



ESTUDIO GEOTÉCNICO EQUIPAMIENTOS CULTURALES CIUDAD
BOLÍVAR - SCRĐ

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 SCRĐ


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

	ESTUDIO GEOTÉCNICO EQUIPAMIENTOS CULTURALES CIUDAD BOLÍVAR - SCRĐ	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
	VERSIÓN 1	

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	Cambios en la arquitectura (Nivel de implantación) Observaciones curaduría
2	Versión 2	Enero 2019	Entrega Final

ESTADO DE REVISIÓN Y APROBACIÓN

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

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	8
2	GENERALIDADES	9
2.1	LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO.....	9
2.2	OBJETIVO.....	9
2.3	DESCRIPCIÓN PROYECTO.....	9
2.3.1	PERFILES ARQUITECTÓNICOS.....	11
2.3.2	CUADRO DE ÁREAS	12
3	GEOLOGÍA.....	14
4	GEOMORFOLOGÍA	15
4.1	ANÁLISIS MULTITEMPORAL Y EVOLUCIÓN GEOMORFOLÓGICA.....	15
4.1.1	Año 1970	16
4.1.2	Año 1998	17
4.1.3	Año 2007	17
4.1.4	Año 2015	19
4.1.5	Evolución geomorfológica Piona 24	20
4.2	UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	23
4.2.1	Unidades de Origen Denudacional	23
4.2.2	Unidades de Origen estructural	23
4.2.3	Unidad de Origen Antrópico.....	25
4.2.4	Unidades de Origen Aluvial	26
5	HIDROGEOLOGÍA	27
6	CONDICIONES SÍSMICAS.....	30
7	RECOPILACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN SECUNDARIA	32
8	EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO.....	33
8.1.1	Registro fotográfico.....	35
8.2	Ensayos de Laboratorio	35
9	MODELO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO.....	45
9.1	Parámetros representativos de modelo geológico geotécnico.	47

	<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>
---	---	--

9.2	Características de geología estructural en roca arenisca.....	48
9.3	Condición de Agua subsuperficial.....	50
10	ANÁLISIS GEOTÉCNICOS.....	51
10.1	CONDICIONES GEOTÉCNICAS PARTICULARES.....	51
10.2	TIPO Y NIVEL DE CIMENTACIÓN.....	51
10.3	CAPACIDAD PORTANTE	51
10.4	ASENTAMIENTOS.....	53
10.5	EXCAVACIONES	54
10.6	ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN.....	54
10.7	OBRAS DE URBANISMO.....	56
10.7.1	Muro de contención	56
10.7.2	Plazoleta.....	57
10.8	PROTECCIÓN A EDIFICACIONES VECINAS.	58
10.9	Secuencia de construcción.....	58
11	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIÓN	60
11.1	Recomendaciones Zonas duras.	60
12	CONSIDERACIONES ADICIONALES.....	61

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1: Localización área de estudio	9
Ilustración 2-2: Render edificio de cultura Fuente, Transmicable Bogotá.....	10
Ilustración 2-3: vista en planta edificio SCRD	11
Ilustración 2-4: Perfil de edificio SCRD	11
Ilustración 2-5: Planta de localización Columnas	12
Ilustración 3-1: Unidades geológicas	14
Ilustración 4-1 Vuelo C-525, Aerofotografía 842. Tomado de Unión temporal Cable Bogotá, 2016	16
Ilustración 4-2 Vuelo C-2802, Aerofotografía 90. Toamdo de Unión Temporal Cable Bogotá, 2016	17
Ilustración 4-3 Imágen satelital Google Earth. Tomada de Unión Temporal Cable Bogotá, 2016	19
Ilustración 4-4. Sección de análisis, vista en planta	21
Ilustración 4-5. Comparación multitemporal	22
Ilustración 4-6. Comparación Multitemporal	22

	<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>
---	--	--

Ilustración 4-7 Ladera de pendiente estructural en inmediaciones a la estación Illimani – Piona	24
Ilustración 4-8 Unidad geomorfológica de origen Estructural, Sierra Sinclinal Sss, Piona	20
Ilustración 4-9 Ladera Antrópica, Cantera Las Tolvas. Imagen tomada de Google Earth, 2010	25
Ilustración 4-10 Unidades geomorfológicas, Estación Illimani. Tomado y modificado de Unión Temporal Cable Bogotá, 2015	26
Ilustración 5-1 Sistema de modelamiento hidrogeológico del Dsitrito Capital área de estudio. Tomado y modificado de Veloza, J. 2013	28
Ilustración 5-2 Sección H-H. Modelamiento hidrogeológico del Dsitrito Capital.. Tomado y modificado Veloza J, 2013	29
Ilustración 6-1: Microzonificación zona de Estudio	30
Ilustración 8-1: Exploración Edificio SCR D y Museo – Estación Illimani	34
Ilustración 8-2 Clasificación en la carta de plasticidad de Casagrande del material ensayado..	37
Ilustración 8-3 Variación de los límites de consistencia y la humedad natural en función de la profundidad	38
Ilustración 8-4- Granulometría en función de la profundidad	39
Ilustración 8-5- Clasificación de suelo residual	40
Ilustración 8-6- Clasificación de material de matriz areno-arcillosa.	41
Ilustración 8-7- Peso unitario en función de la profundidad	42
Ilustración 8-8- Variación de la resistencia al corte no drenada en función de la profundidad	44
Ilustración 9-1-Vista en Planta perfil 2	45
Ilustración 9-2- Modelo Geotécnico	46
Ilustración 9-3. Obtención parámetros resistencia.	47
Ilustración 9-4- Macizo evaluado	49
Ilustración 10-1. Capacidad portante zapatas	52
Ilustración 10-2. Asentamientos elásticos	54
Ilustración 10-3. Diagrama de presiones estática y pseudoestática.	55
Ilustración 10-4. Esquema general de Plazoleta	57
Ilustración 10-5. Representación gráfica de modelo	58

LISTA DE TABLAS

Tabla 2-1. Cuadro de áreas	12
Tabla 2-2. Cargas por columnas	13
Tabla 4-1 Relación de fotografías aéreas . IGAC	15
Tabla 6-1: Coeficientes de diseño	30
Tabla 6-2: Coeficientes de Umbral de daño	31
Tabla 6-3: Coeficientes de aceleración horizontal	31
Tabla 7-1: Información consultada.	32
Tabla 7-2: Sondeos de estudios previos sobre el área proyectada	32
Tabla 8-1: Número mínimo de sondeos y profundidad por cada unidad de construcción Tomado de la tabla H.3.2-1 de NSR10	33
Tabla 8-2: Exploración realizada	34

	<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>
---	--	--

Tabla 8-3. Registro fotográfico	35
Tabla 8-4-Cantidad de ensayos de laboratorio ejecutados.	36
Tabla 8-5. Ensayos de resistencia realizados	43
Tabla 9-1. Resultados resistencia IMIDEL (LRS	48
Tabla 9-2. Parámetros de resistencia suelo residual	48
Tabla 9-3 Perfil geotécnico promedio.....	48
Tabla 9-4 Datos estructurales	49
Tabla 9-5 Buzamiento aparente	50
Tabla 9-6. Condición de agua subsuperficial	50
Tabla 10-1: Capacidad portante zapatas	51
Tabla 10-2 Asentamientos elásticos	53
Tabla 10-3. Coeficiente de tierras	55
Tabla 10-4. Dimensionamiento de muro de contención	56
Tabla 10-5. Tabla resumen de factor de seguridad	56
Tabla 10-6. Espesor propuesto	57

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. Documentos geotecnista

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

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 capacidad portante, conclusiones y recomendaciones.

2 GENERALIDADES

2.1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El edificio de equipamiento cultural SCRD, 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 987.45 m² aproximadamente, como se muestra en la *Ilustración 2-1*

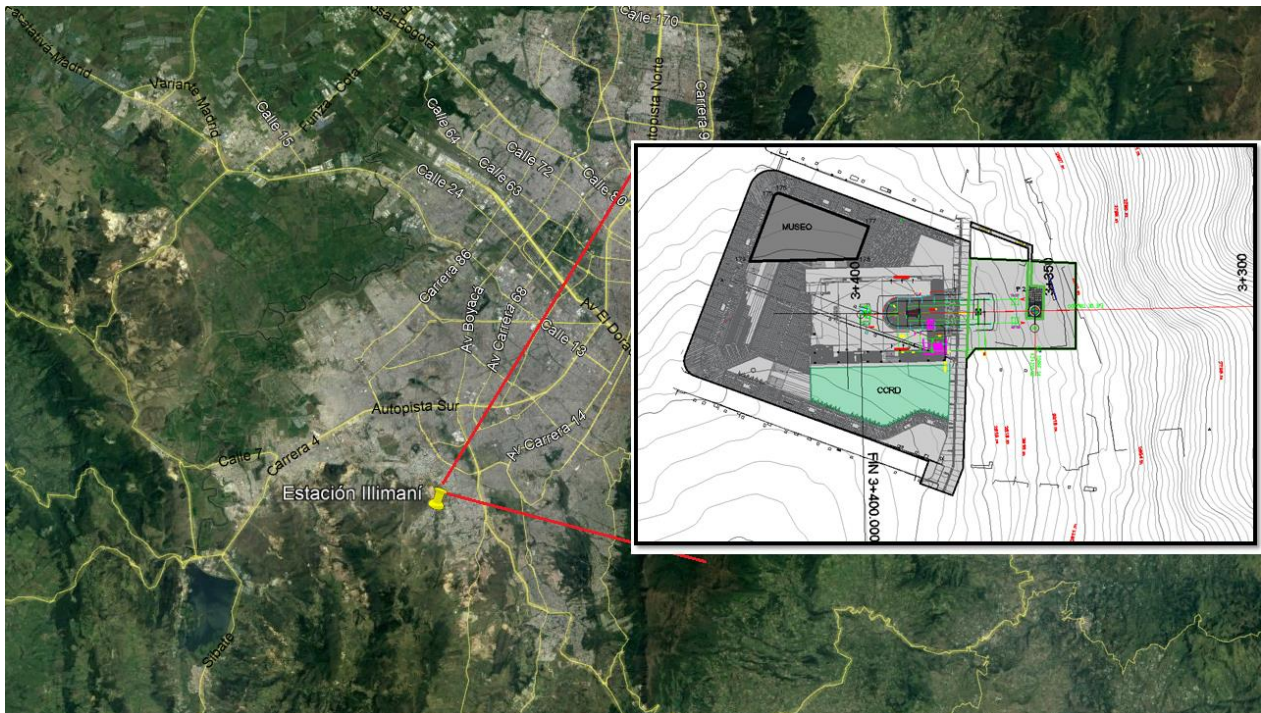


Ilustración 2-1: Localización área de estudio

2.2 OBJETIVO

Ejecución de estudios y diseños de ingeniería y complementarios, de los equipamientos culturales “Pilonas 10, 20 y Estación Illiman”, 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 Illimani.

2.3 DESCRIPCIÓN PROYECTO

El edificio de cultura SCRD, consiste en una estructura de 1 nivel con una zona de terraza, esta estructura brinda espacios idóneos para la prestación de servicios de formación y eventos culturales los cuales se desarrollan en salas, plazoletas entre otros, que permitirán aumentar y/o implementar los equipamientos culturales de los habitantes de la localidad de ciudad Bolívar.

	<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>
---	--	--

Considerando las condiciones y tipología de la estructura suministrada por el cliente, se contempla que la estructura equivale a 4 niveles que clasifica la edificación como categoría BAJA, 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.

SCR D – ACCESO MUSEO



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 del nivel S1 y el un corte representativo de la edificación.

