Bogotá D.C., mayo 2025

Señores:
**ALCALDIA MUNICIPAL DE CAJICA**
**SECRETARIA DE PLANEACION MUNICIPAL**
Cuidad

Asunto: CARTA DE RESPONSABILIDAD ESTUDIO DE SUELOS PARA LA PISTA DE ATLETISMO MUNICIPAL EN EL MUNICIPIO DE CAJICA

Respetados Señores:

Por medio de la presente Yo, Franklen Carlos Suta Pico, Identificado con C.C. 86.052.365 de Villavicencio, Ingeniero Civil con matrícula Profesional No. 25202-104936 CND, debidamente registrado en el consejo Profesional de Ingeniería y Arquitectura de Cundinamarca, presento el oficio para presentar el estudio de estudio y diseño geotécnica para la construcción de la pista de atletismo incluye graderías y zonas de circulación y parqueo, que fue elaborado de acuerdo a los requerimientos de la NORMA COLOMBIANA DE DISEÑO Y CONSTRUCCIONES SISMO RESISTENTES LEY 400 de 1997 Y DECRETO 926 DE 2010.

Declarando que asumo y exonero de toda responsabilidad a la oficina de planeación por los perjuicios que a causa de ellos puedan producirse, siempre y cuando se cumplan las recomendaciones y especificaciones dadas en el estudio.

Acepto y reconozco que la revisión efectuada por esta dependencia no constituye una aprobación del Estudio de Suelos sino una verificación al cumplimiento de la NORMA COLOMBIANA DE DISEÑO Y CONSTRUCCION SISMO RESISTENTE NSR-10.

Cordialmente

**FRANKLEN CARLOS SUTA PICO**
C.C. No 86.052.365 Villavicencio
Ingeniero Civil M.P 25202-104936 CND

# *ESTUDIO DE SUELOS PARA LA REMODELACIÓN Y ADECUACIÓN DEL ESTADIO TIGRE MOYANO EN EL MUNICIPIO DE CAJICA*

## *NYC INGENIERIA S.A.S.*

***BOGOTÁ, MAYO 2025***

# TABLA DE CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN Y METODOLOGÍA 11

1.1 POLÍTICA DE CALIDAD 11

1.2 OBJETIVO DE CALIDAD PARA EL PROYECTO 12

1.3 ALCANCE 12

1.4 RECOPILACIÓN DE LA INFORMACIÓN 13

1.5 EXPLORACIÓN DE CAMPO 13

1.5.1 Equipo De Trabajo 13

1.5.2 Equipo De Exploración Y Laboratorio 13

1.5.3 Número Y Tipo De Sondeos 14

2 DESCRIPCION Y GENERALIDADES 15

2.1 UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO. 15

2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 16

3 ESTUDIO GEOTÉCNICO 21

3.1 GEOLOGÍA 21

3.2 GEOMORFOLOGÍA 23

3.3 CLASIFICACIÓN DE LAS UNIDADES DE CONSTRUCCIÓN POR CATEGORÍAS 26

3.4 NÚMERO MÍNIMO DE SONDEOS 26

3.5 CARACTERÍSTICAS Y DISTRIBUCIÓN DE LOS SONDEOS: 27

3.6 PERFIL ESTRATIGRÁFICO 28

3.7 ENSAYOS DE LABORATORIO 33

3.7.1 RESULTADOS DE CORTE DIRECTO Y COMPRESIÓN INCONFINADA 33

**3.8 ZONIFICACIÓN GEOTECNICA** 49

**3.9 NIVEL FREÁTICO** 49

**3.10 PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DE DISEÑO** 49

**3.11 ASPECTOS SISMICOS** 50

**4 ESTRUCTURA GRADERÍAS** 53

**4.1 PROPUESTA DE CIMENTACIÓN.** 53

**4.2 CAPACIDAD PORTANTE** 54

4.2.1 METODOLOGÍA 54

4.2.2 RESULTADOS OBTENIDOS DE CAPACIDAD PORTANTE. 57

**4.3 ASENTAMIENTOS.** 59

4.3.1 METODOLOGÍA. 59

4.3.2 RESULTADOS OBTENIDOS DE ASENTAMIENTOS. 63

**4.4 MODULO DE REACCIÓN** 63

**4.5 POTENCIAL DE EXPANSIVIDAD** 64

**4.6 POTENCIAL DE COLAPSO** 66

**4.7 CALCULO DEL CBR** 68

4.7.1 METODOLOGÍA. 68

4.7.2 RESULTADOS OBTENIDOS PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS. 70

**5 MEJORAMIENTO PISTA DE ATLETISMO.** 71

**6 RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS** 73

**6.1 PILOTES PREEXCAVADOS** 73

**6.2 MANEJO DE AGUAS DE ESCORRENTIA O DE INFILTRACIÓN** 74

**6.3 PISTA DE ATLETISMO** 74

6.4 DISEÑO DE PARQUEADERO. 76

6.5 DISEÑO DE FILTRO FRANCÉS – FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO 76

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 78

8 LIMITACIONES Y VERIFICACIÓN 82

## LISTA DE TABLAS

TABLA 1. LISTADO DE EQUIPOS 13
TABLA 2. SOLICITACIÓN DE CARGA. 20
TABLA 3. DIFERENCIA DE CARGAS. 20
TABLA 4. CLASIFICACIÓN DE LAS UNIDADES DE CONSTRUCCIÓN POR CATEGORÍAS 26
TABLA 5. NÚMERO MÍNIMO DE SONDEOS Y PROFUNDIDAD POR CADA UNIDAD DE CONSTRUCCIÓN 26
TABLA 6. CARACTERÍSTICAS DE LOS SONDEOS EJECUTADOS. 27
TABLA 7. PERFIL ESTRATIGRÁFICO SONDEO 1. 28
TABLA 8. PERFIL ESTRATIGRÁFICO SONDEO 2 29
TABLA 9. PERFIL ESTRATIGRÁFICO SONDEO 3 30
TABLA 10. PERFIL ESTRATIGRÁFICO SONDEO 4 30
TABLA 11. PERFIL ESTRATIGRÁFICO SONDEO 5 31
TABLA 12. PERFIL ESTRATIGRÁFICO SONDEO 6 32
TABLA 13. PERFIL ESTRATIGRÁFICO APIQUE 1 32
TABLA 14. PERFIL ESTRATIGRÁFICO APIQUE 2 32
TABLA 15. PERFIL ESTRATIGRÁFICO APIQUE 3 33
TABLA 16. PERFIL ESTRATIGRÁFICO APIQUE 4 33
TABLA 17. PERFIL ESTRATIGRÁFICO APIQUE 5 33
TABLA 18. RESUMEN PARÁMETROS GEOTÉCNICOS. 50
TABLA 19. COEFICIENTES DE ACELERACIÓN SÍSMICA MUNICIPIO DE CAJICÁ, CUNDINAMARCA. 51
TABLA 20. PERFIL DE SUELO TIPO E. 52
TABLA 21. VALOR DE FA PARA PERFIL DE SUELO TIPO E. 52
TABLA 22. VALORES SÍSMICOS PARA EMPLEAR PARA DISEÑO. 53
TABLA 23. COEFICIENTES DE ADHERENCIA DE LA ZONA DE ESTUDIO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA 55
TABLA 24. ASENTAMIENTOS GRUPO DE PILOTES 63
TABLA 25. MÓDULO REACCIÓN DEL SUELO PILOTES 64
TABLA 26. POTENCIAL DE EXPANSIÓN. 65
TABLA 27. CÁLCULO POTENCIAL DE COLAPSO. 67
TABLA 28. LABORATORIO SPT. 68
TABLA 29. CLASIFICACIÓN ESTÁNDAR DEL CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO). 69
TABLA 30. LABORATORIO SPT. 70
TABLA 31. RESUMEN DE CÁLCULO DE CBR. 72

TABLA 32. PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DE DISEÑO. 79

TABLA 33. RESUMEN CAPACIDAD PORTANTE PILOTES PARA PILOTES DE D=0.4 M. 80

TABLA 34. RESUMEN CAPACIDAD PORTANTE PILOTES PARA PILOTES DE D=0.5 M. 80

TABLA 35. RESUMEN ASENTAMIENTOS PILOTES. 80

TABLA 36. ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA PISTA. 81

TABLA 37. ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DEL PARQUEADERO. 81

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. LOCALIZACIÓN GENERAL ÁREA DE ESTUDIO. ....15
FIGURA 3. PLANTA DEL LOTE DE LA ZONA DE ESTUDIO. ....16
FIGURA 5. PERFIL GRADERÍA. ....17
FIGURA 6. PLANTA GRADERÍA. ....18
FIGURA 6. PLANTA GRADERÍA PLANO ESTRUCTURAL. ....18
FIGURA 2. LOCALIZACIÓN PARTICULAR DE LA ESTRUCTURA ....22
FIGURA 3. MUESTRA 3 SONDEO 4 EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA ....23
FIGURA 4. GEOMORFOLOGÍA ZONA DE ESTUDIO ....25
FIGURA 5. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO EVIDENCIADAS EN CAMPO. ....25
FIGURA 6. LOCALIZACIÓN DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA. ....27
FIGURA 7.RESULTADOS ENSAYO DE CORTE DIRECTO SONDEO 1 MUESTRA 5 ....34
FIGURA 8. RESULTADOS ENSAYO DE CORTE DIRECTO SONDEO 2 MUESTRA 2 ....35
FIGURA 9. RESULTADOS ENSAYO DE CORTE DIRECTO SONDEO 5 MUESTRA 3 ....36
FIGURA 10. RESULTADOS ENSAYO DE CORTE DIRECTO SONDEO 6 MUESTRA 9 ....37
FIGURA 11. ENSAYO DE COMPRESIÓN INCONFINADA SONDEO 1 MUESTRA 1 ....38
FIGURA 12. ENSAYO DE COMPRESIÓN INCONFINADA SONDEO 1 MUESTRA 1 ....39
FIGURA 13. ENSAYO DE COMPRESIÓN INCONFINADA SONDEO 1 MUESTRA 2 ....40
FIGURA 14. ENSAYO DE COMPRESIÓN INCONFINADA SONDEO 2 MUESTRA 2 ....41
FIGURA 15. ENSAYO DE COMPRESIÓN INCONFINADA SONDEO 2 MUESTRA 3 ....42
FIGURA 16. ENSAYO DE COMPRESIÓN INCONFINADA SONDEO 3 MUESTRA 5 ....43
FIGURA 17. ENSAYO DE COMPRESIÓN INCONFINADA SONDEO 3 MUESTRA 6 ....44
FIGURA 18. ENSAYO DE COMPRESIÓN INCONFINADA SONDEO 4 MUESTRA 1 ....45
FIGURA 19. ENSAYO DE COMPRESIÓN INCONFINADA SONDEO 4 MUESTRA 3 ....46
FIGURA 20. ENSAYO DE COMPRESIÓN INCONFINADA SONDEO 5 MUESTRA 1 ....47
FIGURA 21. ENSAYO DE COMPRESIÓN INCONFINADA SONDEO 5 MUESTRA 3 ....48
FIGURA 22. MAPA DE AMENAZA SÍSMICA - MUNICIPIO CAJICÁ ....51
FIGURA 23. VARIABLES PARA EL CÁLCULO DE LA EFICIENCIA DE GRUPO DE PILOTES. ....56
FIGURA 22. CAPACIDAD PORTANTE GRUPO DE PILOTES PARA D=0.4 ....57
FIGURA 22. CAPACIDAD PORTANTE GRUPO DE PILOTES PARA D=0.5 ....58
FIGURA 25. CURVA HIPERBÓLICA DE CARGA (EJE HORIZONTAL) ASENTAMIENTO (EJE VERTICAL). ....59
FIGURA 26. ESQUEMA DE DESARROLLO DE LA ZONA ACTIVA PARA CARGA AXIAL ....60

FIGURA 27 VALORACIÓN DE INCREMENTOS DE ESFUERZOS PARA ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN.....62
FIGURA 27 ESTRUCTURA DE LA PISTA DE ATLETISMO.....72
FIGURA 28. DETALLE FILTRO FRANCÉS. .....77

## ANEXOS

Anexo 1. Plano de localización de exploración geotécnica

Anexo 2. Registros de exploración y ensayos de laboratorio

Anexo 3. Plano de zonificación y perfil geotécnico

Anexo 4. Memorias de cálculo

Anexo 5. Documentos especialistas

# 1 INTRODUCCIÓN Y METODOLOGÍA

Este informe con el objeto de ***"ESTUDIO DE SUELOS PARA EL DISEÑO DE LA PISTA DE ATLETISMO EN EL MUNICIPIO DE CAJICÁ"*** comprende el diseño de cimentación desde el punto de vista geotécnico y recomendaciones para la construcción de las graderías del Estadio Municipal Tigre Moyano y el mejoramiento de la pista de atletismo, ubicado en Cajicá en el departamento de Cundinamarca.

De acuerdo con la exploración de campo se determinó el tipo de suelo existente y las características mecánicas del suelo de soporte. Con los registros de los sondeos y los resultados de ensayos de laboratorio de muestras recuperadas se obtienen los parámetros de resistencia de los materiales de subsuelo. Como resultado del presente estudio se determinan los parámetros sísmicos del sitio, la capacidad portante, los asentamientos, la susceptibilidad a la licuefacción, potencial expansivo y potencial de colapso de los suelos, parámetros que se utilizan en el análisis estructural.

## 1.1 POLÍTICA DE CALIDAD

NYC INGENIERIA SAS. Labora bajo los más altos estándares de calidad para ofrecerle a nuestros clientes soluciones de ingeniería de alto nivel en las áreas de geotecnia, pavimentos, topografía y laboratorios de suelos, pavimentos y concretos.

Los criterios para la ejecución del presente estudio geotécnico son los correspondientes para tales fines, establecidos en el titulo H del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR10, expedido de acuerdo con la Ley 400 de 1997 por medio de sus Decretos 926 del 19 de marzo de 2010 y ha sido modificada por el Decreto 2525 del 13 de julio de 2010, Decreto 092 del 17 de enero de 2011, Decreto 0340 del 13 de febrero de 2012 y el Decreto 0945 del 5 de junio de 2017.

## 1.2 OBJETIVO DE CALIDAD PARA EL PROYECTO

Elaboración del presente estudio geotécnico de acuerdo con las especificaciones de EL CLIENTE y la norma de diseño sismo resistente NSR – 10.

## 1.3 ALCANCE

El presente informe tiene como alcance presentar los resultados de la investigación del subsuelo efectuada y establecer la cimentación para la estructura, además de presentar recomendaciones adicionales.

Para el estudio se implementó una metodología coherente de exploración del subsuelo con el fin de lograr estimar aceptablemente los parámetros de resistencia y las características físicas de los estratos de soporte.

Conseguidos los parámetros que caracterizan a cada material en particular se procede a determinar la cimentación recomendada, su capacidad portante, susceptibilidad a la expansividad, su potencial de licuación y los asentamientos.

Los alcances específicos del proyecto son:

- Efectuar perforaciones manuales y recuperación de muestras parar ensayos en el laboratorio de suelos.
- Determinar del perfil estratigráfico promedio.
- Determinar los parámetros geotécnicos de los estratos de suelos que se reportan en los perfiles.
- Calcular la capacidad portante del suelo de fundación.
- Estimar los asentamientos inmediatos
- Calcular el potencial de licuación para los estratos de soporte.
- Evaluar la susceptibilidad a la expansión de los estratos de soporte.

## 1.4 RECOPILACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Para el desarrollo del presente estudio se realizó una revisión de la bibliografía existente en el Servicio Geológico Colombiano, así como la información topográfica realizada para el proyecto y a través de la exploración de campo.

## 1.5 EXPLORACIÓN DE CAMPO

De acuerdo con el alcance de este estudio se definió la exploración del subsuelo necesaria, tipo y cantidad de ensayos, y el equipo de trabajo necesario para desarrollar el proyecto. Estos ítems se evaluaron con la normatividad vigente.

### 1.5.1 Equipo De Trabajo

Un (1) Ingeniero civil con postgrado en geotecnia.
Funciones: Elaboración del estudio geotécnico de acuerdo con los resultados de la exploración en campo y los resultados de los ensayos de laboratorio.
Un (1) Técnico en laboratorio de suelos.
Funciones: Realizar los ensayos de laboratorio de cada una de las muestras obtenidas en campo de acuerdo a las especificaciones del proyecto
Un (1) Técnico Perforador.
Funciones: Realizar las perforaciones correspondientes, los registros y ensayos de campo.

### 1.5.2 Equipo De Exploración Y Laboratorio

En la Tabla 1 se adjunta un resumen general de los equipos usados en el presente estudio.

| Tipo | Marca | Ente de |
|---|---|---|
| Balanza Digital | Mettler Toledo | Pinzuar |
| Balanza Digital | Lexus | Pinzuar |
| Cazuela de Casagrande | Controls | Control Interno |
| Equipo de perforación | Tamiequipos Ltda. | Control Interno |
| Horno para secado de muestras | Tamiequipos Ltda. | Control Interno |
| serie de Tamices | Tamiequipos Ltda. | Control Interno |
| Máquina de Ensayo a Compresión 50 Kn | Tamiequipos Ltda. | Pinzuar |

**Tabla 1. Listado de equipos**

**Fuente: Elaboración propia**

### 1.5.3 Número Y Tipo De Sondeos

Para el desarrollo de las actividades de exploración se siguió el procedimiento que se describe a continuación:

1. En el sitio bajo estudio se efectuó un recorrido para considerar los puntos adecuados en donde se realizarían las exploraciones necesarias para determinar las características del subsuelo.

2. Se realizaron 6 sondeos requeridos por las condiciones y el tipo de uso para la estructura a construir, con profundidades de entre 15 y 25 metros, además, se realizó 5 apiques en la zona de estudio.

3. Se recobraron muestras cada 1.00 m aproximadamente, las cuales fueron remitidas al laboratorio para practicarles los correspondientes ensayos de caracterización, con los cuales se obtuvieron los parámetros geotécnicos necesarios para el cálculo de capacidades portantes y asentamientos.

# 2 DESCRIPCION Y GENERALIDADES

## 2.1 UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.

El municipio de Cajicá se localiza en la Sabana de Bogotá, al norte de la ciudad, a una altitud de 2598 msnm. Limita por el norte con el municipio de Zipaquirá; por el sur con el municipio de Chía; por el occidente con el municipio de Tabio y por el oriente, con el municipio de Sopó.

La zona de estudio se encuentra en el estadio municipal Tigre Moyano, ubicado en la vereda Canelón del municipio de Cajicá. La longitud total del estadio es de aproximadamente 24 m.

**Figura 1. Localización general área de estudio.**

**Fuente: Google Maps.**

## 2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto consiste en el estudio de suelos para el diseño de la pista de atletismo localizada en el municipio de Cajicá, este proyecto se divide en correspondiente a las gradas, la pista de atletismo y un parqueadero ubicado a un costado de la pista.

A continuación, se presenta algunos esquemas de las estructuras planteadas, con la implantación topográfica del proyecto.

