



ESTUDIO GEOTÉCNICO EQUIPAMIENTOS CULTURALES CIUDAD
BOLÍVAR - SCRD

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 - SCR D</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 de 2018	Informe Versión 1
2	Entrega final	04 de enero del 2019	Informe 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 Noviembre del 2018
Aprobación de Interventoría por:	
Firma:	
Fecha:	

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	9
2	GENERALIDADES	10
2.1	LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO.....	10
2.2	OBJETIVO.....	10
2.3	DESCRIPCIÓN PROYECTO.....	10
2.3.1	PERFILES ARQUITECTÓNICOS.....	12
2.3.2	CUADRO DE ÁREAS	13
3	GEOLOGÍA.....	16
4	GEOMORFOLOGÍA	17
1.1	ANÁLISIS MULTITEMPORAL Y EVOLUCIÓN GEOMORFOLÓGICA.....	17
1.1.1	Año 1970.....	18
1.1.2	Año 1998.....	19
1.1.3	Año 2007	19
1.1.4	Año 2015.....	21
1.1.5	Evolución geomorfológica Piona 24.....	22
1.2	UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	25
1.2.1	Unidades de Origen Denudacional	25
1.2.2	Unidades de Origen estructural	25
1.2.3	Unidad de Origen Antrópico.....	27
1.2.4	Unidades de Origen Aluvial	28
5	HIDROGEOLOGÍA	29
6	CONDICIONES SÍSMICAS.....	32
7	RECOPILACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN SECUNDARIA	34
8	EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO.....	35
8.1	Registro Fotográfico	37
8.2	Ensayos de Laboratorio.....	37
9	MODELO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO.....	46
9.1	Parámetros representativos de modelo geológico geotécnico.	49
9.2	Consideración de geología estructural en roca arenisca.....	49
9.3	Condicion de Agua subsuperficial.....	51

10	ANÁLISIS GEOTÉCNICOS.....	52
10.1	CONDICIONES GEOTÉCNICAS PARTICULARES.....	52
10.2	ANÁLISIS DE SUELOS CON CARACTERÍSTICAS ESPECIALES	52
10.3	PRESENCIA DE VEGETACIÓN.....	52
10.4	ANÁLISIS DE ABLANDAMIENTO CÍCLICO	52
10.5	TIPO Y NIVEL DE CIMENTACIÓN.....	52
10.6	CAPACIDAD PORTANTE	52
10.7	ASENTAMIENTOS	54
10.8	EXCAVACIONES	55
10.9	ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN	56
10.9.1	ANÁLISIS CINEMÁTICO.	57
10.9.2	ANÁLISIS DE EQUILIBRIO LÍMITE.....	58
10.9.3	SISTEMA DE CONTENCIÓN TEMPORAL.....	60
10.9.4	SISTEMA DE CONTENCIÓN DEFINITIVO	62
10.10	PROTECCIÓN A EDIFICACIONES VECINAS.	63
11	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	65
11.1	MANEJO DE AGUA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA.....	65
11.2	RECOMENDACIONES PARA EXCAVACIONES Y CORTES TEMPORALES	68
11.3	RECOMENDACIÓN PROCESO CONSTRUCTIVO.....	68
12	CONSIDERACIONES ADICIONALES.....	71

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1: Localización área de estudio	10
Ilustración 2-2: Render edificio de cultura Fuente, Transmicable Bogotá.	11
Ilustración 2-3: Vista En Planta Edificio de cultura.	12
Ilustración 2-4: Perfil de edificio de cultura.....	13
Ilustración 2-5: Localización Columnas.....	14
Ilustración 3-1: Unidades geológicas	16
Ilustración 4-1 Vuelo C-525, Aerofotografía 842. Tomado de Unión temporal Cable Bogotá, 2016	18
Ilustración 4-2 Vuelo C-2802, Aerofotografía 90. Toamdo de Unión Temporal Cable Bogotá, 2016	19

Ilustración 4-3 Imágen satelital Google Earth. Tomada de Unión Temporal Cable Bogotá, 2016	21
Ilustración 4-4. Sección de análisis, vista en planta	23
Ilustración 4-5. Comparación multitemporal	24
Ilustración 4-6. Comparación Multitemporal	24
Ilustración 4-7 Ladera de pendiente estructural en inmediaciones a la estación Illimani – Piona 24	26
Ilustración 4-8 Unidad geomorfológica de origen Estructural, Sierra Sinclinal Sss, Piona 20 ...	26
Ilustración 4-9 Ladera Antrópica, Cantera Las Tolvas. Imagen tomada de Google Earth, 2010	27
Ilustración 4-10 Unidades geomorfológicas, Estación Illimani. Tomado y modificado de Unión Temporal Cable Bogotá, 2015	28
Ilustración 5-1 Sistema de modelamiento hidrogeológico del Dsitrito Capital área de estudio. Tomado y modificado de Veloza, J. 2013	30
Ilustración 5-2 Sección H-H. Modelamiento hidrogeológico del Dsitrito Capital.. Tomado y modificado de Veloza, J. 2013	31
Ilustración 6-1: Microzonificación zona de Estudio	32
Ilustración 8-1. Localización de la exploración	36
Ilustración 8-2 Clasificación en la carta de plasticidad de Casagrande del material ensayado..	39
Ilustración 8-3 Variación de los límites de consistencia y la humedad natural en función de la profundidad.....	40
Ilustración 8-4- Granulometría en función de la profundidad.....	41
Ilustración 8-5- Clasificación de suelo residual.....	42
Ilustración 8-6- Clasificación de material de matriz areno-arcillosa.	42
Ilustración 8-7- Peso unitario en función de la profundidad	43
Ilustración 8-8- Variación de la resistencia al corte no drenada en función de la profundidad ...	45
Ilustración 9-1-Vista en Planta perfil 1.....	46
Ilustración 9-2- Modelo Geotécnico.....	47
Ilustración 9-3- Macizo evaluado	50
Ilustración 10-1. Capacidad portante zapatas	54
Ilustración 10-2. Asentamientos elásticos	55
Ilustración 10-3: Identificación de caras de talud, Ed Museo.....	56
Ilustración 10-4 Falla en cuña	57
Ilustración 10-5 Falla Planar y toppling.	58
Ilustración 10-6. Longitud a intervenir con contención temporal	61
Ilustración 10-7. Diagrama de presión estático pseudoestático.....	62
Ilustración 10-8. Representación gráfica de modelo.....	63
Ilustración 10-9 . Deflexiones esperadas en muros.....	64
Ilustración 11-1 Sistema de filtracion Fuente: Eco Geosystems	66
Ilustración 11-2. Alveodren Colector	66
Ilustración 11-3 Instalación filtro Fuente: Eco Geosystems	67
Ilustración 11-4. Esquema localización de filtro perimetral	67

Ilustración 11-5. Fases de excavación	69
Ilustración 11-6 Proceso constructivo de la excavación	70

LISTA DE TABLAS

Tabla 2-1. Cuadro de áreas Ed. Museo	13
Tabla 2-2. Magnitud de cargas a nivel de cimentación.....	14
Tabla 4-1 Relación de fotografías aéreas . IGAC.....	17
Tabla 6-1: Coeficientes de diseño.....	32
Tabla 6-2: Coeficientes de Umbral de daño	33
Tabla 6-3: Coeficientes de aceleración horizontal.....	33
Tabla 7-1: Información consultada.....	34
Tabla 7-2: Sondeos de estudios previos sobre el área proyectada	34
Tabla 8-1: Número mínimo de sondeos y profundidad por cada unidad de construcción Tomado de la tabla H.3.2-1 de NSR10	35
Tabla 8-2: exploración realizada	36
Tabla 8-3. Registro fotográfico Labores en campo.....	37
Tabla 8-4-Cantidad de ensayos de laboratorio ejecutados.	38
Tabla 8-5. Ensayos de resistencia	44
Tabla 9-1 Perfil geotécnico promedio.....	49
Tabla 9-2 Datos estructurales	50
Tabla 9-3 Buzamiento aparente	51
Tabla 9-4. Condición de agua subsuperficial	51
Tabla 10-1: Capacidad portante zapatas	53
Tabla 10-2. Asentamientos elásticos	55
Tabla 10-3 Análisis de equilibrio límite cuñas talud E, Ed Museo.....	59
Tabla 10-4. Resultados análisis de equilibrio límite.....	60
Tabla 10-5. Dimensiones de sistema de contención temporal	61
Tabla 10-6, Coeficientes de presión.....	62

	<p>ESTUDIO GEOTÉCNICO EQUIPAMIENTOS CULTURALES CIUDAD BOLÍVAR - SCR D</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>
---	--	--

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 incluyendo la información del sondeo 24 de información secundaria

Anexo 6. Tabla de caracterización.

Anexo 7. Memorias de cálculo

Anexo 8. Análisis cinemático

Anexo 9. Memoriade cálculo Geobrigg

Anexo 10. Documentos geotecnista.

	<p>ESTUDIO GEOTÉCNICO EQUIPAMIENTOS CULTURALES CIUDAD BOLÍVAR - SCRD</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>
---	---	--

I 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 de los espacios remanentes de los predios en los cuales se realizó la estación Paraíso Mirador del metro cable de la ciudad de Bogotá D.C; para dar cumplimiento al objeto contractual referente a “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 estabilidad y de capacidad portante, conclusiones y recomendaciones.

2 GENERALIDADES

2.1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El edificio de equipamiento cultural denominado “museo”, se encuentra localizado en la localidad de ciudad Bolívar, colindante a la estación Mirador (Illimani), en el K3+400 del trazado del metro cable de la ciudad de Bogotá, el edificio cuenta con un área de 1159.22 m² aproximadamente, como se muestra en la Ilustración 2-1.



Ilustración 2-1: Localización área de estudio

2.2 OBJETIVO

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

2.3 DESCRIPCIÓN PROYECTO

El edificio de Museo, consiste en una estructura de 4 niveles con una zona de terraza, esta estructura brinda espacios idóneos para la prestación de servicios de formación y eventos culturales que incluyen un salón de museo 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 sismorresistente NSR10.

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

2.3.1 PERFILES ARQUITECTÓNICOS

De acuerdo al diseño arquitectónico, en la Ilustración 2-3 e Ilustración 2-4, se presenta la planta a nivel de sótano y el un corte representativo de la edificación.

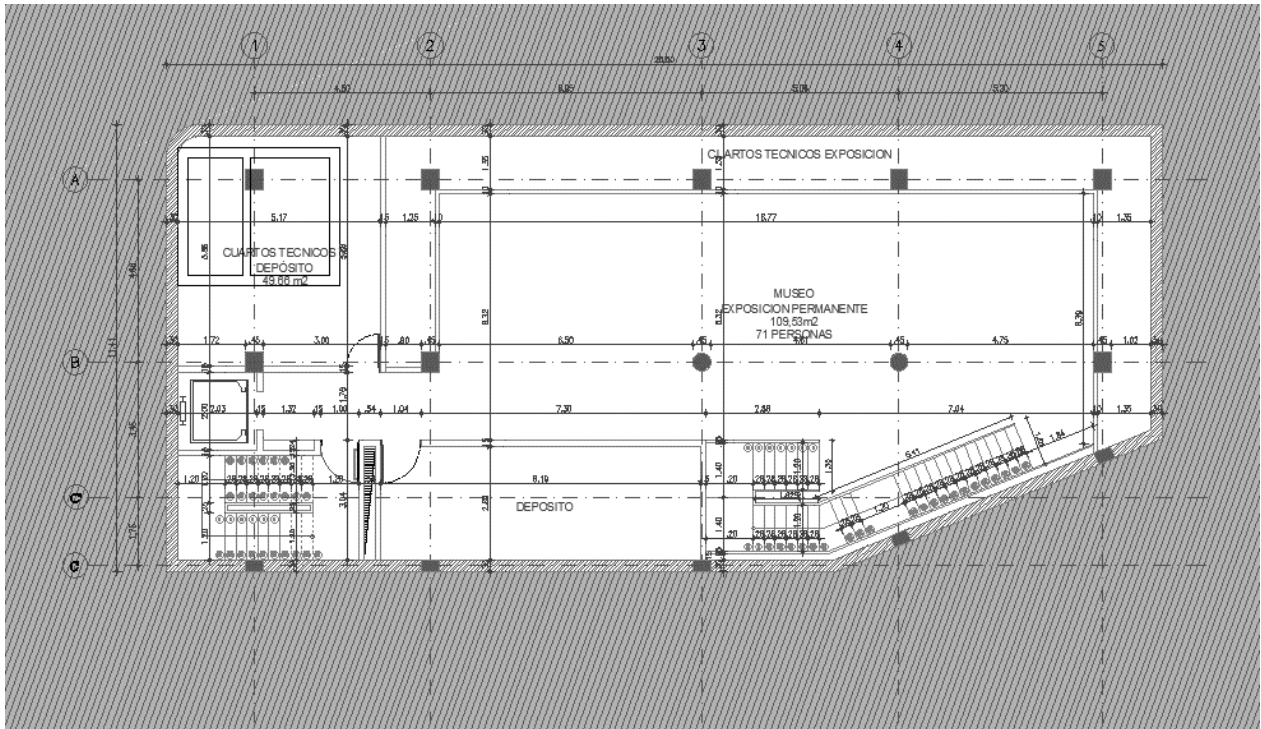


Ilustración 2-3: Vista En Planta Edificio de cultura.

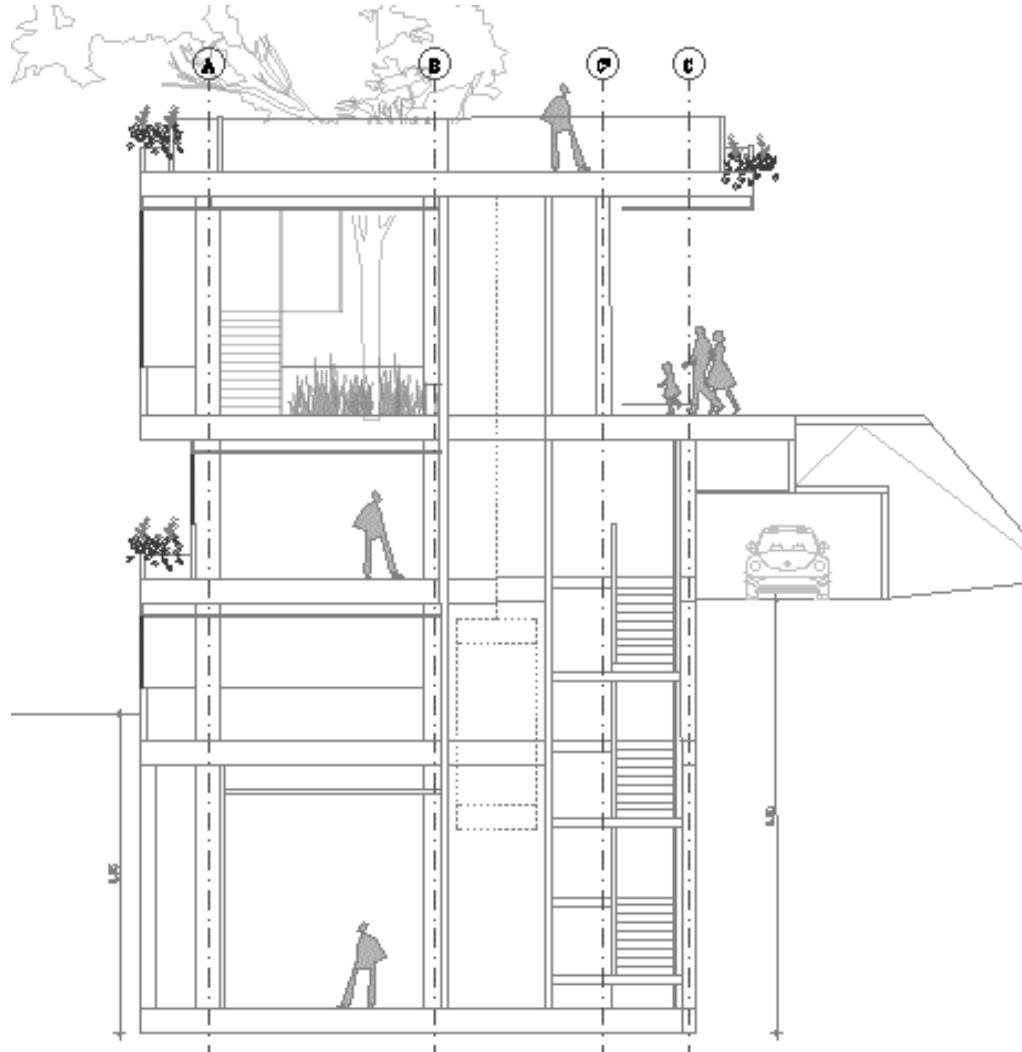


Ilustración 2-4: Perfil de edificio de cultura.

2.3.2 CUADRO DE ÁREAS

La distribución de espacios según la propuesta arquitectónica se resume en la Tabla 2-1

Tabla 2-1. Cuadro de áreas Ed. Museo

Cuadro de Áreas		
Uso	Área m ²	%
Museo	459.82	55.4
Turismo	202.52	24.4

Cuadro de Áreas

Servicios	167.66	20.20
TOTAL4		100 %

Tomado del anexo técnico del contrato.

2.3.4 CARGAS DE SERVICIO

De acuerdo al diseño estructural, la magnitud de las cargas a nivel de cimentación se listan en la Tabla 2-2, la nomenclatura por columna es tomada del estudio estructural, el esquema general se presenta a continuación.