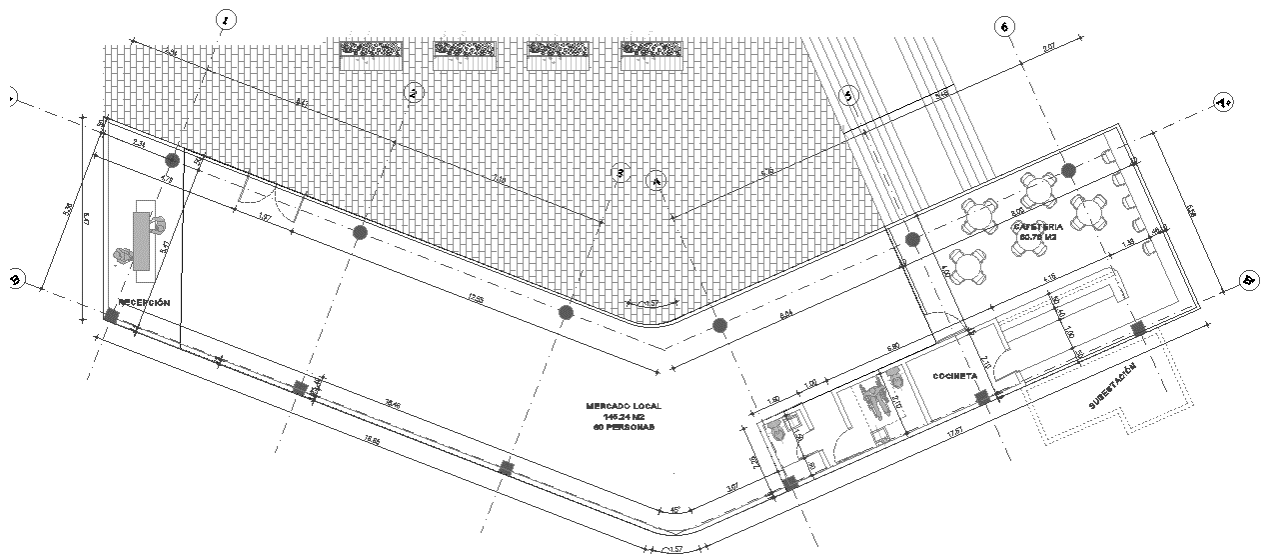


Ilustración 2-3: vista en planta edificio SCR D

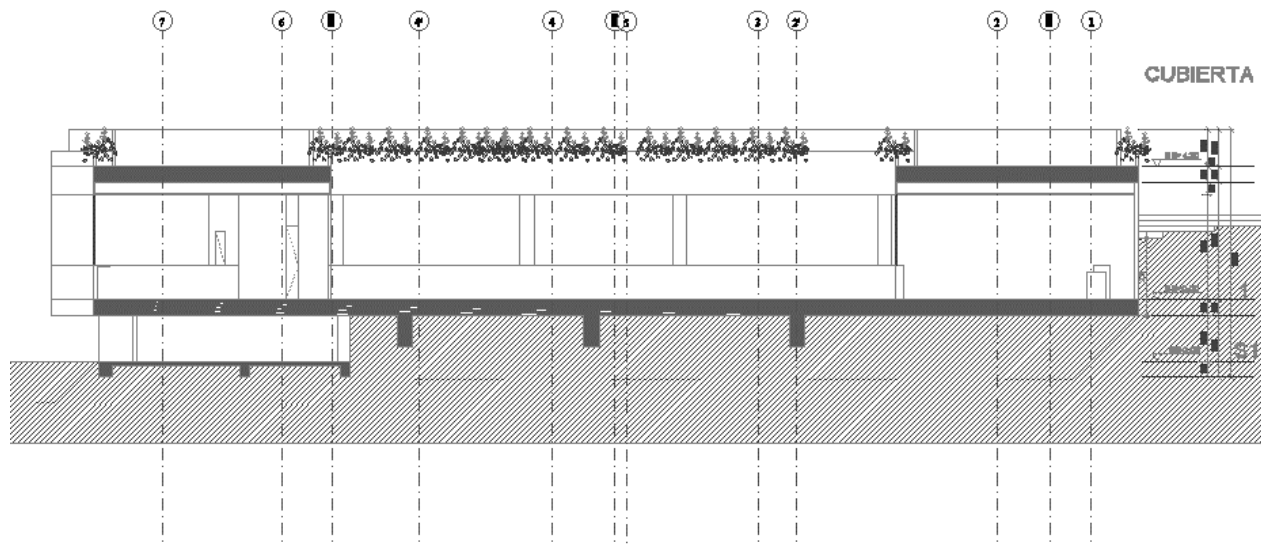


Ilustración 2-4: Perfil de edificio SCR D

Tabla 2-2. Cargas por columnas

Punto columna	Carga Total (t)	Punto columna	Carga Total (t)
4	29	91	71
5	25	95	17
13	168	99	40
15	197	100	72
16	8	118	66
17	113	125	65
18	40	126	69
19	27	134	34
21	73	139	143
24	68	145	135
30	116	146	20
37	60	147	107
48	85	148	139
49	132	151	80
78	78	152	135

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

Carga total (t/m2): 2.77

Grupo de uso: Institucional

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.

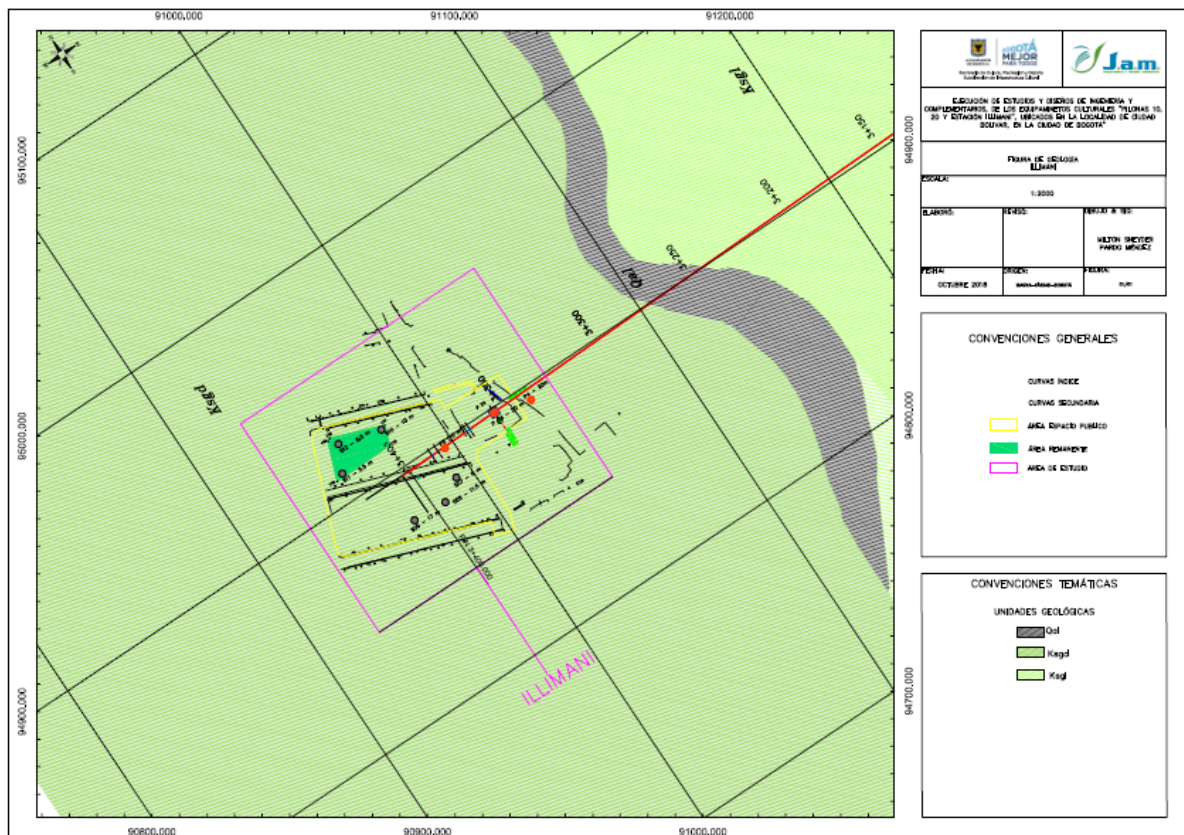


Ilustración 3-1: Unidades geológicas

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	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 4-1 Relación de fotografías aéreas . IGAC

Como resultado se observó el aumento progresivo de la actividad urbanística 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.

4.1.1 Año 1970

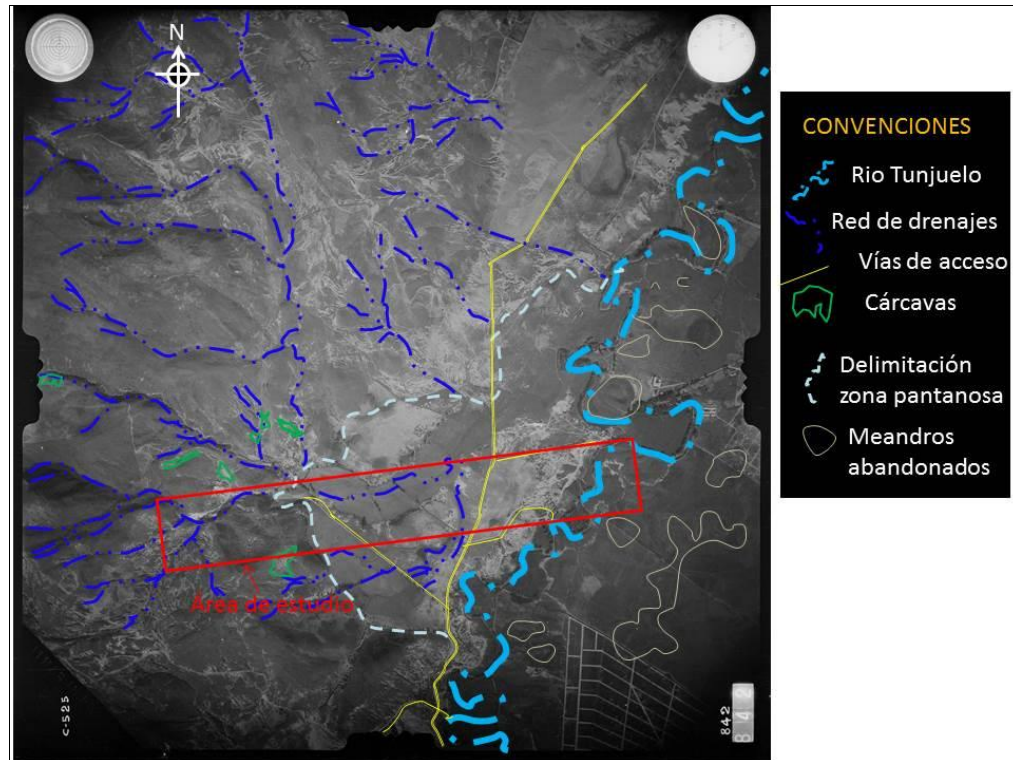


Ilustración 4-1 Vuelo C-525, Aerofotografía 842. Tomado de Unión temporal Cable Bogotá, 2016

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 deleznable que afloran hacia la zona del Mirador. En las zonas bajas los problemas de inestabilidad están asociados a zonas de inundación periódicas.

4.1.2 Año 1998

Uso y cobertura del suelo: En este periodo se observa un aumento en la cobertura de l suelo 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.

4.1.3 Año 2007



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

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

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.



4.1.4 Año 2015

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

Uso y Cobertura 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 - SCRĐ</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.

4.1.5 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.