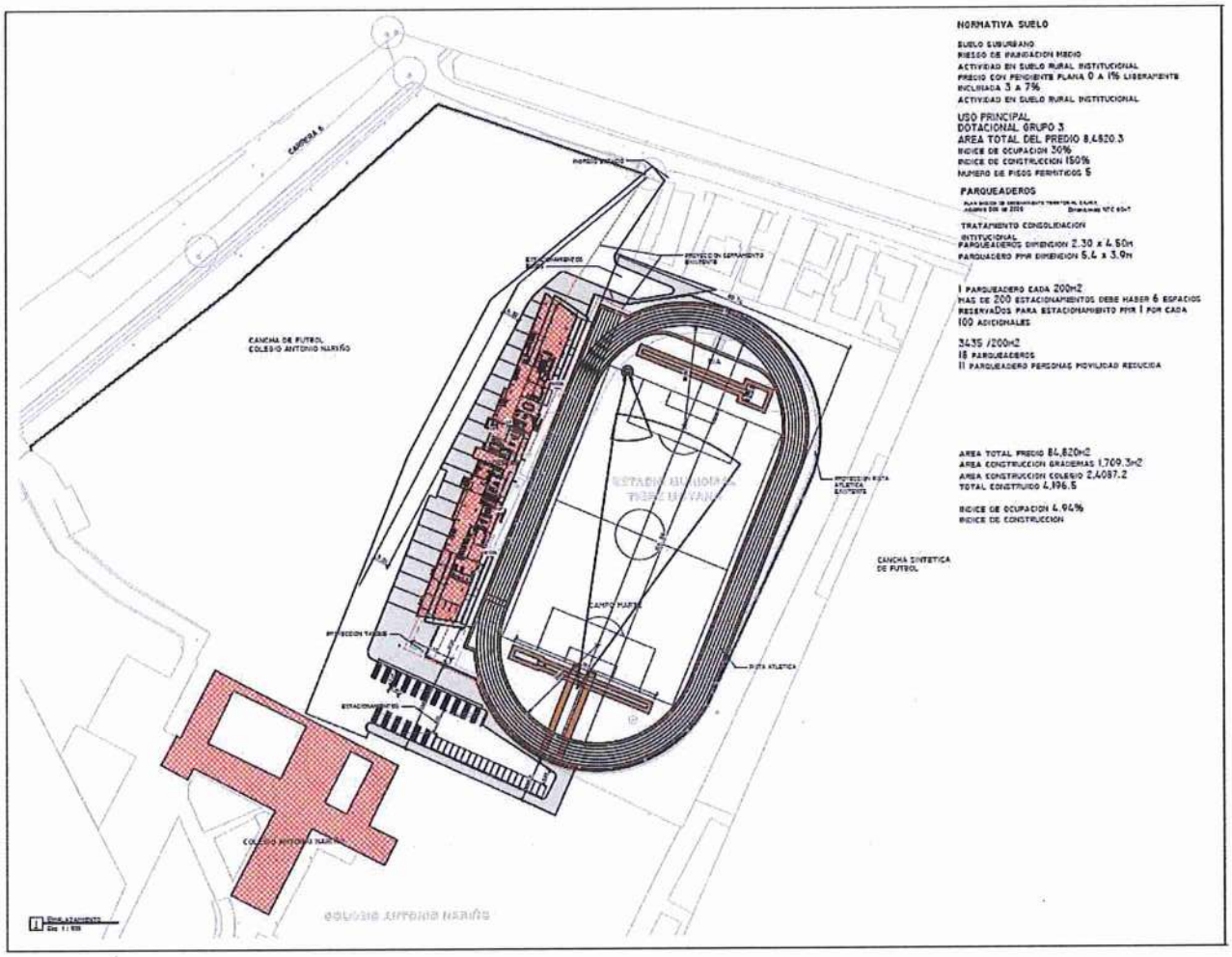



**Figura 2. Planta del lote de la zona de estudio.**

**Fuente: Estudios y Diseños.**

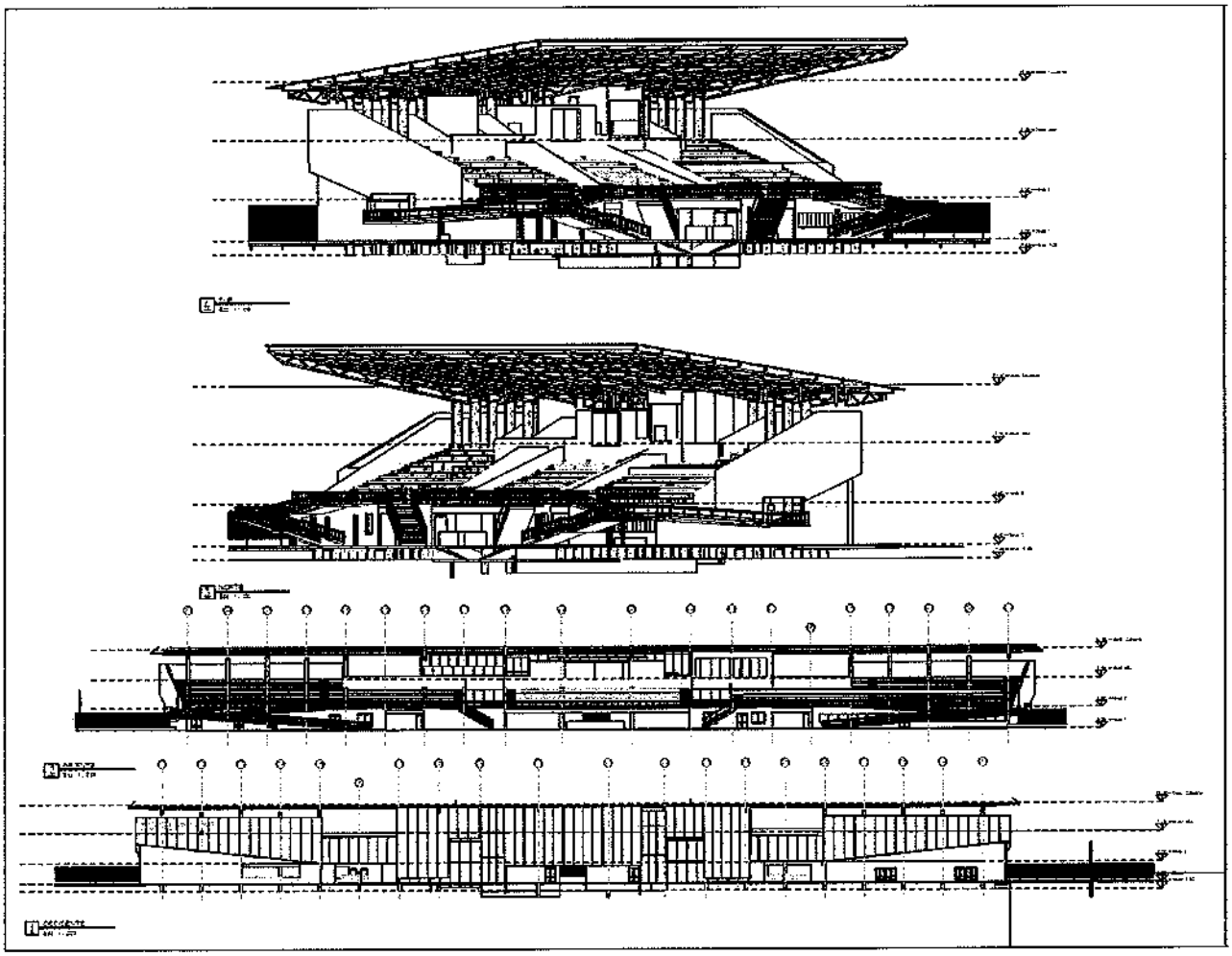


**Figura 3. Perfil Gradería.**

**Fuente: elaboración propia.**

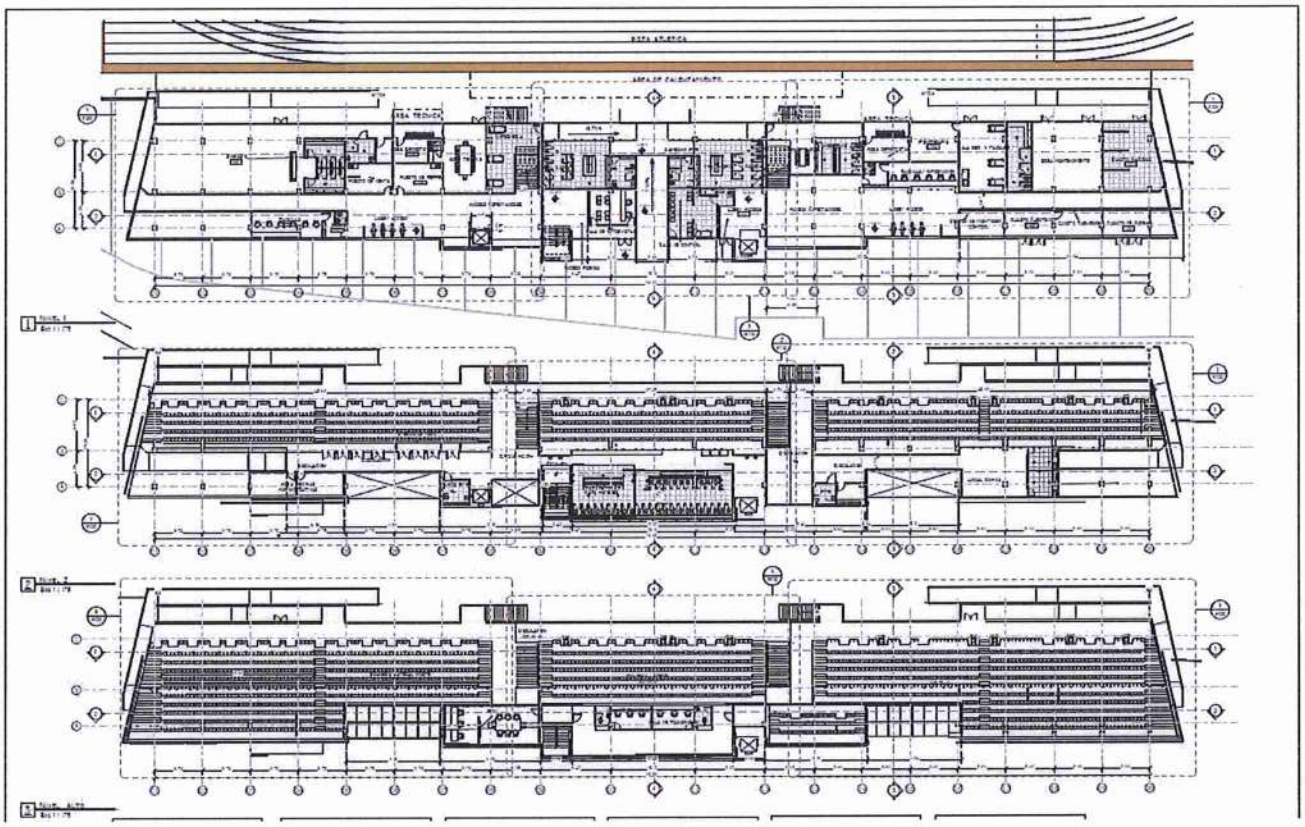


**Figura 4. Planta Gradería.**

**Fuente: Estudios y Diseños.**

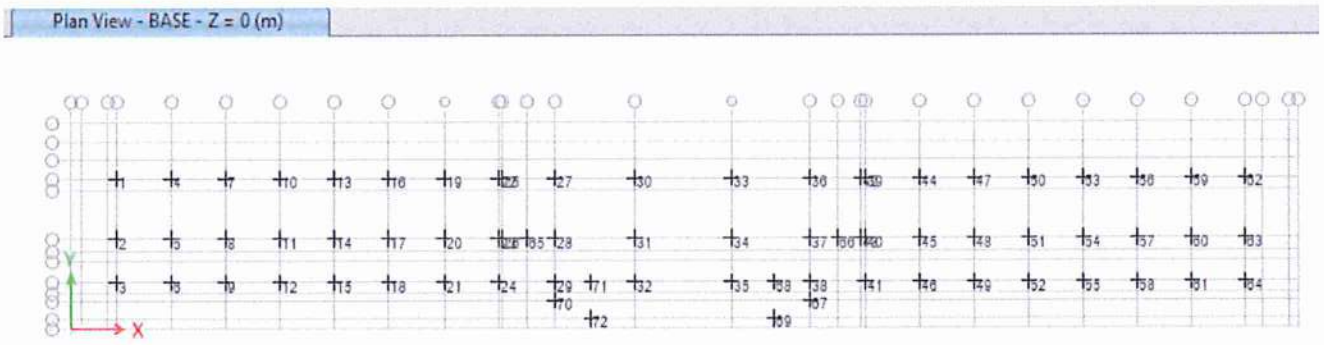



**Figura 5. Planta Gradería plano estructural.**

**Fuente: Área Estructural**

La solicitación de carga dada por el componente estructural se presenta a continuación.

| Estructura | Número | Cargas (kN) D+L | |
|---|---|---|---|
| | | Max | Min |
| Gradas | 1 | 370.8 | 98.7 |
| | 2 | 1015.7 | 257.7 |
| | 3 | 728.4 | 232.6 |
| | 4 | 474.5 | 144.7 |
| | 5 | 1030.9 | 312.4 |
| | 6 | 767.7 | 287.2 |
| | 7 | 452.2 | 132.0 |
| | 8 | 1079.6 | 337.9 |
| | 9 | 841.2 | 313.0 |
| | 10 | 447.6 | 132.7 |
| | 11 | 1202.6 | 368.6 |
| | 12 | 1026.4 | 367.2 |
| | 13 | 460.9 | 132.8 |
| | 14 | 1200.9 | 367.9 |
| | 15 | 859.5 | 311.7 |
| | 16 | 530.6 | 149.1 |
| | 17 | 996.5 | 319.3 |
| | 18 | 587.7 | 228.0 |
| | 19 | 516.9 | 134.9 |
| | 20 | 1089.2 | 337.1 |
| | 21 | 1074.6 | 343.7 |
| | 22 | 443.6 | 83.6 |
| | 23 | 981.2 | 41.7 |
| | 24 | 1175.2 | 424.2 |
| | 25 | 558.0 | 129.3 |
| | 26 | 933.9 | 35.3 |
| | 27 | 588.4 | 155.7 |
| | 28 | 1327.9 | 391.3 |
| | 29 | 1256.4 | 374.4 |
| | 30 | 555.2 | 151.2 |
| | 31 | 1377.1 | 491.4 |
| | 32 | 2551.2 | 809.6 |
| | 33 | 536.1 | 158.0 |
| | 34 | 1384.4 | 490.2 |
| | 35 | 2541.3 | 785.5 |
| | 36 | 590.0 | 96.7 |
| | 37 | 1241.3 | 364.0 |
| | 38 | 1300.9 | 413.4 |
| | 39 | 453.2 | 90.9 |
| | 40 | 935.7 | 50.9 |
| | 41 | 1212.0 | 455.9 |
| | 42 | 443.7 | 124.5 |
| | 43 | 854.5 | 17.5 |
| | 44 | 521.6 | 130.7 |
| | 45 | 1016.2 | 316.1 |
| | 46 | 1061.3 | 318.6 |
| | 47 | 524.1 | 148.6 |
| | 48 | 864.0 | 276.2 |
| | 49 | 552.5 | 215.6 |
| | 50 | 465.6 | 135.6 |
| | 51 | 1131.2 | 348.6 |
| | 52 | 850.1 | 273.8 |
| | 53 | 452.5 | 133.3 |
| | 54 | 1219.6 | 370.4 |
| | 55 | 1070.9 | 393.3 |
| | 56 | 454.4 | 131.5 |

| Estructura | Número | Cargas (kN) D+L | |
|---|---|---|---|
| | | Max | Min |
| | 57 | 1118.2 | 344.6 |
| | 58 | 882.1 | 282.2 |
| | 59 | 474.2 | 144.2 |
| | 60 | 1030.6 | 312.6 |
| | 61 | 767.7 | 289.0 |
| | 62 | 370.9 | 101.5 |
| | 63 | 1015.7 | 263.7 |
| | 64 | 727.9 | 227.0 |
| | 65 | 158.2 | -82.1 |
| | 66 | 200.3 | -84.4 |
| | 67 | 616.4 | -65.5 |
| | 68 | 476.2 | 51.1 |
| | 69 | 457.8 | 104.3 |
| | 70 | 531.0 | 40.2 |
| | 71 | 393.2 | 46.1 |
| | 72 | 381.5 | 55.3 |

**Tabla 2. Solicitación de carga.**

**Fuente: elaboración propia.**

A continuación, se encuentra la tabla con diferencias de cargas, en los nodos en donde se encontró la mayor diferencia.

| Estructura | Número | | Cargas (kN) D+L |
|---|---|---|---|
| | | | Diferencia Max |
| GRADAS | 3 | 6 | 39.3 |
| | 6 | 9 | 73.4 |
| | 9 | 12 | 185.3 |
| | 12 | 15 | 166.4 |
| | 15 | 18 | 271.8 |
| | 18 | 21 | 486.9 |
| | 21 | 24 | 100.6 |
| | 24 | 29 | 81.1 |
| | 29 | 71 | 863.2 |
| | 71 | 32 | 2158.1 |
| | 32 | 35 | 10 |
| | 35 | 68 | 2065.1 |
| | 68 | 38 | 824.7 |
| | 38 | 41 | 88.8 |
| | 41 | 46 | 150.8 |
| | 46 | 49 | 588.7 |
| | 49 | 52 | 297.6 |
| | 52 | 55 | 220.7 |
| | 55 | 58 | 188.7 |
| | 58 | 61 | 114.5 |
| | 61 | 64 | 37.7 |
| | | MAX | 2158.1 |

**Tabla 3. Diferencia de cargas.**

**Fuente: elaboración propia.**

Se encontró que la mayor diferencia está en los nodos 71 y 32 por lo cual la mayor carga se encuentra en el nodo 32 y la menor en el 71.

En el Anexo 2, se presenta la información arquitectónica y estructural de la zona de estudio.

# 3 ESTUDIO GEOTÉCNICO

Para el desarrollo del presente estudio se consideró los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio, los resultados de las pruebas de campo, las metodologías de cálculo, y el criterio del ingeniero Geotecnista.

## 3.1 GEOLOGÍA

Con base en la plancha geológica de Colombia de INGEOMINAS, 2015 a escala 1:100.000, en el área del municipio de Cajicá de la sabana de Bogotá, ver plancha 228 Santafé de Bogotá Noreste, se encuentran las siguientes formaciones geológicas:

**Formación Sabana (Q1sa):** Depósito de capas de arcilla, hacia los bordes capas de arenas, arcillas arenosas, turba en ocasiones grava. Edad: Pleistoceno Medio tardío

**Formación Chía (Q2ch):** Depósitos aluviales de llanuras de inundación y causes actuales, compuestos de arcillas de colores gris y naranja, con limos y arcillas orgánicas con diatomeas. Edad: Holoceno

**Formación Arenisca Dura (K2d):** Intercalaciones de capas muy gruesas de areniscas con capas delgadas de lodolitas grises y porcelanitas; en la parte inferior lodolitas silíceas con partición prismática. Edad: Campaniano Inferior.

**Formación Labor - Tierra (K2t):** Intercalaciones de areniscas en capas medianas y gruesas con lodolitas en capas delgadas; hacia la parte superior, bancos gruesos de areniscas de grano fino y medio. Edad: Maastrichtiano Inferior.

**Formación Plaeners (K2p):** Intercalaciones de lodolitas y arcillolitas con gran abundancia de foraminíferos bentónicos en la parte inferior, en la parte media niveles de porcelanitas con partición prismática y hacia la parte superior intercalaciones de lodolitas y areniscas.Edad: Campaniano Superior.

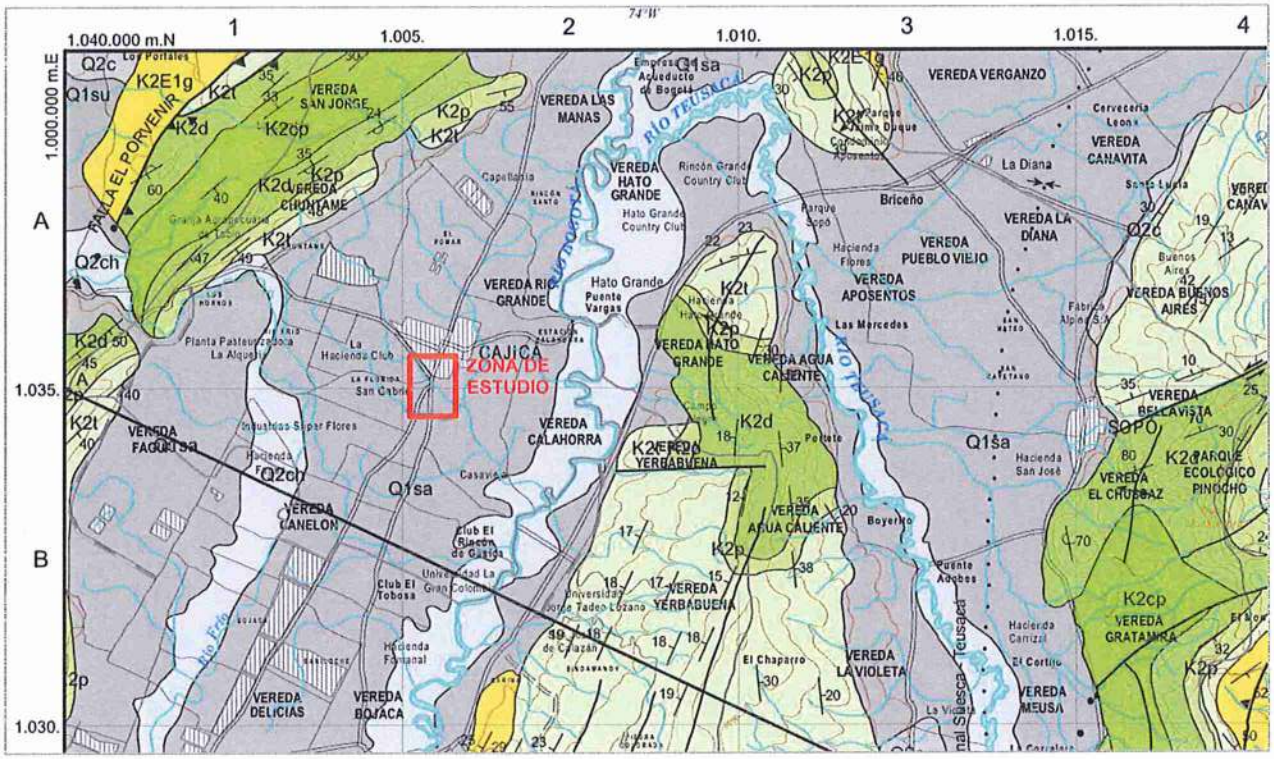



**Figura 6. Localización particular de la estructura**

**Fuente: SGC, 2015.**

Con lo anterior, se tiene que los materiales característicos de la zona de estudio corresponden a la unidad Q1sa, asociada a materiales arcillosos principalmente, hacia la zona del municipio de Cajicá se puede presentar intercalaciones de arcillas arenosas. A partir de la exploración realizada se tienen muestras visualmente cohesivas lo que confirma la presencia de material fino arcilloso o limoso, de color grisáceo.

**Figura 7. Muestra 3 Sondeo 4 Exploración Geotécnica**

**Fuente: Elaboración propia.**

## 3.2 GEOMORFOLOGÍA

Con base en la plancha geomorfológica de Colombia del Servicio Geológico Colombiano, 2015 a escala 1:100.000, en el área del municipio de Cajicá de la sabana de Bogotá, ver plancha 228 Santafé de Bogotá Noreste, se encuentran las siguientes formaciones geomorfológicas de origen fluvial – lagunar y estructural.

**Plano y artesa lagunar (Fpla):** Esta geoforma corresponde con una superficie extensa de aspecto aterrazado, morfología ondulada a suavemente inclinada (<5), que se encuentra limitada hacia los cauces por escarpes de varios metros de altura. Relacionada al desplazamiento lateral un cauce. Litológicamente constituida por la Formación Sabana (Q1sa). Se encuentra en los Municipios de Bogotá, Chía, Tocancipá, Cajicá, Sopo y La Calera, sobre esta unidad se han establecido el casco urbano del Municipio de Cajicá.

**Plano o llanura de inundación (Fpi):** Planicie aledaña a cauces aluviales como ríos, quebradas y arroyos, con un índice de contraste del relieve m uy bajo, de morfología plana, donde se han depositado sedimentos aluviales transportados por los propios cauces al momento de desbordarse. Constituida por depósitos aluviales recientes. Se encuentra

bordeando la mayoría de los cauces del área, entre ellos los Ríos Bogotá, Teusacá, Siecha, Aves, Pan de Azúcar, Chorreras, Sueva, Salinero y algunas de las quebradas afluentes a dichos ríos.

**Sierra anticlinal (Ssan):** Prominencia de morfología montañosa. Relacionada a la acción de fuerzas compresivas que han plegado las rocas generando áreas convexas y abombadas, las cuales conforman sierras anticlinales, con estratos buzando en forma divergente desde el eje de la estructura anticlinal entre ellos los Anticlinales de Bogotá, Sopo – Sesquile, El Cedral. Desarrollada en rocas del cretácico y el paleógeno. Se localiza en los Municipios de Bogotá DC, Chía, Gachalá, Gachetá, Guasca, Guatavita, Guayatá, Junín, entre otros.

**Ladera estructural de sierra homoclinal (Sshle):** Superficie con índices de inclinación muy inclinados a abruptos, de forma cóncava y longitudes variables. La característica principal de la geoforma es que las capas o estratos de las formaciones geológicas se disponen en el mismo sentido a la inclinación de terreno. Desarrollada sobre rocas de las Formaciones Arenisca Dura (K2d), Bogotá (E1b), Cacho (E1c), Chipaque (K2cp), entre otras. Se localiza en los Municipios de Bogotá DC, Cajicá, Gachetá, Guasca, La Calera.

**Sierra homoclinal (Ssh):** Prominencia topográfica asimétrica, con morfología montañosa, relieve relativo moderado, con interfluvios agudos, laderas de longitud larga y pendiente m uy abrupta, con estratos buzando en un m ismo sentido. Sobre las Formaciones Fómeque (K1f), Labor - Tierna (K2t), Las Juntas (K1j). Se encuentra en los Municipios de Cajicá, Chía, Gachalá, Gachetá, Gam a, Junín, Tabio en las Veredas Bombita, Canelón.

A continuación, se presenta el esquema de la localización de la zona de estudio a nivel geomorfológico, el cual se encuentra en una superficie de plano y artesa lagunar.

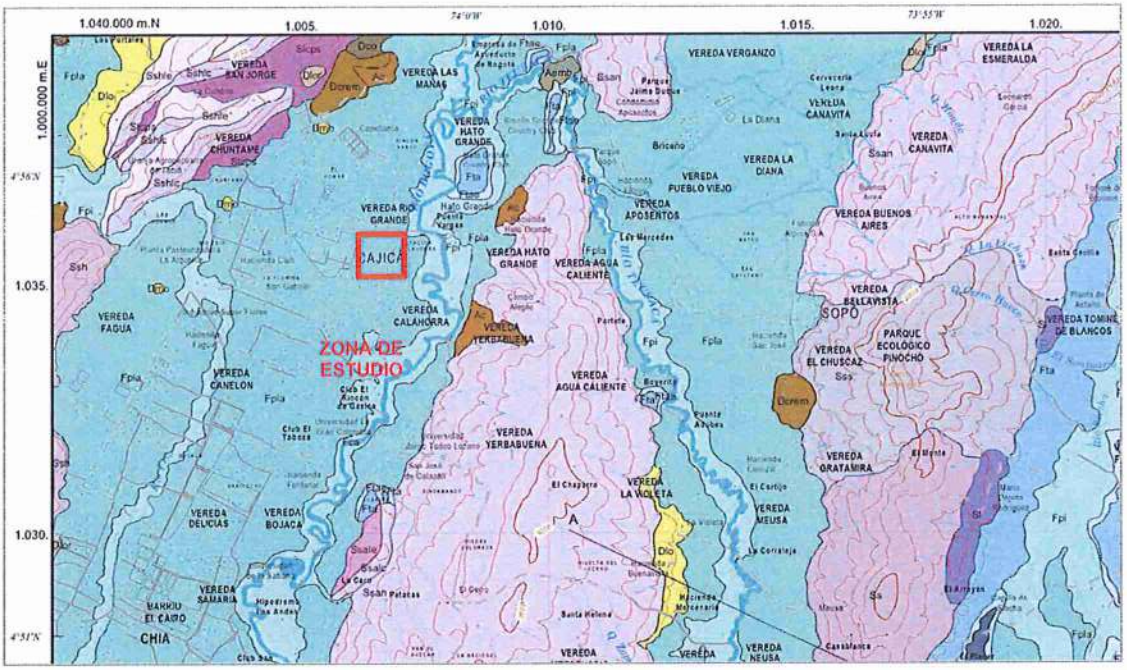



**Figura 8. Geomorfología zona de estudio**

**Fuente: Geoportal SGC**

Como se evidencia en el trabajo de campo realizado, el estadio es un área plana lo que coincide con la unidad geomorfológica (Fpla) presente en el municipio, superficies extensas planas o levemente inclinadas.

**Figura 9. Características morfológicas del área de estudio evidenciadas en campo.**

**Fuente: Elaboración propia.**

## 3.3 CLASIFICACIÓN DE LAS UNIDADES DE CONSTRUCCIÓN POR CATEGORÍAS

Las unidades de construcción se clasifican en Baja, Media, Alta y Especial, según el número total de niveles y las cargas máximas de servicio.

| Categoría de la unidad de construcción | Según los niveles de construcción | Según las cargas máximas de servicio en columnas (kN) |
|---|---|---|
| **Baja** | Hasta 3 niveles | Menores de 800 kN |
| **Media** | Entre 4 y 10 niveles | Entre 801 y 4,000 kN |
| **Alta** | Entre 11 y 20 niveles | Entre 4,001 y 8,000 kN |
| **Especial** | Mayor de 20 niveles | Mayores de 8,000 kN |

**Tabla 4. Clasificación de las unidades de construcción por categorías**

**Fuente NSR-10**

En virtud de los niveles de construcción estimados o las cargas para las graderías se determina la categoría de la unidad de construcción **MEDIA.**

## 3.4 NÚMERO MÍNIMO DE SONDEOS

El número mínimo de sondeos de exploración que deberán efectuarse en el terreno donde se desarrollará el proyecto

| Categoría Baja | Categoría Media | Categoría Alta | Categoría Especial |
|---|---|---|---|
| Profundidad Mínima de sondeos: 6 m. Número mínimo de sondeos: 3 | Profundidad Mínima de sondeos: 15 m. Número mínimo de sondeos: 4 | Profundidad Mínima de sondeos: 25 m. Número mínimo de sondeos: 4 | Profundidad Mínima de sondeos: 30 m. Número mínimo de sondeos: 5 |

**Tabla 5. Número mínimo de sondeos y profundidad por cada unidad de construcción**

**Fuente NSR-10**

Se consideró a criterio del Geotecnista que la estructura a construir es de categoría baja para lo cual la distribución de los sondeos propuestos cumple de manera satisfactoria con los requerimientos del proyecto.

## 3.5 CARACTERÍSTICAS Y DISTRIBUCIÓN DE LOS SONDEOS:

A continuación, se presentan las características de los ensayos, junto con sus coordenadas y su profundidad.

| Sondeo | Coordenadas | | Profundidad (m) |
|---|---|---|---|
| | Latitud | Longitud | |
| S1 | 04°54'04.8"N | 74°02'03.6"O | 15 |
| S2 | 04°54'06.8"N | 74°02'02.8"O | 25 |
| S3 | 04°54'06.7"N | 74°02'03.2"O | 25 |
| S4 | 04°54'07.5"N | 74°02'02.8"O | 15 |
| S5 | 04°54'08.6"N | 74°02'02.1"O | 15 |
| S6 | 04°54'5.20"N | 74° 2'3.33"O | 25 |
| A1 | 04°54'08.2"N | 74°02'00.2"O | 1.5 |
| A2 | 04°54'05.4"N | 74°02'00.0"O | 1.5 |
| A3 | 04°54'05.1"N | 74°02'04.0"O | 1.5 |
| A4 | 04°54'07.9"N | 74°02'02.6"O | 1.5 |
| A5 | 04°54'08.8"N | 74°02'02.0"O | 1.5 |

**Tabla 6. Características de los sondeos ejecutados.**

**Fuente: Elaboración propia.**

**Figura 10. Localización de exploración geotécnica.**

**Fuente: Elaboración propia.**

En el Anexo 1, se presenta el plano de localización de la exploración geotécnica de la zona de estudio. En el Anexo 2, se presenta el registro fotográfico de la exploración ejecutada.

