



ESTUDIO GEOTÉCNICO EQUIPAMIENTOS CULTURALES CIUDAD
BOLÍVAR – PILONA 10

VERSIÓN I

JAM INGENIERÍA Y MEDIO
AMBIENTE
NIT 830084684-9
Cra 42 No. 22A-03 Bogotá D.C.,
Colombia
+57 3118538700
+57 1 2440222
info@jam.com.co
www.jam.com.co

ESTUDIO GEOTÉCNICO EQUIPAMIENTOS CULTURALES CIUDAD BOLÍVAR – EDIFICIO SCRD

INFORME GEOTÉCNICO ENERO, 2019



JAM INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE
NIT 830084684-9

📍 Cra 42 No. 22A-03 Bogotá D.C.,


📱 Colombia

☎ +57 3118538700

☎ +57 1 2440222

✉ info@jam.com.co

🌐 www.jam.com.co

| | | |
|---|--|--|
|  | <p>ESTUDIO GEOTÉCNICO EQUIPAMIENTOS CULTURALES CIUDAD BOLÍVAR – PILONA 10</p> <p>VERSIÓN I</p> | <p>JAM INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE NIT 830084684-9 Cra 42 No. 22A-03 Bogotá D.C., Colombia +57 3118538700 +57 1 2440222 info@jam.com.co www.jam.com.co</p> |
|---|--|--|

HOJA DE CONTROL

| ENTIDAD | RESPONSABLE | EJEMPLARES |
|-------------------------------------|-------------|------------|
| JAM INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS | | Original |
| | | |
| | | |
| | | |

ÍNDICE DE MODIFICACIONES


| VERSIÓN | SECCIÓN MODIFICADA | FECHA DE MODIFICACIÓN | OBSERVACIONES |
|---------|--------------------|-----------------------|-------------------------|
| 0 | Versión Original | Septiembre de 2018 | Informe Preliminar |
| 1 | Versión 1 | Octubre 2018 | Observaciones curaduría |
| 2 | Versión 2 | Enero 2019 | Entrega Final |

ESTADO DE REVISIÓN Y APROBACIÓN

| | |
|--|------------------------------|
| Elaborado por (Especialista Geotecnia): | JAVIER ANTONIO MILLÁN |
| Firma: | |
| Fecha: | 30 Noviembre del 2018 |
| Aprobado por (Director): | |
| Firma: | |
| Fecha: | 30 de Noviembre del 2018 |
| Aprobación de Interventoría por: | |
| Firma: | |
| Fecha: | |

TABLA DE CONTENIDO


| | |
|---|----|
| INTRODUCCIÓN..... | 9 |
| 1 GENERALIDADES | 10 |
| 1.1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO..... | 10 |
| 1.2 OBJETIVO..... | 10 |
| 1.3 DESCRIPCIÓN PROYECTO..... | 11 |
| 1.3.1 PERFILES ARQUITECTÓNICOS..... | 12 |
| 1.3.2 CUADRO DE ÁREAS | 13 |
| 1.3.3 CARGAS DE SERVICIO | 14 |
| 2 GEOLOGÍA..... | 16 |
| 3 GEOMORFOLOGÍA | 17 |
| 3.1 ANÁLISIS MULTITEMPORAL Y EVOLUCIÓN GEOMORFOLÓGICA | 17 |
| 3.1.1 Año 1970 | 18 |
| 3.1.2 Año 1998 | 19 |
| 3.1.3 Año 2007 | 19 |
| 3.1.4 Año 2015 | 20 |
| 3.1.5 Evolución geomorfológica Pilon 10 | 21 |
| 3.2 UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS | 22 |
| 3.2.1 Unidades de Origen Denudacional | 23 |
| 4 HIDROGEOLOGÍA | 24 |
| 5 CONDICIONES SÍSMICAS..... | 27 |
| 6 RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN SECUNDARIA | 30 |
| 7 COMPARACIÓN MULTITEMPORAL..... | 31 |
| 8 EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO..... | 32 |
| 8.1 Registro Fotográfico | 34 |
| 8.2 Ensayos de Laboratorio | 35 |
| 9 MODELO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO..... | 44 |
| 9.1 Parámetros representativos de modelo geológico geotécnico. | 45 |
| 9.2 Condición de Agua subsuperficial..... | 46 |
| 10 ANÁLISIS GEOTÉCNICOS..... | 47 |
| 10.1 CONDICIONES GEOTÉCNICAS PARTICULARES..... | 47 |

| | | |
|---|--|--|
|  | <p>ESTUDIO GEOTÉCNICO EQUIPAMIENTOS CULTURALES CIUDAD BOLÍVAR – PILONA 10</p> <p>VERSIÓN I</p> | <p>JAM INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE NIT 830084684-9 Cra 42 No. 22A-03 Bogotá D.C., Colombia +57 3118538700 +57 1 2440222 info@jam.com.co www.jam.com.co</p> |
|---|--|--|


| | | |
|--------|---|----|
| 10.2 | ANÁLISIS DE SUELOS CON CARACTERÍSTICAS ESPECIALES | 47 |
| 10.3 | PRESENCIA DE VEGETACIÓN..... | 47 |
| 10.4 | ANÁLISIS DE ABLANDAMIENTO CÍCLICO | 47 |
| 10.5 | TIPO Y NIVEL DE CIMENTACIÓN | 47 |
| 10.6 | CAPACIDAD PORTANTE CIMENTACIÓN SUPERFICIAL..... | 48 |
| 10.6.1 | Análisis de capacidad portante con F.S. indirecto 3.0..... | 50 |
| 10.6.2 | Análisis de capacidad portante con F.S. básico directo de 1.8 | 51 |
| 10.7 | ASENTAMIENTOS | 52 |
| 10.8 | EXCAVACIONES Y ANÁLISIS DE ESTABILIDAD | 54 |
| 10.8.1 | Sección de análisis..... | 54 |
| 10.9 | DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN Y PROTECCIÓN A CONSTRUCCIONES ALEDAÑAS | 57 |
| 11 | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 61 |
| 11.1 | Proceso constructivo de excavación..... | 61 |
| 11.2 | Plan de contingencia para excavaciones | 65 |
| 11.2.1 | Objetivos | 66 |
| 11.2.2 | Localización y área de influencia del proyecto | 66 |
| 11.2.3 | Identificación de Amenazas | 66 |
| 11.2.4 | Identificación de elementos vulnerables | 67 |
| 11.2.5 | Riesgos Potenciales | 67 |
| 11.2.6 | Plan de contingencia | 67 |
| 11.2.7 | Plan estratégico | 68 |
| 11.2.8 | Plan informativo o de comunicación | 69 |
| 11.2.9 | Plan operativo | 70 |
| 11.3 | Recomendación de manejo de aguas..... | 72 |
| 12 | CONSIDERACIONES ADICIONALES..... | 75 |

LISTA DE ILUSTRACIONES

| | |
|--|----|
| Ilustración 1-1: Localización área de estudio | 10 |
| Ilustración 1-2: Render edificio de cultura Fuente, Transmicable Bogotá..... | 11 |
| Ilustración 1-3: vista en planta edificio Pilon 10..... | 12 |

| | | |
|---|--|--|
|  | <p style="text-align: center;">ESTUDIO GEOTÉCNICO EQUIPAMIENTOS CULTURALES CIUDAD BOLÍVAR – PILONA 10</p> <p style="text-align: center;">VERSIÓN I</p> | <p>JAM INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE NIT 830084684-9 Cra 42 No. 22A-03 Bogotá D.C., Colombia +57 3118538700 +57 1 2440222 info@jam.com.co www.jam.com.co</p> |
|---|--|--|

| | |
|---|----|
| Ilustración 1-4: Perfil de edificio Pilon 10 | 13 |
| Ilustración 1-5: Planta de localización Columnas | 14 |
| Ilustración 2-1: Unidades geológicas | 16 |
| Ilustración 3-1 Vuelo C-525, Aerofotografía 842. Tomado de Unión temporal Cable Bogotá, 2016 | 18 |
| Ilustración 3-2 Vuelo C-2802, Aerofotografía 90. Toamdo de Unión Temporal Cable Bogotá, 2016 | 19 |
| Ilustración 3-3 Imágen satelital Google Earth. Tomada de Unión Temporal Cable Bogotá, 2016 | 20 |
| Ilustración 3-4. Sección de análisis, vista en planta | 22 |
| Ilustración 3-5. Comparación multitemporal | 22 |
| Ilustración 3-6 Unidades Geomorfológicas Pilon 10. Tomado y modificado de Unión Temporal Cable Bogotá, 2015 | 23 |
| Ilustración 4-1 Sistema de modelamiento hidrogeológico del Dsitrito Capital área de estudio. Tomado y modificado de Veloza, J. 2013 | 25 |
| Ilustración 4-2 Sección H-H. Modelamiento hidrogeológico del Dsitrito Capital.. Tomado y modificado de Veloza, J. 2013 | 26 |
| Ilustración 5-1: Microzonificación zona de Estudio | 27 |
| Ilustración 7-1. Sección de análisis, vista en planta | 31 |
| Ilustración 7-2. Comparación multitemporal | 31 |
| Ilustración 8-1: Exploración Edificio Pilon 10..... | 33 |
| Ilustración 8-2 Clasificación en la carta de plasticidad de Casagrande del material ensayado.. | 36 |
| Ilustración 8-3 Variación de los límites de consistencia y la humedad natural en función de la profundidad..... | 37 |
| Ilustración 8-4- Granulometría en función de la profundidad | 38 |
| Ilustración 8-5- Clasificación de Relleno antrópico | 39 |
| Ilustración 8-6- Clasificación de material de matriz areno-limosa | 39 |
| Ilustración 8-7- Peso unitario en función de la profundidad | 40 |
| Ilustración 8-8- Variación de la resistencia a la compresión inconfnada | 42 |
| Ilustración 8-9. Gráfica SPT | 43 |
| Ilustración 9-1-Vista en Planta perfil 1 y perfil 2 | 44 |
| Ilustración 9-2- Modelo Geotécnico sección 1 | 45 |
| Ilustración 9-3. Modelo geotecnico sección 2..... | 45 |
| Ilustración 10-1. Capacidad portante Fs indirecto | 50 |
| Ilustración 10-2 Capacidad portante Fs básico directo..... | 52 |
| Ilustración 10-3. Asentamientos elásticos | 53 |
| Ilustración 10-4. Modelo general Pilon 10. | 55 |
| Ilustración 10-5. Modelo de estabilidad sin obras..... | 55 |
| Ilustración 10-6. Análisis de estabilidad 1 | 56 |
| Ilustración 10-7. Análisis de estabilidad 2 | 57 |
| Ilustración 10-8. Localización de cortina de caisson en media luna | 58 |

| | | |
|---|--|---|
|  | <p style="text-align: center;">ESTUDIO GEOTÉCNICO EQUIPAMIENTOS CULTURALES CIUDAD BOLÍVAR – PILONA 10</p> <p style="text-align: center;">VERSIÓN I</p> | <p>JAM INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE NIT 830084684-9 Cra 42 No. 22A-03 Bogotá D.C., Colombia +57 3118538700 +57 1 2440222 info@jam.com.co www.jam.com.co</p> |
|---|--|---|


| | |
|---|----|
| Ilustración 10-9. Ábacos presión lateral Caisson L= 12 m..... | 59 |
| Ilustración 10-10. Ábacos presión lateral Caisson L= 6 m..... | 60 |
| Ilustración 11-1. Vista en planta secuencia de excavación | 65 |
| Ilustración 11-2 Estructura del plan de contingencia | 68 |
| Ilustración 11-3 Sistema de filtracion Fuente: Eco Geosystems | 73 |
| Ilustración 11-4. Alveodren Colector | 73 |
| Ilustración 11-5 Instalación filtro Fuente: Eco Geosystems | 74 |
| Ilustración 11-6. Esquema localización de filtro perimetral | 74 |
| Ilustración 11-7. Localización de filtro | 74 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1-1. Cuadro de áreas | 13 |
| Tabla 1-2. Cargas por columnas | 14 |
| Tabla 3-1 Relación de fotografías aéreas . IGAC..... | 17 |
| Tabla 5-1: Coeficientes de diseño..... | 28 |
| Tabla 5-2: Coeficientes de Umbral de daño | 28 |
| Tabla 5-3: Coeficientes de aceleración horizontal | 28 |
| Tabla 6-1: Información consultada | 30 |
| Tabla 6-2: Sondeos de estudios previos sobre el área proyectada | 30 |
| Tabla 8-1: Número mínimo de sondeos y profundidad por cada unidad de construcción Tomado de la tabla H.3.2-1 de NSR10 | 32 |
| Tabla 8-2: Exploración realizada..... | 33 |
| Tabla 8-3. Registro fotográfico | 34 |
| Tabla 8-4-Cantidad de ensayos de laboratorio ejecutados. | 35 |
| Tabla 8-5. Ensayos de resistencia realizados | 41 |
| Tabla 8-6. Ensayos de resistencia de referencia..... | 41 |
| Tabla 8-7. Expansión | 44 |
| Tabla 9-1 Parámetros de perfil geotécnico promedio | 46 |
| Tabla 9-2. Condición de agua subsuperficial | 46 |
| Tabla 10-1. Resumen capacidad portante losa de cimentación | 51 |
| Tabla 10-2. Parámetros de material para análisis de FS directo | 51 |
| Tabla 11-1 Directorio telefónico de entidades | 70 |

ANEXOS

- Anexo 1. Figura de unidades geológicas
- Anexo 2. Figura de microzonificación
- Anexo 3. Figura de localización de las perforaciones
- Anexo 4. Ensayos de laboratorio
- Anexo 5. Registros de perforación incluye los de información secundaria
- Anexo 6. Tabla de caracterización.
- Anexo 7. Memorias de cálculo
- Anexo 8. Figura de secuencia de excavación
- Anexo 9. Documentos geotecnista

| | | |
|---|--|--|
|  | <p>ESTUDIO GEOTÉCNICO EQUIPAMIENTOS CULTURALES CIUDAD BOLÍVAR – PILONA 10</p> <p>VERSIÓN I</p> | <p>JAM INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE NIT 830084684-9 Cra 42 No. 22A-03 Bogotá D.C., Colombia +57 3118538700 +57 1 2440222 info@jam.com.co www.jam.com.co</p> |
|---|--|--|

INTRODUCCIÓN

En el presente informe se presenta el estudio geotécnico enfocado al diseño de la cimentación que sirve de soporte para el diseño de equipamientos culturales en la localidad de ciudad Bolívar, haciendo uso del espacio remanente del predio en el cual se realizó la Pilona 10, del metro cable de la ciudad de Bogotá D.C.

El estudio se enmarca en el objeto contractual “ESTUDIO GEOTÉCNICO DE CIMENTACIONES PARA EL EQUIPAMIENTO CULTURAL UBICADO EN LA LOCALIDAD DE CIUDAD BOLÍVAR, EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ”

El presente estudio contiene la localización y generalidades del proyecto, la condición geológica y geomorfológica de la zona, la caracterización geotécnica del sitio con base a información secundaria de estudios geotécnicos realizados en la zona de estudio, la definición del perfil geotécnico promedio, la condición sísmica del área de estudio, modelo geológico geotécnico, análisis de capacidad portante, conclusiones y recomendaciones.

1 GENERALIDADES

1.1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El edificio de equipamiento cultural piona 10 se encuentra localizado en la localidad de ciudad Bolívar, entre la calle 66 BIS S y Calle 66 A S, en el K1+603 del trazado del metro cable de la ciudad de Bogotá, el edificio cuenta con un área de 800 m² aproximadamente, y su implantación general será en el área verde que se muestra en la Ilustración 1-1

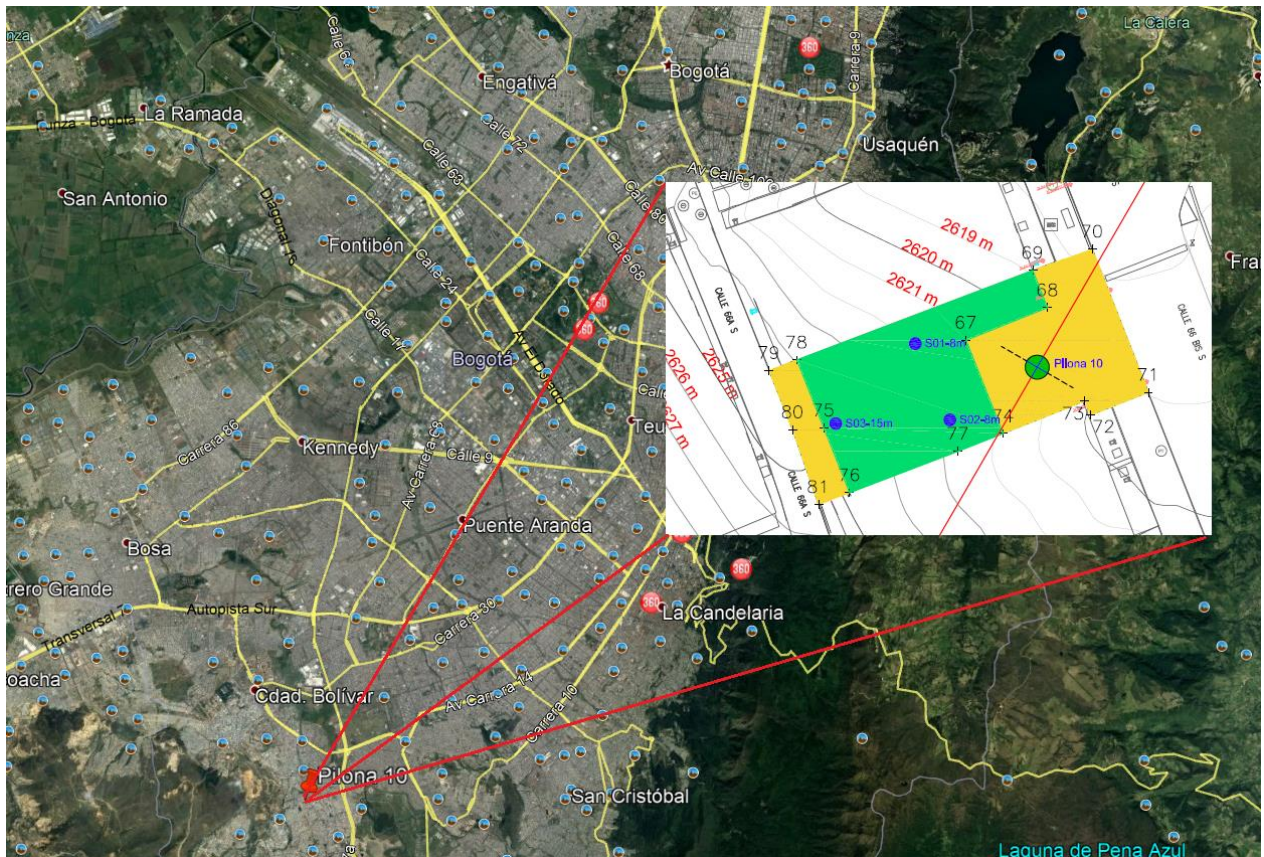


Ilustración 1-1: Localización área de estudio

1.2 OBJETIVO

Ejecución de estudios y diseños de ingeniería y complementarios, de los equipamientos culturales “Pilonas 10, 20 y Estación Paraíso Mirador”, ubicados en la localidad de ciudad bolívar, en la ciudad de Bogotá D.C. Este documento se centra en la edificación SCRD de la estación Paraíso Mirador.

I.3 DESCRIPCIÓN PROYECTO

El edificio de equipamientos culturales Pilona 10, consiste en una estructura de 5 niveles que incluye un sótano y una terraza, ésta estructura brinda espacios idóneos para la prestación de servicios de formación mediante el arte plástica, dramática, creación literaria, así como danza música y auditorios para el uso de los habitantes de la localidad de ciudad Bolívar.

Considerando las condiciones y tipología de la estructura suministrada por el cliente, se contempla que la estructura equivale a 5 niveles que clasifica la edificación como categoría MEDIA, según el título H.3.1.1 de la Norma sismo resistente NSR10.

En la Ilustración 1-2, se presenta una vista general del diseño arquitectónico, de igual manera, en los siguientes capítulos, se presenta brevemente un resumen el diseño arquitectónico sobre el cual se realizaron los estudios geotécnicos.



Ilustración 1-2: Render edificio de cultura Fuente, Transmicable Bogotá.

1.3.1 PERFILES ARQUITECTÓNICOS

De acuerdo al diseño arquitectónico, en la Ilustración 1-3 e Ilustración 1-4, la planta al nivel de sótano cuenta con un área de 154 m², a continuación se presenta el esquema representativo en planta y perfil de la edificación.

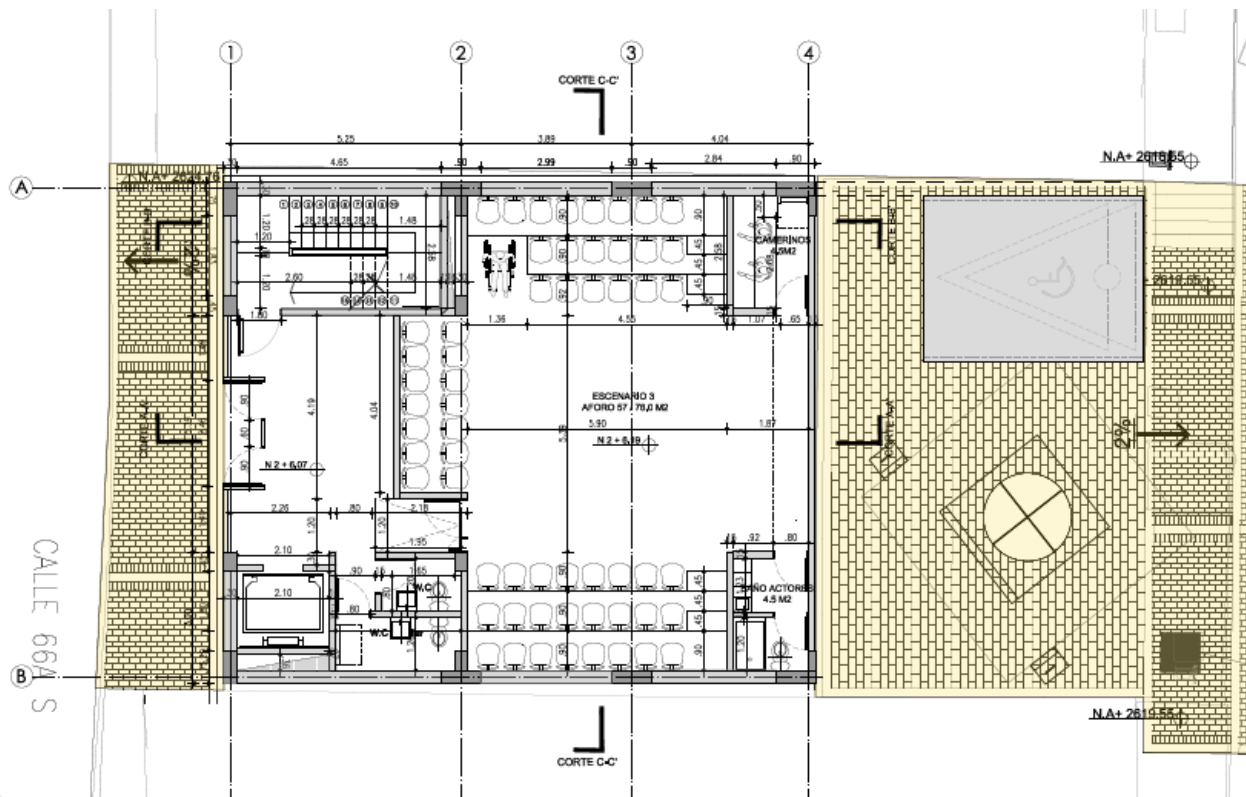


Ilustración 1-3: vista en planta edificio Pilon 10

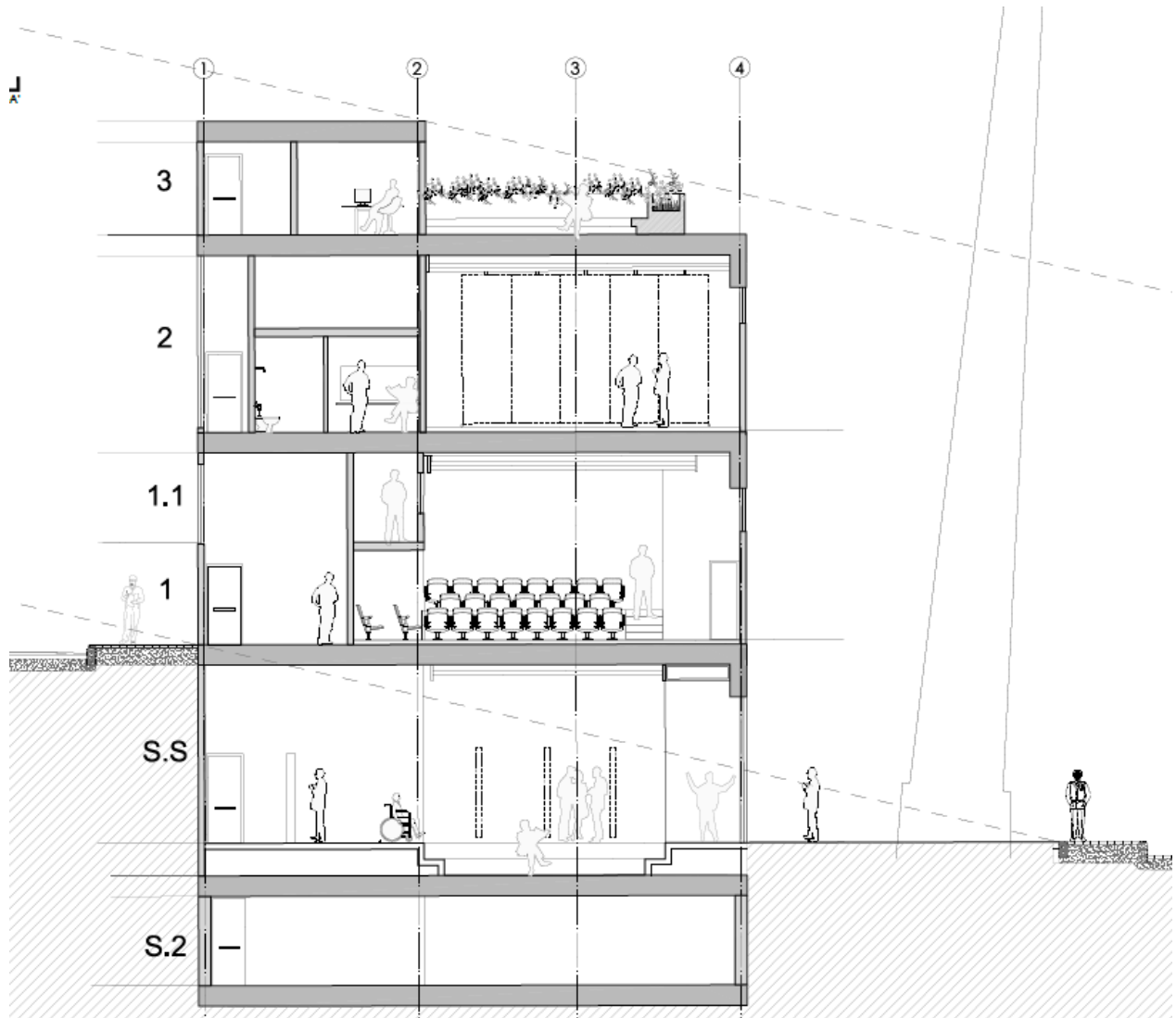


Ilustración 1-4: Perfil de edificio Pilon 10

I.3.2 CUADRO DE ÁREAS

Tabla I-I. Cuadro de áreas

| Nivel | Descripción del espacio | Área m ² |
|-------------------|---|---------------------|
| Nivel -3.5 | Cuartos técnicos. | 154 |
| Nivel 0 | Galería, escenario 1, recepción, baños. | 154 |
| Nivel 1 | Escenario 3, baños, camerinos | 154 |

