ESTUDIO DE SUELOS CONSULTORIA DEL PARQUE ARCABUCO-2025



GC
¡Construyendo Mundo!



Alcaldía de Arcabuco

MUNICIPIO DE ARCABUCO

CONSORCIO ESTUDIOS PARQUE 2024
901895192-4

"CONSULTORÍA PARA LA ELABORACIÓN DE ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS, ESTUDIO DE SUELOS Y GEOTÉCNICOS, ESTUDIO HIDROLÓGICO, ESTUDIO HIDRÁULICO, ESTUDIO ESTRUCTURAL, ESTUDIO ARQUITECTÓNICO, MEMORIAS, PRESUPUESTO, Y DEMÁS ESTUDIOS NECESARIOS PARA REALIZAR LA REMODELACION DEL PARQUE PRINCIPAL DEL MUNICIPIO DE ARCABUCO, A FIN DE BUSCAR FINANCIACIÓN CON RECURSOS DE DIFERENTES ENTIDADES DE ORDEN DEPARTAMENTAL Y/O NACIONAL CONFORME AL INDICADOR DE PERSONALIZADO "ADELANTAR UN (1) PROCESO DE ESTUDIOS, DISEÑOS Y MEJORAMIENTO DEL PARQUE MUNICIPAL." ENMARCADO EN EL PLAN DE DESARROLLO "POR LA DIGNIDAD DE ARCABUCO".

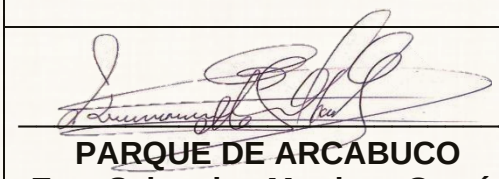
INFORME DEL ESTUDIO DE SUELOS

PREPARADO POR: ESP. SEBASTIÁN MARTÍNEZ GARCÍA

ESTUDIOS DEL PARQUE
MUNICIPIO DE ARCABUCO, DEPARTAMENTO DE BOYACÁ
2025

ESTUDIO DE SUELOS CONSULTORIA: ESTUDIOS DEL PARQUE,ARCABUCO-2025

CUADRO DE APROBACIÓN DEL INFORME

ESTUDIO DE SUELOS **ESTUDIOS DEL PARQUE**
 **PARQUE DE ARCABUCO** **Esp. Sebastian Martinez García**
M.P 041037-0503843BYC
Fecha: 17/02/2025
Version: 001

Nota: Con la suscripción del presente cuadro de aprobación del informe, los aquí firmantes certificamos que la información presentada es veraz y que previo a su entrega esta ha sido revisada y aprobada al verificar que se encuentra acorde con los requisitos técnicos vigentes.

MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

PROYECTO: Consultoria del Parque Principal del Municipio de Arcabuco.
LOCALIZACIÓN: Municipio de Arcabuco, Boyacá, Colombia.
FECHA: Enero de 2025.

RESPONSABLE: Nombre: Ingenierio Sebastian Martinez Garcia
Cédula Profesional: 041037-0503843BYC
Especialidad: Geotecnia Vial y Pavimentos

OBJETO DEL DOCUMENTO: El presente memorial tiene como finalidad detallar las responsabilidades asumidas en el desarrollo del estudio de suelos para el proyecto de consultoria del Parque Principal del Municipio de Arcabuco. Este estudio tiene como objetivo caracterizar las propiedades del subsuelo en el área de interés, proporcionando información técnica para el diseño de cimentaciones y pavimentos, de conformidad con el Contrato CM-MA-001-2024.

ALCANCE DE LOS TRABAJOS:

1. **Revisión de Información Previa:**
   - Recopilación de planos, topografía y antecedentes geológicos de la zona.
2. **Investigación de Campo:**
   - Ejecución de sondeos (perforaciones) a diferentes profundidades según el alcance del proyecto.
   - Extracción de muestras alteradas e inalteradas para su análisis.
   - Realización de pruebas in situ, como el ensayo de penetración estándar (SPT).
3. **Ensayos de Laboratorio:**
   - Determinación de propiedades físicas y mecánicas del suelo, tales como granulometría, límites de Atterberg, densidad seca máxima y resistencia al corte.
4. **Análisis y Diagnóstico:**
   - Interpretación de los resultados obtenidos en campo y laboratorio.
   - Evaluación de capacidad portante y asentamientos del terreno.
5. **Elaboración de Informe Técnico:**
   - Presentación de los resultados y conclusiones del estudio de suelos.
   - Recomendaciones para el diseño de estructuras y pavimentos.

LIMITACIONES DEL ESTUDIO: El estudio se realizó en conformidad con los estándares técnicos vigentes y considerando las condiciones observadas durante la investigación. Los resultados son aplicables exclusivamente al área estudiada y bajo las condiciones presentes al momento del trabajo.

RESPONSABILIDAD PROFESIONAL: Declaro que los trabajos realizados fueron ejecutados conforme a las normas y prácticas de ingeniería geotécnica establecidas, garantizando la calidad y confiabilidad de los resultados presentados. Sin embargo, cualquier modificación en las

condiciones del terreno deberá ser comunicada y evaluada nuevamente para asegurar la validez de las recomendaciones.

FIRMA:

Nombre: Ingenierio Sebastian Martinez Garcia
Matricula Profesional: 041037-0503843BYC
Especialidad: Geotecnia Vial y Pavimentos.

Sebastian Martínez García
GC
¡Construyendo Mundo!
041037 - 0503843
ByC
Esp. Geotécnia Vial y Pavimentos

TABLA DE CONTENIDO

pág.

TABLA DE CONTENIDO 5
1. INTRODUCCIÓN. 13
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO. 14
2.1 OBJETIVO DEL PROYECTO. 14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS. 14
2.3 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO. 15
- Macro localización 15
- Micro localización 16
2.4 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS EL PROYECTO 17
3. GEOLOGIA DE LA ZONA DE ESTUDIO 18
3.1 GEOLOGÍA DE LA REGIÓN 18
3.2 GEOMORFOLOGÍA DEL SITIO 21
3.3 LITOLOGÍA DEL SITIO 22
3.4 FALLAS GEOLOGICAS DE LA REGIÓN 24
3.5 SISMICIDAD DE LA REGIÓN (NSR-10) 25
4. CLASIFICACIÓN DEL CLIMA DE LA REGIÓN 27
4.1 ÍNDICE DE THORNTHWAITE (IT) 27
4.2 CLASIFICACIÓN DE ACUERDO CON EL RANGO DE TEMPERATURA 29
5. DESCRIPICIÓN DE LOS SUELOS DE LA ZONA DE ESTUDIO 29
5.1 ENSAYOS REALIZADOS IN SITU (exploración en campo) 29
- 5.1.1. Número mínimo de sondeos 30
- 5.1.2. Profundidad de los sondeos 30
- 5.1.3. Ensayo de penetración en campo SPT 30
5.2 CARACTERIZACIÓN DE SUELOS 43
- 5.2.1. Determinacion contenido de agua (humedad) de muestras suelo , roca y mezclas de suelo- agregado. 43
- 5.2.2. Determinacion de la cantidad de material que pasa el tamiz 75 µm (nº 200) mediante lavado. 44

- 5.2.3. Determinación de los Limites de Atterberg..... 45
- 5.2.3. Determinación de los Pesos unitarios. 47
- 5.2.4. Determinacion de la resistencia al corte mediante ensayo SPT. 48
- 5.2.5. Determinacion del perfil del suelo a partir del SPT (NSR 10- A.2.4.2) ... 50
- El procedimeinto que se emplea para definir el tipo de perfil de suelo se basa en los valores de los párametros del suelo de los 30 metros superiores del perfil. Se definenen seis tipos de perfil de suelo los cuales se presentan acontinuación: 50
- La clasificación del suelo dentro de los perfiles tipo C,D o E se hace deacuerdo a la siguiente tabla :..... 51
- 5.2.6. Determinacion de la cohesión del suelo (condicion no consolidada no drenada). 52

5.3 CALIFORIA BEARING RATIO (CBR) DE DISEÑO..... 55

- 5.3.1. Penetrometro dinámico de Cono (PDC)..... 55
- 5.3.2. California Bearing Ratio (CBR) en laboratorio..... 56
- Conceptos establecidos por la AASHTO (1986) 57
- Conceptos establecidos por la AASHTO (1986) 57

5.4 NIVEL FREÁTICO..... 58

5.5 DETERMINACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS (INV E -132-13)..... 58

5.6 CLASIFICACIÓN UNIFICADA DEL SUELO. 62

- 5.6.1. Estudio de suelos S1..... 62
- 5.6.2. Estudio de suelos S2..... 62
- 5.6.3. Estudio de suelos S3..... 63
- 5.6.4. Estudio de suelos S4..... 63

5.7 PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL SUELO 64

5.8 PARÁMETROS DE DISEÑO DEL SUELO. 68

- 5.8.1. Estudio de suelos S1..... 68
- Ángulo de friccion..... 68
- 5.8.2. Estudio de suelos S2..... 68
- Ángulo de friccion..... 68
- 5.8.3. Estudio de suelos S3..... 70
- CBR DE DISEÑO..... 70

- 5.8.4. Estudio de suelos S4 70
- CBR DE DISEÑO 70

5.9 CAPACIDAD DEL SUELO DE REFERENCIA 71

- 5.9.1. Fuente principal centro del parque. 71
- 5.9.2. Cuarto de maquinas. 73
- 5.9.3. Atrio para banderas. 74
- 5.9.4. Pedestales para esculturas. 75
- 5.9.5. Senderos peatonales. 77
- 5.9.6. Infraestructura vial. 77

5.10 MODULO DE BASALTO 78

6. MODELACIÓN EN SOFTWARE (PLAXIS) 79

6.1 ASENTAMIENTOS FUENTE PARQUE PRINCIPAL 79

6.2 ASENTAMIENTO CUERTO DE MAQUINAS 80

6.3 ASENTAMIENTOS ATRIO PARA BANDERAS 81

6.4 ASENTAMIENTOS ATRIO PARA ESCULTURAS 82

7. DISEÑO DE CIMENTACIÓN PARA INFRAESTRUCTIRA VIAL 83

7.1 CLIMA 83

7.2 TRÁNSITO 83

- Características del Tránsito 83
- Clasificación del Tránsito y Factores de Conversión a ESALs 83

7.3 SUELO DE SUBRASANTE 85

- Conceptos establecidos por la AASHTO (1986) 85

7.4 PERIODO DE DISEÑO 85

7.5 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN 85

7.6 DISEÑO DE ESPESORES DE CAPAS MEDIANTE AASHTO 1993. 86

7.7 ANALISIS DE FUERZAS DE CORTE Y MOMENTO FLECTOR 86

- Cálculo de la Presión de Contacto 86
- Cálculo del Momento Flector Máximo 87
- Cálculo de la Fuerza de Corte 87
- Cálculo del Esfuerzo en la Piedra 87

8. CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO 89
8.1 MODELO DE COMPORTAMIENTO Y EVOLUCIÓN DEL INDICE DE PRESTACIÓN DE SERVICIO DE UN PAVIMENTO. 89
8.2 PRINCIPIOS BASICOS DE LA CONSERVACION Y MANTENIMIENTO DE PAVIMENTOS 90
8.3 PROGRAMA DE CONSERVACION Y MANTENIMIENTO Y ACTIVIDADES DE CONSERVACION Y MANTENIMIETO 92
8.4 EQUIPOS Y MATERIALES UTILIZADOS EN LA CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO DE PAVIMENTOS. 98
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 99
10. ANEXOS 101

LISTA DE GRÁFICAS

ILUSTRACIÓN 1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE ARCABUCO. 15
ILUSTRACIÓN 2 LOCALIZACIÓN PROYECTO DE REFERENCIA. 16
ILUSTRACIÓN 3 LOCALIZACIÓN DE LA FORMACIÓN GEOLÓGICA. 20
ILUSTRACIÓN 4 LOCALIZACIÓN DE LA FORMACIÓN GEOLÓGICA. 24
ILUSTRACIÓN 5 CLASIFICACIÓN SISMICA DE RAMIRIQUÍ 26
ILUSTRACIÓN 6 PERSEPCIÓN DE MOVIMENTO EN ARCABUCO. 27
ILUSTRACIÓN 7 ESTACIÓN METEOROLOGICA DE ARCABUCO. 28
ILUSTRACIÓN 8: S1-PROFUNDIDAD (0.0M-0.35M). 31
ILUSTRACIÓN 9: S1-PROFUNDIDAD (0.35M-0.80M). 31
ILUSTRACIÓN 10: S1-PROFUNDIDAD (0.8M-1.3M). 31
ILUSTRACIÓN 11: S1-PROFUNDIDAD (2.30M-2.7M). 31
ILUSTRACIÓN 12: S1-PROFUNDIDAD (2.00M-2.8M). 32
ILUSTRACIÓN 13: S1-PROFUNDIDAD (2.8M-3.50M). 32
ILUSTRACIÓN 14: S1-REGISTRO FOTOGRAFICO-1. 32
ILUSTRACIÓN 15: S1-REGISTRO FOTOGRAFICO-2. 32
ILUSTRACIÓN 16: S1-REGISTRO FOTOGRAFICO-3. 33
ILUSTRACIÓN 17: S1-REGISTRO FOTOGRAFICO-4. 33
ILUSTRACIÓN 18: S1-REGISTRO FOTOGRAFICO LAB-1. 33
ILUSTRACIÓN 19: S1-REGISTRO FOTOGRAFICO LAB-2. 33
ILUSTRACIÓN 20: S1-REGISTRO FOTOGRAFICO LAB-3. 34
ILUSTRACIÓN 21: S1-REGISTRO FOTOGRAFICO LAB-4. 34
ILUSTRACIÓN 22: S1-REGISTRO FOTOGRAFICO LAB-5. 34
ILUSTRACIÓN 23: S1-REGISTRO FOTOGRAFICO LAB-6. 34
ILUSTRACIÓN 24: S2-REGISTRO FOTOGRAFICO-1. 35
ILUSTRACIÓN 25: S2-REGISTRO FOTOGRAFICO-2. 35
ILUSTRACIÓN 26: S2-PROFUNDIDAD (0.00M-0.35M). 35
ILUSTRACIÓN 27: S2-PROFUNDIDAD (0.35M-0.60M). 35
ILUSTRACIÓN 28: S2-PROFUNDIDAD (0.60M-1.1M). 36
ILUSTRACIÓN 29: S2-PROFUNDIDAD (1.1M-1.60M). 36
ILUSTRACIÓN 30: S2-PROFUNDIDAD (1.6M-1.9M). 36
ILUSTRACIÓN 31: S2-PROFUNDIDAD (RECHAZO). 36
ILUSTRACIÓN 32: S2-REGISTRO FOTOGRAFICO LAB-1. 37
ILUSTRACIÓN 33: S2-REGISTRO FOTOGRAFICO LAB-2. 37
ILUSTRACIÓN 34: S2-REGISTRO FOTOGRAFICO LAB-3. 37
ILUSTRACIÓN 35: S2-REGISTRO FOTOGRAFICO LAB-4. 37
ILUSTRACIÓN 36: S3-REGISTRO FOTOGRAFICO-1. 38
ILUSTRACIÓN 37: S3-REGISTRO FOTOGRAFICO-2. 38
ILUSTRACIÓN 38: S3-REGISTRO FOTOGRAFICO-3. 38
ILUSTRACIÓN 39: S3-REGISTRO FOTOGRAFICO-4. 38
ILUSTRACIÓN 40: S3-REGISTRO FOTOGRAFICO-5. 39
ILUSTRACIÓN 41: S3-REGISTRO FOTOGRAFICO-6. 39
ILUSTRACIÓN 42: S3-REGISTRO FOTOGRAFICO-7. 39
ILUSTRACIÓN 43: S3-REGISTRO FOTOGRAFICO-8. 39
ILUSTRACIÓN 44: S3-REGISTRO FOTOGRAFICO-9. 40
ILUSTRACIÓN 45: S3-REGISTRO FOTOGRAFICO-10. 40
ILUSTRACIÓN 46: S3-REGISTRO FOTOGRAFICO-11. 40
ILUSTRACIÓN 47: S3-REGISTRO FOTOGRAFICO-12. 40

ILUSTRACIÓN 48: S4-REGISTRO FOTOGRAFICO-1. 41
ILUSTRACIÓN 49: S4-REGISTRO FOTOGRAFICO-2. 41
ILUSTRACIÓN 50: S4-REGISTRO FOTOGRAFICO-4. 41
ILUSTRACIÓN 51: S4-REGISTRO FOTOGRAFICO-4. 41
ILUSTRACIÓN 52: S4-REGISTRO FOTOGRAFICO-5. 42
ILUSTRACIÓN 53: S4-REGISTRO FOTOGRAFICO-7. 42
ILUSTRACIÓN 54: S4-REGISTRO FOTOGRAFICO-6. 42
ILUSTRACIÓN 55: S4-REGISTRO FOTOGRAFICO-8. 42
ILUSTRACIÓN 56: S4-REGISTRO FOTOGRAFICO-9. 43
ILUSTRACIÓN 57: S4-REGISTRO FOTOGRAFICO-10. 43
ILUSTRACIÓN 58: GRÁFICA REPRESENTATIVA DEL ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR SPT. 49
ILUSTRACIÓN 59: CURVA ESFUERZO DEFORMACIÓN DEL SUELO. 53
ILUSTRACIÓN 60: MÓDULO DE ELÁSTICIDAD DEL SUELO 54
ILUSTRACIÓN 61 ELEMENTO CENTRAL PARQUE DE ARCABUCO. 72
ILUSTRACIÓN 62 CUARTO CENTRAL PARQUE DE ARCABUCO. 73
ILUSTRACIÓN 63 ATRIO DE BANDERAS PARQUE DE ARCABUCO. 75
ILUSTRACIÓN 64 ESCULTURAS PARQUE DE ARCABUCO. 76
ILUSTRACIÓN 65 SENDEROS PARQUE DE ARCABUCO. 77
ILUSTRACIÓN 66: MÓDULO INICIAL SOFTWARE PLAXIS LOSA DE CIMENTACION 1. 79
ILUSTRACIÓN 67: ASENTAMIENTO TOTAL 1. 79
ILUSTRACIÓN 68: MÓDULO INICIAL SOFTWARE PLAXIS CUARTO DE MAQUINAS. 80
ILUSTRACIÓN 69: ASENTAMIENTO TOTAL 2. 80
ILUSTRACIÓN 70: MÓDULO INICIAL SOFTWARE PLAXIS ATRIO. 81
ILUSTRACIÓN 71: ASENTAMIENTO TOTAL 3. 81
ILUSTRACIÓN 72: MÓDULO INICIAL SOFTWARE PLAXIS ESCULTURAS. 82
ILUSTRACIÓN 73: ASENTAMIENTO TOTAL 4. 82
ILUSTRACIÓN 74: MODELO DE COMPORTAMIENTO Y EVOLUCIÓN DEL ÍNDICE DE PRESTACIÓN DE SERVICIO. 89

Calle 75 N° 2 A 40, Tunja, Boyacá
Somos una empresa Colombiana.
Teléfono: (314) 800 -1734 / (311) 242-5798
Email: Grancoecinsas@gmail.com

LISTA DE CUADROS

CUADRO 1. GEORREFERENCIACIÓN DEL PROYECTO. 16
CUADRO 2. CLASIFICACIÓN SEGÚN ÍNDICE DE THORNTHWITE. 28
CUADRO 3. CATEGORÍAS DEL CLIMA POR TEMPERATURA. 29
CUADRO 4. TABLA H.3.1-1:CLASIFICACIÓN DE LAS UNIDADES DE CONSTRUCCIÓN POR CATEGRORIAS 29
CUADRO 5. RESUMEN DE RESULTADOS MATERIAL PASA EL TAMIZ Nº 200. 44
CUADRO 6. RESUMEN DE RESULTADOS LÍMITES DE ATTERGBERG.S1. 45
CUADRO 7. RESUMEN DE RESULTADOS LÍMITES DE ATTERGBERG.S2. 46
CUADRO 8. RESUMEN DE RESULTADOS LÍMITES DE ATTERGBERG.S3. 46
CUADRO 9. RESUMEN DE RESULTADOS LÍMITES DE ATTERGBERG.S3. 47
CUADRO 10. RESUMEN DE RESULTADOS PESO UNITARIO. 47
CUADRO 11. RESUMEN DE RESULTADOS SPT. 48
CUADRO 12. CLASIFCIACIÓN DE LOS PERFILES DEL SUELO 50
CUADRO 13. CRITERIOS PARA CLASIFICAR SUELOS DENTRO DE LOS PERFILES DE SUELO TIPOS C,D O E. 51
CUADRO 14. EVALUACIÓN DE CRITERIOS PARA CLASIFICAR SUELOS DENTRO DE LOS PERFILES DE SUELO TIPOS C,D O E PARA EL S1. 51
CUADRO 15. EVALUACIÓN DE CRITERIOS PARA CLASIFICAR SUELOS DENTRO DE LOS PERFILES DE SUELO TIPOS C,D O E PARA EL S2. 51
CUADRO 16. MÓDULO DE ELÁSTICIDAD DEL SUELO. 54
CUADRO 17. CLASIFICACIÓN DEL TIPO DE USO DEL TERRENO SEGÚN LA CAPACIDAD DE SOPORTE O CBR. 55
CUADRO 18. CLASIFICACIÓN DEL SUELO DE ACUERDO CON EL CBR. 57
CUADRO 19. GRADO DE EXPANSIÓN A PARTIR DEL LL . 58
CUADRO 20. GRADO DE EXPANSIÓN LL S1 . 59
CUADRO 21. GRADO DE EXPANSIÓN LL S2 . 59
CUADRO 22. GRADO DE EXPANSIÓN LL S3 . 59
CUADRO 23. GRADO DE EXPANSIÓN LL S4 . 59
CUADRO 24. GRADO DE EXPANSIÓN A PARTIR DEL IP. 60
CUADRO 25. GRADO DE EXPANSIÓN IP S1 . 60
CUADRO 26. GRADO DE EXPANSIÓN IP S2 . 60
CUADRO 27. GRADO DE EXPANSIÓN IP S3 . 60
CUADRO 28. GRADO DE EXPANSIÓN IP S4 . 61
CUADRO 29. CLASIFICACIÓN DEL SUELO S1. 62
CUADRO 30. CLASIFICACIÓN DEL SUELO S2. 62
CUADRO 31. CLASIFICACIÓN DEL SUELO S3. 63
CUADRO 32. CLASIFICACIÓN DEL SUELO S4. 63
CUADRO 33. PERFIL ESTATRIGRAFICO ESTUDIO DE SUELOS S1. 64
CUADRO 34. PERFIL ESTATRIGRAFICO ESTUDIO DE SUELOS S2. 65
CUADRO 35. PERFIL ESTATRIGRAFICO ESTUDIO DE SUELOS S3. 66
CUADRO 36. PERFIL ESTATRIGRAFICO ESTUDIO DE SUELOS S4. 67
CUADRO 37. N60 Y ANGULO DE FRICCIÓN S1 68
CUADRO 38. PESO UNITARIO DE DISEÑO S1. 68
CUADRO 39. N60 Y ANGULO DE FRICCIÓN S2. 69
CUADRO 40. PESO UNITARIO DE DISEÑO S2. 70
CUADRO 41. DIMENSIONES DE CIMENTACIÓN E1. 72
CUADRO 42. DIMENSIONES DE CIMENTACIÓN E2. 74

CUADRO 43. DIMENSIONES DE CIMENTACIÓN E3. 74
CUADRO 44. DIMENSIONES DE CIMENTACIÓN E4. 76
CUADRO 45. CLASIFICACIÓN DEL TRÁNSITO Y FACTORES DE CONVERSION. 83
CUADRO 46. CONTEO VEHICULAR ESTIMADO. 84
CUADRO 47. CALCULO ESTIMADO DE LOS ESPESORES DEL PAVIMENTO. 86
CUADRO 48. CALCULO ESTIMADO DE LOS ESPESORES DEL PAVIMENTO CON PIEDRA BARICHARA. 88

1. INTRODUCCIÓN.

El presente informe técnico tiene como propósito documentar los resultados del estudio de suelos realizado para la Consultoria del Parque Principal del Municipio de Arcabuco, ubicado en el departamento de Boyacá, Colombia. Este estudio se enmarca dentro del contrato de consultoría CM-MA-001-2024, cuyo objetivo es proporcionar las bases técnicas necesarias para el diseño de las estructuras y pavimentos asociados al proyecto, garantizando la estabilidad y funcionalidad de las obras propuestas.

