ kg/cm}^2}{2}$$

$$x = 1,671 \text{ kg/cm}^2$$

CALCULO DEL RADIO DEL CIRCULO DE MORH (R) :

$$R = \frac{G_1 - G_3}{2} = \frac{2,2418 \text{ kg/cm}^2 - 1,1 \text{ kg/cm}^2}{2}$$

$$R = 0,571 \text{ kg/cm}^2$$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 101. Cálculo de las áreas y carga de la muestra No.2 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.3

LABORATORIO DE SUELOS & PAVIMENTOS

CALCULO DE LAS AREAS: SUPERIOR - CENTRAL - INFERIOR

As : Area Superior

Ac : Area Central

Ai : Area Inferior

As	=	11,341	cm ²
Ac	=	11,401	cm ²
Ai	=	11,282	cm ²

CALCULO DEL AREA MEDIA :

Am : Area Media

Am	=	11,371	cm ²
-----------	---	--------	-----------------

CALCULO DE Hm EN plg :

Hm : Altura Media

Hm	=	3,496	plg
-----------	---	-------	-----

CALCULO DE LA CARGA :

CARGA = Constante del Anillo x Lectura del Dial

Ingresar Constante del Anillo :

0,140423	Kg/10 ⁴ plg
----------	------------------------

CARGA		CONSTANTE				LECTURA		
Carga # 1	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	6,0	x 10-4 plg =	0,8425	
Carga # 2	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	10,0	x 10-4 plg =	1,4042	
Carga # 3	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	15,0	x 10-4 plg =	2,1063	
Carga # 4	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	25,0	x 10-4 plg =	3,5106	
Carga # 5	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	36,0	x 10-4 plg =	5,0552	
Carga # 6	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	47,0	x 10-4 plg =	6,5999	
Carga # 7	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	57,0	x 10-4 plg =	8,0041	
Carga # 8	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	67,0	x 10-4 plg =	9,4083	
Carga # 9	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	73,0	x 10-4 plg =	10,2509	
Carga # 10	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	84,0	x 10-4 plg =	11,7955	
Carga # 11	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	89,0	x 10-4 plg =	12,4976	
Carga # 12	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	103,0	x 10-4 plg =	14,4636	
Carga # 13	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	105,0	x 10-4 plg =	14,7444	
Carga # 14	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	108,0	x 10-4 plg =	15,1657	
Carga # 15	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	110,0	x 10-4 plg =	15,4465	
Carga # 16	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	112,0	x 10-4 plg =	15,7274	
Carga # 17	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	115,0	x 10-4 plg =	16,1486	
Carga # 18	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	118,0	x 10-4 plg =	16,5699	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 102. Cálculo de la deformación unitario de la muestra No.2 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.3

CALCULO DE LA DEFORMACION UNITARIA :

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

$\varepsilon_1 =$	10	x 10-3 plg /	3,496 plg =	2,860 x 10⁻³
$\varepsilon_2 =$	20	x 10-3 plg /	3,496 plg =	5,721 x 10⁻³
$\varepsilon_3 =$	30	x 10-3 plg /	3,496 plg =	8,581 x 10⁻³
$\varepsilon_4 =$	40	x 10-3 plg /	3,496 plg =	11,441 x 10⁻³
$\varepsilon_5 =$	50	x 10-3 plg /	3,496 plg =	14,302 x 10⁻³
$\varepsilon_6 =$	75	x 10-3 plg /	3,496 plg =	21,453 x 10⁻³
$\varepsilon_7 =$	100	x 10-3 plg /	3,496 plg =	28,604 x 10⁻³
$\varepsilon_8 =$	125	x 10-3 plg /	3,496 plg =	35,755 x 10⁻³
$\varepsilon_9 =$	150	x 10-3 plg /	3,496 plg =	42,905 x 10⁻³
$\varepsilon_{10} =$	175	x 10-3 plg /	3,496 plg =	50,056 x 10⁻³
$\varepsilon_{11} =$	200	x 10-3 plg /	3,496 plg =	57,207 x 10⁻³
$\varepsilon_{12} =$	250	x 10-3 plg /	3,496 plg =	71,509 x 10⁻³
$\varepsilon_{13} =$	280	x 10-3 plg /	3,496 plg =	80,090 x 10⁻³
$\varepsilon_{14} =$	300	x 10-3 plg /	3,496 plg =	85,811 x 10⁻³
$\varepsilon_{15} =$	320	x 10-3 plg /	3,496 plg =	91,532 x 10⁻³
$\varepsilon_{16} =$	340	x 10-3 plg /	3,496 plg =	97,252 x 10⁻³
$\varepsilon_{17} =$	360	x 10-3 plg /	3,496 plg =	102,973 x 10⁻³
$\varepsilon_{18} =$	380	x 10-3 plg /	3,496 plg =	108,694 x 10⁻³
$\varepsilon_{19} =$	400	x 10-3 plg /	3,496 plg =	114,414 x 10⁻³

Fuente: Elaboración propia

Tabla 103. Cálculo del área corregida de la muestra No.2 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.3

CALCULO DEL AREA CORREGIDA :

