



**“ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y LOS
ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL,
EN BOGOTÁ D.C.”**

CONTRATO DE CONSULTORÍA No. 1630 DE 2020

INF-GEN--CASC-250-22

“PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PILONA 16”

CONSORCIO CS
Instituto de Desarrollo Urbano



BOGOTÁ, 2021 - Marzo - 07

	ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.	
---	--	---

PRODUCTO DOCUMENTAL

INF-GEN--CASC-250-22

“PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PILONA 16”

CONTROL DE VERSIONES

Versión	Fecha	Descripción de la Modificación	Folios
Versión 00	28/06/2021	Emisión Inicial	28

EMPRESA CONTRATISTA

VALIDADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Ing. Luis Antonio Espinosa A. Coordinador de Consultoría	Ing. Luis Antonio Espinosa A. Coordinador de Consultoría	Ing. Mario Ernesto Vacca G. Director de Consultoría

EMPRESA INTERVENTORA

AVALADO POR:	APROBADO POR:
Ing. Wilmer Alexander Roza Coordinador de Interventoría	Ing. Oscar Andrés Rico Gómez Director de Interventoría

	ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.	
---	--	---

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	6
2.	OBJETIVOS	6
3.	LOCALIZACIÓN DE LA PILONA N°16	6
4.	CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA.....	9
5.	MODELO GEOTÉCNICO	11
6.	ANÁLISIS GEOTÉCNICOS	13
6.1	<i>Recomendaciones generales</i>	13
6.2	<i>Capacidad</i>	13
6.3	<i>Modulo de reacción horizontal y vertical.</i>	20
7.	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD	21
8.	PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.....	25
8.1	<i>Etapas 1 Trabajos preliminares</i>	25
8.2	<i>Etapas 2 Caissons</i>	25
8.3	<i>Etapas 3 Excavación</i>	27
8.4	<i>Etapas 4 Zapata</i>	27
8.5	<i>Etapas 5 Pedestal</i>	28
8.6	<i>Etapas 6 Relleno</i>	28
8.7	<i>Etapas 7 Generalidades</i>	28

LISTA DE FIGURAS

Figura 3-1. Localización Pilona 16	6
Figura 3-2. Vista de ubicación de la Pilona 16.....	7
Figura 3-3. Esquema ancho libre de obstáculos.....	8
Figura 3-4. Dimensiones de la Pilona 16 vs Colector existente.....	8
Figura 4-1. Caracterización Geotécnica Pilona 16.....	10
Figura 5-1. Perfil Geotécnico Pilona 16.....	12
Figura 6-1. Abaco de carga axial admisible (ELR) - Pilona 16..	14
Figura 6-2. Abaco de carga axial admisible (ELEE) - Pilona 16.....	15
Figura 6-3. Abaco de carga axial admisible (ELS) - Pilona 16.....	16
Figura 6-4. Abaco de carga lateral (ELR y ELEE) - Pilona 16.....	18
Figura 6-5. Abaco de carga lateral (ELS) - Pilona 16.....	19
Figura 6-6. Abaco de módulos de reacción horizontal y vertical.....	21
Figura 7-1. Análisis de amenaza – Condición actual $F.S = 1.47$	22
Figura 7-2. Análisis de amenaza – Condición extrema $F.S = 0.88$	23
Figura 7-3. Análisis de amenaza con obras – Condición actual $F.S = 2.27$	24
Figura 7-4. Análisis de amenaza con obras – Condición extrema $F.S = 1.44$	24

LISTA DE TABLAS

Tabla 5-1. Estructura Ecológica principal – Área de influencia preliminar	11
Tabla 5-2. Perfil geotécnico propiedades de materiales Pilon 16	12
Tabla 6-1. Recomendaciones generales Pilon 16	13
Tabla 6-2. Resumen de valores de carga axial admisible y carga por tracción ELR-Pilon 16	13
Tabla 6-3. Resumen de valores de carga axial admisible ELEE.	15
Tabla 6-4. Resumen de valores de carga axial admisible ELS.....	16
Tabla 6-5. Resumen de valores de carga lateral (ELR y ELEE).....	17
Tabla 6-6. Resumen de valores de carga lateral (ELS).	18
Tabla 6-7. Resumen de valores módulos de reacción horizontal y vertical.	20
Tabla 7-1. Clasificación de amenaza por remoción de masa – Condición normal.	22
Tabla 7-2. Clasificación de amenaza por remoción de masa – Condición extrema.	22

1. INTRODUCCIÓN

Tomando en cuenta las recomendaciones realizadas por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá emitidas al Informe de Inspecciones de Redes Acueducto y Alcantarillado No. INF-RHS-CASC-130-21: *“El consultor deberá presentar los análisis geotécnicos, métodos constructivos, maquinarias a utilizar, que garanticen la estabilidad de la infraestructura existente en cercanía de las zonas a intervenir, que puedan afectarse con las obras, aun cuando se estén cumpliendo las distancias libres entre la infraestructura de acueducto y alcantarillado y las estructuras del proyecto”*, se presentan las recomendaciones sobre el desarrollo constructivo a llevar a cabo para la Pilona N° 16 del sistema de Cable Aéreo San Cristóbal.

2. OBJETIVOS

Informar a la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá sobre las recomendaciones propuestas por la Consultoría para la construcción de la Pilona 16 del Sistema de Transporte de Pasajeros por Cable en la Localidad de San Cristóbal y así evitar inconvenientes con la infraestructura de redes hidrosanitarias existentes en el sector.

3. LOCALIZACIÓN DE LA PILONA N°16

La Pilona N.º 16 se localiza entre las Calles 41 Bis Sur y la Calle 41A Bis Sur dentro de una zona verde, administrada por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, tal como se puede observar en la siguiente imagen.

Figura 3-1. Localización Pilona 16



Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo a los levantamientos de campo realizados por la Consultoría, la implantación de la Pilon 16 se encuentra a 4,33 m de la tubería que canaliza las aguas de la Quebrada los Toches. En la siguiente imagen se observa la ubicación de los pozos de inspección construidos que permiten la inspección de la canalización y se proyecta la posible ubicación de la pilon, según el prediseño propuesto por la Especialidad de Electromecánica

Figura 3-2. Vista de ubicación de la Pilona 16



Fuente: Elaboración Propia.

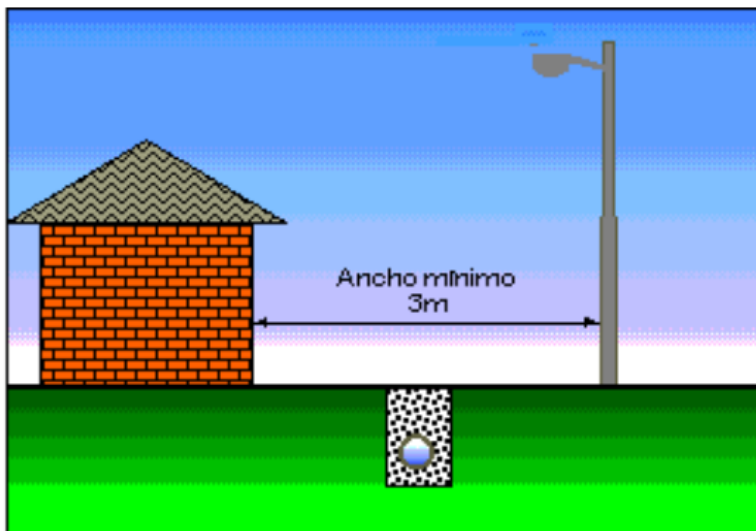
De acuerdo a las previsiones que se deben tener para la implementación de estructuras cerca de la infraestructura de redes hidrosanitarias, se hace necesario evaluar la distancia entre estas infraestructuras y evitar afectaciones a las estructuras existentes. Por lo anterior, la ETB se establece que:

Así mismo de ser necesario indicar que las labores de mantenimiento de la estructura puede ser necesario tener un corredor libre el cual permita la extracción, cargue, descargue de los elementos para su reparación, maquinaria e insumos para la instalación de red (material, granular, recebo y la misma tubería) por lo cual las estructuras colindantes deben tener una separación que permita la intervención de la EAAB-ESP de ser requerida en alguna eventualidad según Norma Técnica de Servicio NS 139 “Requisitos para la determinación del ancho mínimo del derecho de vía en redes de acueducto y alcantarillado” en el numeral 4.1.1 Restricciones tipo operativo en superficie a lo largo del derecho de vía se encuentra que:

4.1.1.1 Acceso de equipo de mantenimiento para la red

En caso de reparaciones o mantenimiento de tubería de acueducto o alcantarillado, se deberá dejar un corredor mínimo de 3.0 m de ancho libre de todo obstáculo superficial. Sin embargo, en la tabla 1 se presenta para diferentes diámetros de tubería y profundidades de cimentación, los anchos de corredor que deberán ser aplicados en aquellos sitios en donde no existan restricciones inmediatas y donde se requiere apilar material excavado a ambos lados de la zanja. Ancho mínimo sobre eje de tubería

Figura 3-3. Esquema ancho libre de obstáculos.