Dado que el diseño y la construcción de infraestructura en entornos urbanos requieren un entendimiento detallado de las condiciones geotécnicas, se llevaron a cabo investigaciones específicas para caracterizar el subsuelo del área de intervención. Estas actividades incluyeron la recopilación de información previa, la ejecución de estudios de campo y ensayos de laboratorio, y el análisis técnico de los datos obtenidos.

El enfoque adoptado en este informe se fundamenta en las mejores prácticas de la ingeniería geotécnica y vial, aplicando criterios normativos locales e internacionales. Además, se han tenido en cuenta las condiciones específicas del terreno y los requerimientos del proyecto, alineados con el Plan de Desarrollo Municipal "Por la Dignidad de Arcabuco". Este documento presenta un resumen detallado de los procedimientos realizados, los resultados obtenidos y las recomendaciones técnicas para el diseño y construcción del proyecto.

OBJETO DEL DOCUMENTO:

El presente memorial tiene como finalidad detallar las responsabilidades asumidas en el desarrollo del estudio de suelos para el proyecto de remodelación del Parque Principal del Municipio de Arcabuco. Este estudio tiene como objetivo caracterizar las propiedades del subsuelo en el área de interés, proporcionando información técnica para el diseño de cimentaciones y pavimentos, de conformidad con el Contrato CM-MA-001-2024.

ALCANCE DE LOS TRABAJOS:

- Revisión de Información Previa:

Recopilación de planos, topografía y antecedentes geológicos de la zona.

- Investigación de Campo:

-Ejecución de sondeos (perforaciones) a diferentes profundidades según el alcance del proyecto.
-Extracción de muestras alteradas e inalteradas para su análisis.
-Realización de pruebas in situ, como el ensayo de penetración estándar (SPT).

- Ensayos de Laboratorio:

Determinación de propiedades físicas y mecánicas del suelo, tales como granulometría, límites de Atterberg, densidad seca máxima, entre otros.

- Análisis y Diagnóstico:

-Interpretación de los resultados obtenidos en campo y laboratorio.
-Evaluación de capacidad portante y asentamientos del terreno.
-Elaboración de Informe Técnico:
-Presentación de los resultados y conclusiones del estudio de suelos.
-Recomendaciones para el diseño de estructuras y pavimentos.

LIMITACIONES DEL ESTUDIO:

El estudio se realizó en conformidad con los estándares técnicos vigentes y considerando las condiciones observadas durante la investigación. Los resultados son aplicables exclusivamente al área estudiada y bajo las condiciones presentes al momento del trabajo.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

2.1 OBJETIVO DEL PROYECTO.

"CONSULTORÍA PARA LA ELABORACIÓN DE ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS, ESTUDIO DE SUELOS Y GEOTÉCNICOS, ESTUDIO HIDROLÓGICO, ESTUDIO HIDRÁULICO, ESTUDIO ESTRUCTURAL, ESTUDIO ARQUITECTÓNICO, MEMORIAS, PRESUPUESTO, Y DEMÁS ESTUDIOS NECESARIOS PARA REALIZAR LA REMODELACION DEL PARQUE PRINCIPAL DEL MUNICIPIO DE ARCABUCO, A FIN DE BUSCAR FINANCIACIÓN CON RECURSOS DE DIFERENTES ENTIDADES DE ORDEN DEPARTAMENTAL Y/O NACIONAL CONFORME AL INDICADOR DE PERSONALIZADO "ADELANTAR UN (1) PROCESO DE ESTUDIOS, DISEÑOS Y MEJORAMIENTO DEL PARQUE MUNICIPAL." ENMARCADO EN EL PLAN DE DESARROLLO "POR LA DIGNIDAD DE ARCABUCO".

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Realizar estudio de suelos de acuerdo con las normas técnicas vigentes.
- Caracterizar el terreno de estudio.

- Evaluar las condiciones geotecnicas de la zona.
- Recomendar un diseño de cimentación.

2.3 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO.

El proyecto se encuentra ubicado en el departamento de Boyacá, Colombia de acuerdo a la localización relacionada a continuación:

Macro localización

El Municipio de Arcabuco se encuentra ubicado en el departamento de Boyacá, Colombia, específicamente en la provincia del Ricaurte. Forma parte de la región del Altiplano Cundiboyacense. Arcabuco está situado a una altitud promedio de 2,750 metros sobre el nivel del mar, con una temperatura promedio anual de 13°C. Se encuentra a una distancia aproximada de 42 kilómetros al norte de la ciudad de Tunja, la capital departamental. Limita al norte con el municipio de Moniquirá, al sur con Chíquiza, al este con Villa de Leyva y al oeste con Gachantivá. Su ubicación estratégica y su entorno natural montañoso lo destacan como un importante destino ambiental y turístico en la región.

Ilustración 1 Localización Geográfica de Arcabuco.



Micro localización

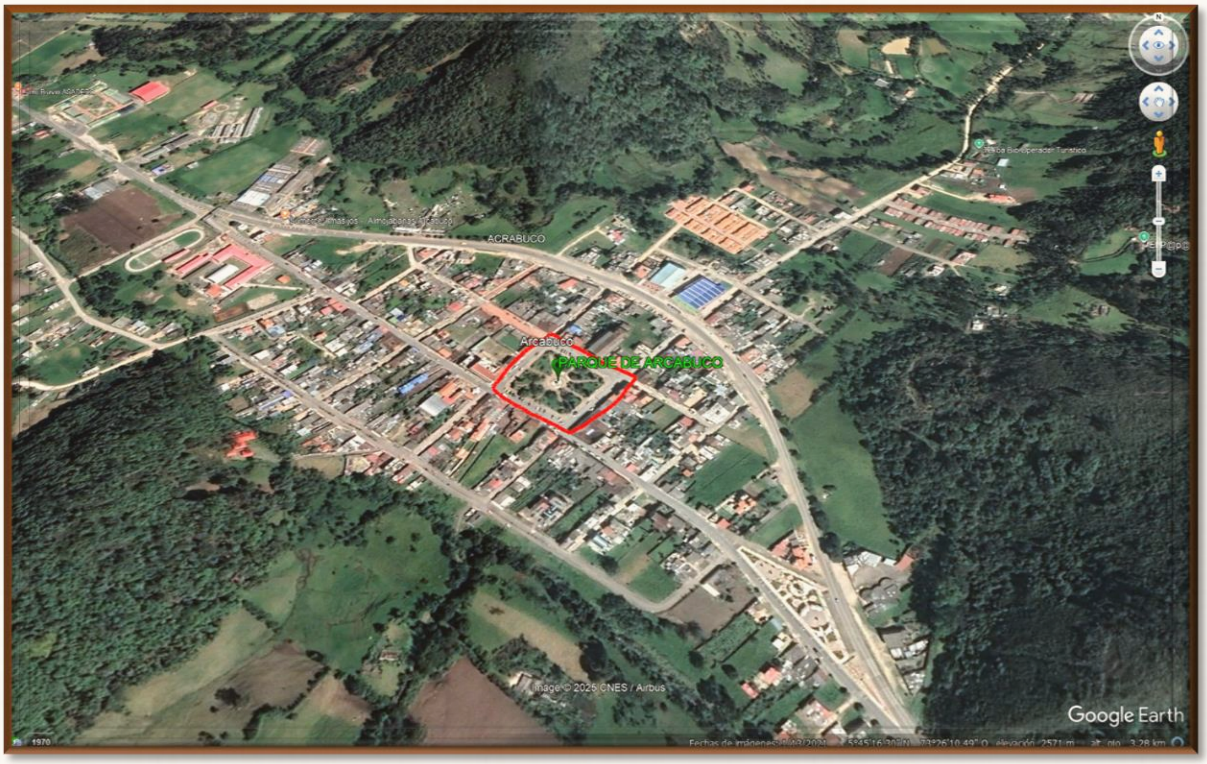
El proyecto se desarrolla específicamente en el Parque Principal del Municipio de Arcabuco, ubicado en el centro del casco urbano. Este espacio público es el eje principal de actividades sociales, culturales y administrativas del municipio. La zona de intervención comprende las áreas verdes, caminos peatonales, y el entorno inmediato del parque, considerando su conectividad con las vías principales y edificaciones circundantes, como la Alcaldía Municipal y la iglesia central. La microlocalización garantiza un acceso óptimo a servicios y recursos necesarios para la ejecución del proyecto. De acuerdo con las coordenadas geograficas del sistema de referencia WGS-84 , el proyecto se encuentra ubicado en las siguientes coordenadas:

Cuadro 1. Georreferenciación del proyecto.

Localización específica		
Sector	**Coordenada norte**	**Cordenada oeste**
CASCO URBANO	5°45'16.23"N	73°26'11.76"O

Fuente: Sondeos realizados en campo

Ilustración 2 Localización proyecto de referencia.



Calle 75 N° 2 A 40, Tunja, Boyacá
Somos una empresa Colombiana.
Teléfono: (314) 800 -1734 / (311) 242-5798
Email: Grancoecinsas@gmail.com

2.4 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS EL PROYECTO

El estudio de suelos desarrollado como parte de la remodelación del Parque Principal del Municipio de Arcabuco tiene como propósito principal caracterizar las condiciones geotécnicas del área de intervención para garantizar la estabilidad y funcionalidad de las estructuras y pavimentos proyectados. Las principales características de este estudio son:

1. **Investigación de Campo:**
   - Realización de sondeos geotécnicos a diferentes profundidades para evaluar las propiedades del subsuelo.
   - Extracción de muestras alteradas e inalteradas para análisis en laboratorio.
   - Ejecución de ensayos in situ, como pruebas de penetración estándar (SPT), para determinar la resistencia del terreno.
2. **Ensayos de Laboratorio:**
   - Análisis granulométrico y de límites de Atterberg para clasificar los suelos.
   - Determinación de la densidad seca máxima y contenido óptimo de humedad.
   - Evaluación de la capacidad portante del suelo.
3. **Análisis Geotécnico:**
   - Identificación de estratos del subsuelo y propiedades mecánicas de cada capa.
   - Evaluación de la capacidad de soporte del terreno y su comportamiento ante cargas estructurales.
   - Análisis de posibles asentamientos y recomendaciones para mitigarlos.
4. **Recomendaciones Técnicas:**
   - Propuestas para cimentaciones de estructuras en función de las condiciones del terreno.
   - Especificaciones para la preparación y compactación del terreno para los pavimentos.
   - Indicaciones para el manejo de aguas subterráneas en caso de su presencia.
5. **Documentación y Entregables:**
   - Informe técnico detallado con los resultados de campo y laboratorio.
   - Conclusiones y recomendaciones orientadas a la optimización del diseño estructural y vial.

Este estudio se ha realizado siguiendo los estándares nacionales e internacionales aplicables, asegurando una base técnica sólida para la toma de decisiones en el diseño y construcción del proyecto.

Dentro del presente proyecto se basarán en los siguientes documentos:

- **Normas de diseño sismorresistente colombiano (NSR-10).**
- **Norma técnica Colombiana (NTC).**

Etapa de estudios y diseños:

La etapa de estudios y diseños, particularmente el estudio de suelos, es fundamental para el éxito de cualquier proyecto de infraestructura. En el caso de la remodelación del Parque Principal del Municipio de Arcabuco, esta etapa cobra especial relevancia debido a su influencia directa en la estabilidad y durabilidad de las obras proyectadas.

Un análisis exhaustivo de las condiciones del subsuelo permite identificar posibles riesgos geotécnicos, como asentamientos diferenciales o baja capacidad portante, y desarrollar soluciones técnicas que optimicen el diseño estructural y vial. Asimismo, esta etapa asegura que los recursos financieros y materiales se utilicen de manera eficiente, reduciendo costos asociados a correcciones posteriores o fallas en la construcción.

El estudio de suelos proporciona información esencial para la selección de cimentaciones adecuadas, la preparación de terrenos y la prevención de problemas relacionados con la presencia de aguas subterráneas. Además, fortalece la planificación del proyecto al ofrecer datos concretos para la toma de decisiones, alineándose con las mejores prácticas en ingeniería civil y geotecnia.

La importancia de esta etapa radica no solo en garantizar la seguridad y funcionalidad del proyecto, sino también en cumplir con los estándares de calidad y sostenibilidad exigidos, contribuyendo al desarrollo integral del municipio de Arcabuco.

3. GEOLOGIA DE LA ZONA DE ESTUDIO

3.1 GEOLOGÍA DE LA REGIÓN

La región donde se ubica el Municipio de Arcabuco pertenece al Altiplano Cundiboyacense, caracterizado por su origen geológico asociado a formaciones sedimentarias del Cretácico y Terciario. Estas unidades están compuestas principalmente por areniscas, lutitas y calizas, las cuales han sido sometidas a procesos

tectónicos que generaron estructuras como pliegues y fallas, evidentes en el relieve montañoso.

El conocimiento de la geología regional es crucial para comprender las condiciones del subsuelo y su influencia en la estabilidad de las estructuras proyectadas. En Arcabuco, la combinación de suelos residuales y coluviales derivados de la meteorización de estas rocas, junto con la presencia de capas con características mecánicas variables, plantea desafíos que requieren un análisis detallado para asegurar el éxito del diseño y construcción de infraestructura.

El estudio geológico no solo aporta información sobre las propiedades físicas y mecánicas del terreno, sino que también permite identificar posibles riesgos geológicos, como deslizamientos, subsidencias o erosión, los cuales deben ser mitigados durante la fase de diseño. Por tanto, esta sección establece una base científica que respalda las decisiones tomadas en el desarrollo del proyecto.

- Condiciones Geológicas Predominantes del terreno.

Arcabuco, Boyacá, se encuentra en una región montañosa de los Andes colombianos, caracterizada por terrenos formados principalmente por rocas sedimentarias del Cretácico y Terciario, como areniscas, lutitas y calizas, con presencia de estructuras kársticas asociadas a la Formación Rosablanca. La topografía es ondulada y montañosa, con altitudes entre 2,600 y 3,000 msnm, donde predominan suelos residuales y transportados, incluyendo arcillas, limos y materiales orgánicos en áreas de humedales, que presentan variabilidad en su capacidad portante. Las condiciones tectónicas, influenciadas por la Falla de Arcabuco, y la alta pluviosidad anual (>1000 mm) generan riesgos de saturación, erosión y graduales, especialmente en pendientes. Además, la región posee acuíferos asociados a formaciones kársticas y areniscas, con un nivel freático variable. Desde una perspectiva geotécnica, es fundamental evaluar la estabilidad del terreno, realizar estudios de capacidad portátil y considerar las implicaciones sísmicas, ya que la zona presenta actividad sísmica moderada a alta. Este contexto resalta la importancia de un análisis detallado del subsuelo y de las condiciones hídricas para el diseño y desarrollo de infraestructura segura y sostenible.

La geología para ingeniería del área en estudio, mediante la descripción detallada de los afloramientos existentes en el Municipio de *Arcabuco*, con la consecución de la información geológica en campo de las zonas críticas y condiciones geológicas particulares en la zona de estudio.

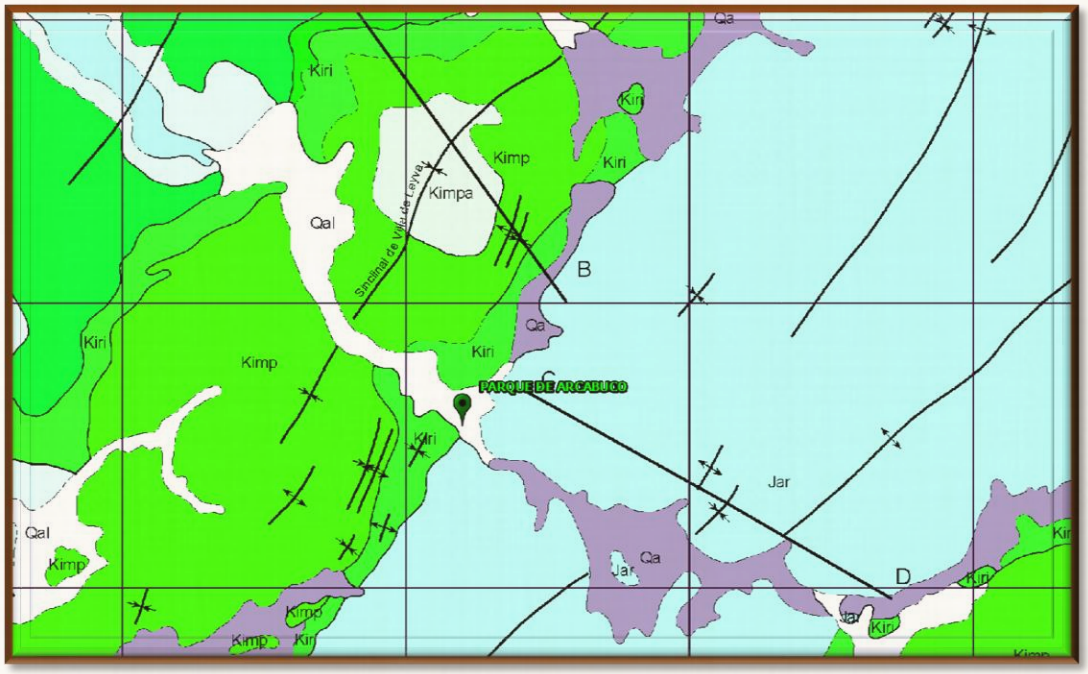
Se realizó una revisión bibliográfica de información secundaria obtenida obtenida de las Instituciones del estado (SGC, IGAC, etc.).

En análisis de la geología especifica de la región de estudio secundaria corresponde a la PLANCHA 171 - Arcabuco Instituto Colombiano de Geología y Minería INGEOMINAS.

- Geología Estructural en el la Zona de estudio.

Es de gran importancia en el estudio de suelos conocer la formación geologica a la que pertenece la zona de estudio. En este caso, el punto de estudio se encuentra ubicado sobre la Formación geologica **ALUVIONES (Qal).**

Ilustración 3 Localización de la formación geológica.



Los depósitos aluviales (Qal) identificados en la plancha geológica 172 de Colombia corresponden a materiales sedimentarios cuaternarios recientes formados por procesos de erosión, transporte y sedimentación fluvial. Estos depósitos se encuentran principalmente en los fondos de valle y planicies de inundación asociadas a los cauces activos de ríos y quebradas en la región, y están compuestos por una mezcla heterogénea de gravas, arenas, limos y arcillas.

La litología de los depósitos aluviales incluye gravas subangulosas a subredondeadas provenientes de la desintegración de rocas cercanas, arenas de grano medio a grueso con intercalaciones de limos finos y arcillas. Estos materiales presentan una estratificación irregular y mal definida, lo que refleja las condiciones de sedimentación de alta energía en los cursos fluviales. Por su naturaleza, los depósitos Qal son poco

consolidados, tienen una alta porosidad y son altamente variables en términos de su composición y distribución.

En términos geotécnicos, estos depósitos presentan características específicas que los hacen relevantes para los estudios de suelos. Las gravas y arenas muestran una alta permeabilidad y buena capacidad de drenaje, mientras que las limos y arcillas suelen tener una capacidad portante limitada y un comportamiento expansivo en algunos casos. Además, debido a su baja consolidación, estos depósitos son susceptibles a problemas como asentamientos diferenciales y pérdida de estabilidad en condiciones de carga. También presentan una alta susceptibilidad a la erosión e inundaciones, especialmente durante eventos de lluvias intensas.

Desde la perspectiva de uso y aprovechamiento, los depósitos aluviales son importantes para actividades agrícolas debido a la fertilidad relativa de los suelos desarrollados sobre ellos. Sin embargo, para fines de construcción e infraestructura, es fundamental realizar estudios detallados que evalúen las propiedades mecánicas, la estabilidad y las condiciones hídricas de estos suelos. Dichos estudios permiten garantizar diseños seguros y sostenibles, teniendo en cuenta la heterogeneidad del material y la influencia de factores externos como el régimen hídrico de la región.

3.2 GEOMORFOLOGÍA DEL SITIO

El parque principal de Arcabuco, ubicado en el flanco oriental de la Cordillera Oriental de los Andes colombianos, se encuentra en una región montañosa caracterizada por terrenos ondulados y quebrados, típicos de las formaciones geológicas sedimentarias presentes en la zona. La geomorfología del área está influenciada por procesos tectónicos, climáticos y fluviales que han moldeado el paisaje a lo largo del tiempo.

El sitio se encuentra en una topografía ligeramente ondulada, correspondiente a una terraza fluvial o depósito aluvial que forma parte de los valles intermontanos. Estas terrazas son producto de procesos de erosión y sedimentación que han generado acumulaciones de materiales aluviales en las partes más bajas del terreno, particularmente en áreas cercanas a quebradas o pequeños cursos de agua.

El alivio en los alrededores del parque presenta pendientes suaves a moderados, aunque estas se intensifican en las zonas más elevadas cercanas al casco urbano. La altitud del sitio oscila entre los 2,600 y 2,700 msnm, lo que influye en las condiciones climáticas y en la dinámica hídrica, favoreciendo un régimen de alta pluviosidad que puede generar procesos de escurrimiento superficial y acumulación de sedimentos en los sectores bajos.

Desde una perspectiva geotécnica, los suelos en el parque principal son en su mayoría aluviales y coluviales, con presencia de limos, arcillas y arenas finas, lo que puede implicar ciertas limitaciones en términos de capacidad portante y estabilidad frente a cargas estructurales. Asimismo, la cercanía de la región a estructuras tectónicas activas, como la Falla de Arcabuco, debe ser considerada en cualquier intervención que implique obras civiles, ya que influye en la sismicidad del área.

La geomorfología del sitio resalta la necesidad de un manejo adecuado del drenaje superficial y subterráneo para prevenir problemas de erosión y estabilidad. Además, se recomienda realizar estudios específicos de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos en el área antes de ejecutar cualquier proyecto que impacte directamente el terreno.

3.3 LITOLOGÍA DEL SITIO

El parque principal de Arcabuco, Boyacá, se encuentra ubicado en la región central del altiplano cundiboyacense, dentro del sistema orográfico de los Andes Orientales. Geológicamente, la zona está dominada por la influencia del Anticlinal de Arcabuco, una estructura tectónica que controla gran parte de las unidades litológicas expuestas en el área.