$$A_c = A_m / 1 - \varepsilon$$

$A_{c_1} =$	11,371 / 1 - 2,860 x 10 ⁻³ =	11,404 cm²
$A_{c_2} =$	11,371 / 1 - 5,721 x 10 ⁻³ =	11,436 cm²
$A_{c_3} =$	11,371 / 1 - 8,581 x 10 ⁻³ =	11,469 cm²
$A_{c_4} =$	11,371 / 1 - 11,441 x 10 ⁻³ =	11,503 cm²
$A_{c_5} =$	11,371 / 1 - 14,302 x 10 ⁻³ =	11,536 cm²
$A_{c_6} =$	11,371 / 1 - 21,453 x 10 ⁻³ =	11,620 cm²
$A_{c_7} =$	11,371 / 1 - 28,604 x 10 ⁻³ =	11,706 cm²
$A_{c_8} =$	11,371 / 1 - 35,755 x 10 ⁻³ =	11,793 cm²
$A_{c_9} =$	11,371 / 1 - 42,905 x 10 ⁻³ =	11,881 cm²
$A_{c_{10}} =$	11,371 / 1 - 50,056 x 10 ⁻³ =	11,970 cm²
$A_{c_{11}} =$	11,371 / 1 - 57,207 x 10 ⁻³ =	12,061 cm²
$A_{c_{12}} =$	11,371 / 1 - 71,509 x 10 ⁻³ =	12,247 cm²
$A_{c_{13}} =$	11,371 / 1 - 80,090 x 10 ⁻³ =	12,361 cm²
$A_{c_{14}} =$	11,371 / 1 - 85,811 x 10 ⁻³ =	12,438 cm²
$A_{c_{15}} =$	11,371 / 1 - 91,532 x 10 ⁻³ =	12,517 cm²
$A_{c_{16}} =$	11,371 / 1 - 97,252 x 10 ⁻³ =	12,596 cm²
$A_{c_{17}} =$	11,371 / 1 - 102,973 x 10 ⁻³ =	12,676 cm²
$A_{c_{18}} =$	11,371 / 1 - 108,694 x 10 ⁻³ =	12,758 cm²
$A_{c_{19}} =$	11,371 / 1 - 114,414 x 10 ⁻³ =	12,840 cm²

Fuente: Elaboración propia

Tabla 104. Cálculo del esfuerzo de la muestra No.2 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.3

CALCULO DEL ESFUERZO :

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

ESFUERZO 1 =	0,8425 kg / 11,404 cm ² =	0,0739 kg/cm²
ESFUERZO 2 =	1,4042 kg / 11,436 cm ² =	0,1228 kg/cm²
ESFUERZO 3 =	2,1063 kg / 11,469 cm ² =	0,1836 kg/cm²
ESFUERZO 4 =	3,5106 kg / 11,503 cm ² =	0,3052 kg/cm²
ESFUERZO 5 =	5,0552 kg / 11,536 cm ² =	0,4382 kg/cm²
ESFUERZO 6 =	6,5999 kg / 11,620 cm ² =	0,5680 kg/cm²
ESFUERZO 7 =	8,0041 kg / 11,706 cm ² =	0,6838 kg/cm²
ESFUERZO 8 =	9,4083 kg / 11,793 cm ² =	0,7978 kg/cm²
ESFUERZO 9 =	10,2509 kg / 11,881 cm ² =	0,8628 kg/cm²
ESFUERZO 10 =	11,7955 kg / 11,970 cm ² =	0,9854 kg/cm²
ESFUERZO 11 =	12,4976 kg / 12,061 cm ² =	1,0362 kg/cm²
ESFUERZO 12 =	14,4636 kg / 12,247 cm ² =	1,1810 kg/cm²
ESFUERZO 13 =	14,7444 kg / 12,361 cm ² =	1,1928 kg/cm²
ESFUERZO 14 =	15,1657 kg / 12,438 cm ² =	1,2193 kg/cm²
ESFUERZO 15 =	15,4465 kg / 12,517 cm ² =	1,2341 kg/cm²
ESFUERZO 16 =	15,7274 kg / 12,596 cm ² =	1,2486 kg/cm²
ESFUERZO 17 =	16,1486 kg / 12,676 cm ² =	1,2739 kg/cm²
ESFUERZO 18 =	16,5699 kg / 12,758 cm ² =	1,2988 kg/cm²

Fuente: Elaboración propia

Tabla 105. Cálculo del esfuerzo normal de la muestra No.2 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.3

CALCULO DEL ESFUERZO NORMAL (G₁) :

$$G_1 = G_d + G_3$$

G₁ y G₃ = Esfuerzos Principales

G_d = Esfuerzo Deformador

$$G_1 = 1192,81 \times 10^{-3} \text{ kg/cm}^2 + 1,2 \text{ kg/cm}^2$$

$$G_1 = 2,3928 \text{ kg/cm}^2$$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 106. Cálculo del radio del círculo de Mohr de la muestra No.2 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.3

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

$$x = \frac{G_1 + G_3}{2} = \frac{2,3928 \text{ kg/cm}^2 + 1,2 \text{ kg/cm}^2}{2}$$

$$x = 1,796 \text{ kg/cm}^2$$

CALCULO DEL RADIO DEL CIRCULO DE MORH (R) :

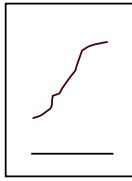
$$R = \frac{G_1 - G_3}{2} = \frac{2,3928 \text{ kg/cm}^2 - 1,2 \text{ kg/cm}^2}{2}$$

$$R = 0,596 \text{ kg/cm}^2$$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 107. Resumen del ensayo de capacidad portante de la muestra No.2 del sondeo No.3

LABORATORIO DE SUELOS & PAVIMENTOS									
RESISTENCIA AL CORTE									
TIPO DE ENSAYO ESFUERZO TRIAXIAL									
FECHA <u>NOVIEMBRE DEL 2023</u>		GRUPO _____			CALCULO _____			REVISO _____	
OPERADOR _____									
Ds :	<u>3,80</u>	cm.	As :	<u>11,341</u>	cm ²	Wo :	<u>189,40</u>	gr.	
Dc :	<u>3,81</u>	cm.	Ac :	<u>11,4009</u>	cm ²	V :	<u>100,975</u>	cm ³	
Di :	<u>3,79</u>	cm.	Ai :	<u>11,2815</u>	cm ²	γ _m :	<u>1,88</u>	gr/cm ³	
Hm :	<u>8,88</u>	cm.	Am = $\frac{As + 4Ac + Ai}{6}$			γ _s :	_____	gr/cm ³	
Cte.An :	<u>0,140423</u>	Kg/10 ⁻⁴ plg	Am : <u>11,3711</u>		cm ²	Gs :	_____	gr/cm ³	