| Nivel | Descripción del espacio | Área m ² |
|----------------|---|---------------------|
| Nivel 2 | Cuarto de control, parrilla técnica, baños. | 154 |
| Nivel 3 | Escenario, Depósito, camerinos y baños | 154 |
| Nivel 4 | Administración | 64 |

Tomado del anexo técnico del contrato.

I.3.3 CARGAS DE SERVICIO

Las cargas de servicio a nivel de cimentación, según diseño estructural, oscilan entre 110 t y 150 t, a continuación, se presenta la nomenclatura asignada por columna entre los ejes 1-4 A-B.

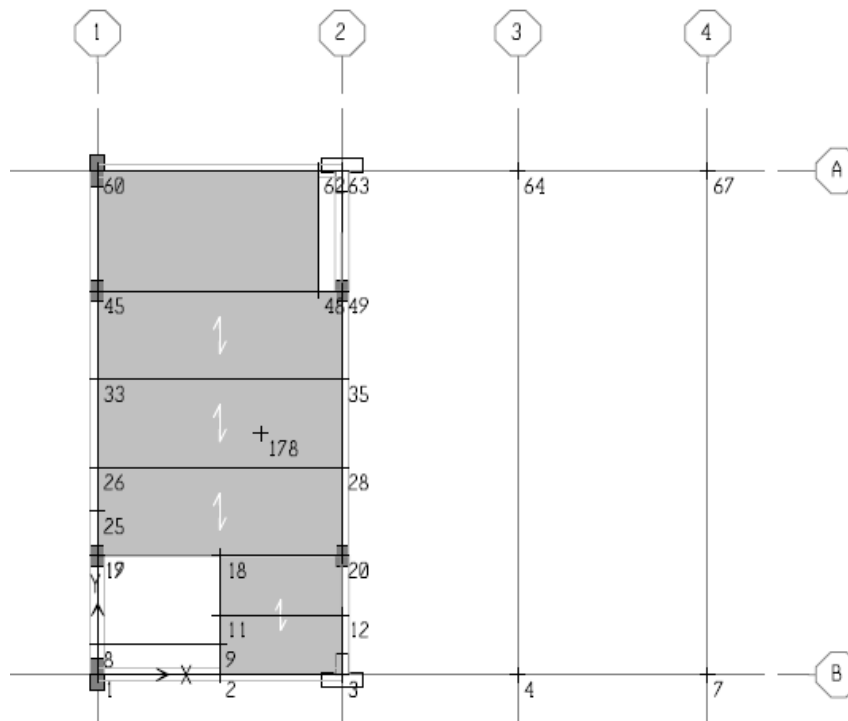



Ilustración 1-5: Planta de localización Columnas

Tabla I-2. Cargas por columnas

| Punto columna | Carga Total (t) | Punto columna | Carga Total (t) |
|---------------|-----------------|---------------|-----------------|
| 4 | 149 | 17 | 110 |
| 7 | 137 | 20 | 148 |
| 64 | 150 | 45 | 115 |
| 67 | 132 | 49 | 141 |

| | | |
|---|---|---|
|  | ESTUDIO GEOTÉCNICO EQUIPAMIENTOS CULTURALES CIUDAD BOLÍVAR – PILONA 10 | JAM INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE NIT 830084684-9 Cra 42 No. 22A-03 Bogotá D.C., Colombia +57 3118538700 +57 1 2440222 info@jam.com.co www.jam.com.co |
| | VERSION I | |

| Punto columna | Carga Total (t) | Punto columna | Carga Total (t) |
|---------------|-----------------|---------------|-----------------|
| 1 | 128 | 60 | 136 |
| 3 | 141 | 63 | 138 |

Tipo de sistema estructural: Sistema aporticado compuesto por vigas y columnas en concreto.

Carga total: 1.77 t/m²

Grupo de uso: Institucional

2 GEOLOGÍA

Las condiciones geológicas, geomorfológicas y geotécnicas generales, se evaluaron de acuerdo con lo establecido en el estudio “zonificación de la respuesta sísmica de Bogotá para el diseño sismo resistente de edificaciones”, desarrollado por el FOPAE en 2010 y reglamentado mediante el decreto 523 del 16 de diciembre de 2010 por la alcaldía mayor de Bogotá. Además, este documento refiere el mapa geológico del estudio de MZSB escala 1:25.000, realizado por INGEOMINAS en el año 1995. Toda la información consultada fue verificada mediante visitas de campo y validada con los resultados de estudios realizados en el sitio de estudio, así como de exploración geotécnica.

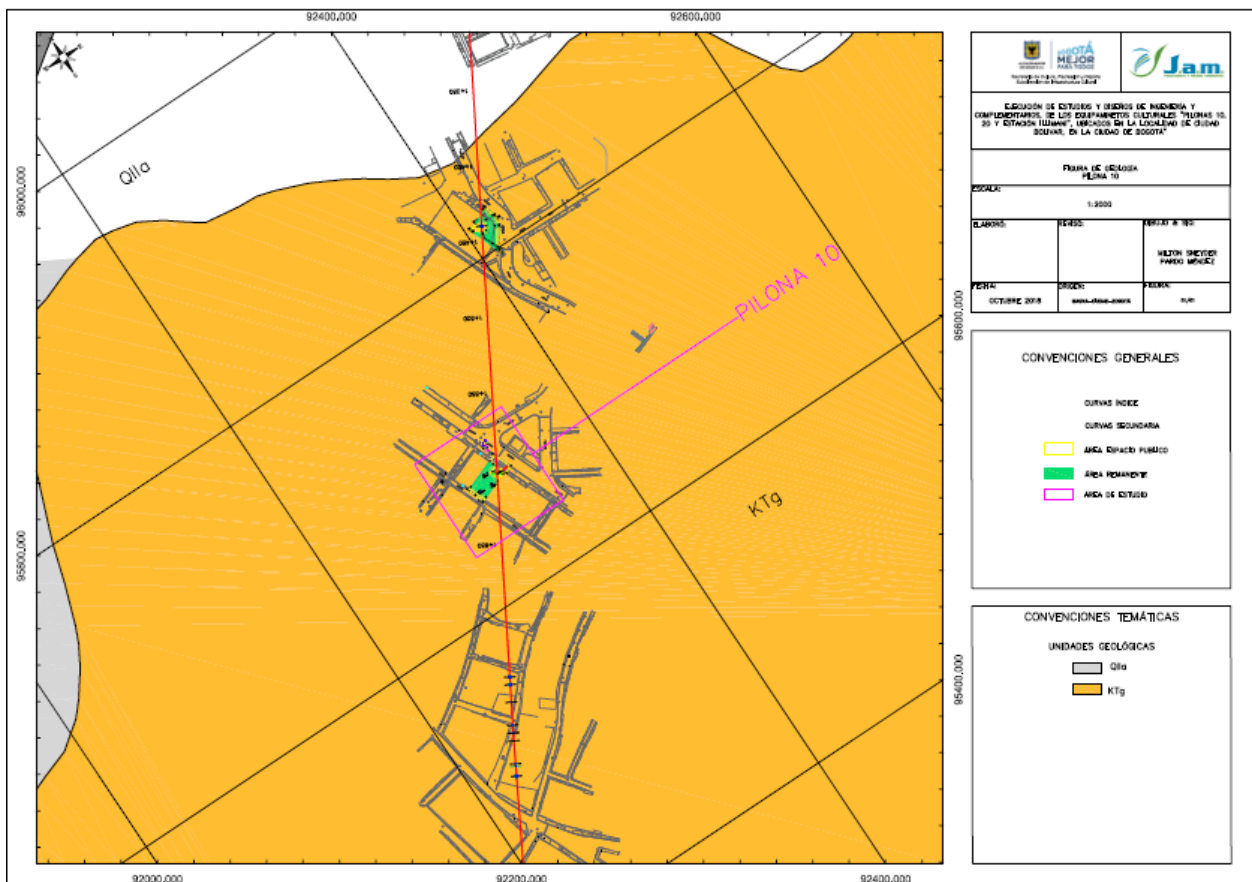


Ilustración 2-1: Unidades geológicas

El predio donde se desarrollará la edificación corresponde a la zonificación de “Ktg: Formación Guaduas”, donde se encuentra una arcillolita gris y habana con intercalaciones de arenisca. La zona de estudio se encuentra sobre una estructura de anticlinal. En el **Anexo 1**, se presenta el mapa de unidades geológicas.

3 GEOMORFOLOGÍA

Para facilitar el análisis geomorfológico de la zona determinada se ha adoptado la jerarquización geomorfológica propuesta por el INGEOMINAS 2004, y el glosario de unidades y subunidades geomorfológicas del Servicio Geológico Colombiano.

3.1 ANÁLISIS MULTITEMPORAL Y EVOLUCIÓN GEOMORFOLÓGICA

Con base en el análisis multitemporal del año 1970 hasta el 2015, realizado por el consorcio Unión Temporal Cable Bogotá¹ a partir de la interpretación de fotografía aéreas del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, e imágenes tomadas de Google earth de diferentes años, se evidenció un cambio drástico en varios aspectos regionales de la zona que comprende uso y cobertura del suelo, infraestructura y procesos morfodinámicos.

Para dicho análisis se interpretaron las fotografías que se relacionan en la Tabla 3-1 y una imagen satelital del año 2015 tomada de Google earth. Este análisis fue complementado con apreciaciones hechas en campo, donde se observó la evolución del relieve con respecto a las épocas anteriores.

| Sobre | Vuelo | Nº Fotografías | Escala | Año |
|---------|---------|----------------|---------|------|
| C-525 | | 842-843 | | 1970 |
| S-8787 | SAV-415 | 50-54 | 1:19500 | 1998 |
| S-40791 | C-2802 | 89-91 | 1:36800 | 2007 |

Tabla 3-1 Relación de fotografías aéreas . IGAC

¹ UNIÓN TEMPORAL CABLE BOGOTÁ, 2016. Estudios y diseños y construcción de obra civil, suministro, montaje, puesta en funcionamiento y mantenimiento del componente electromecánico, de un sistema de transporte de pasajeros por cable aéreo tipo monocable desenganchable, en la localidad de Ciudad Bolívar, Bogotá D.C.

Como resultado se observó el aumento progresivo de la actividad urbanisítica en el sector sobre las laderas en los últimos 45 años y los procesos erosivos a los que ha estado sometida la roca en la parte alta de las laderas, intensificando la ocurrencia de FRM.

3.1.1 Año 1970

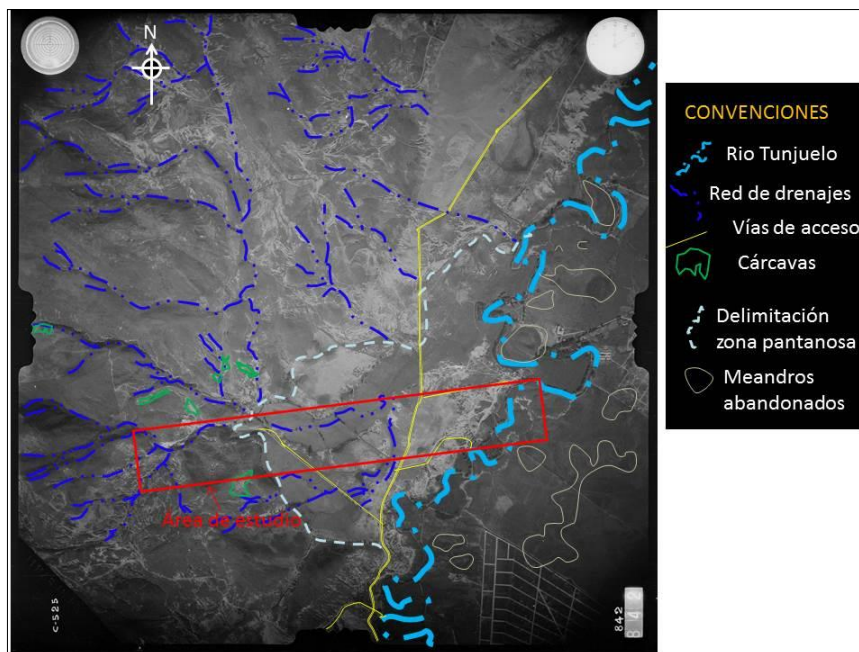


Ilustración 3-1 Vuelo C-525, Aerofotografía 842. Tomado de Unión temporal Cable Bogotá, 2016

La cobertura vegetal se restringe a coberturas de pastos, sin intervención humana, no se observan zonas de cultivos o uso de tierras para pastoreo, hacia las partes planas sobre la llanura del río Tunjuelo se observan zonas húmedas, algunos meandros abandonados dejados por la dinámica de este río. La cobertura vegetal en la parte alta de las laderas es escasa y la presencia de erosión se acentúa especialmente sobre las zonas circundantes a los drenajes principales.

Para esta época no se presentan asentamientos humanos, se indentifican algunas fincas y la red vial se restringe a la vía principal (Av Boyacá) y accesos privados a algunos predios.

Las zonas inestables se concentran en grandes focos de erosión asociados al patrón de drenaje sobre rocas friables y deleznales que afloran hacia la zona del Mirador. En las zonas bajas los problemas de inestabilidad están asociados a zonas de inundación periódicas.

3.1.2 Año 1998

En este periodo se observa un aumento en la cobertura del suelo a nivel urbano y en áreas destinadas a la explotación artesanal de materiales de construcción (recebo, arena y arcillas) a cielo abierto, lo cual genera condiciones propicias para que se representen problemas de inestabilidad y se generen fenómenos de remoción en masa.

Se observa un incremento en la actividad urbanística, lo cual se evidencia con el nacimiento de nuevos barrios en zonas aledañas a la quebrada Limas, e implementación de nuevas vías de acceso.

Para esta época se hace más evidente la presencia de cárcavas asociadas a procesos erosivos sobre drenajes estacionarios. Fenómeno asociado también a la pérdida de cobertura vegetal en la zona.

3.1.3 Año 2007



Ilustración 3-2 Vuelo C-2802, Aerofotografía 90. Toamdo de Unión Temporal Cable Bogotá, 2016

El uso del suelo es exclusivamente urbanístico, salvo algunos sectores donde se observan zonas verdes las cuales corresponden a áreas protegidas (parques naturales y humedales). En zonas aledañas al río Tunjuelo, prolifera vegetación característica de zonas pantanosas o de

inundación. Las áreas de explotación se encuentran claramente delimitadas por un marcado contraste topográfico de las alderas que han sido sometidas a estas actividades extractivas. Dentro de los elementos a resaltar destaca la cantera Las Tolvas, la cuál se encuentra hacia el costa W de la quebrada Limas, al norte de la estación Ilimani y la Pilona 20.

Para el año 2004, se infiere que las actividades de explotación en la cantera Las Tolvas fueron reducidas de manera importante, esto con base a la similitud de las bases topográficas del IDECA y JAM Ingeniería².

Ya para esta época se ha presentado el mayor desarrollo urbanísticos de la zona y la red vial que comunica los barrio El Mirador, Compratir, Brisas del Volador y El Diamante.

Debido a la fuerte actividad tectónica de la zona y a la presencia de procesos erosivos sobre los drenajes se han desarrollado zonas inestables con alto riesgo por procesos de remoción en masa.

3.1.4 Año 2015

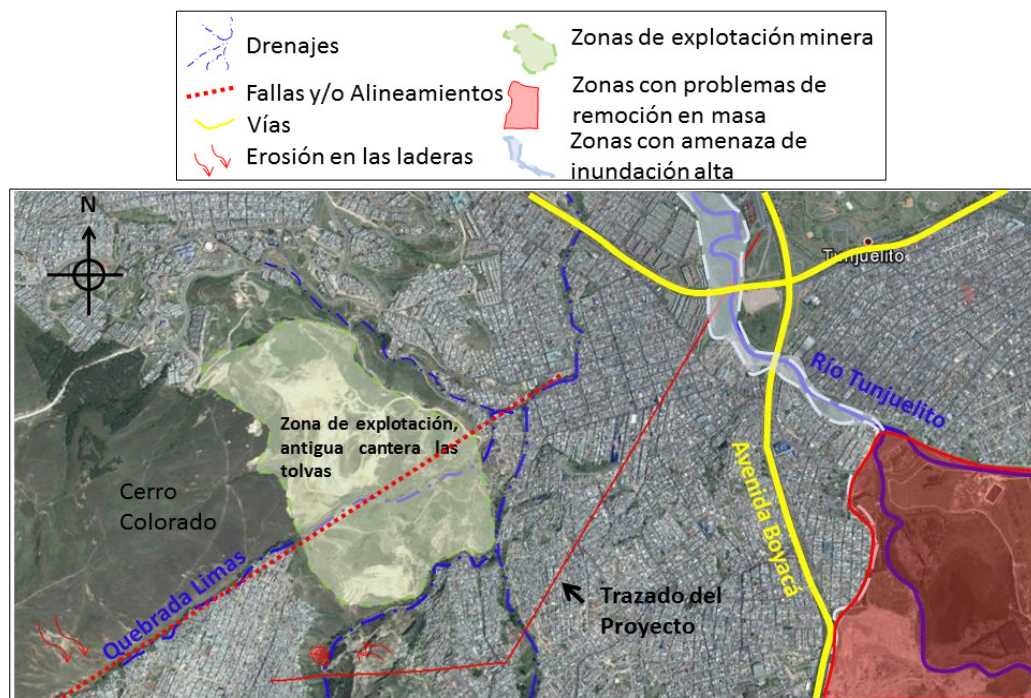


Ilustración 3-3 Imágen satelital Google Earth. Tomada de Unión Temporal Cable Bogotá, 2016

² HIDROJAM, 2015. Consultoría para realizar el plan de manejo, recuperación y restauración ambiental para el predio denominado cantera Las Tolvas, el análisis hidrogeológico mediante sondeo eléctrico de la zona de manejo y protección ambiental del Río Tunjuelito y que se encuentran en la zona de influencia de las pilonas del cable aéreo en la localidad de Ciudad Bolívar en Bogotá D.C.

Con base a la metodología de Corín Land Cover adoptada para Colombia, el uso del suelo de esta zona corresponde exclusivamente a una zona urbana, en la cuál más del 80% del área se encuentra construida. La vegetación y el suelo desnudo se encuentra en baja proporción con respecto a la totalidad del área.

El mayor desarrollo urbanístico de la zona en comparación a los años anteriores se da para esta época. El 80% de la zona corresponde a uso urbanístico. Como consecuencia de esto, la ronda hidráulica del río Tunjuelo y de las principales quebradas, se encuentra afectada por vertimientos ya que el sector no cuenta con un sistema de alacantarillado adecuado.

El área más afectada por procesos de inestabilidad corresponde a la antigua zona de explotación de la cantera Las Tolvas.

Con base al estudio realizado por HIDROJAM³, los alrededores de la cantera fueron catalogados como laderas con modelado mixto, ya que estas en general han mantenido sus formas a lo largo del tiempo, que evidencia la estabilidad de las mismas, sin embargo, presenta la implantación de viviendas y otras estructuras que modifican parcialmente el modelado, con cortes de menos de 4 metros en todo caso. De igual forma, se observa el dominio estructural del cauce de La Quebrada Limas, el cual se ha mantenido prácticamente invariable a lo largo la época que se ha analizando.

3.1.5 Evolución geomorfológica Pilona 10

El sector de estudio ha sufrido cambios morfológicos debido a cortes y rellenos para decuación urbanística. Con el fin de estimar y diferenciar estos cambios, se realizó una comparación topográfica con la base cartográfica actual y de planchas de épocas anteriores (año 1979, IDECA - 2004, topografía tranmicable - 2015 y topografía actual 2018).

En la Ilustración 3-5 se observa en el perfil un relleno de aproximadamente 1.50 m sobre la abcisa 0+020. La superposición de los perfiles topográficos permite concluir que esta zona no ha sufrido un cambio geomorfológico significativo en el timepo con respecto a la base cartográfica que se tiene del IDECA, la cual corresponde a la época de 2004.

³ HIDROJAM, 2015. Consultoría para realizar el plan de manejo, recuperación y restauración ambiental para el predio denominado cantera Las Tolvas, el análisis hidrogeológico mediante sondeo eléctrico de la zona de manejo y protección ambiental del Río Tunjuelo y que se encuentran en la zona de influencia de las pilonas del cable aéreo en la localidad de Ciudad Bolívar en Bogotá D.C.



A nivel regional se identificaron cuatro ambientes geomorfológicos según su origen: fluvial, denudacional, estructural y antropogénico. Sin embargo el sector dónde se localiza la pila 10 hace parte de una Colina Residual – Dcr de origen Denudacional, donde se presenta un proceso inactivo, que en algunos puntos exhibe rocas de la formación Guaduas .Ver Ilustración 3-6.

3.2.1 Unidades de Origen Denudacional

Colina Residual – Dcr: Esta unidad corresponde a una elevación del terreno con cimas redondeadas y amplias, de laderas cortas a moderadamente largas de forma convexa a recta y pendiente inclinada a abrupta, con índice de relieve bajo a moderado. Estas geoformas son originadas por procesos tectónicos y periodos de denudación ligados a las condiciones litológicas de la zona.