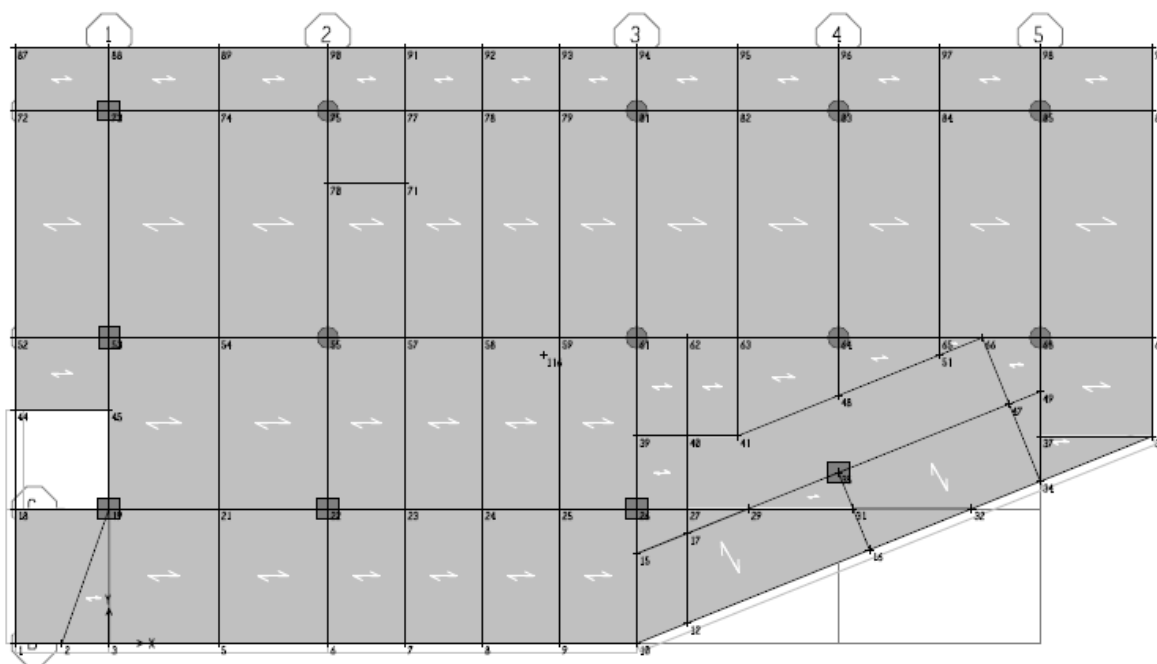


Ilustración 2-5: Localización Columnas

Tabla 2-2. Magnitud de cargas a nivel de cimentación

Punto columna	Carga Total (t)	Punto columna	Carga Total (t)
1	75	68	100
3	108	69	71
6	139	72	44
10	249	73	89

Punto columna	Carga Total (t)	Punto columna	Carga Total (t)
18	66	75	139
19	55	81	131
22	93	83	91
26	89	85	102
34	125	86	40
35	60	87	28
38	52	88	31
44	36	90	50
52	62	94	48
53	81	96	39
55	144	98	32
61	134	99	32
64	88	-	-

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

Carga total (t/m2): 1.52

3 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.

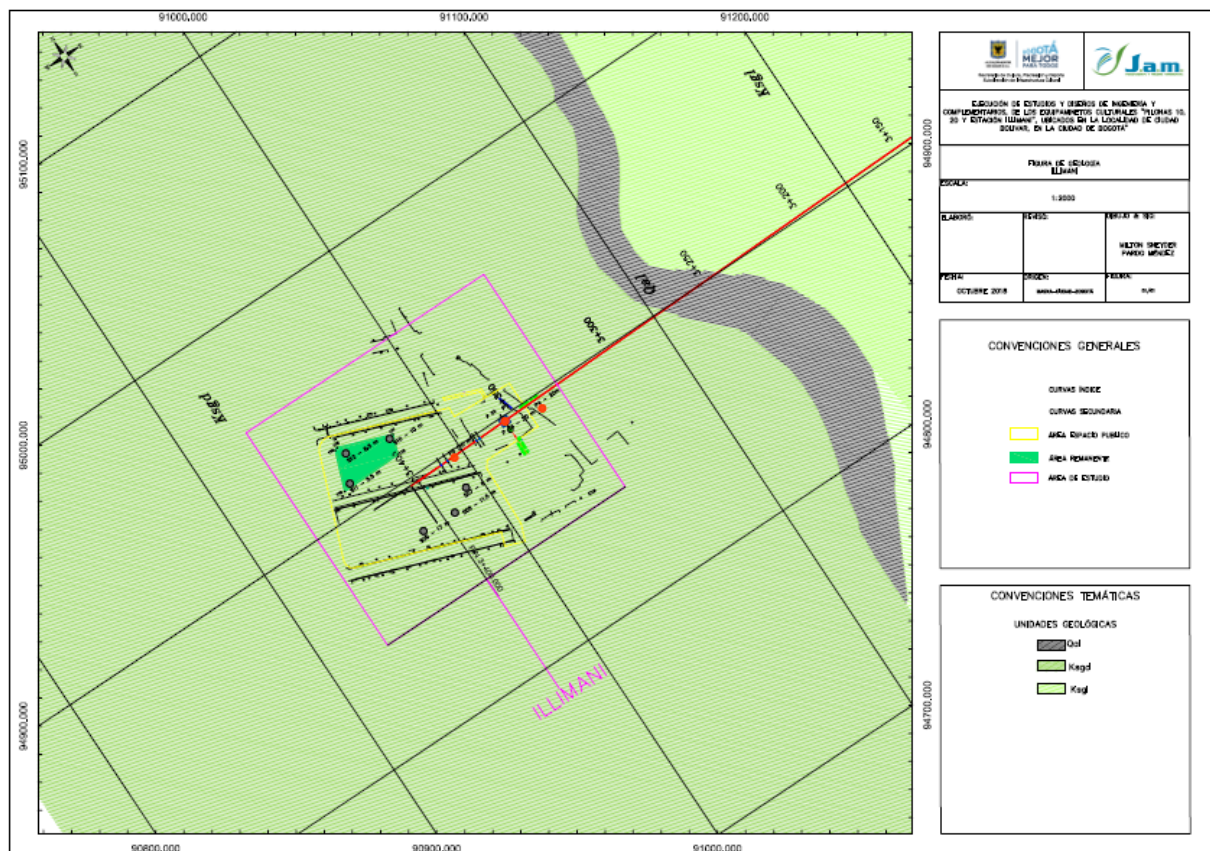


Ilustración 3-1: Unidades geológicas

El predio donde se desarrollará la edificación corresponde a la zonificación de “Ksgd: Arenisca dura del grupo guadalupe”, donde se encuentra una arenisca fracturada con intercalaciones de arcilla de espesor aproximado de 6 m seguido por una arenisca cuarzosa fracturada con un grado de meteorización III (Conforme al perfil de meteorización de Dearman 1974). En el **Anexo 1**, se presenta el mapa de unidades geológicas.

4 GEOMORFOLOGÍA

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

4.1 ANÁLISIS MULTITEMPORAL Y EVOLUCIÓN GEOMORFOLÓGICA

Con base en el análisis multitemporal del año 1970 hasta el 2015, realizado por el consorcio **Unión Temporal Cable Bogotá**¹ 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 4-1 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 y se cartografiaron procesos morfodinámicos existentes en la actualidad.

Sobre	Vuelo	N° 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 4-1 Relación de fotografías aéreas . IGAC

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.

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.

I.1.1 Año 1970

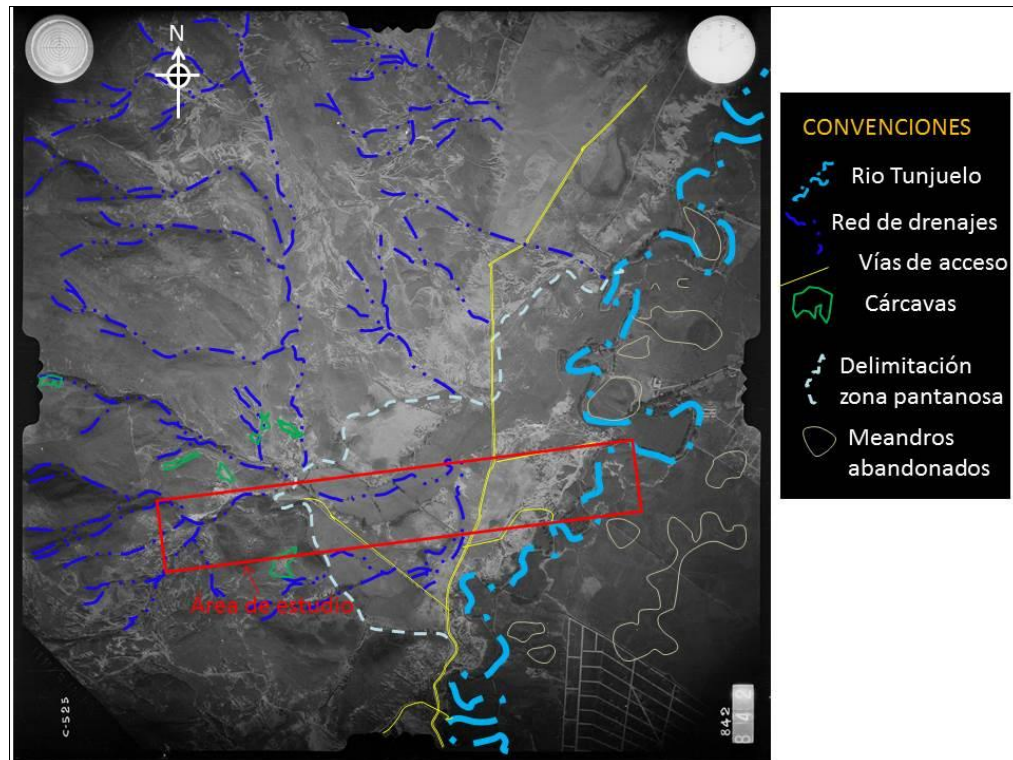


Ilustración 4-1 Vuelo C-525, Aerofotografía 842. Tomado de Unión temporal Cable Bogotá, 2016

Uso y cobertura del suelo: 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.

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

Procesos morfodinámicos: 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.

I.1.2 Año 1998

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

Infraestructura: Se observa un incremeto 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.

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

I.1.3 Año 2007



Ilustración 4-2 Vuelo C-2802, Aerofotografía 90. Toamdo de Unión Temporal Cable Bogotá, 2016

	<p style="text-align: center;">ESTUDIO GEOTÉCNICO EQUIPAMIENTOS CULTURALES CIUDAD BOLÍVAR - SCR D</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>
---	--	--

Uso y cobertura del suelo: El uso del suelo es exclusivamente urbanisitico, salvo algunos sectores donde se observan zonas verdes las cuales corresponden a áreas portegidas (parques naturales y humedales). En zonas añedañas 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.

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

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

² HIDROJAM, 2015. Consultoria para realizar el plan de manejo, recuperación y restauración ambiental para el predio demoninado 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.

I.1.4 Año 2015

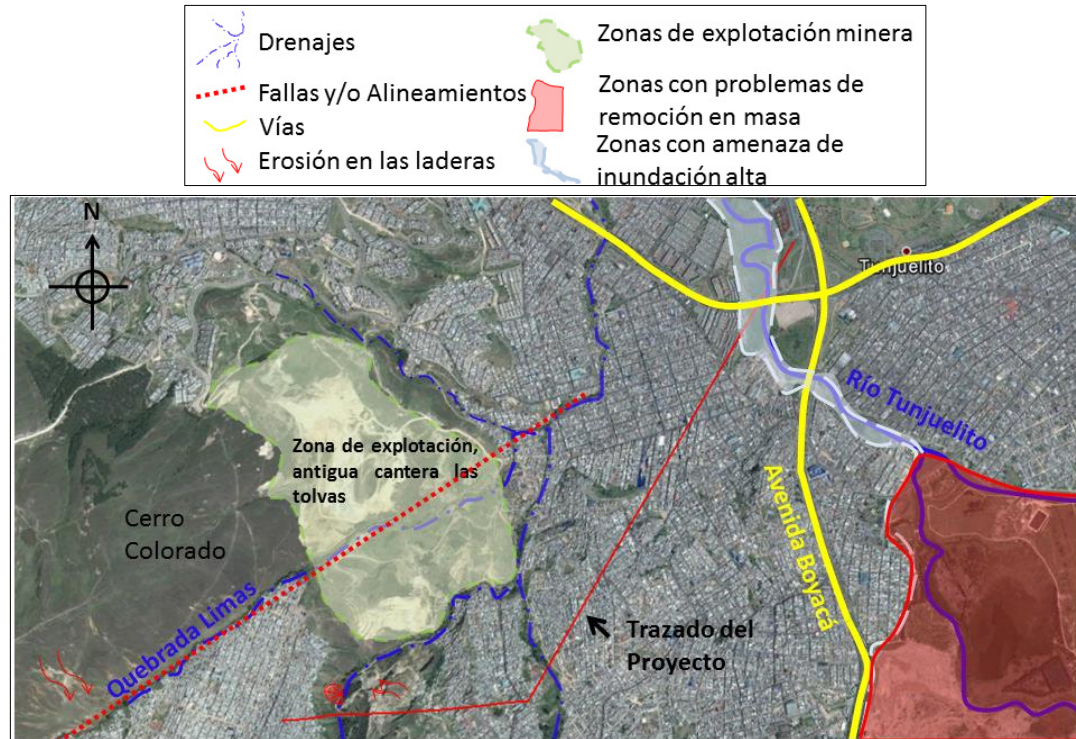


Ilustración 4-3 Imágen satelital Google Earth. Tomada de Unión Temporal Cable Bogotá, 2016

Uso y Cobertural del Suelo: Con base a la metodología de Corin 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.

Infraestructura: 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 alcantarillado adecuado.

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

	<p>ESTUDIO GEOTÉCNICO EQUIPAMIENTOS CULTURALES CIUDAD BOLÍVAR - SCR D</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>
---	--	--

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.

1.1.5 Evolución geomorfológica Pilona 24

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 IDECA 2004, topografía transmicable 2015 y topografía de proyectos cercanos mirador 2018, y topografía actual 2018).

Para la comparación, se sobrepuso el mismo perfil en las diferentes épocas, en varias secciones de estudio tomando como referencia puntos conocidos cuyo cambio topográfico no ha sido significativo en el tiempo a excepción de los cortes realizados para la construcción de la estación Paraíso Mirador.

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.

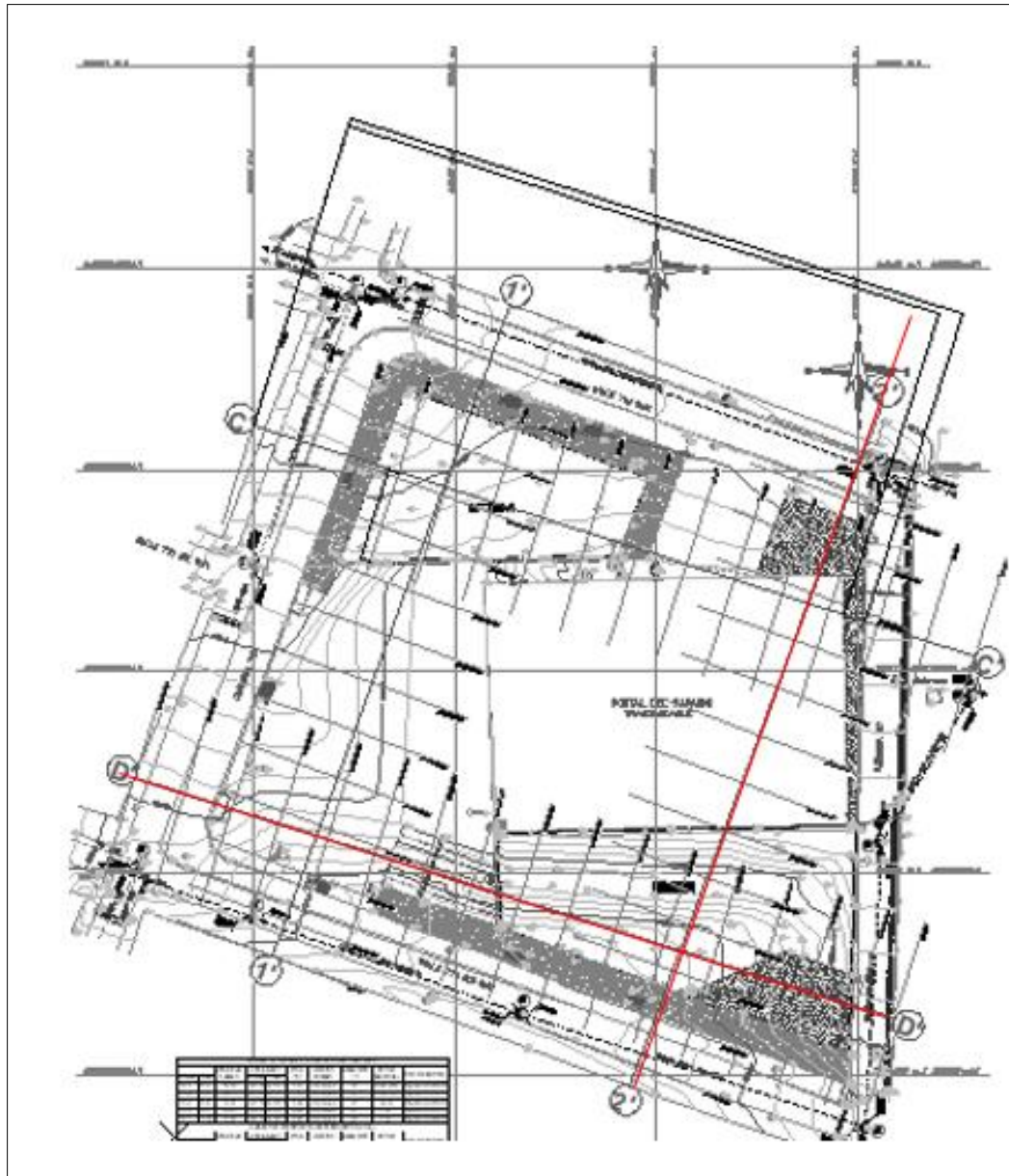


Ilustración 4-4. Sección de análisis, vista en planta

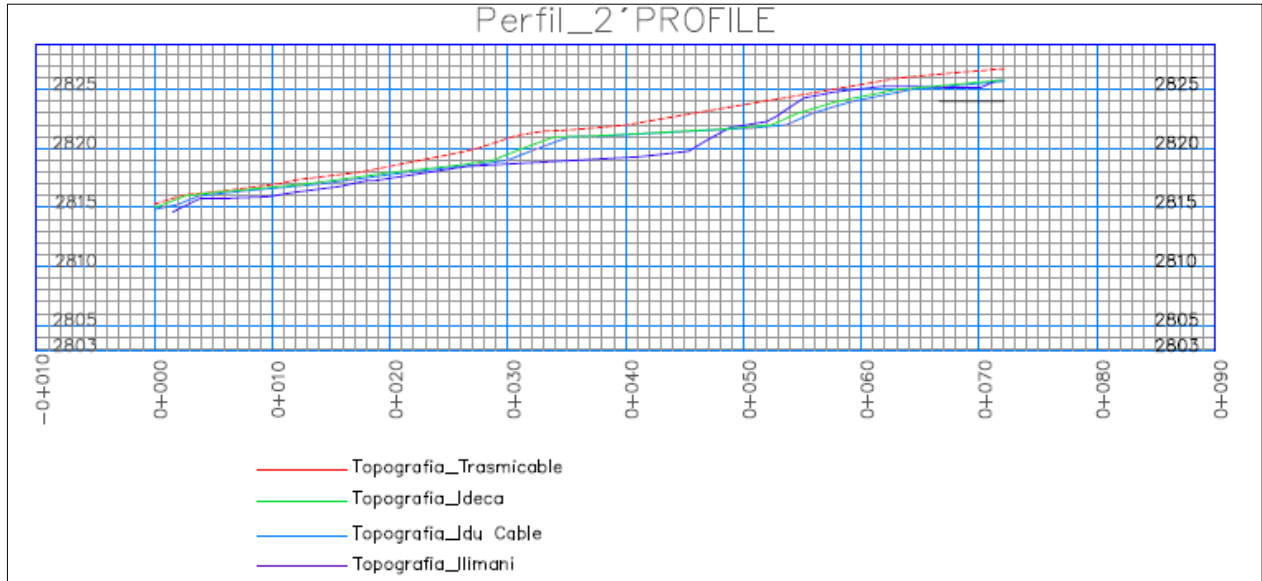


Ilustración 4-5. Comparación multitemporal

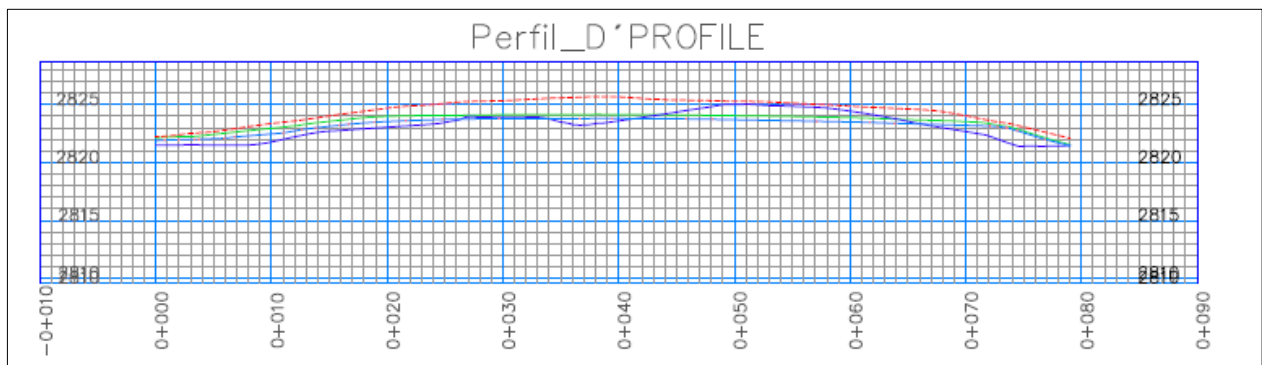


Ilustración 4-6. Comparación Multitemporal

I.2 UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

Las unidades geomorfológicas descritas a continuación fueron propuestas en el estudio realizado por Unión Temporal Cable Bogotá, 2015⁴ y complementadas con el trabajo de campo realizado para el presente estudio.