TIEMPO (mm)	LECTURA 1 x 10 ⁻⁴ plg	CARGA Kg	DEFORMC plg x 10 ⁻³	DEFORMC UNITARIA x 10 ⁻³	AREA CORREG cm ²	ESFUERZO Kg/cm ²	CONTENIDO DE HUMEDAD		
							MUESTRA	1	2
	6,0	0,8425	10	2,860	11,404	0,07	CAPSULA N °	W43	JU8
	10,0	1,40423	20	5,721	11,436	0,12	PESO CAPS. + S. HUM.	35,7	35,1
	15,0	2,106345	30	8,581	11,469	0,18	PESO CAPS. + S. SEC.	30,5	29,50
	25,0	3,510575	40	11,441	11,503	0,31	PESO DEL AGUA	5,2	5,60
	36,0	5,0552	50	14,302	11,536	0,44	PESO DE LA CAPSULA	11,00	10,00
	47,0	6,5999	75	21,453	11,620	0,57	PESO DEL S. SECO	19,5	19,5
	57,0	8,0041	100	28,604	11,706	0,68	HUMEDAD %	26,67%	28,72%
	67,0	9,408341	125	35,755	11,793	0,80	HUMEDAD PROMEDIO	27,69%	
	73,0	10,251	150	42,905	11,881	0,86			
	84,0	11,795532	175	50,056	11,970	0,98			
							Area Corregida = $\frac{Am}{1 - \text{Deform. Unit.}}$		
							Deform. Unitaria = $\frac{\text{Deformación}}{Hm}$		
							CARGA = Lectura Dial x Cte. Anillo		
							FALLA		
									
OBSERVACIONES : _____									
							ING. PAUL CABRERA RESP. TEC.		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 108. Cálculo de las áreas y carga de la muestra No.3 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.3

LABORATORIO DE SUELOS & PAVIMENTOS

CALCULO DE LAS AREAS: SUPERIOR - CENTRAL - INFERIOR

As : Area Superior

Ac : Area Central

Ai : Area Inferior

As	=	11,521	cm ²
Ac	=	11,461	cm ²
Ai	=	11,401	cm ²

CALCULO DEL AREA MEDIA :

Am : Area Media

Am	=	11,461	cm ²
-----------	---	--------	-----------------

CALCULO DE Hm EN plg :

Hm : Altura Media

Hm	=	3,508	plg
-----------	---	-------	-----

CALCULO DE LA CARGA :

CARGA = Constante del Anillo x Lectura del Dial

Ingresar Constante del Anillo :

0,140423	Kg/10⁻⁴ plg
-----------------	-------------------------------

CARGA	CONSTANTE			LECTURA			
Carga # 1	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	6,0	x 10-4 plg =	0,8425
Carga # 2	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	10,0	x 10-4 plg =	1,4042
Carga # 3	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	15,0	x 10-4 plg =	2,1063
Carga # 4	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	25,0	x 10-4 plg =	3,5106
Carga # 5	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	36,0	x 10-4 plg =	5,0552
Carga # 6	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	47,0	x 10-4 plg =	6,5999
Carga # 7	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	58,0	x 10-4 plg =	8,1445
Carga # 8	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	68,0	x 10-4 plg =	9,5488
Carga # 9	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	74,0	x 10-4 plg =	10,3913
Carga # 10	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	85,0	x 10-4 plg =	11,9360
Carga # 11	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	89,0	x 10-4 plg =	12,4976
Carga # 12	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	104,0	x 10-4 plg =	14,6040
Carga # 13	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	106,0	x 10-4 plg =	14,8848
Carga # 14	=	0,140423	Kg/10-4 plg	x	115,0	x 10-4 plg =	16,1486

Fuente: Elaboración propia

Tabla 109. Cálculo de la deformación unitario de la muestra No.3 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.3

CALCULO DE LA DEFORMACION UNITARIA :

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

$\varepsilon_1 =$	10	x 10-3 plg /	3,508	plg =	2,851 x 10⁻³
$\varepsilon_2 =$	20	x 10-3 plg /	3,508	plg =	5,701 x 10⁻³
$\varepsilon_3 =$	30	x 10-3 plg /	3,508	plg =	8,552 x 10⁻³
$\varepsilon_4 =$	40	x 10-3 plg /	3,508	plg =	11,403 x 10⁻³
$\varepsilon_5 =$	50	x 10-3 plg /	3,508	plg =	14,254 x 10⁻³
$\varepsilon_6 =$	75	x 10-3 plg /	3,508	plg =	21,380 x 10⁻³
$\varepsilon_7 =$	100	x 10-3 plg /	3,508	plg =	28,507 x 10⁻³
$\varepsilon_8 =$	125	x 10-3 plg /	3,508	plg =	35,634 x 10⁻³
$\varepsilon_9 =$	150	x 10-3 plg /	3,508	plg =	42,761 x 10⁻³
$\varepsilon_{10} =$	175	x 10-3 plg /	3,508	plg =	49,888 x 10⁻³
$\varepsilon_{11} =$	200	x 10-3 plg /	3,508	plg =	57,015 x 10⁻³
$\varepsilon_{12} =$	250	x 10-3 plg /	3,508	plg =	71,268 x 10⁻³
$\varepsilon_{13} =$	270	x 10-3 plg /	3,508	plg =	76,970 x 10⁻³
$\varepsilon_{14} =$	280	x 10-3 plg /	3,508	plg =	79,820 x 10⁻³
$\varepsilon_{15} =$	300	x 10-3 plg /	3,508	plg =	85,522 x 10⁻³
$\varepsilon_{16} =$	320	x 10-3 plg /	3,508	plg =	91,223 x 10⁻³
$\varepsilon_{17} =$	340	x 10-3 plg /	3,508	plg =	96,925 x 10⁻³
$\varepsilon_{18} =$	360	x 10-3 plg /	3,508	plg =	102,626 x 10⁻³
$\varepsilon_{19} =$	380	x 10-3 plg /	3,508	plg =	108,328 x 10⁻³

Fuente: Elaboración propia

Tabla 110. Cálculo del área corregida de la muestra No.3 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.3