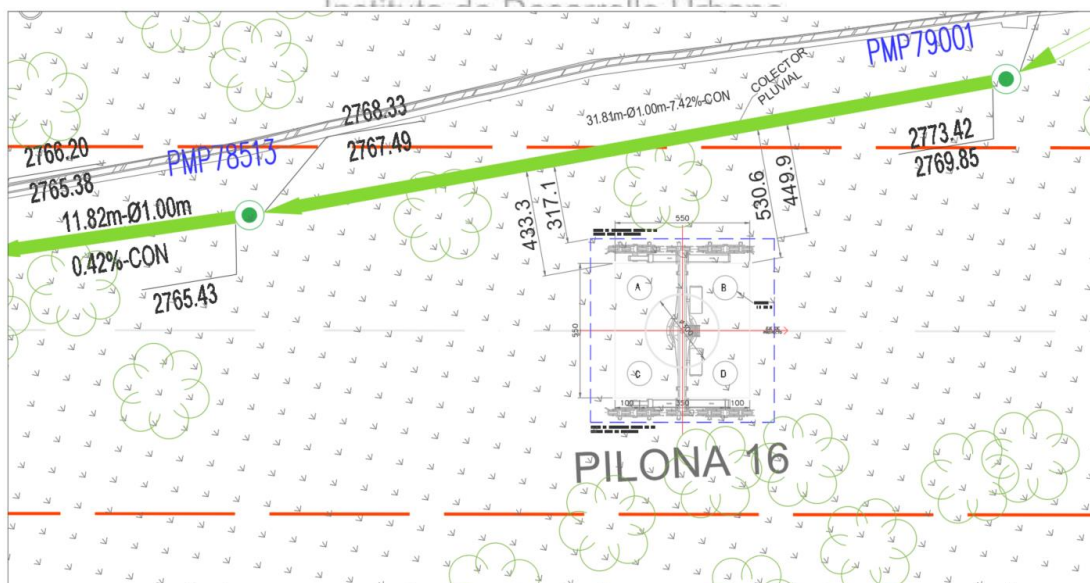


Fuente: Norma Técnica de Servicio NS 139

El ancho libre del derecho de vía propuesto tiene por objeto el acceso, ingreso de equipo de mantenimiento y operación general de las líneas de acueducto y alcantarillado. Para la tubería de 42" el ancho de área libre propuesto para las actividades y mantenimiento de tubería

En el plano denominado Pilon 16 (Anexo al presente documento), se presenta una descripción del procedimiento constructivo a tener en cuenta para la implantación de la Pilon 16, desde el replanteo, procesos de excavación manual, izados de aceros de refuerzo vaciados de concreto, entre otras actividades

Figura 3-4. Dimensiones de la Pilon 16 vs Colector existente.



Fuente: Elaboración Propia

	ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.	
---	--	---

4. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA.

En la siguiente figura se muestran algunos parámetros del suelo en función de la profundidad para la zona de la pila 16, tales como: humedad natural, límites de consistencia, granulometría, SPT, cohesión, peso unitario y módulo de elasticidad.

En cuanto al porcentaje de humedad se puede apreciar que para los primeros 10 metros del perfil sus valores se encuentran entre el 14 y el 23%, con una tendencia a disminuir con la profundidad; asimismo, para profundidades superiores a los 20 metros se tienen valores medios del 13%. Los valores para el límite plástico se encuentran entre el 13 y el 22% con valor medio de 17% a lo largo de todo el perfil, mientras que el límite líquido, se encuentra entre el 30 y el 60% con una tendencia media de 48%.

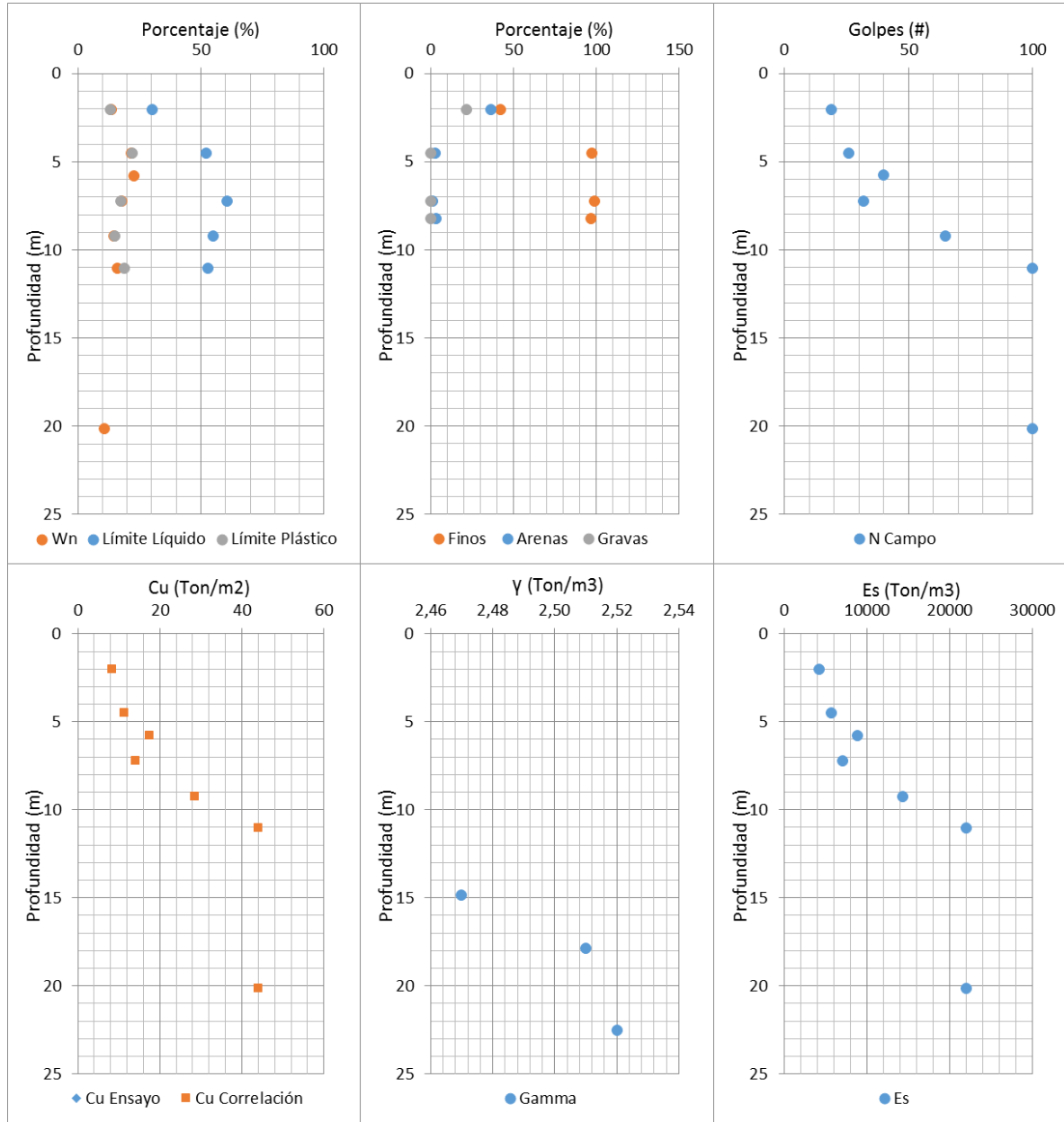
Por otra parte, se puede observar una tendencia uniforme en el porcentaje de finos, gravas y arenas, encontrándose un valor del 90% de finos para todo el perfil, mientras que el porcentaje de gravas y arenas es casi nulo. De esta manera, la gráfica de penetración estándar revela que a medida que la profundidad aumenta, el número de golpes también lo hace, obteniendo valores entre los 19 y los 100 golpes para toda la profundidad, es decir, desde los 2 a los 5 m, el número de golpes está entre 19 y 40; asimismo, entre 5 y 10 m, el valor está entre 32 y 65 golpes/pie. Finalmente, hasta llegar a los 25 m, el valor de N_{spt} es de 100 golpes/pie.