3.3.1.Unidades Litológicas Predominantes

La región presenta una composición litológica variada, con predominio de formaciones sedimentarias del Jurásico tardío al Cretácico temprano, como se detalla a continuación:

- Formación Arcabuco

Edad geológica: Jurásico tardío – Cretácico temprano.

Litología: Areniscas cuarzosas de color blanco a gris claro, con tamaños de grano de fino a medio. Alta selección y esfericidad, subredondeadas, indicando un ambiente de alta madurez textural. Estructuras sedimentarias comunes incluyen estratificación cruzada festoneada y paralela.

Ambiente deposicional: Asociado con sistemas fluviales y costeros de alta energía.

- Formación Une

Edad geológica: Cretácico inferior.

Litología: Lutitas grises oscuras intercaladas con delgadas capas de areniscas finas. Presencia de materia orgánica y algunos niveles calcáreos.

Ambiente deposicional: Ambiente marino transicional con condiciones anóxicas en algunos niveles.

- Formación Guaduas

Edad geológica: Cretácico superior – Paleoceno.

Litología: Areniscas grisáceas de grano medio a grueso, con intercalaciones de lutitas carbonáceas. Presencia de carbones de baja calidad y niveles de arcillas.

Ambiente deposicional: Ambientes deltaicos y fluviales.

- Suelos Residuales y Sedimentos Superficiales

En la superficie del parque principal de Arcabuco, los materiales predominantes son suelos residuales derivados de la meteorización in situ de las areniscas de la Formación Arcabuco. Estos suelos presentan las siguientes características:

Textura: Franco arenosa a arenosa.

Color: Marrón claro a rojizo debido a la oxidación de minerales ferrosos.

Permeabilidad: Alta, favoreciendo el drenaje rápido.

Capacidad de soporte: Moderada, con propiedades mecánicas dependientes del contenido de finos y la compactación.

Además, se encuentran niveles de coluviones en depresiones locales y sedimentos fluviales recientes asociados a cursos de agua menores en las cercanías del parque.

- Implicaciones Geotécnicas

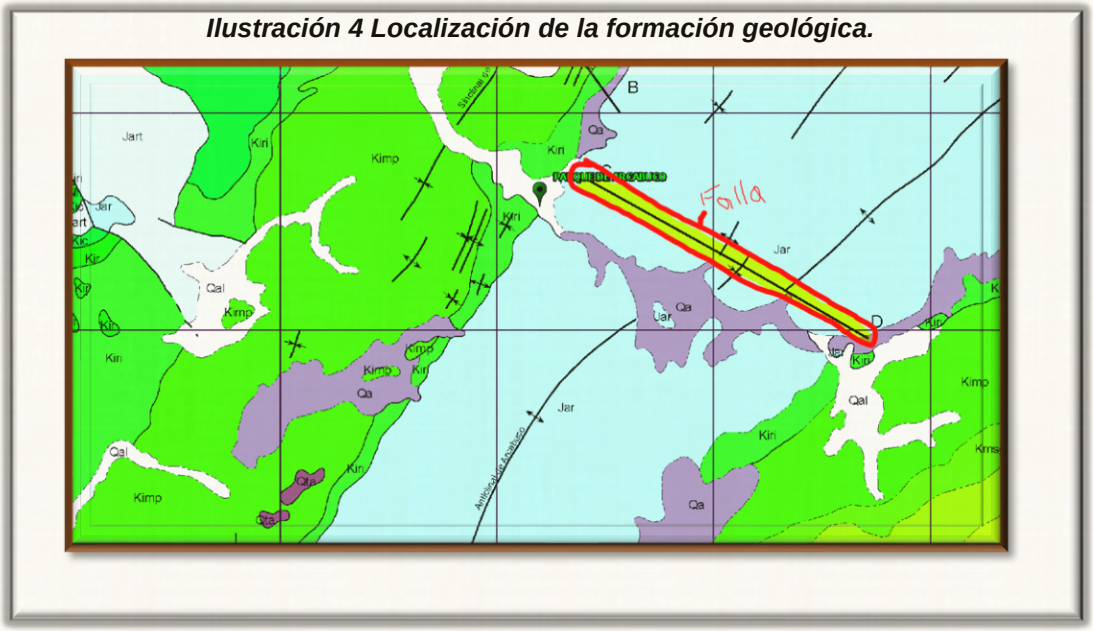
La litología descrita influye directamente en las propiedades del suelo en el parque principal de Arcabuco. Las areniscas cuarzosas generan suelos con buenas condiciones de drenaje pero con susceptibilidad a la erosión superficial. Las intercalaciones de lutitas y niveles arcillosos podrían representar zonas de debilidad mecánica, especialmente bajo condiciones de saturación.

Para el diseño geotécnico, se recomienda realizar estudios de caracterización detallados que incluyan pruebas de resistencia al corte, permeabilidad y consolidación, así como un análisis exhaustivo del perfil estratigráfico local.

3.4 FALLAS GEOLOGICAS DE LA REGIÓN

De acuerdo con la ilustración 4, se observan fallas geologicas cerca a a zona de estudio, de acuerdo una medición realizada en softaware ARCGIS, la falla geologica más cercana se encuentra a 1166 m de la zona de estudio. La falla de referencia (ver ilustración 4), visualmente se mantiene estática, sin embargo, es recomendable hacer un seguimiento a los movimientos de tierra existentes en la zona.

Ilustración 4 Localización de la formación geológica.



- Consideraciones específicas para Arcabuco:

La región de Arcabuco se encuentra dentro de un contexto tectónico activo influenciado por la orogenia andina, lo que ha generado una red de fallas geológicas que controlan la configuración del paisaje y las características geológicas locales. A continuación se nombran las principales fallas cercanas a la zona de estudio.

- **Falla de Arcabuco**

Tipo: Falla inversa.

Orientación: Generalmente NE-SO.

Características: Esta falla es una de las principales estructuras de la región, asociada a movimientos compresivos que han generado el levantamiento de bloques y el desarrollo de pliegues como el Anticlinal de Arcabuco.

- **Falla de Tunja**

Tipo: Falla inversa con componentes de deslizamiento lateral.

Orientación: Predominantemente N-S.

Características: Controla parte del relieve hacia el sur de Arcabuco y actúa como un límite estructural entre diferentes unidades litológicas.

- **Otras Fallas Menores**

Varias fallas secundarias, generalmente paralelas o subparalelas a las estructuras principales, actúan localmente sobre el relieve y los patrones de drenaje.

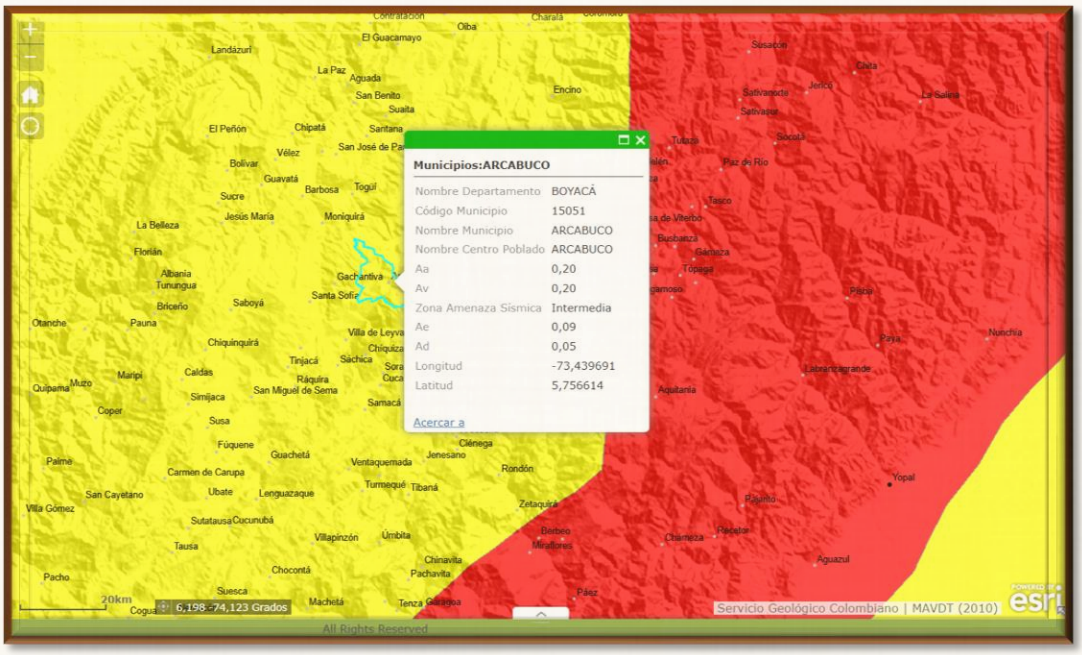
3.5 SISMICIDAD DE LA REGIÓN (NSR-10)

La clasificación sísmica permite determinar el nivel de peligro sísmico de una región, lo que a su vez facilita la implementación de medidas de prevención y mitigación de los efectos de los terremotos. Esta clasificación se basa en diversos factores, como la historia sísmica de la región, la presencia de fallas geológicas activas y las características del suelo.

Según el Estudio de Amenaza Sísmica de Colombia realizado por el Servicio Geológico Colombiano, Ramiriquí se encuentra en una zona de **amenaza sísmica intermedia**. Esto significa que existe una probabilidad significativa de que ocurra un terremoto de gran magnitud en la región.

La clasificación sísmica de Arcabuco tiene importantes implicaciones para la planificación urbana y la construcción en el municipio. Las normas de construcción colombianas exigen que las edificaciones sean diseñadas para resistir terremotos de acuerdo con la clasificación sísmica de la zona. En el caso de Arcabuco, las edificaciones deben ser diseñadas para resistir terremotos intermedios.

Ilustración 5 Clasificación sismica de Ramiriquí



De acuerdo con el servicio geologico colombiano los coeficientes de acelaración sismica para Ramiriqui son: **Aa de 0.20 y Av es de 0.20. Ae=0.09 y Ad=0.05.**

https://srvags.sgc.gov.co/JSViewer/Amenaza_Sismica/

De acuerdo con el servicio geologico colombiano, la persepción del moviemento en la región es **MUY FUERTE**, por lo cual se recomienda implementar algunas medidas de prevención y mitigación.

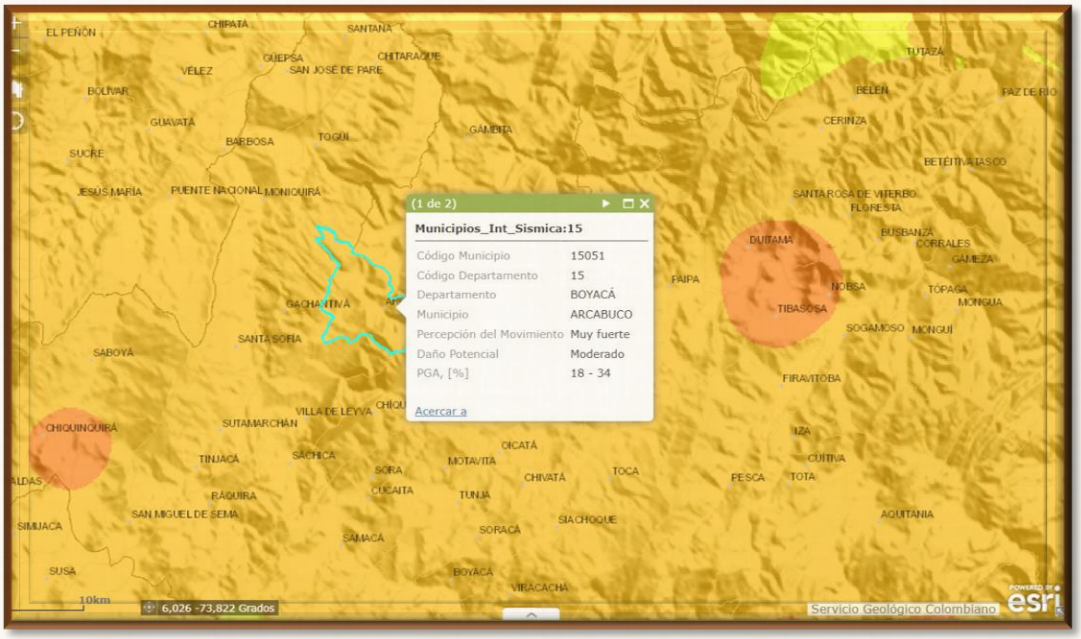
Medidas de Prevención y Mitigación:

Además de las normas de construcción, existen otras medidas que se pueden tomar para prevenir y mitigar los efectos de los terremotos en Ramiriquí. Entre estas medidas se encuentran:

- **Educación y concientización de la población:** Es importante que la población esté informada sobre el riesgo sísmico y las medidas que se pueden tomar para protegerse en caso de un terremoto.
- **Planificación de emergencias:** El municipio debe contar con un plan de emergencias que incluya medidas de evacuación y atención a las víctimas en caso de un terremoto.

- **Reforzamiento estructural de edificaciones existentes:** Las edificaciones existentes que no fueron diseñadas para resistir terremotos fuertes pueden ser reforzadas estructuralmente para mejorar su capacidad de resistir sismos.

Ilustración 6 Persepción de movimento en Arcabuco.



4. CLASIFICACIÓN DEL CLIMA DE LA REGIÓN

4.1 ÍNDICE DE THORNTHWAITE (IT)

El índice de Thornthwaite (IT) es un método sencillo y ampliamente utilizado para clasificar climas a partir de datos de temperatura y precipitación. Este índice se basa en la evapotranspiración potencial (ETP), que es la cantidad máxima de agua que podría evaporarse y transpirarse de una superficie vegetal en condiciones climáticas ideales. El IT se calcula como la diferencia entre la precipitación (P) y la ETP, y se utiliza para determinar si un clima es húmedo, seco o árido. Este índice es una herramienta fundamental para comprender la relación entre el clima y los suelos de una región.

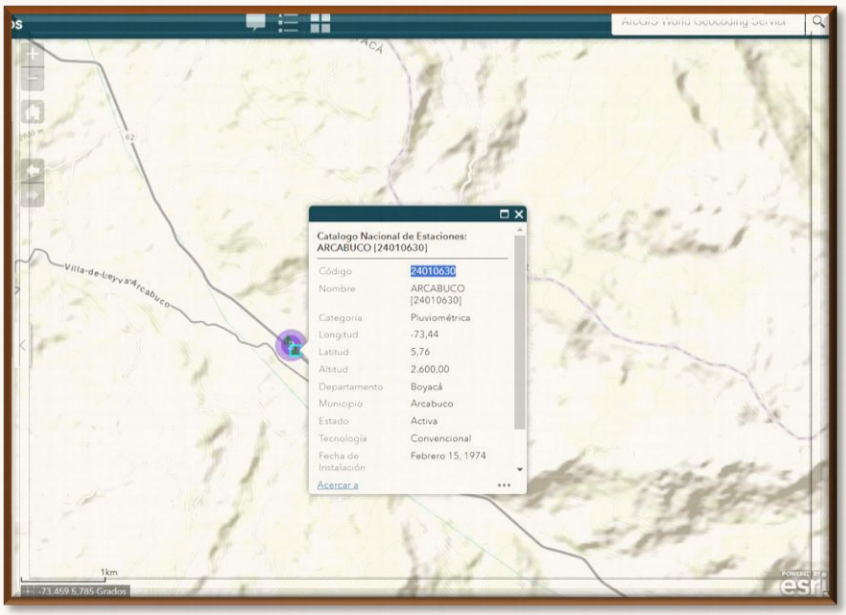
El IT tiene un impacto significativo en la clasificación climática de los suelos. Los suelos de climas húmedos son generalmente más lixiviados y tienen una mayor acidez que los

suelos de climas secos. Los suelos de climas áridos, por otro lado, son más propensos a la salinización y la alcalinización.

La estación climatica más cercana esta referenciada por el IDEAM como estación ARCABUCO código 24010630

http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/

Ilustración 7 Estación meteorologica de Arcabuco.



De acuerdo con los datos historicos suministrados por el IDEAM referentes a la precipitación y a la temperatura, se hallá el índice de Thornthwite que en este caso fue de 170.35% - A que corresponde a un clima **EXCESIVAMENTE HÚMEDO.**

Cuadro 2. Clasificación según índice de Thornthwite.

TMI (IT %)	SÍMBOLO	TIPO CLIMÁTICO
>100	A	EXCESIVAMENTE HÚMEDO
80 A 100	B4	MUY HÚMEDO
60 A 80	B3	HÚMEDO
40 A 60	B2	MODERADAMENTE HÚMEDO
20 A 40	B1	LIGERAMENTE HÚMEDO

0 A 20	C2	SUBHÚMEDO - HÚMEDO
-20 A 0	C1	SUBHÚMEDO-SECO
-40 A -20	D	SEMIÁRIDO
< - 40	E	ÁRIDO

4.2 CLASIFICACIÓN DE ACUERDO CON EL RANGO DE TEMPERATURA

De acuerdo con la información del IDEAM, la temperatura promedio del municipio de ARCABUCO es de 13.6ºC de ultimo año (2024), por lo cual, de acuerdo con las categorías del clima por temperatura del INVIAS, ARCABUCO esta clasificado como **frio.**

Cuadro 3. Categorías del clima por temperatura.

Categoría del clima	Temperatura media diaria del aire histórica, de los siete (07) días consecutivos más calientes del año T7 (ºC).
Frío	T7<=20
Templado	20 < T7 <= 30
Cálido	T7>30

Nota: No se tiene registro de información de la Temperatura media diaria del aire histórica, de los siete (07) días consecutivos más calientes del año T7 (ºC), por lo cual se tomo la temperatura como referencia los datos de temperatura mensuales obtenidos para el año 2023.

5. DESCRIPICIÓN DE LOS SUELOS DE LA ZONA DE ESTUDIO

5.1 ENSAYOS REALIZADOS IN SITU (EXPLORACIÓN EN CAMPO)

De acuerdo con el titulo H del Reglamento colombiano de construcción Sismo resistente NSR-10., el proyecto en mención se clasifica como " CATEGORIA BAJA".

Cuadro 4. Tabla H.3.1-1:Clasificación de las unidades de construcción por categrorias

Categoría de la unidad de construcción	Según los niveles de construcción	Según las cargas máximas de servicio en las columnas (KN)
BAJA	***HASTA 3 NIVELES***	***MENORES DE 800 KN***

MEDIA	ENTRE 4 Y 10 NIVELES	ENTRE 801 Y 4000 KN
ALTA	ENTRE 11 Y 20 NIVELES	ENTRE 4001 Y 8000 KN
ESPECIAL	MAYOR DE 20 NIVELES	MAYORES DE 8000 KN

5.1.1. Número mínimo de sondeos

Se realizaron 4 puntos de estudio de suelos en el lote de referencia con el fin de identificar los suelos presentes en la zona de estudio de acuerdo con los requerimeintos del Reglamento colombiano de construcción Sismo resistente NSR-10.

5.1.2. Profundidad de los sondeos

La profundidad de los sondeos se establecio de acuerdo a los criterios establecidos en el numeral H.3.2.5 del Reglamento colombiano de construcción Sismo resistente.

5.1.3. Ensayo de penetración en campo SPT

El levantamiento en campo se realizó a través del ensayo SPT. El ensayo SPT se basa en la hinca de un tomamuestras de tubo partido en el suelo mediante golpes de una maza. Se contabiliza el número de golpes necesarios para que el tomamuestras penetre 30 cm, dividiendo este valor en dos intervalos de 15 cm. Este proceso se lleva a cabo en el fondo de un pozo previamente perforado.

El principal objetivo del ensayo SPT es determinar la resistencia a la penetración del suelo.

Estudio de suelos realziados *“ in situ”*

- **Estudio de suelos 1**

El estudio 1, se realizó sobre la parte alta del zona de estudio.

Ilustración 8: S1-Profundidad (0.0m-0.35m).



Ilustración 9: S1-Profundidad (0.35m-0.80m).



Ilustración 10: S1-Profundidad (0.8m-1.3m).



Ilustración 11: S1-Profundidad (2.30m-2.7m).



Ilustración 12: S1-Profundidad (2.00m-2.8m).



Ilustración 13: S1-Profundidad (2.8m-3.50m).



Ilustración 14: S1-Registro fotografico-1.



Ilustración 15: S1-Registro fotografico-2.



Ilustración 16: S1-Registro fotografico-3.



Ilustración 17: S1-Registro fotografico-4.



Ilustración 18: S1-Registro fotografico Lab-1.



Ilustración 19: S1-Registro fotografico Lab-2.



Ilustración 20: S1-Registro fotografico Lab-3.

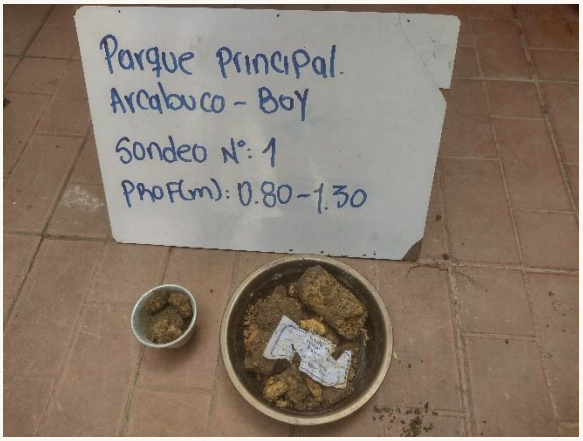


Ilustración 21: S1-Registro fotografico Lab-4.

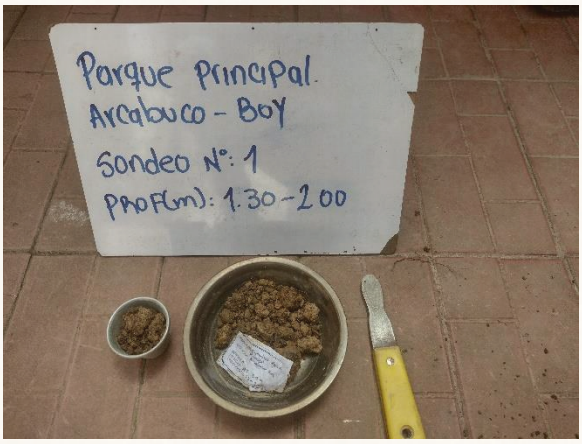
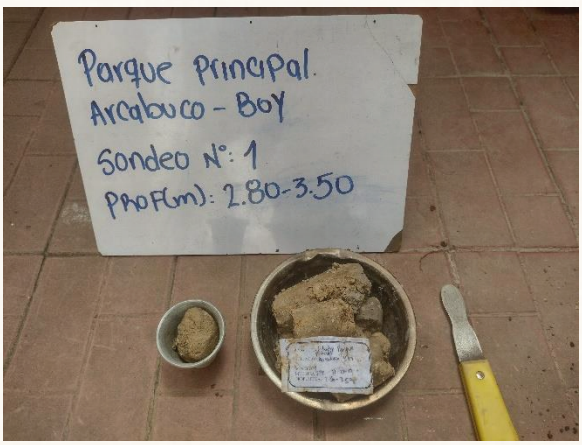


Ilustración 22: S1-Registro fotografico Lab-5.



Ilustración 23: S1-Registro fotografico Lab-6.



- **Estudio de suelos 2.**

El estudio 2, se realizó sobre la parte media de la zona de estudio.