CALCULO DEL AREA CORREGIDA :

$$A_c = A_m / 1 - \varepsilon$$

$A_{c_1} =$	11,461 / 1 - 2,851 x 10 ⁻³ =	11,494 cm²
$A_{c_2} =$	11,461 / 1 - 5,701 x 10 ⁻³ =	11,527 cm²
$A_{c_3} =$	11,461 / 1 - 8,552 x 10 ⁻³ =	11,560 cm²
$A_{c_4} =$	11,461 / 1 - 11,403 x 10 ⁻³ =	11,593 cm²
$A_{c_5} =$	11,461 / 1 - 14,254 x 10 ⁻³ =	11,627 cm²
$A_{c_6} =$	11,461 / 1 - 21,380 x 10 ⁻³ =	11,711 cm²
$A_{c_7} =$	11,461 / 1 - 28,507 x 10 ⁻³ =	11,797 cm²
$A_{c_8} =$	11,461 / 1 - 35,634 x 10 ⁻³ =	11,884 cm²
$A_{c_9} =$	11,461 / 1 - 42,761 x 10 ⁻³ =	11,973 cm²
$A_{c_{10}} =$	11,461 / 1 - 49,888 x 10 ⁻³ =	12,063 cm²
$A_{c_{11}} =$	11,461 / 1 - 57,015 x 10 ⁻³ =	12,154 cm²
$A_{c_{12}} =$	11,461 / 1 - 71,268 x 10 ⁻³ =	12,340 cm²
$A_{c_{13}} =$	11,461 / 1 - 76,970 x 10 ⁻³ =	12,417 cm²
$A_{c_{14}} =$	11,461 / 1 - 79,820 x 10 ⁻³ =	12,455 cm²
$A_{c_{15}} =$	11,461 / 1 - 85,522 x 10 ⁻³ =	12,533 cm²
$A_{c_{16}} =$	11,461 / 1 - 91,223 x 10 ⁻³ =	12,611 cm²
$A_{c_{17}} =$	11,461 / 1 - 96,925 x 10 ⁻³ =	12,691 cm²
$A_{c_{18}} =$	11,461 / 1 - 102,626 x 10 ⁻³ =	12,772 cm²
$A_{c_{19}} =$	11,461 / 1 - 108,328 x 10 ⁻³ =	12,853 cm²

Fuente: Elaboración propia

Tabla 111. Cálculo del esfuerzo de la muestra No.3 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.3

CALCULO DEL ESFUERZO :

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

ESFUERZO 1 =	0,8425 kg / 11,494 cm ² =	0,0733 kg/cm²
ESFUERZO 2 =	1,4042 kg / 11,527 cm ² =	0,1218 kg/cm²
ESFUERZO 3 =	2,1063 kg / 11,560 cm ² =	0,1822 kg/cm²
ESFUERZO 4 =	3,5106 kg / 11,593 cm ² =	0,3028 kg/cm²
ESFUERZO 5 =	5,0552 kg / 11,627 cm ² =	0,4348 kg/cm²
ESFUERZO 6 =	6,5999 kg / 11,711 cm ² =	0,5635 kg/cm²
ESFUERZO 7 =	8,1445 kg / 11,797 cm ² =	0,6904 kg/cm²
ESFUERZO 8 =	9,5488 kg / 11,884 cm ² =	0,8035 kg/cm²
ESFUERZO 9 =	10,3913 kg / 11,973 cm ² =	0,8679 kg/cm²
ESFUERZO 10 =	11,9360 kg / 12,063 cm ² =	0,9895 kg/cm²
ESFUERZO 11 =	12,4976 kg / 12,154 cm ² =	1,0283 kg/cm²
ESFUERZO 12 =	14,6040 kg / 12,340 cm ² =	1,1834 kg/cm²
ESFUERZO 13 =	14,8848 kg / 12,417 cm ² =	1,1988 kg/cm²
ESFUERZO 14 =	16,1486 kg / 12,455 cm ² =	1,2966 kg/cm²

Fuente: Elaboración propia

Tabla 112. Cálculo del esfuerzo normal de la muestra No.3 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.3

CALCULO DEL ESFUERZO NORMAL (G₁) :

$$\mathbf{G_1 = G_d + G_3}$$

G₁ y G₃ = Esfuerzos Principales

G_d = Esfuerzo Deformador

$$\mathbf{G_1 = 1198,79 \times 10^{-3} \text{ kg/cm}^2 + 1,5 \text{ kg/cm}^2}$$

$$\mathbf{G_1 = 2,6988 \text{ kg/cm}^2}$$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 113. Cálculo del radio del círculo de Mohr de la muestra No.3 para ensayo de capacidad portante del sondeo No.3

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

$$x = \frac{G_1 + G_3}{2} = \frac{2,6988 \text{ kg/cm}^2 + 1,5 \text{ kg/cm}^2}{2}$$

$$x = 2,099 \text{ kg/cm}^2$$

CALCULO DEL RADIO DEL CIRCULO DE MORH (R) :

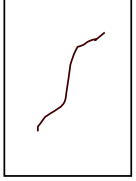
$$R = \frac{G_1 - G_3}{2} = \frac{2,6988 \text{ kg/cm}^2 - 1,5 \text{ kg/cm}^2}{2}$$

$$R = 0,599 \text{ kg/cm}^2$$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 114. Resumen del ensayo de capacidad portante de la muestra No.3 del sondeo No.3

LABORATORIO DE SUELOS & PAVIMENTOS									
RESISTENCIA AL CORTE									
TIPO DE ENSAYO <u>ESFUERZO TRIAXIAL</u>									
FECHA <u>NOVIEMBRE DEL 2023</u>		GRUPO _____			CALCULO _____			REVISO _____	
OPERADOR _____									
Ds :	<u>3,83</u>	cm.	As :	<u>11,5209</u>	cm ²	Wo :	<u>185,40</u>	gr.	
Dc :	<u>3,82</u>	cm.	Ac :	<u>11,4608</u>	cm ²	V :	<u>102,12</u>	cm ³	
Di :	<u>3,81</u>	cm.	Ai :	<u>11,4009</u>	cm ²	γ _m :	<u>1,82</u>	gr/cm ³	
Hm :	<u>8,91</u>	cm.	Am =	<u>As + 4Ac + Ai</u>		γ _s :	_____	gr/cm ³	
Cte.An :	<u>0,140423</u>	Kg/10 ⁻⁴ plg		<u>6</u>		Gs :	_____	gr/cm ³	
			Am :	<u>11,4609</u>	cm ²				