## 3.6 PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Realizados los ensayos de laboratorio y considerando la clasificación de los materiales que se registraron en los formatos del Anexo 2; se presenta el perfil estratigráfico de todos los sondeos.

| PERFIL SONDEO 1 | |
|---|---|
| **PROFUNDIDAD** | **DESCRIPCIÓN** |
| 0.00 a 0.70 m | **Capa vegetal y relleno** |
| 0.70 a 2.50 m | **Arcilla, color gris con vetas cafés, de alta plasticidad. Condición de humedad media y consistencia firme. (CH)** |
| 2.50 a 4.00 m | **Limo con trazas de arena grano fino, color gris con vetas cafés, de alta plasticidad. Condición de humedad media y consistencia firme. (MH)** |
| 4.00 a 6.00 m | **Limo con trazas de arena grano fino, color gris con vetas cafés, de alta plasticidad. Condición de humedad media y consistencia firme. (MH)** |
| 6.00 a 7.50 m | **Limo con trazas de arena, color gris oscuro, de alta plasticidad, lente de material orgánico. Condición de humedad alta y consistencia firme. (MH)** |
| 7.50 a 9.00 m | **Limo con trazas de arena grano fino, color gris oscuro, de alta plasticidad. Condición de humedad alta y consistencia firme. (MH)** |
| 9.00 a 10.50 m | **Limo orgánico con trazas de arena, color café y gris, de alta plasticidad. Condición de humedad alta y consistencia medio firme. (OH)** |
| 10.50 a 13.00 m | **Limo con trazas de arena grano fino, color gris claro con vetas cafés, de alta plasticidad. Condición de humedad media y consistencia medio firme. (MH)** |
| 13.00 a 15.00 m | **Limo con trazas de arena, color gris oscuro, de alta plasticidad. Condición de humedad alta y consistencia medio firme. (MH)** |

**Tabla 7. Perfil estratigráfico sondeo 1.**

**Fuente: Elaboración propia.**

| PERFIL SONDEO 2 | |
|---|---|
| **PROFUNDIDAD** | **DESCRIPCIÓN** |
| 0.00 a 0.60 m | **Capa vegetal** |
| 0.60 a 4.00 m | **Limo con trazas de arena, color gris claro con naranja, de alta plasticidad. Condición de humedad media y consistencia firme. (MH)** |
| 4.00 a 7.00 m | **Limo, color gris claro con vetas de oxidación, de alta plasticidad. Condición de humedad alta y consistencia firme. (MH)** |

| PERFIL SONDEO 2 | |
|---|---|
| **PROFUNDIDAD** | **DESCRIPCIÓN** |
| 7.00 a 8.50 m | **Limo orgánico con algo de arena, color negro, presencia de turba, de alta plasticidad. Condición de humedad alta y consistencia firme. (OH)** |
| 8.50 a 11.50 m | **Limo con trazas de arena, color café, con raíces, de media plasticidad. Condición de humedad alta y consistencia medio firme a muy firme. (ML)** |
| 11.50 a 16.50 m | **Arcilla limosa con trazas de arena grano fino, color café con gris, de baja plasticidad. Condición de humedad baja y consistencia blanda. (CL, ML)** |
| 16.50 a 18.50 m | **Limo con trazas de arena grano fino, color café oscuro con vetas de oxidación, de alta plasticidad. Condición de humedad, alta y consistencia firme. (MH)** |
| 18.50 a 20.50 m | **Arcilla con trazas de arena y de grava, color café oscuro con gris claro, de media plasticidad. Condición de humedad baja y consistencia muy firme. (CL)** |
| 20.50 a 23.00 m | **Limo con trazas de grava, color café oscuro con gris, de alta plasticidad. Condición de humedad media y consistencia muy firme. (MH)** |
| 23.00 a 25.00 m | **Limo con trazas de arena y de grava, color gris con café oscuro, sin plasticidad. Condición de humedad baja y consistencia muy firme. (ML)** |

**Tabla 8. Perfil estratigráfico sondeo 2**

**Fuente: Elaboración propia.**

| PERFIL SONDEO 3 | |
|---|---|
| **PROFUNDIDAD** | **DESCRIPCIÓN** |
| 0.00 a 0.70 m | **Capa vegetal y escombro** |
| 0.70 a 5.00 m | **Arcilla con trazas de arena grano fino, color café claro con naranja y gris, de alta plasticidad. Condición de humedad media y consistencia firme. (CH)** |
| 5.00 a 6.50 m | **Limo con trazas de arena grano fino, color café con vetas de oxidación, de alta plasticidad. Condición de humedad media y consistencia firme. (MH)** |
| 6.50 a 9.00 m | **Limo con trazas de arena grano fino, color café con vetas de oxidación, de alta plasticidad. Condición de humedad alta y consistencia firme. (MH)** |
| 9.00 a 10.00 m | **Limo con trazas de arena grano fino, color café con vetas de oxidación, de alta plasticidad. Condición de humedad media y consistencia firme. (MH)** |
| 10.00 a 11.00 m | **Limo con trazas de arena, color café, de alta plasticidad. Condición de humedad alta y consistencia firme. (MH)** |
| 11.00 a 13.00 m | **Limo orgánico con trazas de arena, color negro, de alta plasticidad. Condición de humedad alta y consistencia firme. (OH)** |
| 13.00 a 15.00 m | **Limo con trazas de arena, color café, de alta plasticidad. Condición de humedad alta y consistencia firme. (OH)** |

| PERFIL SONDEO 3 | |
|---|---|
| **PROFUNDIDAD** | **DESCRIPCIÓN** |
| 13.00 a 14.00 m | **Arcilla con trazas de arena, color café oscuro, de media plasticidad. Condición de humedad media y consistencia blanda. (CL)** |
| 14.00 a 18.00 m | **Arcilla con algo de arena, color gris verdoso con vetas marrón, de media plasticidad. Condición de humedad baja y Consistencia dura. (CL)** |
| 18.00 a 19.00 m | **Limo con trazas de arena grano fino, color gris verdoso, de media plasticidad. Condición de humedad baja y consistencia Dura. (ML)** |
| 19.00 a 21.00 m | **Arena con limo, color café, sin plasticidad. Condición de humedad, baja y compacidad densa. (SM)** |
| 21.00 a 25.00 | **Limo con arena, color café con gris, sin plasticidad. Condición de humedad baja y consistencia dura. (ML)** |

**Tabla 9. Perfil estratigráfico sondeo 3**

**Fuente: Elaboración propia.**

| PERFIL SONDEO 4 | |
|---|---|
| **PROFUNDIDAD** | **DESCRIPCIÓN** |
| 0.00 a 0.70 m | **Capa vegetal** |
| 0.70 a 5.00 m | **Limo con trazas de arena grano fino, color gris claro con vetas cafés, de alta plasticidad. Condición de humedad media y consistencia firme. (MH)** |
| 5.00 a 6.50 m | **Limo, color gris claro con vetas cafés, de alta plasticidad. Condición de humedad media y consistencia firme. (MH)** |
| 6.50 a 9.00 m | **Limo con trazas de arena grano fino, color gris con puntos negros, de alta plasticidad. Condición de humedad alta y consistencia firme. (MH)** |
| 9.00 a 10.00 m | **Limo orgánico con trazas de arena, color negro, de alta plasticidad. Condición de humedad alta y consistencia firme. (OH)** |
| 10.00 a 11.00 m | **Limo con trazas de arena, color gris oscuro, con material orgánico, de alta plasticidad. Condición de humedad alta y consistencia firme. (MH)** |
| 11.00 a 13.00 m | **Limo con trazas de arena, color gris oscuro, de alta plasticidad. Condición de humedad alta y consistencia muy firme. (MH)** |
| 13.00 a 15.00 m | **Limo con trazas de arena, color gris oscuro. No consolidado y denso.** |

**Tabla 10. Perfil estratigráfico sondeo 4**

**Fuente: Elaboración propia.**

| PERFIL SONDEO 5 | |
|---|---|
| **PROFUNDIDAD** | **DESCRIPCIÓN** |
| 0.00 a 0.70 m | **Capa vegetal** |

| PERFIL SONDEO 5 | |
|---|---|
| PROFUNDIDAD | DESCRIPCIÓN |
| 0.70 a 2.50 m | Limo, color gris claro con vetas cafés, de alta plasticidad. Condición de humedad media y consistencia firme. (MH) |
| 2.50 a 6.00 m | Limo con trazas de arena grano fino, color gris claro, de alta plasticidad. Condición de humedad media y consistencia firme. (MH) |
| 6.00 a 8.00 m | Limo con trazas de arena grano fino, color gris oscuro, de alta plasticidad. Condición de humedad alta y consistencia blanda. (MH) |
| 8.00 a 10.00 m | Limo con trazas de arena grano fino, color gris oscuro, de alta plasticidad. Condición de humedad alta y consistencia medio firme. (MH) |
| 10.00 a 11.50 m | Limo con trazas de arena grano fino, color gris oscuro, de alta plasticidad. Condición de humedad alta y consistencia firme. (MH) |
| 11.50 a 13.00 m | Limo con trazas de arena, color gris oscuro con vetas negras, algo de material orgánico, de alta plasticidad. Condición de humedad alta y consistencia dura. (MH) |
| 13.00 a 15.00 m | Limo con trazas de arena, color gris oscuro con vetas negras. No consolidado y denso |

**Tabla 11. Perfil estratigráfico sondeo 5**

**Fuente: Elaboración propia.**

| PERFIL SONDEO 6 | |
|---|---|
| PROFUNDIDAD | DESCRIPCIÓN |
| 0.00 a 1.00 m | Capa vegetal |
| 1.00 a 2.00 m | Arcilla con trazas de arena grano fino, color gris claro con vetas naranjas y puntos cafés, de alta plasticidad. Condición de humedad media y consistencia firme. (CH) |
| 2.00 a 3.00 m | Arcilla, color café con puntos naranjas, de alta plasticidad. Condición de humedad media y consistencia dura. (CH) |
| 3.00 a 3.70 m | Limo con trazas de arena grano fino, color café con vetas naranjas, de alta plasticidad. Condición de humedad media y consistencia firme. (MH) |
| 3.70 a 4.30 m | Limo con trazas de arena grano fino, color café, de alta plasticidad. Condición de humedad media y consistencia blanda. (MH) |
| 4.30 a 4.80 m | Limo con trazas de arena grano fino, color café con vetas de oxidación, de alta plasticidad. Condición de humedad alta y consistencia blanda. (MH) |
| 4.80 a 8.00 m | Limo con trazas de arena grano fino, color café con vetas naranjas, de alta plasticidad. Condición de humedad media y consistencia blanda. (MH) |
| 8.00 a 10.00 m | Limo con trazas de arena, color café, de alta plasticidad. Condición de humedad alta y consistencia firme. (MH) |

| PERFIL SONDEO 6 | |
|---|---|
| **PROFUNDIDAD** | **DESCRIPCIÓN** |
| 10.00 a 12.00 m | **Arcilla limosa con trazas de arena, color café con gris, de media plasticidad. Condición de humedad baja y consistencia blanda. (CL, ML)** |
| 12.00 a 14.00 m | **Arcilla con algo de arena, color gris oscuro con café, de media plasticidad. Condición de humedad baja y consistencia blanda. (CL)** |
| 14.00 a 16.00 m | **Arcilla con trazas de arena, color gris oscuro con café, de media plasticidad. Condición de humedad media y consistencia blanda. (CL)** |
| 16.00 a 18.00 m | **Limo con arena, color negro, de alta plasticidad, con turba. Condición de humedad alta y consistencia blanda. (MH)** |
| 18.00 a 20.00 m | **Limo con trazas de arena, color gris verdoso, de alta plasticidad, con material orgánico y turba. Condición de humedad media y consistencia blanda. (MH)** |
| 20.00 a 21.00 m | **Limo con trazas de arena grano fino, color gris verdoso, de media plasticidad. Condición de humedad baja y consistencia Dura. (ML)** |
| 21.00 a 23.00 m | **Limo con trazas de arena, color gris verdoso, de media plasticidad. Condición de humedad baja y consistencia dura. (ML)** |
| 23.00 a 25.00 m | **Limo con algo de arena, color gris claro. Condición de humedad, baja y consistencia firme. (ML)** |

**Tabla 12. Perfil estratigráfico sondeo 6**

**Fuente: Elaboración propia.**

| PERFIL APIQUE 1 | |
|---|---|
| **PROFUNDIDAD** | **DESCRIPCIÓN** |
| 0.00 a 1.50 m | **Limo con trazas de arena, color gris claro con vetas cafés, de alta plasticidad. Condición de humedad, media y consistencia firme. (MH)** |

**Tabla 13. Perfil estratigráfico apique 1**

**Fuente: Elaboración propia.**

| PERFIL APIQUE 2 | |
|---|---|
| **PROFUNDIDAD** | **DESCRIPCIÓN** |
| 0.00 a 1.50 m | **Arcilla con trazas de arena, color gris oscuro con vetas cafés, de alta plasticidad. Condición de humedad, media y consistencia firme. (CH)** |

**Tabla 14. Perfil estratigráfico apique 2**

**Fuente: Elaboración propia.**

| PERFIL APIQUE 3 | |
|---|---|
| **PROFUNDIDAD** | **DESCRIPCIÓN** |
| 0.00 a 1.50 m | **Limo con trazas de arena, color café con vetas gris, de alta plasticidad. Condición de humedad, baja y consistencia firme. (MH)** |

**Tabla 15. Perfil estratigráfico apique 3**

**Fuente: Elaboración propia.**

| PERFIL APIQUE 4 | |
|---|---|
| **PROFUNDIDAD** | **DESCRIPCIÓN** |
| 0.00 a 1.50 m | **Limo con trazas de arena, color café con vetas gris oscuro, de alta plasticidad. Condición de humedad, media y consistencia firme. (MH)** |

**Tabla 16. Perfil estratigráfico apique 4**

**Fuente: Elaboración propia.**

| PERFIL APIQUE 5 | |
|---|---|
| **PROFUNDIDAD** | **DESCRIPCIÓN** |
| 0.00 a 1.50 m | **Limo con trazas de arena, color gris claro con vetas negras, de alta plasticidad. Condición de humedad, media y consistencia firme. (MH)** |

**Tabla 17. Perfil estratigráfico apique 5**

**Fuente: Elaboración propia.**

## 3.7 ENSAYOS DE LABORATORIO

A las muestras alteradas y/o inalteradas tomadas en la exploración de campo se realizaron los siguientes ensayos de clasificación y caracterización:

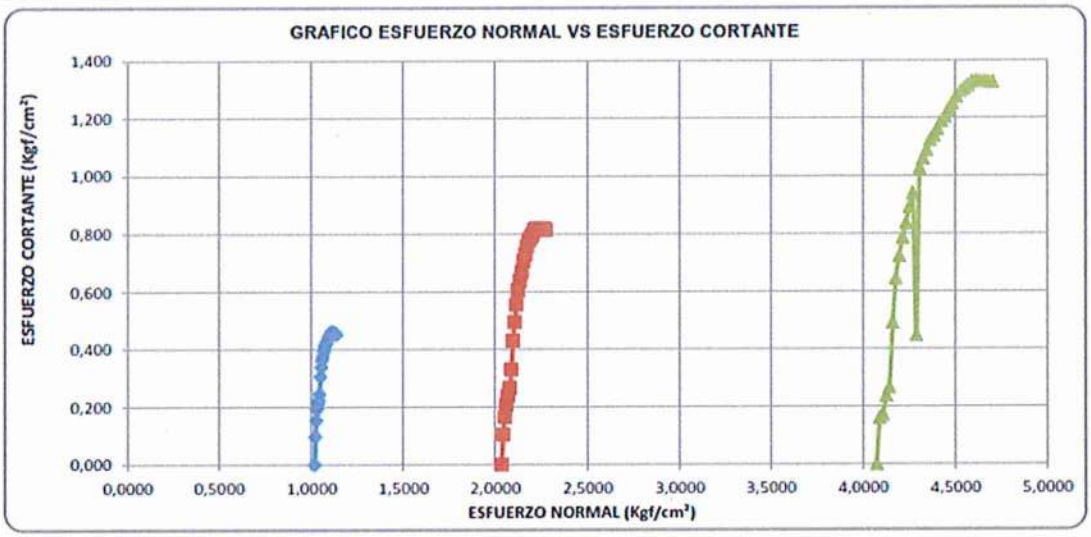
- Contenido de Humedad natural
- Granulometría
- Límites de Atterberg
- Peso unitario
- Corte directo.
- Compresión inconfinada.

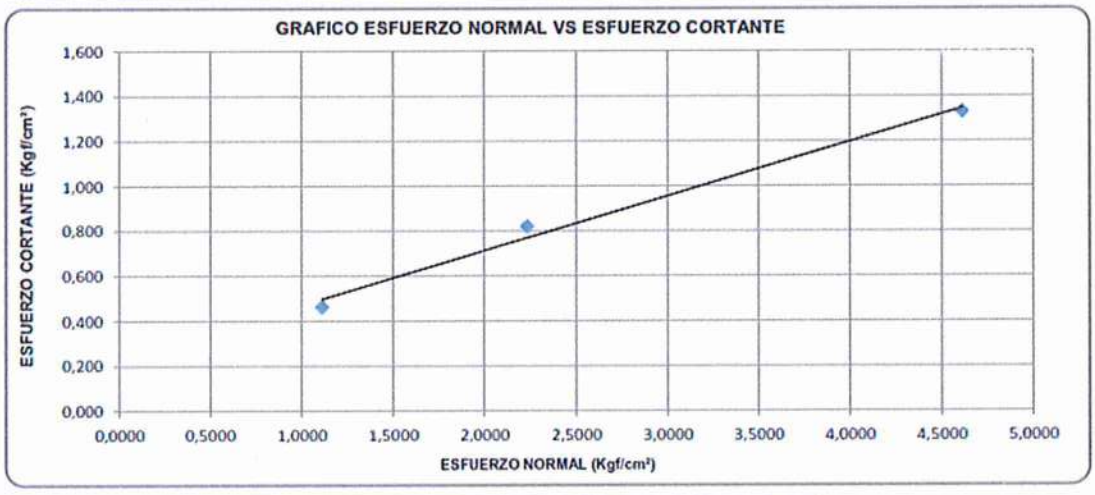
En el Anexo 5, se presentan los resultados obtenidos de ensayos de laboratorio.

### 3.7.1 RESULTADOS DE CORTE DIRECTO Y COMPRESIÓN INCONFINADA

Para la caracterización mecánica de las muestras, se realizó los ensayos de corte directo y compresión inconfinada como se muestra a continuación.

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| LOCALIZACION: | MUNICIPIO DE CAJICÁ | | | | | | |
| SONDEO | 1 | MUESTRA Nº: | 5 | PROFUNDIDAD (m): | 8,40-9,00 | FECHA: | 13/03/2025 |
| TIPO DE MUESTRA: | Inalterada | SECCIÓN DE MUESTRA: | Circular | FALLADO EN CONDICIÓN : | Humedad Natural | | |
| DESCRIPCIÓN | LIMO CON TRAZAS DE ARENA GRANO FINO, COLOR GRIS OSCURO, DE ALTA PLASTICIDAD. CONDICIÓN DE HUMEDAD, ALTA Y CONSISTENCIA FIRME. (MH) | | | | | | |




| C= | 0,228 | Kgf/cm² | Φ = | 13,91 |
|---|---|---|---|---|

**Figura 11.Resultados ensayo de corte directo Sondeo 1 Muestra 5**

**Fuente: Elaboración propia.**

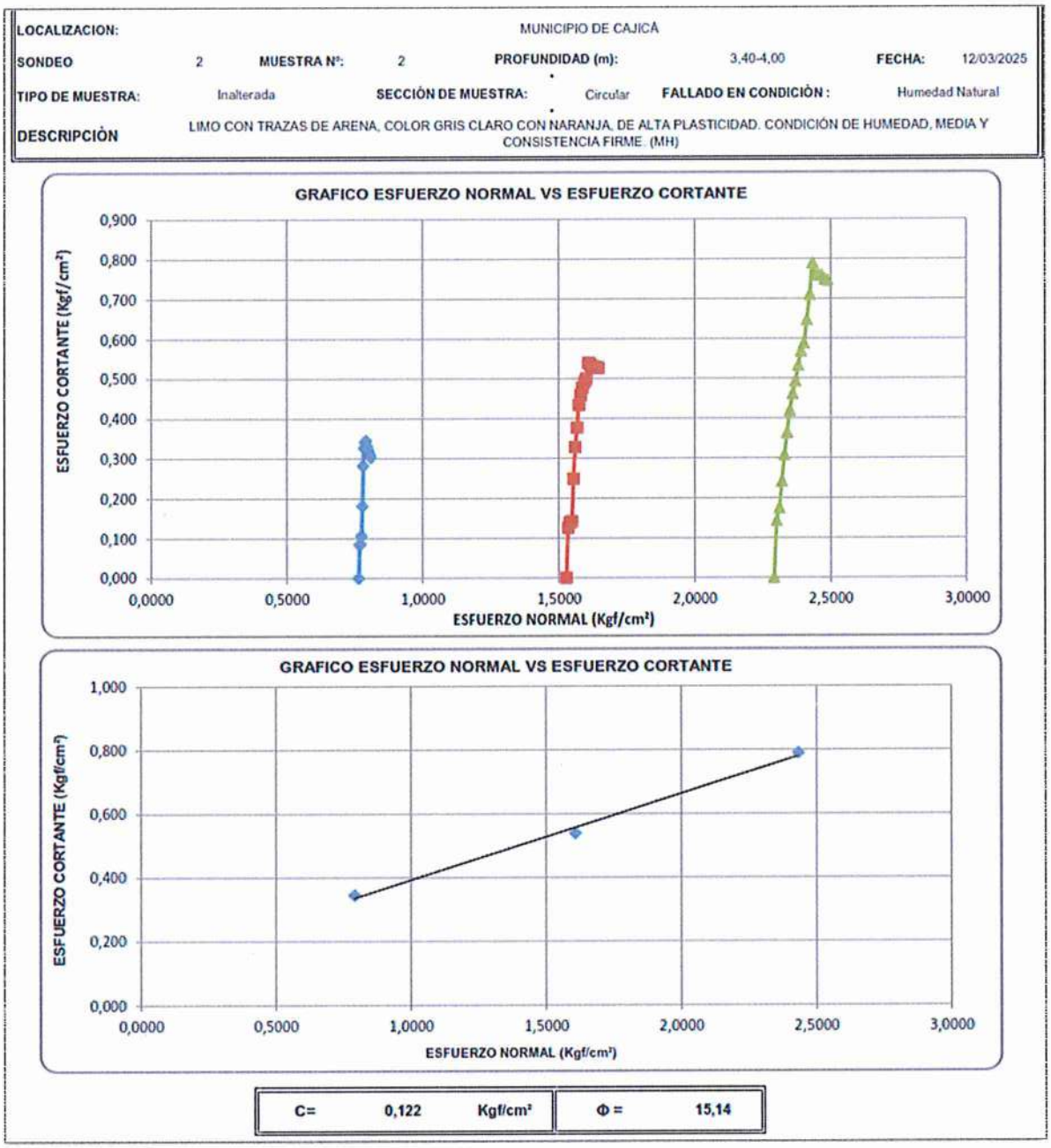



**Figura 12. Resultados ensayo de corte directo Sondeo 2 Muestra 2**

**Fuente: Elaboración propia.**

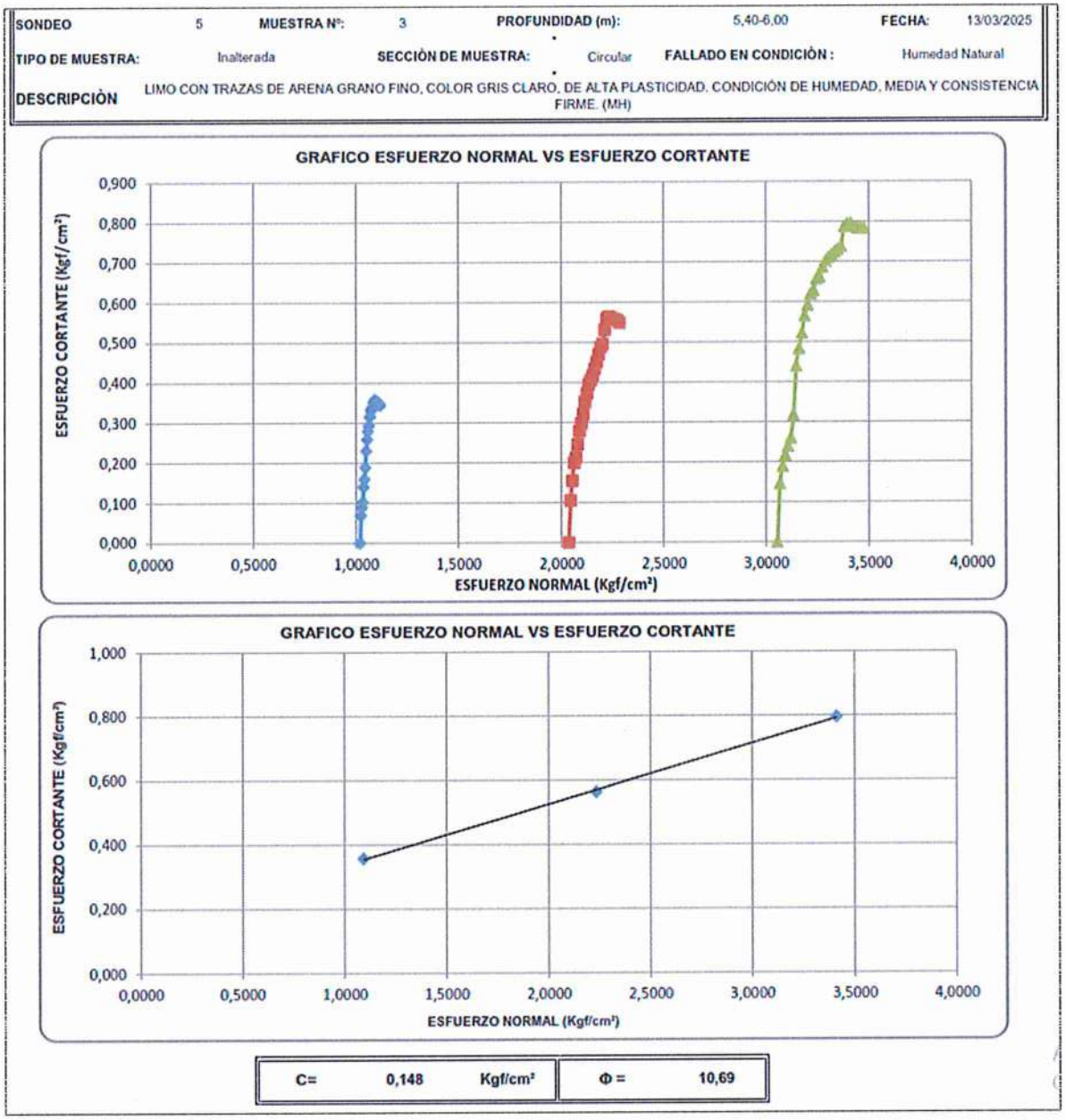
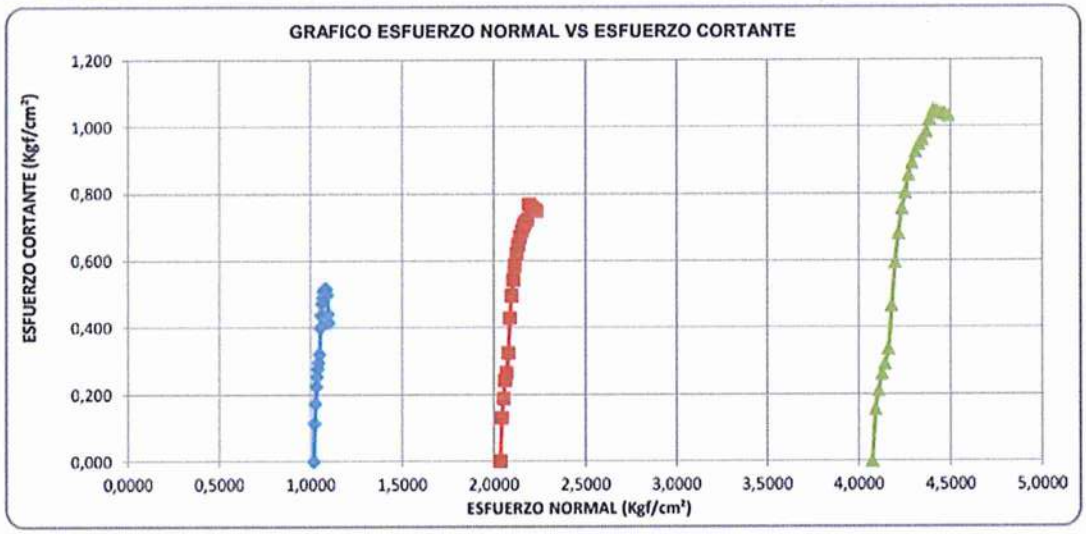
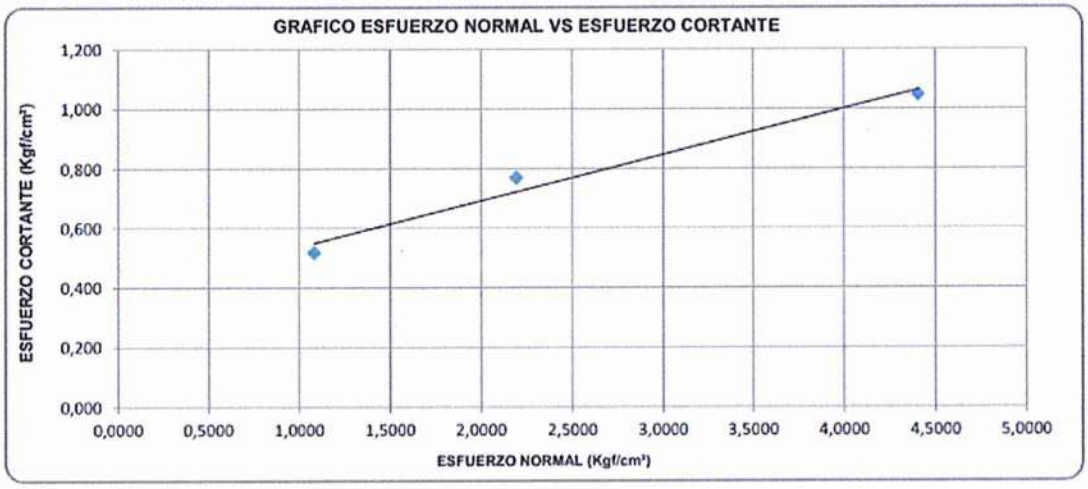



