ALCALDIA MAYOR
BOGOTA D.C.
Instituto
DESARROLLO URBANO

"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

ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

INF-GEO--CASC-074-21

INFORME DE AVANCE FACTIBILIDAD –GEOTECNIA

CONSORCIO CS

CONSORCIO CS
Caly Mayor Colombia S.A.S.
Supering
Supervisión e Ingeniería de Proyectos

BOGOTÁ, 2021 – Julio 21

PRODUCTO DOCUMENTAL
INF-GEO--CASC-074-21

INFORME DE AVANCE FACTIBILIDAD –GEOTECNIA

CONTROL DE VERSIONES

Versión	Fecha	Descripción de la Modificación	Folios
Versión 00	07/05/2021		400
Versión 01	11/06/2021	Atención observaciones interventoría	576
Versión 02	25/06/2021	Atención observaciones interventoría	634
Versión 03	30/06/2021	Atención observaciones interventoría	639
Versión 04	21/07/2021	Atención observaciones IDU	642

EMPRESA CONTRATISTA

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
MIGUEL ANGEL SANCHEZ SALINAS Firmado digitalmente por MIGUEL ANGEL SANCHEZ SALINAS Fecha: 2022.04.05 17:04:35 -05'00'	MIGUEL ANGEL SANCHEZ SALINAS Firmado digitalmente por MIGUEL ANGEL SANCHEZ SALINAS Fecha: 2022.04.05 17:05:25 -05'00'	Mario Ernesto Vacca Gamez Firmado digitalmente por Mario Ernesto Vacca Gamez Fecha: 2022.04.06 14:37:02 -05'00'
Ing. Miguel Sánchez Especialista Geotécnico	Ing. Miguel Sánchez Especialista Geotécnico	
EDGAR EDUARDO RODRIGUEZ GRANADOS Firmado digitalmente por EDGAR EDUARDO RODRIGUEZ GRANADOS Fecha: 2022.04.05 17:06:00 -05'00'	EDGAR EDUARDO RODRIGUEZ GRANADOS Firmado digitalmente por EDGAR EDUARDO RODRIGUEZ GRANADOS Fecha: 2022.04.05 17:06:53 -05'00'	
Ing. Edgar Rodriguez Especialista en Riesgos	Ing. Edgar Rodriguez Especialista en Riesgos	Ing. Mario Ernesto Vacca G. Director de Consultoría

EMPRESA INTERVENTORA

REVISADO POR:		AVALADO POR:	APROBADO POR:
Ing. Oscar Ramírez Parra Especialista en Geotecnia	RAMIREZ PARRA OSCAR Firmado digitalmente por RAMIREZ PARRA OSCAR Nombre de reconocimiento (DN): c=CO, o=CONSORCIO ARDANUY IVICSA, 2.5.4.97=NITCO-901441325‌9, ou=ESPECIALISTA, title=ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, givenName=OSCAR, sn=RAMIREZ PARRA, l=BOGOTA, D.C., st=BOGOTA, D.C., street=CL 86 19 A 21 OF 502, 1.3.6.1.4.1.17326.30.11=CC, serialNumber=79610068, cn=RAMIREZ PARRA OSCAR, 2.5.4.13=CERTIFICADO DE PERTENENCIA A EMPRESA - EMITIDO POR CAMERFIRMA COLOMBIA SAS Fecha: 2022.04.07 10:41:07 -05'00'	ROZO GARZON WILMER ALEXANDER Firmado digitalmente por ROZO GARZON WILMER ALEXANDER Nombre de reconocimiento (DN): c=CO, o=CONSORCIO ARDANUY IVICSA, 2.5.4.97=NITCO-901441325‌9, ou=INTERVENTORIA, title=INGENIERO CIVIL, givenName=WILMER ALEXANDER, sn=ROZO GARZON, l=BOGOTA, D.C., st=BOGOTA, D.C., street=CL 86 NO. 19 A 21 OF 202, 1.3.6.1.4.1.17326.30.11=CC, serialNumber=1014200407, cn=ROZO GARZON WILMER ALEXANDER, 2.5.4.13=CERTIFICADO DE PERTENENCIA A EMPRESA - EMITIDO POR CAMERFIRMA COLOMBIA SAS Fecha: 2022.04.07 10:42:56 -05'00'	OSCAR ANDRES RICO GOMEZ Firmado digitalmente por OSCAR ANDRES RICO GOMEZ Nombre de reconocimiento (DN): title=REPRESENTANTE LEGAL, sn=RICO GOMEZ, street=CL 86 19 A 21 OF 502, st=BOGOTA D.C., ou=OTROS - 1 ANO - TOKEN FISICO, serialNumber=1535009, 1.3.6.1.4.1.23267.2.3=9005178104, 1.3.6.1.4.1.23267.2.2=8009951‌8, 1.3.6.1.4.1.23267.2.1=57, o=ARDANUY SUCURSAL COLOMBIA, l=BOGOTA D.C., givenName=OSCAR, email=MARIO.SUAREZ@ARDANUY.COM, c=CO, cn=OSCAR ANDRES RICO GOMEZ Fecha: 2022.04.07 10:38:36 -05'00'
Ing. Jhon Edison Medina Jara Profesional en Geología	MEDINA JARA JHON EDINSON Firmado digitalmente por MEDINA JARA JHON EDINSON Nombre de reconocimiento (DN): c=CO, o=CONSORCIO ARDANUY IVICSA, 2.5.4.97=NITCO-901441325‌9, ou=GEOLOGIA, title=PROFESIONAL EN GEOLOGIA, givenName=JHON EDINSON, sn=MEDINA JARA, l=BOGOTA, D.C., st=BOGOTA, D.C., street=CL 86 19 A 21 OF 502, 1.3.6.1.4.1.17326.30.11=CE, serialNumber=486660, cn=MEDINA JARA JHON EDINSON, 2.5.4.13=CERTIFICADO DE PERTENENCIA A EMPRESA - EMITIDO POR CAMERFIRMA COLOMBIA SAS Fecha: 2022.04.07 10:44:12 -05'00'	Ing. Wilmer Alexander Rozo Coordinador de Interventoría	Ing. Oscar Andrés Rico Gómez Director de Interventoría

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

TABLA DE CONTENIDO

1 INTRODUCCION 23
2 OBJETIVOS 24
2.1 OBJETIVO GENERAL 24
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 24
3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 26
4 ALTERNATIVAS ANALIZADAS 28
4.1 Tramo Portal 20 de Julio-La Victoria 32
4.2 Tramo La Victoria Altamira 33
4.3 Tramo La Victoria-Juan Rey 33
5 ZONIFICACIÓN, GEOLÓGICA, GEOMORFOLÓGICA, GEOTÉCNICA, SÍSMICA Y DE AMENAZA DEL ÁREA DE ESTUDIO 34
5.1 Zonificación Geológica y geomorfológica 34
5.1.1 Compilación de información 34
5.1.2 Diagnóstico de la información 34
5.1.3 Resultados 36
5.2 Zonificación Geotécnica 52
5.3 Zonificación Sísmica 56
5.4 Zonificación de Amenaza por remoción en masa 57
6 INVENTARIO Y DIAGNÓSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE 60
7 DIAGNÓSTICO DE TALUDES 68
8 METODOLOGÍA DE DISEÑOS GEOTÉCNICOS 75
8.1 CIMENTACIONES DE EDIFICACIONES 75
8.1.1 Factores de Seguridad 75
8.1.2 Cimentaciones superficiales-zapatas y losas 77
8.1.3 Cimentaciones profundas 78
8.2 CIMENTACIONES DE PILONAS 82
8.2.1 Espectro de aceleraciones 82
8.2.2 Correlaciones parámetros de resistencia del suelo 88
8.2.3 Cimentaciones mediante pilotes perforados 89
8.3 SISTEMA SEMICUANTITATIVO DE ESTABILIDAD DE LADERAS 96
8.3.1 Metodología y variables 96
8.3.2 Materiales - M (Puntaje Máximo: 70) 96
8.3.3 Factor antrópico (A) – Puntaje Máximo: 50 100
8.3.4 Relieve (R) – Puntaje Máximo: 36 101
8.3.5 Drenaje (D) – Puntaje Máximo: 35 103
8.3.6 Uso del suelo y cobertura (U) – Puntaje Máximo: 25 104
8.3.7 Clima (C) – Puntaje Máximo: 40 105
8.3.8 Erosión (E) – Puntaje Máximo: 12 105
8.3.9 Sismicidad (S) – Puntaje Máximo: 24 106
8.3.10 Procesos morfodinámicos (P) 107
8.3.11 Calificación de amenaza 107
9 TRABAJOS EN CAMPO EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA FACTIBILIDAD 109
9.1 EQUIPOS DE TRABAJO EMPLEADOS 112
9.2 PROCEDIMIENTO DE MUESTREO 114
9.3 EXPLORACION DEL SUBSUELO Y RESULTADOS DE LABORATORIO 115
9.4 EXPLORACIÓN INDIRECTA 116
9.4.1 LÍNEAS DE REFRACCIÓN SÍSMICA 116
9.4.2 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES 117
9.4.3 ANÁLISIS DE VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE 118
9.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS 121
10 RESULTADO DE ENSAYOS DE LABORATORIO 166
11 MODELO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO 167
11.1.1 Portal 20 de Julio 167
11.1.2 Estación La Victoria 186

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

11.1.3 Estación Altamira 192
11.1.4 Estación Juan Rey 198
11.2 ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA Y PERFILES ESTRATIGRÁFICOS 212
11.2.1 Zona Geotécnica 1 213
11.2.2 Zona Geotécnica 2 217
11.2.3 Zona Geotécnica 3 221
11.2.4 Zona Geotécnica 4 225
11.2.5 Zona Geotécnica 5 y 9 228
11.2.6 Zona Geotécnica 6 233
11.2.7 Zona Geotécnica 7 238
11.2.8 Zona Geotécnica 8 243
11.2.9 Zona Geotécnica 10 247
11.2.10 Zona Geotécnica 11 248
11.2.11 Zona Geotécnica 12 253
11.3 PARÁMETROS DE DISEÑO PARA ZONAS GEOTÉCNICAS (PILONAS) 257
11.3.1 Zona Geotécnica 1 258
11.3.2 Zona Geotécnica 2 258
11.3.3 Zona Geotécnica 3 258
11.3.4 Zona Geotécnica 4 259
11.3.5 Zonas Geotécnicas 5 y 9 259
11.3.6 Zona Geotécnica 6 260
11.3.7 Zona Geotécnica 7 260
11.3.8 Zona Geotécnica 8 261
11.3.9 Zona Geotécnica 10 261
11.3.10 Zona Geotécnica 11 262
11.3.11 Zona Geotécnica 12 262
11.4 PARÁMETROS DE DISEÑO PARA ESTACIONES 262
11.4.1 Portal 20 de Julio Alternativa 1 263
11.4.2 Portal 20 de Julio Alternativa 4 263
11.4.3 Portal 20 de Julio Alternativa 6 263
11.4.4 La Victoria 264
11.4.5 Altamira 265
11.4.6 Juan Rey Alternativa 1 265
11.4.7 Juan Rey Alternativa 2 266
11.4.8 Juan Rey Alternativa 3 266
12 EVALUACION DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO (FASE 1) 267
12.1 INTRODUCCIÓN 267
12.2 OBJETIVOS 267
12.2.1 Objetivo general 267
12.2.2 Objetivos específicos 267
12.3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 268
12.4 REVISIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN 275
12.5 ANTECEDENTES DE REMOCIÓN EN MASA 280
12.6 TOPOGRAFIA 285
12.7 USO Y COBERTURA DEL SUELO 289
12.8 AMENAZAS NATURALES 291
12.9 CONDICIONES HIDROLÓGICAS 297
12.9.1 Distribución de precipitaciones. 297
12.9.2 Clasificación Climática 301
12.9.3 Precipitación Crítica - Duración 301
12.10 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA 302
12.11 MODELO GEOLÓGIGO GEOTÉCNICO 302
12.12 PLAN DE USO PREVISTO 317
12.13 REVISIÓN CUALITATIVA DE AMENAZA POR REMOCION EN MASA 318
12.13.1 MATERIALES 320
12.13.2 FACTOR ANTRÓPICO 321
12.13.3 RELIEVE 321
12.13.4 DRENAJE 322

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD

12.13.5 USO DEL SUELO Y COBERTURA 322
12.13.6 CLIMA 323
12.13.7 EROSIÓN 323
12.13.8 SISMICIDAD 324
12.13.9 CALIFICACIÓN DE AMENAZA 324
12.14 DELIMITACIÓN DEL ÁRREA DE ESTUDIO PARA FASE II 325
12.15 PLAN DE EXPLORACION ESTUDIO DE RIESGO FASE II 328
12.16 DEFINICIÓN DE CRITERIOS PARA LA SELECIÓN DE ALTERANTIVAS POR EFECTO DE PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA 329
12.17 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESTUDIO FASE II 329
13 MODELACIÓN DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO 333
13.1 Cimentaciones estaciones 333
13.1.1 Portal 20 de Julio 334
13.1.2. Estación La Victoria 379
13.1.3. Estación Altamira 394
13.1.4. Estación Juan Rey 410
13.2 Cimentaciones pilonas 454
13.2.1 Tramo Portal 20 de Julio-La Victoria 454
13.2.2 Tramo La Victoria-Altamira 517
13.2.3 La Victoria-Juan Rey 556
14 ESTABILIDAD DE TALUDES Y EXCAVACIONES 594
14.1 Estación Portal 20 de Julio 594
14.1.1 Alternativa 1 594
14.1.2 Alternativa 4 596
14.1.3 Alternativa 6 597
14.2 Estación La Victoria 599
14.3 Estación Altamira 600
14.4 Estación Juan Rey 602
14.4.1 Alternativa 1 602
14.4.2 Alternativa 2 603
14.4.3 Alternativa 3 605
14.5 Apuntalamientos para cortes 607
14.6 Talud estación Altamira 608
15 MUROS DE CONTENCIÓN 610
16 CRITERIOS GEOTÉCNICOS DE EVALUACIÓN 612
17 COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS 614
18 CANTIDADES DE OBRA Y COMPARACIÓN ECONÓMICA DE ALTERNATIVAS 615
19 RIESGOS PREVISIBLES 615
20 INTERFERENCIA CON REDES EXISTENTES 616
20.1. ESTACIÓN DE TRANFERENCIA 20 DE JULIO 616
20.1.1. Alternativa 1 616
20.1.2. Alternativa 4 616
20.1.3. Alternativa 6 616
20.2. ESTACIÓN DE LA VICTORIA 617
20.3. ESTACIÓN DE ALTAMIRA 617
20.3.1. Alternativa 2 617
20.3.2. Alternativa 3 618
20.3.3. Alternativa 5 618
20.4. ESTACIÓN JUAN REY 618
20.4.1. Alternativa 1 618
20.4.2. Alternativa 2 618
20.4.3. Alternativa 3 619
20.5. CORREDORES LINEAS DE CABLES AÉREOS 619
20.5.1. Alternativa 1: 20 de Julio -La Victoria 619
20.5.2. Alternativa 4: 20 de Julio -La Victoria 619
20.5.3. Alternativa 6: 20 de Julio -La Victoria 620
20.5.4. Alternativa 2: La Victoria-Altamira 620
20.5.5. Alternativa 3: La Victoria-Altamira 620

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

20.5.6. Alternativa 5: La Victoria-Altamira 621
20.5.7. Alternativa 1: La Victoria-Juan Rey 621
20.5.8. Alternativa 2: La Victoria-Juan Rey 622
20.5.9. Alternativa 3: La Victoria-Juan Rey 623
20.6. INTERFERENCIA CON REDES SECAS 625
21 CONCLUSIONES 626

ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

LISTADO DE FIGURAS

Figura 3-1 *Trazado del Sistema Factibilidad Año 2012* 26
Figura 4-1. *Alternativas estación transferencia Portal 20 de Julio* 28
Figura 4-2. *Alternativas estación retorno Zona Altamira y Zona Moralba* 29
Figura 4-3. *Macrozonas para Ramal Juan Rey* 31
Figura 4-4. *Alternativas de trazado Cable San Cristóbal* 32
Figura 5-1. *Criterios Utilizados para la categorización de la información secundaria disponible.* 34
Figura 5-2. *Mapa Geológico del área de incidencia del proyecto Cable de San Cristóbal.* 36
Figura 5-3. *Columna Estratigráfica de la Formación la Regadera, en su sección tipo de la Quebrada el Chuscal, localizada al Noreste del área del proyecto. Fuente: Ingeominas (1988).* 41
Figura 5-4. *Esquema geológico regional del área de influencia del proyecto del Cable de San Cristóbal.* 43
Figura 5-5. *Esquema de Jerarquización definida por el SGC-2012. Fuente: Dirección de Geociencias Básicas-SGC (2020). Protocolo para el levantamiento de la cartografía geomorfología.* 44
Figura 5-6. *Mapa geomorfológico del área de influencia del proyecto Cable de San Cristóbal. Fuente: Modificado del INGEOMINAS, (2005).* 46
Figura 5-7. Análisis de frecuencia de las familias de discontinuidades. Fuente: Estudio de Santa Rosa, 2019 51
Figura 5-8 *Mapa de Zonificación Geotécnica. Adaptación IDECA* 53
Figura 5-9 *Mapa de Amenaza por Movimientos en Masa. Adaptación IDECA* 58
Figura 6-1. *Formato de levantamiento de obras geotécnicas.* 60
Figura 6-2*. Ubicaciones obras geotécnicas levantadas salida técnica* 61
Figura 6-3. *Muro de contención en concreto ciclópeo. Tramo La Victoria- Juan Rey alternativa 1. Obra Geotécnica OG4* 63
Figura 6-4. *Muro de contención en concreto ciclópeo. Tramo La Victoria- Juan Rey alternativa 1. Obra Geotécnica OG4* 64
Figura 6-5 *Ladera con obras geotécnicas de drenaje. Atraviesa las alternativas 1, 2 y 3 del ramal a Juan Rey. Algunas deformaciones localizadas en los gaviones. Ladera 8-Obra Geotécnica OG5* 65
Figura 6-6. *Muro de contención en concreto en buen estado. Tramo La Victoria-Moralba Alternativa 3. Obra Geotécnica OG3* 66
Figura 6-7 *Muro de contención en concreto en buen estado. Indicios de algunos procesos en laderas aledañas al muro. Tramo Portal 20 de Julio- La Victoria alternativas 6 y 1. Obra Geotécnica OG11* 67
Figura 6-8. *Muro de contención en concreto en buen estado. Tramo Portal 20 de Julio-La Victoria. Alternativa 1 sector Villa de los Alpes. Obra Geotécnica OG14* 67
Figura 7-1*. Formato de levantamiento de taludes* 68
Figura 7-2*. Ubicaciones laderas levantadas salida técnica.* 69
Figura 7-3. *Antiguo deslizamiento en el sector del barrio Santa Rita, queda por fuera del corredor de influencia directa del corredor a Juan Rey. Ladera 9* 71

Figura 7-4 *Antiguo deslizamiento en el sector del barrio Santa Rita, queda por fuera del área de influencia directa del corredor a Juan Rey. Ladera 9* 72
Figura 7-5*. Ladera 10 cercana al corredor del ramal a Juan Rey, no afecta la línea.* 73
Figura 7-6*. Ladera 11 tramo La Victoria-Altamira alternativas 2 y 3.* 74
Figura 8-1 *Factores de seguridad básicos mínimos directos. Fuente: Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, 2010* 75
Figura 8-2. Factores de seguridad indirectos mínimos para capacidad portante para cimentaciones superficiales y capacidad portante por punta de cimentaciones profundas. Fuente: Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, 2010 76
Figura 8-3*. Factores de seguridad indirectos mínimos para estructuras de contención. Fuente: Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, 2010* 77
Figura 8-4. *Espectro de aceleración CCP-14* 83
Figura 8-5 *Valores de Aceleración Pico Horizontal del Terreno (PGA)* 84
Figura 8-6 *Coeficiente de Aceleración Espectral Horizontal para un Periodo de Vibración de 0.2 Segundos (Ss)* 85
Figura 8-7 *Coeficiente de Aceleración Espectral Horizontal para un Periodo de Vibración de 1.0 Segundos (S1)* 86
Figura 8-8*. Perfiles de suelo* 87
Figura 8-9 Resumen de envolventes de α que únicamente dependen de Su (Fuente SCI) 90
Figura 8-10 Variación de Alpha. Metodología de Terzaghi, Peck y Mesri, 1996 91
Figura 8-11 Variación entre el valor de α y Cu. Terzaghi, Peck y Mesri, 1996 91
Figura 8-12 *modelo de procesos geomórficos. Modificado de J. B. Dalrymple et. al. 1966* 103
Figura 9-1 Ubicación líneas sísmicas y perforaciones entre P. 20 de Julio y La Victoria 110
Figura 9-2 Ubicación líneas sísmicas y perforaciones entre La Victoria y Altamira..... 111
Figura 9-3 Ubicación líneas sísmicas y perforaciones entre La Victoria y Juan Rey..... 112
Figura 9-4 Equipo para Líneas de Refracción Sísmica Marca PASI. 113
Figura 9-5 Máquina de Perforación Acker 113
Figura 9-6 Extracción Muestras Alteradas con Tubo de Cuchara Partida. 114
Figura 9-7 Tubería Shelby para Extracción de Muestras Inalteradas. 115
Figura 9-8 Ubicación líneas de refracción sísmica 117
Figura 9-9 Esquema general del proceso de ejecución de líneas sísmicas para análisis MASW con los diferentes componentes de un registro típico 119
Figura 9-10 Tomografía LRS1 122
Figura 9-11 Perfil bidimensional de onda compresional LRS1 (km/s) 123
Figura 9-12 Perfil bidimensional de onda de corte LRS1 (km/s) 124
Figura 9-13 Perfil 1/5 abscisa 16 m de Vs (km/s) 124
Figura 9-14 Perfil 2/5 abscisa 26 m de Vs (km/s) 125
Figura 9-15 Perfil 3/5 abscisa 34 m de Vs (km/s) 125
Figura 9-16 Perfil 4/5 abscisa 44 m de Vs (km/s) 126
Figura 9-17 *Perfil 5/5 abscisa 54 m de Vs (km/s)* 126
Figura 9-18 *Tomografía LRS2* 128
Figura 9-19 *Perfil bidimensional de onda compresional LRS2 (km/s)* 129
Figura 9-20 *Perfil bidimensional de onda de corte LRS2 (km/s)* 130
Figura 9-21 Perfil 1/5 abscisa 15 m de Vs (km/s) 130
Figura 9-22 Perfil 2/5 abscisa 43 m de Vs (km/s) 131

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. Instituto de Desarrollo Urbano

Figura 9-23 Perfil 3/5 abscisa 57 m de Vs (km/s) 131
***Figura 9-24** Perfil 4/5 abscisa 74 m de Vs (km/s)* 132
***Figura 9-25** Perfil 5/5 abscisa 95 m de Vs (km/s)* 132
***Figura 9-26** Tomografía LRS3*..... 134
***Figura 9-27.** Tomografía LRS3*..... 135
***Figura 9-28** Perfil bidimensional de onda de corte LRS3 (km/s)* 136
Figura 9-29 Perfil 1/5 abscisa 12 m de Vs (km/s) 136
Figura 9-30 Perfil 2/5 abscisa 22 m de Vs (km/s) 137
***Figura 9-31** Perfil 3/5 abscisa 28 m de Vs (km/s)* 137
***Figura 9-32** Perfil 4/5 abscisa 36 m de Vs (km/s)* 138
***Figura 9-33** Perfil 5/5 abscisa 46 m de Vs (km/s)* 138
***Figura 9-34.** Tomografía LRS4*..... 140
***Figura 9-35** Perfil bidimensional de onda compresional LRS4 (km/s)*..... 141
***Figura 9-36.** Perfil bidimensional de onda de corte LRS4 (km/s)* 142
***Figura 9-37** Perfil 1/5 abscisa 18 m de Vs (km/s)* 142
***Figura 9-38** Perfil 2/5 abscisa 34 m de Vs (km/s)* 143
***Figura 9-39** Perfil 3/5 abscisa 44 m de Vs (km/s)* 143
***Figura 9-40** Perfil 4/5 abscisa 54 m de Vs (km/s)* 144
***Figura 9-41** Perfil 5/5 abscisa 64 m de Vs (km/s)* 144
***Figura 9-42** Tomografía LRS5*..... 146
Figura 9-43 Perfil bidimensional de onda compresional LRS5 (km/s)..... 147
***Figura 9-44** Perfil bidimensional de onda de corte LRS5 (km/s)* 148
Figura 9-45 Perfil 1/5 abscisa 20 m de Vs (km/s) 149
Figura 9-46 Perfil 2/5 abscisa 32 m de Vs (km/s) 149
***Figura 9-47** Perfil 3/5 abscisa 46 m de Vs (km/s)* 150
***Figura 9-48** Perfil 4/5 abscisa 56 m de Vs (km/s)* 150
***Figura 9-49** Perfil 5/5 abscisa 71 m de Vs (km/s)* 151
***Figura 9-50** Tomografía LRS6*..... 154
***Figura 9-51** Perfil bidimensional de onda compresional LRS6 (km/s)*..... 154
***Figura 9-52** Perfil bidimensional de onda de corte LRS6 (km/s)* 155
Figura 9-53 Perfil 1/4 abscisa 10 m de Vs (km/s) 156
Figura 9-54 Perfil 2/4 abscisa 17 m de Vs (km/s) 156
***Figura 9-55** Perfil 3/4 abscisa 23 m de Vs (km/s)* 157
***Figura 9-56** Perfil 4/4 abscisa 29 m de Vs (km/s)* 157
***Figura 9-57** Tomografía LRS7*..... 159
***Figura 9-58** Perfil bidimensional de onda compresional LRS7 (km/s)*..... 160
***Figura 9-59** Perfil bidimensional de onda de corte LRS7 (km/s)* 161
***Figura 9-60** Perfil 1/5 abscisa 20 m de Vs (km/s)* 162
***Figura 9-61** Perfil 2/5 abscisa 34 m de Vs (km/s)* 162
***Figura 9-62** Perfil 3/5 abscisa 46 m de Vs (km/s)* 163
***Figura 9-63** Perfil 4/5 abscisa 58 m de Vs (km/s)* 163
***Figura 9-64** Perfil 5/5 abscisa 70 m de Vs (km/s)* 164
***Figura 12-1** Localización general del área del proyecto (Fuente: Elaboración Propia)* .. 270
***Figura 12-2** Localización detallada alternativas de estación de transferencia en el portal 20 de Julio. (fuente: Google Earth)* 271
***Figura 12-3**. Localización detallada estación intermedia de La Victoria. (Fuente: Google Earth)*..... 272

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

Figura 12-4. *Localización detallada de alternativas de estación de retorno sector de Altamira. (Fuente: Google Earth)* 273
Figura 12-5. *Localización detallada de las alternativas de la estación de retorno de Juan Rey. (fuente: Google Earth)* 274
Figura 12-6 *Localización de diagnósticos técnicos de IDIGER por Remoción en masa. (fuente: elaboración propia)* 284
Figura 12-7 *Modelo Digital del terreno definido a partir de imagen satelital con resolución de 12.5 m*12.5 m. (fuente: elaboración propia)* 286
Figura 12-8 *Modelo de curvas de nivel cada 2 m utilizado para delimitar el área de estudio y generación de secciones topográficas de las líneas del cable. (fuente: elaboración propia)* 287
Figura 12-9 *Mapa de pendientes del área de estudio. (fuente: elaboración propia)*..... 289
Figura 12-10 *Uso y cobertura del suelo. (fuente: elaboración propia)*..... 291
Figura 12-11 *mapa de zonificación sísmica el área de estudio. (fuente: IDIGER-2010)* 293
Figura 12-12 *Mapa de zonificación de amenaza por remoción en masa. (fuente: IDIGER-2016)* 294
Figura 12-13 *Esquema de Zonificación de amenaza por inundación en el área del proyecto*..... 296
Figura 12-14. *Precipitación: Estaciones Vitelma, Santa Lucía, (Fuente: Consorcio Santa Rosa-2018)*..... 299
Figura 12-15. *Precipitación: Estaciones El Delirio, Juan Rey ((Fuente: Consorcio Santa Rosa-2018)*..... 299
Figura 12-16*. Valores de precipitación total anual ((Fuente: Consorcio Santa Rosa-2018)* 300
Figura 12-17*. Valores de precipitación total mensual multianual ((Fuente: Consorcio Santa Rosa-2018)*..... 301
Figura 12-18 *Planta de Zonificación geotécnica área de estudio Cable aéreo San Cristóbal. (fuente: Elaboración propia)*..... 304
Figura 12-19 *Modelo geológico geotécnico alternativa 6 estación portal 20 de julio. (fuente: Elaboración propia)*..... 306
Figura 12-20 *Modelo geológico geotécnico alternativa 4 estación portal 20 de julio. (fuente: Elaboración propia)*..... 307
Figura 12-21 *Modelo geológico geotécnico alternativa 1 estación portal 20 de julio. (fuente: Elaboración propia)*..... 308
Figura 12-22 *Modelo geológico geotécnico alternativa 1 estación La Victoria. (fuente: Elaboración propia)*..... 309
Figura 12-23 *Modelo geológico geotécnico alternativas 2, 3 y 5 Estación Altamira. (fuente: Elaboración propia)*..... 310
Figura 12-24 *Modelo geológico geotécnico alternativa 1 Estación Juan Rey. (fuente: Elaboración propia)*..... 311
Figura 12-25 *Modelo geológico geotécnico alternativa 2 Estación Juan Rey. (fuente: Elaboración propia)*..... 312
Figura 12-26 *Modelo geológico geotécnico alternativa 3 Estación Juan Rey. (fuente: Elaboración propia)*..... 313
Figura 12-27 *Modelo geológico geotécnico corredor Estación 20 de Julio-Estación la Victoria. (fuente: Elaboración propia)* 314

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

Figura 12-28 *Modelo geológico geotécnico corredor Estación La Victoria-Estación Altamira. (fuente: Elaboración propia)* 315
Figura 12-29 *Modelo geológico geotécnico corredor Estación La Victoria-Estación Juan Rey. (fuente: Elaboración propia)* 316
Figura 12-30 *Grilla utilizada en la metodología SES (fuente: Elaboración propia)* 319
Figura 12-31 *Mapa de amenaza por metodología SES (fuente: Elaboración propia)* ... 325
Figura 12-32 *Delimitación del área de estudio para evaluación de riesgo Fase II (fuente: Elaboración propia)* 328
Figura 13-1. *Ábaco de capacidad portante para zapatas. Portal 20 de Julio Alternativa 6 para asentamiento de 2.5 cm* 335
Figura 13-2. *Ábaco de capacidad portante pilotes Portal 20 de Julio Alternativa 6* 338
Figura 13-3. *Ábaco módulos de reacción horizontal Portal 20 de Julio Alternativa 6* 340
Figura 13-4. *Ábaco módulos de reacción vertical pilotes Portal 20 de Julio Alternativa 6* 342
Figura 13-5. *Ábaco de capacidad portante caissons Portal 20 de Julio Alternativa 6.* ... 344
Figura 13-6. *Ábaco de módulos de reacción horizontal Portal 20 de Julio Alternativa 6* 346
Figura 13-7. *Ábaco de módulo de reacción vertical caissons Portal 20 de Julio Alternativa 6.* 348
Figura 13-8. *Ábaco de capacidad portante zapatas Portal 20 de Julio Alternativa 1 para asentamiento de 2.5 cm* 350
Figura 13-9. *Ábaco capacidad portante pilotes Portal 20 de Julio Alternativa 1* 353
Figura 13-10. *Ábaco módulo de reacción horizontal pilotes Portal 20 de Julio Alternativa 1* 355
Figura 13-11. *Ábaco módulo de reacción vertical pilotes Portal 20 de Julio Alternativa 1.* 357
Figura 13-12. *Ábaco de capacidad portante caissons Portal 20 de Julio Alternativa 1* .. 359
Figura 13-13. *Ábaco de módulo de reacción horizontal caissons Portal 20 de Julio Alternativa 1.* 361
Figura 13-14. Ábaco de módulo de reacción vertical caissons Portal 20 de Julio Alternativa 1 363
Figura 13-15. Ábaco de capacidad portante zapatas Portal 20 de Julio Alternativa 4 para asentamiento de 2.5 cm 365
Figura 13-16. *Ábaco de capacidad portante pilotes Portal 20 de Julio Alternativa 4* 368
Figura 13-17. *Ábaco módulos de reacción horizontal pilotes Portal 20 de Julio Alternativa 4* 370
Figura 13-18. *Ábaco módulos de reacción vertical pilotes Portal 20 de Julio Alternativa 4* 372
Figura 13-19. *Ábaco de capacidad portante caissons Portal 20 de Julio Alternativa 4.* . 374
Figura 13-20. *Ábaco de módulos de reacción horizontal caissons Portal 20 de Julio Alternativa 4* 376
Figura 13-21. *Ábaco de módulo de reacción vertical caissons Portal 20 de Julio Alternativa 4.* 378
Figura 13-22. Ábaco de capacidad portante zapatas La Victoria para asentamiento de 2.5 cm 380
Figura 13-23. *Ábaco de capacidad portante pilotes La Victoria* 383
Figura 13-24. *Ábaco módulos de reacción horizontal pilotes La Victoria* 385
Figura 13-25. *Ábaco módulos de reacción vertical pilotes La Victoria* 387

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

Figura 13-26. *Ábaco de capacidad portante caissons La Victoria* 389
Figura 13-27. *Ábaco de módulos de reacción horizontal caissons La Victoria*..... 391
Figura 13-28. *Ábaco de módulo de reacción vertical caissons La Victoria* 393
Figura 13-29. *Ábaco de capacidad portante zapatas Altamira para asentamiento de 2.5 cm*..... 395
Figura 13-30. *Ábaco de capacidad portante pilotes Altamira*..... 398
Figura 13-31. *Ábaco módulos de reacción horizontal pilotes Altamira*..... 400
Figura 13-32. *Ábaco módulos de reacción vertical pilotes Altamira*..... 402
Figura 13-33. *Ábaco de capacidad portante caissons Altamira* 404
Figura 13-34. *Ábaco de módulos de reacción horizontal caissons Altamira* 406
Figura 13-35. *Ábaco de módulo de reacción vertical caissons Altamira* 408
Figura 13-36. *Esquema de Muro de Contención* 409
Figura 13-37. *Ábaco de capacidad portante zapatas Juan Rey alternativa 1 para asentamiento de 2.5 cm*..... 411
Figura 13-38. *Ábaco de capacidad portante pilotes alternativa 1 Juan Rey* 414
Figura 13-39. *Ábaco módulos de reacción horizontal pilotes alternativa 1 Juan Rey*..... 416
Figura 13-40. *Ábaco módulos de reacción vertical pilotes alternativa 1 Juan Rey*..... 418
Figura 13-41. *Ábaco de capacidad portante caissons alternativa 1 Juan Rey*..... 420
Figura 13-42. *Ábaco de módulos de reacción horizontal Caissons Alternativa 1 Juan Rey* 422
Figura 13-43. *Ábaco de módulo de reacción vertical caissons Alternativa 1 Juan Rey*.. 424
Figura 13-44. *Ábaco capacidad portante zapatas Alternativa 2 Juan Rey para asentamiento de 2.5 cm*..... 426
Figura 13-45. *Ábaco de capacidad portante pilotes alternativa 2 Juan Rey* 429
Figura 13-46. *Ábaco módulos de reacción horizontal pilotes alternativa 2 Juan Rey*..... 431
Figura 13-47. *Ábaco módulos de reacción vertical pilotes alternativa 2 Juan Rey*..... 433
Figura 13-48. *Ábaco de capacidad portante caissons alternativa 2 Juan Rey*..... 435
Figura 13-49. *Ábaco de módulos de reacción horizontal Caissons Alternativa 2 Juan Rey* 437
Figura 13-50. *Ábaco de módulo de reacción vertical caissons Alternativa 2 Juan Rey*.. 439
Figura 13-51. *Ábaco capacidad portante zapatas Alternativa 3 Juan Rey para asentamiento de 2.5 cm*..... 440
Figura 13-52. *Ábaco de capacidad portante pilotes alternativa 3 Juan Rey* 443
Figura 13-53. *Ábaco módulos de reacción horizontal pilotes alternativa 3 Juan Rey*..... 445
Figura 13-54. *Ábaco módulos de reacción vertical pilotes alternativa 3 Juan Rey*..... 447
Figura 13-55. *Ábaco de capacidad portante caissons alternativa 3 Juan Rey*..... 449
Figura 13-56. *Ábaco de módulos de reacción horizontal Caissons Alternativa 3 Juan Rey* 451
Figura 13-57. *Ábaco de módulos de reacción vertical Caissons Alternativa 3 Juan Rey* 453
Figura 13-58. Ábaco de carga axial admisible (ELR)..... 455
Figura 13-59.Ábaco de carga axial admisible (ELEE) 457
Figura 13-60.Ábaco de carga axial admisible (ELS)..... 459
Figura 13-61.Ábaco de capacidad de carga lateral (ELR y ELEE) 461
Figura 13-62. Ábaco de capacidad de carga lateral (ELS) 463
Figura 13-63. Ábaco de módulos de reacción horizontal para pilonas..... 465
Figura 13-64. Ábaco de módulos de reacción vertical para pilonas..... 466
Figura 13-65. Ábaco de carga axial admisible (ELR)..... 468

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C. Instituto de Desarrollo Urbano

Figura 13-66.Ábaco de carga axial admisible (ELEE) 470
Figura 13-67.Ábaco de carga axial admisible (ELS)..... 472
Figura 13-68.Ábaco de capacidad de carga lateral (ELR y ELEE) 474
Figura 13-69. Ábaco de capacidad de carga lateral (ELS) 476
Figura 13-70. Ábaco de módulos de reacción horizontal para pilonas..... 478
Figura 13-71. Ábaco de módulos de reacción vertical para pilonas..... 479
Figura 13-72. Ábaco de carga axial admisible (ELR)..... 481
Figura 13-73.Ábaco de carga axial admisible (ELEE) 483
Figura 13-74.Ábaco de carga axial admisible (ELS)..... 485
Figura 13-75.Ábaco de capacidad de carga lateral (ELR y ELEE) 487
Figura 13-76. Ábaco de capacidad de carga lateral (ELS) 489
Figura 13-77. Ábaco de módulos de reacción horizontal para pilonas..... 491
Figura 13-78. Ábaco de módulos de reacción vertical para pilonas..... 492
Figura 13-79. Ábaco de carga axial admisible (ELR)..... 494
Figura 13-80.Ábaco de carga axial admisible (ELEE) 496
Figura 13-81.Ábaco de carga axial admisible (ELS)..... 498
Figura 13-82.Ábaco de capacidad de carga lateral (ELR y ELEE) 500
Figura 13-83. Ábaco de capacidad de carga lateral (ELS) 502
Figura 13-84. Ábaco de módulos de reacción horizontal para pilonas..... 504
Figura 13-85. Ábaco de módulos de reacción vertical para pilonas..... 505
Figura 13-86. Ábaco de carga axial admisible (ELR)..... 507
Figura 13-87.Ábaco de carga axial admisible (ELEE) 509
Figura 13-88.Ábaco de carga axial admisible (ELS)..... 511
Figura 13-89.Ábaco de capacidad de carga lateral (ELR y ELEE) 513
Figura 13-90. Ábaco de capacidad de carga lateral (ELS) 515
Figura 13-91. Ábaco de módulos de reacción horizontal para pilonas..... 516
Figura 13-92. Ábaco de módulos de reacción vertical para pilonas..... 517
Figura 13-93. Ábaco de carga axial admisible (ELR)..... 519
Figura 13-94.Ábaco de carga axial admisible (ELEE) 521
Figura 13-95.Ábaco de carga axial admisible (ELS)..... 523
Figura 13-96.Ábaco de capacidad de carga lateral (ELR y ELEE) 525
Figura 13-97. Ábaco de capacidad de carga lateral (ELS) 527
Figura 13-98. Ábaco de módulos de reacción horizontal para pilonas..... 529
Figura 13-99. Ábaco de módulos de reacción vertical para pilonas..... 530
Figura 13-100. Ábaco de carga axial admisible (ELR)..... 532
Figura 13-101.Ábaco de carga axial admisible (ELEE) 534
Figura 13-102. Ábaco de carga axial admisible (ELS)..... 536
Figura 13-103.Ábaco de capacidad de carga lateral (ELR y ELEE) 538
Figura 13-104. Ábaco de capacidad de carga lateral (ELS) 540
Figura 13-105. Ábaco de módulos de reacción horizontal para pilonas..... 542
Figura 13-106. Ábaco de módulos de reacción vertical para pilonas..... 543
Figura 13-107. Ábaco de carga axial admisible (ELR)..... 545
Figura 13-108.Ábaco de carga axial admisible (ELEE) 547
Figura 13-109.Ábaco de carga axial admisible (ELS)..... 549
Figura 13-110.Ábaco de capacidad de carga lateral (ELR y ELEE) 551
Figura 13-111. Ábaco de capacidad de carga lateral (ELS) 553
Figura 13-112. Ábaco de módulos de reacción horizontal para pilonas..... 555

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. Instituto de Desarrollo Urbano

Figura 13-113. Ábaco de módulos de reacción vertical para pilonas 556
Figura 13-114. Ábaco de carga axial admisible (ELR) 558
Figura 13-115.Ábaco de carga axial admisible (ELEE) 560
Figura 13-116.Ábaco de carga axial admisible (ELS) 562
Figura 13-117.Ábaco de capacidad de carga lateral (ELR y ELEE) 564
Figura 13-118. Ábaco de capacidad de carga lateral (ELS) 566
Figura 13-119. Ábaco de módulos de reacción horizontal para pilonas 568
Figura 13-120. Ábaco de módulos de reacción vertical para pilonas 568
Figura 13-121. Ábaco de carga axial admisible (ELR) 570
Figura 13-122.Ábaco de carga axial admisible (ELEE) 572
Figura 13-123.Ábaco de carga axial admisible (ELS) 574
Figura 13-124.Ábaco de capacidad de carga lateral (ELR y ELEE) 576
Figura 13-125. Ábaco de capacidad de carga lateral (ELS) 578
Figura 13-126. Ábaco de módulos de reacción horizontal para pilonas 580
Figura 13-127. Ábaco de módulos de reacción vertical para pilonas 580
Figura 13-128. Ábaco de carga axial admisible (ELR) 582
Figura 13-129.Ábaco de carga axial admisible (ELEE) 584
Figura 13-130.Ábaco de carga axial admisible (ELS) 586
Figura 13-131.Ábaco de capacidad de carga lateral (ELR y ELEE) 588
Figura 13-132. Ábaco de capacidad de carga lateral (ELS) 590
Figura 13-133. Ábaco de módulos de reacción horizontal para pilonas 592
Figura 13-134. Ábaco de módulos de reacción vertical para pilonas 593
Figura 14-1 Modelación en estado estático de excavación para la alternativa 1 del P. 20 de Julio 595
Figura 14-2 Modelación en estado pseudoestático de excavación para la alternativa 1 del P. 20 de Julio 595
Figura 14-3 Modelación en estado estático de excavación para la alternativa 4 del P. 20 de Julio 596
Figura 14-4 Modelación en estado pseudoestático de excavación para la alternativa 4 del P. 20 de Julio 597
Figura 14-5 Modelación en estado estático de excavación para la alternativa 6 del P. 20 de Julio 598
Figura 14-6 Modelación en estado pseudoestático de excavación para la alternativa 6 del P. 20 de Julio 598
Figura 14-7 Modelación en estado estático de excavación para la estación La Victoria 599
Figura 14-8 Modelación en estado pseudoestático de excavación para la estación La Victoria 600
Figura 14-9 Modelación en estado estático de excavación para la estación Altamira 601
Figura 14-10 Modelación en estado pseudoestático de excavación para la estación Altamira 601
Figura 14-11 Modelación en estado estático de excavación para la estación Juan Rey alternativa 1 602
Figura 14-12 Modelación en estado pseudoestático de excavación para la estación Juan Rey alternativa 1 603
Figura 14-13 Modelación en estado estático de excavación para la estación Juan Rey alternativa 2 604

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

Figura 14-14 Modelación en estado pseudoestático de excavación para la estación Juan Rey alternativa 2 605
Figura 14-15 Modelación en estado estático de excavación para la estación Juan Rey alternativa 3 606
Figura 14-16 Modelación en estado pseudoestático de excavación para la estación Juan Rey alternativa 3 607
Figura 14-17 Modelo corte en estado estático del talud estación Altamira 608
Figura 14-18 Modelo corte en estado pseudoestático del talud estación Altamira 609
Figura 16-1 Asentamientos por consolidación. Fuente: Das, B. 2012 612
Figura 16-2. Pilotes por punta y por fricción. Fuente: Das, B. 2012 613

LISTADO DE TABLAS

Tabla 5-1. Matriz de inventario de información disponible del proyecto Cable Aéreo de San Cristóbal. 35
Tabla 5-2. Leyenda litoestratigráfica del proyecto del cable San Cristóbal 38
Tabla 5-3. Niveles promedio de agua subsuperficial 48
Tabla 5-4. Mediciones de estratificación realizadas en el estudio del Barrio Atenas 50
Tabla 5-5. Descripción Zonificación Geotécnica según FOPAE 52
Tabla 5-6. Coeficientes de respuesta sísmica para estaciones 56
Tabla 5-7. Coeficientes de respuesta sísmica para pilonas 56
Tabla 6-1. Obras geotécnicas levantadas 61
Tabla 7-1. Laderas levantadas 69
Tabla 8-1. Factores de forma, profundidad e inclinación. Fuente: Braja, Das, 2015. 78
Tabla 8-2 Factores de capacidad de carga Nσ* con base en la teoría de expansión de cavidades. 79
Tabla 8-3. Variación de N_C* con Irr para la condición Φ=0 con base en la teoría de Vesic. Fuente: Braja, Das, 2015. 80
Tabla 8-4. Variación de α (valores interpolados basados en Terzaghi, Peck y Mesri, 1996). Fuente: Braja, Das, 2015. 82
Tabla 8-5. Valores del Factor de Sitio F_{PGA} 87
Tabla 8-6 Valores del Factor de Sitio F_A 88
Tabla 8-7 Valores del Factor de Sitio F_V 88
Tabla 8-8. Factores de Reducción para Resistencia al Aplastamiento del Grupo de Pilotes en Arena 93
Tabla 8-9. Factor de modificación de juntas 94
Tabla 8-10. Parámetros m y s para roca 95
Tabla 8-11. Factores de resistencia 96
Tabla 8-12. Criterios para definición de tipo de roca 97
Tabla 8-13. Matriz de Valores de Estabilidad para roca 97
Tabla 8-14 Matriz de Valores de Estabilidad por orientación de discontinuidades para roca 97
Tabla 8-15 Matriz de Valores de Estabilidad para material intermedio 98
Tabla 8-16 Matriz de identificación de estructuras heredadas 98
Tabla 8-17 Matriz de Valores de influencia de las estructuras 99
Tabla 8-18 Unidades de materiales intermedios y clasificación para el Modelo Semicuantitativo 99

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

Tabla 8-19 Clasificación de suelos por condición del terreno 99
Tabla 8-20 Influencia por medio de transporte..... 100
Tabla 8-21. Influencia por grado de meteorización 100
Tabla 8-22 Valores de Estabilidad por Factor Antrópico 101
Tabla 8-23 y Tabla 8-24 Valores de estabilidad por relieve y perfil longitudinal..... 101
Tabla 8-25 Valores de estabilidad para drenaje..... 104
Tabla 8-26 Puntajes de Estabilidad parámetro Uso del Suelo y Cobertura (U) 104
Tabla 8-27 Valoración parámetro clima 105
Tabla 8-28. Asignación puntaje de estabilidad al mapa erial 106
Tabla 8-29 Calificación de parámetro sísmico 106
Tabla 8-30 Calificación de estabilidad (CES)..... 107
Tabla 8-31 Rangos de categorización de amenaza 108
Tabla 9-1. Coordenadas exploración directa 109
Tabla 9-2. Coordenadas líneas de refracción sísmica 109
Tabla 9-3 Cantidad Ensayos de Laboratorio..... 115
Tabla 9-4 Clasificación de los perfiles de suelo basados en el parámetro de velocidad media de la onda de cortante VS. (Extracto de la Tabla A.2.4-1 de la NSR-10)..... 119
Tabla 9-5 Velocidades de onda aproximadas de suelo y roca (Adaptada de Briaud, 2013) 120
Tabla 9-6 Expresiones utilizadas para el cálculo de parámetros a partir de Vs y Vp..... 121
Tabla 9-7. Velocidad de onda de corte promedio y propiedades rigidez LRS1 127
Tabla 9-8. Velocidad de onda de corte promedio y propiedades rigidez LRS2 133
Tabla 9-9. Velocidad de onda de corte promedio y propiedades rigidez LRS3 139
Tabla 9-10. Velocidad de onda de corte promedio y propiedades rigidez LRS4 145
Tabla 9-11. Velocidad de onda de corte promedio y propiedades rigidez LRS5 152
Tabla 9-12. Velocidad de onda de corte promedio y propiedades rigidez LRS6 158
Tabla 9-13. Velocidad de onda de corte promedio y propiedades rigidez 165
Tabla 11-1. Sondeos de referencia estaciones Portal 20 de Julio..... 167
Tabla 11-2 Perfil Geotécnico Alternativa 6..... 172
Tabla 11-3 Perfil Geotécnico de la Alternativa 1 178
Tabla 11-4. Perfil geotécnico de la alternativa 4 184
Tabla 11-5. Sondeos de referencia estaciones La Victoria y Altamira..... 186
Tabla 11-6 Perfil geotécnico Estación La Victoria 190
Tabla 11-7 Perfil geotécnico Estación Altamira..... 196
Tabla 11-8. Sondeos de referencia estaciones Juan Rey 198
Tabla 11-9.Relación de exploración geotécnica ejecutada en alternativa 1 Juan Rey ... 198
Tabla 11-10. Perfil geotécnico de la alternativa 1 202
Tabla 11-11. Relación de exploración geotécnica ejecutada en alternativa 2 Juan Rey 202
Tabla 11-12. Perfil geotécnico de la alternativa 2 206
Tabla 11-13. Exploración de referencia alternativa 3 Juan Rey 207
Tabla 11-14. Perfil geotécnico de alternativa 3 Juan Rey 208
Tabla 11-15 Relación de exploración geotécnica ejecutada en la Zona Geotécnica no.1 213
Tabla 11-16. Parámetros geotécnicos zona geotécnica 1..... 216
Tabla 11-17 Relación de exploración geotécnica ejecutada en la Zona Geotécnica no.2 217
Tabla 11-18 Perfil Geotécnico de la Zona Geotécnica 2..... 220

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. Instituto de Desarrollo Urbano

Tabla 11-19 Relación de exploración geotécnica ejecutada en la Zona Geotécnica 3 ... 221
Tabla 11-20 Perfil Geotécnico de la Zona Geotécnica 3 ... 224
Tabla 11-21 Relación de exploración geotécnica ejecutada en la Zona Geotécnica 4 ... 225
Tabla 11-22 Perfil Geotécnico de la Zona Geotécnica 4 ... 228
Tabla 11-23 Relación de exploración geotécnica ejecutada en la Zona 5 y 9 ... 229
Tabla 11-24 Perfil Geotécnico de las Zonas 5 y 9 ... 233
Tabla 11-25 Relación de exploración geotécnica ejecutada en la Zona 6 ... 233
Tabla 11-26 Perfil Geotécnico de la zona geotécnica 6 ... 238
Tabla 11-27 Relación de exploración geotécnica ejecutada en la Zona Geotécnica 7 ... 238
Tabla 11-28 Perfil Geotécnico de la Zona Geotécnica 7. ... 242
Tabla 11-29 Relación de exploración geotécnica ejecutada en la Zona Geotécnica 8 ... 243
Tabla 11-30 Perfil Geotécnico de la Zona Geotécnica 8. ... 246
Tabla 11-31 Perfil Geotécnico de la Zona Geotécnica 10. ... 248
Tabla 11-32 Relación de exploración geotécnica ejecutada en la Zona 11 ... 249
Tabla 11-33 Perfil Geotécnico de la Zona 11 ... 253
Tabla 11-34 Relación de exploración geotécnica ejecutada en la Zona 12 ... 253
Tabla 11-35 Perfil Geotécnico de la Zona 12 ... 257
Tabla 11-36. Parámetros geotécnicos de diseño Zona 1 ... 258
Tabla 11-37. Parámetros geotécnicos de diseño Zona 2 ... 258
Tabla 11-38. Parámetros geotécnicos de diseño Zona 3 ... 259
Tabla 11-39. Parámetros geotécnicos de diseño Zona 4 ... 259
Tabla 11-40. Parámetros geotécnicos de diseño Zonas 5 y 9 ... 260
Tabla 11-41. Parámetros geotécnicos de diseño Zona 6 ... 260
Tabla 11-42 Parámetros geotécnicos de diseño Zona 7 ... 261
Tabla 11-43. Parámetros geotécnicos de diseño Zona 8 ... 261
Tabla 11-44 Parámetros geotécnicos de diseño Zona 10 ... 261
Tabla 11-45. Parámetros geotécnicos de diseño Zona 11 ... 262
Tabla 11-46. Parámetros geotécnicos de diseño Zona 12 ... 262
Tabla 11-47 Parámetros geotécnicos de diseño Portal 20 Julio Alt 1 ... 263
Tabla 11-48. Parámetros geotécnicos de diseño Portal 20 Julio Alt 4 ... 263
Tabla 11-49. Parámetros geotécnicos de diseño Portal 20 Julio Alt 6 ... 264
Tabla 11-50. Parámetros geotécnicos de diseño La Victoria ... 264
Tabla 11-51. Parámetros geotécnicos de diseño Altamira ... 265
Tabla 11-52. Parámetros geotécnicos de diseño Juan Rey Alternativa 1 ... 265
Tabla 11-53. Parámetros geotécnicos de diseño Juan Rey Alternativa 2 ... 266
Tabla 11-54. Parámetros geotécnicos de diseño Juan Rey Alternativa 3 ... 266
Tabla 12-1. Descripción de la localización de alternativas de estaciones cable aéreo San Cristóbal. Fuente: Elaboración Propia. ... 269
Tabla 12-2. Relación de Información Secundaria existente y uso dado en el estudio Fase I de Amenaza por remoción en masa. Fuente: Elaboración propia. ... 275
Tabla 12-3. Relación de diagnósticos técnicos del IDIGER relacionados con remoción en masa en el área de influencia del proyecto. ... 280
Tabla 12-4 Estaciones Hidrometeorológicas ... 298
Tabla 12-5 Resultados lluvia critica, duración y periodo de retorno estaciones pluviométricas área de estudio Fuente: IDIGER-2017. ... 302
Tabla 12-6. Clasificación de materiales en zona de estudio ... 320

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C. INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO
Instituto de Desarrollo Urbano

Tabla 12-7. Valores de aceleración y calificación de amenaza de acuerdo con el tipo de material (fuente: IDIGER, 2016)..... 324
Tabla 13-1. Capacidad portante admisible zapatas P. 20 de Julio. para asentamiento de 2.5 cm..... 334
Tabla 13-2. Asentamientos y módulo de reacción vertical para Zapatas. Portal 20 de Julio Alternativa 6 para asentamiento de 2.5 cm 336
Tabla 13-3. Capacidad portante pilotes Portal 20 de Julio Alternativa 6. 337
Tabla 13-4. Módulos de reacción horizontal pilotes Portal 20 de Julio Alternativa 6 339
Tabla 13-5. Módulos de reacción vertical Portal 20 de Julio Alternativa 6..... 341
Tabla 13-6. Capacidad portante caissons Portal 20 de Julio Alternativa 6..... 343
Tabla 13-7. Módulos de reacción horizontal caissons Portal 20 de Julio Alternativa 6... 345
Tabla 13-8. Módulos de reacción vertical caissons Portal 20 de Julio Alternativa 6 347
Tabla 13-9. Capacidad portante zapatas Portal 20 de Julio Alternativa 1 para asentamiento de 2.5 cm..... 349
Tabla 13-10. *Módulos de reacción vertical zapatas Portal 20 de Julio Alternativa 1 para asentamiento de 2.5 cm*..... 351
Tabla 13-11. Capacidad portante pilotes Portal 20 de Julio Alternativa 1. 352
Tabla 13-12. Módulo de reacción horizontal pilotes Portal 20 de Julio Alternativa 1 354
Tabla 13-13. Módulos de reacción vertical pilotes Portal 20 de Julio Alternativa 1 356
Tabla 13-14. Capacidad portante caissons Portal 20 de Julio Alternativa 1..... 358
Tabla 13-15. Módulo de reacción horizontal caissons Portal 20 de Julio Alternativa 1... 360
Tabla 13-16. Módulo de reacción vertical caissons Portal 20 de Julio Alternativa 1..... 362
Tabla 13-17. Capacidad portante zapatas Portal 20 de Julio Alternativa 4 para asentamiento de 2.5 cm..... 364
Tabla 13-18. Asentamientos y módulos de reacción vertical para zapatas Portal 20 de Julio Alternativa 4 para asentamiento de 2.5 cm..... 366
Tabla 13-19. Capacidad portante pilotes Portal 20 de Julio Alternativa 4. 367
Tabla 13-20. Módulos de reacción horizontal pilotes Portal 20 de Julio Alternativa 4 369
Tabla 13-21. Módulos de reacción vertical pilotes Portal 20 de Julio Alternativa 4 371
Tabla 13-22. Capacidad portante caissons Portal 20 de Julio Alternativa 4..... 373
Tabla 13-23. Módulos de reacción horizontal caissons Portal 20 de Julio Alternativa 4. 375
Tabla 13-24. Módulos de reacción vertical caissons Portal 20 de Julio Alternativa 4..... 377
Tabla 13-25. Capacidad portante zapatas La Victoria. para asentamiento de 2.5 cm.... 379
Tabla 13-26. Asentamientos y módulos de reacción vertical para zapatas La Victoria para asentamiento de 2.5 cm..... 381
Tabla 13-27. Capacidad portante pilotes La Victoria..... 382
Tabla 13-28. Módulos de reacción horizontal pilotes La Victoria..... 384
Tabla 13-29. Módulos de reacción vertical pilotes La Victoria..... 386
Tabla 13-30. Capacidad portante caissons La Victoria 388
Tabla 13-31. Módulos de reacción horizontal caissons La Victoria 390
Tabla 13-32. Módulos de reacción vertical caissons La Victoria 392
Tabla 13-33. Capacidad portante zapatas Altamira para asentamiento de 2.5 cm 394
Tabla 13-34. Asentamientos y módulos de reacción vertical para zapatas Altamira para asentamiento de 2.5 cm..... 396
Tabla 13-35. Capacidad portante pilotes Altamira 397
Tabla 13-36. Módulos de reacción horizontal pilotes Altamira 399
Tabla 13-37. Módulos de reacción vertical pilotes Altamira 401

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. 2016-2020 Instituto de Desarrollo Urbano

Tabla 13-38. Capacidad portante caissons Altamira 403
Tabla 13-39. Módulos de reacción horizontal caissons Altamira 405
Tabla 13-40. Módulos de reacción vertical caissons Altamira 407
Tabla 13-41. Predimensionamiento de muros de contención de Altamira 409
Tabla 13-42. Cálculo de muros de contención Altamira 410
Tabla 13-43. Capacidad portante zapatas alternativa 1 Juan Rey para asentamiento de 2.5 cm 411
Tabla 13-44. Módulo de reacción vertical, zapatas alternativa 1, Juan Rey para asentamiento de 2.5 cm 412
Tabla 13-45. Capacidad portante pilotes alternativa 1 Juan Rey 413
Tabla 13-46. Módulos de reacción horizontal pilotes alternativa 1 Juan Rey 415
Tabla 13-47. Módulos de reacción vertical pilotes alternativa 1 Juan Rey 417
Tabla 13-48. Capacidad portante caissons alternativa 1 Juan Rey 419
Tabla 13-49. Módulos de reacción horizontal caissons alternativa 1 Juan Rey 421
Tabla 13-50. Módulos de reacción vertical caissons alternativa 1 Juan Rey 423
Tabla 13-51. Capacidad portante zapatas alternativa 2 Juan Rey para asentamiento de 2.5 cm 425
Tabla 13-52. Módulo de reacción vertical, zapatas alternativa 2, Juan Rey para asentamiento de 2.5 cm 427
Tabla 13-53. Capacidad portante pilotes alternativa 2 Juan Rey 428
Tabla 13-54. Módulos de reacción horizontal pilotes alternativa 1 Juan Rey 430
Tabla 13-55. Módulos de reacción vertical pilotes alternativa 1 Juan Rey 432
Tabla 13-56. Capacidad portante caissons alternativa 2 Juan Rey 434
Tabla 13-57. Módulos de reacción horizontal caissons alternativa 2 Juan Rey 436
Tabla 13-58. Módulos de reacción vertical caissons alternativa 2 Juan Rey 438
Tabla 13-59. Capacidad portante zapatas alternativa 3 Juan Rey para asentamiento de 2.5 cm 440
Tabla 13-60. Módulo de reacción vertical, zapatas alternativa 3, Juan Rey para asentamiento de 2.5 cm 441
Tabla 13-61. Capacidad portante pilotes alternativa 3 Juan Rey 442
Tabla 13-62. Módulos de reacción horizontal pilotes alternativa 3 Juan Rey 444
Tabla 13-63. Módulos de reacción vertical pilotes alternativa 3 Juan Rey 446
Tabla 13-64. Capacidad portante caissons alternativa 3 Juan Rey 448
Tabla 13-65. Módulos de reacción horizontal caissons alternativa 3 Juan Rey 450
Tabla 13-66. Módulos de reacción vertical caissons alternativa 3 Juan Rey 452
Tabla 13-67 Resumen de valores de carga axial admisible y carga por tracción (ELR) 454
Tabla 13-68. Resumen de valores de carga axial admisible y carga por tracción (ELEE) 456
Tabla 13-69. Resumen de valores de carga axial admisible y por tracción (ELS) 458
Tabla 13-70. Resumen de valores de capacidad de carga lateral (ELR y ELEE) 459
Tabla 13-71. Resumen de valores de capacidad de carga lateral (ELS) 461
Tabla 13-72. Resumen de valores de módulos de reacción horizontal y vertical para pilonas 464
Tabla 13-73 Resumen de valores de carga axial admisible y por tracción (ELR) 467
Tabla 13-74. Resumen de valores de carga axial admisible y por tracción (ELEE) 469
Tabla 13-75. Resumen de valores de carga axial admisible (ELS) 471
Tabla 13-76. Resumen de valores de capacidad de carga lateral (ELR y ELEE) 472

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

Tabla 13-77. Resumen de valores de capacidad de carga lateral (ELS)..... 475
Tabla 13-78. Resumen de valores de módulos de reacción horizontal y vertical para pilonas 477
Tabla 13-79 Resumen de valores de carga axial admisible y por tracción (ELR)..... 479
Tabla 13-80. Resumen de valores de carga axial admisible y por tracción (ELEE)..... 481
Tabla 13-81. Resumen de valores de carga axial admisible y por tracción (ELS)..... 483
Tabla 13-82. Resumen de valores de capacidad de carga lateral (ELR y ELEE)..... 485
Tabla 13-83. Resumen de valores de capacidad de carga lateral (ELS)..... 487
Tabla 13-84. Resumen de valores de módulos de reacción horizontal y vertical para pilonas 489
Tabla 13-85 Resumen de valores de carga axial admisible y por tracción (ELR)..... 492
Tabla 13-86. Resumen de valores de carga axial admisible (ELEE)..... 494
Tabla 13-87. Resumen de valores de carga axial admisible y por tracción (ELS)..... 496
Tabla 13-88. Resumen de valores de capacidad de carga lateral (ELR y ELEE)..... 498
Tabla 13-89. Resumen de valores de capacidad de carga lateral (ELS)..... 500
Tabla 13-90. Resumen de valores de módulos de reacción horizontal y vertical para pilonas 502
Tabla 13-91 Resumen de valores de carga axial admisible y por tracción (ELR)..... 505
Tabla 13-92. Resumen de valores de carga axial admisible y por tracción (ELEE)..... 507
Tabla 13-93. Resumen de valores de carga axial admisible y por tracción (ELS)..... 509
Tabla 13-94. Resumen de valores de capacidad de carga lateral (ELR y ELEE)..... 511
Tabla 13-95. Resumen de valores de capacidad de carga lateral (ELS)..... 513
Tabla 13-96. Resumen de valores de módulos de reacción horizontal y vertical para pilonas 515
Tabla 13-97 Resumen de valores de carga axial admisible y por tracción (ELR)..... 517
Tabla 13-98. Resumen de valores de carga axial admisible y por tracción (ELEE)..... 519
Tabla 13-99. Resumen de valores de carga axial admisible y por tracción (ELS)..... 521
Tabla 13-100. Resumen de valores de capacidad de carga lateral (ELR y ELEE)..... 523
Tabla 13-101. Resumen de valores de capacidad de carga lateral (ELS)..... 526
Tabla 13-102. Resumen de valores de módulos de reacción horizontal y vertical para pilonas 528
Tabla 13-103 Resumen de valores de carga axial admisible y por tracción (ELR)..... 530
Tabla 13-104. Resumen de valores de carga axial admisible y por tracción (ELEE)..... 532
Tabla 13-105. Resumen de valores de carga axial admisible y por tracción (ELS)..... 534
Tabla 13-106. Resumen de valores de capacidad de carga lateral (ELR y ELEE)..... 536
Tabla 13-107. Resumen de valores de capacidad de carga lateral (ELS)..... 538
Tabla 13-108. Resumen de valores de módulos de reacción horizontal y vertical para pilonas 540
Tabla 13-109 Resumen de valores de carga axial admisible y por tracción (ELR)..... 543
Tabla 13-110. Resumen de valores de carga axial admisible y por tracción (ELEE)..... 545
Tabla 13-111. Resumen de valores de carga axial admisible y por tracción (ELS)..... 547
Tabla 13-112. Resumen de valores de capacidad de carga lateral (ELR y ELEE)..... 549
Tabla 13-113. Resumen de valores de capacidad de carga lateral (ELS)..... 551
Tabla 13-114. Resumen de valores de módulos de reacción horizontal y vertical para pilonas 553
Tabla 13-115 Resumen de valores de carga axial admisible y por tracción (ELR)..... 556
Tabla 13-116. Resumen de valores de carga axial admisible y por tracción (ELEE)..... 558

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

Tabla 13-117. Resumen de valores de carga axial admisible y por tracción (ELS)..... 560
Tabla 13-118. Resumen de valores de capacidad de carga lateral (ELR y ELEE)..... 562
Tabla 13-119. Resumen de valores de capacidad de carga lateral (ELS)..... 564
Tabla 13-120. Resumen de valores de módulos de reacción horizontal y vertical para pilonas 566
Tabla 13-121 Resumen de valores de carga axial admisible y por tracción (ELR)..... 569
Tabla 13-122. Resumen de valores de carga axial admisible y por tracción (ELEE)..... 570
Tabla 13-123. Resumen de valores de carga axial admisible y por tracción (ELS)..... 572
Tabla 13-124. Resumen de valores de capacidad de carga lateral (ELR y ELEE)..... 574
Tabla 13-125. Resumen de valores de capacidad de carga lateral (ELS)..... 576
Tabla 13-126. Resumen de valores de módulos de reacción horizontal y vertical para pilonas 578
Tabla 13-127 Resumen de valores de carga axial admisible y por tracción (ELR)..... 580
Tabla 13-128. Resumen de valores de carga axial admisible y por tracción (ELEE)..... 582
Tabla 13-129. Resumen de valores de carga axial admisible y por tracción (ELS)..... 584
Tabla 13-130. Resumen de valores de capacidad de carga lateral (ELR y ELEE)..... 586
Tabla 13-131. Resumen de valores de capacidad de carga lateral (ELS)..... 588
Tabla 13-132. Resumen de valores de módulos de reacción horizontal y vertical para pilonas 590
Tabla 14-1. Resumen de valores de factores sísmicos..... 607
Tabla 14-2. Resumen de valores de presiones para cortes 608
Tabla 15-1. Datos generales para diseño de muros 610
Tabla 15-2. Predimensionamiento para diseño de muros 611
Tabla 15-3. Empujes estáticos y dinámicos muros de contención..... 611
Tabla 20-1. Relación de interferencias de redes húmedas alternativa 1 La Victoria-Juan Rey. 622
Tabla 20-2. Relación de interferencias de redes húmedas alternativa 3 La Victoria-Juan Rey. 623
Tabla 20-3. Relación de interferencias de redes húmedas alternativa 1 La Victoria-Juan Rey. 624
Tabla 21-1. Longitudes mínimas para las alternativas de cimentación 627
Tabla 21-2. Coeficientes de muros de contención para la estación Altamira 628

ANEXOS

ANEXO A. UBICACIÓN DE PERFORACIONES..... 629
ANEXO B. REGISTROS DE PERFORACIÓN 630
ANEXO C. PLANOS GEOLÓGICOS, GEOTÉCNICOS, SÍSMICOS Y GEOMORFOLÓGICOS 631
ANEXO D. ESQUEMA DE UBICACIÓN DE OBRAS GEOTÉCNICAS..... 632
ANEXO E. ESQUEMA DE UBICACIÓN LADERAS 633
ANEXO F. REGISTROS DE CAMPO LEVANTAMIENTO OBRAS GEOTÉCNICAS Y LADERAS..... 634
ANEXO G. RESUMEN DE RESULTADOS DE LABORATORIO..... 635
ANEXO H. PLANO DE ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR REMOCIÓN EN MASA... 636
ANEXO I. PLANOS DE PERFILES ESTRATIGRÁFICOS..... 637
ANEXO J. MEMORIAS DE CÁLCULO..... 638

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

ANEXO K. CANTIDADES GEOTÉCNICAS 639
ANEXO L. ZONAS GEOTÉCNICAS 640
ANEXO M. MATRIZ DE RIESGOS 641
ANEXO N. RESULTADOS DE CAMPAÑA DE EXPLORACIÓN FACTIBILIDAD 2021 .. 642

ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

1 INTRODUCCION

El presente documento contiene la entrega de factibilidad del área de geotecnia y riesgo Fase I, para el proyecto "ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.". De acuerdo con lo anterior, se presenta una localización del proyecto, zonificación geológica, geotécnica, sísmica y de amenaza a partir de la información recopilada y también de la información recolectada durante la visita de campo realizada del componente de geotecnia. Adicionalmente, se realiza una implantación del proyecto, describiendo las alternativas desde el punto de vista geológico-geotécnico y de amenaza. Se anexa el inventario y diagnóstico de la infraestructura existente a nivel geotécnico y la ficha de diagnóstico de los taludes y laderas levantadas. Se presenta el compilado de propiedades índice y mecánicas de los materiales presentes en la zona de estudio, información extraída de los estudios recopilados en fases anteriores y a partir de la información primaria obtenida de la exploración geotécnica realizada para esta etapa de factibilidad.

Con esta información, se construye el modelo geológico geotécnico necesario para diseñar las alternativas de cimentación las cuales, para las estaciones de transferencia, consisten en zapatas con diferentes configuraciones, pilotes con diámetros entre 0.4 m y 0.6 m o caissons de 1.2 m y 1.5 m de diámetro, dependiendo de la estructura analizada. Para la cimentación de las pilonas de sostenimiento, de acuerdo con la naturaleza y características de las cargas, se diseñaron cimentaciones profundas con diámetros de 0.80 m, 1.00 m y 1.20 m. También se realiza una evaluación Fase I de la amenaza, vulnerabilidad y riesgo para la zona de implantación del proyecto de acuerdo con lo indicado en la resolución 227 de 2006 del IDIGER y se realizan las respectivas recomendaciones del caso. Finalmente, a partir de las modelaciones ejecutadas, se selecciona la alternativa óptima desde el punto de vista geotécnico.

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. Instituto de Desarrollo Urbano

Adicionalmente, se planteó una campaña de exploración geotécnica para la fase de factibilidad con el fin de complementar la información y poder caracterizar de una manera más completa la zona de interés. Esta exploración consistió en 5 perforaciones directas de 15.0 m de profundidad y 7 líneas de refracción sísmica, distribuidos en los diferentes tramos del cable en donde no se contaba con suficiente información. La presente versión del informe contiene la actualización del estudio geotécnico con los resultados de la exploración de campo y ensayos de laboratorio realizados en la presente etapa de factibilidad.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la alternativa de trazado óptimo desde el componente de geotecnia y riesgos a partir del pre-dimensionamiento de las cimentaciones de las estructuras que componen el sistema de cable aéreo y de la evaluación de la amenaza, vulnerabilidad y riesgo en la zona de afectación.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar una zonificación geológica, geotécnica, sísmica y de amenaza para el área del proyecto

- Realizar una implantación del proyecto y de sus alternativas con el fin de detectar ventajas y desventajas de cada trazado planteado

- Realizar un inventario de obras geotécnicas y laderas en inmediaciones de los trazados que permitan identificar procesos antiguos de inestabilidad que puedan afectar el buen funcionamiento del cable.

- Compilar la base de datos de propiedades físico mecánicas de los materiales a partir de la información secundaria recopilada en etapas anteriores para, de esta manera, construir el respectivo modelo geológico-geotécnico y asignar propiedades mecánicas de diseño.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

- Construir el modelo geológico-geotécnico a partir de la información primaria y secundaria para cada uno de los corredores alternativos del cable aéreo y de las áreas de las estaciones.

- Calcular, de manera preliminar, las capacidades portantes, asentamientos elásticos y módulos de reacción para las cimentaciones que componen el sistema del cable aéreo en las diferentes alternativas para poder pre-dimensionar el sistema de cimentación de cada una y así tener elementos de valoración para la selección de alternativas.

- Realizar el estudio Fase 1 de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por remoción en masa del área del proyecto y dar las respectivas recomendaciones para la selección de alternativas y para la ejecución del estudio Fase II de riesgo para el corredor definitivo seleccionado.

- Seleccionar la alternativa de cimentación óptima desde el punto de vista técnico y económico para las diferentes alternativas en conjunto con la especialidad estructural desde una perspectiva de cálculos preliminares y pre-dimensionamiento.

- Presentar los criterios y la valoración para el proceso de la selección de la alternativa, el trazado y estaciones óptimo desde el punto de vista de geotecnia y riesgos.

ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Como se describe en el anexo técnico No 1; “El sistema de transporte por cable aéreo está ubicado en la Localidad de San Cristóbal hacia el sur de Bogotá. El recorrido inicia en el Portal 20 de Julio donde hace transferencia con el sistema Transmilenio, y continúa hacia las laderas de los Cerros del Sur, hacia los sectores La Victoria y Altamira / Moralba. La localidad está caracterizada por su diversidad constructiva, su versatilidad de usos, consolidación urbana y una variedad muy interesante de tipologías de arquitectura residencial e institucional. Cabe destacar que esta localidad tiene un gran potencial de desarrollo y de centralidad por el acopio de infraestructura a escala urbana, como la Iglesia del Divino Niño, el Hospital de La Victoria, y algunos colegios.

El cable aéreo cruza barrios de diversa índole desde lo social y urbano, donde se pueden observar sectores de estrato cuatro, en el barrio 20 de Julio, estratos tres y dos, en los barrios aledaños a la Victoria y estrato uno en el área de influencia de Altamira. La topografía es variable, se encuentra desde áreas completamente planas (cercanías del Portal 20 de Julio) hasta pendientes de 12 y 20 % (bordes de la ladera sector Moralba).

La factibilidad realizada en el año 2012 contempló una línea de cable que se integraría con el sistema masivo BRT TransMilenio en su Portal 20 de julio para posteriormente continuar hacia el barrio La Victoria (estación intermedia) y finalmente llegar al barrio Altamira donde está ubicada la estación de retorno.



Figura 3-1 *Trazado del Sistema Factibilidad Año 2012*

En dicha factibilidad, se estructuró un proyecto de cable aéreo que contempla la implantación de un sistema de Góndola monocable desenganchable. El sistema

propuesto cuenta con tres estaciones: transferencia, intermedia - motriz y retorno, tiene una longitud total de 2802.56m y un desnivel total de 258.05 m.

El presente documento se enfoca en el análisis geotécnico y de riesgos a nivel de factibilidad para seleccionar la alternativa de trazado óptima a partir de una serie de alternativas tal y como se especifica en el siguiente numeral.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

4 ALTERNATIVAS ANALIZADAS

Después de haber surtido un proceso de análisis de seis (6) propuestas de localización para la estación de transferencia (tres (3) de ellas presentadas en el estudio de factibilidad del 2012) se seleccionaron tres (3) alternativas, donde una de ellas corresponde a la elegida en el estudio de factibilidad del 2012. Las otras dos (2) opciones corresponden a las alternativas que ofrecen mejores condiciones con relación a causar menor afectación en la operación de buses al interior del portal. Otro aspecto relevante considerado en la definición de alternativas para la estación de transferencia, fue mejorar la conectividad peatonal, buscando que las alternativas permitieran recorridos cortos y directos, evitando en lo posible el entrecruzamiento de usuarios en las diferentes plataformas (alimentadores y troncales) que funcionan dentro del portal.

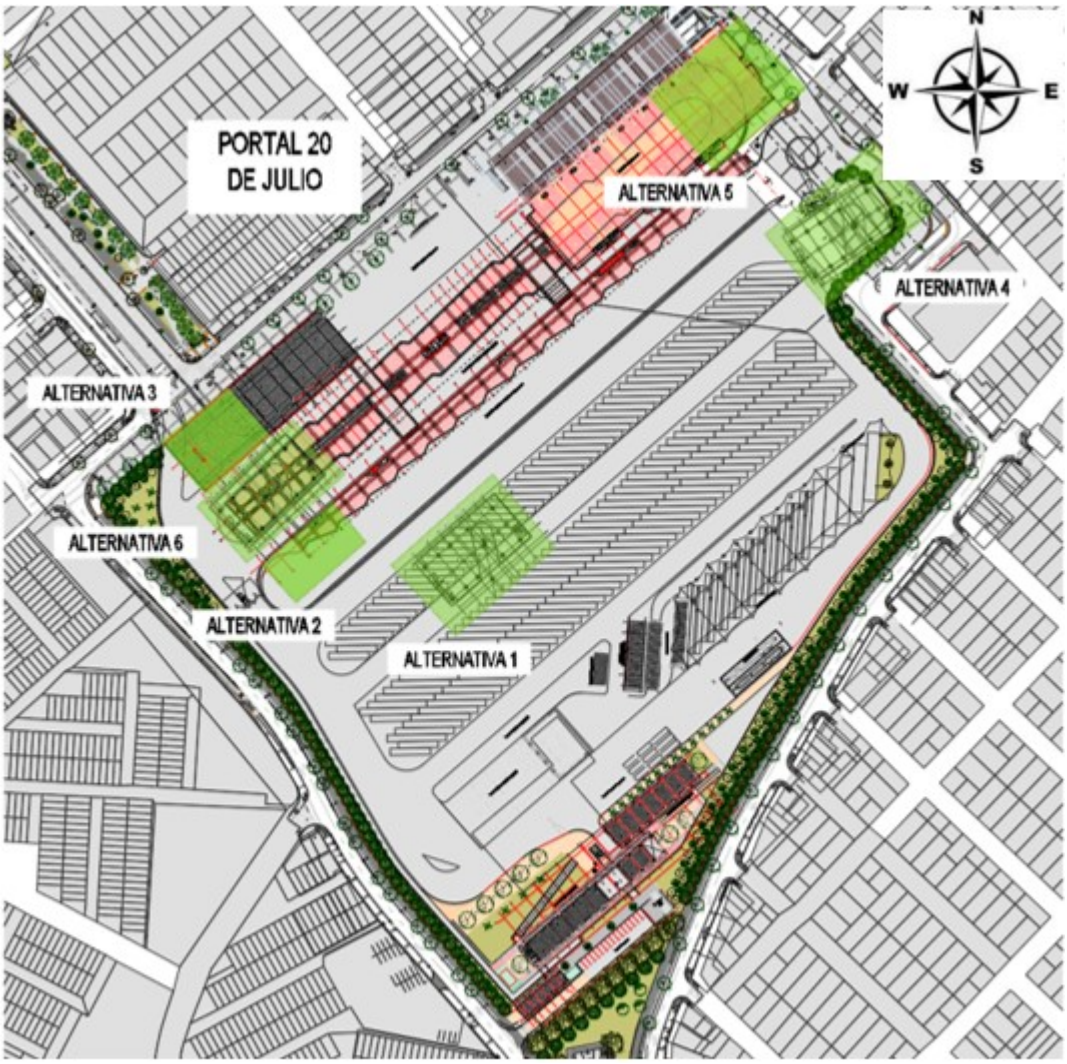


Figura 4-1. *Alternativas estación transferencia Portal 20 de Julio*

Teniendo en cuenta los requerimientos del Anexo Técnico, donde se solicita realizar análisis y consideraciones adicionales a la ubicación de la Estación en el Portal 20 de Julio, con el objeto de mitigar la afectación a la operación del Portal por la Implantación de la Estación, esta Consultora realiza los análisis solicitados y los incorpora dentro de los criterios de la Matriz Multicriterio, para lograr unas mejores condiciones de implantación, a las logradas por el Estudio del año 2012.

Para el caso de la definición de alternativas para la Estación Retorno del tronco principal del Cable, el Estudio de Factibilidad de 2012, estableció dos (2) alternativas en los sectores de Moralba y Altamira, de los cuales recomendó seleccionar el sector de Altamira. La actual consultoría hizo previamente el análisis de las dos (2) propuestas de factibilidad y adicionalmente analizó tres (3) nuevas propuestas para un total de cinco (5). De las cinco (5) opciones evaluadas mediante un análisis entre especialidades, se seleccionaron tres (3) que serán evaluadas mediante el análisis multicriterio. La selección de estas tres (3) alternativas incluye la alternativa recomendada en factibilidad y las otras dos corresponden a aquellas localizaciones que ofrecían una mayor captación de demanda y que por su localización dentro de la zona de estudio, presentaban mejores condiciones de conectividad con la infraestructura de modos de transporte existente en la zona especialmente con la Avenida del Cerro, así como con los hitos más relevantes del sector (hospitales, colegios, jardines infantiles, centros de salud, iglesias supermercados, entre otros).



Figura 4-2. *Alternativas estación retorno Zona Altamira y Zona Moralba*

Dentro de los trabajos realizados en el año 2020 para el proceso de actualización de demanda elaborado por la Secretaría Distrital de Movilidad se planteó un sector macro para la posible localización de dicha estación. Sin embargo, no existe una definición detallada de la ubicación. Es por ello que el equipo de consultoría estableció inicialmente cinco posibles zonas de localización con base en una revisión de las condiciones de la topografía, la orografía, el sistema vial, la densidad urbanística y la disposición espacial de la zona de Juan Rey mediante el uso de Zonas de Análisis de Transporte ZAT.

Para el análisis de las alternativas de la estación de retorno en el sector a Juan Rey, se tuvieron en cuenta las mismas consideraciones que para la estación de retorno en el tronco principal, tomando como principales ejes conectores la Transversal 15 Este y la Carrera 11 Este, pero además se incluyó un criterio que evaluaba el potencial desarrollo urbano y de vivienda que la estación podría traer a la zona.

ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano



Figura 4-3. *Macrozonas para Ramal Juan Rey*

Las alternativas que fueron seleccionadas a partir de una matriz multicriterio preliminar y que serán analizadas en el presente estudio de factibilidad se pueden observar en la siguiente figura en donde se incluye el futuro ramal hacia Juan Rey el cual es adicionado en el alcance de los estudios de la etapa de factibilidad y corresponde con un corredor que se desprende desde la estación proyectada de La Victoria hacia el área de influencia del barrio Juan Rey:



Figura 4-4. *Alternativas de trazado Cable San Cristóbal*

De acuerdo con la figura anterior, se detalla a continuación las alternativas de análisis para cada tramo:

4.1 Tramo Portal 20 de Julio-La Victoria

- Alternativa 6: Esta alternativa considera la implantación de la estación de transferencia en la zona nor-occidental del portal 20 de Julio y su alineamiento conduce hasta la estación La Victoria.
- Alternativa 1: Esta alternativa considera la implantación de la estación de transferencia en la zona central del portal 20 de Julio (en el patio de maniobras) y su alineamiento conduce hasta la estación La Victoria.
- Alternativa 4: Esta alternativa considera la implantación de la estación de transferencia en la zona nor-oriental del portal 20 de Julio (zona de parqueaderos) y su alineamiento conduce hasta la estación La Victoria.

4.2 Tramo La Victoria Altamira

- Alternativa 2: Esta alternativa considera la implantación de la estación de retorno en el barrio Altamira entre carreras 12a este y 12b este y entre calles 43a sur y calle 43 sur.
- Alternativa 3: Esta alternativa considera la implantación de la estación de retorno en el barrio Altamira entre carreras 13 este y 13a este y entre calles 42 c sur y calle 43a sur.
- Alternativa 5: Esta alternativa considera la implantación de la estación de retorno en el barrio Altamira entre carreras 12 este y 12a este y entre calles 42 sur y calle 42a sur.

4.3 Tramo La Victoria-Juan Rey

- Alternativa 1: Esta alternativa considera la implantación de la estación de retorno en el barrio Juan Rey entre calles 54 sur y 55 sur y entre carreras 11a este y 11 b este.
- Alternativa 2: Esta alternativa considera la implantación de la estación de retorno en el barrio Juan Rey entre transversal 14a este y transversal 14b este y diagonal 59 sur y diagonal 58b sur.
- Alternativa 3: Esta alternativa considera la implantación de la estación de retorno en el barrio Juan Rey entre calles 60b sur y 60c sur y entre carreras 13 y diagonal 60a sur.

ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

5 ZONIFICACIÓN, GEOLÓGICA, GEOMORFOLÓGICA, GEOTÉCNICA, SÍSMICA Y DE AMENAZA DEL ÁREA DE ESTUDIO

5.1 Zonificación Geológica y geomorfológica

Este capítulo presenta los resultados geológicos y geomorfológicos obtenidos con base en la información secundaria disponible compilada, debidamente analizada y categorizada para el cumplimiento parcial del primer informe definido en los alcances del proyecto.

5.1.1 Compilación de información

La información documental y cartográfica, compilada de incidencia en el desarrollo del proyecto del cable aéreo de San Cristóbal fue debidamente categorizada siguiendo los criterios de Pertinencia, Fiabilidad, Actualidad y Calidad (Figura 5-1); criterios que fueron calificados entre 1 y 5, siendo 5 el mayor valor, según la importancia de la información, y 1 el menor valor asignado; Los promedios superiores a 4 son categorizados de alta importancia para el proyecto, entre 2,9 y 3,99 son considerados de importancia media y los valores menores a 2,9 de importancia baja.

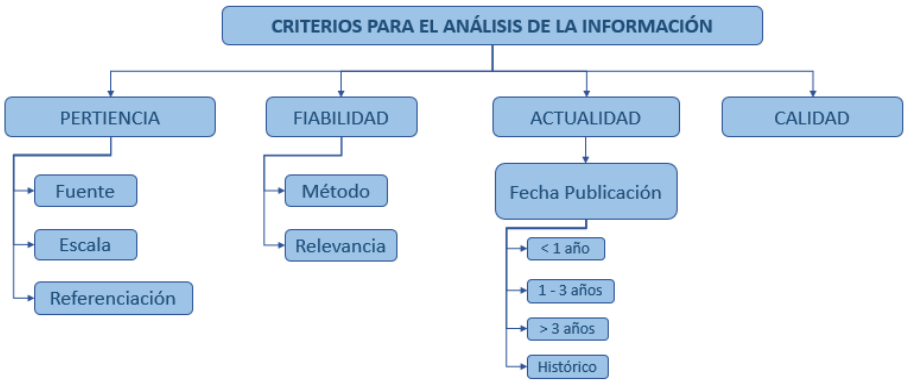


Figura 5-1. *Criterios Utilizados para la categorización de la información secundaria disponible.*

5.1.2 Diagnóstico de la información

Se compilaron 12 archivos entre mapas, documentos, fotografías aéreas e imágenes satelitales, categorizado 10 de alta importancia, 1 media y 2 corresponden a vuelos aerofoto gráficos e imágenes satelitales que su importancia será evaluada, una vez se efectúe su interpretación, Tabla 5-1.

Tabla 5-1. Matriz de inventario de información disponible del proyecto Cable Aéreo de San Cristóbal.

No.	TIPO DE ARCHIVO		FUENTE	AÑO DE PUBLICACIÓN	FORMATO DEL DOCUMENTO	AUTOR (ES)	PRESENTACIÓN DEL DOCUMENTO	ALCANCE	UBICACIÓN DOCUMENTO	ESCALA DEL DOCUMENTO	PERTINENCIA (1-5)	FIABILIDAD (1-5)	ACTUALIDAD (1-5)	CALIDAD (1-5)	PROM	CATEGORIZACIÓN DE LOS DOCUMENTOS
1	Documento y planos	ESTUDIO DE RIESGOS POR REMOCIÓN EN MASA Y DE COMPRESIBILIDAD DEL TERRENO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN DEL RIESGO Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS MEDIDAS RECOMENDADAS PARA SU IMPLEMENTACIÓN EN EL CORTO PLAZO EN UN SECTOR DEL BARRIO ATENAS DE LA LOCALIDAD SAN CRISTÓBAL DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ D. C.	DEPAE	2005	pdf	EDGAR EDUARDO RODRÍGUEZ GRANADOS - INGENIERÍA Y GEORIESGOS	Informe y mapas	Local	Base de datos del Proyecto	5000	5	5	4	4.5	4.6	Alta
2	Documento	ADECUACIÓN DE LA CARRERA 10 (AVENIDA FERNANDO MAZUERA) AL SISTEMA TRANSMILENIO EN EL TRAMO 1 COMPRENDIDO ENTRE CALLE 31 SUR Y CALLE 30 A SUR Y LA CALLE 31 SUR ENTRE CARRERA 10 CARRERA 5, INCLUYENDO PATIO Y PORTAL YSUS VÍAS PERIMETRALES, EN BOGOTÁ D.C.	IDU	2009	pdf	CONSTRUCTORA SAN DIEGO MILENIO SA	Informe	Local	Base de datos del Proyecto	No definida	5	3	3	2	3.3	Media
3	Documento	ESTUDIO DE AMENAZA Y RIESGOS POR REMOCION EN MASA, Y EVALUACION DE ALTERNATIVAS DE MITIGACION PARA LA URBANIZACION VILLA DE LOS ALPES, EN LA LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL	DPAE	2000	Word	GeoIngeniería Ltda	Informe	Local	Base de datos del Proyecto	No definida	4	5	3	5	4.2	Alta
4	Mapa	Mapa Geologica Plancha 246-Fusagasugá	SGC	1998	pdf	J. Acosta y C. Ulloa	Mapa	Regional	Base de datos del Proyecto	100,000	5	5	3	5	4.4	Alta
5	Documento	Memoria Geologica explicativa de la plancha PI 246	SGC	1998	pdf	J. Acosta y C. Ulloa	Informe	Regional	Base de datos del Proyecto	NA	5	5	3	5	4.4	Alta
6	Mapa	Mapa geomorfologico de la cuenca de la Sabana de Bogotá	SGC	2016	pdf		Mapa	Regional	Base de datos del Proyecto	25,000	5	5	3	3	4	Alta
7	Documento	Memoria geomorfologica de la Cuenca de la sabana de Bogota		2016	pdf			Regional	Base de datos del Proyecto	NA	5	5	3	3	4	Alta
8	Mapa	MAPA GEOMORFOLÓGICO APLICADO A MOVIMIENTOS EN MASA ESC 1:100.000 PLANCHA 246 – FUSAGASUGÁ	SGC	2018	pdf	UPTC	Mapa	Regional	Base de datos del Proyecto	100,000	5	4	5	4	4.4	Alta
9	Documento	MEMORIA EXPLICATIVA DEL MAPA GEOMORFOLÓGICO APLICADO A MOVIMIENTOS EN MASA ESC 1:100.000. PLANCHA 246 – FUSAGASUGÁ		2018	pdf		Memoria	Regional	Base de datos del Proyecto	NA	5	4	5	4	4.4	Alta
10	Fotografias convencionales	Vuelo: M1142 Fotografias 18903 a 18906. Escala: Por efinir, Dic 1961. Vuelo C1927, Fotografias: 016 y 017, Escala: por definir	IGAC	Varios	Analogo	IGAC			Base de datos del Proyecto		NA	NA	NA	NA	NA	NA
11	Documento	Diseño Detallado de Obras de Mitigación de Riesgo por Movimientos en Masa en la Urbanización Ciudadela Santa Rosa Localidad de San Cristóbal en Bogotá D. C	IDIGER	2019	Pdf	Consorcio Georriesgos-GIA	Memoria	Local	Base de datos del Proyecto	5000	5	5	4	5	4.7	Alta
12	Documento	INFORME GEOLÓGICO Y GEOMORFOLÓGICO DEL LOTE TRES QUEBRADAS DEL DISTRITO DE BOGOTÁ, EQUIVALENTE AL POLIGONO UNO DE LA OPERACIÓN ESTRATÉGICA NUEVO USME	ERU	2018	Word	EDGAR EDUARDO RODRÍGUEZ GRANADOS - INGENIERÍA Y GEORIESGOS	Informe Geológico y Geomorfologico de avance	Local	Base de datos del Proyecto	5.000	5	5	4	5	4.7	Alta

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

5.1.3 Resultados

GEOLOGÍA

Regionalmente el proyecto esta soportado en rocas sedimentarias detríticas del Cretáceo Superior definidas como el Grupo Guadalupe; el Paleógeno con las formaciones Guaduas, areniscas del Cacho, Bogotá y Regadera, cubiertas parcialmente por depósitos Cuaternarios (Holoceno). Rocas que han sido afectadas por plegamientos y fallamiento relacionados con el proceso orogénico que culminó con el levantamiento de la Cordillera Oriental, iniciado durante el Neógeno y posteriormente cubiertos por depósitos, Figura 5-2

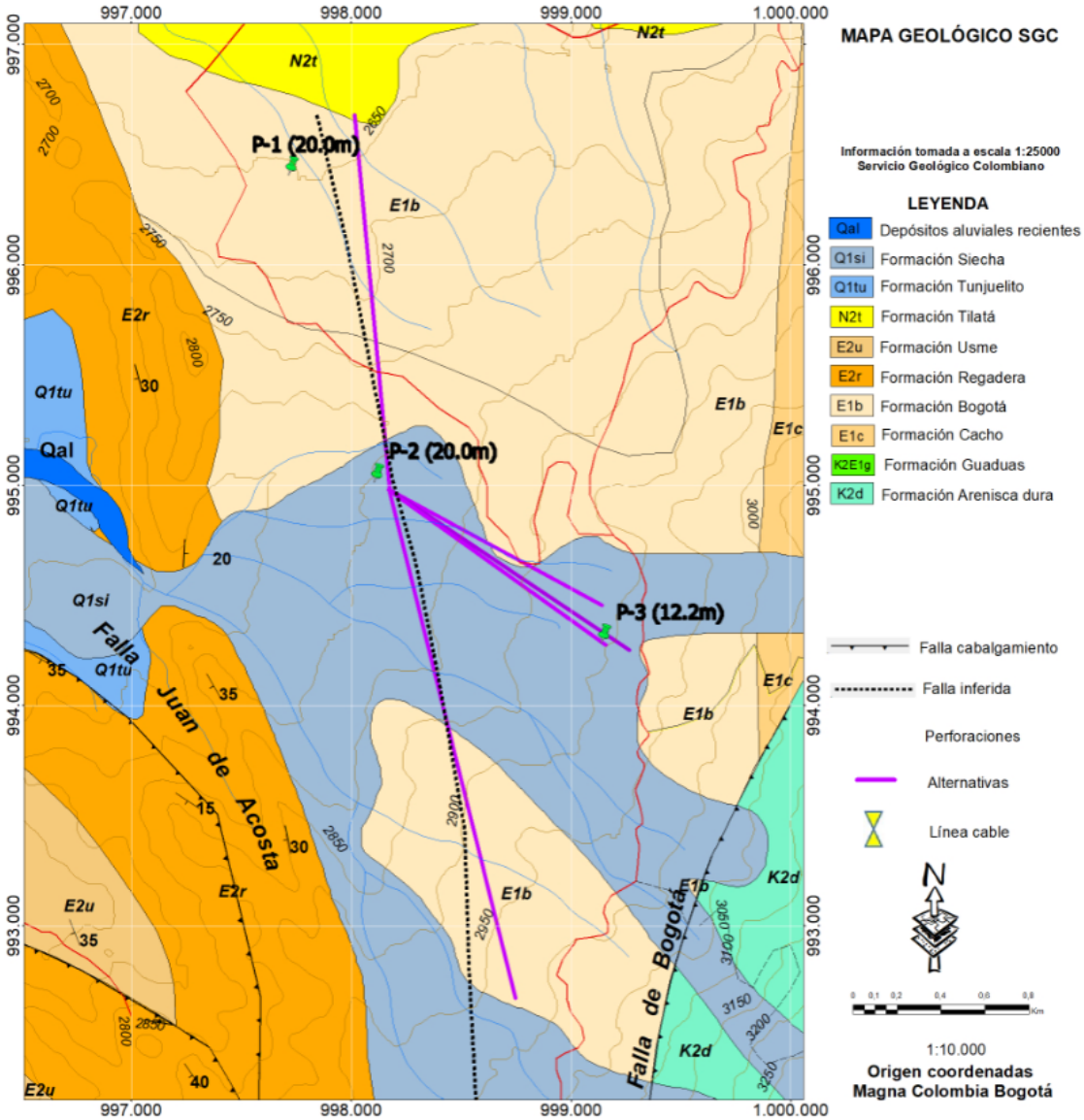


Figura 5-2. *Mapa Geológico del área de incidencia del proyecto Cable de San Cristóbal.*

Estratigrafía

Se describen cronológicamente las unidades roca a partir de las más antiguas a las más recientes y los depósitos cuaternarios que las suprayacen, relacionados con la zona de influencia del desarrollo del proyecto, tomando como referencia la plancha geológica 246 publicada por el INGEOMINAS (1988), hoy Servicio Geológico Colombiano-SGC, y documentos de trabajos aplicados, realizados por las entidades planificadoras del desarrollo urbanístico de Bogotá, como el IDIGER, DEPAE, IDU, ERU realizados por empresas Consultoras, información que puede ser consultada en la Tabla 5-2

Grupo Guadalupe (Ksg)
Nombre asignado por Renzoni (1968) que agrupa de base a techo tres formaciones: Arenisca Dura, Plaeners y Areniscas de Labor y Tierna, depositadas durante el Cretáceo Superior, cuyas principales características litoestratigráficas son:

- **Formación Arenisca Dura (Ksgd)**

Unidad referenciada originalmente por Hubach en 1931 y Renzoni en 1962, se presenta conformando algunos de los cerros que bordean la Sabana de Bogotá. Está constituida por areniscas cuarzosas, gris claras, de grano fino, en estratificación delgada a muy gruesa, lenticulares a plano paralelas, con intercalaciones esporádicas de arcillolitas y limolitas. distribuidas en capas muy gruesas, que conforman bancos muy gruesos (2 y 15 m) de espesor, intercalados con capas muy gruesas de shale y limolitas gris claras. Su espesor varía entre los 308 m y los 460 m (Pérez y Salazar, 1973) un poco más al Norte del área de interés. Esta Unidad es considerada como uno de los principales acuíferos y zonas de recarga en la Sabana de Bogotá.; su edad es Campaniano-Santoniano

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

- **Formación Plaeners (Ksgp)**

Unidad descrita en (1931), referenciada por Hubach (1957), y redefinida por Renzoni (1962, 1968). Presenta buenos afloramientos en los cerros orientales que bordean la margen oriental del proyecto. El espesor de esta unidad es variable entre 156 y 212 m., y fué depositada durante el Maestrichtiano inferior (Pérez y Salazar, 1973).
Está compuesta por tres conjuntos litológicos cuya principal característica es la partición en cubitos “panelitas” debido a su composición silícea (shales y limolitas silíceas) estratificadas en capas delgadas: el nivel inferior está compuesto predominantemente por areniscas de grano fino, arcillolitas siliceas y limolitas silíceas; un nivel intermedio de alternancia de arcillolitas silíceas y areniscas de grano fino, y un nivel superior de arcillolitas silíceas y liditas. el predominio de la fase arcillosa tanto en base como en techo, hace que sus contactos en techo y base se considere bien definida con las formaciones Arenisca Dura y la Arenisca de Labor.