Ilustración 24: S2-Registro fotografico-1.



Ilustración 25: S2-Registro fotografico-2.



Ilustración 26: S2-Profundidad (0.00m-0.35m).



Ilustración 27: S2-Profundidad (0.35m-0.60m).



Ilustración 28: S2-Profundidad (0.60m-1.1m).



Ilustración 29: S2-Profundidad (1.1m-1.60m).



Ilustración 30: S2-Profundidad (1.6m-1.9m).



Ilustración 31: S2-Profundidad (Rechazo).



Nota: En el sondeo 2, el equipo a la profundidad de 1.90 presentó rechazó por el suelo duro, roca sedimentaria posiblemente una arcillolita joven

.

Ilustración 32: S2-Registro fotografico Lab-1.

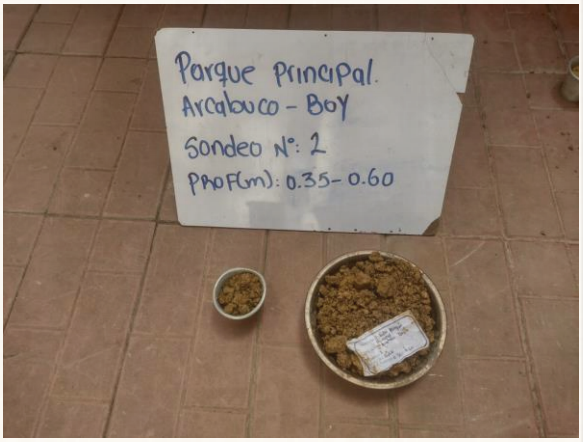


Ilustración 33: S2-Registro fotografico Lab-2.

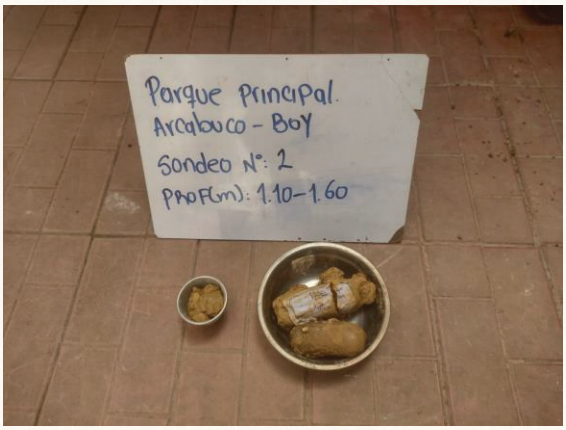


Ilustración 34: S2-Registro fotografico Lab-3.



Ilustración 35: S2-Registro fotografico Lab-4.



- **Estudio de suelo 3.**

El Estudio 3, se realizó sobre la via adyacentes al parque

Ilustración 36: S3-Registro fotografico-1.



Ilustración 37: S3-Registro fotografico-2.



Ilustración 38: S3-Registro fotografico-3.



Ilustración 39: S3-Registro fotografico-4.



Ilustración 40: S3-Registro fotografico-5.



Ilustración 41: S3-Registro fotografico-6.



Ilustración 42: S3-Registro fotografico-7.

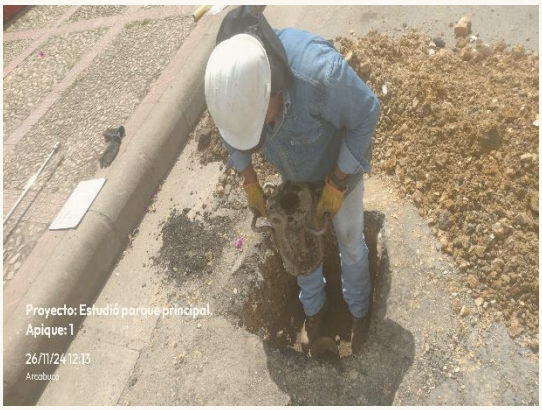


Ilustración 43: S3-Registro fotografico-8.



Ilustración 44: S3-Registro fotografico-9.



Ilustración 45: S3-Registro fotografico-10.



Ilustración 46: S3-Registro fotografico-11.



Ilustración 47: S3-Registro fotografico-12.



- **Estudio de suelo 4.**

El estudio numero 4, se realizó sobre la via adyacentes al parque.

Ilustración 48: S4-Registro fotografico-1.



Ilustración 49: S4-Registro fotografico-2.



Ilustración 50: S4-Registro fotografico-4.



Ilustración 51: S4-Registro fotografico-4.



Ilustración 52: S4-Registro fotografico-5.



Ilustración 54: S4-Registro fotografico-6.



Ilustración 53: S4-Registro fotografico-7.



Ilustración 55: S4-Registro fotografico-8.



Ilustración 56: S4-Registro fotografico-9.



Ilustración 57: S4-Registro fotografico-10.



5.2 CARACTERIZACIÓN DE SUELOS

5.2.1. Determinacion contenido de agua (humedad) de muestras suelo , roca y mezclas de suelo- agregado.

- **Estudio de suelos 1**

Para el estudio de suelos S1, se encontro que la humedad natural esta entre el 11,42 % y el 37.11%.

La humedad natural entre 11,42% y 37.11% se considera un rango ideal para la mayoría de los suelos. Sin embargo, es importante tener en cuenta las características específicas del suelo y del proyecto. La humedad natural ideal puede ser ligeramente diferente en climas secos o húmedos.

- **Estudio de suelos 2**

Para el estudio de suelos S2, se encontro que la humedad natural esta entre el 12.94 % y el 33.41%.

la humedad natural entre 12.94% y 33.41% se encuentra cercana al rango ideal para la mayoría de los suelos. Sin embargo, es importante realizar un análisis cuidadoso para determinar si es necesario ajustar la humedad del suelo para optimizar su comportamiento y evitar problemas geotécnicos.

- **Estudio de suelos 3**

Para el estudio de suelos S3, se encontro que la humedad natural esta entre el 15.88 % y el 22.20%.

La humedad natural entre 15.88% y 22.20% abarca un amplio rango con diferentes significados para la ingeniería civil. Un análisis cuidadoso y contextualizado es crucial para determinar si la humedad es adecuada para un proyecto específico.

- **Estudio de suelos 4**

Para el estudio de suelos S4, se encontro que la humedad natural esta entre el 18.74 % y el 29.50%.

La humedad natural entre 18.74% y 29.50% abarca un amplio rango con diferentes significados para la ingeniería civil. Un análisis cuidadoso y contextualizado es crucial para determinar si la humedad es adecuada para un proyecto específico.

5.2.2. Determinacion de la cantidad de material que pasa el tamiz 75 µm (nº 200) mediante lavado.

Este ensayo, también conocido como análisis granulométrico por lavado, determina la cantidad de material fino (arcillas y limos) presente en un suelo. Se realiza lavando una muestra de suelo tamizada a través de un tamiz N° 200 (75 µm) y posteriormente pesando el material que pasa a través del tamiz. El porcentaje de material que pasa el tamiz N° 200 es un criterio fundamental para la clasificación de suelos según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y la AASHTO.

Cuadro 5. Resumen de resultados material pasa el tamiz nº 200.

SONDEO	Resultados de laboratorio		Clasificación
	Mínimo	Máximo	
S1	20.83%	40.46%	**Suelo Particulas gruesas**
S2	5.74%	48.94%	**Suelo Particulas gruesas**
S3	18.92%	25.75%	**Suelo Particulas gruesas**
S4	23.94%	32.87%	**Suelo Particulas gruesas**

5.2.3. Determinación de los Limites de Atterberg.

Los Límites de Atterberg son parámetros físicos que definen el comportamiento de los suelos finos (arcillas y limos) en función de su contenido de humedad. Estos límites son:

Límite Líquido (LL): Contenido de humedad en el que el suelo pasa de un estado plástico a un estado líquido.

Límite Plástico (LP): Contenido de humedad en el que el suelo pasa de un estado plástico a un estado semisólido.

Índice de Plasticidad (IP): Diferencia entre el LL y el LP, indica la plasticidad del suelo.

Los Límites de Atterberg se utilizan para clasificar los suelos finos en diferentes grupos según su comportamiento. Esta clasificación es fundamental para la selección de métodos de análisis y diseño en ingeniería geotécnica y permiten estimar propiedades ingenieriles importantes del suelo, como la cohesión, la compresibilidad y la permeabilidad. Esta información es crucial para el diseño de cimentaciones, terraplenes, excavaciones y otras obras geotécnicas.

- **Estudio de suelos 1**

De acuerdo con los resultados obtenidos en laboratorio

Cuadro 6. Resumen de resultados límites de attergberg.S1.

Profundidad	Límite Liquido	Límite plastico	Índice de plasticad	CLASIFICACIÓN DE SUELO
0.00 m a 0.35 m	41.24%	31.95%	9.29%	Limo y arcillas organicas de baja compresibilidad. (OL-ML)
0.35 m a 0.8 m	37.29%	28.03%	9.25%	Limo y arcillas organicas de baja compresibilidad. (OL-ML)
0.80 m a 1.30 m	32.96%	24.80%	8.16%	Limo y arcillas organicas de baja compresibilidad. (OL-ML)
2.00 m a 2.80 m	18.24%	14.64%	3.60%	Limo y arcillas organicas de baja compresibilidad. (OL-ML)
2.80 m a 3.50 m	15.92%	14.55%	1.37%	Limo y arcillas organicas de baja compresibilidad. (OL-ML)

- **Estudio de suelos 2**

De acuerdo con los resultados obtenidos en laboratorio

Cuadro 7. Resumen de resultados límites de attergberg.S2.

Profundidad	Límite Liquido	Límite plastico	Índice de plasticad	CLASIFICACIÓN DE SUELO
0.00 m a 0.35 m	43.13%	17.39%	25.74%	Arcilla de baja compresibilidad (CL)
0.35 m a 0.80 m	21.79%	17.39%	4.40%	Limo y arcillas organicas de baja compresibilidad. (OL-ML)
0.80 m a 1.30 m	22.14%	16.76%	5.39%	Limo y arcillas organicas de baja compresibilidad. (OL-ML)

- **Estudio de suelos 3**

De acuerdo con los resultados obtenidos en laboratorio

Cuadro 8. Resumen de resultados límites de attergberg.S3.

Profundidad	Límite Liquido	Límite plastico	Índice de plasticad	CLASIFICACIÓN DE SUELO
0.07 m a 0.45 m	36.18%	22.62%	13.55%	Arcilla de baja compresibilidad (CL)
0.45 m a 0.70 m	27.80%	20.39%	7.41%	Limo y arcillas organicas de baja compresibilidad. (OL-ML)
0.70 m a 1.50 m	26.59%	20.59%	6.00%	Limo y arcillas organicas de baja compresibilidad. (OL-ML)

- **Estudio de suelos 4**

De acuerdo con los resultados obtenidos en laboratorio

Cuadro 9. Resumen de resultados límites de attergberg.S3.

Profundidad	Límite Liquido	Límite plastico	Índice de plasticad	CLASIFICACIÓN DE SUELO
0.16 m a 0.36 m	35.62%	22.35%	13.27%	Arcilla de baja compresibilidad (CL)
0.36 m a 0.60 m	40.82%	23.53%	17.29%	Arcilla de baja compresibilidad (CL)
0.60 m a 1.00 m	25.96%	21.29%	4.67%	Limo y arcillas organicas de baja compresibilidad. (OL-ML)

5.2.3. Determinación de los Pesos unitarios.

El peso unitario es un parámetro fundamental para calcular la capacidad portante del suelo, es decir, la carga máxima que puede soportar sin fallar.

Cuadro 10. Resumen de resultados peso unitario.

SONDEO	PROFUNDIDAD (m)	PESO UNITARIO SECO ($\frac{gr}{cm^3}$)	PESO UNITARIO HÚMEDO ($\frac{gr}{cm^3}$)
S1	2.80 A 3.50	**2.37**	**2.12**
S2	0.60 a 1.1	**1.92**	**1.62**

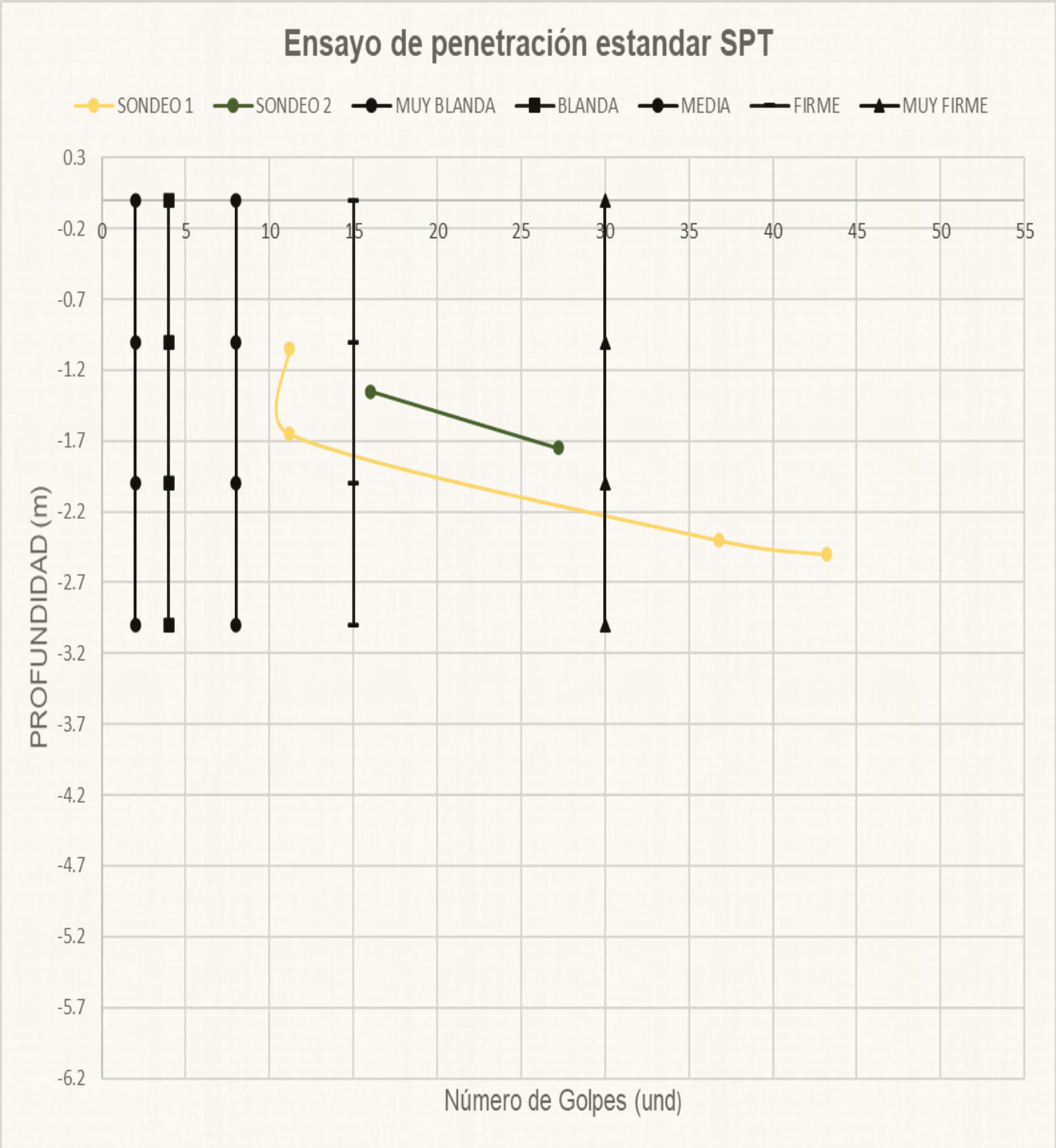
5.2.4. Determinacion de la resistencia al corte mediante ensayo SPT.

El ensayo SPT es una herramienta valiosa en la ingeniería geotécnica para la obtención de información sobre las propiedades del suelo. Si bien tiene algunas limitaciones, el SPT es un ensayo simple, económico y ampliamente utilizado que proporciona información rápida y precisa sobre la resistencia a la penetración, la densidad y la capacidad portante del suelo.

Cuadro 11. Resumen de resultados SPT.

Nº de Sondeo		Profundidad			Número de golpes			N_{SPT}	CLASIFICACIÓN DEL SUELO	Índice de plasticidad (%)	FACTOR DE CORRECCIÓN POR SUELO	$N_{SPT_CORREGIDO}$	CONSITENCIA
	Nivel freático	De	a	Promedio	N15	*N30*	*N45*						
S1	-	0.8	1.3	1.05	4	*4*	*3*	7	ML	8.16	1.6	11.2	Media
	-	1.3	2	1.65	3	*3*	*4*	7	ML	8.16	1.6	11.2	Media
	-	2	2.8	2.4	3	*11*	*12*	23	ML	3.6	1.6	36.8	Muy firme
	-	2.3	2.7	2.5	14	*13*	*14*	27	ML	24.03	1.6	43.2	Muy firme
S2	-	1.1	1.6	1.35	2	*4*	*6*	10	ML	5.39	1.6	16	Media
	-	1.6	1.9	1.75	9	*17*	*0*	17	ML	5.39	1.6	27.2	Muy firme

Ilustración 58: Gráfica representativa del ensayo de penetración estandar SPT.



- **5.2.5. Determinacion del perfil del suelo a partir del SPT (NSR 10- A.2.4.2)**
- **El procedimeinto que se emplea para definir el tipo de perfil de suelo se basa en los valores de los párametros del suelo de los 30 metros superiores del perfil. Se definenen seis tipos de perfil de suelo los cuales se presentan acontinuación:**

Cuadro 12. Clasifciación de los perfiles del suelo

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$V_s \geq 1500\ \frac{m}{s}$
B	Perfil de roca de Rígidez media	$1500\frac{m}{s} > V_s \geq 760\ \frac{m}{s}$
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda cortante o,	$760\ \frac{m}{s} > V_s \geq 360\ \frac{m}{s}$
	Perfieles de suelos muy densos o roca blanda que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$\bar{N} \geq 50$ $\overline{Su} \geq 100\ kPa\ (\approx 1\ \frac{kgf}{cm^2})$
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante o	$360\ \frac{m}{s} > V_s \geq 180\ \frac{m}{s}$
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan culquiera de las dos condicones.	$50 > \bar{N} \geq 15$ $100\ kPa\ \left(\approx 1\ \frac{kgf}{cm^2}\right) > \overline{Su} \geq 50\ kPa\ (\approx 0.5\ \frac{kgf}{cm^2})$
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$180\ \frac{m}{s} > V_s$
	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas.	$50\ kPa\ \left(\approx 0.5\ \frac{kgf}{cm^2}\right) > \overline{Su}$ IP>20 W≥ 40%
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explicitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista de acuerdo con el procedimiento A.2.10. Se contemplan las siguientes subclases: F1- Suelos suceptibles a la falla o colapso causado por la exitación sísmica , tales como: suelos licuables, arcillas sensitivas , suelos dispersivos o débilmente cementados, etc. F2- Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H > 3m para turba o arcillas orgánicas o muy orgánicas) F3- Arcillas de muy alta plasticidad (H > 7.5 m con índice de plasticidad IP > 75%. F4- Perfiles de gran espesor de arcillas de rígidez mediana a blanda (H > 36 m)	

ESTUDIO DE SUELOS CONSULTORIA: ESTUDIOS DEL PARQUE,ARCABUCO-2025

- **La clasificación del suelo dentro de los perfiles tipo C,D o E se hace deacuerdo a la siguiente tabla :**

Cuadro 13. Criterios para clasificar suelos dentro de los perfiles de suelo tipos C,D o E.

Tipo de perfil	V_s	$\overline{N}$	$\overline{Su}$
C	Entre 360 y 760 $\frac{m}{s}$	Mayor que 50	$mayor\ que\ 100\ kPa\ \left(\approx 1\ \frac{kgf}{cm^2}\right)$
D	Entre 180 y 360 $\frac{m}{s}$	Entre 15 y 50	$entre\ que\ 50\ y\ 100\ \ kPa\ \left(\approx 0.5\ a\ 1\ \frac{kgf}{cm^2}\right)$
E	Menor 180 $\frac{m}{s}$	Menor de 15	$menor\ que\ 50\ kPa\ \left(\approx 0.5\ \frac{kgf}{cm^2}\right)$

Asi pues , podemos definir el suelo teniendo en cuenta el resultado obtenido en el ensayo de SPT: N_ corregido = (11.2) para el Estudio de suelos s1 y (16) para el estudio de suelos s2..

Teniendo en cuenta los críterios de evaluación de las onda hayamos la velocidad de onda

Cuadro 14. Evaluación de criterios para clasificar suelos dentro de los perfiles de suelo tipos C,D o E para el S1.

AUTOR	ECUACIÓN	N (Z< 1.50m)	RESULTADO (M/S)
Imai y Yoshimura (1970)	VS= 76*N^0.33	11.2	168.67
Ohba y Toriumi (1970)	VS=86*N^0.31	11.2	181.86
Ohta y Goto (1970)	VS=85.34*N^0.348	11.2	194.03
		Promedio	***181.52***

Según el artículo A.2.4.4 — DEFINICIÓN DEL TIPO DE PERFIL DE SUELO es D, ya la velocidad de onda de corte se encuentra dentro los límites, cumpliendo la condición 360 m/s > Vs >180 m/s. **Fa= 1.4 y Fv=1.9**

Cuadro 15. Evaluación de criterios para clasificar suelos dentro de los perfiles de suelo tipos C,D o E para el S2.

AUTOR	ECUACIÓN	N (Z< 1.50m)	RESULTADO (M/S)

Imai y Yoshimura (1970)	VS= 76*N^0.33	16	189.74
Ohba y Toriumi (1970)	VS=86*N^0.31	16	203.13
Ohta y Goto (1970)	VS=85.34*N^0.348	16	219.05
		Promedio	***203.97***

Según el artículo A.2.4.4 — DEFINICIÓN DEL TIPO DE PERFIL DE SUELO es D, ya la velocidad de onda de corte se encuentra dentro los límites, cumpliendo la condición 360 m/s > Vs >180 m/s. **Fa= 1.4 y Fv=1.9**

- **5.2.6. Determinacion de la cohesión del suelo (condicion no consolidada no drenada).**

El ensayo de compresión inconfinada, también conocido como ensayo de carga puntual. Este ensayo es una prueba mecánica de laboratorio que se utiliza para determinar la resistencia a la compresión simple de un suelo sin confinar. Para este ensayo, en este estudio de suelos se recupero muestra inalterada en el tubo shelby en el estudio de suelos S2, debido a que en los demás sondeos , la muestra salian alteradas o trituradas. Por cosniguiente, se realizó en el ensayo de compresion inconfianda en la muestra recuperada.