**Figura 13. Resultados ensayo de corte directo Sondeo 5 Muestra 3**

**Fuente: Elaboración propia.**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **CONTRATANTE:** | CONSORCIO DISEÑOS ESTADIO | | | | | | |
| **LOCALIZACION:** | MUNICIPIO DE CAJICÁ | | | | | | |
| **SONDEO** | 6 | **MUESTRA Nº:** | 9 | **PROFUNDIDAD (m):** | 7,40-8,00 | **FECHA:** | 17/03/2025 |
| **TIPO DE MUESTRA:** | Inalterada | **SECCIÒN DE MUESTRA:** | Circular | **FALLADO EN CONDICIÒN :** | Humedad Natural | | |
| **DESCRIPCIÒN** | LIMO CON TRAZAS DE ARENA GRANO FINO, COLOR CAFÉ CON VETAS NARANJAS, DE ALTA PLASTICIDAD, CONDICIÓN DE HUMEDAD, MEDIA Y CONSISTENCIA BLANDA. (MH) | | | | | | |




| C= | 0,382 | Kgf/cm² | Φ = | 9,07 |
|---|---|---|---|---|

**Figura 14. Resultados ensayo de corte directo Sondeo 6 Muestra 9**

**Fuente: Elaboración propia.**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **PROYECTO :** | ESTUDIO DE SUELOS PARA EL DISEÑO DE LA PISTA DE ATLETISMO EN EL MUNICIPIO DE CAJICÁ | | | | |
| **CONTRATANTE:** | CONSORCIO DISEÑOS ESTADIO | | | | |
| **SONDEO No:** | 1 | **MUESTRA Nº:** | 1 | **PROFUNDIDAD (m):** | 1,50 2,50 |
| **FECHA DE ENSAYO:** | 7/03/2025 | **TIPO DE MUESTRA:** | Inalterada | **FALLADO EN CONDICIÓN :** | Humedad Natural |
| **LOCALIZACION:** | MUNICIPIO DE CAJICÁ | | | | |
| **DESCRIPCIÓN** | ARCILLA, COLOR GRIS CON VETAS CAFES, DE ALTA PLASTICIDAD, CONDICIÓN DE HUMEDAD, MEDIA Y CONSISTENCIA FIRME. (CH) | | | | |

| CARACTERÍSTICAS DEL ESPÉCIMEN | |
|---|---|
| Diametro (cm) | 6,30 |
| Altura (cm) | 12,60 |
| Área (cm2) | 31,2 |
| Volumen (cm3) | 392,8 |
| Peso muestra (g) | 712,2 |
| Peso Unitario Humedo (g/cm³) | 1,81 |
| Peso Unitario Seco (g/cm³) | 1,25 |
| Altura Final (cm) | 11,56 |

| CONTENIDO DE HUMEDAD | |
|---|---|
| | INICIAL |
| Recipiente | R16 |
| W1(g) | 211,1 |
| W2(g) | 156,2 |
| Wc(g) | 40,1 |
| Humedad % | 44,7 |
| w1: Peso recipiente+muestra humeda | |
| w2: Peso recipiente+muestra seca | |
| wc: Peso del recipiente | |

DIAGRAMA DE FALLA

| LECTURA MIN | CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (cm) | DEFORMACIÓN UNITARIA (%) | AREA CORREGIDA (cm2) | ESFUERZO (kg/ cm2) |
|---|---|---|---|---|---|
| 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 31,17 | 0,00 |
| 0,20 | 27,63 | 0,08 | 0,60 | 31,36 | 0,88 |
| 0,40 | 36,20 | 0,15 | 1,21 | 31,55 | 1,15 |
| 0,60 | 40,36 | 0,20 | 1,61 | 31,66 | 1,27 |
| 1,00 | 42,93 | 0,25 | 2,02 | 31,81 | 1,35 |
| 1,20 | 47,31 | 0,33 | 2,62 | 32,01 | 1,48 |
| 1,40 | 50,66 | 0,42 | 3,33 | 32,24 | 1,57 |
| 2,00 | 53,23 | 0,51 | 4,03 | 32,46 | 1,64 |
| 2,20 | 54,96 | 0,60 | 4,74 | 32,72 | 1,68 |
| 2,40 | 56,67 | 0,69 | 5,44 | 32,97 | 1,73 |
| 3,00 | 57,62 | 0,76 | 6,05 | 33,18 | 1,74 |
| 3,20 | 57,92 | 0,85 | 6,75 | 33,43 | 1,73 |
| 3,40 | 57,92 | 0,94 | 7,46 | 33,68 | 1,72 |
| 4,00 | 56,60 | 1,02 | 8,06 | 33,91 | 1,66 |

| TABLA DE RESULTADOS | |
|---|---|
| RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA qu (Kg/cm2) | 1,74 |
| RESISTENCIA AL CORTE (Kg/cm2) | 0,87 |
| DEFORMACIÓN MAX. (%) | 8,06 |
| MODULO DE ELASTICIDAD DE YOUNG. (Kg/cm2) | 144,07 |

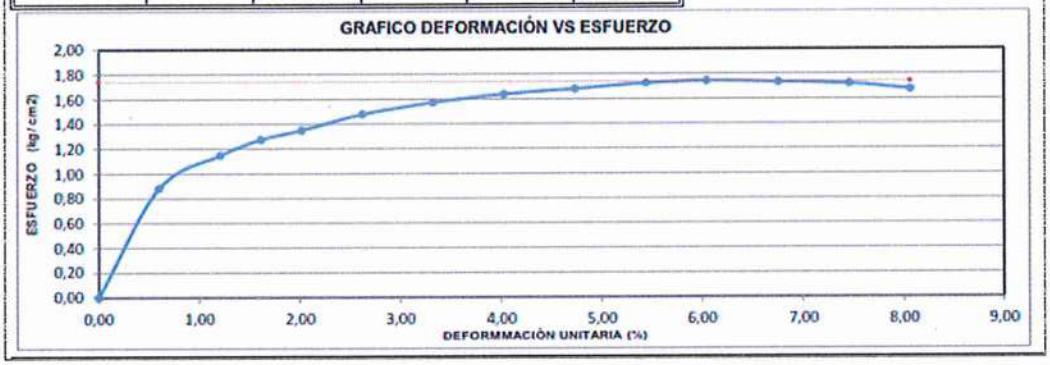



**Figura 15. Ensayo de compresión inconfinada Sondeo 1 Muestra 1**

**Fuente: Elaboración propia.**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PROYECTO :** | ESTUDIO DE SUELOS PARA EL DISEÑO DE LA PISTA DE ATLETISMO EN EL MUNICIPIO DE CAJICÁ | | | | | | |
| **CONTRATANTE:** | CONSORCIO DISEÑOS ESTADIO | | | | | | |
| **SONDEO No:** | 1 | **MUESTRA N°:** | 1 | **PROFUNDIDAD (m):** | 1,90 2,50 | | |
| **FECHA DE ENSAYO:** | 7/03/2025 | **TIPO DE MUESTRA:** | Inalterada | **FALLADO EN CONDICIÓN :** | Humedad Natural | | |
| **LOCALIZACION:** | MUNICIPIO DE CAJICÁ | | | | | | |
| **DESCRIPCIÓN** | ARCILLA, COLOR GRIS CON VETAS CAFES, DE ALTA PLASTICIDAD, CONDICIÓN DE HUMEDAD, MEDIA Y CONSISTENCIA FIRME. (CH) | | | | | | |

| CARACTERÍSTICAS DEL ESPÉCIMEN | |
|---|---|
| Diametro (cm) | 6,30 |
| Altura (cm) | 12,60 |
| Área (cm2) | 31,2 |
| Volumen (cm3) | 392,6 |
| Peso muestra (g) | 712,2 |
| Peso Unitario Humedo (g/cm³) | 1,81 |
| Peso Unitario Seco (g/cm³) | 1,25 |
| Altura Final (cm) | 11,50 |

| CONTENIDO DE HUMEDAD | |
|---|---|
| | INICIAL |
| Recipiente | R16 |
| W1(g) | 211,1 |
| W2(g) | 156,2 |
| Wc(g) | 40,1 |
| Humedad % | 44,7 |
| w1: Peso recipiente+muestra humeda | |
| w2: Peso recipiente+muestra seca | |
| wc: Peso del recipiente | |

DIAGRAMA DE FALLA

| LECTURA MIN | CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (cm) | DEFORMACIÓN UNITARIA (%) | AREA CORREGIDA (cm2) | ESFUERZO (kg/ cm2) |
|---|---|---|---|---|---|
| 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 31,17 | 0,00 |
| 0,20 | 27,63 | 0,05 | 0,60 | 31,36 | 0,88 |
| 0,40 | 36,20 | 0,15 | 1,21 | 31,55 | 1,15 |
| 0,60 | 40,35 | 0,20 | 1,61 | 31,66 | 1,27 |
| 1,00 | 42,93 | 0,25 | 2,02 | 31,81 | 1,35 |
| 1,20 | 47,31 | 0,33 | 2,62 | 32,01 | 1,48 |
| 1,40 | 50,68 | 0,42 | 3,33 | 32,24 | 1,57 |
| 2,00 | 53,23 | 0,51 | 4,03 | 32,46 | 1,64 |
| 2,20 | 54,96 | 0,60 | 4,74 | 32,72 | 1,68 |
| 2,40 | 56,67 | 0,69 | 5,44 | 32,97 | 1,73 |
| 3,00 | 57,62 | 0,76 | 6,05 | 33,18 | 1,74 |
| 3,20 | 57,92 | 0,85 | 6,75 | 33,43 | 1,73 |
| 3,40 | 57,92 | 0,94 | 7,46 | 33,66 | 1,72 |
| 4,00 | 56,60 | 1,02 | 8,06 | 33,91 | 1,66 |

| TABLA DE RESULTADOS | |
|---|---|
| RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA **qu** (Kg/cm2) | 1,74 |
| RESISTENCIA AL CORTE (Kg/cm2) | 0,87 |
| DEFORMACIÓN MAX. (%) | 8,06 |
| MODULO DE ELASTICIDAD DE YOUNG. (Kg/cm2) | 144,07 |

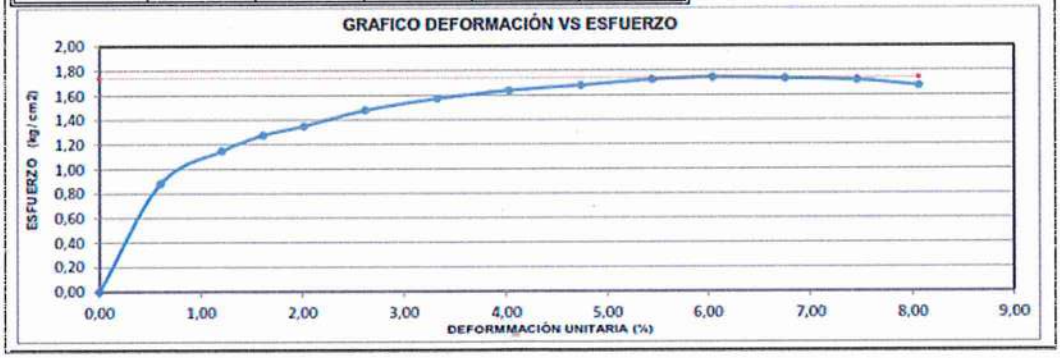



**Figura 16. Ensayo de compresión inconfinada Sondeo 1 Muestra 1**

**Fuente: Elaboración propia.**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **PROYECTO :** | ESTUDIO DE SUELOS PARA EL DISEÑO DE LA PISTA DE ATLETISMO EN EL MUNICIPIO DE CAJICÁ | | | | |
| **CONTRATANTE:** | CONSORCIO DISEÑOS ESTADIO | | | | |
| **SONDEO No:** | 1 | **MUESTRA Nº:** | 2 | **PROFUNDIDAD (m):** | 3,40 4,00 |
| **FECHA DE ENSAYO:** | 7/03/2025 | **TIPO DE MUESTRA:** | Inalterada | **FALLADO EN CONDICIÓN :** | Humedad Natural |
| **LOCALIZACION:** | MUNICIPIO DE CAJICÁ | | | | |
| **DESCRIPCIÓN** | LIMO CON TRAZAS DE ARENA GRANO FINO, COLOR GRIS CON VETAS CAFES, DE ALTA PLASTICIDAD. CONDICIÓN DE HUMEDAD, MEDIA Y CONSISTENCIA FIRME. (MH) | | | | |

| CARACTERÍSTICAS DEL ESPÉCIMEN | |
|---|---|
| Diametro (cm) | 6,30 |
| Altura (cm) | 12,60 |
| Área (cm2) | 31,2 |
| Volumen (cm3) | 392,6 |
| Peso muestra (g) | 635,9 |
| Peso Unitario Humedo (g/cm³) | 1,62 |
| Peso Unitario Seco (g/cm³) | 0,97 |
| Altura Final (cm) | 12,17 |

| CONTENIDO DE HUMEDAD | |
|---|---|
| | INICIAL |
| Recipiente | Y12 |
| W1(g) | 196,5 |
| W2(g) | 133,4 |
| Wc(g) | 36,5 |
| Humedad % | 66,4 |
| w1: Peso recipiente+muestra humeda | |
| w2: Peso recipiente+muestra seca | |
| wc: Peso del recipiente | |

DIAGRAMA DE FALLA

| LECTURA MIN | CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (cm) | DEFORMACIÓN UNITARIA (%) | AREA CORREGIDA (cm2) | ESFUERZO (kg/ cm2) |
|---|---|---|---|---|---|
| 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 31,17 | 0,00 |
| 0,20 | 19,37 | 0,05 | 0,60 | 31,36 | 0,62 |
| 0,40 | 28,55 | 0,17 | 1,31 | 31,59 | 0,90 |
| 0,50 | 31,10 | 0,20 | 1,61 | 31,66 | 0,98 |
| 1,00 | 33,45 | 0,25 | 2,02 | 31,81 | 1,05 |
| 1,20 | 36,00 | 0,34 | 2,72 | 32,04 | 1,12 |
| 1,40 | 33,55 | 0,43 | 3,43 | 32,26 | 1,04 |

| TABLA DE RESULTADOS | |
|---|---|
| RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA **qu** (Kg/cm2) | 1,12 |
| RESISTENCIA AL CORTE (Kg/cm2) | 0,56 |
| DEFORMACIÓN MAX. (%) | 3,43 |
| MODULO DE ELASTICIDAD DE YOUNG. (Kg/cm2) | 92,67 |

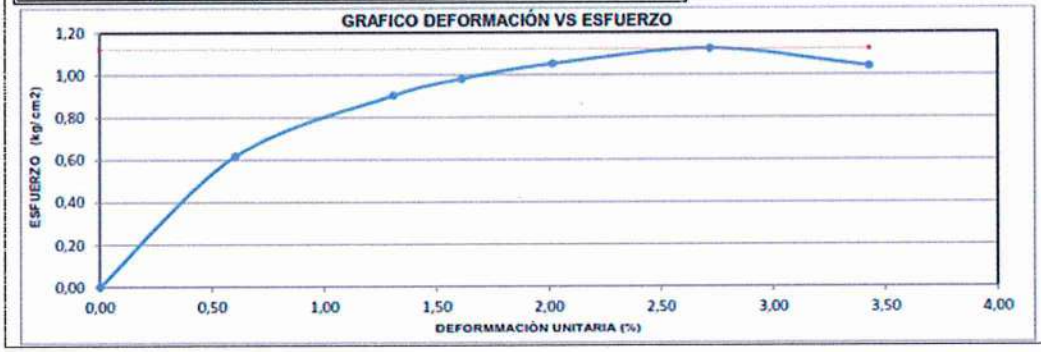



**Figura 17. Ensayo de compresión inconfinada Sondeo 1 Muestra 2**

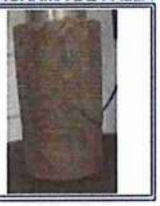
**Fuente: Elaboración propia.**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| CONTRATANTE: | CONSORCIO DISEÑOS ESTADIO | | | | |
| SONDEO No: | 2 | MUESTRA N°: | 2 | PROFUNDIDAD (m): | 3,40 4,00 |
| FECHA DE ENSAYO: | 7/03/2025 | TIPO DE MUESTRA: | Inalterada | FALLADO EN CONDICIÓN : | Humedad Natural |
| LOCALIZACION: | MUNICIPIO DE CAJICÁ | | | | |
| DESCRIPCIÒN | LIMO CON TRAZAS DE ARENA. COLOR GRIS CLARO CON NARANJA, DE ALTA PLASTICIDAD. CONDICIÓN DE HUMEDAD, MEDIA Y CONSISTENCIA FIRME. (MH) | | | | |

| CARACTERISTICAS DEL ESPECIMEN | |
|---|---|
| Diametro (cm) | 6,20 |
| Altura (cm) | 12,50 |
| Area (cm2) | 30,2 |
| Volumen (cm3) | 377,4 |
| Peso muestra (g) | 451,7 |
| Peso Unitario Humedo (g/cm³) | 1,20 |
| Peso Unitario Seco (g/cm³) | 0,85 |
| Altura Final (cm) | 11,99 |

| CONTENIDO DE HUMEDAD | |
|---|---|
| | INICIAL |
| Recipiente | R12 |
| W1(g) | 174,1 |
| W2(g) | 135,4 |
| Wc(g) | 40,6 |
| Humedad % | 40,8 |
| w1: Peso recipiente+muestra humeda | |
| w2: Peso recipiente+muestra seca | |
| wc: Peso del recipiente | |

DIAGRAMA DE FALLA



| LECTURA MIN | CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (cm) | DEFORMACIÒN UNITARIA (%) | AREA CORREGIDA (cm2) | ESFUERZO (kg/ cm2) |
|---|---|---|---|---|---|
| 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 30,19 | 0,00 |
| 0,20 | 19,58 | 0,08 | 0,61 | 30,38 | 0,64 |
| 0,40 | 25,90 | 0,17 | 1,32 | 30,59 | 0,85 |
| 0,50 | 27,33 | 0,20 | 1,63 | 30,69 | 0,89 |
| 1,00 | 28,25 | 0,25 | 2,03 | 30,82 | 0,92 |
| 1,20 | 29,16 | 0,34 | 2,74 | 31,04 | 0,94 |
| 1,40 | 28,96 | 0,42 | 3,35 | 31,24 | 0,93 |
| 2,00 | 27,23 | 0,51 | 4,06 | 31,47 | 0,87 |

| TABLA DE RESULTADOS | |
|---|---|
| RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA qu (Kg/cm2) | 0,94 |
| RESISTENCIA AL CORTE (Kg/cm2) | 0,47 |
| DEFORMACIÓN MAX. (%) | 4,06 |
| MODULO DE ELASTICIDAD DE YOUNG. (Kg/cm2) | 77,06 |

**Figura 18. Ensayo de compresión inconfinada Sondeo 2 Muestra 2**

**Fuente: Elaboración propia.**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **PROYECTO :** | ESTUDIO DE SUELOS PARA EL DISEÑO DE LA PISTA DE ATLETISMO EN EL MUNICIPIO DE CAJICÁ | | | | | |
| **CONTRATANTE:** | CONSORCIO DISEÑOS ESTADIO | | | | | |
| **SONDEO No:** | 2 | **MUESTRA Nº:** | 3 | **PROFUNDIDAD (m):** | 4,90 5,50 | |
| **FECHA DE ENSAYO:** | 7/03/2025 | **TIPO DE MUESTRA:** | Inalterada | **FALLADO EN CONDICIÓN :** | Humedad Natural | |
| **LOCALIZACION:** | MUNICIPIO DE CAJICÁ | | | | | |
| **DESCRIPCIÓN** | LIMO, COLOR GRIS CLARO CON VETAS DE OXIDACION, DE ALTA PLASTICIDAD. CONDICIÓN DE HUMEDAD, ALTA Y CONSISTENCIA FIRME. (MH) | | | | | |

| CARACTERISTICAS DEL ESPECIMEN | |
|---|---|
| Diametro (cm) | 6,20 |
| Altura (cm) | 12,50 |
| Area (cm2) | 30,2 |
| Volumen (cm3) | 377,4 |
| Peso muestra (g) | 624,8 |
| Peso Unitario Humedo (g/cm³) | 1,66 |
| Peso Unitario Seco (g/cm³) | 0,92 |
| Altura Final (cm) | 11,98 |

| CONTENIDO DE HUMEDAD | |
|---|---|
| | INICIAL |
| Recipiente | X18 |
| W1(g) | 171,5 |
| W2(g) | 118,1 |
| Wr(g) | 51,4 |
| Humedad % | 80,0 |
| w1: Peso recipiente+muestra humeda | |
| w2: Peso recipiente+muestra seca | |
| wc: Peso del recipiente | |

DIAGRAMA DE FALLA

| LECTURA MIN | CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (cm) | DEFORMACIÓN UNITARIA (%) | AREA CORREGIDA (cm2) | ESFUERZO (kg/ cm2) |
|---|---|---|---|---|---|
| 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 30,19 | 0,00 |
| 0,20 | 11,42 | 0,08 | 0,61 | 30,38 | 0,38 |
| 0,40 | 19,58 | 0,17 | 1,32 | 30,59 | 0,64 |
| 0,50 | 21,62 | 0,20 | 1,63 | 30,69 | 0,70 |
| 1,00 | 23,66 | 0,25 | 2,03 | 30,82 | 0,77 |
| 1,20 | 25,49 | 0,34 | 2,74 | 31,04 | 0,82 |
| 1,40 | 25,49 | 0,43 | 3,45 | 31,27 | 0,82 |
| 2,00 | 24,57 | 0,52 | 4,17 | 31,50 | 0,78 |

| TABLA DE RESULTADOS | |
|---|---|
| RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA qu (Kg/cm2) | 0,82 |
| RESISTENCIA AL CORTE (Kg/cm2) | 0,41 |
| DEFORMACIÓN MAX. (%) | 4,17 |
| MODULO DE ELASTICIDAD DE YOUNG. (Kg/cm2) | 67,36 |

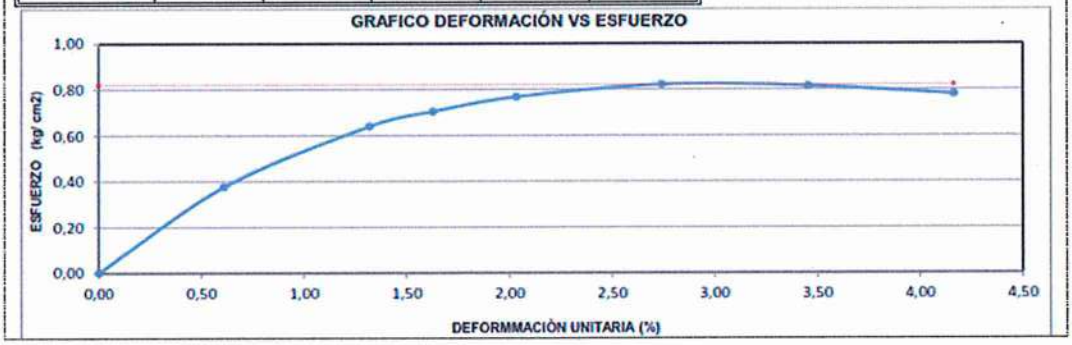
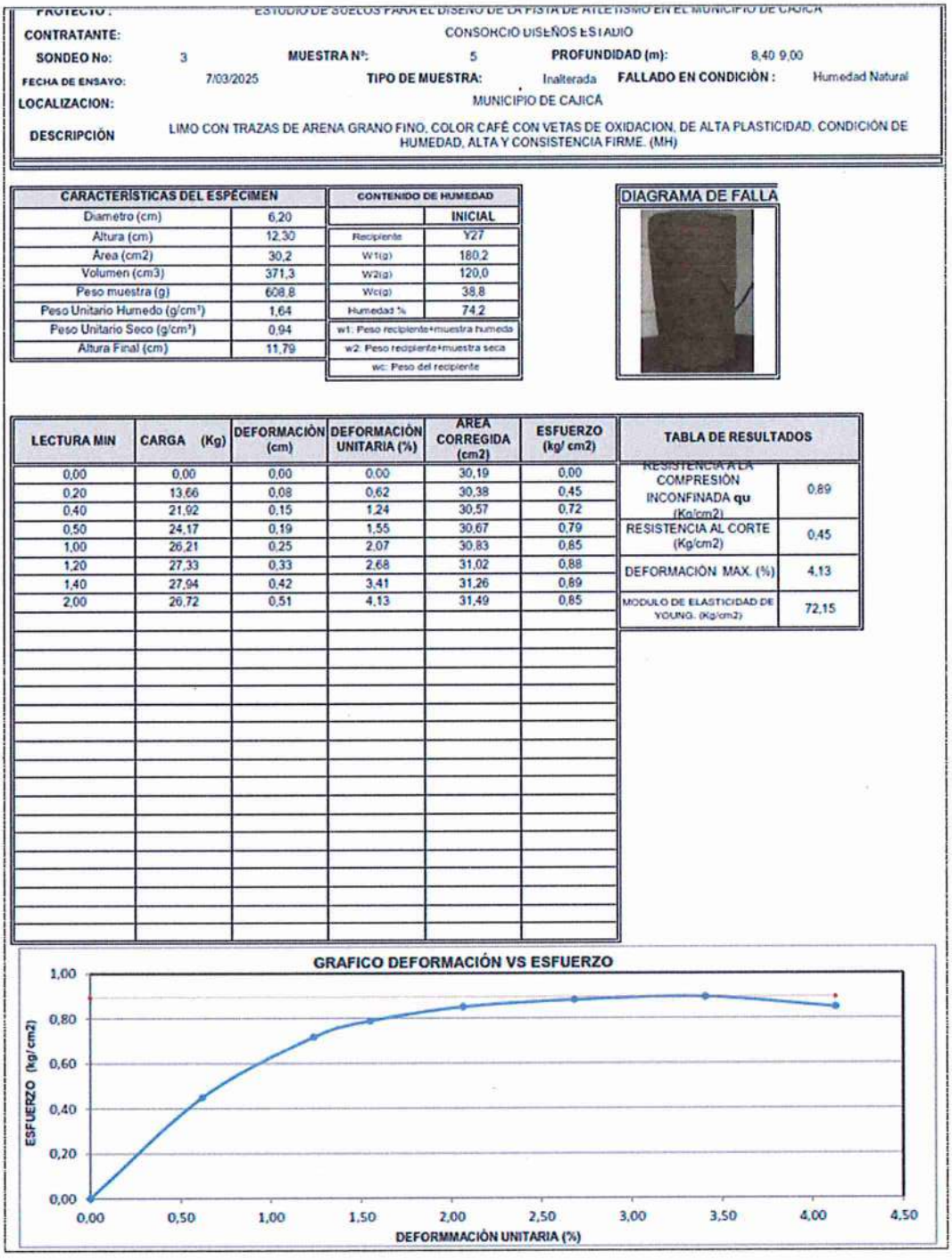