- **Formación Labor-Tierna (Ksglt)**

Está compuesta por tres conjuntos litológicos de rocas; uno inferior de areniscas gris claras ricas en cuarzo, de grano fino a medio, ligeramente friables, de 135 m a 165 m de espesor. Uno intermedio con predominio de arcillolitas silíceas, y espesor de 10 a 15 m; y uno superior integrado por areniscas cuarzosas y feldespáticas, gris claras, de grano

medio a grueso, con estratificación cruzada, estratificada en capas delgadas a muy gruesas (0.2 m a 3.0 m) y espesor variable entre 90 m y 110 m.

Tabla 5-2. Leyenda litoestratigráfica del proyecto del cable San Cristóbal

CENOZÓICO	CUATERNARIO	HOLOCENO	Depósitos aluviales (Qal):	Depósitos dispersos que cubren extensiones medianas, compuestos por cantos subangulares y bloques en sectores clasto-soportados y/o distribuidos en una matriz areno-lodosa gris y parda-violacea.
			Formación Siecha (Q1si):	Está constituida por gravas y cantos, con intercalaciones de arcillas inorgánicas, paleosuelos negros y localmente capas gruesas que contienen gran cantidad de clastos subangulares producto de la acción fluvioglaciar.
		PLEISTOCENO	Formación Tunjuelito (Q1tu):	Depósitos lacustres constituidos por sedimentos arenosos, arcillolitas grises, niveles delgados de gravas y turbas, cenizas volcánicas finos y desarrollo de suelos de arenas finas y arcillas en los dos metros superiores
	NEOGENO	PLIOCENO	Formación Tilata (NgQt):	Depósitos fluviolacustres dispuestos en capas gruesas, cuneiformes y ondulosas, de areniscas conglomeráticas, blancas, mal seleccionadas, semiconsolidados con intercalaciones de conglomerados de cantos de areniscas, redondeados a subangulares.
		MIOCENO	Formación Marichuela(N1m)	Depósito de gravas de diversos tamaños desde gránulos hasta bloques de areniscas y rocas silíceas, soportados en una matriz arenosa de color rojo amarillo.
	PALEOGENO	OLIGOCENO	Formación Usme (Pgu):	Secuencia basal de areniscas de capas de areniscas finas y una superior de areniscas cuarzosas gruesas intercaladas con conglomerados. Horn (1987) con base en datos palinológicos le asigna una edad Oligoceno superior
		EOCENO	Fromación La Regadera (Pgr):	Está compuesta por cuatro segmentos de base a techo, el segmento 1, presenta capas medianas a muy gruesas de areniscas cuarzo-feldespáticas de grano fino a conglomeráticas blanco amarillento con cemento silíceo. El segmento 2, compuesto por lodolitas con intercalaciones arenosas de grano grueso. El segmento 3, constituido por arcillolitas grises, verdosas, violáceas y rojizas, con intercalaciones de capas gruesas de areniscas cuarzo feldespáticas de grano medio a grueso. El segmento 4, está constituido por capas delgadas a gruesas de areniscas cuarzo feldespáticas de grano grueso, blanco amarillentas, intercalaciones de capas delgadas de arcillolitas
			Formación Bogotá (Pgbo):	Tiene un espesor de 575m , compuesto por una secuencia alternante de capas gruesas a muy gruesas de lodolitas rojas y arenitas líticas y feldespáticas, medias y gruesas, levemente conglomeráticas, grises oscuras y verdosas. Esta unidad es dividida en dos miembros, el inferior y el superior.
		CRETÁCICO SUP. -PALEOCENO	Formación Cacho (E1c):	Areniscas friables de grano fino a medio,con niveles mal seleccionadas, en ocasiones conglomeráticas; en la parte intermedia bancos de areniscas de grano medio de buena selección o en ocasiones conglomeráticas y pueden estar o no separadas por arcillolitas; finalmente capas muy gruesas de areniscas de grano medio, grano decrecimiento. En la parte superior, cuarzoarenitas de grano medio con decrecimiento a fino.
MESOZÓICO	CRETÁCICO		Formación Guaduas (KPggu):	Arcillolitas abigarradas, intercaladas con areniscas cuarsozas de grano fino en la parte superior. En la parte inferior una secuencia intercalada de arcillolitas limolitas y areniscas de cuarzosas con capas de carbón comercial.
		MEDIO	Grupo Guadalupe (Ksg)	Formación Labor y Tierna(Ksglt): Areniscas de grano fino a medio, estratificadas en capas gruesas
				F. Plaeners (Ksgpl): Limolitas silíceas y chert estratificados en capas delgadas a medias intercaladas con areniscas de grano fino ricas en cuarzo.
				F. arenisca Dura (Ksgd): areniscas cuarzosas, de grano fino a medio y esporádicamente grueso, estratificadas en capas delgadas a muy gruesas intercaladas con capas gruesas de limolitas silíceas

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

Formación Guaduas (KPggu)

Está unidad fue referenciada originalmente por Hettner en 1892. Aflora en varios sectores del piedemonte de los cerros que bordean la sabana, cuyos mejores afloramientos se localizan principalmente en el sector de Usme-Tunjuelito, en los cerros orientales y suroccidentales de Bogotá, Sin embargo, no aflora dentro del área de desarrollo del proyecto.

Consta de tres conjuntos litológicos: **a**) el inferior, conformado por arcillolitas y areniscas de grano fino y mantos de carbón explotables; **b**) el conjunto intermedio, constituido por areniscas cuarzosas, de color gris claro, de grano fino a grueso, con intercalaciones de arcillolitas y mantos de carbón de poco espesor, y **c**) el superior, constituido por arcillolitas de color gris oscuro, con intercalaciones de areniscas cuarzosas, de grano medio a grueso y mantos de carbón. El espesor total de la unidad es de 1.000 m para la región Oriental y suroccidental de Bogotá, y entre 700 y 1080 m para la región occidental y nororiental de la sabana (Martínez, 1990).

Los sedimentos de la Formación Guaduas se depositaron en un ambiente marino para la parte inferior, y en un ambiente transicional y aluvial para la parte media y superior. Su edad se considera Maastrichtiano tardío - Paleoceno temprano (Sarmiento, 1995, y Martínez, 1990). Esta unidad contiene el carbón para uso comercial en la Sabana de Bogotá. Las arcillas como producto de meterorización de la roca parental, se utilizan para la fabricación de ladrillo, bloque, teja y tubería. El nivel intermedio se considera importante como acuífero y como fuente de arena para la construcción.

Formación Cacho (E1c)

Unidad referenciada inicialmente por Scheibe en (1918), redefinida por Hubach (1945) y Campbell (1962). Secuencia arenosa relativamente de poco espesor (50 m), con marcados cambios faciales laterales, de edad tentativa Eoceno inferior. Está compuesta por un segmento inferior de areniscas amarillo rojizo y amarillo claro, de grano fino a grueso, mal seleccionadas, duras con estratificación cruzada, estratificadas en capas gruesas a muy gruesas (0.1 m a 2.0 m), un nivel intermedio conformado por bancos de areniscas de grano medio, bien seleccionados, algo conglomeráticos intercalados con arcillolitas y areniscas de grano medio grano decrecientes y en la parte superior bancos de areniscas de grano medio con decrecimiento a fino; observables a lo largo del piedemonte oriental de la sabana de Bogotá, haciendo parte del anticlinal de Bogotá en el sector del Río San Cristóbal. Suprayace e infrayace concordante a las formaciones Guaduas y Bogotá.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

Formación Bogotá (Pgbo)

Nombre propuesto por Hettner (1892), modificada por Hubach (1945) para definir una secuencia de 575 m., predominantemente lodosa existente entre el techo de la arenisca del Cacho y la base de las areniscas de la Regadera (Ingeominas, 1998).

Esta Unidad es subdividida en una secuencia inferior compuesta por lodolitas rojas y areniscas líticas y feldespáticas, estratificadas en capas medianas a gruesas, levemente conglomeráticas, grises-oscuras a verdosas (Pgboi) y una secuencia

superior conformada por una sucesión monótona de arcillolitas rojizas, utilizadas para la producción artesanal de ladrillos y tejas (Pgbos). La secuencia inferior al occidente de la cordillera oriental es considerada equivalente con la Formación Areniscas del Cacho (Acosta y Ulloa, 1993).

Cronológicamente con base en datos palinológicos se le ha asignado una edad Paleoceno superior-Eoceno Inferior, de indicadores de ambiente deposicionales fluviales meandricos para la parte inferior y depósitos de barras meándricas para la parte superior (Hoorn, 1988).

Esta unidad sustenta todas las alternativas planteadas para el desarrollo del proyecto.

Formación la Regadera (Pgr)

Nombre asignado por Hubach (1957), a una secuencia arenosa de grano grueso y conglomerático, blanca, amarillenta y violácea, rica en cuarzo y feldespatos de grano fino a grueso y conglomerados de gránulos con cementación silícea de espesor variable entre 765 m y 845 m.

Está compuesta por cuatro segmentos de base a techo, el segmento 1 presenta capas medias a muy gruesas de areniscas cuarzo-feldespáticas de grano fino a conglomeráticas blanco amarillento con cemento silíceo. El segmento 2 compuesto por lodolitas con intercalaciones arenosas de grano grueso. El segmento 3 constituido por arcillolitas grises, verdosas, violáceas y rojizas, con intercalaciones de capas gruesas de areniscas cuarzo feldespáticas de grano medio a grueso. El segmento 4 está constituido por capas delgadas a gruesas de areniscas cuarzo feldespáticas de grano grueso, blanco amarillentas, intercalaciones de capas delgadas de arcillolitas. Suprayace a la Formación Bogotá e infrayace a la Formación Usme, Figura 5-3

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

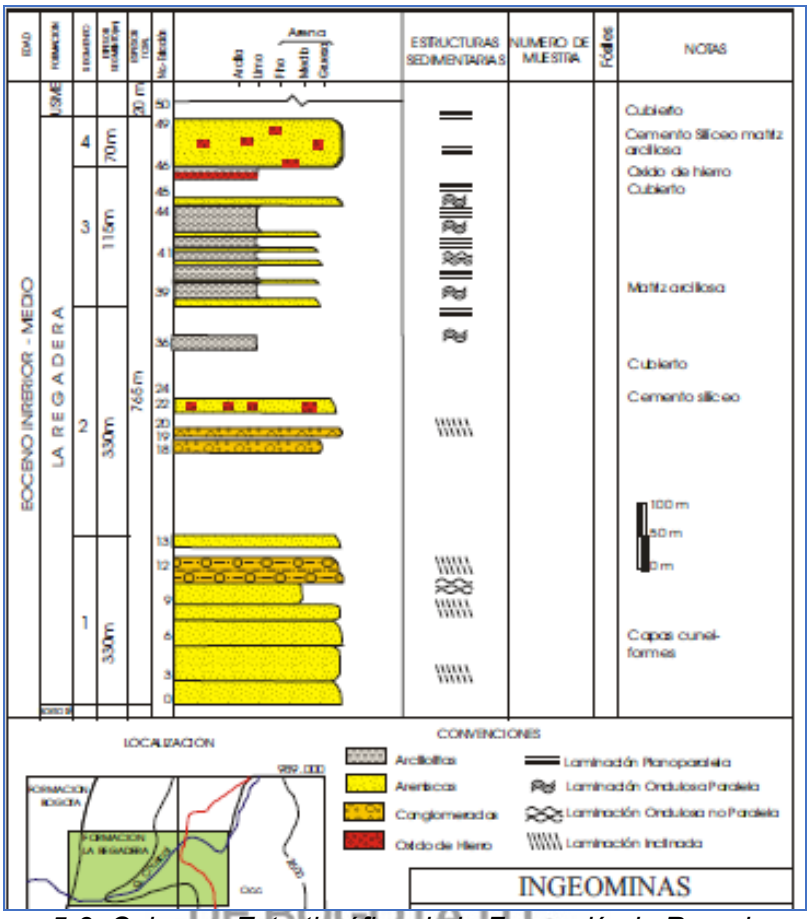


Figura 5-3. *Columna Estratigráfica de la Formación la Regadera, en su sección tipo de la Quebrada el Chuscal, localizada al Noreste del área del proyecto. Fuente: Ingeominas (1988).*

COPIA CONTROLADA
Instituto de Desarrollo Urbano

Formación Usme (Pgu)

Unidad propuesta por Hubach (1957), redefinida por Julivert (1963) de aprox., 300 m., de espesor, que hace parte del núcleo del sinclinal de Tunjuelito. Es definida por una secuencia basal de areniscas de capas de areniscas finas y una superior de areniscas cuarzosas gruesas intercaladas con conglomerados. Horn (1987) con base en datos palinológicos le asigna una edad Oligoceno superior. Sin embargo, por su posición estratigráfica se asume un rango entre El Eoceno y el Mioceno.

Formaciones Tilatá (N1t) y Marichuela (N1m):

La Formación Tilatá fue definida inicialmente por Scheibe (1938), redefinida por Van der Hammen (1958) de edad Plioceno-Pleistoceno. Está constituida por areniscas conglomeraticas, blancas, mal seleccionadas, semiconsolidado, estratificadas en capas gruesas cuneiformes y onduladas con intercalaciones conglomeraticas con cantos de areniscas subredondeados y subangulares de hasta 5 cm., de diámetro; arcillolitas blancas, plásticas con algunos gránulos de arenas de grano grueso,

Ingeominas (1998).

Esta unidad descansa discordante sobre la Formación Usme e infrayace los depósitos cuaternarios del cono de Tunjuelito. Sobre esta unidad se plantea el inicio del proyecto en el portal del 20 de Julio.

En la parte sur de la sabana de Bogotá (Valle de Usme), sobre la Formación Usme se presentan depósitos compuestos por gravas con bloques y clastos subangulares a redondeados, que localmente (en forma aislada) pueden llegar a ser grandes bloques de arenisca, distribuidas dentro de una matriz Gravo-arcillo-arenosa. Julivert (1961) en el Valle de Usme los asocia con un enorme sistema de abanicos (Conos del Valle del Tunjuelito), definidos como La Formación Marichuela, que suprayace la Formación Usme. Por su posición estratigráfica se infiere como la base de la formación Tilatá de una edad Plioceno.

Formación Tunjuelito (Q1tu)

Esta unidad es definida por Van der Hammer y Helmens, (1990) para dscribir la presencia de sedimentos fluviales de grano grueso a lo largo de los ríos principales donde entran en la Sabana, a las llanuras de inundación, en diferentes niveles de terrazas fluviales. Lobo Guerrero (1992), la describe como un complejo de conos fluvio-Glaciares del río Tunjuelito, de los ríos San Cristóbal, San Francisco y Arzobispo entre otros, y considera que en parte corresponde a la Formación Tunjuelo.

En general la F. Tunjuelito está constituida por gravas, gravillas, arenas, limos y arcillas, con bloques de tamaño heterométricos en los valles marginales de la sabana de Bogotá, En varios sectores se presentan gravas con intercalaciones menores de arenas y arcillas que sugieren acumulación a lo largo de los ríos principales durante los periodos más fríos del Pleistoceno; durante los periodos más cálidos, se acumularon sedimentos arcillosos y turbosos que se encuentran hoy día intercalados entre las gravillas y arenas.

Esta Unidad no se presenta en las alternativas propuestas para el desarrollo del proyecto.

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

Formación Siecha (Q1si)

Aflora en el páramo de Sumapaz; está constituida por gravas y cantos, con intercalaciones de arcillas inorgánicas, paleosuelos negros y localmente capas gruesas que contienen gran cantidad de clastos subangulares. El espesor máximo es de al menos 25 metros.

Al parecer su edad es Pleistoceno Medio a Tardío y es interpretada como depósitos fluvioglaciares, con intercalación de depósitos de solifluxión. La depositación de estos sedimentos de grano grueso fue Interrumpida durante ciertos periodos para dar paso a la formación de suelos. Las gravas y cantos fluvioglaciales constituyen una transición entre los depósitos morrénicos de altitud y las gravas fluviales de la cuenca sedimentaria de la Sabana.

Depósitos Cuaternarios

Relaciona los depósitos aluviales recientes generados por la acción dinámica de los

drenajes del piedemonte.

- Formación Sabana (Q1sa): Referencia depósitos lacustres del Pleistoceno, constituidos por sedimentos arenosos, arcillolitas grises, niveles delgados de grava y turbas e intercalaciones de cenizas volcánicas y desarrollo de suelos arenosos finos y arcillas en los dos metros superiores, observables en la cuenca sureste de la sabana de Bogotá.

- Terrazas (Qta): Depósitos de morfología plana formando terrazas con respecto al nivel actual de inundación de la sabana; se observan bordeando la parte más suroeste de la cuenca de Bogotá. Están conformadas por sedimentos conglomeráticos de tamaños variados distribuidos en una matriz areno-arcillosa lenticular, observables especialmente en la cuenca de los ríos Tunjuelito, Bogotá y drenajes localizados que alimentan los cauces de los drenajes mayores como el rio San Cristóbal.

- Coluviones (Qcc): Depósitos dispersos que cubren extensiones medianas, compuestos por cantos subangulares y bloques en sectores clasto-soportados, distribuidos en una matriz areno-lodosa gris, parda y esporádicamente violácea.

GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Regionalmente, el trazado del cable de San Cristóbal hace parte de un área compresiva que ha generado plegamientos y fallamientos importantes en el sector sur del altiplano valandino de la sabana de Bogotá, en donde se destacan: (Figura 5-4)

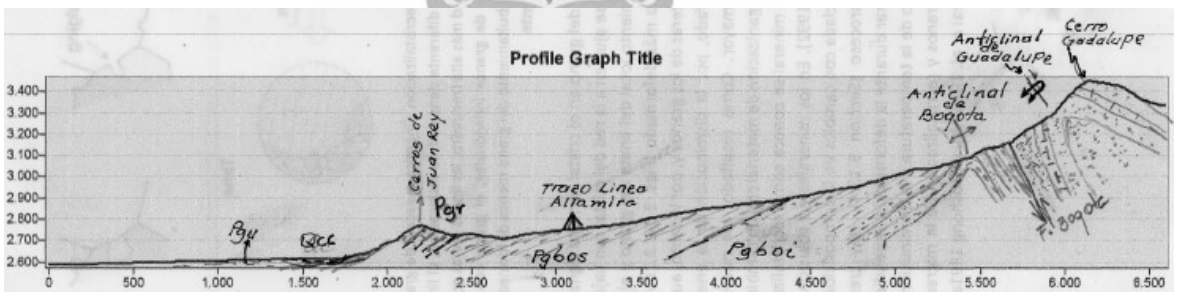


Figura 5-4. *Esquema geológico regional del área de influencia del proyecto del Cable de San Cristóbal.*

- **Anticlinal de Guadalupe**

Estructura regional que bordea los cerros orientales de Bogotá, localizado al Este del corredor planteado para el desarrollo del proyecto. Se caracteriza por ser un pliegue recumbente con vergencia al oeste, afectado en su flanco occidental por la falla de Bogotá. En el núcleo se infiere la presencia de la Formación Arenisca Dura (Ksgd) y en el techo parcialmente la presencia de la Formación de la arenisca de Labor-Tierna (Ksglt).

- **Anticlinal de Bogotá**

Estructura regional que bordea el piedemonte de los cerros orientales de Bogotá; dentro del área de influencia del proyecto se caracteriza por ser una estructura asimétrica localizada en la base de los cerros tutelares del sector oriental, desarrollada en las rocas que caracterizan el nivel inferior de la Formación Bogotá (Pgboi)

- **Sinclinal de Usme.**

Estructura regional que aflora en la región occidental del área del proyecto, por donde discurre el cauce del rio Tunjuelito, en cuyos flancos afloran las formaciones regadera y Tunjuelito.

- **Falla de Bogotá**

Falla regional inversa perteneciente al sistema de fallas de la frutica (plancha Geológica 247), que aflora al Oriente del proyecto cable aéreo de San Cristóbal, responsable de buena parte de la inestabilidad que caracteriza un sector del eje vial a Villavicencio en el sector del túnel del Boquerón. Dentro del área de interés pone en contacto la secuencia pelitica característica del nivel inferior de la Formación Bogotá (Pgboi) y las areniscas de la Formación Tierna-Labor (Ksglt) del Grupo Guadalupe

- **Falla Juan de Acosta**

Falla local inversa con vergencia al oriente, que afecta la secuencia arenosa de la Formación la regadera, repitiendo buena parte de su secuencia e invirtiendo el buzamiento de la estratificación, observable especialmente en el sector occidental, siguiendo la sierra de la regadera del barrio Juan Rey.

No se identifica en el área de influencia del proyecto a partir de la información disponible y las visitas de campo estructuras de diques, zonas de brecha o zonas de flujo.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
Instituto de Desarrollo Urbano

GEOMORFOLOGÍA

Las categorización y jerarquía geomorfológica se efectúa siguiendo la metodología del Servicio Geológico Colombiano-SGC, (2012), que considera la escala de trabajo y el nivel del estudio. Información que es sustentada en el conocimiento geológico, antes descrito, Figura 5-5



Figura 5-5. *Esquema de Jerarquización definida por el SGC-2012. Fuente: Dirección de Geociencias Básicas-SGC (2020). Protocolo para el levantamiento de la cartografía geomorfología.*

Las condiciones geológicas del sector de influencia del proyecto Cable de San Cristóbal, evidencian geoformas producto de la acción dinámica interna generadora del relieve y formas del terreno formados por la acción dinámica de los agentes externos (meteóricos) y las modificaciones de la actividad urbanística en el sureste de la sabana de Bogotá (modelado).

El proyecto se localiza en la geomorfoestructura del Orógeno Andino, en la Provincia de la Cordillera Oriental (Figura 5-5); donde se presentan 3 ambientes morfogenéticos compuestos por unidades y subunidades geomorfológicas. La caracterización de los componentes de detalle del terreno que incluye los procesos de movimientos en masa y erosión se efectuará en la fase II del proyecto.

- **Unidades y Subunidades de Ambiente Morfogenético Estructural (**Figura 5-6**)**

Espinazo estructural denudado en laderas de contrapendiente (Selp)

Superficie de alta inclinación desarrollada en las contrapendientes estructurales de la sierra homoclinal de la regadera que define los cerros de Juan Rey, soportadas en capas gruesas de areniscas de grano grueso a conglomeráticas, intercaladas con capas medianas a gruesas de lodolitas arenosas, con desarrollo de drenajes de tendencia paralela a sub-paralela.

Espinazo estructural denudado en laderas estructurales (Sele)

Relaciona laderas definidas por la inclinación de los estratos a favor de la pendiente del terreno desarrollando longitudes cortas a medianas con pendientes largas abruptas a escarpadas observables en la ladera oeste de los cerros de Juan Rey; geoformas soportadas en secuencias arenosas a conglomeráticas estratificadas en capas gruesas e intercaladas con lodolitas arenosas.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

Escarpe de línea de falla (Slfp)

Escarpe muy corto, abrupto, cóncavo o convexo, originado por erosión acentuada a lo largo de una línea de falla de Bogotá, generada por el truncamiento de estructuras topográfica y geológica que bordean los cerros orientales del área de planificación del proyecto.

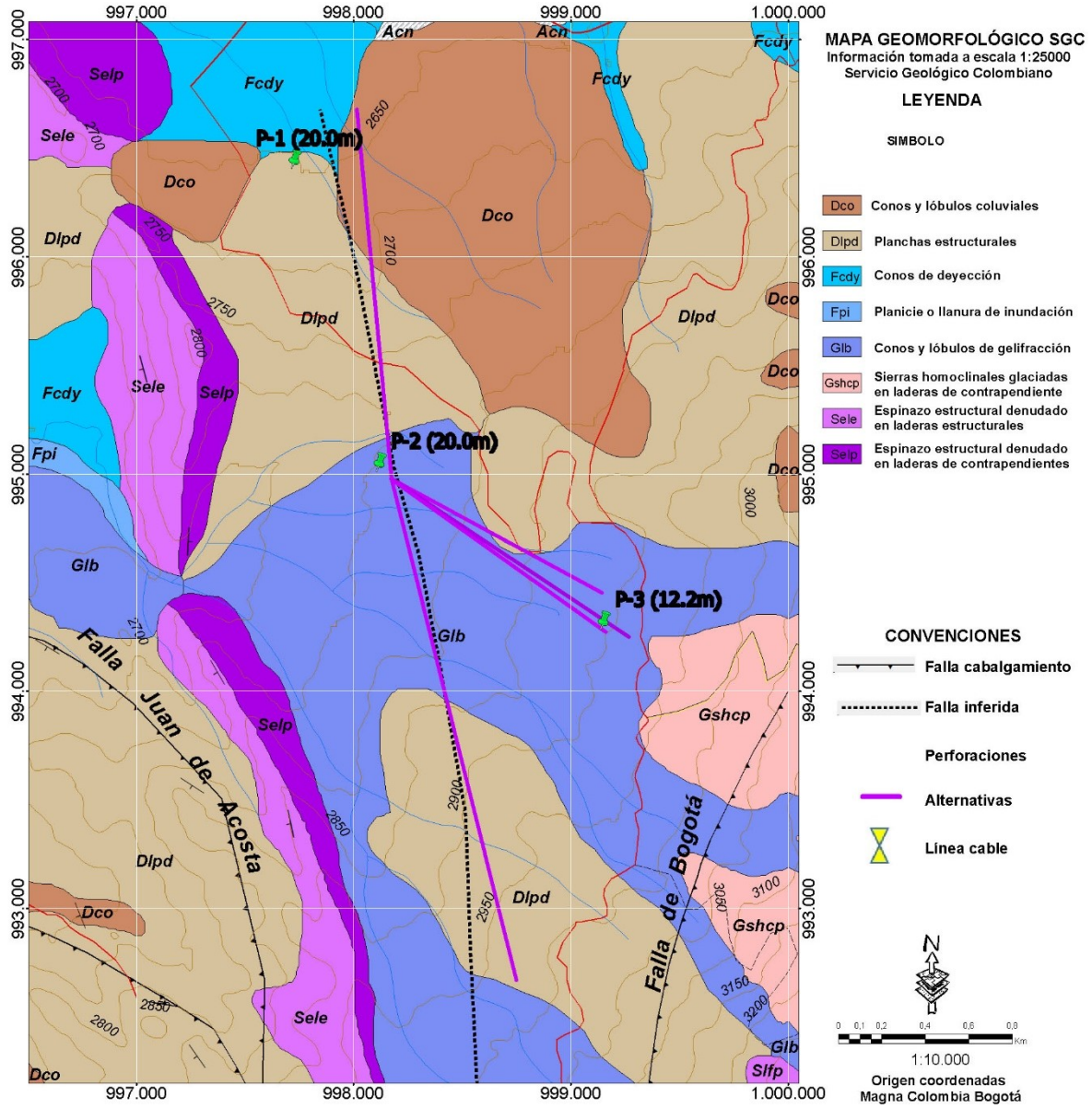


Figura 5-6. *Mapa geomorfológico del área de influencia del proyecto Cable de San Cristóbal. Fuente: Modificado del INGEOMINAS, (2005).*

- **Unidades y subunidades de Ambiente Morfogenético denudacional**

Planchas estructurales (Dlpd)

Esta unidad geomorfológica soporta en buena parte el desarrollo del proyecto Cable de San Cristóbal y se caracteriza por ser una superficie moderadamente inclinada al oeste

con pendientes variables de moderadas a abruptas con desarrollo de drenajes subangulares.

Su origen obedece a procesos de plegamiento y erosión diferenciales en una secuencia de estratos delgados duros y blandos cubierta por suelos residuales, depósitos fluvio-glaciares, coluviales y residuos y rellenos antrópicos.

Conos y Lóbulos Coluviales (Dco)

Geoforma en forma de cono o lóbulos de longitudes cortas a largas, de formas convexas e inclinaciones suaves a abruptas. Se originan respectivamente por acumulación de materiales sobre las laderas tanto por procesos de escorrentía superficial como por flujo lento y viscoso de suelo saturado y no saturado. Se constituyen de bloques angulares a subangulares de tamaños variables embebidos en material arcillosa, en espesores del orden de 5 - 35 m.

Este tipo de geoforma son de amplia distribución en la base de las laderas de las sierras homoclinales que atraviesan de sur a norte la sabana de Bogotá. Presentan forma de cono de amplitud variable y pendientes entre 5° - 15° de inclinación, en los bordes de la sabana donde la humedad es muy alta desarrollan tamaños kilométricos y se asocian con procesos de solifluxión de suelos. Los conos coluviales se constituyen de bloques de variado tamaño (areniscas, arcillolitas) embebidos en una matriz arcillosa o arcilloarenosa que cubre

- **Unidad subunidad de Ambiente Morfogenético fluvio-lacustre**

Planicie o llanuras de inundación (Fpi):

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. Instituto de Desarrollo Urbano

Franja de terreno plana baja de morfología ligeramente ondulada, eventualmente inundable en épocas invernales. Se presenta bordeando el cauce del principal drenaje del sector medio y sur donde se desarrolla el proyecto.

Cono de deyección (Fcdy)

Geoforma en forma de cono y pendientes entre 5° - 10°, observables a partir del piedemonte de las laderas estructurales de la serranía de la regadera que bordea el área occidental del trazado de las alternativas del proyecto.

- **Ambiente morfogenético glaciar**

Conos y lóbulos de gelifracción (Glb)

Geoforma de incidencia importante en el desarrollo del proyecto; se caracteriza por presentar una geoforma de lóbulos elongados de longitudes moderadamente largas y formas cóncavas y convexas inclinadas al oeste. Se constituyen de material particulado soportados de bloques de 3-5 cm con matriz arcillosa con bloques de gran tamaño

diseminados en la masa, originado por flujos lentos de depósitos fluidos formados durante el congelamiento y deshielo de material superficial en zonas periglaciares.
Esta Geoforma se desarrolla en buena parte de las laderas que bordean el valle del rio Tunjuelito

Sierras homoclinales glaciadas en laderas de contrapendiente (Gshgp)

Estas geoformas se presentan en laderas orientales que bordean el desarrollo del proyecto en las laderas de contrapendiente de la sierra de la regadera en contra de la pendiente, son de longitud moderada a larga, de formas cóncavas a irregulares escalonadas y con pendientes escarpadas a muy escarpadas.

DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA-HIDROGEOLÓGICA

El proyecto se encuentra en general sobre la formación Bogotá, compuesta por arcillolitas con intercalaciones de areniscas. Por lo tanto, este depósito se convierte en un nivel impermeable que evita el tránsito del agua subsuperficial hacia niveles subterráneos generando un campo de flujo de tendencia subpararela a la superficie de terreno y que sigue los niveles superficiales de rellenos antrópicos y depósitos cuaternarios presentes en la zona.

De acuerdo con la exploración geotécnica realizada y existente, se tiene que los niveles de agua a lo largo de los corredores del proyecto y las estaciones de transferencia varían entre 1.2 m y 8.0 m encontrando principalmente que los niveles de mayor saturación corresponden con los depósitos superficiales indicados anteriormente, por lo cual se considera que estos niveles de agua corresponden a niveles de agua colgados que se generan por infiltración de agua lluvia en las áreas verdes y posibles infiltraciones de aguas servidas provenientes de toda el área urbanizada.

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

A continuación, se presenta un resumen de los niveles de agua encontrados en las diferentes perforaciones realizadas tanto en estudios previos como aquellos realizados durante la fase de factibilidad:

Tabla 5-3. Niveles promedio de agua subsuperficial

Zona	Nivel freático (m)
Portal 20 de Julio	2.0
La Victoria	2.0
Altamira	3.0
Juan Rey	6.1
Tramo P. 20 de Julio-La Victoria	2.9

Zona	Nivel freático (m)
Tramo La Victoria-Altamira	4.1
Tramo La Victoria-Juan Rey	6.1

CONDICIÓN DE FRACTURAMIENTO DEL MACIZO ROCOSO

De acuerdo con la exploración realizada en la fase de factibilidad y la información secundaria recopilada, se encuentra que, en general, el área está cubierta por materiales tipo suelo residual o transportado con espesores entre 3.0 m hasta más de 20.0 m en algunas zonas. Subyaciendo estos depósitos se encuentra la Formación Bogotá que en los registros de perforación muestran una condición de fracturamiento y alta meteorización con valores de RQD inferiores al 30%, lo que indica un macizo rocoso en malas condiciones. Sin embargo, según las condiciones del proyecto, la Formación Bogotá no estará sujeta a cortes o excavaciones que vayan a exponer la formación rocosa, por lo tanto, los índices de orientación de discontinuidades no tienen influencia en el proyecto.

Para las cimentaciones, estos materiales se tomarán como equivalentes a materiales tipo suelo de acuerdo con los resultados de pruebas in-situ tipo SPT y los resultados de laboratorio.

A lo largo de los corredores no se identificaron afloramientos rocosos que permitieran tomar información específica sobre las condiciones de fracturamiento de la formación rocosa. Sin embargo, y de acuerdo con la información existente, por ejemplo, el estudio realizado en Santa Rosa al oriente del proyecto y el estudio del Barrio Atenas entre el Portal 20 de Julio y La Victoria, se tiene lo siguiente:

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

A partir de la información secundaria del estudio del Barrio Atenas se propone un rumbo de las estructuras sedimentarias subyacentes de N20W y un buzamiento de 25° hacia el oeste. Las mediciones realizadas en zonas cercanas a este estudio se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 5-4. Mediciones de estratificación realizadas en el estudio del Barrio Atenas

ORGANIZACION	COORD ESTE (X)	COORD NORTE (Y)	Rumbo y buzamiento estratificacion
LADRILLERA MONTEBELLO	99865	96219	N30W/25W
LADRILLOS SAN MARCOS	99802	96405	N20W/25W
INDUSTRIA CERAMICA DE GRES AREVALO PRIETO LTDA INCEGRAP LTDA	99783	95789	N20W/25W
INDUSTRIAS EL TABOR LIMITADA	99671	95712	N15W/30W
TEJARES DEL ORIENTE LTDA PAC LTDA	99925	96475	N30W/30W
LADRILLERA QUINABE	99949	96596	N10W/30W
CHIRCAL EL TRIUNFO	100014	96176	N30W/35W
FABRICA DE LADRILLOS EL PROGRESO E U	99813	96354	N5W/25W
LADRILLERA FURATENA	99547	96384	N20W/25W
CHIRCAL EL CHAVOCAR	99988	96195	N20W/30W
CHIRCAL DIONISIO MARQUEZ	99931	95985	N20W/30W
LOS PINITOS	99904	95892	N22W/37W

Fuente: Estudio Barrio Atenas 2005

De acuerdo con el estudio de Santa Rosa, 2019, al oriente del proyecto, se identificó que el azimut de buzamiento se enmarca en el dominio [260-325] o [110 – 127], según sea el entorno (estructural) que se trate, y el buzamiento en ningún caso supera los 66 o es inferior a los 35. Respuesta disímil recae en las familias de diaclasas, la dispersión es mayor al punto de tener una alta diseminación estereográfica, característica que da pie a suponer una clara influencia tectónica, hipótesis de ninguna manera demostrable, pero latente. Las familias de discontinuidades exhiben espaciamientos entre bastante próximas a separadas; persistencia desde poco continua hasta continuidad media, abertura de cerrada a ligeramente abierta; relleno indeterminado. La rugosidad de las paredes en términos descriptivos puede clasificarse, al amparo de la ISRM (1981), como tipo VII y VIII, es decir, de plana-rugosa a plana-suave, con valores del JRC entre 2 y 6 si se trata de la estratificación; o V, ondulado rugoso (con JRCs entre 10 y 12) en lo que atañe a las diaclasas y las paredes operan secas.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

Dadas las condiciones litoestratigraficas en donde se desarrolla el proyecto, buena parte está relacionado con depósitos Fluvioglaciares y coluviales que descansan discordantemente sobre rocas sedimentarias de la Formación Bogotá, rocas de composición predominante pelitica con un comportamiento reológico más plástico que frágil. Por lo tanto, la información temática de neotectonica, fracturas y diaclasas requerida para la representación estereográfica y el análisis de esfuerzos, debe realizarse en las rocas duras que limitan las márgenes oriental y occidental del proyecto, y no es factible desarrollarla en las rocas y depósitos en donde está planteado el desarrollo el proyecto. Por lo tanto, se referencia con la información secundaria disponible.

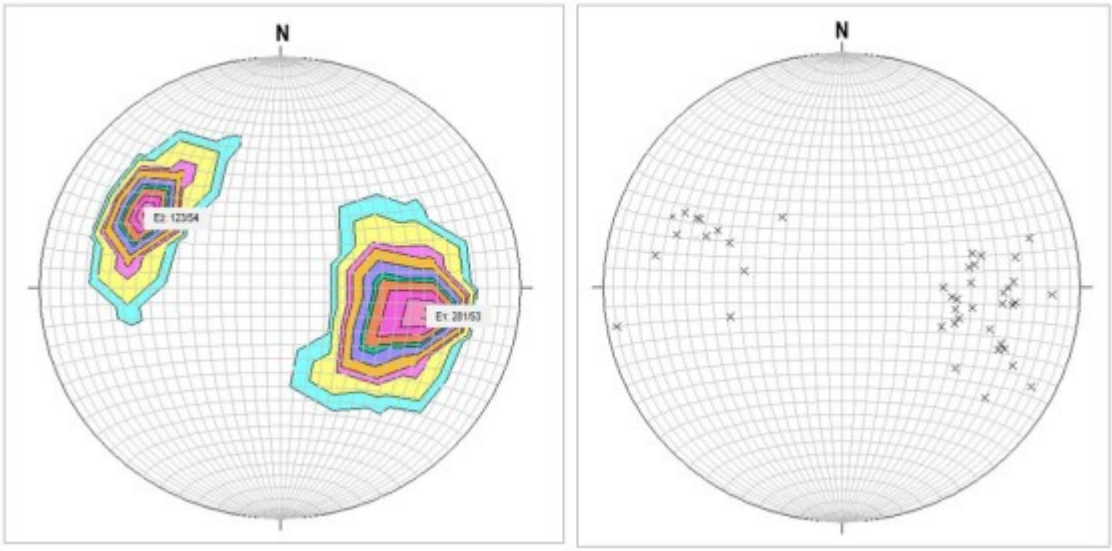


***Figura 5-7**. Análisis de frecuencia de las familias de discontinuidades. Fuente: Estudio de Santa Rosa, 2019*

ZONAS INESTABLES IDENTIFICADAS

De acuerdo con la visita de campo realizada, no se identificaron procesos de inestabilidad importantes que afecten la estabilidad del proyecto. Sin embargo, en las zonas de las quebradas en el ramal a Juan Rey, debido a la acción de la socavación, se presentan procesos de inestabilidad localizada los cuales tienen algunas estructuras de contención que han presentado algún grado de deterioro. A pesar de esto, de acuerdo con las características del proyecto, no se prevé la ubicación de pilonas o estaciones de transferencia en estos puntos, por lo que no tendría incidencia en el proyecto. En los capítulos 6 y 7 de este informe, se muestran las laderas y obras de mitigación identificadas en cercanías al proyecto.

Una vez se seleccione la alternativa que se llevará a diseños definitivos, se realizará una nueva identificación de procesos de remoción en masa localizados y específicos para cada punto en donde estarán implantadas las pilonas y estaciones con el fin de determinar la necesidad de medidas de estabilización.

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

5.2 Zonificación Geotécnica

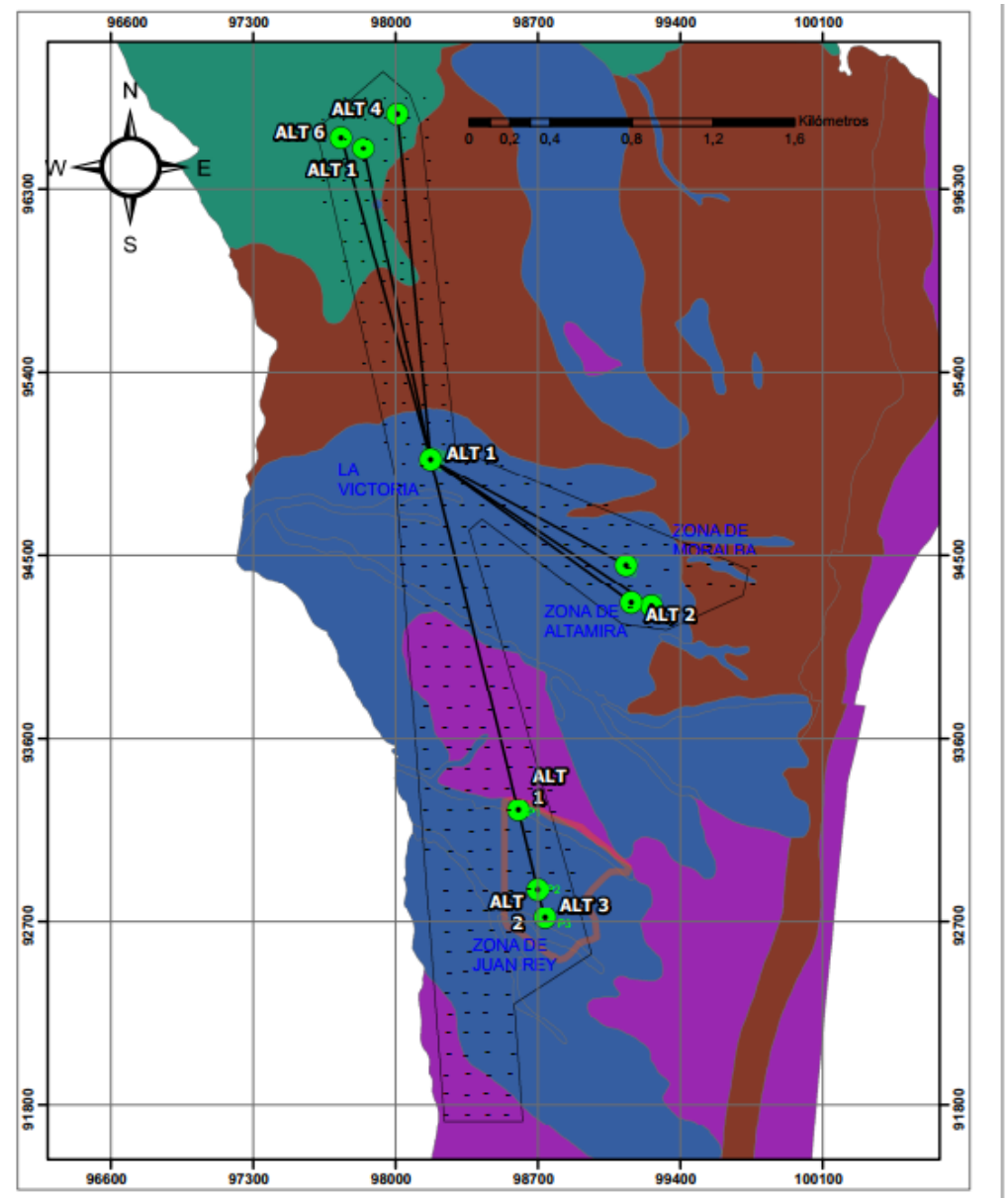
Los materiales geotécnicos que se encuentran en la zona de estudio presentan una amplia variabilidad debido a su ubicación en el piedemonte de los cerros orientales y en la ladera propiamente. A partir del mapa base de zonificación geotécnica obtenido del IDECA, se identificó que el trazado pasa por las zonas denominadas Piedemonte B, Cerros B y Depósitos de Ladera cuyas descripciones se presentan a continuación:

Tabla 5-5. Descripción Zonificación Geotécnica según FOPAE

Zona	Descripción
Piedemonte B	Suelo coluvial y aluvial compuestos por gravas areno arcillosas compactas, de alta capacidad portante, pero pueden presentar problemas de inestabilidad en excavaciones abiertas
Cerros B	Rocas de arcillolita blanda de moderada competencia y susceptibles a la meteorización. Problemas de estabilidad de taludes de excavaciones a cielo abierto principalmente cuando estén fracturadas
Depósito de Ladera	Suelos compuestos por gravas areno arcillosas compactas de mediana capacidad portante susceptibles a problemas de estabilidad de taludes

De la Figura 5-8 se observa que las alternativas de estación planteadas en el Portal 20 de Julio se encuentran ubicadas en la zona de Piedemonte B, en cercanías a la Formación Bogotá, por lo que se espera tener depósitos de suelo residual con gravas con buena capacidad portante en general. Por otro lado, la estación intermedia de La Victoria se encuentra ubicada sobre la zona de Depósitos de Ladera, compuesto principalmente por depósitos fluvio-glaciales con grandes bloques matriz soportados de características arcillo limosas. Las alternativas para la estación Moralba-Altamira se encuentran sobre los Depósitos de ladera descritos anteriormente. De manera similar las tres alternativas planteadas para la zona de Juan Rey están ubicadas sobre Depósitos de Ladera. Por lo anterior, se estiman unas condiciones geotécnicas similares.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano



	Tipo	Descripción
	Cerros A	Areniscas competentes y resistentes a la meteorización, eventuales problemas de estabilidad de taludes
	Cerros B	Rocas de arcillolita de moderada competencia y suscptibles a la meteorización. Problemas de estabilidad de taludes de excavaciones a cielo abierto
	Depósito de ladera	Suelos de mediana capacidad portante susceptibles a problemas de estabilidad de taludes
	Piedemonte B	Suelo coluvial y aluvial de alta capacidad portante, pero pueden presentar problemas de inestabilidad en excavaciones abiertas

Figura 5-8 *Mapa de Zonificación Geotécnica. Adaptación IDECA*

Estación Portal 20 de Julio

Del estudio de suelos para las cimentaciones del Patio Portal y Calle 31 sur, ejecutado en el 2009, en donde se realizaron un total de 24 perforaciones y 14 apiques, se identificó que, hacia el costado sur del portal, se encuentran unos rellenos de arcilla y fragmentos de ladrillo con espesores variables entre 1.0 m y 5.0 m. Posteriormente, se encuentran suelos residuales asociados a la formación Bogotá y, finalmente, la roca de tipo Arcillolita aflora entre 5.0 y 10.0 m de profundidad. A medida que se avanza hacia el costado norte de la estación, la arcillolita se va profundizando hasta llegar a los 20.0 m y se empieza a observar intercalaciones de arenisca aflorando entre 10.0 y 15.0 m.

Los depósitos arcillosos que están por encima del nivel de roca hacia el costado sur y central de la estación tienen una buena rigidez (Valor de N de campo promedio de 35 golpes por pie). Hacia el costado norte, los depósitos tienen una menor rigidez (N de campo promedio de 15 golpes por pie).

De acuerdo con lo anterior, las alternativas 6 y 1 de ubicación de la estación en el Portal 20 de Julio, desde el punto de vista geotécnico pueden ser mejores que la alternativa 4, considerando el nivel en donde aflora la roca y las características de rigidez de los depósitos que suprayacen la formación rocosa.

Tramo Portal 20 de Julio-La Victoria

De acuerdo con la Figura 5-8, este tramo atraviesa por las zonas geotécnicas denominadas Piedemonte B, pasando por Cerros A y la estación intermedia se ubica sobre Depósitos de Ladera. La alternativa 4, casi en su totalidad, está planteada sobre los materiales de Piedemonte B.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

Según el estudio ejecutado en el Barrio Atenas en el 2005, la arcillolita aflora entre 4.0 m y 6.0 m, con suelos residuales arcillosos en los primeros 2.0 a 3.0 m de consistencia media (N de campo promedio de 14 golpes por pie) y aumentando con la profundidad hasta encontrar el nivel de roca. Este patrón de estratigrafía es similar para las 3 alternativas de acuerdo con los registros de perforación de este estudio, salvo en algunos puntos, en donde la roca se encuentra a más de 8.0 m hacia el trazado de la alternativa 1.

Estación intermedia La Victoria

De acuerdo con el estudio de factibilidad para el cable de San Cristóbal llevado a cabo en el 2013, para la estación La Victoria se tiene un perfil compuesto por rellenos antrópicos, depósitos de vertiente (depósitos fluvioglaciares) y, al final de la perforación ejecutada, entre 16.0 m y 20.0 m, se encuentran materiales volcánicos. Como se observa, se tienen valores de N de campo de 30 golpes por pie uniformes en casi todo el perfil, salvo un aumento a los 12.0 m, posiblemente por la presencia de bloques y guijarros asociados a los depósitos fluvioglaciares.

En la perforación ejecutada para este estudio, que tuvo una profundidad de 20.0 m, no se encontró roca, por lo que se esperaría que la cimentación de las pilonas cercanas a esta estación deban tener cimentaciones de mayor profundidad.

Tramo La Victoria-Moralba

Para este tramo, se dispone de la información del estudio de factibilidad del 2013, en donde se realizó una perforación de 12.2 m en la alternativa 2 y del estudio de Santa Rosa, en donde existen una serie de perforaciones en cercanías a la alternativa 5 (Moralba). De acuerdo con esta información, se observa que para la alternativa 2 (zona de Altamira) la roca se encuentra a una profundidad aproximada entre 5.0 y 6.0 m. Los llenos antrópicos de espesor aproximado de 2.5 m tienen una consistencia blanda (golpes por pie menores a 10) y posterior a esta profundidad se tienen materiales de mayor rigidez (30 golpes por pie aproximadamente). Para la alternativa 5, en la zona de Moralba, se tiene un perfil en el cual, los primeros 4.0 m consisten en depósitos arcillosos de consistencia blanda a media. Entre 4.0 m y 7.5 m se empieza a encontrar arcillolita muy meteorizada y después de esta profundidad, hasta los 30.0 m, se encuentra una arcillolita y lodolitas muy rígidas y fracturadas.

Tramo La Victoria-Juan Rey y estaciones de retorno.

Este tramo pasa por los sectores de Depósitos de Ladera y Cerros B de acuerdo con el mapa de zonificación geotécnica del IDECA.

Este tramo no cuenta con información de calidad desde el punto de vista geotécnico, motivo por el cual existe bastante incertidumbre en la caracterización de los materiales que servirán como fundación para las estructuras propuestas. Se realizó en el 2015, un ensayo Down Hole al sur de la alternativa 3.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

Del procesamiento de datos se puede apreciar que el valor de Vs promedio para los 15 m superficiales del suelo tan solo varía entre 240 y 265 m/s con un promedio de 252 m/s. Bajo estas condiciones, teniendo en cuenta la norma NSR-10, el perfil de suelo corresponde al suelo tipo D.

Según las velocidades de onda de corte obtenidas, no se evidencia el contacto con la roca en este punto.

Adicionalmente, se dispone de una serie de apiques (profundidad máxima de 5.0 m) realizados por el IDU en el 2009 en la localidad de San Cristóbal para mantenimiento vial. De ellos, se seleccionaron aquellos ubicados en cercanías al proyecto. De esta manera se puede decir que, en términos generales, se tiene una capa de relleno antrópico de aproximadamente 1.0 m, seguido por el suelo residual arcilloso típico de todo el sector. No se llega a nivel de roca en ninguno de los sondeos.

A partir de la información secundaria recopilada, se complementa y ajusta la zonificación geotécnica del trazado del cable. Esta zonificación se describe en detalle en el numeral 11 de este informe.

De los resultados de la exploración geotécnica realizada para la etapa de factibilidad se encontró que el perfil de suelo se compone de rellenos antrópicos superficiales de hasta 4 m de espesor. Subyaciendo, es común la presencia de suelo tipo arcillas de plasticidad media que alcanzan profundidades de hasta 10 m y bajo estas se encuentra saprolito de arcillolita y arcillolita muy alterada. En la caracterización geotécnica se presentan los resultados detallados obtenidos.

Se realizó un perfil típico para cada uno de los trazados y que servirán como base para la definición de las cimentaciones tanto de las estaciones como de las pilonas. Estos perfiles se pueden consultar en detalle en el anexo I

5.3 Zonificación Sísmica

Para el diseño de las estaciones de transferencia, intermedia y retorno, se utilizará la microzonificación sísmica de Bogotá. En ese orden de ideas, las estaciones Portal 20 de Julio, La Victoria, Altamira y Juan Rey se encuentran ubicadas en las zonas Piedemonte A y Depósito de Ladera cuyos parámetros se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 5-6. Coeficientes de respuesta sísmica para estaciones

Estación	Zona	Aceleración Horizontal Ao_475	Coeficiente de amplificación Fa	Coeficiente de amplificación Fv
Portal 20 de Julio	Piedemonte A	0.22	1.65	2.00
La Victoria, Altamira y Juan Rey	Depósito Ladera	0.22	1.65	1.70

Fuente: Microzonificación sísmica de Bogotá

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

Para las pilonas, se utilizará lo dispuesto en el Código Colombiano de Puentes CCP-14 en donde la caracterización sísmica depende del perfil del suelo. Con el fin de clasificar el tipo de suelo, se utilizaron los resultados obtenidos de las líneas de refracción sísmica ejecutados para la campaña de exploración geotécnica en fase de factibilidad (ver Anexo N y numeral 1). En este sentido, se obtuvo, para todos los tramos, un perfil de suelo tipo C con velocidad media de onda cortante entre 360 m/s y 760 m/s, cuyos parámetros se resumen a continuación:

Tabla 5-7. Coeficientes de respuesta sísmica para pilonas

Tipo de suelo	PGA	Ss	S1	F_{PGA}	Fa	Fv
C	0.25	0.6	0.3	1.15	1.16	1.5

Fuente: CCP-14

Las diferentes alternativas proyectadas para la estación en el Portal 20 de Julio, se encuentran todas ubicadas en la zona de Piedemonte. La estación intermedia de La Victoria se encuentra ubicada en la zona de Depósitos de Ladera. De forma similar, las

estaciones de retorno proyectadas en la zona de Juan Rey y en Altamira están ubicadas sobre estos mismos depósitos.

5.4 Zonificación de Amenaza por remoción en masa

En cuanto al mapa de amenaza por movimientos en masa, se observa que el trazado pasa por zonas con amenaza por movimientos en masa de media a baja. Sin embargo, hacia la zona de Juan Rey, en la parte alta de la ladera, existen algunas zonas catalogadas como de amenaza alta que coinciden con las quebradas que atraviesan por las diferentes alternativas del trazado y que se pudieron constatar tanto en la visita de campo como en los diferentes conceptos técnicos sobre amenaza, vulnerabilidad y riesgo que el IDIGER tiene en estos sectores. De manera similar pasa en la zona de Moralba en donde se han presentado problemas de inestabilidad. Finalmente, en la zona intermedia entre el Portal 20 de Julio y La Victoria, existen zonas catalogadas como amenaza alta (zona de Villas de los Alpes y barrio Atenas)

ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

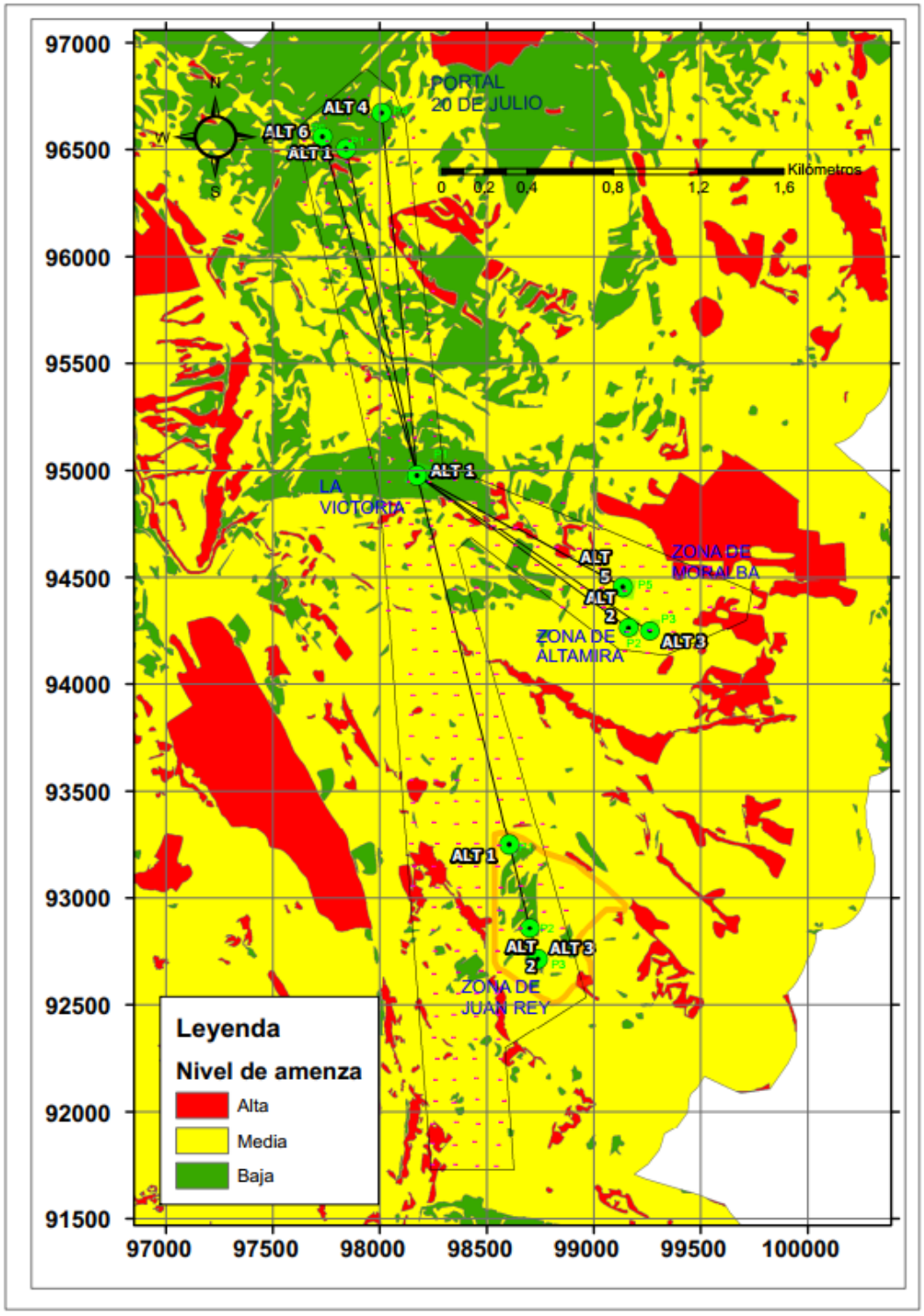


Figura 5-9 *Mapa de Amenaza por Movimientos en Masa. Adaptación IDECA*

De acuerdo con la visita realizada, se identificaron algunos procesos de inestabilidad antiguos que se encuentran en inmediaciones de los trazados propuestos en el ramal a Juan Rey sobre laderas de alta pendiente y, adicionalmente, algunas zonas declaradas por el IDIGER como Zonas de Riesgo no Mitigable. Estos procesos están estrechamente relacionados con la dinámica de las quebradas que transcurren por esta parte de la ladera. Es por esto que se recomienda que la ubicación de las pilonas de sostenimiento, queden por fuera del área de influencia de las quebradas con el fin de evitar procesos de socavación o que queden dentro de zonas con posibles procesos de remoción en masa que afecten su estabilidad (El levantamiento de taludes realizado en la visita de campo se puede consultar en el numeral 7 y en los anexos E y F de este informe).

Se identificó una serie de estructuras de contención que dan fe de procesos de inestabilidad en la zona. Sin embargo, la mayoría de las estructuras están en buen estado y han funcionado correctamente disminuyendo el riesgo. El levantamiento de estas estructuras de contención se puede consultar con más detalle en el numeral 6 y en los anexos D y F de este informe). En la gran mayoría las estructuras de contención están dispuestas para la contención de rellenos conformados para las vías y en otros casos para la contención de cortes realizado para la construcción de infraestructura.

ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

6 INVENTARIO Y DIAGNÓSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE

Dentro de las actividades desarrolladas en la salida técnica, se realizó un inventario de obras geotécnicas que estuvieran localizadas en cercanías a las diferentes alternativas de trazado o a la ubicación de las estaciones.

Para ello, se utilizó un formato de levantamiento cuya plantilla se presenta en la siguiente figura:

CONSORCIO CS			ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.					
Nombre Documento			EVALUACIÓN OBRAS GEOTÉCNICAS DE LA VISITA TÉCNICA		Orden No.			
Disciplina			CIVIL		Página			
Documento No					Revisión			
TRAMO (Abscisas)	COORD. GEOGRÁFICAS	TIPO DE ESTRUCTURA Y MATERIAL	DIMENSIONES (m)	CONDICIONES GEOTÉCNICAS	ESTADO Y FUNCIONAMIENTO	ESQUEMA(PLANTA)	ESQUEMA(PERFIL)	NÚMERO FOTO
			Longitud: Ancho: Alto: Diámetro:	Nivel cimentación: Suelo Fundación: Material Relleno:				

Figura 6-1. *Formato de levantamiento de obras geotécnicas.*

La ubicación de las obras geotécnicas levantadas durante la salida de campo se esquematiza en la siguiente figura:

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

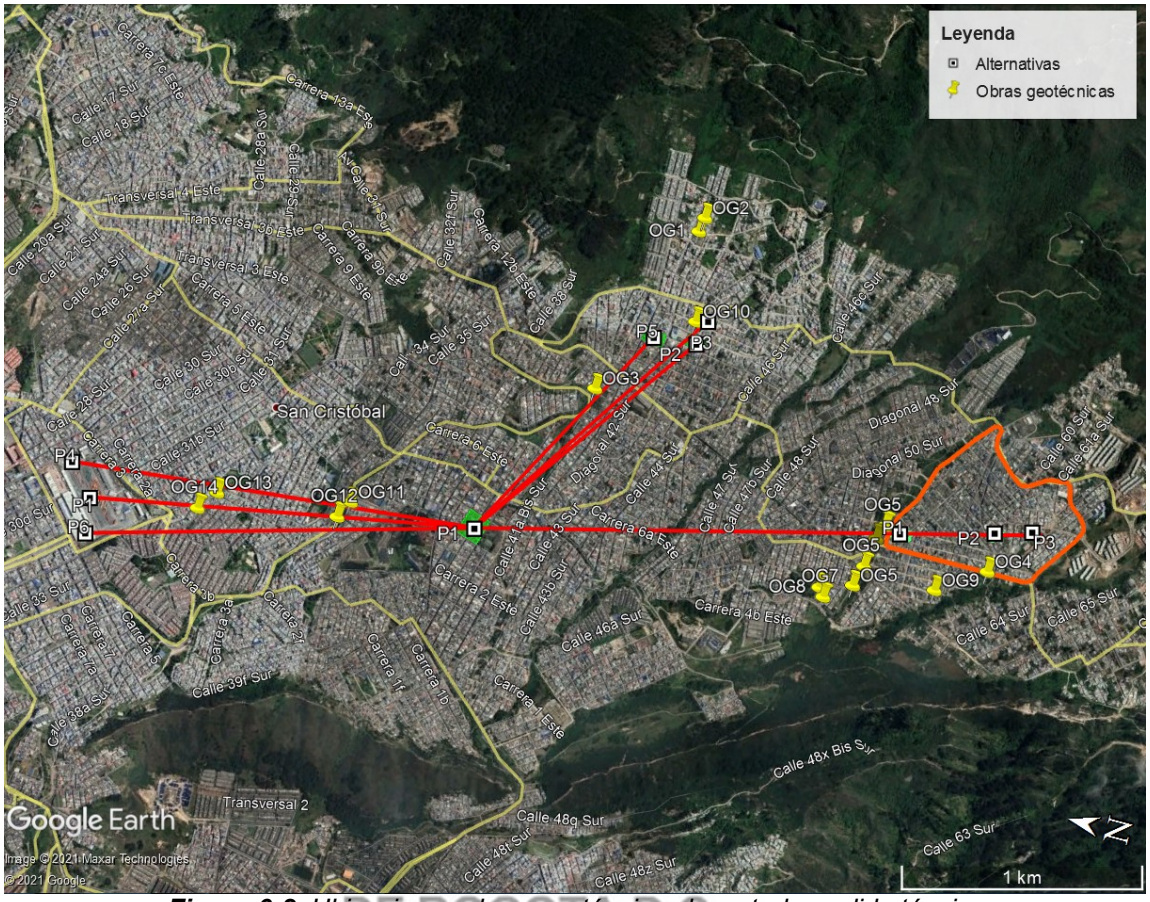


***Figura 6-2**. Ubicaciones obras geotécnicas levantadas salida técnica*

DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

La siguiente tabla resumen presenta la descripción general de las obras geotécnicas identificadas en el área de estudio:

Tabla 6-1. Obras geotécnicas levantadas

Código	Tramo	Latitud	Longitud	Tipo estructura	Estado
OG1	Moralba	4°32'43.47"N	74°4'52.95"O	Muro de contención en concreto	Buen estado. Sin fisuras
OG2	Moralba	4°32'43.13"N	74°4'50.93"O	Muro de contención en concreto	Buen estado. Estructura nueva
OG3	La Victoria-Altamira Alternativa 5	4°32'51.82"N	74°5'17.47"O	Muro de contención en concreto	Buen estado. Sin fisuras
OG4	Juan Rey	4°31'53.95"N	74°5'28.15"O	Muro de contención en concreto ciclópeo	Buen estado. Algunas deformaciones de gaviones

Código	Tramo	Latitud	Longitud	Tipo estructura	Estado
OG5	Juan Rey	4°32'8.89"N	74°5'25.57"O	Muro en gaviones para proteger la quebrada	Falla en algunos tensores internos
OG6	Juan Rey	4°32'9.65"N	74°5'27.61"O	Muro en gaviones	Buen estado. Cobertura vegetal
OG7	Juan Rey	4°32'14.71"N	74°5'37.11"O	Muro en gaviones	Buen estado. Cobertura vegetal
OG8	Juan Rey	4°32'15.54"N	74°5'35.99"O	Muro en gaviones y trinchos	Algunas deformaciones. Cobertura vegetal
OG9	Juan Rey	4°32'0.31"N	74°5'32.42"O	Muro de contención en concreto	Deformaciones y grietas. Vías con ondulaciones
OG10	Estación Altamira Alternativas 2 y 3	4°32'40.79"N	74°5'5.11"O	Muro de contención en concreto ciclópeo	Buen estado. Algo de humedad
OG11	P. 20 Julio-La Victoria entre Alternativas 1 y 4	4°33'20.06"N	74°5'40.95"O	Muro de contención en concreto	Buen estado
OG12	P. 20 Julio-La Victoria Alternativa 6	4°33'21.33"N	74°5'43.36"O	Muro de contención en concreto	Buen estado
OG13	P. 20 Julio-La Victoria Alternativa 1	4°33'37.99"N	74°5'44.33"O	Muro de contención en concreto	Algunas grietas
OG14	P. 20 Julio-La Victoria entre Alternativas 1 y 6	4°33'40.02"N	74°5'47.03"O	Muro de contención en concreto	Buen estado

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

En el anexo D de este informe se presenta la localización de las 14 obras geotécnicas de mayor relevancia identificadas en la visita de campo. En el anexo F se presentan los registros de campo diligenciados y el registro fotográfico.

De manera general, se observa que la mayoría de las obras geotécnicas identificadas están en buen estado, con buen funcionamiento y sin deformaciones evidentes salvo algunos deterioros locales en muros de gaviones relacionados con corrosión de la malla.

A continuación, se presentan algunas fotografías de las obras geotécnicas levantadas en la salida de campo.



Figura 6-3. *Muro de contención en concreto ciclópeo. Tramo La Victoria- Juan Rey alternativa 1. Obra Geotécnica OG4*



Figura 6-4. *Muro de contención en concreto ciclópeo. Tramo La Victoria- Juan Rey alternativa 1. Obra Geotécnica OG4*



Figura 6-5 *Ladera con obras geotécnicas de drenaje. Atraviesa las alternativas 1, 2 y 3 del ramal a Juan Rey. Algunas deformaciones localizadas en los gaviones. Ladera 8-Obra Geotécnica OG5*



Figura 6-6. *Muro de contención en concreto en buen estado. Tramo La Victoria-Moralba Alternativa 3. Obra Geotécnica OG3*

MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano



Figura 6-7 *Muro de contención en concreto en buen estado. Indicios de algunos procesos en laderas aledañas al muro. Tramo Portal 20 de Julio- La Victoria alternativas 6 y 1. Obra Geotécnica OG11*

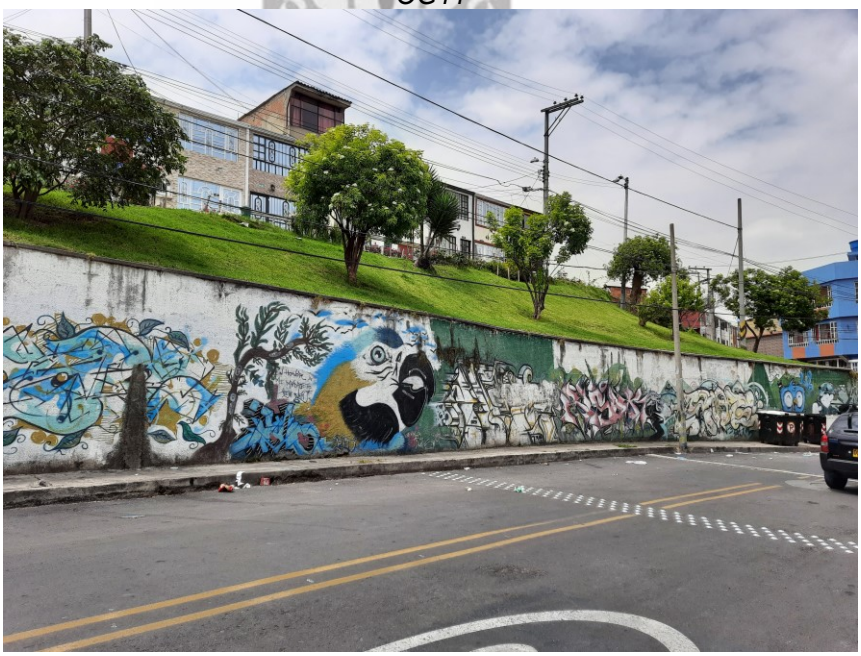
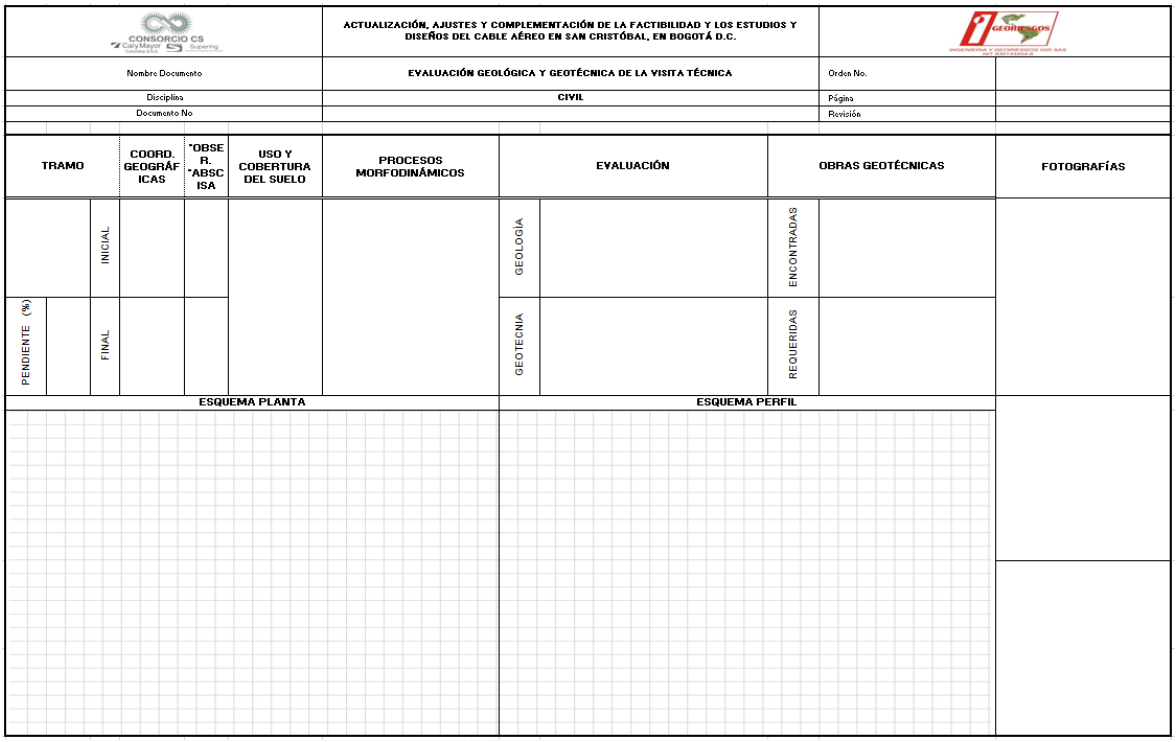


Figura 6-8. *Muro de contención en concreto en buen estado. Tramo Portal 20 de Julio-La Victoria. Alternativa 1 sector Villa de los Alpes. Obra Geotécnica OG14*

7 DIAGNÓSTICO DE TALUDES

Otra de las actividades desarrolladas en la visita técnica fue la identificación de taludes y laderas en zonas cercanas a los trazados del proyecto. Para ello se utilizó un formato de levantamiento de laderas tal y como se puede observar en la siguiente figura:



CONSORCIO CS					ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.					GEORIESGOS	
Nombre Documento					EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y GEOTÉCNICA DE LA VISITA TÉCNICA					Orden No.	
Disciplina					CIVIL					Página	
Documento No										Revisión	
TRAMO			COORD. GEOGRÁFICAS	*OBSER. *ABSCISA	USO Y COBERTURA DEL SUELO	PROCESOS MORFODINÁMICOS	EVALUACIÓN		OBRAS GEOTÉCNICAS		FOTOGRAFÍAS
		INICIAL					GEOLOGÍA		ENCONTRADAS		
PENDIENTE (%)		FINAL					GEOTECNIA		REQUERIDAS		
ESQUEMA PLANTA							ESQUEMA PERFIL				

***Figura 7-1**. Formato de levantamiento de taludes*

MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

En la siguiente figura se esquematiza la ubicación de las laderas levantadas durante la visita de campo:

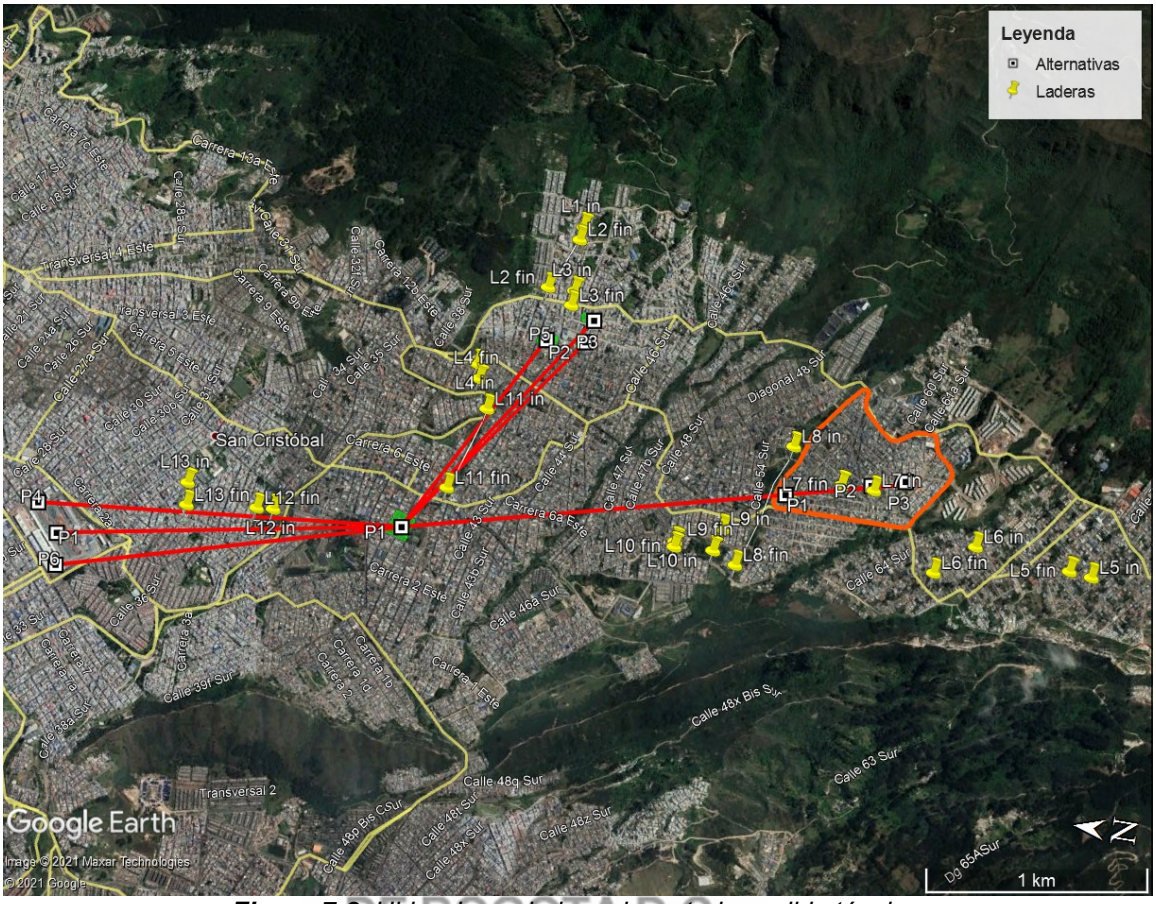


***Figura 7-2**. Ubicaciones laderas levantadas salida técnica.*

BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

Tabla 7-1. Laderas levantadas

Código	Latitud	Longitud	Pendiente	Material	Procesos identificados
L1	4°32'43.19"	74°4'50.90"	5H:1V	Rellenos antrópicos, limos orgánicos y suelos residuales arcillosos	Algunos zanjones
L2	4°32'43.19"	74°4'50.90"	6H:1V	Rellenos antrópicos. Arcilla residual y saprolitos	No se evidencian
L3	4°32'43"	74°4'50.78"	10H:1V	Rellenos antrópicos. Residual de arcilla	Pequeños hundimientos en vías por deficiencias en rellenos
L4	4°32'55.76"	74°5'14.08"	1H:1V	Relleno antrópico. Bloques de diámetro mayor a 1.0 m	Hundimiento leve de vía

Código	Latitud	Longitud	Pendiente	Material	Procesos identificados
L5	4°31'20.44"	74°5'31.31"	3H:1V	Relleno antrópico y suelo residual arcilloso y arenoso.	En cortes antrópicos se aprecian grietas de tracción.
L6	4°31'37.91"	74°5'29.54"	20H:1V	Limos orgánicos y depósito fluvioglaciar	Erosión superficial difusa.
L7	4°31'54.02"	74°5'23.62"	20H:1V	Depósitos antrópicos	No se evidencian
L8	4°32'6.78"	74°5'18.96"	6H:1V	Rellenos heterogéneos. Presencia de bloques asociados a depósitos fluvioglaciares.	Algunos gaviones deformados.
L9	4°32'15.44"	74°5'32.9"	1.5H:1V	Rellenos heterogéneos y bloques de más de 1.0 m de diámetro	Procesos de inestabilidad antiguos (deslizamientos rotacionales)
L10	4°32'22.13"	74°5'35.87"	1.5H:1V	Rellenos antrópicos y bloques de más de 1.0 m de diámetro.	Ondulaciones y algunos procesos de erosión difusos.
L11	4°32'53.24"	74°5'20.60	6H:1V	Bloques de depósitos fluvioglaciares en matriz arcillosa	Puntos de erosión localizada.
L12	4°33'22.75"	74°5'40.71"	5H:1V	Rellenos y depósitos fluvioglaciares	Algunas ondulaciones del terreno
L13	4°33'36.32"	74°5'38.52"	2H:1V	Rellenos y depósitos fluvioglaciares	No se evidencian
L14	4°31'54.48"	74°5'26.91"	1H:1V	Relleno sobre depósitos fluvioglaciares	Algunas ondulaciones del terreno

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

En el anexo E de este informe se presenta la localización de las 14 laderas de mayor relevancia identificadas en la visita de campo. En el anexo F se presentan los registros de campo diligenciados y el registro fotográfico. Se destaca que en la gran mayoría de las alternativas de corredores del cable y estaciones las laderas están cubiertas por viviendas y vías y de acuerdo con lo observado en el trabajo de campo. Se evidencian buenas condiciones de estabilidad actual, encontrando los efectos negativos hacia los bordes de las quebradas que presentan rellenos antrópicos o suelos residuales en alta pendiente que tienden a fallar localmente por efecto de socavación principalmente o mal manejo de agua servidas.

A continuación, se presentan algunas fotografías que evidencian los procesos de remoción en masa identificados:



Figura 7-3. *Antiguo deslizamiento en el sector del barrio Santa Rita, queda por fuera del corredor de influencia directa del corredor a Juan Rey. Ladera 9*



Figura 7-4 *Antiguo deslizamiento en el sector del barrio Santa Rita, queda por fuera del área de influencia directa del corredor a Juan Rey. Ladera 9*



***Figura 7-5**. Ladera 10 cercana al corredor del ramal a Juan Rey, no afecta la línea.*



***Figura 7-6**. Ladera 11 tramo La Victoria-Altamira alternativas 2 y 3.*

Como se mencionó anteriormente en el numeral 5.4 de zonificación por amenaza, se identificó que el ramal Juan Rey es el tramo que tiene mayores procesos de remoción en masa antiguos identificados durante la visita y los conceptos del IDIGER sobre todo en la zona de las quebradas. Sin embargo, los procesos de remoción significativos quedan por fuera de la influencia directa del corredor proyectado para la línea del cable.

En los trazados del Portal 20 de Julio a La Victoria y La Victoria a Altamira, a pesar de ser zonas con pendiente moderada, no se identificaron procesos de remoción en masa que puedan afectar la estabilidad de la línea del cable. Sin embargo, es posible que desde el punto de vista de estabilidad se encuentren puntos con seguridad inferior a la mínima requerida en la normatividad vigente y se requiera algún tipo de estabilización.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD

8 METODOLOGÍA DE DISEÑOS GEOTÉCNICOS

Con el fin de realizar los respectivos análisis y cálculos geotécnicos para la fase de factibilidad, se seguirán las siguientes metodologías las cuales estarán regidas y enmarcadas por la normatividad colombiana vigente (NSR-10, CCP-14, Resolución 227 de 2006, microzonificación sísmica de Bogotá):

8.1 CIMENTACIONES DE EDIFICACIONES

Para el cálculo de capacidades portantes de las edificaciones del proyecto (estaciones de transferencia y retorno) se utilizarán las metodologías para cimentaciones superficiales y profundas que indica el reglamento colombiano de construcción sismorresistente NSR-10

8.1.1 Factores de Seguridad

De acuerdo con la NSR-10, el factor de seguridad se define como la relación entre fuerzas resistentes y actuantes. El factor de seguridad básico o directo se define como la relación entre el esfuerzo cortante último resistente o esfuerzo cortante de falla τ_f y el esfuerzo cortante actuante τ_a:

$$F_{SB} = \frac{\tau_f}{\tau_a}$$

$$\tau_f = C' + \sigma' * tan\varphi'$$

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTA D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

En donde C' corresponde al intercepto de cohesión efectiva, ***Φ***' al ángulo de fricción efectivo y ***σ***' al esfuerzo normal efectivo.

Los valores de los factores de seguridad básicos no deben ser inferiores a los mostrados en la tabla H.2.4-1 de la NSR-10

Condición	F_{SBM}		F_{SBUM}	
	Diseño	Construcción	Diseño	Construcción
Carga Muerta + Carga Viva Normal	1.50	1.25	1.80	1.40
Carga Muerta + Carga Viva Máxima	1.25	1.10	1.40	1.15
Carga Muerta + Carga Viva Normal + Sismo de Diseño Seudo estático	1.10	1.00 (*)	No se permite	No se permite
Taludes – Condición Estática y Agua Subterránea Normal	1.50	1.25	1.80	1.40
Taludes – Condición Seudo-estática con Agua Subterránea Normal y Coeficiente Sísmico de Diseño	1.05	1.00 (*)	No se permite	No se permite

(*) Nota: Los parámetros sísmicos seudo estáticos de Construcción serán el 50% de los de Diseño

Figura 8-1 *Factores de seguridad básicos mínimos directos. Fuente: Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, 2010*

Del factor de seguridad básico se derivan factores de seguridad indirectos que tienen valores diferentes.

Para el caso de capacidad portante de cimentaciones superficiales y capacidad portante de punta para cimentaciones profundas la norma recomienda los siguientes factores de seguridad indirectos:

Condición	F_{SICP} Mínimo Diseño
Carga Muerta + Carga Viva Normal	3.0
Carga Muerta + Carga Viva Máxima	2.5
Carga Muerta + Carga Viva Normal + Sismo de Diseño Seudo estático	1.5

Figura 8-2. Factores de seguridad indirectos mínimos para capacidad portante para cimentaciones superficiales y capacidad portante por punta de cimentaciones profundas. Fuente: Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, 2010

Para el caso de capacidad portante por fricción en cimentaciones profundas, el factor de seguridad está definido por:

$$F_{SL} = \frac{\tau_L}{\tau_A}$$

En donde τ_L corresponde a la resistencia al cortante en la interfaz suelo-elemento de cimentación.

$$\tau_L = \frac{2\tau_F}{3}$$

En el caso de $\tau_F = S_u$ se deberá usar

$$\tau_L = \alpha S_u$$

En donde

$$\alpha = 0.2 + 0.8 \exp\left[0.35 - \left(\frac{2Su}{Pa}\right)\right] \leq 1$$

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

Siendo Pa la presión atmosférica y Su resistencia no drenada.

Se tomará 1.8 como factor de seguridad por fuste en las cimentaciones profundas para la condición estática de acuerdo con lo indicado en la Figura 8-1 para condición no drenada y un factor de seguridad de 1.1 para análisis pseudoestático.

Para el caso de estructuras de contención, los valores del factor de seguridad indirecto deben ser como mínimo los indicados en la siguiente tabla:

Condición	Construcción	Estático	Sismo	Seudo estático
Deslizamiento	1.60	1.60	Diseño	1.05
Volcamiento: el que resulte más crítico de				
Momento Resistente/ Momento Actuante	≥ 3.00	≥ 3.00	Diseño	≥ 2.00
Excentricidad en el sentido del momento (e/B)	≤ 1/6	≤ 1/6	Diseño	≤ 1/4
Capacidad portante	Iguales a los de la Tabla H.4.1			
Estabilidad Intrínseca materiales térreos (reforzados o no)	Iguales a los de la Tabla H.2.1			
Estabilidad Intrínseca materiales manufacturados	Según material (Concreto-Título C; Madera-Título G; etc.)			
Estabilidad general del sistema:				
Permanente o de Larga duración (> 6 meses)	1.20	1.50	Diseño	1.05
Temporal o de Corta duración (< 6 meses)	1.20	1.30	50% de Diseño	1.00
Laderas adyacentes (Zona de influencia > 2.5H)	1.20	1.50	Diseño	1.05

***Figura 8-3**. Factores de seguridad indirectos mínimos para estructuras de contención. Fuente: Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, 2010*

8.1.2 Cimentaciones superficiales-zapatas y losas

De acuerdo con la propuesta de Meyerhof (1963) se tiene la siguiente expresión para el cálculo de la capacidad portante:

$$q_u = c' N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

En donde

c' = cohesión
q = esfuerzo efectivo al nivel del fondo de la cimentación
γ = peso específico del suelo
B = ancho de la cimentación (= diámetro para una cimentación circular)
$F_{cs}, F_{qs}, F_{\gamma s}$ = factores de forma
$F_{cd}, F_{qd}, F_{\gamma d}$ = factores de profundidad
$F_{ci}, F_{qi}, F_{\gamma i}$ = factores de inclinación de la carga
N_c, N_q, N_γ = factores de capacidad de carga

Los factores de capacidad de carga se calculan como sigue

$$N_q = tan^2\left(45 + \frac{\emptyset'}{2}\right) e^{\pi * tan\emptyset'}$$

$$N_c = (N_q - 1) cot\emptyset'$$

$$N_\gamma = 2 * (N_q + 1) tan\emptyset'$$

Los factores de forma, profundidad e inclinación se pueden obtener a partir de las expresiones de la siguiente tabla:

Tabla 8-1. Factores de forma, profundidad e inclinación. Fuente: Braja, Das, 2015.

Factor	Relación	Referencia
Forma	$F_{cs} = 1 + \left(\frac{B}{L}\right)\left(\frac{N_q}{N_c}\right)$ $F_{qs} = 1 + \left(\frac{B}{L}\right)\tan\phi'$ $F_{\gamma s} = 1 - 0.4\left(\frac{B}{L}\right)$	DeBeer (1970)
Profundidad	si; $\frac{D_f}{B} \leq 1$ Para $\phi = 0$: $F_{cd} = 1 + 0.4\left(\frac{D_f}{B}\right)$ $F_{qd} = 1$ $F_{\gamma d} = 1$ Para $\phi' > 0$: $F_{cd} = F_{qd} - \frac{1 - F_{qd}}{N_c \tan\phi'}$ $F_{qd} = 1 + 2\tan\phi'(1 - \text{sen}\,\phi')^2\left(\frac{D_f}{B}\right)$ $F_{\gamma d} = 1$ si; $\frac{D_f}{B} > 1$ Para $\phi = 0$: $F_{cd} = 1 + 0.4 \underbrace{\tan^{-1}\left(\frac{D_f}{B}\right)}_{\text{radianes}}$ $F_{qd} = 1$ $F_{\gamma d} = 1$ Para $\phi' > 0$: $F_{cd} = F_{qd} - \frac{1 - F_{qd}}{N_c \tan\phi'}$ $F_{qd} = 1 + 2\tan\phi'(1 - \text{sen}\,\phi')^2 \underbrace{\tan^{-1}\left(\frac{D_f}{B}\right)}_{\text{radianes}}$ $F_{\gamma d} = 1$	Hansen (1970)
Inclinación	$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{\beta^\circ}{90^\circ}\right)^2$ $F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{\beta}{\phi'}\right)$ β = inclinación de la carga sobre la cimentación respecto a la vertical	Meyerhof (1963); Hanna y Meyerhof (1981)

8.1.3 Cimentaciones profundas

Para las cimentaciones profundas se seguirá la siguiente metodología de acuerdo con el tipo de material en donde estará trabajando la estructura.