Objetivo:

El objetivo principal del ensayo de compresión inconfinada es obtener la resistencia a la compresión no confinada (qu) del suelo. Esta información es útil para:

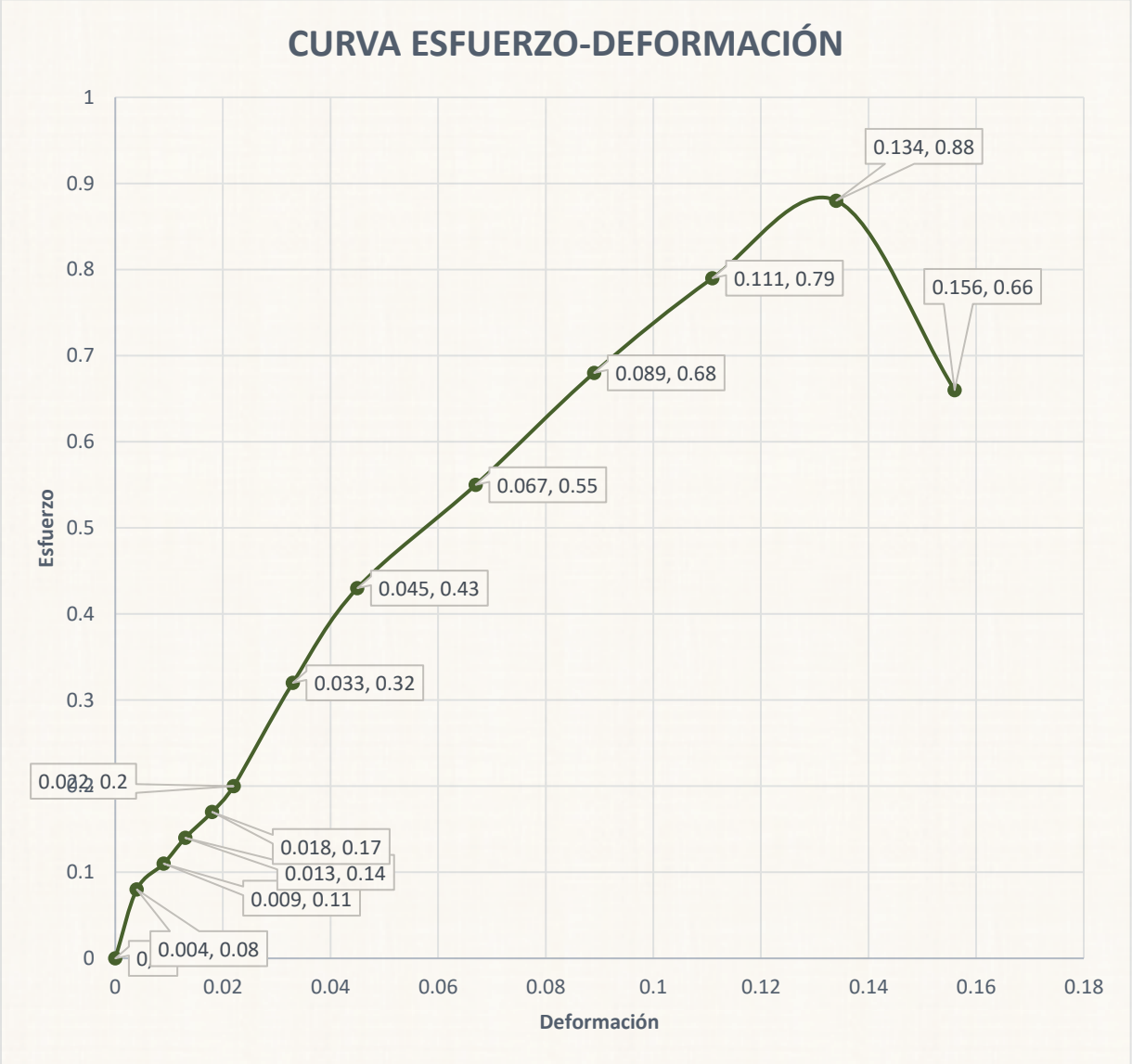
- Evaluar la capacidad de carga del suelo: Permite estimar la carga máxima que el suelo puede soportar sin fallar.
- Clasificar suelos: Se utiliza para clasificar suelos según su resistencia a la compresión.
- Diseñar cimentaciones: Ayuda a determinar el tipo de cimentación adecuado para un proyecto.

Según los resultados de laboratorio, la resistencia a la compresión inconfiada de la muesra (q_u) del estudio de suelos S2, en el estrato 0.6 a 1.1 m es de 0.44 $\frac{Kg.}{cm^2}$.

Según la norma INVIAS E -152 la Cohesión no drenada del suelo (C_u) es igual a (q_u)*0.5 es decir que para el suelo es: **(s_u) = (C_u) = 0.22 $\frac{Kg.}{cm^2}$**

De acuerdo con los resultados obtenidos del ensayo se gráfica la curva ESFUERZO-DEFORMACIÓN DEL SUELO.

Ilustración 59: Curva esfuerzo deformación del suelo.

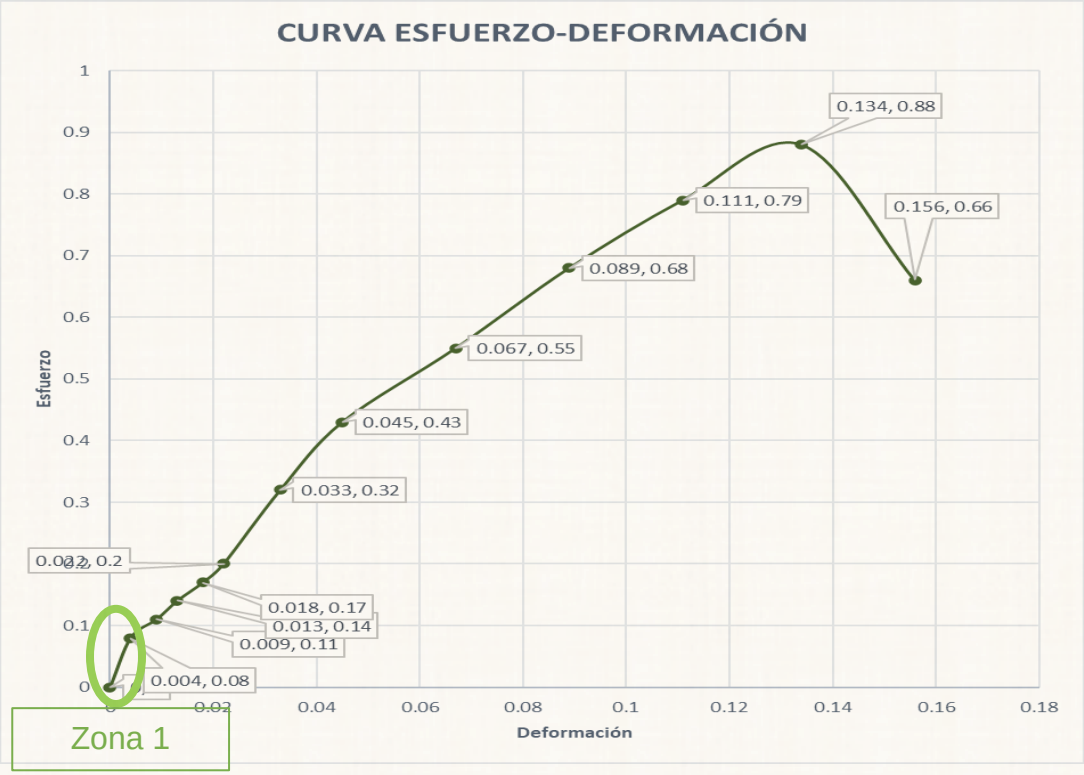


ESTUDIO DE SUELOS CONSULTORIA: ESTUDIOS DEL PARQUE,ARCABUCO-2025

Módulo de elasticidad del suelo:

El módulo de elasticidad del suelo es la capacidad para deformarse y volver a su estado incial de un material . La pendiente de la zona (1) de la gráfica anterior nos representa el módulo de elásticidad del suelo.

Ilustración 60: Módulo de elásticidad del suelo



EL valor del Módulo de elásticidad para el suelo es de **290.08 PSI.**

Cuadro 16. Módulo de elásticidad del suelo.

Módulo de elásticidad	Unidad
290.08	PSI
2.00	MPa
20.00	$\frac{Kg}{cm^2}$

5.3 CALIFORIA BEARING RATIO (CBR) DE DISEÑO.

El comportamiento de la estructura de pavimento está condicionado principalmente la capa de suelo natural se determina el CBR de diseño.

El valor del CBR establece una clasificación y uso de los suelos para granulares o de subrasante de pavimentos de carreteras. La siguiente tabla, propuesta en el Manual del Asfalto (Cáp. 6), nos indica la clasificación del terreno según su relación de soporte; para el caso vía en estudio, se determinó que la subrasante tiene capacidad de soporte POBRE A REGULAR.

Cuadro 17. Clasificación del Tipo de Uso del Terreno Según La Capacidad de Soporte o CBR.

C.B.R.	CLASIFICACIÓN	USOS	U.S.C.S.
0-3	Muy pobre	sub.-Rasante	OH, CH, MH, OL
3-7	Pobre a regular	sub.-Rasante	OH, CH, MH, OL
7-20	Regular	sub.-Rasante, sub.-Base	OL , CL, ML, SC, SM, SP
20-50	Bueno	Base, sub.-Base	GM, GC, SW, SM, SP, GP
>50	Excelente	Base	GW, GM

5.3.1. Penetrometro dinámico de Cono (PDC)

El penetrometro dinámico de cono es un ensayo *"IN SITU"* con el cuál buscá determinar la resitencia del suelo.

- **Estudio de suelos S3:**

El suelo de encontrado en la zona a la profunidad del ensayo, visualmente es de coloración marrón o café, indicá alto contenido de particulas finas o limos. Por otro lado, y de acuerdo a la inspección visual, el suelo presentá un textura dura y quebradiza, sin embargo, cuando se humecto, la textura cambio a suave maleable, no presenta olor.

El indice de plásticidad del suelo indica la capacidad plastica del suelo, en este caso, el resultado es de 6.00% revelando asi que tenemos un suelo con baja capacidad de deformación y cambio volumetrico sin embargo es propenso a deformaciones bajo carga.

En este caso, tenemo un suelo tipo ML, por lo cuál se usará la siguiente correlación para hallar el CBR a una profundidad entre 0.55 m a 1.54 m.

$$CBR = 0.017019 * DN^{-0.62} = 0.017019 * (19.29)^{-0.62} = 4.87\% \quad (1)$$

En este caso, también aplica la correlación por el cuerpo de ingenierios de estados unidos en donde el valor de CBR= 4.87%.

- **Estudio de suelos S4:**

El suelo de encontrado en la zona, visualmente es de coloración marrón indicá alto contenido de materia orgánica, también en la inspección se evidencia presencia de arcillas amarrillas probablemente con pontencial de expansión bajo. Por otro lado, y de acuerdo a la inspección visual, el suelo presentá un textura dura y quebradiza, con incoporaciones de roca de aproximadamente de 2" a 3".

De acuerdo con el diagrama de estructural del PDC, se evidencia la existencia de dos estratos de suelos. a) de 650 mm a 850 mm y un segundo estrato b) de 850 mm a 1350 mm.

El indice de plásticidad del suelo del perfil "a" indica la capacidad plastica del suelo, en este caso, el resultado es de 5.47% revelando asi que tenemos un suelo con media capacidad de deformación y cambio volumetrico el cuál es propenso a deformaciones bajo carga.

En en suelo de perfil "b", el cbr correlacionado es de 2.99%

5.3.2. California Bearing Ratio (CBR) en laboratorio.

De acuerdo con los resultados obtenidos y en análisis realizado, se realizaron dos ensayos para determinar el CBR en laboratorio.
De acuerdo con los resultados obtenidos se realizaro la evaluacion de subrasantdel proyecto.

En el estudio de suelos 3, la subrasante se encontro a 0.45 m a 0.7 m (ML) y a 0.6 m a 1.0 m el Estudio de suelos 4 (ML).

El suelo se puede clasificar con el ensayo de CBR en laboratorio, se determina que el CBR tal como se indica a continuación:

Cuadro 18. Clasificación del suelo de acuerdo con el CBR.

CBR (%)	CLASIFICACIÓN GENERAL	USOS
0-3	MUY POBRE	SUBRASANTE
3-7	POBRE A REGULAR	SUBRASANTE
7-20	REGULAR	AFIRMADO Y SUBBASE
20-50	BUENO	SUBBASE Y BASE
>50	EXCELENTE	BASE

- **Estudio de suelos 3:**

De acuerdo el indice de thornthweite en donde el sitio de estudio de clasifica como EXCESIVAMENTE HUMEDO, el CBR sumergido en laboratorio es de 1.79%

- **Conceptos establecidos por la AASHTO (1986)**

Se caracteriza la subrasante a través del modulo resiliente.

$$MR = 1500 * CBR\ en\ PSI$$

MR= 2685 PSI

- **Estudio de suelos 4:**

De acuerdo el indice de thornthweite en donde el sitio de estudio de clasifica como EXCESIVAMENTE HUMEDO, el CBR sumergido en laboratorio es de 2.07%

- **Conceptos establecidos por la AASHTO (1986)**

Se caracteriza la subrasante a través del modulo resiliente.

$$MR = 1500 * CBR\ en\ PSI$$

MR= 3105 PSI

5.4 NIVEL FREÁTICO

El nivel freático, que define la profundidad a la que el agua satura el suelo, influye en diversos aspectos que impactan la seguridad, estabilidad y viabilidad de la obra.

El conocimiento del nivel freático es fundamental para la planificación, diseño y ejecución de cualquier proyecto de construcción. La medición y el monitoreo del nivel freático por parte de un ingeniero geotécnico son esenciales para garantizar la seguridad, estabilidad y viabilidad de la obra.

Para nuestro caso, no encontro nivel freático en la estructura del suelo.

5.5 DETERMINACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS (INV E -132-13)

Esta norma se refiere a la determinación del potencial de expansión de un suelo fino.

Los suelos finos, como las arcillas expansivas, pueden aumentar significativamente su volumen al absorber agua, lo que puede generar diversos problemas geotécnicos. El conocimiento del potencial de expansión de un suelo fino es crucial para la planificación, diseño y ejecución de cualquier proyecto de construcción. La evaluación y el control de la expansión del suelo por parte de un ingeniero geotécnico son esenciales para garantizar la seguridad, estabilidad y durabilidad de la obra.

En este documento se realizá el análisis basado en las propiedades índice de lo suelos de acuerdo con los estandares y requerimeintos de las norma de referencia.

a) Predicción de la expansividad a partir del límite líquido.

De acuerdo con la tabla 132-1 de la norma de referencia.

Cuadro 19. Grado de expansión a partir del LL .

GRADO DE EXPANSIÓN	LÍMITE LÍQUIDO	
	CHEN	NORMA IS 1498
BAJO	<30	20-35
MEDIO	30 A 40	35-50
ALTO	40 A 60	50-70
MUY ALTO	>60	70-90

Estudio de suelos 1:

Cuadro 20. Grado de expansión LL S1 .

Profundidad	Profunidad final	Promedio profund	Límite Liquido	Grado de expansión
0.00	0.35	-0.175	41.24%	MEDIO
0.35	0.80	-0.575	37.29%	MEDIO
0.80	1.30	-1.05	32.96%	BAJO
2.00	2.80	-2.4	18.24%	BAJO
2.80	3.50	-3.15	15.92%	BAJO

Estudio de suelos 2:

Cuadro 21. Grado de expansión LL S2 .

Profundidad	Profunidad final	Promedio profund	Límite Liquido	Grado de expansión
0.00	0.35	-0.175	43.13%	MEDIO
0.35	0.80	-0.575	21.79%	BAJO
0.80	1.30	-1.05	22.14%	BAJO

Estudio de suelos 3:

Cuadro 22. Grado de expansión LL S3 .

Profundidad	Profunidad final	Promedio profund	Límite Liquido	Grado de expansión
0.00	0.45	-0.225	36.18%	MEDIO
0.45	0.70	-0.575	27.80%	MEDIO
0.70	1.50	-1.1	26.59%	BAJO

Estudio de suelos 4:

Cuadro 23. Grado de expansión LL S4 .

Profundidad	Profunidad final	Promedio profund	Límite Liquido	Grado de expansión
0.00	0.36	-0.18	35.62%	MEDIO
0.36	0.60	-0.48	40.82%	MUY ALTO
0.60	1.00	-0.8	25.96%	ALTO

b) Predicción de la expansividad a partir del índice de plásticidad.

De acuerdo con la tabla 132-2 de la norma de referencia.

Cuadro 24. Grado de expansión a partir del IP.

GRADO DE EXPANSIÓN	ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD		
	HLOTZ Y GIBBS	CHEN	NORMA IS 1498
BAJO	<20	0-15	<12
MEDIO	12-34	10-35	12-23
ALTO	23-45	20-55	23-32
MUY ALTO	>32	>35	>32

Estudio de suelos 1:

Cuadro 25. Grado de expansión IP S1 .

Profundidad	Profunidad final	Promedio profund	IP	Grado de expansión
0.00	0.35	-0.175	9.29%	BAJO
0.35	0.80	-0.575	9.25%	BAJO
0.80	1.30	-1.05	8.16%	BAJO
2.00	2.80	-2.4	3.60%	BAJO
2.80	3.50	-3.15	1.37%	BAJO

Estudio de suelos 2:

Cuadro 26. Grado de expansión IP S2 .

Profundidad	Profunidad final	Promedio profund	IP	Grado de expansión
0.00	0.35	-0.175	25.74%	MEDIO
0.35	0.80	-0.575	4.40%	BAJO
0.80	1.30	-1.05	5.39%	BAJO

Estudio de suelos 3:

Cuadro 27. Grado de expansión IP S3 .

Profundidad	Profunidad final	Promedio profund	IP	Grado de expansión
0.00	0.45	-0.225	13.55%	BAJO
0.45	0.70	-0.575	7.41%	BAJO
0.70	1.50	-1.1	6.00%	BAJO

Estudio de suelos 4:

Cuadro 28. Grado de expansión IP S4 .

Profundidad	Profunidad final	Promedio profund	IP	Grado de expansión
0.00	0.36	-0.18	13.27%	MEDIO
0.36	0.60	-0.48	17.29%	MEDIO
0.60	1.00	-0.8	4.67%	BAJO

Los suelos con un potencial de expansión de medio a muy alto pueden presentar desafíos importantes para la construcción. Sin embargo, con las medidas de diseño y construcción adecuadas, las técnicas de estabilización del terreno y un monitoreo y mantenimiento cuidadosos, se pueden construir estructuras seguras y duraderas en estos suelos

Medidas de diseño y construcción:

- Cimentaciones profundas: Se recomienda utilizar cimentaciones profundas que transmitan las cargas de la estructura a capas de suelo más estables por debajo de la zona de expansión.
- Losas de cimentación rígidas: Las losas de cimentación rígidas pueden ayudar a distribuir las cargas de la estructura de manera uniforme y reducir el riesgo de agrietamiento.
- Juntas de expansión: Se deben instalar juntas de expansión en la estructura para permitir el movimiento del suelo sin causar daños.
- **Drenaje adecuado: Es fundamental instalar un sistema de drenaje adecuado para controlar la humedad del suelo y evitar la expansión.**
- Impermeabilización: Se debe impermeabilizar la estructura para evitar la entrada de agua y la expansión del suelo.
- Selección de materiales: Se deben seleccionar materiales de construcción resistentes a la expansión del suelo, como el hormigón con aditivos especiales.

Técnicas de estabilización del terreno:

- Precarga: Se puede aplicar una precarga al suelo para compactarlo y reducir su potencial de expansión.
- **Reemplazo del suelo: Se puede reemplazar el suelo expansivo por un material de relleno más estable.**
- Estabilización química: Se pueden utilizar productos químicos para estabilizar el suelo y reducir su capacidad de expansión.

Para lograr una correcta estabilización del suelo con potencial de expanción alto se recomienda excavar por debajo del “Df” FINAL de la zapata a una profundidad de 0.8

metros y rellenar hasta el nivel de ubicación de la zapata con material de afirmado que cumpla con los requerimeintos tecnicos exigidos por las especificaciones tecnicas para la construcción de carreteras del año 2022- EGCC-2022.

Si aplica, se recomienda realizar un tratamiento de estabilización con cal en el suelo potencialmente expansivo o su inyección.

5.6 CLASIFICACIÓN UNIFICADA DEL SUELO.

En el capitulo anterior, de acuerdo a lo limites de atterberg se realiza la clasificación y el analisis del suel de acuerdo con la porcion fina del suelo, sin embargo, a través del ensayo de granulometria se procede a realizar la clasificación unificada del suelo.

5.6.1. Estudio de suelos S1

De acuerdo con la clasificación unificada del suelo

Cuadro 29. Clasificación del suelo S1.

PROFUNIDAD INCIAL	PROFUNDIDAD FINAL	CLASIFICACIÓN DEL SUELO
0.05	0.35	ML
0.35	0.8	GM
0.8	1.3	GC
1.3	2	SC
2	2.8	SM
2.8	3.5	SM

5.6.2. Estudio de suelos S2

Cuadro 30. Clasificación del suelo S2.

PROFUNDIDAD INICIAL	PROFUNDIDAD FINAL	CLASIFICACIÓN UNIFICADA DEL SUELO
0.35	0.6	SM-SC
0.6	1.1	SM-SC
1.1	1.6	SM-SC
1.6	1.9	GW O GM

5.6.3. Estudio de suelos S3

Cuadro 31. Clasificación del suelo S3.

PROFUNIDAD INCIAL	PROFUNDIDAD FINAL	CLASIFCIACION UNIFICADA
0.07	0.45	Estructura de la vía
0.45	0.7	SC
0.7	1.5	SM-SC

5.6.4. Estudio de suelos S4

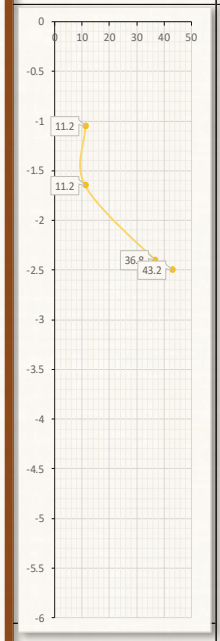
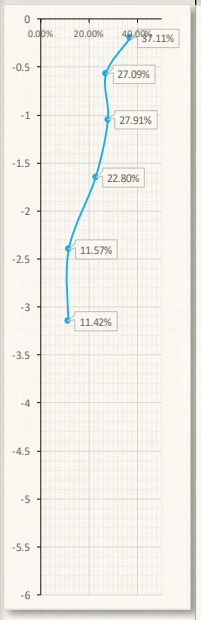
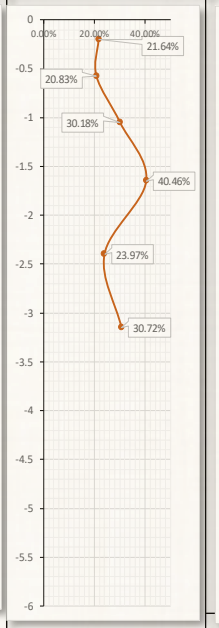
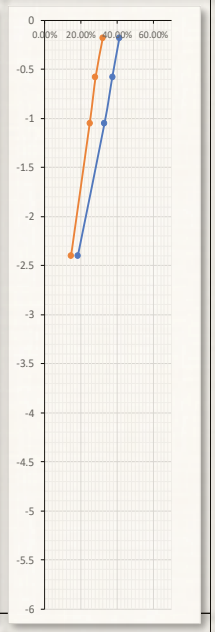
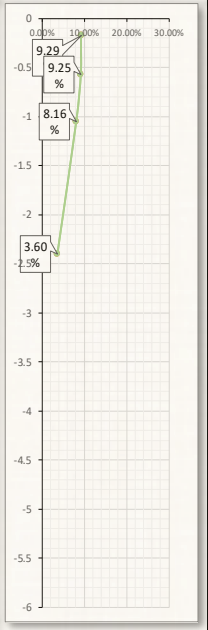
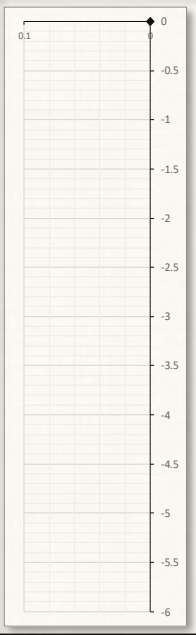
Cuadro 32. Clasificación del suelo S4.