**Figura 19. Ensayo de compresión inconfinada Sondeo 2 Muestra 3**

**Fuente: Elaboración propia.**



PROYECTO: ESTUDIO DE SUELOS PARA EL DISEÑO DE LA PISTA DE ATLETISMO EN EL MUNICIPIO DE CAJICA
CONTRATANTE: CONSORCIO DISEÑOS ESTADIO
SONDEO No: 3 MUESTRA Nº: 5 PROFUNDIDAD (m): 8,40 9,00
FECHA DE ENSAYO: 7/03/2025 TIPO DE MUESTRA: Inalterada FALLADO EN CONDICIÒN : Humedad Natural
LOCALIZACION: MUNICIPIO DE CAJICÁ
DESCRIPCIÓN: LIMO CON TRAZAS DE ARENA GRANO FINO, COLOR CAFÉ CON VETAS DE OXIDACION, DE ALTA PLASTICIDAD. CONDICIÓN DE HUMEDAD, ALTA Y CONSISTENCIA FIRME. (MH)

| CARACTERÍSTICAS DEL ESPÉCIMEN | |
|---|---|
| Diametro (cm) | 6,20 |
| Altura (cm) | 12,30 |
| Área (cm2) | 30,2 |
| Volumen (cm3) | 371,3 |
| Peso muestra (g) | 608,8 |
| Peso Unitario Humedo (g/cm³) | 1,64 |
| Peso Unitario Seco (g/cm³) | 0,94 |
| Altura Final (cm) | 11,79 |

| CONTENIDO DE HUMEDAD | |
|---|---|
| | INICIAL |
| Recipiente | Y27 |
| W1(g) | 180,2 |
| W2(g) | 120,0 |
| Wc(g) | 38,8 |
| Humedad % | 74,2 |
| w1: Peso recipiente+muestra humeda | |
| w2: Peso recipiente+muestra seca | |
| wc: Peso del recipiente | |

DIAGRAMA DE FALLA



| LECTURA MIN | CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (cm) | DEFORMACIÓN UNITARIA (%) | AREA CORREGIDA (cm2) | ESFUERZO (kg/ cm2) |
|---|---|---|---|---|---|
| 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 30,19 | 0,00 |
| 0,20 | 13,66 | 0,08 | 0,62 | 30,38 | 0,45 |
| 0,40 | 21,92 | 0,15 | 1,24 | 30,57 | 0,72 |
| 0,50 | 24,17 | 0,19 | 1,55 | 30,67 | 0,79 |
| 1,00 | 26,21 | 0,25 | 2,07 | 30,83 | 0,85 |
| 1,20 | 27,33 | 0,33 | 2,68 | 31,02 | 0,88 |
| 1,40 | 27,94 | 0,42 | 3,41 | 31,26 | 0,89 |
| 2,00 | 26,72 | 0,51 | 4,13 | 31,49 | 0,85 |

| TABLA DE RESULTADOS | |
|---|---|
| RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA qu (Kg/cm2) | 0,89 |
| RESISTENCIA AL CORTE (Kg/cm2) | 0,45 |
| DEFORMACIÓN MAX. (%) | 4,13 |
| MODULO DE ELASTICIDAD DE YOUNG. (Kg/cm2) | 72,15 |



**Figura 20. Ensayo de compresión inconfinada Sondeo 3 Muestra 5**

**Fuente: Elaboración propia.**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **PROYECTO :** | ESTUDIO DE SUELOS PARA EL DISEÑO DE LA PISTA DE ATLETISMO EN EL MUNICIPIO DE CAJICÁ | | | | |
| **CONTRATANTE:** | CONSORCIO DISEÑOS ESTADIO | | | | |
| **SONDEO No:** | 3 | **MUESTRA N°:** | 6 | **PROFUNDIDAD (m):** | 9,40 10,00 |
| **FECHA DE ENSAYO:** | 7/03/2025 | **TIPO DE MUESTRA:** | Inalterada | **FALLADO EN CONDICIÒN :** | Humedad Natural |
| **LOCALIZACION:** | MUNICIPIO DE CAJICÁ | | | | |
| **DESCRIPCIÒN** | LIMO CON TRAZAS DE ARENA GRANO FINO, COLOR CAFÉ CON VETAS DE OXIDACION, DE ALTA PLASTICIDAD, CONDICIÓN DE HUMEDAD, MEDIA Y CONSISTENCIA FIRME. (MH) | | | | |

| CARACTERISTICAS DEL ESPECIMEN | |
|---|---|
| Diametro (cm) | 6,20 |
| Altura (cm) | 12,90 |
| Área (cm2) | 30,2 |
| Volumen (cm3) | 389,5 |
| Peso muestra (g) | 654,1 |
| Peso Unitario Humedo (g/cm³) | 1,68 |
| Peso Unitario Seco (g/cm³) | 1,04 |
| Altura Final (cm) | 12,47 |

| CONTENIDO DE HUMEDAD | |
|---|---|
| | INICIAL |
| Recipiente | R1 |
| W1(g) | 167,4 |
| W2(g) | 119,1 |
| Wc(g) | 39,8 |
| Humedad % | 60,9 |
| w1: Peso recipiente+muestra humeda | |
| w2: Peso recipiente+muestra seca | |
| wc: Peso del recipiente | |

DIAGRAMA DE FALLA

| LECTURA MIN | CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (cm) | DEFORMACIÓN UNITARIA (%) | AREA CORREGIDA (cm2) | ESFUERZO (kg/ cm2) |
|---|---|---|---|---|---|
| 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 30,19 | 0,00 |
| 0,20 | 11,01 | 0,08 | 0,59 | 30,37 | 0,36 |
| 0,40 | 13,56 | 0,17 | 1,28 | 30,58 | 0,44 |
| 0,50 | 14,07 | 0,20 | 1,58 | 30,67 | 0,46 |
| 1,00 | 14,28 | 0,25 | 1,97 | 30,80 | 0,46 |
| 1,20 | 14,58 | 0,34 | 2,66 | 31,02 | 0,47 |
| 1,40 | 14,07 | 0,43 | 3,35 | 31,24 | 0,45 |

| TABLA DE RESULTADOS | |
|---|---|
| RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA **qu** (Kg/cm2) | 0,47 |
| RESISTENCIA AL CORTE (Kg/cm2) | 0,24 |
| DEFORMACIÓN MAX. (%) | 3,35 |
| MODULO DE ELASTICIDAD DE YOUNG. (Kg/cm2) | 39,8 |

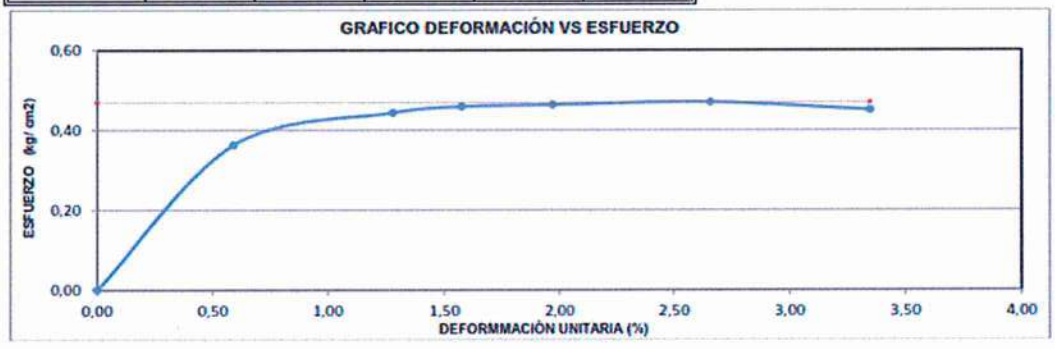



**Figura 21. Ensayo de compresión inconfinada Sondeo 3 Muestra 6**

**Fuente: Elaboración propia.**

**PROYECTO :** ESTUDIO DE SUELOS PARA EL DISEÑO DE LA PISTA DE ATLETISMO EN EL MUNICIPIO DE CAJICA

**CONTRATANTE:** CONSORCIO DISEÑOS ESTADIO

**SONDEO No:** 4 **MUESTRA N°:** 1 **PROFUNDIDAD (m):** 1,90 2,50

**FECHA DE ENSAYO:** 7/03/2025 **TIPO DE MUESTRA:** Inalterada **FALLADO EN CONDICIÓN :** Humedad Natural

**LOCALIZACION:** MUNICIPIO DE CAJICA

**DESCRIPCIÓN** LIMO CON TRAZAS DE ARENA GRANO FINO, COLOR GRIS CLARO CON VETAS CAFES, DE ALTA PLASTICIDAD. CONDICIÓN DE HUMEDAD, MEDIA Y CONSISTENCIA FIRME. (MH)

| CARACTERISTICAS DEL ESPECIMEN | |
|---|---|
| Diametro (cm) | 6,30 |
| Altura (cm) | 12,60 |
| Área (cm2) | 31,2 |
| Volumen (cm3) | 392,8 |
| Peso muestra (g) | 682,8 |
| Peso Unitario Humedo (g/cm³) | 1,74 |
| Peso Unitario Seco (g/cm³) | 1,19 |
| Altura Final (cm) | 11,66 |

| CONTENIDO DE HUMEDAD | |
|---|---|
| | INICIAL |
| Recipiente | H15 |
| W1(g) | 197,4 |
| W2(g) | 150,7 |
| Wc(g) | 48,3 |
| Humedad % | 45,5 |
| w1: Peso recipiente+muestra humeda | |
| w2: Peso recipiente+muestra seca | |
| wc: Peso del recipiente | |

DIAGRAMA DE FALLA

| LECTURA MIN | CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (cm) | DEFORMACIÓN UNITARIA (%) | AREA CORREGIDA (cm2) | ESFUERZO (kg/ cm2) |
|---|---|---|---|---|---|
| 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 31,17 | 0,00 |
| 0,20 | 7,95 | 0,08 | 0,60 | 31,36 | 0,25 |
| 0,40 | 11,93 | 0,17 | 1,31 | 31,59 | 0,38 |
| 0,50 | 13,66 | 0,22 | 1,71 | 31,72 | 0,43 |
| 1,00 | 15,30 | 0,27 | 2,12 | 31,85 | 0,48 |
| 1,20 | 17,54 | 0,34 | 2,72 | 32,04 | 0,55 |
| 1,40 | 19,17 | 0,43 | 3,43 | 32,28 | 0,59 |
| 2,00 | 20,60 | 0,52 | 4,13 | 32,52 | 0,63 |
| 2,20 | 21,41 | 0,60 | 4,74 | 32,72 | 0,65 |
| 2,40 | 22,03 | 0,69 | 5,44 | 32,97 | 0,67 |
| 3,00 | 22,23 | 0,77 | 6,15 | 33,21 | 0,67 |
| 3,20 | 22,23 | 0,85 | 6,75 | 33,43 | 0,66 |
| 3,40 | 22,13 | 0,94 | 7,46 | 33,68 | 0,66 |

| TABLA DE RESULTADOS | |
|---|---|
| RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA **qu** (Kg/cm2) | 0,67 |
| RESISTENCIA AL CORTE (Kg/cm2) | 0,33 |
| DEFORMACIÓN MAX. (%) | 7,46 |
| MODULO DE ELASTICIDAD DE YOUNG. (Kg/cm2) | 55,3 |

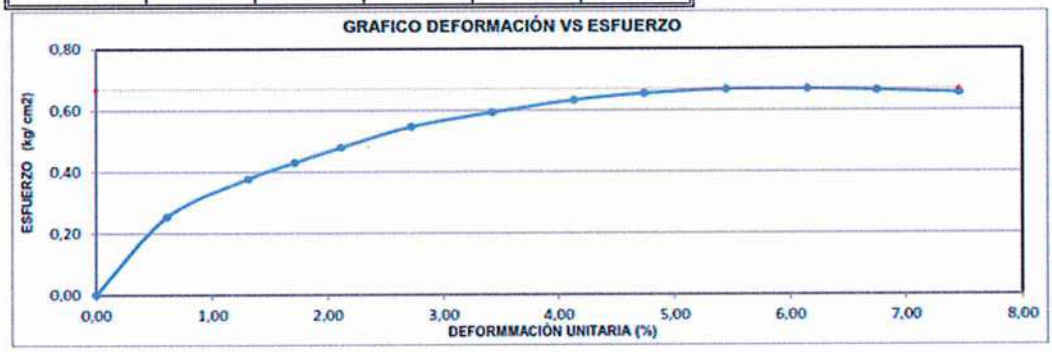



**Figura 22. Ensayo de compresión inconfinada Sondeo 4 Muestra 1**

**Fuente: Elaboración propia.**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **PROYECTO:** | ESTUDIO DE SUELOS PARA EL DISEÑO DE LA PISTA DE ATLETISMO EN EL MUNICIPIO DE CAJICA | | | | |
| **CONTRATANTE:** | CONSORCIO DISEÑOS ESTADIO | | | | |
| **SONDEO No:** | 4 | **MUESTRA Nº:** | 3 | **PROFUNDIDAD (m):** | 5,40 6,00 |
| **FECHA DE ENSAYO:** | 7/03/2025 | **TIPO DE MUESTRA:** | Inalterada | **FALLADO EN CONDICIÓN:** | Humedad Natural |
| **LOCALIZACION:** | MUNICIPIO DE CAJICA | | | | |
| **DESCRIPCIÓN** | LIMO CON TRAZAS DE ARENA GRANO FINO, COLOR GRIS CON PUNTOS NEGROS, DE ALTA PLASTICIDAD. CONDICIÓN DE HUMEDAD, ALTA Y CONSISTENCIA FIRME. (MH) | | | | |

| CARACTERISTICAS DEL ESPECIMEN | |
|---|---|
| Diametro (cm) | 6,30 |
| Altura (cm) | 12,60 |
| Área (cm2) | 31,2 |
| Volumen (cm3) | 392,8 |
| Peso muestra (g) | 612,5 |
| Peso Unitario Humedo (g/cm³) | 1,56 |
| Peso Unitario Seco (g/cm³) | 0,90 |
| Altura Final (cm) | 10,56 |

| CONTENIDO DE HUMEDAD | |
|---|---|
| | INICIAL |
| Recipiente | Z20 |
| W1(g) | 207,1 |
| W2(g) | 135,7 |
| Wc(g) | 39,4 |
| Humedad % | 74,2 |
| w1: Peso recipiente+muestra humeda | |
| w2: Peso recipiente+muestra seca | |
| wc: Peso del recipiente | |

DIAGRAMA DE FALLA

| LECTURA MIN | CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (cm) | DEFORMACIÓN UNITARIA (%) | AREA CORREGIDA (cm2) | ESFUERZO (kg/ cm2) |
|---|---|---|---|---|---|
| 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 31,17 | 0,00 |
| 0,20 | 4,69 | 0,08 | 0,60 | 31,36 | 0,15 |
| 0,40 | 6,83 | 0,17 | 1,31 | 31,59 | 0,22 |
| 0,50 | 7,95 | 0,20 | 1,61 | 31,68 | 0,25 |
| 1,00 | 8,57 | 0,25 | 2,02 | 31,81 | 0,27 |
| 1,20 | 9,99 | 0,34 | 2,72 | 32,04 | 0,31 |
| 1,40 | 11,32 | 0,42 | 3,33 | 32,24 | 0,35 |
| 2,00 | 12,24 | 0,52 | 4,13 | 32,52 | 0,38 |
| 2,20 | 13,15 | 0,60 | 4,74 | 32,72 | 0,40 |
| 2,40 | 13,66 | 0,69 | 5,44 | 32,97 | 0,41 |
| 3,00 | 14,17 | 0,77 | 6,15 | 33,21 | 0,43 |
| 3,20 | 14,28 | 0,85 | 6,75 | 33,43 | 0,43 |
| 3,40 | 14,68 | 0,94 | 7,46 | 33,68 | 0,44 |
| 4,00 | 14,99 | 1,03 | 8,16 | 33,94 | 0,44 |
| 4,20 | 14,99 | 1,10 | 8,77 | 34,17 | 0,44 |
| 4,40 | 15,30 | 1,19 | 9,47 | 34,44 | 0,44 |
| 5,00 | 15,40 | 1,28 | 10,18 | 34,71 | 0,44 |
| 5,20 | 15,70 | 1,36 | 10,78 | 34,94 | 0,45 |
| 5,40 | 15,70 | 1,45 | 11,49 | 35,22 | 0,45 |
| 6,00 | 15,81 | 1,54 | 12,20 | 35,50 | 0,45 |
| 6,20 | 16,11 | 1,63 | 12,90 | 35,79 | 0,45 |
| 6,40 | 16,11 | 1,71 | 13,61 | 36,08 | 0,45 |
| 7,00 | 16,21 | 1,79 | 14,21 | 36,34 | 0,45 |
| 7,20 | 16,32 | 1,88 | 14,92 | 36,64 | 0,45 |
| 7,40 | 16,62 | 1,97 | 15,62 | 36,94 | 0,45 |
| 8,00 | 16,62 | 2,04 | 16,23 | 37,21 | 0,45 |

| TABLA DE RESULTADOS | |
|---|---|
| RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA **qu** (Kg/cm2) | 0,45 |
| RESISTENCIA AL CORTE (Kg/cm2) | 0,23 |
| DEFORMACIÓN MAX. (%) | 16,23 |
| MODULO DE ELASTICIDAD DE YOUNG. (Kg/cm2) | 37,22 |

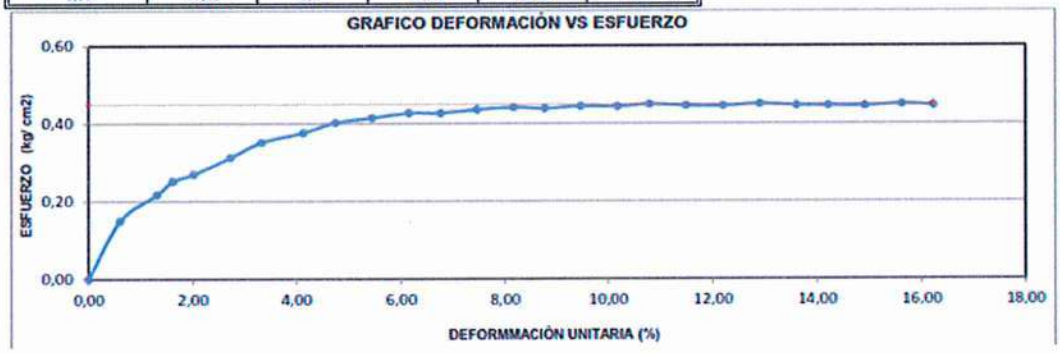



**Figura 23. Ensayo de compresión inconfinada Sondeo 4 Muestra 3**

**Fuente: Elaboración propia.**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **PROYECTO :** | ESTUDIO DE SUELOS PARA EL DISEÑO DE LA PISTA DE ATLETISMO EN EL MUNICIPIO DE CAJICA | | | | |
| **CONTRATANTE:** | CONSORCIO DISEÑOS ESTADIO | | | | |
| **SONDEO No:** | 5 | **MUESTRA N°:** | 1 | **PROFUNDIDAD (m):** | 1,90 2,50 |
| **FECHA DE ENSAYO:** | 7/03/2025 | **TIPO DE MUESTRA:** | Inalterada | **FALLADO EN CONDICIÓN :** | Humedad Natural |
| **LOCALIZACION:** | MUNICIPIO DE CAJICA | | | | |
| **DESCRIPCIÓN** | LIMO, COLOR GRIS CLARO CON VETAS CAFES, DE ALTA PLASTICIDAD. CONDICIÓN DE HUMEDAD, MEDIA Y CONSISTENCIA FIRME. (MH) | | | | |

| CARACTERÍSTICAS DEL ESPECIMEN | |
|---|---|
| Diametro (cm) | 6,30 |
| Altura (cm) | 12,60 |
| Área (cm2) | 31,2 |
| Volumen (cm3) | 392,8 |
| Peso muestra (g) | 699,7 |
| Peso Unitario Humedo (g/cm³) | 1,78 |
| Peso Unitario Seco (g/cm³) | 1,19 |
| Altura Final (cm) | 11,57 |

| CONTENIDO DE HUMEDAD | |
|---|---|
| | INICIAL |
| Recipiente | H6 |
| W1(g) | 214,5 |
| W2(g) | 158,4 |
| Wc(g) | 46,4 |
| Humedad % | 50,0 |
| w1: Peso recipiente+muestra humeda | |
| w2: Peso recipiente+muestra seca | |
| wc: Peso del recipiente | |

DIAGRAMA DE FALLA

| LECTURA MIN | CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (cm) | DEFORMACIÓN UNITARIA (%) | AREA CORREGIDA (cm2) | ESFUERZO (kg/ cm2) |
|---|---|---|---|---|---|
| 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 31,17 | 0,00 |
| 0,20 | 9,99 | 0,09 | 0,71 | 31,39 | 0,32 |
| 0,40 | 13,87 | 0,18 | 1,41 | 31,62 | 0,44 |
| 0,50 | 15,19 | 0,22 | 1,71 | 31,72 | 0,48 |
| 1,00 | 16,52 | 0,27 | 2,12 | 31,85 | 0,52 |
| 1,20 | 18,46 | 0,34 | 2,72 | 32,04 | 0,58 |
| 1,40 | 19,88 | 0,43 | 3,43 | 32,28 | 0,62 |
| 2,00 | 21,41 | 0,52 | 4,13 | 32,52 | 0,66 |
| 2,20 | 22,33 | 0,61 | 4,84 | 32,76 | 0,68 |
| 2,40 | 23,05 | 0,70 | 5,54 | 33,00 | 0,70 |
| 3,00 | 23,66 | 0,77 | 6,15 | 33,21 | 0,71 |
| 3,20 | 23,76 | 0,86 | 6,85 | 33,47 | 0,71 |
| 3,40 | 23,86 | 0,95 | 7,56 | 33,72 | 0,71 |
| 4,00 | 23,25 | 1,03 | 8,16 | 33,94 | 0,68 |

| TABLA DE RESULTADOS | |
|---|---|
| RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA **qu** (Kg/cm2) | 0,71 |
| RESISTENCIA AL CORTE (Kg/cm2) | 0,36 |
| DEFORMACIÓN MAX. (%) | 8,16 |
| MODULO DE ELASTICIDAD DE YOUNG. (Kg/cm2) | 50,47 |

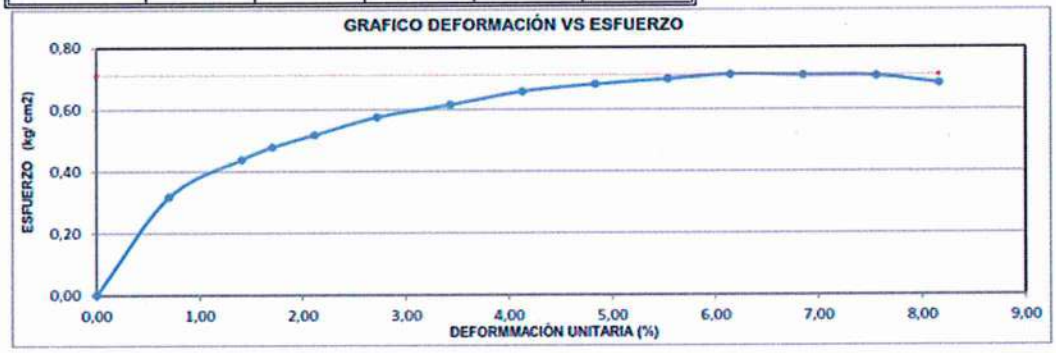



**Figura 24. Ensayo de compresión inconfinada Sondeo 5 Muestra 1**

**Fuente: Elaboración propia.**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| PROYECTO : | ESTUDIO DE SUELOS PARA EL DISEÑO DE LA PISTA DE ATLETISMO EN EL MUNICIPIO DE CAJICA | | | | |
| CONTRATANTE: | CONSORCIO DISEÑOS ESTADIO | | | | |
| SONDEO No: | 5 | MUESTRA N°: | 3 | PROFUNDIDAD (m): | 5,40 6,00 |
| FECHA DE ENSAYO: | 7/03/2025 | TIPO DE MUESTRA: | Inalterada | FALLADO EN CONDICIÒN : | Humedad Natural |
| LOCALIZACION: | MUNICIPIO DE CAJICÁ | | | | |
| DESCRIPCIÒN | LIMO CON TRAZAS DE ARENA GRANO FINO, COLOR GRIS CLARO, DE ALTA PLASTICIDAD. CONDICIÓN DE HUMEDAD, MEDIA Y CONSISTENCIA FIRME. (MH) | | | | |

| CARACTERISTICAS DEL ESPECIMEN | |
|---|---|
| Diametro (cm) | 6,40 |
| Altura (cm) | 12,80 |
| Área (cm2) | 32,2 |
| Volumen (cm3) | 411,8 |
| Peso muestra (g) | 649,2 |
| Peso Unitario Humedo (g/cm³) | 1,58 |
| Peso Unitario Seco (g/cm³) | 0,95 |
| Altura Final (cm) | 12,20 |

| CONTENIDO DE HUMEDAD | |
|---|---|
| | INICIAL |
| Recipiente | R26 |
| W1(g) | 190,1 |
| W2(g) | 130,3 |
| Wc(g) | 39,7 |
| Humedad % | 66,0 |
| w1: Peso recipiente+muestra humeda | |
| w2: Peso recipiente+muestra seca | |
| wc: Peso del recipiente | |

DIAGRAMA DE FALLA

| LECTURA MIN | CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (cm) | DEFORMACIÓN UNITARIA (%) | AREA CORREGIDA (cm2) | ESFUERZO (kg/ cm2) |
|---|---|---|---|---|---|
| 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 32,17 | 0,00 |
| 0,20 | 6,32 | 0,08 | 0,60 | 32,36 | 0,20 |
| 0,40 | 8,36 | 0,17 | 1,29 | 32,59 | 0,26 |
| 0,50 | 9,08 | 0,20 | 1,59 | 32,69 | 0,28 |
| 1,00 | 9,69 | 0,25 | 1,98 | 32,82 | 0,30 |
| 1,20 | 10,60 | 0,34 | 2,68 | 33,06 | 0,32 |
| 1,40 | 11,22 | 0,43 | 3,37 | 33,29 | 0,34 |
| 2,00 | 11,22 | 0,52 | 4,07 | 33,53 | 0,33 |
| 2,20 | 11,22 | 0,60 | 4,66 | 33,74 | 0,33 |

| TABLA DE RESULTADOS | |
|---|---|
| RESISTENCIA A LA COMPRESIÒN INCONFINADA qu (Kg/cm2) | 0,34 |
| RESISTENCIA AL CORTE (Kg/cm2) | 0,17 |
| DEFORMACIÒN MAX. (%) | 4,66 |
| MODULO DE ELASTICIDAD DE YOUNG. (Kg/cm2) | 28,30 |

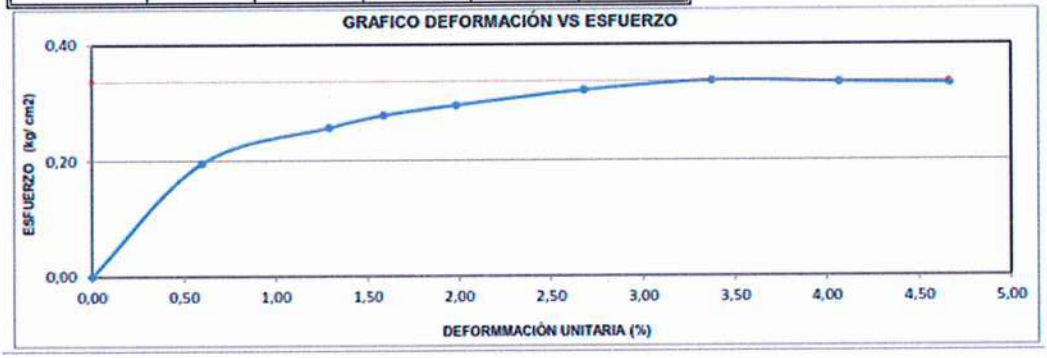



**Figura 25. Ensayo de compresión inconfinada Sondeo 5 Muestra 3**

**Fuente: Elaboración propia.**

## 3.8 ZONIFICACIÓN GEOTECNICA

**CV** (0.00 m a 0.7 m) Capa vegetal

**MH/CH** (0.70 m a 6.00 m) Limo con trazas de arena grano fino de alta plasticidad, condición de humedad media y consistencia firme, con presencia de arcilla. Color grisáceo con vetas cafés, naranja.