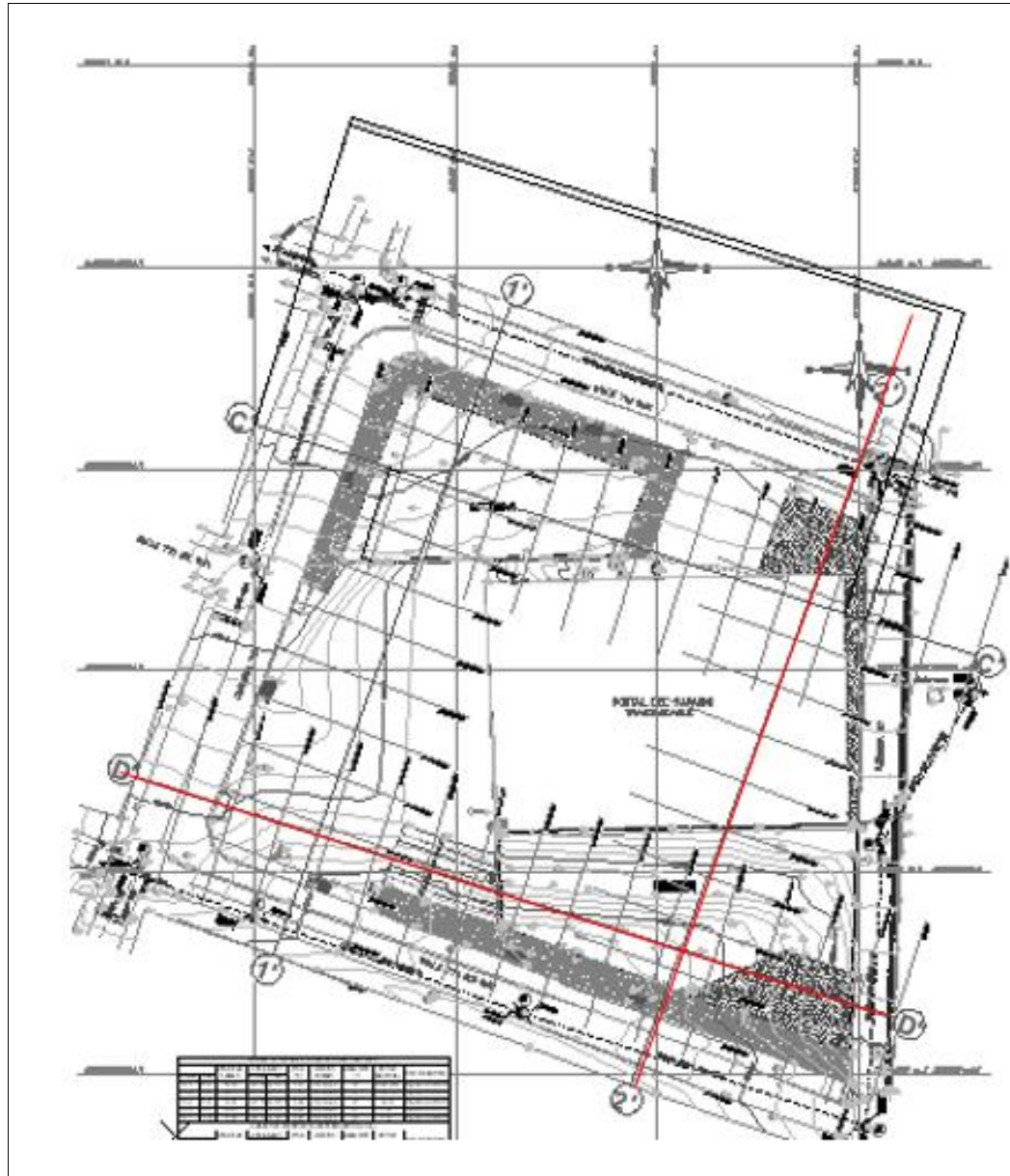


Ilustración 4-4. Sección de análisis, vista en planta

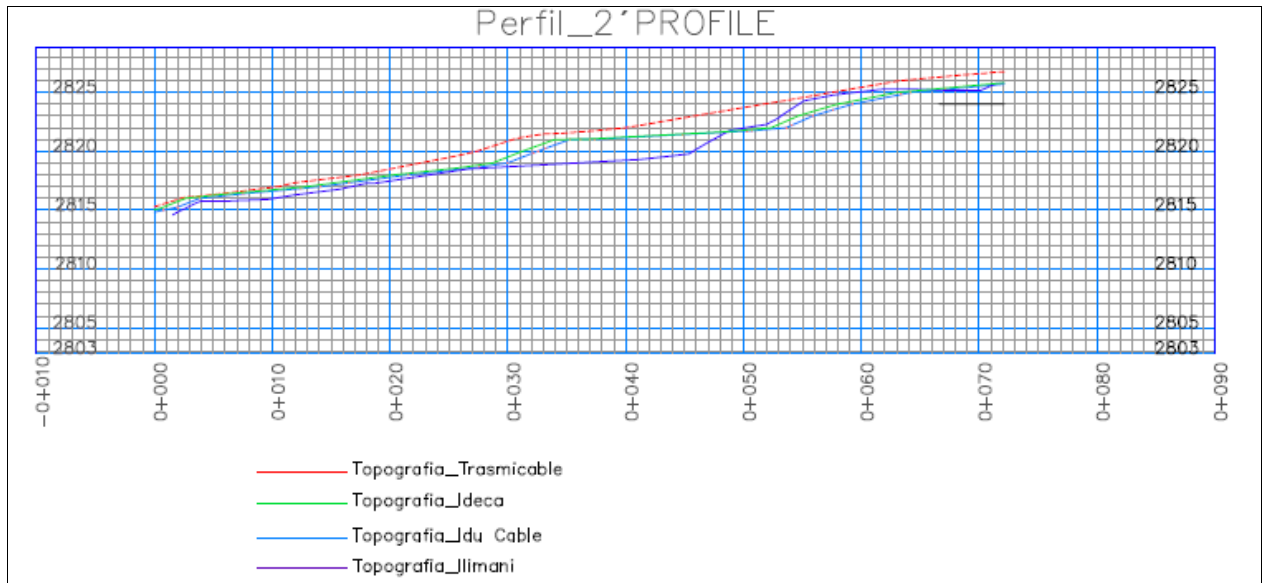


Ilustración 4-5. Comparación multitemporal

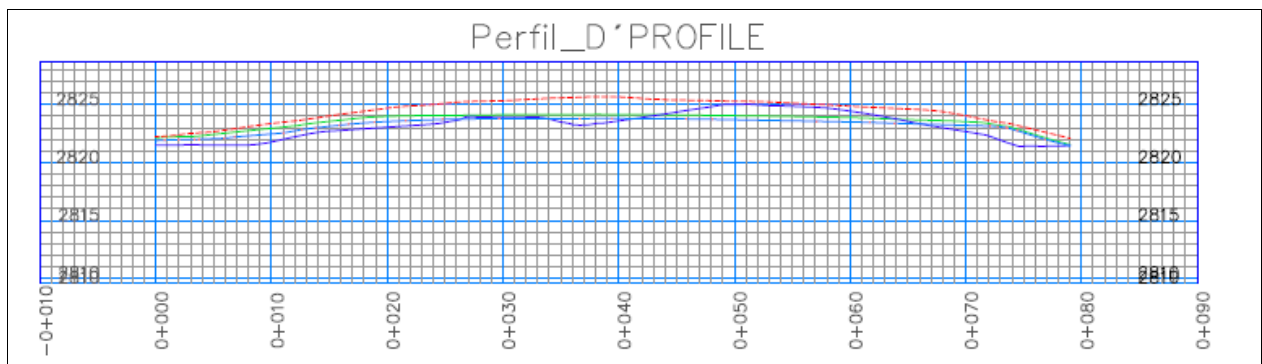


Ilustración 4-6. Comparación Multitemporal

	<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>
---	---	--

4.2 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.

4.2.1 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 proceso de origen antrópico.

4.2.2 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 Ilimaní – Pilona 24

Sierra Sinclinal – Sss: Sierra de morfología colinada, amplia en forma de artesa elevada formada en el eje de un siclnal. La disposición actual obedece a procesos denudaticos 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 buzcan 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.

4.2.3 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

4.2.4 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.

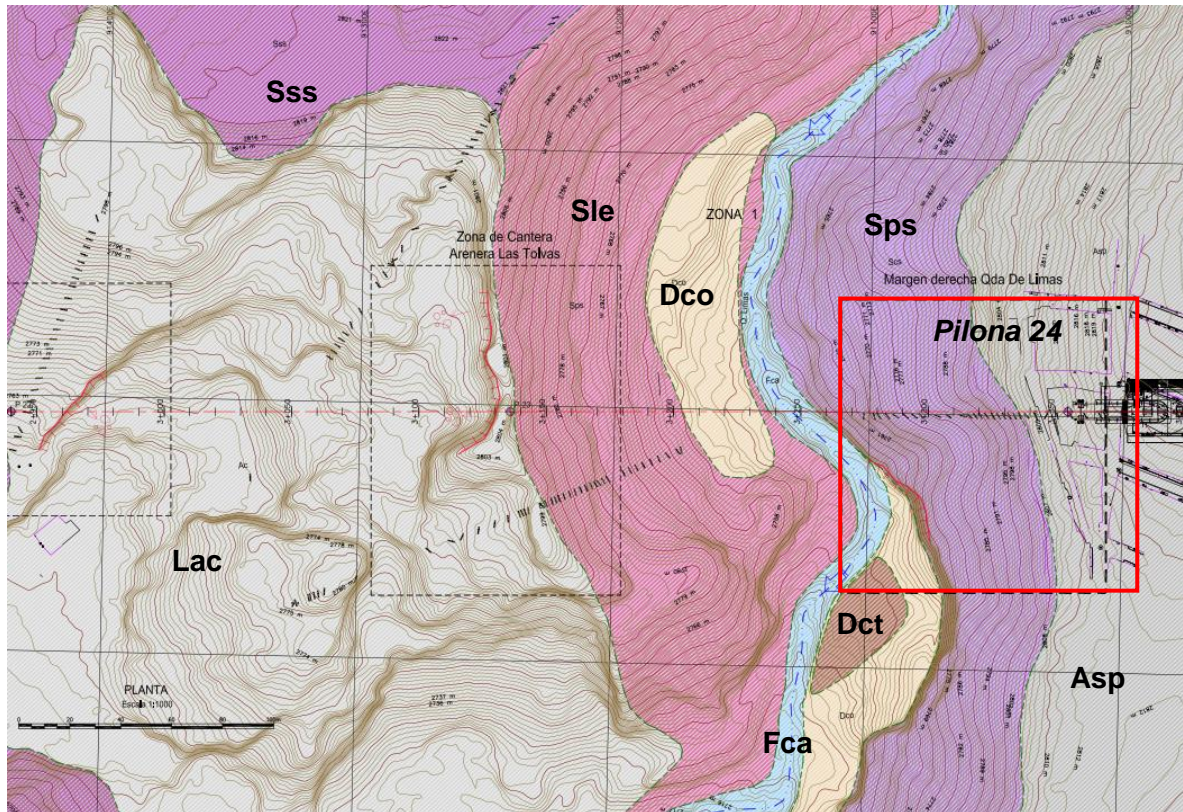


Ilustración 4-10 Unidades geomorfológicas, Estación Illimani. Tomado y modificado de Unión Temporal Cable Bogotá, 2015

	<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>
---	---	--

5 HIDROGEOLOGÍA

Con base al estudio hecho por la Secretaría Distrital de Ambiente⁵, a partir de las caracterisitcas hidrológicas de las unidades geológicas que conforman la Sabana de Bogotá, e información hidroclimatológica e hidrogeoquímica.

Dentro de las unidades geológicas de interes 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 Ilimani – Pilona 24, las rocas de esta unidad presentan alto grado de fracturameinto, esto sumado a su porosidad generan un sin número de intersiticos 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, 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

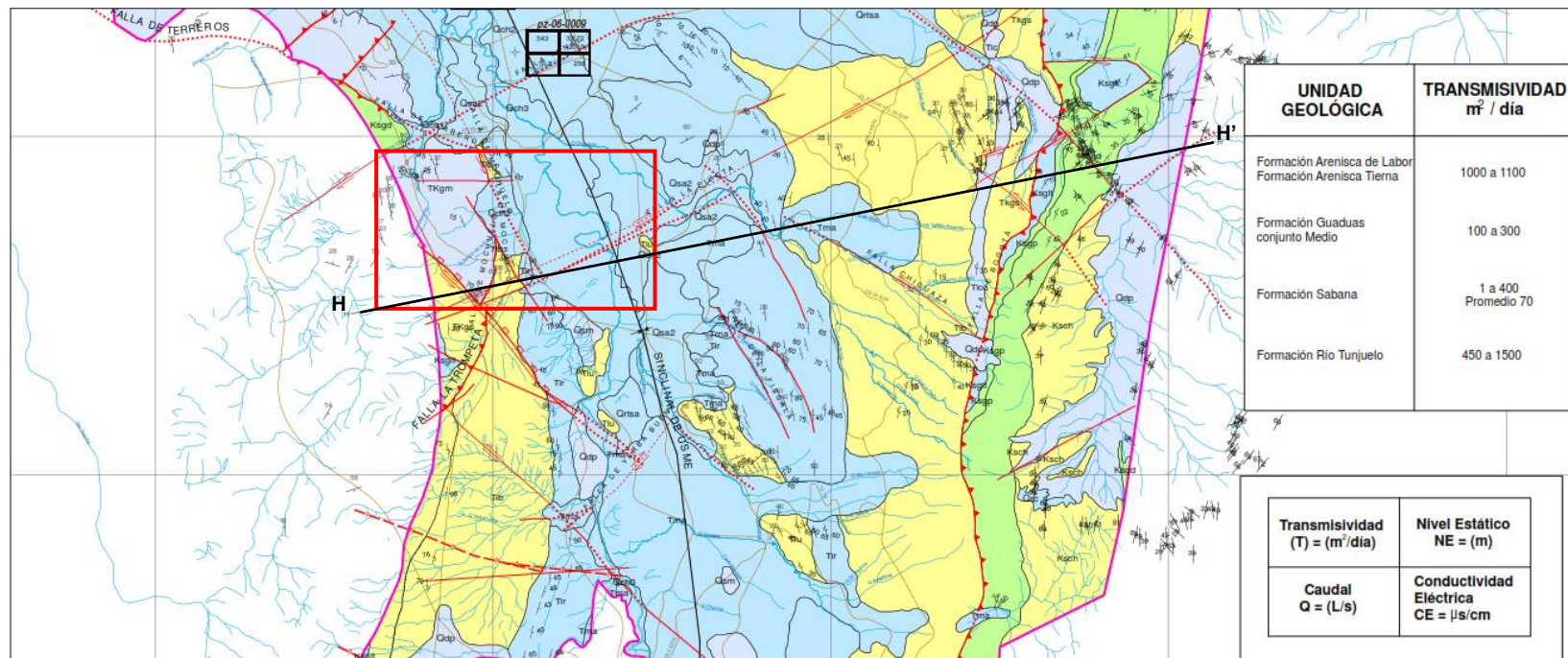
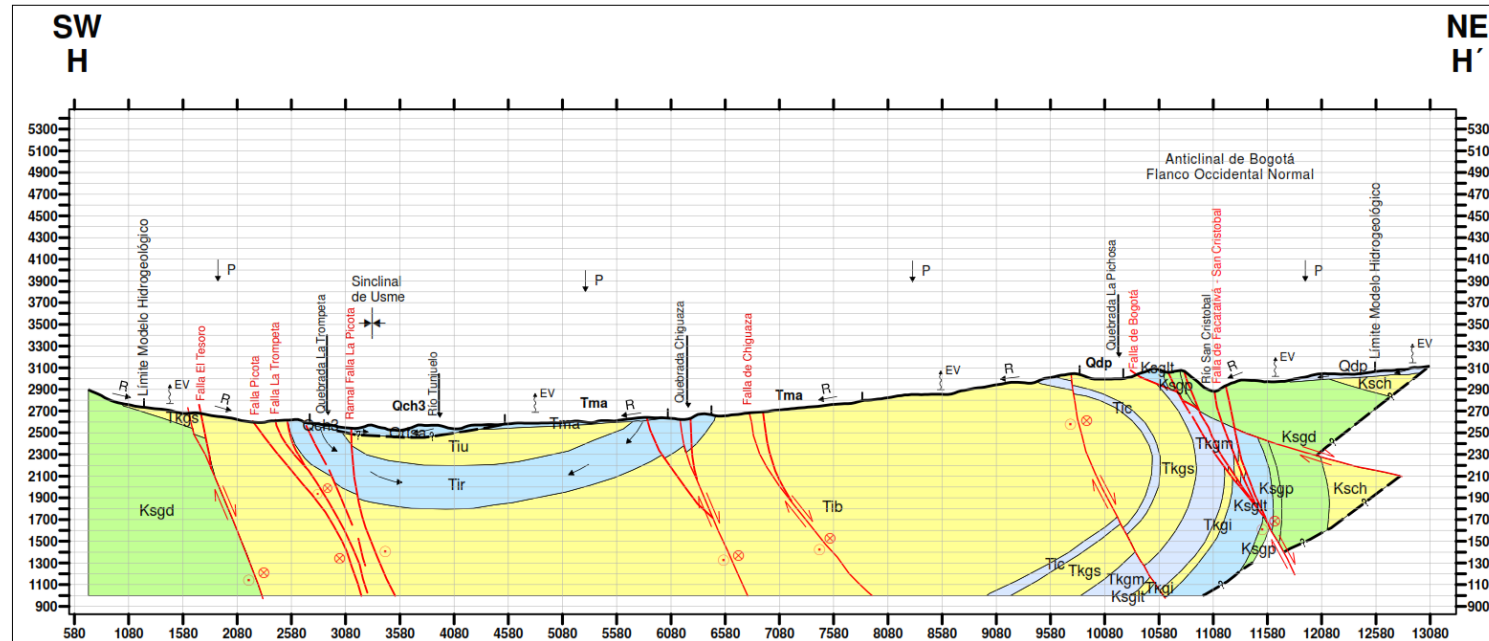


Ilustración 5-I Sistema de modelamiento hidrogeológico del Distrito Capital área de estudio. Tomado y modificado de Veloza, J. 2013