PROFUNIDAD INCIAL	PROFUNDIDAD FINAL	CLASIFICACIÓN UNIFICADA
0	0.16	CONCRETO
0.16	0.36	GC
0.36	0.6	GC
0.6	1	GM

5.7 PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL SUELO

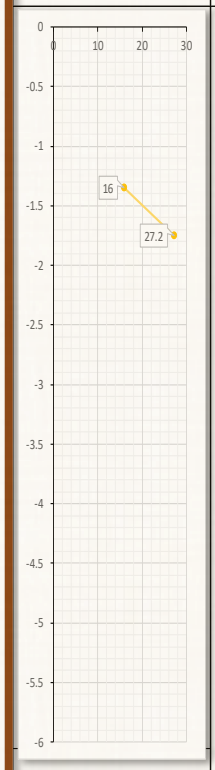
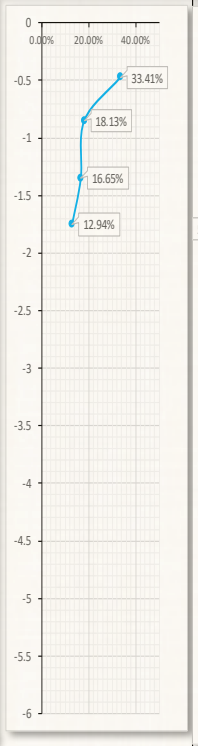
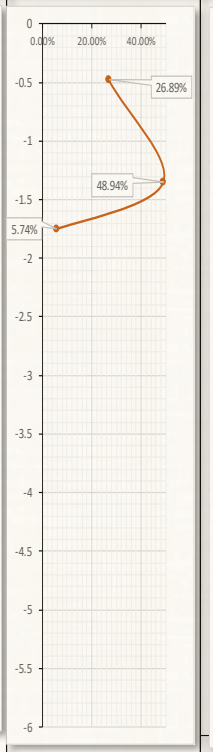
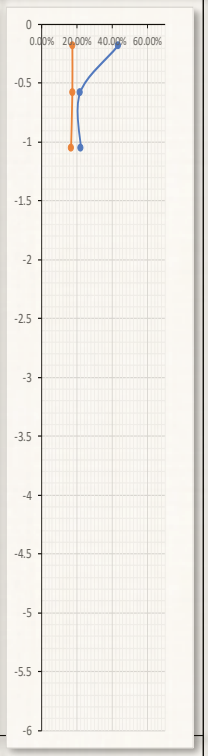
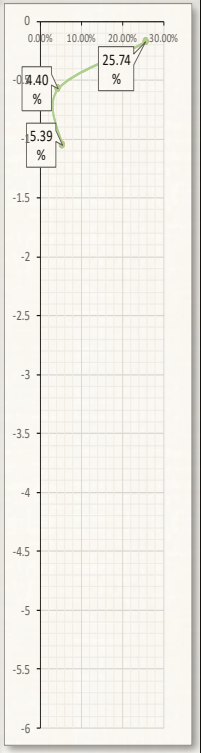
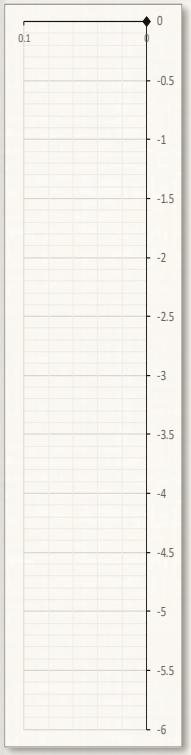
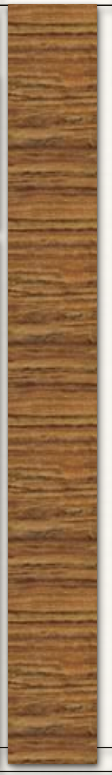
Estudio de suelos 1:

Cuadro 33. Perfil estatrigrafico Estudio de suelos S1.

ESTUDIO DE SUELOS PARA EL PARQUE PRINCIPAL DEL MUNICIPIO DE ARCABUCO									SONDEO
									1
COORDENADAS									5°23'57.36"N , 73°20'58.66"O
RESISTENCIA	PROPIEDADES ÍNDICE					PROFUNDIDAD	LITOLOGÍA	NIVEL FREÁTICO	SUCS	DESCRIPCIÓN
SPT	HÚMEDAD NATURAL	CONTENIDO DE FINOS PASA 200	LÍMTE LÍQUIDO LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD						
									ML	Limo y arcillas organicas de alta compresibilidad. (OH)
									GM	Gravas y arenas muy finas y limos
									GC	Gravas y arcillas con contindo de ligante arcilloso
									SC	Arenas y arcillas con contenido de ligante arcilloso
									SM	Arenas muy finas y limos
								NO ENCONTRADO		

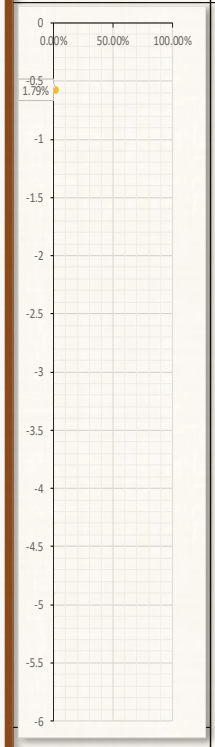
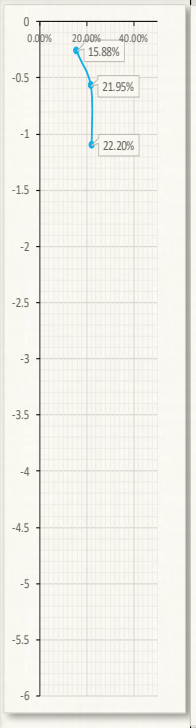
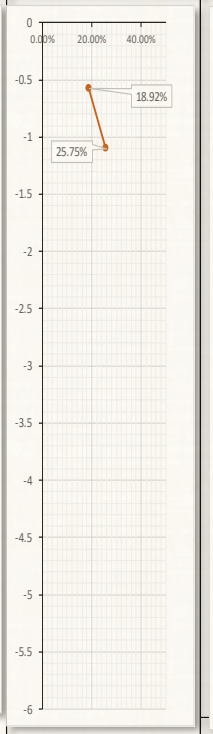
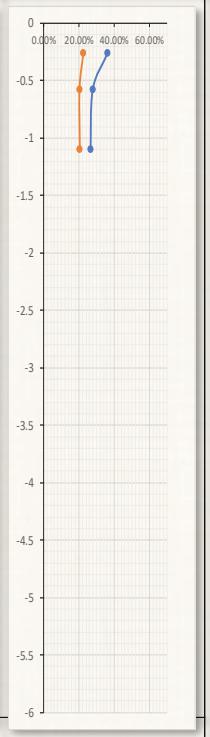
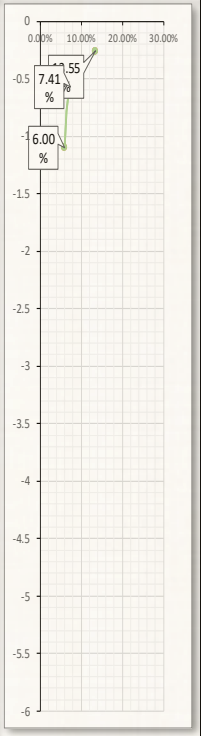
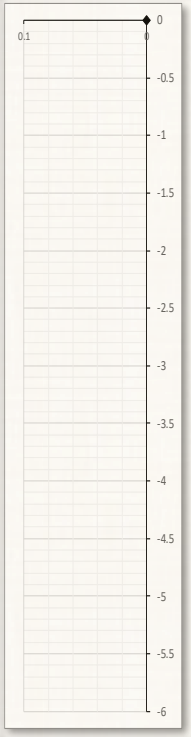
Cuadro 34. Perfil estatrigrafico Estudio de suelos s2.

	ESTUDIO DE SUELOS PARA EL PARQUE PRINCIPAL DEL MUNICIPIO DE ARCABUCO	SONDEO
COORDENADAS	5°23'57.36"N , 73°20'58.66"O	1

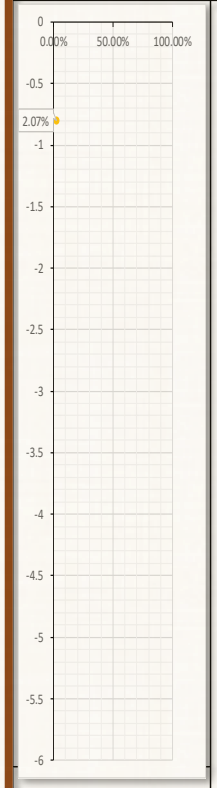
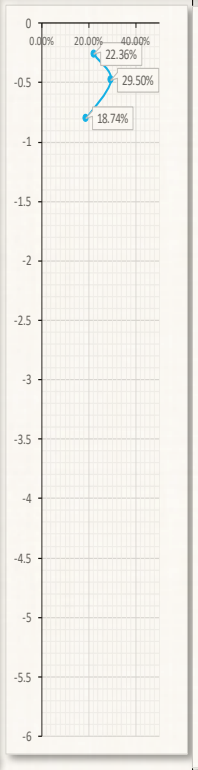
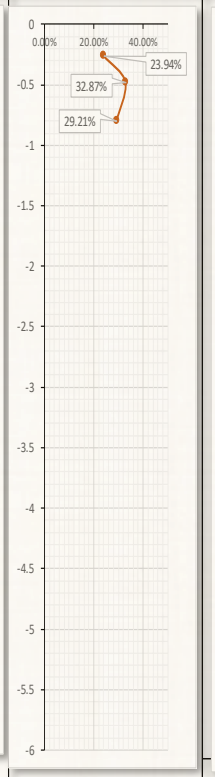
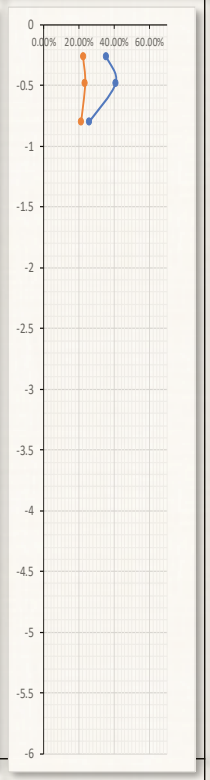
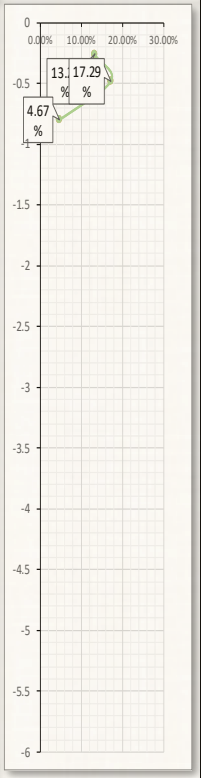
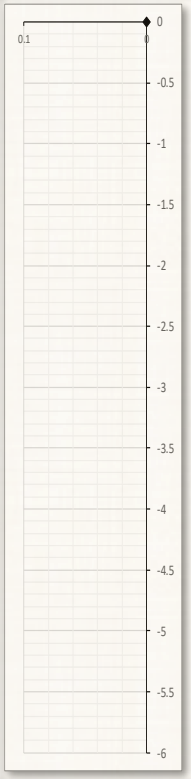
RESISTENCIA	PROPIEDADES ÍNDICE				PROFUNDIDAD	LITOLOGÍA	NIVEL FREÁTICO	SUCS	DESCRIPCIÓN
SPT	HÚMEDAD NATURAL	CONTENIDO DE FINOS PASA 200	LÍMTE LÍQUIDO LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD					
								ML	Limo y arcillas organicas de alta compresibilidad. (OH)
								SM	Arenas muy finas y limos
								GM	Gravas y arenas muy finas y limos
							NO ENCONTRADO		

ESTUDIO DE SUELOS CONSULTORIA: ESTUDIOS DEL PARQUE,ARCABUCO-2025

Cuadro 35. Perfil estatrigrafico Estudio de suelos s3.

ESTUDIO DE SUELOS PARA EL PARQUE PRINCIPAL DEL MUNICIPIO DE ARCABUCO									SONDEO
									1
COORDENADAS	5°23'57.36"N , 73°20'58.66"O								
RESISTENCIA	PROPIEDADES ÍNDICE				PROFUNDIDAD	LITOLOGÍA	NIVEL FREÁTICO	SUCS	DESCRIPCIÓN
CBR	HÚMEDAD NATURAL	CONTENIDO DE FINOS PASA 200	LÍMTE LÍQUIDO LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD					
								NA	Estructura de la vía
								SC	Limo y arcillas organicas de alta compresibilidad. (OH)
								SM-SC	Arenas y arcillas con contenido de ligante arcilloso
							NO ENCONTRADO		

Cuadro 36. Perfil estatrigrafico Estudio de suelos s4.

ESTUDIO DE SUELOS PARA EL PARQUE PRINCIPAL DEL MUNICIPIO DE ARCABUCO									SONDEO
									1
COORDENADAS	5°23'57.36"N , 73°20'58.66"O								
RESISTENCIA	PROPIEDADES ÍNDICE				PROFUNDIDAD	LITOLOGÍA	NIVEL FREÁTICO	SUCS	DESCRIPCIÓN
CBR	HÚMEDAD NATURAL	CONTENIDO DE FINOS PASA 200	LÍMTE LÍQUIDO LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD					
								NA	Concreto
								GC	Gravas y arcillas con contindo de ligante arcilloso
								GM	Gravas y arenas muy finas y limos
							NO ENCONTRADO		

5.8 PARÁMETROS DE DISEÑO DEL SUELO.

5.8.1. Estudio de suelos S1.

- **Ángulo de friccion**

Para hallar el angulo de fricción se realizara de acuerdo con la correlación con el spt usando en N60.

Cuadro 37. N60 Y ANGULO DE FRICCIÓN S1

Nº de Sondeo	PROFUNIDAD			$N_{SPT_CORREGIDO}$	EFICIENCIA DEL MARTINETE	CORRECCION POR LE DIAMETRO DE PERFORACIÓN	CORRECCION DEL MUESTREADOR	CORRECCION POR LONGITUD DE LA BARRA	N_{60}	ANGULO DE FRICCIÓN
	De	a	Promedio							
S1	0.8	1.3	1.05	11.2	45%	1	1	0.75	3.78	28.23
	1.3	2	1.65	11.2	45%	1	1	0.75	3.78	28.23
	2	2.8	2.4	36.8	45%	1	1	0.75	12.42	30.74
	2.3	2.7	2.5	43.2	45%	1	1	0.75	14.58	31.36

- Cohesión no drenada (Cu)

Debido a la naturaleza granular del suelo no fue posible hacer ensayos de compresión inconfinada, por lo cual, la cohesión en este ensayo es es de cero.

- Peso unitario

Cuadro 38. Peso unitario de diseño S1.

SUELO	PESO UNITARIO SECO ($\frac{gr}{cm^3}$)	PESO UNITARIO HÚMEDO ($\frac{gr}{cm^3}$)
SM	**1.92**	**1.62**

5.8.2. Estudio de suelos S2.

- **Ángulo de friccion**

Para hallar el angulo de fricción se realizara de acuerdo con la correlación con el spt usando en N60.

Cuadro 39. N60 Y ANGULO DE FRICCIÓN S2.

Nº de Sondeo	PROFUNIDAD			$N_{SPT_CORREGIDO}$	EFICIENCIA DEL MARTINETE	CORRECCION POR LE DIAMETRO DE PERFORACIÓN	CORRECCION DEL MUESTREADOR	CORRECCION POR LONGITUD DE LA BARRA	N_{60}	ANGULO DE FRICCIÓN
	De	a	Promedio							
S2	-	1.1	1.6	16	45%	1	1	0.75	5.4	28.70
	-	1.6	1.9	27.2	45%	1	1	0.75	9.18	29.81

- Cohesión no drenada (Cu)

De acuerdo con el ensayo de compresión inconfinada, en el estrato desde 0.6 m a 1.1 m la cohesión no drenada: 0.44 kg/cm^2

Para hallar la cohesión drenada (C') del suelo existen dos teorias

Teória Skempton (1953): (Se recomienda para suelos arcillosos normalmente consolidados).

$$C_d = C' = \frac{C_u}{2} * OCR^{0.5} \ (1)$$

En donde,

Cd= Cohesión drenada del suelo

Cu= Cohesión no drenada del suelo

OCR= Índice de Sobreconsolidación.

Teória de Bjerrum (1972): (Se recomienda para suelos arcillosos preconsolidados).

$$C_d = C' = \frac{C_u}{3} * OCR^{0.8} \ (2)$$

Para hallar el valor de OCR existen dos teórias:

Teória de Terzaghi Se recomienda para suelos arcillosos con plasticidad media a alta (IP > 30%)

En donde,

$$OCR = 0.33 \ (IP^{0.75}) \ (3)$$

y la Teória de Janbu (Se recomienda para suelos arcillosos con baja plasticidad (IP < 30%).

$$OCR = 0.2(IP^{0.8}) \quad (4)$$

De acuerdo con los datos de la zona de utiliza la ecuación (1) y la ecuación (4).

El índice de plásticidad para el estrato de estudio es de **IP= 5.39%**

Por lo cuál el $C_d = C' = 0.19 \frac{Kg.}{cm^2}$

Para los otros estratos, debido a la naturaleza granular del suelo no fue posible hacer ensayos de compresión inconfinada, por lo cual, la cohesión en este ensayo es es de cero.

- Peso unitario

Cuadro 40. Peso unitario de diseño S2.

SUELO	PESO UNITARIO SECO ($\frac{gr}{cm^3}$)	PESO UNITARIO HÚMEDO ($\frac{gr}{cm^3}$)
SM	**1.92**	**1.62**

5.8.3. Estudio de suelos S3.

CBR DE DISEÑO

De acuerdo el indice de thornthweite en donde el sitio de estudio de clasifica como EXCESIVAMENTE HUMEDO, el CBR sumergido en laboratorio es de 1.79%

5.8.4. Estudio de suelos S4.

CBR DE DISEÑO

De acuerdo el indice de thornthweite en donde el sitio de estudio de clasifica como EXCESIVAMENTE HUMEDO, el CBR sumergido en laboratorio es de 2.07%

5.9 CAPACIDAD DEL SUELO DE REFERENCIA

La teoría de Meyerhof, desarrollada por el ingeniero G Meyerhof, es un método clásico para calcular la capacidad de carga última de cimentaciones superficiales. Esta teoría se basa en la mecánica de suelos y toma en cuenta diversos factores que influyen en la capacidad portante del suelo, como la profundidad de la cimentación, la forma y tamaño de la cimentación, las propiedades del suelo y las sobrecargas aplicadas.

La teoría de Meyerhof se basa en la siguiente ecuación:

Capacidad de carga última (Qu) = Factor de forma (F) x Factor de profundidad (D) x Capacidad de carga neta (Nc)

- Factor de forma (F): Depende de la forma y tamaño de la cimentación. Se han desarrollado diferentes expresiones para calcular el factor de forma para cimentaciones cuadradas, rectangulares y circulares.
- Factor de profundidad (D): Depende de la profundidad de la cimentación. Se considera que la capacidad de carga del suelo aumenta con la profundidad.
- Capacidad de carga neta (Nc): Depende de las propiedades del suelo, como la cohesión, el ángulo de fricción interna y el peso unitario. Se pueden utilizar diferentes métodos para calcular la capacidad de carga neta, como el método de Terzaghi o el método de Janbu.

De acuerdo con los diseños arquitectonicos del parque se realizara el diseño de cimentación más apropiada para los elementos del parque.

5.9.1. Fuente principal centro del parque.

En la etapa de estudios y diseños de la remodelación del parque de Arcabuco, se ha conceptualizado una fuente ornamental como elemento central del espacio público. La estructura presenta un diseño circular con una escultura en su núcleo, enmarcada por un anillo metálico que resalta su presencia icónica. El sistema hidráulico incluye surtidores estratégicamente dispuestos para generar efectos visuales dinámicos con el agua, mejorando la estética del entorno. Este diseño integra materiales duraderos y armoniza con el contexto arquitectónico circundante, promoviendo un ambiente de encuentro para la comunidad y revalorizando el espacio urbano.

Con base en el estudio geotécnico realizado, se ha definido una losa de cimentación para la fuente ornamental circular de 10.5 metros de diámetro,La losa garantizará una adecuada distribución de cargas sobre el terreno, considerando la capacidad portante del suelo y las variaciones del nivel freático. Se ha diseñado con un espesor óptimo de

40 cm en concreto de 28 MPa y refuerzo estructural en ambas direcciones para controlar asentamientos y garantizar la estabilidad de la estructura, asegurando su durabilidad y correcta interacción con el entorno.

Ilustración 61 Elemento central parque de Arcabuco.



De acuedo con las condiciones del suelo la cimentación recomendada para esta estrucutra es una losa de cimentación.

Cuadro 41. Dimensiones de cimentación E1.

DF (m)	Base (m)	Longitud (m)	Resistencia del concreto (Mpa)	Espesor (m)	Carga ultima del suelo (T/m^2)	FS	Capacidad permisible (T/m^2)
0.4	10.5	10.5	28	0.4	204.267	3	68.09

Asi mismo, se recomienda colocar una capa de afirmado de minimo de 40 cm debajo de la losa de cimentación o el espesor necesario para nivelar el suelo de subrasante o suelo de fundación.

5.9.2. Cuarto de maquinas.

En la etapa de estudios y diseños de la remodelación del parque de Arcabuco, se ha previsto la construcción de un cuarto de control de iluminación con dimensiones de 2.50 m x 2.50 m, destinado a albergar los equipos eléctricos y sistemas de automatización del alumbrado del parque. Esta estructura contará con una cimentación mediante una losa de cimentación, diseñada para distribuir uniformemente las cargas sobre el terreno y minimizar asentamientos diferenciales. La losa tendrá un espesor adecuado, reforzada con malla electrosoldada o acero de refuerzo en ambas direcciones, asegurando rigidez y estabilidad. Se considerará un sistema de drenaje periférico para evitar acumulación de humedad y prolongar la vida útil de la estructura. En su interior, se distribuirán tableros eléctricos, sistemas de control y cableado con acceso seguro para mantenimiento. Su ubicación se ha definido estratégicamente para facilitar la conexión con luminarias y puntos de iluminación, optimizando la eficiencia energética y el mantenimiento del sistema.

Ilustración 62 Cuarto central parque de Arcabuco.



Cuadro 42. Dimensiones de cimentación E2.

DF (m)	Base (m)	Longitud (m)	Resistencia del concreto (Mpa)	Espesor (m)	Carga ultima del suelo (T/m^2)	FS	Capacidad permisible (T/m^2)
0.4	2.5	2.5	28	0.4	60.950	3	20.32

Asi mismo, se recomienda colocar una capa de afirmado de minimo de 40 cm debajo de la losa de cimentación o el espesor necesario para nivelar el suelo de subrasante o suelo de fundación.