A nivel regional se identificaron cuatro ambientes geomorfológicos según su origen: fluvial, denudacional, estructural y antropogénico. Sin embargo la totalidad del área dónde se encuentra la estación Illimani (Pilona 24), margen derecho de la quebrada Limas, se localiza sobre una superficie de explanación – Asp. Las unidades geomorfológicas circundantes a esta estación corresponden a un Lóbulo Coluvial – Dco, sobre un ladera en contrapendiente estructural – Scs.

I.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.

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.

I.2.2 Unidades de Origen estructural

Ladera de Pendiente estructural – Sps: Ladera con pendiente escarpada, de longitudes cortas a largas, dónde la estratificación buza en el mismo sentido de la pendiente del terreno. Las condiciones estructurales de esta unidad, favorecen la presencia de zonas de indentabilidad dónde se pueden presentar fallas de tipo planar.

⁴ 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.



Ilustración 4-7 Ladera de pendiente estructural en inmediaciones a la estación Illimani – Pilona 24

Sierra Sinclinal – Sss: Sierra de morfología colinada, amplia en forma de artesa elevada formada en el eje de un sinclinal. La disposición actual obedece a procesos denudáticos que han erosionado los flancos de la estructura. En el núcleo de esta estructura se encuentran sedimentos de la formación Guaduas, y hacia el oeste areniscas de la Formación Labor y Tierna.



Ilustración 4-8 Unidad geomorfológica de origen Estructural, Sierra Sinclinal Sss, Pilona 20

Ladera en Contrapendiente estructural - Sle: Ladera definida por planos de estratificación que buzan en sentido contrario a la pendiente del terreno, su longitud es de corta a moderadamente

larga, con pendientes escarpadas a muy escarpadas. Esta unidad esta constituida por rocas intermedias a duras con desarrollo de suelos residuales delgados.

1.2.3 Unidad de Origen Antrópico

Ladera antrópica – Lac: Corresponde a una ladera escarpada producto de la actividad extractiva de materiales de construcción (piedra, arena y grava) que se ha desarrollado durante los últimos 30 años. Esta unidad presenta formas irregulares y terraceos, en la Ilustración 4-9, se puede observar la vista general de la cantera las Tolvas, la cual se encuentra al NE de la estación Ilimani y N de la Quebrada Limas.

Superficie de explanación – Asp: Zonas de adecuación del terreno para fines constructivos o para estabilización de ladera, por medio de explanaciones o terraceos que disminuyen la pendiente del terreno.



Ilustración 4-9 Ladera Antrópica, Cantera Las Tolvas. Imagen tomada de Google Earth, 2010

1.2.4 Unidades de Origen Aluvial

Cauce Aluvial activo: Canal en forma meádrica irregular excavado por la acción erosiva de las corrientes de agua o por los sedimentos que esta transporta. Corresponde al cauce de la Quebrada Limas.

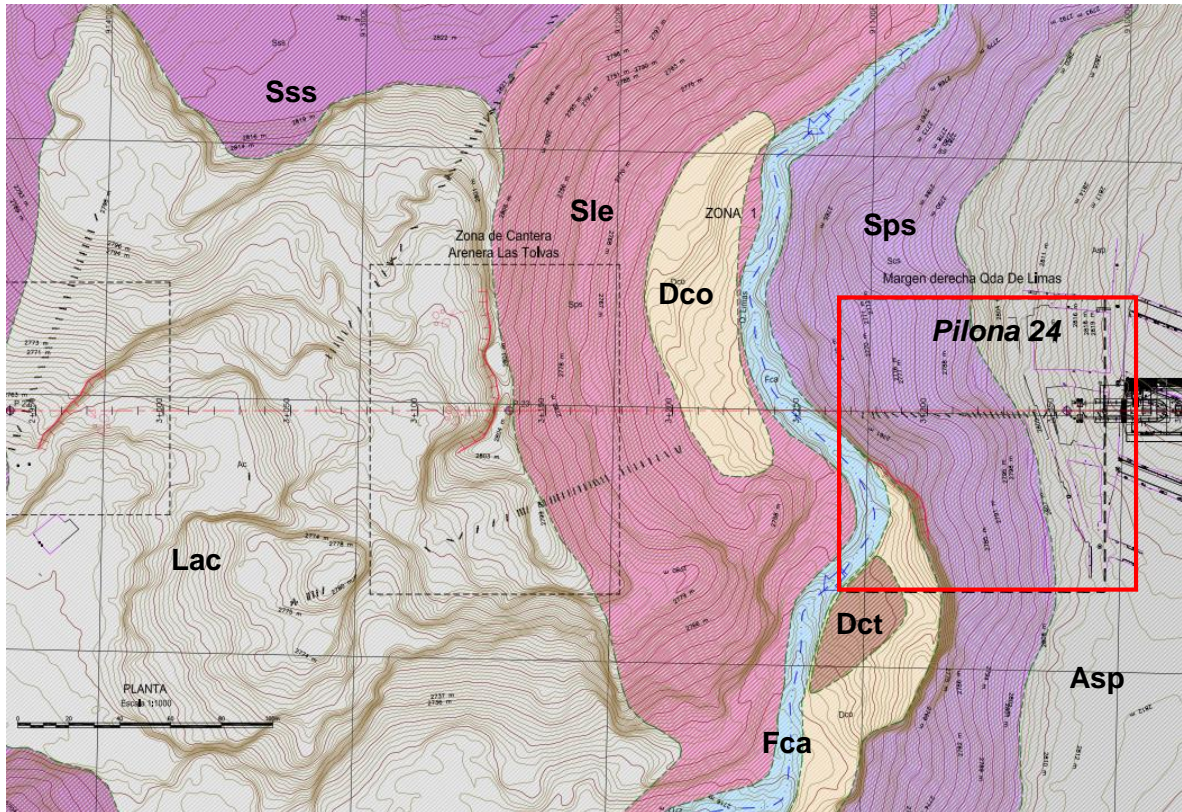


Ilustración 4-10 Unidades geomorfológicas, Estación Illimani. Tomado y modificado de Unión Temporal Cable Bogotá, 2015

5 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.

Dentro de las unidades geológicas de interés hidrogeológico que conforman la zona de estudio se encuentra la Formación Labor y Tierna. Este acuífero corresponde a areniscas cretácicas con espesores de aproximadamente 120 m que puede producir caudales del orden de 20 lps. A pesar de ser el acuífero más importante del área, su explotación es controlada. Debido a las condiciones estructurales de la zona donde se localiza la Estación Illimani – Pilon 24, las rocas de esta unidad presentan alto grado de fracturamiento, esto sumado a su porosidad generan un sin número de intersticios que permite la circulación del agua favoreciendo la capacidad acuífera de esta formación.

Se debe precisar que la Formación Labor y Tierna es un acuífero de porosidad primaria de alta productividad y gran interés hidrogeológico, incrementando su almacenamiento debido a la influencia de estructuras como la falla Limas la cual se encuentra siguiendo el curso de la quebrada del mismo nombre y de algunas fallas locales transversales a esta.

En la Ilustración 5-1; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** 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 5-2), sedimentos y rocas con flujo esencialmente intergranular.

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

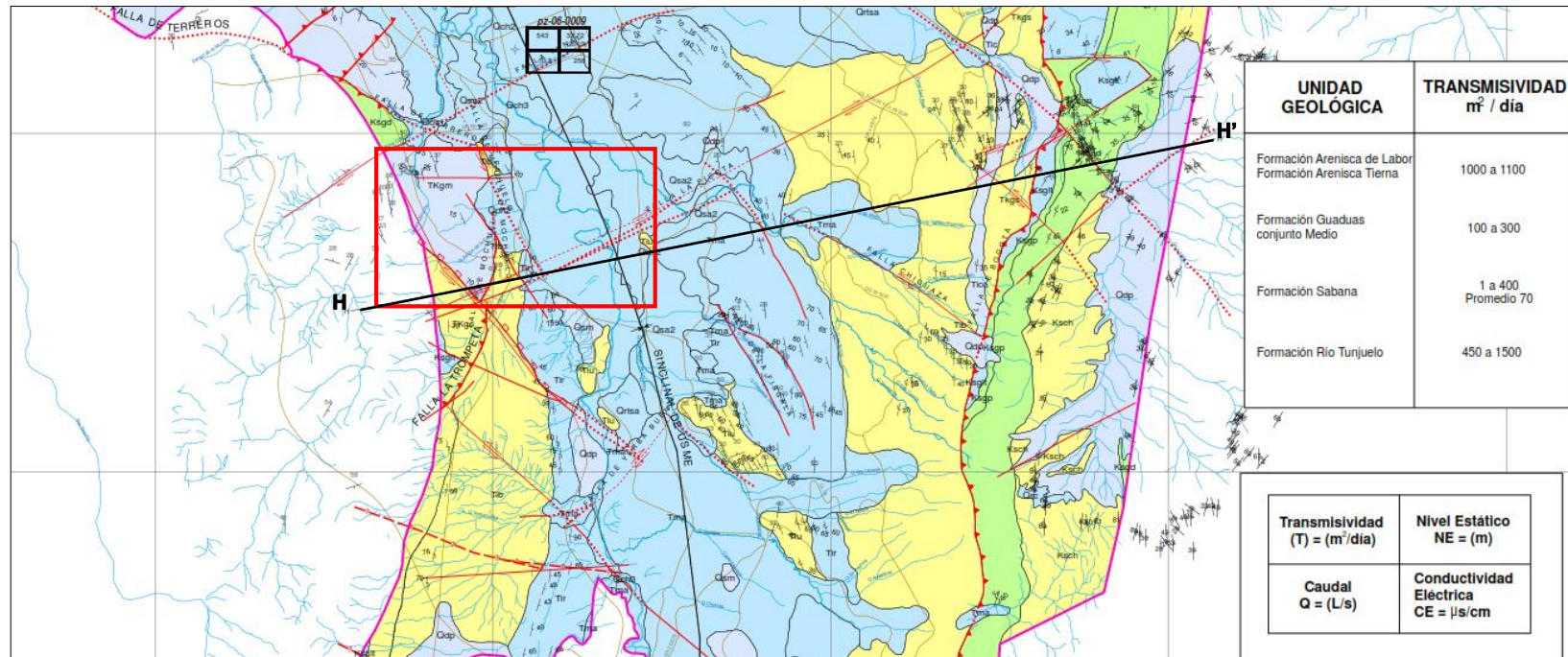


Ilustración 5-1 Sistema de modelamiento hidrogeológico del Distrito Capital área de estudio. Tomado y modificado de Veloza, J. 2013

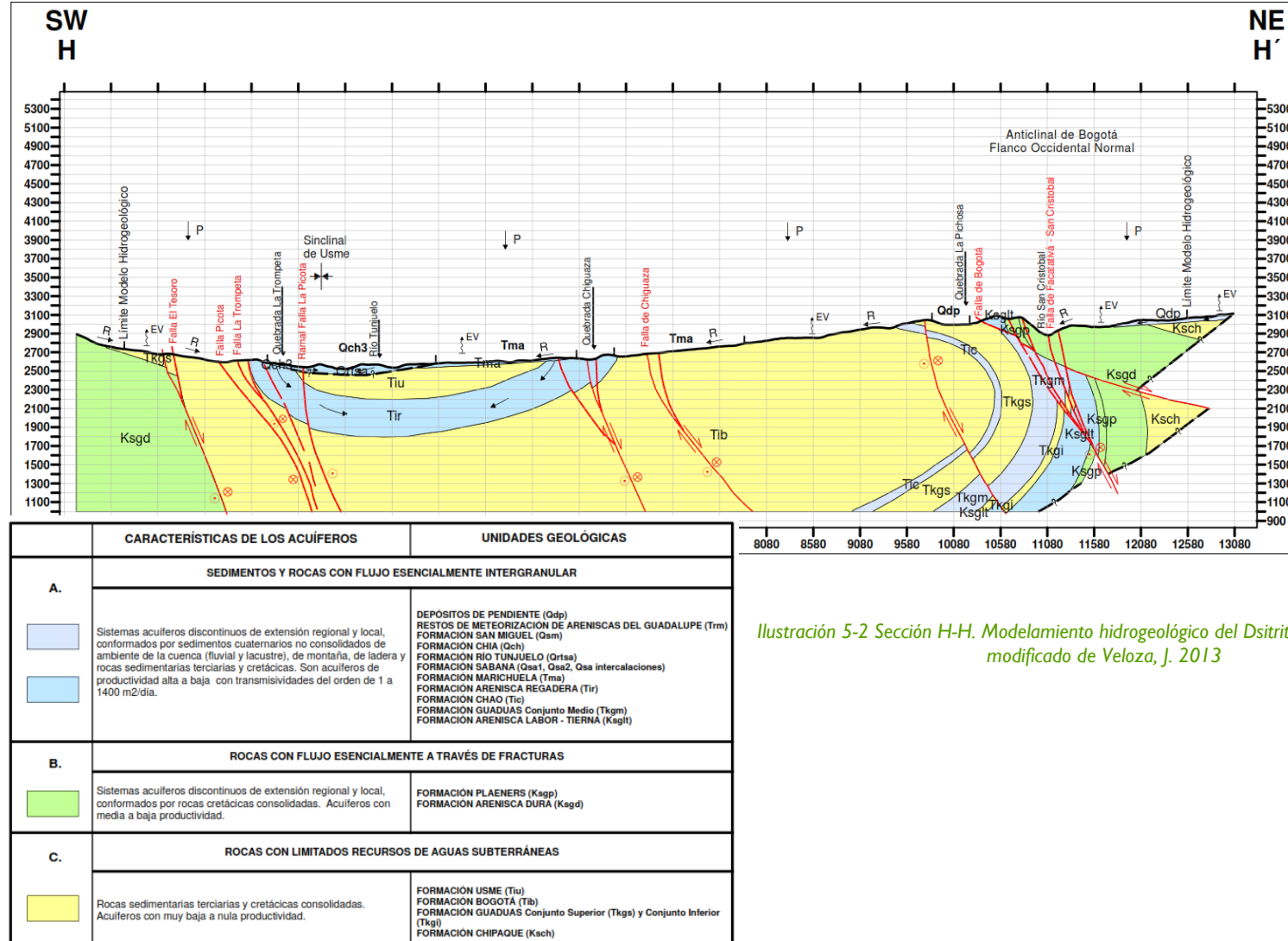


Ilustración 5-2 Sección H-H. Modelamiento hidrogeológico del Dsitrito Capital. Tomado y modificado de Veloza, J. 2013

6 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**. A continuación, en la Tabla 6-1 y la Tabla 6-2, se presentan los coeficientes de diseño y coeficientes de umbral de daño para cada zona; de igual manera, en Ilustración 6-1, se presenta la microzonificación sísmica de la zona de estudio. En el **Anexo 2**, se presenta el mapa de microzonificación.