- Capacidad por punta en arenas: Se utilizará el método de Vesic (1977) cuya expresión es la siguiente:

$$Q_p = A_p q_p = A_p \overline{\sigma}'_o N^*_\sigma$$

En donde σ_0' corresponde al esfuerzo efectivo normal del terreno al nivel de punta y N_σ* es el factor de capacidad de carga el cual se puede obtener de la siguiente tabla:

Tabla 8-2 Factores de capacidad de carga N**σ*** con base en la teoría de expansión de cavidades.

	I_{rr}									
ϕ'	10	20	40	60	80	100	200	300	400	500
25	12.12	15.95	20.98	24.64	27.61	30.16	39.70	46.61	52.24	57.06
26	13.18	17.47	23.15	27.30	30.69	33.60	44.53	52.51	59.02	64.62
27	14.33	19.12	25.52	30.21	34.06	37.37	49.88	59.05	66.56	73.04
28	15.57	20.91	28.10	33.40	37.75	41.51	55.77	66.29	74.93	82.40
29	16.90	22.85	30.90	36.87	41.79	46.05	62.27	74.30	84.21	92.80
30	18.24	24.95	33.95	40.66	46.21	51.02	69.43	83.14	94.48	104.33
31	19.88	27.22	37.27	44.79	51.03	56.46	77.31	92.90	105.84	117.11
32	21.55	29.68	40.88	49.30	56.30	62.41	85.96	103.66	118.39	131.24
33	23.34	32.34	44.80	54.20	62.05	68.92	95.46	115.51	132.24	146.87
34	25.28	35.21	49.05	59.54	68.33	76.02	105.90	128.55	147.51	164.12
35	27.36	38.32	53.67	65.36	75.17	83.78	117.33	142.89	164.33	183.16
36	29.60	41.68	58.68	71.69	82.62	92.24	129.87	158.65	182.85	204.14
37	32.02	45.31	64.13	78.57	90.75	101.48	143.61	175.95	203.23	227.26
38	34.63	49.24	70.03	86.05	99.60	111.56	158.65	194.94	225.62	252.71
39	37.44	53.50	76.45	94.20	109.24	122.54	175.11	215.78	250.23	280.71
40	40.47	58.10	83.40	103.05	119.74	134.52	193.13	238.62	277.26	311.50
41	43.74	63.07	90.96	112.68	131.18	147.59	212.84	263.67	306.94	345.34
42	47.27	68.46	99.16	123.16	143.64	161.83	234.40	291.13	339.52	382.53
43	51.08	74.30	108.08	134.56	157.21	177.36	257.99	321.22	375.28	423.39
44	55.20	80.62	117.76	146.97	172.00	194.31	283.80	354.20	414.51	468.28
45	59.66	87.48	128.28	160.48	188.12	212.79	312.03	390.35	457.57	517.58

Fuente: Braja, Das, 2015.

DE MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

El valor de I_{rr} corresponde al índice de rigidez reducida para el suelo y se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$I_{rr} = \frac{I_r}{1 + I_r \Delta}$$

donde

$$I_r = \text{índice de rigidez} = \frac{E_s}{2(1 + \mu_s)\, q' \tan \phi'} = \frac{G_s}{q' \tan \phi'}$$

E_s = módulo de elasticidad del suelo
μ_s = relación de Poisson del suelo
G_s = módulo de cortante del suelo
Δ = deformación unitaria volumétrica promedio en la zona plástica debajo de la punta del pilote

E_s, μ_s y Δ se pueden obtener a partir de las siguientes expresiones (Chen y Kulhawy,1994)

$$\frac{E_s}{p_a} = m$$

donde

p_a = presión atmosférica ($\approx 100\ \text{kN/m}^2$)

$$m = \begin{cases} 100 \text{ a } 200 \text{ (suelo suelto)} \\ 200 \text{ a } 500 \text{ (suelo medio denso)} \\ 500 \text{ a } 1000 \text{ (suelo denso)} \end{cases}$$

$$\mu_s = 0.1 + 0.3\left(\frac{\phi' - 25}{20}\right) \text{ (para } 25° \le \phi' \le 45°)$$

$$\Delta = 0.005\left(1 - \frac{\phi' - 25}{20}\right)\frac{q'}{p_a}$$

- Capacidad por punta en arcillas (Φ=0)

Para arcilla saturada la capacidad por punta del pilote se puede aproximar con la siguiente expresión:

$$Q_p = A_p q_p = A_p c_u N_c^*$$

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

Con A_p área de la punta y C_u corresponde a la cohesión no drenada. La variación de los valores de N_C* con I_{rr} se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 8-3. Variación de N_C* con Irr para la condición Φ=0 con base en la teoría de Vesic. Fuente: Braja, Das, 2015.

I_{rr}	N_c^*
10	6.97
20	7.90
40	8.82
60	9.36
80	9.75
100	10.04
200	10.97
300	11.51
400	11.89
500	12.19

Para arcilla saturada Δ=0, por lo que I_{rr}=I_r y se usa la misma expresión utilizada en arenas para determinar I_r.

- Capacidad por fricción en arenas: La resistencia por fricción del pilote se puede determinar mediante la siguiente expresión:

$$Q_s = \Sigma\, p\, \Delta L f$$

En donde p corresponde al perímetro de la sección del pilote, ΔL= longitud incremental del pilote y f es la resistencia unitaria por fricción que se puede calcular mediante la siguiente expresión:

$$f = K\sigma'_o \tan\delta'$$

En donde

K = coeficiente efectivo de presión de tierra
σ'_o = esfuerzo vertical efectivo a la profundidad en consideración
δ' = ángulo de fricción suelo-pilote

- Capacidad por fricción en arcillas: (Método α)

La resistencia por fricción unitaria en suelos arcillosos se puede obtener mediante la siguiente expresión:

$$f = \alpha c_u$$

En donde α es un factor empírico de adhesión. La variación aproximada de α se puede obtener de la siguiente tabla:

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

Tabla 8-4. Variación de α (valores interpolados basados en Terzaghi, Peck y Mesri, 1996). Fuente: Braja, Das, 2015.

$\frac{c_u}{p_a}$	α
≤ 0.1	1.00
0.2	0.92
0.3	0.82
0.4	0.74
0.6	0.62
0.8	0.54
1.0	0.48
1.2	0.42
1.4	0.40
1.6	0.38
1.8	0.36
2.0	0.35
2.4	0.34
2.8	0.34

Nota: p_a = presión atmosférica ≈ 100 kN/m²

- Capacidad por punta en roca: Según Goodman,1980 la capacidad por punta unitaria en roca se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$q_p = q_u(N_\phi + 1)$$

En donde

$N_\phi = \tan^2(45 + \phi'/2)$
q_u = resistencia a la compresión simple de la roca
ϕ' = ángulo de fricción drenado

ALCALDIA MAYOR ... OTÁ D.C. ...IDAD Instituto de Desarrollo Urbano

8.2 CIMENTACIONES DE PILONAS

De acuerdo con los criterios técnicos del contrato, en específico el capítulo 8 de geotecnia, los diseños y análisis de las cimentaciones de las pilonas se regirán por las metodologías dispuestas en el Código Colombiano de Puentes del 2014.

8.2.1 Espectro de aceleraciones

De acuerdo con la metodología descrita en el capítulo 3 del CCP-14, el espectro de aceleraciones se define como sigue:

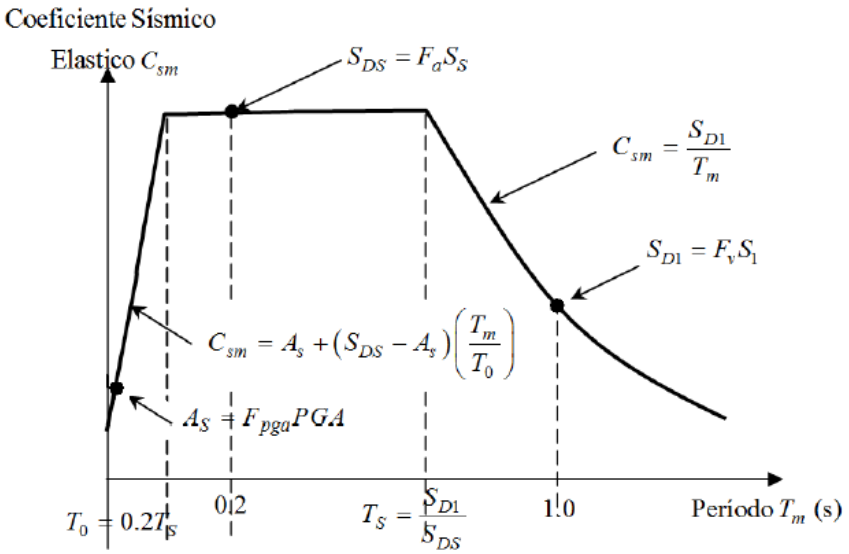


Figura 8-4. *Espectro de aceleración CCP-14*
Fuente: CCP-14

Para definir cada uno de los parámetros de la figura anterior, se hace uso de las siguientes figuras:

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

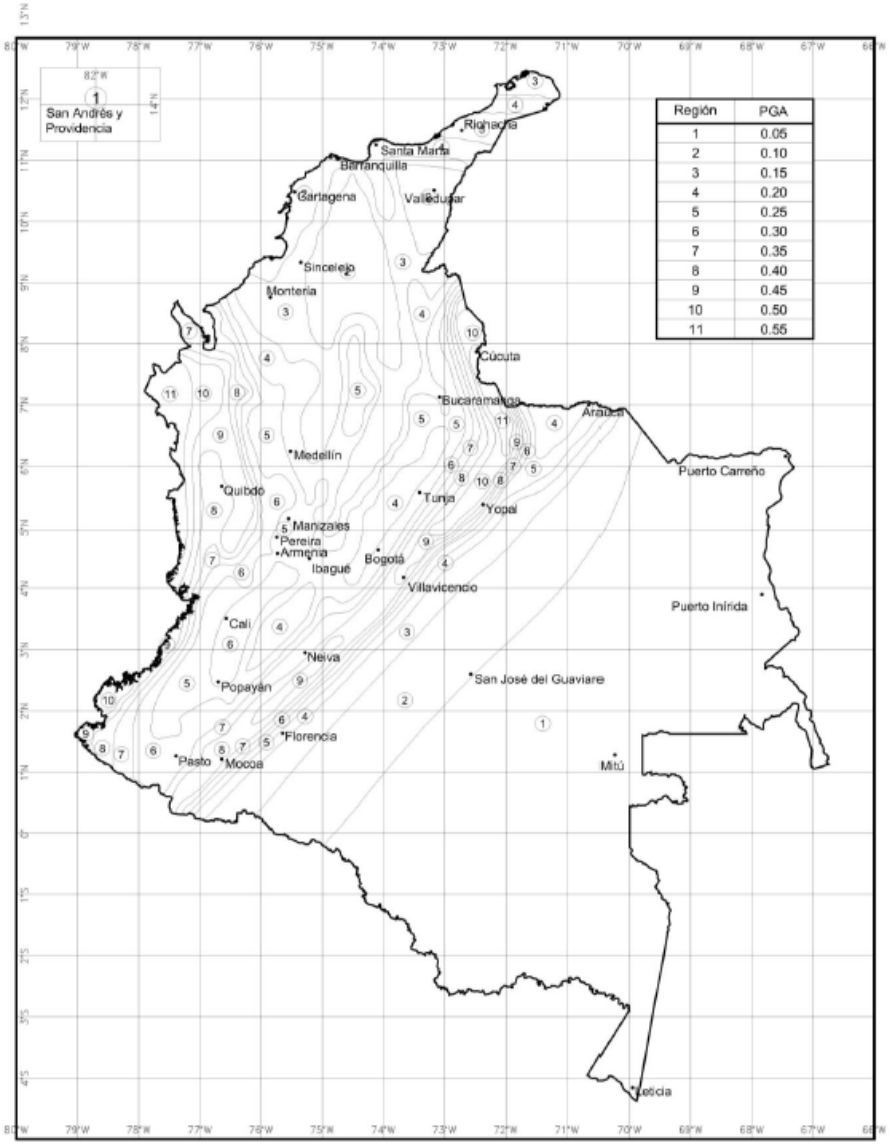
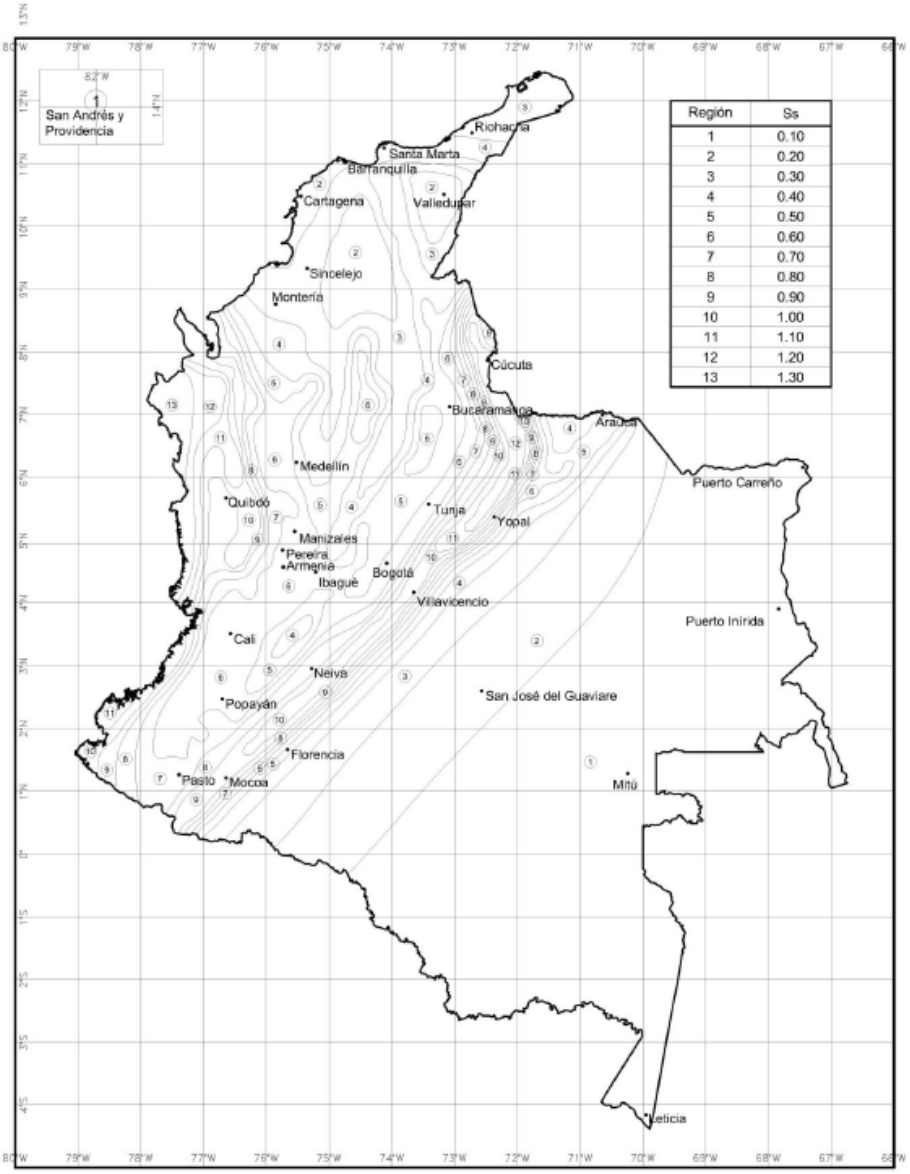
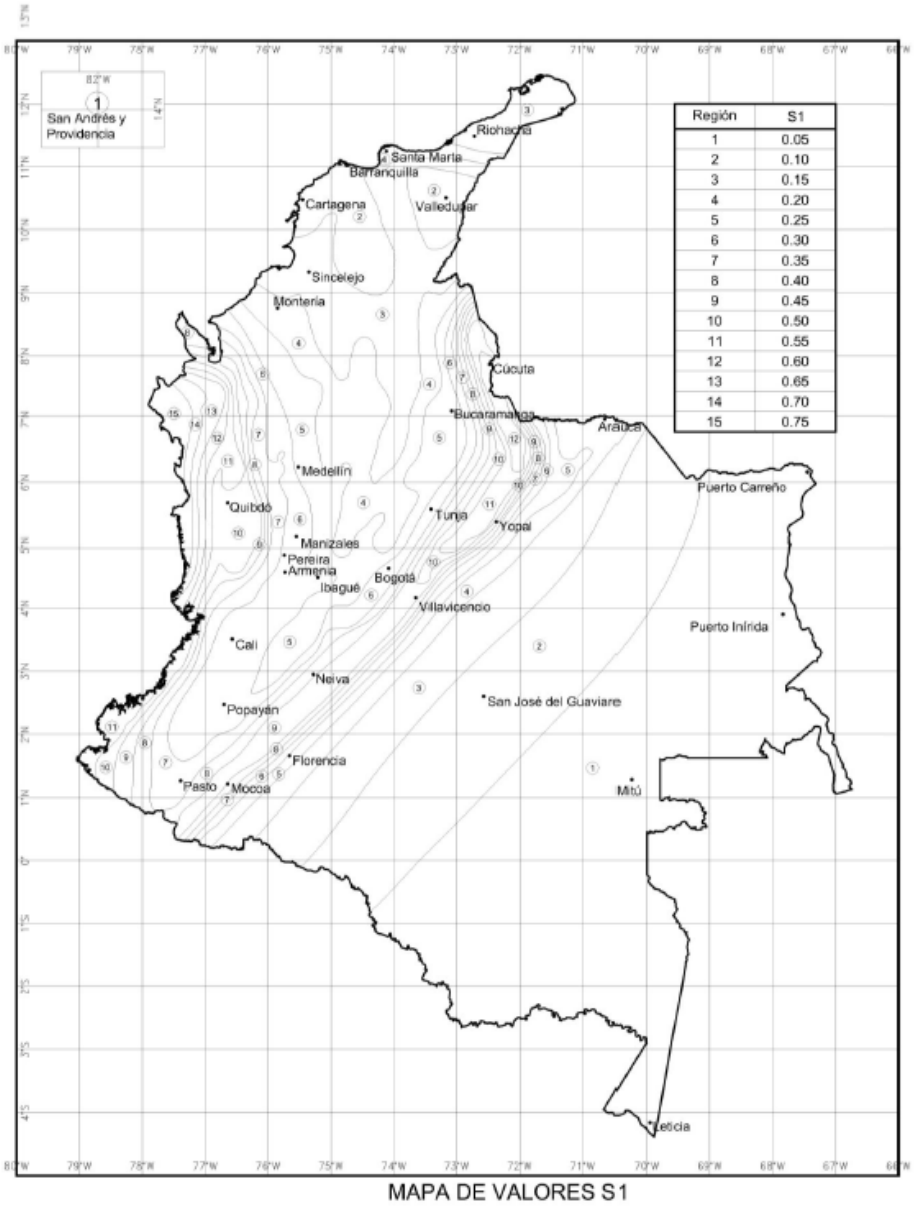


Figura 8-5 *Valores de Aceleración Pico Horizontal del Terreno (PGA)*
Fuente: CCP-14



MAPA DE VALORES Ss

Figura 8-6 *Coeficiente de Aceleración Espectral Horizontal para un Periodo de Vibración de 0.2 Segundos (Ss)*
Fuente: CCP-14



MAPA DE VALORES S1

Figura 8-7 *Coeficiente de Aceleración Espectral Horizontal para un Periodo de Vibración de 1.0 Segundos (S1)*
Fuente: CCP-14

Los factores de sitio F_{PGA}, F_A y F_V se determinan a partir del tipo de perfil de suelo el cual se define mediante la siguiente tabla:

Tipo de Perfil de Suelo	Características del perfil
A	Roca competente con velocidad medida de onda de cortante, $\overline{v}_s \geq 1500$ m/s.
B	Perfil de roca de rigidez media con $\overline{v}_s$ en el intervalo 1500 m/s $> \overline{v}_s \geq 760$ m/s.
C	Perfiles de suelo muy densos o roca blanda con velocidad medida de onda de cortante, $\overline{v}_s$ en el intervalo 760 m/s $> \overline{v}_s \geq 360$ m/s, o
	perfiles que cumplan con cualquiera de los dos criterios siguientes: $\overline{N} > 50$ golpes/pie, o $\overline{s}_u > 100$ kPa ($\approx$ 1 kgf/cm^2).
D	Perfiles de suelos rígidos con velocidad medida de onda de cortante $\overline{v}_s$ en el intervalo 360 m/s $> \overline{v}_s \geq 180$ m/s, o
	perfiles que cumplan con cualquiera de los dos criterios siguientes: $\overline{N}$ en el intervalo 50 golpes/pie $> \overline{N} \geq 15$ golpes/pie, o $\overline{s}_u$ en el intervalo 100 kPa ($\approx$ 1 kgf/cm^2) $> \overline{s}_u \geq 50$ kPa (≈ 0.5 kgf/cm^2).
E	Perfil de suelo con velocidad medida de onda de cortante, $\overline{v}_s < 180$ m/s, o perfiles que cumplan con cualquiera de los dos criterios siguientes: $\overline{N} < 15$ golpes/pie, o $\overline{s}_u < 50$ kPa (≈ 0.5 kgf/cm^2), o
	cualquier perfil con $H > 3$ m de arcilla blanda, definida como un suelo con $IP > 20$, $w > 40\%$ y $\overline{s}_u < 25$ kPa (≈ 0.25 kgf/cm^2) (véase la Nota al final de la Tabla).
F	Suelos que requieren evaluación particular de sitio, tales como: • Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como: suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc. • Turbas o arcillas altamente orgánicas ($H > 3$ m de turba o arcillas altamente orgánicas donde $H =$ espesor del suelo) • Arcillas de alta plasticidad ($H > 7.5$ m con $IP > 75$) • Estratos de arcillas con rigidez de media a blanda de gran espesor ($H > 36$ m)

Figura 8-8. *Perfiles de suelo*
Fuente: CCP-14

DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

Así, los factores de sitio serían:

Tabla 8-5. Valores del Factor de Sitio F_{PGA}

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos (Véase la Nota 1)				
	$PGA \leq 0.1$	$PGA = 0.2$	$PGA = 0.3$	$PGA = 0.4$	$PGA \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
F	véase nota 2	véase nota 2	véase nota 2	véase nota 2	véase nota 2

Notas:
1. Se debe usar una interpolación lineal para valores intermedios de PGA
2. Para el perfil tipo F debe realizarse un estudio de sitio particular para el lugar específico y debe llevarse a cabo un análisis de amplificación de onda.

Fuente: CCP-14

Tabla 8-6 Valores del Factor de Sitio F_A

Tipo de Perfil	Coeficiente de aceleración espectral para período de vibración de $0.2s$ (Véase la Nota 1)				
	$S_S \leq 0.25$	$S_S = 0.50$	$S_S = 0.75$	$S_S = 1.00$	$S_S \geq 1.25$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
F	véase nota 2	véase nota 2	véase nota 2	véase nota 2	véase nota 2

Notas:

1. Se debe usar una interpolación lineal para valores intermedios de S_S
2. Para el perfil tipo F debe realizarse un estudio de sitio particular para el lugar específico y debe llevarse a cabo un análisis de amplificación de onda.

Fuente: CCP-14

Tabla 8-7 Valores del Factor de Sitio F_V

Tipo de Perfil	Coeficiente de aceleración espectral para período de vibración de $1.0s$ (Véase la Nota 1)				
	$S_1 \leq 0.10$	$S_1 = 0.20$	$S_1 = 0.30$	$S_1 = 0.40$	$S_1 \geq 0.50$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
E	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
F	véase nota 2	véase nota 2	véase nota 2	véase nota 2	véase nota 2

Notas:

1. Se debe usar una interpolación lineal para valores intermedios de S_1
2. Para el perfil tipo F debe realizarse un estudio de sitio particular para el lugar específico y debe llevarse a cabo un análisis de amplificación de onda.

Fuente: CCP-14

Instituto de Desarrollo Urbano

8.2.2 Correlaciones parámetros de resistencia del suelo

- Parámetros de resistencia de cohesión (c) y ángulo de fricción (ϕ): A partir de la metodología de Gonzales, 1999, se calcularán mediante correlaciones con el valor de N corregido por energía y confinamiento, los valores de c' y ϕ en donde no se tengan ensayos de laboratorio de corte.
- Resistencia a la compresión inconfinada de suelos y rocas q_u: Se obtienen a partir de los ensayos de laboratorio realizados a las muestras extraídas de la campaña de exploración.
- Resistencia al corte no drenado (S_u): A partir de ensayos de corte no drenado o a partir de la siguiente formulación:

$$S_u = \frac{q_u}{2}$$

$$S_u(ton/m^2) = 0.44*Ncampo$$

- Módulo de elasticidad (E): A partir de la siguiente formulación

$$E(kPa) = 766*N_{60} \text{ Para arenas}$$

$$E = 500*Su \text{ Para arcillas}$$

- N de campo y Vs: Cuando se tenga la velocidad de onda cortante obtenida a partir de los ensayos de refracción sísmica, se usará la formulación de Seed & Idriss la cual indica lo siguiente:

$$Vs = 61.4xN^{0.5}$$

8.2.3 Cimentaciones mediante pilotes perforados

8.2.3.1 Cálculo de la capacidad de los pilotes

La metodología para el cálculo de la capacidad por fricción y por punta de los pilotes depende del tipo de material.

- **Suelos cohesivos:**

Resistencia por Fuste

Para suelos cohesivos se utiliza el Método α el cual expresa lo siguiente:

$$f_{SN} = \alpha S_u$$

En donde f_{SN} es la resistencia unitaria por fuste del pilote y el parámetro α depende de la resistencia al corte no drenado Su, el cual, de acuerdo con el Código Colombiano de Puentes, se determina mediante la siguiente expresión:

$$\alpha = 0.55 \text{ para } \frac{S_u}{P_a} \leq 1.5$$

$$\alpha = 0.55 - 0.1(S_u/p_a - 1.5)$$

$$\text{para } 1.5 \leq S_u/p_a \leq 2.5$$

En la cual Pa es la presión atmosférica.

Sin embargo, según el documento titulado “Concepto Geotécnico para el Puente Av. Ciudad de Cali con Av. Ferrocarril en Bogotá” desarrollado por la Sociedad Colombiana de Ingenieros para el Instituto de Desarrollo Urbano en el 2020, se realizó un completo análisis del valor del factor de adherencia según diversos autores comparado con aquel presentado en el CCP-14.

En este estudio se analizó la propuesta de 11 autores cuyos resultados se observan en la siguiente figura:

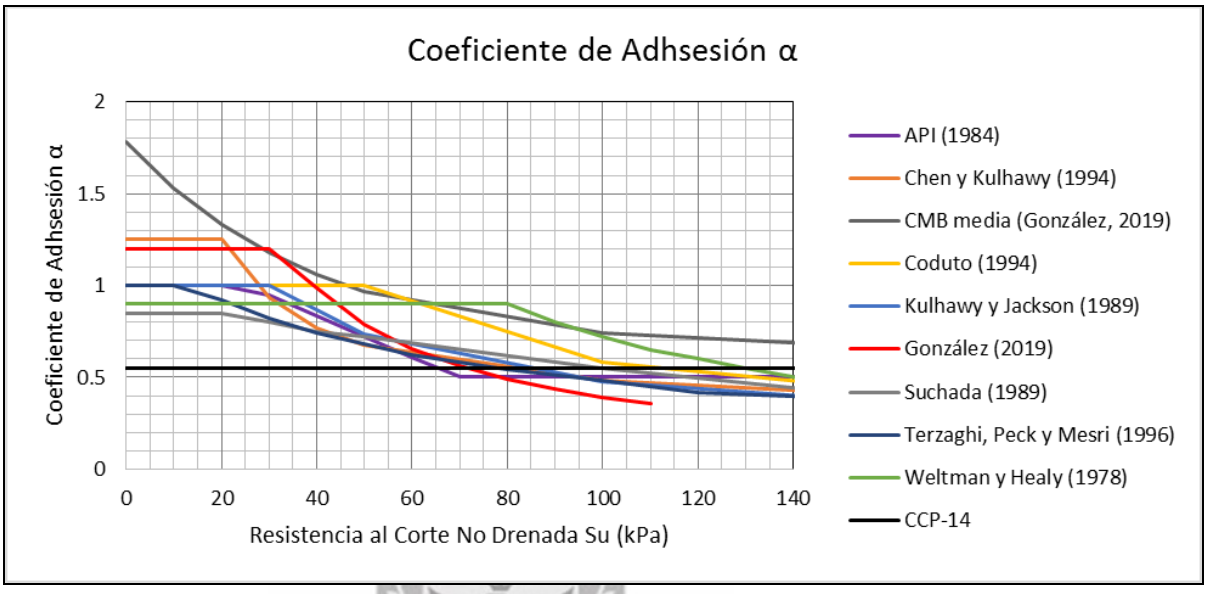


Figura 8-9 *Resumen de envolventes de α que únicamente dependen de Su (Fuente SCI)*

De la comparación realizada, se observa que, para arcillas con Cu<70 kPa, el valor de α de 0.55 propuesto por el CCP-14 resulta bastante conservador. Por otro lado, para arcillas con Cu>70kPa, como es el caso de la mayoría de materiales arcillosos identificados en el proyecto del Cable de San Cristóbal, el valor de α de 0.55 es mayor, lo que resulta en una sobreestimación de la resistencia por fuste de las cimentaciones profundas.

De acuerdo con lo anterior, se utilizará los valores de α de la metodología de Terzagui, Peck y Mesri (1996), cuyos valores interpolados arrojan lo siguiente:

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

Variación del factor de adhesión α (valores interpolados basados en la Terzaghi, Peck y Mesri -1996)	
Cu/Pa	**α**
≤ 0.1	1
0.1	1
0.2	0.92
0.3	0.82
0.4	0.74
0.6	0.62
0.8	0.54
1	0.48
1.2	0.42
1.4	0.4
1.6	0.38
1.8	0.36
2	0.35
2.4	0.34
2.8	0.34
2.8 ≤	0.34

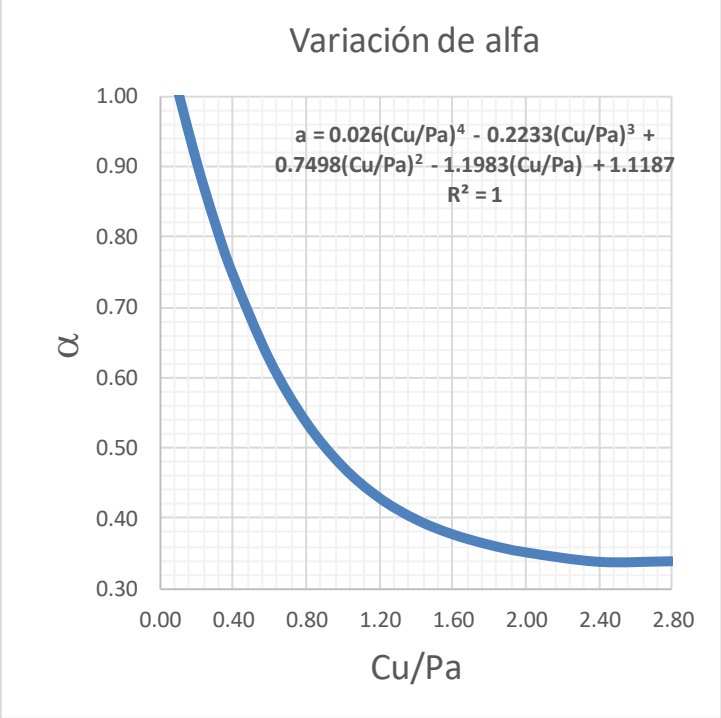


Figura 8-10 *Variación de Alpha. Metodología de Terzaghi, Peck y Mesri, 1996*

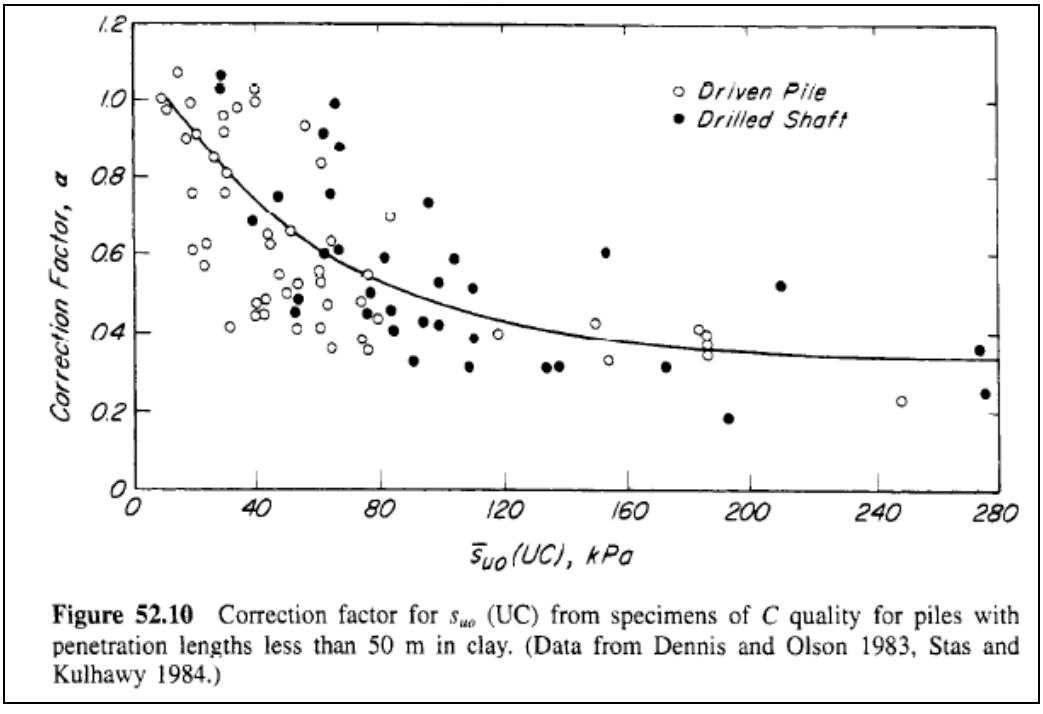


Figure 52.10 Correction factor for s_{uo} (UC) from specimens of *C* quality for piles with penetration lengths less than 50 m in clay. (Data from Dennis and Olson 1983, Stas and Kulhawy 1984.)

Figura 8-11 *Variación entre el valor de α y Cu. Terzaghi, Peck y Mesri, 1996*

Para el efecto de grupo, según el CCP-14, en suelos cohesivos si la tapa está en contacto firme con el suelo, no se requiere reducción de la eficiencia.

Resistencia por Punta

De acuerdo con O'Neill y Reese, la resistencia por punta se toma como:

$$q_p = N_c S_u \leq 4.0$$

En la cual

$$N_c = 6\left[1+0.2\left(\frac{Z}{D}\right)\right] \leq 9$$

D corresponde al diámetro del pilote, Z es la penetración del pilote y Su es la resistencia al corte no drenado.

- **Suelos no cohesivos:**

Resistencia por Fuste

Para suelos granulares se utiliza el método β de acuerdo con lo descrito por la FHWA (2010)

$$f_{SN} = \sigma'_v \beta$$

En donde f_{SN} es la resistencia nominal unitaria por fricción para arenas y β es un coeficiente de resistencia por fuste que se calcula como sigue:

$$\beta \approx (1-\sin\phi')\left(\frac{\sigma'_p}{\sigma'_v}\right)^{\sin\phi'} \tan\phi' \qquad \leq K_p \tan\phi'$$

En donde ϕ es el ángulo de fricción interna del suelo que se obtiene por correlaciones mediante el ensayo SPT como se describió anteriormente. σ'_p es el esfuerzo efectivo de preconsolidación, σ'_v es el esfuerzo vertical efectivo promedio en la capa donde se está calculando la resistencia y K_p, para suelo no cohesivo, es:

$$K_p = \tan^2\left(45^\circ + \frac{\phi'}{2}\right)$$

Chen y Kulhawy (2002) presentan este enfoque para determinar el parámetro β y es recomendado por la FHWA (2010) en su manual "Drilled Shafts: Construction Procedures and LRFD Design Methods".

La afectación por grupo depende del espaciamiento del eje centro a centro, así como de la configuración del grupo de pilotes. El CCP-14 propone lo siguiente:

Tabla 8-8. Factores de Reducción para Resistencia al Aplastamiento del Grupo de Pilotes en Arena

Configuración del grupo de ejes	Espaciamiento del eje de centro a centro	Condiciones especiales	Factor de reducción para efectos de grupo, η
Fila Única	*2D*		0.90
	3D o más		1.0
Fila múltiple	*2.5D*		0.67
	3D		0.80
	4D o más		1.0
Filas múltiples y únicas	*2D* o más	Tapa de grupo de ejes en íntimo contacto con el suelo que consiste en suelo medio denso o denso, y no se prevé socavación por debajo de la tapa del eje	1.0
Filas múltiples y únicas	*2D* o más	La lechada de presión se utiliza a lo largo de los lados del eje para restaurar pérdidas laterales de tensión causadas por la instalación del eje, y la punta del eje es presionada con lechada	1.0

Fuente: CCP-14

Resistencia por Punta

De acuerdo con O'Neill y Reese, la resistencia por punta se toma como:

$$\text{Para } 0.057N_{60} \le 50,\ q_p = 1.2N_{60}$$

En donde N_{60} es el conteo promedio de golpes SPT (corregido solo por eficiencia del martillo) en la zona de diseño bajo consideración.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

- **Geo material intermedio (Suelos no cohesivos con N_{60}>50)**

Resistencia por Punta:

De acuerdo con el CCP-14 para materiales no cohesivos con N_{60} >50 golpes por pie, la resistencia por punta debe calcularse mediante la siguiente expresión:

$$q_p = 0.59\left[N_{60}\left(\frac{p_a}{\sigma'_v}\right)\right]^{0.8}\sigma'_v$$

p_a = presión atmosférica (= 0.101 MPa)

σ'_v = tensión vertical efectiva en la elevación de la punta del eje (MPa)

- **Roca**

Resistencia por Fricción

Según O'Neill y Reese (1999) la resistencia nominal unitaria por fricción en roca se puede estimar como sigue:

$$\frac{f_{SN}}{p_a} = 0.65\alpha_E * \sqrt{\frac{q_u}{p_a}}$$

En donde f_{SN} es la resistencia nominal por fricción en roca, p_a es la presión atmosférica, q_u es la resistencia a la compresión inconfinada de la roca obtenida de ensayos de laboratorio y α_E es un parámetro que depende del RQD de la roca y se obtiene de la siguiente tabla:

Tabla 8-9. Factor de modificación de juntas

RQD (%)	Joint Modification Factor, φ	
	Closed joints	Open or gouge-filled joints
100	1.00	0.85
70	0.85	0.55
50	0.60	0.55
30	0.50	0.50
20	0.45	0.45

Fuente: FHWA, 2010

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

Resistencia por Punta

La resistencia por punta en roca, según el CCP-14, se calcula a partir de la siguiente expresión:

Para roca intacta:

$$q_p = 2.5q_u$$

Para roca fracturada:

$$q_p = \left[\sqrt{s} + \sqrt{(m\sqrt{s} + s)}\right] q_u$$

En donde q_u es la resistencia a la compresión simple de la roca y s y m son parámetros de masa de roca fracturada que se obtienen de la siguiente tabla:

Tabla 8-10. Parámetros m y s para roca

Calidad de la roca	Constantes	Tipo de roca A = Las rocas carbonatadas con divisiones de cristal bien desarrolladas — dolomita, piedra caliza y mármol B = Rocas litificadas arcillosas — lodolita, limolita, lutita y pizarra (normal a dividida) C = Rocas arenosas con cristales fuertes y poco desarrollados cristal arenisca y cuarcita D = Rocas ígneas cristalinas de grano fino polimineral — andesita, dolerita, diabasa y riolita E = Rocas cristalinas ígneas y metamórficas de grano grueso polimineral - anfibolita, gabro gneis, granito, norita, cuarzo-diorita				
		A	B	C	D	E
MUESTRAS DE ROCA INTACTA Tamaño de especímenes de laboratorio libres de discontinuidades. Valoración CSIR: *RMR* = 100	m s	7.00 1.00	10.00 1.00	15.00 1.00	17.00 1.00	25.00 1.00
MACIZOS ROCOSOS DE MUY BUENA CALIDAD Roca inalterada firmemente encajada con juntas en 900 a 3000 mm sin erosión Valoración CSIR: *RMR* = 85	*m* *s*	2.40 0.082	3A3 0.082	5.14 0.082	5.82 0.082	8.567 0.082
MACIZOS ROCOSOS DE BUENA CALIDAD Roca fresca a ligeramente erosionada ambientalmente, ligeramente alterada con juntas en 900 a 3000 mm Valoración CSIR: *RMR* = 65	m s	0.575 0.00293	0.821 0.00293	1.231 0.00293	1.395 0.00293	2.052 0.00293
MACIZOS ROCOSOS DE CALIDAD ACEPTABLE Varios conjuntos de junta con erosión ambiental moderada espaciadas en 300 a 900 mm Valoración CSIR: *RMR* = 44	m s	0.128 0.00009	0.183 0.00009	0.275 0.00009	0.311 0.00009	0.458 0.00009
MACIZO ROCOSO DE CALIDAD POBRE Numerosas juntas con erosión ambiental en 50 a 300 mm; alguna gubia. Desperdicio de roca limpia Compactada. Valoración CSIR: *RMR* = 23	m s	0.029 $3x10^{-6}$	0.041 $3x10^{-6}$	0.061 $3x10^{-6}$	0.069 $3x10^{-6}$	0.102 $3x10^{-6}$
MACIZOS ROCOSOS DE CALIDAD MUY POBRE Numerosas juntas con fuerte erosión ambiental, con espaciamientos < 50 mm con gubia. Desecho de roca con finos. Valoración CSIR: *RMR* = 3	m s	0.007 $1x10^{-7}$	0.010 $1x10^{-7}$	0.015 $1x10^{-7}$	0.017 $1x10^{-7}$	0.025 $1x10^{-7}$

Fuente: CCP-14

8.2.3.2 Factores de resistencia

De acuerdo con la metodología LRFD empleada por el CCP-14, a las resistencias por punta y por fuste del pilote se deberán aplicar unos factores de reducción de resistencia según como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 8-11. Factores de resistencia

Método/Suelo/Condición	Factor de Resistencia
Resistencia por fuste en arcilla. Método α	0.45
Resistencia por punta en arcilla	0.40
Resistencia por fuste en arena. Método β	0.55
Resistencia por punta en arena	0.50
Resistencia por fuste en IGMs	0.60
Resistencia por punta en IGMs	0.55
Resistencia por punta en roca.	0.50
Resistencia por fuste en roca	0.55

Fuente: CCP-14

Para los estados límite de servicio y de evento extremo, según lo dispuesto en el numeral 10.5.5.1 y 10.5.5.3.3 del CCP-14, los factores de resistencia serán 1.0.

8.3 SISTEMA SEMICUANTITATIVO DE ESTABILIDAD DE LADERAS

8.3.1 Metodología y variables

La metodología aplicada consiste en el SES Modificado (Sistema Semicuantitativo de Evaluación de Estabilidad) propuesta por Ramírez (1989) y modificado por González (1997), a la cual se le incorporó y evaluó la variable Factor Antrópico (A) del mismo modo como se adoptaron, en algunos casos, criterios y valores diferentes en su evaluación; así por ejemplo para la condición estructural se tiene una influencia significativa de la orientación de las discontinuidades con respecto a la cara libre de los escarpes, la evaluación del drenaje se concibió bajo criterios diferentes a la metodología original.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

A continuación, se describe de manera breve las variables y criterios empleados

8.3.2 Materiales - M (Puntaje Máximo: 70)

El sistema semicuantitativo de evaluación de estabilidad dentro de los parámetros de evaluación considera al material como el de mayor incidencia en la estabilidad de una zona o región. Su valoración en términos cualitativos se hace en función de la litología: Roca, material intermedio y suelo.

8.3.2.1 Roca

El material tipo roca se valora de acuerdo al origen y textura (litología), resistencia del material rocoso y condición de fracturamiento (determinado con base en la densidad de fracturamiento), Tabla 8-12 y Tabla 8-13

Tabla 8-12. Criterios para definición de tipo de roca

TIPO DE ROCA							
ORIGEN	**Textura**	**FÁBRICA**					
		NO ORIENTADA			**ORIENTADA**		
		Entrelazada	**Cementada**	**Consolidada**	**Foliada**	**Cementada**	**Consolidada**
ÍGNEO	Cristalino	R 1					
	Piroclástico		R 2				
METAMÓRFICO	Cristalina						
	Masiva	R 1					
	Cristalina						
	Foliada				R 2		
SEDIMENTARIO	Cristalina	R 2					
	Clástica		R 3	R 3		R 4	R 4

Fuente: Ramírez (1989) y modificado por González (1997)

Tabla 8-13. Matriz de Valores de Estabilidad para roca

TIPO ROCA	**RESISTENCIA** (Kg/cm²)	**FRACTURAMIENTO** (TAMAÑO BLOQUE - cm)			
		Mínimo (masiva) (>100)	Ligero (10-100)	Moderado (1-10)	Intenso (< 1)
R1	Alta (σ_c > 1120)	50	39	21	9
R2	Media (560 < σ_c < 1120)	38	29	16	7
R3	Baja (280 < σ_c < 560)	35	25	15	8
R4	Muy baja (σ_c < 280)	30	20	12	8

Fuente: Ramírez (1989) y modificado por González (1997)

Para la resistencia a la compresión se modificaron los rangos de clasificación del material rocoso originalmente propuestos por Ramírez (1989) por los de la escala propuesta por Deerl y Miller, donde el límite de roca de resistencia muy baja es 280 kg/cm², el cual está acorde con el tipo de rocas presentes en el área del Distrito (Ingeocim Ltda.).

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

Adicionalmente en la condición estructural más particularmente se considera la orientación de las discontinuidades relacionadas con diaclasas o fracturas y que condicionen la estabilidad de escarpes o laderas; para el efecto, se consideran los valores planteados en la Tabla 8-14

Tabla 8-14 Matriz de Valores de Estabilidad por orientación de discontinuidades para roca

Orientación discontinuidades	**Puntuación**
Favorable o neutro	20
Desfavorable	5
Muy desfavorable	0

Fuente: Ramírez (1989) y modificado por González (1997)

8.3.2.2 Material Intermedio

Para el material intermedio se valora la matriz y la influencia de las estructuras heredadas. Se consideran materiales intermedios los depósitos del cono del Tunjuelo (Qct), conos de deyección (Qcd), Terrazas altas (Qta) y depósitos de Talus (Qdlt) y coluviales (Qdlc). Los depósitos coluviales y fluvioglaciares que están constituidos por más del 70% de clastos se consideran, también, como material intermedio. Su valoración se efectúa según se relaciona en la Tabla 8-15, Tabla 8-16, Tabla 8-17.

Tabla 8-15 Matriz de Valores de Estabilidad para material intermedio

ROCA PARENTAL		Erodabilidad de la Matriz				Influencia de las Estructuras *			
		Baja	Media	Alta	Muy alta				
MATERIAL RESIDUAL	Ígnea	I-2	I-3	I-4	I-4				
	Metamór.	I-1	I-2	I-3	I-4				
	Sedimen.	I-1	I-2	I-3	I-4				
MATERIAL TRANSPORTADO	Talus o material coluvial	I-2	I-3	I-4	I-4				
						Baja	Media	Alta	Muy Alta
Tipo I-1						49	38	21	10
Tipo I-2						36	28	15	8
Tipo I-3						22	18	11	6
Tipo I-4						13	10	6	3

* ver Tabla 8-16 y Tabla 8-17

Fuente: Ramírez (1989) y modificado por González (1997)

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

Estos depósitos principalmente son transportados donde las estructuras heredadas corresponden a superficies antiguas de procesos morfodinámicos, de densidad alta, en donde se asume para la mayoría de materiales intermedios, baja influencia de las estructuras heredadas.

La Tabla 8-18 resume la clasificación atribuida a cada uno de los materiales intermedios y su respectivo puntaje según Ramírez (1988).

Tabla 8-16 Matriz de identificación de estructuras heredadas

ESTRUCTURAS HEREDADAS	DENSIDAD	
	baja	alta
Diques y otras intrusiones	2	4
Discontinuidades o disposición errática de los materiales	3	6
Sistemas de diaclasamiento (rellenos o no, estriados o no)	4	8
Contactos litológicos y estratificación depositacional (inherente a la roca parental)	5	10
Superficies de meteorización pronunciada (a lo	5	10

ESTRUCTURAS HEREDADAS	DENSIDAD	
	baja	alta
largo de diaclasas y contactos)		
Antiguas superficies de deslizamientos (Generalmente asociados a una o varias de las estructuras anteriores)	6	12

Fuente: Ramírez (1989) y modificado por González (1997)

Tabla 8-17 Matriz de Valores de influencia de las estructuras

INFLUENCIA	Suma de los valores de las Estructuras identificables
Baja	0 - 10
Media	10 - 20
Alta	20 - 30
Muy Alta	> 30

Fuente: Ramírez (1989) y modificado por González (1997)

Tabla 8-18 Unidades de materiales intermedios y clasificación para el Modelo Semicuantitativo

UNIDAD	SÍMBOLO	PUNTAJE
Coluviones	Qdlc	22
Talus	Qdlt	11
Depósitos fluvioglaciares	Qfg	22
Conos del Tunjuelo	Qct	11
Conos de deyección	Qcd	22
Terrazas altas	Qta	22

Fuente: Ramírez (1989) y modificado por González (1997)

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. INFRAESTRUCTURA Instituto de Desarrollo Urbano

8.3.2.3 Suelos

Los suelos se clasifican en residuales y transportados, valorando su consistencia o compacidad, si son finos o granulares respectivamente (Tabla 8-19, Tabla 8-20 y Tabla 8-21)

Tabla 8-19 Clasificación de suelos por condición del terreno

TIPO DE SUELO	CONDICIÓN EN EL TERRENO					
	Granular (Densidad)			Fino (Consistencia)		
	Alta	Media	Baja	Dura	Media	Blanda
Tipo S 1	35	22	11	32	20	8
Tipo S 2	27	17	8	25	15	6
Tipo S 3	15	10	6	15	10	4

TIPO DE SUELO	CONDICIÓN EN EL TERRENO					
	Granular (Densidad)			Fino (Consistencia)		
	Alta	Media	Baja	Dura	Media	Blanda
Tipo S 4	7	6	4	7	6	3

* ver Tabla 8-20 y Tabla 8-21

Fuente: Ramírez (1989) y modificado por González (1997)

Por su comportamiento geomecánico se consideran como suelos las Terrazas bajas (Qtb), Depósitos Aluviales (Qal), Rellenos antrópicos (Rfb, Rab), suelos residuales (Qsr), Depósitos de la Sabana (Qsb), Flujos de tierra (Qft) y Formación Tilatá (Tqt). Los Depósitos de ladera coluvial (Qdlc) y los Depósitos fluvioglaciares (Qfg) se consideran como suelos siempre que la matriz represente más del 30% del depósito, es decir matriz - soportados.

Tabla 8-20 Influencia por medio de transporte

Tipo de suelo / Roca Parental	RESIDUAL			
	SUELO		SUELO SAPROLÍTICO	
	G	F	G	F
Metamórfica	S 1	S 2	S 2	S 3
Sedimentaria	S 1	S 2	S 2	S 3
Ígnea	S 2	S 3	S 3	S 4
Volcánica	S 2	S 3	S 3	S 4

Fuente: Ramírez (1989) y modificado por González (1997)

Tabla 8-21. Influencia por grado de meteorización

Por acción directa de la gravedad		Por agentes naturales (A, V, H) *	
G	F	G	F
S 3	S 4	S 2	S 3

* A, V, H: Agua, Viento, Hielo

(G) : Composición predominante granular (> 65% ret. T 200)
(F) : Composición predominante fina (> 35% pasa T 200)

Fuente: Ramírez (1989) y modificado por González (1997)

8.3.3 Factor antrópico (A) – Puntaje Máximo: 50

La intervención del hombre sobre el medio físico puede considerarse como efecto contribuyente o detonante de procesos de inestabilidad del terreno, su acción se refleja en la deforestación, cambios morfológicos, intervención sobre los drenajes naturales y descargas o sobrecargas; sin embargo, ésta en muchas ocasiones es mucho más influyente que otros factores; por tanto, en su análisis se evalúan efectos derivados de

procesos de consolidación urbana, manejo de aguas, la red vial, la ubicación geográfica de los asentamientos, y las actividades de extracción de materiales para la construcción que por su dinámica se han incorporado gradualmente a las áreas urbanas. No obstante, en contados casos esta intervención puede considerarse y por tanto evaluarse como positiva. A continuación, se relacionan los aspectos generales a tener en cuenta y en la Tabla 8-22 los valores derivados de su evaluación.

Sobrecarga
Descarga
Infiltración de aguas y manejo de aguas servidas
Intervención del drenaje (modificación de rondas y cauces)
Explotaciones mineras

Tabla 8-22 Valores de Estabilidad por Factor Antrópico

NIVEL	DESCRIPCIÓN	VALOR	
		MÍN	MÁX
Severa	Zonas de actividad minera, conformación de rellenos de espesor importante, práctica de cortes, obstrucción de cauces	0	10
Fuerte	Práctica intensiva de cortes / rellenos, descargas de agua	10	20
Moderada	Cortes / rellenos escasos y de moderado espesor, descargas controladas de agua	20	30
Incipiente	Cortes / rellenos aislados, disponibilidad de sistemas adecuados de drenaje	30	35
Positiva	Presenta obras de estabilización, control o protección; buenos sistemas de drenaje	40	50

Fuente: Ramírez (1989) y modificado por González (1997)

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

8.3.4 Relieve (R) – Puntaje Máximo: 36

La condición de estabilidad de una vertiente o ladera está asociada en términos de relieve, a las características morfométricas y a los procesos morfodinámicos actuantes sobre ellas. La evaluación del parámetro relieve parte del modelo morfológico de una vertiente propuesto por Dalrymple et al (1962), donde se distinguen ocho unidades hipotéticas, definidas en función de su forma y de los procesos morfodinámicos dominantes sobre ellas. De esta manera se puede describir una vertiente en función de las unidades establecidas con relación a su papel en la formación, transporte y desarrollo de fenómenos de remoción en masa. Esto se expresa en la Tabla 8-23 y Tabla 8-24 Valores de estabilidad por relieve y perfil longitudinal y Figura 8-12.

Tabla 8-23 y Tabla 8-24 Valores de estabilidad por relieve y perfil longitudinal

Sub-zonas	Pendiente (°)	A
Interfluvio	0 – 2	31
Ladera con infiltración	2 – 4	21

Perfil	B
Convexo	0

Sub-zonas	Pendiente (°)	A
Ladera con reptación	10 – 30	9
Escarpe o ladera rectilínea	> 30	21
Ladera intermedia de transporte	20 – 30	7
Ladera coluvial	5 – 20	7
Aluviones	0 – 4	23
Ladera de cauce	> 40	7

Perfil	B
Rectilíneo	3
Cóncavo	5

Fuente: Ramírez (1989) y modificado por González (1997)

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

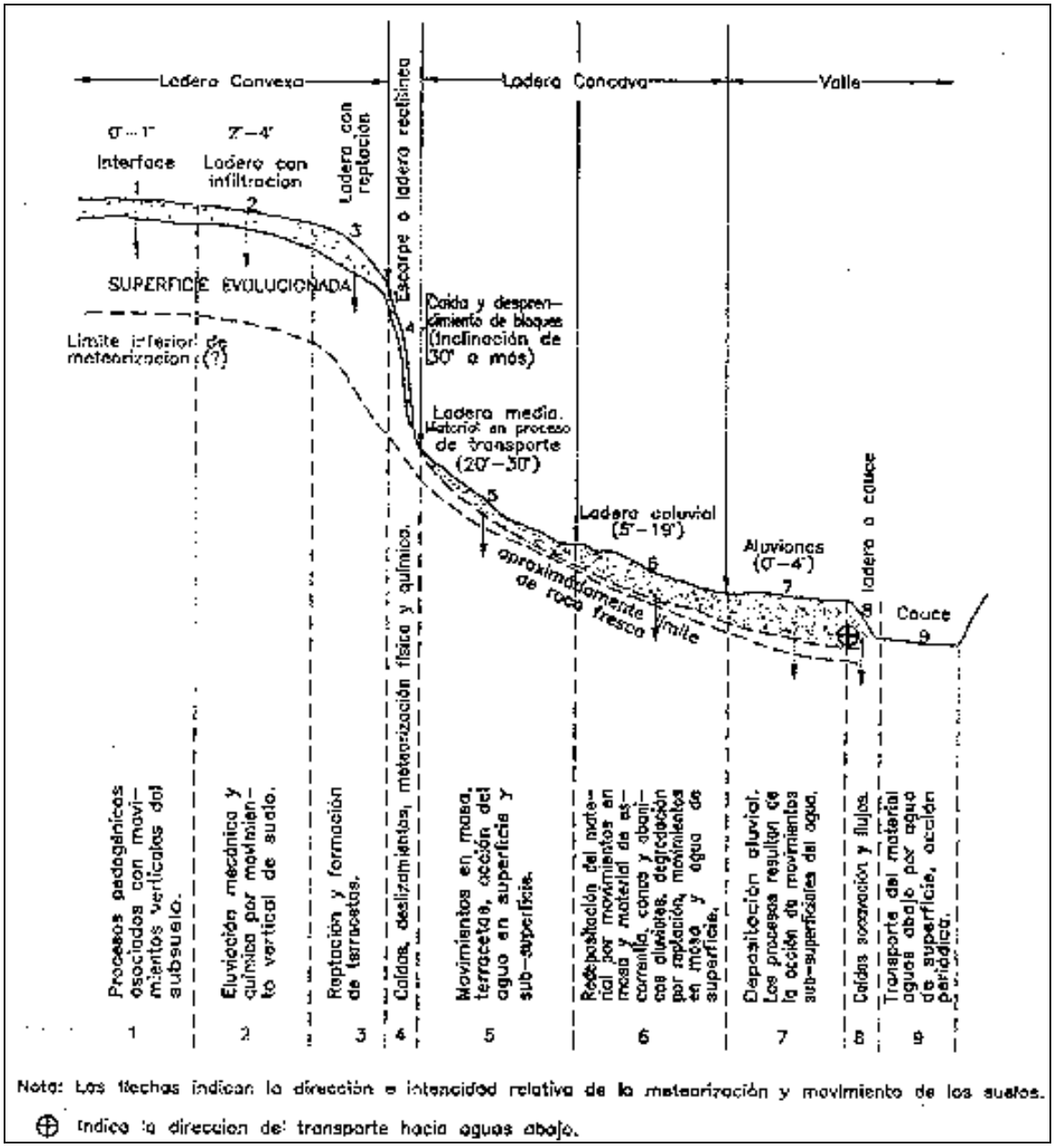


Figura 8-12 *modelo de procesos geomórficos. Modificado de J. B. Dalrymple et. al. 1966*
Fuente: Ramírez (1989) y modificado por González (1997)

8.3.5 Drenaje (D) – Puntaje Máximo: 35

El parámetro drenaje se evalúa bajo dos elementos fundamentales: la densidad de drenaje y la pendiente promedio del cauce. El puntaje de estabilidad varía entre 35 puntos para un área con densidad alta y pendiente promedio del cauce baja y 6 puntos para las

condiciones opuestas (Tabla 8-25). El cálculo de la pendiente promedio del cauce se realiza tomando como unidad base la microcuenca.

Tabla 8-25 Valores de estabilidad para drenaje

Pendiente promedio de cauces	**Densidad de drenaje (m / Ha)**		
	Alta (> 80)	**Media (30 – 80)**	**baja (< 30)**
Baja (0-5°)	35	30	23
Media (5-15°)	25	19	13
Alta (>15°)	16	10	6

8.3.6 Uso del suelo y cobertura (U) – Puntaje Máximo: 25

La cobertura del suelo se constituye en un factor determinante en las condiciones de estabilidad de una ladera, particularmente en lo referente al control de la erosión e infiltración de aguas de escorrentía.
Por otro lado, y con el propósito de ampliar el espectro de posibilidades se consideró en general el uso o cobertura de cualquier tipo que se presente en el área de evaluación; de esta manera es posible considerar otros posibles usos como áreas libres, zonas comunales, vías, viviendas, etc. En tal virtud, se aplicó los criterios y puntajes de estabilidad propuestos en la Tabla 8-26.

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

Tabla 8-26 Puntajes de Estabilidad parámetro Uso del Suelo y Cobertura (U)

COBERTURA	**PUNTAJE**
<u>Cubierta Vegetal</u>	
Bosque nativo, secundario, rastrojo alto	25
Rastrojo bajo, cultivos permanentes o semipermanentes	17
Pastos o vegetación herbácea	14
Cultivos limpios o desmonte (canteras)	8
<u>Suelo cubierto por otros usos</u>	
Cobertura impermeable (pavimento)	20
Cobertura permeable (afirmado)	12
Vivienda con cubrimiento > 50%	20
Vivienda con cubrimiento < 50%	12

Fuente: Ramírez (1989) y modificado por González (1997)

La inclusión de la cobertura urbana (tierras edificadas) se realizó tomando en cuenta la similitud en el efecto de intercepción, retardo e impermeabilización que producen las áreas de consolidación urbana con respecto a la cobertura de vegetación. Así, la parte

urbana se clasificó en áreas con y sin pavimento, las áreas con pavimento se asimilaron a las zonas con cobertura de rastrojo bajo y las áreas sin pavimentar a zonas con pastos. Adicionalmente las áreas de canteras, se asimilan a áreas con cultivos limpios o de desmonte.

8.3.7 Clima (C) – Puntaje Máximo: 40

La valoración del parámetro clima se realizó en función de la precipitación, por considerar que las lluvias en la mayoría de los casos actúan como factor detonante de los eventos de inestabilidad.
La zonificación del parámetro lluvia se realiza con base en el análisis de la relación lluvia - deslizamiento. Se determina la lluvia crítica representativa y su período de retorno correspondiente a las estaciones pluviométricas de influencia en el área de evaluación. Así, los sectores más críticos se definen donde los períodos de retorno son menores, es decir la posibilidad que se presente la lluvia precedente es mayor, y viceversa.
Entonces, la cuantificación del parámetro clima se definió como se muestra en la Tabla 8-27

Tabla 8-27 Valoración parámetro clima

PERÍODO DE RETORNO (AÑOS)	CLASIFICACIÓN	PUNTAJE
< 10	Muy Alta	3
10 – 15	Alta	9
15 – 20	Media Alta	19
20 – 25	Media	26
25 – 30	Baja	32
>30	Muy Baja	37

Fuente: Ramírez (1989) y modificado por González (1997)

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. Movilidad Instituto de Desarrollo Urbano

8.3.8 Erosión (E) – Puntaje Máximo: 12

La evaluación de la erosión, como detonante en la generación de movimientos en masa, dentro del SES es un parámetro que requiere ser ajustado según las características del área de estudio.
Para su valoración es necesario tener en cuenta tanto la naturaleza del tipo de erosión (surcos, cárcavas, tierras malas y socavación), como su proximidad a cauces e influencia como posible desencadenante de movimientos en masa; así, se les asigna el mayor peso a los procesos de socavación de cauces, tal como se indica en la Tabla 8-28.

Tabla 8-28. Asignación puntaje de estabilidad al mapa erial

Tipo de erosión	E
Sin erosión	12
Laminar	10
Diferencial (surcos)	8
Tubificación	5
Concentrada (cárcavas)	4
Socavación	3

Fuente: Ramírez (1989) y modificado por González (1997)

8.3.9 Sismicidad (S) – Puntaje Máximo: 24

La evaluación del parámetro de sismo, como factor contribuyente o detonante de movimientos en masa se realiza tomando como insumo la Microzonificación Sísmica de Santafé de Bogotá (INGEOMINAS - UniAndes).

Para mejorar esta condición, se discriminó el área en función de los materiales involucrados, así: para los materiales rocosos, asumidos dentro del modelo SES como tipo (S1), se les asignó un puntaje de estabilidad de 8 puntos; para los materiales intermedios (S2) un puntaje de 4 y para los suelos residuales y transportados (S3) un puntaje de 1. Estos puntajes son coherentes con la asignación de puntajes del SES para sismo, véase Tabla 8-29

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

Tabla 8-29 Calificación de parámetro sísmico

Riesgo sísmico / Tipo de material**	Valores de Aa*						
	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
S1	24	21	17	13	8	5	2
S2	12	10	8	7	4	3	1
S3	4	3	3	2	1	1	0

Fuente: Ramírez (1989) y modificado por González (1997)

*Aa: aceleración pico efectiva
**Tipos de materiales según el código colombiano de construcciones sismo – resistentes (NSR 98)
Fuente: Ramírez (1989) y modificado por González (1997)

S1: a) Roca de cualquier característica, ya sea cristalina o lutítica que tiene una velocidad de la onda de cortante > 750 m/s
b) Perfiles conformados por suelos duros con un espesor menor de 60 m, compuestos por depósitos estables de arenas, gravas o arcillas duras

S2: Perfil en donde entre la roca y la superficie hay más de 60 m de depósitos de arcillas duras o suelos no cohesivos

S3: Perfil en donde entre la roca y la superficie hay más de 10 m de depósitos de arcillas cuya dureza varía entre mediana a blanda, con o sin intercalación de arenas u otros suelos no cohesivos

8.3.10 Procesos morfodinámicos (P)

Se empleó como parámetro de calibración; en consecuencia, se cartografiaron –estrictamente en campo - procesos activos o potenciales en la que se consideró la tendencia a la propagación y grado de actividad. Para efecto de la zonificación, se asume que este parámetro castiga a cualquier otra estimación.

8.3.11 Calificación de amenaza

Entendiendo que de las variables definidas hay cinco (5) que pueden ser zonificadas: Material, Factor Antrópico, Relieve, Uso del Suelo y Erosión; en tanto que Drenaje, Clima y Sismicidad se aplican de manera general para el área en evaluación.
Las variables M, R, U y D definen las zonas homogéneas, en tanto que las variables A, C, S y E se considera que actúan como detonantes; la superposición sistemática de unos y otros permite establecer una zonificación en términos de calificación de estabilidad (CES) y categorías de estabilidad.
Los intervalos de la calificación de estabilidad (CES) de cada parámetro o mapa temático, se establece como se precisa en la Tabla 8-30

Tabla 8-30 Calificación de estabilidad (CES)

PARÁMETRO	SÍMBOLO	PUNTAJE	
		MÁXIMO	MÍNIMO
MATERIAL	**M**	70	1
FACTOR ANTRÓPICO	**A**	50	2
RELIEVE	**R**	36	7
DRENAJE	**D**	35	6
USO DEL SUELO	**U**	25	3
CLIMA	**C**	40	3
EROSIÓN	**E**	12	2
SISMO	**S**	22	0
CALIFICACIÓN DE ESTABILIDAD		290	23

Fuente: Ramírez (1989) y modificado por González (1997)

La categoría de estabilidad en términos de niveles de Amenaza y en función de la calificación de estabilidad, definida como la sumatoria ponderada de los valores de estabilidad asignados a cada parámetro, se estableció por Ingeocim Ltda. (1998) a partir del análisis de frecuencias de la calificación de estabilidad, asignada a cada polígono resultante del cruce de topología de los mapas temáticos. El resultado del análisis de frecuencias de la calificación de estabilidad (CES) arrojó una distribución de tipo normal.

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

Así, las categorías de Amenaza se establecen en los intervalos indicados en la Tabla 8-31.

Tabla 8-31 Rangos de categorización de amenaza

CATEGORÍA DE AMENAZA	CALIFICACIÓN DE ESTABILIDAD (CES)
Alta	< CAL ≤ 146
Media	146 < CAL ≤ 171
Baja	171 < CAL

Fuente: Ramírez (1989) y modificado por González (1997)

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

9 TRABAJOS EN CAMPO EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA FACTIBILIDAD

De acuerdo con la necesidad de completar la información geotécnica recopilada en fases anteriores, se realizó una campaña de exploración geotécnica que consistió en las siguientes actividades:

- Cinco (5) sondeos mecánicos de 15m de profundidad.
- Siete (7) líneas de refracción sísmica.
- Ensayos de laboratorio para clasificación, resistencia y deformabilidad.

La nomenclatura, coordenadas y profundidades de cada uno de los trabajos ejecutados se puede observar en las siguientes tablas:

Tabla 9-1. Coordenadas exploración directa

Perforación	Norte	Este	Tipo de Sondeo	Profundidad (m)
1	4°31'53.07"	74°5'21.27"	Mecánico	15.35
2	4°32'8.55"	74°5'25.13"	Mecánico	15.00
3	4º 33' 15.25"	74º 5' 39.28"	Mecánico	15.20
4	4°32'52.01"	74°5'17.42"	Mecánico	15.30
5	4° 32' 53.4"	74° 5' 25.8"	Mecánico	15.30

Fuente: Propia

Tabla 9-2. Coordenadas líneas de refracción sísmica

Línea	Inicio		Final	
	Norte	Este	Norte	Este
1	4º 31' 48.33"	74º 5' 19.5"	4º 31' 48.96"	74º 5' 21.61"
2	4º 32' 8.82"	74º 5' 24.25"	4º 32' 10.62"	74º 5' 27.53"
3	4º 32' 35.02"	74º 5' 29.84"	4º 32' 35.50"	74º 5' 31.80"
4	4º 32' 53.4"	74º 5' 16.6"	4º 32' 52.6"	74º 5' 19.09"
5	4º 32' 54"	74º 5' 25.3"	4º 32' 54.9"	74º 5' 22.7"
6	4º 33' 16.2"	74º 5' 40"	4º 33' 14.7"	74º 5' 39.2"
7	4º 33' 33.6"	74º 5' 39.7"	4º 33' 36.6"	74º 5' 40.6"

Fuente: Propia

ALCALDIA MAYOR MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano



Figura 9-1 *Ubicación líneas sísmicas y perforaciones entre P. 20 de Julio y La Victoria*

Fuente: Google Earth

DE BOGOTA D.C
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

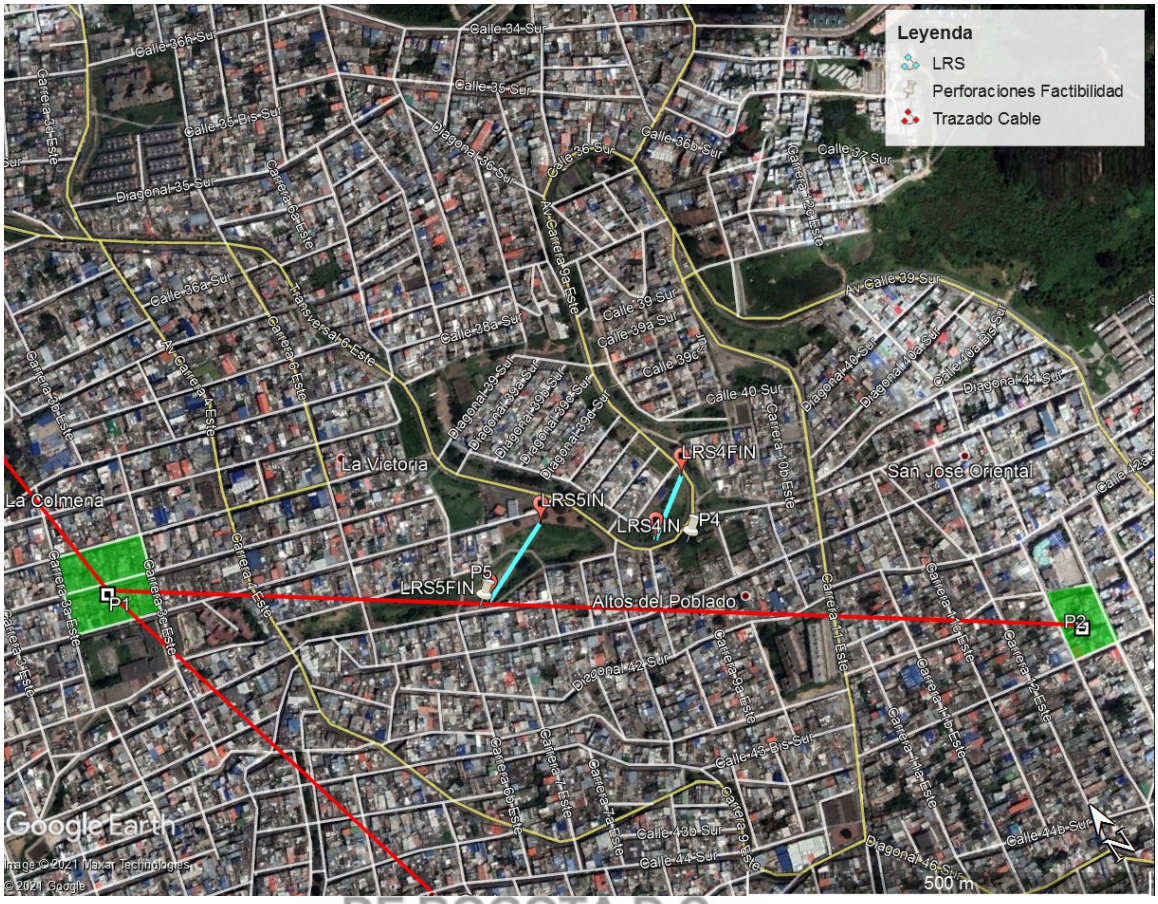


Figura 9-2 *Ubicación líneas sísmicas y perforaciones entre La Victoria y Altamira.*

Fuente: Google Earth

DE BOGOTA D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

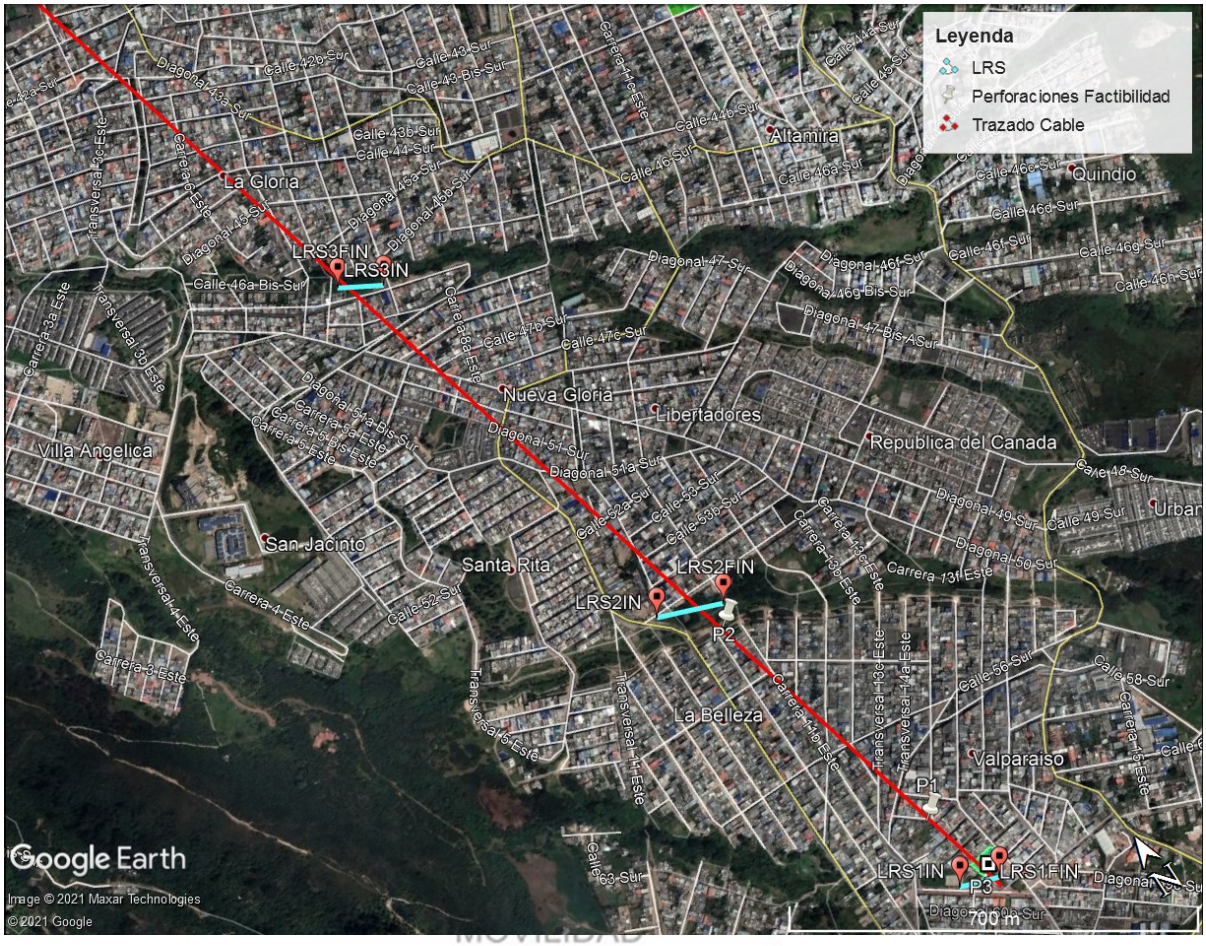


Figura 9-3 *Ubicación líneas sísmicas y perforaciones entre La Victoria y Juan Rey*

Fuente: Google Earth

Las perforaciones al igual que las líneas sísmicas permiten determinar que en los primeros metros se presenta un material de relleno el cual contiene material orgánico además de una cantidad considerable de desechos de construcción, bajo este subyace un material de tipo fluvioglaciar de aproximadamente 2m de espesor, bajo este material se puede encontrar un material residual de tipo arcilloso, posiblemente residuales de arcillolita.

9.1 EQUIPOS DE TRABAJO EMPLEADOS

- Equipo de geofísica marca PASI con instrumentación de medición de 24 canales, cable sísmico, geófonos verticales de 4.5 y 40 Hz.



Figura 9-4 Equipo para Líneas de Refracción Sísmica Marca PASI.

Fuente: IGR.

- Máquina de perforación Acker con motor diesel 28 Hp para Rotación, muestreo continuo o percusión y lavado., con martillo de seguridad con 60% de eficiencia de energía.



Figura 9-5 Máquina de Perforación Acker.

Fuente: IGR

9.2 PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

Durante la ejecución de las perforaciones, se extrajeron muestras alteradas e inalteradas para ser llevadas al laboratorio y realizar los respectivos ensayos. Dependiendo del tipo de material y su rigidez se recuperó muestra mediante las siguientes metodologías:

- Muestras alteradas con cuchara partida (Split spoon): Para materiales granulares o cohesivos de consistencia firme a dura. Se hinca mediante golpeo la tubería y se registra el número de golpes necesario para penetrar 45 cm en avances de 15 cm.



Figura 9-6 *Extracción Muestras Alteradas con Tubo de Cuchara Partida.*

Fuente: B., Das, 2012.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

- Muestras inalteradas: Para materiales cohesivos de consistencia blanda en donde el N de campo arroje un valor de no más de 10 golpes/pie. Se hinca el tubo de muestreo de pared delgada (Shelby) mediante presión y se extrae la muestra respectiva.



Figura 9-7 *Tubería Shelby para Extracción de Muestras Inalteradas.*

Fuente: B., Das, 2012.

9.3 EXPLORACION DEL SUBSUELO Y RESULTADOS DE LABORATORIO

Para la exploración del suelo fue necesario realizar 5 sondeos mecánicos de alrededor de 15.0 m. Dichos sondeos fueron realizados todos bajo los parámetros de las normas técnicas. Los registros de perforación se encuentran en el Anexo B de este informe.

De acuerdo con los registros de perforación de cada sondeo, se definieron las cantidades y tipos de ensayos. Las cantidades de los ensayos ejecutados se presentan a continuación y sus resultados se pueden consultar en detalle en el Anexo N de este informe.

Tabla 9-3 Cantidad Ensayos de Laboratorio

Ensayo de laboratorio programado	Cantidades ejecutadas
Humedad Natural	42
Límites de Atterberg	22
Lavado tamiz pasa 200	17
Peso Unitario	11
Peso Específico Gs	9
Corte directo (CU)	1
Corte directo (CD)	2
Compresión inconfinada	14

Ensayo de laboratorio programado	Cantidades ejecutadas
Consolidación	2

Fuente: Propia

9.4 EXPLORACIÓN INDIRECTA

9.4.1 LÍNEAS DE REFRACCIÓN SÍSMICA

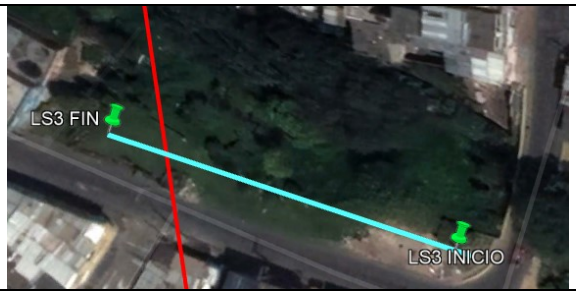
Para el sitio de estudio, se ejecutaron 7 líneas sísmicas, cuya ubicación se esquematiza en las siguientes figuras:



Línea Sísmica LRS1



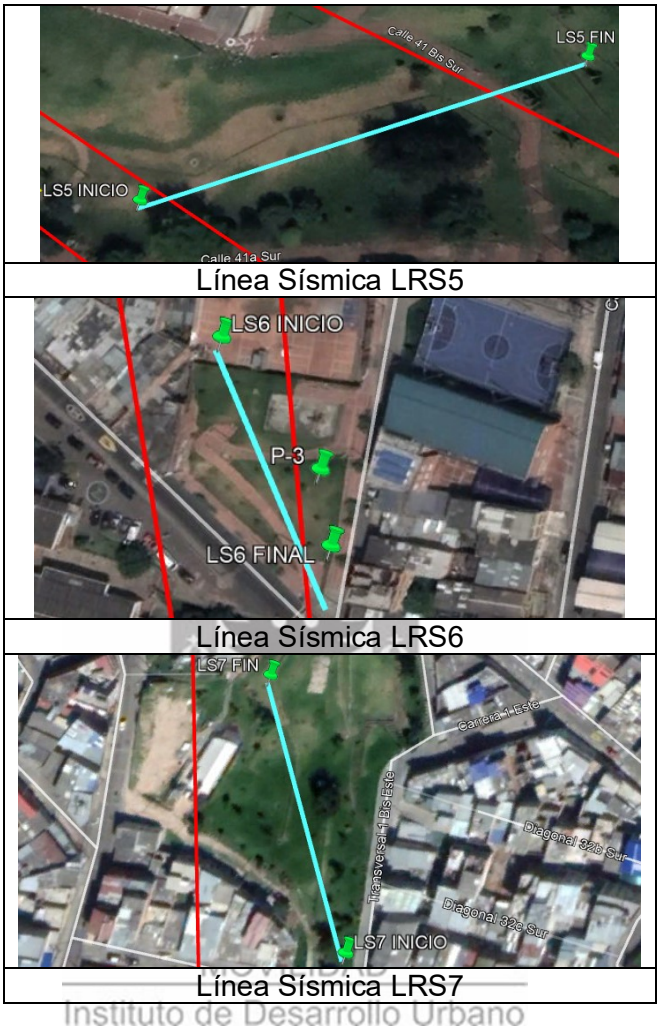
Línea Sísmica LRS2



Línea Sísmica LRS3



Línea Sísmica LRS4



Instituto de Desarrollo Urbano

Figura 9-8 *Ubicación líneas de refracción sísmica*

Fuente: Google Earth

9.4.2 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES

La adquisición de información consistió en la distribución de geófonos de 4.5 Hz, distanciados entre sí 5m dependiendo del arreglo, la longitud de las líneas sísmicas es de aproximadamente 115m y un total de 24 receptores. Con el arreglo definido, se inicia el proceso de generación de ondas, usando como fuente de energía activa, el impacto de un martillo, generando la propagación de ondas a través de las diferentes capas del subsuelo, las cuales son registradas por los geófonos que emiten la señal al sismógrafo multicanal, en un tiempo no mayor a 1s. Se produjeron 5 impactos para cada línea, en las abscisas -5m, L/4, L/2m, 3L/4m y L+5 m, dada la topografía y espacio disponible, para todas las líneas sísmicas se realizaron con longitudes diferentes debido a los espacios disponibles.

La información se analizó con los métodos de refracción sísmica para Vp y análisis multiespectral de ondas superficiales MASW para Vs, de forma tal, que se obtuviera la mejor interpretación del perfil geotécnico presente en la zona de estudio, cuyos resultados representen más adecuadamente las condiciones existentes. En el Anexo N se presenta el registro fotográfico tomado en campo para cada una de las líneas sísmicas ejecutadas.

9.4.3 ANÁLISIS DE VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE

Para determinar las propiedades dinámicas de cada una de las capas o estratos representativos del sitio de interés, se realizaron 7 líneas sísmicas MASW que alcanzaron una profundidad de exploración superior a 30m. A continuación, se presenta la descripción del ensayo.

- MASW

El procedimiento a utilizar es el descrito por el método de análisis multiespectral de ondas superficiales (MASW). Este procedimiento (Ver Figura 9-9) consiste en registrar las ondas superficiales generadas por el golpeo en el terreno, con un martillo, por ejemplo, para luego extraerse la curva de dispersión del modo fundamental y los modos superiores en caso de presentarse, finalmente se invierte esta curva en una sección vertical de velocidad de onda de corte. Todo esto es posible debido a que por lo general las ondas superficiales, producidas en este caso por un martillo, toman alrededor del 70% de la energía sísmica total. Estas ondas se atenúan con la profundidad y se propagan dispersivamente cuando hay variación de la velocidad en los medios de propagación, es por esto que las grandes longitudes de ondas penetran grandes profundidades y las pequeñas longitudes de onda muestran profundidades superficiales.

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

En la aplicación de este método es conveniente la ayuda del sistema de adquisición del tipo Land Streamer, el cual consisten en un arreglo de geófonos, dispuesto de forma tal que se acoplan al suelo o pavimento para detectar las ondas superficiales, estas ondas describen la variación de la velocidad de corte con respecto a la profundidad, obteniendo el perfil de velocidad de onda de cortante (Vs). El sistema Land Streamer permite obtener un alto rendimiento, esto es debido a que los estudios sísmicos consumen tiempo en el desplazamiento de equipos y protección de cables, además de plantar los geófonos cada vez que se proceda a realizar un perfil.

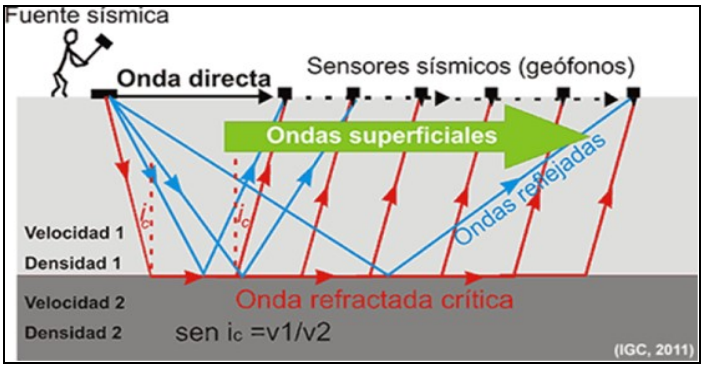


Figura 9-9 *Esquema general del proceso de ejecución de líneas sísmicas para análisis MASW con los diferentes componentes de un registro típico*

Para el proceso de adquisición se realizó un arreglo en el que se utilizaron 24 geófonos de baja frecuencia de 4.5 Hz, estos permitieron alcanzar la profundidad superior a los 30 m, que permite establecer adecuadamente el valor de Vs_{30} para definir el tipo de suelo. Para la adquisición de las ondas superficiales se utilizó un sismógrafo marca P.A.S.I modelo 16S24-P. El programa utilizado para el procesado es ZondST2D versión V4.0. Este programa permite representar perfiles de Vs en 1-D y por interpolación perfiles en 2-D.

La velocidad de onda de corte Vs, es un parámetro fundamental que permite categorizar los suelos según el Reglamento Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes NSR-10, los valores de referencia sobre velocidades de Onda Compresional P y Onda de Corte S, son mostradas en la Tabla 9-4 y Tabla 9-5.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

Tabla 9-4 Clasificación de los perfiles de suelo basados en el parámetro de velocidad media de la onda de cortante VS. (Extracto de la Tabla A.2.4-1 de la NSR-10).

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente.	$\overline{Vs} \geq 1500\ ^{m}/_{s}$
B	Perfil de roca de rigidez media.	$1500\ m/s > \overline{Vs} \geq 760\ ^{m}/_{s}$
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante.	$760\ m/s > \overline{Vs} \geq 360\ ^{m}/_{s}$

Tipo de perfil	Descripción	Definición
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de onda de cortante.	$360\ m/s > \overline{Vs} \geq 180\ {}^{m}/_{s}$
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante.	$180\ m/s > \overline{Vs}$

Tabla 9-5 Velocidades de onda aproximadas de suelo y roca (Adaptada de Briaud, 2013)

Material	Velocidad de onda P (m/s)	Velocidad de onda S (m/s)
Suelo orgánico	300-700	100-300
Arena/grava seca	400-1500	100-600
Arena saturada	1000-2000	350-600
Arcilla saturada	1000-2000	200-600
Esquisto	2000-3500	700-1500
Arenisca	2000-3500	800-1800
Caliza	3500-6000	2000-3300
Granito	4500-6000	2500-3500
Agua	1450-1500	-

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

A partir de los resultados de los ensayos de refracción sísmica es posible obtener parámetros de rigidez del suelo a bajas deformaciones. A continuación, se presentan las expresiones utilizadas para calcular dichos parámetros.

Tabla 9-6 Expresiones utilizadas para el cálculo de parámetros a partir de Vs y Vp

Parámetro	Ecuación
Densidad ρ (kg/m^3)	$(8.32 * \log_{10} Vs - 1.61 * \log_{10} z) * 100$
Módulo de corte G_0 (MPa)	$Vs^2 * \rho/1000000$
Módulo confinado M (MPa)	$Vp^2 * \rho/1000000$
Módulo elástico E_0 (MPa)	$2G * (1 + v)$
Relación de Poisson v	$\left[\left(\frac{Vp}{Vs}\right)^2 - 2\right] / \left\{2 * \left[\left(\frac{Vp}{Vs}\right)^2 - 1\right]\right\}$

En donde

$Vp = Velocidad\ de\ onda\ compresional\ (m/s)$

$Vs = Velocidad\ de\ onda\ de\ corte\ (m/s)$

$z = Profundidad\ del\ estrato\ (m)$

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

9.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados de las líneas sísmicas realizadas para cada uno de los sitios, incluyendo la interpretación de los perfiles de Refracción Sísmica y de MASW, se destaca que, por las consideraciones teóricas de los métodos, en la refracción sísmica se consideran condiciones de velocidad creciente con la profundidad y para el caso de MASW, es posible tener niveles con velocidades que pueden aumentar o reducir con la profundidad.

En el Anexo N se presentan los archivos crudos registrados en campo y en seguida se incluye los análisis de los resultados de acuerdo con las imágenes reportadas por el software de análisis, cuyos archivos del software se adicionan en el mismo Anexo N.

- LÍNEA SÍSMICA LRS1

En la siguiente figura se presentan los perfiles de la tomografía sísmica y la estratigrafía de Velocidades de Onda Compresional (Vp), para la tomografía se puede ver una capa de 0 a 3m aproximadamente con Vp entre 200 y 800 m/s, de los 3 a los 8 m aproximadamente, la velocidad incrementa al rango entre 1000 y 1200 m/s, de 8 a 15 m aproximadamente la velocidad está en el rango de 1200 a 1600 m/s y a mayor profundidad se tienen valores mayores a 1800 m/s. El modelo simplificado de refracción se compone por 4 capas: la primera de alrededor de 3 m con Vp de 310 m/s, la segunda de 3.2 m de espesor con velocidad de 890 m/s, la tercera capa de espesor de 6 m Vp de 1400 m/s y finalmente la cuarta capa presenta una velocidad de 2000 m/s.

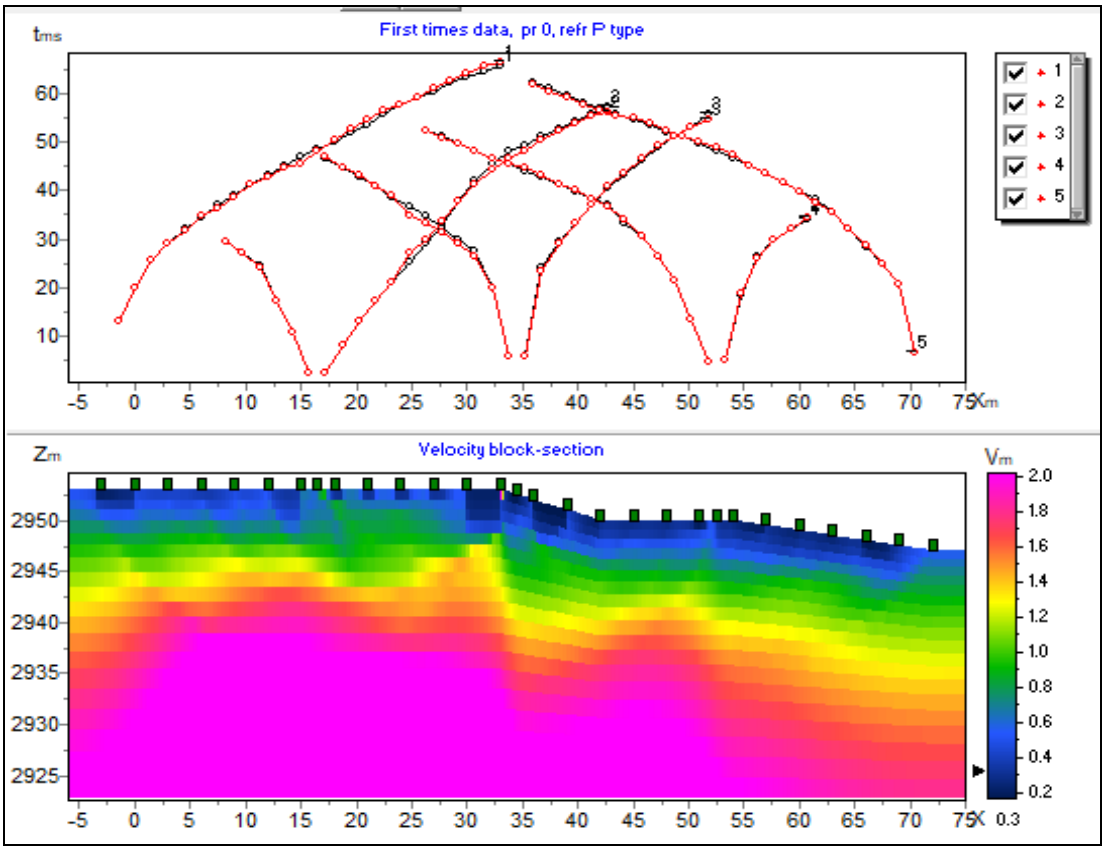


Figura 9-10 *Tomografía LRS1*

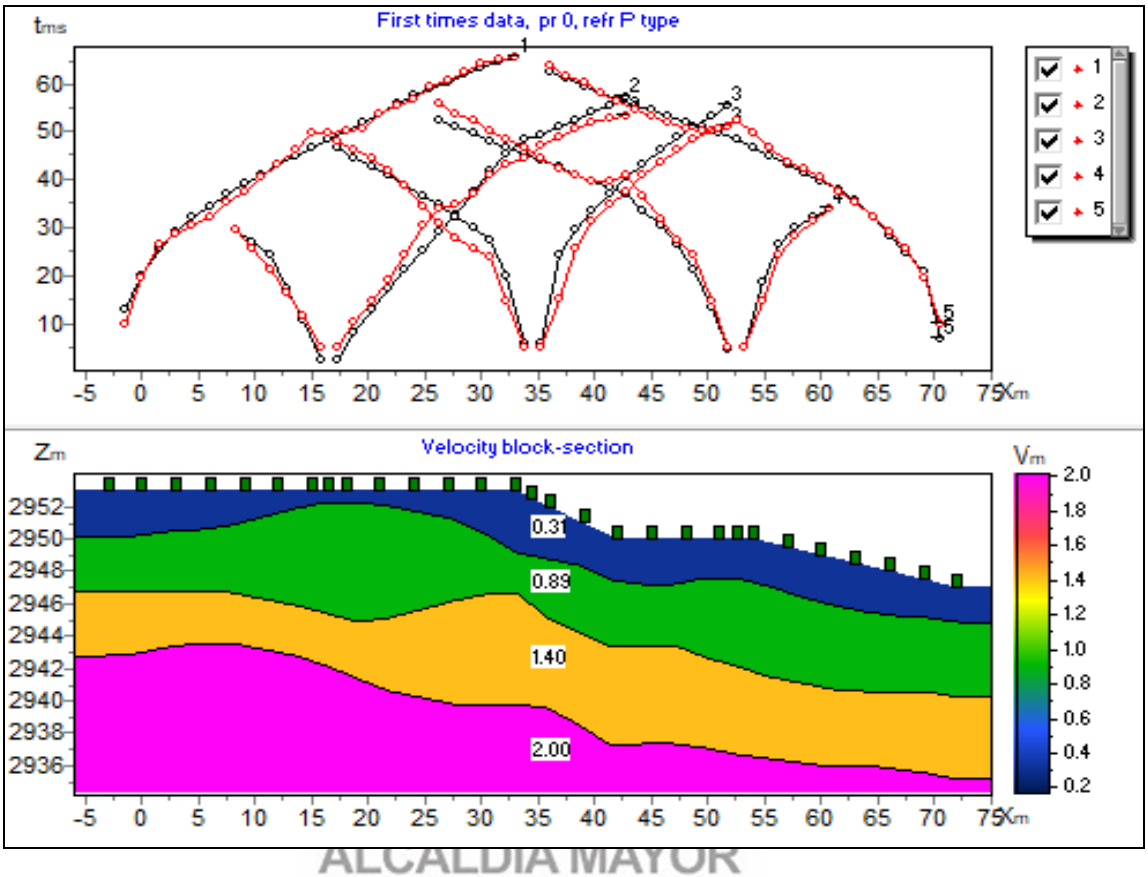


Figura 9-11 *Perfil bidimensional de onda compresional LRS1 (km/s)*

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

La siguiente figura muestra la sección bidimensional de velocidad de onda de corte (Vs), en este caso se puede ver que se presentan capas de velocidades variables; entre la superficie y los 10m de profundidad media los valores de Vs varían entre 170 y 600 m/s, de 10m a 17m se presenta un incremento de Vs a valores que están entre 480 y 870 m/s indicando un nivel más denso y finalmente, de 17m hacia abajo se incrementa la velocidad de onda a valores alrededor de 1000 m/s.