5.9.3. Atrio para banderas.

En la etapa de estudios y diseños de la remodelación del parque de Arcabuco, se ha previsto la construcción de un atrio de banderas, un espacio emblemático que contará con estructuras para el izado de insignias y elementos ornamentales en su entorno. Para garantizar la estabilidad y resistencia de la estructura, se ha definido una losa de cimentación, diseñada para distribuir uniformemente las cargas y minimizar asentamientos diferenciales.

La losa contará con un espesor adecuado y refuerzo en ambas direcciones, utilizando malla electrosoldada o acero estructural, asegurando rigidez y durabilidad. Además, se considerará un sistema de drenaje periférico para evitar acumulación de humedad y prevenir deterioro en la estructura. Su ubicación ha sido estratégicamente seleccionada para resaltar la importancia del espacio, facilitando la interacción de los visitantes y garantizando un diseño armonioso dentro del parque.

Cuadro 43. Dimensiones de cimentación E3.

DF (m)	Base (m)	Longitud (m)	Resistencia del concreto (Mpa)	Espesor (m)	Carga ultima del suelo (T/m^2)	FS	Capacidad permisible (T/m^2)
0.4	1.3	6.15	28	0.4	33.920	3	11.31

Asi mismo, se recomienda colocar una capa de afirmado de minimo de 40 cm debajo de la losa de cimentación o el espesor necesario para nivelar el suelo de subrasante o suelo de fundación.

Ilustración 63 Atrio de banderas parque de Arcabuco.



5.9.4. Pedestales para esculturas.

Para la instalación de pedestales de esculturas en la remodelación del parque de Arcabuco, se ha definido una losa de cimentación como solución estructural óptima. Esta losa garantizará la estabilidad de los elementos escultóricos, minimizando los efectos de asentamientos diferenciales y proporcionando una base resistente a las cargas transmitidas por las esculturas y sus soportes.

El diseño de la losa incluirá un espesor adecuado, acorde con el peso de las esculturas y las condiciones geotécnicas del suelo, reforzada con acero estructural en ambas direcciones para mejorar su capacidad de carga y resistencia a fisuración. Además, se implementará un sistema de drenaje para evitar acumulaciones de agua que puedan comprometer la integridad de la cimentación con el tiempo.

Ilustración 64 Esculturas parque de Arcabuco.



Cuadro 44. Dimensiones de cimentación E4.

DF (m)	Base (m)	Longitud (m)	Resistencia del concreto (Mpa)	Espesor (m)	Carga ultima del suelo (T/m^2)	FS	Capacidad permisible (T/m^2)
0.4	3	3	28	0.3	69.860	3	23.29

Asi mismo, se recomienda colocar una capa de afirmado de minimo de 40 cm debajo de la losa de cimentación o el espesor necesario para nivelar el suelo de subrasante o suelo de fundación.

Espacio intencionalmente en blanco

5.9.5. Senderos peatonales.

Ilustración 65 Senderos parque de Arcabuco.



Para la instalacion de senderos peatonales se recomienda instalar una capa de subbase granular clase c de un espesor mínimo de 25 cm.

5.9.6. Infraestructura vial.

Para la infraestructura vial se tratara en el capitulo 7 del presente documento.

Espacio intencionalmente en blanco

5.10 MODULO DE BASALTO

El módulo de basalto, también conocido como módulo de Young del basalto, es una propiedad mecánica fundamental que caracteriza la rigidez de este material rocoso. Es un parámetro crucial en geotecnia para evaluar el comportamiento del basalto en diferentes aplicaciones, como:

Diseño de cimentaciones: El módulo de basalto permite determinar la capacidad de carga del terreno y la profundidad adecuada de la cimentación para estructuras sobre basalto.

Según Vesic se calcula a partir de parámetros caracteristicos del suelo como el módulo de elásticidad y el coeficiente de Poisson)

$$Ks = \frac{Es}{B * (1 - \mu^2\ )} \quad (9)$$

Para el diseño recomendado de cimentación, el módulo de baslato Ks es :

- Fuente principal centro del parque.

Ks= 22.81 $\frac{Ton}{m^3}$

- Cuarto central.

Ks= 93.73 $\frac{Ton}{m^3}$

- Atrio Banderas.

Ks= 180.25 $\frac{Ton}{m^3}$

- Pedestales para esculturas.

Ks= 78.11 $\frac{Ton}{m^3}$

6. MODELACIÓN EN SOFTWARE (PLAXIS)

6.1 ASENTAMIENTOS FUENTE PARQUE PRINCIPAL

Para realizar el modelo de la zapata se definene parametros inciales de cargas y suelos.

Ilustración 66: Módulo inicial Software PLAXIS Losa de cimentacion 1.

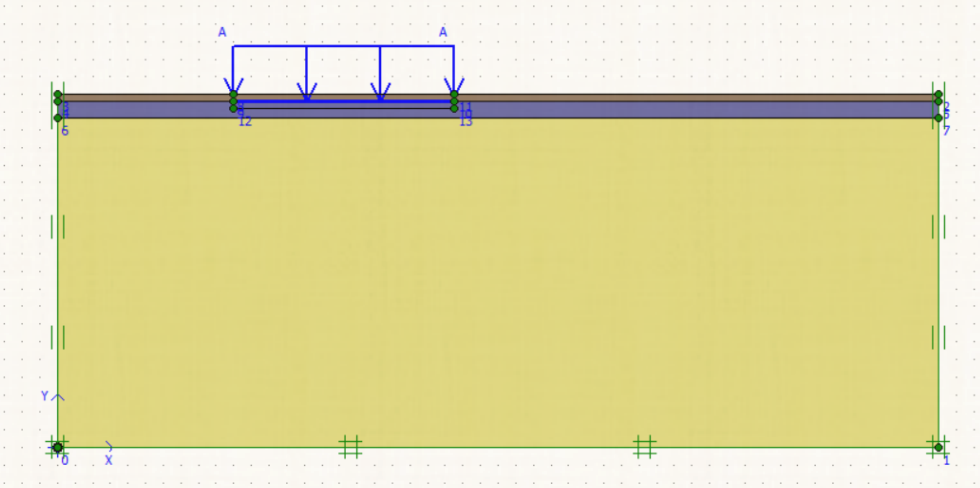
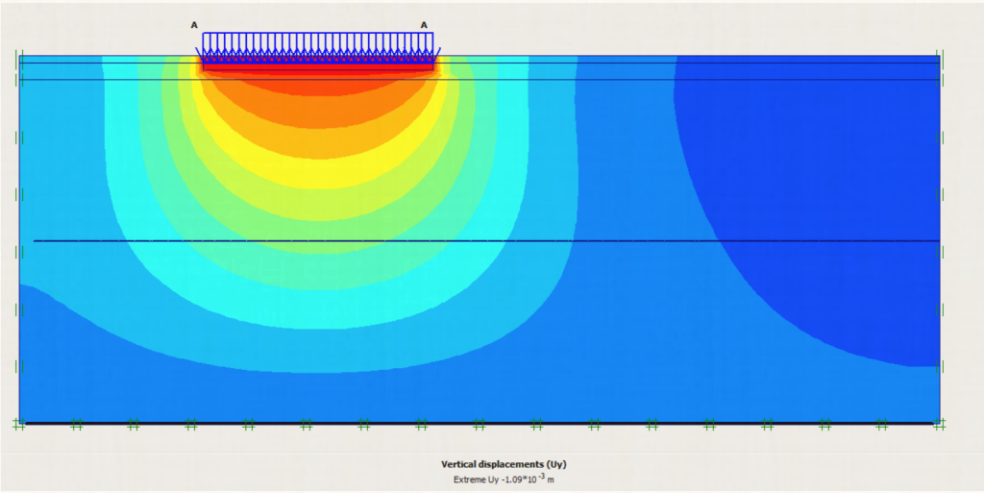


Ilustración 67: Asentamiento total 1.



Asentamiento total 0.1 cm.

6.2 ASENTAMIENTO CUERTO DE MAQUINAS

Para realizar el modelo de la zapata se definene parametros inciales de cargas y suelos.

Ilustración 68: Módulo inicial Software PLAXIS cuarto de maquinas.

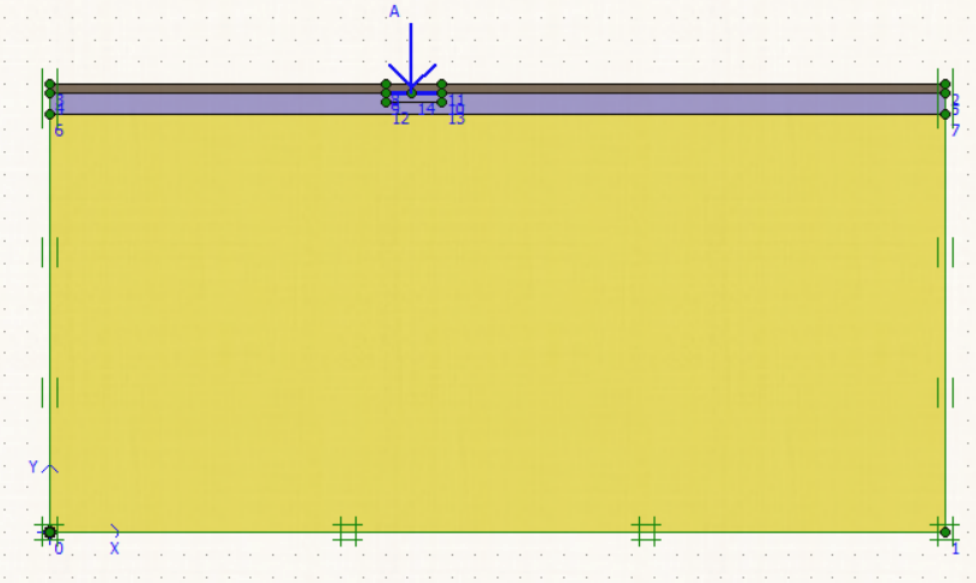
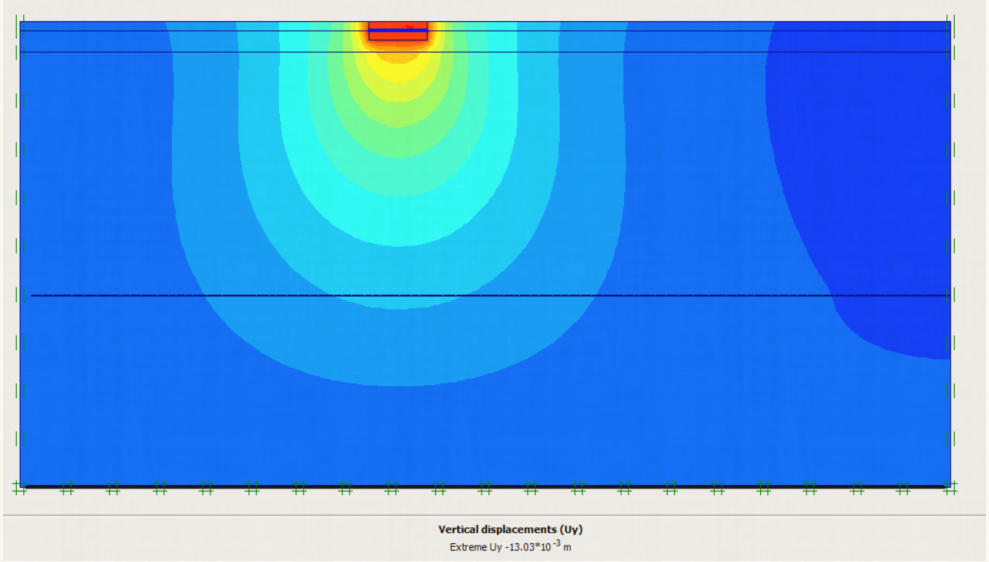


Ilustración 69: Asentamiento total 2.



Asentamiento total 1.3 cm.

6.3 ASENTAMIENTOS ATRIO PARA BANDERAS

Para realizar el modelo de la zapata se definene parametros inciales de cargas y suelos.

Ilustración 70: Módulo inicial Software PLAXIS ATRIO.

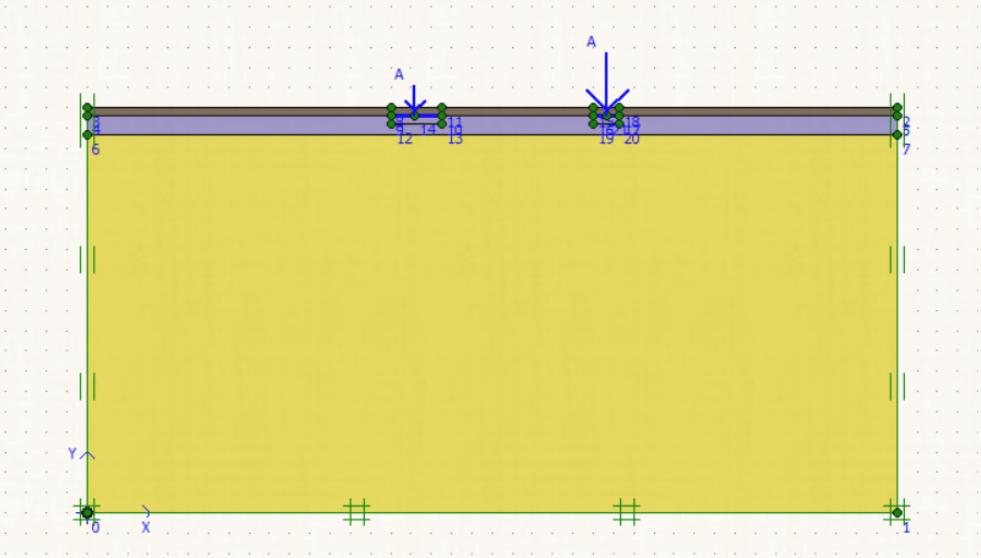
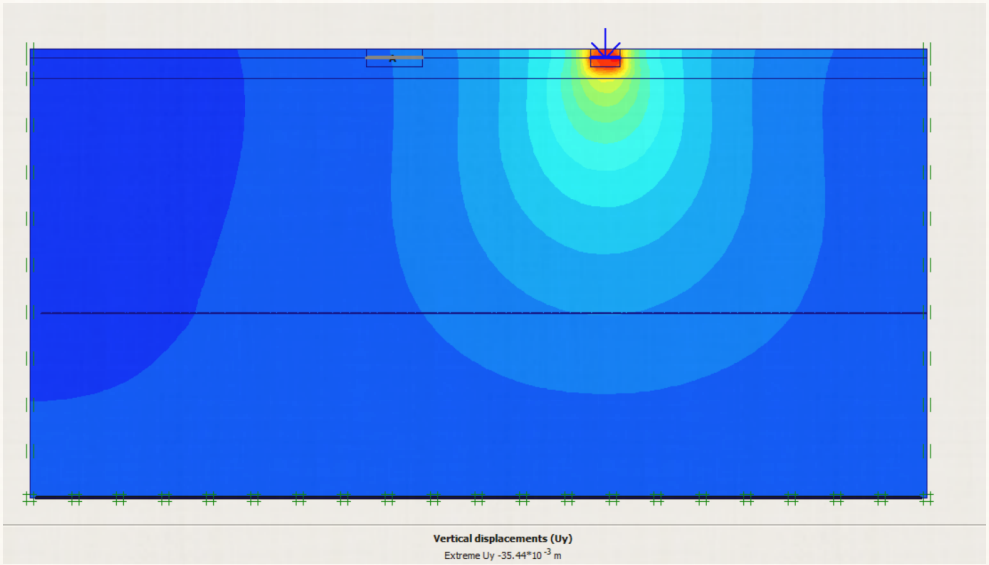


Ilustración 71: Asentamiento total 3.



Asentamiento total 3.5 cm.

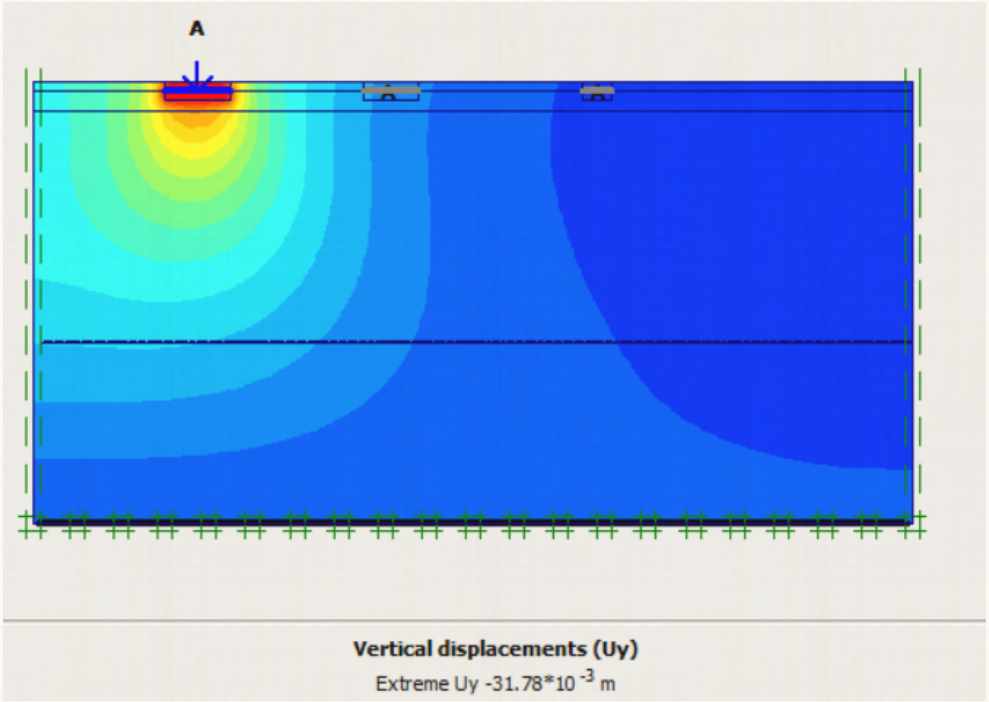
6.4 ASENTAMIENTOS ATRIO PARA ESCULTURAS

Para realizar el modelo de la zapata se definene parametros inciales de cargas y suelos.

Ilustración 72: Módulo inicial Software PLAXIS ESCULTURAS.



Ilustración 73: Asentamiento total 4.



Asentamiento total 3.1 cm.

7. DISEÑO DE CIMENTACIÓN PARA INFRAESTRUCTIRA VIAL

7.1 CLIMA

De acuerdo con el capitulo 4 del presente documento, se halló el índice de Thornthwite: fue de 170.35% - A que corresponde a un clima **EXCESIVAMENTE HÚMEDO**

7.2 TRÁNSITO

Para estimar el número de ESALs (Ejes Equivalentes de Carga) en la calle frente a la iglesia en el municipio de Arcabuco, Boyacá, seguiremos los lineamientos del Instituto Nacional de Vías (INVIAS) y consideraremos los siguientes aspectos:

- Características del Tránsito

  - Ubicación: Arcabuco es un municipio pequeño, pero con una actividad turística y comercial moderada.
  - Tipo de vía: Calle urbana secundaria con flujo mixto de vehículos livianos y algunos pesados.
  - Tráfico predominante: Automóviles particulares, motos, transporte público tipo busetas y posiblemente camiones livianos o medianos para abastecimiento de comercios y la plaza de mercado.

- Clasificación del Tránsito y Factores de Conversión a ESALs

Según el Manual de Diseño de Pavimentos Asfálticos (INVIAS 2013), los factores de equivalencia de carga para diferentes tipos de vehículos se toman de tablas establecidas. Una estimación típica de factores de carga en vías urbanas secundarias es:

Cuadro 45. Clasificación del tránsito y factores de conversion.

Tipo de Vehículo	Factor de Carga (ESAL/Veh)
Moto	0.0001
Automóvil liviano	0.0003
Camioneta	0.01
Buseta	0.3
Camión de 2 ejes	0.8
Camión de 3 ejes	2.0
Camión de 4 ejes o más	3.5

- Conteo Vehicular y Distribución Estimada

Dado que no tenemos un aforo exacto, haremos una estimación basada en la experiencia en municipios similares. Supongamos un tránsito diario promedio:

Cuadro 46. Conteo vehicular estimado.

Tipo de Vehículo	Cantidad diaria estimada
Motos	1,000
Automóviles	800
Camionetas	200
Busetas	100
Camiones 2 ejes	30
Camiones 3 ejes	10
Camiones 4+ ejes	5

- Cálculo de ESALs Diarios

Se obtiene multiplicando la cantidad de vehículos por el factor de equivalencia de carga:

$$ESAL_{diario} = \sum(Cantidad \times Factor)$$

$$= (1000 \times 0.0001) + (800 \times 0.0003) + (200 \times 0.01) + (100 \times 0.3) + (30 \times 0.8) + (10 \times 2.0) + (5 \times 3.5)$$

$$= 0.1 + 0.24 + 2 + 30 + 24 + 20 + 17.5 = 93.84\, ESAL/día$$

Para un período de diseño de 10 años y suponiendo un crecimiento del tráfico del 3% anual, usamos la ecuación de acumulación de tráfico:

$$ESAL_{total} = ESAL_{diario} \times 365 \times \frac{(1+t)^n - 1}{t}$$

Donde:

- $t = 0.03$ (crecimiento anual del 3%)
- $n = 10$ años
- $ESAL_{diario} = 93.84$

$$ESAL_{total} = 93.84 \times 365 \times \frac{(1.03)^{10} - 1}{0.03}$$

Calculamos el valor final:

El número total estimado de ESALs en 10 años para la calle frente a la iglesia en Arcabuco, Boyacá, es aproximadamente 392,656 ESALs.

Este valor puede refinarse con un aforo vehicular real y una clasificación de cargas más detallada.

7.3 SUELO DE SUBRASANTE

De acuerdo el indice de thornthweite en donde el sitio de estudio de clasifica como EXCESIVAMENTE HUMEDO, el CBR de diseño es 1.79%

- **Conceptos establecidos por la AASHTO (1986)**

Se caracteriza la subrasante a través del modulo resiliente.

$$MR = 1500 * CBR\ en\ PSI$$

MR= 2685 PSI

7.4 PERIODO DE DISEÑO

El periodo de diseño estableciodo es de 10 años.

7.5 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

- Capa de rodadura: Piedra Barichara de 10 cm de espesor.
- Base granular: 25 cm.
- Subbase granular: 30 cm.
- Capa de estabilización: Afirmado de 30 cm.
- CBR de diseño: 1.79%.
- Carga por eje: 80 kN (camiones típicos).
- Diámetro de contacto de la rueda: 15 cm.
- Módulo de elasticidad de los materiales:
  - Piedra Barichara: 15 GPa.
  - Base granular: 300 MPa.
  - Subbase granular: 150 MPa.
  - Afirmado estabilizado: 100 MPa.
  - Subrasante mejorada: 50 MPa

7.6 DISEÑO DE ESPESORES DE CAPAS MEDIANTE AASHTO 1993.

De acuerdo con la metodología de diseño de la aashto, el esperor de diseño de las capas es el siguiente:

Cuadro 47. Calculo estimado de los espesores del pavimento.