Fuente: Google earth

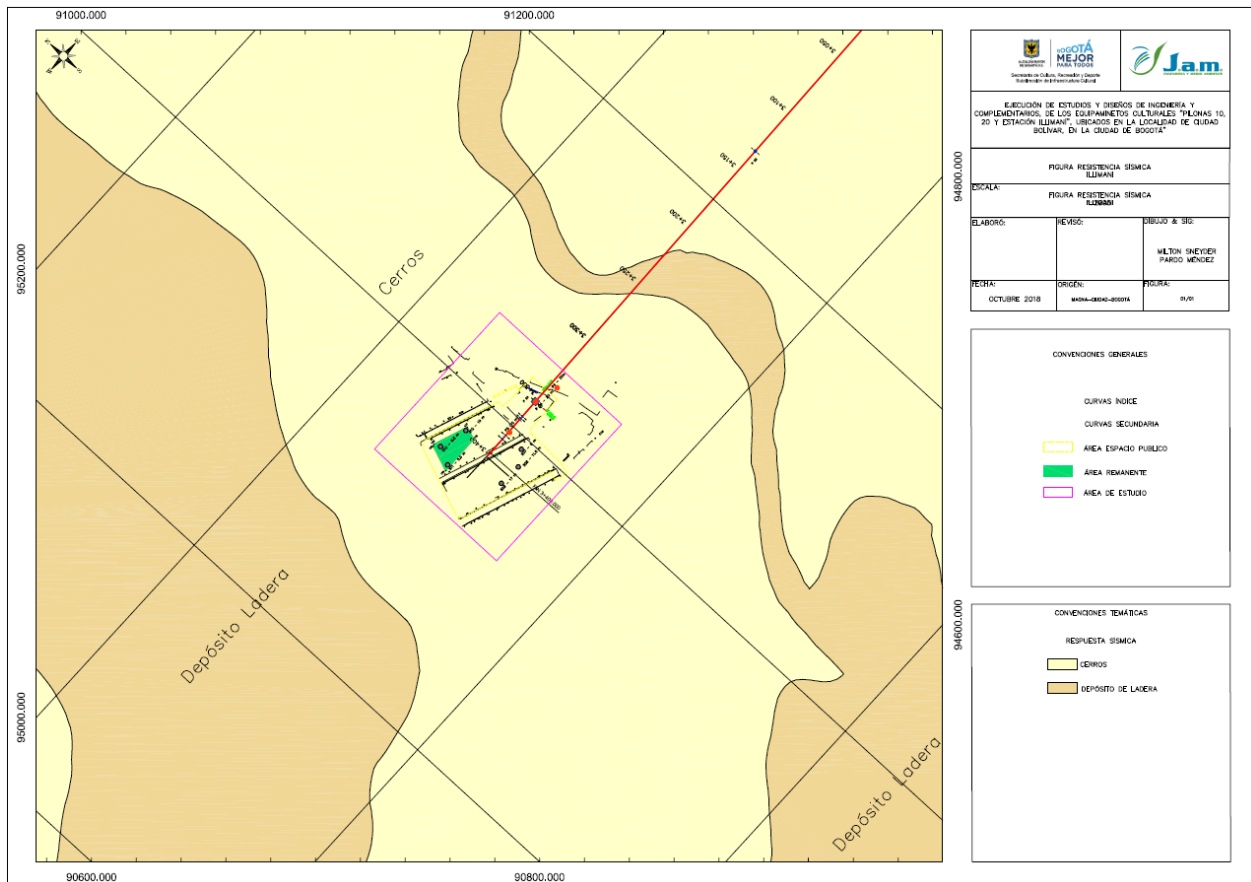


Ilustración 6-1: Microzonificación zona de Estudio

Tabla 6-1: 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 6-2: 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 6-3 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 6-3: 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

7 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 7-1: 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 Pilonas 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 de suelo residual, cuya roca parental es arenisca, con un espesor de suelo de 6 m.

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 emplearán de estudios previos se enumeran en la Tabla 7-2.

Tabla 7-2: Sondeos de estudios previos sobre el área proyectada

Etapas transmicable	Edificación	ID sondeo	Profundidad (m)
Diseño	Edificios estación Illimani	P-24	20
Factibilidad	Edificios estación Illimani	S-04	10
Factibilidad	Edificios estación Illimani	S-05	20

8 EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO

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 NSR10. 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 propuesta de exploración contempla las siguientes condiciones particulares:

- El análisis de información secundaria evidenció un perfil de suelo residual de arenisca con un espesor aproximado de 6m. Se encontraron valores de rechazo en el ensayo SPT a partir de los 2 m de profundidad.
- Durante el diseño de la pila 24, ubicada en el lote de la estación illimaní, se realizó un sondeo de 20 m que cumple con los requerimientos de la NSR10, y se adopta esta información del sondeo para el presente estudio.
- En la etapa de factibilidad del proyecto transmisible se ejecutaron dos sondeos de 10 m y 20 m de profundidad que se localizan en el área de influencia de las edificaciones de cultura.

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

Tabla 8-2: exploración realizada

ID	Tipo	Profundidad (m)	Edificación
S-10	Perforación mecánica	10	Museo
S-11	Perforación mecánica	5.5	Museo
S-12	Perforación mecánica	8.5	Museo

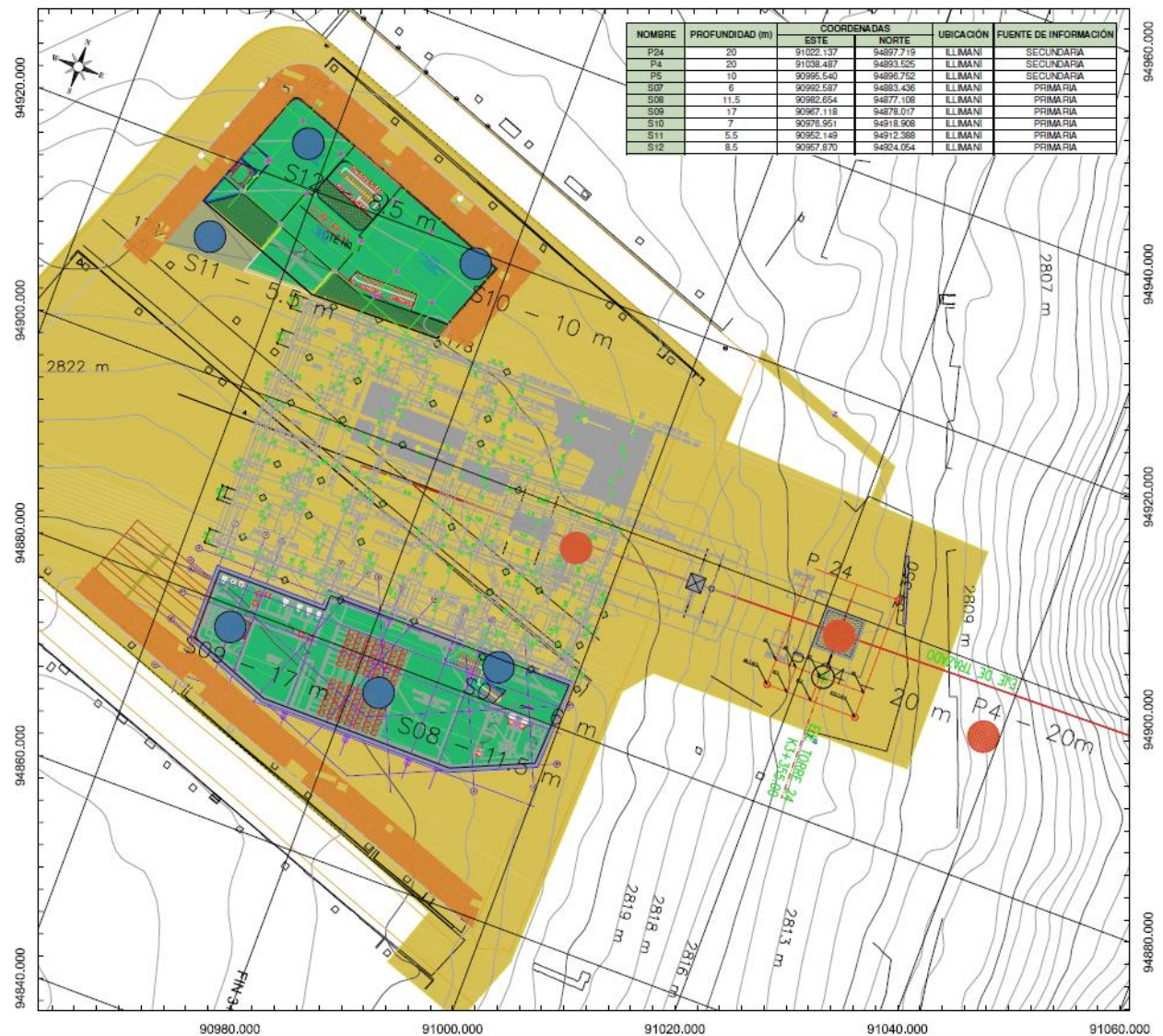


Ilustración 8-1. Localización de la exploración

8.1 Registro Fotográfico

A continuación se presenta el registro fotográfico de las actividades realizadas en campo.

Tabla 8-3. Registro fotográfico Labores en campo

Localización	Sondeo 10
	
Sondeo 11	Sondeo 12
	

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 7, 8, 9, 10, 11 y 12.

Para la caracterización de los materiales se tuvo en cuenta la información obtenida en los sondeos realizados tanto para el edificio SCR D como para el edificio museo.

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

TIPO DE ENSAYO	TOTAL SCR D (S7 S8 S9)	Total Museo (S10 S11 S12)	TOTAL
Humedad Natural	21	12	33
Peso específico de sólidos	2	2	4
Límites De Atterberg	1	5	6
Granulometría	1	2	3
Lavado Tamiz 200	3	3	6
Peso Unitario	15	7	22
Compresión inconfiada / simple	10	1	11
Carga puntual	5	2	7

En el **Anexo 4** se presenta los ensayos de laboratorio, en el **Anexo 5** se presenta los registros de perforación incluyendo la información del sondeo 24 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 0.2 % y el 20.7 % con un valor promedio del 9 %, los valores de los límites de consistencia promedio de son: Límite líquido del 36 % y límite plástico de 16%.

En la Ilustración 8-2, se aprecia la Carta de Plasticidad de Casagrande con los resultados de límites donde se clasifica la parte fina del suelo como arcilla de baja plasticidad.

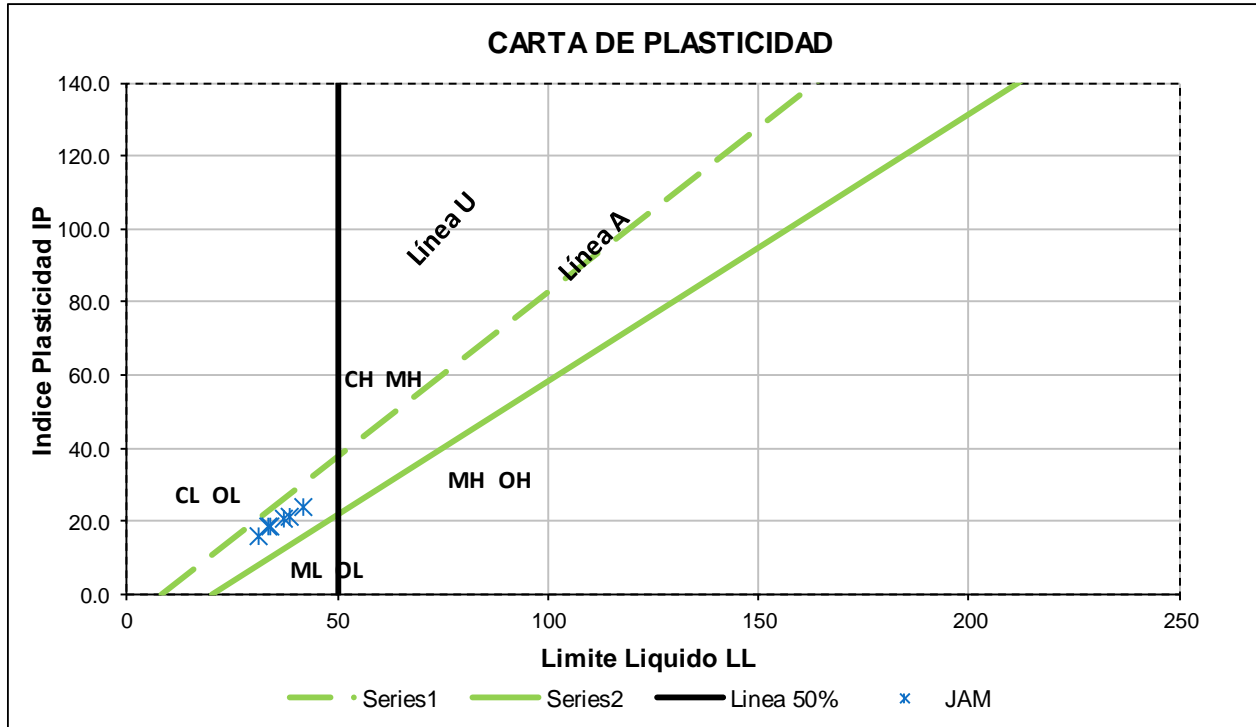


Ilustración 8-2 Clasificación en la carta de plasticidad de Casagrande del material ensayado

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

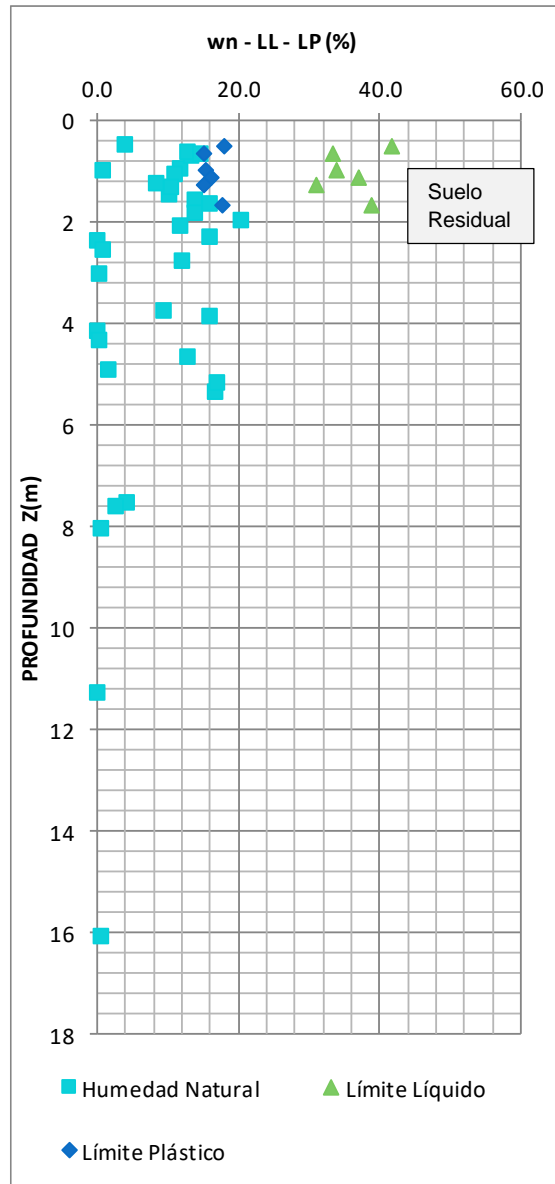


Ilustración 8-3 Variación de los límites de consistencia y la humedad natural en función de la profundidad.

Características Granulométricas:

Teniendo en cuenta que el perfil geotécnico en su mayoría se compone de arenisca fracturada con diferentes grados de meteorización, se realizan ensayos de granulometría para caracterizar la fracción de suelo presente en el mismo. Los resultados muestran que la fracción de suelo se compone aproximadamente en un 40 % de materiales finos identificados según la carta de plasticidad como arcillas de baja plasticidad, un porcentaje de arena que se encuentra entre el 20 % y el 40 %, y entre el 20 % y el 30 % de gravas. En la Ilustración 8-4 se aprecia la variación granulométrica con la profundidad.

Se evidencia que hasta los 2 m de profundidad, se encuentra la mayor concentración de muestras a las cuales se le realizó el ensayo de granulometría, y que corresponde en su mayoría al material de suelo residual; esporádicamente se evidencia después de los 3.5 m de profundidad algunas muestras de las intercalaciones areno arcillosas correspondientes al material identificado como arenisca fracturada con intercalaciones de arcilla.

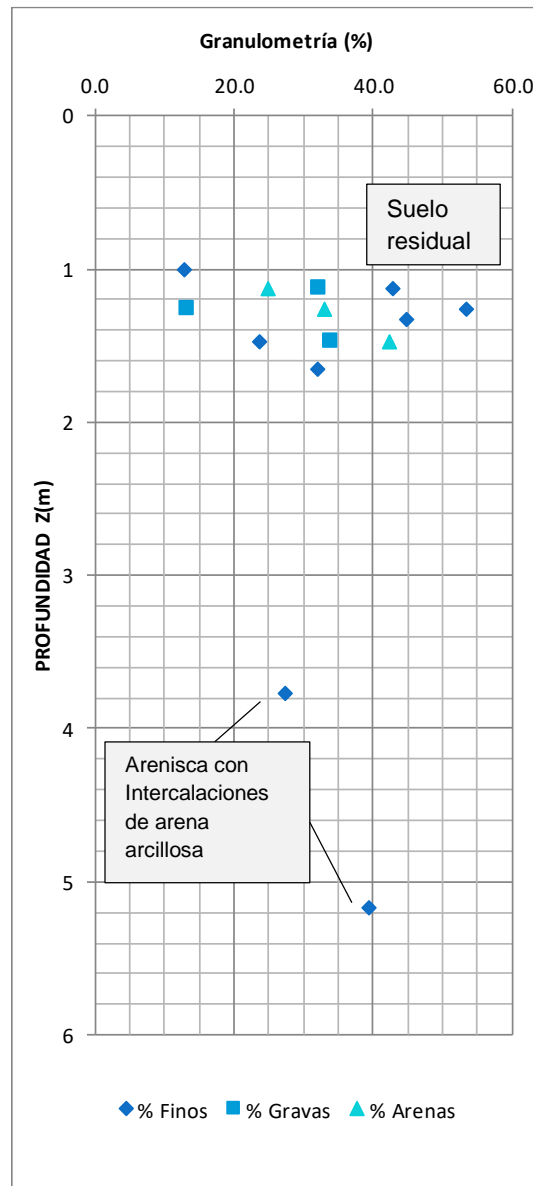


Ilustración 8-4- Granulometría en función de la profundidad

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

- **Suelo residual de arenisca:** 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 *Grava arcillosa GC*.

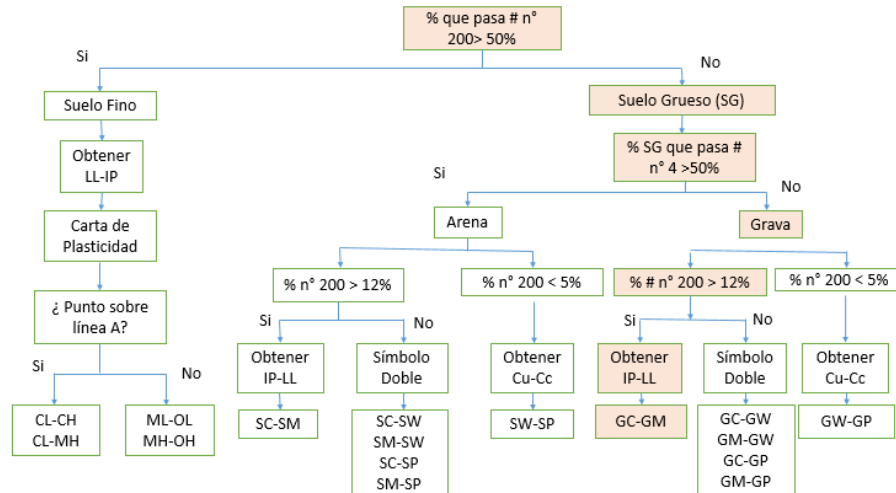


Ilustración 8-5- Clasificación de suelo residual.

- **Material “Intercalaciones de arcilla”:** Se clasifica siguiendo el diagrama de la Ilustración 8-6, teniendo en cuenta los resultados de granulometría y de límites de consistencia como *areno arcilloso SC*.