TIEMPO (mm)	LECTURA 1 x 10 ⁻⁴ plg	CARGA Kg	DEFORMC plg x 10 ⁻³	DEFORMC UNITARIA x 10 ⁻³	AREA CORREG cm ²	ESFUERZO Kg/cm ²	CONTENIDO DE HUMEDAD		
							MUESTRA	1	2
	6,0	0,843	10	2,851	11,494	0,07	CAPSULA N °	W43	JU8
	10,0	1,404	20	5,701	11,527	0,12	PESO CAPS. + S. HUM.	35,7	35,1
	15,0	2,106	30	8,552	11,560	0,18	PESO CAPS. + S. SEC.	30,5	29,50
	25,0	3,511	40	11,403	11,593	0,30	PESO DEL AGUA	5,2	5,60
	36,0	5,055	50	14,254	11,627	0,43	PESO DE LA CAPSULA	11,00	10,00
	47,0	6,600	75	21,380	11,711	0,56	PESO DEL S. SECO	19,5	19,5
	58,0	8,145	100	28,507	11,797	0,69	HUMEDAD %	26,67%	28,72%
	68,0	9,549	125	35,634	11,884	0,80	HUMEDAD PROMEDIO	27,69%	
	74,0	10,391	150	42,761	11,973	0,87			
	85,0	11,936	175	49,888	12,063	0,99			
	89,0	12,498	200	57,015	12,154	1,03			
							Area Corregida =	$\frac{Am}{1 - \text{Deform. Unit.}}$	
							Deform. Unitaria =	$\frac{\text{Deformación}}{Hm}$	
							CARGA = Lectura Dial x Cte. Anillo		
							FALLA		
									

OBSERVACIONES : _____

ING. PAUL CABRERA
RESP. TEC.

Fuente: Elaboración propia

➤ **Sondeo No. 3 Granulometría y Límites de Atterberg**

Tabla 115. Cálculo de los límites de Atterberg y clasificación USCS del sondeo No.3 a una profundidad de 1 metro

LABORATORIO DE SUELOS & PAVIMENTOS											
ENSAYO DE CLASIFICACION DE SUELOS											
PROYECTO: TITULACIÓN DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA											
SOLICITA: UTMACH					PERFORACION No			1			
UBICACIÓN: CIUDAD DE MACHALA - EL CAMBIO					MUESTRA No.			1			
DIRECCION: CALLES S/N					PROFUNDIDAD			1 mts			
PARROQUIA: EL CAMBIO SOLAR Nº4 MANZANA ASOUTM-A AREA: 240,0 m2											
FECHA: NOVIEMBRE DEL 2023											
ENSAYOS DE CONSISTENCIA		LIMITE LIQUIDO					LIMITE PLASTICO			HUM. NAT.	
PASO No.		1	2	3	4	5	1	2	3	1	2
Recipiente No.		Y76	H7	J8	D5	G7	Y8	A43	X54	R45	G6
Peso de muestra húmeda + recip. (gms)		20,10	19,99	20,50	20,50	21,00	11,50	11,55	11,60	120,00	117,00
Peso de muestra seca + recip. (gms)		17,50	17,40	17,70	17,63	17,90	11,10	11,15	11,22	94,20	91,00
Peso del recipiente (gms)		9,64	9,63	9,66	9,64	9,59	9,72	9,64	9,69	9,68	9,78
Peso del agua (gms)		2,60	2,59	2,80	2,87	3,10	0,40	0,40	0,38	25,80	26,00
Peso Seco (gms)		7,86	7,77	8,04	7,99	8,32	1,38	1,51	1,53	84,52	81,22
Contenido de humedad (%)		33,10	33,34	34,83	35,92	37,28	28,90	26,51	24,84	30,53	32,01
Número de golpes		36	30	25	21	15	26,75			31,27	

TAMIZ	Milímetros	Peso Retenido	PORCENTAJE		
			Retenido Acumulado	Retenido	Pasante
4	4,75	0,00	0,00	0,00	100,00
8	2,36				
10					
16	1,18				
30	0,6				
40	425micron.	0,28	0,28	0,28	99,72
60	250micron.				
100	150micron.				
200	75micron.	2,20	2,48	2,48	97,52
FONDO		97,52	100,00	100,00	0,00
PESO ANTES DEL LAVADO		100,00			

NORMAS
 LIMITE LIQUIDO: ASIMD - 423 AASHTO T - 89
 LIMITE PLASTICO: ASTM D-424 AASHTO T-90
 HUMEDAD: ASIMD-2216
 GRANULOMETRIA: ASTM D-422 AASHTO T-88

RESUMEN:
 LIMITE LIQUIDO 35,00 %
 LIMITE PLASTICO 26,75 %
 INDICE PLASTICO 8,25 %
 HUMEDAD NATURAL 31,27 %
 CLASIFICACION SUSCS CL

% DE LOS AGREGADOS EN LA MUESTRA	GRAVA	ARENA	FINOS
	0%	2,48%	97,52%

Descripción del material: Arcilla plastica color café oscuro de mediana plasticidad consistencia blanda a media, mediana humedad Observaciones: Ensayo granulométrico por lavado Realizado por:	Responsable Técnico: RENI J. UCHUARI R.
---	---

Fuente: Elaboración propia

Tabla 116. Cálculo de los límites de Atterberg y clasificación USCS del sondeo No.3 a una profundidad de 2 metros