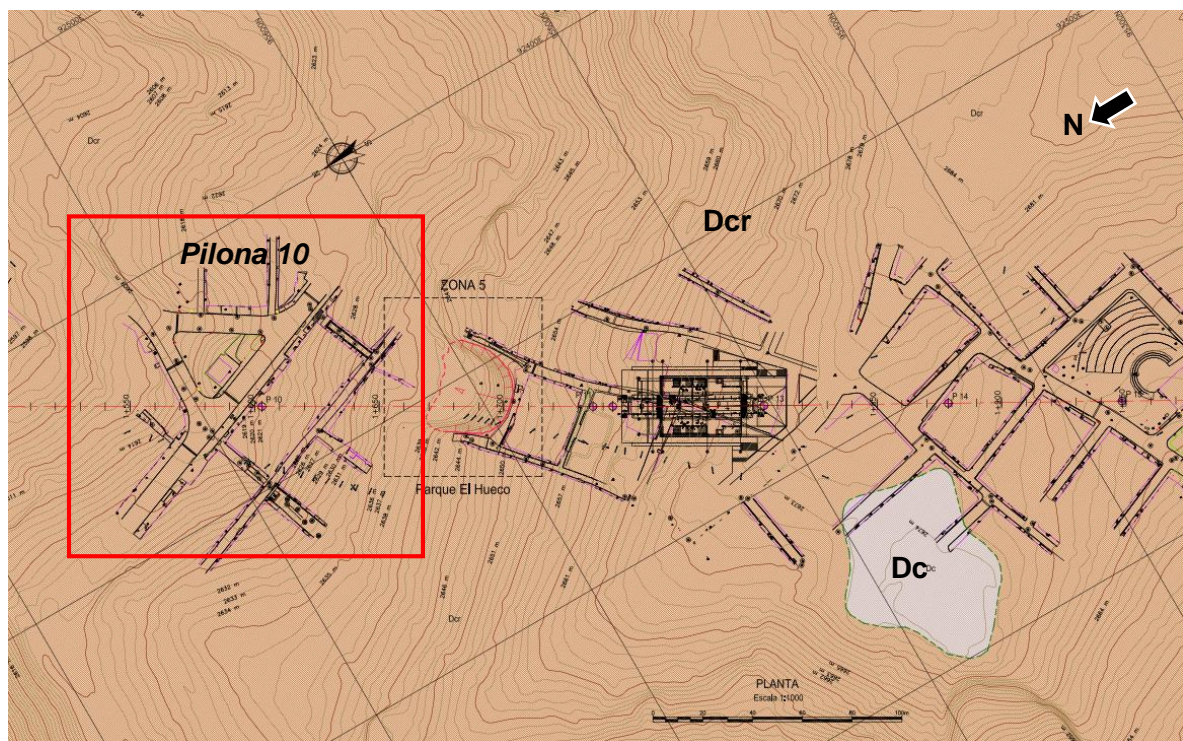


Ilustración 3-6 Unidades Geomorfológicas Pila 10. Tomado y modificado de Unión Temporal Cable Bogotá, 2015

Cima - Dc: Cresta de forma convexa plana y amplia. Presenta franjas alargadas que bordean algunas divisorias de aguas, de pendiente plana a inclinada, limitada por laderas cuya inclinación puede ser de moderada a escarpada. Esta unidad se genera a partir de procesos de erosión intensa, sumado a un proceso de origen antrópico.

4 HIDROGEOLOGÍA

Con base al estudio hecho por la Secretaría Distrital de Ambiente⁵, a partir de las características hidrológicas de las unidades geológicas que conforman la Sabana de Bogotá, e información hidroclimatológica e hidrogeoquímica. El sector donde se localiza la Pilona 10 corresponde al miembro medio de la formación Guaduas - KTgm, unidad constituida por rocas sedimentarias terciarias y cretácicas consolidadas que corresponden a areniscas cuarzosas de grano fino a medio bien cementadas y con muy poca matriz arcillosa en capas delgadas a medias intercaladas con lodolitas y limolitas de laminación plana paralela.

Dentro del grupo de sedimentos y rocas con flujo esencialmente intergranular se encuentra el conjunto medio de la Formación Guaduas, sistema acuífero de extensión regional y local de productividad alta a baja con trasmisivilidades del orden de 100 a 400 m²/día. Dentro de este grupo también se encuentran los depósitos de ladera que corresponden a suelos transportados y a sedimentos no consolidados.

Dentro de las unidades hidrogeológicas de interés, se debe precisar que la Formación Guaduas⁶: en su conjunto Medio presenta un acuífero de porosidad primaria con extensión lateral limitada y con recarga mínima.

En la Ilustración 4-1 se observa el mapa de sistema de modelamiento propuesto por Veloza J. 2013, para el distrito Capital. La zona de estudio se encuentra enmarcada por el polígono rojo, y corresponde a la unidad hidrogeológica del grupo A (Ver Ilustración 4-2), sedimentos y rocas con flujo esencialmente intergranular.

⁵ Veloza, J. 2013. Sistema de modelamiento hidrogeológico del Distrito Capital

⁶ Velandia, F 2013. Hidrogeología Regional de la Sabana de Bogotá

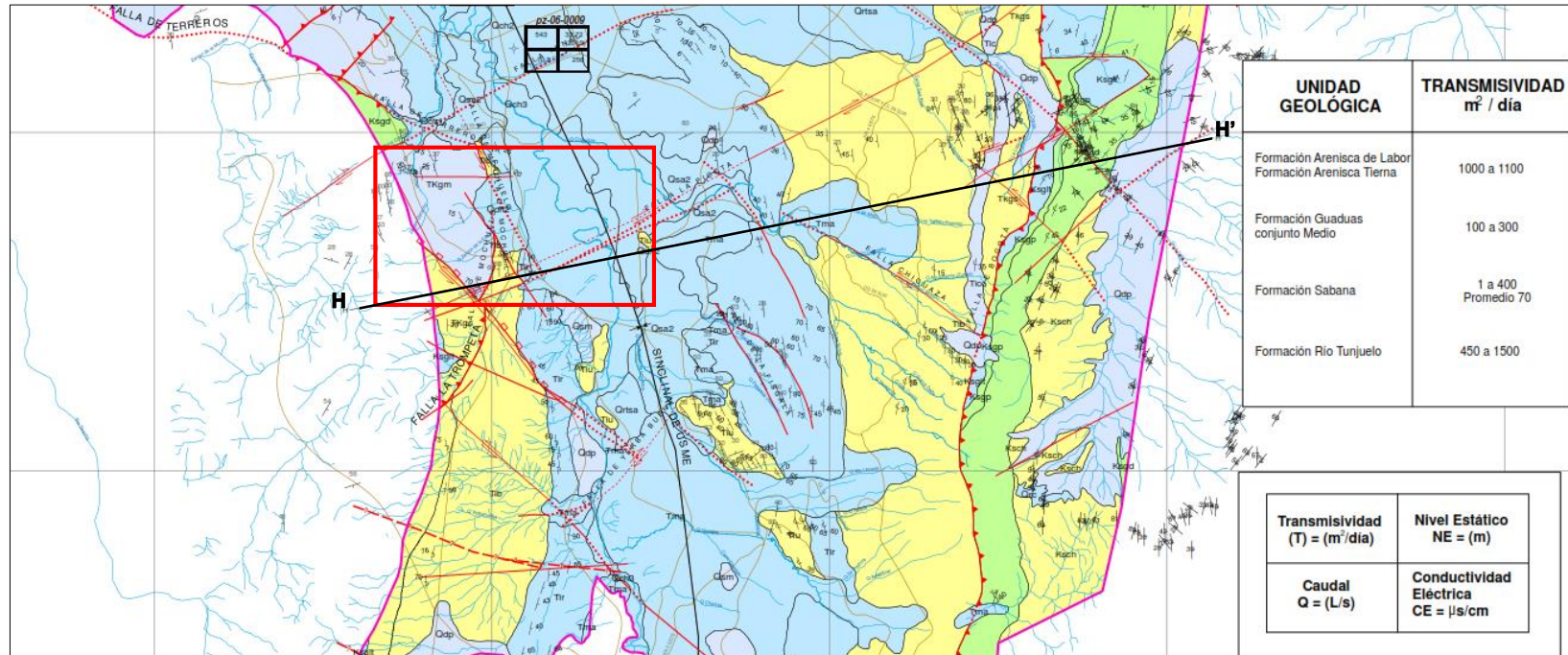


Ilustración 4-1 Sistema de modelamiento hidrogeológico del Dsitrito Capital área de estudio. Tomado y modificado de Veloza, J. 2013

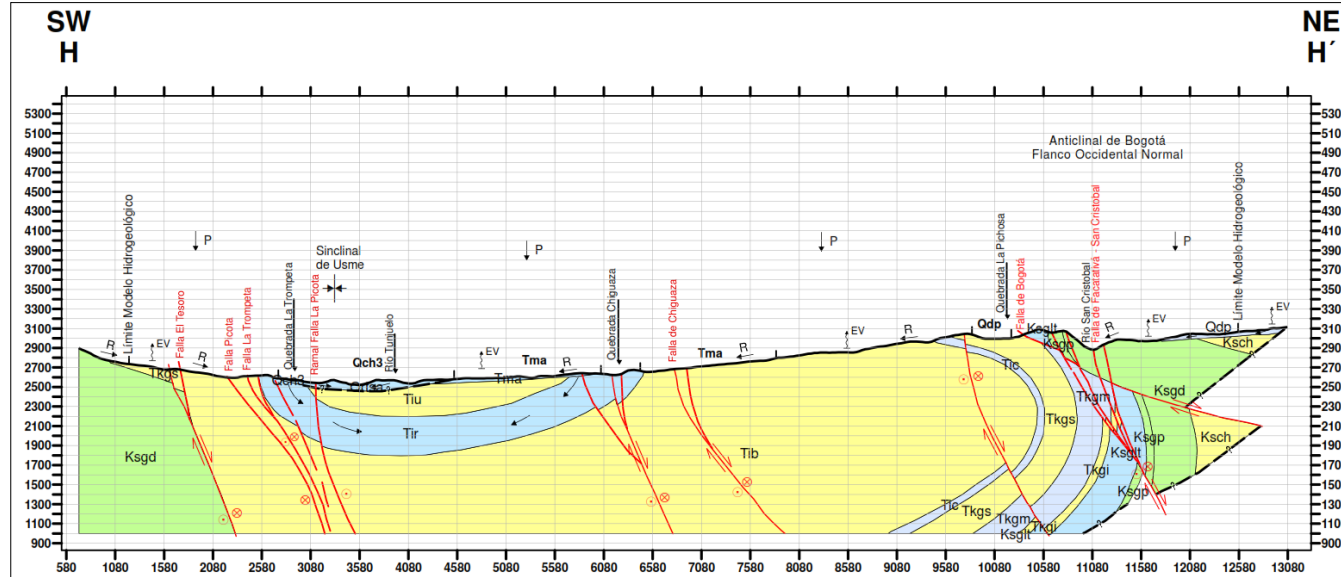


Ilustración 4-2 Sección H-H. Modelamiento hidrogeológico
del Dsitrto Capital.. Tomado y modificado de Veloza, J.
2013

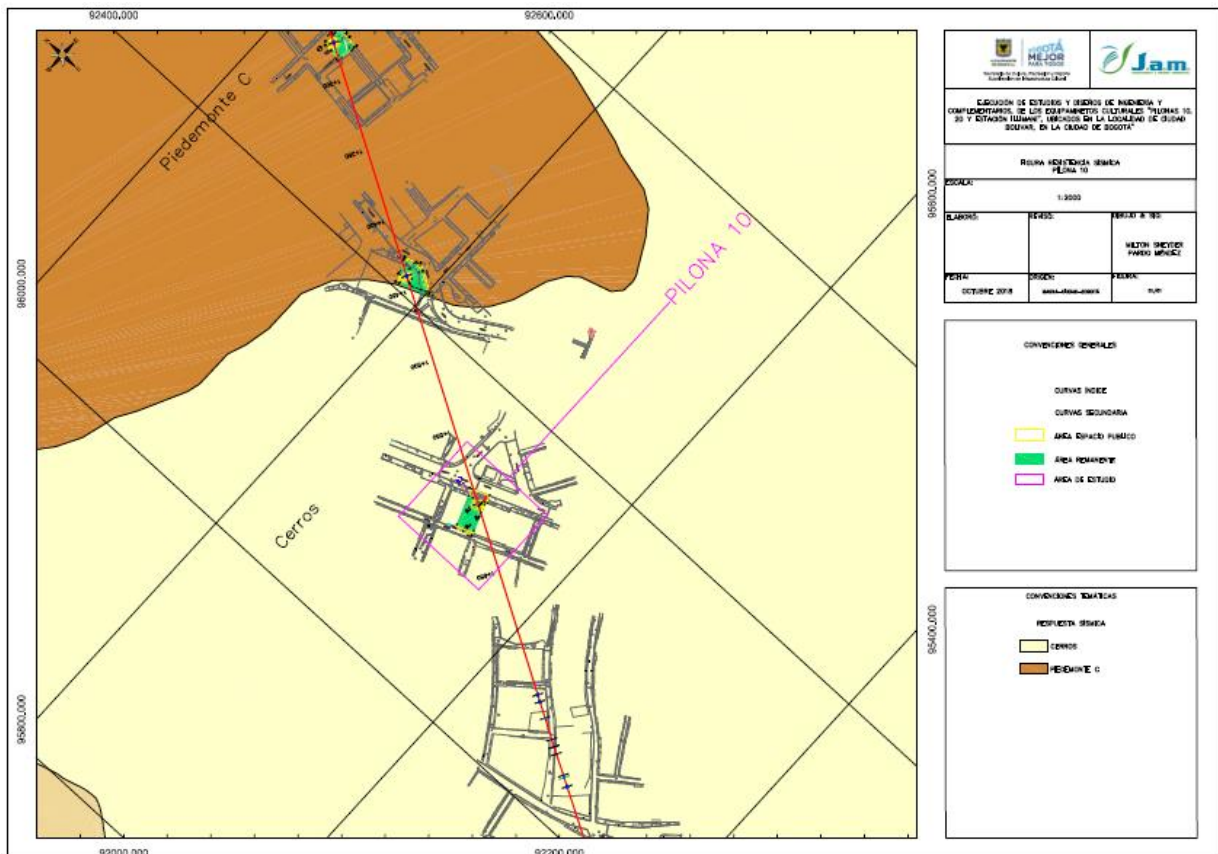
| | CARACTERÍSTICAS DE LOS ACUIFEROS | UNIDADES GEOLÓGICAS |
|----|--|---|
| A. | SEDIMENTOS Y ROCAS CON FLUJO ESENCIALMENTE INTERGRANULAR | |
| | <p>Sistemas acuíferos discontinuos de extensión regional y local, conformados por sedimentos cuaternarios no consolidados de ambiente de la cuenca (fluvial y lacustre), de montaña, de ladera y rocas sedimentarias terciarias y cretácicas. Son acuíferos de productividad alta a baja con transmisividades del orden de 1 a 1400 m²/día.</p> | <p>DEPOSITOS DE PENDIENTE (Qdp) RESTOS DE METEORIZACION DE ARENISCAS DEL GUADALUPE (Tm) FORMACION SAN MIGUEL (Qsm) FORMACION CHIA (Qch) FORMACION RIO TUNJUELO (Qrtm) FORMACION SABANA (Qsa), Qsa2, Qsa3 intercalaciones) FORMACION MARICHUELA (Tma) FORMACION ARENISCAS REGADERA (Tir) FORMACION CHAO (Tic) FORMACION GUADUAS Conjunto Medio (Tkgm) FORMACION ARENISCAS LABOR - TIERRA (Kaglt)</p> |
| B. | ROCAS CON FLUJO ESENCIALMENTE A TRAVÉS DE FRACTURAS | <p>FORMACION PLAENERS (Ksgp) FORMACION ARENISCAS DURA (Ksgd)</p> |
| C. | ROCAS CON LIMITADOS RECURSOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS | <p>FORMACION USME (Tiu) FORMACION BOGOTÁ (Tib) FORMACION GUADUAS Conjunto Superior (Tkgs) y Conjunto Inferior (Tkgi) FORMACION CHIPAQUE (Ksch)</p> |

5 CONDICIONES SÍSMICAS

De acuerdo con el decreto 523 de 2010, por el cual se adopta la microzonificación sísmica de Bogotá, de conformidad con el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, se identificó la zona de respuesta sísmica que corresponde a: **Cerros**.

Conforme al capítulo 5.7, “En la zona de cerros se debe determinar el espesor de los depósitos de suelo bajo la placa de cimentación o contrapiso, de tal manera que el espesor del depósito sea menor a 6 m.”, con base a lo anterior, y teniendo en cuenta que el nivel de implantación del semisótano, se encuentra a 9 m de profundidad desde la calle 66 AS, y por tanto, la cimentación se realizará sobre suelo residual que suprayace la roca arcillolita, se establece como **cerros** la zona de respuesta sísmica.

A continuación, en la Tabla 5-1 y la Tabla 5-2, se presentan los coeficientes de diseño y coeficientes de umbral de daño para cada zona; de igual manera, en Ilustración 5-1, se presenta la microzonificación sísmica de la zona de estudio. En el **Anexo 2**, se presenta el mapa de microzonificación.



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 5-1: Microzonificación zona de Estudio

Tabla 5-1: Coeficientes de diseño

| Zona | F_a | F_v | T_c (s) | T_L (s) | A_0 (475) (g) |
|---------------|-------|-------|-----------|-----------|--------------------|
| Cerros | 1.35 | 1.30 | 0.62 | 3.0 | 0.18 |

Dónde:

- F_a = Coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de periodos cortos.
- F_v = Coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de periodos intermedios.
- T_c = Periodo corto.
- T_L = Periodo largo
- A_0 = Aceleración horizontal pico efectiva del terreno en superficie (g).

Tabla 5-2: Coeficientes de Umbral de daño

| Zona | $F_a(31)$ | $F_v(31)$ | T_{0d} (s) | T_{cd} (s) | T_{Ld} (s) | A_{0d} (31) (g) |
|---------------|-----------|-----------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| Cerros | 1.50 | 1.70 | 0.11 | 0.57 | 3.0 | 0.08 |


Dónde:

- F_a = Coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de periodos cortos.
- F_v = Coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de periodos intermedios.
- T_{0d} = Periodo inicial de Umbral de daño
- T_{cd} = Periodo corto de umbral de daño
- T_{Ld} = Periodo largo de umbral de daño
- A_{0d} = Aceleración horizontal pico efectiva del terreno para umbral de daño en superficie (g).

Los coeficientes de umbral de daño se deben utilizar para verificar derivas cuando estén involucradas edificaciones de los grupos de uso IV y III definidas en el título A.2.5.1 de la NSR10. Los demás grupos de uso se deben trabajar a partir de los coeficientes de diseño. En la Tabla 5-3 se presenta el valor del coeficiente de aceleración horizontal, k_h , para cada una de las zonas identificadas, calculado como se indica en el título H.5.2.5 de la NSR-10.

Tabla 5-3: Coeficientes de aceleración horizontal

| Zona | Material | K_{st}/a_{max} | Coeficientes | K_h |
|---------------|---|------------------|--------------|-------|
| Cerros | Suelos, enrocados y macizos rocosos muy fracturados (RQD < 50%) | 0.8 | De diseño | 0.144 |

| | | |
|---|---|--|
|  | <p>ESTUDIO GEOTÉCNICO EQUIPAMIENTOS CULTURALES CIUDAD BOLÍVAR – PILONA 10</p> | <p>JAM INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE NIT 830084684-9 Cra 42 No. 22A-03 Bogotá D.C., Colombia +57 3118538700 +57 1 2440222 info@jam.com.co www.jam.com.co</p> |
| | <p>VERSIÓN I</p> | |

Nota Explicativa:

Para el coeficiente sísmico se revisó la información de mayor detalle que existe en la ciudad correspondiente al estudio de respuesta sísmica del Subsuelo – Microzonificación sísmica de Bogotá, incluido en el decreto 523 de 2010, de ahí se tomó el valor de A_0 de 0.18, ahora bien, conforme a la NSR-10, el valor de K_h se obtiene de la siguiente manera $K_h = 0.8 \cdot A_0$, así que $K_h = 0.144$.

6 RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

Con el objetivo de identificar las condiciones geotécnicas de las áreas de interés, se consultó la información de los estudios previos del proyecto transmicable así:

Tabla 6-1: Información consultada.

| Proyecto | Consultor | Año | Información Consultada |
|--|--------------------------------|------|--|
| Estudio de factibilidad de los corredores de transporte por cable en las localidades de Ciudad Bolívar y San Cristóbal de Bogotá | Metro de Medellín | 2013 | Estudio geotécnico del trazado de cable aéreo. |
| Estudios y diseños y construcción de obra civil, suministro, montaje, puesta en funcionamiento y mantenimiento del componente electromecánico, de un sistema de transporte de pasajeros por cable aéreo tipo monocable desenganchable, en la localidad de Ciudad Bolívar, en Bogotá D.C. | Unión temporal cable de Bogotá | 2016 | Estudio de fundaciones Pilon 24. |

De esta información se extrajo los registros de perforación de los sondeos que se encuentra en la zona de afectación directa, es decir, en el predio donde se proyecta construir la edificación. Una vez analizada la información, se concluye que existe un perfil compuesto por un suelo residual de arcillolita de espesor variable que se presenta en la mayoría del perfil estudiado, pero, aun así, no se desarrolla en la totalidad, por lo cual hay variación en la zona que colinda con la calle 66AS en donde se presenta un depósito de ladera, la roca parental es arcillolita.

Los sondeos realizados en la fase de factibilidad y diseño del transmicable cumplen con las características necesarias estipuladas en la NSR10, en consecuencia, serán incluidos como información base del plan de exploración según lo estipulado en el título H.3.2.4 numeral (d) de la NSR10. Los sondeos que se emplearan de estudios previos se enumeran en la Tabla 6-2.

Tabla 6-2: Sondeos de estudios previos sobre el área proyectada

| Etapas transmicable | Edificación | ID sondeo | Profundidad (m) |
|---------------------|-----------------------------|-----------|-----------------|
| Diseño | Edificios estación Illimani | P-10 | 20 |

7 COMPARACIÓN MULTITEMPORAL

El sector de estudio ha sufrido cambios morfológicos correspondientes a cortes y rellenos, con el fin de estimar y diferenciar estos cambios, se realizó una comparación topográfica con el levantamiento actual y las planchas cartográficas recopiladas (Plancha 1979, topografía tranmicable y topografía actual 2018).

Para la comparación, se sobrepuso el mismo perfil en las diferentes épocas, en varias secciones de estudio tomando puntos conocidos cuyo cambio topográfico no ha sido significativo en el tiempo.