Para los materiales que presentan más del 30% de finos y que pueden considerarse cohesivos se realizan ensayos de compresión confinada para estimar la resistencia al corte no drenado, adicionalmente con el ensayo de penetración estándar se evalúa este parámetro a partir de la expresión de Stroud (1974) que se expresa como: $C_u = 4.4 \cdot N_{campo}$ (kPa). La gráfica de variación de la resistencia al corte no drenado muestra que, entre 3 y 7 m, la resistencia se encuentra entre 108 y 176 kN/m², siendo valores relativamente bajos que pueden estar asociados a la presencia de humedad o zonas de suelos saturados finos. Para profundidades mayores se tiene una tendencia a incrementar la magnitud de la resistencia al corte no drenado, llegando hasta los 431 kN/m².

En cuanto al peso unitario, los valores se encuentran entre 24.7 kN/m³ y 25.2 kN/m³. Finalmente, en cuanto al módulo de elasticidad, se observa que para los primeros 4 m su valor medio es de aproximadamente 49033 kN/m², mientras que para el resto del perfil su valor se incrementa con la profundidad hasta alcanzar un valor máximo de 215746 kN/m² con tendencia media de 156906 kN/m².

Con la interpretación de los datos anteriores se definió el perfil geotécnico con las propiedades geotécnicas promedios resultantes para cada capa, definidas a partir de la información consignada en la base de datos del proyecto.

Figura 4-1. Caracterización Geotécnica Pilon 16.



Fuente: Elaboración propia

5. MODELO GEOTÉCNICO

A partir de la información primaria recolectada por medio de ensayos in situ y de laboratorio, se determinó el modelo geotécnico más representativo a las condiciones encontradas del lugar donde se ubicará la pila 16. Para la determinación de este modelo se usaron las perforaciones mostradas en la siguiente Tabla.

Tabla 5-1. Estructura Ecológica principal – Área de influencia preliminar

Perforación	Coordenada		Profundidad (m)	Año
	N	E		
PP16	4°32'55.30"	74°5'28.04"	25	2021

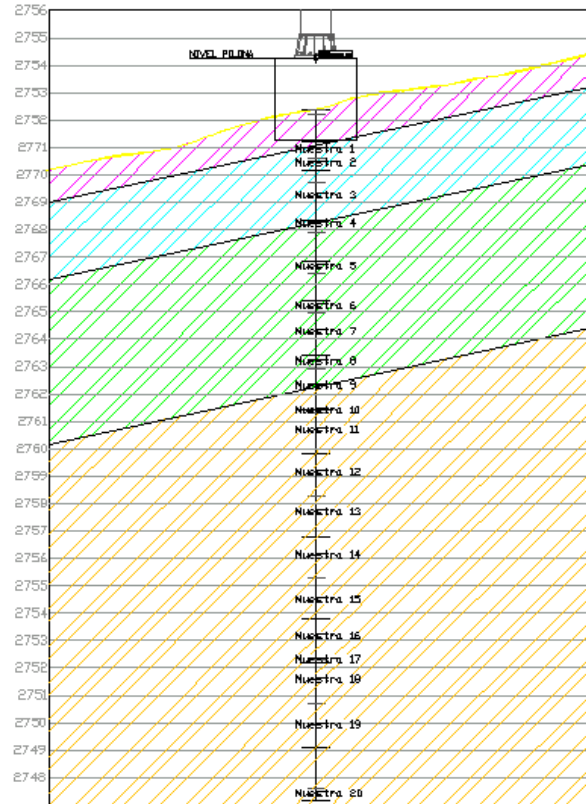
Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta una descripción de los materiales de acuerdo a la profundidad encontrada y más adelante las propiedades y parámetros promedio que representan el modelo geotécnico estudiado.

- Desde los 0.0 m aproximadamente a los 1.2 m, se encuentra limo orgánico negro.
- A partir de los 1.2 m aproximadamente hasta los 4.0 m, se identificó relleno compuesto por recebo y sobrantes de construcción de compactación media.
- Seguido del estrato anterior y hasta una profundidad de 10.0 m, se hallaron arcillas arenosas color rojo de consistencia firme a dura.
- Finalmente, hasta los 25.0 m, se evidencian limolitas altamente meteorizadas (RMR=26).

En la siguiente figura se presenta el perfil geotécnico típico y en la siguiente tabla se presenta el resumen de propiedades promedio para cada material identificado.

Figura 5-1. Perfil Geotécnico Pilona 16.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-2. Perfil geotécnico propiedades de materiales Pilon 16

Prof. (m)		Descripción	SUCS	N campo	Y (kN/m³)	Wn (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)	Cu (kPa)	φ (°)	Es (KPa)
0.0	1.20	Limo orgánico color negro.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-
1.2	4.0	Relleno compuesto por recebo y sobrantes de construcción de compactación media	CL	19	18.0	13.6	30.4	13.3	17.0	21.5	36.3	42.2	-	29	14554
4.0	10	Arcilla arenosa color rojo de consistencia firme a dura	CH	32	19.5	19.2	55.9	18.1	37.7	0.0	2.3	97.7	141.0	-	70400
10	25	Limolita muy meteorizada (RMR=26)	CL	>100	24.0	13.2	44.0	16.9	27.3	-	-	-	Qu= 1590	-	2511900

Fuente: Elaboración propia

	ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.	
---	--	---

6. ANÁLISIS GEOTÉCNICOS

Se modelaron cimentaciones profundas debido a la naturaleza de las cargas a las cuales serán sometidas las estructuras. Para ello se consideraron diámetros de 0.8 m 1.0 m y 1.2 m. Adicionalmente, se realizó una verificación por carga lateral por el método de Broms

6.1 Recomendaciones generales

A partir del suelo encontrado en la zona de estudio, se definieron las siguientes recomendaciones generales para la pila 16.

Tabla 6-1. Recomendaciones generales Pila 16

Suelo de fundación en la base	Prof. mínima base del pilote respecto a nivel de terreno (m)	Prof. mínima de desplante del dado respecto a nivel del terreno (m)	Observaciones
Arcillolita medianamente meteorizada.	12.0	2.7	Profundidad de desplante del dado mínimo, para garantizar un nivel de suelo homogéneo.

Fuente: Elaboración propia

6.2 Capacidad

En la siguiente tabla se presentan los resultados de la carga axial admisible y carga de tracción para el Estado Límite de Resistencia (ELR) y en la siguiente figura se presenta la gráfica de variación de la resistencia con la respecto a la longitud.