**MH/ML/CL/OH** (6.00 m a 17.00 m) Limo con trazas de arena grano fino de alta plasticidad, condición de humedad media a alta y consistencia de media a firme en algunas zonas blanda con presencia de turba. Varía entre color grisáceo oscuro a negro, en algunas zonas color café con vetas de oxidación y color gris.

**MH/ML/CL** (17.00 m a 25.00 m): Limo con trazas de arena y algo de grava, de media a alta plasticidad y mayor a 20 m baja plasticidad, condición de humedad baja media y consistencia firme a muy firme con presencia de arcilla.

## 3.9 NIVEL FREÁTICO

De acuerdo con los resultados de la exploración en campo, no se detectó nivel freático en los sondeos ejecutados.

## 3.10 PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DE DISEÑO

Con los resultados de laboratorio y de los ensayos de campo se estimaron los parámetros geotécnicos promedio. En las siguientes tablas se muestra las características geotécnicas del suelo obtenidas a través de la exploración de campo.

| Capa | Profundidad (m) | | Espesor (m) | Descripción | Parámetro | Magnitud |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | desde | hasta | | | | |
| 1 | 0 | 0.7 | 0.7 | Capa vegetal | - | |
| 2 | 0.7 | 6 | 5.3 | **MH/CH:** Limo con trazas de arena grano fino de alta plasticidad, condición de humedad media y consistencia firme, con presencia de arcilla. Color grisáceo con vetas cafés, naranja. | Peso unitario (kN/m³) | 16.2 |
| | | | | | c' (kPa) | 13.2 |
| | | | | | Φ (°) | 12.9 |
| | | | | | Cu (kPa) | 35 |
| | | | | | Es (kPa) | 5594 |
| | | | | | eo | 1.5 |
| | | | | | RSC | 9.9 |
| | | | | | Cc | 0.8 |
| | | | | | Cr | 0.1 |
| 3 | 6 | 17 | 11 | **MH/ML/CL/OH:** Limo con trazas de arena grano fino de alta plasticidad, condición de humedad media a alta y consistencia de media a firme en algunas zonas blanda con presencia de turba. Varía entre color grisáceo oscuro a negro, en algunas zonas color café con vetas de oxidación y color gris. | Peso unitario (kN/m³) | 14.3 |
| | | | | | c' (kPa) | 29.9 |
| | | | | | Φ (°) | 11.5 |
| | | | | | Cu (kPa) | 34 |
| | | | | | Es (kPa) | 5489 |
| | | | | | eo | 1.5 |
| | | | | | RSC | 1.8 |
| | | | | | Cc | 0.5 |
| | | | | | Cr | 0.1 |
| 3 | 17 | 25 | 8 | **MH/ML/CL:** Limo con trazas de arena y algo de grava, de baja a alta plasticidad, condición de humedad baja a media y consistencia firme a muy firme con presencia de arcilla. Varía entre color grisáceo oscuro a café oscuro y en algunas zonas gris verdoso. | Peso unitario (kN/m³) | 17.8 |
| | | | | | c' (kPa) | 4.8 |
| | | | | | Φ (°) | 27 |
| | | | | | Cu (kPa) | 132 |
| | | | | | Es (kPa) | 19035 |
| | | | | | eo | 2.7 |
| | | | | | RSC | 3.7 |
| | | | | | Cc | 1.6 |
| | | | | | Cr | 0.1 |

**Tabla 18. Resumen parámetros geotécnicos.**

**Fuente: Elaboración propia.**

## 3.11 ASPECTOS SISMICOS

Para la zonificación sísmica de la zona de estudio, se emplean la información provista por la norma NSR-10 sobre las aceleraciones del terreno.

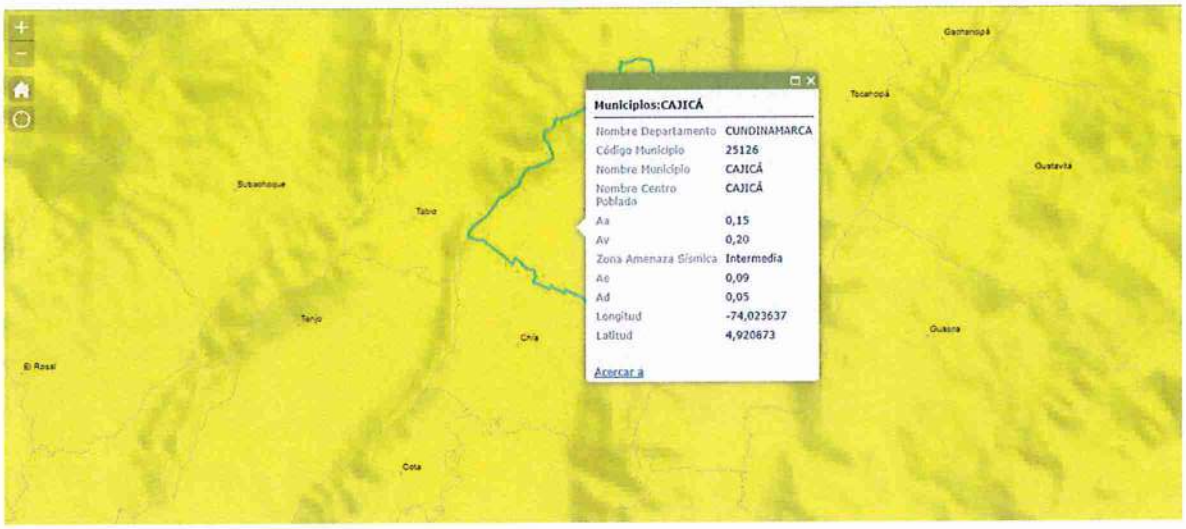



**Figura 26. Mapa de amenaza sísmica - Municipio Cajicá**

**Fuente: Geoportal – Servicio Geológico Colombiano**

| Municipio | Aa | Av | Amenaza sísmica |
|---|---|---|---|
| Cajicá | 0.15 | 0.20 | Intermedia |

**Tabla 19. Coeficientes de aceleración sísmica municipio de Cajicá, Cundinamarca.**

**Fuente: NSR-10.**

Y de acuerdo con el parámetro de sitio Fa, de acuerdo con la NSR-10, se debe elegir un perfil de suelo, el cual se presenta en la siguiente tabla.

El suelo presenta contenidos de humedad mayores al 40% e índice de plasticidad promedio de 31.4%, así como se tienen valores de la resistencia al corte no drenado menores a 50 kPa. Por lo que se concluye que se tiene un perfil de suelo tipo **E**.

De acuerdo con lo anterior, se observa que los perfiles de suelo sería el perfil tipo **E**.

| Tipo de perfil | Descripción | Definición |
|---|---|---|
| A | Perfil de roca competente | $\overline{v}_s \geq 1500$ m/s |
| B | Perfil de roca de rigidez media | 1500 m/s > $\overline{v}_s \geq 760$ m/s |
| C | Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o | 760 m/s> $\overline{v}_s \geq 360$ m/s |
| | perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios | $\overline{N} \geq 50$, o<br>$\overline{s}_u \geq 100$ kPa (≈1 kgf/cm²) |
| D | Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o | 360 m/s > $\overline{v}_s \geq 180$ m/s |
| | perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones | 50 > $\overline{N} \geq 15$, o<br>100 kPa (≈1 kgf/cm²) > $\overline{s}_u \geq 50$ kPa (≈0.5 kgf/cm²) |
| E | Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o | 180 m/s > $\overline{v}_s$ |
| | perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcilas blandas | IP > 20<br>w ≥ 40%<br>50 kPa (≈0.50 kgf/cm²) > $\overline{s}_u$ |

**Tabla 20. Perfil de suelo tipo E.**

**Fuente: NSR-10**

Con esto, se escoge el valor de Fa dado en la siguiente tabla, sabiendo que Aa es de 0.15.

**Tabla A.2.4-3**
**Valores del coeficiente $F_a$, para la zona de periodos cortos del espectro**

| Tipo de Perfil | Intensidad de los movimientos sísmicos | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | $A_a \leq 0.1$ | $A_a = 0.2$ | $A_a = 0.3$ | $A_a = 0.4$ | $A_a \geq 0.5$ |
| A | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| B | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| C | 1.2 | 1.2 | 1.1 | 1.0 | 1.0 |
| D | 1.6 | 1.4 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| E | 2.5 | 1.7 | 1.2 | 0.9 | 0.9 |
| F | véase nota | véase nota | véase nota | Véase nota | véase nota |

**Nota**: Para el perfil tipo F debe realizarse una investigación geotécnica particular para el lugar específico y debe llevarse a cabo un análisis de amplificación de onda de acuerdo con A.2.10.

**Tabla 21. Valor de Fa para Perfil de suelo tipo E.**

**Fuente: NSR-10**

Finalmente, se obtiene que Fa es 2.1. A continuación, se presenta un resumen de los parámetros sísmicos de diseño. Adicionalmente, se tiene en cuenta que la estructura se asocia a un grupo de uso II que corresponde a una ***Estructura de ocupación especial.***

A continuación, se presentan los parámetros sísmicos obtenidos.

| Aa | Fa | I |
|---|---|---|
| 0.15 | 2.1 | 1.1 |

**Tabla 22. Valores sísmicos para emplear para diseño.**

**Fuente: Elaboración propia.**

Con el fin de calcular el coeficiente de aceleración sísmica para las excavaciones, se emplea el siguiente procedimiento.

$$Amax = Aa * Fa * I$$
$$Amax = 0.15 * 2.1 * 1.1$$
$$Amax = 0.346$$
$$\frac{KST}{Amax} = 0{,}8$$
$$KST = 0{,}8 * Amax$$
$$KST = 0{,}8 * 0.346$$
$$KST = 0.277$$

Para diseño:

$$kh = KST = 0.28$$

Para construcción:

$$kh = 0.5 * KST = 0.5 * 0.28$$
$$kh = 0.14$$

# 4 ESTRUCTURA GRADERÍAS

## 4.1 PROPUESTA DE CIMENTACIÓN.

Se propone la inclusión de grupos de 6 y 2 pilotes, de entre 20 y 22 m de longitud, desplantados a 1.0 m de profundidad, con un espaciamiento de 3 veces el diámetro. Se consideran tres niveles de carga la máxima carga estructural que es 2551.2 KN, la diferencia de carga que es de 2158.1 KN y el valor mínimo de esta diferencia de carga que es de 393.2 KN estimados donde se proyectará las graderías del estadio. A continuación, se presentan los resultados obtenidos del análisis geotécnico de las diferentes configuraciones de cimentaciones propuestas.

## 4.2 CAPACIDAD PORTANTE

### 4.2.1 METODOLOGÍA

Con los resultados de los ensayos de campo y de laboratorio se realizan los cálculos de capacidad portante para el sector de estudio, se considera la profundidad como variable para el cálculo de estas capacidades. En el Anexo 1 se presenta el cálculo de capacidad portante.

Para la estimación de pilotes individuales, se empleó la siguiente ecuación:

$$Qu = Q_f + Q_b - W'$$

Donde:

$Q_f$: capacidad portante última por fuste.

$Q_b$: capacidad portante punta última.

W': peso del pilote.

Para la estimación de la capacidad portante por fuste $Q_f$, se empleó la metodología α, la cual estima la resistencia última mediante la siguiente ecuación:

$$Q_f = \int_0^L \alpha * Su * p * dz$$

$$\propto = 0.2 + 0.8 * e^{\left(0.35 - 2 * \frac{Cu}{Pa}\right)}$$

Donde:

L: longitud del pilote.

Pa: es la presión atmosférica (101 kPa).

$Su$: resistencia al corte no drenado.

$\alpha$: coeficiente de adherencia.

$p$: perímetro lateral del pilote.

A continuación, se presentan los valores de coeficientes de adherencia.

| Capa | Profundidad (m) | | Espesor (m) | Unidad Geotécnica | Parámetro | Magnitud |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | desde | hasta | | | | |
| 1 | 0 | 0.8 | 1 | Capa vegetal | - | |
| 2 | 0.7 | 6 | 5.3 | MH/CH | Cu (kPa) | 35 |
| | | | | | α | 0.77 |
| 3 | 6 | 17 | 11 | MH/ML/CL/OH | Cu (kPa) | 34 |
| | | | | | α | 0.78 |
| 4 | 17 | 25 | 8 | MH/ML/CL | Cu (kPa) | 132 |
| | | | | | α | 0.28 |

**Tabla 23. Coeficientes de adherencia de la zona de estudio.**
**Fuente: Elaboración propia**

Para la estimación de la capacidad portante por punta, se empleó la siguiente ecuación:

$$Q_b = 9 * Su * Ap$$

Donde:

$Ap$: área de la punta del pilote.

$Su$: resistencia al corte no drenado.

Y para la estimación del peso del pilote, se empleó la siguiente ecuación:

$$W = (\gamma_p - \gamma_s') * L * Ap$$

$$\gamma_s' = \gamma_s - \gamma_w$$

Donde:

$\gamma_p$: peso unitario del concreto reforzado (24 kN/m$^3$).

$\gamma_s$: peso unitario total del suelo donde se proyecta la cimentación

$\gamma_w$: peso unitario del agua (9.81 kN/m$^3$).

$\gamma_s'$: peso unitario sumergido del suelo donde se proyecta la cimentación.

$L$: longitud del pilote.

$Ap$: área de la punta del pilote.

En cuanto al cálculo de la capacidad portante admisible, se divide la capacidad portante última empleando factores de seguridad, como se presenta a continuación.

$$Qadm = \frac{Q_f}{\mathrm{FSf}} + \frac{Q_b}{FSb} - W'$$

Donde:

FSf: factor de seguridad para la capacidad por fuste (factor de 1.8).

FSb: factor de seguridad ata la capacidad por punta (factor de 3).

Para el cálculo de la capacidad del grupo de pilotes, se definió la eficiencia $\eta$ de mismo, empleando la siguiente ecuación:

$$\eta = \frac{Q_{gp}}{\sum_{i=1}^{n} Q}$$

Donde:

$Q_{gp}$: capacidad del grupo de pilotes

$Q$: capacidad de un solo pilote.

Se definió la eficiencia, empleando el programa MP de Geostru, el cual, emplea la expresión de Converse-Labarre que se muestra en la siguiente ecuación y figura.

$$\eta = 1 - \theta \frac{(n-1)*m + (m-1)*n}{90m*n}$$

$$\theta = tan^{-1}\left(\frac{D}{s}\right)$$

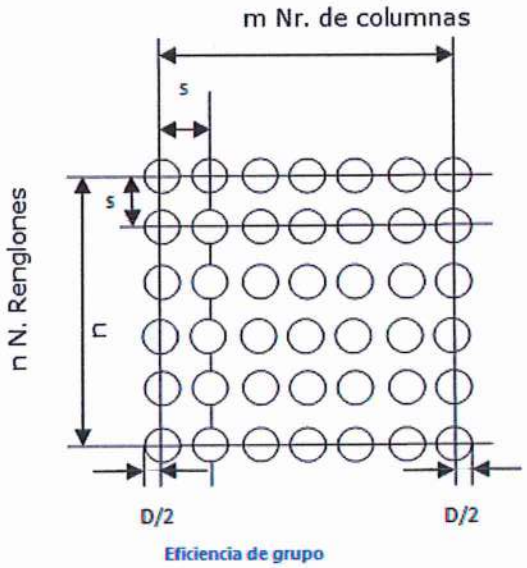



**Figura 27. Variables para el cálculo de la eficiencia de grupo de pilotes.**

**Fuente: MP.**

### 4.2.2 RESULTADOS OBTENIDOS DE CAPACIDAD PORTANTE.

Como propuesta, se analizó el sistema de grupo de pilotes preexcavados en concreto reforzado. Para la estimación de capacidad portante a 1.0 m de desplante, se tomó dos diámetros de 0.4 m y 0.5 m, la longitud de 20 m y 22 m y el número de pilotes de 2, 3, 6, 4, 8 y 9 teniendo en cuenta el análisis de diferencia de cargas, a un espaciamiento de 3 veces el diámetro. A continuación, se presentan los resultados obtenidos para capacidad portante para el grupo de pilotes a dos diámetros y dos profundidades.

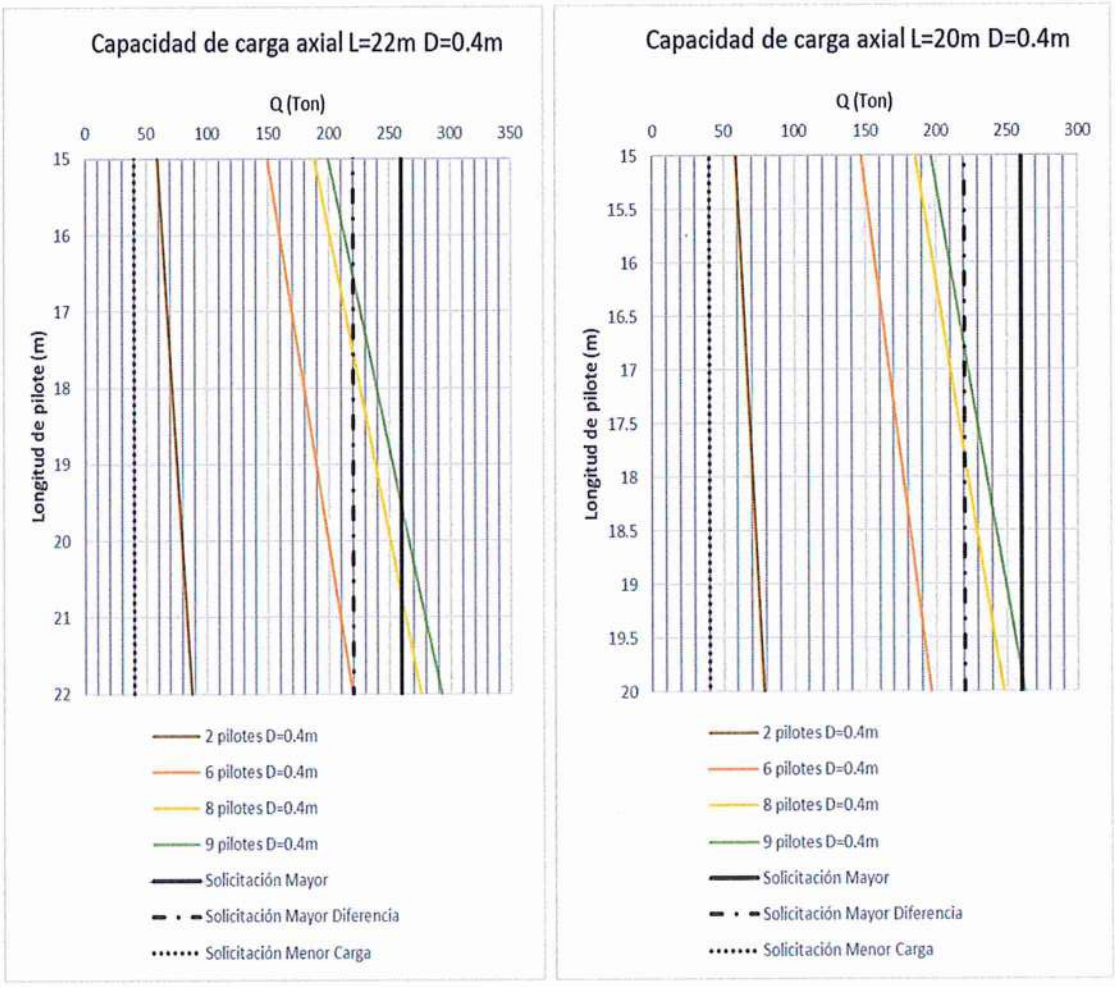



**Figura 28. Capacidad portante grupo de pilotes para D=0.4.**

**Fuente: Elaboración propia**

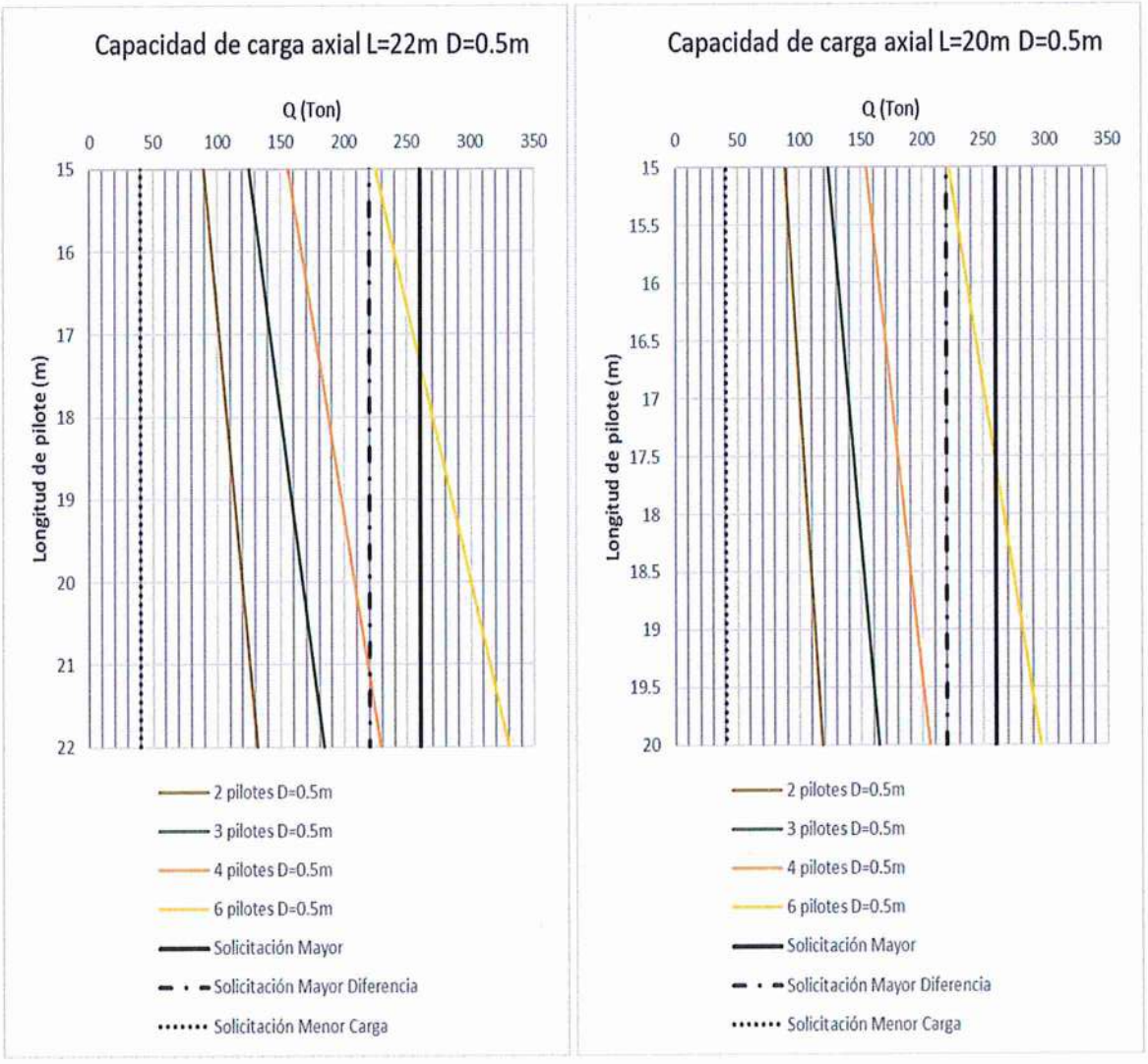



**Figura 29. Capacidad portante grupo de pilotes para D=0.5.**

**Fuente: Elaboración propia**

En el Anexo 6, se presentan las memorias de cálculo de capacidad portante.

## 4.3 ASENTAMIENTOS.

### 4.3.1 METODOLOGÍA.

Para el cálculo de asentamientos elásticos por pilote, se empleó la siguiente ecuación

$$\delta = \delta_e + \delta_t$$

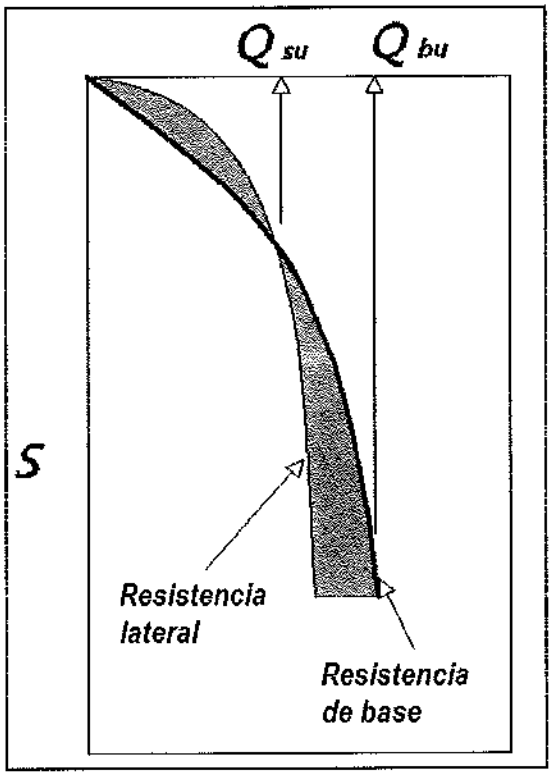
Donde:

$\delta_e$: asentamiento elástico del pilote.