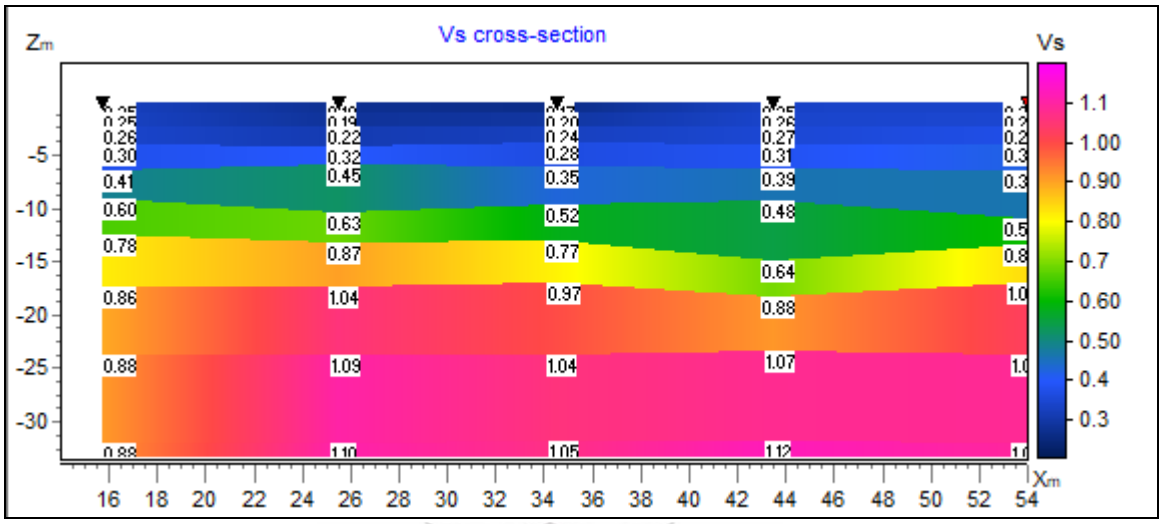
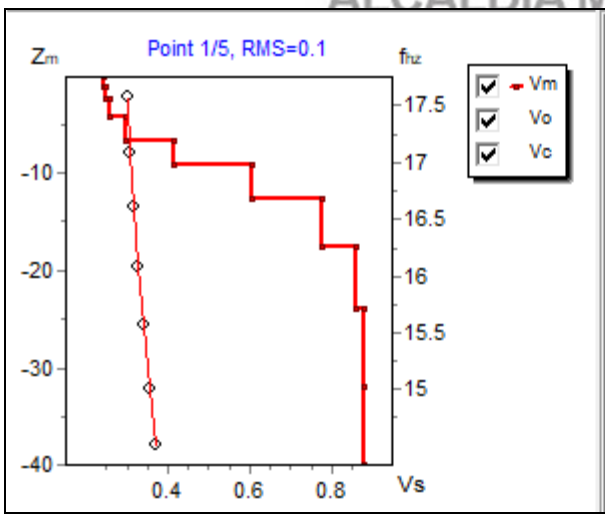


Figura 9-12 *Perfil bidimensional de onda de corte LRS1 (km/s)*

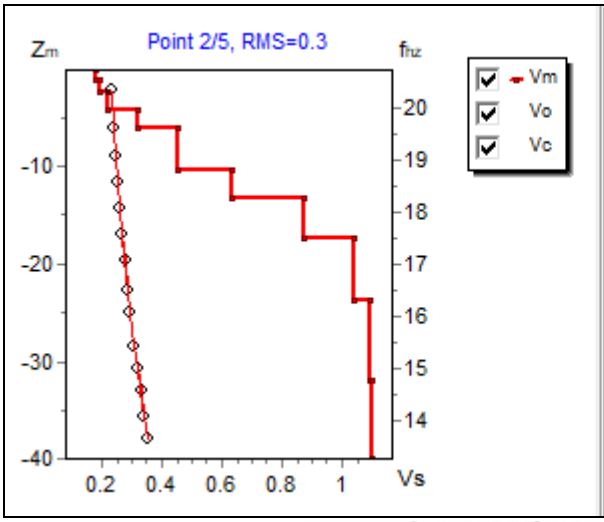
En las siguientes figuras se presentan los perfiles de velocidad de onda de corte en las abscisas señaladas (16 m, 26 m, 34 m, 44 m y 54m). En la Tabla 9-7 se presenta el perfil de suelo promedio con 520 m/s, que de acuerdo con la NSR-10 corresponde al perfil de suelo Tipo C. En las figuras se puede ver en general una buena correspondencia la variación del perfil de velocidad y sus magnitudes, por lo que se puede establecer una buena continuidad estratigráfica. En la misma tabla se presentan las propiedades de rigidez para pequeñas deformaciones.

ALCALDÍA MAYOR



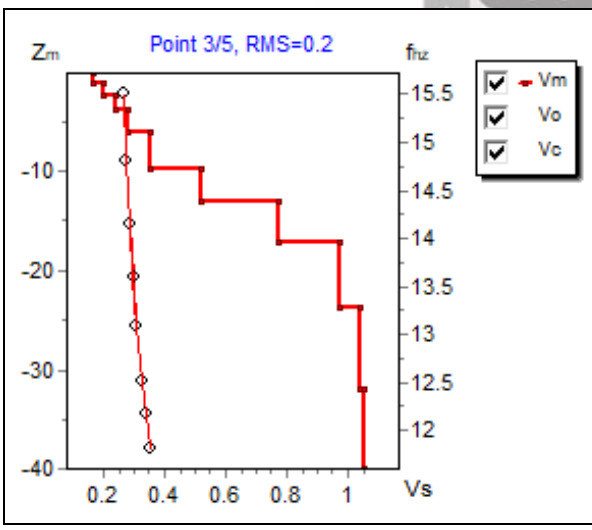
N	Vs	PR	ρ	Z	H
1	0.25	0.22	2	0	1.0
2	0.25	0.22	2	1.0	1.3
3	0.26	0.22	2	2.3	1.7
4	0.30	0.22	2	4.0	2.5
5	0.41	0.22	2	6.5	2.6
6	0.60	0.22	2	9.1	3.4
7	0.78	0.22	2	12.5	5.0
8	0.86	0.22	2	17.5	6.4
9	0.88	0.22	2	23.8	8.2
10	0.88	0.22	2	32.0	*

Figura 9-13 *Perfil 1/5 abscisa 16 m de Vs (km/s)*



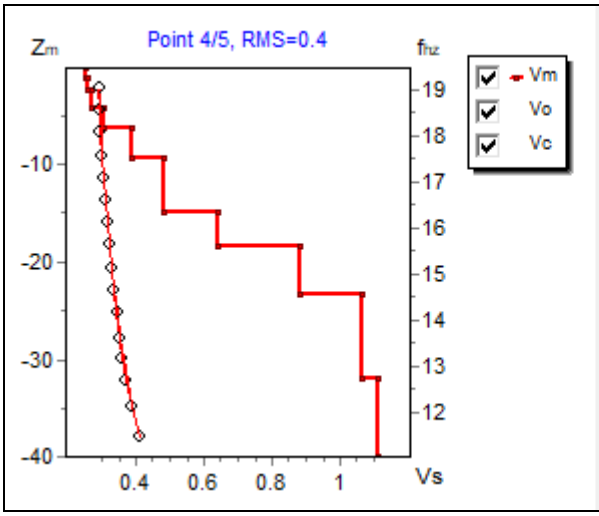
N	Vs	PR	ρ	Z	H
1	0.19	0.22	2	0	1.0
2	0.19	0.22	2	1.0	1.4
3	0.22	0.22	2	2.4	1.7
4	0.32	0.22	2	4.1	1.8
5	0.45	0.22	2	5.9	4.5
6	0.63	0.22	2	10.4	2.9
7	0.87	0.22	2	13.2	4.1
8	1.04	0.22	2	17.4	6.4
9	1.09	0.22	2	23.8	8.2
10	1.10	0.22	2	32.0	*

Figura 9-14 *Perfil 2/5 abscisa 26 m de Vs (km/s)*



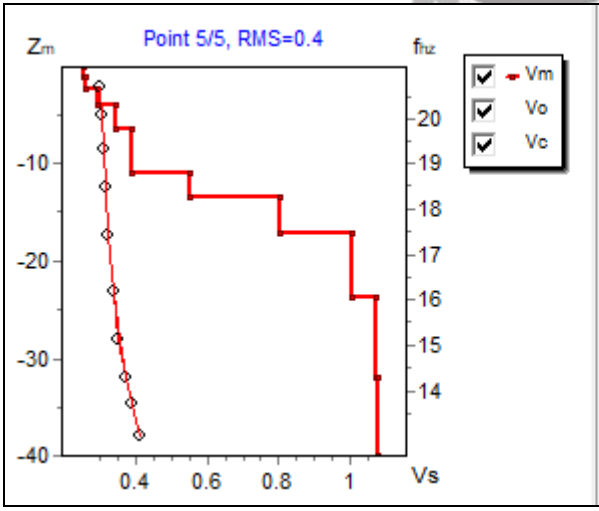
N	Vs	PR	ρ	Z	H
1	0.17	0.22	2	0	1.0
2	0.20	0.22	2	1.0	1.3
3	0.24	0.22	2	2.3	1.5
4	0.28	0.22	2	3.8	2.2
5	0.35	0.22	2	6.0	3.7
6	0.52	0.22	2	9.7	3.2
7	0.77	0.22	2	12.9	4.1
8	0.97	0.22	2	17.1	6.7
9	1.04	0.22	2	23.7	8.3
10	1.05	0.22	2	32.0	*

Figura 9-15 *Perfil 3/5 abscisa 34 m de Vs (km/s)*



N	Vs	PR	ρ	Z	H
1	0.25	0.22	2	0	1.0
2	0.26	0.22	2	1.0	1.3
3	0.27	0.22	2	2.3	1.7
4	0.31	0.22	2	4.0	2.2
5	0.39	0.22	2	6.2	3.1
6	0.48	0.22	2	9.3	5.5
7	0.64	0.22	2	14.8	3.4
8	0.88	0.22	2	18.3	5.1
9	1.07	0.22	2	23.4	8.5
10	1.12	0.22	2	31.9	*

Figura 9-16 *Perfil 4/5 abscisa 44 m de Vs (km/s)*



N	Vs	PR	ρ	Z	H
1	0.26	0.22	2	0	1.0
2	0.26	0.22	2	1.0	1.3
3	0.29	0.22	2	2.3	1.6
4	0.35	0.22	2	3.9	2.5
5	0.39	0.22	2	6.4	4.5
6	0.55	0.22	2	10.9	2.5
7	0.80	0.22	2	13.4	3.6
8	1.01	0.22	2	17.0	6.7
9	1.07	0.22	2	23.7	8.3
10	1.08	0.22	2	32.0	*

Figura 9-17 *Perfil 5/5 abscisa 54 m de Vs (km/s)*

El valor de Vp presentado en las tablas "Velocidad de onda de corte promedio y propiedades de rigidez" corresponde a la magnitud evaluada como función del Vs obtenido de manera experimental en el análisis de MASW y un valor de Poisson de 0.22 tomado por defecto en el software. Hay que tener en cuenta que en el ensayo de refracción sísmica los valores de Vp incrementan con la profundidad (no pueden identificar capas blandas), por ello se observan diferencias con los valores evaluados a partir del resultado Vs del ensayo MASW.

De acuerdo con los resultados de Vs se tiene que el tipo de suelo es C según la NSR-10.

Tabla 9-7. Velocidad de onda de corte promedio y propiedades rigidez LRS1

Abscisa	16								
Vs (m/s)	DH (m)	DH/Vs	Vs (30) m/s	Tipo de suelo NSR-10	Vp m/s	Densidad Kg/m3	Módulo de Corte Go (MPa)	Módulo confinado M (Mpa)	Módulo elástica Eo (MPa
245	1	0.004			409	1987.79	119.32	332.52	291.13
251	1.297	0.005			419	1938.38	122.12	340.30	297.97
259	1.747	0.007			433	1910.17	128.14	358.14	312.65
298	2.468	0.008			498	1927.54	171.17	478.04	417.66
414	2.634	0.006	526.45	C	691	2022.58	346.66	965.74	845.85
604	3.353	0.006			1008	2137.23	779.69	2171.56	1902.45
779	4.958	0.006			1300	2205.80	1338.57	3727.80	3266.11
860	6.389	0.007			1436	2219.74	1641.72	4577.31	4005.79
879	6.153	0.007			1467	2207.04	1705.25	4749.74	4160.80
suma	29.999	0.057							
Abscisa	26								
Vs (m/s)	DH (m)	DH/Vs	Vs (30) m/s	Tipo de suelo NSR-10	Vp m/s	Densidad Kg/m3	Módulo de Corte Go (MPa)	Módulo confinado M (Mpa)	Módulo elástica Eo (MPa
185	1.001	0.005			309	1886.22	64.56	180.10	157.52
194	1.351	0.007			324	1843.65	69.39	193.54	169.31
224	1.73	0.008			374	1857.06	93.18	259.76	227.36
322	1.803	0.006			538	1962.61	203.49	568.06	496.52
454	4.468	0.010	529.35	C	758	2047.25	421.97	1176.28	1029.61
633	2.871	0.005			1056	2150.23	861.57	2397.80	2102.24
873	4.148	0.005			1457	2247.31	1712.74	4770.70	4179.08
1041	6.423	0.006			1737	2288.90	2480.44	6906.01	6052.28
1093	6.205	0.006			1823	2285.77	2730.70	7596.38	6662.90
suma	30	0.057							
Abscisa	34								
Vs (m/s)	DH (m)	DH/Vs	Vs (30) m/s	Tipo de suelo NSR-10	Vp m/s	Densidad Kg/m3	Módulo de Corte Go (MPa)	Módulo confinado M (Mpa)	Módulo elástica Eo (MPa
172	1.006	0.006			287	1859.54	55.01	153.17	134.23
204	1.279	0.006			341	1863.83	77.57	216.73	189.26
242	1.501	0.006			403	1890.23	110.70	306.99	270.11
284	2.216	0.008			475	1915.84	154.52	432.26	377.04
353	3.723	0.011	491.36	C	589	1960.69	244.32	680.20	596.14
520	3.214	0.006			868	2080.69	562.62	1567.64	1372.79
772	4.123	0.005			1289	2204.14	1313.63	3662.22	3205.26
974	6.656	0.007			1626	2265.09	2148.84	5988.62	5243.16
1042	6.281	0.006			1739	2268.51	2463.07	6860.26	6009.90
suma	29.999	0.061							
Abscisa	44								
Vs (m/s)	DH (m)	DH/Vs	Vs (30) m/s	Tipo de suelo NSR-10	Vp m/s	Densidad Kg/m3	Módulo de Corte Go (MPa)	Módulo confinado M (Mpa)	Módulo elástica Eo (MPa
252	1	0.004			420	1997.97	126.88	352.44	309.58
258	1.3	0.005			430	1948.23	129.68	360.23	316.42
267	1.734	0.006			446	1921.33	136.97	382.18	334.21
305	2.158	0.007			509	1939.45	180.42	502.48	440.22
387	3.134	0.008	504.37	C	646	1996.85	299.07	833.32	729.72
481	5.515	0.011			802	2042.94	472.66	1314.03	1153.28
642	3.436	0.005			1072	2132.70	879.02	2450.87	2144.82
883	5.101	0.006			1475	2230.66	1739.22	4853.08	4243.70
1066	6.623	0.006			1779	2276.98	2587.46	7206.28	6313.40
suma	30.001	0.059							
Abscisa	54								
Vs (m/s)	DH (m)	DH/Vs	Vs (30) m/s	Tipo de suelo NSR-10	Vp m/s	Densidad Kg/m3	Módulo de Corte Go (MPa)	Módulo confinado M (Mpa)	Módulo elástica Eo (MPa
255	1	0.004			426	2002.24	130.20	363.36	317.68
263	1.293	0.005			439	1955.38	135.25	376.84	330.01
294	1.579	0.005			490	1958.99	169.33	470.35	413.16
346	2.512	0.007			578	1982.88	237.38	662.45	579.21
390	4.5	0.012	549.41	C	652	1988.84	302.50	845.46	738.10
552	2.516	0.005			921	2099.82	639.82	1781.16	1561.17
801	3.622	0.005			1337	2217.63	1422.83	3964.17	3471.71
1006	6.69	0.007			1678	2276.79	2304.19	6410.72	5622.23
1072	6.287	0.006			1789	2278.76	2618.72	7293.23	6389.67
suma	29.999	**0.055**	**520.19**	**C**					

- LÍNEA SÍSMICA LRS2

En las siguientes figuras se presentan los perfiles de la tomografía sísmica y la estratigrafía de Velocidades de Onda Compresional (Vp), para la tomografía se puede ver una capa de 0 a 5m aproximadamente con Vp entre 200 y 600 m/s, de los 5 a los 11 m aproximadamente, la velocidad incrementa al rango entre 800 y 1100 m/s, de 11 a 15 m aproximadamente la velocidad está en el rango de 1000 a 1200 m/s y a mayor profundidad se tienen valores mayores a 1600 m/s. El modelo simplificado de refracción se compone por 4 capas: la primera de alrededor de 3.5 m con Vp de 360 m/s, la segunda de 7.5 m de espesor con velocidad de 490 m/s, la tercera capa de espesor de 3 m Vp de 950 m/s y finalmente la cuarta capa presenta una velocidad de 1150 m/s.

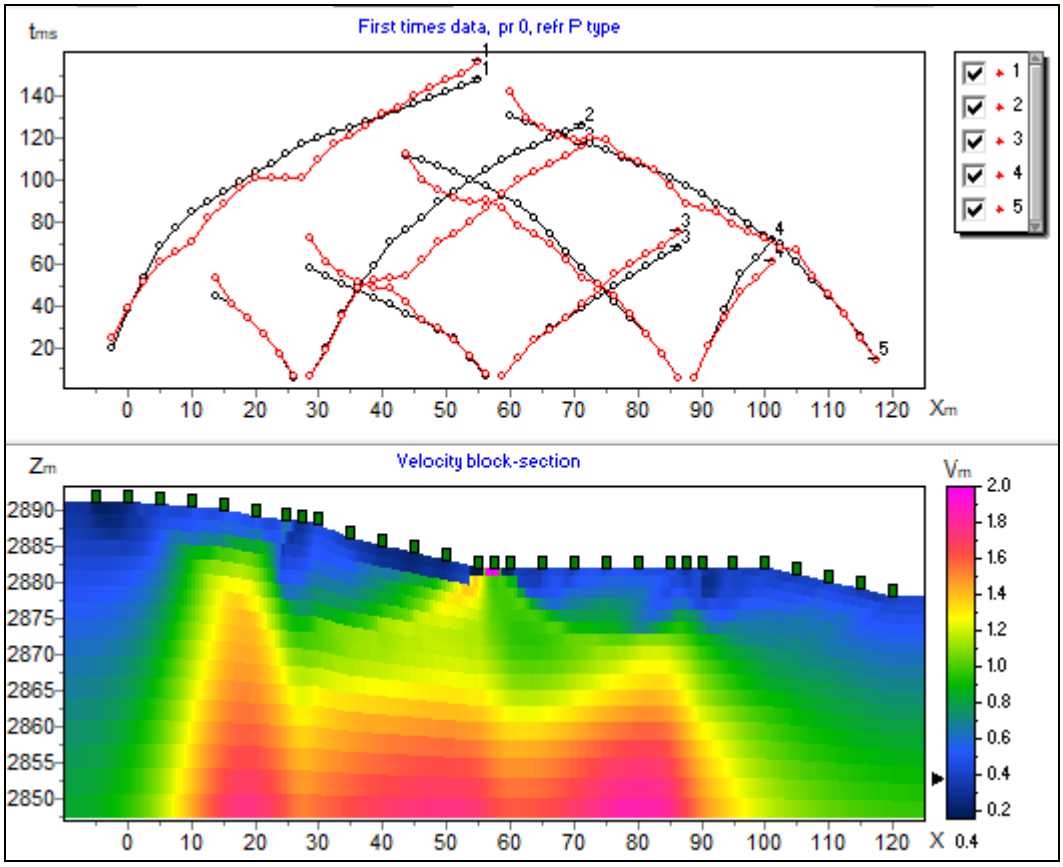


Figura 9-18 *Tomografía LRS2*

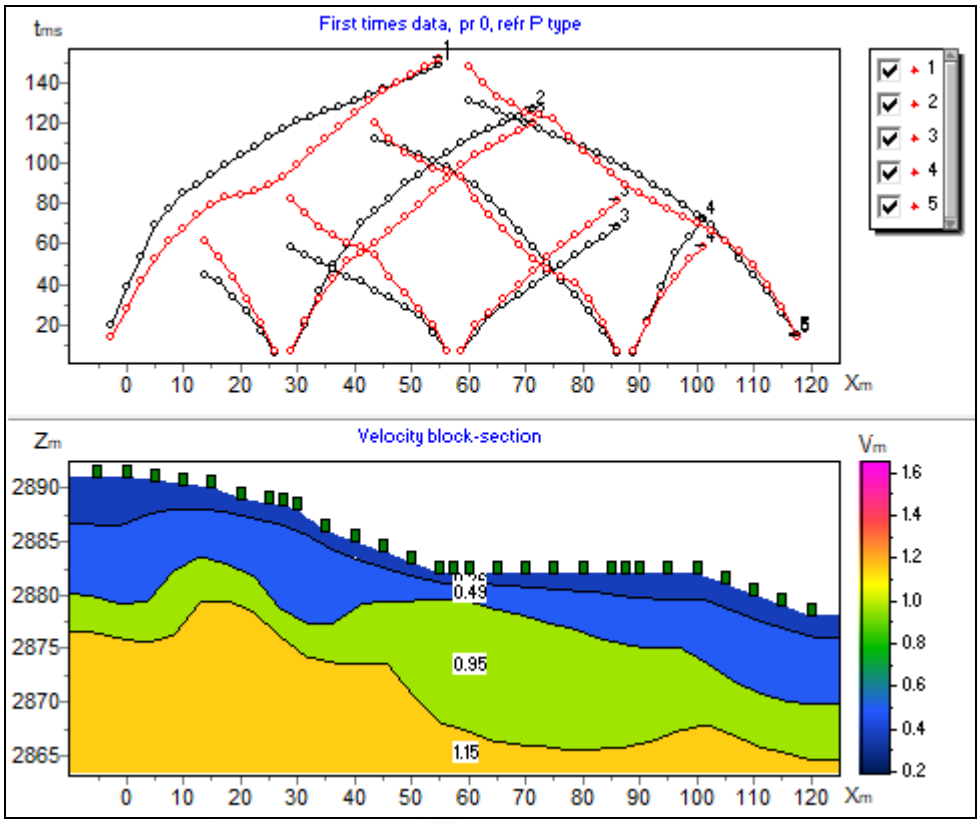


Figura 9-19 *Perfil bidimensional de onda compresional LRS2 (km/s)*

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. IDU Instituto de Desarrollo Urbano

La siguiente figura muestra la sección bidimensional de velocidad de onda de corte (Vs), en este caso se puede ver que se presentan capas de velocidades variables; entre la superficie y los 10m de profundidad media los valores de Vs varían entre 190 y 400 m/s, de 10m a 18 m se presenta un incremento de Vs a valores que están entre 360 y 620 m/s indicando un nivel más denso y finalmente, de 18m hacia abajo se incrementa la velocidad de onda a valores alrededor de 800 m/s.

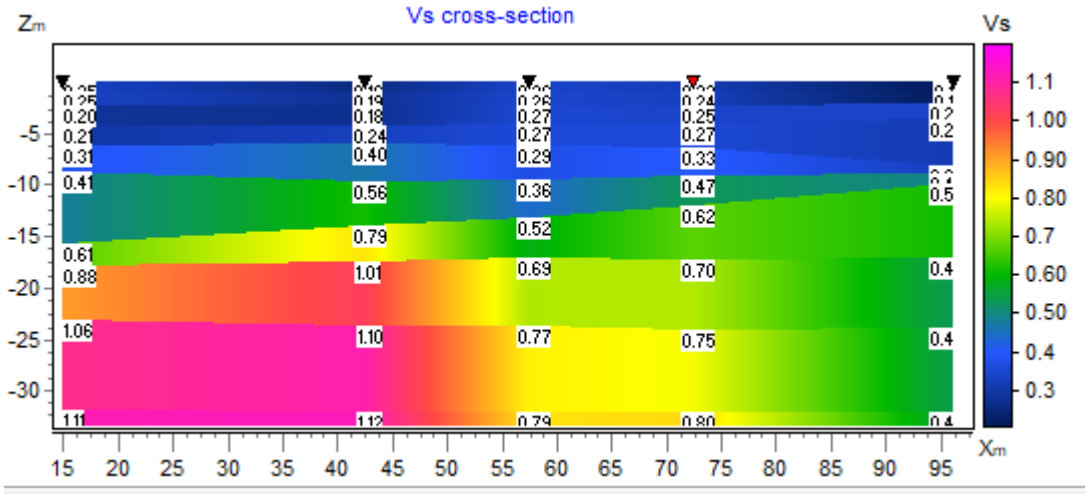
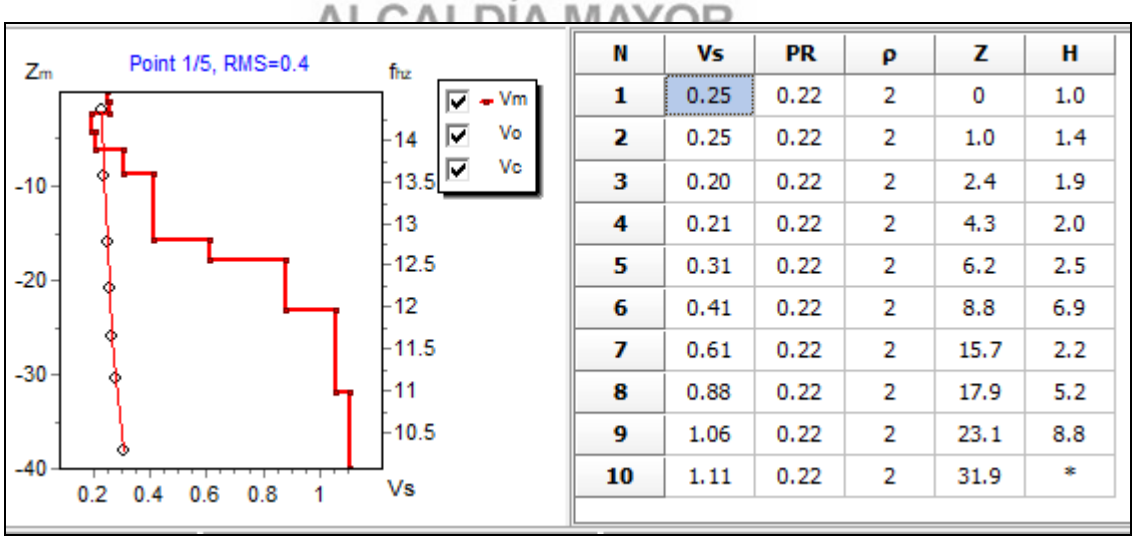


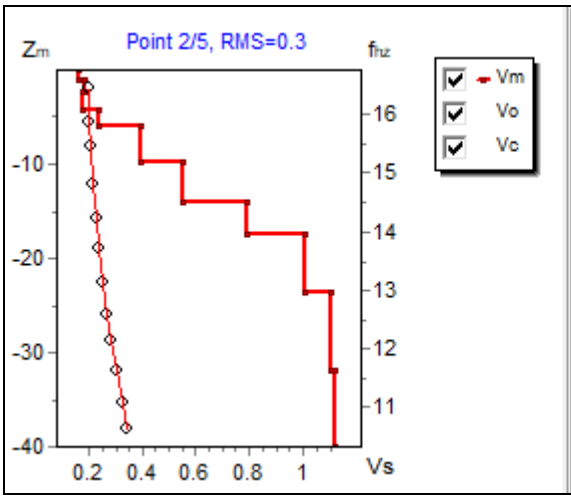
Figura 9-20 *Perfil bidimensional de onda de corte LRS2 (km/s)*

En las siguientes figuras se presentan los perfiles de velocidad de onda de corte en las abscisas señaladas (15 m, 43 m, 57 m, 74 m y 95m). En la Tabla 9-8 se presenta el perfil de suelo promedio con 421.21 m/s, que de acuerdo con la NSR-10 corresponde al perfil de suelo Tipo C. En las figuras se puede ver en general una buena correspondencia la variación del perfil de velocidad y sus magnitudes, por lo que se puede establecer una buena continuidad estratigráfica. En la misma tabla se presentan las propiedades de rigidez para pequeñas deformaciones.



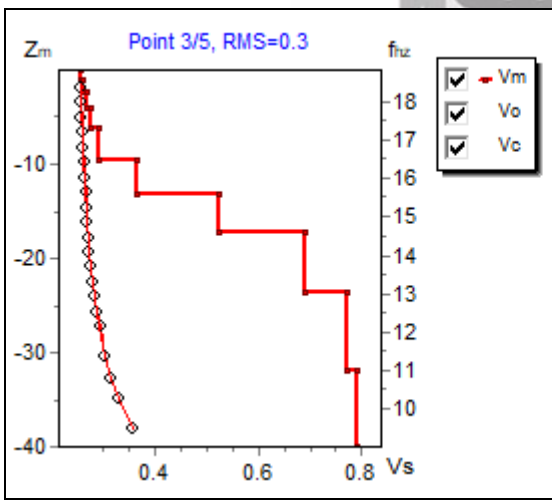
N	Vs	PR	ρ	Z	H
1	0.25	0.22	2	0	1.0
2	0.25	0.22	2	1.0	1.4
3	0.20	0.22	2	2.4	1.9
4	0.21	0.22	2	4.3	2.0
5	0.31	0.22	2	6.2	2.5
6	0.41	0.22	2	8.8	6.9
7	0.61	0.22	2	15.7	2.2
8	0.88	0.22	2	17.9	5.2
9	1.06	0.22	2	23.1	8.8
10	1.11	0.22	2	31.9	*

Figura 9-21 *Perfil 1/5 abscisa 15 m de Vs (km/s)*



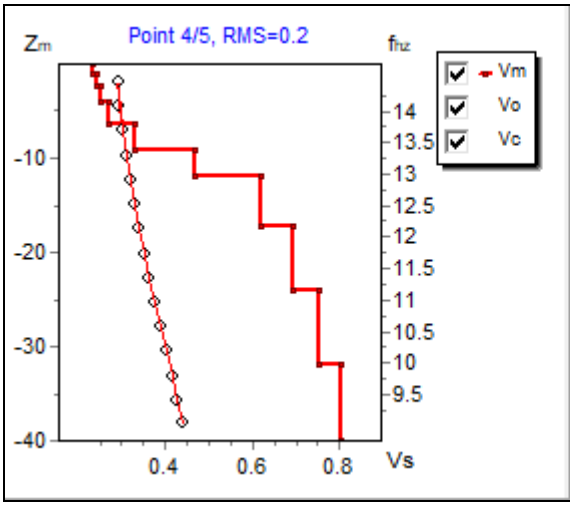
N	Vs	PR	ρ	Z	H
1	0.16	0.22	2	0	1.0
2	0.19	0.22	2	1.0	1.3
3	0.18	0.22	2	2.3	2.0
4	0.24	0.22	2	4.3	1.7
5	0.40	0.22	2	6.0	3.8
6	0.56	0.22	2	9.7	4.3
7	0.79	0.22	2	14.1	3.4
8	1.01	0.22	2	17.5	6.2
9	1.10	0.22	2	23.6	8.4
10	1.12	0.22	2	32.0	*

Figura 9-22 *Perfil 2/5 abscisa 43 m de Vs (km/s)*



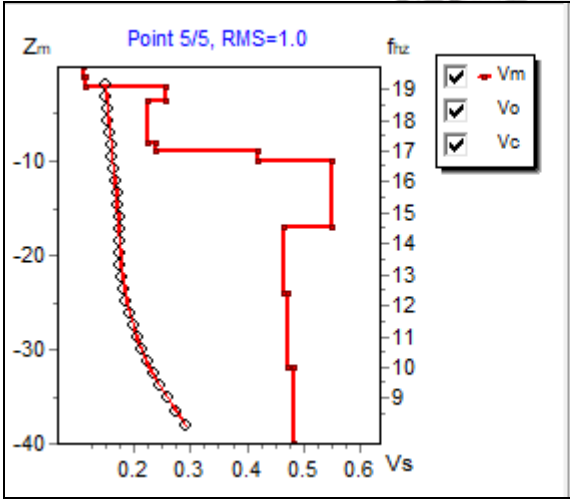
N	Vs	PR	ρ	Z	H
1	0.26	0.22	2	0	1.0
2	0.26	0.22	2	1.0	1.3
3	0.27	0.22	2	2.3	1.7
4	0.27	0.22	2	4.0	2.3
5	0.29	0.22	2	6.2	3.3
6	0.36	0.22	2	9.6	3.6
7	0.52	0.22	2	13.2	4.0
8	0.69	0.22	2	17.2	6.4
9	0.77	0.22	2	23.6	8.4
10	0.79	0.22	2	32.0	*

Figura 9-23 *Perfil 3/5 abscisa 57 m de Vs (km/s)*



N	Vs	PR	ρ	Z	H
1	0.23	0.22	2	0	1.0
2	0.24	0.22	2	1.0	1.3
3	0.25	0.22	2	2.3	1.7
4	0.27	0.22	2	4.0	2.4
5	0.33	0.22	2	6.4	2.8
6	0.47	0.22	2	9.2	2.9
7	0.62	0.22	2	12.0	5.3
8	0.70	0.22	2	17.3	6.7
9	0.75	0.22	2	24.0	8.0
10	0.80	0.22	2	32.0	*

Figura 9-24 *Perfil 4/5 abscisa 74 m de Vs (km/s)*



N	Vs	PR	ρ	Z	H
1	0.11	0.22	2	0	1.1
2	0.11	0.22	2	1.1	1.1
3	0.26	0.22	2	2.1	1.6
4	0.22	0.22	2	3.7	4.5
5	0.24	0.22	2	8.2	0.8
6	0.42	0.22	2	9.0	1.0
7	0.55	0.22	2	10.0	7.1
8	0.47	0.22	2	17.1	6.9
9	0.47	0.22	2	24.0	8.1
10	0.48	0.22	2	32.0	*

Figura 9-25 *Perfil 5/5 abscisa 95 m de Vs (km/s)*

El valor de Vp presentado en las tablas "Velocidad de onda de corte promedio y propiedades de rigidez" corresponde a la magnitud evaluada como función del Vs obtenido de manera experimental en el análisis de MASW y un valor de Poisson de 0.22 tomado por defecto en el software. Hay que tener en cuenta que en el ensayo de refracción sísmica los valores de Vp incrementan con la profundidad (no pueden identificar capas blandas), por ello se observan diferencias con los valores evaluados a partir del resultado Vs del ensayo MASW.

Tabla 9-8. Velocidad de onda de corte promedio y propiedades rigidez LRS2

Abscisa	15								
Vs (m/s)	DH (m)	DH/Vs	Vs (30) m/s	Tipo de suelo NSR-10	Vp m/s	Densidad Kg/m3	Módulo de Corte Go (MPa)	Módulo confinado M (Mpa)	Módulo elástica Eo (MPa
252	0.992	0.004			420	1998.53	126.91	352.54	309.67
254	1.366	0.005			424	1940.81	125.21	348.91	305.52
196	1.909	0.010			326	1805.69	69.37	191.90	169.26
210	1.953	0.009			351	1804.27	79.57	222.29	194.15
305	2.53	0.008	430.37	C	509	1915.27	178.17	496.21	434.73
409	6.947	0.017			683	1980.42	331.29	923.85	808.34
609	2.211	0.004			1017	2115.06	784.43	2187.58	1914.02
877	5.22	0.006			1464	2228.95	1714.35	4777.29	4183.01
1059	6.871	0.006			1768	2274.64	2550.96	7110.11	6224.35
suma	29.999	0.070							
Abscisa	42.5								
Vs (m/s)	DH (m)	DH/Vs	Vs (30) m/s	Tipo de suelo NSR-10	Vp m/s	Densidad Kg/m3	Módulo de Corte Go (MPa)	Módulo confinado M (Mpa)	Módulo elástica Eo (MPa
165	0.997	0.006			275	1845.16	50.23	139.54	122.57
187	1.301	0.007			312	1831.99	64.06	178.33	156.31
182	1.98	0.011			303	1778.75	58.92	163.31	143.76
241	1.676	0.007			403	1857.09	107.86	301.61	263.18
396	3.787	0.010	466.00	C	661	2002.12	313.96	874.77	766.07
557	4.334	0.008			929	2099.65	651.41	1812.09	1589.45
790	3.386	0.004			1318	2210.85	1379.79	3840.53	3366.70
1006	6.171	0.006			1679	2277.03	2304.43	6419.04	5622.82
1102	6.367	0.006			1839	2288.77	2779.49	7740.43	6781.95
suma	29.999	0.064							
Abscisa	57.5								
Vs (m/s)	DH (m)	DH/Vs	Vs (30) m/s	Tipo de suelo NSR-10	Vp m/s	Densidad Kg/m3	Módulo de Corte Go (MPa)	Módulo confinado M (Mpa)	Módulo elástica Eo (MPa
255	1	0.004			426	2002.24	130.20	363.36	317.68
259	1.299	0.005			432	1949.66	130.78	363.85	319.12
266	1.687	0.006			444	1920.82	135.91	378.66	331.62
273	2.251	0.008			455	1898.90	141.52	393.12	345.32
289	3.318	0.011	427.34	C	482	1889.64	157.82	439.01	385.09
363	3.639	0.010			606	1949.46	256.88	715.91	626.78
523	3.989	0.008			874	2062.94	564.27	1575.83	1376.83
692	6.427	0.009			1155	2141.90	1025.68	2857.34	2502.65
774	6.389	0.008			1291	2161.12	1294.68	3601.90	3159.01
suma	29.999	0.070							
Abscisa	74.5								
Vs (m/s)	DH (m)	DH/Vs	Vs (30) m/s	Tipo de suelo NSR-10	Vp m/s	Densidad Kg/m3	Módulo de Corte Go (MPa)	Módulo confinado M (Mpa)	Módulo elástica Eo (MPa
233	1	0.004			389	1969.64	106.93	298.05	260.91
241	1.298	0.005			402	1923.63	111.73	310.87	272.61
252	1.698	0.007			421	1901.09	120.73	336.95	294.57
269	2.401	0.009			450	1891.78	136.89	383.09	334.01
330	2.76	0.008	454.71	C	551	1940.55	211.33	589.15	515.64
467	2.854	0.006			779	2047.05	446.44	1242.24	1089.31
619	5.309	0.009			1033	2123.28	813.56	2265.72	1985.08
695	6.7	0.010			1160	2142.26	1034.76	2882.62	2524.82
753	5.979	0.008			1257	2151.19	1219.74	3398.98	2976.17
suma	29.999	0.066							
Abscisa	95.3								
Vs (m/s)	DH (m)	DH/Vs	Vs (30) m/s	Tipo de suelo NSR-10	Vp m/s	Densidad Kg/m3	Módulo de Corte Go (MPa)	Módulo confinado M (Mpa)	Módulo elástica Eo (MPa
109	1.056	0.010			182	1691.33	20.09	56.02	49.03
113	1.076	0.010			189	1655.23	21.14	59.13	51.57
256	1.553	0.006			427	1912.46	125.33	348.70	305.82
224	4.496	0.020			375	1808.44	90.74	254.31	221.41
238	0.78	0.003	327.62	D	398	1823.98	103.32	288.93	252.10
418	1.031	0.002			698	2019.87	352.92	984.09	861.13
550	7.081	0.013			919	2081.58	629.68	1758.02	1536.41
466	6.885	0.015			777	1998.01	433.88	1206.26	1058.67
471	6.043	0.013			786	1981.61	439.60	1224.23	1072.63
suma	30.001	0.092	**421.21**	**C**					

- LÍNEA SÍSMICA LRS3

En las siguientes figuras se presentan los perfiles de la tomografía sísmica y la estratigrafía de Velocidades de Onda Compresional (Vp), para la tomografía se puede ver una capa de 0 a 2m aproximadamente con Vp entre 200 y 400 m/s, de los 2 a los 10 m aproximadamente, la velocidad incrementa al rango entre 400 y 900 m/s, de 10 a 15 m aproximadamente la velocidad está en el rango de 1000 a 1200 m/s y a mayor profundidad se tienen valores mayores a 1400 m/s. El modelo simplificado de refracción se compone por 4 capas: la primera de alrededor de 2 m con Vp de 230 m/s, la segunda de 5.2 m de espesor con velocidad de 650 m/s, la tercera capa de espesor de 4.1 m Vp de 1160 m/s y finalmente la cuarta capa presenta una velocidad de 1410 m/s.

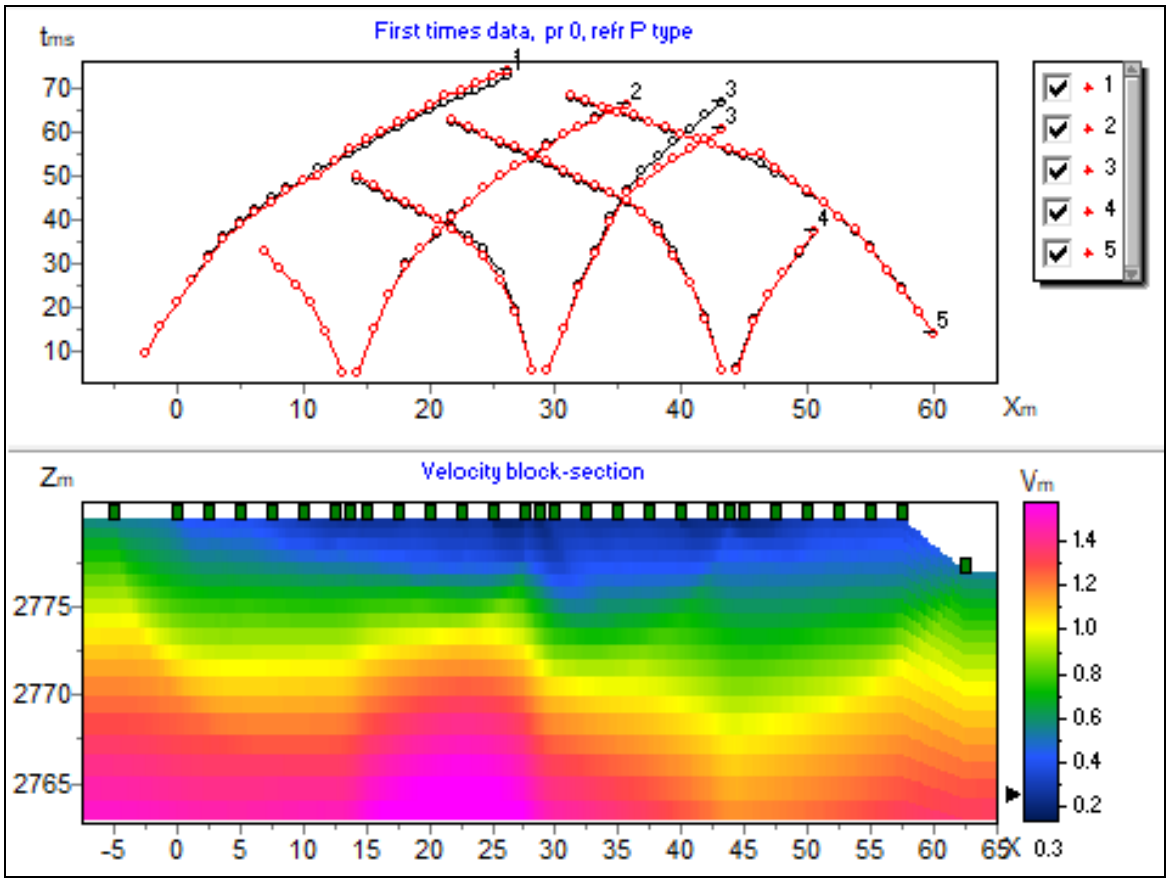


Figura 9-26 *Tomografía LRS3*

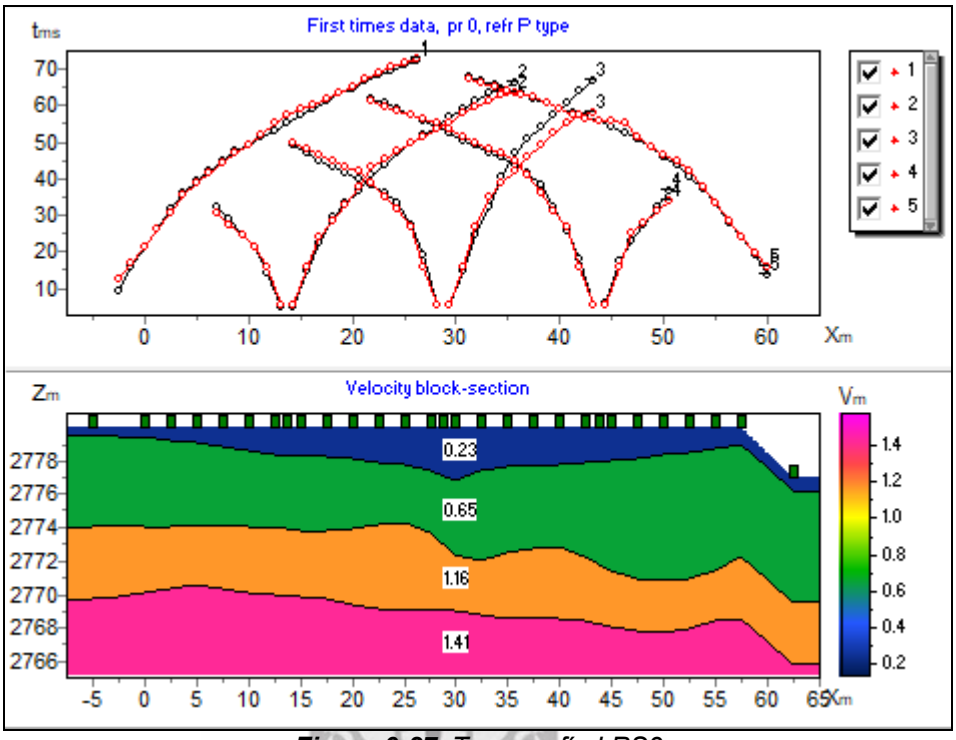


Figura 9-27. *Tomografía LRS3*

La siguiente figura muestra la sección bidimensional de velocidad de onda de corte (Vs), en este caso se puede ver que se presentan capas de velocidades variables; entre la superficie y los 10m de profundidad media los valores de Vs varían entre 75 y 440 m/s, de 10m a 15 m se presenta una intercalación de Vs a valores que están entre 430 y 770 m/s indicando un nivel más denso y finalmente, de 18m hacia abajo se incrementa la velocidad de onda a valores alrededor de 900 m/s.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

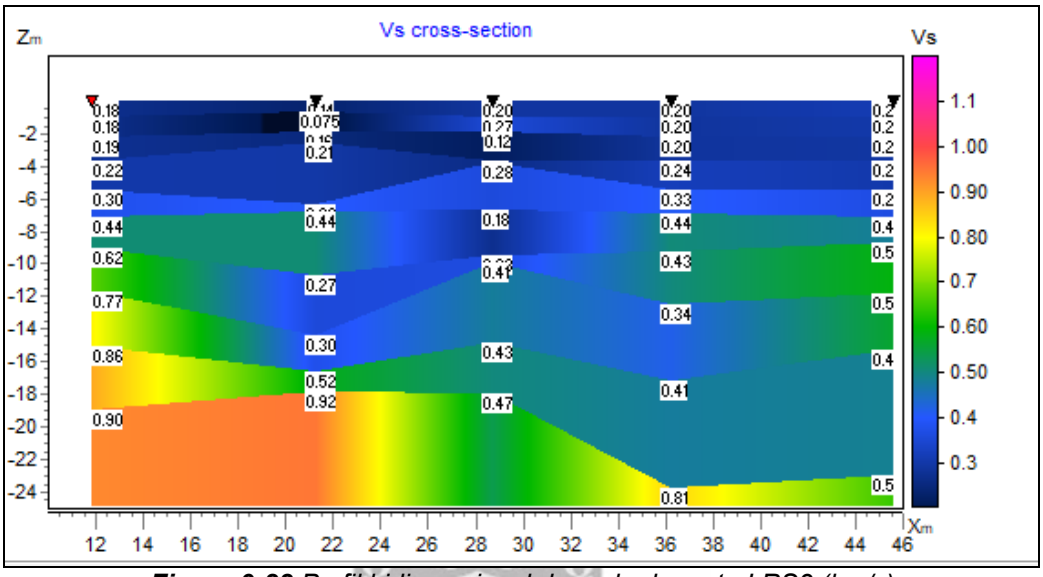
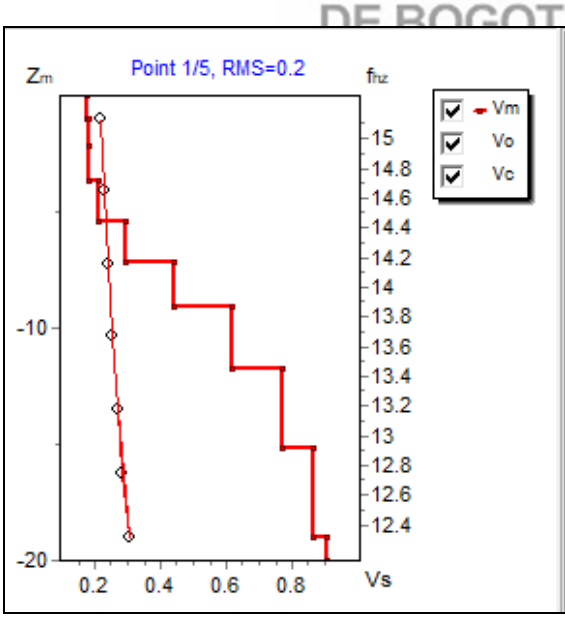


Figura 9-28 *Perfil bidimensional de onda de corte LRS3 (km/s)*

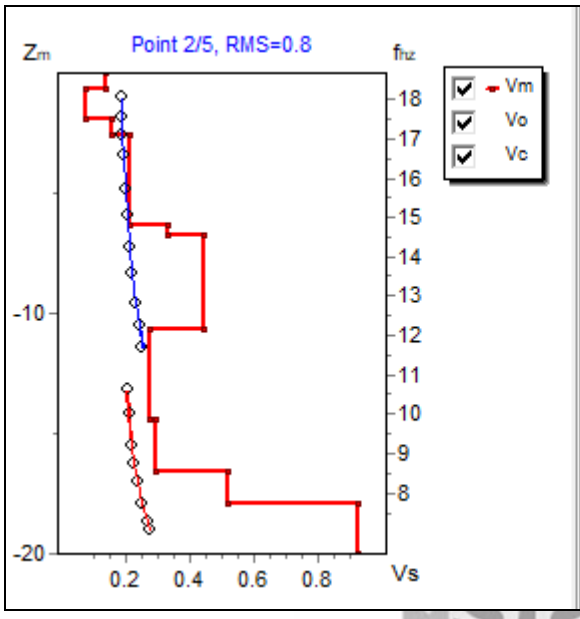
En las siguientes figuras se presentan los perfiles de velocidad de onda de corte en las abscisas señaladas (12 m, 22 m, 28 m, 36 m y 46m). En la Tabla 9-9 se presenta el perfil de suelo promedio con 353.69 m/s, que de acuerdo con la NSR-10 corresponde al perfil de suelo Tipo D. En las figuras se puede ver en general una buena correspondencia la variación del perfil de velocidad y sus magnitudes, por lo que se puede establecer una buena continuidad estratigráfica. En la misma tabla se presentan las propiedades de rigidez para pequeñas deformaciones.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.



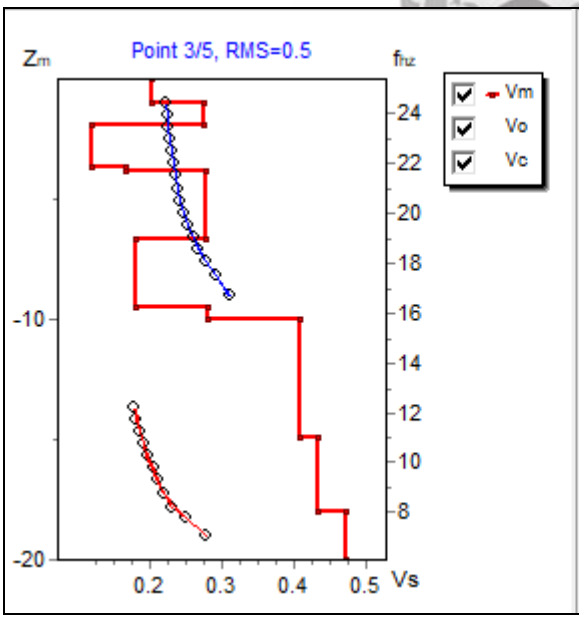
N	Vs	PR	ρ	Z	H
1	0.18	0.22	2	0	1.0
2	0.18	0.22	2	1.0	1.2
3	0.19	0.22	2	2.2	1.5
4	0.22	0.22	2	3.7	1.8
5	0.30	0.22	2	5.4	1.7
6	0.44	0.22	2	7.1	2.0
7	0.62	0.22	2	9.1	2.7
8	0.77	0.22	2	11.8	3.4
9	0.86	0.22	2	15.1	3.9
10	0.90	0.22	2	19.0	*

Figura 9-29 *Perfil 1/5 abscisa 12 m de Vs (km/s)*



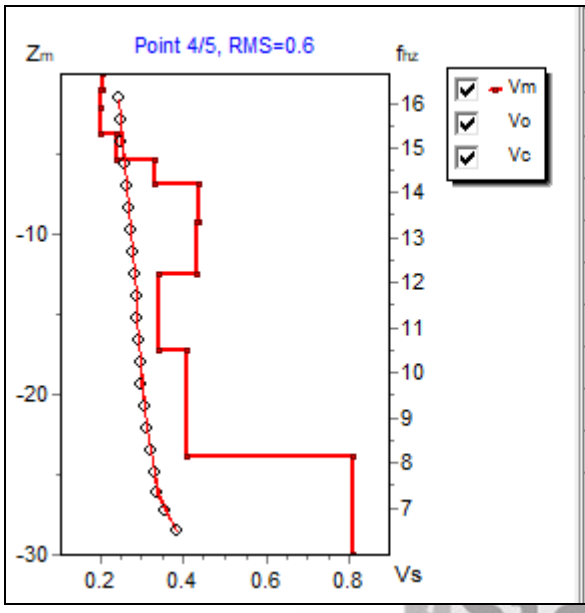
N	Vs	PR	ρ	Z	H
1	0.14	0.22	2	0	0.7
2	0.075	0.22	2	0.7	1.3
3	0.16	0.22	2	2.0	0.7
4	0.21	0.22	2	2.6	3.7
5	0.33	0.22	2	6.4	0.4
6	0.44	0.22	2	6.8	3.9
7	0.27	0.22	2	10.7	3.7
8	0.30	0.22	2	14.4	2.2
9	0.52	0.22	2	16.6	1.3
10	0.92	0.22	2	17.9	*

Figura 9-30 *Perfil 2/5 abscisa 22 m de Vs (km/s)*



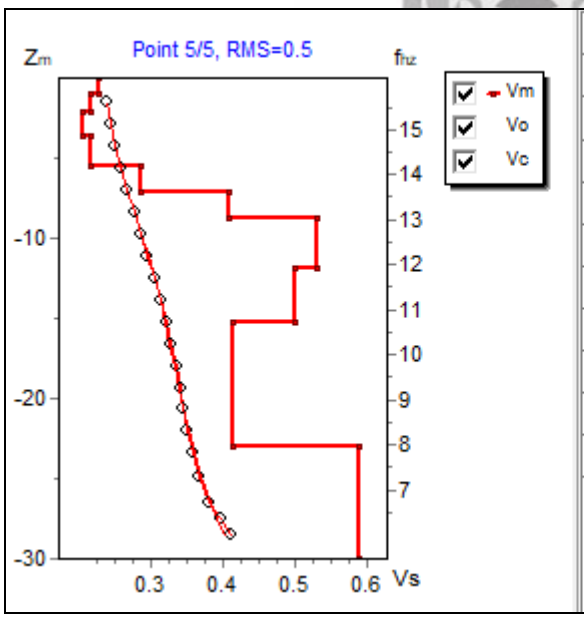
N	Vs	PR	ρ	Z	H
1	0.20	0.22	2	0	1.0
2	0.27	0.22	2	1.0	1.0
3	0.12	0.22	2	1.9	1.7
4	0.17	0.22	2	3.6	0.2
5	0.28	0.22	2	3.8	2.9
6	0.18	0.22	2	6.7	2.8
7	0.28	0.22	2	9.5	0.5
8	0.41	0.22	2	10.0	4.9
9	0.43	0.22	2	14.9	3.1
10	0.47	0.22	2	18.0	*

Figura 9-31 *Perfil 3/5 abscisa 28 m de Vs (km/s)*



N	Vs	PR	ρ	Z	H
1	0.20	0.22	2	0	1.0
2	0.20	0.22	2	1.0	1.2
3	0.20	0.22	2	2.2	1.5
4	0.24	0.22	2	3.7	1.7
5	0.33	0.22	2	5.4	1.4
6	0.44	0.22	2	6.9	2.4
7	0.43	0.22	2	9.3	3.2
8	0.34	0.22	2	12.5	4.7
9	0.41	0.22	2	17.2	6.7
10	0.81	0.22	2	23.9	*

Figura 9-32 *Perfil 4/5 abscisa 36 m de Vs (km/s)*



N	Vs	PR	ρ	Z	H
1	0.23	0.22	2	0	1.0
2	0.22	0.22	2	1.0	1.2
3	0.20	0.22	2	2.2	1.5
4	0.22	0.22	2	3.6	1.9
5	0.28	0.22	2	5.5	1.6
6	0.41	0.22	2	7.2	1.5
7	0.53	0.22	2	8.7	3.1
8	0.50	0.22	2	11.9	3.4
9	0.41	0.22	2	15.3	7.7
10	0.59	0.22	2	23.0	*

Figura 9-33 *Perfil 5/5 abscisa 46 m de Vs (km/s)*

El valor de Vp presentado en las tablas "Velocidad de onda de corte promedio y propiedades de rigidez" corresponde a la magnitud evaluada como función del Vs obtenido de manera experimental en el análisis de MASW y un valor de Poisson de 0.22 tomado por defecto en el software. Hay que tener en cuenta que en el ensayo de refracción sísmica los valores de Vp incrementan con la profundidad (no pueden

identificar capas blandas), por ello se observan diferencias con los valores evaluados a partir del resultado Vs del ensayo MASW.

Tabla 9-9. Velocidad de onda de corte promedio y propiedades rigidez LRS3

Abscisa	12								
Vs (m/s)	DH (m)	DH/Vs	Vs (30) m/s	Tipo de suelo NSR-10	Vp m/s	Densidad Kg/m3	Módulo de Corte Go (MPa)	Módulo confinado M (Mpa)	Módulo elástico Eo (MPa
181	0.999	0.006			302	1878.46	61.54	171.32	150.16
183	1.183	0.006			306	1827.77	61.21	171.15	149.35
186	1.476	0.008			311	1797.55	62.19	173.86	151.74
215	1.778	0.008			359	1822.21	84.23	234.85	205.53
298	1.702	0.006	466.54	C	497	1921.12	170.60	474.53	416.27
441	1.965	0.004			737	2045.74	397.86	1111.18	970.77
618	2.661	0.004			1031	2149.74	821.04	2285.09	2003.33
770	3.371	0.004			1286	2211.59	1311.25	3657.51	3199.45
861	14.866	0.017			1437	2235.91	1657.53	4617.09	4044.37
suma	30.001	0.064							
Abscisa	22								
Vs (m/s)	DH (m)	DH/Vs	Vs (30) m/s	Tipo de suelo NSR-10	Vp m/s	Densidad Kg/m3	Módulo de Corte Go (MPa)	Módulo confinado M (Mpa)	Módulo elástico Eo (MPa
139	0.679	0.005			232	1810.06	34.97	97.42	85.33
75.2	1.274	0.017			126	1514.21	8.56	24.04	20.89
159	0.669	0.004			265	1764.16	44.60	123.89	108.82
212	3.749	0.018			354	1806.02	81.17	226.32	198.05
329	0.419	0.001	298.50	D	549	1960.37	212.19	590.86	517.75
441	3.89	0.009			736	2034.57	395.69	1102.12	965.47
275	3.723	0.014			459	1843.01	139.38	388.29	340.08
296	2.203	0.007			495	1859.65	162.93	455.66	397.56
521	13.394	0.026			870	2058.60	558.79	1558.16	1363.45
suma	30	0.101							
Abscisa	28								
Vs (m/s)	DH (m)	DH/Vs	Vs (30) m/s	Tipo de suelo NSR-10	Vp m/s	Densidad Kg/m3	Módulo de Corte Go (MPa)	Módulo confinado M (Mpa)	Módulo elástico Eo (MPa
203	0.972	0.005			339	1921.82	79.20	220.86	193.24
275	0.971	0.004			459	1983.04	149.97	417.79	365.92
119	1.704	0.014			199	1636.36	23.17	64.80	56.54
168	0.171	0.001			280	1757.76	49.61	137.81	121.05
276	2.882	0.010	305.30	D	461	1897.84	144.57	403.33	352.75
180	2.77	0.015			300	1719.19	55.70	154.73	135.91
281	0.536	0.002			469	1876.28	148.15	412.71	361.49
408	4.895	0.012			681	1983.18	330.13	919.72	805.51
433	15.099	0.035			723	1991.58	373.40	1041.06	911.10
suma	30	0.098							
Abscisa	36								
Vs (m/s)	DH (m)	DH/Vs	Vs (30) m/s	Tipo de suelo NSR-10	Vp m/s	Densidad Kg/m3	Módulo de Corte Go (MPa)	Módulo confinado M (Mpa)	Módulo elástico Eo (MPa
201	1	0.005			336	1916.26	77.42	216.34	188.90
199	1.187	0.006			332	1857.93	73.58	204.79	179.53
200	1.521	0.008			333	1822.83	72.91	202.13	177.91
236	1.729	0.007			394	1855.88	103.37	288.10	252.21
330	1.442	0.004	338.84	D	552	1960.57	213.51	597.39	520.96
437	2.426	0.006			729	2040.92	389.75	1084.63	951.00
433	3.175	0.007			723	2017.08	378.18	1054.39	922.76
340	4.728	0.014			567	1907.25	220.48	613.16	537.97
406	12.794	0.032			678	1948.50	321.18	895.69	783.69
suma	30.002	0.089							
Abscisa	46								
Vs (m/s)	DH (m)	DH/Vs	Vs (30) m/s	Tipo de suelo NSR-10	Vp m/s	Densidad Kg/m3	Módulo de Corte Go (MPa)	Módulo confinado M (Mpa)	Módulo elástico Eo (MPa
228	1	0.004			380	1961.80	101.98	283.28	248.84
216	1.185	0.005			360	1887.61	88.07	244.63	214.89
205	1.465	0.007			342	1832.85	77.03	214.38	187.94
217	1.885	0.009			363	1824.29	85.90	240.39	209.61
285	1.646	0.006	359.27	D	475	1904.59	154.70	429.72	377.47
409	1.54	0.004			683	2021.53	338.16	943.02	825.12
529	3.146	0.006			883	2092.95	585.69	1631.85	1429.09
499	3.413	0.007			833	2054.18	511.49	1425.37	1248.04
415	14.721	0.035			692	1958.93	337.38	938.06	823.20
suma	**30.001**	**0.084**	**353.69**	**D**					

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD

- LÍNEA SÍSMICA LRS4

En las siguientes figuras se presentan los perfiles de la tomografía sísmica y la estratigrafía de Velocidades de Onda Compresional (Vp), para la tomografía se puede ver una capa de 0 a 1m aproximadamente con Vp entre 200 y 600 m/s, de los 1 a los 8.5 m aproximadamente, la velocidad incrementa al rango entre 800 y 1200 m/s, de 8.5 a 16 m aproximadamente la velocidad está en el rango de 1300 a 1600 m/s y a mayor profundidad se tienen valores mayores a 2000 m/s. El modelo simplificado de refracción se compone por 4 capas: la primera de alrededor de 1.2 m con Vp de 450 m/s, la segunda de 3 m de espesor con velocidad de 890 m/s, la tercera capa de espesor de 4 m Vp de 1200 m/s y finalmente la cuarta capa presenta una velocidad de 1660 m/s.

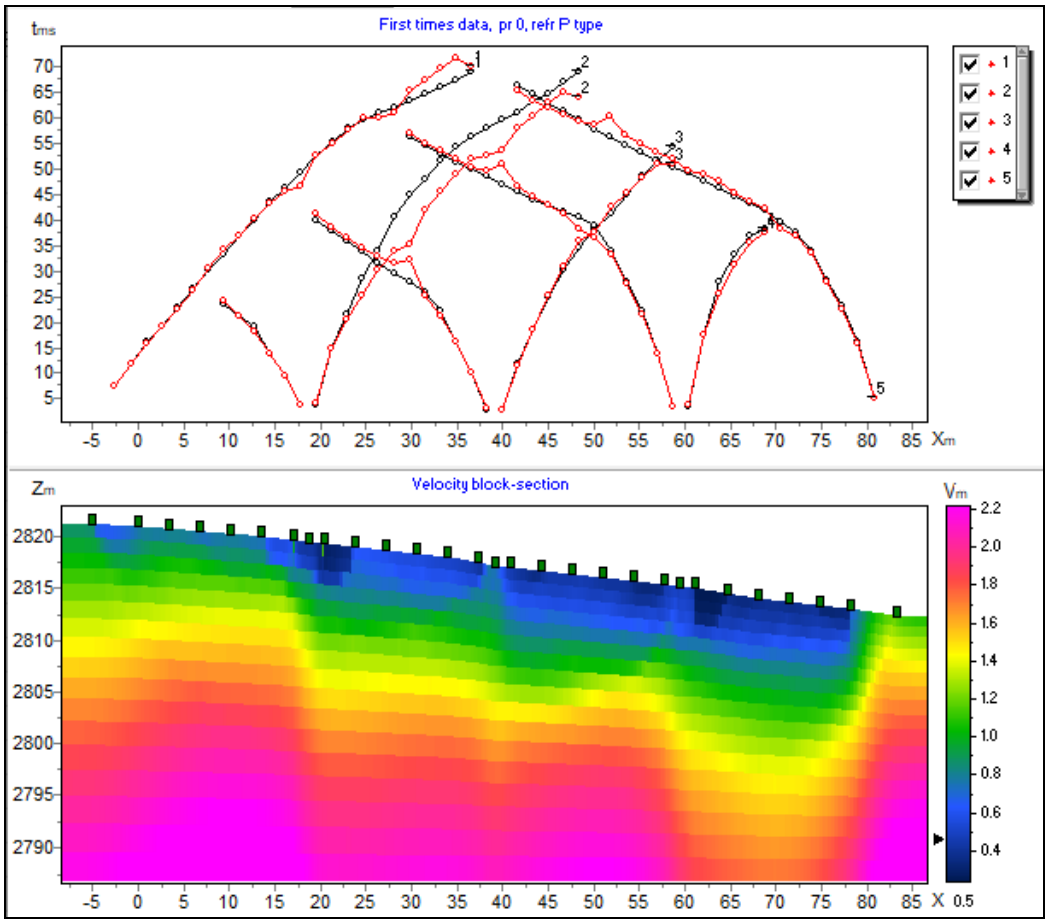


Figura 9-34. *Tomografía LRS4*

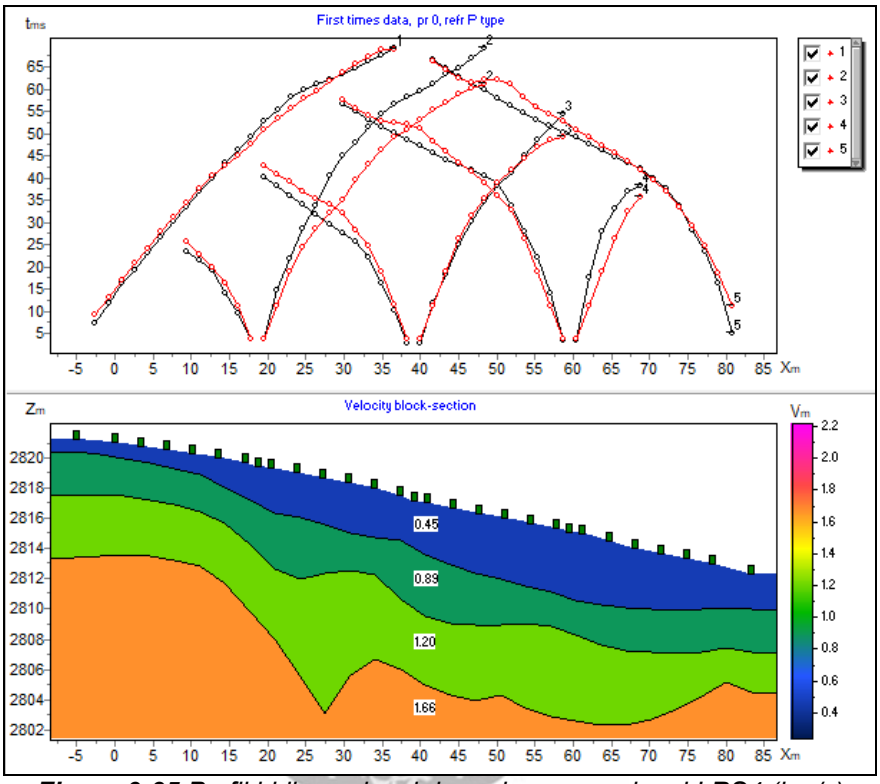


Figura 9-35 *Perfil bidimensional de onda compresional LRS4 (km/s)*

La siguiente figura muestra la sección bidimensional de velocidad de onda de corte (Vs), en este caso se puede ver que se presentan capas de velocidades variables; entre la superficie y los 10m de profundidad media los valores de Vs varían entre 180 y 360 m/s, de 10m a 18 m se presenta una variación de Vs a valores que están entre 410 y 580 m/s indicando un nivel más denso y finalmente, de 18m hacia abajo se incrementa la velocidad de onda a valores alrededor de 750 m/s.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. OBRAS PÚBLICAS Instituto de Desarrollo Urbano

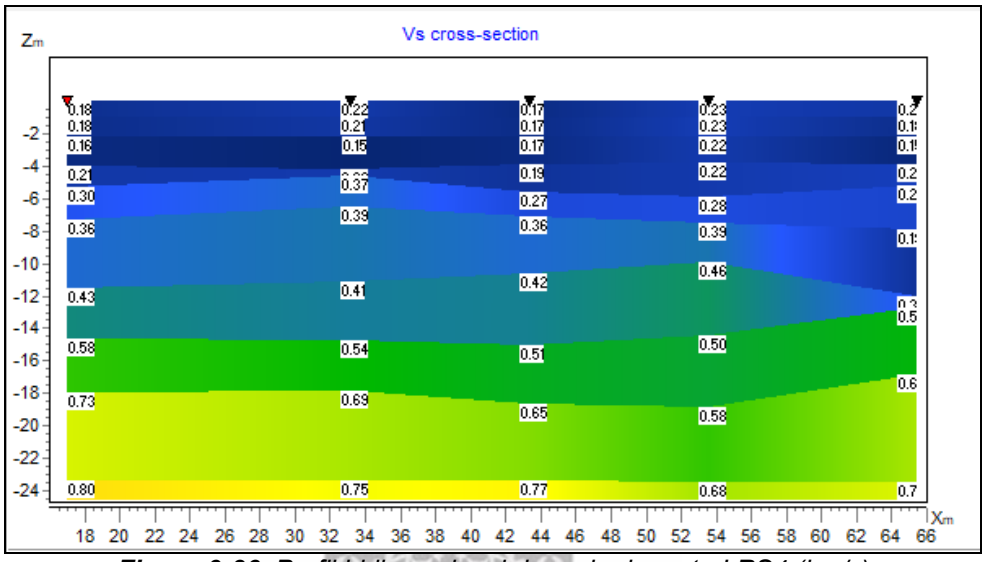
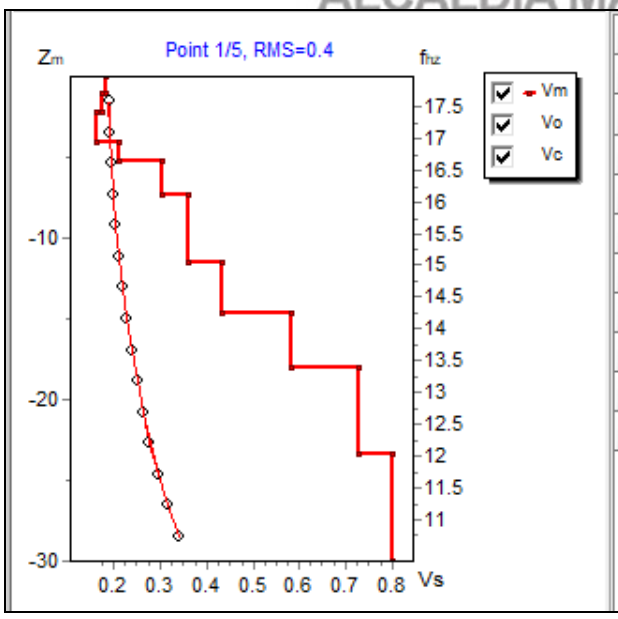


Figura 9-36. *Perfil bidimensional de onda de corte LRS4 (km/s)*

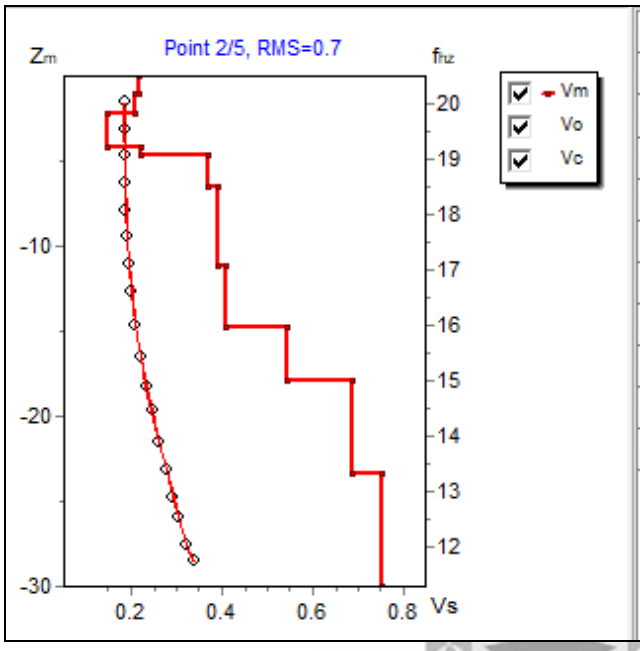
En las siguientes figuras se presentan los perfiles de velocidad de onda de corte en las abscisas señaladas (18 m, 34 m, 44 m, 54 m y 64m). En la Tabla 9-10 se presenta el perfil de suelo promedio con 376.29 m/s, que de acuerdo con la NSR-10 corresponde al perfil de suelo Tipo C. En las figuras se puede ver en general una buena correspondencia la variación del perfil de velocidad y sus magnitudes, por lo que se puede establecer una buena continuidad estratigráfica. En la misma tabla se presentan las propiedades de rigidez para pequeñas deformaciones.

ALCALDÍA MAYOR



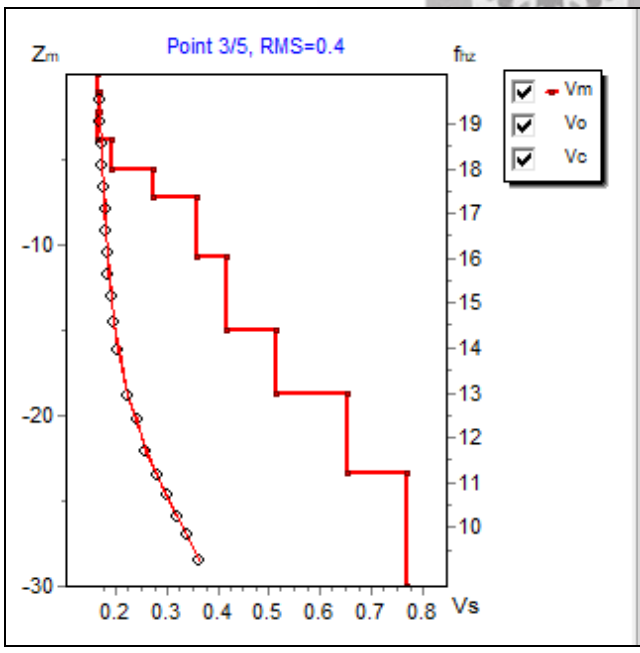
N	Vs	PR	ρ	Z	H
1	0.18	0.33	2	0	1.0
2	0.18	0.33	2	1.0	1.2
3	0.16	0.33	2	2.2	1.8
4	0.21	0.33	2	4.0	1.3
5	0.30	0.33	2	5.3	2.0
6	0.36	0.33	2	7.3	4.2
7	0.43	0.33	2	11.5	3.1
8	0.58	0.33	2	14.7	3.3
9	0.73	0.33	2	18.0	5.4
10	0.80	0.33	2	23.4	*

Figura 9-37 *Perfil 1/5 abscisa 18 m de Vs (km/s)*



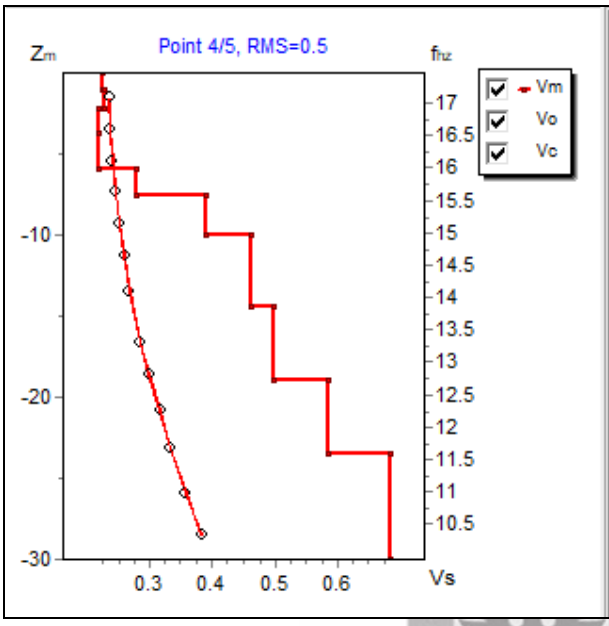
N	Vs	PR	ρ	Z	H
1	0.22	0.33	2	0	1.0
2	0.21	0.33	2	1.0	1.2
3	0.15	0.33	2	2.2	2.0
4	0.22	0.33	2	4.2	0.4
5	0.37	0.33	2	4.6	1.9
6	0.39	0.33	2	6.6	4.6
7	0.41	0.33	2	11.1	3.6
8	0.54	0.33	2	14.7	3.1
9	0.69	0.33	2	17.9	5.5
10	0.75	0.33	2	23.4	*

Figura 9-38 *Perfil 2/5 abscisa 34 m de Vs (km/s)*



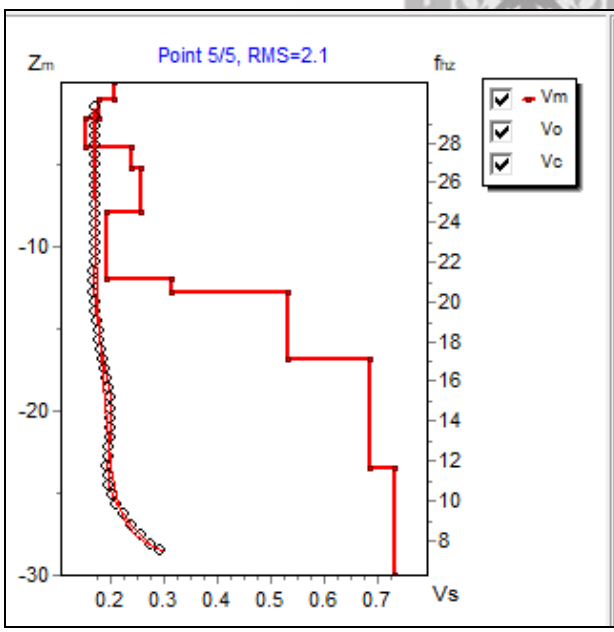
N	Vs	PR	ρ	Z	H
1	0.17	0.33	2	0	1.0
2	0.17	0.33	2	1.0	1.2
3	0.17	0.33	2	2.2	1.7
4	0.19	0.33	2	3.9	1.7
5	0.27	0.33	2	5.6	1.6
6	0.36	0.33	2	7.2	3.5
7	0.42	0.33	2	10.7	4.4
8	0.51	0.33	2	15.1	3.6
9	0.65	0.33	2	18.7	4.7
10	0.77	0.33	2	23.4	*

Figura 9-39 *Perfil 3/5 abscisa 44 m de Vs (km/s)*



N	Vs	PR	ρ	Z	H
1	0.23	0.33	2	0	1.0
2	0.23	0.33	2	1.0	1.2
3	0.22	0.33	2	2.2	1.5
4	0.22	0.33	2	3.8	2.1
5	0.28	0.33	2	5.9	1.6
6	0.39	0.33	2	7.6	2.4
7	0.46	0.33	2	10.0	4.4
8	0.50	0.33	2	14.4	4.5
9	0.58	0.33	2	18.9	4.6
10	0.68	0.33	2	23.5	*

Figura 9-40 *Perfil 4/5 abscisa 54 m de Vs (km/s)*



N	Vs	PR	ρ	Z	H
1	0.21	0.33	2	0	1.0
2	0.18	0.33	2	1.0	1.2
3	0.15	0.33	2	2.2	1.7
4	0.24	0.33	2	3.9	1.3
5	0.26	0.33	2	5.2	2.7
6	0.19	0.33	2	7.9	4.1
7	0.31	0.33	2	12.0	0.7
8	0.53	0.33	2	12.7	4.1
9	0.69	0.33	2	16.8	6.6
10	0.73	0.33	2	23.5	*

Figura 9-41 *Perfil 5/5 abscisa 64 m de Vs (km/s)*

El valor de Vp presentado en las tablas "Velocidad de onda de corte promedio y propiedades de rigidez" corresponde a la magnitud evaluada como función del Vs obtenido de manera experimental en el análisis de MASW y un valor de Poisson de 0.22 tomado por defecto en el software. Hay que tener en cuenta que en el ensayo de

refracción sísmica los valores de Vp incrementan con la profundidad (no pueden identificar capas blandas), por ello se observan diferencias con los valores evaluados a partir del resultado Vs del ensayo MASW.

Tabla 9-10. Velocidad de onda de corte promedio y propiedades rigidez LRS4

Abscisa	17.5								
Vs (m/s)	DH (m)	DH/Vs	Vs (30) m/s	Tipo de suelo NSR-10	Vp m/s	Densidad Kg/m3	Módulo de Corte Go (MPa)	Módulo confinado M (Mpa)	Módulo elástico Eo (MPa
182	1	0.005			361	1880.38	62.29	245.05	151.98
176	1.239	0.007			349	1811.91	56.13	220.69	136.95
164	1.774	0.011			325	1745.61	46.95	184.38	114.56
211	1.264	0.006			420	1817.51	80.92	320.61	197.44
305	2.021	0.007	388.46	C	605	1927.97	179.35	705.69	437.61
360	4.247	0.012			715	1955.80	253.47	999.86	618.47
434	3.13	0.007			861	2006.58	377.95	1487.52	922.20
580	3.298	0.006			1152	2097.18	705.49	2783.18	1721.40
726	12.028	0.017			1441	2159.84	1138.40	4484.87	2777.70
suma	30.001	0.077							
Abscisa	34								
Vs (m/s)	DH (m)	DH/Vs	Vs (30) m/s	Tipo de suelo NSR-10	Vp m/s	Densidad Kg/m3	Módulo de Corte Go (MPa)	Módulo confinado M (Mpa)	Módulo elástico Eo (MPa
217	1.001	0.005			431	1943.86	91.53	361.09	223.34
208	1.182	0.006			412	1874.04	81.08	318.11	197.83
146	1.988	0.014			290	1700.88	36.26	143.04	88.46
220	0.448	0.002			437	1841.90	89.15	351.75	217.52
368	1.936	0.005	399.02	C	730	2003.32	271.30	1067.57	661.97
392	4.585	0.012			778	1989.07	305.65	1203.95	745.78
408	3.593	0.009			809	1983.97	330.26	1298.47	805.84
542	3.142	0.006			1076	2073.08	609.00	2400.16	1485.95
686	12.125	0.018			1362	2139.37	1006.78	3968.62	2456.54
suma	30	0.075							
Abscisa	44								
Vs (m/s)	DH (m)	DH/Vs	Vs (30) m/s	Tipo de suelo NSR-10	Vp m/s	Densidad Kg/m3	Módulo de Corte Go (MPa)	Módulo confinado M (Mpa)	Módulo elástico Eo (MPa
165	0.999	0.006			328	1845.02	50.23	198.49	122.56
169	1.231	0.007			336	1797.52	51.34	202.93	125.27
165	1.656	0.010			329	1750.04	47.64	189.43	116.25
194	1.723	0.009			384	1782.88	67.10	262.90	163.73
274	1.551	0.006	363.50	C	544	1890.57	141.94	559.49	346.32
361	3.528	0.010			716	1962.19	255.72	1005.93	623.94
416	4.363	0.010			825	1989.50	344.29	1354.10	840.08
515	3.622	0.007			1022	2051.56	544.12	2142.82	1327.66
654	11.327	0.017			1298	2122.27	907.73	3575.60	2214.85
suma	30	0.083							
Abscisa	54								
Vs (m/s)	DH (m)	DH/Vs	Vs (30) m/s	Tipo de suelo NSR-10	Vp m/s	Densidad Kg/m3	Módulo de Corte Go (MPa)	Módulo confinado M (Mpa)	Módulo elástico Eo (MPa
226	1	0.004			449	1958.62	100.04	394.86	244.09
231	1.229	0.005			458	1910.48	101.95	400.75	248.75
221	1.542	0.007			439	1857.72	90.73	358.02	221.39
220	2.144	0.010			436	1824.61	88.31	346.85	215.48
281	1.644	0.006	393.40	C	557	1895.89	149.70	588.20	365.27
389	2.407	0.006			773	1994.08	301.75	1191.52	736.26
460	4.45	0.010			914	2028.84	429.30	1694.89	1047.50
498	4.493	0.009			988	2038.55	505.57	1989.92	1233.59
582	11.091	0.019			1156	2079.61	704.42	2779.06	1718.77
suma	30	0.076							
Abscisa	64								
Vs (m/s)	DH (m)	DH/Vs	Vs (30) m/s	Tipo de suelo NSR-10	Vp m/s	Densidad Kg/m3	Módulo de Corte Go (MPa)	Módulo confinado M (Mpa)	Módulo elástico Eo (MPa
209	1.014	0.005			415	1929.39	84.28	332.29	205.64
177	1.203	0.007			351	1814.65	56.85	223.57	138.72
153	1.694	0.011			304	1722.30	40.32	159.17	98.37
238	1.304	0.005			472	1861.85	105.46	414.79	257.33
257	2.702	0.011	337.06	D	510	1860.40	122.88	483.89	299.82
194	4.089	0.021			386	1729.67	65.10	257.71	158.84
315	0.738	0.002			625	1900.65	188.59	742.44	460.16
532	4.076	0.008			1057	2070.60	586.03	2313.38	1429.91
686	13.181	0.019			1362	2139.18	1006.69	3968.28	2456.33
suma	30.001	0.089	**376.29**	**C**					

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD

- LÍNEA SÍSMICA LRS5

En las siguientes figuras se presentan los perfiles de la tomografía sísmica y la estratigrafía de Velocidades de Onda Compresional (Vp), para la tomografía se puede ver una capa de 0 a 4.5m aproximadamente con Vp entre 200 y 700 m/s, de los 4.5 a los 10 m aproximadamente, la velocidad incrementa al rango entre 800 y 1300 m/s, de 10 a 15 m aproximadamente la velocidad está en el rango de 1300 a 1700 m/s y a mayor profundidad se tienen valores mayores a 2200 m/s. El modelo simplificado de refracción se compone por 4 capas: la primera de alrededor de 1.5 m con Vp de 490 m/s, la segunda de 2.5 m de espesor con velocidad de 930 m/s, la tercera capa de espesor de 4.4 m Vp de 930 m/s y finalmente la cuarta capa presenta una velocidad de 2000 m/s.

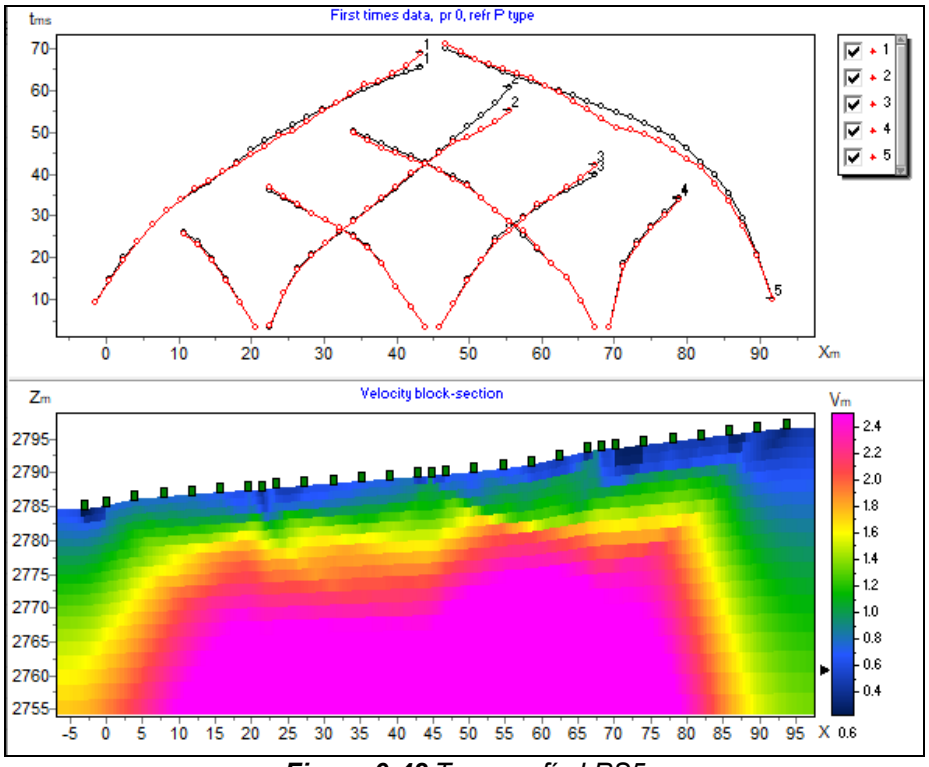


Figura 9-42 *Tomografía LRS5*

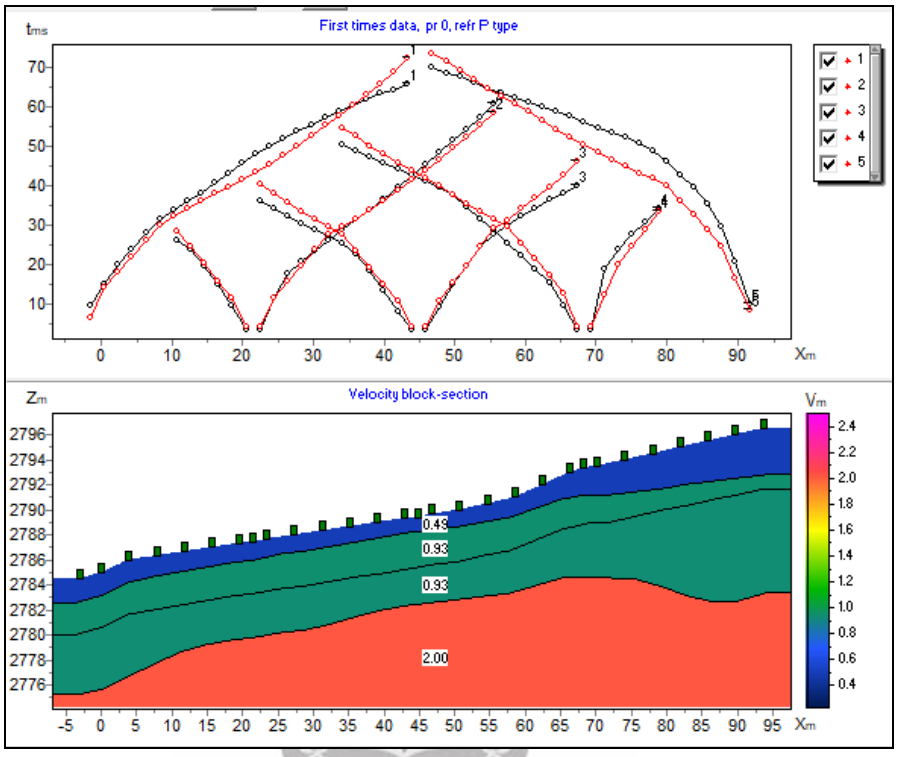


Figura 9-43 Perfil bidimensional de onda compresional LRS5 (km/s)

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO

La siguiente figura muestra la sección bidimensional de velocidad de onda de corte (Vs), en este caso se puede ver que se presentan capas de velocidades variables; entre la superficie y los 10m de profundidad media los valores de Vs varían entre 200 y 540 m/s, de 10m a 18 m se presenta una variación de Vs a valores que están entre 530 y 730 m/s indicando un nivel más denso y finalmente, de 18m hacia abajo se incrementa la velocidad de onda a valores alrededor de 800 m/s.