Ilustración 7-1. Sección de análisis, vista en planta

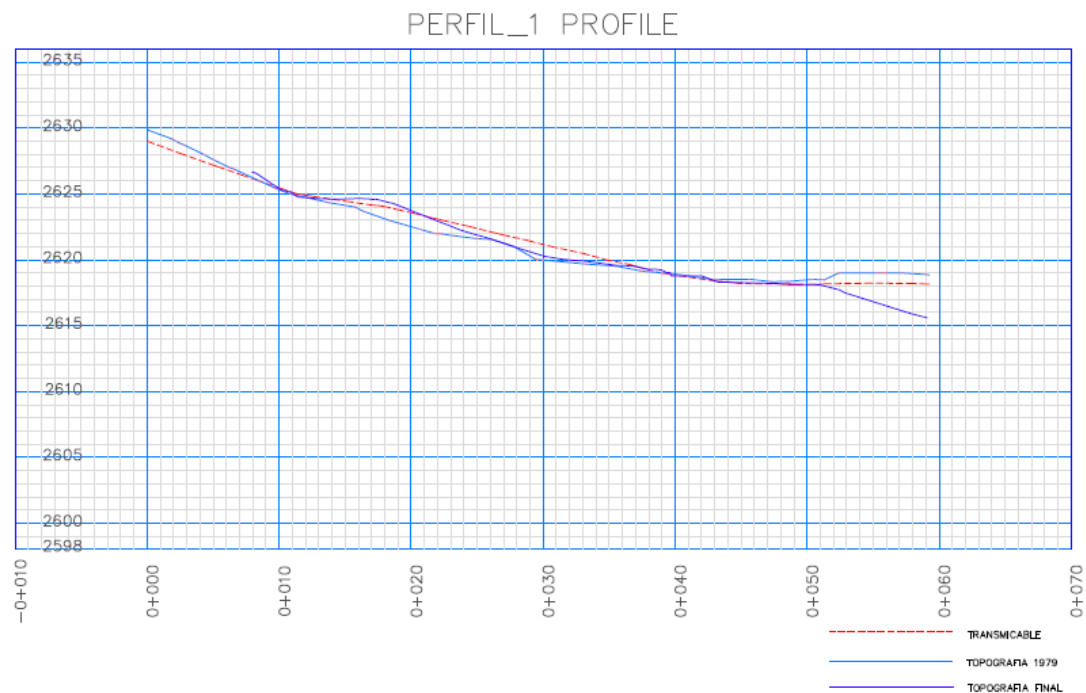


Ilustración 7-2. Comparación multitemporal

8 EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO

El plan de exploración fue establecido de tal manera que abarque toda el área construida haciendo énfasis las excavaciones de mayor corte. El número y la profundidad mínima de los sondeos, se estableció acorde a los numerales H.3.2.3, H.3.2.4, H.3.2.5 y H.3.2.6 de la NSR-10, teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- La cantidad y profundidad mínima de sondeos para cada unidad de construcción, cumple los requerimientos exigidos por la NSR-10. En la Tabla 8-1 se presentan los requerimientos.
- Se cumple que “por lo menos el 50% de los sondeos deben estar ubicados en la proyección de las construcciones”, según el criterio (c) del numeral H.3.2.4 de la NSR-10.
- Se cumple que “por lo menos el 50% de todos los sondeos debe alcanzar la profundidad dada en la Tabla H.3.2-1” numeral H.3.2.5 de la NSR-10. Con excepción de lo establecido en el título H.3.2.5 de la NSR10.
- La edificación del proyecto cataloga como categoría media.

Tabla 8-1: Número mínimo de sondeos y profundidad por cada unidad de construcción Tomado de la tabla H.3.2-1 de NSR10

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

La exploración cumplió con las siguientes condiciones particulares:

- El análisis de información secundaria evidenció un perfil de suelo residual compuesto por arcilla limosa, producto de la meteorización de la arcillolita gris presente en la zona. Se encontraron valores de rechazo en el ensayo SPT a partir de 1 m.
- Durante el reconocimiento de campo se evidenció que el predio se encontraba con una capa superficial de relleno, producto de la demolición de las viviendas que existían. En algunas zonas descubiertas a una profundidad aproximadamente de 4 m se observó arcilla de consistencia firme que corresponde al perfil de suelo residual de arcillolita.
- Durante el diseño de la pila 10 se realizó un sondeo de 20 m que cumple con los requerimientos de la NSR10, se adopta para el análisis de exploración geotécnica del presente estudio la información de Pila 10 .
- El edificio pila 10 cuenta con 4 pisos y un sótano. El mayor corte que requiere la estructura, se encuentra aproximadamente a 9 m y corresponde a la parte alta del predio en la cota 2625 msnm.

El **Anexo 3** presenta la figura de localización de los sondeos

Tabla 8-2: Exploración realizada

| ID | Tipo | Profundidad (m) | Edificación |
|------|----------------------|-----------------|---------------------------------|
| S-01 | Perforación mecánica | 8.8 | Equipamiento cultural Pilona 10 |
| S-02 | Perforación mecánica | 8.7 | |
| S-03 | Perforación mecánica | 14.5 | |

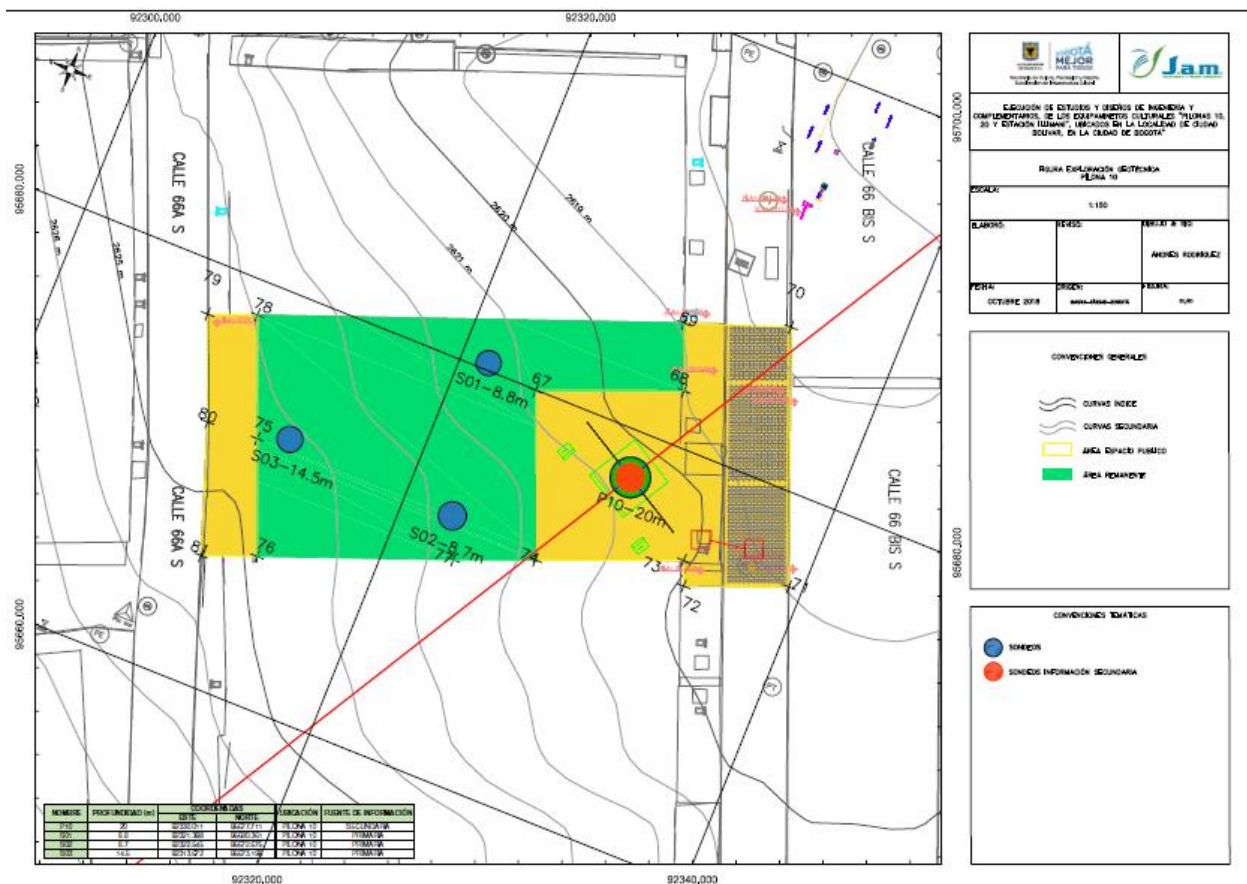


Ilustración 8-1: Exploración Edificio Pilon 10

8.1 Registro Fotográfico

A continuación se presenta un registro fotográfico de los trabajos realizados en campo.

Tabla 8-3. Registro fotográfico

| Localización | Sondeo 2 |
|--|--|
| <p>+</p>  |  |
| Sondeo 1 | Sondeo 3 |
|  |  |

8.2 Ensayos de Laboratorio

Para determinar las propiedades de los materiales encontrados, se realizaron ensayos de caracterización física como humedad natural, límites de Atterberg, granulometría, lavado sobre tamiz No. 200, peso específico, y ensayos de resistencia como compresión simple y carga puntual, no se realizaron ensayos de consolidación debido a las características y propiedades geotécnicas de la zona de estudio en donde el perfil geotécnico se compone principalmente de roca fracturada de arenisca con diferentes grados de meteorización.

En la Tabla 8-4 se relaciona la cantidad de ensayos ejecutados sobre las muestras obtenidas de los sondeos 1, 2 y 3

Para la caracterización de los materiales se tuvo en cuenta la información obtenida en los sondeos realizados, así como el sondeo de información secundaria.

Tabla 8-4-Cantidad de ensayos de laboratorio ejecutados.

| TIPO DE ENSAYO | TOTAL (S1 S2 S3) |
|-----------------------------------|-------------------|
| Humedad Natural | 21 |
| Peso específico de sólidos | 1 |
| Límites De Atterberg | 8 |
| Granulometría | 1 |
| Lavado Tamiz 200 | 6 |
| Peso Unitario | 13 |
| Expansión | 1 |
| Compresión inconfiada | 7 |

En el **Anexo 4** se presenta los ensayos de laboratorio, en el **Anexo 5** se presenta los registros de perforación incluyendo los de información secundaria y en el **Anexo 6** la tabla de caracterización con la información de los ensayos realizados en el sitio de estudio.

Humedad natural y límites de consistencia

De acuerdo a la exploración realizada se encontró que la humedad natural se encuentra entre el 2 % y el 30 % con un valor promedio del 14 %, los valores de los límites de consistencia promedio de son: Límite líquido del 47 % y límite plástico de 21 %.

En la Ilustración 8-2, se aprecia la Carta de Plasticidad de Casagrande con los resultados de límites donde se clasifica el suelo como arcilla de alta plasticidad para el suelo residual de arcillolita, por otro lado, se clasifica como arcilla de baja plasticidad para el material de matriz del depósito de ladera identificado en el sondeo 3.

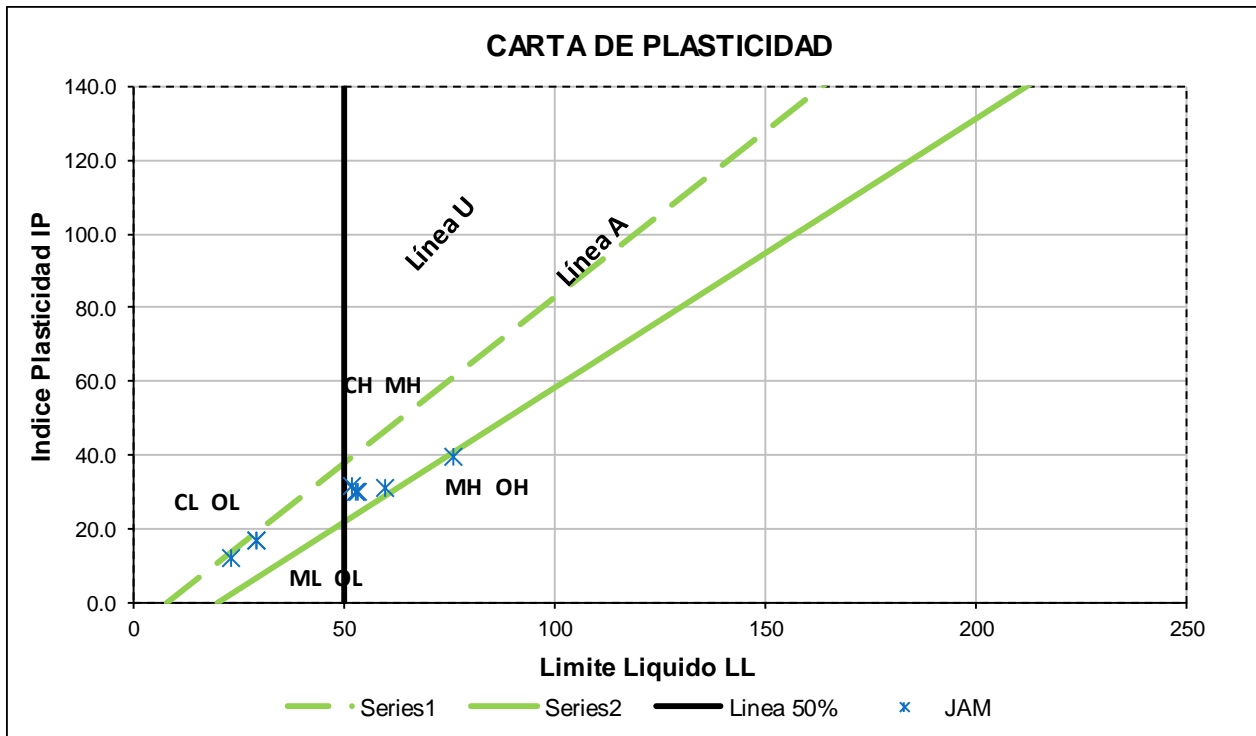


Ilustración 8-2 Clasificación en la carta de plasticidad de Casagrande del material ensayado

En la Ilustración 8-3, se muestra la variación de estos parámetros con la profundidad.

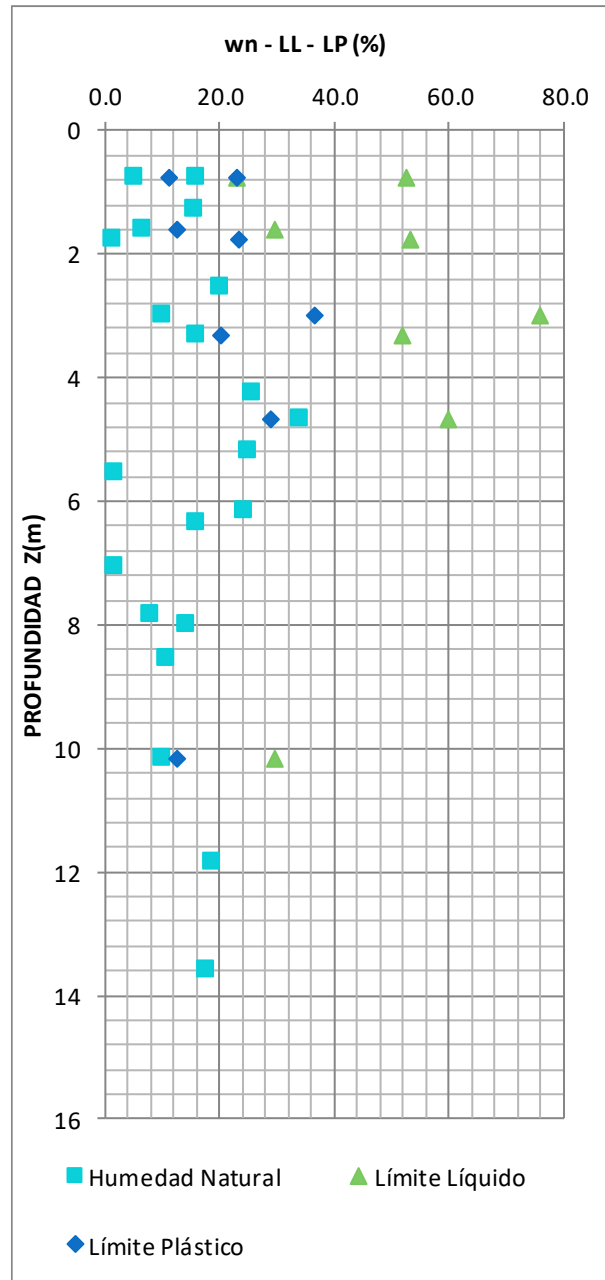


Ilustración 8-3 Variación de los límites de consistencia y la humedad natural en función de la profundidad.

Características Granulométricas:

Los resultados muestran que la fracción de suelo se compone aproximadamente en un 50 % de materiales finos, un porcentaje de arena de aproximadamente 40 %, y un porcentaje de gravas

entre el 10 % y el 20 %. En la Ilustración 8-4 se aprecia la variación granulométrica con la profundidad.

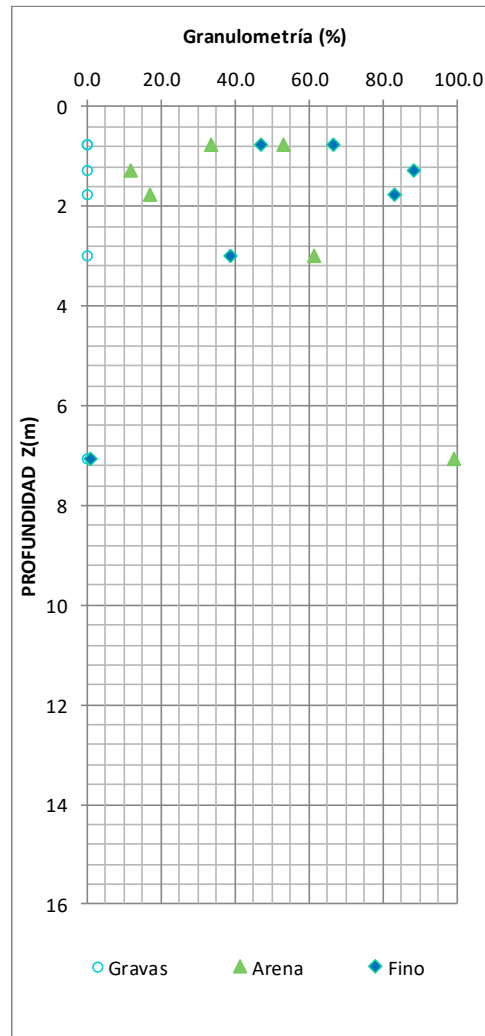


Ilustración 8-4- Granulometría en función de la profundidad

A continuación, se presenta la clasificación de la fracción de suelo encontrada en los sondeos realizados.

- **Suelo 1: Relleno antrópico:** El suelo residual se clasifica siguiendo el diagrama de la Ilustración 8-5, teniendo en cuenta los resultados de granulometría y de límites de consistencia como “*Relleno antrópico compuesto por arcilla de baja plasticidad*”.

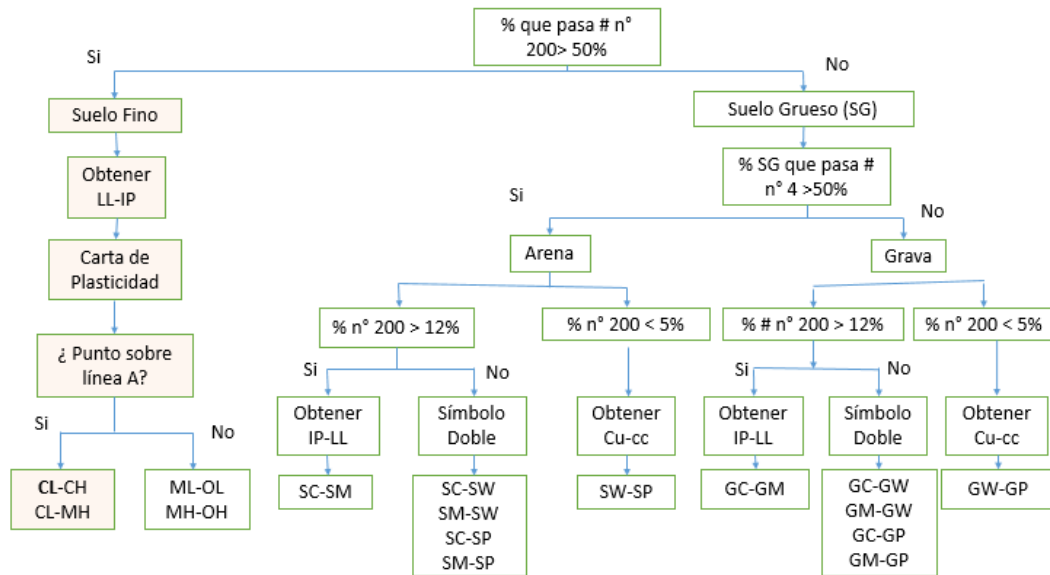


Ilustración 8-5- Clasificación de Relleno antrópico

- **Material “Matriz de depósito de ladera”:** Se clasifica siguiendo el diagrama de la Ilustración 8-5, teniendo en cuenta los resultados de granulometría y de límites de consistencia como *Arena limosa*.

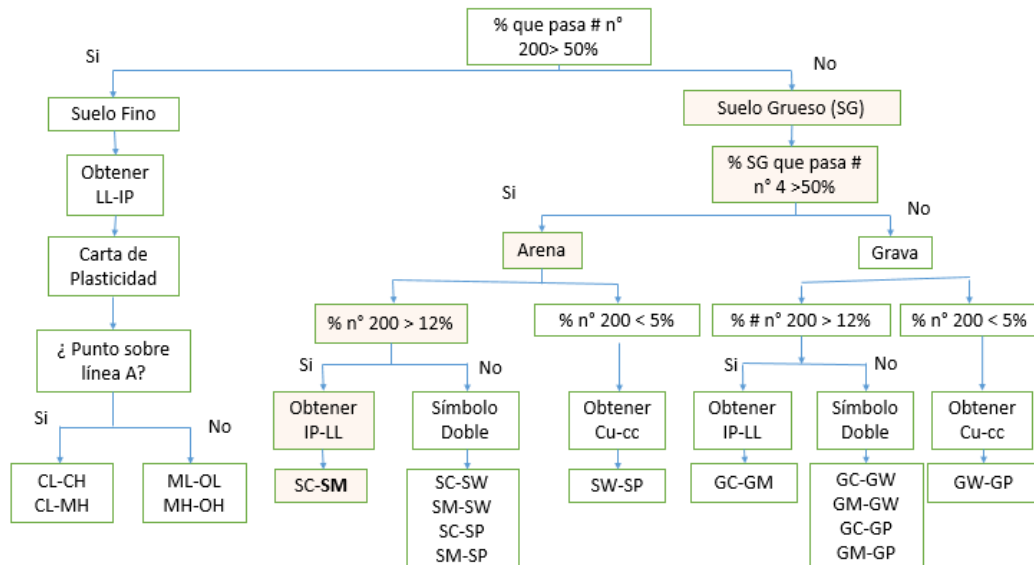


Ilustración 8-6- Clasificación de material de matriz arena-limosa.

Peso Unitario:

El peso unitario se evaluó con los resultados de los ensayos de laboratorio realizados. En la Ilustración 8-7 se grafica la variación del peso unitario en función de la profundidad, se puede apreciar que tiene un valor constante que varía entre 2 t/m^3 y 2.3 t/m^3 , el peso unitario seco varía entre 1.5 t/m^3 y 2 t/m^3 .

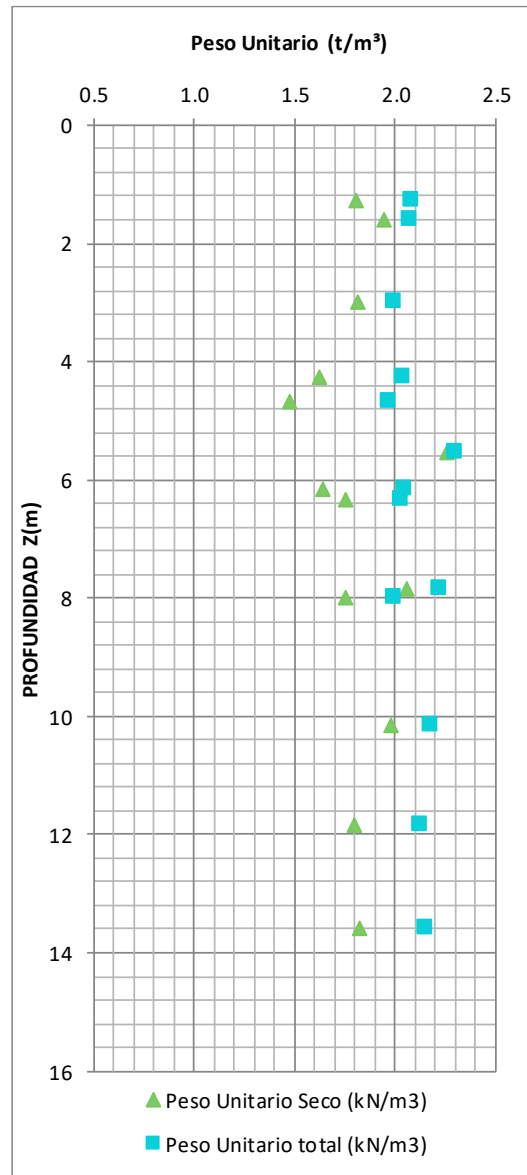


Ilustración 8-7- Peso unitario en función de la profundidad

Ensayos de resistencia

Para la estimación de los parámetros de resistencia, se realizaron ensayos de compresión inconfiada. A continuación, se resumen los resultados encontrados.