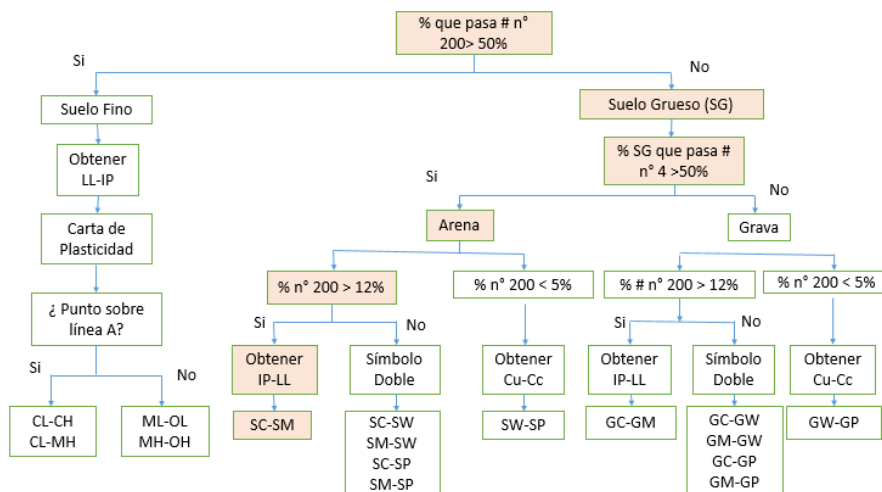


Ilustración 8-6- Clasificación de material de matriz areno-arcillosa.

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 en los primeros 2 m, el peso unitario total varía entre 1.7 t/m^3 y 2.3 t/m^3 , y a partir de esta profundidad en todo caso es mayor a 2 t/m^3 y va aumentando con la profundidad, de tal manera que a los 16 m alcanza un valor aproximado de 2.3 t/m^3

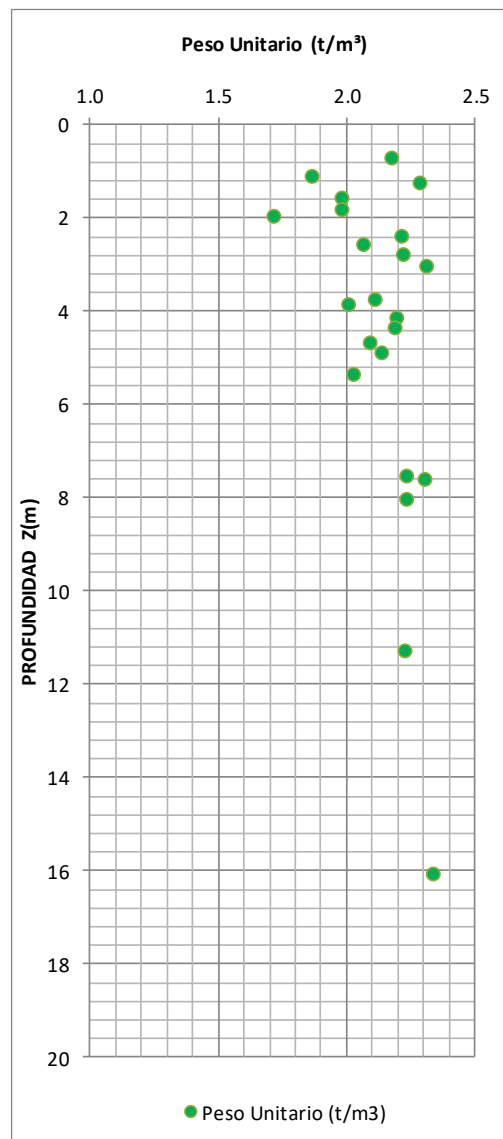


Ilustración 8-7- Peso unitario en función de la profundidad

Ensayos de resistencia

Para la estimación de los parámetros de resistencia de la arenisca fracturada, se realizaron ensayos de compresión confinada, compresión simple y carga puntual. A continuación se resumen los resultados encontrados para cada uno de los estratos identificados en el perfil geotécnico.

Tabla 8-5. Ensayos de resistencia

Prof. Prom	Material	Compresión Inconfinada Lentes areno arcillos (MPa)	Compresión en roca (MPa)	Compresión simple con carga Puntual (MPa)
1.83	2	0.1671		
1.58	2		0.8	
3.78	2		0.8	
2.80	2		1.0	
3.89	2		0.6	
4.69	2			88.1
2.40	2			126.8
4.15	2		24.8	
3.05	3		24.9	
4.93	3			79.8
7.55	3		13.5	263.6
8.06	3		12.4	56.8
11.30	3		21.5	
16.10	3			142.3
4.36	3			141.3

La Ilustración 8-8, presenta los valores de compresión simple obtenidos por medio de los ensayos de compresión simple y carga puntual; se aprecia que los resultados obtenidos con el ensayo de carga puntual, son mayores respecto a los resultados obtenidos con el ensayo de compresión simple.

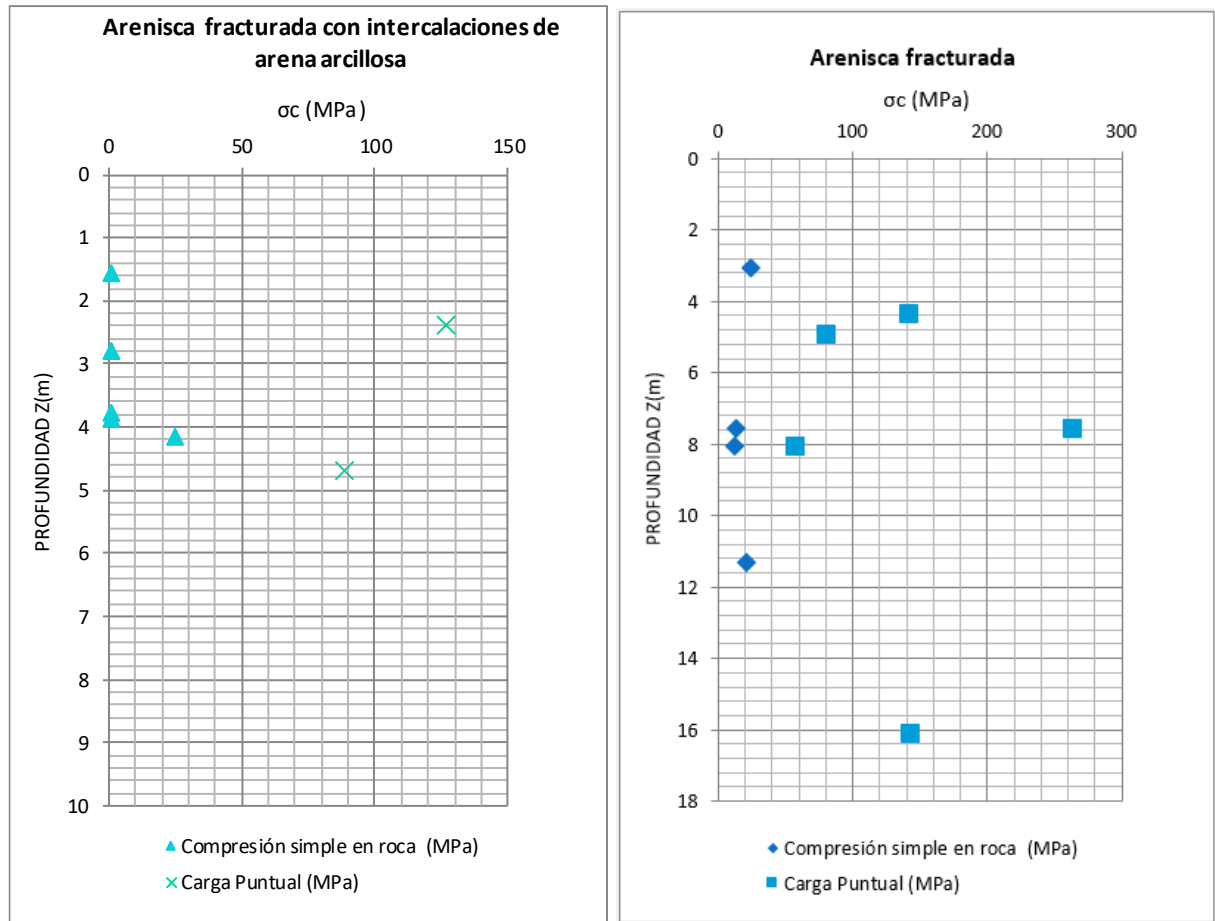


Ilustración 8-8- Variación de la resistencia al corte no drenada en función de la profundidad

La mayor variación de los resultados de compresión simple, se presenta en la arenisca fracturada con intercalaciones de arena arcillosa (2), donde el σ_c obtenido tiene un valor máximo de 25 MPa con el ensayo de compresión y se encuentra entre 88 MPa y 126 MPa con el ensayo de carga puntual.

Para la arenisca fracturada (3), el valor de σ_c se encuentra entre 12 MPa y 25 MPa con los resultados obtenidos en la compresión simple y entre 79 MPa y 263 MPa con los resultados obtenidos con el ensayo de carga puntual.

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 arenisca de 1 m de espesor seguido por un estrato de arenisca fracturada con intercalaciones de arcilla con un grado de meteorización IV y un estrato de arenisca fracturada con un grado de meteorización III.

La Ilustración 9-2, presenta el modelo geológico geotécnico representativo en la zona de estudio. La información secundaria, como la perforación 24, permitió complementar la información obtenida en el presente estudio, y fue clave para la definición de la profundidad del estrato de arenisca intacta (I) en donde se obtuvo porcentaje de recobro del 80 % al 100 %.

El buzamiento aparente de la arenisca corresponde a 19° , éste dato se determinó teniendo en cuenta la dirección de alineamiento del denominado “Perfil 1” que se muestra en la Ilustración 9-1, y con base a la información secundaria la cual se describirá mas adelante en el capítulo 7.2.

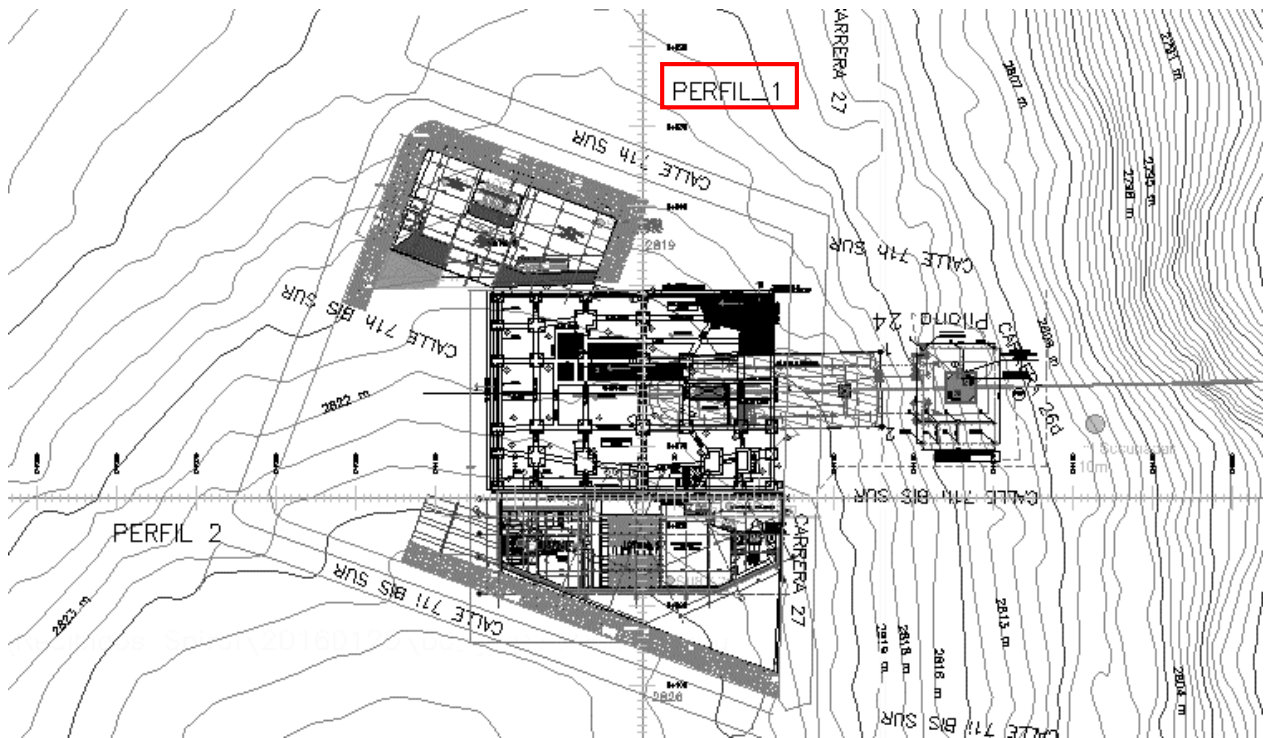


Ilustración 9-1-Vista en Planta perfil 1

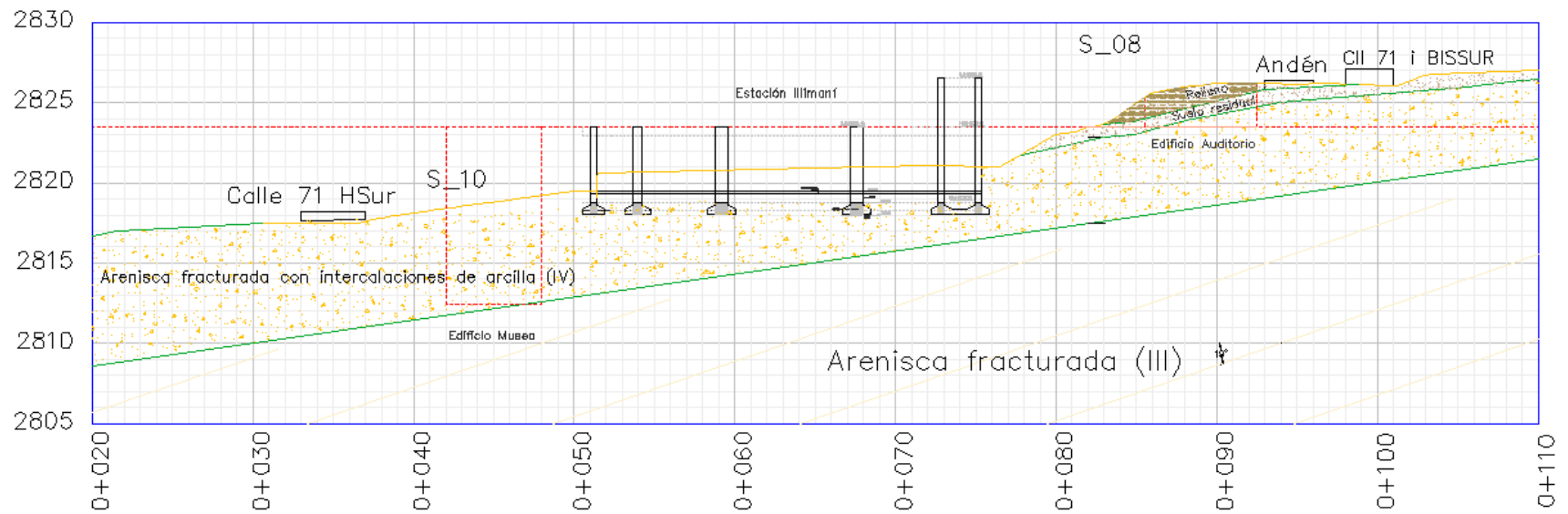


Ilustración 9-2- Modelo Geotécnico

9.1 Parámetros representativos de modelo geológico geotécnico.

Los parámetros de resistencia de la roca arenisca, se determinaron con el criterio de Hoek Brown, estimando la envolvente de rotura en el espacio de tensiones principales mediante los parámetros (SIGCI, m_i , GSI, y D) que se establecen a partir del tipo de roca y su grado de meteorización.

Los resultados que se obtienen obedecen principalmente a los parámetros de compresión simple de cada uno de los núcleos fallados. Este valor es característico para los materiales y condiciones de sitio.

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

Tabla 9-1 Perfil geotécnico promedio

ID	Descripción	Perfil de meteorización (Dearman 1974)	Peso unitario (kN/m ³)	c (MPa)	phi (°)	E (Mpa)	m	s	a
1	Suelo Residual GC		19	0	28	11			
2	Arenisca fracturada con intercalaciones de arcilla	IV	21	0.236	27	1615	1.15	0.001	0.505
3	Arenisca fracturada	III	23	1.160	36	8740	3.27	0.0129	0.501

9.2 Consideración de geología estructural en roca arenisca.

La información de la geología estructural del modelo geológico geotécnico, se estableció con base a la información suministrada en los estudios definitivos de transmicable, en donde se evaluó un macizo a una distancia en planta de aproximadamente 105 m de la estación “Paraiso Mirador” tal como se muestra en la Ilustración 9-3.

En dicho estudio, se identificaron 6 familias de discontinuidades cuyos datos estructurales se resumen en la Tabla 9-2.

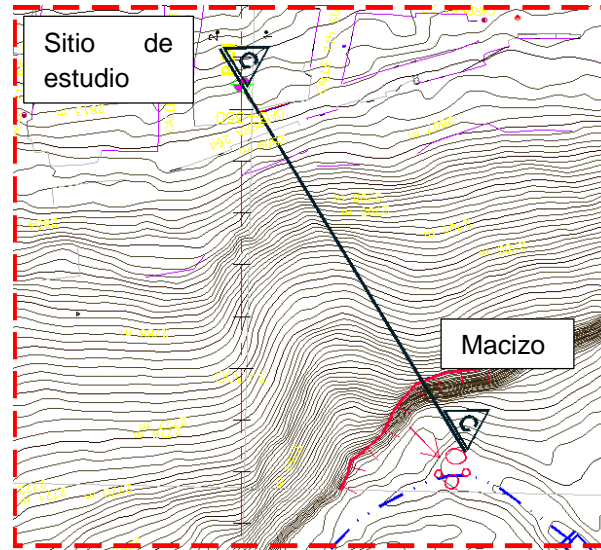


Ilustración 9-3- Macizo evaluado

Tabla 9-2 Datos estructurales

Estructura	BUZAMIENTO	DIRECCIÓN DEL BUZAMIENTO
Estratificación	30	307
D1	66	247
D2	75	190
D3	26	73
D4	34	17
D5	61	121
D6	77	90

Con la información de la Tabla 9-2 y con base al perfil de la Ilustración 9-2, se determinó el buzamiento aparente como:

$$\tan Bap = \tan Breal * \sin(\alpha)$$

Siendo α el ángulo entre el rumbo de la capa y la dirección del corte

A continuación se presenta una tabla resumen del buzamiento aparente para la estratificación, así como para cada una de las familias de discontinuidades.

Tabla 9-3 Buzamiento aparente

Lineamiento Perfil 1			
Estructura	Buzamiento Aparente	Buzamiento real	Ángulo entre línea y el rumbo
D1	41.3	66	23
D2	74.8	75	81
D3	8.1	26	17
D4	32.8	34	73
D5	42.9	61	31
D6	0.0	77	
Es	19.2	30	37

9.3 Condicion de Agua subsuperficial.

El nivel de agua registrado, corresponde a una acumulación superficial de agua, por tanto, conforme se avanzó en la exploración el agua se disipaba entre la arenisca fracturada, así que se establece que el nivel de agua corresponde a un nivel de agua colgada.