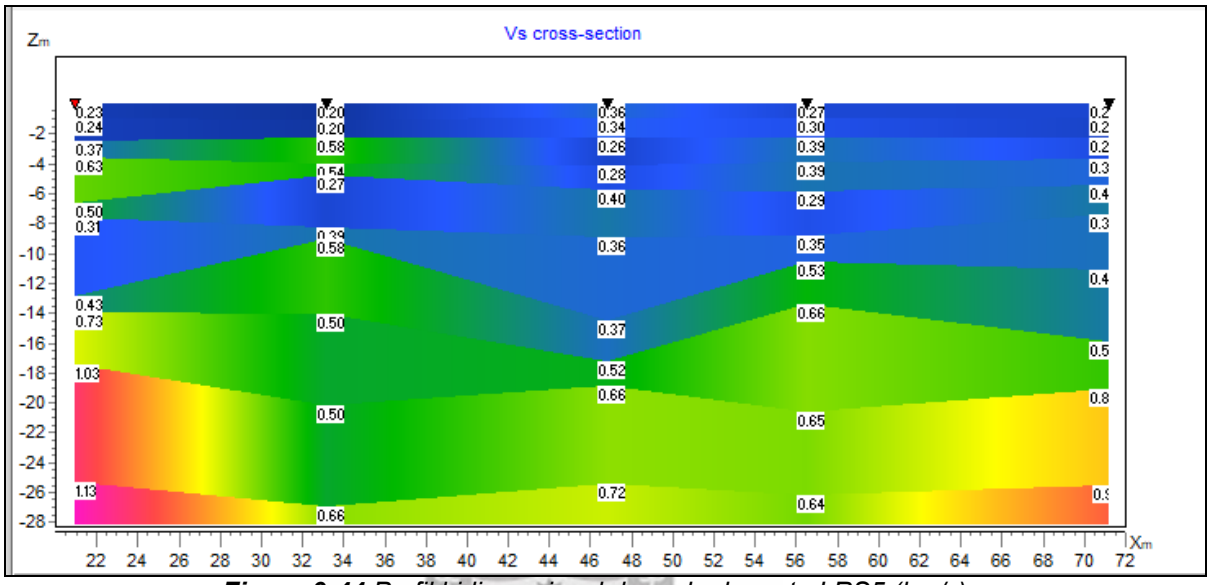
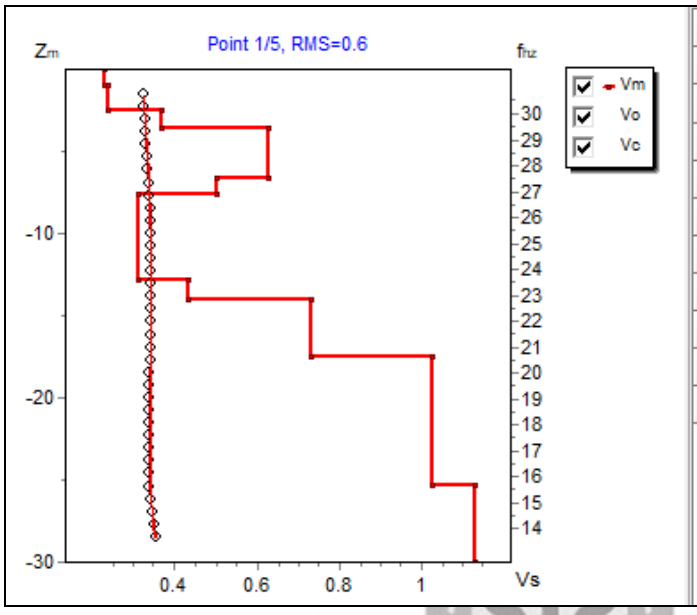


Figura 9-44 *Perfil bidimensional de onda de corte LRS5 (km/s)*

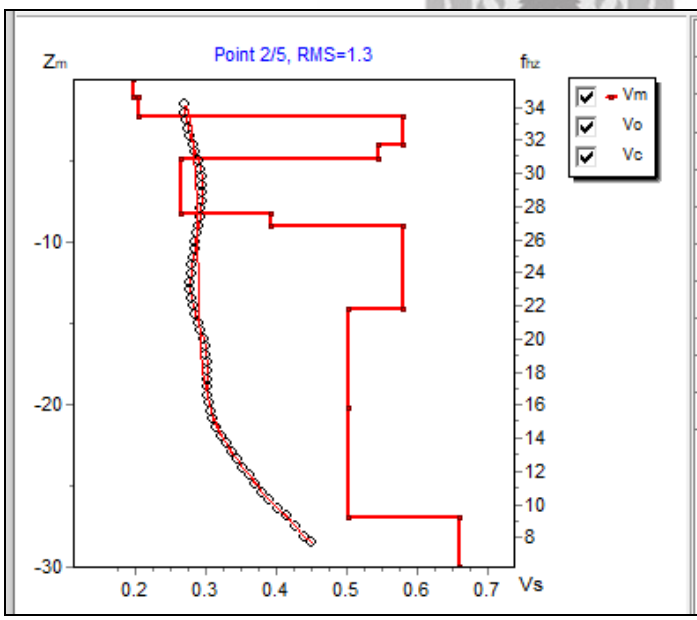
En las siguientes figuras se presentan los perfiles de velocidad de onda de corte en las abscisas señaladas (20 m, 32 m, 46 m, 56 m y 71m). En la Tabla 9-11se presenta el perfil de suelo promedio con 463.35 m/s, que de acuerdo con la NSR-10 corresponde al perfil de suelo Tipo C. En las figuras se puede ver en general una buena correspondencia la variación del perfil de velocidad y sus magnitudes, por lo que se puede establecer una buena continuidad estratigráfica. En la misma tabla se presentan las propiedades de rigidez para pequeñas deformaciones.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano



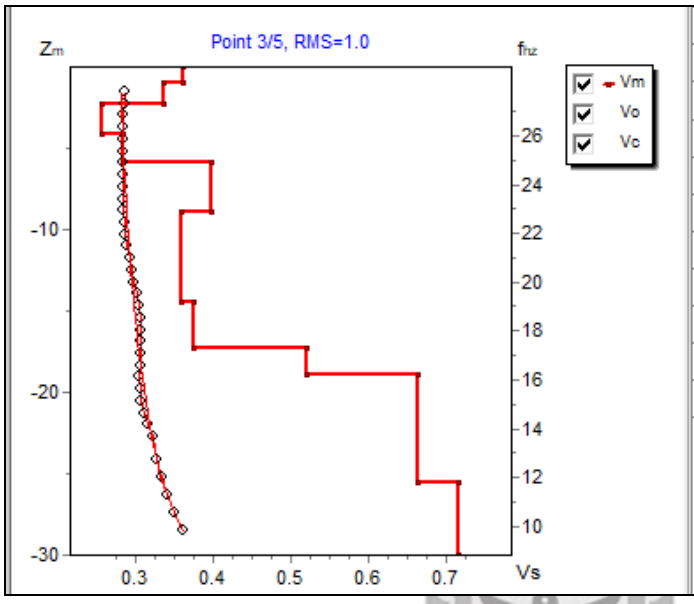
N	Vs	PR	ρ	Z	H
1	0.23	0.22	2	0	1.0
2	0.24	0.22	2	1.0	1.5
3	0.37	0.22	2	2.5	1.1
4	0.63	0.22	2	3.6	3.0
5	0.50	0.22	2	6.6	1.0
6	0.31	0.22	2	7.6	5.2
7	0.43	0.22	2	12.8	1.2
8	0.73	0.22	2	14.0	3.5
9	1.03	0.22	2	17.5	7.9
10	1.13	0.22	2	25.4	*

Figura 9-45 *Perfil 1/5 abscisa 20 m de Vs (km/s)*



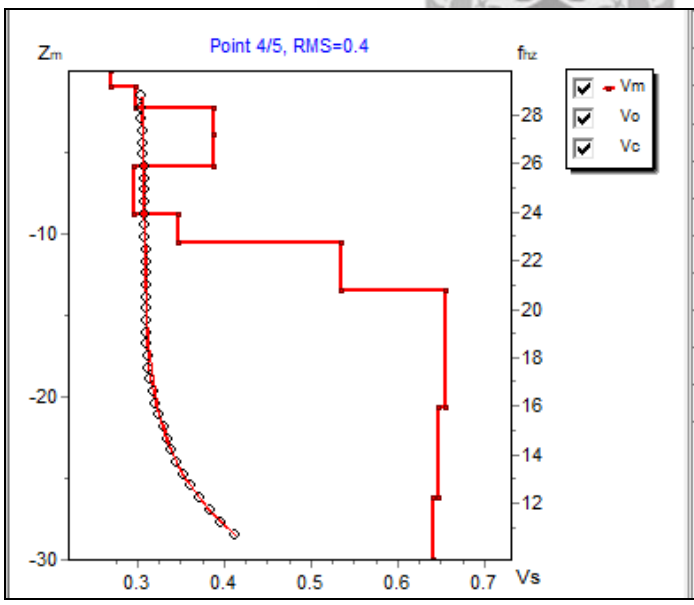
N	Vs	PR	ρ	Z	H
1	0.20	0.22	2	0	1.1
2	0.20	0.22	2	1.1	1.2
3	0.58	0.22	2	2.3	1.8
4	0.54	0.22	2	4.1	0.8
5	0.27	0.22	2	4.8	3.4
6	0.39	0.22	2	8.3	0.8
7	0.58	0.22	2	9.0	5.1
8	0.50	0.22	2	14.1	6.1
9	0.50	0.22	2	20.2	6.7
10	0.66	0.22	2	26.9	*

Figura 9-46 *Perfil 2/5 abscisa 32 m de Vs (km/s)*



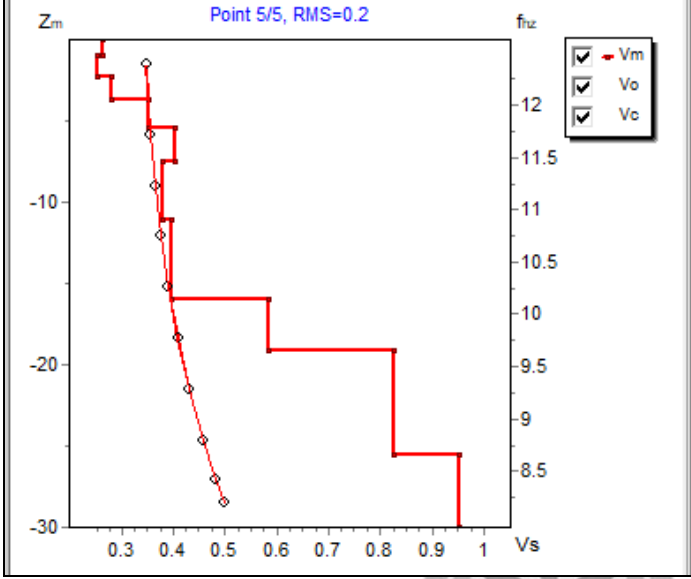
N	Vs	PR	ρ	Z	H
1	0.36	0.22	2	0	1.0
2	0.34	0.22	2	1.0	1.3
3	0.26	0.22	2	2.3	1.9
4	0.28	0.22	2	4.1	1.7
5	0.40	0.22	2	5.8	3.1
6	0.36	0.22	2	8.9	5.6
7	0.37	0.22	2	14.5	2.8
8	0.52	0.22	2	17.3	1.6
9	0.66	0.22	2	18.9	6.6
10	0.72	0.22	2	25.5	*

Figura 9-47 *Perfil 3/5 abscisa 46 m de Vs (km/s)*



N	Vs	PR	ρ	Z	H
1	0.27	0.22	2	0	1.0
2	0.30	0.22	2	1.0	1.3
3	0.39	0.22	2	2.3	1.7
4	0.39	0.22	2	3.9	1.9
5	0.29	0.22	2	5.9	3.0
6	0.35	0.22	2	8.9	1.7
7	0.53	0.22	2	10.6	2.9
8	0.66	0.22	2	13.5	7.2
9	0.65	0.22	2	20.6	5.6
10	0.64	0.22	2	26.2	*

Figura 9-48 *Perfil 4/5 abscisa 56 m de Vs (km/s)*



N	Vs	PR	ρ	Z	H
1	0.26	0.22	2	0	1.0
2	0.25	0.22	2	1.0	1.3
3	0.28	0.22	2	2.3	1.5
4	0.35	0.22	2	3.7	1.7
5	0.40	0.22	2	5.4	2.0
6	0.38	0.22	2	7.4	3.7
7	0.40	0.22	2	11.1	4.9
8	0.58	0.22	2	16.0	3.1
9	0.83	0.22	2	19.1	6.5
10	0.95	0.22	2	25.6	*

Figura 9-49 *Perfil 5/5 abscisa 71 m de Vs (km/s)*

El valor de Vp presentado en las tablas "Velocidad de onda de corte promedio y propiedades de rigidez" corresponde a la magnitud evaluada como función del Vs obtenido de manera experimental en el análisis de MASW y un valor de Poisson de 0.22 tomado por defecto en el software. Hay que tener en cuenta que en el ensayo de refracción sísmica los valores de Vp incrementan con la profundidad (no pueden identificar capas blandas), por ello se observan diferencias con los valores evaluados a partir del resultado Vs del ensayo MASW.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

Tabla 9-11. Velocidad de onda de corte promedio y propiedades rigidez LRS5

Abscisa	20								
Vs (m/s)	DH (m)	DH/Vs	Vs (30) m/s	Tipo de suelo NSR-10	Vp m/s	Densidad Kg/m3	Módulo de Corte Go (MPa)	Módulo confinado M (Mpa)	Módulo elástico Eo (MPa
230	1.002	0.004			384	1964.82	103.94	289.72	253.61
237	1.539	0.006			396	1910.58	107.32	299.61	261.85
370	1.098	0.003			617	2046.41	280.15	779.04	683.57
628	2.991	0.005			1048	2195.63	865.92	2411.47	2112.85
503	1.017	0.002	526.52	C	839	2105.46	532.70	1482.08	1299.79
311	5.199	0.017			519	1895.47	183.33	510.56	447.33
431	1.161	0.003			720	2007.32	372.88	1040.59	909.83
733	3.502	0.005			1223	2183.60	1173.23	3266.08	2862.67
1025	12.49	0.012			1711	2278.85	2394.21	6671.37	5841.88
suma	29.999	0.057							
Abscisa	33								
Vs (m/s)	DH (m)	DH/Vs	Vs (30) m/s	Tipo de suelo NSR-10	Vp m/s	Densidad Kg/m3	Módulo de Corte Go (MPa)	Módulo confinado M (Mpa)	Módulo elástico Eo (MPa
198	1.071	0.005			331	1906.03	74.72	208.83	182.33
204	1.198	0.006			341	1864.32	77.59	216.79	189.31
579	1.804	0.003			966	2200.35	737.65	2053.27	1799.86
544	0.764	0.001			908	2165.79	640.93	1785.61	1563.88
266	3.413	0.013	422.42	C	444	1869.94	132.31	368.63	322.84
393	0.771	0.002			655	2004.73	309.63	860.08	755.49
580	5.099	0.009			968	2114.04	711.16	1980.91	1735.24
502	6.09	0.012			838	2036.79	513.28	1430.32	1252.40
502	9.788	0.019			838	2016.70	508.22	1416.22	1240.05
suma	29.998	0.071							
Abscisa	47								
Vs (m/s)	DH (m)	DH/Vs	Vs (30) m/s	Tipo de suelo NSR-10	Vp m/s	Densidad Kg/m3	Módulo de Corte Go (MPa)	Módulo confinado M (Mpa)	Módulo elástico Eo (MPa
361	1.002	0.003			602	2127.71	277.28	771.09	676.57
335	1.256	0.004			560	2043.89	229.38	640.96	559.68
257	1.882	0.007			429	1905.73	125.87	350.73	307.13
285	1.682	0.006			475	1919.25	155.89	433.03	380.38
397	3.093	0.008	426.15	C	662	2009.22	316.67	880.53	772.68
359	5.566	0.016			599	1938.95	249.89	695.70	609.74
374	2.816	0.008			624	1941.32	271.54	755.90	662.57
521	1.615	0.003			869	2054.85	557.77	1551.75	1360.96
663	11.088	0.017			1106	2121.06	932.35	2594.56	2274.94
suma	30	0.070							
Abscisa	56.5								
Vs (m/s)	DH (m)	DH/Vs	Vs (30) m/s	Tipo de suelo NSR-10	Vp m/s	Densidad Kg/m3	Módulo de Corte Go (MPa)	Módulo confinado M (Mpa)	Módulo elástico Eo (MPa
269	1.003	0.004			448	2021.34	146.27	405.69	356.89
298	1.253	0.004			497	2001.66	177.76	494.43	433.72
387	1.669	0.004			646	2057.37	308.13	858.57	751.84
388	1.937	0.005			647	2030.25	305.64	849.88	745.77
294	2.995	0.010	474.81	C	491	1901.16	164.33	458.33	400.96
347	1.735	0.005			579	1948.54	234.62	653.23	572.48
534	2.865	0.005			891	2087.56	595.28	1657.27	1452.48
656	7.189	0.011			1095	2131.98	917.47	2556.30	2238.62
648	9.356	0.014			1081	2110.86	886.36	2466.67	2162.71
suma	30.002	0.063							
Abscisa	71.22								
Vs (m/s)	DH (m)	DH/Vs	Vs (30) m/s	Tipo de suelo NSR-10	Vp m/s	Densidad Kg/m3	Módulo de Corte Go (MPa)	Módulo confinado M (Mpa)	Módulo elástico Eo (MPa
262	0.999	0.004			438	2012.10	138.12	386.01	337.01
253	1.269	0.005			423	1942.14	124.31	347.50	303.33
282	1.479	0.005			470	1946.24	154.77	429.93	377.65
351	1.682	0.005			585	1999.41	246.33	684.25	601.04
403	2.017	0.005	466.84	C	673	2027.22	329.24	918.19	803.34
380	3.663	0.010			633	1978.03	285.63	792.57	696.93
398	4.872	0.012			665	1969.32	311.95	870.88	761.15
584	3.097	0.005			974	2095.49	714.68	1987.94	1743.81
827	10.921	0.013			1380	2200.72	1505.14	4191.05	3672.53
suma	29.999	0.064	**463.35**	**C**					

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.

- LÍNEA SÍSMICA LRS6

En las siguientes figuras se presentan los perfiles de la tomografía sísmica y la estratigrafía de Velocidades de Onda Compresional (Vp), para la tomografía se puede ver una capa de 0 a 3m aproximadamente con Vp entre 200 y 600 m/s, de los 3 a los 7 m aproximadamente, la velocidad incrementa al rango entre 700 y 1200 m/s, de 7 a 13 m aproximadamente la velocidad está en el rango de 1400 a 1700 m/s y a mayor profundidad se tienen valores mayores a 2000 m/s. El modelo simplificado de refracción se compone por 4 capas: la primera de alrededor de 2 m con Vp de 320 m/s, la segunda de 2 m de espesor con velocidad de 870 m/s, la tercera capa de espesor de 4 m Vp de 1150 m/s y finalmente la cuarta capa presenta una velocidad de 1930 m/s.

ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

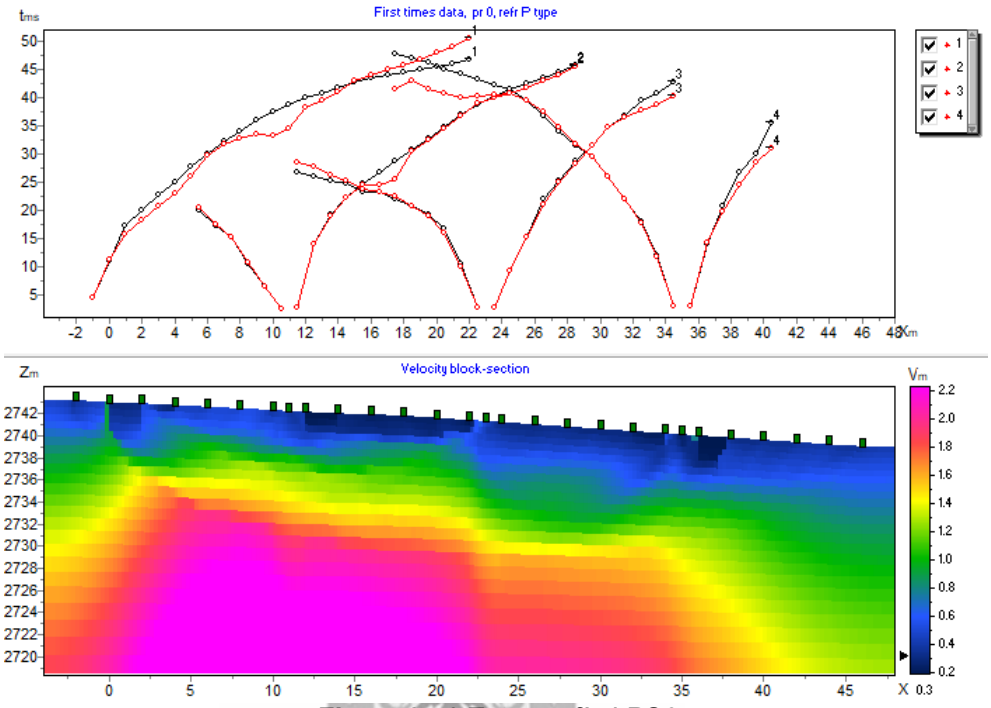


Figura 9-50 *Tomografía LRS6*

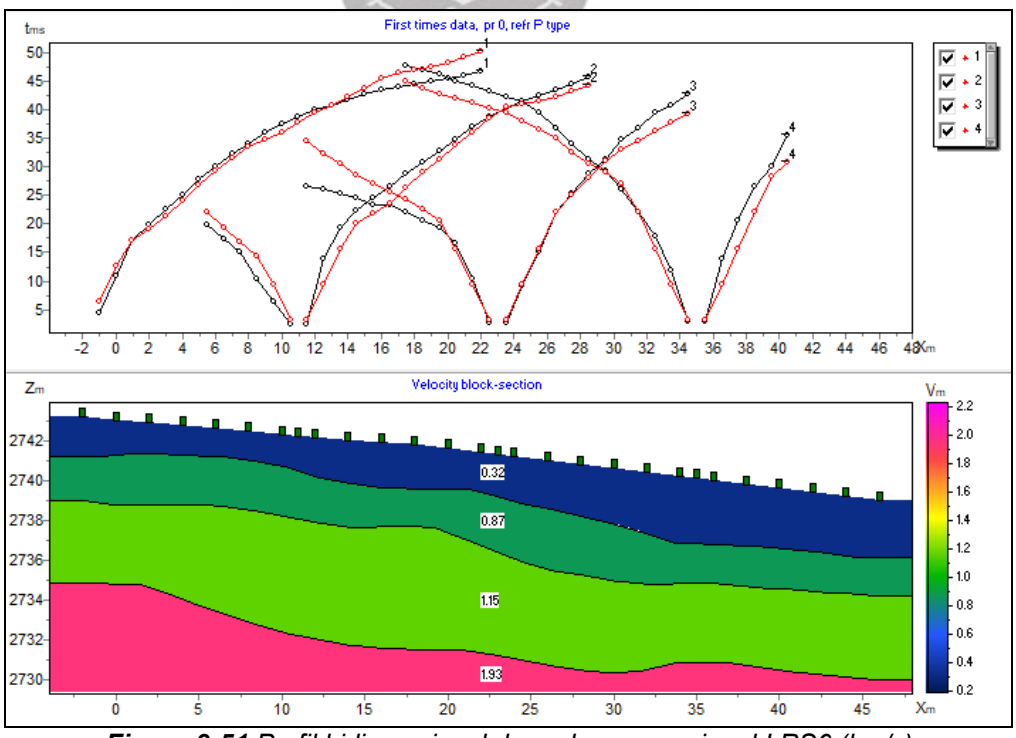


Figura 9-51 *Perfil bidimensional de onda compresional LRS6 (km/s)*

La siguiente figura muestra la sección bidimensional de velocidad de onda de corte (Vs), en este caso se puede ver que se presentan capas de velocidades variables; entre la superficie y los 10m de profundidad media los valores de Vs varían entre 160 y 720 m/s, de 10m a 15 m se presenta una intercalación de Vs a valores que están entre 490 y 790 m/s indicando un nivel más denso y finalmente, de 18m hacia abajo se incrementa la velocidad de onda a valores alrededor de 1000 m/s.

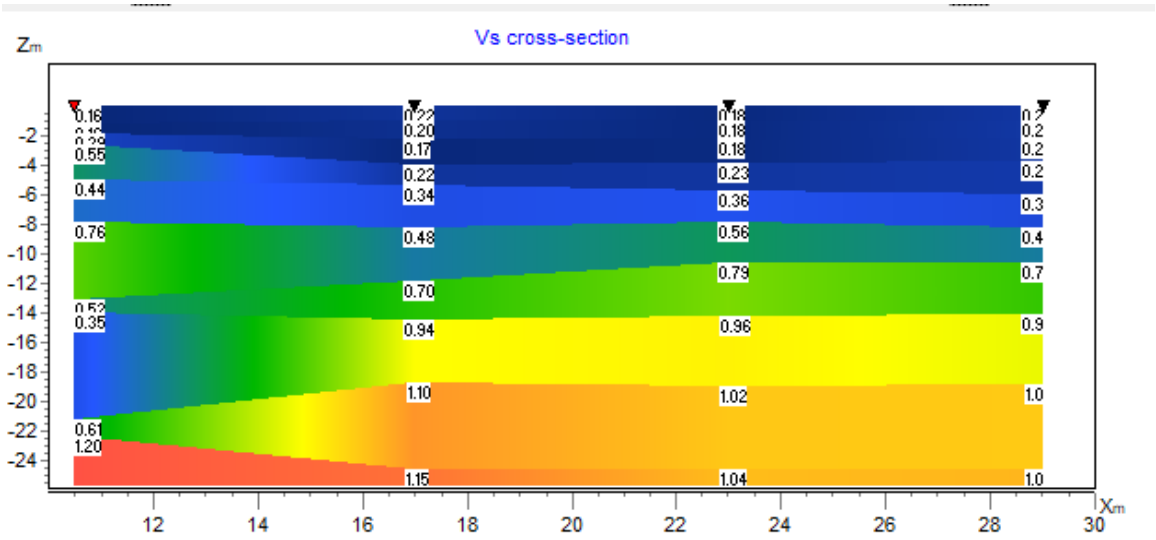
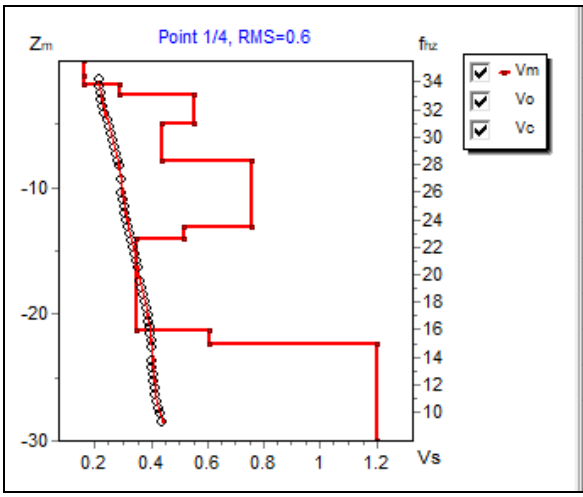


Figura 9-52 *Perfil bidimensional de onda de corte LRS6 (km/s)*

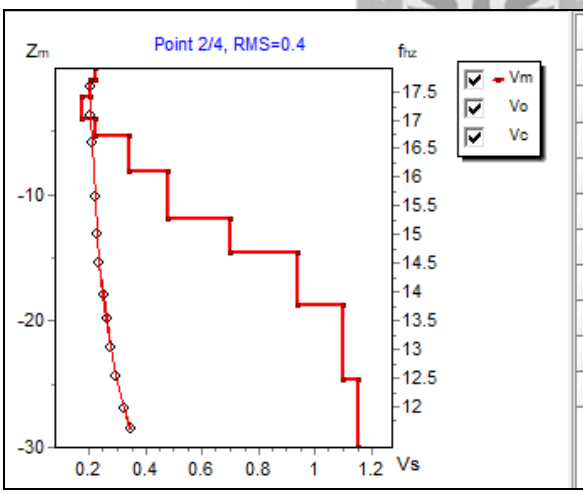
En las siguientes figuras se presentan los perfiles de velocidad de onda de corte en las abscisas señaladas (10 m, 17 m, 23 m y m). En la Tabla 9-12 se presenta el perfil de suelo promedio con 483.45 m/s, que de acuerdo con la NSR-10 corresponde al perfil de suelo Tipo C. En las figuras se puede ver en general una buena correspondencia la variación del perfil de velocidad y sus magnitudes, por lo que se puede establecer una buena continuidad estratigráfica. En la misma tabla se presentan las propiedades de rigidez para pequeñas deformaciones.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano



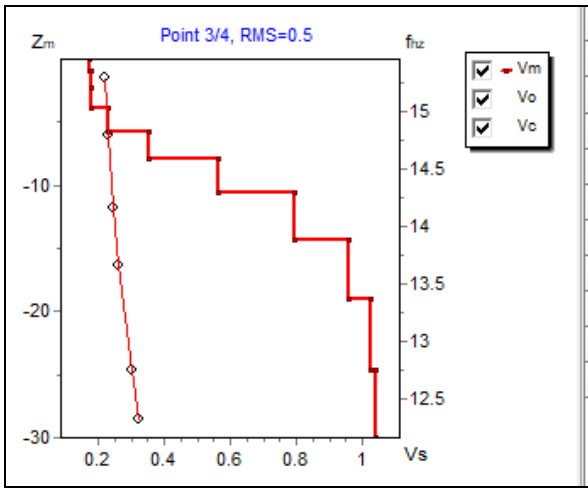
N	Vs	PR	ρ	Z	H
1	0.16	0.22	2	0	1.2
2	0.16	0.22	2	1.2	0.7
3	0.29	0.22	2	1.9	0.8
4	0.55	0.22	2	2.7	2.3
5	0.44	0.22	2	5.0	2.9
6	0.76	0.22	2	7.9	5.2
7	0.52	0.22	2	13.1	0.9
8	0.35	0.22	2	14.0	7.3
9	0.61	0.22	2	21.3	1.1
10	1.20	0.22	2	22.4	*

Figura 9-53 *Perfil 1/4 abscisa 10 m de Vs (km/s)*



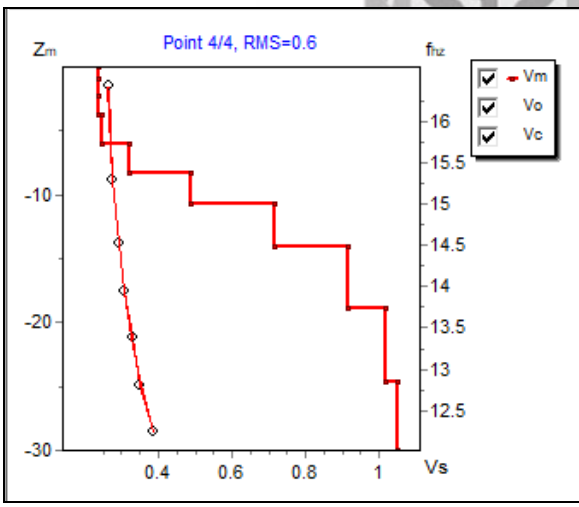
N	Vs	PR	ρ	Z	H
1	0.22	0.22	2	0	1.0
2	0.20	0.22	2	1.0	1.2
3	0.17	0.22	2	2.2	1.8
4	0.22	0.22	2	4.0	1.3
5	0.34	0.22	2	5.4	2.8
6	0.48	0.22	2	8.2	3.8
7	0.70	0.22	2	12.0	2.6
8	0.94	0.22	2	14.6	4.2
9	1.10	0.22	2	18.8	5.8
10	1.15	0.22	2	24.6	*

Figura 9-54 *Perfil 2/4 abscisa 17 m de Vs (km/s)*



N	Vs	PR	ρ	Z	H
1	0.18	0.22	2	0	1.0
2	0.18	0.22	2	1.0	1.2
3	0.18	0.22	2	2.2	1.7
4	0.23	0.22	2	3.9	1.8
5	0.36	0.22	2	5.7	2.1
6	0.56	0.22	2	7.9	2.7
7	0.79	0.22	2	10.6	3.7
8	0.96	0.22	2	14.3	4.7
9	1.02	0.22	2	19.0	5.7
10	1.04	0.22	2	24.7	*

Figura 9-55 *Perfil 3/4 abscisa 23 m de Vs (km/s)*



N	Vs	PR	ρ	Z	H
1	0.24	0.22	2	0	1.0
2	0.24	0.22	2	1.0	1.2
3	0.24	0.22	2	2.2	1.6
4	0.25	0.22	2	3.8	2.2
5	0.32	0.22	2	6.0	2.3
6	0.49	0.22	2	8.3	2.3
7	0.72	0.22	2	10.7	3.4
8	0.92	0.22	2	14.1	4.8
9	1.02	0.22	2	18.9	5.8
10	1.05	0.22	2	24.7	*

Figura 9-56 *Perfil 4/4 abscisa 29 m de Vs (km/s)*

El valor de Vp presentado en las tablas "Velocidad de onda de corte promedio y propiedades de rigidez" corresponde a la magnitud evaluada como función del Vs obtenido de manera experimental en el análisis de MASW y un valor de Poisson de 0.22 tomado por defecto en el software. Hay que tener en cuenta que en el ensayo de refracción sísmica los valores de Vp incrementan con la profundidad (no pueden identificar capas blandas), por ello se observan diferencias con los valores evaluados a partir del resultado Vs del ensayo MASW.

Tabla 9-12. Velocidad de onda de corte promedio y propiedades rigidez LRS6

Abscisa	10.5								
Vs (m/s)	DH (m)	DH/Vs	Vs (30) m/s	Tipo de suelo NSR-10	Vp m/s	Densidad Kg/m3	Módulo de Corte Go (MPa)	Módulo confinado M (Mpa)	Módulo elástico Eo (MPa
164	1.209	0.007			274	1829.48	49.21	137.35	120.06
161	0.656	0.004			269	1792.50	46.46	129.71	113.37
289	0.785	0.003			483	1979.30	165.31	461.75	403.36
553	2.332	0.004			924	2169.67	663.50	1852.41	1618.95
441	2.939	0.007	435.56	C	737	2055.47	399.75	1116.47	975.39
760	5.203	0.007			1268	2216.83	1280.44	3564.28	3124.28
519	0.89	0.002			866	2074.42	558.77	1555.73	1363.40
347	7.277	0.021			579	1899.71	228.74	636.86	558.13
609	8.709	0.014			1016	2099.37	778.62	2167.09	1899.82
suma	30	0.069							
Abscisa	17								
Vs (m/s)	DH (m)	DH/Vs	Vs (30) m/s	Tipo de suelo NSR-10	Vp m/s	Densidad Kg/m3	Módulo de Corte Go (MPa)	Módulo confinado M (Mpa)	Módulo elástico Eo (MPa
221	1.001	0.005			368	1950.46	95.26	264.14	232.44
205	1.224	0.006			341	1867.46	78.48	217.15	191.49
172	1.825	0.011			287	1762.16	52.13	145.15	127.20
224	1.334	0.006			373	1837.70	92.21	255.68	224.99
340	2.825	0.008	486.92	C	567	1958.99	226.46	629.79	552.56
481	3.752	0.008			803	2058.02	476.15	1327.03	1161.80
697	2.634	0.004			1163	2178.13	1058.16	2946.07	2581.90
939	4.186	0.004			1567	2268.19	1999.91	5569.51	4879.78
1100	11.219	0.010			1836	2306.42	2790.77	7774.72	6809.49
suma	30	0.062							
Abscisa	23								
Vs (m/s)	DH (m)	DH/Vs	Vs (30) m/s	Tipo de suelo NSR-10	Vp m/s	Densidad Kg/m3	Módulo de Corte Go (MPa)	Módulo confinado M (Mpa)	Módulo elástico Eo (MPa
178	0.999	0.006			297	1872.42	59.33	165.16	144.75
180	1.248	0.007			301	1819.78	58.96	164.87	143.86
182	1.687	0.009			303	1784.61	59.11	163.84	144.24
230	1.808	0.008			384	1842.75	97.48	271.72	237.85
356	2.113	0.006	493.31	C	594	1978.69	250.77	698.15	611.88
563	2.741	0.005			939	2123.38	673.04	1872.22	1642.23
795	3.698	0.005			1327	2227.13	1407.60	3921.81	3434.54
957	4.735	0.005			1597	2274.13	2082.76	5799.96	5081.93
1022	10.971	0.011			1707	2279.63	2381.04	6642.50	5809.73
suma	30	0.061							
Abscisa	29								
Vs (m/s)	DH (m)	DH/Vs	Vs (30) m/s	Tipo de suelo NSR-10	Vp m/s	Densidad Kg/m3	Módulo de Corte Go (MPa)	Módulo confinado M (Mpa)	Módulo elástico Eo (MPa
236	1	0.004			394	1974.26	109.96	306.48	268.30
239	1.238	0.005			399	1922.50	109.82	306.06	267.95
236	1.578	0.007			394	1880.62	104.74	291.94	255.57
248	2.227	0.009			413	1866.41	114.79	318.35	280.09
322	2.29	0.007	517.99	C	537	1938.30	200.97	558.94	490.37
486	2.336	0.005			812	2069.76	488.87	1364.68	1192.84
716	3.449	0.005			1195	2190.18	1122.81	3127.63	2739.65
917	4.789	0.005			1531	2259.16	1899.70	5295.37	4635.26
1020	11.094	0.011			1702	2278.99	2371.06	6601.79	5785.39
suma	30.001	0.058	**483.45**	**C**					

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

- LÍNEA SÍSMICA LRS7

En las siguientes figuras se presentan los perfiles de la tomografía sísmica y la estratigrafía de Velocidades de Onda Compresional (Vp), para la tomografía se puede ver una capa de 0 a 4.5m aproximadamente con Vp entre 200 y 800 m/s, de los 4.5 a los 10 m aproximadamente, la velocidad incrementa al rango entre 1000 y 1400 m/s, de 10 a 15 m aproximadamente la velocidad está en el rango de 1400 a 1700 m/s y a mayor profundidad se tienen valores mayores a 2200 m/s. El modelo simplificado de refracción se compone por 4 capas: la primera de alrededor de 1.5 m con Vp de 160 m/s, la segunda de 3.5 m de espesor con velocidad de 880 m/s, la tercera capa de espesor de 7.2 m Vp de 810 m/s y finalmente la cuarta capa presenta una velocidad de 2670 m/s.

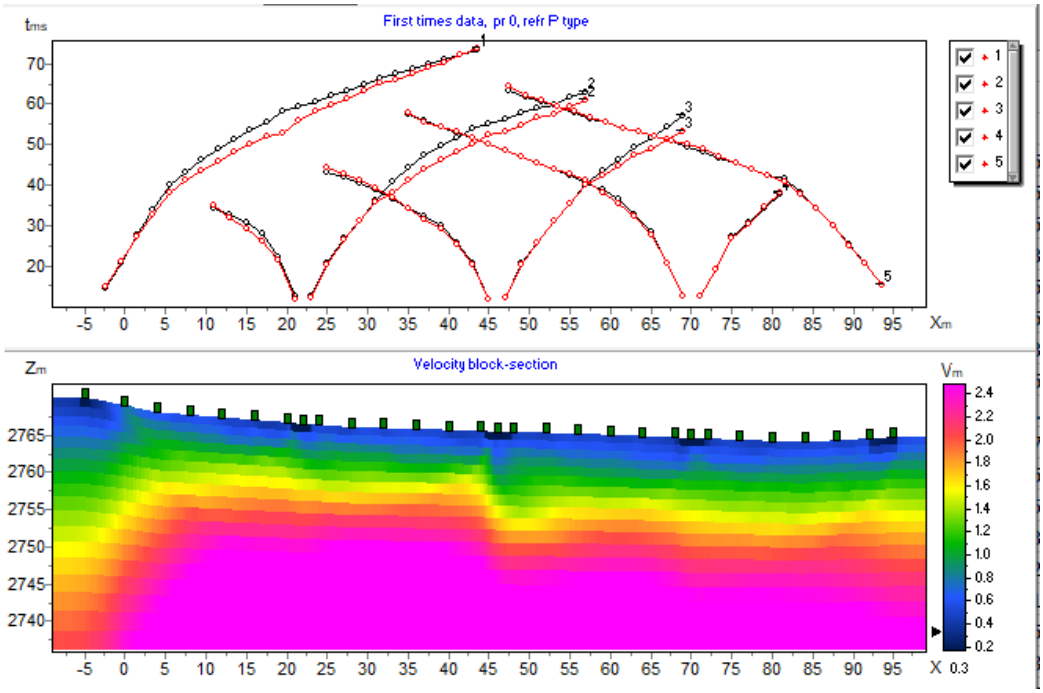


Figura 9-57 *Tomografía LRS7*

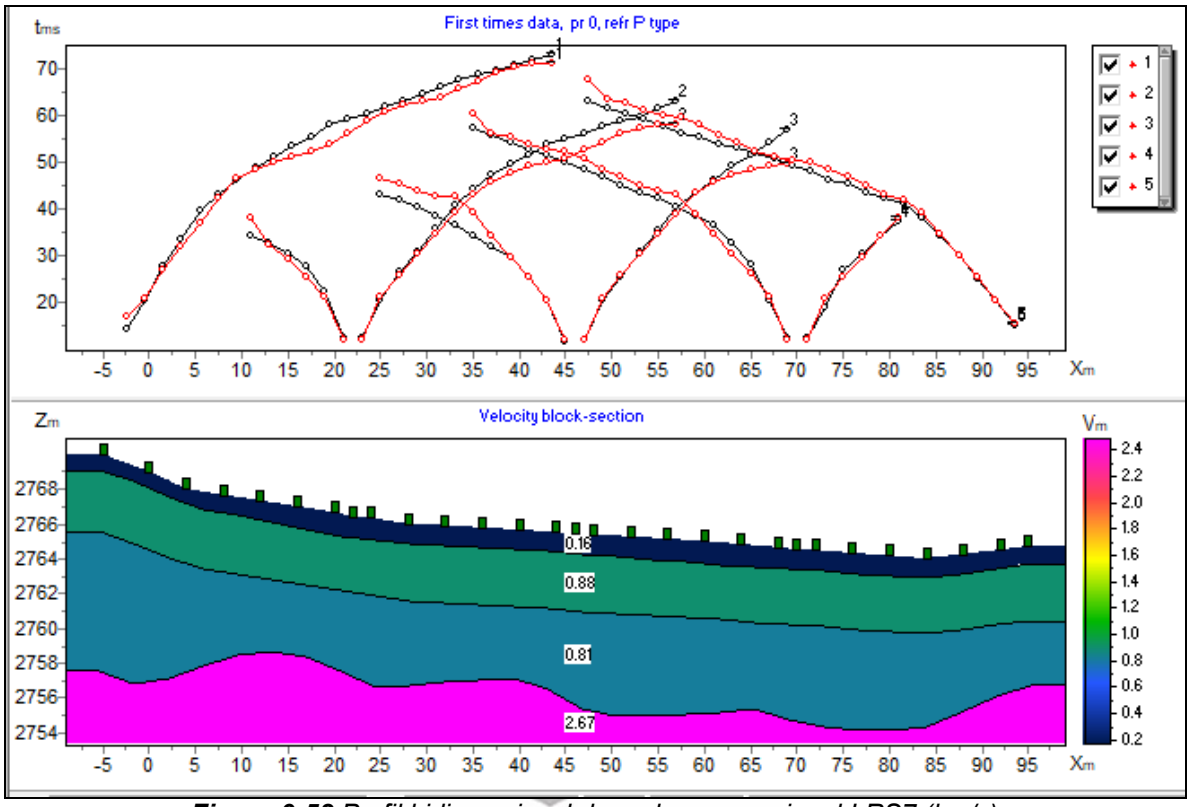


Figura 9-58 *Perfil bidimensional de onda compresional LRS7 (km/s)*

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

La siguiente figura muestra la sección bidimensional de velocidad de onda de corte (Vs), en este caso se puede ver que se presentan capas de velocidades variables; entre la superficie y los 10m de profundidad media los valores de Vs varían entre 190 y 570 m/s, de 10m a 15 m se presenta una intercalación de Vs a valores que están entre 560 y 750 m/s indicando un nivel más denso y finalmente, de 18m hacia abajo se incrementa la velocidad de onda a valores alrededor de 900 m/s.

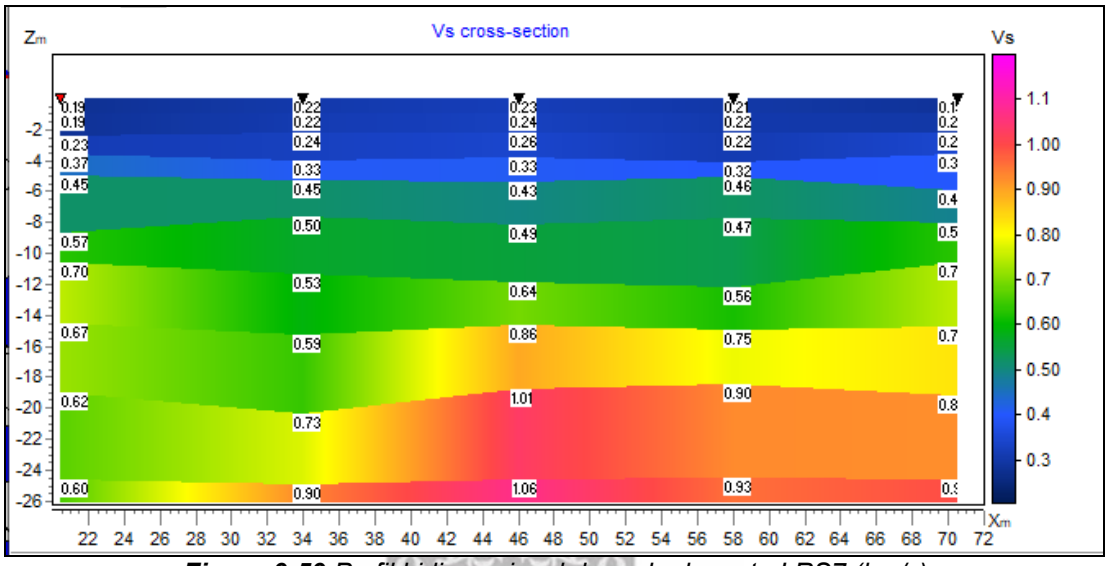
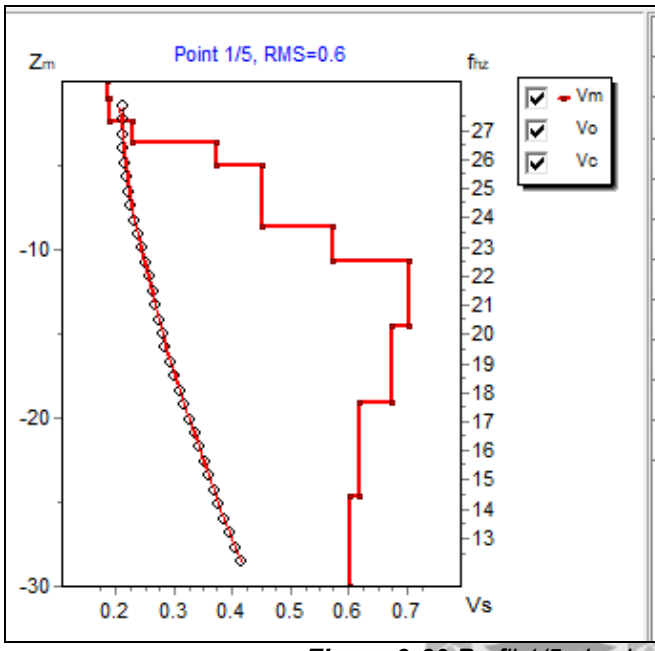


Figura 9-59 *Perfil bidimensional de onda de corte LRS7 (km/s)*

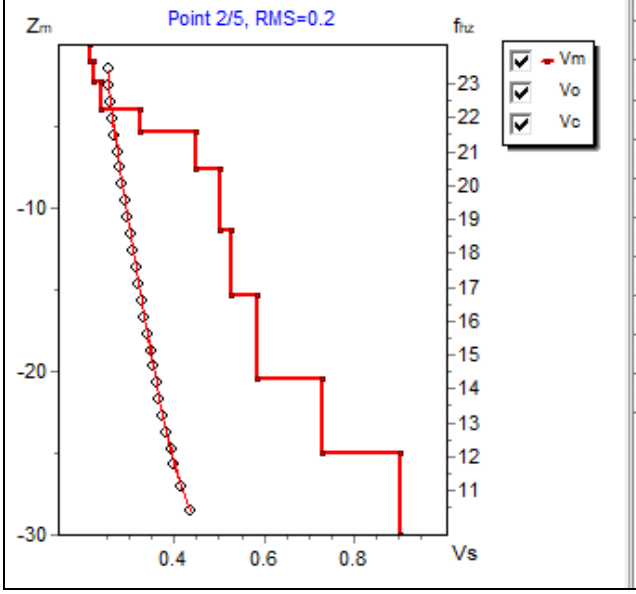
En las siguientes figuras se presentan los perfiles de velocidad de onda de corte en las abscisas señaladas (20 m, 34 m, 46 m, 58 m y 70m). En la Tabla 9-13 se presenta el perfil de suelo promedio con 506.03 m/s, que de acuerdo con la NSR-10 corresponde al perfil de suelo Tipo C. En las figuras se puede ver en general una buena correspondencia la variación del perfil de velocidad y sus magnitudes, por lo que se puede establecer una buena continuidad estratigráfica. En la misma tabla se presentan las propiedades de rigidez para pequeñas deformaciones.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano



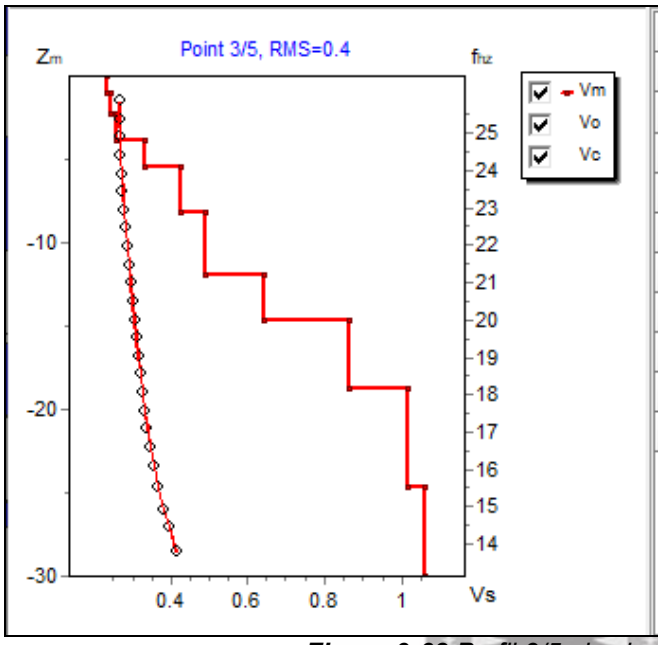
N	Vs	PR	ρ	Z	H
1	0.19	0.22	2	0	1.0
2	0.19	0.22	2	1.0	1.4
3	0.23	0.22	2	2.4	1.2
4	0.37	0.22	2	3.6	1.4
5	0.45	0.22	2	5.0	3.7
6	0.57	0.22	2	8.7	2.0
7	0.70	0.22	2	10.6	4.0
8	0.67	0.22	2	14.6	4.5
9	0.62	0.22	2	19.1	5.6
10	0.60	0.22	2	24.7	*

Figura 9-60 *Perfil 1/5 abscisa 20 m de Vs (km/s)*



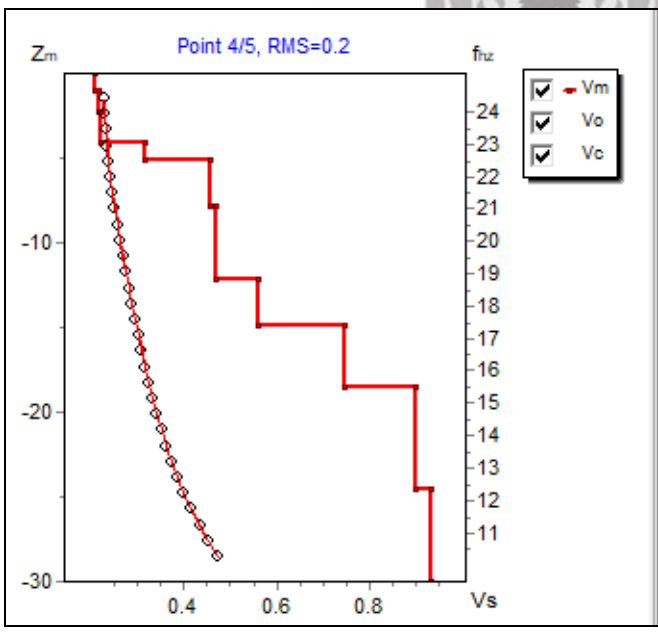
N	Vs	PR	ρ	Z	H
1	0.22	0.22	2	0	1.0
2	0.22	0.22	2	1.0	1.3
3	0.24	0.22	2	2.3	1.7
4	0.33	0.22	2	4.0	1.4
5	0.45	0.22	2	5.4	2.3
6	0.50	0.22	2	7.7	3.7
7	0.53	0.22	2	11.3	4.0
8	0.59	0.22	2	15.3	5.1
9	0.73	0.22	2	20.4	4.6
10	0.90	0.22	2	25.0	*

Figura 9-61 *Perfil 2/5 abscisa 34 m de Vs (km/s)*



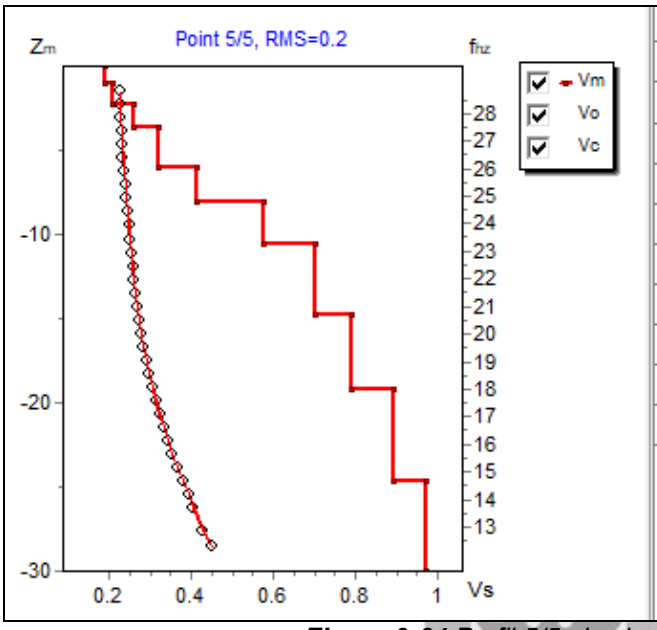
N	Vs	PR	ρ	Z	H
1	0.23	0.22	2	0	1.0
2	0.24	0.22	2	1.0	1.3
3	0.26	0.22	2	2.2	1.6
4	0.33	0.22	2	3.9	1.6
5	0.43	0.22	2	5.4	2.8
6	0.49	0.22	2	8.2	3.7
7	0.64	0.22	2	11.9	2.7
8	0.86	0.22	2	14.6	4.1
9	1.01	0.22	2	18.8	5.9
10	1.06	0.22	2	24.6	*

Figura 9-62 *Perfil 3/5 abscisa 46 m de Vs (km/s)*



N	Vs	PR	ρ	Z	H
1	0.21	0.22	2	0	1.0
2	0.22	0.22	2	1.0	1.3
3	0.22	0.22	2	2.3	1.9
4	0.32	0.22	2	4.1	1.0
5	0.46	0.22	2	5.2	2.7
6	0.47	0.22	2	7.8	4.4
7	0.56	0.22	2	12.2	2.8
8	0.75	0.22	2	14.9	3.5
9	0.90	0.22	2	18.5	6.1
10	0.93	0.22	2	24.5	*

Figura 9-63 *Perfil 4/5 abscisa 58 m de Vs (km/s)*



N	Vs	PR	ρ	Z	H
1	0.19	0.22	2	0	1.0
2	0.21	0.22	2	1.0	1.2
3	0.26	0.22	2	2.2	1.4
4	0.32	0.22	2	3.6	2.4
5	0.42	0.22	2	6.0	2.1
6	0.58	0.22	2	8.1	2.5
7	0.70	0.22	2	10.6	4.2
8	0.79	0.22	2	14.8	4.4
9	0.89	0.22	2	19.3	5.4
10	0.97	0.22	2	24.6	*

Figura 9-64 *Perfil 5/5 abscisa 70 m de Vs (km/s)*

El valor de Vp presentado en las tablas "Velocidad de onda de corte promedio y propiedades de rigidez" corresponde a la magnitud evaluada como función del Vs obtenido de manera experimental en el análisis de MASW y un valor de Poisson de 0.22 tomado por defecto en el software. Hay que tener en cuenta que en el ensayo de refracción sísmica los valores de Vp incrementan con la profundidad (no pueden identificar capas blandas), por ello se observan diferencias con los valores evaluados a partir del resultado Vs del ensayo MASW.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

Tabla 9-13. Velocidad de onda de corte promedio y propiedades rigidez

Abscisa	20.5								
Vs (m/s)	DH (m)	DH/Vs	Vs (30) m/s	Tipo de suelo NSR-10	Vp m/s	Densidad Kg/m3	Módulo de Corte Go (MPa)	Módulo confinado M (Mpa)	Módulo elástico Eo (MPa
185	0.993	0.005			309	1886.78	64.57	180.15	157.56
189	1.443	0.008			316	1831.76	65.43	182.91	159.65
229	1.154	0.005			382	1874.01	98.28	273.46	239.79
374	1.41	0.004			625	2028.10	283.68	792.22	692.18
452	3.674	0.008	473.81	C	754	2058.02	420.46	1170.02	1025.93
574	1.96	0.003			958	2130.12	701.82	1954.94	1712.45
704	3.962	0.006			1175	2181.74	1081.30	3012.16	2638.38
673	4.476	0.007			1124	2146.76	972.33	2712.17	2372.49
618	10.928	0.018			1031	2097.88	801.23	2229.97	1955.01
suma	30	0.063							
Abscisa	34								
Vs (m/s)	DH (m)	DH/Vs	Vs (30) m/s	Tipo de suelo NSR-10	Vp m/s	Densidad Kg/m3	Módulo de Corte Go (MPa)	Módulo confinado M (Mpa)	Módulo elástico Eo (MPa
217	1	0.005			363	1943.93	91.54	256.15	223.35
224	1.266	0.006			375	1898.21	95.24	266.94	232.40
242	1.722	0.007			403	1886.61	110.49	306.40	269.59
328	1.374	0.004			547	1975.80	212.56	591.18	518.66
450	2.307	0.005	473.44	C	751	2065.04	418.17	1164.68	1020.34
503	3.655	0.007			840	2078.02	525.76	1466.25	1282.85
529	4.006	0.008			883	2075.05	580.68	1617.89	1416.87
586	5.116	0.009			979	2091.89	718.35	2004.95	1752.76
729	9.555	0.013			1217	2156.70	1146.16	3194.27	2796.63
suma	30.001	0.063							
Abscisa	46								
Vs (m/s)	DH (m)	DH/Vs	Vs (30) m/s	Tipo de suelo NSR-10	Vp m/s	Densidad Kg/m3	Módulo de Corte Go (MPa)	Módulo confinado M (Mpa)	Módulo elástico Eo (MPa
234	0.999	0.004			391	1971.26	107.94	301.37	263.37
244	1.251	0.005			407	1929.61	114.88	319.64	280.31
260	1.619	0.006			434	1914.65	129.43	360.64	315.81
331	1.576	0.005			553	1978.00	216.71	604.89	528.78
427	2.758	0.006	549.88	C	713	2041.37	372.20	1037.77	908.17
489	3.74	0.008			817	2064.09	493.57	1377.76	1204.30
641	2.698	0.004			1070	2147.65	882.43	2458.84	2153.12
862	4.142	0.005			1439	2237.27	1662.39	4632.75	4056.22
1015	11.217	0.011			1693	2277.30	2346.13	6527.31	5724.56
suma	30	0.055							
Abscisa	58								
Vs (m/s)	DH (m)	DH/Vs	Vs (30) m/s	Tipo de suelo NSR-10	Vp m/s	Densidad Kg/m3	Módulo de Corte Go (MPa)	Módulo confinado M (Mpa)	Módulo elástico Eo (MPa
212	0.998	0.005			354	1935.65	87.00	242.57	212.27
219	1.264	0.006			365	1890.18	90.65	251.82	221.20
224	1.854	0.008			374	1856.46	93.15	259.67	227.29
319	1.036	0.003			532	1968.51	200.32	557.14	488.78
458	2.657	0.006	503.54	C	764	2070.12	434.24	1208.32	1059.54
472	4.377	0.009			788	2049.90	456.68	1272.87	1114.31
559	2.755	0.005			934	2096.77	655.20	1829.13	1598.69
746	3.53	0.005			1245	2186.21	1216.66	3388.68	2968.65
898	11.528	0.013			1499	2233.36	1800.99	5018.35	4394.41
suma	29.999	0.060							
Abscisa	70.5								
Vs (m/s)	DH (m)	DH/Vs	Vs (30) m/s	Tipo de suelo NSR-10	Vp m/s	Densidad Kg/m3	Módulo de Corte Go (MPa)	Módulo confinado M (Mpa)	Módulo elástico Eo (MPa
193	1.004	0.005			323	1901.30	70.82	198.36	172.80
211	1.239	0.006			352	1877.32	83.58	232.61	203.94
263	1.395	0.005			439	1923.10	133.02	370.62	324.57
323	2.352	0.007			539	1962.50	204.75	570.15	499.58
416	2.087	0.005	529.50	C	694	2033.02	351.83	979.17	858.46
577	2.51	0.004			963	2132.31	709.91	1977.44	1732.17
705	4.235	0.006			1176	2181.18	1084.10	3016.52	2645.20
791	4.435	0.006			1320	2204.46	1379.29	3841.06	3365.47
894	10.743	0.012			1492	2231.52	1783.51	4967.52	4351.77
suma	30	0.057	**506.03**	**C**					

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.

10 RESULTADO DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Con el fin de construir el modelo geológico-geotécnico de los trazados y poder asignar parámetros geotécnicos de diseño que sirvan para los diseños de las cimentaciones y la evaluación de la estabilidad de laderas, se construyó una base de datos de propiedades físico-mecánicas a partir de la información secundaria por cada uno de los estudios y las zonas de interés. En esta base de datos se tiene información asociada a la ubicación de los sondeos, profundidad, clasificación del suelo, ensayos mecánicos (corte directo, compresión inconfinada, consolidaciones), valores de N de campo entre otros. Esta base de datos se presenta en el anexo G

A partir de la información secundaria recopilada se complementó la caracterización geotécnica del área de interés. La descripción de las características geotécnicas de los materiales presentes en cada una de las alternativas de ubicación de estaciones, así como de los trazados proyectados se puede observar en el numeral 11 Modelo Geológico-geotécnico.

En la misma base de datos se incluyó la información geotécnica de campo y laboratorio obtenida en la exploración geotécnica realizada para la etapa de factibilidad del presente contrato, información que fue útil en la complementación de la información existente en área del proyecto donde no se contó con información previa. Además de la utilidad para el ajuste del modelo geológico geotécnico y el ajuste de las propiedades geotécnicas para los análisis de cimentaciones correspondientes. También la información de las líneas sísmicas permitió obtener el perfil de velocidades de ondas de corte en diferentes partes del proyecto con el fin de establecer de una manera más aproximada a la realidad el tipo de suelo para propósitos de la evaluación del espectro de diseños sismo-resistentes de las pilonas. Los resultados de laboratorio para la campaña de exploración en fase de factibilidad se encuentran en el Anexo N

El análisis geotécnico de la información existente se presenta en el siguiente capítulo, donde se presenta la caracterización y definición de los modelos geológicos geotécnicos de los diferentes componentes y alternativas del proyecto.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

11 MODELO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO

A partir de la información primaria y secundaria recolectada, se construyó el modelo geológico-geotécnico que sirvió como base para los diseños geotécnicos de las estructuras que componen el sistema del cable.

Para el diseño de cimentaciones en las zonas donde se tienen proyectadas las diferentes alternativas de estación, se utilizaron las perforaciones más cercanas y, a partir de ellas, se definieron los perfiles y propiedades geotécnicas. Cada alternativa de estación tiene un perfil típico dependiendo de la información secundaria y de la información primaria obtenida de la campaña de exploración geotécnica en fase de factibilidad.

Por otro lado, con el fin de agrupar los diseños de las cimentaciones para las pilonas, se realizó una zonificación geotécnica con perfiles y propiedades típicas obtenidas de la información primaria y secundaria. Es a partir de las propiedades de cada zona que se diseñan las cimentaciones para las pilonas de sostenimiento.

De acuerdo con lo anterior, se realiza inicialmente una descripción de los materiales típicos encontrados en cada una de las alternativas de implantación de las estaciones para posteriormente, realizar la descripción y caracterización de los materiales para cada zona geotécnica definida:

11.1.1 Portal 20 de Julio

Para las alternativas de estaciones del Portal 20 de Julio, se utilizaron las siguientes perforaciones que hacen parte del estudio de Constructora San Diego Milenio S.A. en el 2009:

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

Tabla 11-1. Sondeos de referencia estaciones Portal 20 de Julio

Alternativa de Estación	Sondeos de referencia
Alternativa 1 P. 20 de Julio	S-8 y S-11
Alternativa 4 P. 20 de Julio	S-7 y S-10
Alternativa 6 P. 20 de Julio	S-9 y S-15

Los perfiles estratigráficos típicos para cada una de las alternativas de estación en el Portal 20 de Julio se describen a continuación (Los perfiles estratigráficos elaborados se pueden ver en detalle en el anexo I):

- **Alternativa 6**

El perfil estratigráfico para la alternativa 6 de la estación del Portal 20 de Julio contiene en los primeros metros un relleno de tipo arcilloso con fragmentos de ladrillo y escombros de construcción, lo subyace unas intercalaciones de arcilla de alta y baja plasticidad con resistencias variables y posiblemente residual de la arcillolita que se encuentra por debajo de estás intercalaciones.

El perfil se definió a partir de la geología, geomorfología y de información secundaria de exploración geotécnica de estudios anteriores.

A continuación, se presentan los análisis geotécnicos referentes a la caracterización de los suelos de esta zona como la definición del perfil representativo junto con sus propiedades para los análisis pertinentes.

- **Nivel Freático**

En cada uno de los sondeos ejecutados se realizaron lecturas de niveles de agua por día antes de iniciar actividades y al finalizar, encontrando que el nivel de agua freática en esta zona está alrededor de 2.0 m, valor base para los análisis geotécnicos correspondientes.

- **Humedad natural (Wn), límite líquido (LL), límite plástico (LP), índice de plasticidad (IP) e índice de consistencia (IC)**

De acuerdo con lo que se muestra en la Figura. 11-1. Variación de Wn, LL e LP en profundidad – Alternativa 6, se observa que los materiales que componen el perfil del subsuelo en esta zona tienen valores de límite plásticos que varían entre 16 y 30%, la humedad natural oscila entre 10 y 34%, por otro lado, el límite liquido oscila entre 36 y 81% donde se observan las intercalaciones de plasticidad en el material a lo largo de la profundidad

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

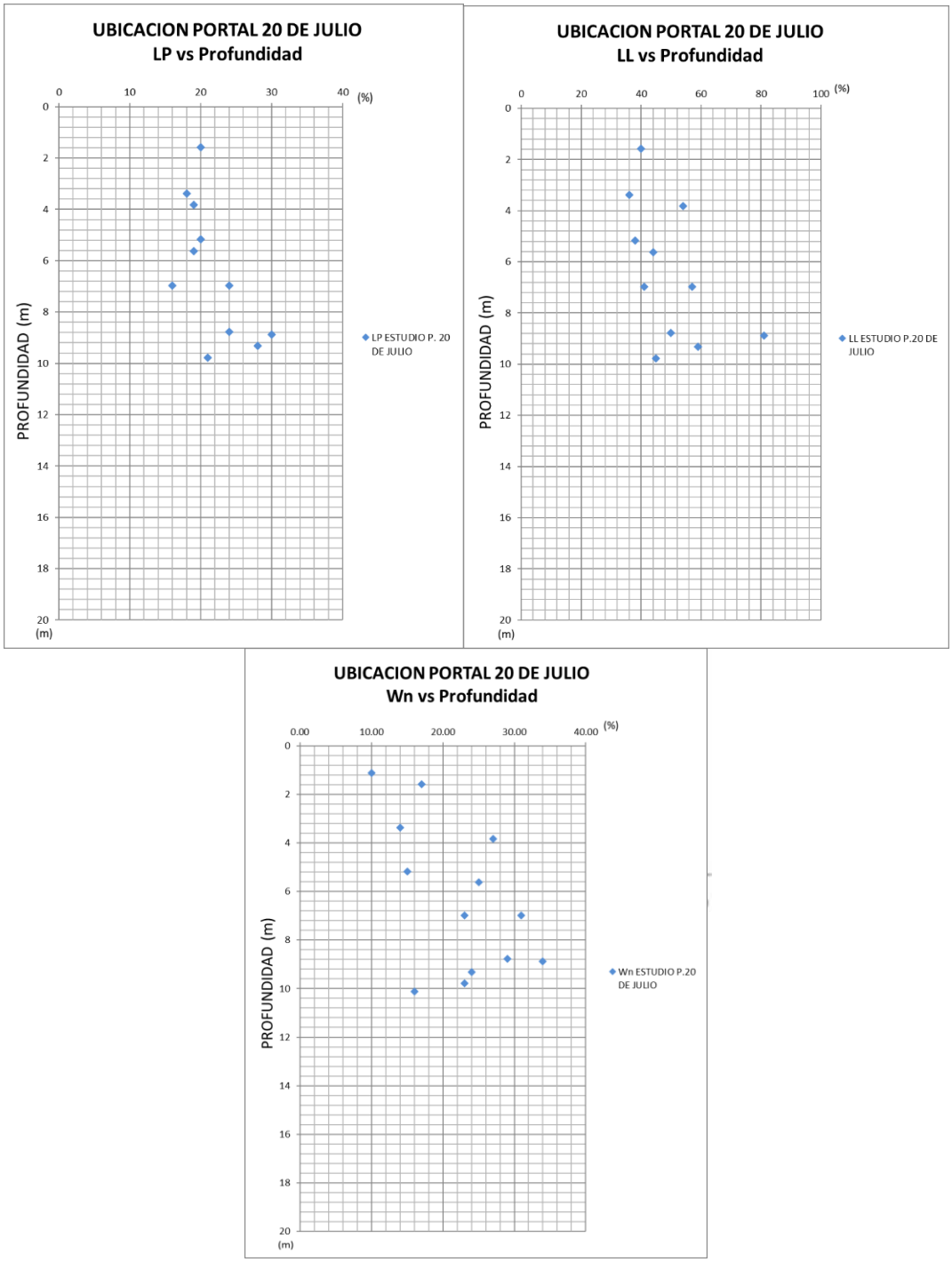


Figura. 11-1. *Variación de Wn, LL e LP en profundidad –Alternativa 6*

- **Composición granulométrica y clasificación de suelos por el método unificado**

Los suelos en la zona se componen de una gran cantidad de finos y en poca proporción se encuentra un porcentaje de arenas.

Superficialmente, entre los 0 y 3m de profundidad se encuentra una capa compuesta por una arcilla de baja plasticidad con contenido de ladrillo y material de construcción (CL), entre los 3m y los 9m se encuentra la intercalación de arcilla de baja y alta plasticidad (CL Y CH) con alto contenido de finos, después de los 9m se encuentra el comienzo de la arcillolita.

- **Peso unitario total (γt)**

En la Figura. 11-2. Variación de □t en profundidad – Alternativa 6 se muestra la variación del peso unitario en estado natural de los materiales que componen el perfil del suelo, encontrando que entre los 6 y los 10m de profundidad este parámetro toma un valor medio de 20kN/m^3.

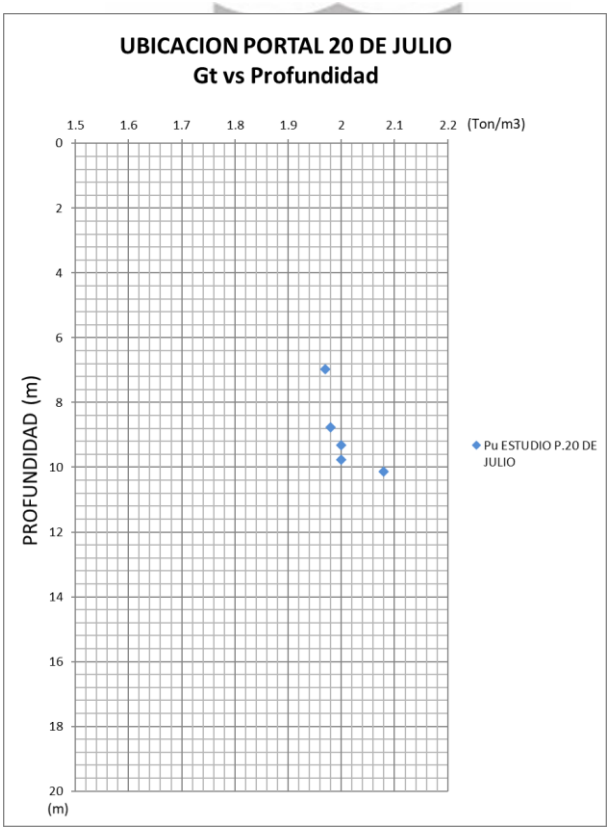


Figura. 11-2. *Variación de □t en profundidad – Alternativa 6*

- **Parámetros de resistencia (Resistencia al corte no drenado (Cu)**

Teniendo en cuenta que los materiales encontrados tienen comportamiento cohesivo, el parámetro para evaluar la resistencia de los suelos del sitio corresponde a la resistencia al corte no drenado, la cual se obtuvo a partir de ensayos in situ de penetración estándar (SPT) y de ensayos de laboratorio de compresión inconfinada. En la Figura. 11-3. Variación de N campo y Cu – Alternativa 6 se muestra la variación de Cu encontrado que esta varía entre 100 y 460 kPa para el rango entre los 7 y 10 m de profundidad.

Por otro lado, se observa que los resultados del número de golpes por pie en las diferentes perforaciones que se efectuaron en esta zona, son variables y se encuentran valores entre los 2 golpes hasta los 79 golpes (Los valores atípicos no son tenidos en cuenta para el cálculo de los parámetros de diseño).

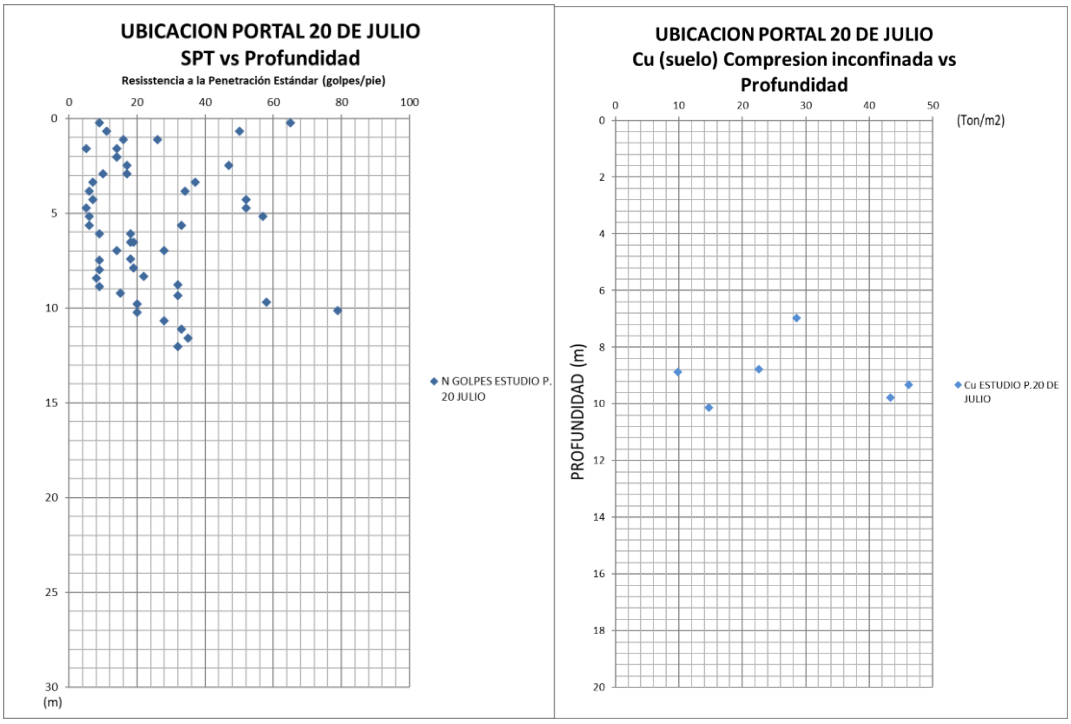


Figura. 11-3. *Variación de N campo y Cu – Alternativa 6*

- **Perfil geotécnico promedio**

De acuerdo con los análisis de variabilidad de las propiedades geotécnicas de esta zona se define el perfil geotécnico representativo junto con sus parámetros que representan la tendencia media en la siguiente tabla. Se toma el sondeo S-15 como representativo para este perfil puesto que es el más crítico y cercano a la zona de implantación de la alternativa (en el Anexo J se presenta el cálculo de los parámetros geotécnicos de las perforaciones utilizadas para definir los modelos):

Tabla 11-2 Perfil Geotécnico Alternativa 6

Prof. (m)		Descripción	SUCS	N campo	Y (kN/m^3)	Wn (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	Grava (%)	Arena (%)	Fino (%)	Cu (kPa)	Es (KPa)	Φ' (°)
0	3.0	Relleno arcilloso con fragmentos de ladrillo	CL	13		13.5	40	20	20	0	0	100	56	28057	
3.0	9.2	Intercalaciones de arcilla de alta y baja plasticidad	CL-CH	6	19.60	22.5	45	19.33	25.67	0	3.57	96.43	29.7	14850	
9.2	12	Intercalaciones de arcilla de alta y baja plasticidad	CL-CH	28	19.60	31.5	65.5	27	38.5	0	4.93	95.08	120	60000	
12	>	Arcillolita	-	69	20.40	20	45	21	24	0	0	100	290	145000	

Nota: los parámetros se determinaron a partir de correlaciones de acuerdo con la metodología descrita anteriormente.

Después de los 12.0 m, se consideró el afloramiento de la roca, razón por la cual se toman los parámetros de este material a partir de esta profundidad y que se observa en el sondeo S-9.

El perfil estratigráfico típico se presenta a continuación:

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

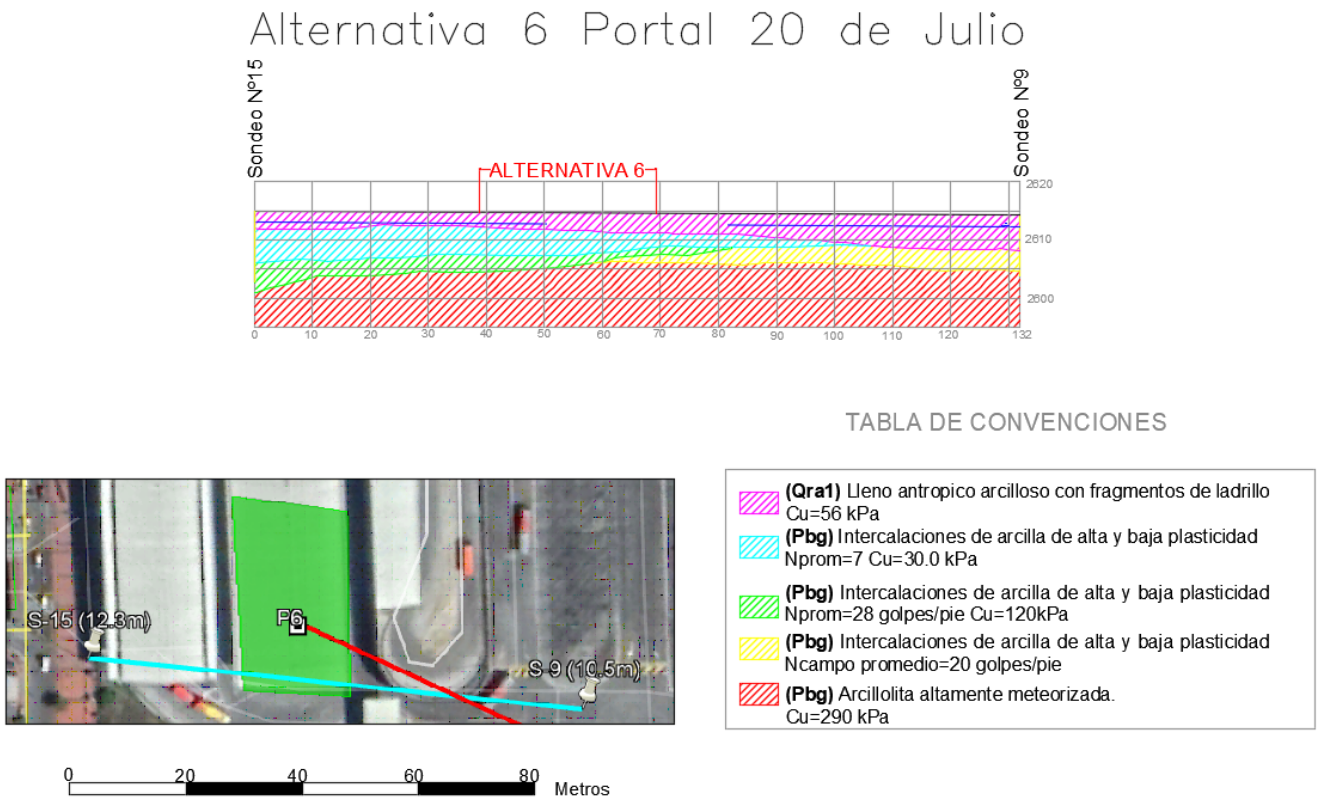


Figura. 11-4. *Perfil estratigráfico típico Portal 20 de Julio-Alternativa 6.*

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

- **Alternativa 1**

El perfil estratigráfico para la alternativa 1 de la estación del Portal 20 de Julio contiene primeramente un relleno antrópico con contenido de residuos de construcción, lo subyace una capa de arcilla dura con presencia de arenas, seguido a esta capa se encuentra un estrato de arena que los primeros 2m aproximadamente es de consistencia media y a medida que se profundiza en el estrato se observa una arena de consistencia densa, que posiblemente es residual de la arenisca que la subyace.

El perfil se definió a partir de la geología, geomorfología y de información secundaria de exploración geotécnica de estudios anteriores.

A continuación, se presentan los análisis geotécnicos referentes a la caracterización de los suelos de esta zona como la definición del perfil representativo junto con sus propiedades para los análisis pertinentes.

- **Nivel Freático**

En cada uno de los sondeos ejecutados se realizaron lecturas de niveles de agua por día antes de iniciar actividades y al finalizar, encontrando que el nivel de agua freática en esta zona está alrededor de 2.5 m, valor base para los análisis geotécnicos correspondientes.

- **Humedad natural (Wn), límite líquido (LL), límite plástico (LP), índice de plasticidad (IP) e índice de consistencia (IC)**

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

De acuerdo con lo que se muestra en la Figura. 11-5. Variación de Wn, LL y LP en profundidad – Alternativa 1, se observa que los materiales que componen el perfil del subsuelo en esta zona tienen valores de límite plásticos que varían entre 13 y 19%, la humedad natural oscila entre 13 y 36%, por otro lado, el límite liquido oscila entre 30 y 45%.

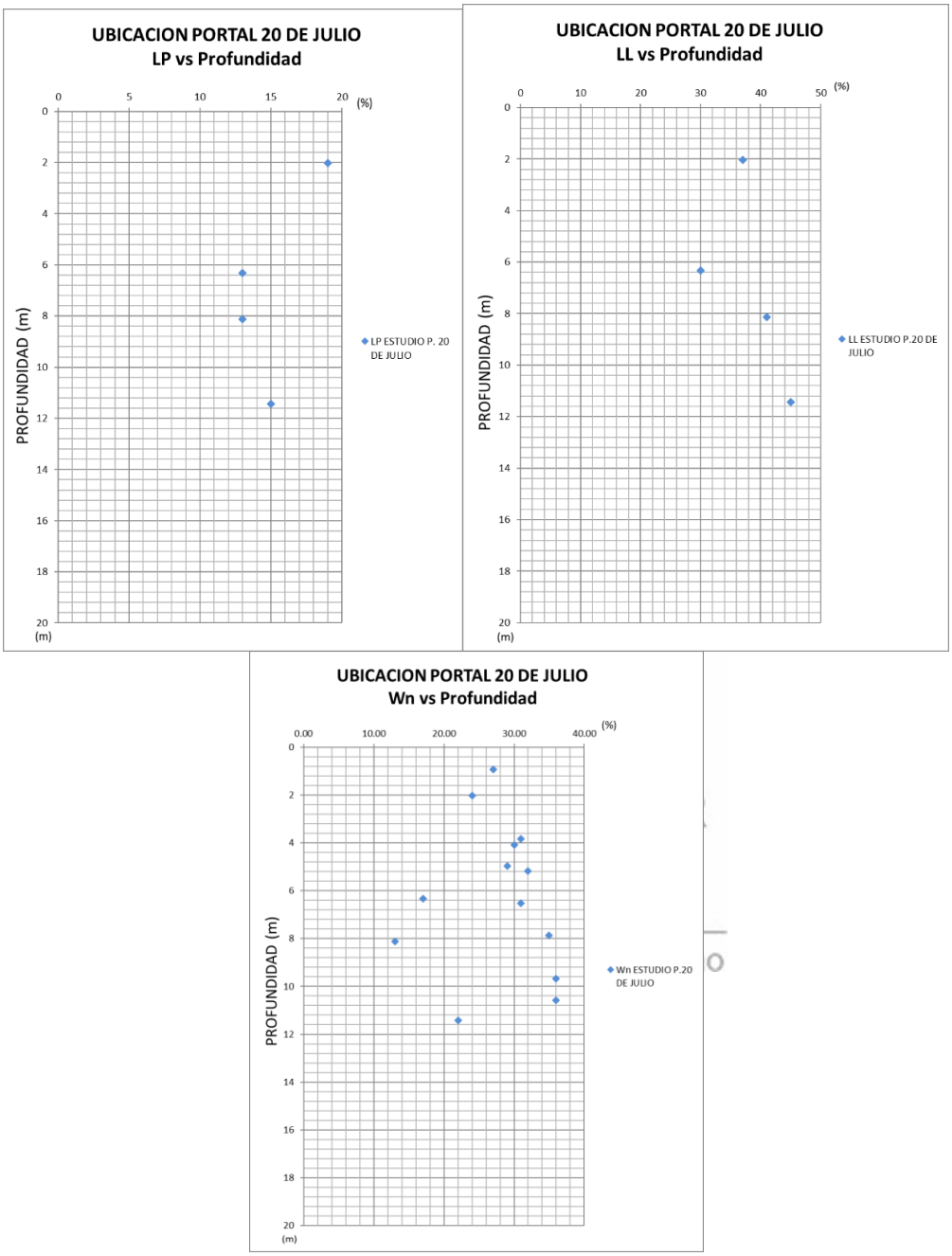


Figura. 11-5. *Variación de Wn, LL y LP en profundidad – Alternativa 1*

- **Composición granulométrica y clasificación de suelos por el método unificado**

En los primeros metros se observa una gran cantidad de finos y a medida que se aumenta en profundidad se aumenta la cantidad del porcentaje de arenas en el material.

Superficialmente, entre los 0 y 0.5m de profundidad se encuentra una capa de relleno antrópico que contiene residuos de construcción, entre los 0.5 y 5.3m se encuentra un estrato de arcilla dura de baja plasticidad (CL) y tiene un 83% de finos en su composición granulométrica, la subyace una capa de arena limosa media con contenido de finos (SM) de los 5.3m a los 7.0m, seguido a esto se encuentra una arena limosa dura (SM) con un contenido de arenas del 71% de los 7.0m a los 11.0m.

- **Peso unitario total (γt)**

En la Figura. 11-6. Variación de Gt en profundidad – Alternativa 1 se muestra la variación del peso unitario en estado natural de los materiales que componen el perfil del suelo, encontrando que entre los 0.5 y los 5.3m de profundidad este parámetro toma un valor medio de 17.96 kN/m^3, de los 5.3m y los 7.0m este parámetro toma un valor medio de 24.33 kN/m^3 y entre los 7.0m y los 11.0m este parámetro toma un valor medio de 22.67 kN/m^3.

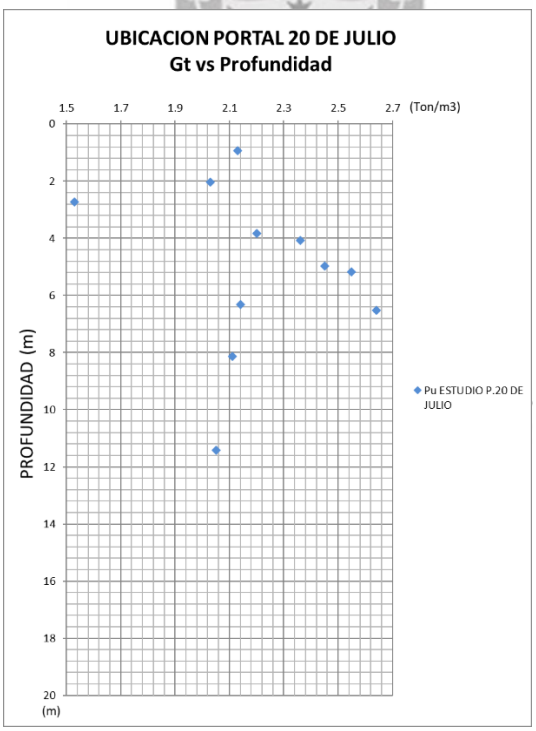


***Figura. 11-6**. Variación de Gt en profundidad – Alternativa 1*

- **Parámetros de resistencia (Resistencia al corte no drenado (Cu)**

Teniendo en cuenta que los materiales encontrados tienen comportamiento cohesivo, el parámetro para evaluar la resistencia de los suelos del sitio corresponde a la resistencia al corte no drenado, la cual se obtuvo a partir de ensayos in situ de penetración estándar (SPT) y de ensayos de laboratorio de compresión inconfinada. En la Figura. 11-7. Variación de N campo y Cu – Alternativa 1 se muestra la variación de Cu encontrado que este varía entre 100 y 440 kPa para el rango de entre los 1 y 11m de profundidad.

Por otro lado, se observa que los resultados del número de golpes por pie en las diferentes perforaciones que se efectuaron en esta zona, son variables y se encuentran valores entre los 8 golpes hasta los 90 golpes (Los valores atípicos no son tenidos en cuenta para el cálculo de los parámetros de diseño).

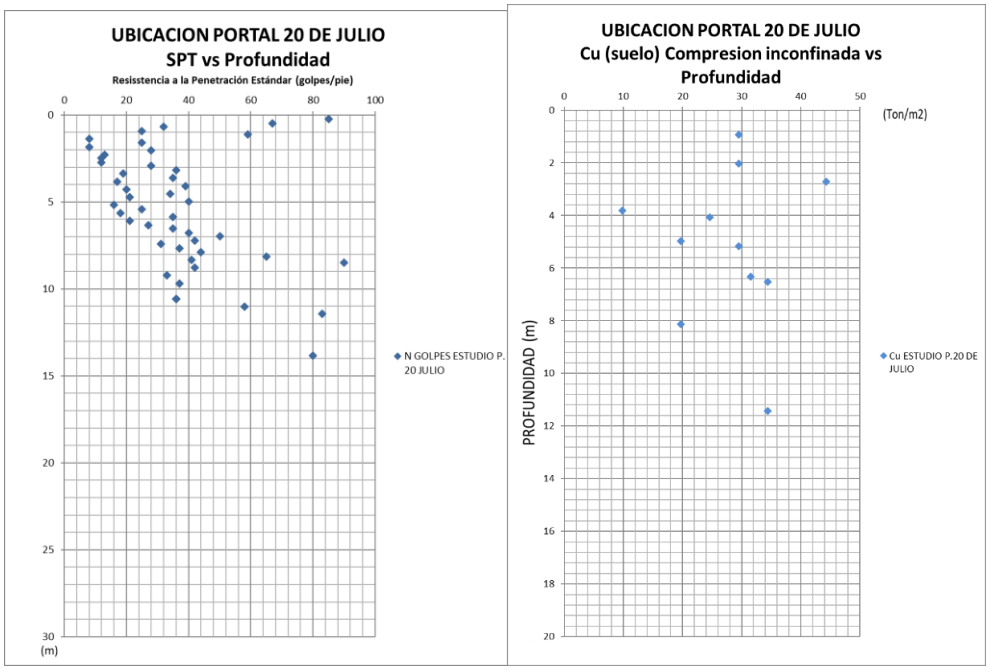


***Figura. 11-7**. Variación de N campo y Cu – Alternativa 1*

- **Perfil geotécnico promedio**

De acuerdo con los análisis de variabilidad de las propiedades geotécnicas de esta zona se define el perfil geotécnico representativo junto con sus parámetros que representan la tendencia media en la siguiente tabla (en el Anexo J se presenta el cálculo de los parámetros geotécnicos de las perforaciones utilizadas para definir los modelos):

Tabla 11-3 Perfil Geotécnico de la Alternativa 1

Prof. (m)		Descripción	SUCS	N campo	Ɣ (kN/m³)	Wn (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	Grava (%)	Arena (%)	Fino (%)	Cu (kPa)	Es (KPa)	Φ' (°)
0	0.5	Relleno	-	-		-	-	-	-	-	-	-			
0.5	5.4	Arcilla dura de color café oscuro con presencia de arenas	CL	33	19.6	29	37	19	18	0	26.62	73.38	120	60000	
5.4	7	Arena media	SM	19	23.3	31	NL	NP	-	-	-	-		10916	29
7	11.5	Arena densa, posiblemente residual	SM	39	25.8	35.67	-	-	-	0	71	29		22406	32
11.5	>	Arenisca	-	73	20.11									41939	38

Nota: los parámetros se determinaron a partir de correlaciones de acuerdo con la metodología descrita anteriormente.