Tabla 8-5. Ensayos de resistencia realizados

| Ensayo | Material | | Profundidad promedio (m) | qu (t/m ²) | Cu (t/m ²) |
|------------------------------|----------|--|--------------------------|------------------------|------------------------|
| Compresión inconfiada | 3 | Residual de arcillolita | 4.69 | 33.26 | 16.63 |
| Compresión inconfiada | 3 | Residual de arcillolita | 6.35 | 40.46 | 20.23 |
| Compresión inconfiada | 3 | Residual de arcillolita | 4.26 | 32.87 | 16.44 |
| Compresión inconfiada | 4 | Arcillolita gris | 6.15 | 36.4 | 18.21 |
| Compresión inconfiada | 4 | Arcillolita gris | 10.16 | 63.83 | 31.92 |
| Compresión inconfiada | 5 | Arcillolita con intercalaciones de arcilla | 11.85 | 40.56 | 20.28 |
| Compresión inconfiada | 5 | Arcillolita con intercalaciones de arcilla | 13.6 | 8.99 | 14.5 |

La información resumida en la Tabla 8-6, se complementa con los resultados de los ensayos de laboratorio realizados en el diseño de la Pilon 10. A continuación se presentan los resultados de resistencia de corte directo CD, obtenidos los cuales son tomados como de referencia en el presente estudio.

Tabla 8-6. Ensayos de resistencia de referencia.

| Ensayo | Material | | Profundidad promedio (m) | Ángulo de fricción (°) | Cohesión (t/m ²) |
|----------------------|----------|--|--------------------------|------------------------|------------------------------|
| Corte Directo | 1 | Relleno antrópico | 3 | 25.37 | 1.9 |
| Corte Directo | 3 | Residual | 8 | 29.3 | 3 |
| Corte Directo | 5 | Arcillolita con intercalaciones de arcilla | 20 | 18.19 | 6 |

En la Ilustración 8-8, se presenta la variación de los resultados de compresión inconfiada con la profundidad.

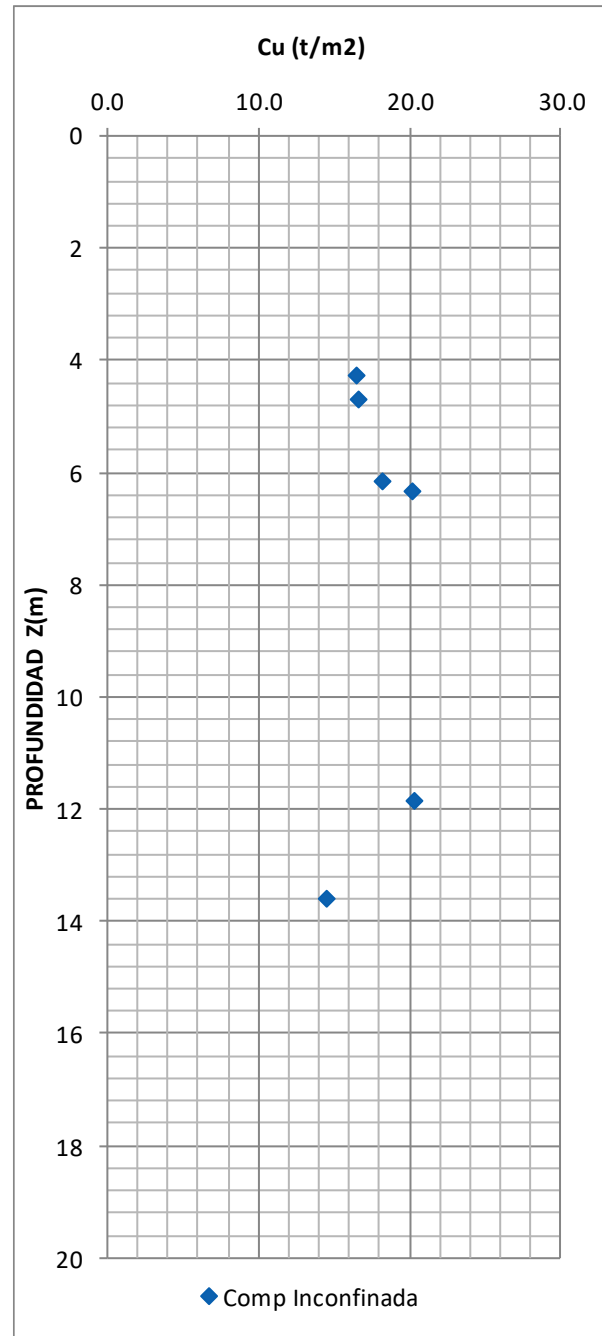


Ilustración 8-8- Variación de la resistencia a la compresión inconfínada

SPT

Los resultados del ensayo de campo SPT obtenidos de los sondeos realizados, son analizados para estimar la resistencia de los materiales presentes en el subsuelo.

En la Ilustración 8-9, se presenta el valor del número de golpes del ensayo SPT, se observa que en todo caso el número de golpes es superior a 30, lo que indica rechazo, este comportamiento que se presenta para el *suelo residual* y la *arcillolita* obedece a la consistencia firme del material, en el caso del material identificado como: “*Depósito de ladera*”, el rechazo obedece a los fragmentos de arenisca y arcillolita que se encuentran embebidos en matriz areno limosa.

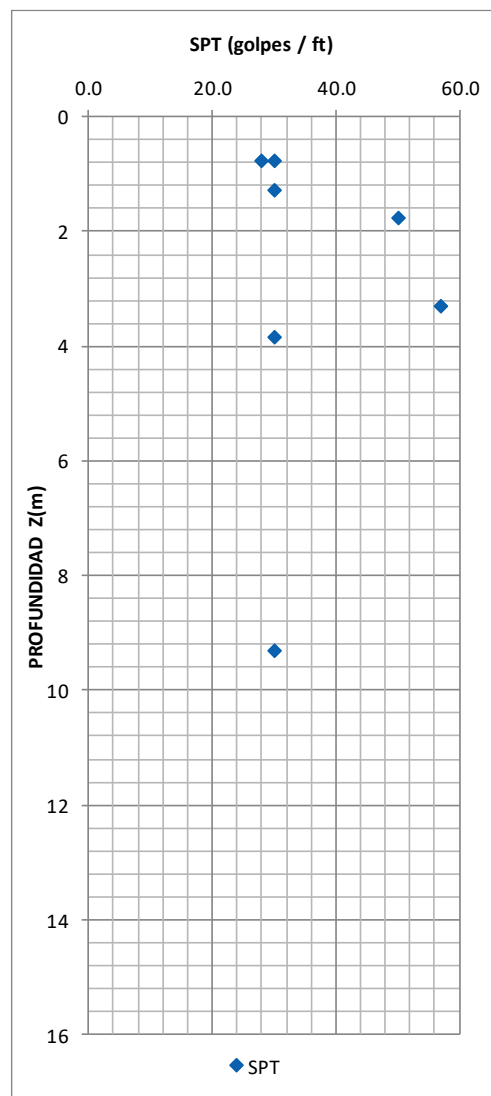


Ilustración 8-9. Gráfica SPT

Expansión Controlada

Los resultados del ensayo de expansión controlada, así como la información general del comportamiento del subsuelo en la zona de estudio, indican que no hay presencia de suelos expansivos. A continuación, se presenta el resultado obtenido para la muestra 1 del sondeo 3.

Tabla 8-7. Expansión

| Muestra | Valor | Potencial de expansión |
|-----------------------------|-------|------------------------|
| Muestra 1 – Sondeo 3 | 1.27 | NINGUNO |

9 MODELO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO

Recopilando la información geológica, ensayos in situ y resultados de laboratorio, se determinó el modelo geológico-geotécnico de la zona donde se ubicará la edificación. En general se encontró un perfil compuesto por suelo residual de arcillolita de espesor variable sobre una arcillolita gris, en la parte alta a la altura de la Calle 66 AS, se identificó que no se desarrolló suelo residual, sino que por el contrario se encontró la presencia de un depósito de ladera compuesto por arenisca fracturada con arcillolita en matriz areno limosa depositado sobre la arcillolita gris.

La Ilustración 9-1, presenta el modelo geológico geotécnico representativo en la zona de estudio. La información secundaria, de la perforación 10, permitió complementar la información obtenida en el presente estudio.

La dirección del buzamiento de la arcillolita, se estimó teniendo en cuenta la estructura de anticlinal sobre la cual se encuentra la zona de estudio.

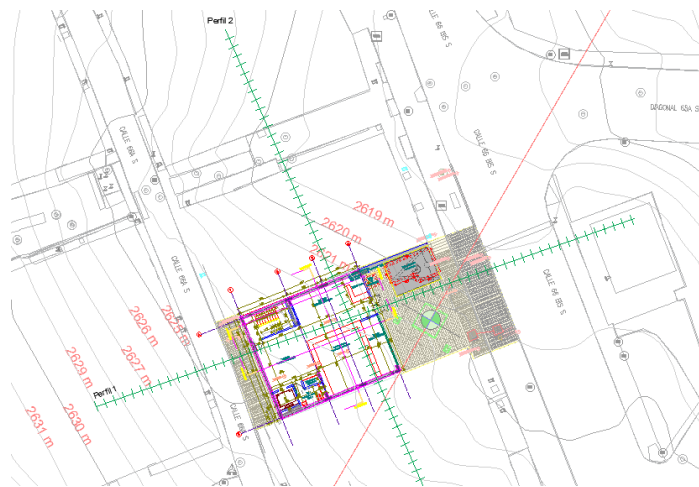


Ilustración 9-1-Vista en Planta perfil 1 y perfil 2

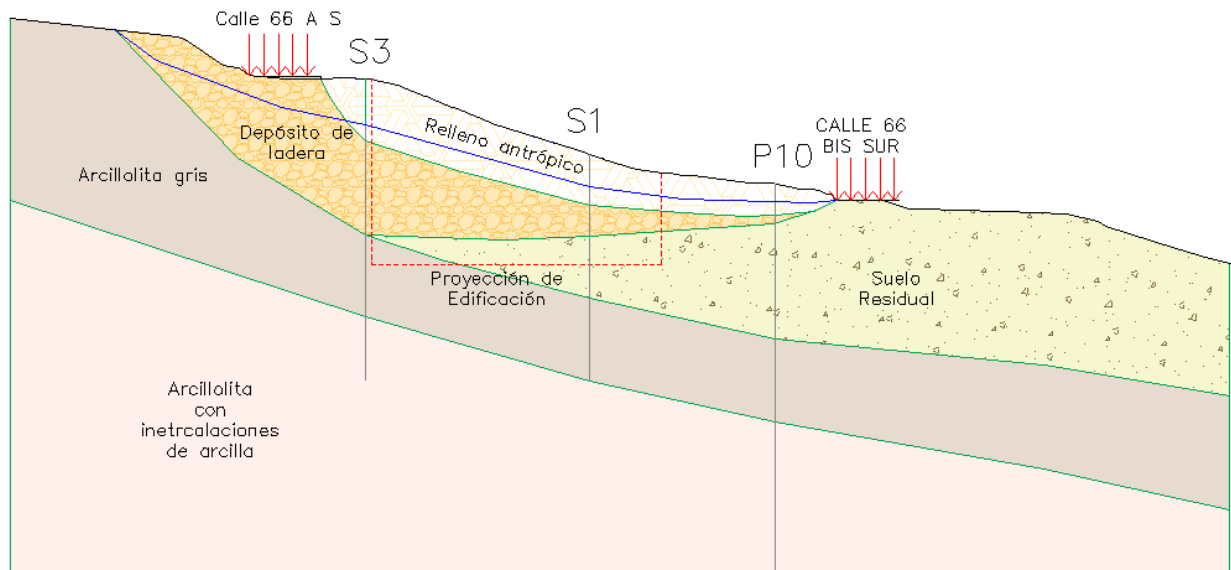


Ilustración 9-2- Modelo Geotécnico sección I

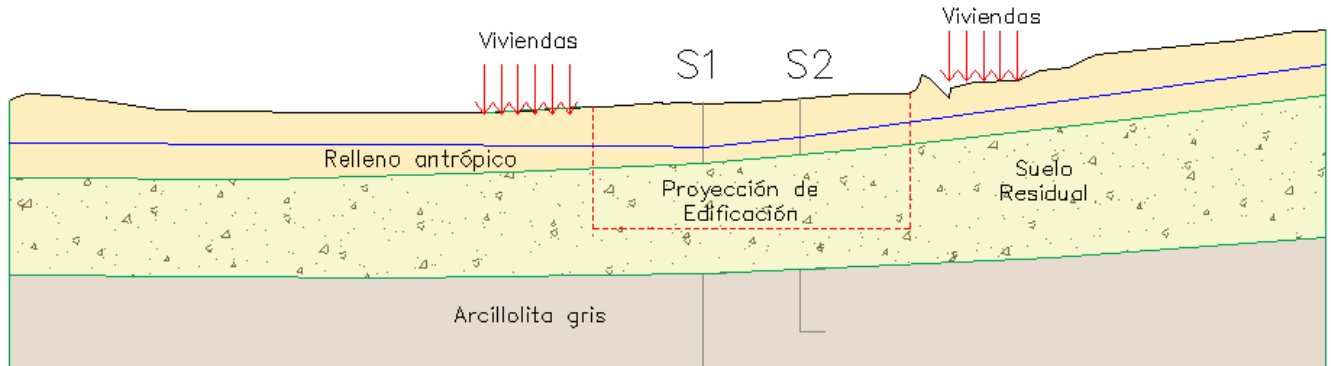


Ilustración 9-3. Modelo geotecnico sección 2

9.1 Parámetros representativos de modelo geológico geotécnico.

Los parámetros representativos del perfil del subsuelo que se obtienen obedecen principalmente a los resultados del ensayo de compresión confinada de cada una de las muestras ensayadas. Este valor es característico para los materiales y condiciones de sitio.

En los materiales de relleno antrópico y depósito de ladera, la recuperación de muestra en la fase de exploración se dificultó debido a que en el avance hubo lavado del material fino y/o matriz arcillosa, por tal razón los parámetros de resistencia representativos del estrato denominado

“relleno antrópico”, se tomaron con ayuda de información secundaria de ensayos de corte directo realizados en el estudio del metro cable de Bogotá 2015, y los parámetros de resistencia del depósito de ladera se estimaron con metodología de *Jaime Suarez* por medio de una estimación de cohesión y ángulo de fricción mediante una relación gráfica que involucra el porcentaje de matriz del depósito, que para las condiciones de sitio corresponde al 70 %.

En la Tabla 9-1, se presentan las propiedades de los 5 materiales identificados en el perfil geotécnico.

Tabla 9-1 Parámetros de perfil geotécnico promedio

| ID | Descripción | Peso unitario (kN/m ³) | Cu (kN/m ²) | c (kN/m ²) | phi (°) |
|----|--|---------------------------------------|-------------------------|------------------------|---------|
| 1 | Relleno antrópico | 21 | - | 19 | 25 |
| 2 | Depósito de ladera | 21 | | 20 | 16 |
| 3 | Suelo residual | 20 | 177 | | |
| 4 | Arcillolita gris | 21 | 250 | 30 | 29 |
| 5 | Arcillolita con intercalaciones de arcilla | 21 | 174 | 21 | 29 |

9.2 Condición de Agua subsuperficial.

El nivel de agua registrado, en los sondeos S1, S2 y S3, se encuentra entre 1.6 m y 2.2 m , tal como se muestra en la Tabla 9-2, por tanto en los análisis se toma a una profundidad de 1.6 m.

Tabla 9-2. Condición de agua subsuperficial

| Perforación | S01 | S02 | S03 |
|-----------------|-----|-----|-----|
| Profundidad (m) | 1.6 | 1.8 | 2.2 |

10 ANÁLISIS GEOTÉCNICOS

Conforme a la norma sismoresistente NSR-10, se realizan análisis geotécnicos teniendo en cuenta suelos con características especiales, presencia de vegetación, ablandamiento cíclico o licuación, que permitan una adecuada elección del tipo y nivel de cimentación

10.1 CONDICIONES GEOTÉCNICAS PARTICULARES

El predio se encuentra en zona de amenaza media por fenómenos de remoción en masa, por tanto, se verificó que no existiera algún condicionamiento por riesgo para la licencia de construcción, mediante una reunión con IDIGER, en donde se concluyó que con base al estudio de amenaza vulnerabilidad y riesgo realizado por la UNIÓN TEMPORAL CABLE BOGOTÁ, 2016, se estableció que ya se tuvieron en cuenta las condiciones y/o restricciones por riesgo establecidos por el IDIGER.

10.2 ANÁLISIS DE SUELOS CON CARACTERÍSTICAS ESPECIALES

Según las características físicas de los materiales que conforman la zona de estudio, obtenidas de los ensayos de caracterización (contenido de agua, peso unitario, límites de Atterberg, etc.), se determinó que los suelos no presentan características de dispersión y colapsabilidad, de acuerdo a los criterios expuestos en H.9.2 y H.9.3 de la NSR-10.

10.3 PRESENCIA DE VEGETACIÓN

En la zona de implantación del proyecto, no se encuentran vegetación, por lo cual no se espera repercusiones de vegetación existente a las obras de cimentación y estabilización.

10.4 ANÁLISIS DE ABLANDAMIENTO CÍCLICO

Debido a las características geotécnicas del perfil del subsuelo el cual en su mayoría está compuesto por arcillolita y suelo residual de arcillolita, en donde con el ensayo SPT (golpes /pie) se registraron valores de Ncampo superiores a los 30 golpes, se establece que en la zona de estudio no se presenta ablandamiento cíclico.

10.5 TIPO Y NIVEL DE CIMENTACIÓN

Teniendo en cuenta las características de los materiales encontrados, y del diseño arquitectónico propuesto en el cual se proyecta un sótano, se proyecta que la cimentación se realice en el 70 % sobre el estrato identificado como suelo residual de arcillolita, y el 30 % en el estrato de arcillolita gris, los cuales se consideran competentes en términos de resistencia, por tal razón se realiza el diseño con los parámetros del suelo residual y se propone el uso de cimentación superficial como losa de cimentación o zapatas.

10.6 CAPACIDAD PORTANTE CIMENTACIÓN SUPERFICIAL

Para garantizar niveles de servicio aceptables de asentamientos (inferiores a 3 cm), se recomienda que para el diseño estructural de la cimentación se use un valor de capacidad portante admisible de zapatas, equivalente a 38 t/m², y para losa de cimentación de 35 t/m².

El sistema de cimentación recomendado, corresponde a cimientos superficiales, por lo tanto, el análisis de capacidad portante se realizó considerando el método de Meyerhof, que incluye, además, los factores de corrección por forma y por profundidad.

Método de Meyerhof

$$Q_u = C_u N_c . F_{cs} . F_{cd} . F_{ci} + q . N_q . F_{qs} . F_{qd} . F_{qi} + 0.5 . \gamma . B . N_\gamma . F_{\gamma s} . F_{\gamma d} . F_{\gamma i}$$

Dónde:

- C_u : Cohesión no drenada del suelo.
- γ_t : Peso unitario del suelo.
- B : Ancho de la cimentación.
- q : Sobrecarga del suelo sobre el nivel de cimentación. ($\gamma . D_f$)
- D_f : Profundidad de cimentación.
- N_i : Factores de capacidad de carga en función de ϕ . (N_c , N_q , N_γ)
- ϕ : Angulo de fricción interno del suelo.
- F_{is} : Factores de corrección por forma. (F_{cs} , F_{qs} , $F_{\gamma s}$)
- F_{id} : Factores de corrección por profundidad. (F_{cd} , F_{qd} , $F_{\gamma d}$)
- F_{ii} : Factores de corrección por inclinación de la carga (F_{ci} , F_{qi} , $F_{\gamma i}$)

En éste caso los factores son cero porque las cargas no están inclinadas en éste proyecto en específico.

Para evaluar la condición no drenada con $\phi=0$,

$$Q_u = C_u N_c . F_{cs} . F_{cd} . F_{ci} + q . N_q . F_{qs} . F_{qd} . F_{qi}$$


Para la evaluación de los asentamientos elásticos, se empleó la metodología propuesta por Harr para el cálculo de asentamientos inmediatos en cimentaciones superficiales, los cuales se hallan por medio de la siguiente expresión:

$$S_e = \frac{B . q_o}{E_s} . (1 - \mu_s^2) . \alpha_r$$

(Centro de la cimentación)

Dónde:

B Ancho de la cimentación

| | | |
|---|--|--|
|  | <p style="text-align: center;">ESTUDIO GEOTÉCNICO EQUIPAMIENTOS CULTURALES CIUDAD BOLÍVAR – PILONA 10</p> <p style="text-align: center;">VERSIÓN I</p> | <p>JAM INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE NIT 830084684-9 Cra 42 No. 22A-03 Bogotá D.C., Colombia +57 3118538700 +57 1 2440222 info@jam.com.co www.jam.com.co</p> |
|---|--|--|

q Esfuerzo de sobrecarga (Capacidad portante recomendada)

μ_s Relación de Poisson

E_s Módulo de elasticidad en condición confinada

α_r Factor de influencia para cimentación flexible

Para la evaluación de capacidad portante y asentamientos, se utilizó el método de Meyerhof con el fin de obtener resultados con parámetros variables como la longitud de la cimentación.

Para la determinación de la capacidad portante admisible del suelo se empleó un factor de seguridad indirecto mínimo de 3.0 para una condición de carga tipo: **carga muerta + carga viva normal**, teniendo en cuenta lo enunciado en el título H de la NSR - 10. Así mismo se realizó el cálculo del factor de seguridad básico mínimo directo para los parámetros que condicionan la resistencia del material de fundación, este valor corresponde a $F.S_{bas-min} = 1.8$.

Correlación del $F.S_{bas-min} = 1.8$ con los parámetros de resistencia.

$$F.S_{Basc\ min} = \frac{\tan\phi_{est}}{\tan\phi_{dño}}$$

$$F.S_{Basc\ min} = \frac{c'_{est}}{c'_{dño}}$$

La Ilustración 10-1, presenta los parámetros geotécnicos utilizados en la evaluación de capacidad portante y asentamientos del material de cimentación para la estructura. En el **Anexo 7**, se presentan las respectivas memorias de cálculo de los parámetros geotécnico relacionados.

10.6.1 Análisis de capacidad portante con F.S. indirecto 3.0.

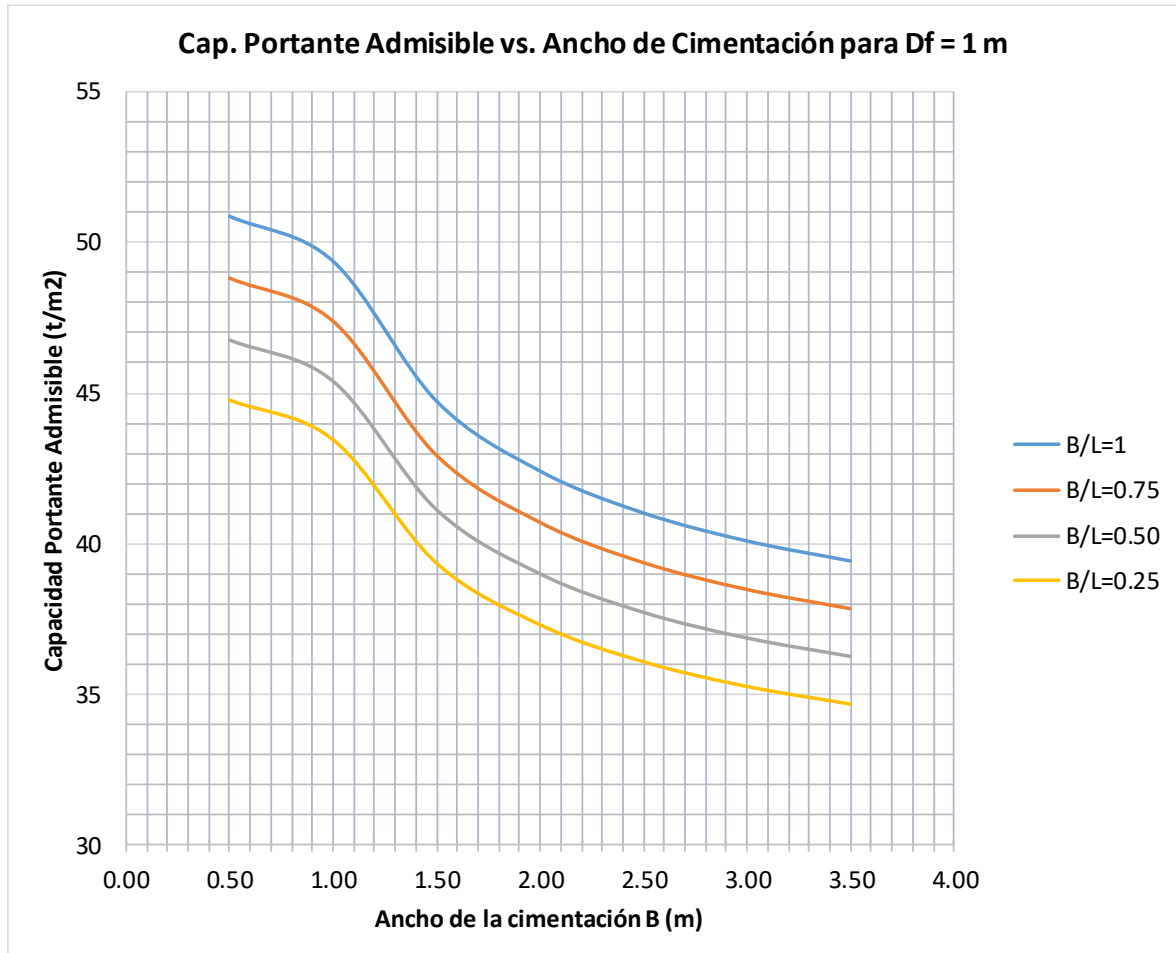


Ilustración 10-1. Capacidad portante F_s indirecto

De la Ilustración 10-1, se observa que la capacidad portante admisible (Q_{adm}) obtenida para cimientos superficiales se encuentra entre 34 t/m^2 y 51 t/m^2 para un $F_{s \text{ indirecto}} = 3.0$. Se recomienda un valor de $Q_{adm} = 35 \text{ t/m}^2$. En todo caso se debe garantizar que la dimension mínima de los cimientos sea de 1m y que la relación B/L se acerque a un valor de 1, que para efectos prácticos de dimensionamiento de la cimentación de la infraestructura necesaria se considera adecuada y eficiente.