Tabla 9-4. Condición de agua subsuperficial

Perforación	S10	S11	S12
Profundidad (m)	0.7	0.6	0.7

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 con el fin de verificar que no existe algún condicionamiento para la licencia de construcción se anexa concepto de 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 arenisca y un estrato superficial de relleno y suelo residual, en donde con el ensayo SPT (golpes /pie) se registraron valores de N_{campo} 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

Considerando la edificación se cimentará sobre el estrato identificado como arenisca fracturada, con intercalaciones de arcilla, la cual se considera competente en términos de resistencia, se propuso el uso de cimentación superficial. De acuerdo con la implantación arquitectónica, se identificó un nivel de cimentación a 6.0.m de profundidad desde el nivel más bajo del terreno; esta profundidad equivale al nivel de sótano. A continuación, se presentan los resultados del análisis de capacidad portante y asentamientos para zapatas aisladas y losa.

10.6 CAPACIDAD PORTANTE

Se realizó una verificación de la capacidad de carga, aplicando la formulación para cimientos superficiales con las modificaciones correspondientes en cimientos en roca fracturada como se presentan en el texto Foundations on Rock de Duncan Wyllie.

En la Tabla 10-1 y la Tabla, se presentan los resultados de capacidad portante admisible para losa y para zapatas.

	<p>ESTUDIO GEOTÉCNICO EQUIPAMIENTOS CULTURALES CIUDAD BOLÍVAR - SCR D</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>	

Edificio	Geometría					Factores de corrección cimentaciones superficiales	Esfuerzo	Capacidad portante roca fracturada	
Museo	L (m)	B (m)	L/B	B/L	Df (m)	Cf1	σ_z (kPa)	qadm (MPa)	qadm (t/m2)
Losa	26	13.6	1.91	0.52	5.00	1.12	124	0.4	42.3
Zapata	1.00	1.00	1.00	1.00	5.00	1.25	124	0.5	47.3
Zapata	1.50	1.50	1.00	1.00	5.00	1.25	124	0.5	47.3
Zapata	2.00	2.00	1.00	1.00	5.00	1.25	124	0.5	47.3
Zapata	0.80	1.00	0.80	1.25	5.00	1.12	124	0.4	42.3
Zapata	1.20	1.50	0.80	1.25	5.00	1.12	124	0.4	42.3
Zapata	1.60	2.00	0.80	1.25	5.00	1.12	124	0.4	42.3
Zapata	0.50	1.00	0.50	2.00	5.00	1.10	124	0.4	41.6
Zapata	0.75	1.50	0.50	2.00	5.00	1.10	124	0.4	41.6
Zapata	1.00	2.00	0.50	2.00	5.00	1.10	124	0.4	41.6

Tabla 10-1: Capacidad portante zapatas

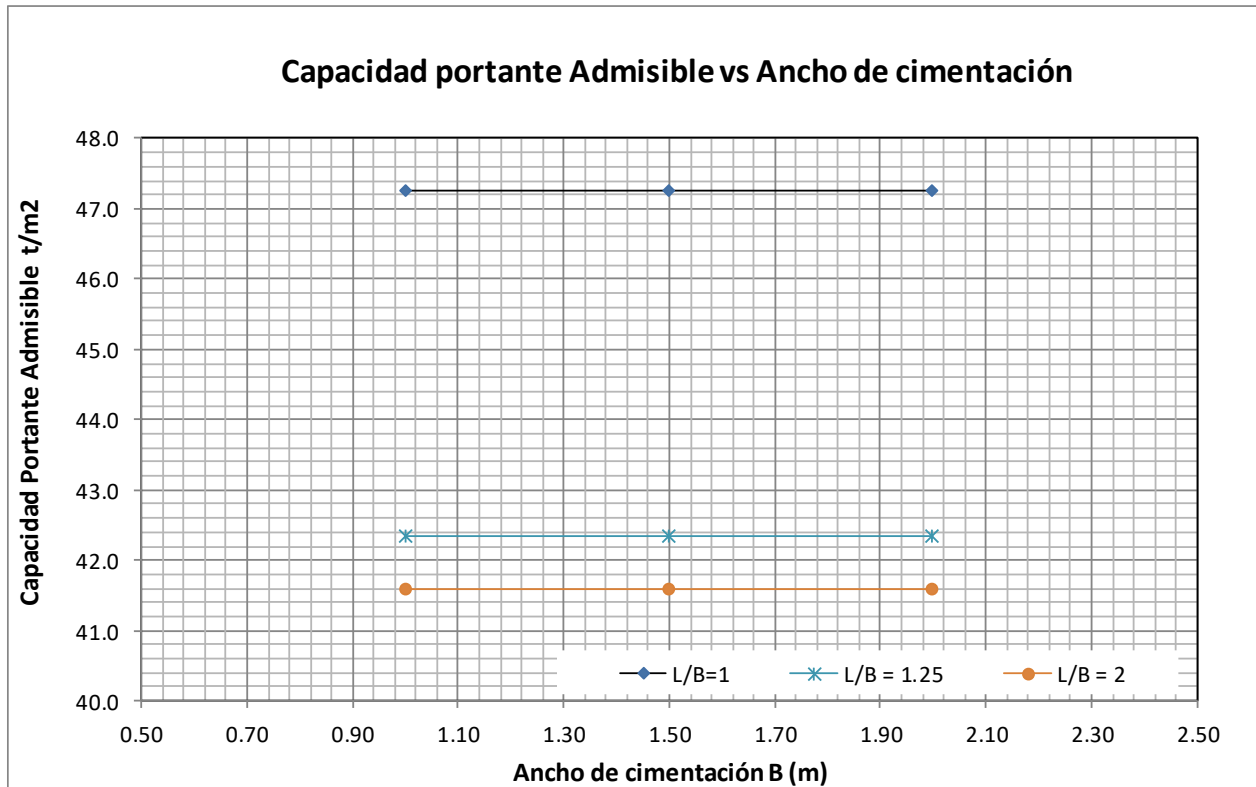


Ilustración 10-1. Capacidad portante zapatas

De la Ilustración 10-1, se observa que el valor de capacidad portante en roca fracturada, para una misma relación B/L, es constante independientemente de la dimensión de los elementos, es decir, para zapatas cuadradas donde $B/L = 1$, el valor de capacidad portante se mantiene en 47.3 t/m^2 y para zapatas rectangulares la capacidad portante disminuye, por tanto, la variable de mayor sensibilidad corresponde al grado de alteración y fractura de la roca los cuales se estiman con el criterio de Hoek Brown.

Conforme a la Tabla 10-1, el valor de capacidad admisible para cimientos superficiales oscila entre 45 t/m^2 y 50 t/m^2 , se recomienda que éste valor se limite a $Q_{adm} = 45 \text{ t/m}^2$.

Adicionalmente se realizó un chequeo para un sistema de losa con las dimensiones en planta del nivel de cimentación de la edificación, $26 \text{ m} \times 13 \text{ m}$, dando un esfuerzo admisible de 45 t/m^2 , el cual también se recomienda limitar a un valor máximo $Q_{adm} = 45 \text{ t/m}^2$.

El **Anexo 7**, presenta las memorias de cálculo correspondientes.

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 7. En la Tabla 10-2 se presentan los asentamientos estimados, se observa que, para cualquier combinación, el asentamiento se encuentra dentro de los límites de servicio establecidos en la NSR - 10.

Tabla 10-2. Asentamientos elásticos

Ed	Tipo cimentación	B (m)	B/L	L/B	Q _{neto} (t/m ²)	E _s (t/m ²)	μ _s	α	S _e (mm)	K _v (kN/m ³)	P _{adm} (t)
1.00	Zapatas	1.00	1.00	1.00	249.00	8740	0.35	0.988	24.7	10085.83	249.00
1.50	Zapatas	1.50	1.00	1.00	249.00	8740	0.35	0.988	37.0	6723.88	560.25
2.00	Zapatas	2.00	1.00	1.00	249.00	8740	0.35	0.988	49.4	5042.91	996.00
1.25	Zapatas	1.00	1.25	0.80	249.00	8740	0.35	0.880	22.0	11318.70	199.20
1.88	Zapatas	1.50	1.25	0.80	249.00	8740	0.35	0.880	33.0	7545.80	448.20
2.50	Zapatas	2.00	1.25	0.80	249.00	8740	0.35	0.880	44.0	5659.35	796.80
2.00	Zapatas	1.00	2.00	0.50	249.00	8740	0.35	0.674	16.8	14778.32	124.50
3.00	Zapatas	1.50	2.00	0.50	249.00	8740	0.35	0.674	25.3	9852.22	280.13
4.00	Zapatas	2.00	2.00	0.50	249.00	8740	0.35	0.674	33.7	7389.16	498.00

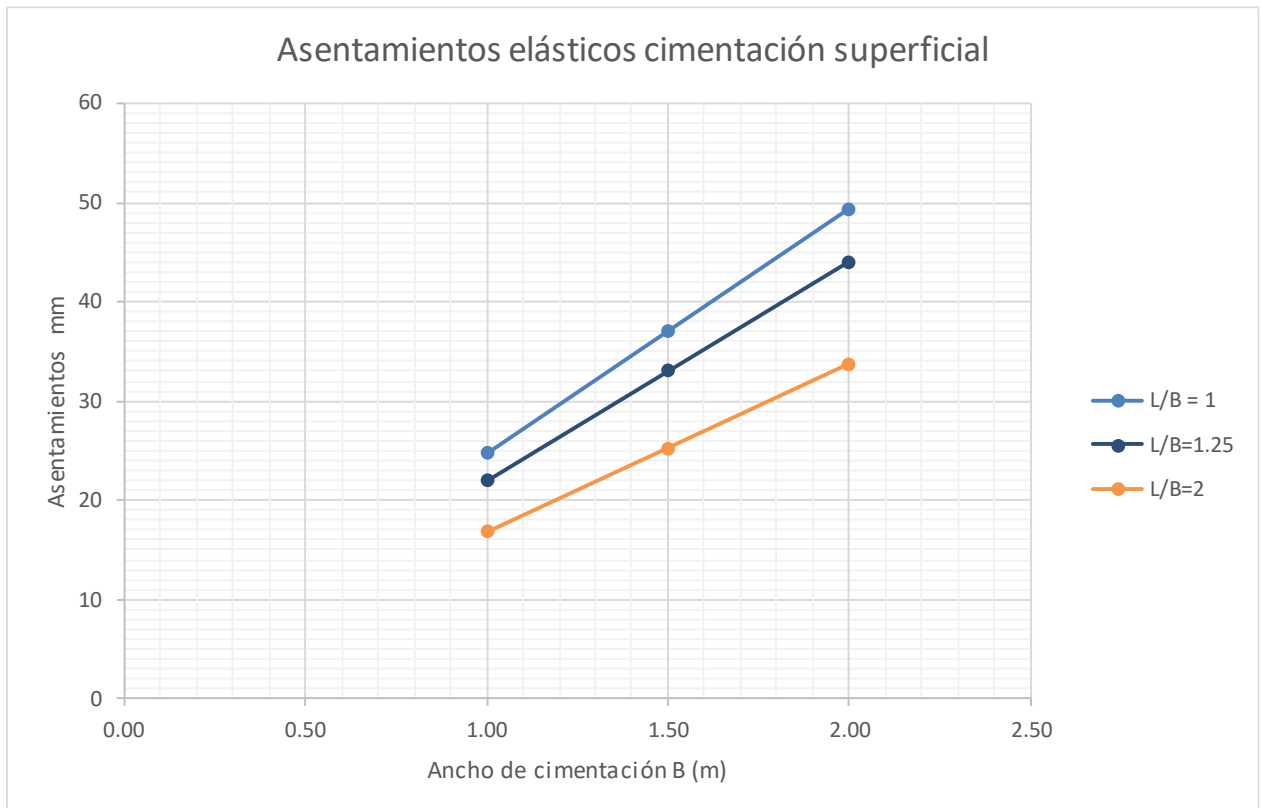


Ilustración 10-2. Asentamientos elásticos

10.8 EXCAVACIONES

En la implantación del edificio Museo, se presentan cortes de 6 m por debajo del nivel actual del terreno, éste corte se proyecta sobre arenisca fracturada con intercalaciones de arcilla, a continuación se presenta los resultados obtenidos de los análisis realizados.

10.9 ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN

Para la construcción del sótano, se requieren generar algunos taludes de corte y posteriormente estructuras de contención para el confinamiento de este y protección de los mismos edificios vecinos. Teniendo en cuenta las condiciones geotecnicas del sitio, los cortes que se realicen, estarán proyectados sobre la arenisca fracturada con intercalaciones de arcilla, por tal razón, se realiza análisis cinemático y de equilibrio límite para determinar el sistema de contención temporal, para la contención definitiva se determinan las deformaciones mediante un análisis en métodos finitos.

Inicialmente, se identificaron las 4 caras de los talud que se conforman al realizar la excavación, a continuación se ilustra la ubicación en la Ilustración 10-3, y la nomenclatura designada.

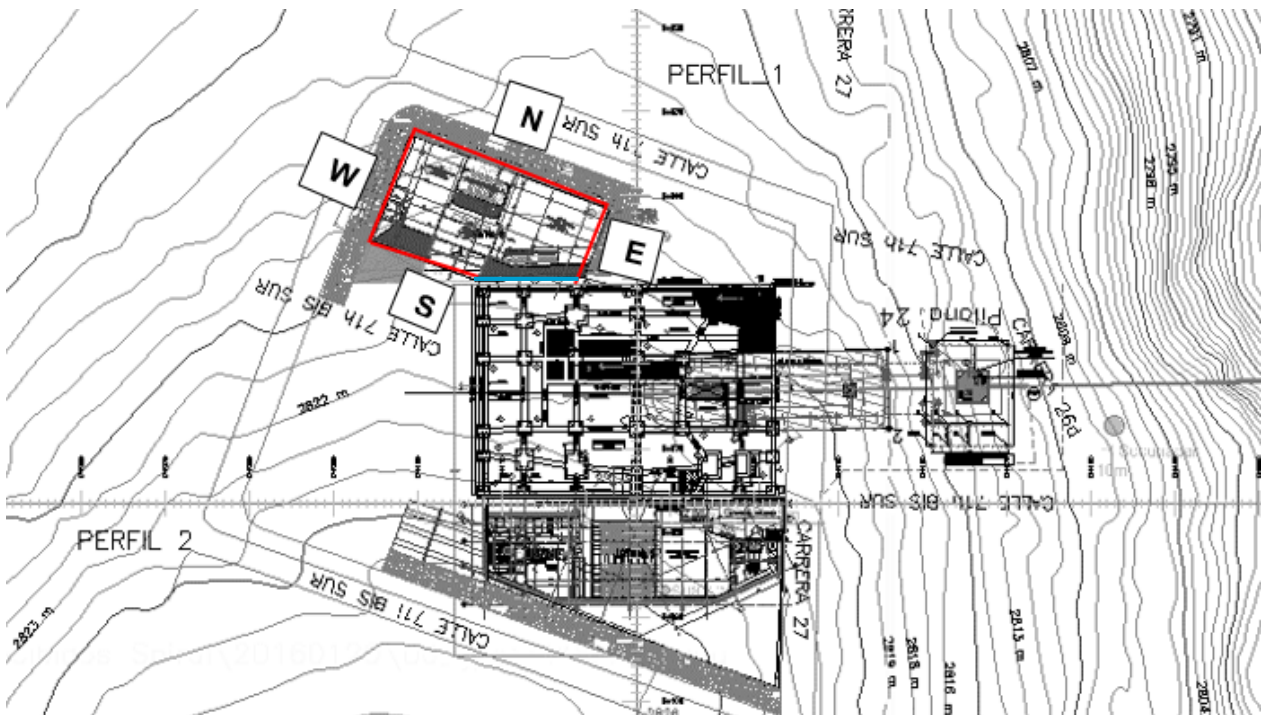


Ilustración 10-3: Identificación de caras de talud, Ed Museo.

10.9.1 ANÁLISIS CINEMÁTICO.

El talud Este de la Ilustración 10-3, al ser el colindante con la estación Paraiso Mirador del transmicable, se presenta como ejemplo del análisis que se realizó para todos los cortes N, S y W, los cuales se presentan en el **Anexo 8**.

En el análisis cinemático se llevaron los datos estructurales a la plantilla de Wulf como se muestra en la Ilustración 10-4, y se analizó la generación de falla planar, cuña y toppling entre las familias de discontinuidades, la estratificación y la respectiva dirección del talud en estudio, la cual para el talud este corresponde a 111/87.

En la Ilustración 10-4, se presenta los resultados del análisis en donde se estableció que se generan fallas en cuña ya que se presentan las siguientes condiciones:

Buzamiento del talud < buzamiento de intersección de las dos diaclasas < ϕ fricción.

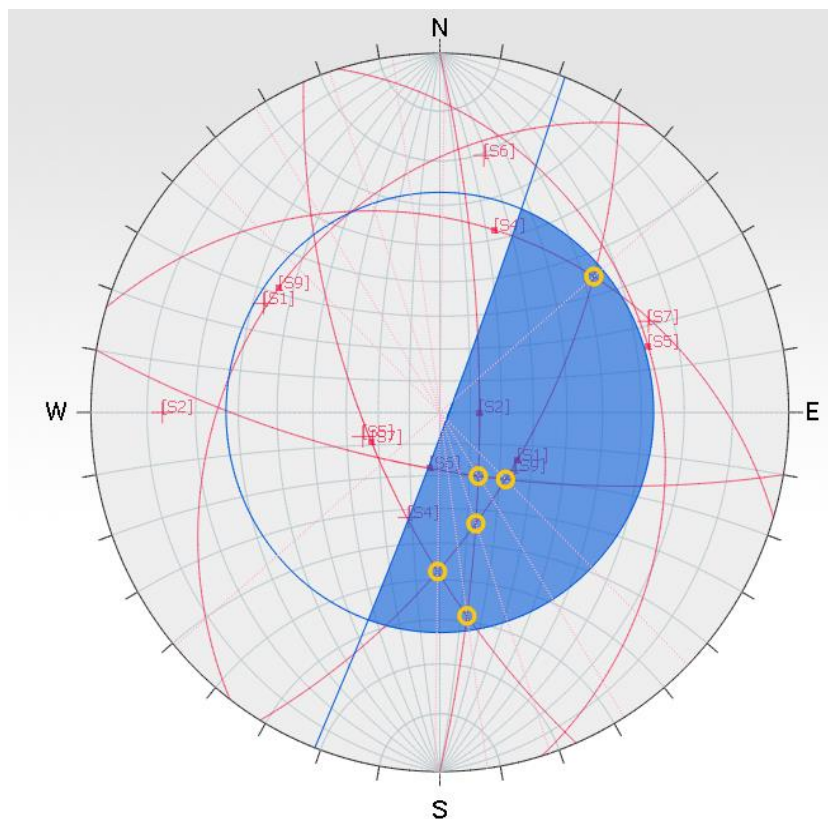


Ilustración 10-4 Falla en cuña

Adicionalmente se presenta falla planar como se muestra a continuación.