DISEÑO DEL PAVIMENTO					
ITEM	SIMBOLO	**ESPESOR**	**UNIDAD**	ESPESOR	UNIDAD
CONCRETO ASFALTICO		**10**	**CM**	3.94	IN
BASE GRANULAR		**25**	**CM**	9.84	IN
SUBBASE GRANULAR		**30**	**CM**	11.81	IN

Además se deberá colocar una capa de afirmado de 30 cm de espesor para estabilizar la subrasante, sin embargo, se deberá verificar en campo el espesor en zonas de falla.

7.7 ANALISIS DE FUERZAS DE CORTE Y MOMENTO FLECTOR

Debido al cambio en el tipo de rodadura a piedra barichara, se realizará un analisis de fuerzas con el fin de verificar la resitencia.

- **Cálculo de la Presión de Contacto**

$$p = \frac{P}{\pi \cdot (d/2)^2}$$

$$p = \frac{80,000}{\pi \cdot (0.15/2)^2} = 4.52 \text{ MPa}$$

Espacio intencionalmente en blanco

- **Cálculo del Momento Flector Máximo**

$$M_{\max} = \frac{p \cdot h^2}{8}$$

$$M_{\max} = \frac{4.52 \times (0.10)^2}{8} = 5,659 \text{ N} \cdot \text{m}$$

- **Cálculo de la Fuerza de Corte**

$$V_{\max} = \frac{p \cdot h}{2}$$

$$V_{\max} = \frac{4.52 \times 0.10}{2} = 226,353 \text{ N}$$

- **Cálculo del Esfuerzo en la Piedra**

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{h/2}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{5,659}{0.10/2} = 113,177 \text{ Pa} (0.113 \text{ MPa})$$

- Verificación de Resistencia

La piedra Barichara tiene una resistencia a la flexión aproximada de **2-3 MPa**.

El esfuerzo máximo calculado es **0.113 MPa**, lo que es muy inferior a la capacidad de la piedra, garantizando seguridad estructural.

Cuadro 48. Calculo estimado de los espesores del pavimento con piedra barichara.

DISEÑO DEL PAVIMENTO					
ITEM	SIMBOLO	**ESPESOR**	**UNIDAD**	ESPESOR	UNIDAD
PIEDRA BARICHARA		**10**	**CM**	3.94	IN
BASE GRANULAR		**25**	**CM**	9.84	IN
SUBBASE GRANULAR		**30**	**CM**	11.81	IN
AFIRMADO		**30**	**CM**	11.81	IN

Se recomienda construir una capa de rodadura homogenea y de alta calidad.

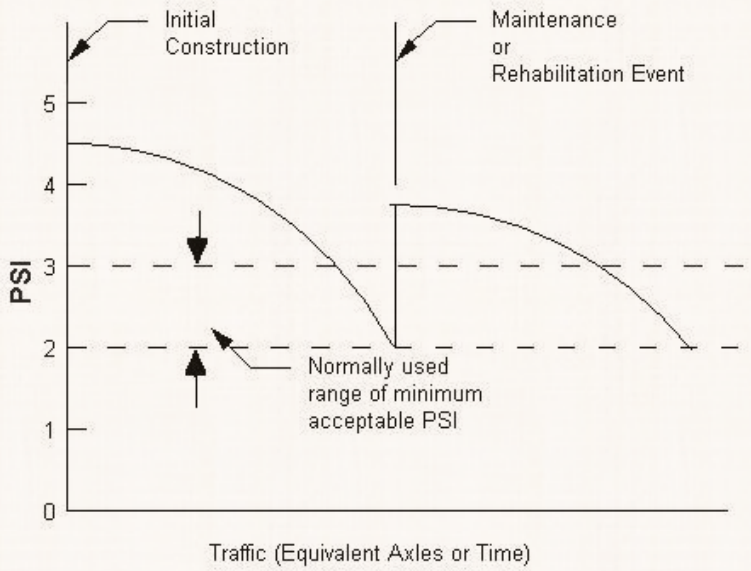
El espesor de la capa de rodadura en piedra baricahara es aprox, debido a que esta roca se encuentra en espesores entre 10 a 15 cm.

8. CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO

8.1 MODELO DE COMPORTAMIENTO Y EVOLUCIÓN DEL INDICE DE PRESTACIÓN DE SERVICIO DE UN PAVIMENTO.

Los modelos de comportamiento de evolución y predicción de deterioros de un pavimento son parte fundmental de un sistema de gestion de pavimentos. En la siguiente figura, se evidencia el comportamiento normal de un pavimento flexible con el tiempo.

Ilustración 74: Modelo de comportamiento y evolución del índice de prestación de servicio.



Como se evidencia en el modelo anterior, la calidad del servicio de la vía, va disminuyendo según las cargas del tráfico, por lo cuál es necesario implementar un sistema de gestión de pavimentos, con el fin de conservar y mantener el pavimento de la manera más adecuada, prestando atención en los tratamientos inciales como el sello de fisuras tempranos que se debe realizar en el mantenimiento del pavimento.

a. Índice de prestación del servicio IPS

El indice de prestación de servicio representa el grado de confort que se ofrece a los usuarios en un momento determinado de la vida útil de un pavimento.

Funcionalmente, el IPS del pavimento se va degradando con el tiempo, como se evidencia en la figura 2. Ahora bien, cuando se termina la construcción del pavimento, la superficie de rodadura se da al servicio con una calificación funcional que se va degradando con el tiempo a causa del tránsito y del clima.

Esta calificación funcional, es decir el IPS, se debe hacer periodicamente con equipos que midel el perfil logitudinal (APL) , el perfil transversal (Transverso perfilometros), resistencia al deslizamiento (péndulo TRRL) y los daños (Inventario de fallas). Luego con los resultados debidamente ponderados se determina el valor de IPS para el tiempo t. De acuerdo con la evalución funcional se determina las medidas correspondientes para mejorar la calidad de prestación de servicio.

Por su parte, la conservación del pavimento puede ser preventiva y curativa, implica acciones rutinarias de los sistemas de gestión de pavimentos, para reparar aquellos daños menores que permiten conservar o mantener un adecuado índice de prestación de servicio IPS.

8.2 PRINCIPIOS BASICOS DE LA CONSERVACION Y MANTENIMIENTO DE PAVIMENTOS

La conservación y mantenimiento de pavimentos flexibles debe basarse en los siguientes principios:

- Prevención: El objetivo es evitar que se produzcan daños en el pavimento. Para ello, es importante realizar inspecciones periódicas para detectar los primeros signos de deterioro.

- Reparación: El objetivo es corregir los daños que se han producido en el pavimento. Las reparaciones deben ser realizadas de forma rápida y eficaz para evitar que los daños progresen.

- Reconstrucción: El objetivo es reemplazar el pavimento completo o parcialmente. La reconstrucción debe realizarse cuando los daños son demasiado graves para ser reparados.

b. Prevención

La prevención es el principio más importante de la conservación y mantenimiento de pavimentos flexibles. Las inspecciones periódicas son esenciales para detectar los primeros signos de deterioro, como grietas, huecos, baches, desprendimientos, etc. Cuando se detectan estos daños, es importante actuar rápidamente para evitar que se propaguen.

Las inspecciones periódicas pueden realizarse de forma visual, mediante equipos de inspección no destructiva (NDT) o mediante equipos de inspección de superficie. Los equipos de NDT permiten detectar daños internos en el pavimento que no son visibles a simple vista.

c. Reparación

Las reparaciones deben realizarse de forma rápida y eficaz para evitar que los daños progresen. Las reparaciones pueden ser realizadas por personal especializado o por personal no especializado, según la magnitud de los daños.

Las reparaciones más comunes incluyen:

- Sellado de grietas: Se utiliza para prevenir la propagación de las grietas. El sellado de grietas se realiza mediante un material flexible que se inyecta en la grieta.
- Parchado de huecos: Se utiliza para rellenar los huecos y baches del pavimento. El parcheo de huecos se realiza mediante un material similar al del pavimento original.
- Reparación de desprendimientos: Se utiliza para reparar los desprendimientos de material del pavimento. La reparación de desprendimientos se realiza mediante la colocación de un nuevo material en el área dañada.

d. Reconstrucción

La reconstrucción debe realizarse cuando los daños son demasiado graves para ser reparados. La reconstrucción puede incluir el fresado y la repavimentación del pavimento. El fresado es una operación que consiste en retirar una capa superficial del pavimento. La repavimentación es una operación que consiste en colocar una nueva capa de pavimento sobre la capa existente.

8.3 PROGRAMA DE CONSERVACION Y MANTENIMIENTO Y ACTIVIDADES DE CONSERVACION Y MANTENIMIETO

La conservación de carreteras consiste en proveer soluciones a los problemas que se presentan por causas de su uso, a fin de brindar al usuario el nivel de servicio para el que la carretera fue diseñada.

La conservación puede ser preventiva (rutinaria) o periódica (curativa); implica acciones de los sistemas de gestión de pavimentos dirigidas a reparar aquellos daños menores que permitan conservar o mantener un adecuado índice de prestación del servicio.

La conservación incluye actuaciones con un carácterer fundamentalemente preventivo y curativo, destinado a retrasar al máximo posible el proceso de degradación, de manera que la infraestructura no baje de u determinado umbral de aceptabilidad.

La rehabilitación se refiere a actuaciones con un cierto carácter extraordinario, cuyo objetivo es recuperar los niveles de calidad que se han ido perdiendo con el tiempo, a pesar incluso de que se haya hecho una conservación preventiva y curativa.

La conservación y el mantenimiento pueden ser :

1) Conservación y mantenimiento rutinario o preventivo: consiste en reparaciones localizadas de pequeños defectos de la calzada y del pavimento, como nivelaciones superficial, mantenimiento de drenajes y taludes, mantenimiento de control de tránsito entre otros.

2) Conservación y mantenimiento periódico o curativo: Comprende actividades que deben ser repetidas cada cierto tiempo (tratamientos y renovación de superficies).

El programa de conservación y mantenimiento de pavimentos flexibles debe ser diseñado de forma específica para cada carretera. El programa debe considerar los siguientes factores:

- Las características del pavimento: El tipo de pavimento, la composición del material, el tráfico que soporta, etc.
- Las condiciones ambientales: El clima, la topografía, etc.
- Los recursos disponibles: Presupuesto, personal, equipos, etc.

El programa debe incluir las siguientes actividades:

- Inspecciones periódicas: Las inspecciones deben realizarse al menos una vez al año. Las inspecciones deben incluir una evaluación visual del estado del pavimento, así como mediciones de la condición del pavimento.
- Reparaciones: Las reparaciones deben realizarse de forma rápida y eficaz para evitar que los daños progresen.
- Reconstrucción: La reconstrucción debe realizarse cuando los daños son demasiado graves para ser reparados.

e. Actuaciones de conservación y mantenimiento en pavimentos asfálticos

Se deben hacer actividades de mantenimiento preventivo tales como:

- **Sello de fisuras:**

Es una actividad de mantenimiento preventivo y se debe realizar cuando estas se han reflejado adecuadamente en el pavimento, pueden aparecer longitudinalmente o transversalmente en la linea de rodadura , con el fin de impermeabilizar las capas que forman la estructura de pavimento, evitando inicialmente la falla por tipo piel de cocodrilo y luego la formación de baches.

Esta actividad consiste en reparar áreas agrietadas en superficies asfáticas aplicando asfalto líquido junto con arena o agregado fino. En otras palabras, es colocar un sello de lechada asfáltica de poco espesor, conformado por material asfáltico líquido y arena debidamente gradada. Este sello no proporciona refuerzo en la estructura sino que revitaliza pavimentos envejecidos cuando estos presentan fisuras, agrietamientos y otras muestras de mal estado sin presencia de deformaciones.

El objetivo de la actividad es sellar grietas o fisuras superficiales presentes en el pavimento para evitar la entrada de agua superficial y otro material extraño que pueda contaminar o dañar la capa de base , y con ello la capacidad portante , además, de

devolver el aspecto inicial de la vía rejuvenecida para dar mayor seguridad y confort a los usuarios.

Los matereriales necesarios para ejecutar esta actividad son:

a) Material Bituminoso termoplástico aplicado en frio.

b) Asfalto Liquido (CRR-01 Emulsión)

c) Asfalto líquido modificado con polimeros.

d) Material secante (Arena).

El procedimiento a realizar es el siguiente :

Primero se deben colocar las respectivs señales y dispositivos de seguridad para controlar el tráfico. En seguida, se debe barrer el material suelo en el área por sellar y se deben picar en las orillas para desprender el materia suelto previamente barrido, si es posible limpiarlas con un chorro de aire comprimido.

De acuerdo con la cantidad de grietas por sellar se pueden aplicar estos dos procedimientos:

Para grietas menores a 3mm de ancho y aisladas, se debe rellenar aplicando asfalto líquido, agregando arena y conformando con equipos manuales.

Para áreas agrietadas, (grietas mayores a 3mm de ancho) es necesario rellenar las grietas anchas con agregado fino y asfalto liquido y luego unificar toda el área aplicando un recubrimiento con lechada asfáltica por sectores o a la totalidad del tramo. Este trabajo se debe usar con un irrigador de lechada asfáltica que permite dosificar la arena debidamente gradada y la cantidad de asfalto líquido que sale por las boquillas.

En caso de no siponer del equipo, se pueden obtener los mismos resultados similares con un distribuidor de agregado que va operando adelante de un distribuidor calentador de asfalto.

En seguida se deben barrer el material excedente fuera de la vía, y se recomienda compactar con placha manual.

La lechadas asfalticas deben hacerce con emulsión de rompimiento rápido con el fin de dar pronta apertura al tránsito.

Finalmente se deben retirar las señales y dispositivos de seguridad de control de tránsito.

NOTA: Durante la ejecución del trabajo, los materiales o procedimientos que se utilicen no deberán afectar adversamente el pavimento u otros elementos de la carretera o de propiedades aledañas a ella. Cualquier daño o trabajo elaborado con defectos obvios, deberá ser reparado como parte de esta actividad.

- **Bacheo superficial.**

Esta actividad conisiste en en la reparación de baches y áreas deterioradas , siempre que para ello sea necesario reemplazar solo capa de concreto asfáltico , en este caso la base, la sub base y la subrasante se encuentran en buen estado. Los tipos de fallas que se pueden reparar con esta actividad son las áreas de fatiga, los baches superficiales y algunos desplazamientos localizados.

El procedimiento a realizar es el siguiente:

Se debe realizar al excavación de área que se va a reparar: debe ser marcada de forma cuadrada o rectangular, teniendo en cuenta que sus lados deben ser perpendiculares al eje de la vía; las paredes deben quedar verticales y el fondo de la excavación debidamente nivelado y compactado.

Luego de excavar, se debe barrer y se debe limpiar con un chorro de aire comprimido la caja excavada.

Aplicación de liga: es empleada en la seccion liga de CRR entre 0.3 y 0.6 litros por metro cuadrado. Se debe tener especial cuidado de agregar riego de liga en las paredes la caja con el fin de garanizar una correcta aplicación del concreto asfáltico.

En seguida, cuando se halla verificado a través de inspección visual o por laboratorio que la emulsión ya realizó la reacción química y esta lista como ligante, se debe agregar la capa de concreto asfaltico en una o dos capas dependiendo del espesor total, teniendo especial cuidado en la temperatura de compactación y sellado. Asi mismo, el sellado se debe realizar desde el borde la vá hacia el hombro con el fin de garantizar el bombeo normal de la vía.

La mezcla transportada en vehiculos de volteo deben garantizar que sus volcos estan limpios de materiales extraños, las palanganas deben estar pintidas con una solución de cal para evitar aglomeraciones en el volco de la misma.

El nivel de terminado del bache debe quedar a nivel de rasante de la carretera, finalamente, se debe aplicar un sello en juntas con emulsión para evitar infiltraciones de agua.

NOTA: Durante la ejecución del trabajo, los materiales o procedimientos que se utilicen no deberán afectar adversamente el pavimento u otros elementos de la carretera o de propiedades aledañas a ella. Cualquier daño o trabajo elaborado con defectos obvios, deberá ser reparado como parte de esta actividad.

- **Bacheo profundo**

Esta actividad se desarrolla en las zonas inestables bajo la estructura del pavimento de una carretera, independietemente de que la inestabilidad sea producida por probelmas de la capa de rodadura, por saturación del suelo circundante, material inadecuado o por contaminación de cualquier naturaleza.

Debido a que la naturaleza del falló en la vía puede ser determinado por cualquier situación en dado caso se recomienda, hacer un estudio de estabilidad y pedir un concepto de un ingenierio civil o transporte y vias especialista en geotecnia vial para dar solución al problema planteado.

NOTA: Durante la ejecución del trabajo, los materiales o procedimientos que se utilicen no deberán afectar adversamente el pavimento u otros elementos de la carretera o de propiedades aledañas a ella. Cualquier daño o trabajo elaborado con defectos obvios, deberá ser reparado como parte de esta actividad.

- **Roceria y desmonte manual**

Consiste en la tala manual de vegetación retirandola completamente de las zonas laterales de la vía .

Esta actividad se efectúa principalmente en:

Alrededor de las señales de tránsito, de manera que sean visibles a una distancia no menor a 100 metros.

En las curvas horizontales, despejando la faja correspondiente al lado interior de la curva.

En separadores u otra área de seguridad.

En zonas de la vía que lo requieran, que obstruyan el drenaje de la vía, o sobre la calzada de la vía.

Se debe hacer la actividad a:

Toda maleza existente en el área comprendida dentro del derecho de la vía se corta a una altura no mayor de 10 centimetros. En el proceso de dicha operación, se debe evitar el corte de aquellos árboles que hayn crecido dentro del derecho de la vía, que en su fase adulta puedan proporcionar ornato y sombra a la carretera y que se encuentran a una distancia del hombro tal que no representen obstrucción a la visibilidad ni peligro para el tránsito vehicular. De igual forma que se pueda garantizar que las raices de dicho árbol no afecten a la estructura de la vía.

Los materiales, basura y desperdicios deben ser retirados del lugar y depositados en sitios donde no puedan ser arrastrados al sistema de drenaje de la vía . Los suelos orgánicos o materiales vegetales pueden ser depositados sobre los taludes de los rellenos a fin de aprovechar este material como abono orgánico para el crecimiento de plantas que puedan protegerlos contra la erosión, si asi lo indica el supervisor y en la forma establecida por este.

NOTA: Durante la ejecución del trabajo, los materiales o procedimientos que se utilicen no deberán afectar adversamente el pavimento u otros elementos de la carretera o de propiedades aledañas a ella. Cualquier daño o trabajo elaborado con defectos obvios, deberá ser reparado como parte de esta actividad.

- **Limpieza de drenaje**

Esta actividad consiste en la recolección, extracción y remoción de todo tipo de materiales que se encuentren depositados en la sección de cada una de las alcantarillas, cajas y canales de entrada y salida, entreo otros elementos que conforme el drenaje.

La limpieza incluye la obra de arte misma, asi como sus causes de entrada y salida existentes dentro del derecho de vía de la carretera y hasta una longitud de 50 m dentro de los causes naturales agua arriba y aguas debajo de la obra de arte. Cuandoe stos canales se encuentren obstruidos como producto del déposito o sedimentación de suelos, basura, maleza o cualquier otro material, deben ser objeto de excavación y remoción hasta conseguir darles forma, seccion y pendiente originales.

La limpieza de alcantarillas y cajas debe ser hecha utilizando fundamentalmente mano de obra y herramientas manuales, a menos que por razones especiales sea necesario el uso de algún equipo mecánico.

Todos los materiales extraídos en el desarrollo de la actividad deben ser removidos de la zona y transportados a sistios en donde no representen problemas de carácter ecológico o problemas inminentes a los drenajes.

8.4 EQUIPOS Y MATERIALES UTILIZADOS EN LA CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO DE PAVIMENTOS.

Los equipos y materiales utilizados en la conservación y mantenimiento de pavimentos flexibles varían según la actividad que se vaya a realizar. Sin embargo, algunos equipos y materiales comunes incluyen:

- Equipos de inspección: Estos equipos se utilizan para evaluar el estado del pavimento. Los equipos de inspección comunes incluyen cámaras de video, equipos de escaneo láser, etc.
- Equipos de reparación: Estos equipos se utilizan para corregir los daños que se han producido en el pavimento. Los equipos de reparación comunes incluyen máquinas de fresado, máquinas de pavimentación, etc.
- Materiales de reparación: Estos materiales se utilizan para rellenar los huecos y grietas del pavimento. Los materiales de reparación comunes incluyen asfalto, hormigón, etc.

Espacio Intencionalmente en blanco

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El clima de la zona de estudio es EXCESIVAMENTE HUMEDO, teniendo en cuenta que el suelo representativo de la zona en la porción fina es (OH) , un suelo expansivo , se recomienda realizar un correcto manejo de agua para evitar problemas futuros en el suelo expansivo-Asi mismo, se recomienda realizar drenes de agua alrededor de la estructura para evitar problemas futuros como asentamientos o fisuras por cambios volumentricos en el suelo de fundación (OH).

- Se recomienda realizar la cimentación de acuerdo a la estructuras analisas en el presente informe.

- Se recomienda en el momento construtivo, evaluar las zonas de “fallo” para realziar la correcta estabilización del suelo de subrasante.

- Si la subrasante se observa altamente moldeable, debido a eventos lluviosos y altas humedades se debe tener en cuenta dentro del presupuesto y las posibles actividades necesarias para su estabilización:

  Disponer de material pedraplen (mínimo 1 cara fracturada en 40% del volumen) que tenga 100% pasa 6” y mínimo un 15% retenido en 3”. Ver especificación particular. Este material solo se usará en los casos donde la subrasante se encuentre humedecida o muy blanda y no pueda soportar la compactación del mejoramiento sobre ella.

  Inclusión de técnicas de estabilización con sales o con cemento o cal son deseables. Valores tipo de estas acciones pueden incrementar los costos de cualquiera de las alternativas en promedio de $ 70.000 m3 de subrasante mejorada (artículo 230 y especificaciones particulares de los pliegos de condiciones).

- El sitio de estudio esta clasificado con la amenaza sismica alta.

- Se realizó el perfil estratigráfico de la zona de estudio.

- Se recomienda construir una capa de rodadura homogenea y de alta calidad.
- El espesor de la capa de rodadura en piedra baricahara es aprox, debido a que esta roca se encuentra en espesores entre 10 a 15 cm, se recomienda no instalar capa rodadura en piedra barichara por debajo del espero referenciado.

- Previo al inicio de las actividades se deberá realizar una verificación del cumplimiento de todas las características de los materiales de construcción.
- La estructura de la vía recomendada es:

DISEÑO DEL PAVIMENTO					
ITEM	SIMBOLO	**ESPESOR**	**UNIDAD**	ESPESOR	UNIDAD
PIEDRA BARICHARA		**10**	**CM**	3.94	IN
BASE GRANULAR		**25**	**CM**	9.84	IN
SUBBASE GRANULAR		**30**	**CM**	11.81	IN
AFIRMADO		**30**	**CM**	11.81	IN

- Se recomienda ejecutar un plan de gestion de pavimentos dentro del municipio.

Calle 75 N° 2 A 40, Tunja, Boyacá
Somos una empresa Colombiana.
Teléfono: (314) 800 -1734 / (311) 242-5798
Email: Grancoecinsas@gmail.com

10. ANEXOS

10.1 PLANO DE LOCALIZACIÓN

10.2 RESULTADOS DE LABORATORIO