$\delta_t$: asentamiento del terreno.

Para la estimación de estos asentamientos, se empleó la formulación de Fleming (1992), asociado al método hiperbólico modificado, el cual, permite estimar los asentamientos de pilotes individuales, a partir de la curva carga-asentamiento con forma hiperbólica, como se presenta a continuación.

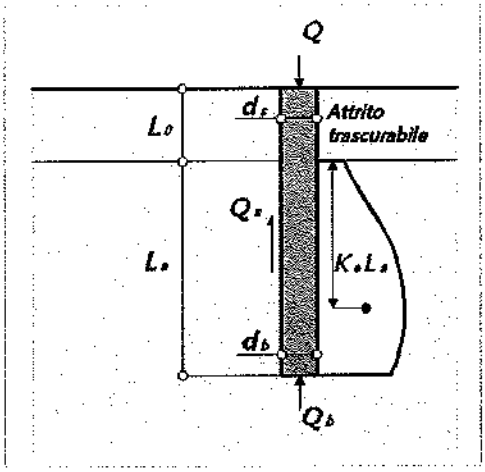
**Figura 30. Curva hiperbólica de carga (eje horizontal) asentamiento (eje vertical).**




**Fuente: MP.**

De acuerdo con Fleming (1992), para el asentamiento elástico, se debe tener en cuenta la zona donde se presenta el desarrollo de la zona activa del fuste del elemento estructural, como se presenta a continuación.

**Figura 31. Esquema de desarrollo de la zona activa para carga axial.**




**Fuente: MP.**

Para la estimación del asentamiento elástico del pilote Se, se emplea la siguiente ecuación:

$$Se = \frac{4}{\pi} * \frac{Q * (Lo + Ke * La)}{d^2 * Ec}$$

Donde:

$Q$: carga aplicada.

$Lo$: zona del pilote donde se presenta rozamiento nulo.

$La$: zona del pilote donde se presenta rozamiento en condición activa.

$Ke$: relación del largo equivalente del fuste del pilote respecto al largo activo (se toma un valor de 0.45).

d: diámetro del pilote.

$Ec$: módulo de elasticidad del material del pilote (Ec=24 GPa).

Una vez calculado el asentamiento elástico del pilote, se debe calcular el asentamiento del terreno St. De acuerdo con Fleming, al emplear la metodología hiperbólica, se pueden utilizar las siguientes relaciones:

$$Q = Qs + Qb$$

$$St = Sb = Ss$$

$$Ss = \frac{Ms * d * Qs}{Qsu - Qs}$$

$$Sb = \frac{0.6 * Qbu * Qb}{d * Eb * (Qbu - Qb)}$$

Donde:

$Q$: carga aplicada.

$Qs$: carga asumida por el fuste del pilote.

$Qb$: carga asumida por la punta del pilote.

$Sb, Ss$: asentamientos de la punta y del fuste del pilote, respectivamente, los cuales deben ser iguales.

$Ms$: factor de flexibilidad terreno fuste (el cual varía entre 0.001 y 0.0015).

$d$: diámetro del pilote.

$Qsu$: capacidad portante última por fuste del pilote.

$Qbu$: capacidad portante última por punta del pilote.

$Eb$: módulo de elasticidad del terreno.

Con base en las ecuaciones anteriores, se puede encontrar el asentamiento St, con la siguiente ecuación:

$$St = \frac{-g \pm \sqrt{g^2 - 4 * f * h}}{2 * f}$$

$$f = n * (Q - \alpha) - \beta$$

$$g = Q * (\delta + \lambda * n) - \alpha * \delta - \beta * \lambda$$

$$h = \lambda * \delta * Q$$

$$\alpha = Qsu$$

$$\beta = d * Eb * Qbu$$

$$\lambda = Ms * d$$

$$\delta = 0.6 * Qbu$$

$$n = d * Eb$$

Para el cálculo del asentamiento del grupo de pilotes S, se emplea la ecuación de Vesic (1969), que es:

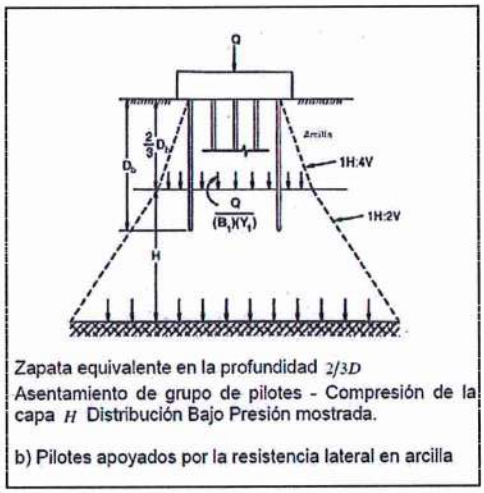
$$S = \sqrt{\frac{Bg}{d}} * St$$

Donde:

$Bg$: ancho del grupo de pilotes.

Por otro lado, con el fin de calcular los asentamientos por consolidación, se puede calcular colocando la carga de trabajo a 2/3 de la longitud del pilote, empleando los incrementos de esfuerzos de 2:1. Lo anterior se calculó con el programa Settle 3D, teniendo en cuenta los requerimientos anteriores. A continuación, se presentan figura de la teoría empleada para el cálculo.

**Figura 32 Valoración de incrementos de esfuerzos para asentamientos por consolidación.**




Zapata equivalente en la profundidad 2/3D
Asentamiento de grupo de pilotes - Compresión de la capa $H$ Distribución Bajo Presión mostrada.

b) Pilotes apoyados por la resistencia lateral en arcilla

**Fuente: Hannigan et al., 2006.**

Para la estimación de los asentamientos totales, se suman los valores obtenidos por los elásticos y por consolidación primaria.

### 4.3.2 RESULTADOS OBTENIDOS DE ASENTAMIENTOS.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de asentamientos para los grupos de pilotes evaluando carga mínima, Maximina entre las cargas con una mayor diferencia a un diámetro de D=0.5m y dos profundidades de 20 y 22 m.

| Evaluación | Estructura | Longitud (m) | Diámetro (m) | Desplante (m) | Solicitación de carga (KN) | Asentamientos (cm) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Elásticos | Consolidación | Totales |
| Menor Carga | Grupo 2 x 1 pilotes | 20 | 0.50 | 1.0 | 393.2 | 0.1 | 0.0 | 0.1 |
| Menor Carga | Grupo 2 x 1 pilotes | 22 | 0.50 | 1.0 | 393.2 | 0.1 | 0.2 | 0.3 |
| Mayor diferencia de cargas | Grupo 2 x 3 pilotes | 20 | 0.50 | 1.0 | 2158.1 | 0.3 | 0.1 | 0.4 |
| Mayor diferencia de cargas | Grupo 2 x 3 pilotes | 22 | 0.50 | 1.0 | 2158.1 | 0.3 | 0.6 | 0.9 |
| Máxima Carga | Grupo 2 x 3 pilotes | 20 | 0.50 | 1.0 | 2551.2 | 0.3 | 0.6 | 1 |
| Máxima Carga | Grupo 2 x 3 pilotes | 22 | 0.50 | 1.0 | 2551.2 | 0.3 | 0.7 | 1.1 |

**Tabla 24. Asentamientos grupo de pilotes**

**Fuente: Elaboración propia**

En el Anexo 6, se presentan las memorias de cálculo de asentamientos.

## 4.4 MODULO DE REACCIÓN

Con el fin de calcular los módulos de reacción, se emplean las siguientes expresiones.

$$Kv = \frac{Es}{B * (1 - \mu^2)}$$

$$Kh = \frac{0{,}65 * Es}{(B * (1 - \mu^2)} * \left[\frac{Es * B^4}{(Ep * Ip)}\right]^{\frac{1}{12}}$$

Donde:

$kv, h$: *modulo de reacción vertical, horizontal del suelo*

$B$: *diámetro del pilote*

$E_S$: *Modulo de elasticidad del suelo*

$E_P$: *Modulo de elasticidad del elemento (concreto)*

$I$: *Momento de inercia del elemento*

$vs$: *relación de poisson del estrato de apoyo*

$vp$: *relación de poisson del pilote*

A continuación, se presentan los módulos de reacción vertical y horizontal de las estructuras analizadas.

| Estrato | Módulos de reacción (kN/m3) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Diámetro de 0.4 m | | Diámetro de 0.5 m | |
| | Horizontal | Vertical | Horizontal | Vertical |
| MH/CH | 5285 | 15937 | 4228 | 12750 |
| MH/ML/CL/OH | 5177 | 15638 | 4142 | 12511 |
| MH/ML/CL | 19914 | 54231 | 15931 | 43385 |

**Tabla 25. Módulo reacción del suelo pilotes**

**Fuente: Elaboración propia**

En el Anexo 6, se presentan las memorias de cálculo de módulos de reacción.

## 4.5 POTENCIAL DE EXPANSIVIDAD

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de expansión, de acuerdo con los sondeos generados.

| POTENCIAL EXPANSIÓN | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sondeo | Profundidad | | Humedad natural % | Límites de Atterberg | | | Potencial de expansión (NSR-10) |
| | Desde | Hasta | | LL | LP | IP | |
| S1 | 1.90 | 2.50 | 44.39% | 64.90% | 32.40% | 32.50% | Bajo |
| S1 | 3.40 | 4.00 | 44.73% | 63.02% | 30.26% | 32.76% | Bajo |
| S1 | 5.40 | 6.00 | 66.40% | 69.79% | 41.46% | 28.33% | Bajo |
| S1 | 6.90 | 7.50 | 64.02% | 81.61% | 45.27% | 36.35% | Bajo |
| S1 | 8.40 | 9.00 | 116.65% | 93.79% | 48.58% | 45.21% | Bajo |
| S1 | 11.55 | 12.00 | 90.55% | 89.87% | 49.19% | 40.68% | Bajo |
| S1 | 13.55 | 14.00 | 165.25% | 60.92% | 40.29% | 20.63% | Bajo |
| S1 | 14.55 | 15.00 | 62.78% | 69.88% | 38.71% | 31.18% | Bajo |
| S2 | 1.90 | 2.50 | 152.99% | 70.33% | 43.67% | 26.66% | Bajo |
| S2 | 3.40 | 4.00 | 40.81% | 66.06% | 32.86% | 33.20% | Bajo |
| S2 | 6.40 | 7.00 | 79.95% | 67.12% | 42.12% | 24.99% | Bajo |

| POTENCIAL EXPANSIÓN | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sondeo | Profundidad | | Humedad natural % | Límites de Atterberg | | | Potencial de expansión (NSR-10) |
| | Desde | Hasta | | LL | LP | IP | |
| S2 | 9.55 | 10.00 | 270.16% | 210.16% | 146.43% | 63.73% | Bajo |
| S2 | 12.90 | 13.50 | 104.22% | 45.82% | 28.99% | 16.83% | Bajo |
| S2 | 17.90 | 18.50 | 33.15% | 26.25% | 20.76% | 5.50% | Bajo |
| S2 | 20.05 | 20.50 | 86.10% | 70.17% | 41.31% | 28.87% | Bajo |
| S2 | 22.55 | 23.00 | 31.33% | 37.52% | 24.18% | 13.34% | Bajo |
| S2 | 24.55 | 25.00 | 48.21% | 50.15% | 28.93% | 21.22% | Bajo |
| S3 | 4.40 | 5.00 | 42.20% | 73.24% | 32.73% | 40.51% | Bajo |
| S3 | 7.40 | 8.00 | 57.97% | 70.50% | 37.05% | 33.46% | Bajo |
| S3 | 9.40 | 10.00 | 74.16% | 69.33% | 37.10% | 32.23% | Bajo |
| S3 | 10.40 | 11.00 | 60.87% | 65.11% | 33.11% | 31.99% | Bajo |
| S3 | 11.55 | 12.00 | 77.24% | 64.47% | 38.36% | 26.11% | Bajo |
| S3 | 12.55 | 13.00 | 163.83% | 97.31% | 67.71% | 29.60% | Bajo |
| S3 | 13.40 | 14.00 | 99.57% | 69.42% | 42.48% | 26.94% | Bajo |
| S3 | 16.40 | 17.00 | 30.04% | 39.00% | 24.63% | 14.37% | Bajo |
| S3 | 18.55 | 19.00 | 25.77% | 29.37% | 21.28% | 8.08% | Bajo |
| S3 | 20.55 | 21.00 | 27.79% | 40.25% | 28.55% | 11.70% | Bajo |
| S4 | 3.40 | 4.00 | 45.52% | 62.37% | 32.57% | 29.80% | Bajo |
| S4 | 5.40 | 6.00 | 59.33% | 64.69% | 37.19% | 27.49% | Bajo |
| S4 | 7.55 | 8.00 | 74.15% | 62.74% | 38.51% | 24.23% | Bajo |
| S4 | 9.55 | 10.00 | 151.23% | 188.70% | 118.68% | 70.02% | Bajo |
| S4 | 11.50 | 12.00 | 138.33% | 77.88% | 42.77% | 35.11% | Bajo |
| S5 | 1.90 | 2.50 | 99.64% | 57.43% | 37.67% | 19.77% | Bajo |
| S5 | 3.40 | 4.00 | 50.03% | 63.72% | 33.18% | 30.54% | Bajo |
| S5 | 7.40 | 8.00 | 66.04% | 72.35% | 36.26% | 36.09% | Bajo |
| S5 | 9.55 | 10.00 | 85.77% | 58.97% | 38.90% | 20.06% | Bajo |
| S5 | 11.05 | 11.50 | 136.54% | 60.97% | 41.93% | 19.04% | Bajo |
| S5 | 12.55 | 13.00 | 110.66% | 70.10% | 42.87% | 27.23% | Bajo |
| S6 | 1.10 | 1.70 | 74.71% | 54.23% | 35.14% | 19.10% | Bajo |
| S6 | 1.70 | 2.00 | 41.40% | 72.73% | 30.93% | 41.80% | Bajo |
| S6 | 2.40 | 3.00 | 58.12% | 74.80% | 31.17% | 43.63% | Bajo |
| S6 | 3.70 | 4.30 | 64.11% | 74.93% | 42.75% | 32.18% | Bajo |
| S6 | 4.20 | 4.80 | 67.41% | 75.86% | 36.46% | 39.40% | Bajo |
| S6 | 5.40 | 6.00 | 75.81% | 81.61% | 41.14% | 40.47% | Bajo |
| S6 | 7.40 | 8.00 | 69.09% | 71.08% | 35.49% | 35.60% | Bajo |
| S6 | 11.40 | 12.00 | 84.58% | 57.68% | 37.78% | 19.89% | Bajo |
| S6 | 13.40 | 14.00 | 27.49% | 26.35% | 21.15% | 5.21% | Bajo |
| S6 | 15.40 | 16.00 | 31.46% | 38.95% | 23.85% | 15.10% | Bajo |
| S6 | 17.40 | 18.00 | 52.15% | 46.89% | 26.96% | 19.93% | Bajo |
| S6 | 19.40 | 20.00 | 212.22% | 136.97% | 102.86% | 34.11% | Bajo |
| S6 | 20.40 | 21.00 | 65.42% | 56.20% | 34.18% | 22.02% | Bajo |
| S6 | 22.40 | 23.00 | 34.34% | 44.90% | 30.14% | 14.75% | Bajo |
| S6 | 24.55 | 25.00 | 29.82% | 36.45% | 25.68% | 10.77% | Bajo |

**Tabla 26. Potencial de expansión.**

**Fuente: Elaboración propia**

De acuerdo con los resultados anteriores, se considera que el suelo presenta un potencial bajo de expansión.

## 4.6 POTENCIAL DE COLAPSO

Se identifican como suelos colapsables aquellos depósitos formados por arenas y limos, en algunos casos cementados por arcillas y sales (carbonato de calcio), que bien resisten cargas considerables en su estado seco, sufren pérdidas de su conformación estructural, acompañadas de severas reducciones en el volumen exterior cuando se aumenta su humedad o se saturan. Se identifica la colapsabilidad de estos depósitos, cuando el volumen de vacíos iguala la cantidad de agua en el punto del límite de equilibrio. Para mayor cantidad de agua o menor. $\gamma_{dcrit} = \frac{\gamma_w}{\frac{1}{G_s}+LL}$

**Fuente: Titulo H (H.9.3.3)**

Es de precisar que los suelos que clasifican como arcillosos se consideran no colapsables, el criterio para determinar potencial de colapsabilidad es el siguiente:

$$\frac{\gamma_d}{\gamma_{dcrit}} < 1 \; ; suelo\ potencialmente\ colapsable$$

$$\frac{\gamma_d}{\gamma_{dcrit}} > 1 \; ; suelo\ no\ colapsable$$

Para su evaluación, se emplearon los valores de peso unitario seco dados por los ensayos de peso unitario parafinado realizados en este contrato, ya que no se logró encontrar valores de peso seco en la información de referencia.

**COLAPSABILIDAD**

| Sondeo | Profundidad | | Humedad natural % | Límites de Atterberg | Gs | γd (kN/m3) | γdcrit (kN/m3) | γd/γdcrit | Potencial de colapsabilidad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Desde | Hasta | | LL | | | | | |
| S1 | 3.40 | 4.00 | 66.40% | 69.79% | 2.42 | 9.81 | 8.83 | 1.11 | Estable |
| S1 | 6.90 | 7.50 | 116.65% | 93.79% | 2.42 | 7.45 | 7.26 | 1.03 | Estable |
| S1 | 8.40 | 9.00 | 90.55% | 89.87% | 2.42 | 4.71 | 7.48 | 0.63 | Colapsable |
| S1 | 11.55 | 12.00 | 165.25% | 60.92% | 2.42 | 9.81 | 9.59 | 1.02 | Estable |

| COLAPSABILIDAD | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sondeo | Profundidad | | Humedad natural % | Límites de Atterberg | Gs | γd (kN/m3) | γdcrit (kN/m3) | γd/γdcrit | Potencial de colapsabilidad |
| | Desde | Hasta | | LL | | | | | |
| S1 | 13.55 | 14.00 | 62.78% | 69.88% | 2.42 | 5.30 | 8.82 | 0.60 | Colapsable |
| S1 | 14.55 | 15.00 | 152.99% | 70.33% | 2.42 | 12.45 | 8.79 | 1.42 | Estable |
| S2 | 15.90 | 16.50 | 33.15% | 26.25% | 2.42 | 8.04 | 14.52 | 0.55 | Colapsable |
| S2 | 17.90 | 18.50 | 86.10% | 70.17% | 2.42 | 13.04 | 8.80 | 1.48 | Estable |
| S2 | 20.05 | 20.50 | 31.33% | 37.52% | 2.42 | 11.08 | 12.44 | 0.89 | Colapsable |
| S2 | 22.55 | 23.00 | 48.21% | 50.15% | 2.42 | 14.61 | 10.72 | 1.36 | Estable |
| S3 | 9.40 | 10.00 | 60.87% | 65.11% | 2.42 | 8.34 | 9.22 | 0.90 | Colapsable |
| S3 | 10.40 | 11.00 | 77.24% | 64.47% | 2.42 | 4.12 | 9.27 | 0.44 | Colapsable |
| S3 | 17.55 | 18.00 | 25.77% | 29.37% | 2.42 | 14.91 | 13.88 | 1.07 | Estable |
| S3 | 18.55 | 19.00 | 27.79% | 40.25% | 2.42 | 15.00 | 12.03 | 1.25 | Estable |
| S4 | 1.90 | 2.50 | 45.52% | 62.37% | 2.42 | 10.10 | 9.46 | 1.07 | Estable |
| S4 | 5.40 | 6.00 | 74.15% | 62.74% | 2.42 | 4.61 | 9.43 | 0.49 | Colapsable |
| S4 | 7.55 | 8.00 | 151.23% | 188.70% | 2.42 | 5.39 | 4.26 | 1.26 | Estable |
| S4 | 9.55 | 10.00 | 138.33% | 77.88% | 2.42 | 7.06 | 8.23 | 0.86 | Colapsable |
| S5 | 5.40 | 6.00 | 66.04% | 72.35% | 2.42 | 4.90 | 8.63 | 0.57 | Colapsable |
| S5 | 7.40 | 8.00 | 85.77% | 58.97% | 2.42 | 5.30 | 9.78 | 0.54 | Colapsable |
| S5 | 9.55 | 10.00 | 136.54% | 60.97% | 2.42 | 6.08 | 9.59 | 0.63 | Colapsable |
| S5 | 12.55 | 13.00 | 74.71% | 54.23% | 2.42 | 12.55 | 10.27 | 1.22 | Estable |
| S6 | 3.10 | 3.70 | 64.11% | 74.93% | 2.42 | 9.32 | 8.44 | 1.10 | Estable |
| S6 | 3.70 | 4.30 | 67.41% | 75.86% | 2.42 | 8.24 | 8.37 | 0.98 | Colapsable |
| S6 | 4.20 | 4.80 | 75.81% | 81.61% | 2.42 | 9.12 | 7.98 | 1.14 | Estable |
| S6 | 9.40 | 10.00 | 84.58% | 57.68% | 2.42 | 14.71 | 9.91 | 1.48 | Estable |
| S6 | 11.40 | 12.00 | 27.49% | 26.35% | 2.42 | 12.75 | 14.50 | 0.88 | Colapsable |
| S6 | 15.40 | 16.00 | 52.15% | 46.89% | 2.42 | 3.92 | 11.12 | 0.35 | Colapsable |
| S6 | 19.40 | 20.00 | 65.42% | 56.20% | 2.42 | 14.12 | 10.06 | 1.40 | Estable |
| S6 | 20.40 | 21.00 | 34.34% | 44.90% | 2.42 | 14.42 | 11.38 | 1.27 | Estable |
| S6 | 22.40 | 23.00 | 29.82% | 36.45% | 2.42 | 15.98 | 12.61 | 1.27 | Estable |

**Tabla 27. Cálculo potencial de colapso.**

**Fuente: Elaboración propia**

Como se evidencia existen estratos del suelo donde se tiene potencial de colapso, al menos hasta la profundidad de 16 m. Co la inclusión de la cimentación profunda a una profundidad mínima de 20 m, este fenómeno se contrarresta.

## 4.7 CALCULO DEL CBR

### 4.7.1 METODOLOGÍA.

A partir de los ensayos de penetración estándar (SPT) realizados en campo, se procedió a la clasificación de los suelos, tal como se detalla a continuación:

| Sondeo | Profundidad (m) | | | N. de muestra | N-SPT (Golpes) | | | | Clasificación USCS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | desde | hasta | Promedio | | 1 | 2 | 3 | SPT | |
| S1 | 11.55 | 12.00 | 11.78 | 6 | 3 | 4 | 4 | 8 | MH |
| S1 | 13.55 | 14.00 | 13.78 | 7 | 4 | 4 | 4 | 8 | MH |
| S1 | 14.55 | 15.00 | 14.78 | 8 | 4 | 3 | 2 | 5 | MH |
| S2 | 9.55 | 10.00 | 9.78 | 6 | 4 | 4 | 4 | 8 | - |
| S2 | 11.05 | 11.50 | 11.28 | 7 | 4 | 5 | 25 | 30 | ML |
| S2 | 20.05 | 20.50 | 20.28 | 11 | 12 | 12 | 13 | 25 | CL |
| S2 | 22.55 | 23.00 | 22.78 | 12 | 12 | 14 | 15 | 29 | MH |
| S2 | 24.55 | 25.00 | 24.78 | 13 | 12 | 14 | 16 | 30 | ML |
| S3 | 11.55 | 12.00 | 11.78 | 8 | 5 | 6 | 6 | 12 | OH |
| S3 | 12.55 | 13.00 | 12.78 | 9 | 6 | 7 | 7 | 14 | MH |
| S3 | 17.55 | 18.00 | 17.78 | 12 | 19 | 18 | 20 | 38 | CL |
| S3 | 18.55 | 19.00 | 18.78 | 13 | 18 | 20 | 22 | 42 | ML |
| S3 | 20.55 | 21.00 | 20.78 | 14 | 15 | 15 | 19 | 34 | SM |
| S3 | 22.55 | 23.00 | 22.78 | 15 | 16 | 18 | 20 | 38 | ML |
| S3 | 24.55 | 25.00 | 24.78 | 16 | 18 | 19 | 21 | 40 | - |
| S4 | 7.55 | 8.00 | 7.78 | 4 | 3 | 4 | 5 | 9 | OH |
| S4 | 9.55 | 10.00 | 9.78 | 5 | 4 | 4 | 5 | 9 | MH |
| S4 | 11.50 | 12.00 | 11.75 | 6 | 5 | 6 | 20 | 26 | MH |
| S5 | 9.55 | 10.00 | 9.78 | 5 | 2 | 4 | 4 | 8 | MH |
| S5 | 11.05 | 11.50 | 11.28 | 6 | 4 | 4 | 6 | 10 | MH |
| S5 | 12.55 | 13.00 | 12.78 | 7 | 6 | 11 | 25 | 36 | MH |
| S6 | 24.55 | 25.00 | 24.78 | 18 | 25 | 38 | 45 | 83 | ML |

**Tabla 28. Laboratorio SPT.**

**Fuente: Elaboración propia**

Con base en los resultados obtenidos en los sondeos y su correspondiente clasificación del suelo mediante el sistema USCS, se estimó el valor del CBR utilizando las siguientes fórmulas:

- Para suelos finos (CL, ML, MH, OH):

$$CBR = 0.3 \, x \, SPT$$

- Para suelos granulares (SM, SC, SW, SP):

$$CBR = 0.6 \, x \, SPT$$

**Fuente. Foundation Analysis and Design. 5ta Edición. McGraw-Hill. Bowles, J.E. (1997)**

Donde:

$SPT$: Número de golpes promedio del ensayo de penetración estándar.