LABORATORIO DE SUELOS & PAVIMENTOS																				
ENSAYO DE CLASIFICACION DE SUELOS																				
PROYECTO: TITULACIÓN DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA																				
SOLICITA: UTMACH					PERFORACION No			1												
UBICACIÓN: CIUDAD DE MACHALA - EL CAMBIO					MUESTRA No.			2												
DIRECCION: CALLES S/N					PROFUNDIDAD			2 mts.												
SOLAR Nº4 MANZANA ASOUTM-A AREA: 240,0 m2																				
FECHA: NOVIEMBRE DEL 2023																				
ENSAYOS DE CONSISTENCIA		LIMITE LIQUIDO					LIMITE PLASTICO			HUM. NAT.										
PASO No.		1	2	3	4	5	1	2	3	1	2									
Recipiente No.		T5	Z54	C6	S56	G76	D5	R65	S55	Y76	S5									
Peso de muestra húmeda + recip. (gms)		18,00	19,00	19,10	19,00	19,40	10,86	11,27	11,00	144,00	146,90									
Peso de muestra seca + recip. (gms)		16,30	17,00	17,05	16,95	17,20	10,60	10,98	10,80	106,77	109,31									
Peso del recipiente (gms)		10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	9,48	9,73	9,70	9,95	9,66									
Peso del agua (gms)		1,70	2,00	2,05	2,05	2,20	0,26	0,29	0,20	37,23	37,59									
Peso Seco (gms)		6,30	7,00	7,05	6,95	7,20	1,12	1,25	1,10	96,82	99,65									
Contenido de humedad (%)		26,98	28,57	29,08	29,45	30,56	23,46	23,24	18,25	38,45	37,72									
Número de golpes		36	31	25	19	14	21,65			38,09										
							<p>NORMAS</p> <p>LIMITE LIQUIDO: ASIMD - 423 AASHTO T - 89</p> <p>LIMITE PLASTICO: ASTMD-424 AASHTO T-90</p> <p>HUMEDAD:ASIMD-2216</p> <p>GRANULOMETRIA: ASTMD-422 AASHTO T-88</p>													
GRANULOMETRIA																				
TAMIZ	Milímetros	Peso Retenido	PORCENTAJE			Pasante	<p>RESUMEN:</p> <p>LIMITE LIQUIDO 28,90 %</p> <p>LIMITE PLASTICO 21,65 %</p> <p>INDICE PLASTICO 7,25 %</p> <p>HUMEDAD NATURAL 38,09 %</p> <p>CLASIFICACION SUSCS ML</p> <table border="1" style="font-size: small;"> <tr> <td>% DE LOS AGREGADOS EN LA MUESTRA</td> <td>GRAVA</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td></td> <td>ARENA</td> <td>8,47%</td> </tr> <tr> <td></td> <td>FINOS</td> <td>91,53%</td> </tr> </table>					% DE LOS AGREGADOS EN LA MUESTRA	GRAVA	0%		ARENA	8,47%		FINOS	91,53%
			% DE LOS AGREGADOS EN LA MUESTRA	GRAVA	0%															
	ARENA	8,47%																		
	FINOS	91,53%																		
4	4,75	0,00	0,00	0,00	100,00															
8	2,36																			
10																				
16	1,18																			
30	0,6																			
40	425micron.	0,56	0,56	0,56	99,44															
60	250micron.																			
100	150micron.																			
200	75micron.	8,04	8,60	8,47	91,53															
FONDO		92,90	101,50	100,00	0,00															
PESO ANTES DEL LAVADO		101,50																		
Descripción del material: Arcilla compasibilidad relativa mediana mediana humedad Observaciones: Ensayo granulométrico por lavado Realizado por:																				
										Responsable Técnico: RENI J. UCHUARI R.										

Fuente: Elaboración propia

Tabla 117. Cálculo de los límites de Atterberg y clasificación USCS del sondeo No.3 a una profundidad de 3 metros

LABORATORIO DE SUELOS & PAVIMENTOS																				
ENSAYO DE CLASIFICACION DE SUELOS																				
PROYECTO: TITULACIÓN DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA																				
SOLICITA: UTMACH			PERFORACION No			1														
UBICACIÓN: CIUDAD DE MACHALA - EL CAMBIO			MUESTRA No.			3														
DIRECCION: CALLES S/N			PROFUNDIDAD			3 mts.														
SOLAR Nº4 MANZANA ASOUTM-A AREA: 240,0 m2																				
FECHA: NOVIEMBRE DEL 2023																				
ENSAYOS DE CONSISTENCIA		LIMITE LIQUIDO					LIMITE PLASTICO			HUM. NAT.										
PASO No.		1	2	3	4	5	1	2	3	1	2									
Recipiente No.		W43	Z45	S5	F5	F55	S44	H7	F54	R5	X5									
Peso de muestra húmeda + recip. (gms)		19,30	19,40	19,55	19,80	20,15	10,99	11,11	11,03	150,00	159,59									
Peso de muestra seca + recip. (gms)		17,00	17,05	17,01	17,10	17,20	10,71	10,80	10,79	111,01	126,99									
Peso del recipiente (gms)		9,65	9,63	9,69	9,63	9,69	9,67	9,68	9,69	9,70	9,53									
Peso del agua (gms)		2,30	2,35	2,54	2,70	2,95	0,28	0,31	0,24	38,99	32,60									
Peso Seco (gms)		7,35	7,42	7,32	7,48	7,51	1,04	1,12	1,10	101,31	117,46									
Contenido de humedad (%)		31,29	31,68	34,71	36,12	39,26	26,87	27,63	21,76	38,49	27,75									
Número de golpes		33	29	23	19	15	25,42			33,12										
							<p>NORMAS</p> <p>LIMITE LIQUIDO: ASIMD - 423 AASHTO T - 89</p> <p>LIMITE PLASTICO: ASTMD-424 AASHTO T-90</p> <p>HUMEDAD:ASIMD-2216</p> <p>GRANULOMETRIA: ASTMD-422 AASHTO T-88</p>													
GRANULOMETRIA							<p>RESUMEN:</p> <p>LIMITE LIQUIDO 34,10 %</p> <p>LIMITE PLASTICO 25,42 %</p> <p>INDICE PLASTICO 8,68 %</p> <p>HUMEDAD NATURAL 33,12 %</p> <p>CLASIFICACION SUSCS CL</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>% DE LOS</td> <td>GRAVA</td> <td>0,00%</td> </tr> <tr> <td>AGREGADOS EN LA</td> <td>ARENA</td> <td>10,94%</td> </tr> <tr> <td>MUESTRA</td> <td>FINOS</td> <td>89,06%</td> </tr> </table>					% DE LOS	GRAVA	0,00%	AGREGADOS EN LA	ARENA	10,94%	MUESTRA	FINOS	89,06%
% DE LOS	GRAVA	0,00%																		
AGREGADOS EN LA	ARENA	10,94%																		
MUESTRA	FINOS	89,06%																		
TAMIZ	Milímetros	Peso Retenido	PORCENTAJE																	
			Retenido Acumulado	Retenid	Pasante															
4	4,75	0,00	0,00	0,00	100,00															
8	2,36																			
10																				
16	1,18																			
30	0,6																			
40	425micron.	9,30	9,30	9,30	90,70															
60	250micron.																			
100	150micron.																			
200	75micron.	3,50	12,80	10,94	89,06															
FONDO		104,20	117,00	100,00	0,00															
PESO ANTES DEL LAVADO		117,00																		
Descripción del material: Arcilla contenido de humedad mediano compacidad relativamente firme Observaciones: Ensayo granulométrico por lavado Realizado por:							Responsable Técnico: RENI J. UCHUARI R.													