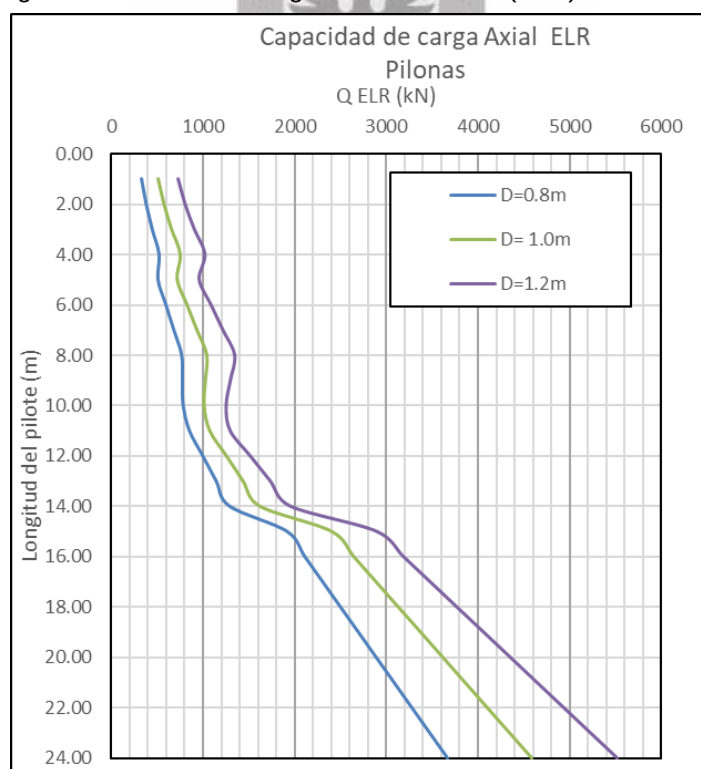
Tabla 6-2. Resumen de valores de carga axial admisible y carga por tracción ELR-Pila 16

Longitud m	Carga axial admisible ELR (kN)			Carga admisible por tracción ELR (kN)		
	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
1.00	331.8	509.3	724.7	65.09	85.06	106.51
2.00	382.2	572.3	800.3	168.56	218.09	270.59
3.00	447.8	655.3	901.2	293.31	377.73	466.59
4.00	523.3	750.8	1017.0	436.11	559.93	689.66
5.00	511.3	717.3	954.7	639.14	817.42	1003.09
6.00	597.3	824.9	1083.7	842.18	1074.91	1316.52
7.00	683.4	932.4	1212.8	1045.21	1332.40	1629.95
8.00	769.4	1040.0	1341.8	1248.25	1589.90	1943.38
9.00	777.5	1025.7	1295.5	1451.28	1847.39	2256.81
10.00	785.5	1011.4	1249.1	1654.32	2104.88	2570.24
11.00	853.4	1071.9	1292.4	1990.27	2528.52	3083.04
12.00	999.3	1254.2	1511.2	2326.22	2952.15	3595.84

Longitud m	Carga axial admisible ELR (kN)			Carga admisible por tracción ELR (kN)		
	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
13.00	1145.1	1436.5	1730.0	2662.17	3375.79	4108.64
14.00	1291.0	1618.8	1948.7	2998.12	3799.42	4621.44
15.00	1916.4	2402.6	2891.6	3334.07	4223.06	5134.24
16.00	2110.9	2645.7	3183.3	3670.01	4646.69	5647.04
17.00	2305.4	2888.8	3475.0	4005.96	5070.33	6159.84
18.00	2499.9	3131.9	3766.7	4341.91	5493.96	6672.63
19.00	2694.3	3374.9	4058.4	4677.86	5917.59	7185.43
20.00	2888.8	3618.0	4350.1	5013.81	6341.23	7698.23
21.00	3083.3	3861.1	4641.8	5349.76	6764.86	8211.03
22.00	3277.7	4104.2	4933.5	5685.71	7188.50	8723.83
23.00	3472.2	4347.3	5225.2	6021.66	7612.13	9236.63
24.00	3666.7	4590.4	5516.9	6357.61	8035.77	9749.43

Fuente: Elaboración propia

Figura 6-1. Abaco de carga axial admisible (ELR) - Pilonas



Fuente: Elaboración propia

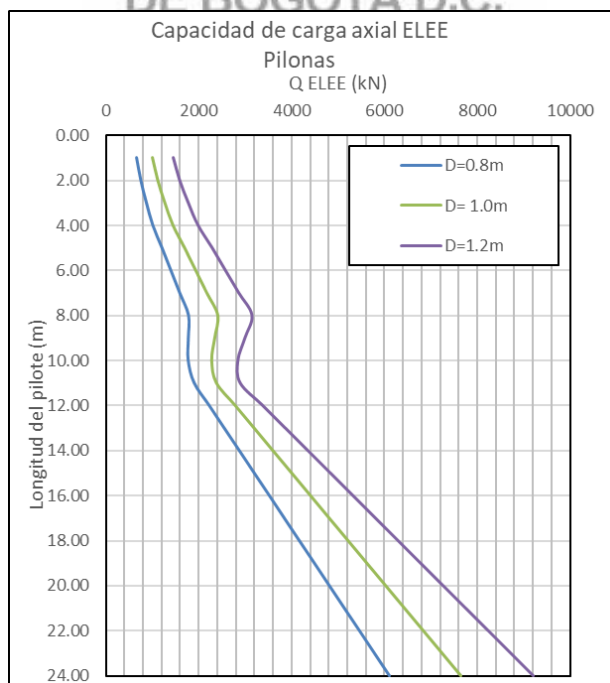
Adicionalmente en la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos para la carga axial admisible correspondiente al Estado Límite de Evento Extremo (ELEE) y en la siguiente figura se presenta la gráfica de variación de la resistencia con la respecto a la longitud.

Tabla 6-3. Resumen de valores de carga axial admisible ELEE.

Longitud m	Carga axial admisible ELEE (kN)		
	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
1.00	658.3	1012.0	1441.3
2.00	750.0	1126.6	1578.8
3.00	869.8	1278.5	1763.7
4.00	1007.6	1452.9	1975.6
5.00	1205.7	1702.7	2277.9
6.00	1396.9	1941.7	2564.7
7.00	1588.1	2180.7	2851.5
8.00	1779.3	2419.7	3138.3
9.00	1775.6	2354.1	2986.5
10.00	1771.9	2288.5	2834.7
11.00	1901.0	2389.1	2882.3
12.00	2225.1	2794.2	3368.4
13.00	2549.3	3199.4	3854.6
14.00	2873.4	3604.5	4340.8
15.00	3197.5	4009.7	4826.9
16.00	3521.6	4414.8	5313.1
17.00	3845.7	4819.9	5799.3
18.00	4169.8	5225.1	6285.5
19.00	4493.9	5630.2	6771.6
20.00	4818.1	6035.4	7257.8
21.00	5142.2	6440.5	7744.0
22.00	5466.3	6845.7	8230.1
23.00	5790.4	7250.8	8716.3
24.00	6114.5	7655.9	9202.5

Fuente: Elaboración propia

Figura 6-2. Abaco de carga axial admisible (ELEE) - Pilonas.



Fuente: Elaboración propia

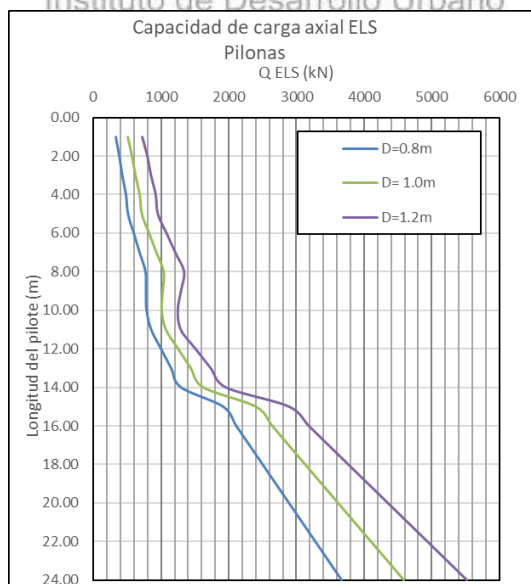
Las cargas admisibles para el Estado Límite de Servicio (ELS) y la gráfica de variación de la resistencia con la respecto a la longitud se presentan a continuación.

Tabla 6-4. Resumen de valores de carga axial admisible ELS.