	CARACTERÍSTICAS DE LOS ACUÍFEROS	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>DEPÓSITOS DE PENDIENTE (Qdp) RESTOS DE METEORIZACION DE ARENISCAS DEL GUADALUPE (Tm) FORMACION SAN MIGUEL (Qsm) FORMACION CHIA (Qch) FORMACION RÍO TUNJUELO (Orta) FORMACION SABANA (Qsa1, Qsa2, Qsa intercalaciones) FORMACION MARICHUELA (Tma) FORMACION ARENISCAS REGADERA (Tir) FORMACION CHAO (Tic) FORMACION GUADUAS Conjunto Medio (Tkgm) FORMACION ARENISCAS LABOR - TIERNÁ (Ksgit)</p>
B.	ROCAS CON FLUJO ESENCIALMENTE A TRAVÉS DE FRACTURAS	
	<p>Sistemas acuíferos discontinuos de extensión regional y local, conformados por rocas cretácicas consolidadas. Acuíferos con media a baja productividad.</p>	<p>FORMACION PLAENERS (Ksgp) FORMACION ARENISCAS DURA (Ksgd)</p>
C.	ROCAS CON LIMITADOS RECURSOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	
	<p>Rocas sedimentarias terciarias y cretácicas consolidadas. Acuíferos con muy baja a nula productividad.</p>	<p>FORMACION USME (Tiu) FORMACION BOGOTÁ (Tib) FORMACION GUADUAS Conjunto Superior (Tkgs) y Conjunto Inferior (Tkgl) FORMACION CHIPAUQUE (Ksch)</p>

Ilustración 5-2 Sección H-H'. Modelamiento hidrogeológico del Distrito Capital. Tomado y modificado 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

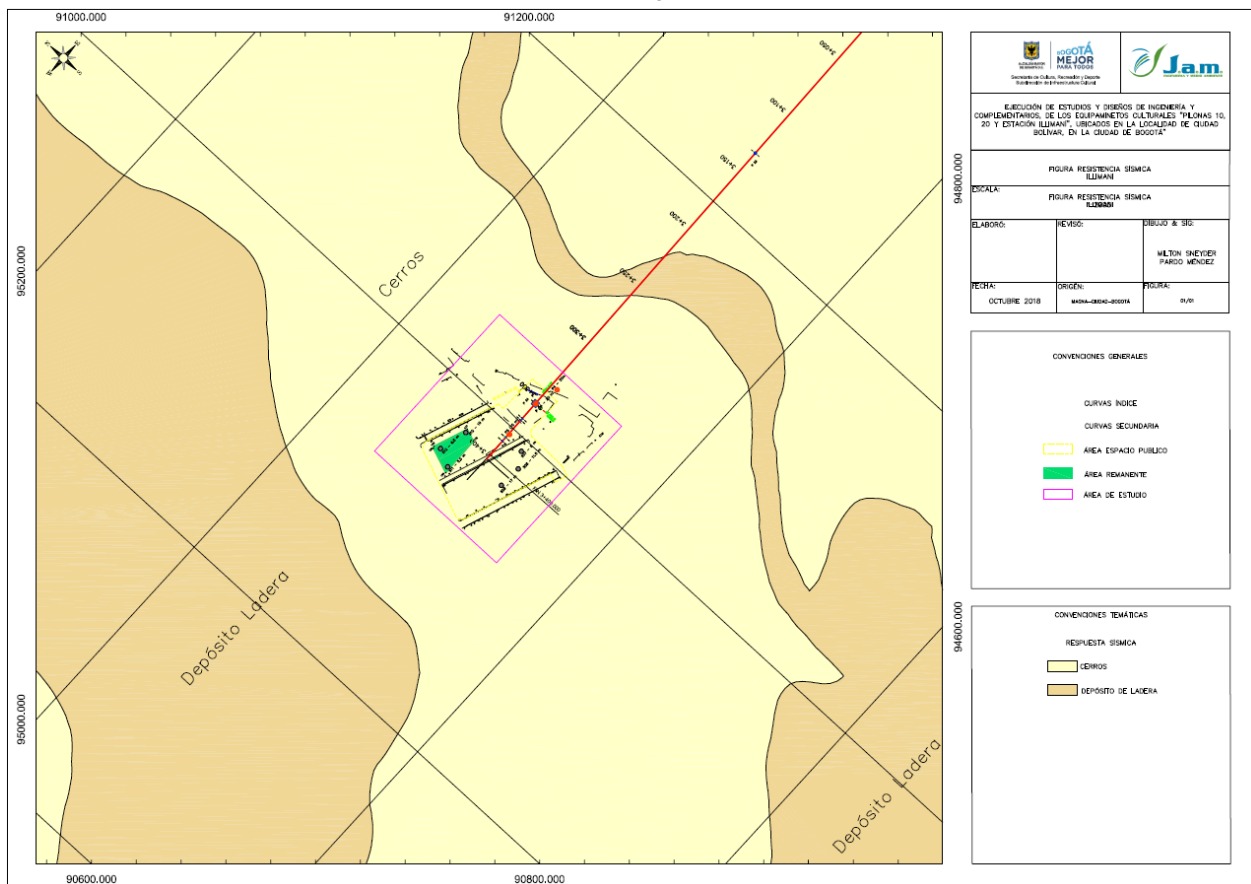


Ilustración 6-1: Microzonificación zona de Estudio

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 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 de suelo residual, cuya roca parental es arenisca, con un espesor de suelo de 6m.

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 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

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 de arenisca con un espesor aproximado de 6 m. Se encontraron valores de rechazo en el ensayo SPT a partir de los 2 m de profundidad.
- Durante el reconocimiento de campo se encontró que en la ubicación de edificio SCRD hay un terraplén de aproximadamente 3 m de altura.
- Durante el diseño de la piona 24, ubicada en el lote de la estación illimaní, se realizó un sondeo de 20 m que cumple con los requerimientos de la NSR-10, Se adopta la información del sondeo 24 para el presente estudio.
- En la etapa de factibilidad del proyecto transmicable 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-07	Perforación mecánica	6	SCR D
S-08	Perforación mecánica	12	SCR D
S-09	Perforación mecánica	17	SCR D

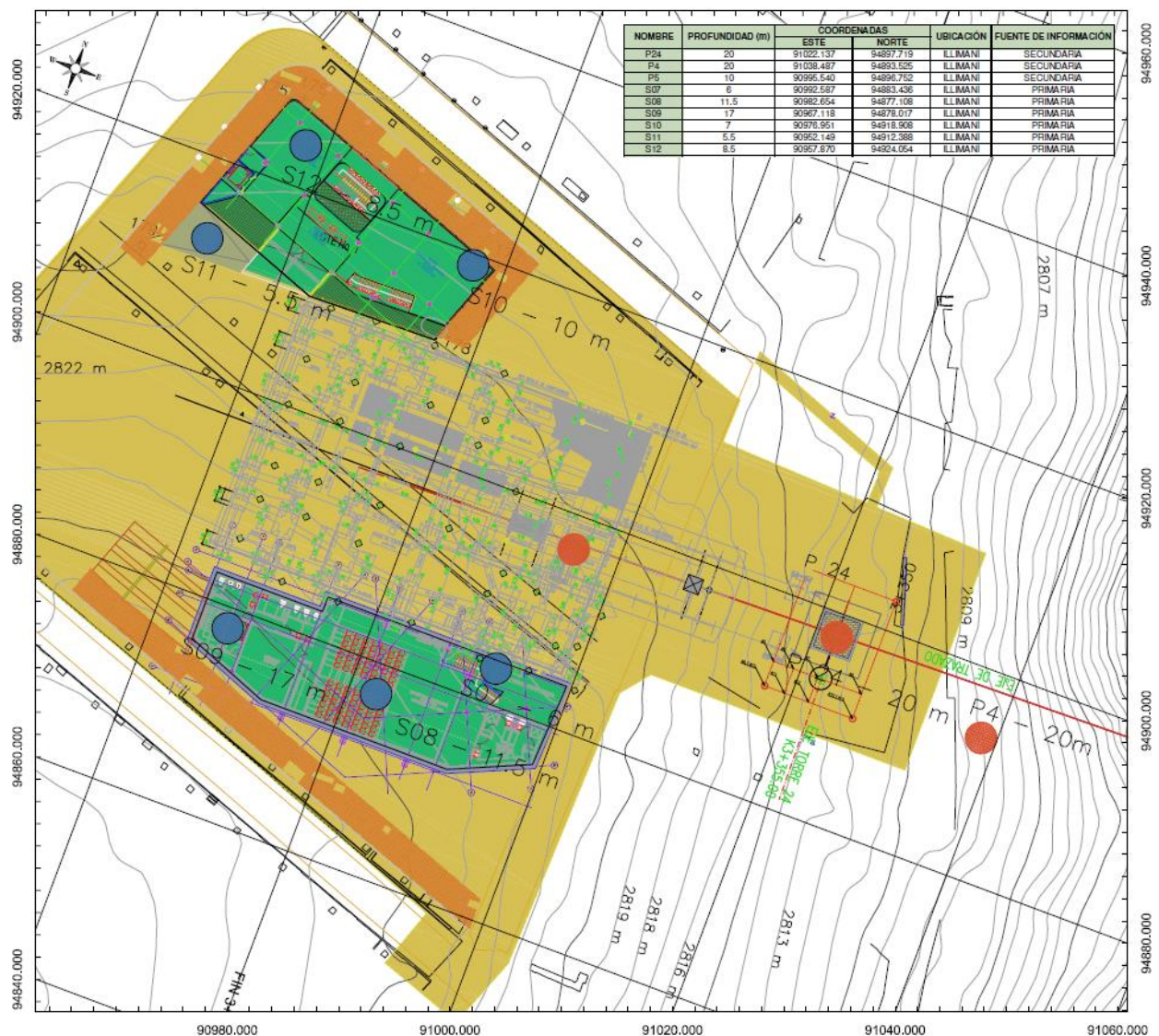


Ilustración 8-1: Exploración Edificio SCR D y Museo – Estación Illimani

8.1.1 Registro fotográfico

En la Tabla 8-3, se presenta el registro fotográfico de las actividades en campo realizadas

Tabla 8-3. Registro fotográfico

Localización	Sondeo 7
	
Sondeo 8	Sondeo 9
	

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 SCRD como para el edificio museo.

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

TIPO DE ENSAYO	TOTAL SCRD (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 final del suelo como arcilla de baja plasticidad.

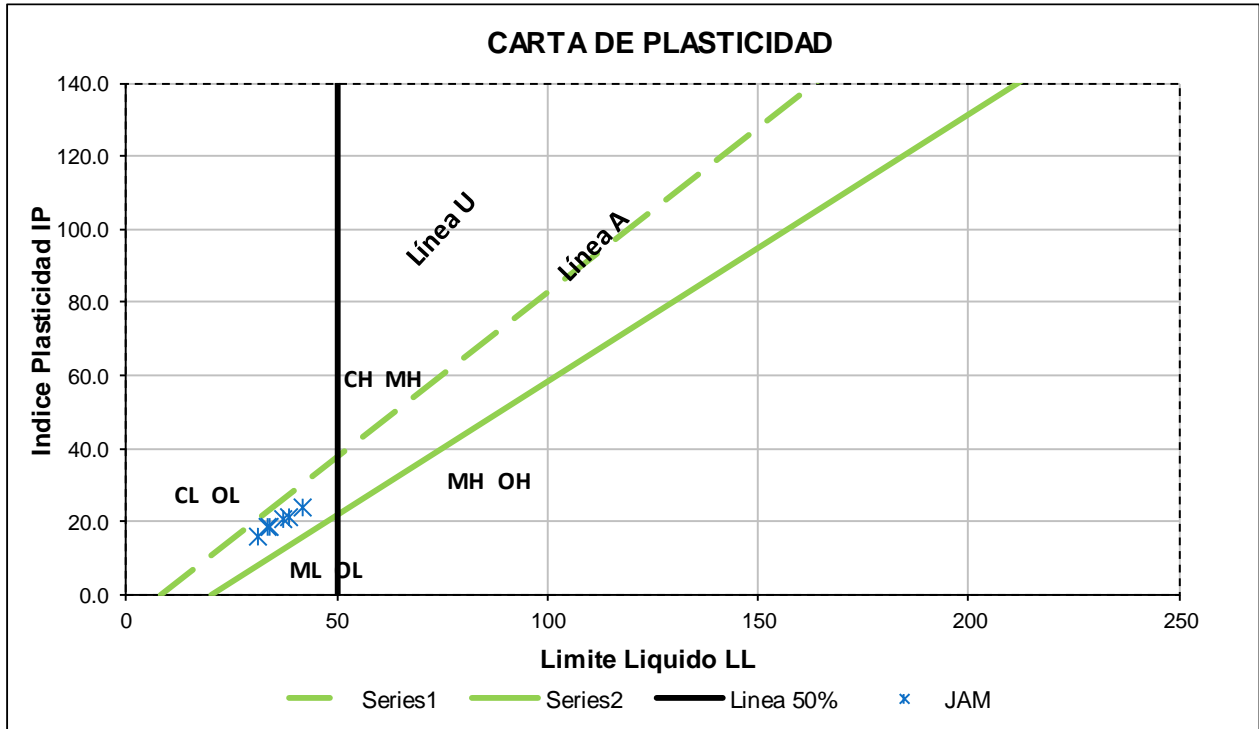


Ilustración 8-2 Clasificación en la carta de plasticidad de Casagrande del material ensayado

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

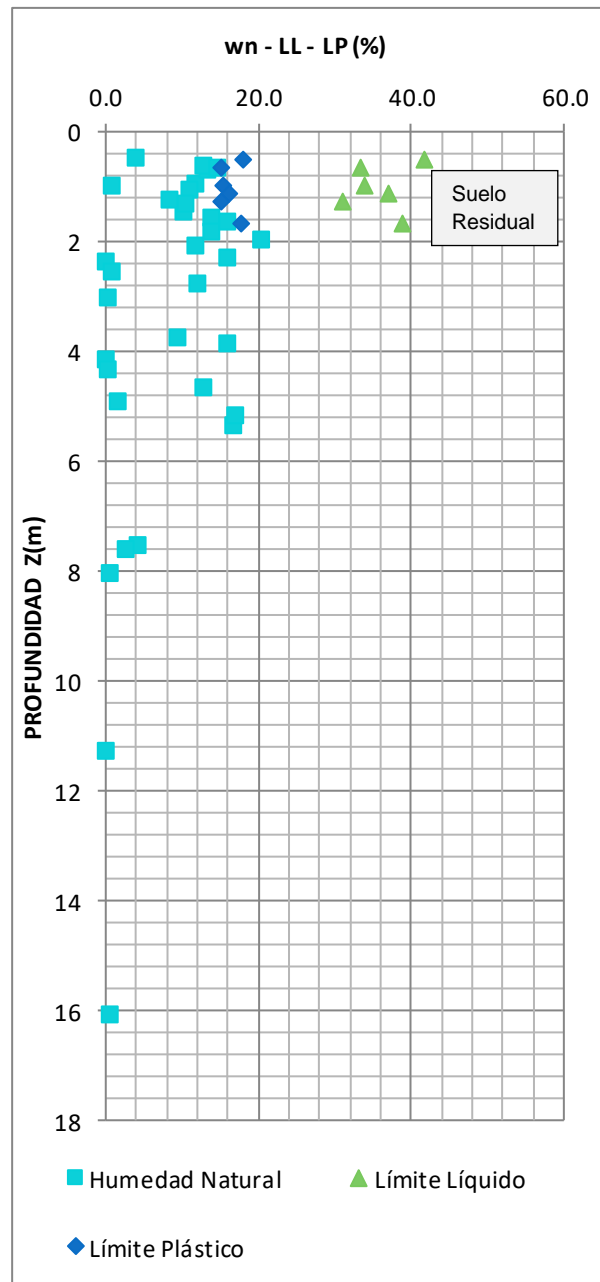


Ilustración 8-3 Variación de los límites de consistencia y la humedad natural en función de la profundidad.