Fuente: Elaboración propia

Tabla 118. Cálculo de los límites de Atterberg y clasificación USCS del sondeo No.3 a una profundidad de 4 metros

LABORATORIO DE SUELOS & PAVIMENTOS											
ENSAYO DE CLASIFICACION DE SUELOS											
PROYECTO: TITULACIÓN DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA											
SOLICITA: UTMACH					PERFORACION No			1			
UBICACIÓN: CIUDAD DE MACHALA - EL CAMBIO					MUESTRA No.			4			
DIRECCION: CALLES S/N					PROFUNDIDAD			4 mts			
SOLAR Nº4 MANZANA ASOUTM-A AREA: 240,0 m2											
FECHA: NOVIEMBRE DEL 2023											
ENSAYOS DE CONSISTENCIA		LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO			HUM. NAT.		
PASO No.		1	2	3	4	5	1	2	3	1	2
Recipiente No.		Y7	F65	D5	R5	F76	V7	S45	A54	G7	X54
Peso de muestra húmeda + recip. (gms)		19,05	19,43	19,55	19,66	19,90	11,00	11,14	11,00	139,00	140,00
Peso de muestra seca + recip. (gms)		17,08	17,14	17,00	17,04	17,25	10,71	10,74	10,75	105,00	103,00
Peso del recipiente (gms)		9,63	9,62	9,70	9,61	9,59	9,68	9,61	9,67	9,66	9,71
Peso del agua (gms)		1,97	2,29	2,55	2,62	2,65	0,29	0,40	0,25	34,00	37,00
Peso Seco (gms)		7,45	7,52	7,30	7,43	7,66	1,03	1,13	1,08	95,34	93,29
Contenido de humedad (%)		26,44	30,45	34,93	35,26	34,60	28,16	35,40	23,15	35,66	39,66
Número de golpes		36	28	22	20	16	28,90			37,66	

NUMERO DE GOLPES

NORMAS

LIMITE LIQUIDO:
ASIMD - 423 AASHTO T - 89

LIMITE PLASTICO:
ASTM D-424 AASHTO T-90

HUMEDAD: ASIMD-2216

GRANULOMETRIA:
ASTM D-422 AASHTO T-88

GRANULOMETRIA					
TAMIZ	Milímetros	Peso Retenido	PORCENTAJE		
			Retenido Acumulado	Retenido	Pasante
4	4,75	0,00	0,00	0,00	100,00
8	2,36				
10					
16	1,18				
30	0,6				
40	425micron.	1,15	1,15	0,78	99,22
60	250micron.				
100	150micron.				
200	75micron.	22,37	23,52	16,00	84,00
FONDO		123,48	147,00	100,00	0,00
PESO ANTES DEL LAVADO		147,00			

RESUMEN:	
LIMITE LIQUIDO	32,00 %
LIMITE PLASTICO	28,90 %
INDICE PLASTICO	3,10 %
HUMEDAD NATURAL	37,66 %
CLASIFICACION SUSCS CL	
% DE LOS	GRAVA 0,00%
AGREGADOS EN LA	ARENA 16,00%
MUESTRA	FINOS 84,00%

Descripción del material: Arcilla contenido de humedad mediano compacidad relativamente firme Observaciones: Ensayo granulométrico por lavado Realizado por:	Responsable Técnico: RENI J. UCHUARI R.
--	---

Fuente: Elaboración propia

Tabla 119. Cálculo de los límites de Atterberg y clasificación USCS del sondeo No.3 a una profundidad de 5 metros