- **Clasificación del CBR según INVIAS**

A continuación, se presenta la clasificación del valor de CBR propuesta por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS, 2013), utilizada para determinar la capacidad de soporte del suelo y su uso potencial en estructuras de pavimento:

| CBR (%) | Clasificación | Capacidad de soporte | Usos | Tipo de suelo típico |
|---|---|---|---|---|
| 0 – 3 | Muy mala | Muy baja | Subrasante | Arcillas muy blandas, suelos orgánicos |
| 3 – 5 | Mala | Baja | Subrasante | Arcillas blandas, limos |
| 5 – 10 | Regular | Moderada | Sub base | Limos y arcillas poco compactadas |
| 10 – 20 | Buena | Alta | Base, sub base | Arenas finas, suelos algo compactos |
| 20 – 50 | Muy buena | Muy alta | Base | Arenas gruesas, gravas con poco fino |
| > 50 | Excelente | Excelente | Base | Gravas bien compactadas, suelos selectos |

**Tabla 29. Clasificación estándar del CBR (California Bearing Ratio).**

**Fuente: Instituto Nacional de Vías (INVIAS), Colombia 2013.**

### 4.7.2 RESULTADOS OBTENIDOS PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS.

Con base en los valores obtenidos de SPT y aplicando las fórmulas correspondientes, se determinaron los valores estimados de CBR para cada muestra, así como su clasificación:

| Sondeo | Profundidad (m) | | | N. de muestra | N-SPT (Golpes) | | | | Clasificación USCS | CBR (Estimado) | Clasificación | Promedio de CBR |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | desde | hasta | Promedio | | 1 | 2 | 3 | Suma | | | | |
| S1 | 11.55 | 12.00 | 11.78 | 6 | 3 | 4 | 4 | 8 | MH | 2.4 | Muy mala | 2.1 |
| S1 | 13.55 | 14.00 | 13.78 | 7 | 4 | 4 | 4 | 8 | MH | 2.4 | Muy mala | |
| S1 | 14.55 | 15.00 | 14.78 | 8 | 4 | 3 | 2 | 5 | MH | 1.5 | Muy mala | |
| S2 | 9.55 | 10.00 | 9.78 | 6 | 4 | 4 | 4 | 8 | - | - | Excelente | |
| S2 | 11.05 | 11.50 | 11.28 | 7 | 4 | 5 | 25 | 30 | ML | 9 | Regular | 8.55 |
| S2 | 20.05 | 20.50 | 20.28 | 11 | 12 | 12 | 13 | 25 | CL | 7.5 | Regular | |
| S2 | 22.55 | 23.00 | 22.78 | 12 | 12 | 14 | 15 | 29 | MH | 8.7 | Regular | |
| S2 | 24.55 | 25.00 | 24.78 | 13 | 12 | 14 | 16 | 30 | ML | 9 | Regular | |
| S3 | 11.55 | 12.00 | 11.78 | 8 | 5 | 6 | 6 | 12 | OH | 3.6 | Mala | 10.6 |
| S3 | 12.55 | 13.00 | 12.78 | 9 | 6 | 7 | 7 | 14 | MH | 4.2 | Mala | |
| S3 | 17.55 | 18.00 | 17.78 | 12 | 19 | 18 | 20 | 38 | CL | 11.4 | Buena | |
| S3 | 18.55 | 19.00 | 18.78 | 13 | 18 | 20 | 22 | 42 | ML | 12.6 | Buena | |
| S3 | 20.55 | 21.00 | 20.78 | 14 | 15 | 15 | 19 | 34 | SM | 20.4 | Muy buena | |
| S3 | 22.55 | 23.00 | 22.78 | 15 | 16 | 18 | 20 | 38 | ML | 11.4 | Buena | |
| S3 | 24.55 | 25.00 | 24.78 | 16 | 18 | 19 | 21 | 40 | - | - | Excelente | |
| S4 | 7.55 | 8.00 | 7.78 | 4 | 3 | 4 | 5 | 9 | OH | 2.7 | Muy mala | 4.4 |
| S4 | 9.55 | 10.00 | 9.78 | 5 | 4 | 4 | 5 | 9 | MH | 2.7 | Muy mala | |
| S4 | 11.50 | 12.00 | 11.75 | 6 | 5 | 6 | 20 | 26 | MH | 7.8 | Regular | |
| S5 | 9.55 | 10.00 | 9.78 | 5 | 2 | 4 | 4 | 8 | MH | 2.4 | Muy mala | 5.4 |
| S5 | 11.05 | 11.50 | 11.28 | 6 | 4 | 4 | 6 | 10 | MH | 3 | Muy mala | |
| S5 | 12.55 | 13.00 | 12.78 | 7 | 6 | 11 | 25 | 36 | MH | 10.8 | Buena | |
| S6 | 24.55 | 25.00 | 24.78 | 18 | 25 | 38 | 45 | 83 | ML | 24.9 | Muy buena | 24.9 |

**Tabla 30. Laboratorio SPT.**

**Fuente: Elaboración propia**

## 5 MEJORAMIENTO PISTA DE ATLETISMO.

A partir del uso del Manual de escenarios deportivos Volumen V proporcionada por Mindeporte en el cual se encuentras las características que deben tener los escenarios deportivos.

La profundidad de los sondeos recomendada es de 1.5 m. La clasificación del suelo asociados a sus propiedades intrínsecas, tales como tamaño de partículas, plasticidad y/o contenido de arcilla, que ya ha venido trabajando en el desarrollo de este informe, se requiere la clasificación AASHTO de la cual se obtuvo A-7-5, de los sondeos realizados en la zona de estudio.

Con el fin de evaluar la influencia del contenido de agua en la subrasante in situ asociados a condiciones meteorológicas, es necesario determinar parámetros que no son propios de los suelos, sino que dependen del ambiente en el que se va a trabajar. Estos son asociados al estado hídrico y permiten prever los problemas que se pueden presentar en la capa de subrasante. Por lo que se determina el índice de consistencia *Ic*.

$$I_c = \frac{L_L - w_n}{IP}$$

LL: Limite liquido
Wn: Humedad natural
IP: Índice de plasticidad.

Para este cálculo, se obtiene le promedio de cada termino en al menos los primeros 2,5 m de material. De la cual se obtiene que el promedio de: LL=64.5%, Wn=43.1% e IP=31.9%. Obteniendo un Ic=0.7, lo que según la cartilla clasifica como un suelo en estado muy húmedo (mh), el cual no permite en general la utilización del suelo presente.

Para la caracterización mecánica se considera un CBR menor a 2%, en promedio un valor de 2.1% como menor valor de CBR, considerando la cantidad de materia orgánica en la zona y dado que se tiene suelos con un alto contenido de material fino, se propone un

mejoramiento con reemplazo de material en la subrasante lo que implica realizar una excavación de los 30-50 cm de subrasante y reemplazar por un material granular con un CBR (6%-8%).

| Sondeo | Profundidad aprox. | CBR (%) | Clasificación |
|---|---|---|---|
| S1 | 11.78 a 14.78 m | 1.5 – 2.4 | Muy mala |
| S3 | 11.78 a 12.78 m | 3.6 – 4.2 | Mala |
| S4 | 7.78 a 11.75 m | 2.7 – 7.8 | Muy mala a Regular |
| S5 | 9.78 a 13.00 m | 2.4 – 10.8 | Muy mala a Buena |

**Tabla 31. Resumen de cálculo de CBR.**

**Fuente: Elaboración propia**

Considerando que se tiene el nivel más bajo de tránsito, dado que se movilizaran personas sobre esta pista. Se obtiene la Estructura flexible EFT1 compuesta por un acabado sintético de espesor de 13mm, concreto asfaltico imprimado con emulsión asfáltica, base granular, subbase granular y subrasante mejorada. Se obtiene la siguiente estructura:

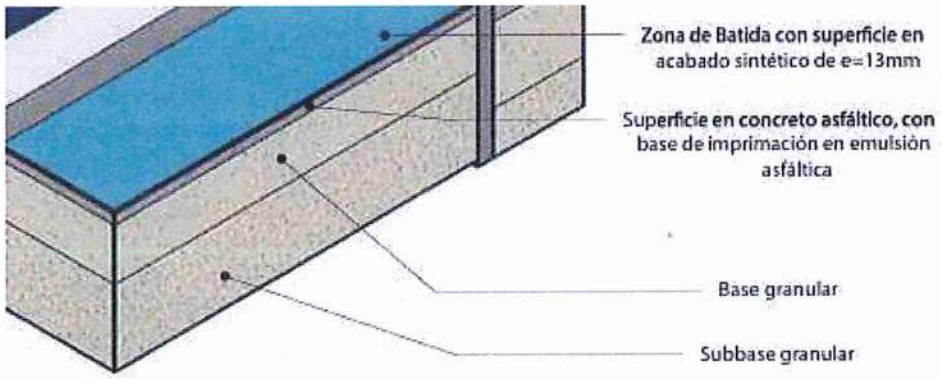



**Figura 33 Estructura de la pista de atletismo.**

**Fuente: Manual de escenarios deportivos. Modulo V. Mindeporte.**

En este caso, la capa asfáltica deberá incluir la pista sintética según sea el requerimiento del proyecto. corresponde al material que se instalará en la pista. Se deberá considerar previamente la instalación del drenaje alrededor de la pista.

# 6 RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS

A continuación, se presentan las recomendaciones constructivas para la estructura a construir en el sector de estudio.

## 6.1 PILOTES PREEXCAVADOS

Los pilotes tendrán las características correspondientes a la clase C indicada en el Artículo 630 de INVIAS, "Concreto estructural", aceptando un tamaño máximo en el agregado hasta de 32 mm, y debe tener una manejabilidad suficiente para garantizar una continuidad absoluta en su colocación, aun extrayendo la entubación, con una consistencia líquida.

El acero empleado en la construcción de las canastas de refuerzo cumplirá con las características indicadas en el Título C de la norma "NSR-10 Normas colombianas de diseño y construcción sismo resistente". Las armaduras transversales se sujetarán a las longitudinales, por amarres o soldadura. En pilotes hasta de diez metros (10 m) de longitud se pueden admitir los amarres, pero a partir de esta longitud, las armaduras deberán estar soldadas entre sí, al menos en uno (1) de cada dos (2) puntos de contacto.

La lechada empleada en el proceso de perforación debe ser una suspensión mineral, con suficiente viscosidad y características gelatinosas para transportar el material excavado hasta un sistema de cernido adecuado, se recomienda se realice con lodos bentónicos.

En relación con el resto del equipo requerido, depende del sistema de construcción adoptado, pero básicamente incluye grúas, taladros, barrenos, baldes de achique, equipo desarenador, equipo de muestreo, tuberías de vaciado, tuberías de revestimiento, bombas de concreto, y en general cualquier otro equipo necesario para la correcta ejecución de los trabajos.

Se debe llevar un registro continuo de la perforación de cada pilote, donde se consigne la profundidad y estratigrafía del terreno excavado, además de los rendimientos obtenidos durante el proceso. Las excavaciones para pilotes y cimientos acampanados se efectuarán de acuerdo con las dimensiones y cotas indicadas en los planos u ordenadas por la Interventoría.

La perforación se lava con bentonita y se trata de una operación imprescindible para conseguir una mejor calidad. El método de introducción del concreto variará según el tipo de pilote. Los volúmenes de concreto deben ser mayores que el teórico (un 40% a 80% superiores). La inyección se realiza con lechada fluidas con resistencias características a 28 días y relaciones agua/cemento w/c = 0.42. A veces se añade una proporción reducida de bentonita para facilitar su fluidez. El fluido de lavado se introduce por el interior de la perforación y sale por la cavidad anular entre el terreno y la entubación (circular inversa). Se aumenta así el diámetro real de perforación.

## 6.2 MANEJO DE AGUAS DE ESCORRENTIA O DE INFILTRACIÓN

Si se encuentran niveles o infiltraciones de agua, en la etapa de excavación, se deben tomar todas las medidas necesarias para evacuar estas aguas que no se afecte ni se desestabilice la zona del proyecto, se realizará el bombeo de esta agua a la red de alcantarillado pluvial o sanitario más cercana. Se deberá utilizar el equipo adecuado para la evacuación de esta agua, para esto se construirá en el sitio más bajo del tramo excavado una caja (sobre excavación) para acumular las aguas en este punto y así mejorar su evacuación.

## 6.3 PISTA DE ATLETISMO

Desmonte y limpieza: Remover el material existente y material suelto en el área de la pista. Realizar una nivelación inicial para facilitar la instalación del drenaje.

El drenaje en el suelo del material altamente fino que se encuentra en la zona es importante debido a su baja permeabilidad. Se recomienda un sistema de drenaje perimetral compuesto por:

1. Zanja drenante: A lo largo del perímetro de la pista, con un ancho de 50-60 cm y profundidad de 80-100 cm.
2. Tubería perforada: Colocar una tubería de drenaje (Ø100-150 mm) con pendiente mínima de 0.5-1% hacia un punto de descarga.
3. Relleno filtrante: Rellenar la zanja con grava gruesa (2"-3") y una capa superior de arena gruesa.
4. Geotextil: Envolver la tubería y grava con geotextil para evitar el colmatado.

Para la construcción del pavimento se propone:

1. Subrasante Mejorada (Piedra Rajón - 50 cm): Extender una capa de piedra rajón (tamaño 6"-12"). Compactar con rodillo vibratorio hasta lograr una base estable y colocar una capa de material granular fino sobre el rajón para facilitar la colocación de la subbase.
2. Subbase Granular (25 cm): Utilizar material granular seleccionado (grava-arena). Compactar en capas de máximo 15 cm con rodillo vibratorio hasta alcanzar el 95% del Proctor Modificado.
3. Base Granular (20 cm): Aplicar material granular triturado con buena graduación y resistencia mecánica. Compactar en capas de 15 cm con control de humedad y densidad hasta alcanzar el 95% del Proctor Modificado.
4. Capa Asfáltica (15 cm): Aplicar un riego de liga (emulsión asfáltica). Extender la mezcla asfáltica en dos capas. Verificar la nivelación final y realizar riegos de imprimación para la adherencia del asfalto. Compactar con rodillo neumático y luego con rodillo liso vibratorio.
5. Material sintético (1,3 cm) indicado en las especificaciones del proyecto para la pista de Manual de escenarios deportivos Volumen V proporcionada por Mindeporte.

   En general la pista debe mantener una adecuada pendiente transversal (1-2%) para evitar acumulación de agua.

## 6.4 DISEÑO DE PARQUEADERO.

Considerando que el parqueadero corresponde a una zona de tránsito muy bajo (categoría T0), y con base en los resultados obtenidos del CBR y en los lineamientos del Manual de Diseño de Pavimentos Flexibles de INVIAS, se adopta la estructura tipo EFT1 para pavimentos flexibles, compuesta por:

- Capa de rodadura en concreto asfáltico.
- Base granular.
- Subbase granular.
- Subrasante mejorada.

Propuesta de Construcción del Pavimento

1. Subrasante Mejorada (Piedra Rajón - 50 cm): Extender una capa de piedra rajón (tamaño 6"-12"). Compactar con rodillo vibratorio hasta lograr una base estable y colocar una capa de material granular fino sobre el rajón para facilitar la colocación de la subbase.
2. Subbase Granular (25 cm): Utilizar material granular seleccionado (grava-arena). Compactar en capas de máximo 15 cm con rodillo vibratorio hasta alcanzar el 95% del Proctor Modificado controlando la pendiente para escurrimiento.
3. Base Granular (20 cm): Aplicar material granular triturado con buena graduación y resistencia mecánica. Compactar en capas de 15 cm con control de humedad y densidad hasta alcanzar el 95% del Proctor Modificado.
4. Capa Asfáltica (15 cm): Aplicar un riego de liga (emulsión asfáltica). Extender la mezcla asfáltica en dos capas con compactación y perfilado con bombeo del 2%. Verificar la nivelación final y realizar riegos de imprimación para la adherencia del asfalto. Compactar con rodillo neumático y luego con rodillo liso vibratorio.
5. Drenaje superficial con instalación de pendientes cunetas o canales.

## 6.5 DISEÑO DE FILTRO FRANCÉS – FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO

Son zanjas poco profundas recubiertas de geotextil y rellenas de material filtrante, en el que suele haber un conducto inferior de transporte. Están diseñados para captar y filtrar

la escorrentía de superficies impermeables contiguas, transportándola hacia aguas. Permiten la infiltración y favorecen la laminación de la escorrentía.

El tiempo de estancia del agua en el dren debe ser suficientemente alto y la velocidad del agua suficientemente lenta para que exista infiltración a través del geotextil. De esta manera, en algunos drenes no es necesario dirigir el agua hasta el punto de vertido, pues al cabo de una cierta longitud se ha infiltrado totalmente, para poder llevar esto a las aguas de alcantarillado.

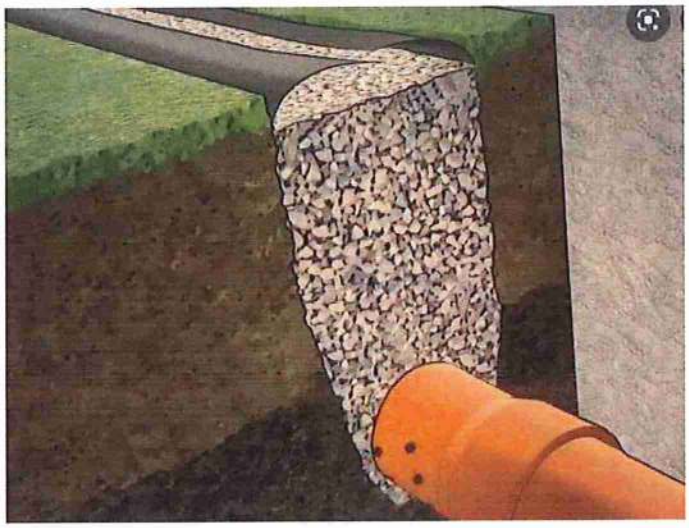


**Figura 34. Detalle filtro francés.**

# 7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Este informe con el objeto de ***"ESTUDIO DE SUELOS PARA EL DISEÑO DE LA PISTA DE ATLETISMO EN EL MUNICIPIO DE CAJICÁ"*** comprende el diseño de cimentación desde el punto de vista geotécnico y recomendaciones para la construcción de cimentación profunda de las futuras graderías y mejoramiento de la pista de atletismo del Estadio Tigre Moyano del municipio de Cajicá en el departamento de Cundinamarca.

Se generaron seis sondeos de entre 15 m y 25 m de profundidad, los cuales extrajeron muestras tipo Shelby y SPT. Dichas muestras obedecen a un material limo arcilloso de alta plasticidad, de color gris con vetas cafés y de consistencia blanda a firme, con presencia de arena. A continuación, se evidencia el perfil geotécnico determinado para el proyecto.

| Capa | Profundidad (m) | | Espesor (m) | Descripción | Parámetro | Magnitud |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | desde | hasta | | | | |
| 1 | 0 | 0.7 | 0.7 | Capa vegetal | - | |
| 2 | 0.7 | 6 | 5.3 | **MH/CH:** Limo con trazas de arena grano fino de alta plasticidad, condición de humedad media y consistencia firme, con presencia de arcilla. Color grisáceo con vetas cafés, naranja. | Peso unitario (kN/m³) | 16.2 |
| | | | | | c' (kPa) | 13.2 |
| | | | | | Φ (°) | 12.9 |
| | | | | | Cu (kPa) | 35 |
| | | | | | Es (kPa) | 5594 |
| | | | | | e | 1.5 |
| | | | | | RSC | 9.9 |
| | | | | | Cc | 0.8 |
| | | | | | Cr | 0.1 |
| 3 | 6 | 17 | 11 | **MH/ML/CL/OH:** Limo con trazas de arena grano fino de alta plasticidad, condición de humedad media a alta y consistencia de media a firme en algunas zonas blanda con presencia de turba. Varía entre color grisáceo oscuro a negro, en algunas zonas color café con vetas de oxidación y color gris. | Peso unitario (kN/m³) | 14.3 |
| | | | | | c' (kPa) | 29.9 |
| | | | | | Φ (°) | 11.5 |
| | | | | | Cu (kPa) | 34 |
| | | | | | Es (kPa) | 5489 |
| | | | | | eo | 1.5 |
| | | | | | RSC | 1.8 |
| | | | | | Cc | 0.5 |
| | | | | | Cr | 0.1 |

| Capa | Profundidad (m) | | Espesor (m) | Descripción | Parámetro | Magnitud |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | desde | hasta | | | | |
| 3 | 17 | 25 | 8 | **MH/ML/CL:** Limo con trazas de arena y algo de grava, de baja a alta plasticidad, condición de humedad baja a media y consistencia firme a muy firme con presencia de arcilla. Varía entre color grisáceo oscuro a café oscuro y en algunas zonas gris verdoso. | Peso unitario (kN/m³) | 17.8 |
| | | | | | c' (kPa) | 4.8 |
| | | | | | Φ (°) | 27 |
| | | | | | Cu (kPa) | 132 |
| | | | | | Es (kPa) | 19035 |
| | | | | | eo | 2.7 |
| | | | | | RSC | 3.7 |
| | | | | | Cc | 1.6 |
| | | | | | Cr | 0.1 |

**Tabla 32. Parámetros Geotécnicos de Diseño.**

**Fuente: Elaboración propia**

La evaluación se realiza en función a la información de campo tomada y a las inspecciones realizadas por el grupo de campo. La evaluación de la cimentación está realizada con los ensayos de caracterización mecánica. Las dimensiones finales de las áreas y las profundidades de cimentación corresponden a los requerimientos mínimos de capacidad portante, y el diseñador estructural determinara las dimensiones con el fin de cumplir con los requerimientos estructurales para cada elemento.

Se propone la inclusión de grupos de 6 y 2 pilotes, de entre 20 y 22 m de longitud, desplantados a 1.0 m de profundidad, con un espaciamiento de 3 veces el diámetro. Se consideran tres niveles de carga la máxima carga estructural que es 2551.2 KN (260.15 Ton), la diferencia de carga que es de 2158.1 KN (220.06 Ton) y el valor mínimo de esta diferencia de carga que es de 393.2 KN (40.1 Ton) estimados donde se proyectará las graderías del estadio. A continuación, se presentan los resultados obtenidos del análisis geotécnico de las diferentes configuraciones de cimentaciones propuestas.

| | Grupo | Longitud (m) | Qadm (Ton) |
|---|---|---|---|
| 2 x 1 | 2 pilotes D=0.4 | 20 | 78.5 |
| 2 x 1 | 2 pilotes D=0.4 | 22 | 87.5 |
| 2 x 3 | 6 pilotes D=0.4 | 20 | 196.9 |
| 2 x 3 | 6 pilotes D=0.4 | 22 | 219.6 |
| 2 x 4 | 8 pilotes D=0.4 | 20 | 247.8 |
| 2 x 4 | 8 pilotes D=0.4 | 22 | 276.5 |
| 3 x 3 | 9 pilotes D=0.4 | 20 | 262.3 |

| Grupo | | Longitud (m) | Qadm (Ton) |
|---|---|---|---|
| 3 x 3 | 9 pilotes D=0.4 | 22 | 292.6 |

**Tabla 33. Resumen capacidad portante pilotes para pilotes de D=0.4 m.**

**Fuente: Elaboración propia**

| Grupo | | Longitud (m) | Qadm (Ton) |
|---|---|---|---|
| 2 x 1 | 2 pilotes D=0.5 | 20 | 118.1 |
| 2 x 1 | 2 pilotes D=0.5 | 22 | 131.7 |
| 3 x 1 | 3 pilotes D=0.5 | 20 | 164.7 |
| 3 x 1 | 3 pilotes D=0.5 | 22 | 183.6 |
| 2 x 2 | 4 pilotes D=0.5 | 20 | 205.8 |
| 2 x 2 | 4 pilotes D=0.5 | 22 | 229.4 |
| 2 x 3 | 6 pilotes D=0.5 | 20 | 296.2 |
| 2 x 3 | 6 pilotes D=0.5 | 22 | 330.2 |

**Tabla 34. Resumen capacidad portante pilotes para pilotes de D=0.5 m.**

**Fuente: Elaboración propia**

Teniendo en cuenta lo anterior, se determinó que los pilotes con un diámetro de D = 0.4 m cumplen con los requisitos de diseño. Sin embargo, dado que este diámetro requiere un mayor número de pilotes, se opta por utilizar pilotes de D = 0.5 m, y se procede a evaluar los asentamientos correspondientes:

| Evaluación | Estructura | Longitud (m) | Diámetro (m) | Desplante (m) | Solicitación de carga (KN) | Asentamientos (cm) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Elásticos | Consolidación | Totales |
| Menor Carga | Grupo 2 x 1 pilotes | 20 | 0.50 | 1.0 | 393.2 | 0.1 | 0.0 | 0.1 |
| Menor Carga | Grupo 2 x 1 pilotes | 22 | 0.50 | 1.0 | 393.2 | 0.1 | 0.2 | 0.3 |
| Mayor diferencia de cargas | Grupo 2 x 3 pilotes | 20 | 0.50 | 1.0 | 2158.1 | 0.3 | 0.1 | 0.4 |
| Mayor diferencia de cargas | Grupo 2 x 3 pilotes | 22 | 0.50 | 1.0 | 2158.1 | 0.3 | 0.6 | 0.9 |
| Máxima Carga | Grupo 2 x 3 pilotes | 20 | 0.50 | 1.0 | 2551.2 | 0.3 | 0.6 | 1 |
| Máxima Carga | Grupo 2 x 3 pilotes | 22 | 0.50 | 1.0 | 2551.2 | 0.3 | 0.7 | 1.1 |

**Tabla 35. Resumen asentamientos pilotes.**

**Fuente: Elaboración propia**

Las capacidades portantes aquí presentadas son evaluadas para cargas netamente verticales, cualquier modificación de la forma, profundidad y condiciones de carga de estos cimientos deberán ser notificadas a los especialistas en Geotecnia.

A continuación, la estructura del pavimento de la pista:

**Tabla 36. Estructura del pavimento de la pista.**

**Fuente: Elaboración propia**

A continuación, la estructura del pavimento del parqueadero:

**Tabla 37. Estructura del pavimento del parqueadero.**

**Fuente: Elaboración propia**

## 8 LIMITACIONES Y VERIFICACIÓN

Las conclusiones y recomendaciones consignadas en el presente informe se basan en los resultados de las exploraciones de campo, resultados de laboratorio, y análisis geotécnico realizado por un especialista. En caso de encontrar condiciones diferentes a las establecidas en el presente informe o si se prevé un cambio sustancial de la construcción o un aumento de cargas debe informarse para emitir las respectivas recomendaciones geotécnicas.

El presente informe se laboró bajo la supervisión de un especialista en geotecnia coordinador del Área de Geotecnia de **NYC INGENIERIA S.A.S.**

**FRANKLEN CARLOS SUTA PICO**
**MAT. 25202 – 104936 CND.**
**MAGISTER EN GEOTECNIA**

## BIBLIOGRAFÍA


- Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente, NSR-2010, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, Bogotá D.C., 2010.
- Mapa Geológico de Colombia, Esc. 1:2.800.000, Primera Edición, 2006, Instituto Colombiano de Geología y Minería, INGEOMINAS, Servicio Geológico.
- Información Geológica y Geomorfológica del sector del proyecto.
- Registros de Perforaciones del sitio del proyecto
- Principio de Ingeniería de Fundaciones, Braja M. Das, Quinta Edición, 2006, Editorial THOMSON.
- Fundación Análisis and Desing, Joseph E. Bowles, quinta edición, 1996, Editorial Mc graw Hill. Principio del formulario
- "DISEÑO DE PAVIMENTOS PARA BAJOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO Y VÍAS LOCALES PARA BOGOTÁ D.C." – Alcaldía Mayor de Bogotá.