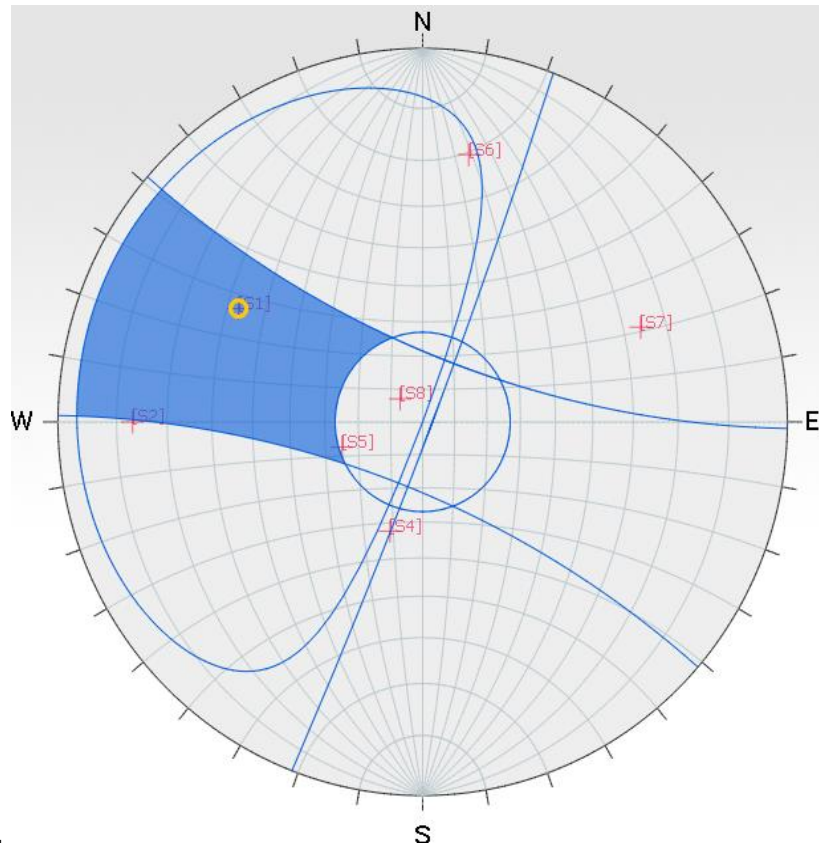


Ilustración 10-5 Falla Planar y toppling.

En el talud este, no se presenta falla en toppling.

10.9.2 ANÁLISIS DE EQUILIBRIO LÍMITE

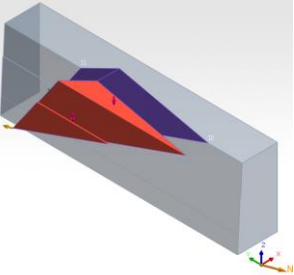
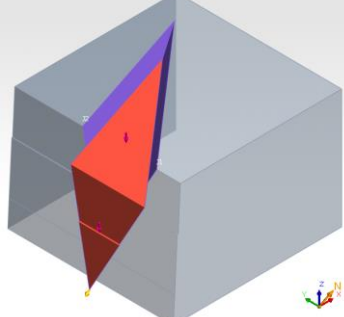
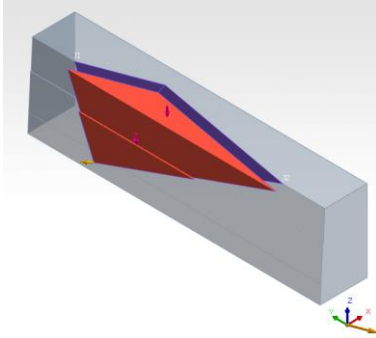
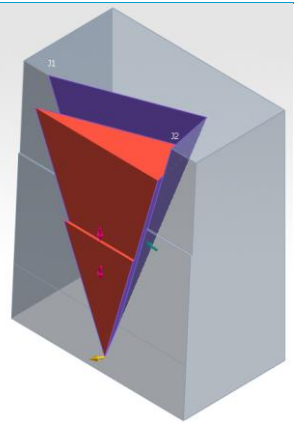
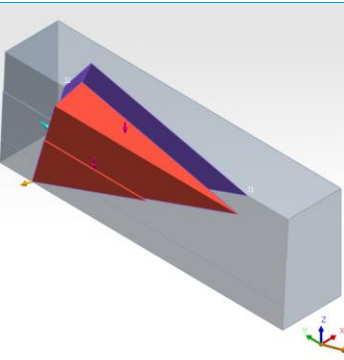
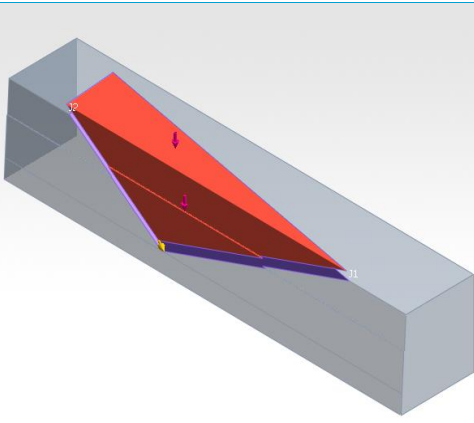
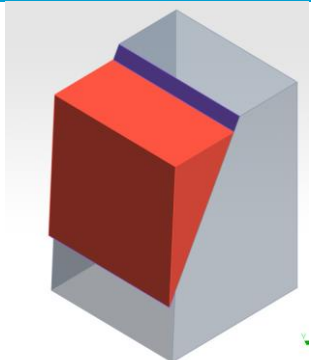
Una vez identificados los mecanismos de falla, se integra para el análisis de equilibrio límite, los parámetros de resistencia de las discontinuidades y se determina el factor de seguridad para en condición de saturación, pseudoestática y además, la sobrecarga que generan las construcciones vecinas. El factor de seguridad es expresado como:

$$F.S (D) = \frac{\sum \text{Fuerzas o momentos resistentes}}{\sum \text{Fuerzas o momentos desestabilizantes}}$$

En donde las fuerzas resistentes están asociadas a la resistencia al corte que se puede desarrollar en cada una de las caras de la cuña estudiada (los momentos intervienen en los análisis de falla por volteo y son los generados por la descomposición de las fuerzas externas y fuerzas del peso del bloque). Dentro de las fuerzas (o momentos en los análisis de falla por volteo) desestabilizantes se encuentran las fuerzas asociadas al peso del bloque o cuña, la presión que ejerce el agua dentro de las discontinuidades del macizo, cargas externas aplicadas al talud y la generada por la ocurrencia de un evento sísmico

En la Tabla 10-3, se presenta la interfáz gráfica de los análisis realizados en las condiciones descritas anteriormente.

Tabla 10-3 Análisis de equilibrio límite cuñas talud E, Ed Museo

D1 – D5	D1 – D6	D5 – D6
		
D6 – D2	D5 – D2	D5 – D4
		
Falla Planar con familia de discontinuidades D5		
		

Los resultados del análisis se presentan en la Tabla 10-4.

Tabla 10-4. Resultados análisis de equilibrio límite

EDIFICIO	ID TALUD	ID DISCONT.	ID MIDAS	FS (SISMO + AGUA + SOBRECARGA)	Tipo Mecanismo de Falla
MUSEO	TALUD E	D1 - D5	S7 - S1	4.7	Cuña
		D1 - D6	S7 - S2	8.1	Cuña
		D5 - D6	S1 - S2	4.3	Cuña
		D6 - D2	S2 - S6	1.6	Cuña
		D5 - D2	S1 - S6	4.29	Cuña
		D5 - D4	S1 - S4	6.3	Cuña
		D5	S1	2.47	Planar

Se observa que para todas las posibles cuñas generadas y falla planar, los resultados de factor de seguridad, son superiores a 1.5, lo que indica que la amenaza según de la guía metodológica⁶ es baja.

Teniendo en cuenta que las cuñas que se esperan que se generen después del corte, tendrán una longitud máxima entre 0.6 m a 1.2 m, y la cantidad de discontinuidades que se encontrará por metro cúbico está en un rango de 3 a 10 (Jv= III 3 a 10 discontinuidades por cada metro cúbico) se recomienda como sistema de contención temporal, la instalación de anclajes pasivos en tres bolillos sobre el corte de la cara Sur las cuales colindan con la estación Paraiso Mirador.

El diseño del sistema de contención temporal, el cual incluye malla, anclajes y accesorios, se realizó para garantizar la estabilidad de la construcción Paraiso Mirador, por ello por debajo del nivel de cimentación, se recomiendan pernos en configuración en tres bolillos, de longitud de 4 m y diámetro de 40 mm.

10.9.3 SISTEMA DE CONTENCIÓN TEMPORAL

Está conformado por pernos pasivos de suficiente longitud en perforaciones de 2" a 3" (90 mm usualmente) e inyectados por mangueras con lechada de cemento (desde el fondo) con barras de acero, de diámetro de 40" Grado 75 (500/550 N/mm²) con la siguiente capacidad de soporte:

- Fuerza de pretensión parcial al cabezal 40 kN.
- Fuerza promedio entre columna de mortero y subsuelo (para diámetro de perforación de 2" a 3" (90 mm usualmente) $T_c = 65 \text{ kN/m}$

⁶ SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO. Guía Metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa

Las especificaciones del sistema de alta resistencia en combinación con anclajes pasivos, se listan a continuación.

SISTEMA CON MALLA TECCO G65/4 CON PERNOS PASIVOS EN TRES BOLILLOS CON SEPARACIÓN 2.7 m x 2.7 m

Tabla 10-5. Dimensiones de sistema de contención temporal

Barra	Longitud libre (m)	Longitud cargante (m)	Longitud total (m)
D= 40 mm, acero grado 75 (500/550)	1.2 m	2.8	4

En el **anexo 9**, se presenta las memorias de cálculo realizadas por la firma Geobrugg.

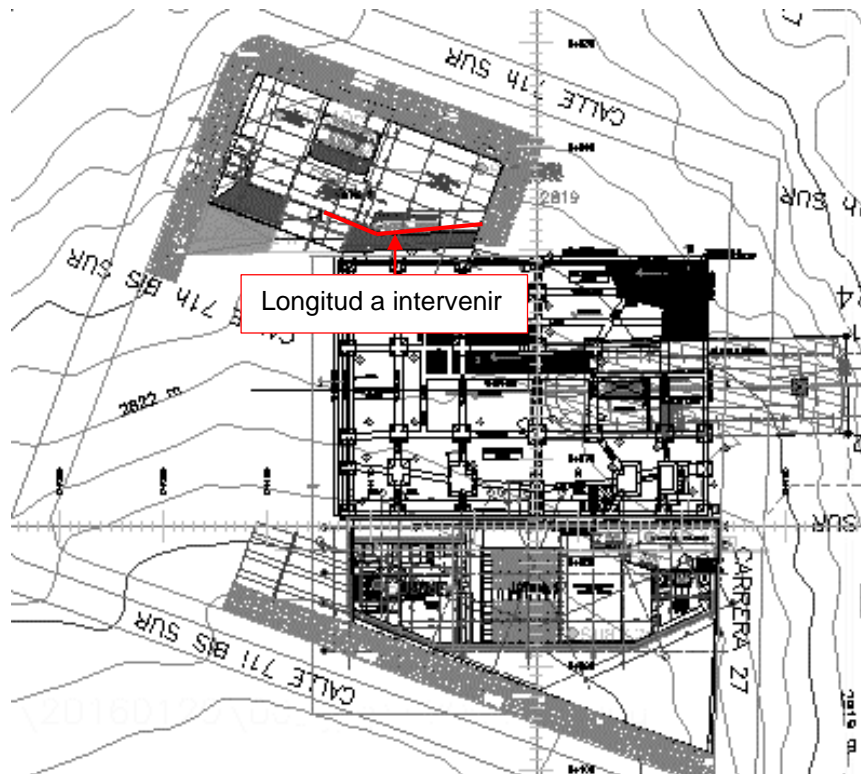


Ilustración 10-6. Longitud a intervenir con contención temporal

10.9.4 SISTEMA DE CONTENCIÓN DEFINITIVO

A continuación se presentan, los empujes laterales que actúan sobre los muros propuestos como sistema de contención definitivo, éstos se determinaron con base a la propuesta de Coulomb, asumiendo una condición crítica de cohesión de 0 .

Tabla 10-6, Coeficientes de presión

COEFICIENTES DE EMPUJES DE TIERRAS		
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	Material
ϕ	Angulo de fricción del material de corte*	28.00
α	Angulo de inclinación de la superficie	0.00
β	Angulo de inclinación del muro	90.00
δ	Angulo de ficción entre el relleno y el muro	18.67
K_h	Coeficiente de aceleración horizontal (g)	0.14
K_v	Coeficiente de aceleración vertical (g)	0.00
θ'	$\tan^{-1}(K_h/(1-K_v))$	7.97
K_a	Coeficiente de presión activa	0.321
K_{ae}	Coeficiente de presión activa con sismo	0.427

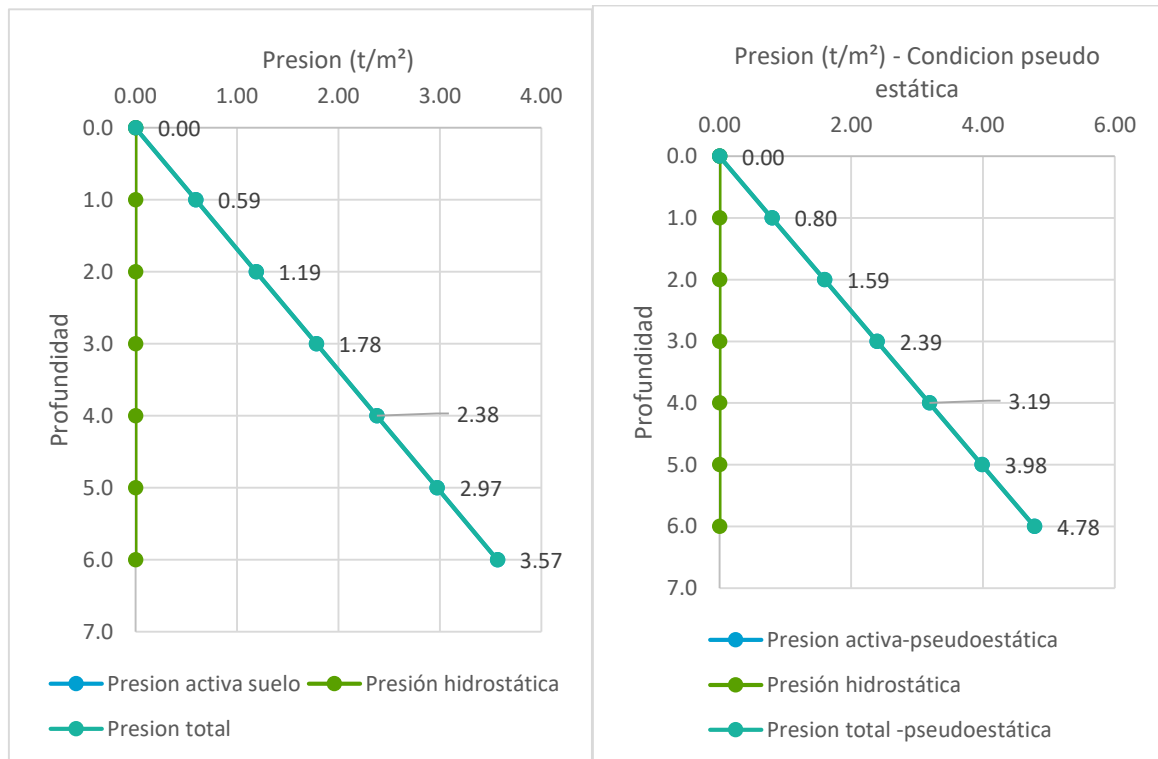


Ilustración 10-7. Diagrama de presión estático pseudoestático

10.10 PROTECCIÓN A EDIFICACIONES VECINAS.

Mediante el método de elementos finitos en 2D, se verificó la magnitud de las deflexiones de los muros, de tal manera que fuese viable implementarlos como sistema de contención definitivo y así brindar protección a las construcciones vecinas.

Adicionalmente se verificó, que la magnitud de las deformaciones esperadas fueran admisibles; por tanto se simuló la sobrecarga a nivel de cimentación de la estación Paraiso Mirador la cual según información suministrada por el proyecto, corresponde a 360 t; también se simuló la sobrecarga de las vías aledañas, y la excavación correspondiente. A continuación se presenta el esquema general para el cual las deformaciones generales obtenidas son inferiores a 1 cm.

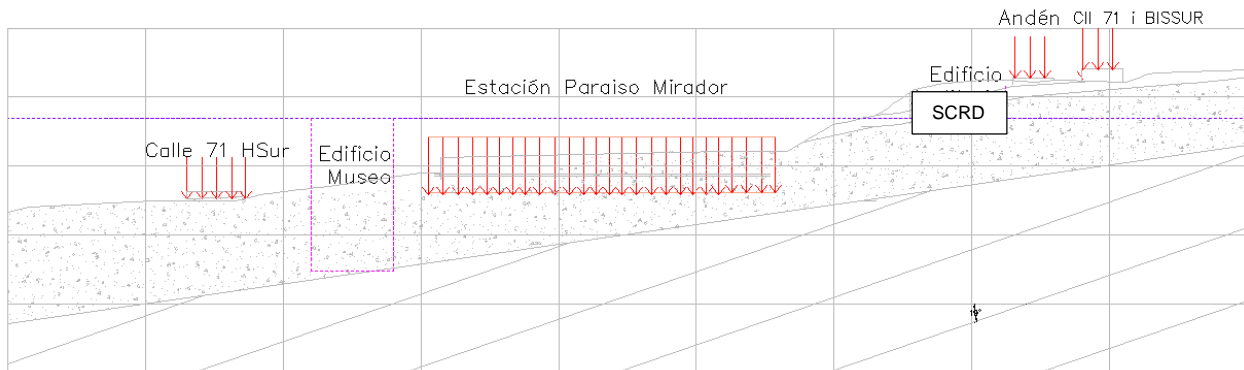


Ilustración 10-8. Representación gráfica de modelo

La Ilustración 10-8, presenta en esquema gráfico de los elementos que intervienen en la modelación, tales como topografía, perfil geotécnico, sobrecarga de estación, y vías, excavaciones y muros como sistema de contención; como resultado se obtiene para el edificio museo, la magnitud de las deflexiones en los muros las cuales se presentan en la siguiente Ilustración.