LABORATORIO DE SUELOS & PAVIMENTOS																		
ENSAYO DE CLASIFICACION DE SUELOS																		
PROYECTO: TITULACIÓN DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA																		
SOLICITA: UTMACH				PERFORACION No				1										
UBICACIÓN: CIUDAD DE MACHALA - EL CAMBIO				MUESTRA No.				5										
DIRECCION: CALLES S/N				PROFUNDIDAD				5 mts										
SOLAR Nº4 MANZANA ASOUTM-A AREA: 240,0 m2																		
FECHA: NOVIEMBRE DEL 2023																		
ENSAYOS DE CONSISTENCIA		LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO				HUM. NAT.									
PASO No.		1	2	3	4	5	1	2	3	1	2							
Recipiente No.		X43	D5	R5	T6	S43	D5	G76	X43	R78	F56							
Peso de muestra húmeda + recip. (gms)		20,00	20,40	20,55	20,82	20,85	12,00	12,09	12,17	170,00	165,00							
Peso de muestra seca + recip. (gms)		17,99	18,10	17,98	18,11	18,28	11,59	11,56	11,60	125,00	123,00							
Peso del recipiente (gms)		11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	9,65	9,61	9,65	9,64	9,75							
Peso del agua (gms)		2,01	2,30	2,57	2,71	2,57	0,41	0,53	0,57	45,00	42,00							
Peso Seco (gms)		6,99	7,10	6,98	7,11	7,28	1,94	1,95	1,95	115,36	113,25							
Contenido de humedad (%)		28,76	32,39	36,82	38,12	35,30	21,13	27,18	29,23	39,01	37,09							
Número de golpes		32	38	20	16	14	25,85			38,05								
<p>NORMAS</p> <p>LIMITE LIQUIDO: ASIMD - 423 AASHTO T - 89</p> <p>LIMITE PLASTICO: ASTM D-424 AASHTO T-90</p> <p>HUMEDAD: ASIMD-2216</p> <p>GRANULOMETRIA: ASTM D-422 AASHTO T-88</p>																		
GRANULOMETRIA							<p>RESUMEN:</p> <p>LIMITE LIQUIDO 34,00 %</p> <p>LIMITE PLASTICO 25,85 %</p> <p>INDICE PLASTICO 8,15 %</p> <p>HUMEDAD NATURAL 38,05 %</p> <p>CLASIFICACION SUSCS CL</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td rowspan="3">% DE LOS AGREGADOS EN LA MUESTRA</td> <td>GRAVA</td> <td>1,68%</td> </tr> <tr> <td>ARENA</td> <td>82,32%</td> </tr> <tr> <td>FINOS</td> <td>16,00%</td> </tr> </table>					% DE LOS AGREGADOS EN LA MUESTRA	GRAVA	1,68%	ARENA	82,32%	FINOS	16,00%
% DE LOS AGREGADOS EN LA MUESTRA	GRAVA	1,68%																
	ARENA	82,32%																
	FINOS	16,00%																
TAMIZ	Milímetros	Peso Retenido	PORCENTAJE															
			Retenido Acumulado	Retenido	Pasante													
4	4,75	1,79	1,79	1,68	98,32													
8	2,36																	
10																		
16	1,18																	
30	0,6																	
40	425micron.	10,00	10,00	9,39	90,61													
60	250micron.																	
100	150micron.																	
200	75micron.	77,70	87,70	82,32	16,00													
FONDO		17,05	104,75	98,32	1,68													
PESO ANTES DEL LAVADO		106,54																
Descripción del material: Arcilla Limosa humedad media suelos firmes																		
Observaciones: Ensayo granulométrico por lavado																		
Realizado por:																		
Responsable Técnico: RENI J. UCHUARI R.																		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 120. Cálculo de los límites de Atterberg y clasificación USCS del sondeo No.3 a una profundidad de 6 metros

LABORATORIO DE SUELOS & PAVIMENTOS											
ENSAYO DE CLASIFICACION DE SUELOS											
PROYECTO: TITULACIÓN DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA											
SOLICITA: UTMACH					PERFORACION No			1			
UBICACIÓN: CIUDAD DE MACHALA - EL CAMBIO					MUESTRA No.			6			
DIRECCION: CALLES S/N					PROFUNDIDAD			6 mts			
SOLAR Nº4 MANZANA ASOUTM-A AREA: 240,0 m2											
FECHA: NOVIEMBRE DEL 2023											
ENSAYOS DE CONSISTENCIA		LIMITE LIQUIDO					LIMITE PLASTICO			HUM. NAT.	
PASO No.		1	2	3	4	5	1	2	3	1	2
Recipiente No.		U87	V6	D6	B8	D6	H87	B89	D65	N8	S5
Peso de muestra húmeda + recip. (gms)		19,00	18,00	18,60	19,00	19,26	10,79	11,12	11,00	151,00	150,03
Peso de muestra seca + recip. (gms)		16,50	15,78	15,97	17,04	16,22	10,56	10,85	10,62	111,00	110,60
Peso del recipiente (gms)		9,00	10,00	8,00	12,00	8,50	9,67	9,68	9,69	9,60	9,80
Peso del agua (gms)		2,50	2,22	2,63	1,96	3,04	0,23	0,27	0,38	40,00	39,43
Peso Seco (gms)		7,50	5,78	7,97	5,04	7,72	0,89	1,17	0,93	101,40	100,80
Contenido de humedad (%)		33,33	38,41	33,00	38,89	39,38	25,78	23,04	40,73	39,45	39,12
Número de golpes		34	27	23	20	13	29,85			39,28	
							NORMAS LIMITE LIQUIDO: ASIMD - 423 AASHTO T - 89 LIMITE PLASTICO: ASTM D-424 AASHTO T-90 HUMEDAD: ASIMD-2216 GRANULOMETRIA: ASTM D-422 AASHTO T-88				
GRANULOMETRIA											
TAMIZ	Milímetros	Peso Retenido	PORCENTAJE								
			Retenido Acumulado	Retenido Pasante							
4	4,75	0,00	0,00	0,00	100,00						
8	2,36										
10											
16	1,18										
30	0,6										
40	425micron.	7,81	7,81	6,05	93,95						
60	250micron.										
100	150micron.										
200	75micron.	9,75	17,56	13,61	86,39						
FONDO		111,44	129,00	100,00	0,00						
PESO ANTES DEL LAVADO		129,00									
RESUMEN: LIMITE LIQUIDO 36,10 % LIMITE PLASTICO 29,85 % INDICE PLASTICO 6,25 % HUMEDAD NATURAL 39,28 % CLASIFICACION SUSCS CL											
% DE LOS		GRAVA	0,00%								
AGREGADOS EN LA		ARENA	13,61%								
MUESTRA		FINOS	86,39%								
Descripción del material: Arcilla plastica color café oscuro de mediana plasticidad compasidad relativa firme y humedad media Observaciones: Ensayo granulométrico por lavado Realizado por:											
Responsable Técnico: RENI J. UCHUARI R.											

Fuente: Elaboración propia

➤ **Fotos de las prácticas realizadas**

Ilustración 41. Entrada al sitio del proyecto: Barrio Servidores Universitarios



Ilustración 43. Nivel freático del suelo



Ilustración 42. Ensayo de penetración estándar (SPT)



Ilustración 44. Muestras del suelo obtenido mediante ensayo SPT



Ilustración 45. Tamizado de las muestras para realización de granulometría por lavado



Ilustración 47. Muestras de los ensayos realizados para determinar los límites de Atterberg



Ilustración 46. Lavado del material para determinar su clasificación por medio de norma USCS



Ilustración 48. Ensayo para determinar esfuerzos de compresión



Ilustración 49. Colocación de muestras del suelo en el horno



Ilustración 51. Recolección de muestras del suelo mediante maquinaria pesada



Ilustración 50. Preparación de muestra de suelo para determinar su humedad natural



Ilustración 52. Medición del nivel freático del suelo mediante orificio al aire libre