Adicionalmente se realizó un chequeo para un sistema de losa con las dimensiones en planta del nivel de cimentación de la edificación, $11.49 \text{ m} \times 13.48 \text{ m}$, dando una capacidad admisible de 35 t/m^2 .


| | | |
|---|--|--|
|  | <p>ESTUDIO GEOTÉCNICO EQUIPAMIENTOS CULTURALES CIUDAD BOLÍVAR – PILONA 10</p> <p>VERSIÓN I</p> | <p>JAM INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE NIT 830084684-9 Cra 42 No. 22A-03 Bogotá D.C., Colombia +57 3118538700 +57 1 2440222 info@jam.com.co www.jam.com.co</p> |
|---|--|--|

Tabla 10-1. Resumen capacidad portante losa de cimentación

| Geometría | | | Factores Capacidad de carga | | | Factores de Forma | | | Factores de Profundidad | | | Factores de inclinación de la carga | | | Capacidad portante y cargas admisibles | | |
|-----------|----------|------|-----------------------------|----|----|-------------------|-----|------|-------------------------|-----|-----|-------------------------------------|-----|-----|--|---------------------------|-----------|
| B | B/L (<1) | L | Nc | Nq | NY | Fcs | Fqs | FYs | Fcd | Fqd | FYd | Fci | Fqi | FYi | q u (t/m ²) | q adm (t/m ²) | Q adm (t) |
| 11.5 | 0.9 | 13.5 | 5.14 | 1 | 0. | 1.17 | 1.0 | 0.66 | 1.03 | 1. | 0 | 1 | 1 | 1 | 107.4 | 35.8 | 5545.7 |

10.6.2 Análisis de capacidad portante con F.S. básico directo de 1.8

El cálculo del factor de seguridad básico mínimo directo para los parámetros que condicionan la resistencia del material de fundación, corresponde a $F.S_{bas-min} = 1.8$, de tal manera que para el análisis de capacidad portante se emplean los que se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 10-2. Parámetros de material para análisis de FS directo

| MATERIAL DE FUNDACIÓN | ϕ (°) | Cu (t/m ²) | γ (t/m ³) | μ_s |
|--|------------|------------------------|------------------------------|---------|
| Suelo Residual ($F.S_{bas-min} = 1.8$) | | 17 | 2 | 0.4 |

Los resultados de capacidad portante para un F.S. básico directo = 1.8, se presentan en el ábacos de la Ilustración 10-2, donde se observa que la capacidad portante obtenida es de mayor magnitud que para el análisis realizado con el factor básico indirecto =3.

Por todo lo anterior, el valor recomendado de capacidad portante para el control de asentamientos corresponde al obtenido con el análisis de capacidad portante con factor de seguridad básico directo de 3, y el cual corresponde a **Q adm = 35 t/m²**.

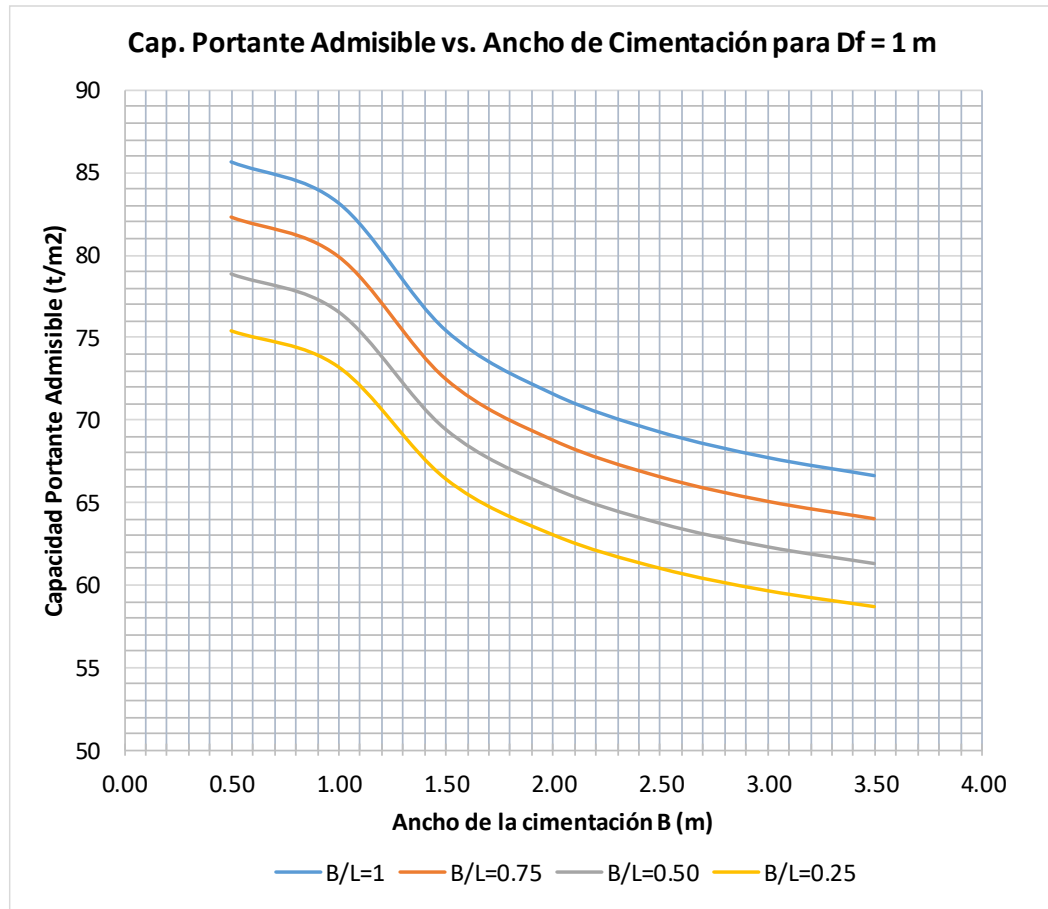


Ilustración 10-2 Capacidad portante F_s básico directo.

10.7 ASENTAMIENTOS

El cálculo de deformaciones se realizó con base en la teoría elástica, considerando los parámetros del suelo que se presentaron en el capítulo 8. En la Ilustración 10-3, se presentan los asentamientos estimados, se observa que, para cualquier combinación, el asentamiento es menor a 5 cm, y se encuentra dentro de los límites de servicio establecidos en la NSR – 10, aun así, se recomienda que se garantice que la dimensión mínima sea de 1 m, y que la relación B/L sea igual o cercana a 1.

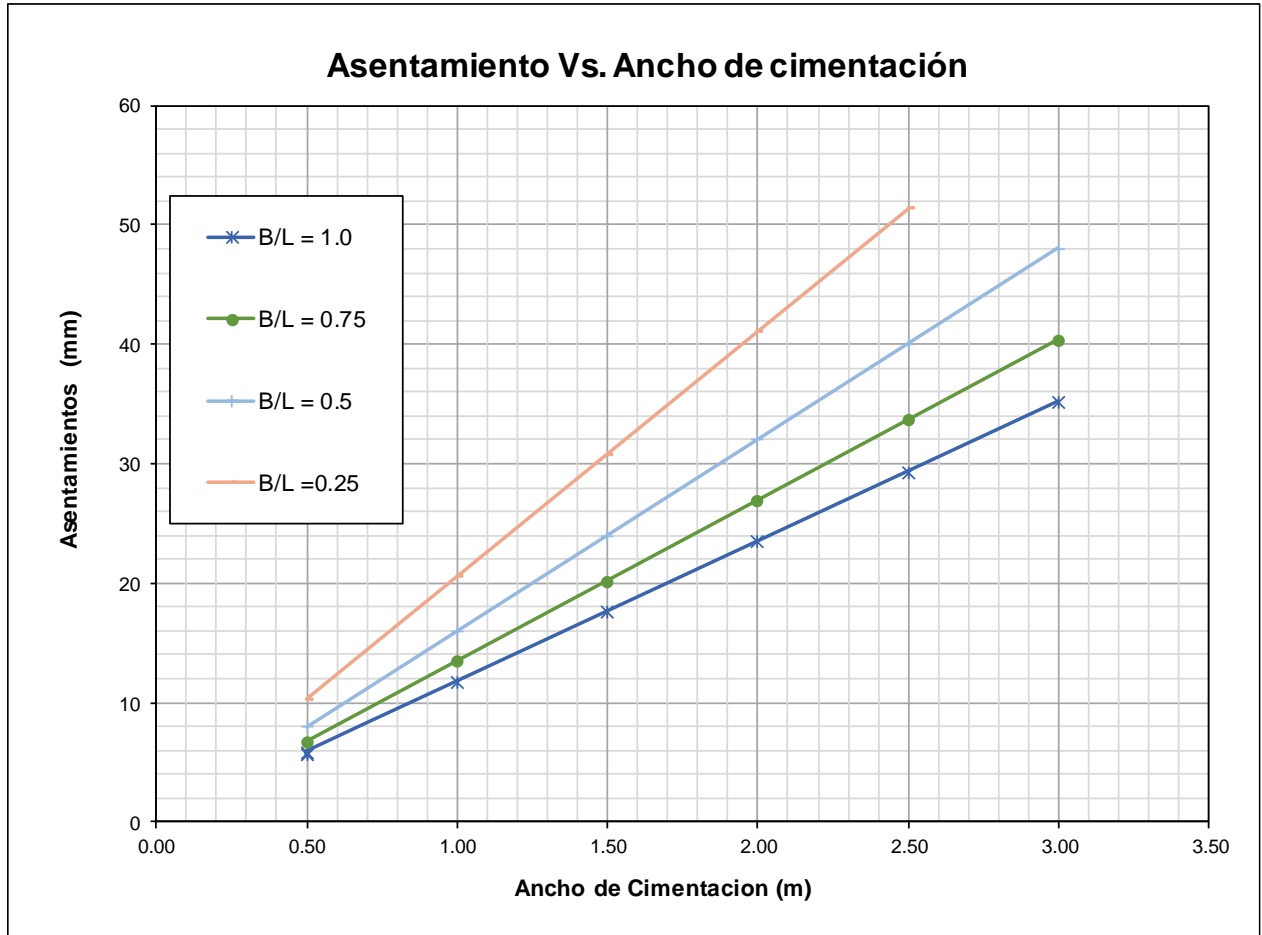


Ilustración 10-3. Asentamientos elásticos

10.8 EXCAVACIONES Y ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

En la implantación del edificio, se deben realizar un sótano, el cual implica que se realicen cuatro cortes, el mayor de ellos alcanza una profundidad máxima de 9 m por debajo del nivel de andén de la calle 66AS, éste corte se proyecta en su mayoría sobre el material de depósito de ladera compuesto por bloques de arenisca y arcillolita en matriz areno limosa; el menor corte se encuentra a aproximadamente 2.5 m de separación de la Pilona 10 y alcanza una profundidad de 4 m.

Para la construcción de dicho sótano, y debido a la topografía del sector, se requiere generar algunos taludes de corte y posteriormente la instalación de estructuras de contención para el confinamiento y estabilidad en las paredes de la excavación, por tal razón, se propone como solución, un sistema de pantalla de caisson en concreto reforzado.

La longitud mínima de los caisson, se determinó mediante la evaluación de la estabilidad del sistema con el método de equilibrio límite analizando la superficie de falla rotacional por los métodos de Bishop Simplificado y Spencer, y con el criterio de resistencia de Mohr Coulomb, para ello, se utilizó el software Slide 6.0, con el método de escogencia de diversas superficies de falla a fin de determinar la superficie más crítica.

En el modelo bidimensional se representó la topografía de la zona, una condición pseudoestática $k_h=0.144$, la geometría de la excavación, y los elementos principales de la pilona 10 tales como: longitud de pilotes, dimensiones de dado en concreto, y la sobrecarga de 1110 kN, también se representó algunas sobrecargas externas como lo son: la sobrecarga de las vías y edificaciones aledañas.

Como resultado de la modelación, en la condición crítica con sismo y nivel freático se evalúa el factor de seguridad con el método de Bishop y Spencer, encontrando que en la zona donde se proyecta el corte de longitud de 9 m, al implementar los caisson en media luna de longitud de 12 m, se obtienen factores de seguridad superiores a 1.1 (NSR 10), y se garantiza la estabilidad general del sistema. Por otro lado, en la zona del corte de 4 m, con caisson en media luna de longitud de 6 m se obtiene el factor de seguridad requerido.

10.8.1 Sección de análisis

Se realizó el análisis para la sección 2, mostrada en la Ilustración 9-1. A continuación, se presenta el modelo general sin y con los elementos mencionados anteriormente.

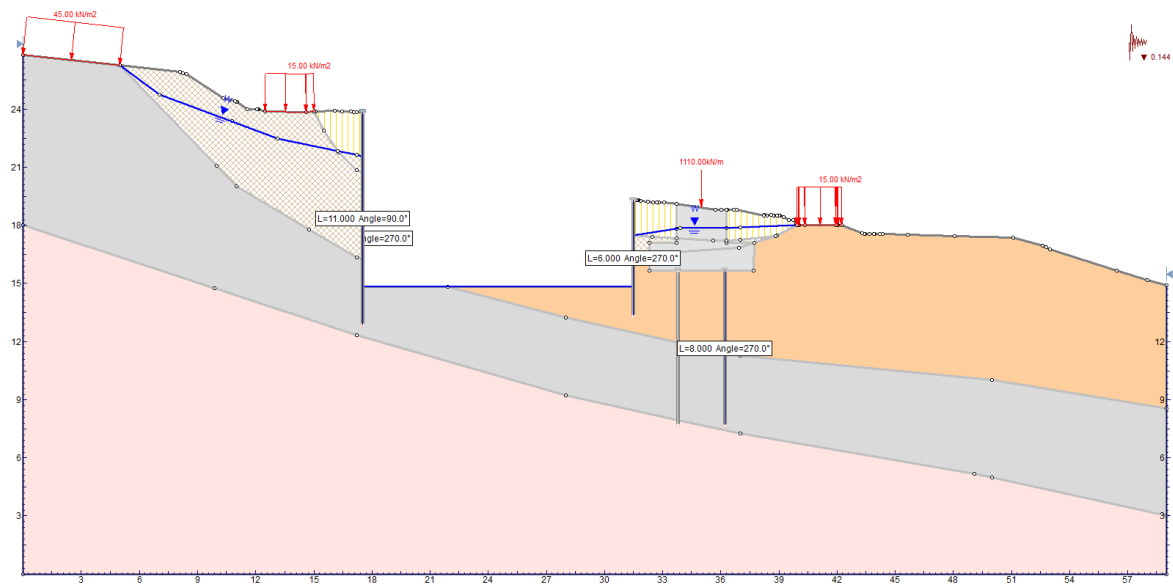


Ilustración 10-4. Modelo general Pilona 10.

10.8.1.1 Modelo de estabilidad sin obras

El modelo de estabilidad sin obras de contención arroja valores de factor de seguridad de 0.5, por tanto se realiza un nuevo modelo con la implementación de las obras de estabilidad mencionadas en el capítulo 10.7

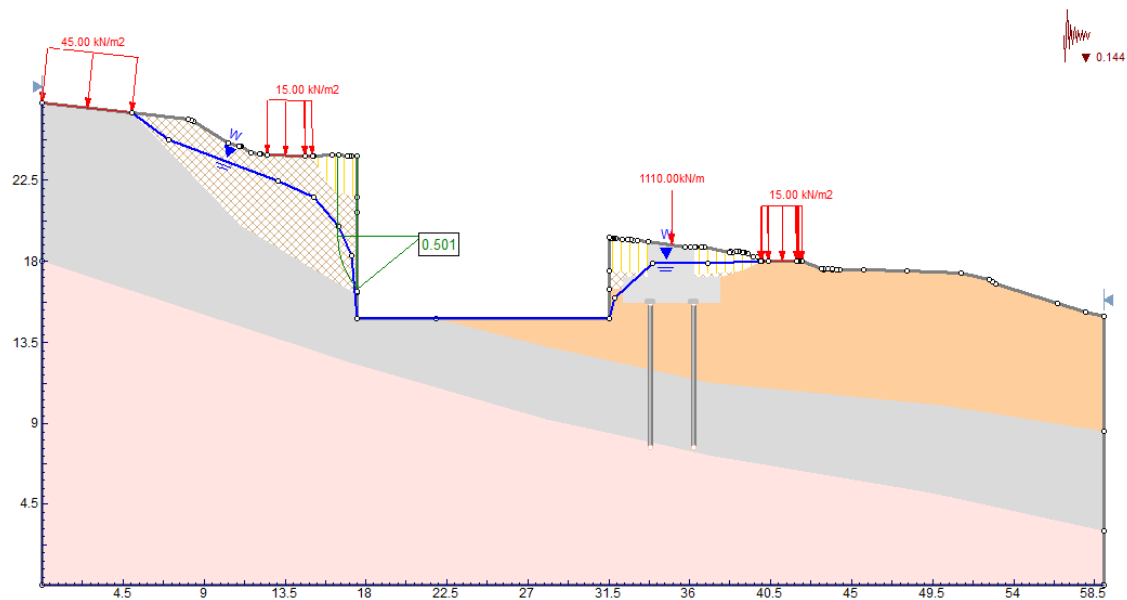


Ilustración 10-5. Modelo de estabilidad sin obras

10.8.1.2 Modelo de estabilidad con obras

A continuación, se presenta los resultados de los modelos realizados, y el factor de seguridad para la condición crítica con sismo, saturada y con obras. El análisis se hace con el criterio de Mohr Coulomb para una condición drenada

El sistema de contención superior, está conformado por caisson en media luna de longitud de 12 m separados 3 m desde el eje de simetría, el cortante de diseño corresponde a 700 kN, y el factor de seguridad obtenido es de 1.1, por tanto, se determina que se cumple con el mínimo requerido por la NSR-10.

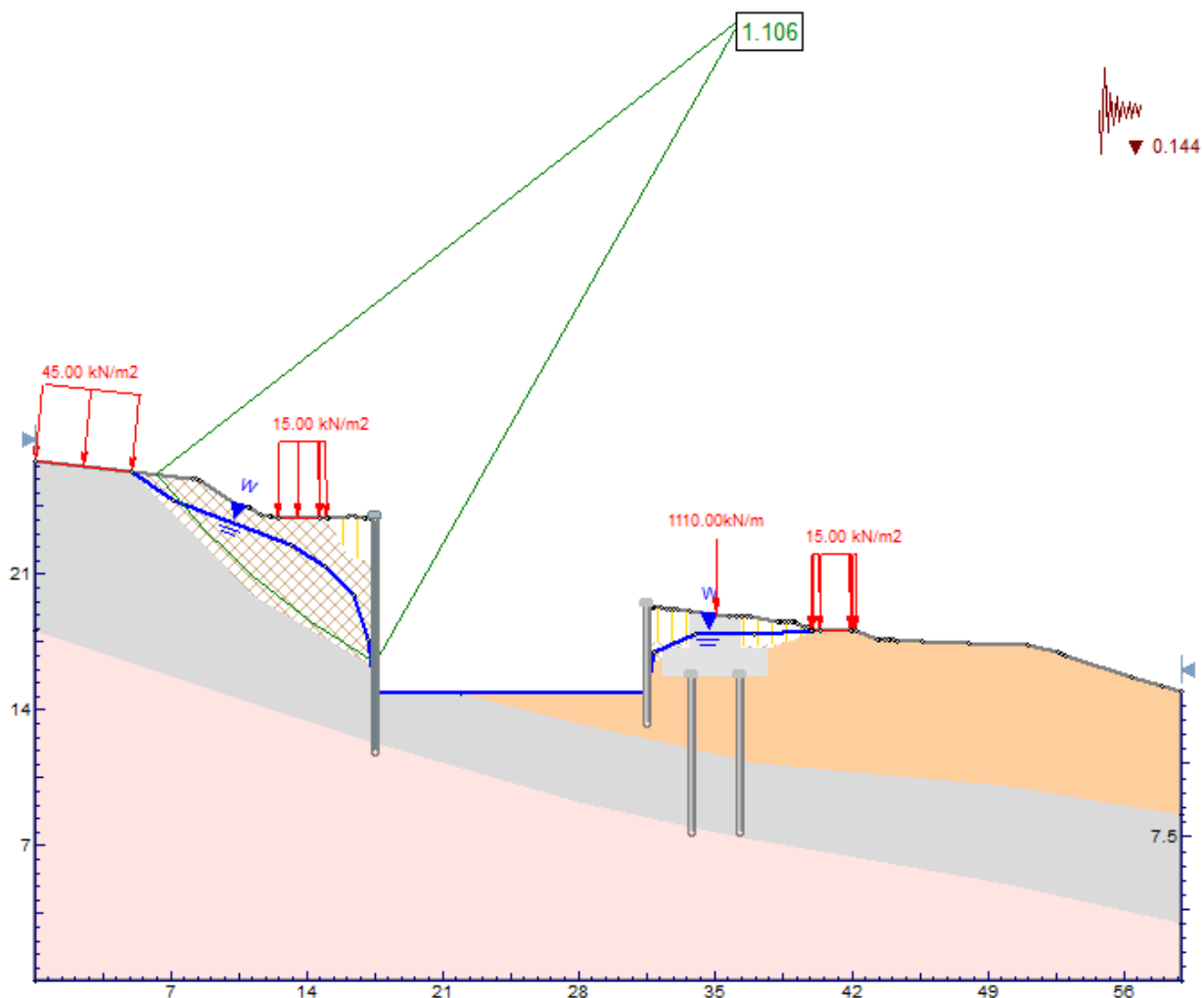


Ilustración 10-6. Análisis de estabilidad I

El sistema de contención que colinda con la Pilona 10, está conformado por caisson en media luna de longitud de 6 m separados 3 m desde el eje de simetría, el cortante de diseño corresponde

a 100 kN, y el factor de seguridad obtenido es de 1.9, por tanto, se determina que se cumple con el mínimo requerido por la NSR-10

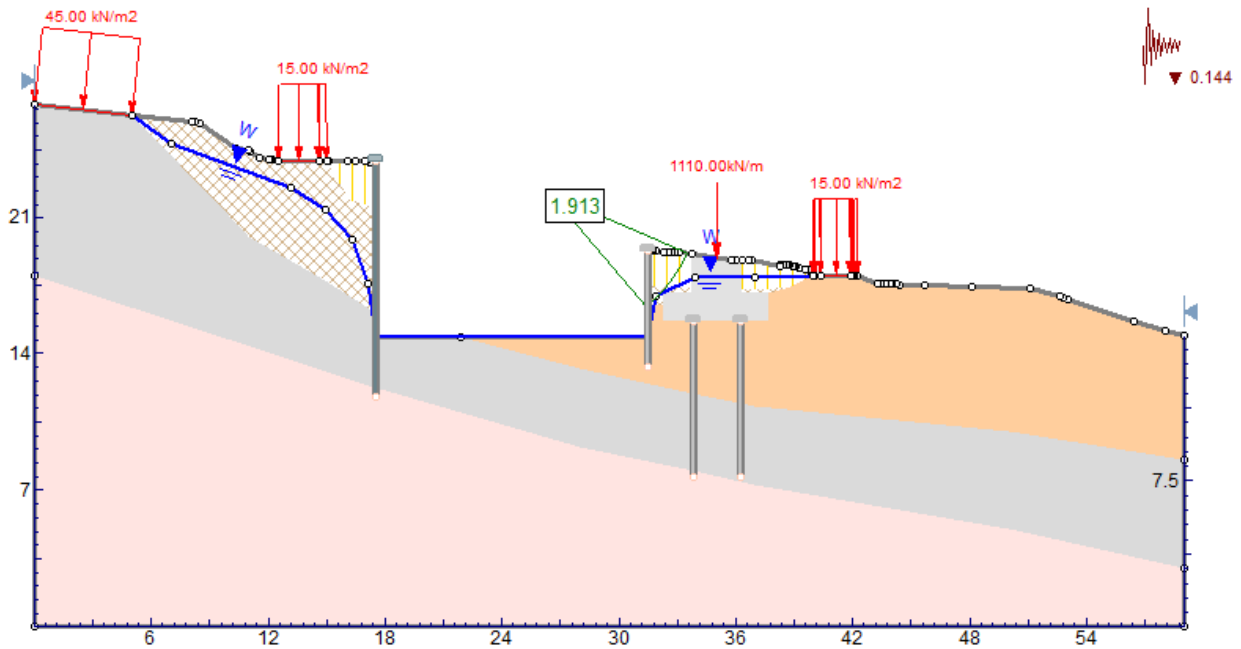


Ilustración 10-7. Análisis de estabilidad 2

10.9 DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN Y PROTECCIÓN A CONSTRUCCIONES ALEDAÑAS

Como ya se ha mencionado, el sistema de contención y de protección de la vía 66 AS y las construcciones vecinas consiste en una pantalla de caisson en media luna cimentados sobre arcillolita, de diámetro de 120 cm, separados 3 m desde el eje de simetría, con longitud 12 m y 6 m tal como se muestra a continuación.