Longitud m	Carga admisible axial ELS para 20 mm (kN)		
	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
1.00	331.8	509.3	724.7
2.00	382.2	572.3	800.3
3.00	426.9	622.8	854.2
4.00	481.5	685.6	923.1
5.00	511.3	717.3	954.7
6.00	597.3	824.9	1083.7
7.00	683.4	932.4	1212.8
8.00	769.4	1040.0	1341.8
9.00	777.5	1025.7	1295.5
10.00	785.5	1011.4	1249.1
11.00	853.4	1071.9	1292.4
12.00	999.3	1254.2	1511.2
13.00	1147.2	1439.7	1734.6
14.00	1295.1	1625.2	1958.0
15.00	1916.4	2402.6	2891.6
16.00	2110.9	2645.7	3183.3
17.00	2305.4	2888.8	3475.0
18.00	2499.9	3131.9	3766.7
19.00	2694.3	3374.9	4058.4
20.00	2888.8	3618.0	4350.1
21.00	3083.3	3861.1	4641.8
22.00	3277.7	4104.2	4933.5
23.00	3472.2	4347.3	5225.2
24.00	3666.7	4590.4	5516.9

Fuente: Elaboración propia

Figura 6-3. Abaco de carga axial admisible (ELS) - Pilona 16.



Fuente: Elaboración propia

	ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.	
---	--	---

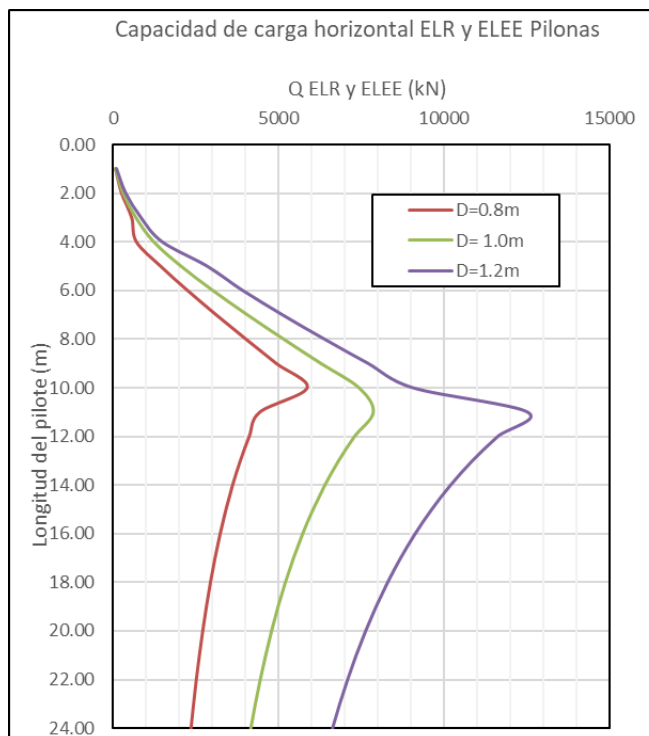
A continuación se presentan los valores de capacidad de carga lateral para cada uno de los diferentes diámetros, con respecto a los Estados Límite de Resistencia y a los Estados Límite de Evento Extremo y de igual forma se presenta la gráfica de variación de la resistencia con la respecto a la longitud.

Tabla 6-5. Resumen de valores de carga lateral (ELR y ELEE).

Longitud m	Carga horizontal ELR y ELEE (kN)		
	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
1.00	61.0	76.3	91.6
2.00	244.2	305.2	366.3
3.00	549.4	686.8	824.1
4.00	690.8	1225.3	1465.1
5.00	1421.3	2047.3	2822.9
6.00	2239.6	3009.2	3902.3
7.00	3108.4	4051.6	5099.7
8.00	4008.7	5144.4	6370.9
9.00	4930.2	6270.9	7691.4
10.00	5866.5	7420.9	9046.5
11.00	4431.0	7852.6	12513.7
12.00	4110.6	7284.0	11606.5
13.00	3839.5	6802.9	10838.7
14.00	3607.0	6390.4	10180.4
15.00	3405.5	6032.9	9609.9
16.00	3229.2	5720.0	9110.6
17.00	3073.6	5443.9	8670.0
18.00	2935.3	5198.5	8278.4
19.00	2811.6	4978.9	7927.9
20.00	2700.2	4781.2	7612.5
21.00	2599.4	4602.4	7327.1
22.00	2507.8	4439.8	7067.6
23.00	2424.1	4291.3	6830.7
24.00	2347.4	4155.2	6613.5

Fuente: Elaboración propia

Figura 6-4. Abaco de carga lateral (ELR y ELEE) - Pilona 16.



Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente en la siguiente tabla se muestran los resultados de capacidad de carga lateral para los diferentes diámetros con respecto a los valores de Estado Límite de Servicio y en la figura siguiente se presenta la gráfica de variación de la resistencia con la respecto a la longitud.

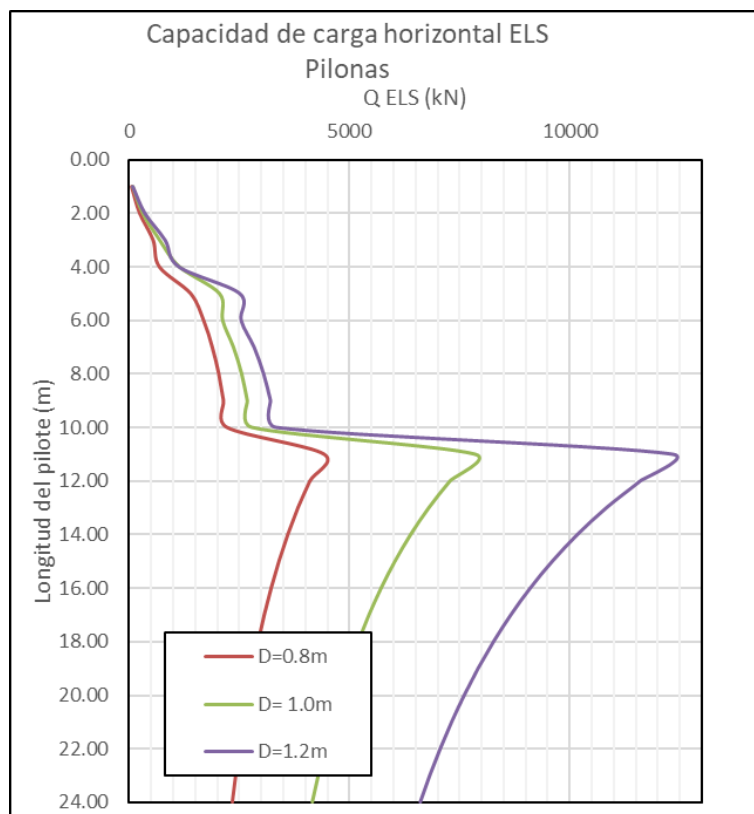
Tabla 6-6. Resumen de valores de carga lateral (ELS).

Longitud m	Carga horizontal ELS para 20 mm(kN)		
	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
1.00	61.0	76.3	91.6
2.00	244.2	305.2	366.3
3.00	549.4	686.8	824.1
4.00	690.8	1137.5	1137.5
5.00	1402.3	2047.3	2520.1
6.00	1696.4	2118.1	2549.6
7.00	1892.6	2363.2	2843.7
8.00	2039.6	2549.6	3059.5
9.00	2147.5	2677.0	3216.4
10.00	2226.0	2784.9	3343.8
11.00	4431.0	7852.6	12335.9
12.00	4110.6	7284.0	11606.5
13.00	3839.5	6802.9	10838.7
14.00	3607.0	6390.4	10180.4
15.00	3405.5	6032.9	9609.9
16.00	3229.2	5720.0	9110.6
17.00	3073.6	5443.9	8670.0

Longitud m	Carga horizontal ELS para 20 mm(kN)		
	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
18.00	2935.3	5198.5	8278.4
19.00	2811.6	4978.9	7927.9
20.00	2700.2	4781.2	7612.5
21.00	2599.4	4602.4	7327.1
22.00	2507.8	4439.8	7067.6
23.00	2424.1	4291.3	6830.7
24.00	2347.4	4155.2	6613.5

Fuente: Elaboración propia

Figura 6-5. Abaco de carga lateral (ELS) - Pilona 16.