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 as intercalaciones areno arcillosas correspondientes al material identificado como arenisca fracturada con intercalaciones de arcilla.

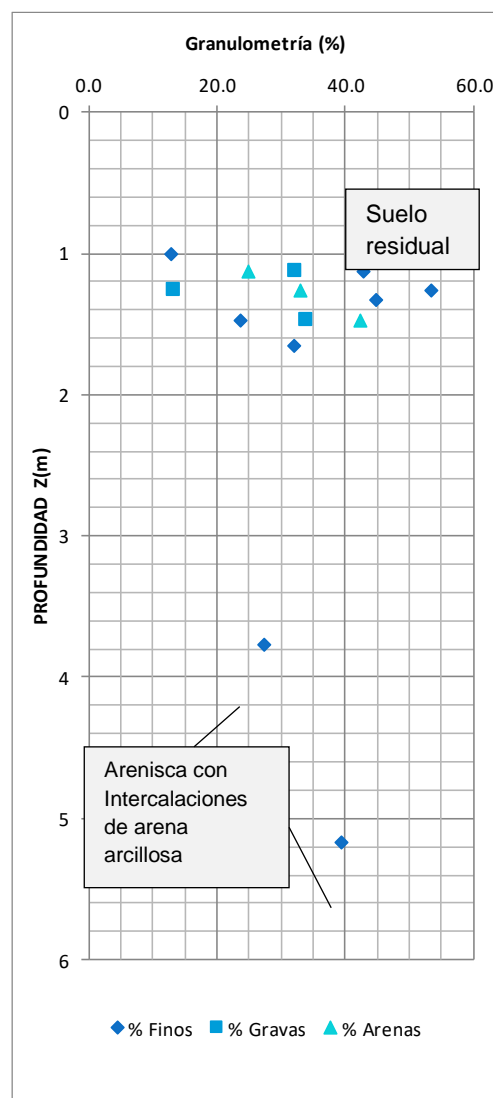


Ilustración 8-4- Granulometría en función de la profundidad

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*.

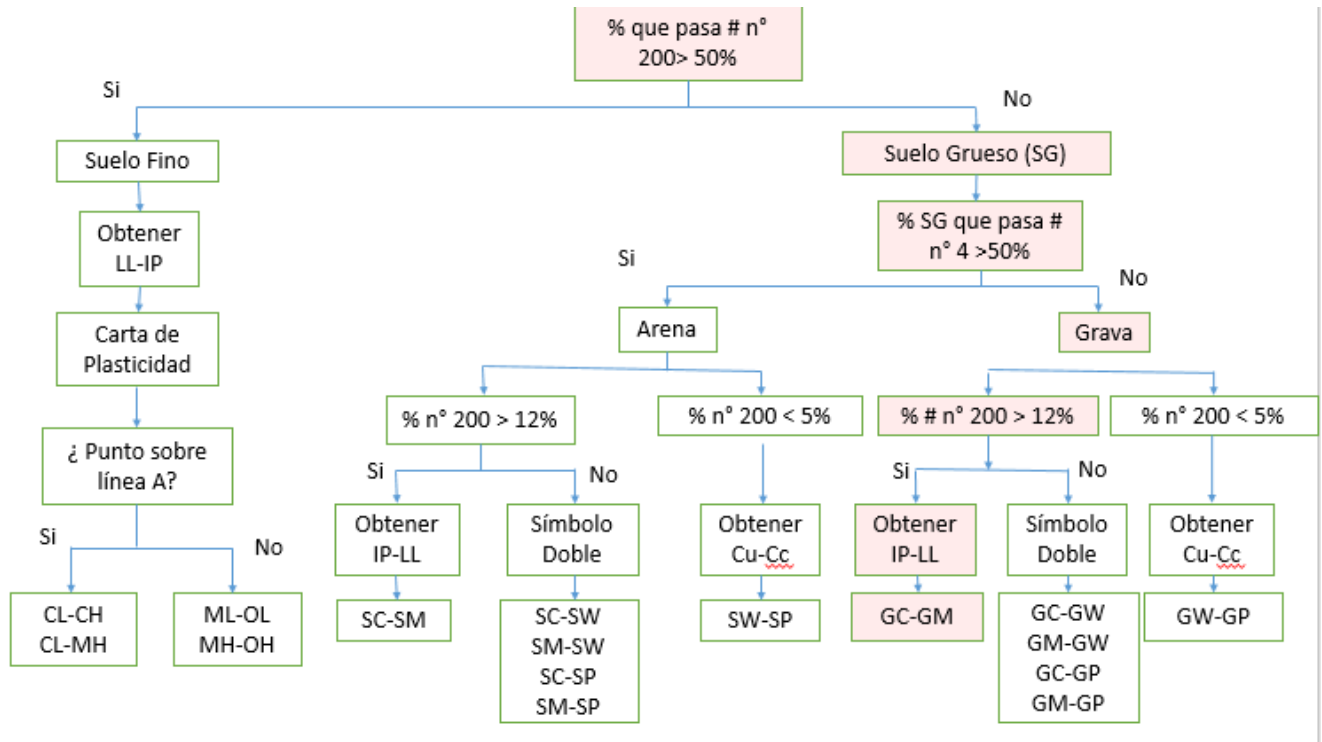


Ilustración 8-5- Clasificación de suelo residual.

- **Material “Intercalaciones de arcilla”:** Se clasifica siguiendo el diagrama de la Ilustración 8-5, teniendo en cuenta los resultados de granulometría y de límites de consistencia como *areno arcilloso SC*.

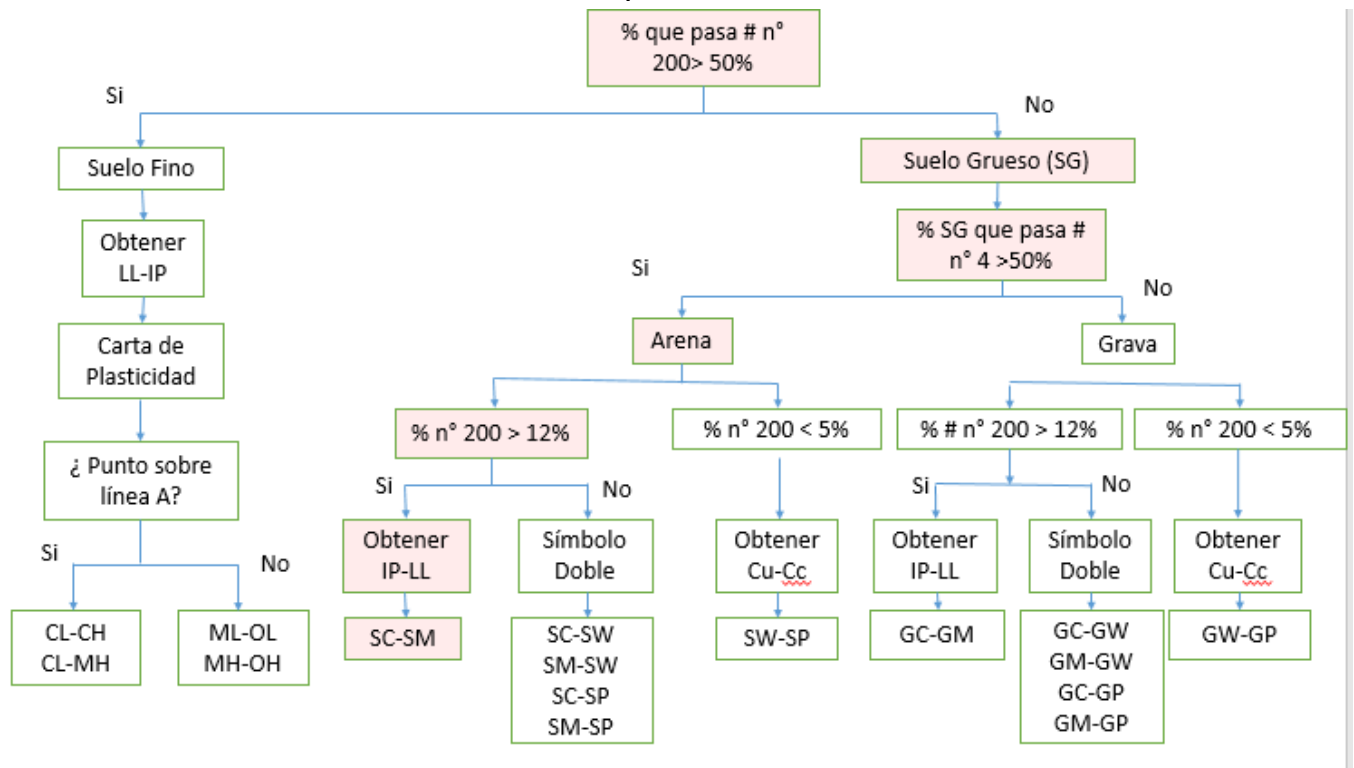


Ilustración 8-6- Clasificación de material de matriz areno-arcillosa.

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/m³ y 2.3 t/m³, y a partir de esta profundidad en todo caso es mayor a 2 t/m³ y va aumentando con la profundidad, de tal manera que a los 16 m alcanza un valor aproximado de 2.3 t/m³

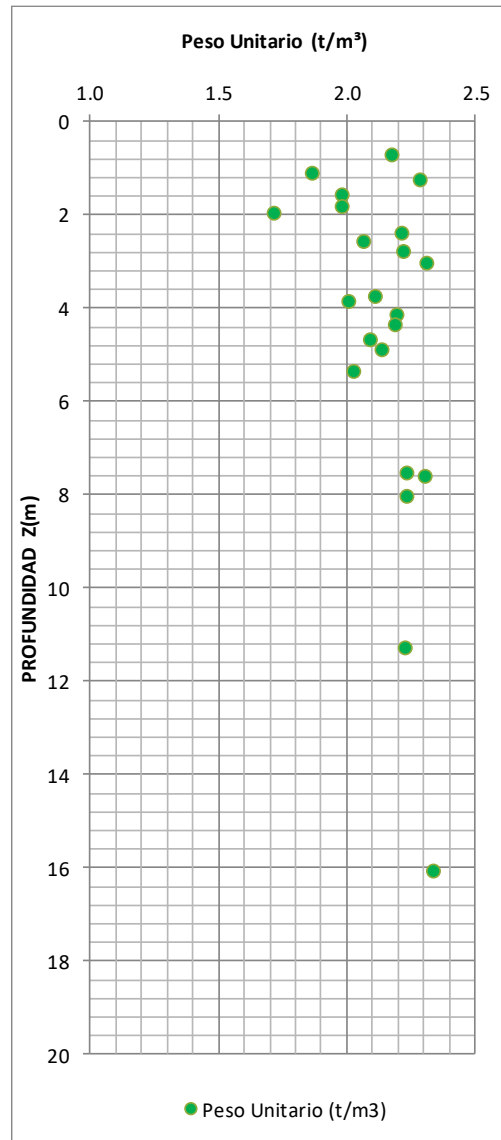


Ilustración 8-7- Peso unitario en función de la profundidad

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 realizados

Prof. Prom	Material	Compresión Inconfinada Lentes areno arcillosos(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 σ_c 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.