Para la definición de parámetros y perfil característico, se utilizaron las perforaciones S-8 y S-11 del estudio del Portal 20 de Julio. En estos sondeos, los estratos identificados tienen profundidades y espesores diferentes y puede que no tengan continuidad entre perforaciones. Para la definición de las propiedades y parámetros en la estación producto de la interpolación de capas, se tomaron las propiedades de los estratos que allí aparecen. Por ejemplo, en el sondeo S-8 aparece un estrato blando entre 0.50 m y 3.00 m que no aparece en el sondeo S-11 ni en la zona de implantación de la alternativa 1, motivo por el cual no se tuvieron en cuenta los valores de SPT de este estrato.

El perfil estratigráfico típico se presenta a continuación:

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

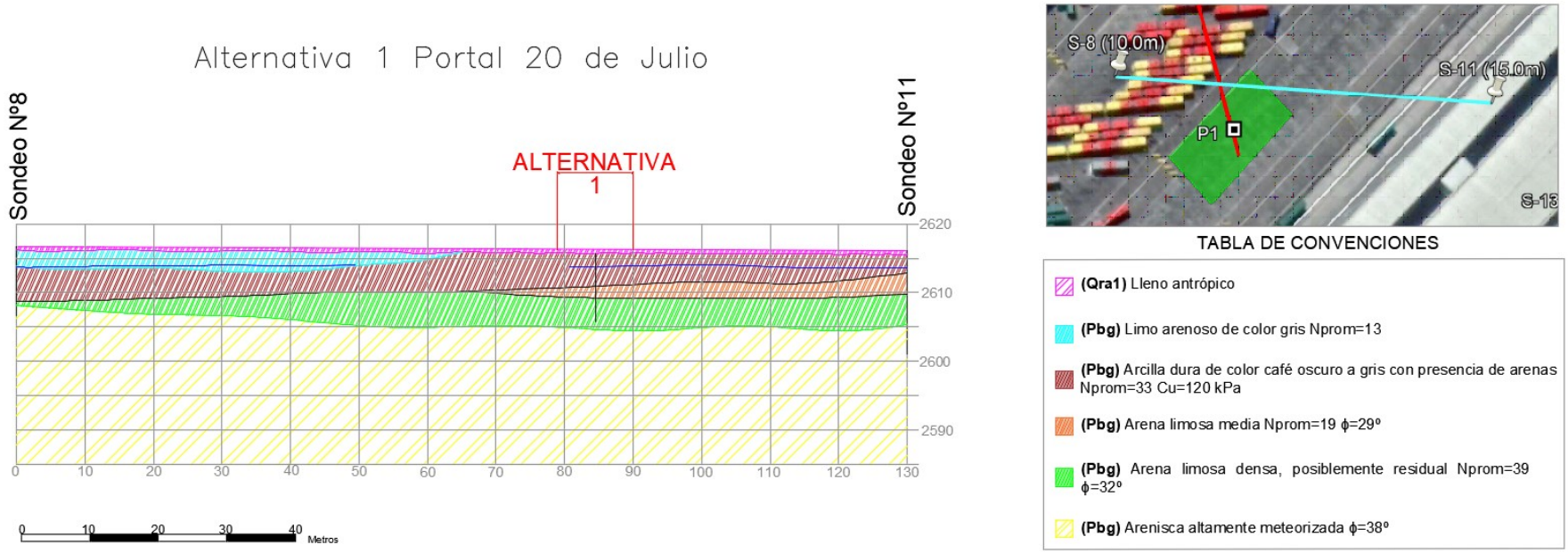


Figura. 11-8. *Perfil estratigráfico típico Portal 20 de Julio-Alternativa 1*

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

- **Alternativa 4**

El perfil estratigráfico para la alternativa 4 de la estación del Portal 20 de Julio contiene primeramente un relleno antrópico con contenido de residuos de construcción, lo subyace una capa de arcilla de baja plasticidad con contenido de arenas, seguido a esta capa se encuentra un suelo residual de la arenisca que lo subyace.

El perfil se definió a partir de la geología, geomorfología y de información secundaria de exploración geotécnica de estudios anteriores.

A continuación, se presentan los análisis geotécnicos referentes a la caracterización de los suelos de esta zona como la definición del perfil representativo junto con sus propiedades para los análisis pertinentes.

- **Nivel Freático**

En cada uno de los sondeos ejecutados se realizaron lecturas de niveles de agua por día antes de iniciar actividades y al finalizar, encontrando que el nivel de agua freática en esta zona está alrededor de 1.4 m, valor base para los análisis geotécnicos correspondientes.

- **Humedad natural (Wn), límite líquido (LL), límite plástico (LP), índice de plasticidad (IP) e índice de consistencia (IC)**

De acuerdo con lo que se muestra en la Figura. 11-9. Variación de Wn, LL y LP en profundidad – Alternativa 4, se observa que los materiales que componen el perfil del subsuelo en esta zona tienen valores de límite plásticos que varían entre 15 y 39%, la humedad natural oscila entre 10 y 30%, por otro lado, el límite liquido oscila entre 26 y 51%.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

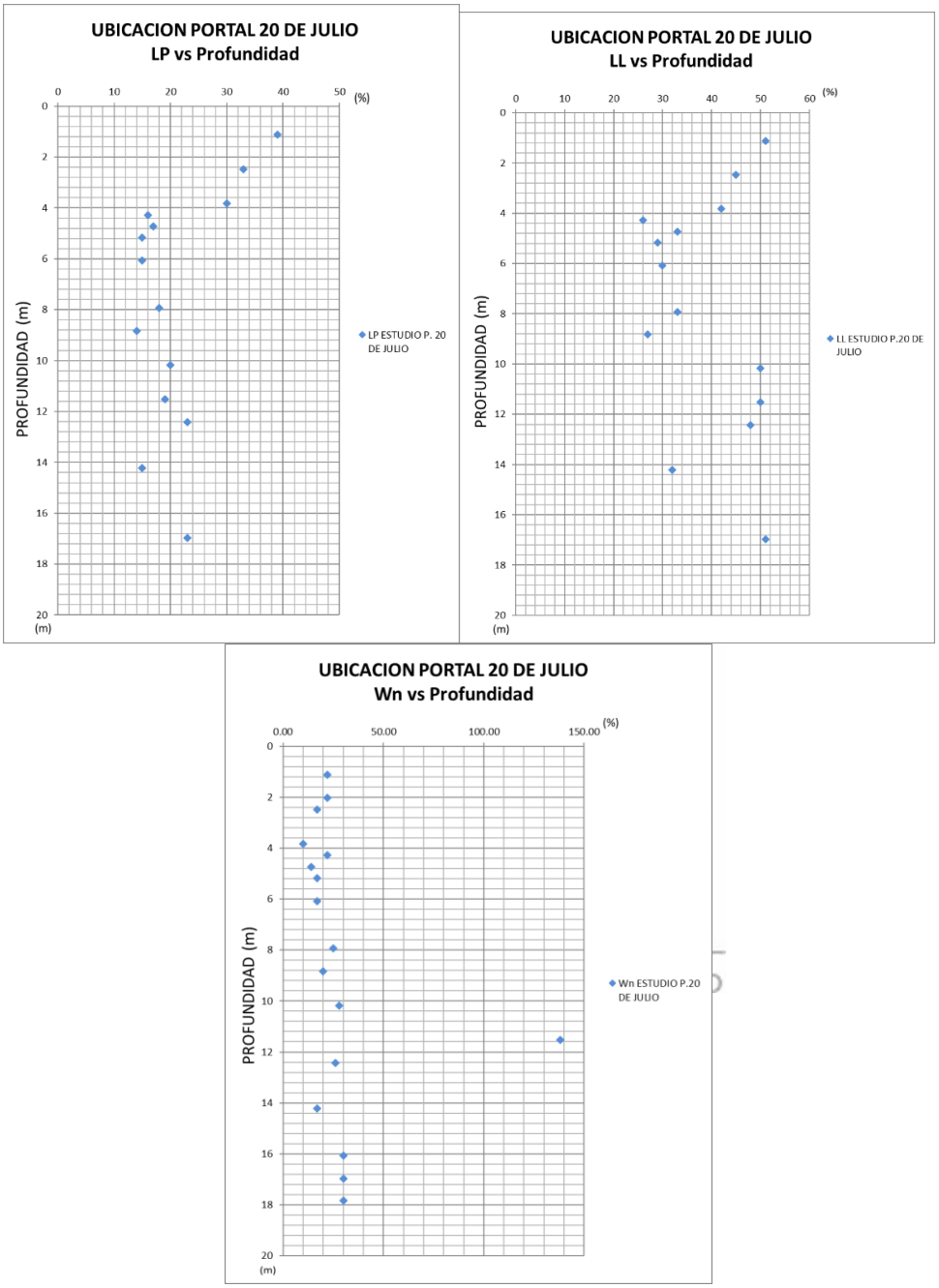


Figura. 11-9. *Variación de Wn, LL y LP en profundidad – Alternativa 4*

- **Composición granulométrica y clasificación de suelos por el método unificado**

Se evidencia la homogeneidad de los suelos con respecto a su composición granulométrica, donde se encuentran con aproximadamente 80% de finos en su composición.

Superficialmente, entre los 0 y 0.9m de profundidad se encuentra una capa de relleno antrópico que contiene residuos de construcción, entre los 0.9 y 2.7m se encuentra un estrato de arcilla de baja plasticidad (CL) y tiene un 80% de finos en su composición granulométrica, la subyace una capa de suelo residual de arenisca (SM-CL) y continua luego la arenisca que está altamente meteorizada.

- **Peso unitario total (γt)**

En la Figura. 11-10. Variación de γt en profundidad – Alternativa 4 se muestra la variación del peso unitario en estado natural de los materiales que componen el perfil del suelo, encontrando que entre los 0.9 y los 2.7m de profundidad este parámetro toma un valor medio de 17.45 kN/m^3 y de los 4.95 m hacia adelante este parámetro toma un valor medio de 19.61 kN/m^3.

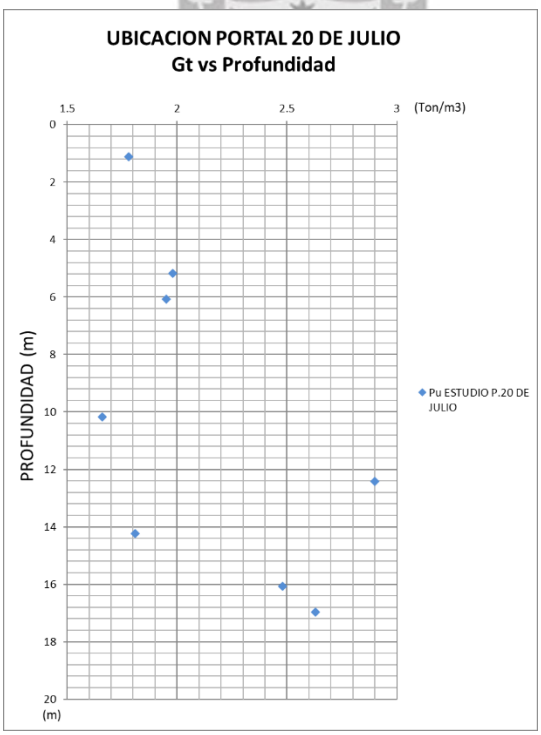


***Figura. 11-10**. Variación de γt en profundidad – Alternativa 4*

- **Parámetros de resistencia (Resistencia al corte no drenado (Cu)**

Teniendo en cuenta que los materiales encontrados tienen comportamiento cohesivo, el parámetro para evaluar la resistencia de los suelos del sitio corresponde a la resistencia al corte no drenado, la cual se obtuvo a partir de ensayos in situ de penetración estándar (SPT) y de ensayos de laboratorio de compresión inconfinada. En la Figura. 11-11. Variación de N campo y Cu – Alternativa 4 se muestra la variación de Cu encontrado que este varía entre 190 y 490 kPa para el rango de entre los 2 y 5m de profundidad.

Por otro lado, se observa que los resultados del número de golpes por pie en las diferentes perforaciones que se efectuaron en esta zona, son variables y se encuentran valores entre los 2 golpes hasta los 90 golpes (Los valores atípicos no son tenidos en cuenta para el cálculo de los parámetros de diseño).

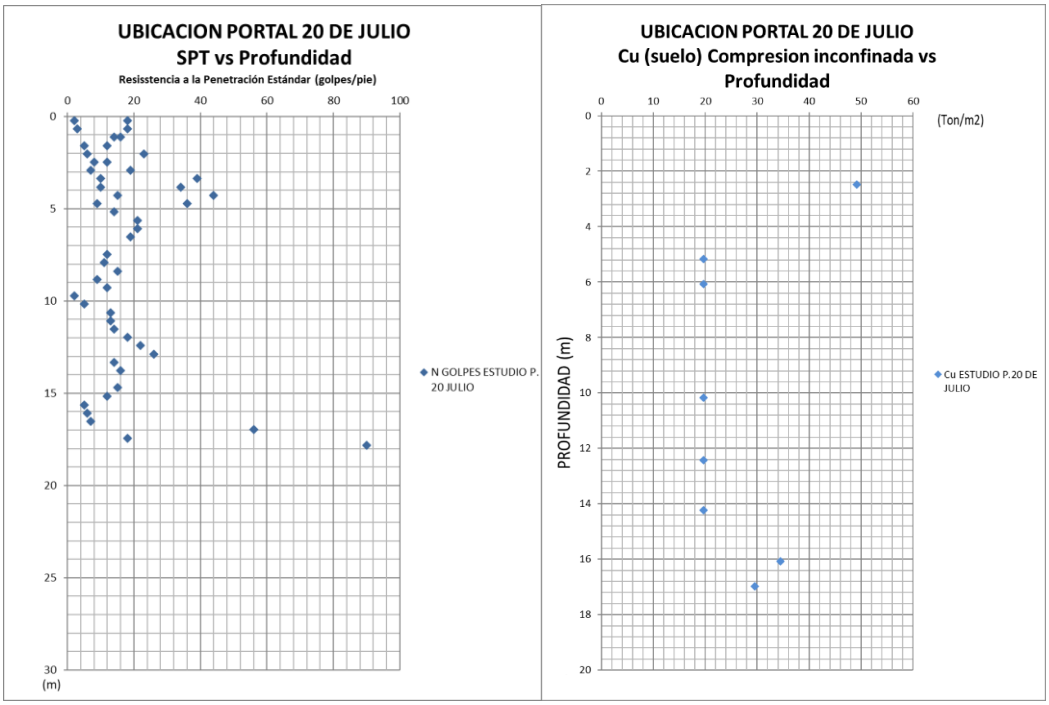


Figura. 11-11. *Variación de N campo y Cu – Alternativa 4*

- **Perfil geotécnico promedio**

De acuerdo con los análisis de variabilidad de las propiedades geotécnicas de esta zona se define el perfil geotécnico representativo junto con sus parámetros que representan la tendencia media en la siguiente tabla: dado que el perfil de suelo es variable entre el sondeo 10 y el sondeo 7, el perfil se define de acuerdo con el sondeo 7 debido a que la alternativa queda muy cerca a este sondeo, de todos modos es importante notar que por la condiciones del sitio se puede presentar variación lateral del perfil que debe ser debidamente identificado en la etapa

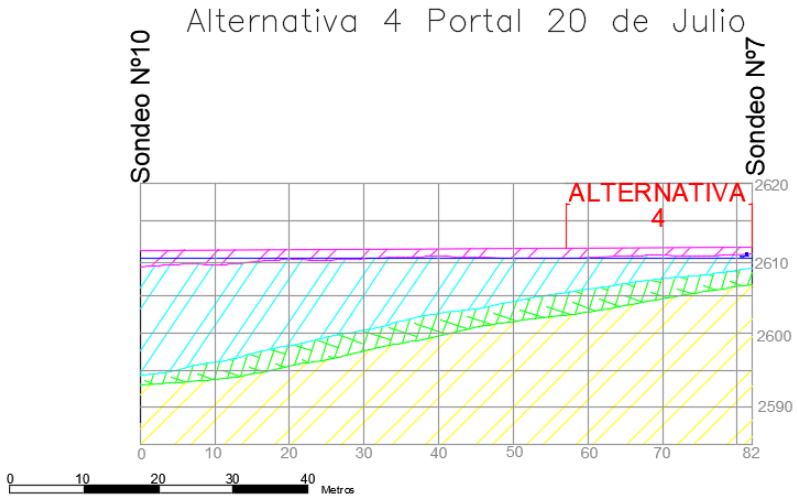
de diseños detallados si esta alternativa resulta seleccionada (en el Anexo J se presenta el cálculo de los parámetros geotécnicos de las perforaciones utilizadas para definir los modelos):

Tabla 11-4. Perfil geotécnico de la alternativa 4

Prof. (m)		Descripción	SUCS	N campo	Y (kN/m^3)	Wn (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	Grava (%)	Arena (%)	Fino (%)	Cu (kPa)	Es (kPa)	Φ' (°)
0	0.9	Relleno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
0.9	4.25	Arcilla de baja plasticidad con contenido de arenas	CL	11	17.5	20.33	48	36	12	0.14	28.93	70.93	47.3	23650	
4.25	6.85	Arena densa	SM-CL	34	25.8	15.33	33.67	21	12.67	0	31.35	68.85		19533	34
6.85	>	Arenisca	-	73	20.11	-	-	-	-	-	-	-		41939	38

Nota: los parámetros se determinaron a partir de correlaciones de acuerdo con la metodología descrita anteriormente. El perfil estratigráfico típico se presenta a continuación:

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano



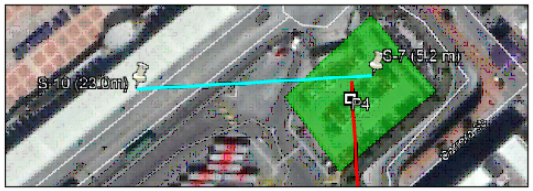


TABLA DE CONVENCIONES

(Qra1) Lleno antrópico

(Pbg) Arcilla de baja plasticidad con contenido de arenas Nprom campo = 11 Cu=47.3kPa

(Pbg) Suelo residual de arenisca Nprom= 34 ϕ=34º

(Pbg) Arenisca altamente meteorizada ϕ=38º

Figura. 11-12. Perfil estratigráfico típico Portal 20 de Julio-Alternativa 4

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

Para las estaciones de La Victoria y Altamira se tomó como referencia los sondeos del estudio de Factibilidad realizados por INTEINSA en el 2013. Las perforaciones de referencia son las siguientes:

Tabla 11-5. Sondeos de referencia estaciones La Victoria y Altamira

Alternativa de Estación	Sondeos de referencia
La Victoria	P-2
Alternativas 2, 3 y 5 Altamira	P-3

Los perfiles estratigráficos típicos para las estaciones La Victoria y Altamira describen a continuación (Los perfiles estratigráficos elaborados se pueden ver en detalle en el anexo I)

11.1.2 Estación La Victoria

El perfil estratigráfico para la Estación intermedia La Victoria contiene en el primer metro un relleno de material orgánico con arena fina y escombros de construcción, en su parte inferior se logra identificar un depósito en matriz arcillosa limosa y/o arcillo arenosa, en el estrato inmediatamente inferior se encuentra un depósito fluvioglaciar en matriz arcillosa de alta plasticidad con presencia de gravas, subyace un suelo residual arcilloso de baja plasticidad, es muy posible que en la parte inferior a este suelo residual se pueda encontrar arcillolita.

El perfil se definió a partir de la geología, geomorfología y de información secundaria de exploración geotécnica de estudios anteriores.

A continuación, se presentan los análisis geotécnicos referentes a la caracterización de los suelos de esta zona como la definición del perfil representativo junto con sus propiedades para los análisis pertinentes.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

- **Nivel Freático**

En estos sondeos ejecutados se han realizado tomas de nivel de agua durante el inicio y al finalizar las actividades que se realizan diariamente, encontrando un nivel freático en este punto a una profundidad de 2.0 m, valor base para los análisis geotécnicos correspondientes.

- **Humedad natural (Wn), límite líquido (LL), límite plástico (LP), índice de plasticidad (IP) e índice de consistencia (IC)**

De acuerdo con lo que se muestra en la Figura. 11-13. Variación de Wn, LL e LP en profundidad – Estación La Victoria se observa que los materiales que componen el perfil del subsuelo en esta zona tienen valores de límite plásticos que varían entre 18 y 23 % con un promedio general de 20.54%, la humedad natural oscila entre 16 y 27% con un promedio de 22.39%, por otro lado, el

límite liquido oscila entre 22 y 44% donde se logra evidenciar que la totalidad del perfil pareciera presentar baja plasticidad.

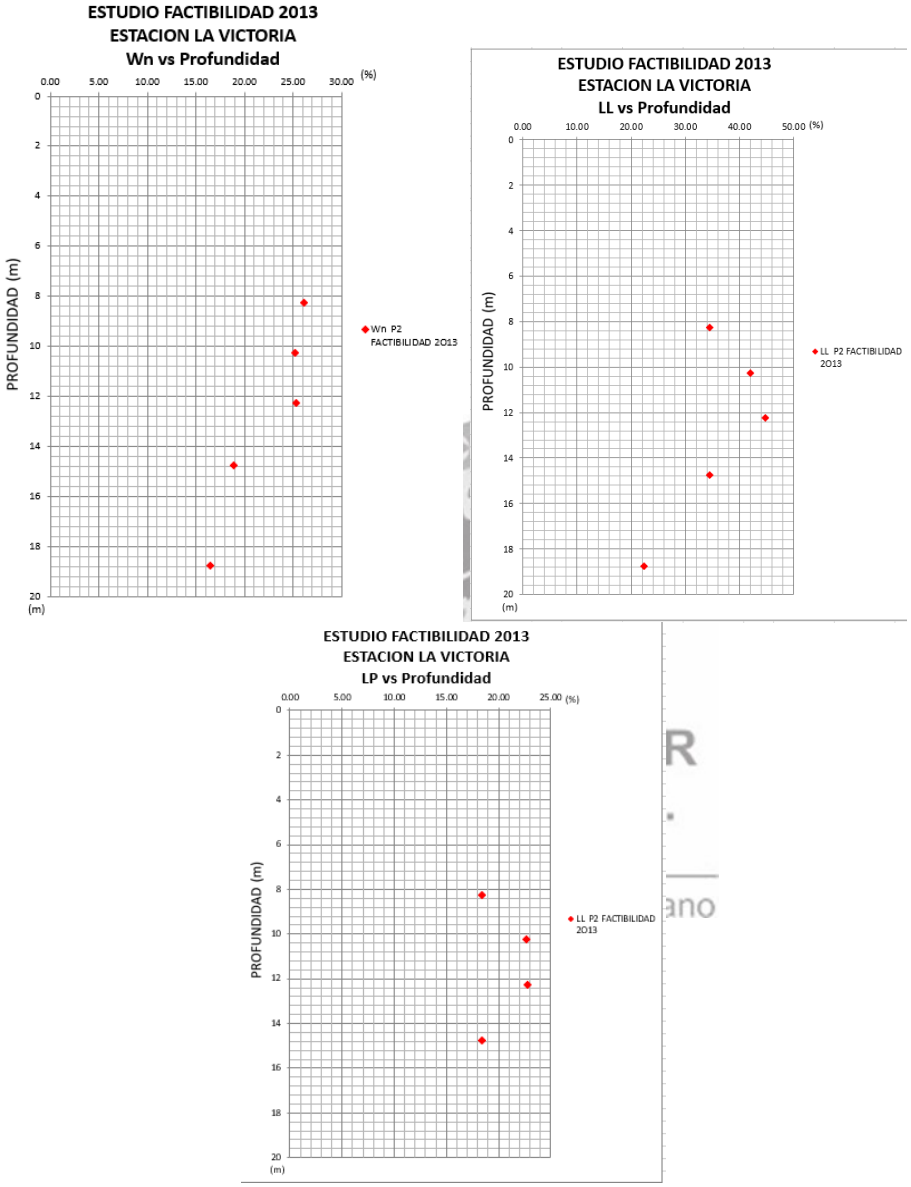


***Figura. 11-13**. Variación de Wn, LL e LP en profundidad –Estación La Victoria*

- **Composición granulométrica y clasificación de suelos por el método unificado**

Se evidencia la homogeneidad de los suelos en la zona, los cuales se componen de un gran porcentaje de finos, así como bajos o nulos porcentajes de arenas y gravas.

Superficialmente se logra evidenciar que en el primer metro se cuenta con un suelo de relleno con material orgánico y con residuos de construcción, desde el primer metro y hasta los 7 m se encuentra con un relleno en matriz arcilloso limosa y/o arcillo arenosa en la cual se encuentra clastos subredondeados hasta de 6 cm, en la parte inferior por debajo de los 7 m y hasta los 16.5 m se encuentra un depósito fluvioglaciar de arcilla de alta plasticidad (CH) con presencia de clastos de 3 cm hasta 50 cm en algunos casos, desde los 16.5 m y hasta los 19 m el suelo se encuentra mucho más homogéneo contando con arcillas de baja plasticidad (CL) y algún porcentaje menor de gravas cerca a los 19 m de profundidad.

- **Peso unitario total (γt)**

En la Figura. 11-14. Variación de Gt en profundidad Estación La Victoria se muestra la variación del peso unitario en estado natural de los materiales que componen el perfil del suelo, encontrando que entre los 7 y los 16.5m de profundidad este parámetro toma un valor promedio de 19.31kN/m^3.

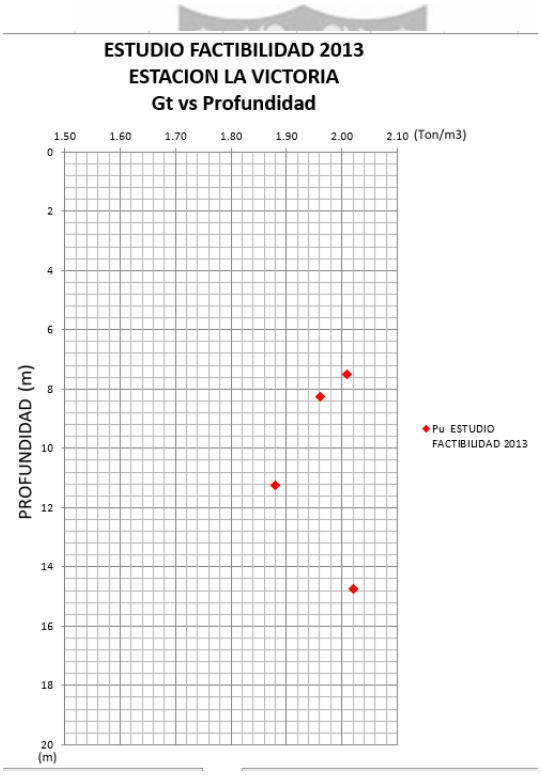


***Figura. 11-14**. Variación de Gt en profundidad Estación La Victoria*

- **Parámetros de resistencia (Resistencia al corte no drenado (Cu)**

Teniendo en cuenta que los materiales encontrados tienen comportamiento cohesivo, el parámetro para evaluar la resistencia de los suelos del sitio corresponde a la resistencia al corte

no drenado, la cual se obtuvo a partir de ensayos in situ de penetración estándar (SPT) y de ensayos de laboratorio de compresión inconfinada. En la Figura. 11-15. Variación de N campo y Cu Estación La Victoria se muestra la variación de Cu encontrado que esta varía entre 64 y 120 kPa para el rango de entre el primer metro y los 19 m de profundidad.

Por otro lado, se observa que los resultados del número de golpes por pie en las diferentes perforaciones que se efectuaron en esta zona, son variables y se encuentran valores entre los 13 golpes hasta los 52 golpes (Los valores atípicos no son tenidos en cuenta para el cálculo de los parámetros de diseño).

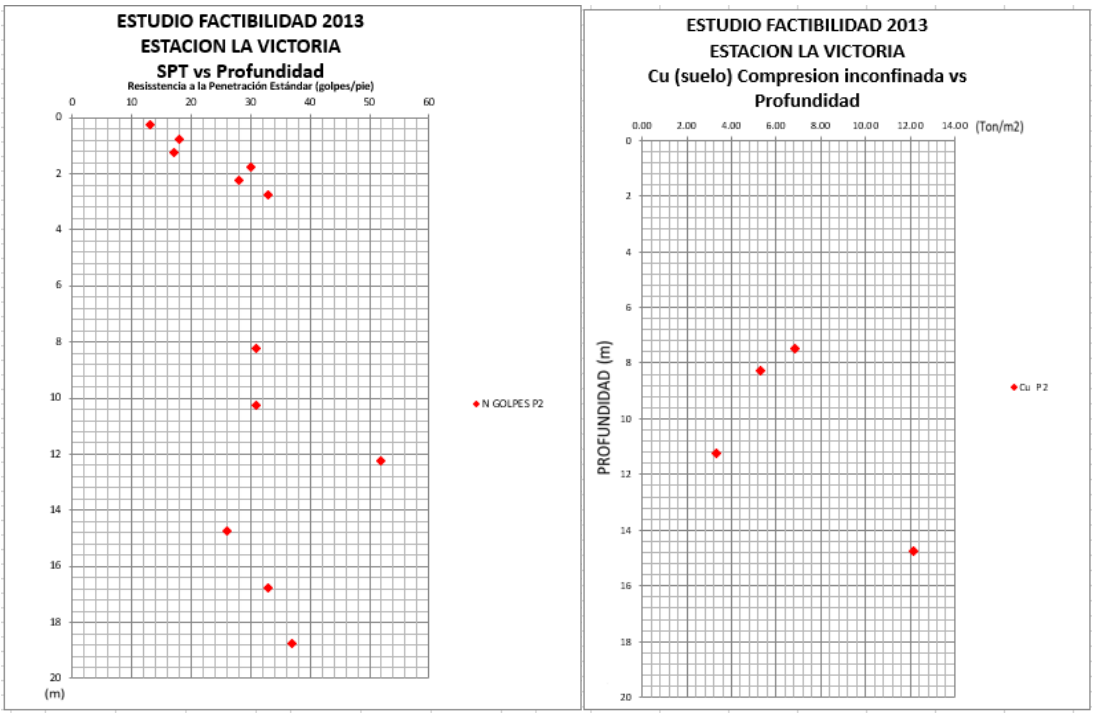


***Figura. 11-15**. Variación de N campo y Cu Estación La Victoria*

- **Perfil geotécnico promedio**

De acuerdo con los análisis de variabilidad de las propiedades geotécnicas de esta zona se define el perfil geotécnico representativo junto con sus parámetros que representan la tendencia media en la siguiente tabla (en el Anexo J se presenta el cálculo de los parámetros geotécnicos de las perforaciones utilizadas para definir los modelos):

Tabla 11-6 Perfil geotécnico Estación La Victoria

Prof. (m)		Descripción	SUCS	N campo	Y (kN/m³)	Wn (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	Fino (%)	Arena (%)	Grava (%)	Cu (kPa)	Es (KPa)	Φ' (°)
0	1	Relleno orgánico	MH	16	19.7	-	-	-	-	-	-	-	60	30000	
1	7	Depósito de vertiente fluvioglaciar: Arcilla de alta plasticidad	CH	27	19.7	-	-	-	-	-	-	-	100	50000	-
7	16.5	Depósito fluvio glacial: Arcilla de baja plasticidad	CL	35	19.3	23.88	38.97	20.54	18.43	83.9	13.6	2.54	120	60000	-
16.5	19	Residual: Arcilla de baja plasticidad	CL	35	19.8	16.44	22.32	-	-	56.25	20.6	23.15	120	60000	-
19	>	Arcillolita		69	20.4								290	145000	-

Nota: los parámetros se determinaron a partir de correlaciones de acuerdo con la metodología descrita anteriormente.

El perfil estratigráfico típico se presenta a continuación:

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

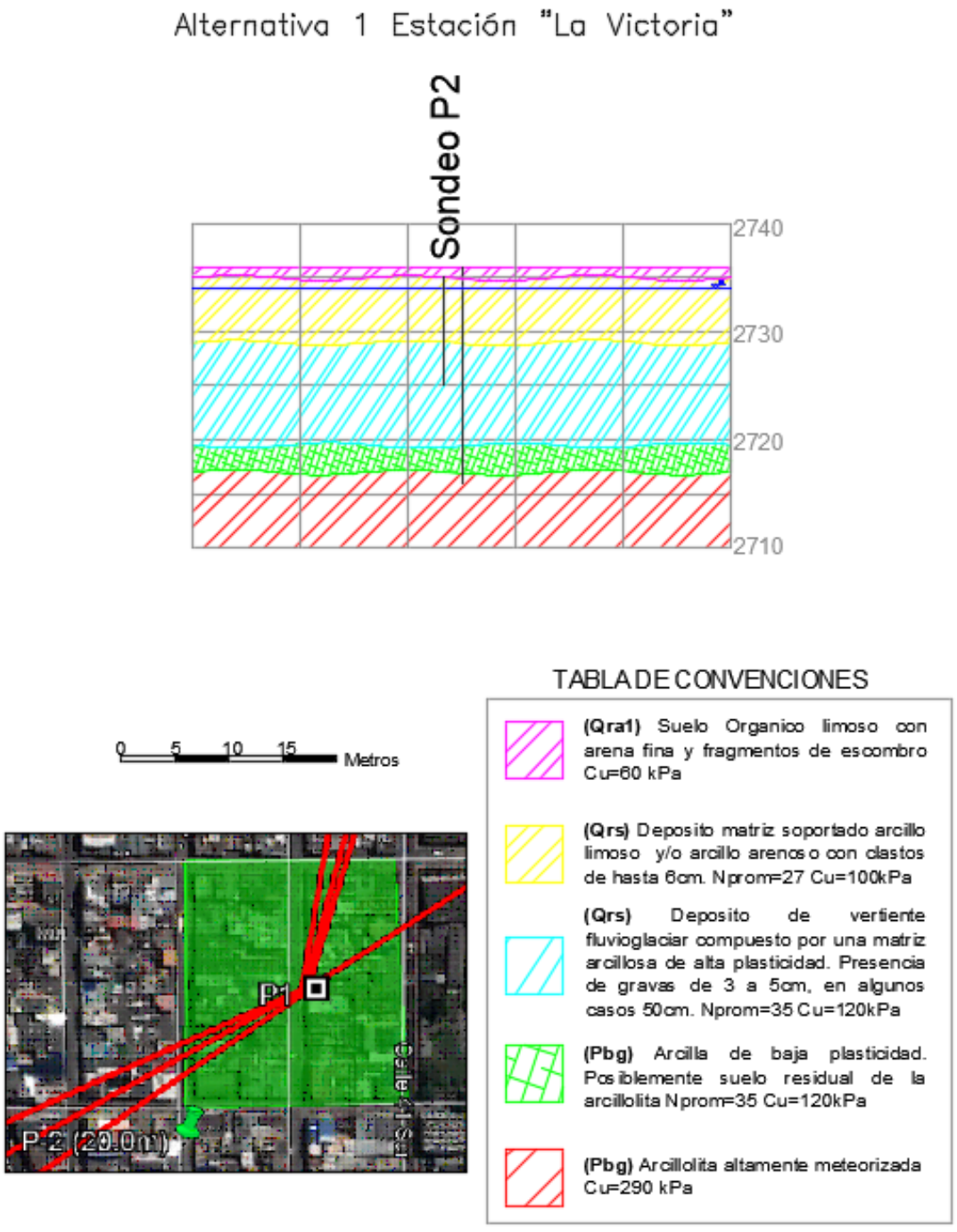


***Figura. 11-16**. Perfil estratigráfico típico estación La Victoria*

11.1.3 Estación Altamira

El perfil estratigráfico para la Estación de Altamira contiene en el primer metro un relleno arcillo limoso que contiene fragmentos de ladrillos y escombros de construcción, luego subyace una pequeña capa de un material en matriz arcillo arenosa de consistencia blanda, después de este estrato se identifica un material arcillo arenoso de consistencia mucho más dura que la anterior con presencia de clastos, en la parte inferior a este estrato se identifica una arcilla de baja plasticidad posiblemente sea un suelo residual de arcillolita.

El perfil se definió a partir de la geología, geomorfología y de información secundaria de exploración geotécnica de estudios anteriores.
A continuación, se presentan los análisis geotécnicos referentes a la caracterización de los suelos de esta zona como la definición del perfil representativo junto con sus propiedades para los análisis pertinentes.

- **Nivel Freático**

En el sondeo ejecutado se realizó toma de nivel de agua freática durante el inicio de las actividades diarias y al finalizar la jornada de trabajos, se obtuvo una medida de nivel freático a 3 m, valor base para los análisis geotécnicos correspondientes.

- **Humedad natural (Wn), límite líquido (LL), límite plástico (LP), índice de plasticidad (IP) e índice de consistencia (IC)**

De acuerdo con lo que se muestra en la Figura. 11-17. Variación de Wn, LL e LP en profundidad – Estación Altamira se observa que los materiales que componen el perfil del subsuelo en esta zona tienen valores de límite plásticos que varían entre 21 y 31 % con un promedio general de 25.22%, la humedad natural oscila entre 25 y 36% con un promedio de 29.71%, por otro lado, el límite liquido oscila entre 43 y 63% donde se puede inferir que existen estratos con variabilidad de plasticidad.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

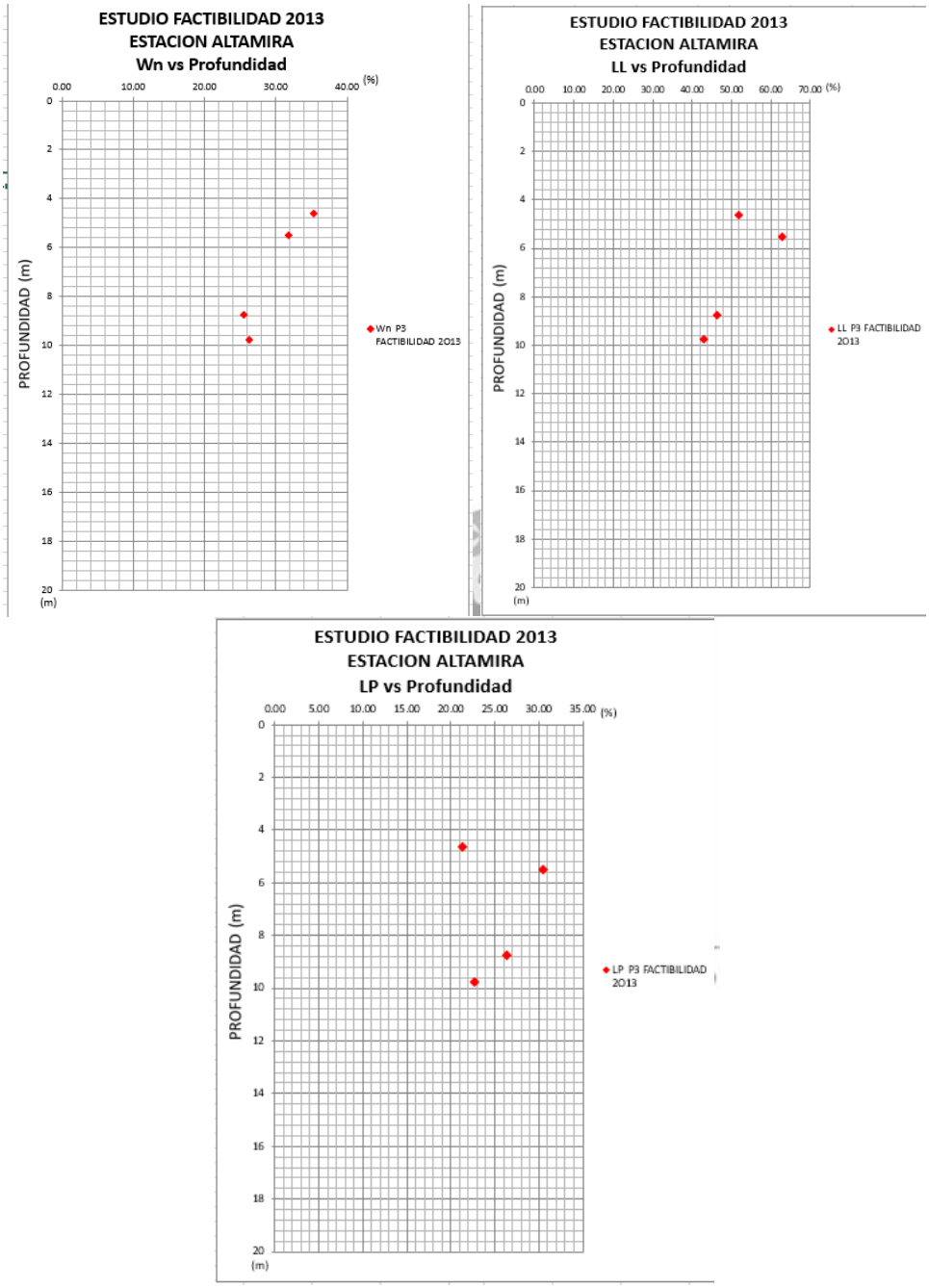


Figura. 11-17. *Variación de Wn, LL e LP en profundidad –Estación Altamira*

- **Composición granulométrica y clasificación de suelos por el método unificado**

Se evidencia la homogeneidad de los suelos en la zona, los cuales se componen de un gran porcentaje de finos y en menor medida de arenas.

Superficialmente en la primera capa se encuentra un relleno orgánico limo arcilloso con presencia de material de construcción, bajo esta capa se encuentra una capa de 1.7 m de espesor que se caracteriza como un material en matriz arcillo arenosa de consistencia blanda, desde los 2.7 m y hasta los 5.52 m se encuentra un estrato de un material arcillo arenoso de consistencia dura y donde se pueden encontrar clastos hasta de 7cm, subyace a esta capa un estrato de arcilla de baja plasticidad (CL), en el último tramo se logra encontrar roca arcillolita.

- **Peso unitario total (γt)**

En la Figura. 11-18. Variación de γt en profundidad Estación Altamira se muestra la variación del peso unitario en estado natural de los materiales que componen el perfil del suelo, encontrando que entre los 5.25 y los 7.5 m de profundidad este parámetro toma un valor medio de 19kN/m^3.

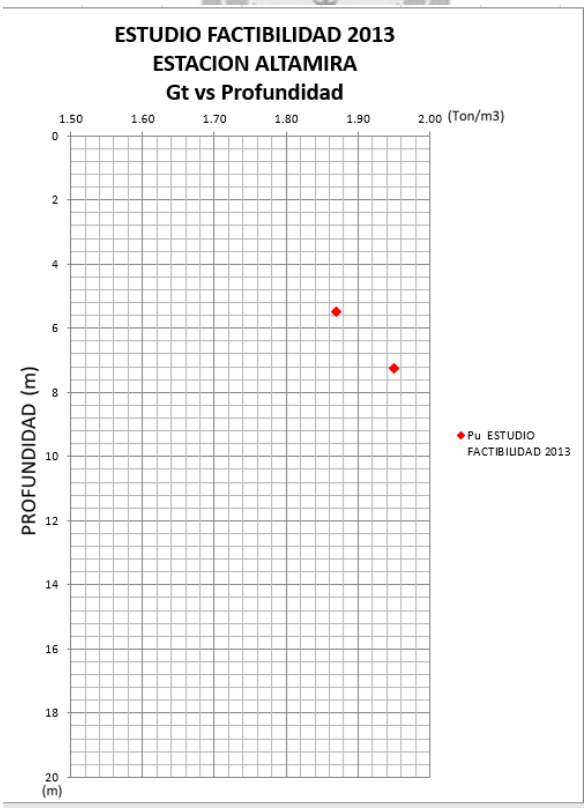


Figura. 11-18. *Variación de γt en profundidad Estación Altamira*

- **Parámetros de resistencia (Resistencia al corte no drenado (Cu)**

Teniendo en cuenta que los materiales encontrados tienen comportamiento cohesivo, el parámetro para evaluar la resistencia de los suelos del sitio corresponde a la resistencia al corte no drenado, la cual se obtuvo a partir de ensayos in situ de penetración estándar (SPT) y de ensayos de laboratorio de compresión inconfinada. En la Figura. 11-19. Variación de N campo y Cu Estación Altamira se muestran datos de Cu encontrados con un promedio de 67 kPa para el rango de entre los 6.25 y los 7.5 m de profundidad y en la parte inferior un Cu de 150KPa.

Por otro lado, se observa que los resultados del número de golpes por pie en las diferentes perforaciones que se efectuaron en esta zona, son variables y se encuentran valores entre los 6 golpes hasta los 61 golpes (Los valores atípicos no son tenidos en cuenta para el cálculo de los parámetros de diseño).

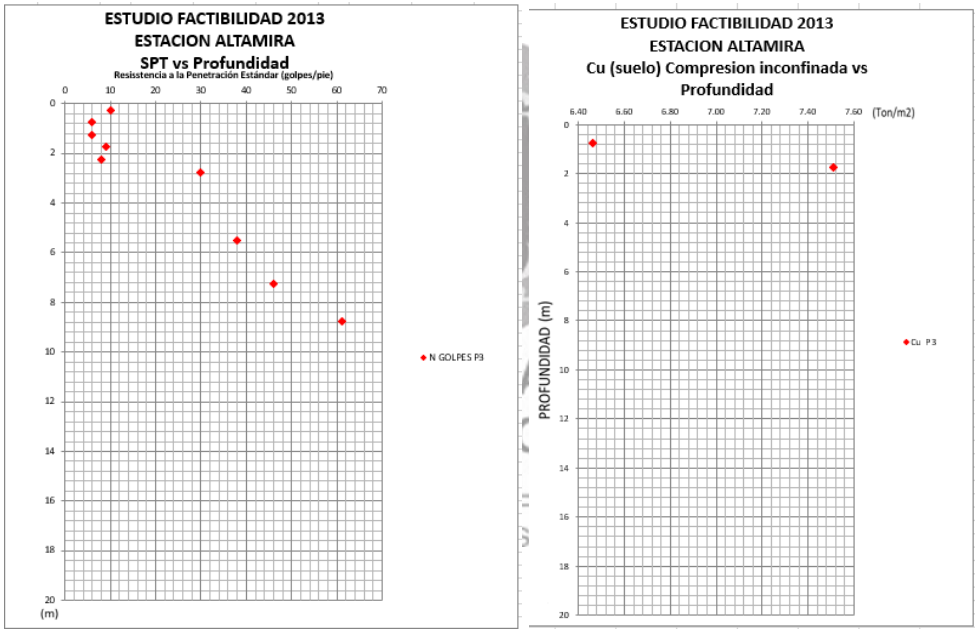


***Figura. 11-19**. Variación de N campo y Cu Estación Altamira*

- **Perfil geotécnico promedio**

De acuerdo con los análisis de variabilidad de las propiedades geotécnicas de esta zona se define el perfil geotécnico representativo junto con sus parámetros que representan la tendencia media en la siguiente tabla (en el Anexo J) se presenta el cálculo de los parámetros geotécnicos de las perforaciones utilizadas para definir los modelos):

Tabla 11-7 Perfil geotécnico Estación Altamira

Prof. (m)		Descripción	SUCS	N campo	Y (kN/m^3)	Wn (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	Fino (%)	Arena (%)	Grava (%)	Cu (KPa)	Es (KPa)	Φ (°)
0	1	Relleno orgánico	OH	8	18.3	-	-	-	-	-	-	-	34.5	17250	-
1	2.7	Matriz arcillosa arenosa alta plasticidad	CH	7	18.3	-	-	-	-	-	-	-	33.1	16530	-
2.7	5.25	Matriz arcillo arenosa de alta plasticidad	CH	30	18.3	33.56	57.3	25.92	31.38	94.9	5.1	0	120	60000	-
5.25	10.5	Arcilla de baja plasticidad	CL	48	18.7	25.86	44.68	24.52	20.16	98.66	2.34	0	200	100000	-
10.5	>	Arcillolita		69	20.4								290	145000	-

Nota: los parámetros se determinaron a partir de correlaciones de acuerdo con la metodología descrita anteriormente.

El perfil estratigráfico típico se presenta a continuación:

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

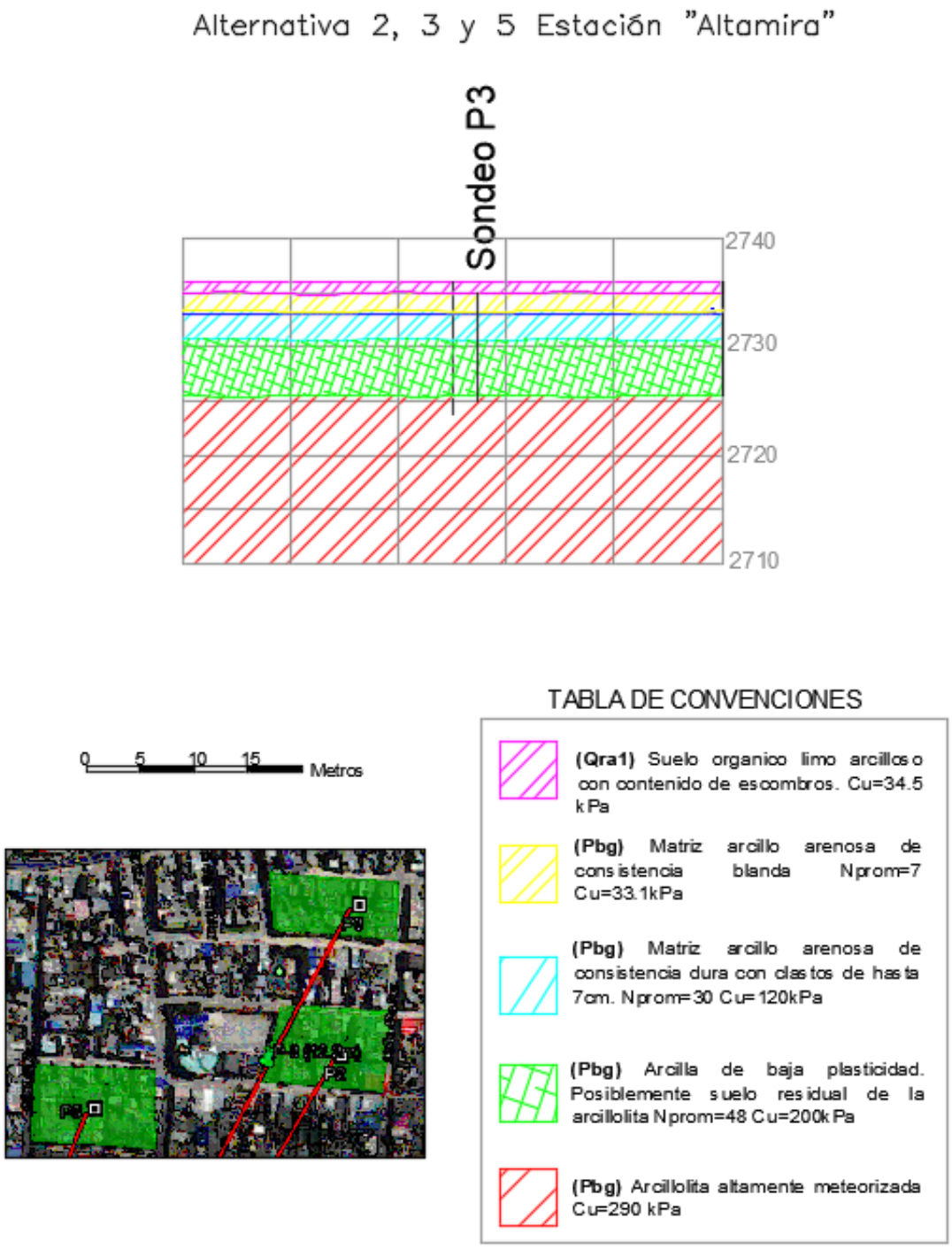


Figura. 11-20. *Perfil estratigráfico típico estaciones Altamira*

11.1.4 Estación Juan Rey

Para el Ramal a Juan Rey, se tomó como referencia la exploración para la etapa de factibilidad 2021, el sondeo 1 para la alternativa 2, la línea sísmica 1 para la alternativa 3 y la perforación 2 y LRS2 para la alternativa 1. Los sondeos de referencia son los siguientes:

Tabla 11-8. Sondeos de referencia estaciones Juan Rey

Alternativa de Estación	Sondeos de referencia
Alternativa 1 Juan Rey	P2 y LRS2 Fact 2021
Alternativa 2 Juan Rey	P1 Fact 2021
Alternativa 3 Juan Rey	LSR-1 Fact 2021

El perfil estratigráfico típico para las alternativas de estación en Juan Rey se describe a continuación (Los perfiles estratigráficos elaborados se pueden ver en detalle en el anexo I):

- **Alternativa 1**

El perfil estratigráfico para la estación de Juan Rey contiene en los primeros metros un relleno limoso que contiene fragmentos de ladrillos con presencia de material orgánico, luego subyace una pequeña capa de arcilla limosa, después de este estrato se identifica un limo de baja plasticidad, es muy posible que en la parte inferior a este limo se pueda encontrar arcillolita.

El perfil se definió a partir de la geología, geomorfología y de información secundaria de exploración geotécnica de estudios anteriores y la cual se relaciona en la siguiente tabla:

Tabla 11-9.Relación de exploración geotécnica ejecutada en alternativa 1 Juan Rey

Sondeo convencional	Estudio	Año
P2	IGR 2021	2021

ALCALDÍA MAYOR MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

- **Nivel Freático**

En este sondeo ejecutado se realizó tomas de nivel de agua durante el inicio y al finalizar las actividades que se realizan diariamente, encontrando un nivel freático promedio para la zona a una profundidad de 2.8 m, valor base para los análisis geotécnicos correspondientes.

- **Humedad natural (Wn), límite líquido (LL), límite plástico (LP), índice de plasticidad (IP) e índice de consistencia (IC)**

De acuerdo con lo que se muestra en la Figura. 11-21. Variación de Wn, LL y LP en profundidad – Alternativa 1 se observa que los materiales que componen el perfil del subsuelo en esta zona tienen valores de límite plásticos que varían entre 16 y 30 % con un promedio general de 22.13%, la humedad natural oscila entre 4 y 23.7% con un promedio de 13.7%, por otro lado, el

límite liquido oscila entre 41 y 18% donde se logra evidenciar que esta zona presenta una plasticidad baja.

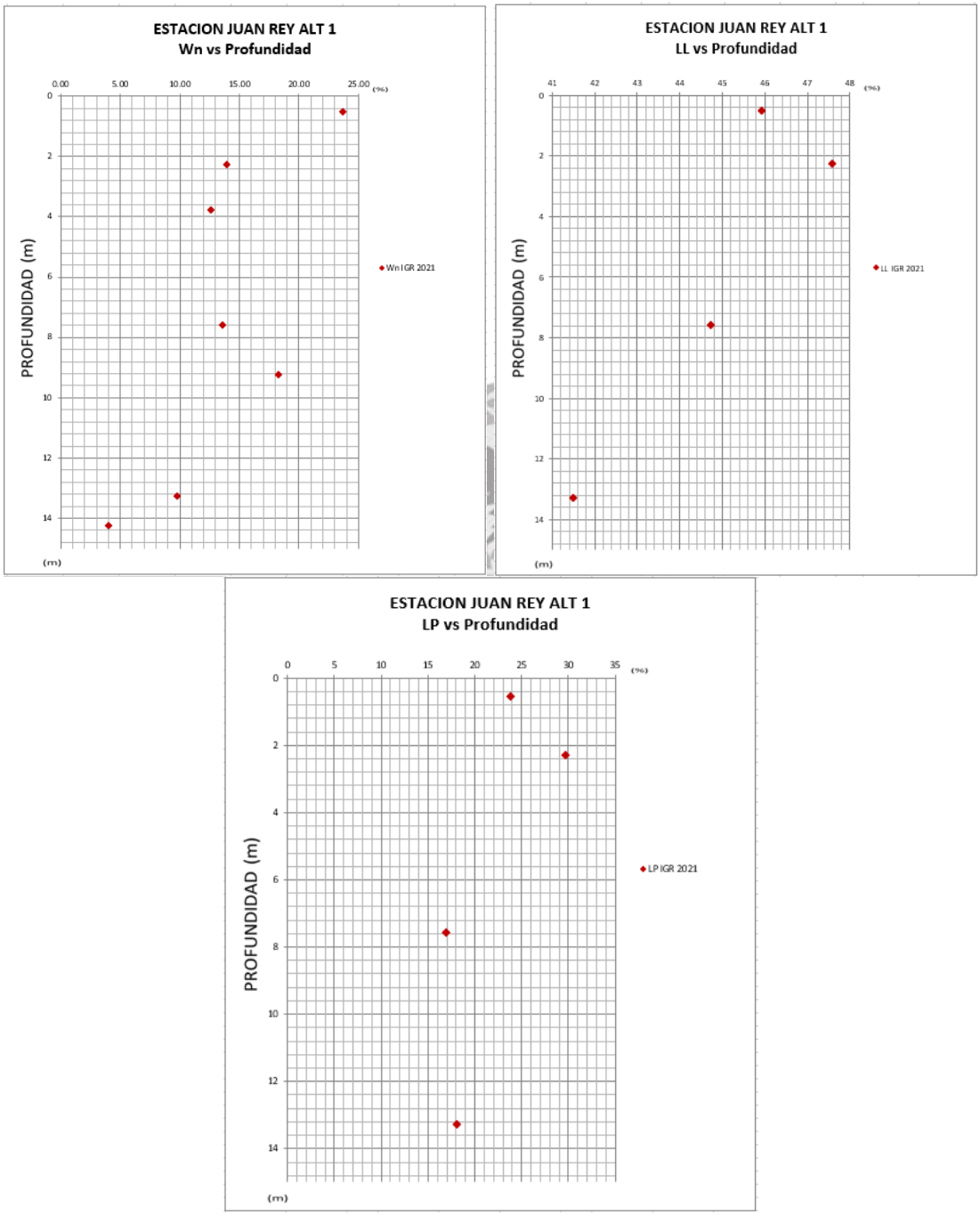


Figura. 11-21*. Variación de Wn, LL y LP en profundidad – Alternativa 1*

- **Composición granulométrica y clasificación de suelos por el método unificado**

A continuación, se presenta un resumen donde se evidencia la homogeneidad de los suelos en la zona, los cuales se componen de un gran porcentaje de finos, así como bajos o nulos porcentajes de arenas y gravas.

Superficialmente se encuentra una capa de 3.55 m aproximadamente de relleno donde se evidencia residuos de material de construcción con material orgánico, subyace una capa de suelo residual con intercalación de arcillas de alta y baja plasticidad (CH y CL) hasta aproximadamente los 11.7 m, en la parte inferior a estos estratos se encontró un material de tipo arcillolita.

- **Peso unitario total (γt)**

En la Figura. 11-22. Variación de γt en profundidad – Alternativa 1 se muestra un único dato de peso unitario en estado natural de los materiales que componen el perfil del suelo, se encuentra un peso unitario de 23.73 KN/m^3

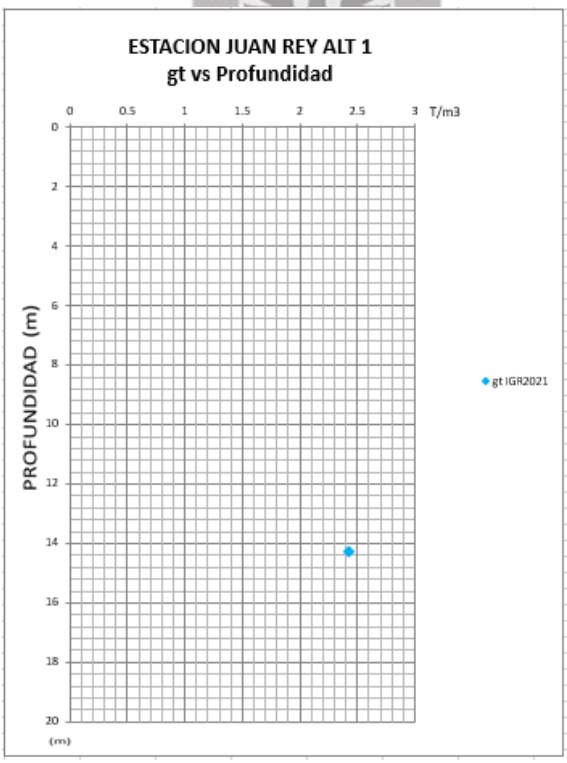


***Figura. 11-22**. Variación de γt en profundidad – Alternativa 1*

- **Parámetros de resistencia (Resistencia al corte no drenado (Cu)**

Teniendo en cuenta que los materiales encontrados tienen comportamiento cohesivo, el parámetro para evaluar la resistencia de los suelos del sitio corresponde a la resistencia al corte no drenado, la cual se obtuvo a partir de ensayos in situ de penetración estándar (SPT) y de ensayos de laboratorio de compresión inconfinada. En la **Figura. 11-23**. Variación de N campo y Cu – Alternativa 1 se muestra la variación de Cu encontrado que esta varía entre 9.9 y 223.4 KPa.

Por otro lado, se observa que el número de golpes por pie en las diferentes perforaciones que se efectuaron en esta zona, los resultados son variables en efecto a la profundidad y se encuentran valores entre los 4 golpes hasta los 86 golpes (Los valores atípicos no son tenidos en cuenta para el cálculo de los parámetros de diseño).

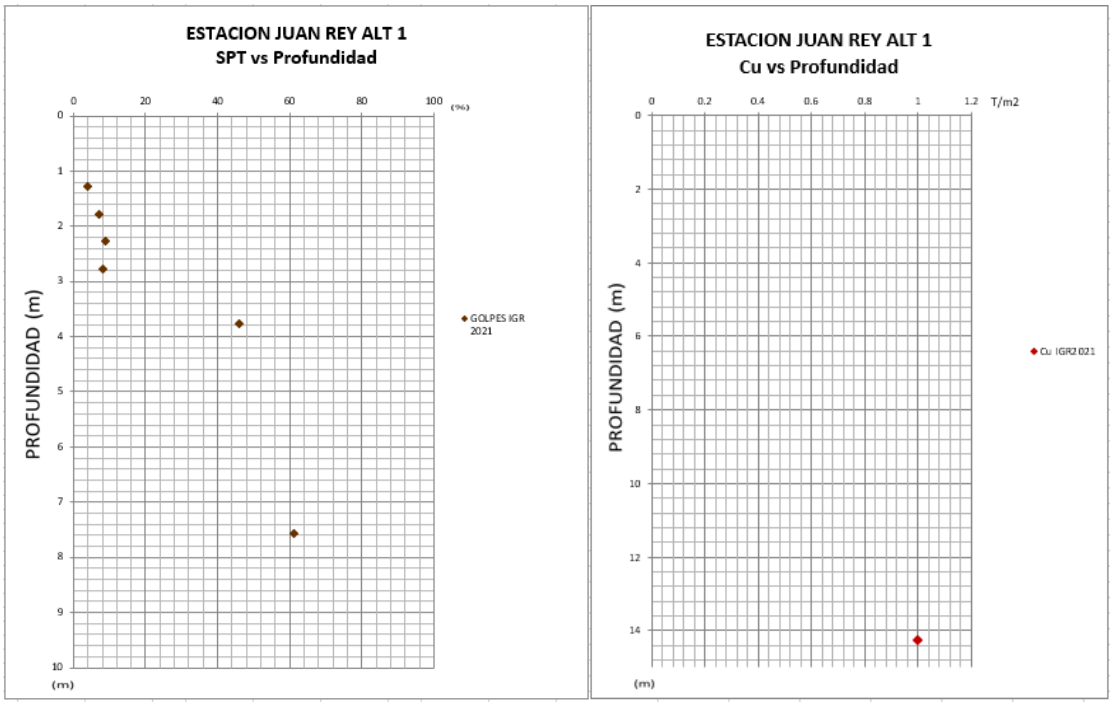


***Figura. 11-23**. Variación de N campo y Cu – Alternativa 1*

- **Perfil geotécnico promedio**

De acuerdo con los análisis de variabilidad de las propiedades geotécnicas de esta zona se define el perfil geotécnico representativo junto con sus parámetros que representan la tendencia media en la siguiente tabla (en el Anexo J se presenta el cálculo de los parámetros geotécnicos de las perforaciones utilizadas para definir los modelos):

Tabla 11-10. Perfil geotécnico de la alternativa 1

Prof. (m)		Descripción	SUCS	N campo	Ɣ (kN/m^3)	Wn (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	Fino (%)	Arena (%)	Grava (%)	Cu (kPa)	Es (KPa)	Φ' (°)
0	3	Relleno		7	18.3	18.8	46.74	26.76	19.98	68.66	15.21	16.13	30.2	15100	
3	7	Bloques de arenisca		46	20.1	12.6								26427	35
7	>	Arcillolita		69	23.7	11.43	43.11	17.50	25.61	92.15	7.95	0	290	145000	

Nota: los parámetros se determinaron a partir de correlaciones de acuerdo con la metodología descrita anteriormente.

- **Alternativa 2**

El perfil estratigráfico para la estación de Juan Rey contiene en los primeros metros un relleno limoso que contiene fragmentos de ladrillos con presencia de material orgánico, luego subyace una pequeña capa de arcilla limosa, después de este estrato se identifica un limo de baja plasticidad, es muy posible que en la parte inferior a este limo se pueda encontrar arcillolita.

El perfil se definió a partir de la geología, geomorfología y de información secundaria de exploración geotécnica de estudios anteriores y la cual se relaciona en la siguiente tabla:

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. Instituto de Desarrollo Urbano

Tabla 11-11. Relación de exploración geotécnica ejecutada en alternativa 2 Juan Rey

Sondeo convencional	Estudio	Año
P1	IGR 2021	2021

A continuación, se presentan los análisis geotécnicos referentes a la caracterización de los suelos de esta zona como la definición del perfil representativo junto con sus propiedades para los análisis pertinentes.

- **Nivel Freático**

En este sondeo ejecutado se realizaron tomas de nivel de agua durante el durante el inicio y al finalizar las actividades, encontrando un nivel freático promedio para la zona a una profundidad de 5.7 m, valor base para los análisis geotécnicos correspondientes.

- **Humedad natural (Wn), límite líquido (LL), límite plástico (LP), índice de plasticidad (IP) e índice de consistencia (IC)**

De acuerdo con lo que se muestra en la Figura. 11-24. Variación de Wn, LL y LP en profundidad – Alternativa 2 se observa que los materiales que componen el perfil del subsuelo en esta zona tienen valores de límite plásticos que varían entre 16 y 30 % con un promedio general de 23.62%, la humedad natural oscila entre 6 y 16% con un promedio de 10.45%, por otro lado, el límite liquido oscila entre 30 y 72% donde se puede inferir que existen estratos con variabilidad de plasticidad.

ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

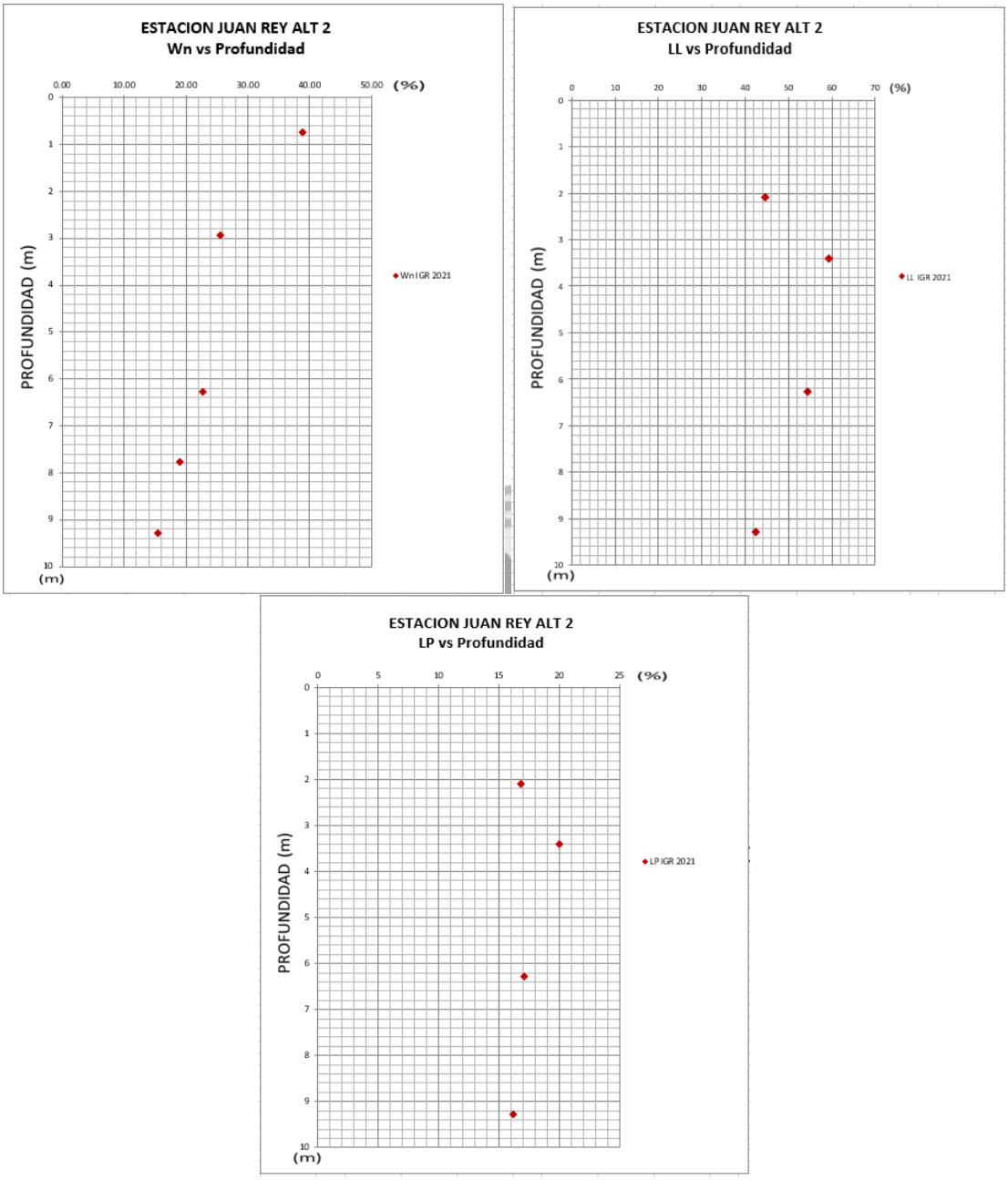


***Figura. 11-24**. Variación de Wn, LL y LP en profundidad – Alternativa 2*

- **Composición granulométrica y clasificación de suelos por el método unificado**

A continuación, se hace un breve resumen donde se evidencia la homogeneidad de los suelos en la zona, los cuales se componen de un gran porcentaje de finos y en menor medida de arenas.

Superficialmente se encuentra en la capa de 1.6.m un relleno con materiales de construcción combinado con material orgánico, bajo esta capa y hasta los 6.6 m de profundidad se encuentra una capa de suelo residual de arcilla de plasticidad variable, subyace material rocoso de tipo arcillolita.

- **Peso unitario total (γt)**

Este ítem no cuenta con la suficiente información; sin embargo, de acuerdo con los valores de los demás sitios, el valor puede estar entre 19 y 20 KN/m3

- **Parámetros de resistencia (Resistencia al corte no drenado (Cu)**

Teniendo en cuenta que los materiales encontrados tienen comportamiento cohesivo, el parámetro para evaluar la resistencia de los suelos del sitio corresponde a la resistencia al corte no drenado, la cual se obtuvo a partir de ensayos in situ de penetración estándar (SPT) y de ensayos de laboratorio de compresión inconfinada. En la Figura. 11-25. Variación de N campo y Cu – Alternativa 2 se muestra un dato de Cu encontrado de 225 KPa.

Por otro lado, se observa que el número de golpes por pie en las diferentes perforaciones que se efectuaron en esta zona, los resultados son variables en efecto a la profundidad y se encuentran valores entre los 7 golpes hasta los 100 golpes (Los valores atípicos no son tenidos en cuenta para el cálculo de los parámetros de diseño).

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

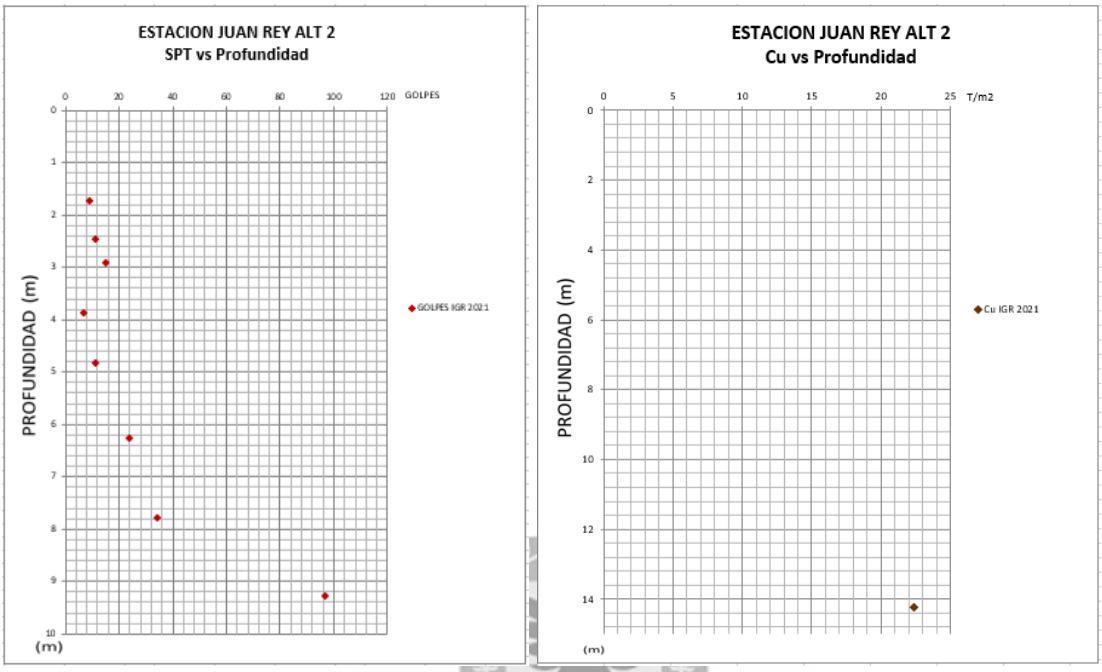


***Figura. 11-25**. Variación de N campo y Cu – Alternativa 2*

- **Perfil geotécnico promedio**

De acuerdo con los análisis de variabilidad de las propiedades geotécnicas de esta zona se define el perfil geotécnico representativo junto con sus parámetros que representan la tendencia media en la siguiente tabla (en el Anexo J se presenta el cálculo de los parámetros geotécnicos de las perforaciones utilizadas para definir los modelos):

Tabla 11-12. Perfil geotécnico de la alternativa 2

Prof. (m)		Descripción	SUCS	N campo	Y (kN/m³)	Wn (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	Fino (%)	Arena (%)	Grava (%)	Cu (kPa)	Es (KPa)	Φ' (°)
0	1.5	Relleno arcilloso de alta plasticidad	CL	9	17.7	-	44.5	16.81	27.96	72.27	19.18	4.54	38.8	19400	
1.5	6.5	Suelo residual arcilloso	CH	10	17.7	24.15	56.84	18.57	38.27	73.68	24.66	0.66	45.7	22850	
6.5	>	Arcillolita	MH	69	23.7	18.18	42.24	17.09	25.15	94.32	5.68-	0	290	145000	-

Nota: los parámetros se determinaron a partir de correlaciones de acuerdo con la metodología descrita anteriormente.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

- **Alternativa 3**

Para definir el perfil geotécnico promedio de la Alternativa 3 de Juan Rey se utilizaron los resultados de la Línea de Refracción Sísmica LRS1 y el sondeo P1 (ejecutado para la alternativa 2) realizado en esta fase de factibilidad por su cercanía. Partiendo del valor de la velocidad de onda cortante obtenido, se aplicó el cálculo de correlación descrito en secciones anteriores en donde aplicara.

Tabla 11-13. Exploración de referencia alternativa 3 Juan Rey

Sondeo convencional	Estudio	Año
LRS1	IGR 2021	2021
P1	IGR 2021	2021

A continuación, se presentan los resultados de la Línea de Refracción sísmica 1. Para detallar los resultados con más detalle ver Anexo N en la sección Resultados de Líneas de Refracción Sísmica

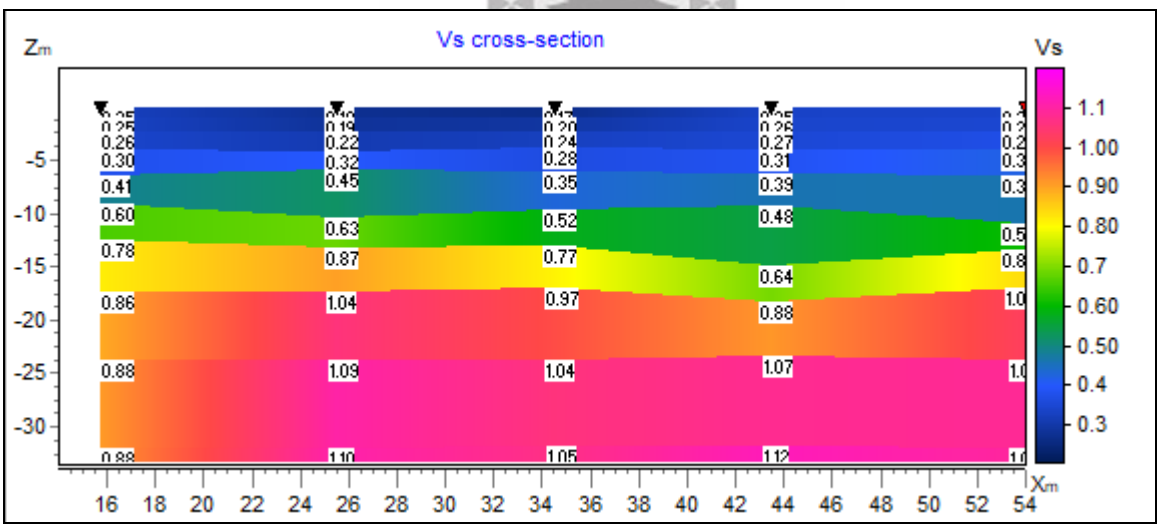
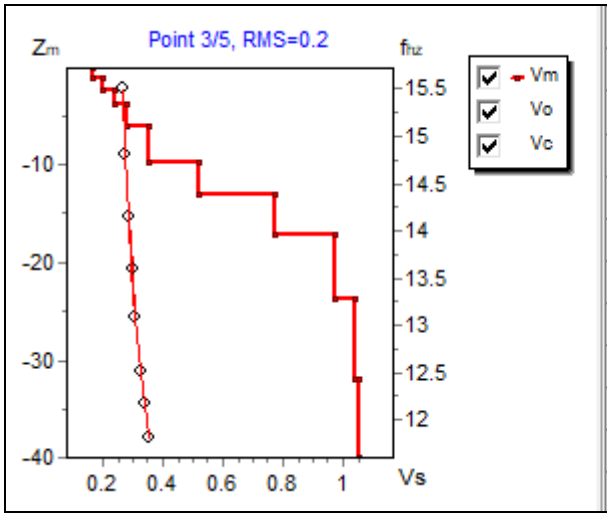


***Figura. 11-26**. Resultados de velocidad de onda cortante para LRS1*

Para este caso se utilizó como referencia la abscisa 34 por ser la abscisa media de la Línea de Refracción.



N	Vs	PR	ρ	Z	H
1	0.17	0.22	2	0	1.0
2	0.20	0.22	2	1.0	1.3
3	0.24	0.22	2	2.3	1.5
4	0.28	0.22	2	3.8	2.2
5	0.35	0.22	2	6.0	3.7
6	0.52	0.22	2	9.7	3.2
7	0.77	0.22	2	12.9	4.1
8	0.97	0.22	2	17.1	6.7
9	1.04	0.22	2	23.7	8.3
10	1.05	0.22	2	32.0	*

Figura. 11-27. *Resultados de velocidad de onda cortante para LRS1 abscisa 34*

De acuerdo con los análisis de variabilidad de las propiedades geotécnicas de esta zona se define el perfil geotécnico representativo junto con sus parámetros que representan la tendencia media en la siguiente tabla:

Tabla 11-14. Perfil geotécnico de alternativa 3 Juan Rey

Prof. (m)		Descripción	SUCS	N campo	Ɣ (kN/m³)	Wn (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	Fino (%)	Arena (%)	Grava (%)	Cu (kPa)	Es (KPa)	Φ' (°)
0	1.0	Relleno arcilloso de alta plasticidad		8	18.3	-	44.5	16.81	27.96	72.27	19.18	4.54	34.5	17266	
1.0	6.5	Suelo residual arcilloso blando		10	18.3	29.07	52.73	17.99	34.74	74.55	18.29	2.62	40	20000	
6.5	12.5	Suelo residual arcilloso duro		50	19.8								200	100000	-
12.5	>	Arcillolita		69	21.9								290	145000	-

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

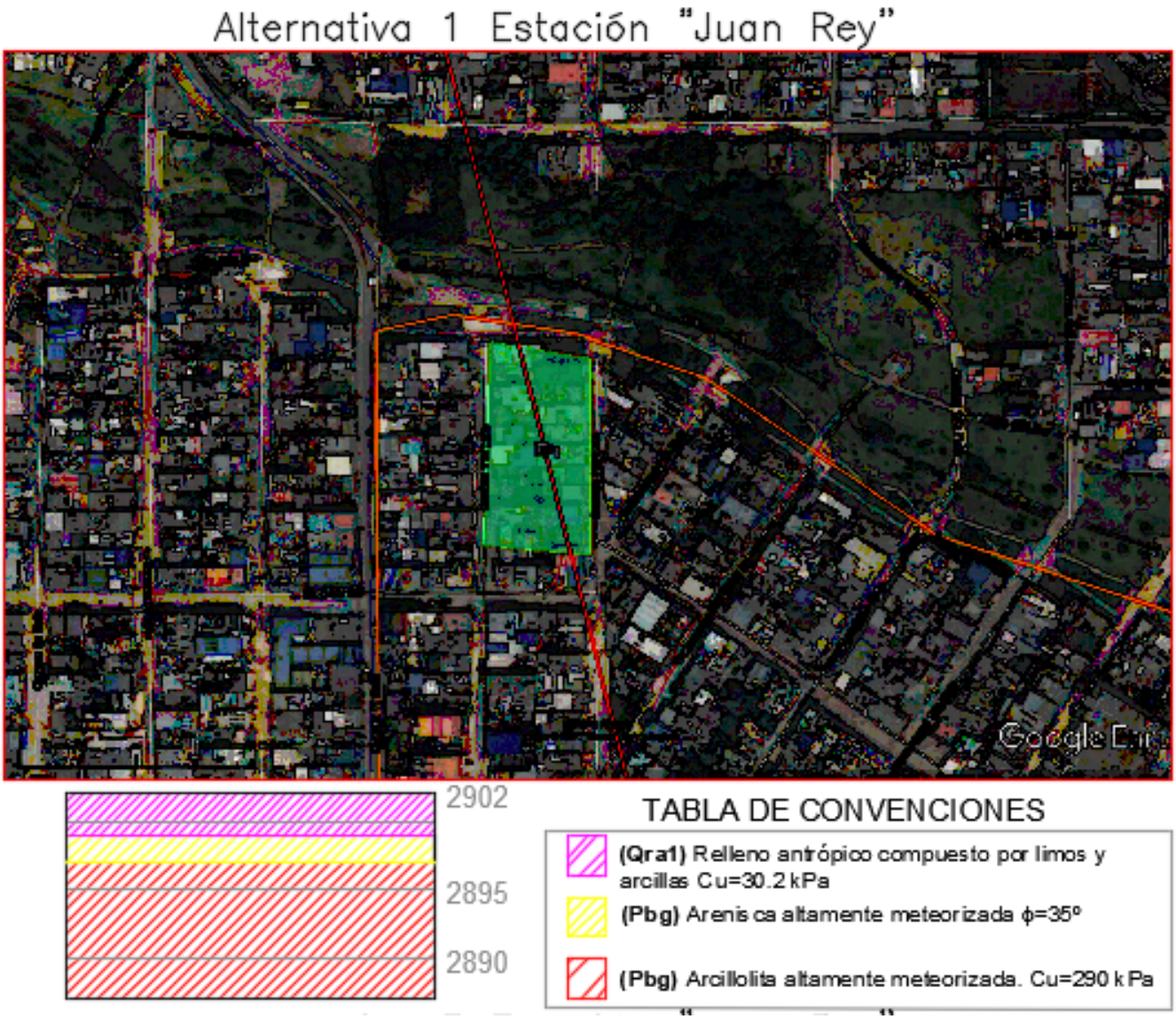


***Figura. 11-28**. Perfil estratigráfico típico alternativa 1 Juan Rey*

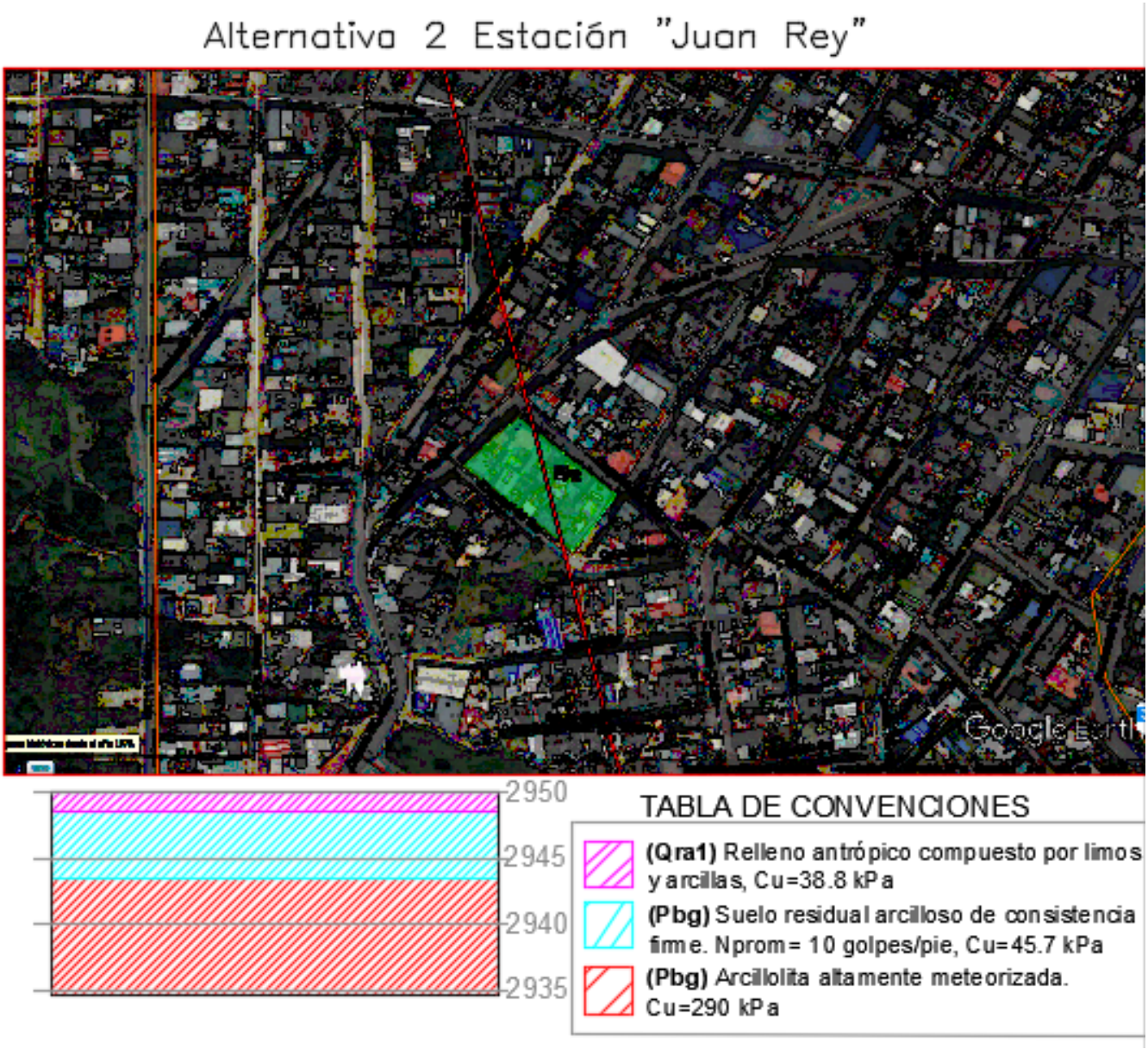


***Figura. 11-29**. Perfil estratigráfico típico alternativa 2 Juan Rey*

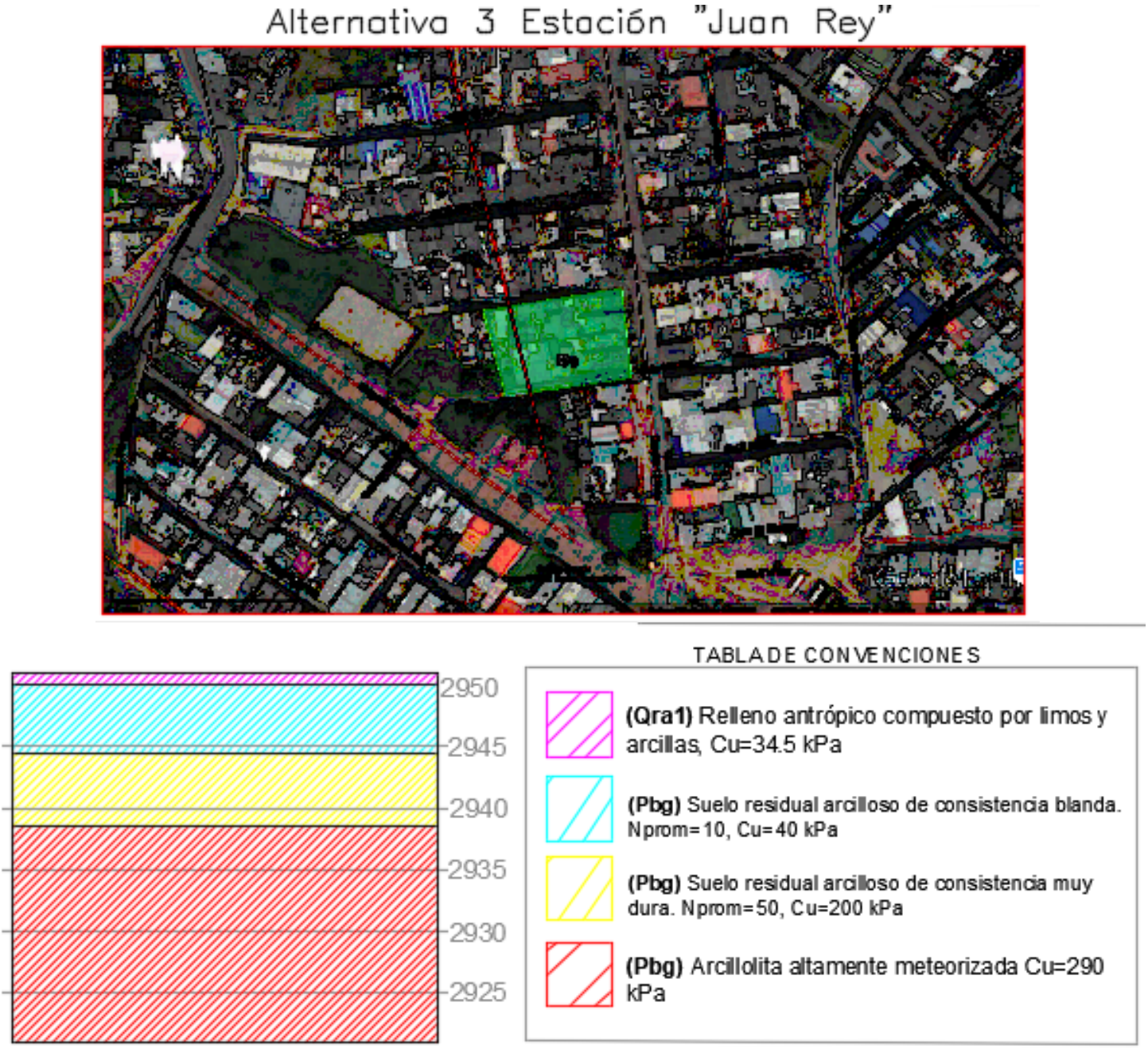


***Figura. 11-30**. Perfil estratigráfico típico alternativa 3 Juan Rey*

Los respectivos registros de perforación se pueden consultar en el anexo B de este informe

11.2 ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA Y PERFILES ESTRATIGRÁFICOS

A partir de la identificación de las propiedades físico mecánicas de los materiales presentes en la zona de estudio, se realizó una zonificación geotécnica particular para el proyecto en donde se identifican 12 zonas homogéneas para los diferentes tramos del proyecto, las cuales se observan a continuación:

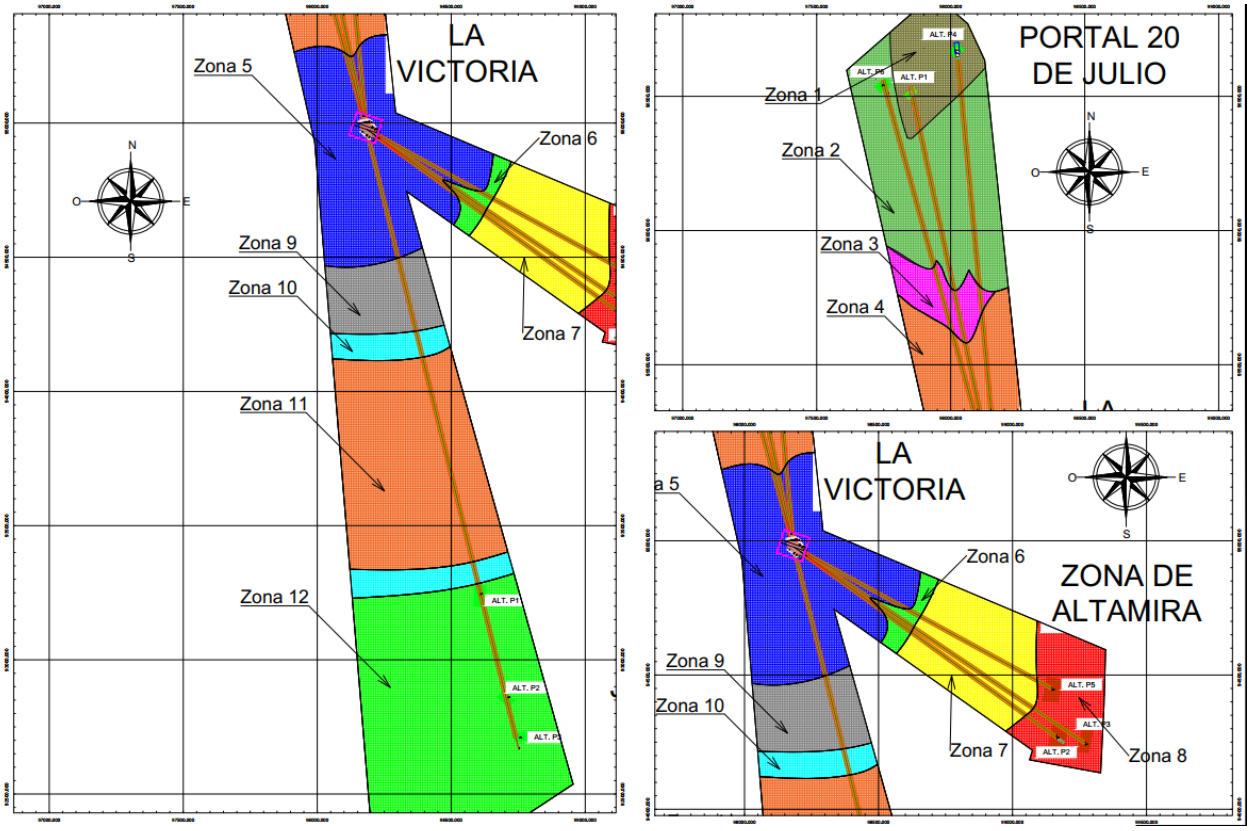


***Figura. 11-31**. Zonificación geotécnica*

En el Anexo L se presenta el plano de zonificación geotécnica y los perfiles estratigráficos utilizados para los diseños.