Fuente: Elaboración propia

6.3 *Modulo de reacción horizontal y vertical.*

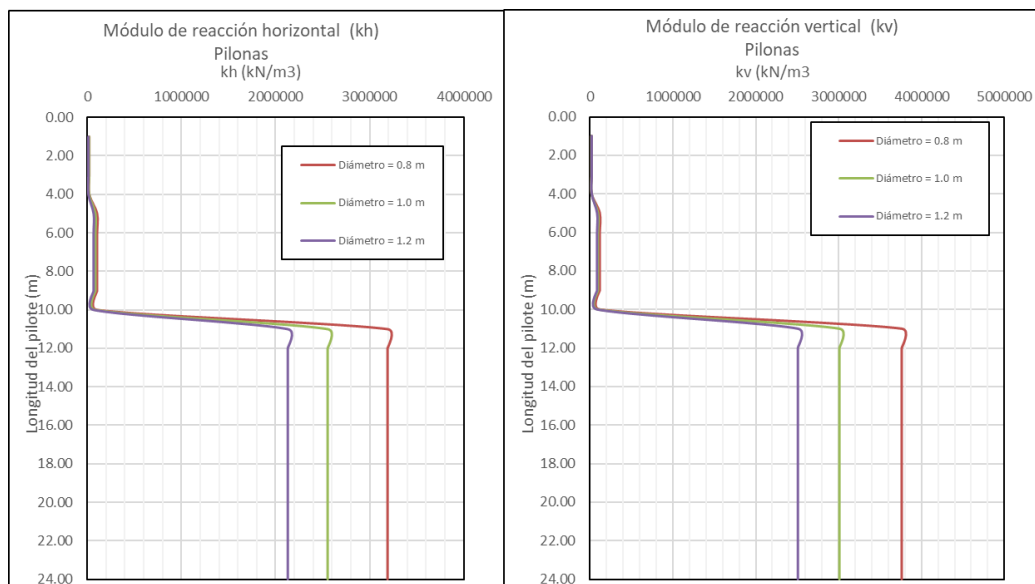
En la tabla siguiente se presentan los valores de los módulos de reacción vertical y horizontal, para cada uno de los diámetros contemplados y la figura siguiente se muestra la variación con la profundidad valores que pueden ser utilizados para la elaboración del modelo de diseño estructural.

Tabla 6-7. Resumen de valores módulos de reacción horizontal y vertical.

Longitud (m)	Diámetro = 0.8 m		Diámetro = 1.0 m		Diámetro = 1.2 m	
	kh (kN/m ³)	kv (kN/m ³)	kh (kN/m ³)	kv (kN/m ³)	kh (kN/m ³)	kv (kN/m ³)
1.00	19666	23136	15733	18509	13111	15424
2.00	19666	23136	15733	18509	13111	15424
3.00	19666	23136	15733	18509	13111	15424
4.00	19666	23136	15733	18509	13111	15424
5.00	103094	121288	82475	97030	68730	80858
6.00	103094	121288	82475	97030	68730	80858
7.00	103094	121288	82475	97030	68730	80858
8.00	103094	121288	82475	97030	68730	80858
9.00	103094	121288	82475	97030	68730	80858
10.00	103094	121288	82475	97030	68730	80858
11.00	3193563	3757141	2554850	3005713	2129042	2504761
12.00	3193563	3757141	2554850	3005713	2129042	2504761
13.00	3193563	3757141	2554850	3005713	2129042	2504761
14.00	3193563	3757141	2554850	3005713	2129042	2504761
15.00	3193563	3757141	2554850	3005713	2129042	2504761
16.00	3193563	3757141	2554850	3005713	2129042	2504761
17.00	3193563	3757141	2554850	3005713	2129042	2504761
18.00	3193563	3757141	2554850	3005713	2129042	2504761
19.00	3193563	3757141	2554850	3005713	2129042	2504761
20.00	3193563	3757141	2554850	3005713	2129042	2504761
21.00	3193563	3757141	2554850	3005713	2129042	2504761
22.00	3193563	3757141	2554850	3005713	2129042	2504761
23.00	3193563	3757141	2554850	3005713	2129042	2504761
24.00	3193563	3757141	2554850	3005713	2129042	2504761

Fuente: Elaboración propia

Figura 6-6. Abaco de módulos de reacción horizontal y vertical.



Fuente: Elaboración propia

7. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Con el fin de evaluar la clasificación de amenaza en remoción en masa, se efectuó el análisis de estabilidad global de la zona en donde se dispondrá la pila 16. La evaluación de la amenaza se evaluó para los siguientes escenarios:

1. Condición actual y procesos de remoción en masa identificados como parte del modelo geológico - geotécnico propuesto para los distintos sectores y estructuras, bajo las condiciones normales y extremas de niveles de agua y de sismo a las que podrá estar expuesta el área de estudio.
2. Condición extrema por el cambio de uso (obras de urbanismo y plan de construcciones más probables) teniendo en cuenta en cada caso cortes, excavaciones, rellenos, sobrecargas, modificaciones del drenaje, etc., para los fenómenos de remoción en masa, reactivados o inducidos durante y después de la ejecución de las obras, tanto en el área del proyecto como en el área de influencia, bajo condiciones normales y extremas de niveles de agua y de sismo.

De acuerdo con la resolución 227 de 2006 una zona se puede clasificar en amenaza baja, media o alta, de acuerdo con el factor de seguridad obtenido del análisis de estabilidad global de la zona, para esta clasificación se tienen en cuenta los siguientes valores.

Tabla 7-1. Clasificación de amenaza por remoción de masa – Condición normal.

Condición Normal	F.S.
Amenaza baja	>1.9
Amenaza media	1.2-1.9
Amenaza alta	<1.2

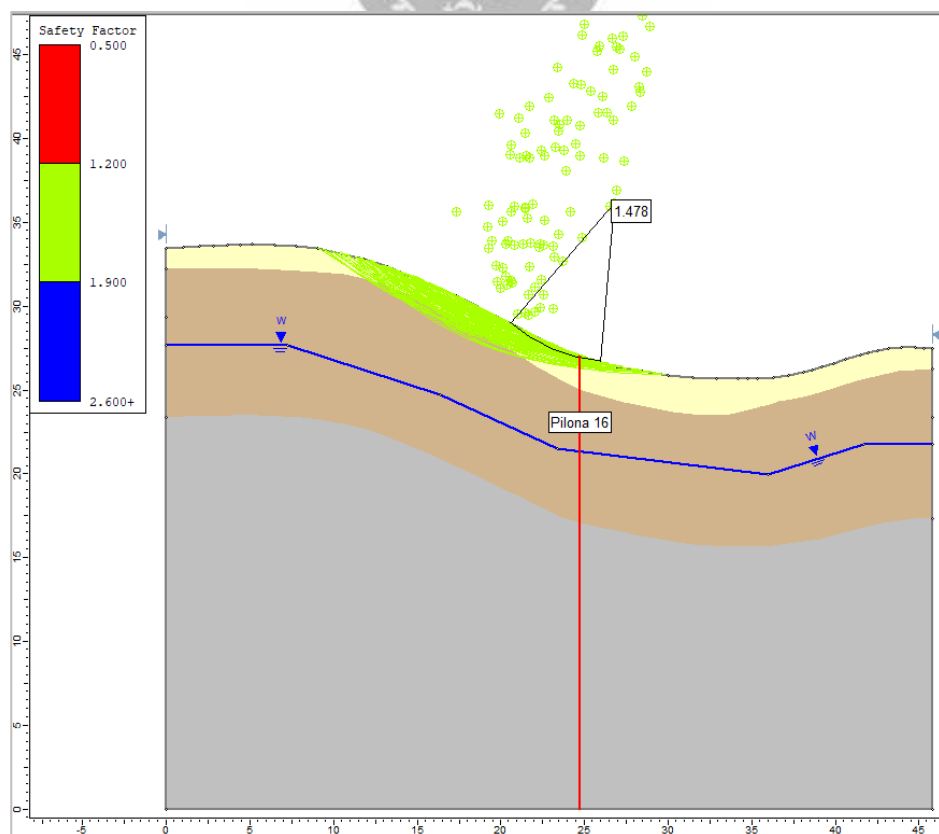
Tabla 7-2. Clasificación de amenaza por remoción de masa – Condición extrema.