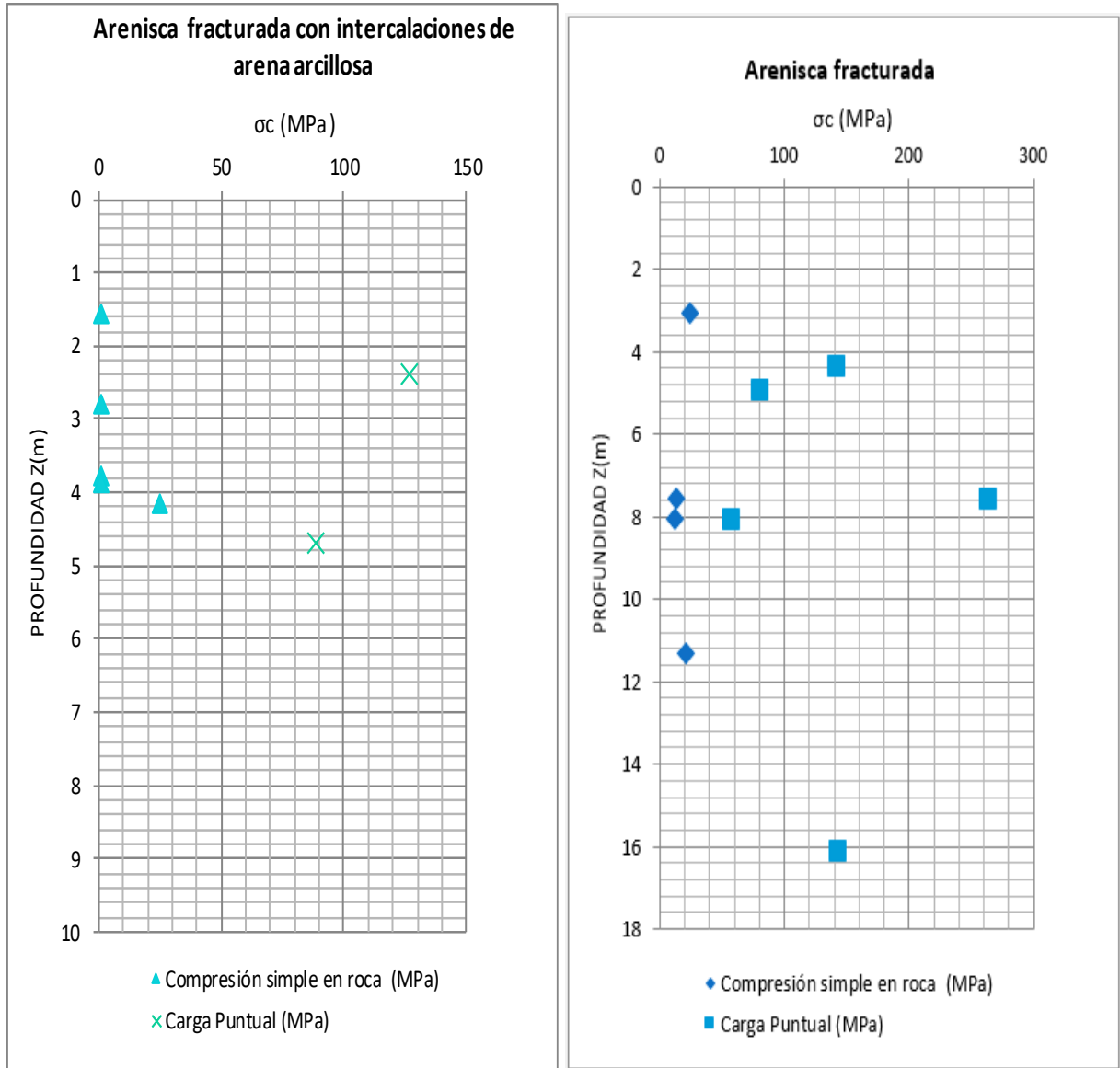


Ilustración 8-8- Variación de la resistencia al corte no drenada en función de la profundidad

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 se encuentra es 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 7-1, 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 27° , éste dato se determinó teniendo en cuenta la dirección de alineamiento del denominado “Perfil 2” que se muestra en la Ilustración 9-1, y con base a la información secundaria la cual se describirá más adelante en el capítulo 7.2.

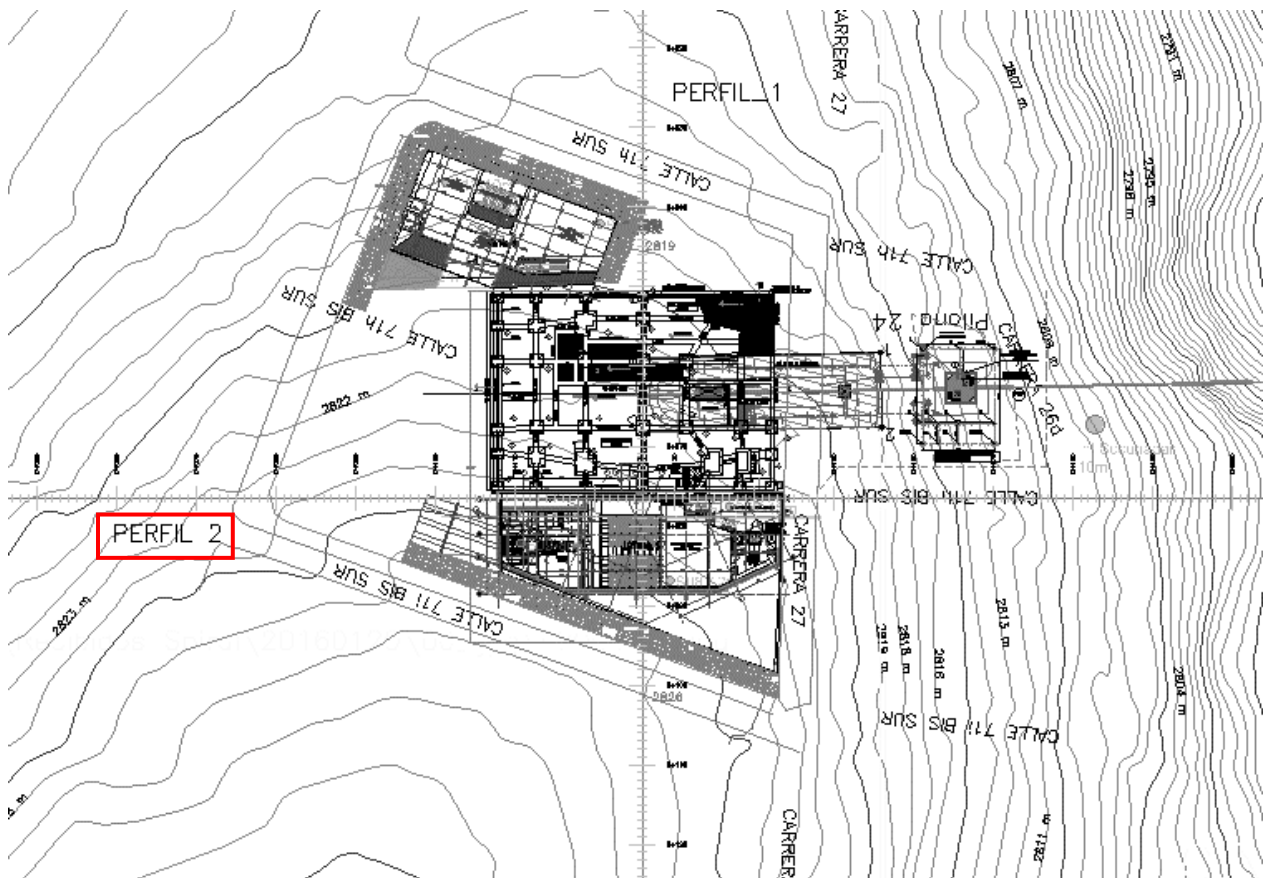


Ilustración 9-1-Vista en Planta perfil 2

Perfil 2 (Ed. Auditorio)

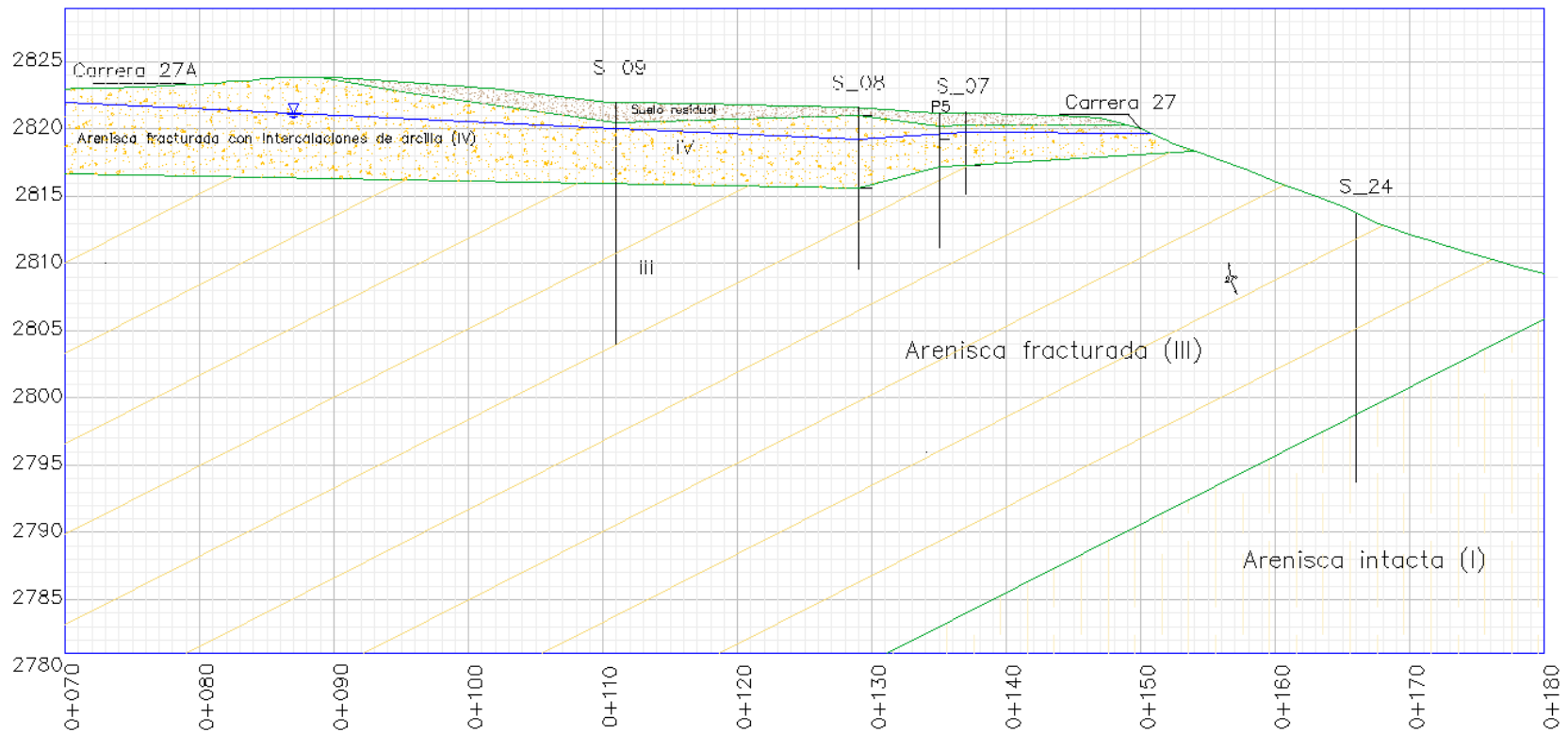


Ilustración 9-2- Modelo Geotécnico

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.

Para el suelo residual, se determinó sus parámetros de resistencia por diferentes metodologías; inicialmente se revisaron los parámetros provenientes de otras fuentes de información; por ejemplo, se revisó los parámetros determinados a partir de la línea de refracción sísmica en estudios anteriores, así como los encontrados por medio de la metodología de Álvaro Gonzales con el SPT, y adicionalmente se verificó los parámetros de resistencia determinados con varias correlaciones. A continuación, se presentan los resultados encontrados.

La Ilustración 9-3, presenta la gráfica de la obtención de los parámetros de resistencia por medio de la metodología de Álvaro Gonzales, se observa un valor de ángulo de fricción de 29° y cohesión 0.

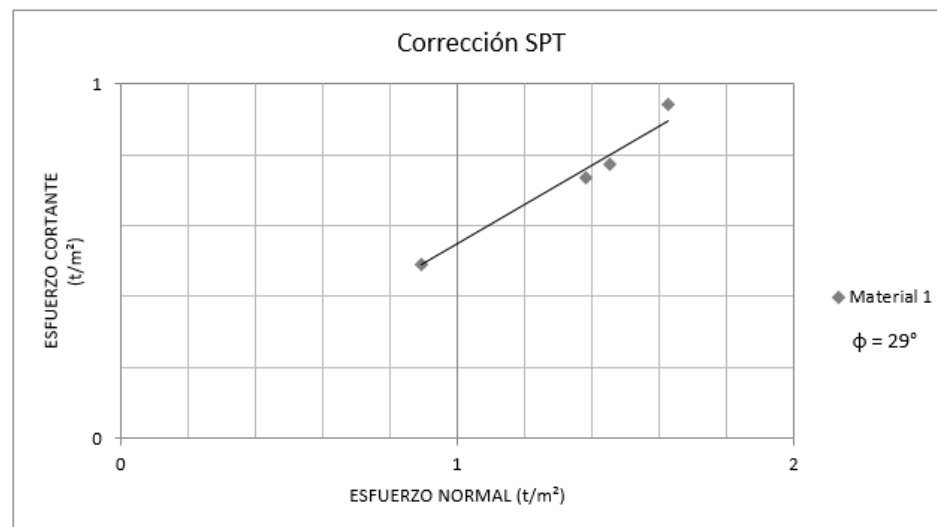


Ilustración 9-3. Obtención parámetros resistencia.

Los resultados de resistencia para el suelo residual, con la línea de refracción de información secundaria, se determinaron como parámetro de referencia por la metodología de IMIDEL, a continuación, se presentan los valores encontrados.

	<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>
---	--	--

Tabla 9-1. Resultados resistencia IMIDEL (LRS)

MATERIAL	EXPLORACIÓN GEOFÍSICA		CORRELACIÓN ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES		CORRELACIÓN DE IMIDEL	
	Vs (m/s)	Vp (m/s)	C' (kN/m ²)	φ°	C' (kNm ²)	φ°
SUELO RESIDUAL	820	350	0.01	28	0.51	26

Los resultados de los análisis realizados para el suelo residual, se resumen a continuación.

Tabla 9-2. Parámetros de resistencia suelo residual

Método de estimación	Cohesión	Ángulo de fricción
LRS (IMIDEL)	0.51 kN/m ²	28 °
SPT	0	29
NAVFAC 2005	0	28
Terzaghi Peck, Mesri 1996	0	27

En la Tabla 9-3, se presentan las propiedades de los tres materiales identificados en el perfil geotécnico.

Tabla 9-3 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 Características 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 transmisible, en donde se

evaluó un macizo a una distancia en planta de aproximadamente 105 m de la estación “Paraíso Mirador” tal como se muestra en la Ilustración 9-4.

En dicho estudio, se identificaron 6 familias de discontinuidades cuyos datos estructurales se resumen en la Tabla 9-4.