Estas zonas geotécnicas permiten realizar las respectivas recomendaciones de cimentación para las pilonas de los diferentes tramos y alternativas.

11.2.1 Zona Geotécnica 1.

El perfil estratigráfico para la zona 1 entre el Portal 20 de Julio y La Victoria contiene 9 perforaciones entre 10.0 y 25 m, en los primeros metros un relleno arcilloso de alta plasticidad contiene trazas grises y presencia de óxidos con fragmentos de construcción, subyace bajo este estrato un suelo residual arcilloso de plasticidad variable, bajo a este estrato se encuentra un material de tipo arenisca.

El perfil se definió a partir de la geología, geomorfología y de información secundaria de exploración geotécnica de estudios anteriores y la cual se relaciona en la siguiente tabla:

Tabla 11-15 Relación de exploración geotécnica ejecutada en la Zona Geotécnica no.1

Sondeo convencional	Estudio	Año
S3	P.20 de Julio	2009
S4	P.20 de Julio	2009
S5	P.20 de Julio	2009
S6	P.20 de Julio	2009
S8	P.20 de Julio	2009
S10	P.20 de Julio	2009
S11	P.20 de Julio	2009
S12	P.20 de Julio	2009
S13	P.20 de Julio	2009

A continuación, se presentan los análisis geotécnicos referentes a la caracterización de los suelos de esta zona como la definición del perfil representativo junto con sus propiedades para los análisis pertinentes.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

- **Nivel Freático**

En estos sondeos ejecutados se han realizado tomas de nivel de agua durante el durante el inicio y al finalizar las actividades que se realizan diariamente, encontrando un nivel freático promedio para la zona a una profundidad de 4.2 m, valor base para los análisis geotécnicos correspondientes.

- **Humedad natural (Wn), límite líquido (LL), límite plástico (LP), índice de plasticidad (IP) e índice de consistencia (IC)**

De acuerdo con lo que se muestra en la Figura. 11-32. Variación de Wn, LL e LP en profundidad – Zona Geotécnica 1. se observa que los materiales que componen el perfil del subsuelo en esta zona tienen valores de límite plásticos que varían entre 11 y 37 % con un valor promedio de 20.1%, la humedad natural oscila entre 12 y 118% con un valor promedio de 40.1%, el límite liquido oscila entre 20 y 79% con valor promedio de 44.5%, donde se puede inferir que existen estratos con variabilidad de plasticidad.

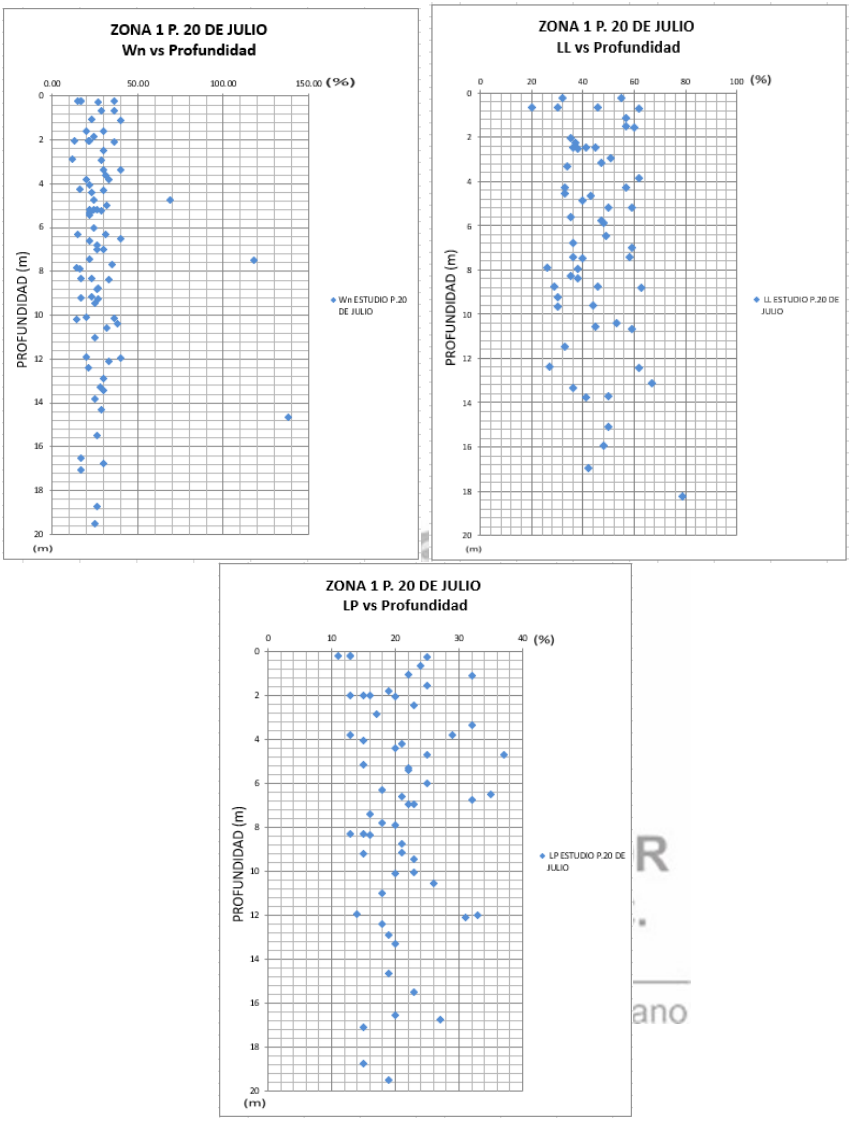


***Figura. 11-32**. Variación de Wn, LL e LP en profundidad –Zona Geotécnica 1.*

- **Composición granulométrica y clasificación de suelos por el método unificado**

A continuación, se hace un resumen donde se evidencia la homogeneidad de los suelos en la zona, los cuales se componen de un gran porcentaje de finos y en menor medida de arenas.

Superficialmente se encuentra una capa de 0.5m aproximadamente de relleno donde se evidencia residuos de material de construcción, subyace una capa con intercalación de arcillas de alta y baja plasticidad (CH y CL) hasta aproximadamente los 7m, bajo este estrato se

presenta la presencia de un estrato de arena densa de 4.5m de espesor, en la parte inferior a estos estratos se espera encontrar un material de tipo arenisca.

- **Peso unitario total (γt)**

En la Figura. 11-33. Variación en γt –Zona Geotécnica 1. se muestra la variación del peso unitario en estado natural de los materiales que componen el perfil del suelo, se encuentran pesos unitarios variables los cuales oscilan entre los 15.0 y los 28.43 KN/m^3

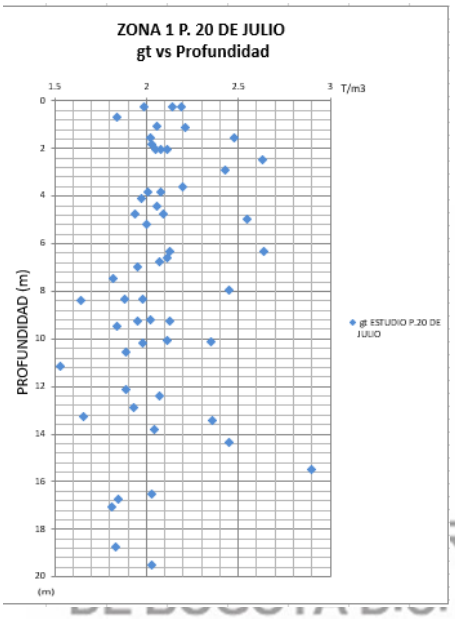


***Figura. 11-33**. Variación en γt –Zona Geotécnica 1.*

- **Parámetros de resistencia (Resistencia al corte no drenado (Cu)**

Teniendo en cuenta que los materiales encontrados tienen comportamiento cohesivo, el parámetro para evaluar la resistencia de los suelos del sitio corresponde a la resistencia al corte no drenado, la cual se obtuvo a partir de ensayos in situ de penetración estándar (SPT) y de ensayos de laboratorio de compresión inconfinada. En la siguiente figura se muestra la variación que se encuentra en este parámetro para las perforaciones oscilando entre 80.1 KPa y 820KPa.

Por otro lado, se observa que el número de golpes por pie en las diferentes perforaciones que se efectuaron en esta zona, los resultados son variables en efecto a la profundidad y se encuentran valores entre los 2 golpes hasta los 90 golpes (Los valores atípicos no son tenidos en cuenta para el cálculo de los parámetros de diseño).

.

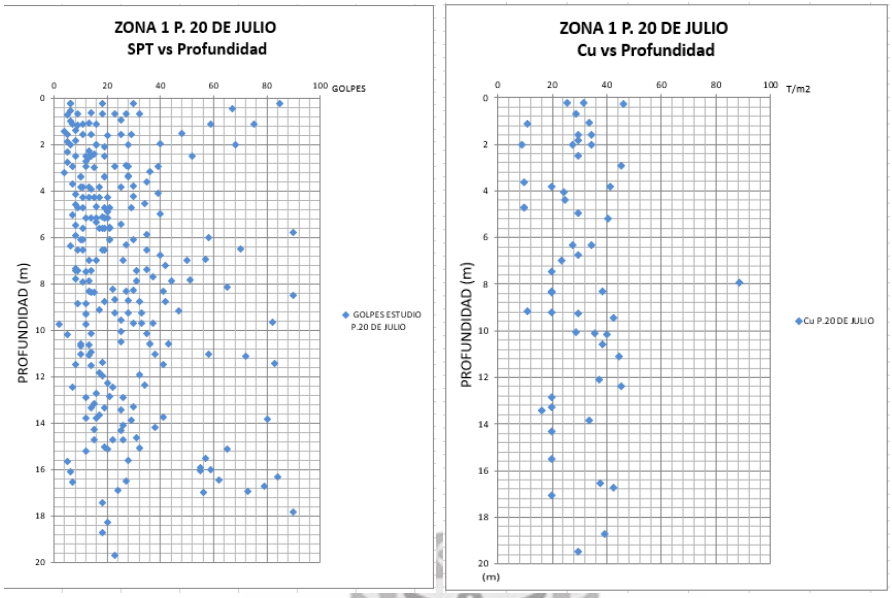


***Figura. 11-34**. Variación de N campo y Cu Zona Geotécnica 1.*

- **Perfil geotécnico promedio**

De acuerdo con los análisis de variabilidad de las propiedades geotécnicas de esta zona se define el perfil geotécnico representativo junto con sus parámetros que representan la tendencia media en la siguiente tabla (en el Anexo J se presenta el cálculo de los parámetros geotécnicos de las perforaciones utilizadas para definir los modelos):

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

Tabla 11-16. Parámetros geotécnicos zona geotécnica 1

Prof. (m)		Descripción	SUCS	N campo	Y (kN/m^3)	Wn (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	Fino (%)	Arena (%)	Grava (%)	Cu (kPa)	Es (KPa)	Φ' (°)
0	0.5	Relleno arcilloso de alta plasticidad		-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	
0.5	5.4	Suelo residual arcilloso duro	CH	18	19.9	24	42	19	23	82.48	14.13	3.39	77.7	38850	
5.4	7.0.	Suelo residual areno-limoso	SM	16	23.3	29.07	44.81	21.13	21.98	78.72	19.44	1.83	-	9192	28
7.0	11.5	Arena densa	SM	21	25.8	28.86.	44.19	20.76	23.43	78.91	19.31	1.79	-	12066	28
11.5	>	Arenisca		73	20.11	29.76	44.49	20.87	23.62	77.63	20.20	2.11	-	41938	38

11.2.2 Zona Geotécnica 2.

El perfil estratigráfico para la zona 2 entre el Portal 20 de Julio y La Victoria contiene 10 perforaciones entre 10.0 y 25 m, en los primeros metros un relleno arcilloso de alta plasticidad contiene trazas grises y presencia de óxidos con fragmentos de construcción, luego se identifica un pequeño lente de material fluvioglaciar, subyace bajo este estrato un suelo residual arcilloso de plasticidad variable, es muy posible que en la parte inferior a esta arcilla se pueda encontrar arcillolita.

El perfil se definió a partir de la geología, geomorfología y de información secundaria de exploración geotécnica de estudios anteriores y la cual se relaciona en la siguiente tabla:

Tabla 11-17 Relación de exploración geotécnica ejecutada en la Zona Geotécnica no.2

Sondeo convencional	Estudio	Año
S1	P.20 de Julio	2009
S2	P.20 de Julio	2009
S9	P.20 de Julio	2009
S14	P.20 de Julio	2009
S15	P.20 de Julio	2009
S4	Barrio Atenas	2005
S12	Barrio Atenas	2005
S13	Barrio Atenas	2005
P1	Factibilidad 2013	2013
P2	Villa De Los Alpes	2010
P3	Villa De Los Alpes	2010

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

A continuación, se presentan los análisis geotécnicos referentes a la caracterización de los suelos de esta zona como la definición del perfil representativo junto con sus propiedades para los análisis pertinentes.

- **Nivel Freático**

En estos sondeos ejecutados se han realizado tomas de nivel de agua durante el durante el inicio y al finalizar las actividades que se realizan diariamente, encontrando un nivel freático promedio para la zona a una profundidad de 3.3 m, valor base para los análisis geotécnicos correspondientes.

- **Humedad natural (Wn), límite líquido (LL), límite plástico (LP), índice de plasticidad (IP) e índice de consistencia (IC)**

De acuerdo con lo que se muestra en la Figura. 11-35. Variación de Wn, LL e LP en profundidad – Zona Geotécnica 2. se observa que los materiales que componen el perfil del subsuelo en esta zona tienen valores de límite plásticos que varían entre 14 y 39 % con un valor promedio de

21.4%, la humedad natural oscila entre 21 y 81% con un valor promedio de 19.9%, el límite liquido oscila entre 29 y 74% con valor promedio de 40.1%, donde se puede inferir que existen estratos con variabilidad de plasticidad.

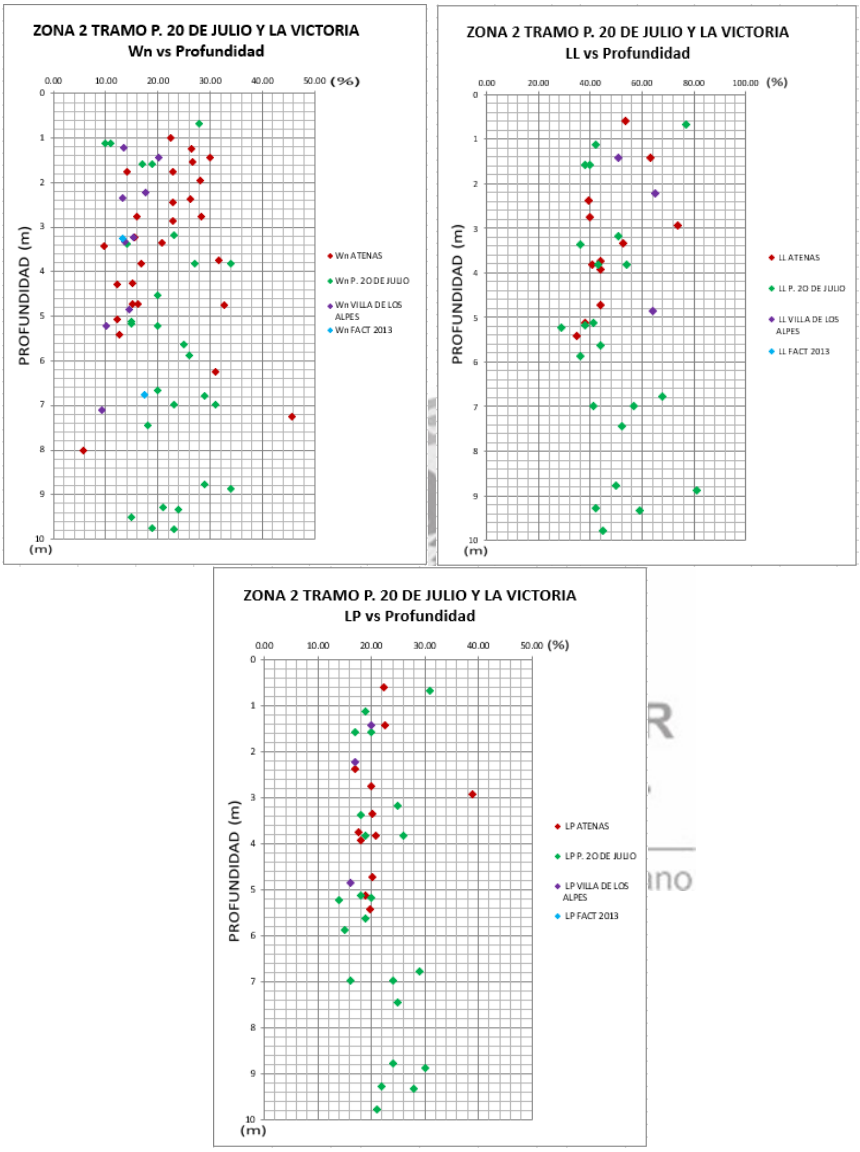


***Figura. 11-35**. Variación de Wn, LL e LP en profundidad –Zona Geotécnica 2.*

- **Composición granulométrica y clasificación de suelos por el método unificado**

A continuación, se hace un resumen donde se evidencia la homogeneidad de los suelos en la zona, los cuales se componen de un gran porcentaje de finos y en menor medida de arenas.

Superficialmente se encuentra una capa de 1.5m aproximadamente de relleno donde se evidencia residuos de material de construcción, bajo esta capa se encuentra se encuentra un pequeño lente con un material de tipo fluvioglaciar, subyace una capa con intercalación de arcillas de alta y baja plasticidad (CH y CL) hasta aproximadamente los 7m, en la parte inferior a estos estratos se espera encontrar un material de tipo arcillolita.

- **Peso unitario total (γt)**

En la Figura. 11-36. Variación en γt –Zona Geotécnica 2. se muestra la variación del peso unitario en estado natural de los materiales que componen el perfil del suelo, se encuentran pesos unitarios variables los cuales oscilan entre los 16.67 y los 24.61 KN/m^3

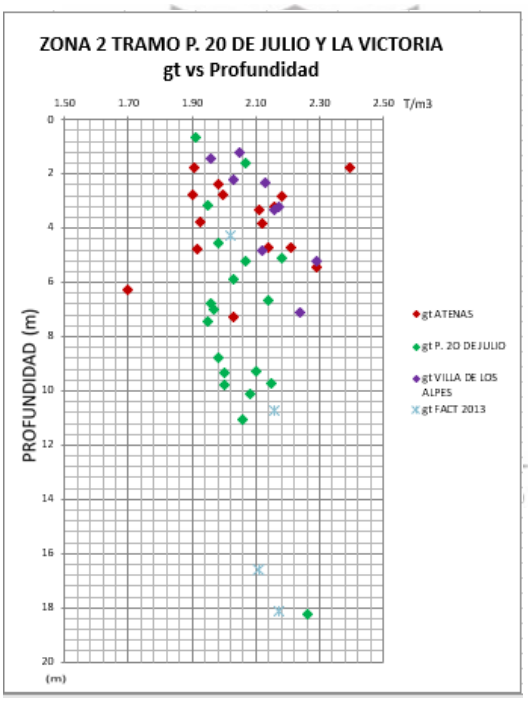


***Figura. 11-36**. Variación en γt –Zona Geotécnica 2.*

- **Parámetros de resistencia (Resistencia al corte no drenado (Cu)**

Teniendo en cuenta que los materiales encontrados tienen comportamiento cohesivo, el parámetro para evaluar la resistencia de los suelos del sitio corresponde a la resistencia al corte no drenado, la cual se obtuvo a partir de ensayos in situ de penetración estándar (SPT) y de ensayos de laboratorio de compresión inconfinada. En la Figura. 11-37. Variación de N campo y

Cu Zona Geotécnica 2. se muestra la variación que se encuentra en este parámetro para las perforaciones oscilando entre 36.5 KPa y 886KPa.
Por otro lado, se observa que el número de golpes por pie en las diferentes perforaciones que se efectuaron en esta zona, los resultados son variables en efecto a la profundidad y se encuentran valores entre los 4 golpes hasta los 82 golpes (Los valores atípicos no son tenidos en cuenta para el cálculo de los parámetros de diseño).

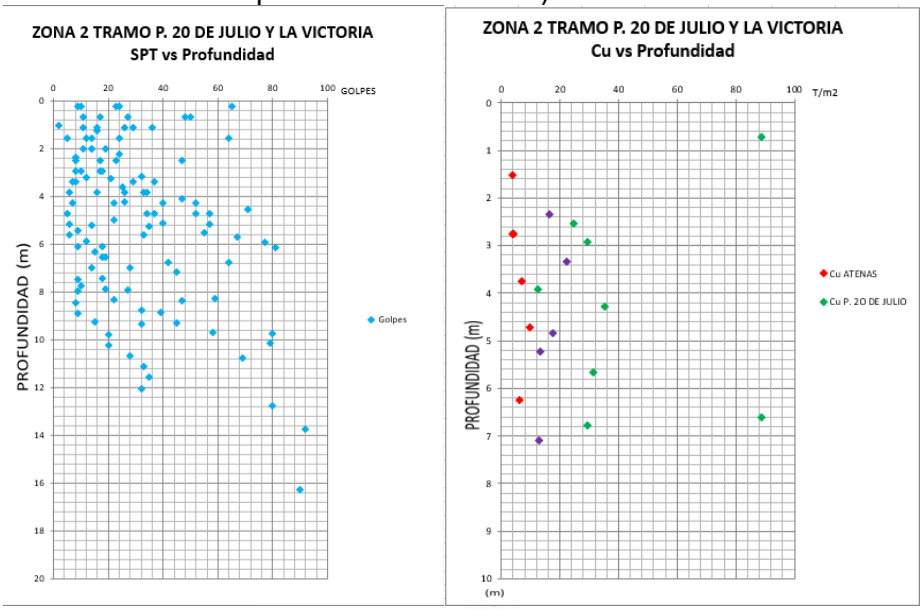


***Figura. 11-37**. Variación de N campo y Cu Zona Geotécnica 2.*

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO

- **Perfil geotécnico promedio**

De acuerdo con los análisis de variabilidad de las propiedades geotécnicas de esta zona se define el perfil geotécnico representativo junto con sus parámetros que representan la tendencia media en la siguiente tabla (en el Anexo J se presenta el cálculo de los parámetros geotécnicos de las perforaciones utilizadas para definir los modelos):

Tabla 11-18 Perfil Geotécnico de la Zona Geotécnica 2

Prof. (m)		Descripción	SUCS	N campo	Ɣ (kN/m^3)	Wn (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	Fino (%)	Arena (%)	Grava (%)	Cu (kPa)	Es (KPa)	Φ' (°)
0	2.0	Relleno arcilloso de alta plasticidad	CH	16		20.83	41.17	21.64	25.53	92.57	7.43	0	69	34531	
2.0	5.0	Material fluvioglaciar		13	20.2	21.42	45.17	20.00	25.17	93.63	6.37	0	50	25000	
5.0	9.0.	Suelo residual arcilloso		20	20.5	23.12	47.34	21.75	25.59	92.91	7.09	0	86.3	43150	-
9.0	>	Arcillolita		33	20.9	18.32	49.28	23.53	25.75	96.73	3.27	0	142.4	71200	-

Nota: los parámetros se determinaron a partir de correlaciones de acuerdo con la metodología descrita anteriormente.

11.2.3 Zona Geotécnica 3

El perfil estratigráfico para la zona 3 entre el Portal .20 de Julio y La Victoria contiene 4 perforaciones de 1.0 hasta 15 m de profundidad, en los primeros metros un relleno arcilloso de alta plasticidad contiene fragmentos de construcción, luego se identifica un pequeño lente de material fluvioglaciar cabe recalcar que este no se encuentra en toda la zona, subyace bajo este estrato un suelo residual arcilloso de plasticidad variable, es muy posible que en la parte inferior a esta arcilla se pueda encontrar arcillolita.

El perfil se definió a partir de la geología, geomorfología y de información secundaria de exploración geotécnica de estudios anteriores y la cual se relaciona en la siguiente tabla:

Tabla 11-19 Relación de exploración geotécnica ejecutada en la Zona Geotécnica 3

Sondeo convencional	Estudio	Año
T5	Factibilidad 2013	2013
S1	Barrio Atenas	2005
S8	Barrio Atenas	2005
S10	Barrio Atenas	2005

A continuación, se presentan los análisis geotécnicos referentes a la caracterización de los suelos de esta zona como la definición del perfil representativo junto con sus propiedades para los análisis pertinentes.

- **Nivel Freático**

En estos sondeos ejecutados no se realizó toma de nivel de agua freático, por lo tanto, no se tiene certeza de a que profundidad se presenta.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. Instituto de Desarrollo Urbano

- **Humedad natural (Wn), límite líquido (LL), límite plástico (LP), índice de plasticidad (IP) e índice de consistencia (IC)**

De acuerdo con lo que se muestra en la Figura. 11-38. Variación de Wn, LL e LP en profundidad – Zona Geotécnica 3 se observa que los materiales que componen el perfil del subsuelo en esta zona tienen valores de límite plásticos que varían entre 20 hasta 25 % con un promedio general de 22.7%, la humedad natural oscila entre 8 y 28% con un promedio de 24.16%, por otro lado, el límite liquido oscila entre 36 y 54% donde se logra evidenciar que la totalidad del perfil pareciera presentar baja plasticidad

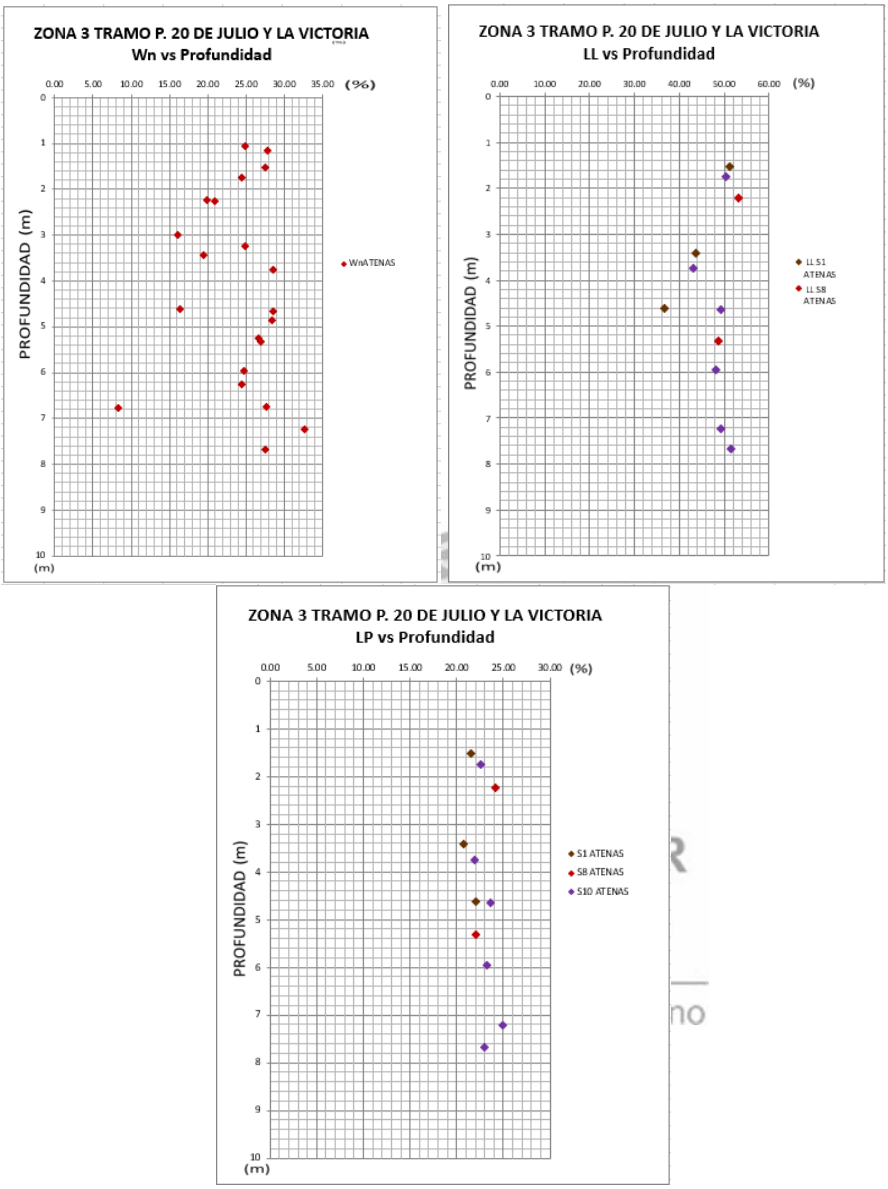


***Figura. 11-38**. Variación de Wn, LL e LP en profundidad –Zona Geotécnica 3*

- **Composición granulométrica y clasificación de suelos por el método unificado**

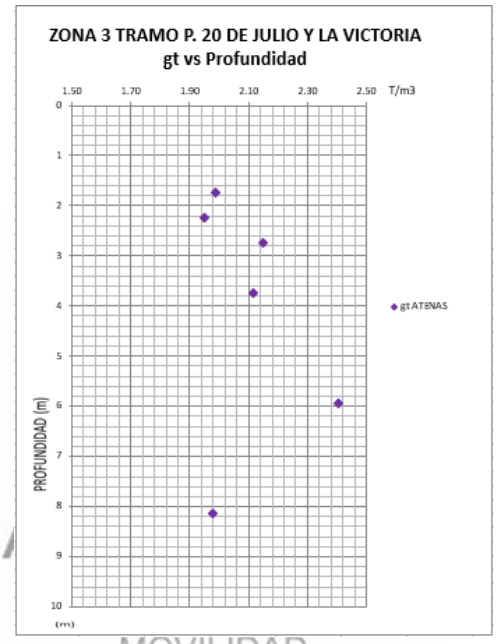
A continuación, se evidencia la homogeneidad de los suelos en la zona, los cuales se componen de un gran porcentaje de finos y en menor medida de arenas.

Superficialmente se encuentra una capa de 1.5m aproximadamente de relleno donde se evidencia residuos de material de construcción, bajo esta capa se encuentra se encuentra un pequeño lente con un material de tipo fluvioglaciar este material no se encuentra ocupando toda

la zona en su totalidad con un espesor de aproximadamente 1.5m, subyace una capa con intercalación de arcillas de alta y baja plasticidad (CH y CL) hasta aproximadamente los 7 m, en la parte inferior a estos estratos se espera encontrar un material de tipo arcillolita.

- **Peso unitario total (γt)**

En la Figura. 11-39. Variación en γt –Zona Geotécnica 3 se muestra la variación del peso unitario en estado natural de los materiales que componen el perfil del suelo, se encuentra una variación en los pesos unitarios entre el 19.31 KN/m^3 y 23.54 KN/m^3.



MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

***Figura. 11-39**. Variación en γt –Zona Geotécnica 3*

- **Parámetros de resistencia (Resistencia al corte no drenado (Cu)**

Teniendo en cuenta que los materiales encontrados tienen comportamiento cohesivo, el parámetro para evaluar la resistencia de los suelos del sitio corresponde a la resistencia al corte no drenado, la cual se obtuvo a partir de ensayos in situ de penetración estándar (SPT) y de ensayos de laboratorio de compresión inconfinada. En la Figura. 11-40. Variación de N campo y Cu Zona Geotécnica 3. se muestra la variación de Cu encontrado que esta varía entre 56.98 y 123 KPa.

Por otro lado, se observa que el número de golpes por pie en las diferentes perforaciones que se efectuaron en esta zona, los resultados son variables en efecto a la profundidad y se encuentran valores entre los 9 golpes hasta los 53 golpes (Los valores atípicos no son tenidos en cuenta para el cálculo de los parámetros de diseño).

.

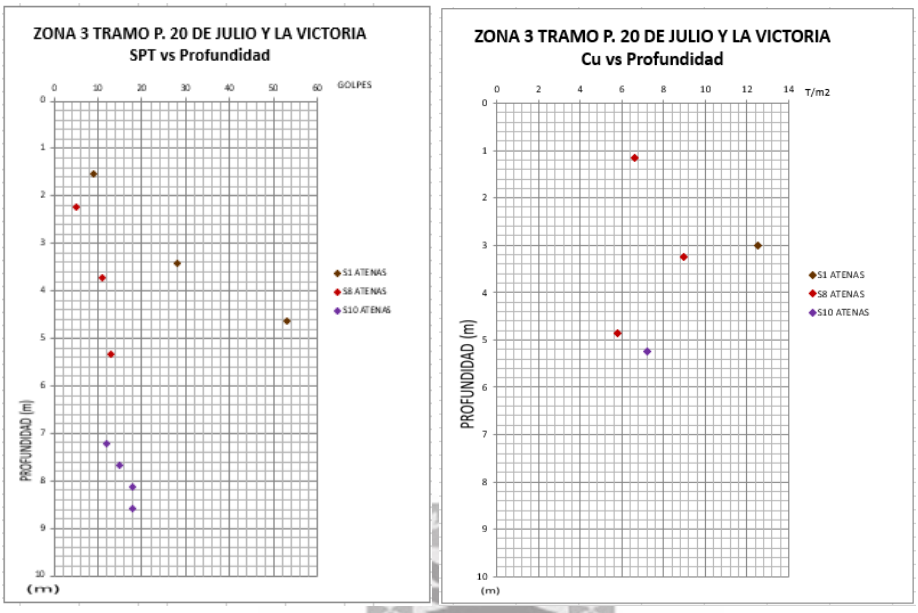


Figura. 11-40. *Variación de N campo y Cu Zona Geotécnica 3.*

- **Perfil geotécnico promedio**

De acuerdo con los análisis de variabilidad de las propiedades geotécnicas de esta zona se define el perfil geotécnico representativo junto con sus parámetros que representan la tendencia media en la siguiente tabla (en el Anexo J se presenta el cálculo de los parámetros geotécnicos de las perforaciones utilizadas para definir los modelos):

Tabla 11-20 Perfil Geotécnico de la Zona Geotécnica 3

Prof. (m)		Descripción	SUCS	N campo	Y (kN/m³)	Wn (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	Fino (%)	Arena (%)	Grava (%)	Cu (kPa)	Es (KPa)	Φ' (°)
0	3.0	Relleno material de escombro	-	7	-	22.21	47.28	22.28	25.10	-	-	-	30.2	15100	-
3.0	6.0	Material fluvioglaciar intercalaciones de arcillas	CH	9	20.2	22.81	46.41	22.24	23.97	-	-	-	38.8	19400	-
6.0	9.0	Suelo residual de arcillas variables	CL	15	20.5	25.18	49.2	23.18	26.03	-	-	-	64.7	32350	-
9.0	>-	Arcillolita	-	69	20.9	-	-	-	-	-	-	-	290	145000	-

Nota: los parámetros se determinaron a partir de correlaciones de acuerdo con la metodología descrita anteriormente.

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C.

11.2.4 Zona Geotécnica 4

El perfil estratigráfico para la zona 2 entre el Portal 20 de Julio y La Victoria contiene 8 perforaciones entre 1.0 y 8.0 m, en los primeros metros un relleno arcilloso de alta plasticidad contiene trazas grises y presencia de óxidos con fragmentos de construcción, subyace bajo este estrato un suelo residual arcilloso de plasticidad variable, en la parte inferior a esta arcilla se pueda encontrar roca de tipo arcillolita.

El perfil se definió a partir de la geología, geomorfología y de información secundaria de exploración geotécnica de estudios anteriores y la cual se relaciona en la siguiente tabla:

Tabla 11-21 Relación de exploración geotécnica ejecutada en la Zona Geotécnica 4

Sondeo convencional	Estudio	Año
Ap-1	Barrio Atenas	2005
S2	Barrio Atenas	2005
S3	Barrio Atenas	2005
S6	Barrio Atenas	2005
S7	Barrio Atenas	2005
S9	Barrio Atenas	2005
S11	Barrio Atenas	2005
P3	IGR 2021	2021

A continuación, se presentan los análisis geotécnicos referentes a la caracterización de los suelos de esta zona como la definición del perfil representativo junto con sus propiedades para los análisis pertinentes.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO

- **Nivel Freático**

En estos sondeos ejecutados se han realizado tomas de nivel de agua durante el durante el inicio y al finalizar las actividades que se realizan diariamente, encontrando un nivel freático promedio para la zona a una profundidad de 4.4 m, valor base para los análisis geotécnicos correspondientes.

- **Humedad natural (Wn), límite líquido (LL), límite plástico (LP), índice de plasticidad (IP) e índice de consistencia (IC)**

De acuerdo con lo que se muestra en la Figura. 11-41. Variación de Wn, LL e LP en profundidad – Zona Geotécnica 4 se observa que los materiales que componen el perfil del subsuelo en esta zona tienen valores de límite plásticos que varían entre 14.4 y 28.2 % con un valor promedio de 22.4%, la humedad natural oscila entre 6.7 y 39% con un valor promedio de 21.3%, el límite liquido oscila entre 16 y 65.6 % con un valor promedio de 50.45%, donde se puede inferir que existen estratos con variabilidad de plasticidad.

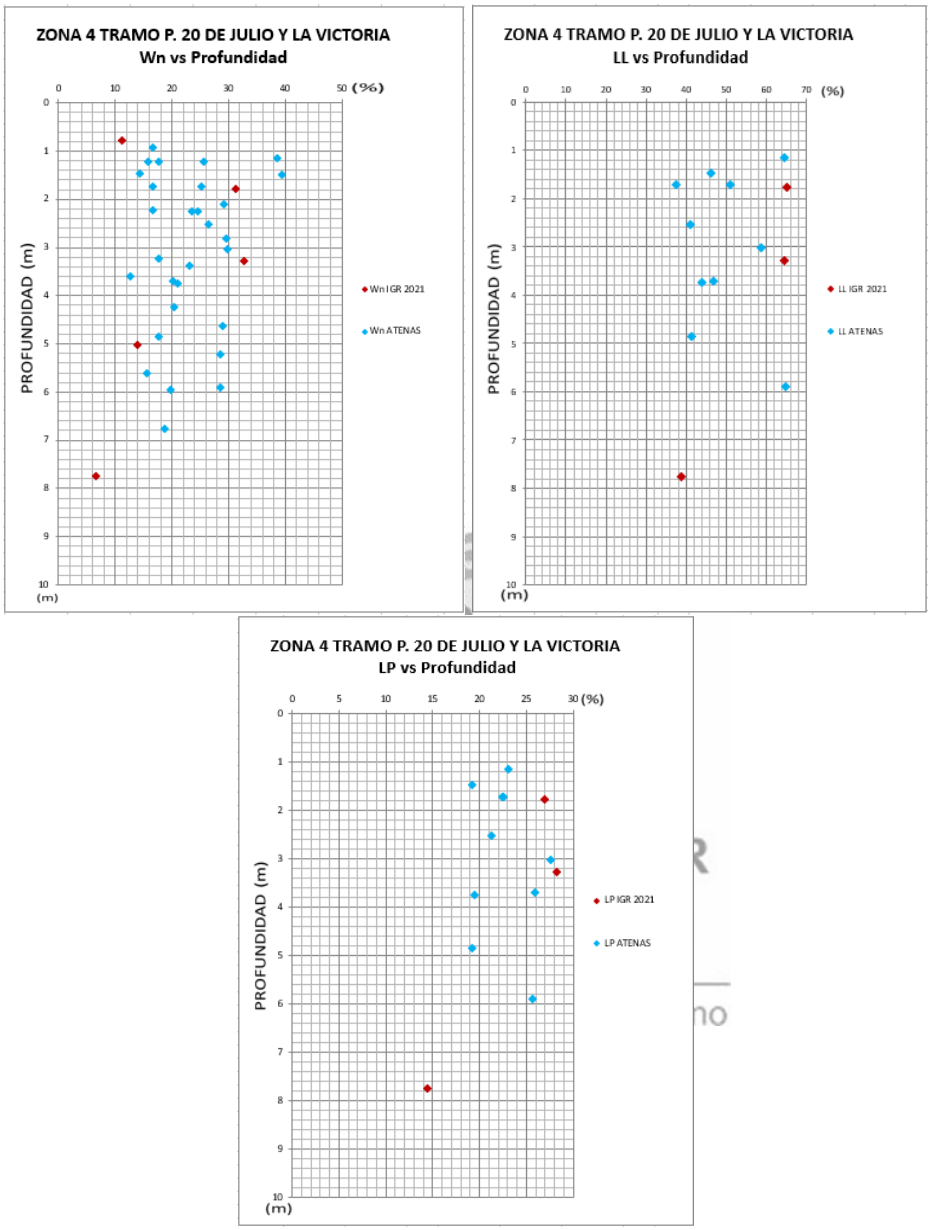


Figura. 11-41. *Variación de Wn, LL e LP en profundidad –Zona Geotécnica 4*

- **Composición granulométrica y clasificación de suelos por el método unificado**

A continuación, se hace un breve resumen donde se evidencia la homogeneidad de los suelos en la zona, los cuales se componen de un gran porcentaje de finos y en menor medida de arenas.

Superficialmente se encuentra una capa de 1.2m aproximadamente de relleno donde se evidencia residuos de material de construcción con material orgánico, subyace una capa de suelo residual con intercalación de arcillas de alta y baja plasticidad (CH y CL) hasta aproximadamente los 7.0m, en la parte inferior a estos estratos se encontró un material de tipo arcillolita.

- **Peso unitario total (γt)**

En la Figura. 11-42. Variación en γt –Zona Geotécnica 4 se muestra la variación del peso unitario en estado natural de los materiales que componen el perfil del suelo, se encuentran pesos unitarios variables los cuales oscilan entre los 17.41 y los 24.0 KN/m^3

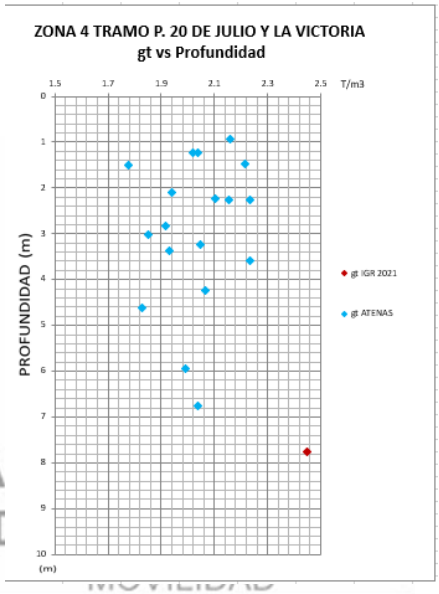


Figura. 11-42. *Variación en γt –Zona Geotécnica 4*

- **Parámetros de resistencia (Resistencia al corte no drenado (Cu)**

Teniendo en cuenta que los materiales encontrados tienen comportamiento cohesivo, el parámetro para evaluar la resistencia de los suelos del sitio corresponde a la resistencia al corte no drenado, la cual se obtuvo a partir de ensayos in situ de penetración estándar (SPT) y de ensayos de laboratorio de compresión inconfinada. En la Figura. 11-43. Variación de N campo y Cu Zona Geotécnica 4. se muestra la variación que se encuentra en este parámetro para las perforaciones oscilando entre 13 KPa y 166.4 KPa.

Por otro lado, se observa que el número de golpes por pie en las diferentes perforaciones que se efectuaron en esta zona, los resultados son variables en efecto a la profundidad y se encuentran valores entre los 7 golpes hasta los 90 golpes (Los valores atípicos no son tenidos en cuenta para el cálculo de los parámetros de diseño).

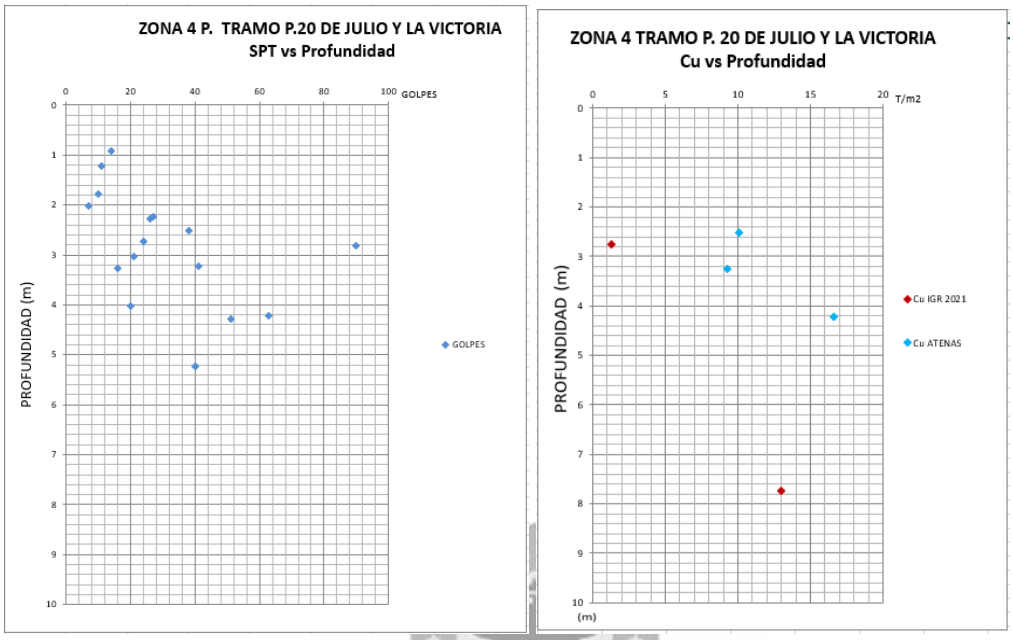


Figura. 11-43. *Variación de N campo y Cu Zona Geotécnica 4.*

- **Perfil geotécnico promedio**

De acuerdo con los análisis de variabilidad de las propiedades geotécnicas de esta zona se define el perfil geotécnico representativo junto con sus parámetros que representan la tendencia media en la siguiente tabla (en el Anexo J se presenta el cálculo de los parámetros geotécnicos de las perforaciones utilizadas para definir los modelos):

Tabla 11-22 Perfil Geotécnico de la Zona Geotécnica 4

Prof. (m)		Descripción	SUCS	N campo	Y (kN/m³)	Wn (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	Fino (%)	Arena (%)	Grava (%)	Cu (kPa)	Es (KPa)	Φ' (°)
0	2.0	Relleno arcilloso	CH	-		23.9	49.2	23.06	26.14	95.38	4.62	0	-	-	
2.0	4.0	Material fluvioglaciar intercalaciones de arcillas		17	20.5	24.09	50.3	23.62	26.68	96.07	3.94	0	73.4	36700	
4.0	6.0	Suelo residual de arcillas variables		30	18.7	23.69	45.73	22..75	22.98	-	-	-	129.5	64750	
6.0	>.	Arcillolita		72	23..6	17.22	42.7	19.50	23.2	72.26	27.65	0.065	290	145000	-

Nota: los parámetros se determinaron a partir de correlaciones de acuerdo con la metodología descrita anteriormente.

11.2.5 Zona Geotécnica 5 y 9

El perfil estratigráfico para las zonas 5 y 9 ocupa un espacio entre el Portal 20 de Julio y La Victoria y otro tramo entre La Victoria y la estación Altamira y Juan Rey. Contiene 2

perforaciones de 1.5 y 20 m. En los primeros metros un relleno arcilloso de alta plasticidad con fragmentos de construcción, luego se identifica un lente de material fluvioglaciar, subyace bajo este estrato un suelo residual arcilloso de plasticidad variable, es muy posible que en la parte inferior a esta arcilla se pueda encontrar arcillolita.

El perfil se definió a partir de la geología, geomorfología y de información secundaria de exploración geotécnica de estudios anteriores y la cual se relaciona en la siguiente tabla:

Tabla 11-23 Relación de exploración geotécnica ejecutada en la Zona 5 y 9

Sondeo convencional	Estudio	Año
P2	Factibilidad 2013	2013
T4	Factibilidad 2013	2013

A continuación, se presentan los análisis geotécnicos referentes a la caracterización de los suelos de esta zona como la definición del perfil representativo junto con sus propiedades para los análisis pertinentes.

- **Nivel Freático**

En estos sondeos ejecutados se han realizado tomas de nivel de agua durante el inicio y al finalizas las actividades que se realizan diariamente, encontrando un nivel freático en este punto a una profundidad de 2.0 m, valor base para los análisis geotécnicos correspondientes.

- **Humedad natural (Wn), límite líquido (LL), límite plástico (LP), índice de plasticidad (IP) e índice de consistencia (IC)**

De acuerdo con lo que se muestra en la Figura. 11-44. Variación de Wn, LL e LP en profundidad –Zona Geotécnica 5 y 9, se observa que los materiales que componen el perfil del subsuelo en esta zona tienen valores de límite plásticos que varían entre 18 y 23 % con un promedio general de 20.54%, la humedad natural oscila entre 16 y 27% con un promedio de 22.39%, por otro lado, el límite liquido oscila entre 22 y 44% donde se logra evidenciar que la totalidad del perfil pareciera presentar baja plasticidad.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

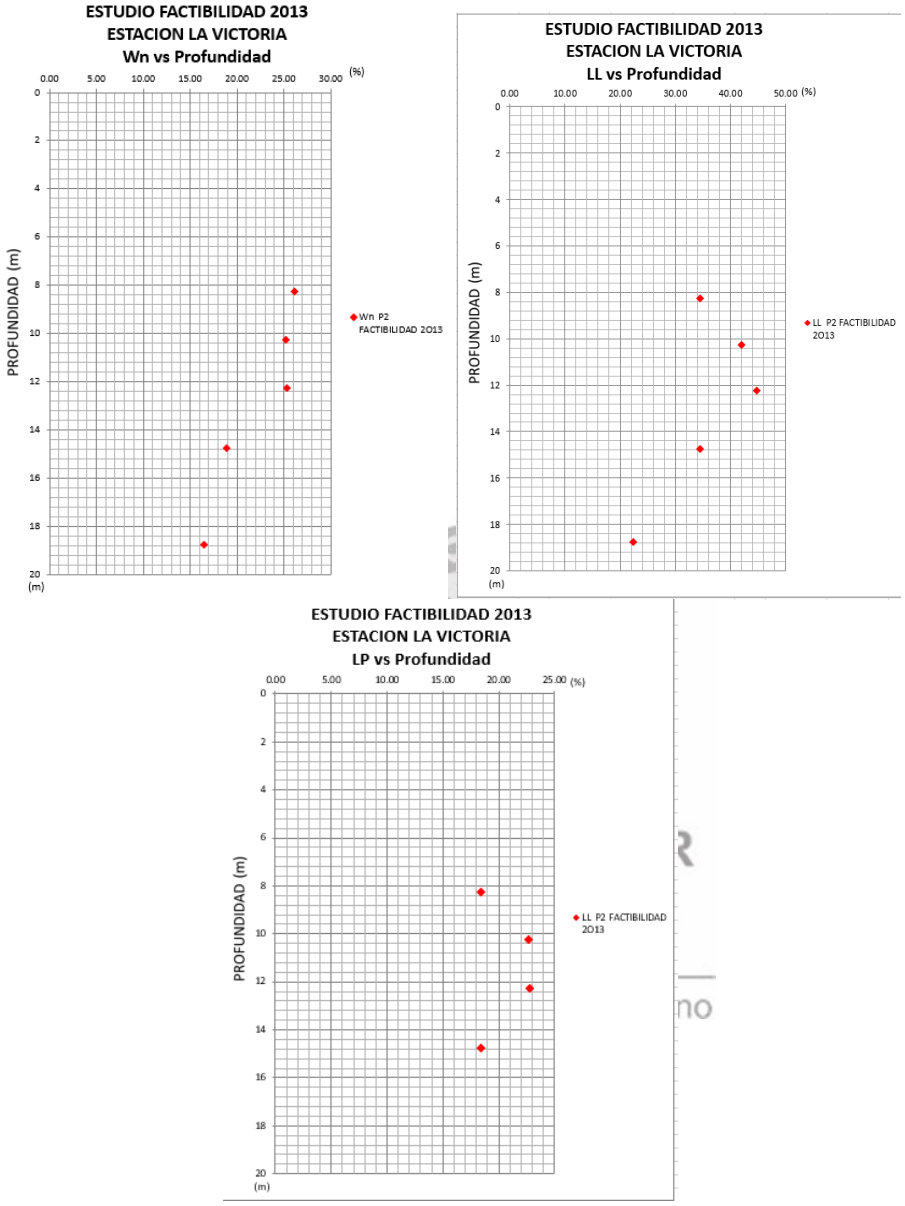


Figura. 11-44. *Variación de Wn, LL e LP en profundidad –Zona Geotécnica 5 y 9*

- **Composición granulométrica y clasificación de suelos por el método unificado**

Se evidencia la homogeneidad de los suelos en la zona, los cuales se componen de un gran porcentaje de finos, así como bajos o nulos porcentajes de arenas y gravas.

Superficialmente se logra evidenciar que en el primer metro se cuenta con un suelo de relleno con material orgánico y con residuos de construcción, desde el primer metro y hasta los 7 m se

encuentra con un relleno en matriz arcilloso limosa y/o arcillo arenosa en la cual se encuentra clastos subredondeados hasta de 6 cm, en la parte inferior por debajo de los 7 m y hasta los 16.5 m se encuentra un depósito fluvio glaciar de arcilla de alta plasticidad (CH) con presencia de clastos de 3 cm hasta 50 cm en algunos casos, desde los 16.5 m y hasta los 19 m el suelo se encuentra mucho más homogéneo contando con arcillas de baja plasticidad (CL) y algún porcentaje menor de gravas cerca a los 19 m de profundidad.

- **Peso unitario total (γt)**

En la Figura. 11-45. Variación de □t en profundidad Zona Geotécnica 5 y 9 se muestra la variación del peso unitario en estado natural de los materiales que componen el perfil del suelo, encontrando que entre los 7 y los 16.5m de profundidad este parámetro toma un valor promedio de 19.31kN/m^3.

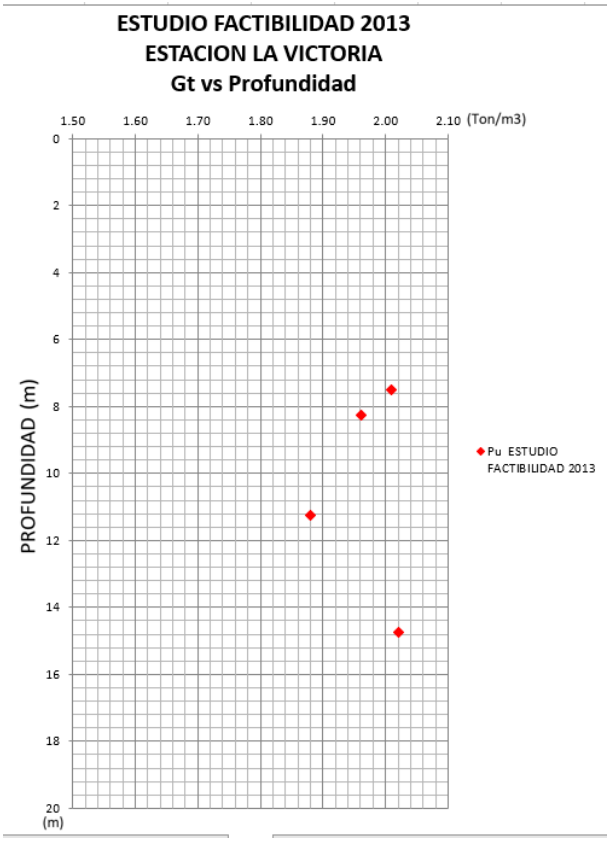


***Figura. 11-45**. Variación de □t en profundidad Zona Geotécnica 5 y 9*

- **Parámetros de resistencia (Resistencia al corte no drenado (Cu)**

Teniendo en cuenta que los materiales encontrados tienen comportamiento cohesivo, el parámetro para evaluar la resistencia de los suelos del sitio corresponde a la resistencia al corte no drenado, la cual se obtuvo a partir de ensayos in situ de penetración estándar (SPT) y de ensayos de laboratorio de compresión inconfinada. En la Figura. 11-46. Variación de N campo y Cu Zona 5 y 9 se muestra la variación de Cu encontrado que esta varía entre 64 y 120 kPa para el rango de entre el primer metro y los 19 m de profundidad.

Por otro lado, se observa que los resultados del número de golpes por pie en las diferentes perforaciones que se efectuaron en esta zona, son variables y se encuentran valores entre los 13 golpes hasta los 52 golpes (Los valores atípicos no son tenidos en cuenta para el cálculo de los parámetros de diseño).

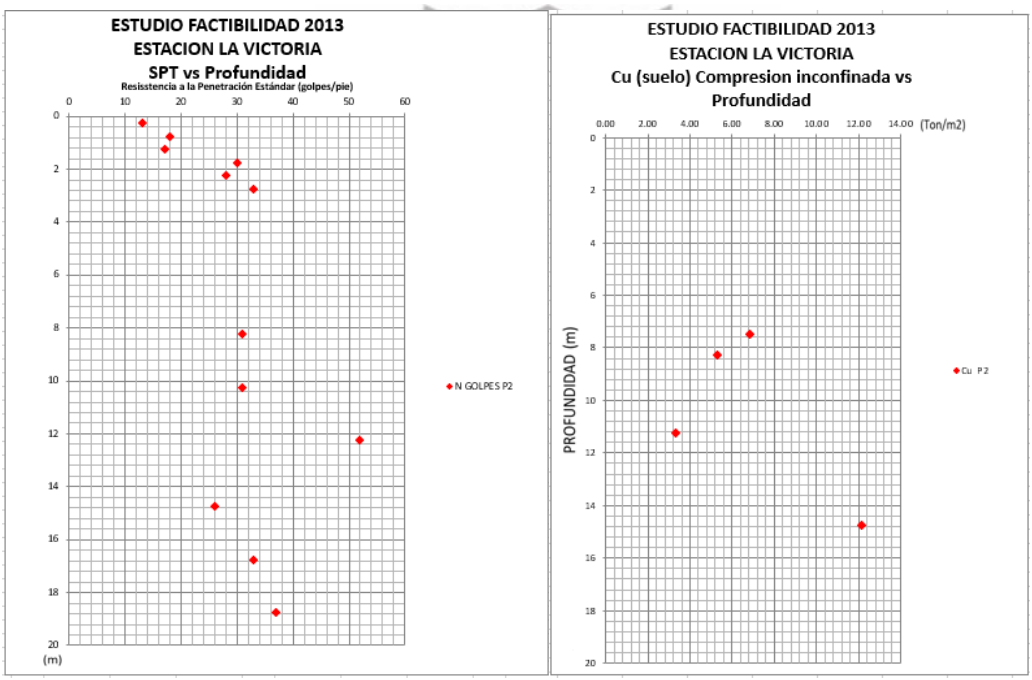


***Figura. 11-46**. Variación de N campo y Cu Zona 5 y 9*

- **Perfil geotécnico promedio**

De acuerdo con los análisis de variabilidad de las propiedades geotécnicas de esta zona se define el perfil geotécnico representativo junto con sus parámetros que representan la tendencia media en la siguiente tabla (en el Anexo J se presenta el cálculo de los parámetros geotécnicos de las perforaciones utilizadas para definir los modelos):

Tabla 11-24 Perfil Geotécnico de las Zonas 5 y 9

Prof. (m)		Descripción	SUCS	N campo	Y (kN/m³)	Wn (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	Fino (%)	Arena (%)	Grava (%)	Cu (kPa)	Es (KPa)	Φ' (°)
0	1	Relleno orgánico	MH		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1	7	Depósito matriz soportado	CH	27	19.7	-	-	-	-	-	-	-	100	50000	
7	16.5	Depósito fluvio-glaciar	CL	35	19.3	23.88	38.97	20.54	18.43	83.9	13.6	2.54	120	60000	-
16.5	19	Arcilla de baja plasticidad		35	19.8	16.44	22.32	-	-	56.25	20.6	23.15	120	60000	-
19	>	Arcillolita		69	20.4								290	145000	

Nota: los parámetros se determinaron a partir de correlaciones de acuerdo con la metodología descrita anteriormente.

11.2.6 Zona Geotécnica 6

El perfil estratigráfico para la zona 2 entre el Portal 20 de Julio y La Victoria contiene 3 perforaciones entre 1.0 m y 15.3 m, en los primeros metros un relleno arcilloso de alta plasticidad contiene trazas grises y presencia de óxidos con fragmentos de construcción, subyace bajo este estrato un suelo residual arcilloso de plasticidad variable, en la parte inferior a esta arcilla se pueda encontrar roca de tipo arcillolita.

El perfil se definió a partir de la geología, geomorfología y de información secundaria de exploración geotécnica de estudios anteriores y la cual se relaciona en la siguiente tabla:

Tabla 11-25 Relación de exploración geotécnica ejecutada en la Zona 6

Sondeo convencional	Estudio	Año
T2	Factibilidad 2013	2013
T3	Factibilidad 2013	2013
P5	IGR 2021	2021

DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

A continuación, se presentan los análisis geotécnicos referentes a la caracterización de los suelos de esta zona como la definición del perfil representativo junto con sus propiedades para los análisis pertinentes.

- **Nivel Freático**

En estos sondeos ejecutados se han realizado tomas de nivel de agua durante el durante el inicio y al finalizas las actividades que se realizan diariamente, encontrando un nivel freático promedio para la zona a una profundidad de 5.3 m, valor base para los análisis geotécnicos correspondientes.

- **Humedad natural (Wn), límite líquido (LL), límite plástico (LP), índice de plasticidad (IP) e índice de consistencia (IC)**

De acuerdo con lo que se muestra en la Figura. 11-47. Variación de Wn, LL e LP en profundidad – Zona Geotécnica 6 se observa que los materiales que componen el perfil del subsuelo en esta zona tienen valores de límite plásticos que varían entre 17.1 y 21.5 % con un valor promedio de 18.6%, la humedad natural oscila entre 11.31 y 31.28% con un valor promedio de 17.7%, el límite liquido oscila entre 34.9 y 42.4% con valor promedio de 37.98%, donde se puede inferir que existen estratos con plasticidad baja.

ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

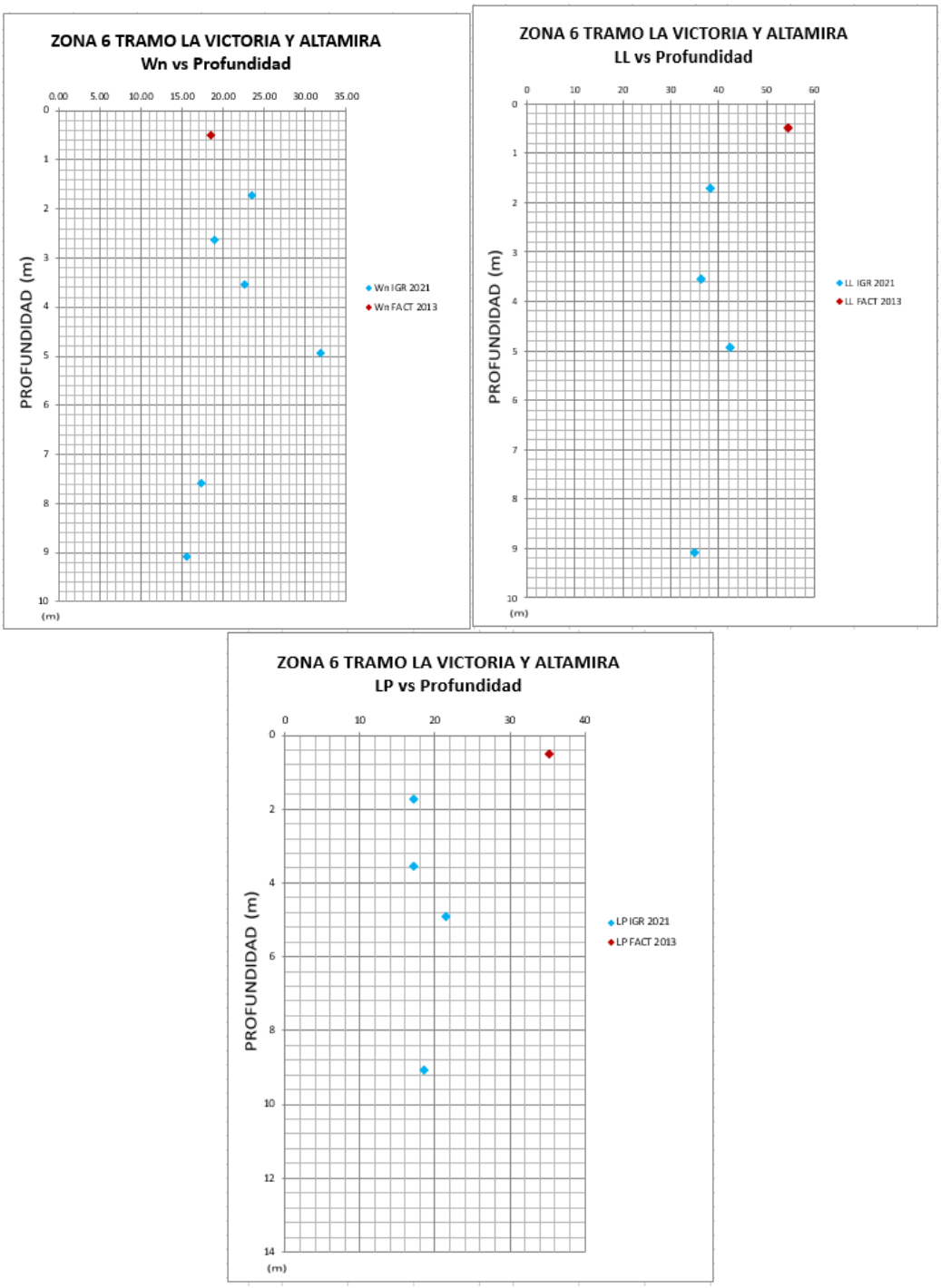


Figura. 11-47. *Variación de Wn, LL e LP en profundidad –Zona Geotécnica 6*

- **Composición granulométrica y clasificación de suelos por el método unificado**

A continuación, se presenta un resumen donde se evidencia la homogeneidad de los suelos en la zona, los cuales se componen de un gran porcentaje de finos y en menor medida de arenas.

Superficialmente se encuentra una capa de 3.3 m aproximadamente de relleno donde se evidencia residuos de material de construcción combinado con material orgánico, bajo esta capa se encuentra se encuentra un pequeño lente con un material de tipo fluvioglaciar de al menos 4.0m de espesor, subyace una capa con intercalación de arcillas de alta y baja plasticidad (CH y CL) hasta aproximadamente los 12 m, en la parte inferior a estos estratos se espera encontrar un material de tipo arcillolita.

- **Peso unitario total (γt)**

En la **Figura. 11-48.** Variación en γt –Zona Geotécnica 6 se muestra la variación del peso unitario en estado natural de los materiales que componen el perfil del suelo, se encuentran pesos unitarios variables los cuales oscilan entre los 21.16 y los 23.54 KN/m^3

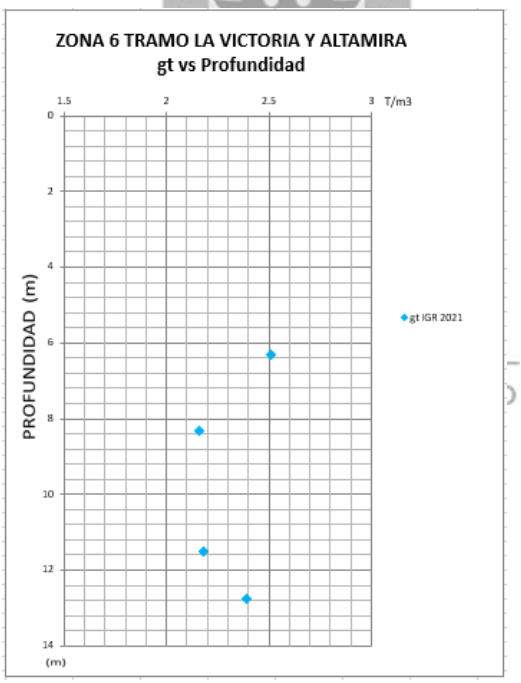


Figura. 11-48. *Variación en γt –Zona Geotécnica 6*

- **Parámetros de resistencia (Resistencia al corte no drenado (Cu)**

Teniendo en cuenta que los materiales encontrados tienen comportamiento cohesivo, el parámetro para evaluar la resistencia de los suelos del sitio corresponde a la resistencia al corte no drenado, la cual se obtuvo a partir de ensayos in situ de penetración estándar (SPT) y de ensayos de laboratorio de compresión inconfinada. En la Figura. 11-49. Variación de N campo y Cu Zona 6 se muestra la variación que se encuentra en este parámetro para las perforaciones oscilando entre 23.95 KPa y 100.1KPa.

Por otro lado, se observa que el número de golpes por pie en las diferentes perforaciones que se efectuaron en esta zona, los resultados son variables en efecto a la profundidad y se encuentran valores entre los 5 golpes hasta los 100 golpes (Los valores atípicos no son tenidos en cuenta para el cálculo de los parámetros de diseño).

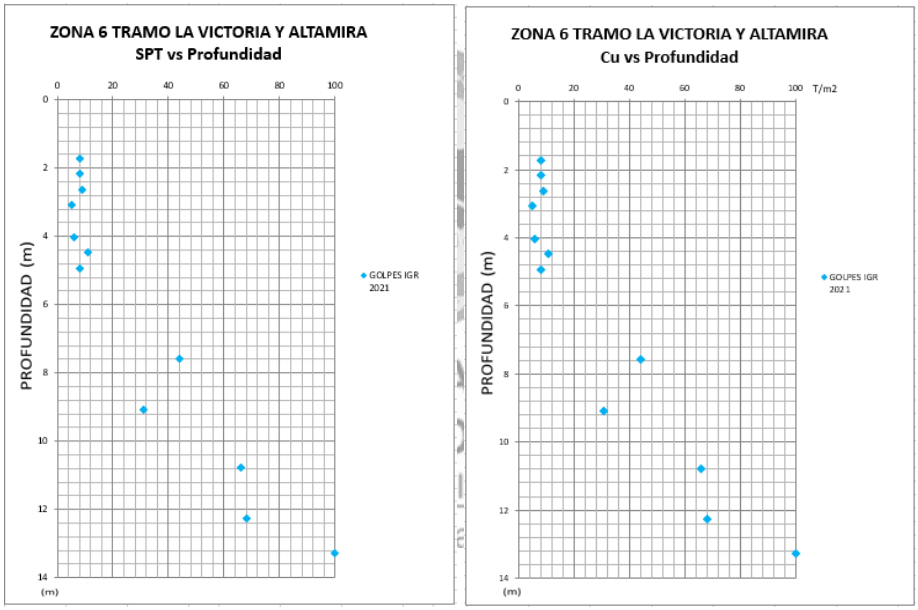


***Figura. 11-49**. Variación de N campo y Cu Zona 6*

- **Perfil geotécnico promedio**

De acuerdo con los análisis de variabilidad de las propiedades geotécnicas de esta zona se define el perfil geotécnico representativo junto con sus parámetros que representan la tendencia media en la siguiente tabla (en el Anexo J se presenta el cálculo de los parámetros geotécnicos de las perforaciones utilizadas para definir los modelos):

Tabla 11-26 Perfil Geotécnico de la zona geotécnica 6

Prof. (m)		Descripción	SUCS	N campo	Ɣ (kN/m³)	Wn (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	Fino (%)	Arena (%)	Grava (%)	Cu (kPa)	Es (KPa)	Φ' (°)
0	3.0	Relleno arcilloso de alta plasticidad	CL		-	21.25	38.33	17.21	21.12	65.45	32.93	1.63	-	-	-
3.0	5.0	Arcilla blanda	CL	8	19.6	27.25	39.35	19.3	20.05	46.98	45.07	7.95	34.5	17266	-
5.0	7.0	Bloques de arenisca		46	20.1	13.95	34.9	18.5	16.4	97.52	2.48	0		26427	35
7.0	11.0	Arcilla dura		37	21.19	13.95	34.9	18.5	16.4	97.52	2.48	0	150	75000	
11.0	>	Arcillolita	-	80	22.4	12.45	-	-	-	-	-	-	290	145000	-

Nota: los parámetros se determinaron a partir de correlaciones de acuerdo con la metodología descrita anteriormente.

Para el estrato de 5.0 a 7.0 m, se consideraron los mismos parámetros para areniscas tomados para la zona 11 al ser relativamente cercanos y tener características similares.

11.2.7 Zona Geotécnica 7

El perfil estratigráfico para la zona 7 entre La Victoria y Altamira contiene 3 perforaciones entre los 2 m y 15.0 m, en los primeros metros un relleno arcilloso de alta plasticidad contiene trazas grises y presencia de óxidos con fragmentos de construcción, luego se identifica un pequeño lente de material fluvioglaciar cabe recalcar que este no se encuentra en toda la zona, subyace bajo este estrato un suelo residual arcilloso de plasticidad variable, es muy posible que en la parte inferior a esta arcilla se pueda encontrar arcillolita.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD

El perfil se definió a partir de la geología, geomorfología y de información secundaria de exploración geotécnica de estudios anteriores y la cual se relaciona en la siguiente tabla:

Tabla 11-27 Relación de exploración geotécnica ejecutada en la Zona Geotécnica 7

Sondeo convencional	Estudio	Año
Ap1	Factibilidad 2013	2013
T1	Factibilidad 2013	2013
P4	IGR 2021	2021

A continuación, se presentan los análisis geotécnicos referentes a la caracterización de los suelos de esta zona como la definición del perfil representativo junto con sus propiedades para los análisis pertinentes.

- **Nivel Freático**

En estos sondeos ejecutados se han realizado tomas de nivel de agua durante el inicio y al finalizar las actividades que se realizan diariamente, encontrando un nivel freático en este punto a una profundidad de 1.7 m, valor base para los análisis geotécnicos correspondientes.

- **Humedad natural (Wn), límite líquido (LL), límite plástico (LP), índice de plasticidad (IP) e índice de consistencia (IC)**

De acuerdo con lo que se muestra en la Figura. 11-50. Variación de Wn, LL e LP en profundidad – Zona Geotécnica 7. se observa que los materiales que componen el perfil del subsuelo en esta zona tienen valores de límite plásticos que varían entre 13 y 45 % con un valor promedio de 23.33%, la humedad natural oscila entre 5.3 y 66% con un valor promedio de 23.72%, el límite liquido oscila entre 28 y 60% con un valor promedio de 45.32% donde se puede inferir que existen estratos con variabilidad de plasticidad.

ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

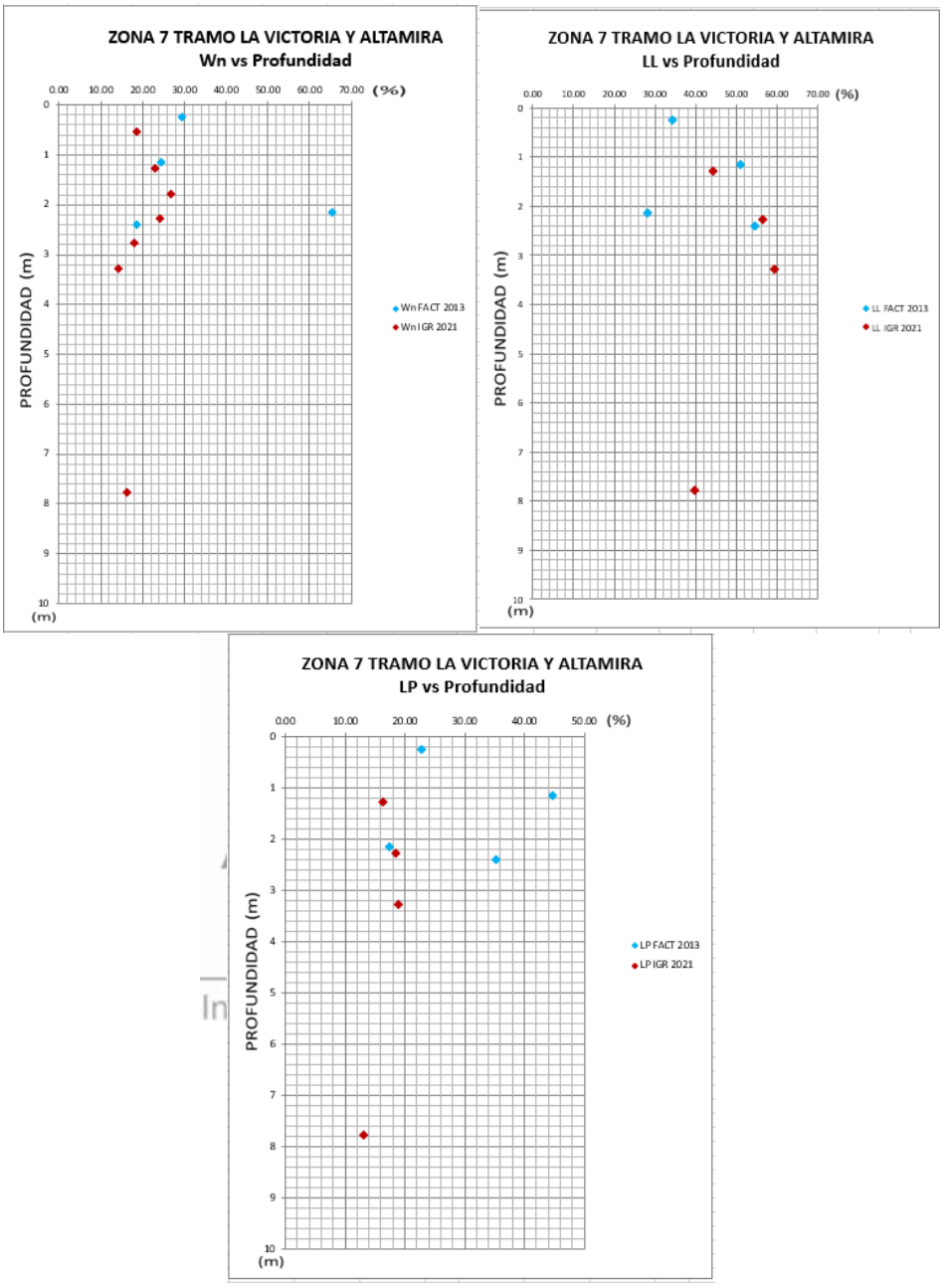


***Figura. 11-50**. Variación de Wn, LL e LP en profundidad –Zona Geotécnica 7.*

- **Composición granulométrica y clasificación de suelos por el método unificado**

A continuación, se presenta un breve resumen donde se evidencia la homogeneidad de los suelos en la zona, los cuales se componen de un gran porcentaje de finos y en menor medida de arenas.

Superficialmente se encuentra una capa de 1.6m aproximadamente de relleno donde se evidencia residuos de material de construcción combinado con material orgánico, bajo esta capa se encuentra un pequeño lente con un material de tipo fluvioglaciar este material no se encuentra ocupando toda la zona en su totalidad con un espesor de aproximadamente 3.0 m, subyace una capa con intercalación de arcillas de alta y baja plasticidad (CH y CL) hasta aproximadamente los 8m, en la parte inferior a estos estratos se espera encontrar un material de tipo arcillolita.

- **Peso unitario total (γt)**

En la Figura. 11-51. Variación en γt –Zona Geotécnica 7 muestra la variación del peso unitario en estado natural de los materiales que componen el perfil del suelo, se encuentra datos variables con un valor promedio de 21.37 KN/m3

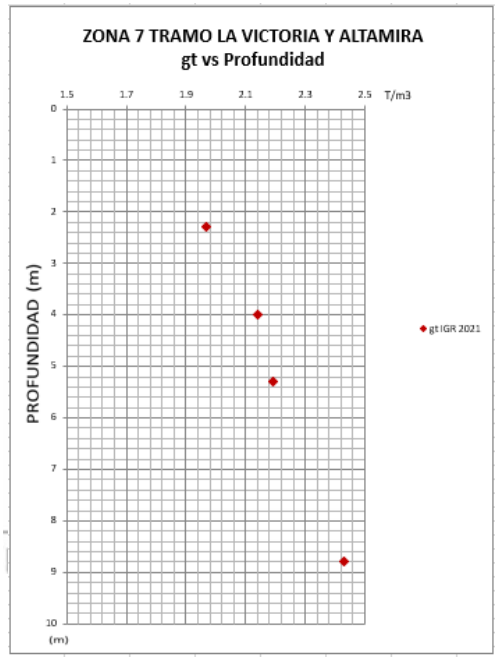


***Figura. 11-51**. Variación en γt –Zona Geotécnica 7*

- **Parámetros de resistencia (Resistencia al corte no drenado (Cu)**

Teniendo en cuenta que los materiales encontrados tienen comportamiento cohesivo, el parámetro para evaluar la resistencia de los suelos del sitio corresponde a la resistencia al corte no drenado, la cual se obtuvo a partir de ensayos in situ de penetración estándar (SPT) y de ensayos de laboratorio de compresión inconfinada. En la Figura. 11-52. Variación de N campo y Cu Zona Geotécnica 7 se muestra la variación que se encuentra en este parámetro para las perforaciones oscilando entre 33.5 KPa y 228.35KPa.

Por otro lado, se observa que el número de golpes por pie en las diferentes perforaciones que se efectuaron en esta zona, los resultados son variables en efecto a la profundidad y se

encuentran valores entre los 8 golpes hasta los 74 golpes (Los valores atípicos no son tenidos en cuenta para el cálculo de los parámetros de diseño).

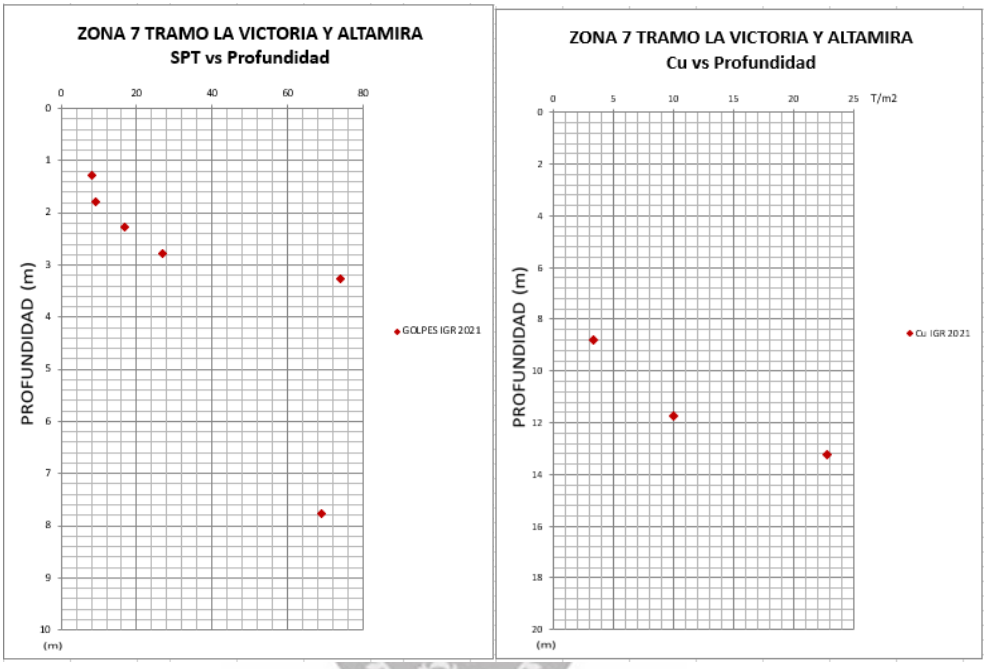


Figura. 11-52. *Variación de N campo y Cu Zona Geotécnica 7*

- **Perfil geotécnico promedio**

De acuerdo con los análisis de variabilidad de las propiedades geotécnicas de esta zona se define el perfil geotécnico representativo junto con sus parámetros que representan la tendencia media en la siguiente tabla (en el Anexo J se presenta el cálculo de los parámetros geotécnicos de las perforaciones utilizadas para definir los modelos):

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

Tabla 11-28 Perfil Geotécnico de la Zona Geotécnica 7.

Prof. (m)		Descripción	SUCS	N campo	Y (kN/m³)	Wn (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	Fino (%)	Arena (%)	Grava (%)	Cu (kPa)	Es (KPa)	Φ' (°)
0	2.0	Relleno arcilloso de alta plasticidad	CH	8	-	23.94	43.18	27.91	15.27	88.51	11.49	0	34.5	17250	-
2.0	4.0	Material fluvioglaciar intercalaciones de arcilla	CH-CL	22	19.3	27.86	49.68	22.43	27.25	92.05	6.14	1.81	90	45000	-
4.0	>	Arcillolita		71	22.1	16.4	39.7	13.2	26.5	-	-	-	290	145000	-

Nota: los parámetros se determinaron a partir de correlaciones de acuerdo con la metodología descrita anteriormente.

11.2.8 Zona Geotécnica 8

El perfil estratigráfico para la estación intermedia de Altamira contiene en el primer metro un relleno arcillo limoso que contiene fragmentos de ladrillos y escombros de construcción, luego subyace una pequeña capa de un material en matriz arcillo arenosa de consistencia blanda, después de este estrato se identifica un material arcillo arenoso de consistencia mucho más dura que la anterior con presencia de clastos, en la parte inferior a este estrato se identifica una arcilla de baja plasticidad posiblemente sea un suelo residual de arcillolita

El perfil se definió a partir de la geología, geomorfología y de información secundaria de exploración geotécnica de estudios anteriores y la cual se relaciona en la siguiente tabla:

Tabla 11-29 Relación de exploración geotécnica ejecutada en la Zona Geotécnica 8

Sondeo convencional	Estudio	Año
S3	Factibilidad 2013	2013

A continuación, se presentan los análisis geotécnicos referentes a la caracterización de los suelos de esta zona como la definición del perfil representativo junto con sus propiedades para los análisis pertinentes.

- **Nivel Freático**

En el sondeo ejecutado se realizó toma de nivel de agua freática durante el inicio de las actividades diarias y al finalizar la jornada de trabajos, se obtuvo una medida de nivel freático a 3 m, valor base para los análisis geotécnicos correspondientes.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

- **Humedad natural (Wn), límite líquido (LL), límite plástico (LP), índice de plasticidad (IP) e índice de consistencia (IC)**

De acuerdo con lo que se muestra en la Figura. 11-53. Variación de Wn, LL e LP en profundidad – Zona Geotécnica 8.se observa que los materiales que componen el perfil del subsuelo en esta zona tienen valores de límite plásticos que varían entre 21y 31 % con un promedio general de 25.22%, la humedad natural oscila entre 25 y 36% con un promedio de 29.71%, por otro lado, el límite liquido oscila entre 43 y 63% donde se puede inferir que existen estratos con variabilidad de plasticidad.

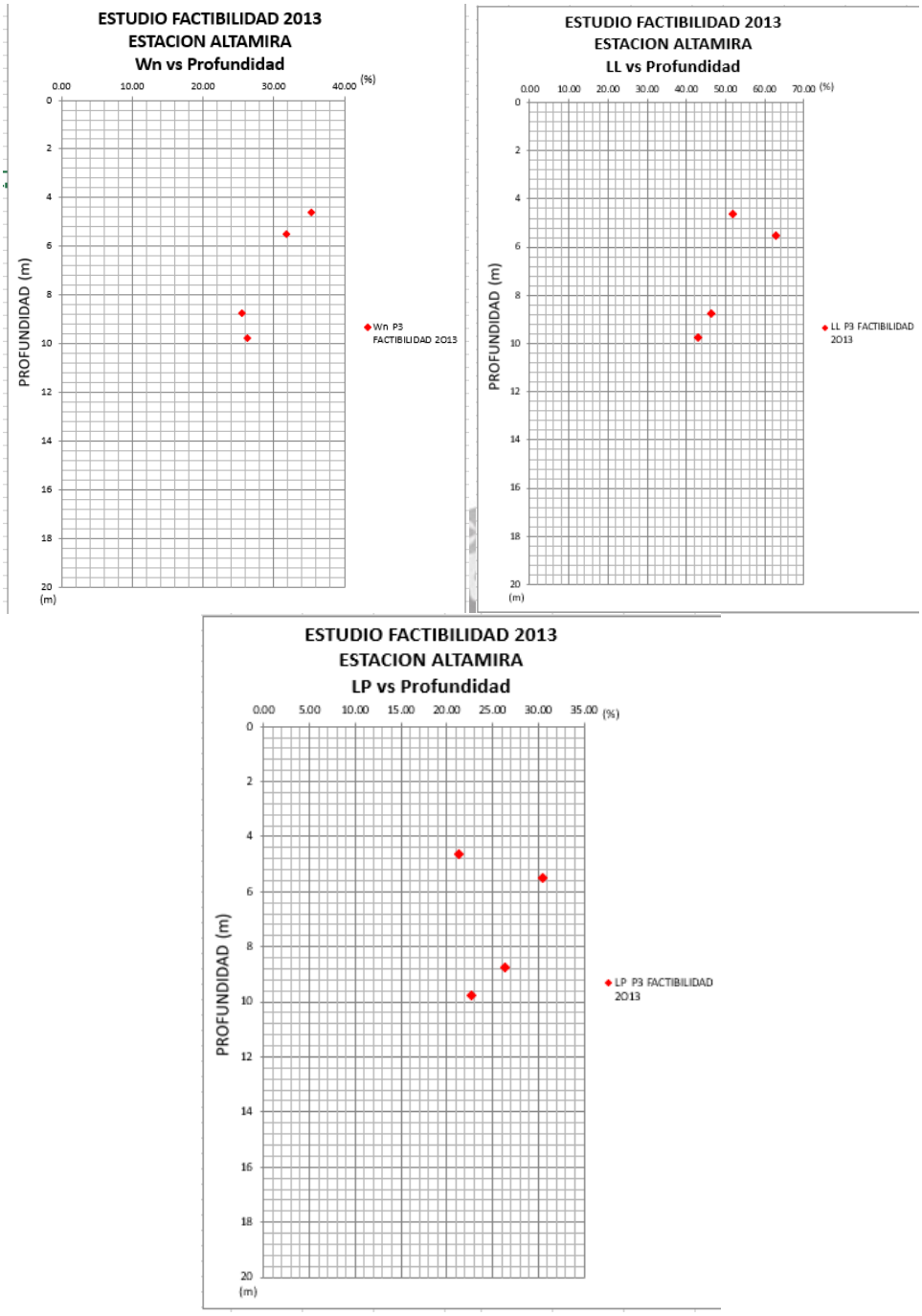


***Figura. 11-53**. Variación de Wn, LL e LP en profundidad –Zona Geotécnica 8.*

- **Composición granulométrica y clasificación de suelos por el método unificado**

A continuación, se presenta un resumen donde se evidencia la homogeneidad de los suelos en la zona, los cuales se componen de un gran porcentaje de finos y en menor medida de arenas. Superficialmente en la primera capa se encuentra un relleno orgánico limo arcilloso con presencia de material de construcción, bajo esta capa se encuentra una capa de 1.7 m de espesor que se caracteriza como un material en matriz arcillo arenosa de consistencia blanda, desde los 2.7 m y hasta los 5.52 m se encuentra un estrato de un material arcillo arenoso de consistencia dura y donde se pueden encontrar clastos hasta de 7cm, subyace a esta capa un estrato de arcilla de baja plasticidad (CL), en el último tramo se logra encontrar roca arcillolita.

- **Peso unitario total (γt)**

En la Figura. 11-54. Variación en γt –Zona Geotécnica 8 se muestra la variación del peso unitario en estado natural de los materiales que componen el perfil del suelo, encontrando que entre los 5.25 y los 7.5 m de profundidad este parámetro toma un valor medio de 19kN/m^3.

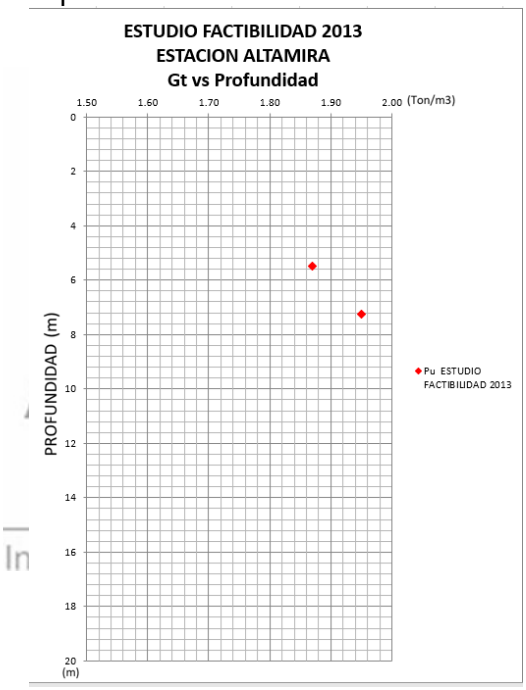


***Figura. 11-54**. Variación en γt –Zona Geotécnica 8*

- **Parámetros de resistencia (Resistencia al corte no drenado (Cu)**

Teniendo en cuenta que los materiales encontrados tienen comportamiento cohesivo, el parámetro para evaluar la resistencia de los suelos del sitio corresponde a la resistencia al corte no drenado, la cual se obtuvo a partir de ensayos in situ de penetración estándar (SPT) y de ensayos de laboratorio de compresión inconfinada. En la Figura. 11-55. Variación de N campo y Cu Zona Geotécnica 8 se muestra la variación que se encuentra en este parámetro para las perforaciones oscilando entre 33.5 KPa y 228.35KPa.

Por otro lado, se observa que el número de golpes por pie en las diferentes perforaciones que se efectuaron en esta zona, los resultados son variables en efecto a la profundidad y se

encuentran valores entre los 6 golpes hasta los 61 golpes (Los valores atípicos no son tenidos en cuenta para el cálculo de los parámetros de diseño).