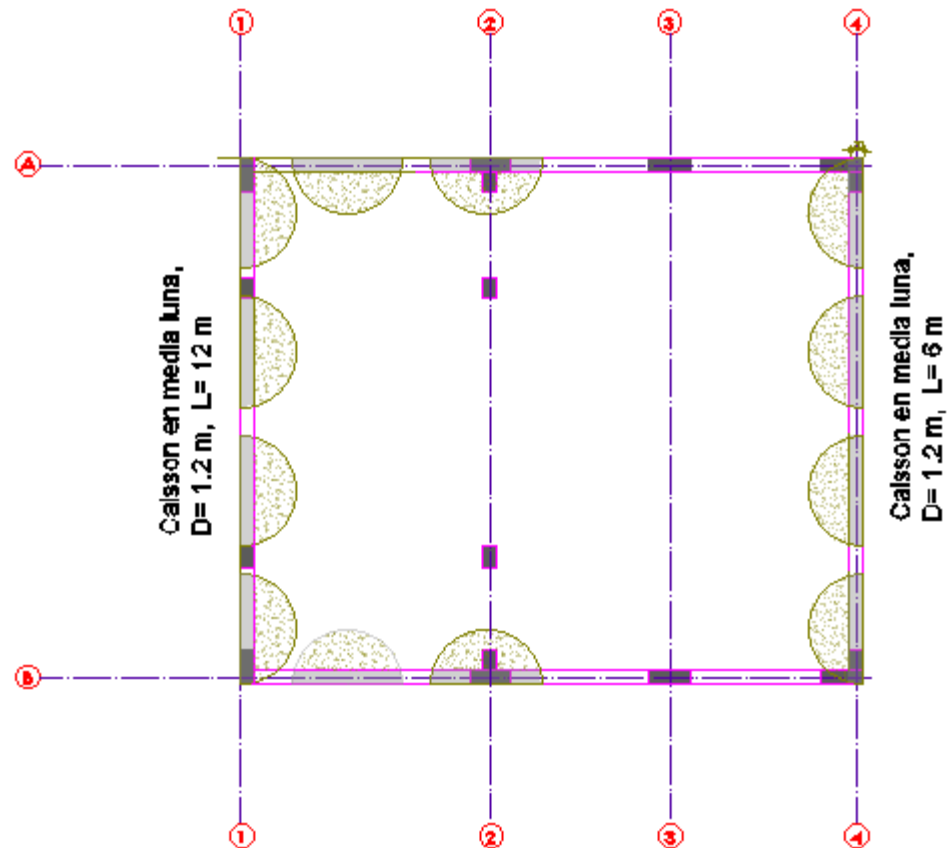


Ilustración 10-8. Localización de cortina de caisson en media luna

Para que el sistema de contención funcione idóneamente se deberá garantizar que detrás del sistema de contención se realicen filtros que capten el agua lluvia o el agua proveniente de posibles fugas y las lleve al sistema de alcantarillado por gravedad o el caso de requerirse por un sistema de bombeo.

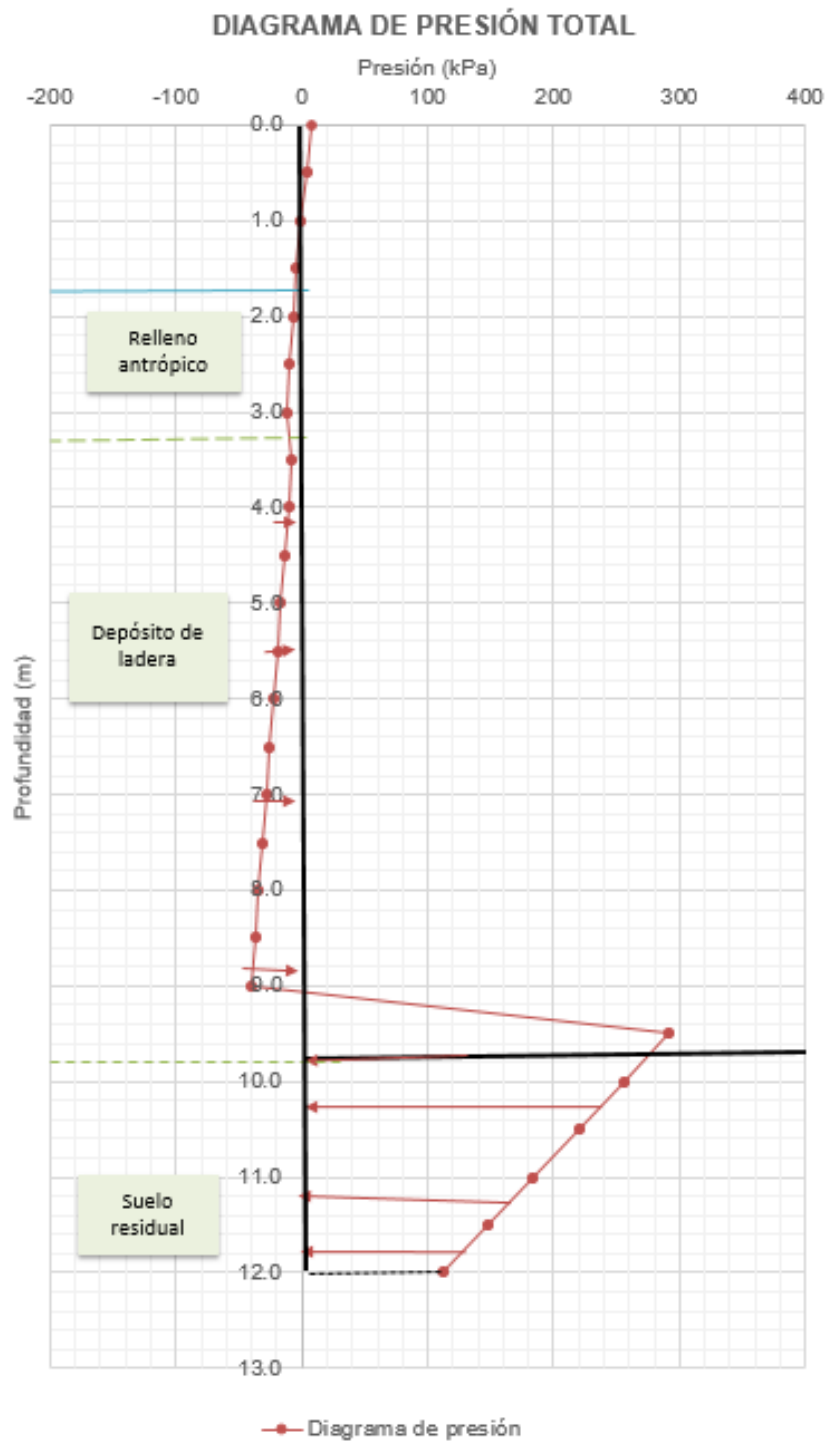


Ilustración 10-9. Ábacos presión lateral Caisson L= 12 m

Para los caisson de 6 m localizados cerca a la Pilona 10 los ábacos de diseño se presentan a continuación.

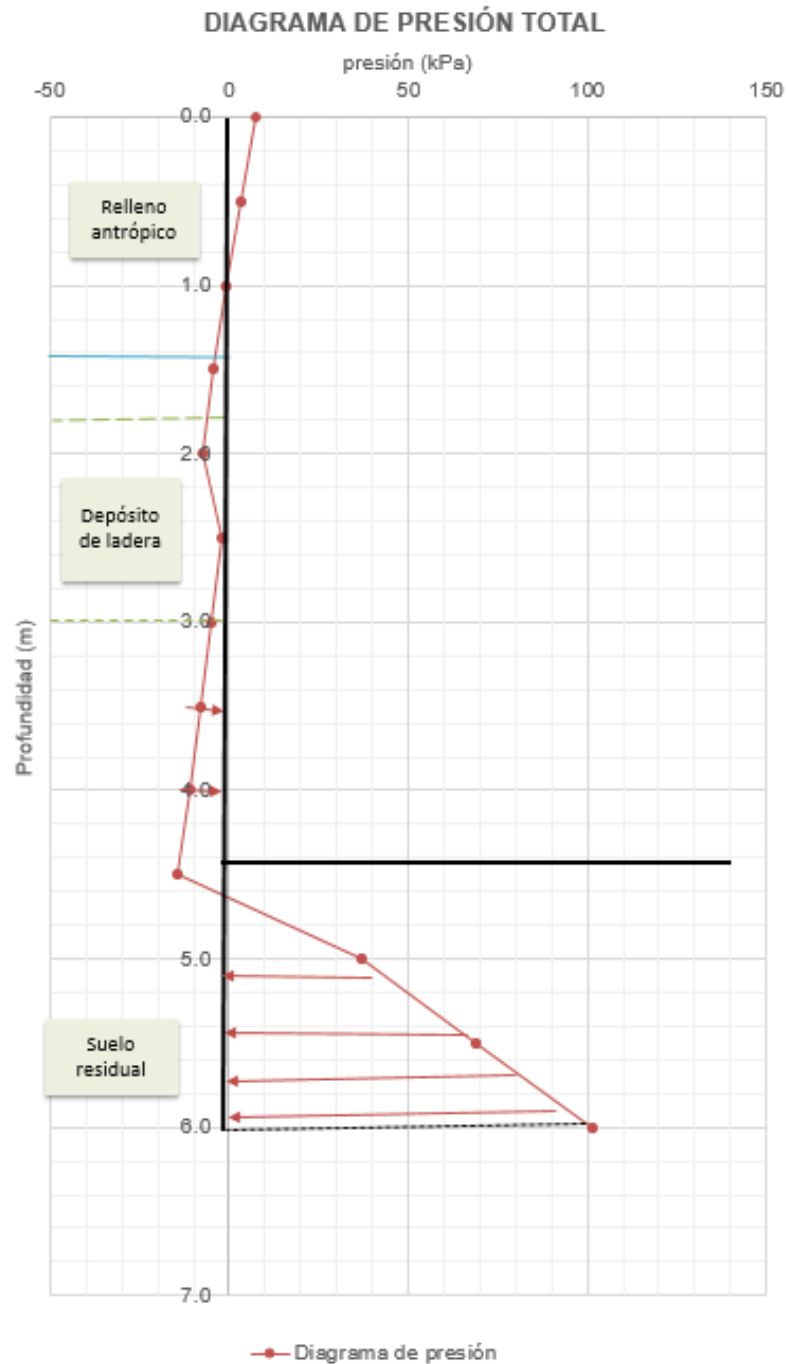


Ilustración 10-10. Ábacos presión lateral Caisson L= 6 m

11 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el predio donde se construirá el edificio de equipamientos culturales de la Pilona 10, se encontró un perfil geotécnico conformado por un suelo residual de arcillolita de espesor variable que se presenta en la mayoría del perfil estudiado, pero, aun así, no se desarrolla en la totalidad, por lo cual hay variación en la zona que colinda con la calle 66AS en donde se presenta un depósito de ladera, la roca parental es arcillolita y el nivel freático se encontró a 1.6 m de profundidad.

La cimentación se realizará en el estrato identificado como “suelo residual de arcillolita”, se recomienda el uso de cimiento superficial tipo losa de cimentación, a partir del nivel inferior de la excavación que se proyecta a 4 m desde el nivel actual del terreno a la altura de la Pilona 10.

En los resultados de capacidad portante y asentamientos, se determinó que, para cualquier combinación de cimentación superficial, se encontraron asentamientos inferiores a 3 cm , por tanto, se cumplen los criterios de límite de servicio y límites resistencia establecidos en la norma sismo resistente.

Los cortes que se realicen deben estar expuestos el menor tiempo posible para evitar desprendimiento de material e infiltraciones de agua que afecten la estabilidad del terreno durante el proceso constructivo de la cimentación, por tal razón se deberá garantizar que antes de iniciar con el proceso constructivo de la excavación, se tenga en obra todos los insumos necesarios para realizar la cortina de caisson en media luna, así como la cimentación y los muros en el menor tiempo posible.


Los elementos en concreto y el acero de refuerzo, deberán seguir las recomendaciones dadas por el ingeniero estructural, el concreto estructural deberá cumplir con el artículo 630 de la norma invias

11.1 Proceso constructivo de excavación

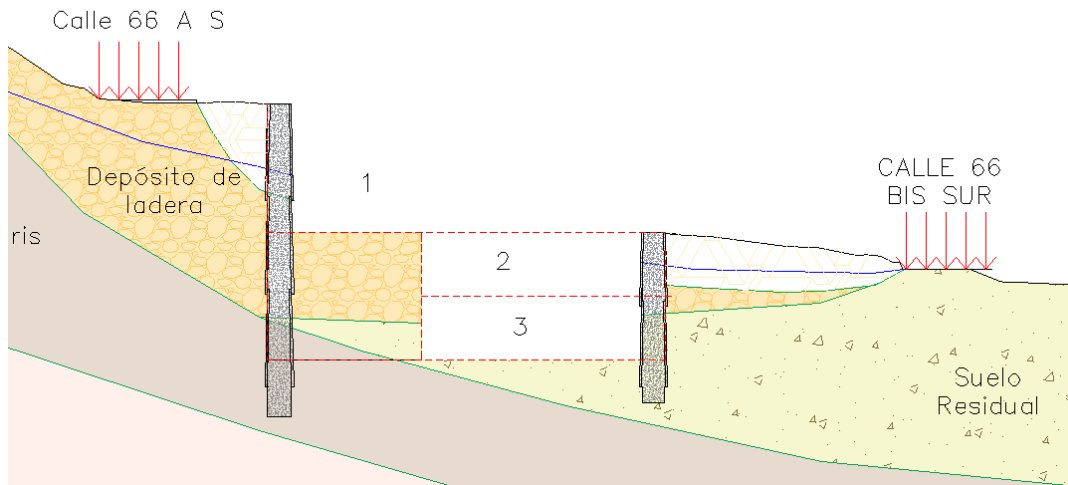
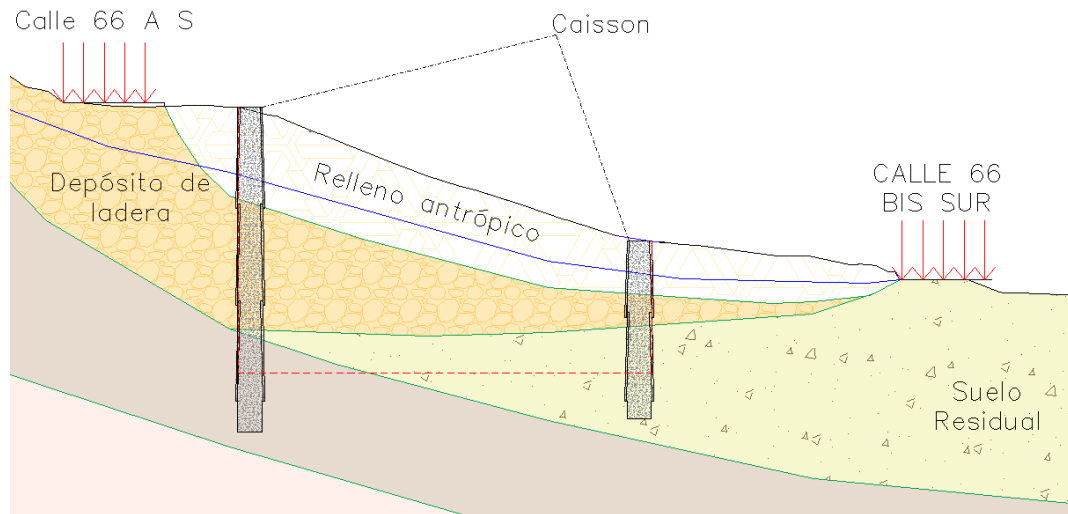
La profundidad de la excavación máxima es de 9 m desde la calle 66AS y de 4.0 m en la zona que colinda con la pilona 10, la excavación se realizará mediante el procedimiento de berma talud.

La excavación se realizará en las siguientes etapas que se listan a continuación.

- Construcción de caisson en media luna
- Excavación zona 1, zona 2 y zona 3
- Construcción elementos estructurales entre ejes 4A - 4B; 3A- 3B y 2A – 2C, hasta la segunda planta o nivel superior de semisótano SS.
- Excavación berma 4A (Ver ilustración 9-1)
- Construcción elementos estructurales entre ejes B1- B2
- Excavación 4B (Ver ilustración 9-1)

| | | |
|---|--|--|
|  | <p>ESTUDIO GEOTÉCNICO EQUIPAMIENTOS CULTURALES CIUDAD BOLÍVAR – PILONA 10</p> <p>VERSIÓN I</p> | <p>JAM INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE NIT 830084684-9 Cra 42 No. 22A-03 Bogotá D.C., Colombia +57 3118538700 +57 1 2440222 info@jam.com.co www.jam.com.co</p> |
|---|--|--|

- Construcción estructura entre ejes A1-A2
- Excavación 4C (Ver ilustración 9-1)
- Construcción de elementos estructurales entre ejes 1A – 1B.



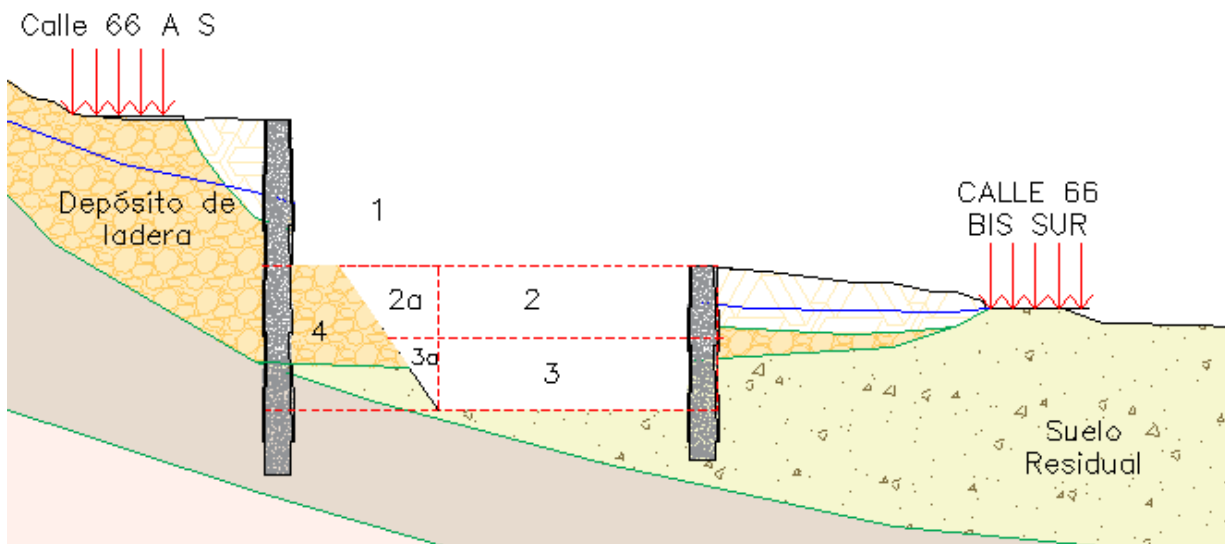
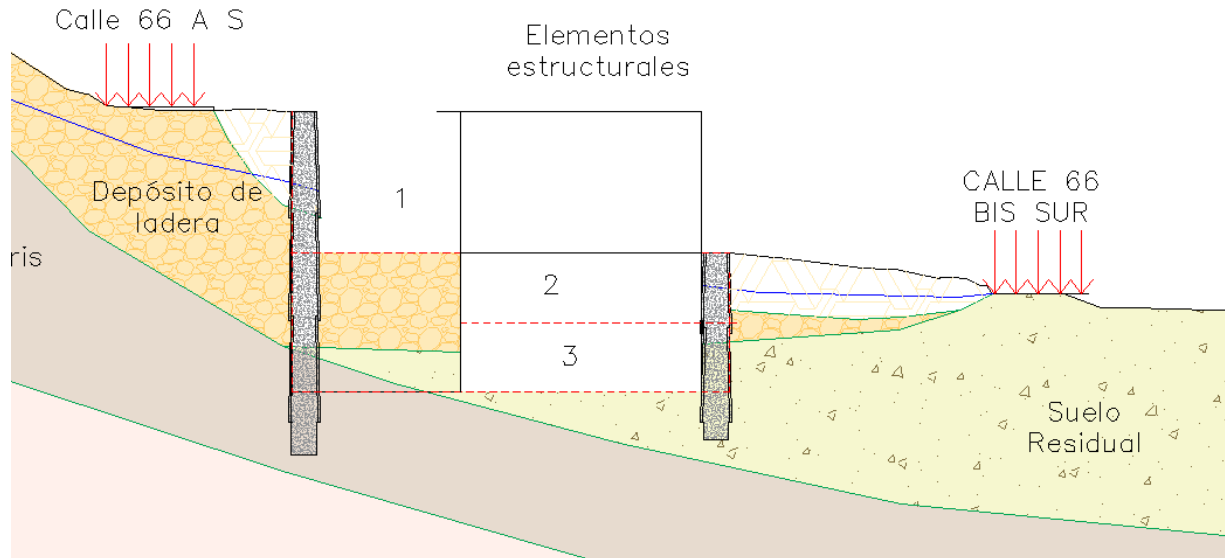


Ilustración II-. Secuencia de excavación.

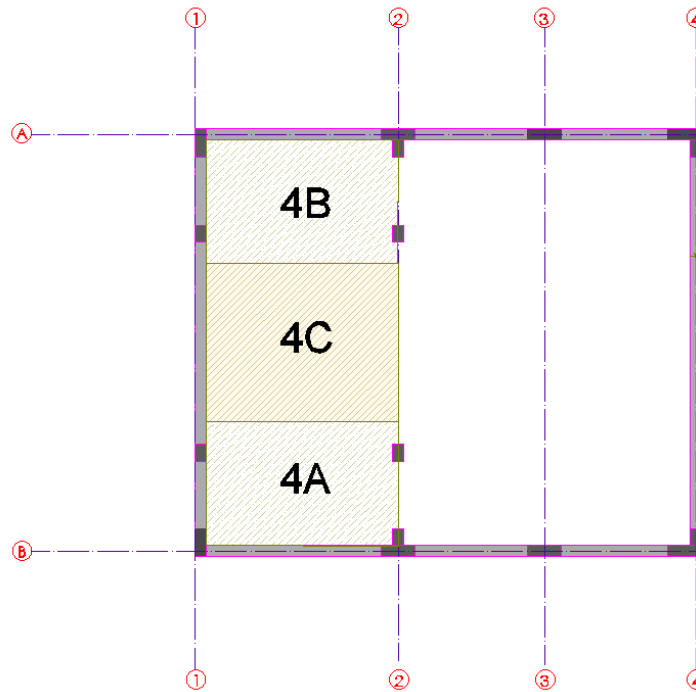


Ilustración 11-1. Vista en planta secuencia de excavación

En el Anexo 8, se presenta la figura de la secuencia de excavación.