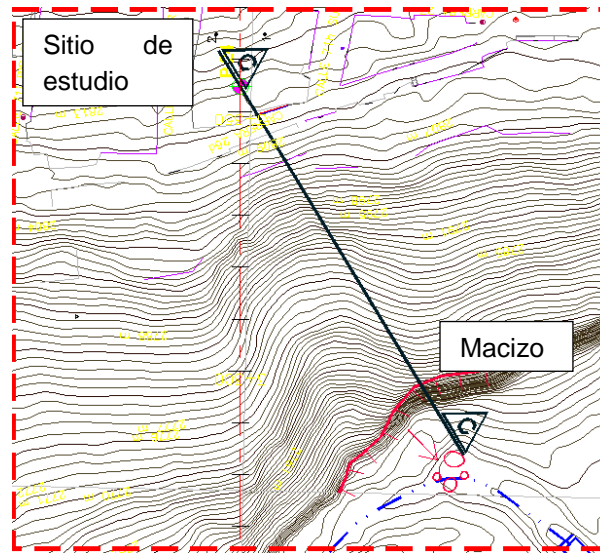


Ilustración 9-4- Macizo evaluado

Tabla 9-4 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 9-3, y con base al perfil de la Ilustración, 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 9-5 Buzamiento aparente

Lineamiento Perfil 2			
Estructura	Buzamiento Aparente	Buzamiento real	Ángulo entre línea y el rumbo
D1	62.3	66	58
D2	3.7	75	1
D3	23.7	26	64
D4	5.4	34	8
D5	59.1	61	68
D6	76.8	77	81
Es	27	30	62

9.3 Condición 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 9-6. Condición de agua subsuperficial

Perforación	S07	S08	S09
Profundidad (m)	3.2	2.15	2.3

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 TIPO Y NIVEL DE CIMENTACIÓN

Considerando la edificación se cimentará sobre el estrato identificado como arenisca fracturada con intercalaciones de arcilla, el 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 2 m de profundidad desde el nivel más bajo del terreno. A continuación, se presentan los resultados del análisis de capacidad portante y asentamientos para zapatas aisladas y losa.

10.3 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.

Tabla 10-1: Capacidad portante zapatas

Edificio	Geometría					Factores de corrección cimentaciones superficiales	Capacidad portante en roca fracturada	
	L (m)	B (m)	L/B	B/L	Df (m)	Cf1	qadm (MPa)	qadm (t/m2)
Galería								
Losa	38	5.56	6.83	0.15	2.65	1.10	0.4	41.5
Zapata	1.00	1.00	1.00	1.00	2.65	1.25	0.5	47.3
Zapata	1.50	1.50	1.00	1.00	2.65	1.25	0.5	47.3
Zapata	2.00	2.00	1.00	1.00	2.65	1.25	0.5	47.3
Zapata	0.80	1.00	0.80	1.25	2.65	1.12	0.4	42.3
Zapata	1.20	1.50	0.80	1.25	2.65	1.12	0.4	42.3
Zapata	1.60	2.00	0.80	1.25	2.65	1.12	0.4	42.3
Zapata	0.50	1.00	0.50	2.00	2.65	1.10	0.4	41.6
Zapata	0.75	1.50	0.50	2.00	2.65	1.10	0.4	41.6
Zapata	1.00	2.00	0.50	2.00	2.65	1.10	0.4	41.6

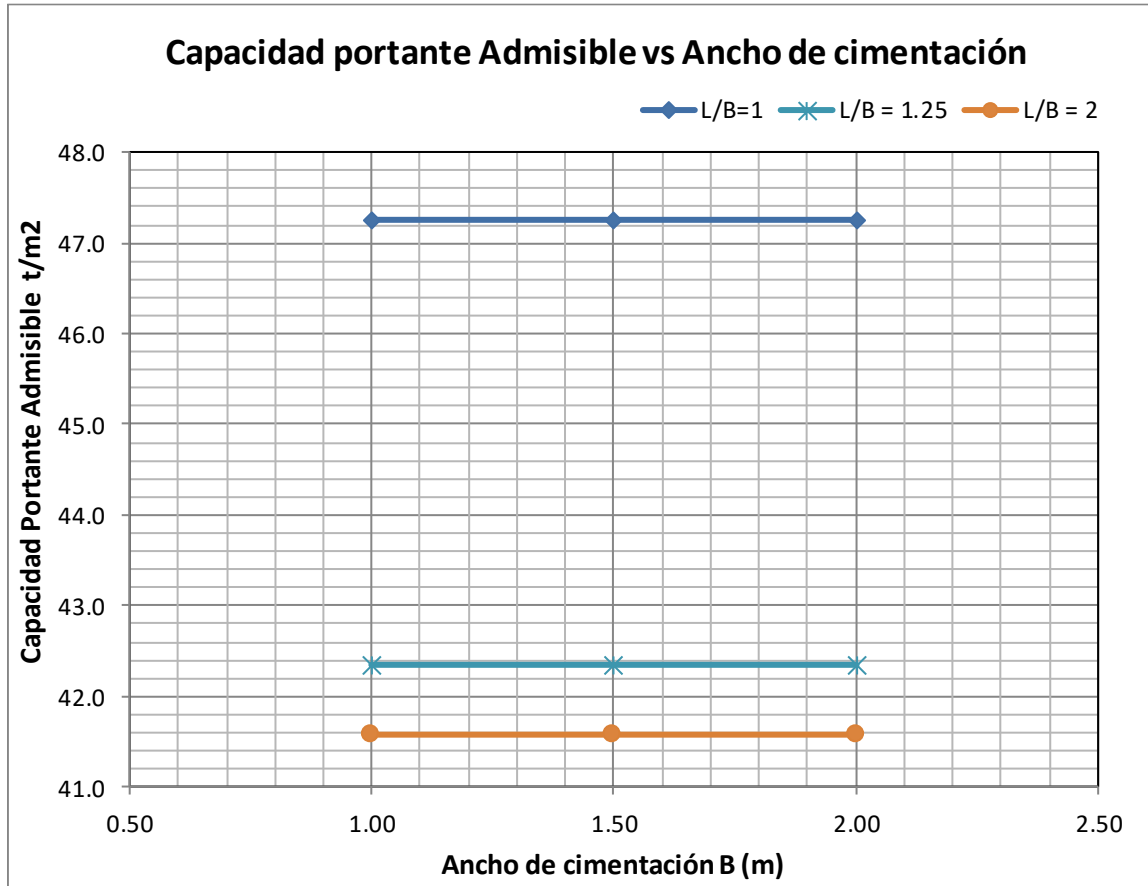


Ilustración 10-1. Capacidad portante zapatas

De la Ilustración 10-1, se observa que el valor de capacidad portante en roca fracturada, para una misma relación L/B , es constante independientemente de la dimensión de los elementos, es decir, para zapatas cuadradas donde $L/B = 1$, 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 m x 13 m, dando un esfuerzo admisible de 45 t/m².

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

10.4 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.

Se adoptó un valor de 45 t como la carga a nivel de cimentación; y se estimó que esta carga se distribuirá en una zapata de 1 m x 1 m, por tanto, el valor a nivel de cimentación corresponderá a 45 t/m²

Tabla 10-2 Asentamientos elásticos

Ed	Tipo cimentación	B (m)	B/L	L/B	Q _{neta} (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	1.0	1.0	45	1615	0.35	0.988	24.1	1863.69	45.00
1.50	Zapatas	1.50	1.0	1.0	45	1615	0.35	0.988	36.2	1242.46	101.25
2.00	Zapatas	2.00	1.0	1.0	45	1615	0.35	0.988	48.3	931.84	180.00
1.25	Zapatas	1.00	1.3	0.8	45	1615	0.35	0.880	21.5	2091.50	36.00
1.88	Zapatas	1.50	1.3	0.8	45	1615	0.35	0.880	32.3	1394.33	81.00
2.50	Zapatas	2.00	1.3	0.8	45	1615	0.35	0.880	43.0	1045.75	144.00
2.00	Zapatas	1.00	2.0	0.5	45	1615	0.35	0.674	16.5	2730.78	22.50
3.00	Zapatas	1.50	2.0	0.5	45	1615	0.35	0.674	24.7	1820.52	50.63
4.00	Zapatas	2.00	2.0	0.5	45	1615	0.35	0.674	33.0	1365.39	90.00

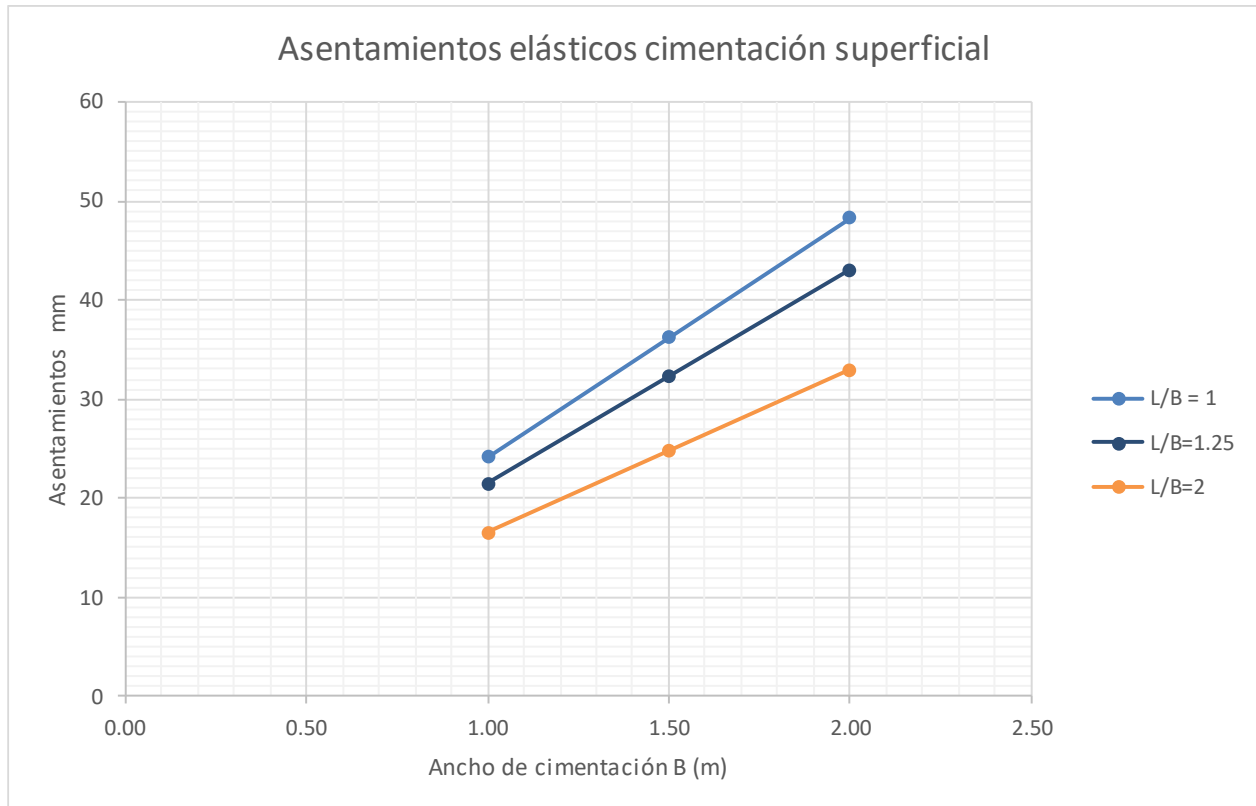


Ilustración 10-2. Asentamientos elásticos

Los asentamientos elásticos esperados son inferiores a 5 centímetros.

10.5 EXCAVACIONES

En la implantación del edificio SCRD, se presentan cortes de 2.65 m por debajo del nivel de andén de la calle 71 I BIS SUR, éste corte se proyecta sobre arenisca fracturada con intercalaciones de arcilla, a continuación, se presenta los resultados obtenidos de los análisis realizados.

10.6 ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN

Para la construcción de la edificación, se requieren generar algunos taludes de corte y posteriormente estructuras de contención para el confinamiento de este y protección de las construcciones cercanas. Teniendo en cuenta las condiciones geotécnicas del sitio, los cortes que se realicen, estarán proyectados sobre el suelo residual y la arenisca fracturada con intercalaciones de arcilla.

Los empujes laterales que actúan sobre los muros, se determinan con base a la propuesta de Coulomb. A continuación, se presenta los valores recomendados para una condición crítica de cohesión de 0.