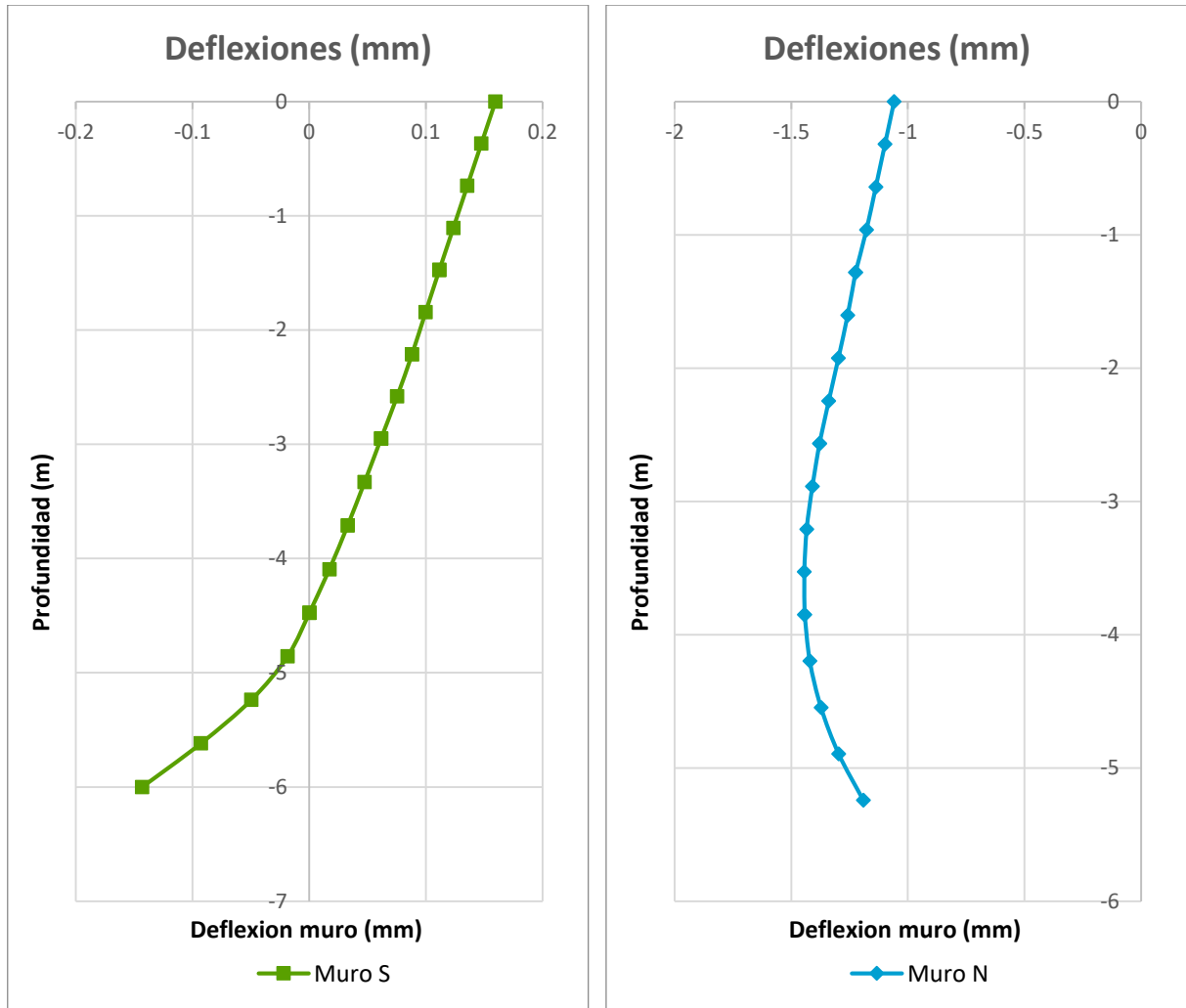


Ilustración 10-9 . Deflexiones esperadas en muros

Debido a los parámetros de resistencia de la roca, se espera que las deflexiones en los muros y las deformaciones generales, sean inferiores a 1 cm, por tanto, se considera el sistema de muros es viable como sistema de contención definitivo, para garantizar la estabilidad de las construcciones aledañas.

11 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el predio donde se construirá el edificio Museo, se encontró un perfil geotécnico conformado por un estrato de suelo residual, sobre un estrato de arenisca fracturada con intercalaciones de arcilla, y una arenisca fracturada.

La cimentación se realizará en el estrato identificado como “arenisca fracturada con intercalaciones de arcilla”, se recomienda el uso de cimiento superficial tipo zapatas aisladas con una profundidad de empotramiento mínima de 60 cm, a partir del nivel inferior de la excavación que se proyecta a 6 m desde el nivel actual del terreno.

En los resultados de capacidad portante y calculo de asentamientos, se determinó que, para cualquier combinación de cimentación superficial, se encontraron asentamientos inferiores a 1 pulgada, por tanto se cumplen los criterios de límite de servicio y límites resistencia establecidos en la norma sismo resistente.

11.1 MANEJO DE AGUA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA

Se recomienda la instalación de filtros tipo Alveodren o similar ubicados en el trasdós de los muros de contención del edificio Museo.

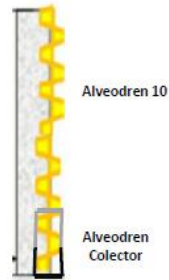
En la Ilustración, se presenta el esquema en planta donde irán ubicados los filtros, estos filtros deberán descolar al sistema de alcantarillas según diseños hidráulicos.

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

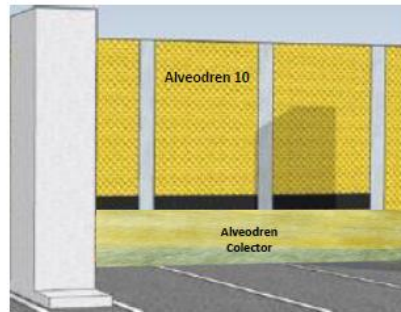
El sistema ALVEODREN 10 recubre todo el muro y por su lámina impermeable no permite el paso de aguas que puedan llegar y las direcciona como drenaje vertical hacia la parte inferior del muro en donde se conectara con el ALVEODREN COLECTOR, el cual direcciona las aguas al sitio de evacuación.

Ilustración I I-1 Sistema de filtración Fuente: Eco Geosystems

EQUEMATICO CORTE
TRANSVERSAL



EQUEMATICO VISTA FRONTAL



APLICACIÓN EN TERRENO



El Alveodren colector es compuesto por un Geoespaciador Alveolar impermeable Bicuspidado, 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-2. Alveodren Colector

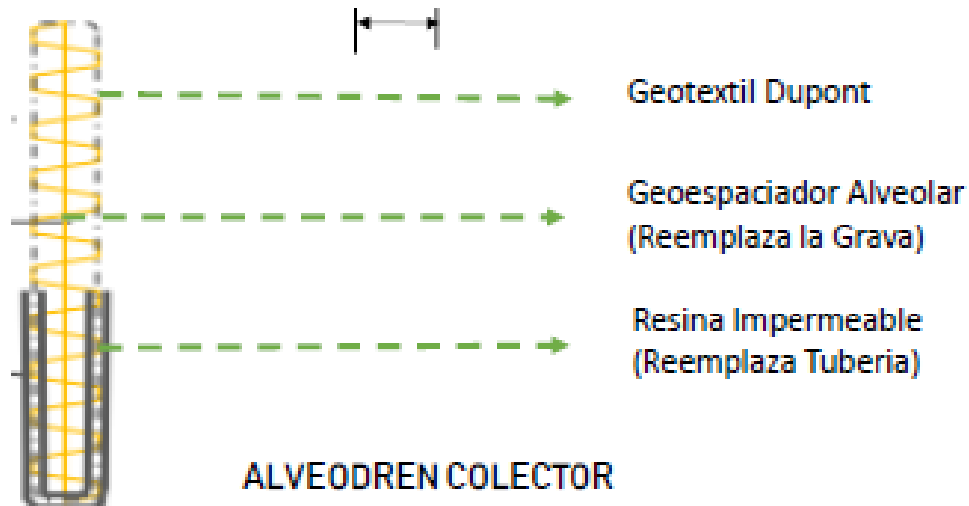
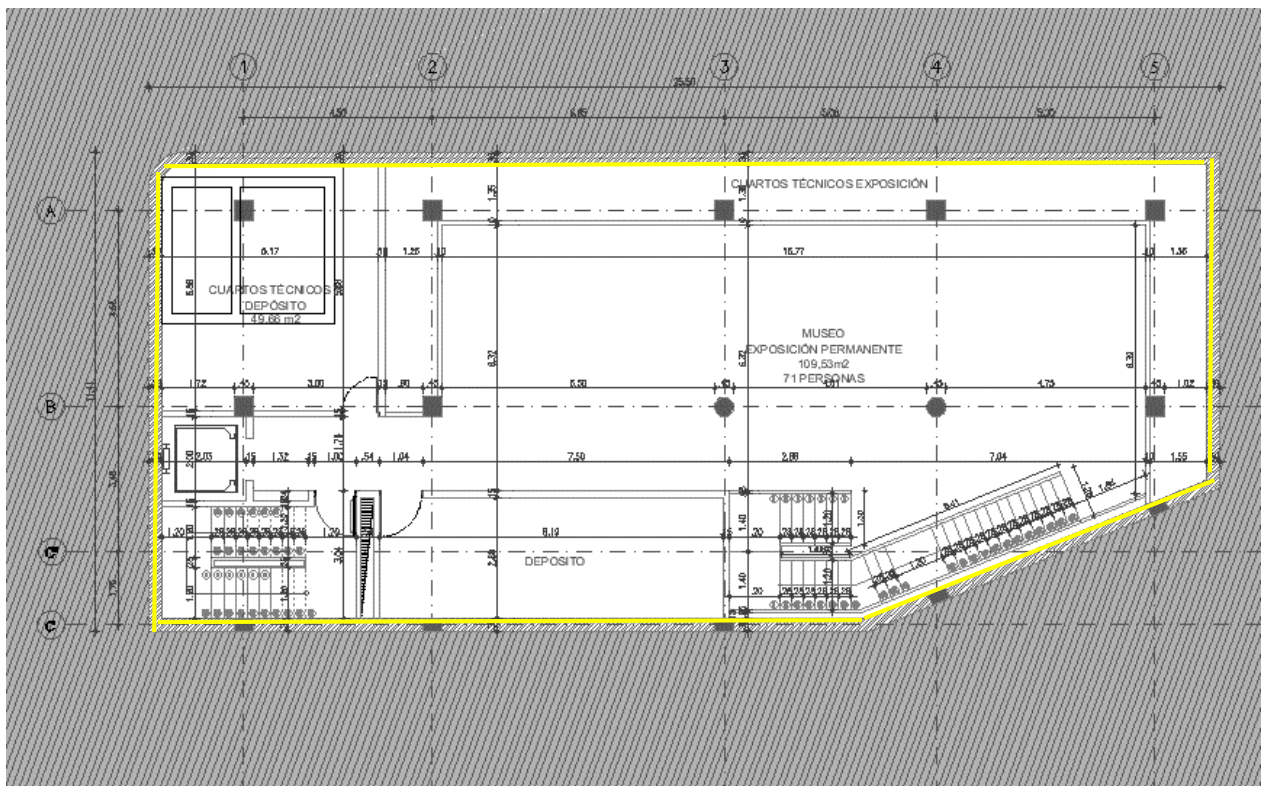


Ilustración 11-3 Instalación filtro Fuente: Eco Geosystems



Ilustración 11-4. Esquema localización de filtro perimetral



11.2 RECOMENDACIONES PARA EXCAVACIONES Y CORTES TEMPORALES

La excavación se realizará de tal manera que no haya interferencia con la cimentación y obras de urbanismo de la estación Paraiso Mirador; por ello, se dejará el aislamiento de 1 m o el necesario para no interferir con la cimentación de la escalera que conecta a la calle 71 H sur.

Se excavará con maquinaria y en ningún caso se utilizará explosivos para fracturar la roca, ya que esta acción puede generar vibraciones indeseables en las construcciones existentes.

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 cimentación y los muros de contención en el menor tiempo posible,

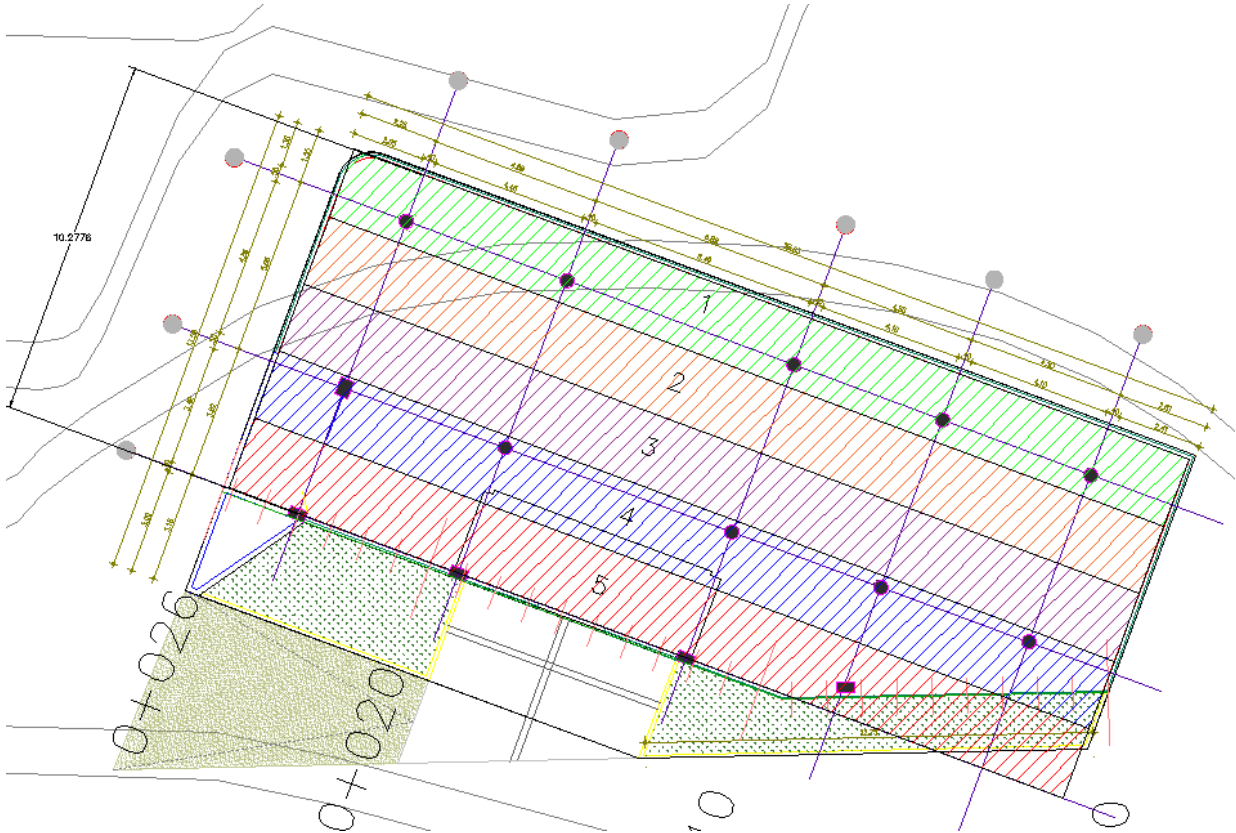
11.3 RECOMENDACIÓN PROCESO CONSTRUCTIVO

La excavación se realizará en etapas, y se excavará cada 3 m desde la esquina de la calle 71 H Sur, hacia el talud que colinda con la escalera de acceso a la estación de transmicable Paraiso Mirador, es importante que conforme se vaya avanzando en la excavación, se instale el sistema de contención temporal propuesto en el talud que colinda con la estación Paraiso Mirador en área aproximada de 78 m².

El sistema de contención definitivo consiste en un muro de contención el cual irá adosado a la placa, el espesor será definido en el estudio estructural, y se construirá por módulos de 3 m de abajo hacia arriba, la secuencia constructiva se describe a continuación

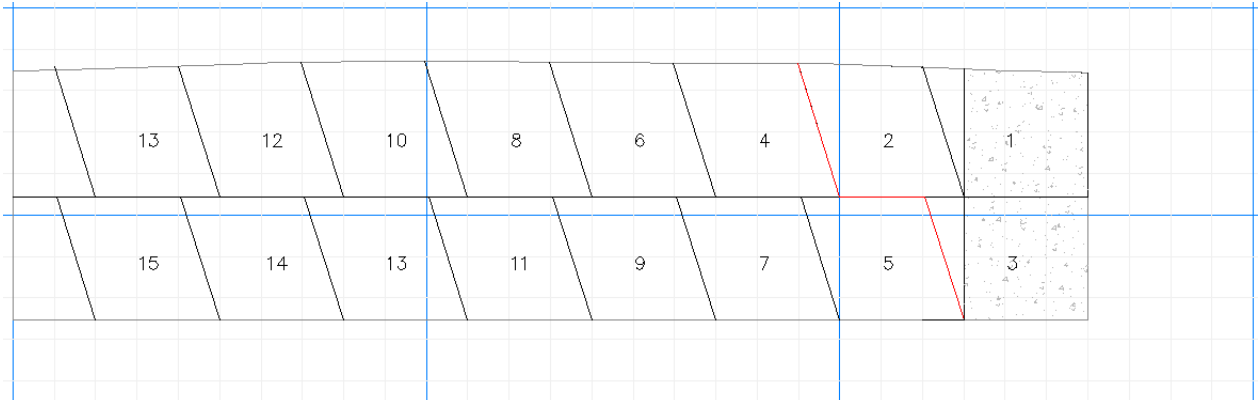
- El proceso de excavación contempla 5 fases, la primera inicia en el costado de la calle 71 H sur, y la quinta en el costado de la estación Paraiso Mirador, tal como se muestra a continuación:

Ilustración 11-5. Fases de excavación



- Para cada fase, se excavará hasta una profundidad de 3 m desde el nivel actual del terreno, y con una pendiente 1H:3V.
- Conforme se realice la excavación se debe ir instalando el sistema de contención temporal compuesto por anclajes, malla y accesorios, en una longitud en planta de 13 m del talud que colinda con la estación Paraiso Mirador.
- Al finalizar la excavación se construirá la estructura de cimentación y el muro de contención como se muestra a continuación.

Ilustración I I-6 Proceso constructivo de la excavación



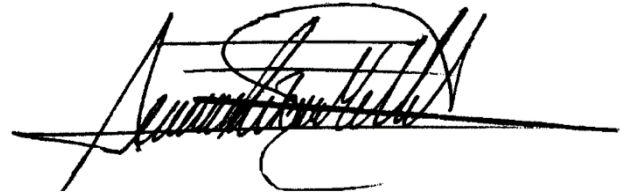
12 CONSIDERACIONES ADICIONALES

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 10** 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