Nota: Durante todo el proceso de la excavación se debe tener monitoreo constante por parte de un equipo de topografía el cual debe llevar un seguimiento de las estructuras vecinas, fondo de excavación y vías aledañas con al menos una periodicidad de dos veces en cada semana.


Se recomienda la instalación de los filtros propuestos en el numeral siguiente en los muros de la excavación continuos al edificio.

La estructura del edificio deberá irse construyendo a medida que se excava, de tal forma que, por efecto del peso de la estructura, se aumente el factor de seguridad en la excavación.

El proceso constructivo deberá ser analizado detalladamente por el Ingeniero Estructural, cuyo diseño estructural deberá ser consecuente con el proceso constructivo. De esta forma dará el aval de acuerdo con las características de resistencia y rigidez de los elementos empleados.

11.2 Plan de contingencia para excavaciones

En este numeral se presenta una estructura estratégica y operativa de carácter preventivo, predictivo y reactivo que busca ayudar a controlar las situaciones de emergencia que se puedan manifestar por la actividad de excavaciones en el proyecto.

| | | |
|---|--|--|
|  | <p>ESTUDIO GEOTÉCNICO EQUIPAMIENTOS CULTURALES CIUDAD BOLÍVAR – PILONA 10</p> <p>VERSIÓN I</p> | <p>JAM INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE NIT 830084684-9 Cra 42 No. 22A-03 Bogotá D.C., Colombia +57 3118538700 +57 1 2440222 info@jam.com.co www.jam.com.co</p> |
|---|--|--|

En el plan se determina el área de influencia del proyecto, los elementos vulnerables, los riesgos potenciales, las personas que deben ser involucradas, los mecanismos de aviso a las autoridades, los mecanismos de capacitación al personal, el listado de elementos necesarios para atender una emergencia, los sitios más cercanos al proyecto donde se pueden adquirir estos elementos y el diseño de sistemas de control de contingencia.

Este plan abarca todo lo influyente en las actividades de excavación.

11.2.1 Objetivos

11.2.1.1 Objetivo General

El objetivo general del plan de contingencia es guiar el diseño y realización de actividades dirigidas a prevenir, mitigar y corregir los daños que puedan darse por las actividades de excavación, así como brindar al ejecutor de las obras una herramienta estratégica, operativa e informática que permita coordinar la prevención, el control y la anulación por parte de todos los sectores involucrados, de los efectos nocivos de estos daños, buscando que las consecuentes emergencias se atiendan bajo criterios unificados y coordinados.

11.2.1.2 Específicos

- ✓ Identificar los riesgos potenciales del proyecto causados por la excavación junto con los elementos vulnerables que se ven expuestos a estos.
- ✓ Establecer las medidas de prevención, estrategias de respuesta ante sucesos y programas de apoyo.
- ✓ Definir los niveles de activación, prioridades de protección y propiedades de acción, en función de los escenarios de riesgo asociados a las actividades de construcción del proyecto.

11.2.2 Localización y área de influencia del proyecto


El área de influencia para este tipo de proyectos puede variar según las actividades que se realicen en la etapa de construcción y en las condiciones y características de la zona. Para este proyecto se estableció un área de influencia determinada por un buffer de 20 metros a partir del límite perimetral del área de intervención.

A partir de esta área se empieza a estructurar las actividades del plan de contingencia para el proyecto.

11.2.3 Identificación de Amenazas

Teniendo en cuenta las características del proyecto y que las excavaciones se realizaran a cielo abierto, se contemplan dos tipos de amenaza, asociadas a procesos de remoción en masa locales, estos son:

- Colapso superficial de una masa de suelo (falla superficial)

| | | |
|---|--|--|
|  | <p>ESTUDIO GEOTÉCNICO EQUIPAMIENTOS CULTURALES CIUDAD BOLÍVAR – PILONA 10</p> <p>VERSIÓN I</p> | <p>JAM INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE NIT 830084684-9 Cra 42 No. 22A-03 Bogotá D.C., Colombia +57 3118538700 +57 1 2440222 info@jam.com.co www.jam.com.co</p> |
|---|--|--|

- Falla de estructuras de contención temporal

Vale la pena recalcar que el plan de manejo ambiental del proyecto debe considerar las amenazas tanto exógenas como endógenas a que dé lugar el desarrollo y la construcción del proyecto, fuera de las ya expuestas en este plan.

11.2.4 Identificación de elementos vulnerables

Los elementos expuestos se definen como *“la presencia de personas, medios de subsistencia, servicios ambientales y recursos económicos y sociales, bienes culturales e infraestructura que por su localización pueden ser afectados por la manifestación de una amenaza”* (Ley 1523 de 2012).

En este sentido, los elementos expuestos serán las vías y viviendas adyacentes a la edificación, así como el personal vinculado de alguna manera a las actividades de excavación, quienes se encuentran expuestos de manera directa a las diferentes situaciones de emergencia que pudieran presentarse.

11.2.5 Riesgos Potenciales

Los escenarios de riesgo surgen de la interacción de los factores de riesgo (amenaza y vulnerabilidad) en un espacio y momento dado. Para este caso en específico se valora un riesgo por procesos de remoción en masa, asociado a fallas superficiales y a fallas en los sistemas de contención temporal que pueden afectar las vías y viviendas adyacentes.

Para mitigar este riesgo el informe geotécnico planteo, diseño y recomendó una serie de medidas de contención, que incluyen la conformación de un escenario de excavación por etapas, taludes de corte temporales, medidas de contención en caisson en media luna, y sistema de drenaje que garantizan la estabilidad de las obras y su afectación a los elementos expuestos.

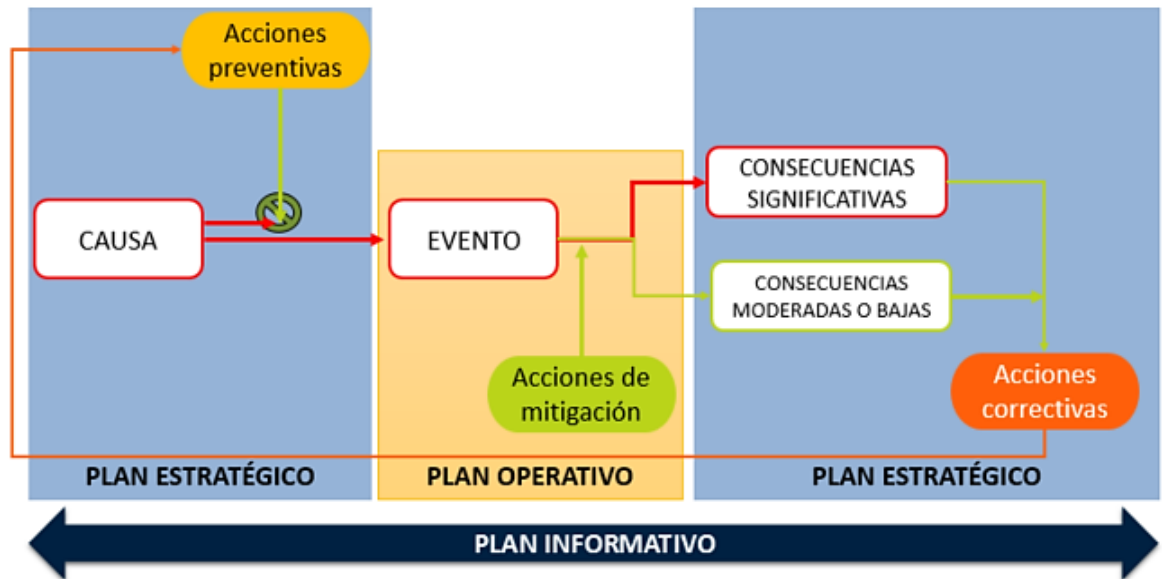
No obstante, modificaciones en el proceso constructivo o variaciones significativas en las condiciones del suelo pueden generar riesgos potenciales para el desarrollo del proyecto por lo cual la firma constructora debe contemplar una supervisión técnica realizada de acuerdo con lo establecido en el Título I de la NSR-10, junto con el acompañamiento de la presente consultoría.

Igualmente, se debe ejecutar un plan de monitoreo topográfico semanal durante la excavación y construcción de las estructuras de contención definitivas.

11.2.6 Plan de contingencia

Los planes de contingencia deben estar conformados por otros tres planes que se encarguen de evitar, minimizar y controlar las amenazas encontradas en el análisis de riesgos. Los planes que lo conforman son el plan estratégico, plan operativo y el plan informativo.

Ilustración 11-2 Estructura del plan de contingencia



Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS, 2018

11.2.7 Plan estratégico

En este se define como se organiza y coordina el Plan de Contingencias y se establecen claramente las correspondientes líneas de mando y los grupos o brigadas responsables.


Conformación de brigadas

El éxito del plan de contingencias radica en el trabajo conjunto, organizado y coordinado entre las personas que hacen parte del proyecto, por lo cual es indispensable la conformación de brigadas con funciones, áreas y situaciones de acción definidas, garantizando una respuesta oportuna a las situaciones de emergencia que se puedan manifestar durante las actividades de excavación en el proyecto.

Todas las brigadas serán lideradas por un jefe y se contará además con un subjefe y brigadistas (voluntarios de obra) capacitados según la especificidad de la emergencia, quienes deben conocer el plan y responder en forma inmediata cuando se dé aviso de una emergencia en el frente de trabajo.

Capacitaciones y simulacros

De acuerdo con las características del auditorio y las temáticas a tratar, el responsable de las capacitaciones preparará material didáctico, ayudas audiovisuales, sesiones con expertos externos (corporaciones, defensa civil, bomberos, etc.), folletos, entre otros elementos que generen memoria sobre las temáticas tratadas, para lo cual se deberá dejar registro de las capacitaciones realizadas y evidencia de las mismas. En las charlas de entrenamiento para

| | | |
|---|--|--|
|  | <p style="text-align: center;">ESTUDIO GEOTÉCNICO EQUIPAMIENTOS CULTURALES CIUDAD BOLÍVAR – PILONA 10</p> <p style="text-align: center;">VERSIÓN I</p> | <p>JAM INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE NIT 830084684-9 Cra 42 No. 22A-03 Bogotá D.C., Colombia +57 3118538700 +57 1 2440222 info@jam.com.co www.jam.com.co</p> |
|---|--|--|

brigadistas es necesario evaluar a los participantes al final de la jornada para determinar si el conocimiento fue adquirido y los aspectos que requieren refuerzos.

Recursos físicos para la atención de emergencias

Se contará con equipos contra derrames en todas las unidades móviles y en las diferentes áreas del proyecto y equipos de movimientos de tierra y remoción de escombros, que serán asignados en el momento de la emergencia para que integren oportunamente el grupo de atención de emergencias. Además, se contará, como mínimo, con los siguientes equipos para la atención, los cuales permanecerán en las instalaciones de campamentos o en un lugar debidamente identificado:

- Botiquín
- Camilla
- Inmovilizador ortopédico
- Kit antiderrame: guantes de nitrilo, cepillo o escoba, barrera absorbente, material absorbente, cinta de seguridad, bolsas rojas, recogedor o pala plástica, rótulos o marcador.

Durante la fase constructiva, el Contratista atenderá a los usuarios durante las 24 horas del día, para lo cual contará con los siguientes elementos ubicados en la zona adquirida como campamento

- Un (1) carro taller
- Una (1) grúa para movilización de vehículos grandes
- Una (1) grúa para movilización de vehículos pequeños
- Una (1) ambulancia TAM, para permitir la atención médica durante el traslado del paciente.
- Una (1) cama baja

11.2.8 Plan informativo o de comunicación

El plan informativo tiene como finalidad definir los mecanismos de comunicación del riesgo, tanto en acciones preventivas, como durante el suceso de una emergencia originada por alguna de las amenazas identificadas, además de relacionar las autoridades regionales y las entidades para la atención de emergencias, siendo este plan transversal al plan de contingencia.

Según el tipo, magnitud y efecto de las contingencias presentadas, para su atención será necesario el apoyo de las entidades de atención a emergencias y desastres y las autoridades locales que logren controlar la emergencia presentada. Por lo tanto, es necesario facilitar al personal los contactos de estas entidades por medio de un directorio de organismos de socorro, el cual se relaciona en la Tabla 11-1.

Tabla 11-1 Directorio telefónico de entidades

| COBERTURA | ENTIDAD DE EMERGENCIA | NUMERO DE CONTACTO |
|-----------|-------------------------------|--------------------|
| Nacional | Línea de Emergencias Nacional | 123 |
| | Defensa civil | 144 |
| | Cruz Roja | 132 |
| | Bomberos | 119 |

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS, 2018

Todo el personal del proyecto será capacitado periódicamente en torno al Plan de contingencias con énfasis en los siguientes temas: tipos de emergencias que podrían presentarse en las áreas de trabajo, plan de evacuación, rutas de evacuación y puntos de encuentro.

11.2.9 Plan operativo

El plan operativo contiene los procedimientos necesarios para afrontar las situaciones de emergencia que puedan presentarse por las actividades de excavación, que se identificaron como fallas superficiales y fallas de los elementos de contención temporal.


Estrategias de prevención

Las acciones de prevención reducen la probabilidad de ocurrencia de una emergencia y durante el desarrollo de ésta, evitan que se extienda hacia otras áreas.

- Cercado del predio donde se realizarán las excavaciones.
- Se deben detectar la ubicación de tuberías de agua, colectores, gas, electricidad etc.
- El personal debe contar con los elementos de protección personal para la ejecución de las actividades.
- Se debe planificar el personal en función del volumen de tierra a remover
- Se debe evitar trabajar en días de lluvia.
- Monitoreo continuo por medio de inspección visual, durante obra.
- Llevar a cabo las recomendaciones planteadas en los numerales anteriores y el capítulo 8 del proceso constructivo, así como llevar a cabo las obras complementarias.

Estrategias de atención de la emergencia:

Las estrategias para atender la emergencia tienen un componente de prevención de desastres, ya que se plantean mediante un conjunto de medidas y acciones diseñadas a partir de la evaluación de riesgos, de las condiciones generales de la población y de las características particulares para cada uno de los factores detonantes.

| | | |
|---|--|--|
|  | <p>ESTUDIO GEOTÉCNICO EQUIPAMIENTOS CULTURALES CIUDAD BOLÍVAR – PILONA 10</p> <p>VERSIÓN I</p> | <p>JAM INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE NIT 830084684-9 Cra 42 No. 22A-03 Bogotá D.C., Colombia +57 3118538700 +57 1 2440222 info@jam.com.co www.jam.com.co</p> |
|---|--|--|

Las estrategias para atender emergencias buscan cumplir los siguientes objetivos:

- Determinar los niveles de alerta de la emergencia, de acuerdo con la magnitud de la misma.
- Evitar o disminuir el nivel de afectación sobre los habitantes y sus actividades, proteger el medio ambiente y atender eficientemente las quejas y reclamos que ocasione la emergencia.
- Minimizar los costos ambientales, urbanísticos y financieros producidos por la emergencia.
- Optimizar el uso de los recursos disponibles de las entidades.

Para la definición del tipo de acciones a seguir durante la atención de la emergencia es importante evaluar las distintas limitaciones que pueden afectar esta labor

- Las condiciones meteorológicas y climáticas prevalecientes durante el desarrollo de la emergencia.
- Las condiciones físicas, económicas y sociales de la población afectada.
- El funcionamiento de las entidades de apoyo y de las instituciones de salud.
- La disponibilidad del personal de las brigadas y demás grupos de apoyo.
- El entrenamiento del grupo de respuesta.

Reporte de la emergencia

La notificación o aviso es el primer reporte de presunción o evidencia de una emergencia y puede ser generado por cualquier persona empleado u operario que se encuentre en el área y detecte la situación, el cual deberá dar aviso inmediato a su superior, quien inmediatamente avisará al coordinador de atención a emergencias, quien informara oportunamente a los jefes de brigada de ser necesario.

Una vez conocida la emergencia, se dará la señal previamente definida por el coordinador de atención de a emergencias acordada en las capacitaciones previas, por lo tanto, todo el personal debe conocer la señal y saber reaccionar ante esta.

Los operarios y personal del frente de obra deben conocer y tener conocimiento del grado de responsabilidad propio y la importancia que tiene minimizar los riesgos de pérdidas humanas y naturales en el momento de presentarse una emergencia, para lo cual se deben seguir las instrucciones en el siguiente orden:

1. Suspender las actividades
2. Comunicar la señal de alarma a sus compañeros

3. Desconectar máquinas y equipos eléctricos
4. Guardar la calma
5. Salvaguardar elementos de carácter técnico y operativo
6. Dirigirse al sitio de evacuación previsto (a medida que el frente de obra se desplace, se debe fijar el punto de encuentro)
7. Atender las recomendaciones de los jefes de brigada
8. Circulación estrictamente por la derecha
9. No devolverse por ningún motivo
10. Dar prioridad a las personas mayores, mujeres y menores.

En caso que la falla sepulte o entierre alguna persona la brigada de rescate, organizara las actividades para:

- 1) Hacer del área de rescate un lugar seguro
- 2) Excavar el suelo colapsado para rescatar a la(s) personas enterradas
- 3) Simultáneamente llamar a los organismos de socorro.

En caso de una contingencia, ante todo debe considerarse el tipo de emergencia, su causa y sus posibles consecuencias.

11.3 Recomendación de manejo de aguas

Se recomienda la instalación de filtros tipo Alveodren o similar ubicados en el trasdós del sistema de contención o cortina der caisson en media luna.

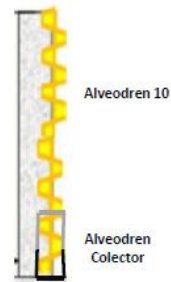
En la Ilustración, se presenta el esquema en planta donde irán ubicados los filtros, estos filtros deberán descolar al sistema de alcantarillas según diseños hidráulicos.

El filtro Alveodren consiste en una estructural alveolar isotrópica geosintetica compuesta por un centro en polietileno de alta densidad, tiene como función del drenaje con alta capacidad de conducción y evacuación del agua.

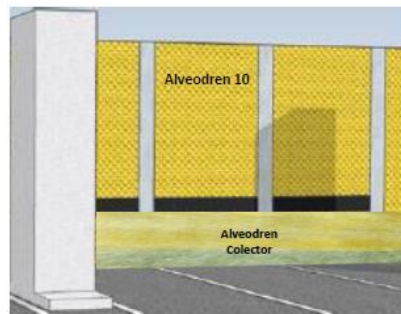
El sistema ALVEODREN 10 recubre todo el muro y por su lámina impermeable no permite el paso de aguas que puedan llegar y las direcciona como drenaje vertical hacia la parte inferior del muro en donde se conectara con el ALVEODREN COLECTOR, el cual direcciona las aguas al sitio de evacuación.

Ilustración I I-3 Sistema de filtracion Fuente: Eco Geosystems

EQUEMATICO CORTE
TRANSVERSAL



EQUEMATICO VISTA FRONTAL



APLICACIÓN EN TERRENO



El Alveodren colector es compuesto por un Geoespaciador Alveolar impermeable Bicuspid, un geotextil Dupont no tejido, pre comprimido y pretensado de fibras continuas , de alta resistencia a la tensión y no punzonado que garantiza no colmatación. Adicionalmente un recubrimiento de Resina Impermeable en la parte inferior del geotextil (no se requiere tubería).

Ilustración I I-4. Alveodren Colector

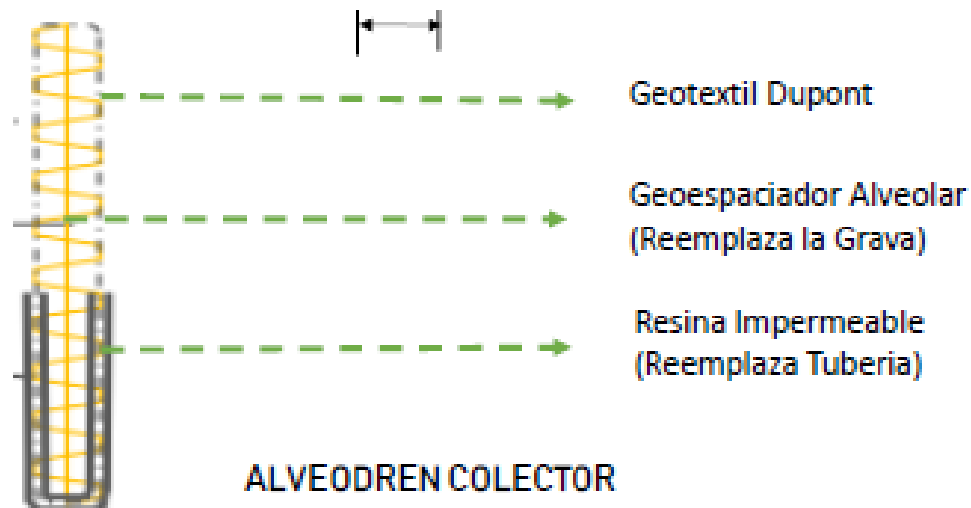


Ilustración 11-5 Instalación filtro Fuente: Eco Geosystems



Ilustración 11-6. Esquema localización de filtro perimetral

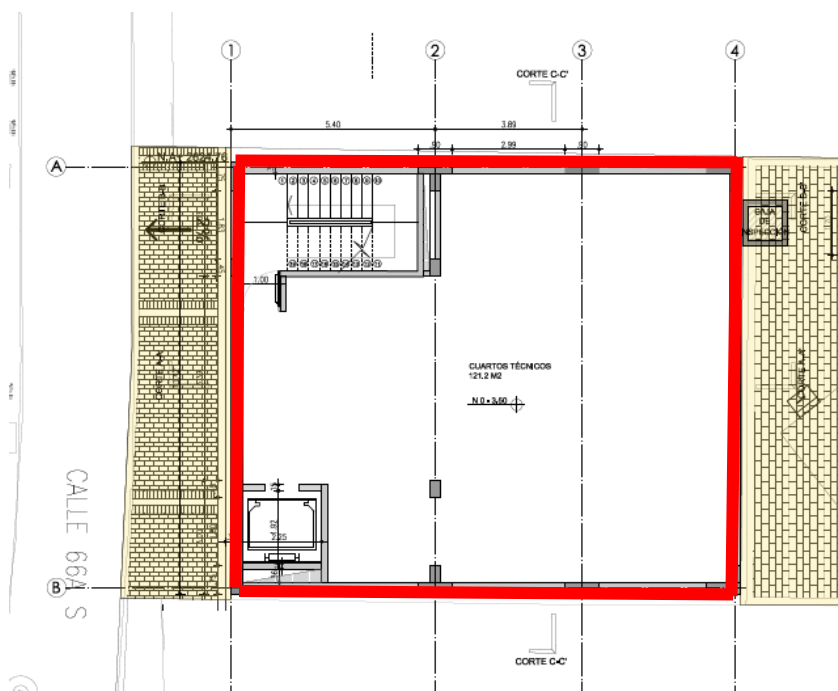


Ilustración 11-7. Localización de filtro

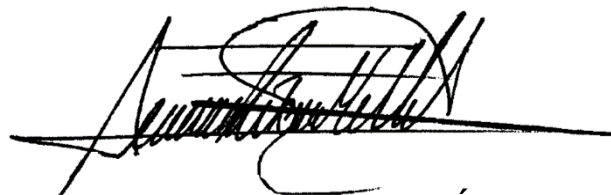
12 CONSIDERACIONES ADICIONALES

Las conclusiones y recomendaciones del presente informe están basadas en los resultados obtenidos a partir de la información recopilada de investigación del subsuelo y ensayos de laboratorio ejecutados.

La información de exploración y laboratorio corresponde a sitios puntuales, por lo tanto, los perfiles geotécnicos obtenidos se establecieron de acuerdo con los perfiles de cada sondeo.

Si durante la etapa de construcción de las obras de contención se presentan condiciones diferentes a las consideradas en el presente estudio, se deberá informar al ingeniero Geotecnista para el estudio de las modificaciones o adiciones que sean necesarias. En el **Anexo 9** se presentan los documentos de acreditación del Geotecnista.

El plano final de las estructuras de cimentación proyectadas debe enviarse a la empresa consultora que emite el presente documento para su respectiva aprobación.



JAVIER ANTONIO MILLÁN L.
ING. CIVIL Msc. GEOTECNIA UN
Mat. 25202 – 32873 Cund.
Noviembre de 2018