Condición extrema (50 años)	F.S.
Amenaza baja	>1.3
Amenaza media	1.0-1.3
Amenaza alta	<1.3

Fuente: Elaboración propia

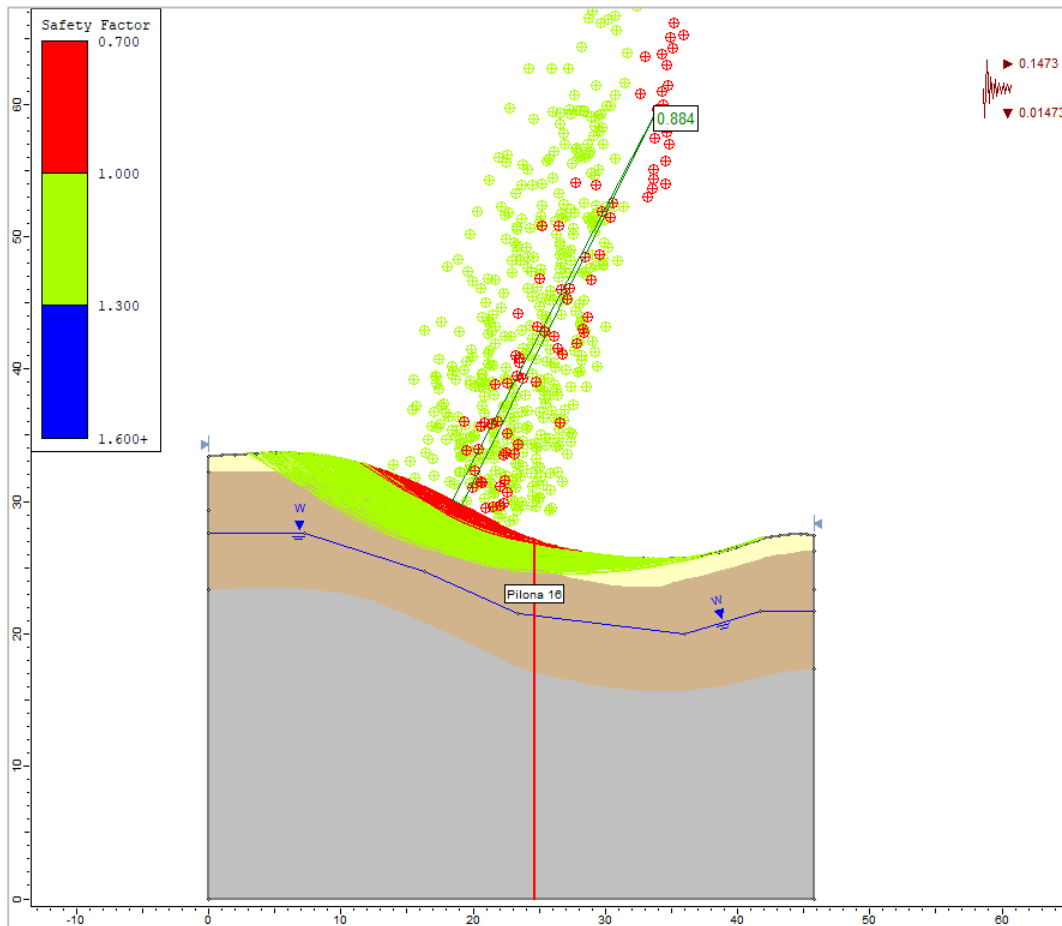
Para el caso de la pila 16, se obtuvo un factor de seguridad del análisis de estabilidad global de 1.47 para la condición normal y un factor 0.88 para la condición extrema, lo que indica que se presenta una amenaza media para el caso de la condición normal y amenaza alta para la condición extrema, como se evidencia en las siguientes figuras.

Figura 7-1. Análisis de amenaza – Condición actual F.S = 1.47.



Fuente: Elaboración propia

Figura 7-2. Análisis de amenaza – Condición extrema F.S = 0.88.

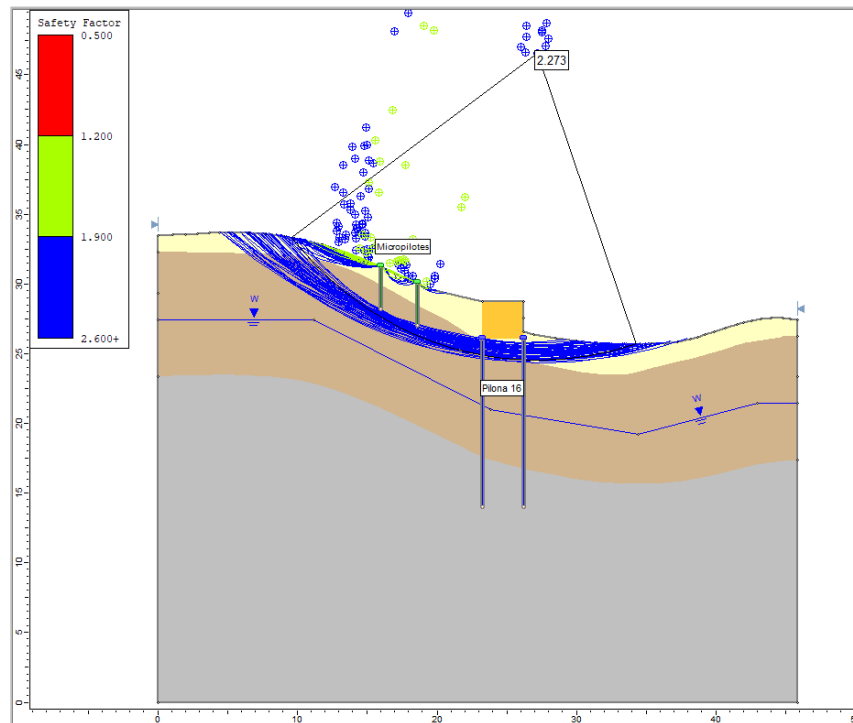


Fuente: Elaboración propia

Con el fin de cumplir con los factores mínimos establecidos en la resolución 227 de 2006, se plantean obras de estabilización que permitan ejecutar las labores de construcción de cimentación de las pilonas.

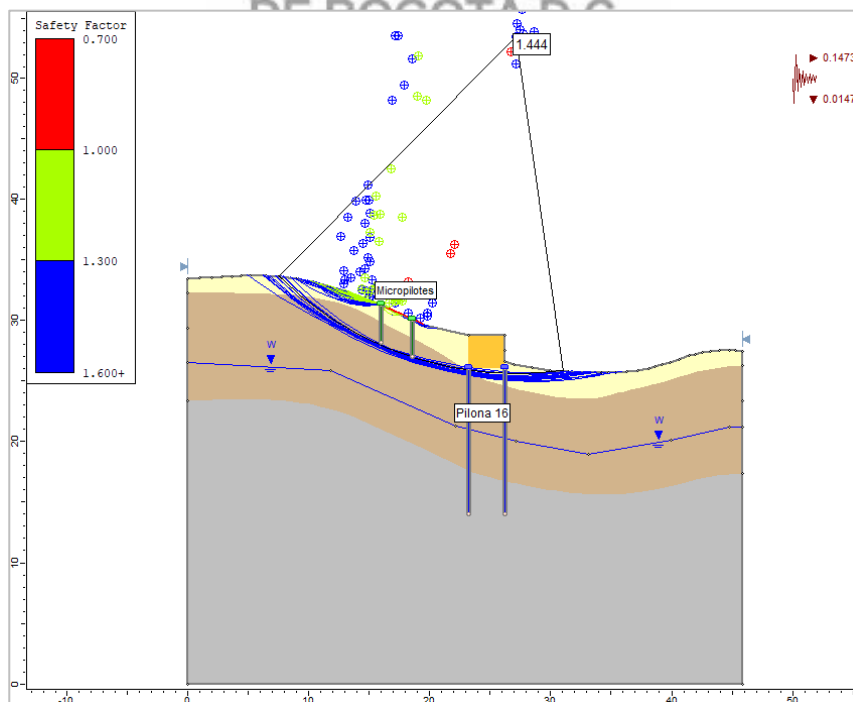
Las obras de estabilización constan de dos (2) filas de micropilotes situados en la parte superior de la ladera, con una longitud de 3 m y un diámetro de 0,3m con una separación entre centros de 1m. A continuación, se presentan los análisis de estabilidad para la zona incluyendo las obras de estabilización y la cimentación de la piona, obteniendo un factor de seguridad de 2.27 para condición con obras y un factor de seguridad de 1.44 para la condición con obras en estado extremo.