Tabla 10-3. Coeficiente de tierras

COEFICIENTES DE EMPUJES DE TIERRAS		
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	Residual
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
Kh	Coeficiente de aceleración horizontal (g)	0.14
Kv	Coeficiente de aceleración vertical (g)	0.00
θ'	$\tan^{-1}(Kh/(1-Kv))$	7.97
Ka	Coeficiente de presión activa	0.321
Kae:	Coeficiente de presión activa con sismo	0.427

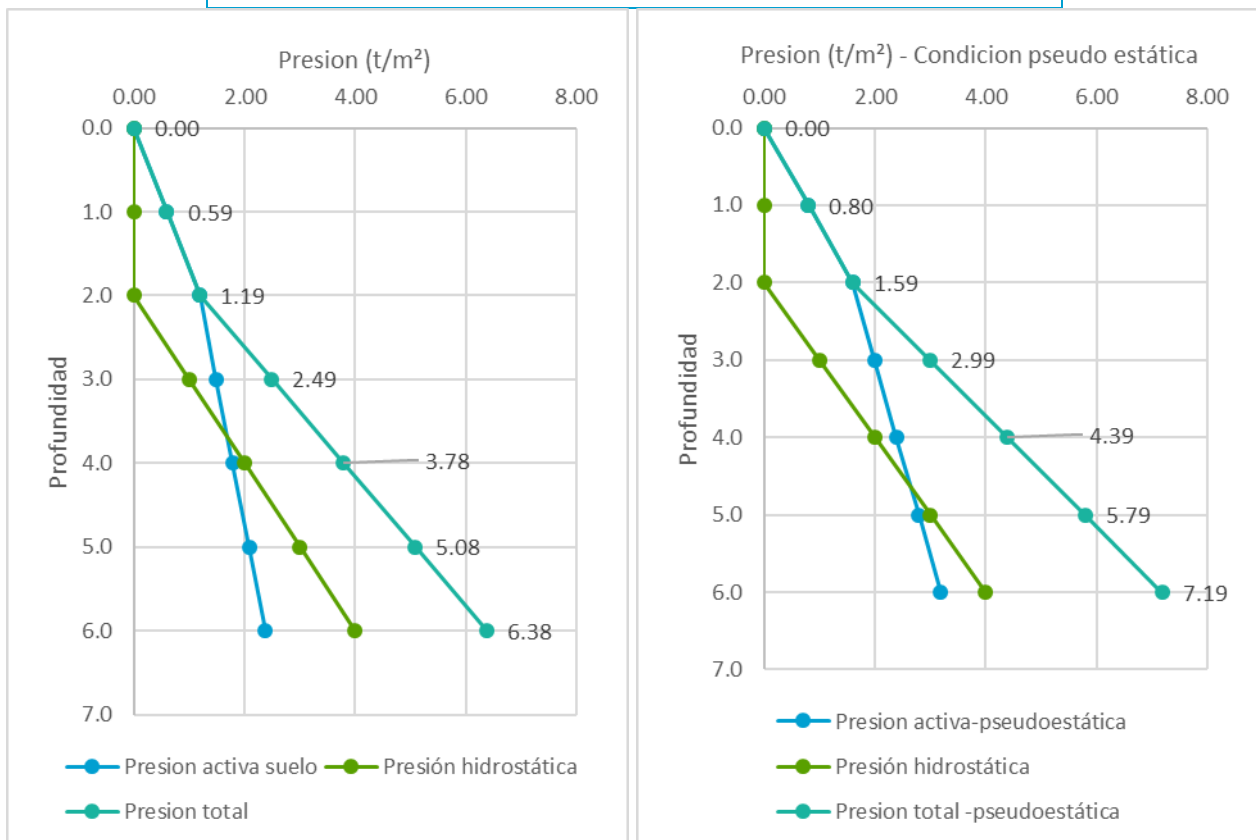


Ilustración 10-3. Diagrama de presiones estática y pseudoestática.

10.7 OBRAS DE URBANISMO

Conforme al diseño arquitectónico, se requiere de un muro de contención localizado en el costado norte del SCRD, en donde se genera un desnivel de 2.5 m entre el nivel del terreno natural y la propuesta arquitectónica que da lugar a una plazoleta, el esquema del muro de contención propuesto; cuenta con una zarpa de 3 m, la altura total es de 4.5 m, de los cuales, según información del proyecto 4 m son de altura libre, el muro tiene una llave de 1 x 0.5 m, y en toda su sección deberá ir cimentado sobre el estrato identificado como arenisca fracturada con intercalaciones de arcilla, en ningún caso se deberá cimentar en el relleno superficial de conformación del terraceo actual. En el trasdós se instalará un filtro francés

10.7.1 Muro de contención

Los valores de empuje de tierras se presentaron en la Tabla 8-3.

• DIMENSIÓN DE MURO

Dimensiones de muro

D	=	0.2	m
H	=	4.5	m
a	=	0.3	m
b	=	3	m
c	=	0.3	m
d	=	0.3	m
e	=	1	m
f	=	0.02	m
g	=	0.02	m
h	=	0	m
i	=	1	m

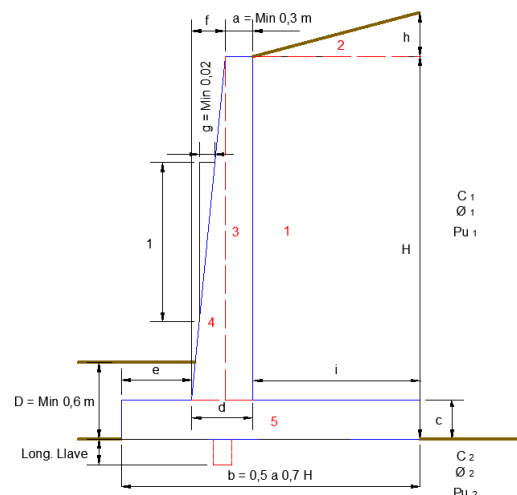


Tabla 10-4. Dimensionamiento de muro de contención

• TABLA RESUMEN FACTOR DE SEGURIDAD

A continuación, se presenta los resultados de factor de seguridad.

Verificación por Volteo	Verificación deslizamiento	por Verificación portante	por capacidad
Fs = 3.6 > 2	Fs = 2.6 > 1.5	Fs = 3.1 > 3	

Tabla 10-5. Tabla resumen de factor de seguridad

10.7.2 Plazoleta

Se conformará teniendo en cuenta una composición de estructura de pavimento articulado compuesto por: base granular, subbase granular, arena y adoquín, para ello, se recomienda que la conformación se realice con material de subbase granular tipo C debidamente compactado y conformando capas de 20 cm; posteriormente se instalará una capa de base granular sobre la cual se instalarán los bordillos, la arena y el adoquín.

El material de base granular debe cumplir con los requisitos de la sección 400 de las especificaciones técnicas generales de materiales y construcción; una vez instalado la subbase y la base, se instalará una capa de arena de 5 cm, y finalmente se instalarán adoquines o losetas para tráfico peatonal.

Con el fin de evitar el desplazamiento lateral, el adoquín se confinará lateralmente mediante la instalación de bordillos.

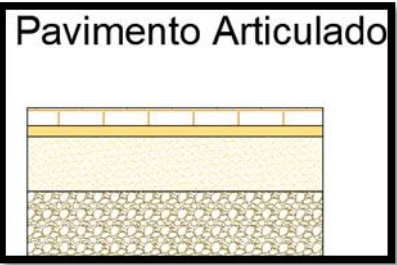
	Plazoleta	
Adoquín	8	
Arena	5	
Base granular	25	
Subbase granular	30 – o hasta alcanzar el nivel 2823	

Tabla 10-6. Espesor propuesto

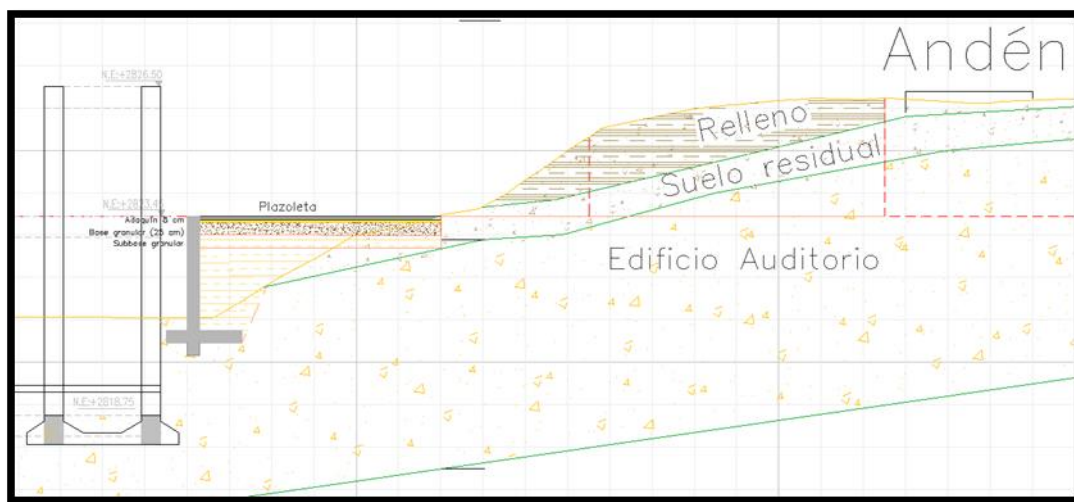


Ilustración 10-4. Esquema general de Plazoleta

10.8 PROTECCIÓN A EDIFICACIONES VECINAS.

Mediante el método de elementos finitos en 2D, se verificó que la magnitud de las deflexiones del muro pantalla fueran admisibles, de tal manera que fuese viable implementarlos como sistema de contención definitivo y así brindar protección a las construcciones vecinas. A continuación, se presenta el esquema del análisis realizado, la carga que se representa el edificio SCRD según la información suministrada por el proyecto, corresponde a 360 t.

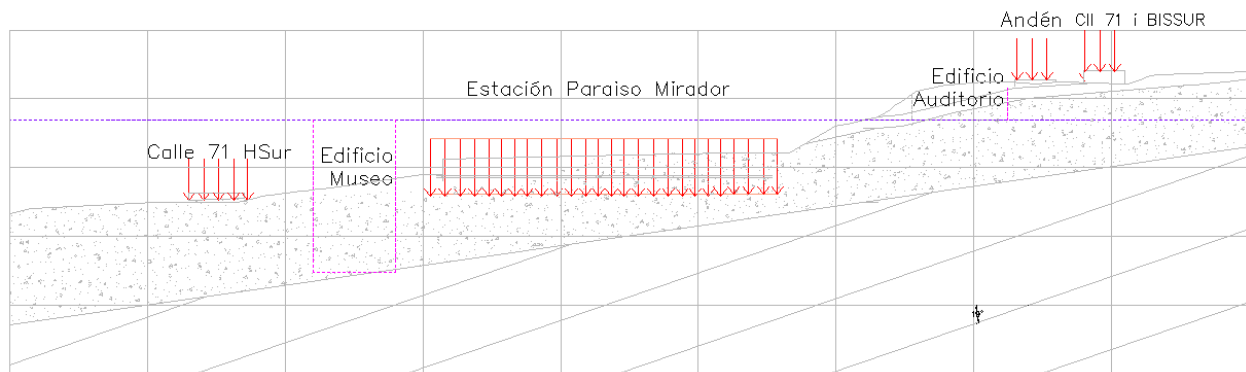


Ilustración 10-5. Representación gráfica de modelo

La Ilustración 10, 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 que la magnitud de las deformaciones esperadas en el sistema son inferiores a 1 cm.

10.9 Secuencia de construcción

Se excavará inicialmente para la construcción de la galería, por tanto se excavará con el procesimiento berma talud por debajo del nivel del andén de la calle 71 I BISSUR, en un nivel de excavación inferior a los - 3 m, en suelo residual de arenisca.

Posteriormente se contruiran los elementos estructurales involucrados como cimentación y muros de contención.

Finalmente se excavarán los elementos que hacen parte de las obras de urbanismo junto con el muro de contención propuesto.

La excavación se realizará de tal manera que no haya interferencia con la cimentación y obras de urbanismo de la estación Paraíso Mirador; para el edificio SCRD, se dejará un aislamiento de 1 m para la construcción de los muros.

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.

	ESTUDIO GEOTÉCNICO EQUIPAMIENTOS CULTURALES CIUDAD BOLÍVAR - SCRĐ	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
	VERSIÓN I	

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.

11 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIÓN

En el predio donde se construirá el edificio SCRD, se encontró un perfil geotécnico conformado por un estrato de suelo residual, sobre un estrato de arenisca fracturada con intercalaciones de arcilla, sobre 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 2.6 m desde el nivel actual del terreno a la altura de la calle 71 I Bis sur.

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 pugada, por tanto, se cumplen los criterios de límite de servicio y límites resistencia establecidos en la norma sismo resistente.

11.1 Recomendaciones Zonas duras.

Se recomienda instalar entre la superficie actual del terreno y la estructura articulada, un geotextil de separación tipo FORTEx BX 30 o similar con resistencia a la Tensión de al menos 1600 N y resistencia al punzonamiento de al menos 4400 N.

Se deberá cumplir con los parámetros de materiales para bases y subbases del IDRD, tráfico peatonal.

Base granular IDRD

Los siguientes son los rangos granulométricos exigidos por el IDRD para los materiales seleccionados para Base Granular:

Tamiz No. Abertura (mm) Base granular IDRD % que pasa

3" (75,00)	100,00	100,00
2 1/2" (62,50)	100,00	100,00
2" (50,00)	100,00	100,00
1 1/2" (37,50)	85,00	100,00

	<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>
---	--	--

1" (25,00)	70,00	100,00
3/4" (19,00)	60,00	90,00
1/2" (12,50)	51,00	81,00
3/8" (9,50)	45,00	75,00
#4 (4,75)	30,00	60,00
#10 (2,00)	20,00	45,00
#40 (0,43)	10,00	30,00
#200 (0,08)	5,00	15,00

Se deberá realizar una (1) prueba de Proctor Modificado (I.N.V.E-142) cada 500 m³ de material suministrado, cuando cambien las características de color y textura del recebo o cuando se cambie la cantera. También se recomienda realizar un (1) ensayo de Granulometría (I.N.V.E-213) por cada 500 m³ de material suministrado. El material seleccionado debe estar entre los límites de la curva de granulometrías de las especificaciones IDRD. Se debe pedir certificación del proveedor.

Se debe efectuar una (1) prueba de Límite líquido (I.N.V.E-125) cada 500 m³ de material suministrado y registrar un valor menor al 30 %. Adicionalmente se debe realizar un ensayo de Índice de plasticidad (I.N.V.E-126). La fracción del material que pasa el tamiz N° 40 debe tener un IP menor al 4 %. El equivalente de arena debe ser mayor o igual que 30%. El valor de azul de metileno (I.N.V.E-235) debe ser menor o igual que 1 % (1gr/100gr).

12 CONSIDERACIONES ADICIONALES

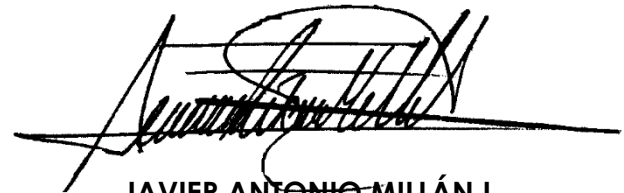
Las conclusiones y recomendaciones del presente informe están basadas en los resultados obtenidos a partir de la información recopilada de investigación del subsuelo y ensayos de laboratorio ejecutados.

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.

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

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