Figura 7-3. Análisis de amenaza con obras – Condición actual F.S = 2.27.



Fuente: Elaboración propia

Figura 7-4. Análisis de amenaza con obras – Condición extrema F.S = 1.44.



Fuente: Elaboración propia

	ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.	
---	--	---

8. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.

8.1 *Etapas 1 Trabajos preliminares*

- Antes de iniciar cualquier trabajo serán colocados los elementos y dispositivos requeridos en el señalamiento de protección de obra.
- Ubicar con ayuda de la brigada topográfica el eje de trazo.
- Ubicar los bancos de nivel (B.N.) para posteriormente determinar los niveles de cada uno de los elementos. En caso de ser necesario, se construirán mojoneras de concreto para apoyo.
- Checar los niveles proporcionados en el proyecto ejecutivo.
- Se ubicará topográficamente cada uno de los caissons de cimentación y ejes de la estructura.

8.2 *Etapas 2 Caissons*

Los trabajos de perforación deberán ejecutarse por una empresa especialista en cimentación profunda, la cual tendrá a su cargo un Ing. responsable de mecánica de suelos, la cual deberá de revisar y autorizar que el material donde se desplantaran los caissons, concuerde con lo indicado en el estudio geotécnico.

Únicamente para la pila No. 16 con base en las condiciones de campo actual, se recomienda la utilización de caissons de 1m de diámetro con excavación manual.

- Los caissons se fabricarán de concreto reforzado con un $f'c = 28$ MPa.
- Con base en la profundidad de desplante que indique el proyecto estructural para cada uno de los caissons, se iniciaran los trabajos de excavación manual, hasta los niveles indicados el plano particular estructural, siguiendo lo siguiente:
 - Al personal antes de iniciar sus labores en la construcción, se le debe dar una capacitación explicando lo básico de este sistema constructivo para tales caisson. La capacitación debe estar a cargo de una persona, que cuente con los conocimientos necesarios y una buena experiencia en el tema constructivo de seguridad y en cuanto a las normas para prevenir accidentes.
 - Temas como el manejo de aguas son sumamente importantes, ya que de la evacuación de aguas depende el rendimiento del personal. Esta agua que sale de las excavaciones y su intensidad depende del nivel freático, se debe evacuar por medio de motobombas sumergibles y tener una persona capacitada para el manejo de las instalaciones eléctricas. En cada caisson debe haber una motobomba, extrayendo el agua para que el obrero pueda excavar constantemente.

	ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.	
---	--	---

- En cada perforación se maneja un grupo de trabajo de dos personas, una excavando y otra en la parte superior.
 - Se debe tener un grupo de formaleteros de acuerdo con la dimensión de la construcción. A medida que las excavaciones van avanzando, estos van formaleteando los respectivos anillos.
 - El vaciado de los anillos debe estar a cargo de un oficial que evite la segregación de los materiales.
- c) En esta etapa se podrá empezar a habilitar y armar el acero de refuerzo. Para su manipulación y traslado, a fin de evitar deformaciones, movimientos o desplazamientos del acero longitudinal o transversal, este deberá realizarse en las zonas con refuerzo adicional (armaduras) para dicho propósito.
- d) Se verificará que las profundidades finales de la excavación correspondan con las que se marcan en el proyecto.
- e) Se deberá verificar en campo durante la excavación, que el tipo de material y resistencia del estrato de desplante corresponda con el indicado en el sondeo de referencia para esta estructura. En caso de no cumplir con las condiciones de los materiales o de resistencia esperadas, deberá ser reportado a la supervisión inmediatamente.
- f) Se deberán tener en cuenta los recubrimientos mínimos de los caissons, por lo que la excavación para el colado de los anillos deberá ser mayor.
- g) Las maniobras de colocación de la armadura del acero de refuerzo dentro de la excavación previa deberán hacerse de tal forma que no se generen deformaciones permanentes en el acero longitudinal, si esto llegara a presentarse, la armadura de acero de refuerzo deberá ser sustituida por otra en buen estado.
- h) Antes de proceder al colado del concreto, es fundamental efectuar la limpieza cuidadosa del fondo de la excavación, eliminando los azolves o recortes sedimentados en el fondo de la perforación.
- i) Se deberá calcular el volumen teórico de concreto para el caisson y compararlo con el volumen real colocado. El concreto deberá colocarse en una sola operación continua, evitando interrupciones mayores de 15 minutos o duraciones que excedan al tiempo de fraguado inicial del concreto.

	ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.	
---	--	---

- j) Cualquier situación anómala que se presente, deberá reportarse a la supervisión de manera inmediata.
- k) El Contratista deberá llevar un registro del colado del caisson, el cual deberá incluir por lo menos la siguiente información:
- Identificación del caisson M (tipo, diámetro, volumen y longitud total).
 - Coordenadas de localización del caisson y nivel de plataforma de perforación o del emboquillado.
 - Fecha y hora de inicio y terminado de la excavación.
 - Profundidad de excavación y estimado el volumen extraído.
 - Fecha y hora de inicio y terminado del colado.
 - Gráfica comparativa del volumen de concreto vaciado y del volumen calculado del caisson.
 - Resultado de los ensayos de control de calidad indicando el tipo de estabilizador usado.
 - Perfil estratigráfico aproximado basado en la inspección visual del suelo excavado durante la perforación.
 - Las observaciones que se estimen pertinentes durante el trabajo.

8.3 ***Etapas 3 Excavación.***

- a) Se procederá a realizar la excavación hasta llegar al nivel de desplante de la zapata. Se escarificará y compactará el fondo de la excavación, con equipo manual o mecánico, retirando cualquier material suelto, fragmentos mayores a 2" (5 cm), materia orgánica, o basura.
- b) Se colocará la plantilla (concreto de limpieza) de acuerdo a lo indicado en proyecto ejecutivo.
- c) Una vez efectuado el colado, se realizarán las pruebas de integridad para cada uno de los caissons.

8.4 ***Etapas 4 Zapata.***

- a) Posterior a la verificación de la resistencia del concreto para los caissons, se procederá a habilitar el acero de la zapata de acuerdo al proyecto.
- b) Se llevará acabo el colado de la zapata, considerando los niveles que se indican en proyecto, dejando previamente el acero de refuerzo para anclaje del pedestal.

	ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.	
---	--	---

8.5 Etapa 5 Pedestal.

- Se procederá a la colocación del resto del acero de refuerzo para el pedestal, de acuerdo con lo indicado en proyecto.
- Con apoyo de la brigada de topografía, se dejará embebido el dispositivo de anclaje electromecánico, con base en la posición y ubicación de cada uno requerido por el sistema.
- Una vez verificados los niveles de concreto, acero de refuerzo y anclajes del sistema, se procederá al colado del elemento.

8.6 Etapa 6 Relleno.

- Se realizará el relleno compactado en capas según lo indique proyecto, con material de relleno de acuerdo a lo estipulado en el informe geotécnico hasta nivel de terreno natural.

8.7 Etapa 7 Generalidades.

- Si durante las excavaciones se identifican características diferentes a lo especificado, la supervisión de obra deberá notificar a la supervisión.
- Los rellenos se harán con material procedente de banco, inerte, sano y compactado en capas de 20 cm de espesor compactado al 90% de su P.V.S.M. de la prueba Proctor, utilizando el adecuado equipo.
- No se permitirá desplantar sobre relleno o material deleznable y/o con materia orgánica.
- La tolerancia en la verticalidad de las pilas será de 2% de su longitud hasta 25 m de profundidad.