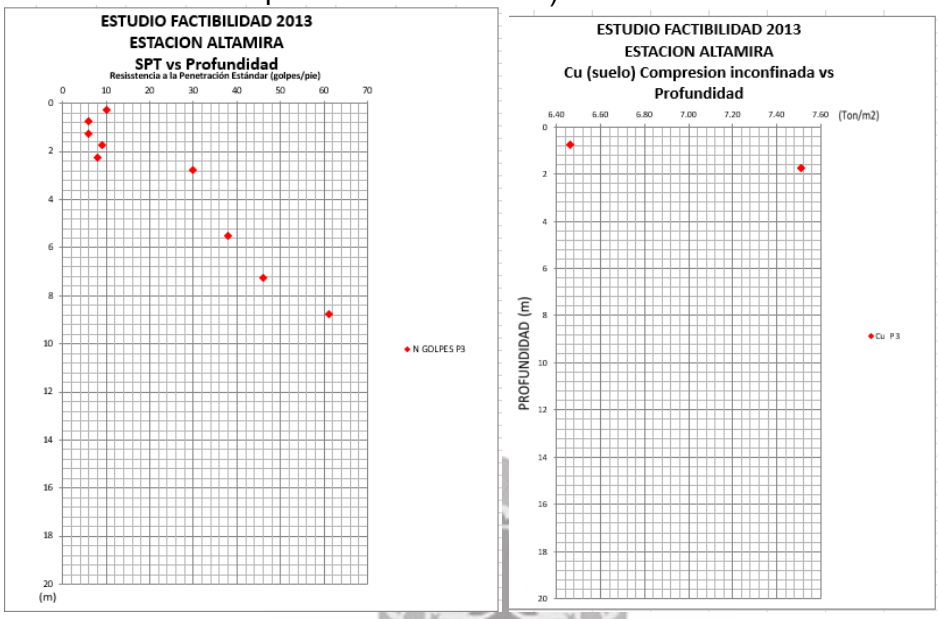


Figura. 11-55. *Variación de N campo y Cu Zona Geotécnica 8*

- **Perfil geotécnico promedio**

De acuerdo con los análisis de variabilidad de las propiedades geotécnicas de esta zona se define el perfil geotécnico representativo junto con sus parámetros que representan la tendencia media en la siguiente tabla (en el Anexo J se presenta el cálculo de los parámetros geotécnicos de las perforaciones utilizadas para definir los modelos):

Tabla 11-30 Perfil Geotécnico de la Zona Geotécnica 8.

Prof. (m)		Descripción	SUCS	N campo	Y (kN/m^3)	Wn (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	Fino (%)	Arena (%)	Grava (%)	Cu (kPa)	Es (KPa)	C' (kPa)	Φ' (°)
0	1.0	Relleno arcilloso de alta plasticidad	CH		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
1.0	2.7	Suelo residual arcilloso blando		7	18.3	-	-	-	-	-	-	-	33.1	16530		
2.7	5.25	Suelo residual arcilloso dura		30	18.3	33.56	57.3	25.92	31.38	94.9	5.1	-	120	60000		
5.25	10.5	Suelo residual arcilloso dura		48	18.7	25.86	44.68	24.52	20.16	98.66	2.34	-	200	100000		
10.5	>.	Arcillolita		69	20.4					-	-	-	290	145000	-	-

Nota: los parámetros se determinaron a partir de correlaciones de acuerdo con la metodología descrita anteriormente.

11.2.9 Zona Geotécnica 10

Esta zona correspondiente a quebradas naturales y ubicada en el tramo entre La Victoria y Juan Rey. Con un perfil con un material predominantemente de arcillas de consistencias variables, similar al de las zonas geotécnicas aledañas.

- **Perfil geotécnico promedio**

En la zona geotécnica número 10 se cuenta con dos Líneas de Refracción Sísmica (LRS 2 y LRS 3), de las cuales se tomaron los resultados de LRS 3, por tratarse de valores más críticos.

Sondeo convencional	Estudio	Año
LRS2	IGR2021	2021
LRS3	IGR2021	2021

A continuación, se presentan los resultados de la Línea de Refracción sísmica 3. Para detallar los resultados con más detalle ver Anexo N en la sección Resultados de Líneas de Refracción Sísmica

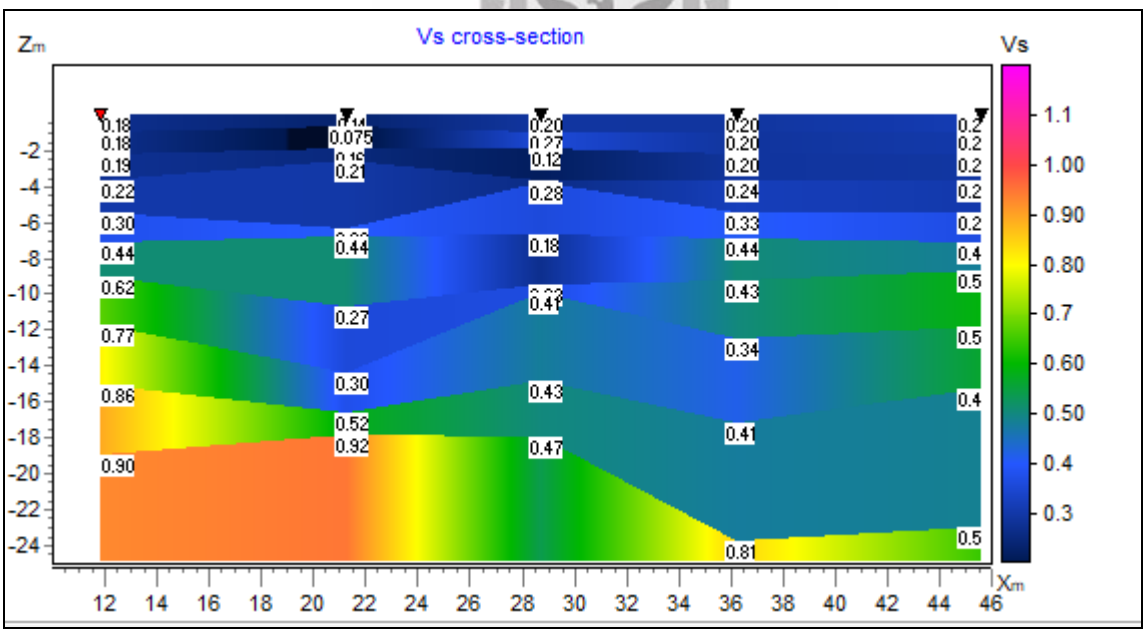
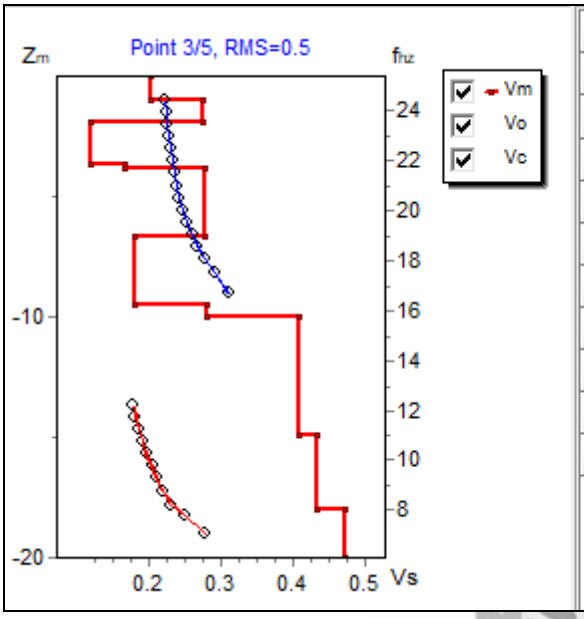


***Figura. 11-56**.Resultados de velocidad de onda cortante para LRS3*

Adicionalmente, se muestran los resultados para la abscisa 28, que es la abscisa media de la Línea de Refracción Sísmica.



N	Vs	PR	ρ	Z	H
1	0.20	0.22	2	0	1.0
2	0.27	0.22	2	1.0	1.0
3	0.12	0.22	2	1.9	1.7
4	0.17	0.22	2	3.6	0.2
5	0.28	0.22	2	3.8	2.9
6	0.18	0.22	2	6.7	2.8
7	0.28	0.22	2	9.5	0.5
8	0.41	0.22	2	10.0	4.9
9	0.43	0.22	2	14.9	3.1
10	0.47	0.22	2	18.0	*

Figura. 11-57*. Resultados de velocidad de onda cortante para LRS3 abscisa 28*

A partir de los resultados de la velocidad de onda cortante de la línea LRS 3, se calculó el valor de N de campo de acuerdo con la metodología descrita en apartados anteriores.

De acuerdo con los análisis de variabilidad de las propiedades geotécnicas de esta zona se define el perfil geotécnico representativo junto con sus parámetros que representan la tendencia media en la siguiente tabla, dichos parámetros geotécnicos se determinaron a partir de correlaciones:

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.

Tabla 11-31 Perfil Geotécnico de la Zona Geotécnica 10.

Prof. (m)		Descripción	SUCS	N campo	Y (kN/m³)	Wn (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	Fino (%)	Arena (%)	Grava (%)	Cu (kPa)	Es (kPa)	Φ' (°)
0	1	Relleno arcilloso de alta plasticidad												-	
1	7	Arcilla blanda		6	17.9								25.9	12949	
7	10	Arcilla firme		20	17.7								86.3	43164	-
10	>	Arcilla muy dura		50	19.5								200	100000	

11.2.10 Zona Geotécnica 11

El perfil estratigráfico para la zona 11 ocupa un espacio entre La Victoria y Juan Rey. Contiene 4 perforaciones entre 2.5 hasta los 5 m y una perforación de 15.0 m. En los primeros metros un relleno arcilloso de alta plasticidad con fragmentos de construcción, subyace bajo este estrato un suelo residual arcilloso de plasticidad variable, es muy posible que en la parte inferior a esta arcilla se pueda encontrar arcillolita.

El perfil se definió a partir de la geología, geomorfología y de información secundaria de exploración geotécnica de estudios anteriores y la cual se relaciona en la siguiente tabla:

Tabla 11-32 Relación de exploración geotécnica ejecutada en la Zona 11

Sondeo convencional	Estudio	Año
Tramo 21	Vías IDU	2010
Tramo 25	Vías IDU	2010
Tramo 48	Vías IDU	2010
Tramo 51	Vías IDU	2010
P2	IGR 2021	2021

A continuación, se presentan los análisis geotécnicos referentes a la caracterización de los suelos de esta zona como la definición del perfil representativo junto con sus propiedades para los análisis pertinentes.

- **Nivel Freático**

En estos sondeos ejecutados se han realizado tomas de nivel de agua durante el inicio y al finalizar las actividades que se realizan diariamente, encontrando un nivel freático promedio para la zona a una profundidad de 2.8 m, valor base para los análisis geotécnicos correspondientes.

- **Humedad natural (Wn), límite líquido (LL), límite plástico (LP), índice de plasticidad (IP) e índice de consistencia (IC)**

De acuerdo con lo que se muestra en la Figura. 11-58. Variación en γt –Zona Geotécnica 11 se observa que los materiales que componen el perfil del subsuelo en esta zona tienen valores de límite plásticos que varían entre 15 y 36 % con un promedio general de 23.66%, la humedad natural oscila entre 4 y 42% con un promedio de 15.71%, por otro lado, el límite liquido oscila entre 30.2y 72% con un promedio de 45.21% donde se logra evidenciar que la totalidad del perfil pareciera presentar una variabilidad en la compresibilidad del material.

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

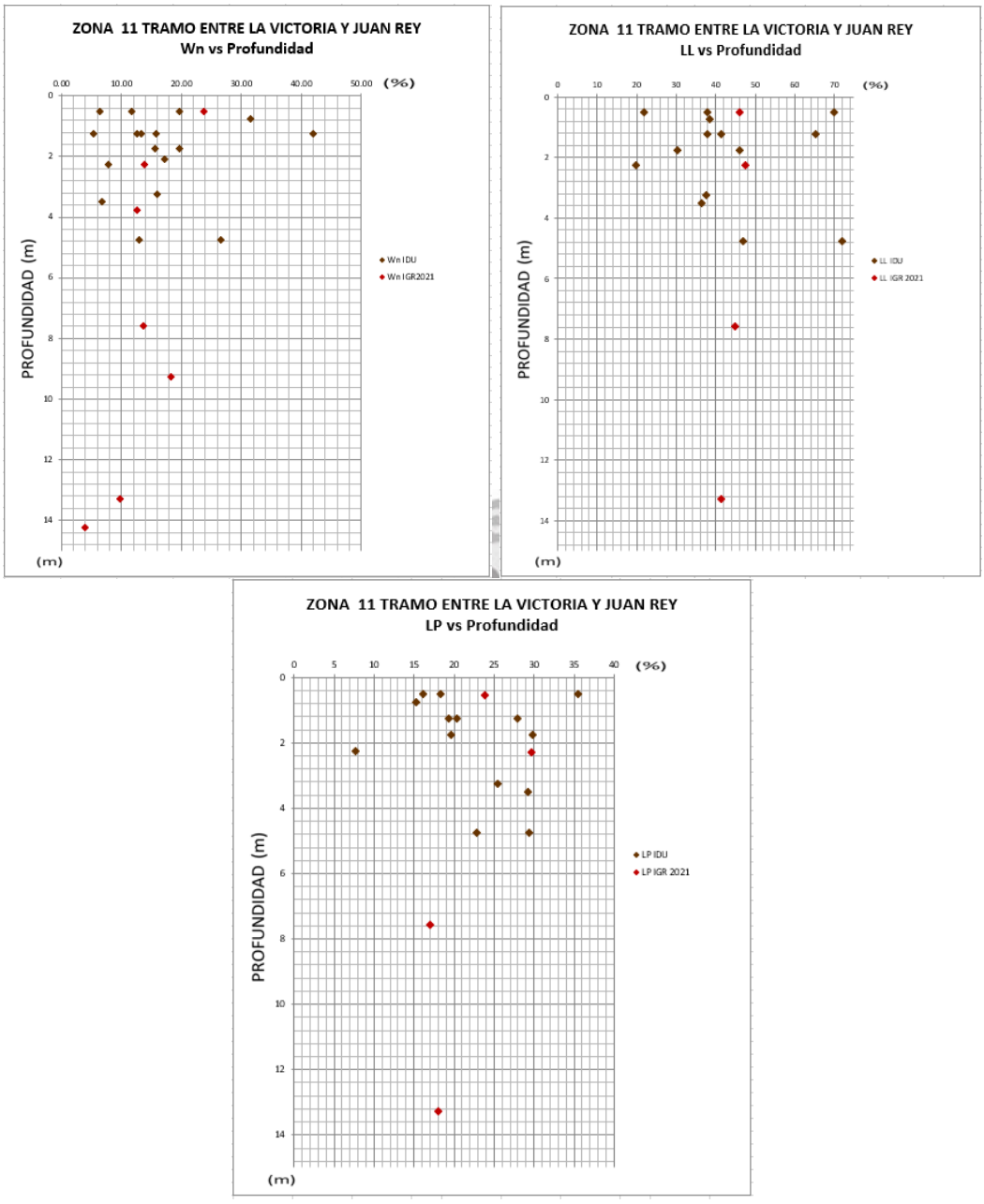


***Figura. 11-58**. Variación en γt –Zona Geotécnica 11*

- **Composición granulométrica y clasificación de suelos por el método unificado**

A continuación, se presenta un resumen donde se evidencia la homogeneidad de los suelos en la zona, los cuales se componen de un gran porcentaje de finos, así como bajos o nulos porcentajes de arenas y gravas.

Superficialmente se logra evidenciar que los primeros 3.5m se encuentra un relleno con material orgánico y con residuos de construcción, desde los 3.5m y hasta los 11.7 m se encuentra un material residual de tipo arcilloso con variabilidad en la compresibilidad de estas, bajo este estrato ya se encuentra un material rocoso de tipo arcillolita.

- **Peso unitario total (γt)**

En la Figura. 11-59. Variación en γt –Zona Geotécnica 11 se muestra un único dato de peso unitario en estado natural de los materiales que componen el perfil del suelo, se encuentra un peso unitario de 23.73 KN/m^3

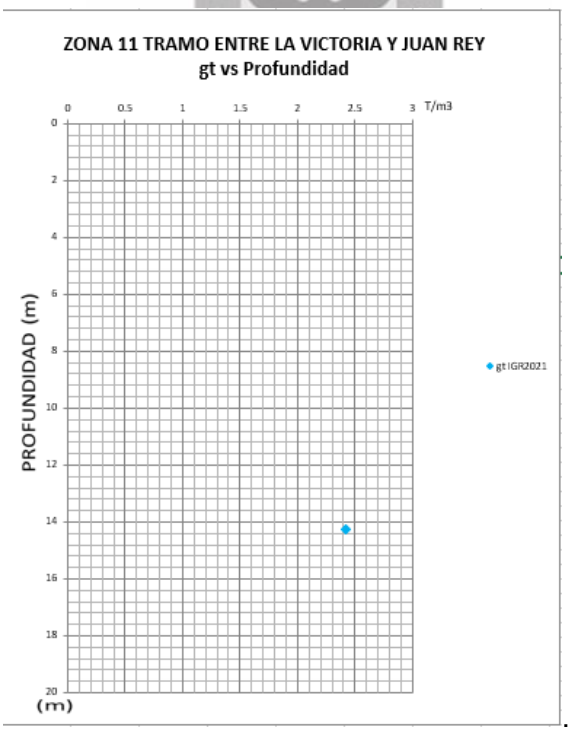


***Figura. 11-59**. Variación en γt –Zona Geotécnica 11*

- **Parámetros de resistencia (Resistencia al corte no drenado (Cu)**

Teniendo en cuenta que los materiales encontrados tienen comportamiento cohesivo, el parámetro para evaluar la resistencia de los suelos del sitio corresponde a la resistencia al corte no drenado, la cual se obtuvo a partir de ensayos in situ de penetración estándar (SPT) y de ensayos de laboratorio de compresión inconfinada. En la Figura. 11-60. Variación de N campo y Cu Zona Geotécnica 11 se muestra la variación de Cu encontrado que esta varía entre 102 y 223.4 KPa.

Por otro lado, se observa que el número de golpes por pie en las diferentes perforaciones que se efectuaron en esta zona, los resultados son variables en efecto a la profundidad y se encuentran valores entre los 4 golpes hasta los 86 golpes, cabe recalcar que estos ensayos se realizaron con pesa de 32 kilos para las perforaciones del IDU (Los valores atípicos no son tenidos en cuenta para el cálculo de los parámetros de diseño).

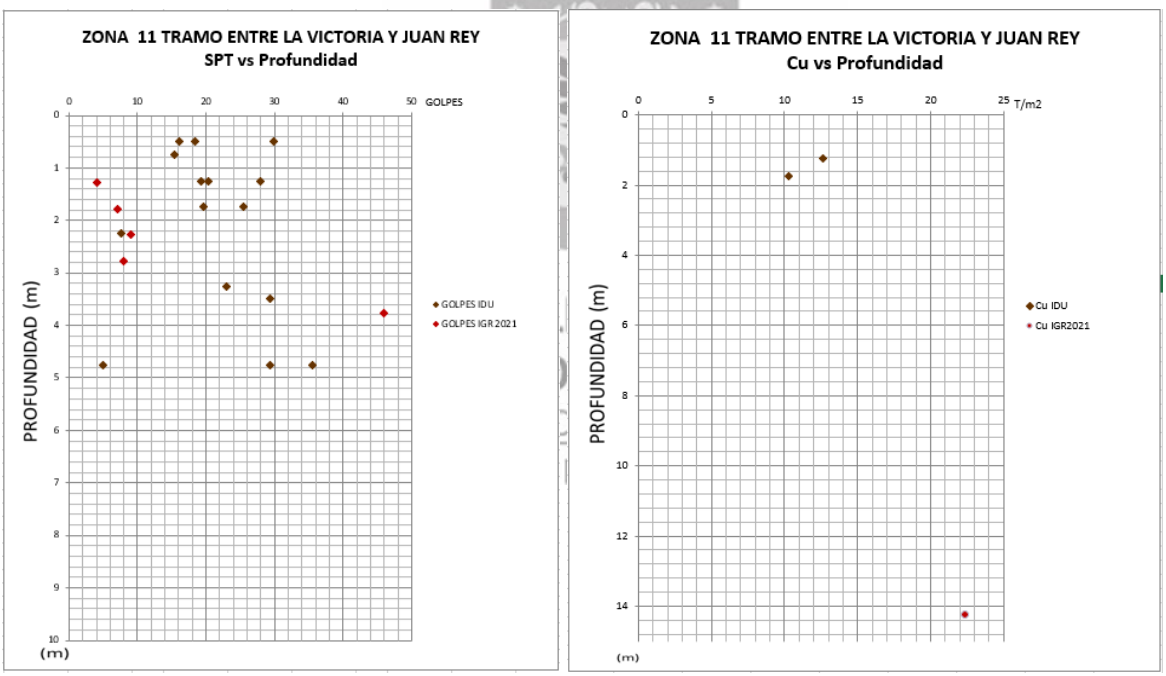


***Figura. 11-60**. Variación de N campo y Cu Zona Geotécnica 11*

- **Perfil geotécnico promedio**

De acuerdo con los análisis de variabilidad de las propiedades geotécnicas de esta zona se define el perfil geotécnico representativo junto con sus parámetros que representan la tendencia media en la siguiente tabla. Se tomó como representativo el sondeo P2 realizado para esta fase de factibilidad pues es el que mayor información posee. A partir de este sondeo se caracterizaron los bloques de arenisca que aparecen en el estrato de 3.0 m a 7.0 m (en el

Anexo J se presenta el cálculo de los parámetros geotécnicos de las perforaciones utilizadas para definir los modelos):

Tabla 11-33 Perfil Geotécnico de la Zona 11

Prof. (m)		Descripción	SUCS	N campo	Y (kN/m³)	Wn (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	Fino (%)	Arena (%)	Grava (%)	Cu (kPa)	Es (KPa)	Φ' (°)
0	3.0	Relleno orgánico		7	18.3	16.42	41.16	22.73	18.43	-	-	-	30.2	15100	-
3.0	7.0	Bloques de arenisca		46	20.11	16.8	54.56	23.09	34.3	-	-	-		26427	35
7.0	>	Arcillolita		69	23.7	5.3							290	145000	

Nota: los parámetros se determinaron a partir de correlaciones de acuerdo con la metodología descrita anteriormente.

11.2.11 Zona Geotécnica 12

El perfil estratigráfico para la zona 12 ocupa un espacio entre La Victoria y Juan Rey contiene 3 perforaciones entre 2.5 hasta los 15.0 m, en los primeros metros un relleno arcilloso de alta plasticidad con fragmentos de construcción, subyace bajo este estrato un suelo residual arcilloso de plasticidad variable, en la parte inferior a esta arcilla se encuentra arcillolita.

El perfil se definió a partir de la geología, geomorfología y de información secundaria de exploración geotécnica de estudios anteriores y la cual se relaciona en la siguiente tabla:

Tabla 11-34 Relación de exploración geotécnica ejecutada en la Zona 12

Sondeo convencional	Estudio	Año
Tramo 14	Vías IDU	2010
Tramo 46	Vías IDU	2010
P1	IGR2021	2021

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

A continuación, se presentan los análisis geotécnicos referentes a la caracterización de los suelos de esta zona como la definición del perfil representativo junto con sus propiedades para los análisis pertinentes.

- **Nivel Freático**

En estos sondeos ejecutados se han realizado tomas de nivel de agua durante el inicio y al finalizas las actividades que se realizan diariamente, encontrando un nivel freático promedio para la zona a una profundidad de 3.3 m, valor base para los análisis geotécnicos correspondientes.

- **Humedad natural (Wn), límite líquido (LL), límite plástico (LP), índice de plasticidad (IP) e índice de consistencia (IC)**

De acuerdo con lo que se muestra en la Figura. 11-61. Variación en γt –Zona Geotécnica 12. se observa que los materiales que componen el perfil del subsuelo en esta zona tienen valores de

límite plásticos que varían entre 15 y 36 % con un promedio general de 23.66%, la humedad natural oscila entre 4 y 42% con un promedio de 15.71%, por otro lado, el límite liquido oscila entre 30.2y 72% con un promedio de 45.21% donde se logra evidenciar que la totalidad del perfil pareciera presentar una variabilidad en la compresibilidad del material.

ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

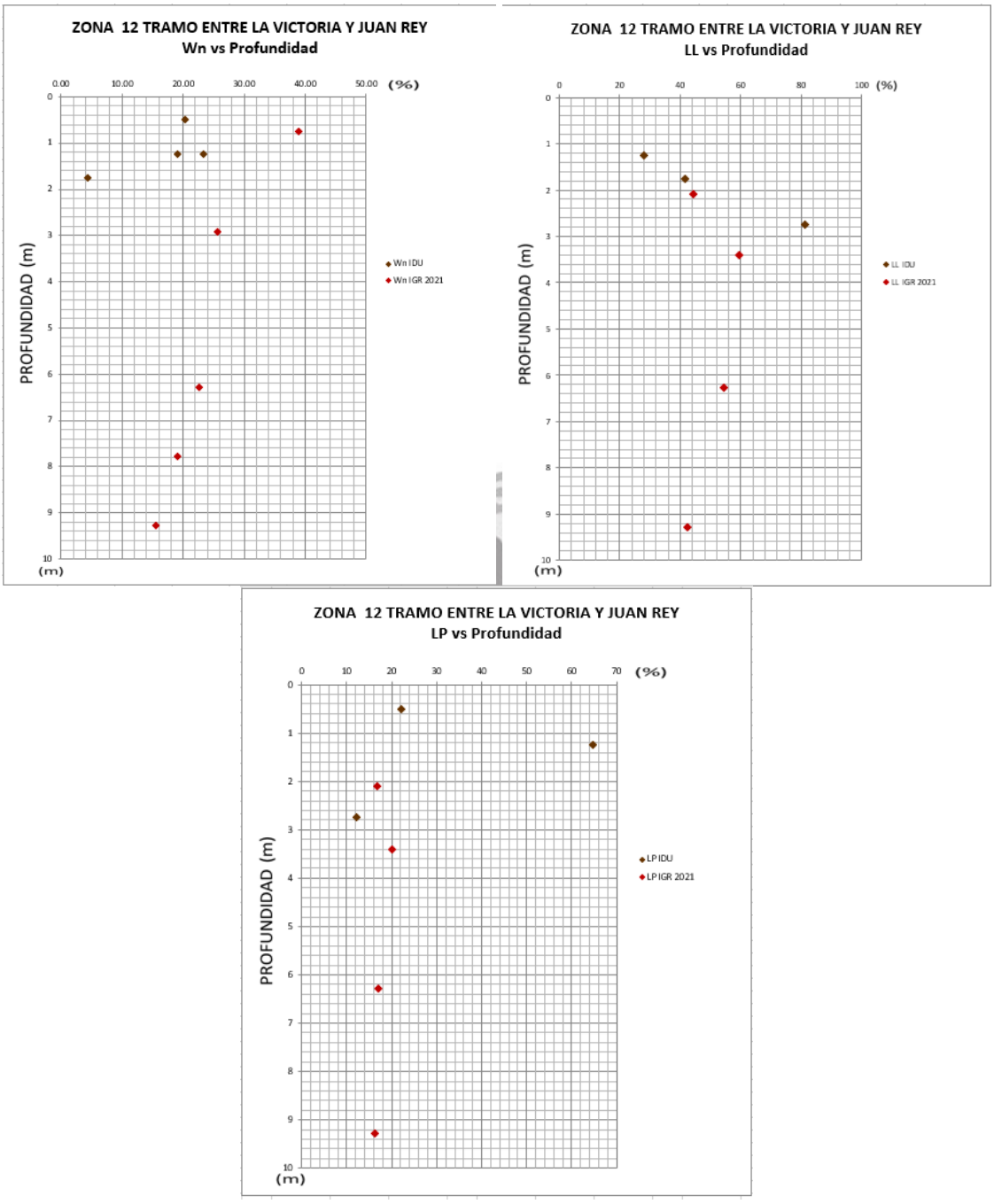


Figura. 11-61. *Variación en γt –Zona Geotécnica 12.*

- **Composición granulométrica y clasificación de suelos por el método unificado**

A continuación, se presenta un resumen donde se evidencia la homogeneidad de los suelos en la zona, los cuales se componen de un gran porcentaje de finos, así como bajos o nulos porcentajes de arenas y gravas.

Superficialmente se logra evidenciar que los primeros 1.5 m se encuentra un relleno con material orgánico y con residuos de construcción, desde los 1.5m y hasta los 6.5 m se encuentra un material residual de tipo arcilloso con variabilidad en la compresibilidad de estas, bajo este estrato ya se encuentra un material rocoso de tipo arcillolita.

- **Peso unitario total (γt)**

Este ítem no cuenta con la información suficiente.

- **Parámetros de resistencia (Resistencia al corte no drenado (Cu)**

Teniendo en cuenta que los materiales encontrados tienen comportamiento cohesivo, el parámetro para evaluar la resistencia de los suelos del sitio corresponde a la resistencia al corte no drenado, la cual se obtuvo a partir de ensayos in situ de penetración estándar (SPT) y de ensayos de laboratorio de compresión inconfinada. En la Figura. 11-62. Variación de N campo y Cu Zona Geotécnica 12 se muestra la variación de Cu encontrado un valor promedio de 18.5 KPa.

Por otro lado, se observa que el número de golpes por pie en las diferentes perforaciones que se efectuaron en esta zona, los resultados son variables en efecto a la profundidad y se encuentran valores entre los 7 golpes hasta los 100 golpes, cabe recalcar que estos ensayos se realizaron con pesa de 32 kilos para las perforaciones del IDU (Los valores atípicos no son tenidos en cuenta para el cálculo de los parámetros de diseño)

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

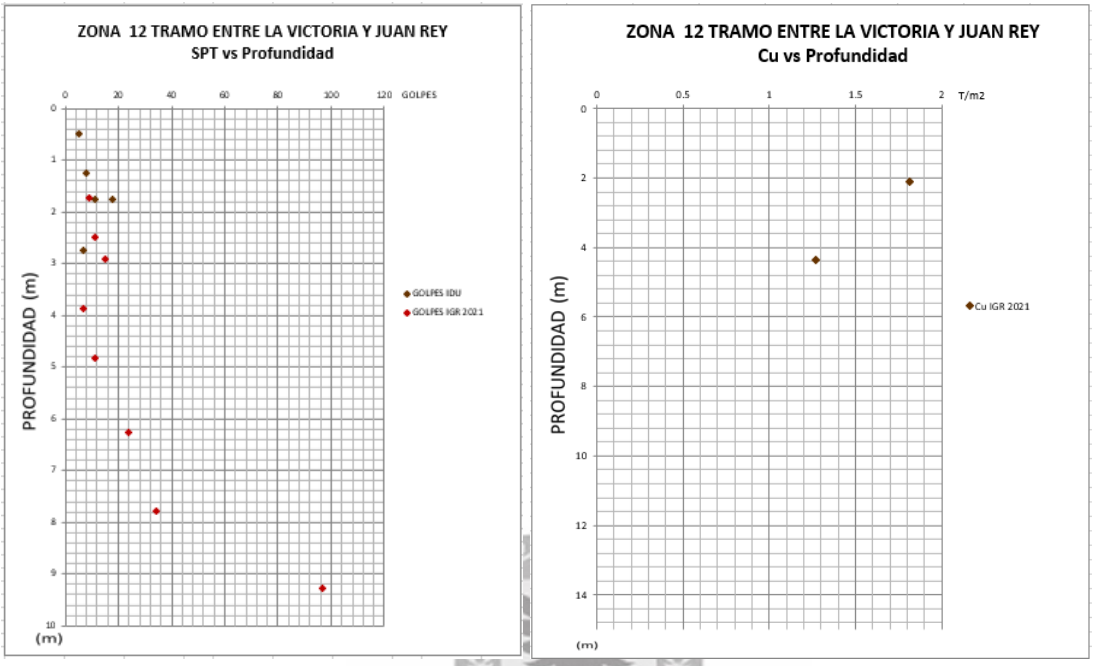


***Figura. 11-62**. Variación de N campo y Cu Zona Geotécnica 12*

- **Perfil geotécnico promedio**

De acuerdo con los análisis de variabilidad de las propiedades geotécnicas de esta zona se define el perfil geotécnico representativo junto con sus parámetros que representan la tendencia media en la siguiente tabla (en el Anexo J se presenta el cálculo de los parámetros geotécnicos de las perforaciones utilizadas para definir los modelos):

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.

Tabla 11-35 Perfil Geotécnico de la Zona 12

Prof. (m)		Descripción	SUCS	N campo	Y (kN/m³)	Wn (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	Fino (%)	Arena (%)	Grava (%)	Cu (kPa)	Es (KPa)	Φ' (°)
0	1.5	Relleno orgánico		9	17.7	20.9	50.25	33.03	20.22				38.8	19400	-
1.5	6.5	Arcilla blanda		10	17.7	24.15	52.73	17.98	34.75	74.54	22.83	2.63	45.7	22850	
6.5	>	Arcillolita		69	23.7	16.18	42.24	17.09	25.15	94.32	5.68	0	290	145000	

Nota: los parámetros se determinaron a partir de correlaciones de acuerdo con la metodología descrita anteriormente.

11.3 PARÁMETROS DE DISEÑO PARA ZONAS GEOTÉCNICAS (PILONAS)

A partir de los modelos definidos anteriormente se establecieron los parámetros de diseño para cada sector. Los resultados se presentan a continuación:

11.3.1 Zona Geotécnica 1

A continuación, se presentan los parámetros geotécnicos de diseño para la zona 1.

Tabla 11-36. Parámetros geotécnicos de diseño Zona 1

Prof. Inicial (m)	Prof. Final (m)	Descripción Material	N campo	γ (kN/m3)	Cu (kPa)	φ (°)	E (kPa)
0	0.5	Lleno antrópico		-	-	-	-
0.5	5.4	Arcillas arenosas y plasticidad baja. Consistencia firme	18	19.9	77.7	-	38850
5.4	7.0	Arena limosa densidad media	16	23.3	0	28	9192
7.0	11.5	Arena limosa densa	21	25.8	0	28	12066
11.5	Adelante	Arenisca	73	20.1	0	38	41939

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.

11.3.2 Zona Geotécnica 2

A continuación, se presentan los parámetros geotécnicos de diseño para la zona 2.

Tabla 11-37. Parámetros geotécnicos de diseño Zona 2

Prof. Inicial (m)	Prof. Final (m)	Descripción Material	N campo	γ (kN/m3)	Cu (kPa)	φ (°)	E (kPa)
0.0	2.0	Relleno antrópico	16		69		34531
2.0	5.0	Arcilla blanda	13	20.2	50	0	25000
5.0	9.0	Arcilla dura	20	20.5	86.3	0	43150
9.0	Adelante	Arcillolita	33	20.9	142.4	0	71200

11.3.3 Zona Geotécnica 3

A continuación, se presentan los parámetros geotécnicos de diseño para la zona 3.

Tabla 11-38. Parámetros geotécnicos de diseño Zona 3

Prof. Inicial (m)	Prof. Final (m)	Descripción Material	N campo	γ (kN/m3)	Cu (kPa)	φ (°)	E (kPa)
0	3	Rellenos antrópicos	7		30.2		15100
3	6	Arcilla de color habano rojizo, plasticidad baja.	9	20.2	38.8	0	19400
6	9	Arcilla gris, plasticidad baja	15	20.5	64.7	0	32350
9	Adelante	Arcillolita	69	20.9	290	0	145000

11.3.4 Zona Geotécnica 4

A continuación, se presentan los parámetros geotécnicos de diseño para la zona 4.

Tabla 11-39. Parámetros geotécnicos de diseño Zona 4

Prof. Inicial (m)	Prof. Final (m)	Descripción Material	N campo	γ (kN/m3)	Cu (kPa)	φ (°)	E (kPa)
0.0	2.0	Relleno antrópico					
2.0	4.0	Arcilla firme	17	20.5	73.4	0	36700
4.0	6.0	Arcilla dura	30	18.7	129.5	0	64750
6.0	adelante	Arcillolita	72	23.6	290	0	145000

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

11.3.5 Zonas Geotécnicas 5 y 9

A continuación, se presentan los parámetros geotécnicos de diseño para las zonas 5 y 9.

Tabla 11-40. Parámetros geotécnicos de diseño Zonas 5 y 9

Prof. Inicial (m)	Prof. Final (m)	Descripción Material	N campo	γ (kN/m3)	Cu (kPa)	φ (°)	E (kPa)
0	1	Rellenos antrópicos					
1	7	Depósito matriz soportado arcilloso	27	19.7	100	0	50000
7	16.5	Depósito fluvio-glaciar	35	19.3	120	0	60000
16.5	19	Arcilla de baja plasticidad	35	19.8	120	0	60000
19	Adelante	Arcillolita	69	20.4	290	0	145000

11.3.6 Zona Geotécnica 6

A continuación, se presentan los parámetros geotécnicos de diseño para la zona 6.

ALCALDÍA MAYOR

Tabla 11-41. Parámetros geotécnicos de diseño Zona 6

Prof. Inicial (m)	Prof. Final (m)	Descripción Material	N campo	γ (kN/m3)	Cu (kPa)	φ (°)	E (kPa)
0	3	Relleno					
3	5	Arcilla blanda	8	19.6	34.5		17266
5	7	Bloques de arenisca	46	20.1		35	26427
7	11	Arcilla dura	37	21.2	150		75000
11	Adelante	Arcillolita	80	22.4	290		145000

Instituto de Desarrollo Urbano

11.3.7 Zona Geotécnica 7

A continuación, se presentan los parámetros geotécnicos de diseño para la zona 7.

Tabla 11-42 Parámetros geotécnicos de diseño Zona 7

Prof. Inicial (m)	Prof. Final (m)	Descripción Material	N campo	γ (kN/m3)	Cu (kPa)	φ (°)	E (kPa)
0	2	Lleno antrópico, material arcilloso	8		34.5		17250
2	4	Arcilla firme	22	19.3	90	0	45000
4	Adelante	Arcillolita	71	22.1	290	0	145000

11.3.8 Zona Geotécnica 8

A continuación, se presentan los parámetros geotécnicos de diseño para la zona 8.

Tabla 11-43. Parámetros geotécnicos de diseño Zona 8

Prof. Inicial (m)	Prof. Final (m)	Descripción Material	N campo	γ (kN/m3)	Cu (kPa)	φ (°)	E (kPa)
0	1	Relleno antrópico de matriz arcillo arenosa					
1	2.7	Arcilla blanda	7	18.3	33.1	0	16530
2.7	5.25	Suelo arcilloso duro	30	18.3	120	0	60000
5.25	10.5	Suelo arcilloso muy duro	48	18.7	200	0	100000
10.5	Adelante	Arcillolita	69	20.4	290	0	145000

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

11.3.9 Zona Geotécnica 10

A continuación, se presentan los parámetros geotécnicos de diseño para la zona 10

Tabla 11-44 Parámetros geotécnicos de diseño Zona 10

Prof. Inicial (m)	Prof. Final (m)	Descripción Material	N campo	γ (kN/m3)	Cu (kPa)	φ (°)	E (kPa)
0	1	Relleno					

Prof. Inicial (m)	Prof. Final (m)	Descripción Material	N campo	γ (kN/m3)	Cu (kPa)	φ (°)	E (kPa)
1	7	Arcilla blanda	6	17.9	25.9	0	12949
7	10	Arcilla firme	20	17.7	86.3	0	43164
10	Adelante	Arcilla muy dura	50	19.5	200	0	100000

11.3.10 Zona Geotécnica 11

A continuación, se presentan los parámetros geotécnicos de diseño para la zona 11

Tabla 11-45. Parámetros geotécnicos de diseño Zona 11

Prof. Inicial (m)	Prof. Final (m)	Descripción Material	N campo	γ (kN/m3)	Cu (kPa)	φ (°)	E (kPa)
0	3	Relleno y limos orgánicos	7	18.3	30.2		15100
3	7	Bloques de arenisca	46	20.1	0	35	26427
7	Adelante	Arcillolita	69	23.7	290	0	145000

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD

11.3.11 Zona Geotécnica 12

A continuación, se presentan los parámetros geotécnicos de diseño para la zona 12

Tabla 11-46. Parámetros geotécnicos de diseño Zona 12

Prof. Inicial (m)	Prof. Final (m)	Descripción Material	N campo	γ (kN/m3)	Cu (kPa)	φ (°)	E (kPa)
0	1.5	Lleno antrópico, material arcilloso	9	17.7	38.8		19400
1.5	6.5	Arcilla firme	10	17.7	45.7	0	22850
6.5	Adelante	Arcillolita	69	23.7	290	0	145000

11.4 PARÁMETROS DE DISEÑO PARA ESTACIONES

A partir de los modelos definidos anteriormente se establecieron los parámetros de diseño para cada alternativa de implantación de estación. Los resultados se presentan a continuación:

11.4.1 Portal 20 de Julio Alternativa 1

A continuación, se presentan los parámetros geotécnicos de diseño para la estación Portal 20 de Julio alternativa 1.

Tabla 11-47 Parámetros geotécnicos de diseño Portal 20 Julio Alt 1

Prof. Inicial (m)	Prof. Final (m)	Descripción Material	N campo	γ (kN/m3)	Cu (kPa)	φ (°)	E (kPa)
0	0.5	Relleno antrópico					
0.5	5.4	Arcilla dura	33	19.6	120		60000
5.4	7	Arena media	19	23.3		29	10916
7	11.5	Arena densa	39	25.8		32	22406
11.5	Adelante	Arenisca	73	20.1		38	41939

11.4.2 Portal 20 de Julio Alternativa 4

A continuación, se presentan los parámetros geotécnicos de diseño para la estación Portal 20 de Julio alternativa 4.

ALCALDÍA MAYOR
Instituto de Desarrollo Urbano

Tabla 11-48. Parámetros geotécnicos de diseño Portal 20 Julio Alt 4

Prof. Inicial (m)	Prof. Final (m)	Descripción Material	N campo	γ (kN/m3)	Cu (kPa)	φ (°)	E (kPa)
0	0.9	Relleno antrópico					
0.9	4.25	Arcilla firme	11	17.5	47.3		23650
4.25	6.85	Arena densa	34	25.8		34	19533
6.85	Adelante	Arenisca	73	20.1		38	41939

11.4.3 Portal 20 de Julio Alternativa 6

A continuación, se presentan los parámetros geotécnicos de diseño para la estación Portal 20 de Julio alternativa 6.

Tabla 11-49. Parámetros geotécnicos de diseño Portal 20 Julio Alt 6

Prof. Inicial (m)	Prof. Final (m)	Descripción Material	N campo	γ (kN/m3)	Cu (kPa)	φ (°)	E (kPa)
0	3	Relleno antrópico	13		56		28057
3	9.2	Arcilla blanda	6	19.6	29.7		14850
9.2	12	Arcilla dura	28	19.6	120		60000
12	Adelante	Arcillolita	69	20.4	290		145000

11.4.4 La Victoria

A continuación, se presentan los parámetros geotécnicos de diseño para la estación La Victoria.

Tabla 11-50. Parámetros geotécnicos de diseño La Victoria

Prof. Inicial (m)	Prof. Final (m)	Descripción Material	N campo	γ (kN/m3)	Cu (kPa)	φ (°)	E (kPa)
0	1	Relleno antrópico	16	19.7	60		30000
1	7	Arcilla dura	27	19.7	100		50000
7	16.5	Arcilla dura	35	19.3	120		60000
16.5	19	Arcilla dura	35	19.8	120		60000
19	Adelante	Arcillolita	69	20.4	290		145000

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

11.4.5 Altamira

A continuación, se presentan los parámetros geotécnicos de diseño para la estación Altamira

Tabla 11-51. Parámetros geotécnicos de diseño Altamira

Prof. Inicial (m)	Prof. Final (m)	Descripción Material	N campo	γ (kN/m3)	Cu (kPa)	φ (°)	E (kPa)
0	1	Relleno antrópico	8	18.3	34.5		17250
1	2.7	Arcilla blanda	7	18.3	33.1		16530
2.7	5.25	Arcilla dura	30	18.3	120		60000
5.25	10.5	Arcilla dura	48	18.7	200		100000
10.5	Adelante	Arcillolita	69	20.4	290		145000

11.4.6 Juan Rey Alternativa 1

A continuación, se presentan los parámetros geotécnicos de diseño para la estación Juan Rey Alternativa 1

Tabla 11-52. Parámetros geotécnicos de diseño Juan Rey Alternativa 1

Prof. Inicial (m)	Prof. Final (m)	Descripción Material	N campo	γ (kN/m3)	Cu (kPa)	φ (°)	E (kPa)
0	3	Relleno antrópico	7	18.3	30.2		15100
3	7	Arenisca	46	20.1		35	26427
7	Adelante	Arcillolita	69	23.7	290		145000

ALCALDÍA MAYOR Instituto de Desarrollo Urbano

11.4.7 Juan Rey Alternativa 2

A continuación, se presentan los parámetros geotécnicos de diseño para la estación Juan Rey Alternativa 2

Tabla 11-53. Parámetros geotécnicos de diseño Juan Rey Alternativa 2

Prof. Inicial (m)	Prof. Final (m)	Descripción Material	N campo	γ (kN/m3)	Cu (kPa)	φ (°)	E (kPa)
0	1.5	Relleno antrópico	9	17.7	38.8		19400
1.5	6.5	Arcilla blanda	10	17.7	45.7		22850
6.5	Adelante	Arcillolita	69	23.7	290		145000

11.4.8 Juan Rey Alternativa 3

A continuación, se presentan los parámetros geotécnicos de diseño para la estación Juan Rey Alternativa 3.

Tabla 11-54. Parámetros geotécnicos de diseño Juan Rey Alternativa 3

Prof. Inicial (m)	Prof. Final (m)	Descripción Material	N campo	γ (kN/m3)	Cu (kPa)	φ (°)	E (kPa)
0	1	Relleno antrópico	8	18.3	34.5		17265
1	6.5	Arcilla blanda	10	18.3	40		20000
6.5	12.5	Arcilla muy dura	50	19.8	200		100000
12.5	adelante	Arcillolita	69	21.9	290		145000

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

12 EVALUACION DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO (FASE 1)

12.1 INTRODUCCIÓN

De acuerdo con las condiciones del proyecto y las consideraciones consignadas en la resolución 227 de 2006 del IDIGER, el presente capítulo contiene la evaluación de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo Fase 1, para las alternativas de estación de transferencia en el Portal 20 de Julio, estación intermedia de La Victoria, estación de retorno del sector de Altamira y estación de retorno del sector de Juan Rey, además de las líneas de conexón entre las estaciones 20 de julio-La Victoria, La Victoria-Altamira y La Victoria-Juan Rey. Elementos que hacen parte del proyecto Cable Aéreo San Cristóbal.

En el capítulo se presenta una descripción general de las características del proyecto, la localización general y detallada de las alternativas planteadas para las estaciones y alineamientos del cable aéreo, posteriormente se presenta la delimitación de las áreas de estudio que se toman como base para el análisis de amenaza, vulnerabilidad y riesgo.

En seguida se presentan los antecedentes de Amenaza vulnerabilidad y riesgo del área de estudio y se incluye la metodología a utilizar para la implementación de la Fase 1. Posteriormente se incluye el desarrollo de la metodología, obtención de resultados, conclusiones y recomendaciones para selección de alternativas para estaciones y de aspectos técnicos a tener en cuenta para el desarrollo del estudio de riesgo por remoción en masa Fase II para la etapa de diseños detallados.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

12.2 OBJETIVOS

12.2.1 Objetivo general

El desarrollo de este capítulo tiene como objetivo general realizar el estudio de riesgo por fenómenos de remoción en masa Fase 1 según la Resolución 227 de 2006 del IDIGER, para el área de influencia directa de las alternativas de implantación de las estaciones de transferencia, intermedia y de retorno del proyecto del cable aéreo de la localidad de San Cristóbal, así como de los alineamientos de los cables entre estaciones.

El estudio Fase 1 en este caso tiene como objetivo general la caracterización inicial del área de interés en relación con su estabilidad por fenómenos de remoción en masa y la definición de un plan de exploración geotécnica, para que una vez presentado a la DPAE se precisen algunas particularidades de la FASE II del estudio detallado.

12.2.2 Objetivos específicos

1. Hacer la Revisión y Análisis de información Disponible, (Informes Técnicos, Cartografía y Fotografías Aéreas) con énfasis en los antecedentes históricos y estudios precedentes de

zonificación e inestabilidad en el sitio, que sirvieron de base para la incorporación del área específica dentro de una zona de amenaza media o alta.

2. Obtener la base cartográfica de referencia que puede ser la base del Catastro en escala 1:2.000, o una de mayor detalle.
3. Elaborar Plano de uso actual y uso precedente del suelo, con énfasis en los procesos de minería y explotación de canteras.
4. Elaborar el Modelo geológico-geotécnico general (Planos en planta y perfiles), que incluye materiales o formaciones presentes, condiciones generales del drenaje, ubicación de los procesos de inestabilidad actuales y su relación con los rasgos geológicos regionales y locales.
5. Describir el plan de uso previsto, así como de los efectos potenciales del cambio de uso por el proyecto propuesto en las condiciones de estabilidad del área.
6. Hacer la revisión cualitativa de la zonificación existente a partir del reconocimiento de campo y de la información consultada; con base en el resultado de esta zonificación, el solicitante podrá plantear, si es el caso, la recalificación de la zonificación del terreno, justificando que no es necesario adelantar la FASE II del Estudio. Esta justificación deberá ser evaluada y aprobada por la DPAE.
7. Delimitar y justificar el área de influencia a ser estudiada, así como el plan de exploración geotécnica que se llevará a cabo, en relación con el proyecto propuesto, en función del modelo geológico-geotécnico general, de la ubicación de las construcciones proyectadas, de los desarrollos urbanísticos existentes y de la infraestructura del entorno.
8. Definir los criterios para la selección de la alternativa definitiva de las estaciones en términos de amenaza por remoción en masa.
9. Dar las conclusiones y recomendaciones adicionales a tener en cuenta para la ejecución del estudio de riesgo Fase II en la etapa de diseños detallados.

Instituto de Desarrollo Urbano

12.3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto de cable aéreo se prevé como una solución de transporte masivo y mejora de la movilidad de la localidad de San Cristóbal en la ciudad de Bogotá, específicamente para el área de La Victoria, Altamira y Juan Rey.

El proyecto inicia con una estación de transferencia dentro de las instalaciones del portal 20 de julio con el fin de facilitar tránsito de usuarios desde el sistema masivo de Transmilenio hacia el sistema proyectado de cable aéreo y viceversa. Avanza a una estación intermedia que se localiza en el barrio La Victoria y de aquí se despenden dos ramales, uno hacia el sector de Altamira y otro hacia el sector de Juan Rey, sitios en donde se dispondrán estaciones de retorno.

Para la estación de transferencia se definieron 3 alternativas factibles, para la estación intermedia se definió una alternativa como la más favorable por diversos aspectos técnicos, las estaciones de retorno del sector de Altamira y de Juan Rey prevén tres alternativas factibles; alternativas que dentro de la Fase 1 del estudio, deberán ser consideradas en todos los aspectos técnicos requeridos en los Pliegos de Condiciones, para finalizar con la selección de la mejor alternativa, a la cual se le realizará el estudio Fase II. En la Tabla 12-1 se presenta la descripción de la localización de cada una de las alternativas de las estaciones previstas, en la ***Figura 12-1*** se presenta la localización general del proyecto y de la ***Figura 12-2*** a la ***Figura 12-5*** se presenta la localización detallada de las alternativas planteadas para cada una de las estaciones y las respectivas líneas de los cables de interconexión cobre las cuales se proyecta la localización aproximada de las pilonas.

Tabla 12-1. Descripción de la localización de alternativas de estaciones cable aéreo San Cristóbal. Fuente: Elaboración Propia.

ESTACIÓN	ALTERNATIVA	COOR. MEDIA	DESCIPCIÓN
Transferencia	P1	97853E-96520N	Se localiza en la parte media de la estación 20 de Julio, patio de parqueadero Transmilenio.
Transferencia	P4	98023E-96677N	Se localiza en la parte occidental de la estación 20 de Julio, en la plataforma de carga de buses de Transmilenio.
Transferencia	P6	97746E-96539N	Se localiza la parte noreste de la estación 20 de julio, sobre un área de parqueadero de Vehículos particulares.
Intermedia	P1	98113E-94977N	Se localiza en el barrio La victoria, en la mazana delimitada por las calles 40 Sur y 41 Sur y las carreras 3 A este y 3 C este.
Retorno Altamira	P2	99165E-94278N	Se localiza en el barrio Altamira, en la manzana comprendida entre las calles 43 Sur y 43 A Sur y entre las carreras 12 A Este y 12 B Este.
Retorno Altamira	P3	99269E-94276N	Se localiza en el Barrio Altamira en la manzana comprendida entre las calles 42 C Sur y 43 A Sur y entre las carreras 13 Este y 13 A Este.
Retorno Altamira	P5	99141E-94445N	Se localiza en el barrio Altamira en la manzana comprendida entre calles 42 Sur y 42 A Sur y entre las carreras 12 Este y 12 A Este.
Retorno Juan Rey	P1	98609E-93234N	Se localiza en el barrio La Belleza en la mazana comprendida entre las calles 54 A Sur y Calle 55 y entre carreras 11 A Este y 11 B Este.
Retorno Juan Rey	P2	98698E-92851N	Se Localiza en el barrio La Belleza en la manzana comprendida entre las diagonales 58B Sur y 59 Sur, dentro de las transversales 14 A este y 14 B este.
Retorno Juan Rey	P3	98755E-92706N	Se localiza en el barrio Valparaíso en la manzana comprendida entre las calles 60 B Sur y 60 C Sur y entre las carreras 12 A Este y 13 Este.

ALCALDIA MAYOR BOGOTA D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

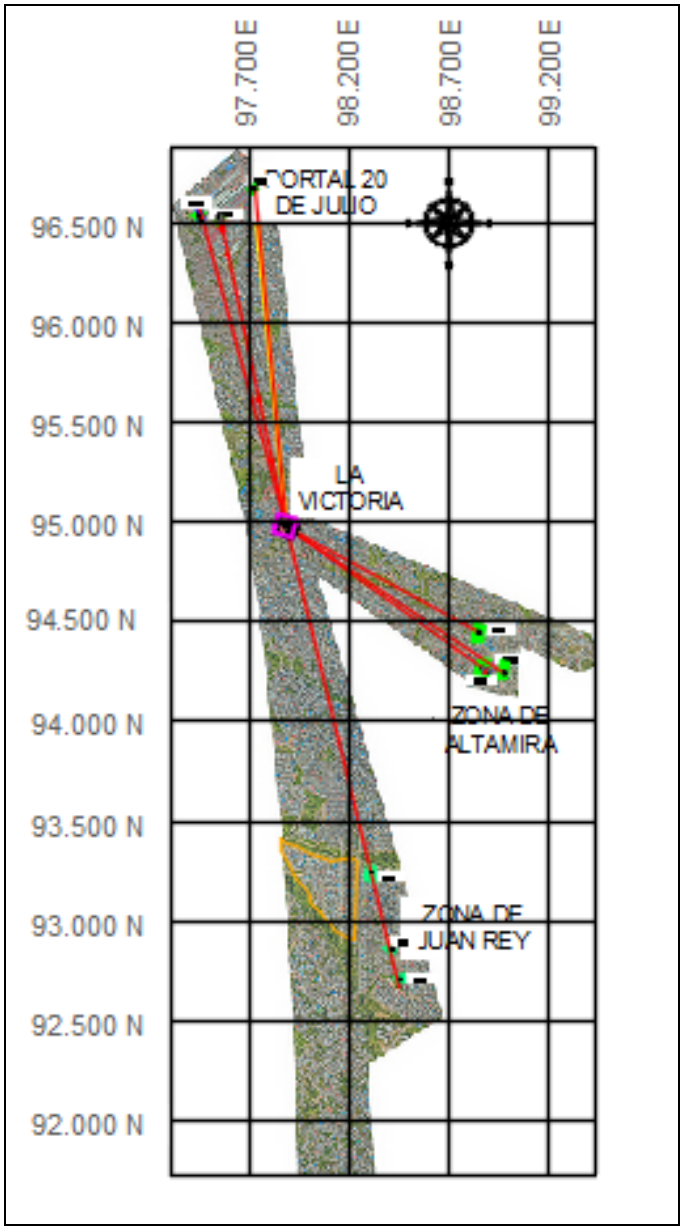


Figura 12-1 *Localización general del área del proyecto (Fuente: Elaboración Propia)*



Figura 12-2 *Localización detallada alternativas de estación de transferencia en el portal 20 de Julio. (fuente: Google Earth)*

ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

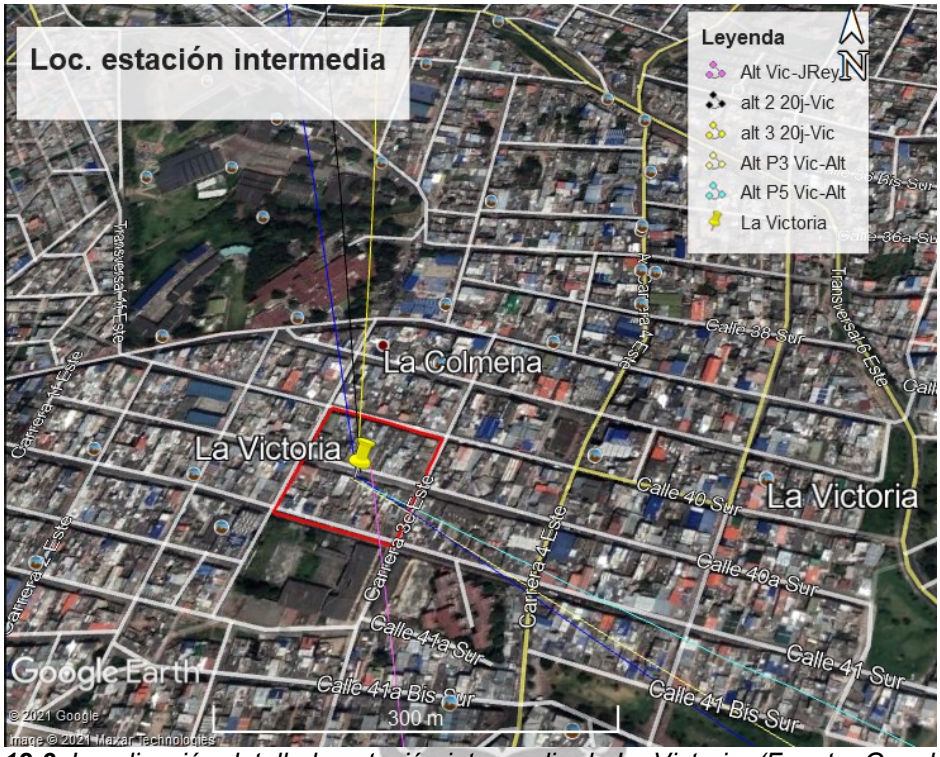


***Figura 12-3**. Localización detallada estación intermedia de La Victoria. (Fuente: Google Earth)*

ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

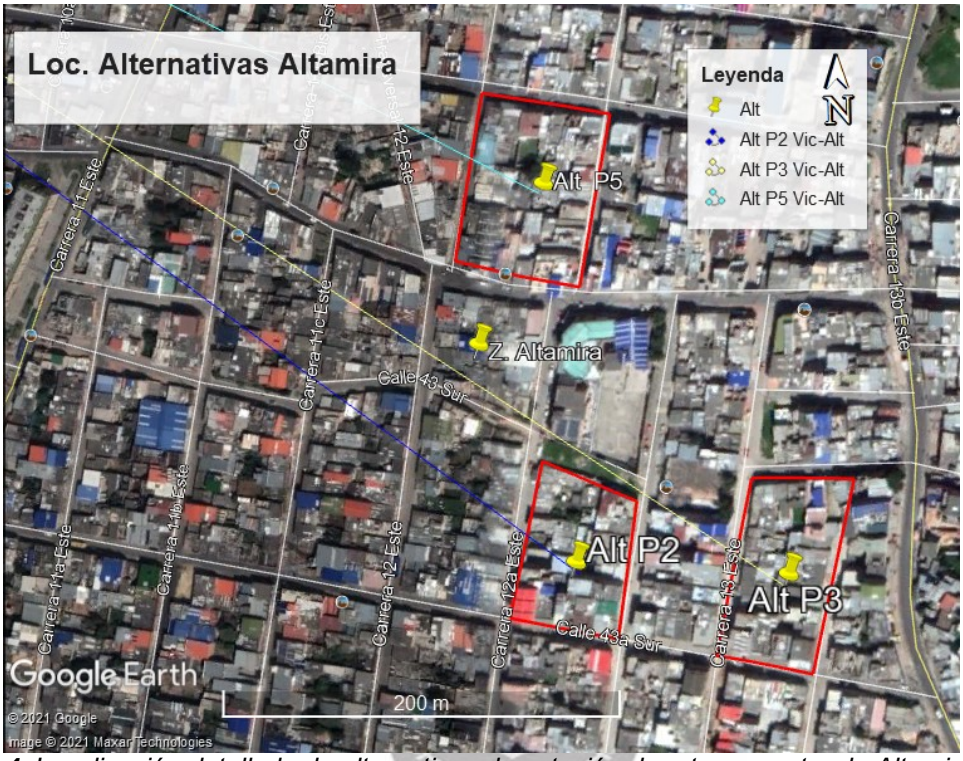


Figura 12-4. *Localización detallada de alternativas de estación de retorno sector de Altamira. (Fuente: Google Earth)*

ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano



Figura 12-5. *Localización detallada de las alternativas de la estación de retorno de Juan Rey. (fuente: Google Earth)*

En cuanto a las líneas de los cables aéreos entre las alternativas de la estación de transferencia en el portal 20 de Julio y la estación de La Victoria, la longitud varía entre 1561 y 1706 m y sigue por una topografía que varía de plana a fuertemente inclinada, para las tres líneas es muy similar. El número de pilonas proyectado varía entre 11 y 13 dependiendo de la longitud de la línea y de diferencias locales de las condiciones topográficas de cada línea, la distancia entre pilonas varía desde cerca de 50 hasta 263 m y su localización está definida por las condiciones topográficas de cada línea.

Las líneas de cable aéreo entre la estación de La Victoria y las alternativas del sector de Altamira tienen longitudes entre 1094 y 1309 m, sigue un corredor con topografía que varía de plana a fuertemente inclinada, predominando topografía moderadamente inclinada u ondulada.

En este caso el número de pilonas varía entre 9 y 11, dependiendo principalmente de la longitud del corredor. El espaciamiento de la pilonas varía entre cerca de 30 m hacia la estación de La Victoria y cerca de 190m hacia las alternativas de Altamira.
La línea del cable aéreo proyectada de la estación de La Victoria a las alternativas de Juan Rey, tiene una longitud que varía de 1786 a la alternativa 1 hasta a 2335 m a la alternativa 3. El corredor de la línea presenta topografía que varía de plana a fuertemente inclinada, localmente sobre la margen izquierda de la quebrada Chiguasa se presenta topografía fuertemente escarpada, predomina la topografía moderadamente inclinada a fuertemente inclinada. En cuanto a las pilonas la cantidad varía de 13 para la alternativa 1 a 17 para la alternativa 3 dependiendo solo de la longitud ya que todas comparten el mismo corredor.

12.4 REVISIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

De acuerdo con el alcance del estudio Fase 1 requerido en la resolución 227 de 2006, para la evaluación de la amenaza por remoción en masa, se hizo uso de información temática existente relacionada con estudios previos de remoción en masa que permitieron llegar a la zonificación vigente de amenaza por remoción en masa, información temática de geología, geomorfología, geotecnia, cobertura y usos del suelo, además de conceptos técnicos del IDIGER relacionados con procesos de inestabilidad emitidos dentro del área de estudio. Como base para el estudio se tomó toda la información relacionada en el informe RAI del proyecto en el desarrollo del presente contrato. Dicha relación de información se incluye en la Tabla 12-2

Tabla 12-2. Relación de Información Secundaria existente y uso dado en el estudio Fase I de Amenaza por remoción en masa. Fuente: Elaboración propia.

ID	Nombre del documento	Autor	Año	Uso de la información
1	Mapa geológico de la Sabana de Bogotá	INGEOMINAS	2005	Se tomó como referencia para la contextualización de geología regional del área de estudio.
2	Mapa geológico localidades de Rafael Uribe y San Cristóbal	INGEOCIM	1998	Se uso como referencia para la evaluación geológica local a nivel de Fase 1, ya que tiene una escala 1:10000
3	Zonificación de la respuesta sísmica de Bogotá para el diseño sismo resistente de edificaciones	FONDO DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIA	2010	Se tomó como referencia para establecer las condiciones de sismo a nivel de roca y superficie para propósito de evaluación de amenaza por remoción en masa a nivel Fase I.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

ID	Nombre del documento	Autor	Año	Uso de la información
4	Mapas de Geología, Amenaza por Movimientos en Masa, Geomorfología, Respuesta Sísmica y Zonificación Geotécnica en el Área de Estudio	IDECA	2010-2018	Estos mapas se tomaron como referencia para la integración de estos aspectos temáticos en la evaluación de amenaza por remoción en masa fase II.
5	Estudio de factibilidad de los corredores de transporte por cable en las localidades de Ciudad Bolívar y San Cristóbal de Bogotá. Estudio Geológico y Geotécnico Localidad de San Cristóbal V1	INTEINSA	2013	Se tomó la información de geología para complementación de la geología regional y local. La información de exploración geotécnica se tomó como referencia para la elaboración de la base de datos geotécnica que utilizó para el proceso de caracterización geotécnica del proyecto.
6	Informe Estudio de Suelos para Cimentaciones Patio-Portal y Calle 31 Sur	CONSTRUCTORA SAN DIEGO MILENIO	2009	De este estudio se tomó la información de la exploración geotécnica, de los ensayos de laboratorio y de la caracterización geotécnica para la elaboración de la base de datos geotécnica que fue utilizada para realizar la caracterización geotécnica
7	Estudio de riesgos por remoción en masa y de compresibilidad del terreno, evaluación de alternativas de mitigación del riesgo y diseños detallados de las medidas recomendadas para su implementación en el corto plazo en un sector del barrio Atenas de la localidad San Cristóbal de la ciudad de Bogotá D.C.	EDGAR EDUARDO RODRIGUEZ GRANADOS-INGENIERÍA Y GEORIESGOS (IDIGER)	2006	De este estudio se tomó la información de la exploración del subsuelo y ensayos de laboratorio para alimentar la base de datos geotécnica para el proceso de caracterización geotécnica del corredor del cable aéreo entre el portal 20 de Julio y la estación de La Victoria.
8	Elaboración de diseños de obras, presupuestos y especificaciones técnicas en sitios críticos de riesgos inminente por remoción en	UNIÓN TEMPORAL GEOTECNIA SAN CRISTOBAL	2007	Se utilizó la información de la caracterización geotécnica, exploración del suelo y resultados de ensayos de laboratorio para

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

ID	Nombre del documento	Autor	Año	Uso de la información
	masa en la localidad de San Cristóbal en la ciudad de Bogotá D.C. Sitio Barcelona I y Barcelona II			complementar la base de datos de geotecnia y tener de referencia parámetros geotécnicos del suelo.
9	Estudio de riesgos por fenómenos de remoción en masa para el barrio Moralba de la localidad San Cristóbal, en Bogotá D.C.	GEOCIN LIMITADA	2010	Se usaron los resultados de la caracterización geotécnica para la estimación de parámetros de resistencia.
10	Monitoreo geotécnico y estructural en el sector de la urbanización Villa de los Alpes de la localidad de San Cristóbal, en Bogotá D.C.	INGENIERÍA Y GEORIESGOS	2010	De este documento se tomaron como referencia los resultados del monitoreo que permitieron conocer la actividad el área aledaña al portal 20 de julio en la urbanización Villa de los Alpes.
11	Ensayo Down Hole para el Consorcio Porvenir en el Parque Entre Nubes Barrio Juan Rey-Bogotá	INGENIERÍA Y GEORIESGOS	2015	En este caso se tomó la información del perfil de velocidades para identificar el perfil de suelo y propiedades de deformabilidad del suelo, se destaca que esta información esta hacia extremo sur del corredor de Juan Rey.
12	Estudio de suelos de la zona baja de la urbanización Bosque de los Alpes correspondiente a las manzanas 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7 (Etapa I).	INGECIENCIAS (TOMADO DEL IDIGER)	1996	La información corresponde con proyectos localizados por fuera del área de estudio, sin embargo, se tomó como referencia para la estimación de parámetros de resistencia.
13	Estudio de Suelos Conjunto Mirador del Virrey	FERNANDO MEJÍA Y CIA (TOMADO DEL IDIGER)	1996	La información corresponde con proyectos localizados por fuera del área de estudio, sin embargo, se tomó como referencia para la estimación de parámetros de resistencia.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

ID	Nombre del documento	Autor	Año	Uso de la información
14	Estudio Geotécnico Escuela Moralba Fase II	INGEOMINAS (TOMADO DEL IDIGER)	1993	La información corresponde con proyectos localizados por fuera del área de estudio, sin embargo, se tomó como referencia para la estimación de parámetros de resistencia.
15	Informe sobre los aspectos de Riesgo Geotécnico del predio del Proyecto Portón Real	INGECIENCIAS (TOMADO DEL IDIGER)	1997	La información corresponde con proyectos localizados por fuera del área de estudio, sin embargo, se tomó como referencia para la estimación de parámetros de resistencia.
16	Diseño Detallado de Obras de Mitigación de Riesgo por Movimientos en Masa en la Urbanización Ciudadela Santa Rosa Localidad de San Cristóbal en Bogotá D.C.	Consorcio Santa Rosa. Contrato N° 471 de 2017 IDIGER	2019	De este estudio se tomó la información de caracterización geotécnica, geológica y Geomorfológica como referencia para la complementación del estudio en el área de influencia de las alternativas de estación del sector de Altamira, se usaron los resultados de exploración
17	24 diagnósticos técnicos IDIGER	IDIGER	Varios	Elaborados por eventos de remoción en masa. Daños de estructuras por desplazamientos diferenciales en general de carácter local.
18	CT-7004 Riesgo por Avenida Torrencial Quebrada Vejerones	IDIGER	2013	El concepto presenta la evaluación del nivel de riesgo por Avenidas Torrenciales de la quebrada, indicando condiciones geológicas, geomorfológicas, de relieve, hidrología, usos y procesos de remoción en masa sobre la ZMPA de la quebrada. Describe la problemática de la quebrada en términos de socavación y remoción y evalúa las condiciones de riesgo para la quebrada. El

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

ID	Nombre del documento	Autor	Año	Uso de la información
				estudio se toma como referencia para la delimitación de áreas de riesgo tanto por remoción en masa como por avenidas torrenciales en las áreas de influencia del corredor seleccionado para el cable.
19	Estudios Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá	EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ		Contiene información básica de exploración geotécnica, en general datos de la estratigrafía sin datos de resultados de laboratorio ni campo que permitan obtener propiedades geomecánicas. Se utilizó en el área de influencia directa para proyectar estratigrafía.
20	Visita técnica zona del proyecto	CONSULTORÍA-INTERVENTORÍA-IDU	2021	De la visita se obtuvo información superficial de las condiciones de estabilidad general del área de las alternativas de estaciones y de los alineamientos de los corredores del cable aéreo entre estaciones. También se tomó información de procesos de inestabilidad identificado para tener el inventario de proceso.
21	PROYECTO ACTUALIZACIÓN COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO PARA LA REVISIÓN ORDINARIA Y ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL. DOCUMENTO TÉCNICO DE SOPORTE - ESTUDIOS BÁSICOS	IDIGER	2016	Este documento contiene información relevante de Geología, geomorfología, hidrología actualizada, relieve, cobertura y usos del suelo actualizados. Incluye además las metodologías para la definición de la zonificación de amenaza por remoción en masa. La información incluida se toma como referente para la evaluación y validación de los niveles de amenaza en Fase I, además se utilizó

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

ID	Nombre del documento	Autor	Año	Uso de la información
	"AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA EN PERSPECTIVA DE CAMBIO CLIMÁTICO" - VOLUMEN 1.			como referencia para la selección de alternativas preliminares de los corredores del cable y localización de estaciones.

A lo largo del documento se hace referencia de los diferentes aspectos de la información existente que fueron tomados como referencia para la ejecución del componente de Fase 1 del estudio de riesgo por remoción en masa.

12.5 ANTECEDENTES DE REMOCIÓN EN MASA

Como base para identificar posibles áreas de remoción en masa potencial dentro del área de influencia del proyecto y cuya localización es base para la identificación de áreas de amenaza por remoción en masa; se realizó la consulta de diagnósticos técnicos disponibles en el IDIGER identificando su localización y objeto del diagnóstico, así como tipología, características geométricas, causas y consecuencias, además de las conclusiones y recomendaciones emitidas para el manejo correspondiente. En la Tabla 12-3 se presenta la relación de diagnósticos técnicos reportados por el IDIGER dentro del área influencia directa de las obras proyectadas para el sistema de cable aéreo de la localidad de San Cristóbal.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

Tabla 12-3. Relación de diagnósticos técnicos del IDIGER relacionados con remoción en masa en el área de influencia del proyecto.

Código	Localización	Barrio/ Sector Catastral	Tipo de evento y efectos
DI-3647	Diagonal 32B Sur#1B-87	Urbanización Villa Los Alpes	Remoción en masa, Vivienda afectada por agrietamientos de muros estructurales y cubierta por asentamientos diferenciales por sobre carga aledaña debido a modificación de vivienda aledaña.
DI-3730	Carrera 10 Este No. 56-55 Sur	Los Libertadores	Remoción en masa y Estructural, deslizamiento rotacional pequeño en la margen derecha de la Q, Verjerones, que afectó las viviendas construidas en el área, desplazamientos de hasta 7 cm y las causas obedecen a lluvias y posible sismo.

Código	Localización	Barrio/ Sector Catastral	Tipo de evento y efectos
DI-4438	Diagonal 32A Sur con Transversal 4ª	Sector Catastral Bello Horizonte, villa de los Alpes	Remoción en masa y Estructural, daños en viviendas del sector posiblemente por deformaciones del terreno debidas a las excavaciones y adecuaciones para la adecuación de la carrera 10 al sistema Transmilenio en el tramo 1.
DI-5387	Diagonal 39 Sur No.3-20 Este	Las Guacamayas	Estructural
DI-5513	Predios entre la transversal 5 Este y las Calles 52 a 55 Sur	Santa Rita Suroriental	Remoción en masa, procesos de remoción en masa que afectan las laderas a cada lado de la transversal 15, mostrando desplazamientos de hasta 0.8 m con longitud de 10 a 15 m y volumen de hasta 100 m3
DI-5858	Carrera 6B Este No. 46-18 Sur Diagonal 45A Sur No. 6B-09 Este	La Gloria Oriental	Remoción en masa, desprendimiento de material en un talud de corte existe. Volumen de 7 m^3, material de limo y bloques de roca de 0.5 m de diámetro. El talud es de 3.5 m de largo y 4 m de alto.
DI-6086	Calle 49 Sur # 4B-59 Este Calle 49 Sur # 4B-53 Este Calle 49 Sur # 4B-49 Este Calle 49 Sur # 4B-45 Este Calle 49 Sur # 4B-41 Este Calle 49 Sur # 4B-39 Este	Sector Catastral Santa Rita Sur Oriental	Remoción en masa, avance de proceso de remoción del 2007. con volumen aproximado de 200 m^3 dentro del IED Entre Nubes. Debido posiblemente a la ruptura de un tubo de la EAAB ESP.
DI-6190	Carrera 10A Este No. 56-80 Sur	Los Libertadores	Remoción en masa, tipo rotacional grietas de 6 cm de abertura y longitudes de 2.5 a7 m, afecta la cancha de futbol del parque Rafael Tirado.
DI-6977	Carrera 17A Este #42A-25 Sur Int. 2	Moralba	Estructural
DI-7365	Calle 36 H Sur No. 2-15 Este Dg 34 Sur No. 2-05 Este Calle 33 A Sur No. 4-91 Este	Portales del Norte	Estructural

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

Código	Localización	Barrio/ Sector Catastral	Tipo de evento y efectos
DI-7894	Transversal 5 Este con Calle 56 Sur	Santa Rita Suroriental	Remoción en masa, tipo reptación que ha sido evaluado por el IDIGER en 2010, no muestra avance, pero no se han implementado las recomendaciones hechas previamente.
DI-8361	Carrera 1 No 32-59 Sur	Bello Horizonte	Remoción en masa, ladera con muro en gaviones que no evidencian procesos de inestabilidad, la ladera no se ve afectada por inestabilidad.
DI-8585	Carrera 9 Este No. 55A-36 Sur	Los Libertadores	Remoción en masa, tipo traslacional de corona circular, distancia entre flancos de 50 m y longitud de 48 m con escarpe de 0.2 m, afecta 5 predios.
DI-9157	Calle 37A Sur No. 1B-09	Las Guacamayas	Remoción en masa, afectaciones a viviendas aledañas en el parque zonal de La Victoria, Por efecto de posibles cambios volumétricos, por efecto de las raíces de árboles grandes.
DI-9238	Calle 36B Sur con Carrera 3B Calle 35 Sur con Carrera 3	Villa de Los Alpes	Estructural
DI-9346	Calle 62 Sur No. 10A-43 Este	La Belleza	Remoción en masa, problemas de asentamientos diferenciales, debido a deficiencias constructivas, falta de confinamiento del suelo y mal manejo del agua.
DI-9451	Carrera 17 Este No. 41B-52 Sur	Moralba	Estructural
DI-9803	Carrera 11 Este No. 42A-32 Sur	Altamira	Estructural- Daños leves

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

Código	Localización	Barrio/ Sector Catastral	Tipo de evento y efectos
DI-9839	Carrera 13 Este No. 71-43 Sur Carrera 13 Este No. 71-35 Sur Carrera 13 Este No. 71-21 Sur Carrera 13 Este No. 71-15 Sur Calle 71 A Sur No. 12-44 Este Interior 6	Juan Rey	Estructural- Daños fuertes, remoción en masa de 5 m3 de taludes de corte sin manejo adecuado, problemas de remoción
DI-10128	Calle 46B Sur con Carrera 7 Este	La Gloria	Desprendimientos menores de material, margen derecha de la quebrada Chiguaza presenta compromiso de 20 m^2, debido a posibles intervenciones antrópicas. Afecta parte de la vía.
DI-10516	Carrera 5A Este con Calle 49 Sur	Santa Rita Suroriental	Movimiento en masa - Magnitud local, que afecta las estructuras del mirador de forma leve, ladera de 20 de alto y 200 m de ancho con concentración de humedad y sin obras de drenaje, ni estabilización.
DI-11402	Calle 71A Sur No. 11D-28 Este	Juan Rey	Movimiento en masa - Magnitud local, falla de un talud de corte hasta 1.5 m en suelo orgánico, no cuenta con obras de contención ni de drenaje.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

En los diagnósticos anteriores se destaca que la presencia de los procesos de remoción diagnosticados por el IDIGER en el área de estudio, están desarrollados siguiendo las márgenes de las quebradas existentes donde la topografía es fuertemente inclinada a escarpada, que por la composición del suelo presentan mayor potencial de inestabilidad frente a los factores detonantes típicos. Otros diagnósticos esta relacionados con la presencia de taludes realizados para la adecuación de suelos en zonas de pendiente fuerte con fines de construcción de viviendas, cortes que no son protegidos con obras de contención no con obras de drenaje.

También se destaca que la gran mayoría de los diagnósticos corresponden con procesos de remoción de pequeñas dimensiones, localizados en áreas de adecuación del terreno para la construcción de viviendas y otras estructuras, por lo anterior se puede decir que gran parte de

los procesos de remoción en masa están bastante asociados a las actividades antrópicas del sector.

Los procesos de mayor magnitud, se desarrollan en área de alta pendiente y riberas de las quebradas, como es el caso de los procesos identificados en el área del Barrio Santa Rita Oriental donde se identifican procesos de remoción de hasta 50 m de ancho y más de 50 m de longitud asociados a las condiciones geológicas del área y a aportes inadecuados de flujo de escorrentía y de infiltración. Sobre las márgenes de la quebrada Verjerones también se destacan procesos de remoción en masa importantes por las condiciones locales de suelos y posibles efectos de socavación.

También es importante resaltar que en el área de interés no hay diagnósticos que indique la presencia de grandes procesos de remoción en masa desarrollados sobre las laderas onduladas a fuertemente inclinadas que predominan en gran parte del área de influencia del proyecto, por lo que se considera que en general el área presenta buen grado de estabilidad, por lo que no se esperan problemas significativos de inestabilidad en las áreas previstas para las estaciones y para la instalación de pilonas.

En la ***Figura 12-6*** se presenta la localización de los diagnósticos geotécnicos existente en el área de estudio. El mayor número de diagnósticos se localizan hacia los márgenes de las quebradas y zonas de mayor pendiente topográfica

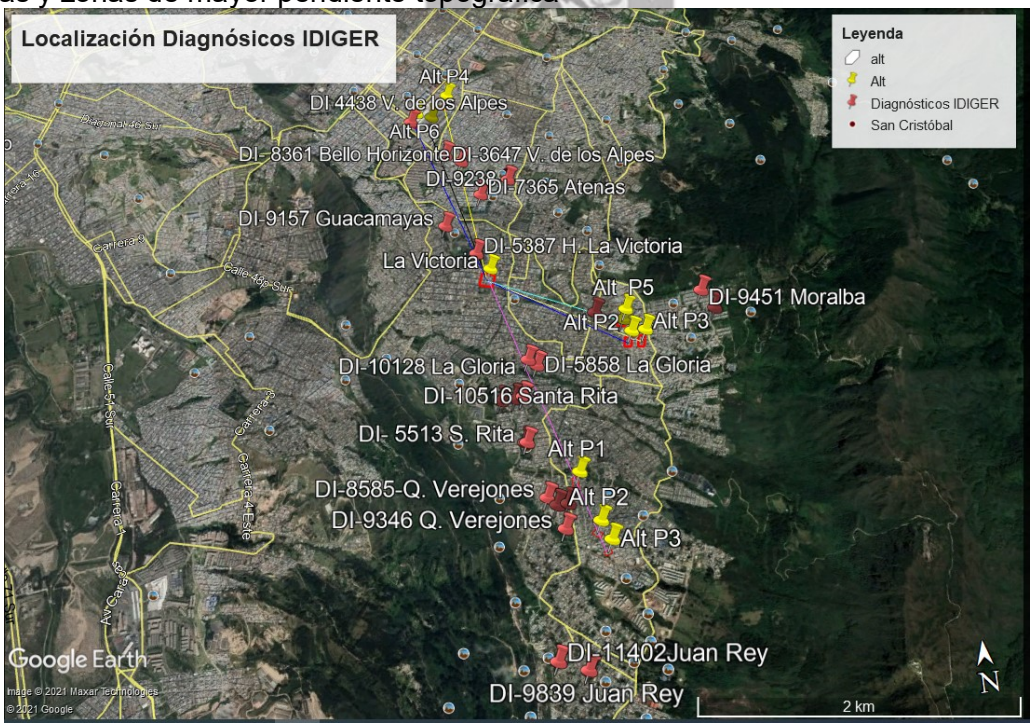


Figura 12-6 *Localización de diagnósticos técnicos de IDIGER por Remoción en masa. (fuente: elaboración propia)*

12.6 TOPOGRAFIA

Para la elaboración de la Fase 1 se tomó como referencia información topográfica generada a partir de la ortofoto levantada con Lidar, Con la cual se generaron curvas de nivel cada metro. Esta base cartográfica se tomó como referencia para delimitar el área de estudio dado que en general se extiende al menos 100 m por fuera de las áreas proyectadas, adicionalmente para la generación del mapa de pendientes mediante la ayuda de un programa SIG se utilizó la imagen satelital del Alaska Satellite Facility- Alos Palsar con resolución de 12.5 m *12.5 m.

En la Figura 12-7 se presenta el modelo digital del terreno obtenido de la imagen de satélite, y en la Figura 12-8 se presenta el modelo de curvas de nivel cada 2 m que fue utilizado para la elaboración de secciones topográficas para definición de los modelos geológicos geotécnicos de los corredores de las alternativas.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

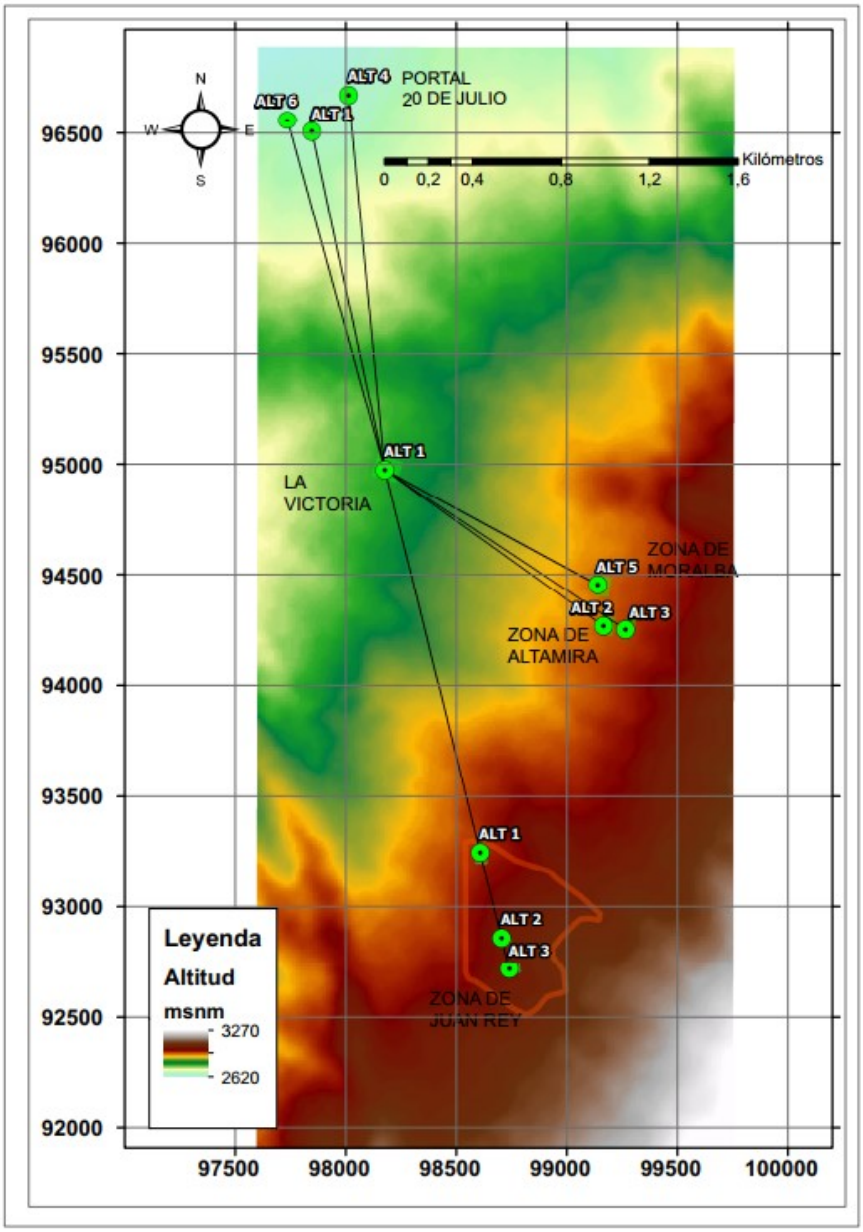


Figura 12-7 *Modelo Digital del terreno definido a partir de imagen satelital con resolución de 12.5 m*12.5 m. (fuente: elaboración propia)*

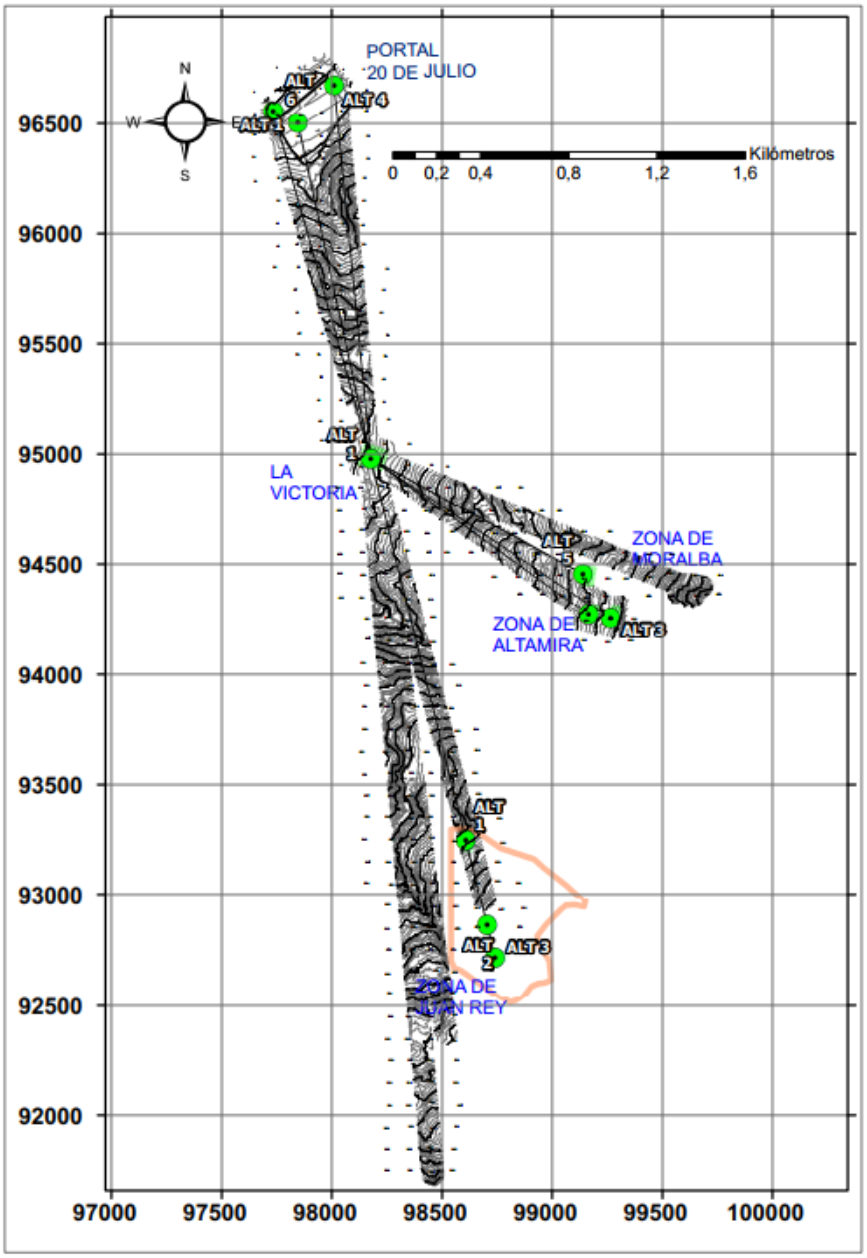
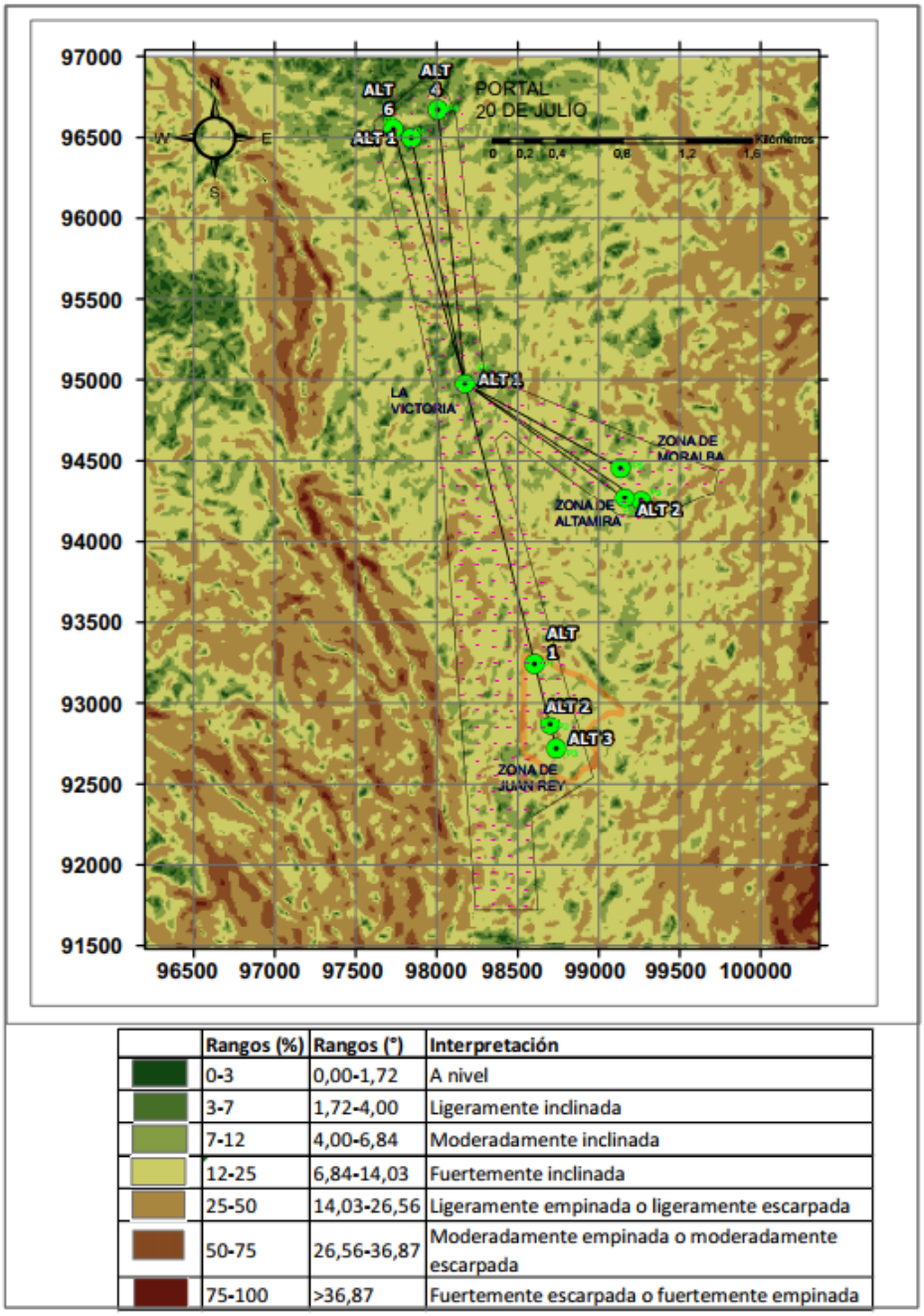


Figura 12-8 *Modelo de curvas de nivel cada 2 m utilizado para delimitar el área de estudio y generación de secciones topográficas de las líneas del cable. (fuente: elaboración propia)*

A partir del modelo digital del terreno se generó un modelo de pendientes con el fin de identificar de manera gráfica la variación de la inclinación del terreno con propósitos de valoración de las condiciones del relieve en la aplicación de la metodología semicuantitativa de estabilidad SES, que depende de las condiciones de pendiente del área de estudio. Los rangos

de pendientes se evaluaron de acuerdo con la clasificación establecida por el IGAC para propósitos de clasificación de tierras, En la ***Figura 12-3*** se presenta el mapa de pendientes resultante. Se puede ver que las pendientes predominantes de los corredores proyectados están entre el 0 y el 25% (0 y 17 grados) y muy puntuales se presentan áreas con pendientes entre el 25 y el 50%, los valores mayores se presentan hacia las márgenes de las quebradas, áreas de cortes para la construcción de infraestructura y área de exposición de macizos rocosos o niveles delgados de suelos residuales, de acuerdo con los diagnósticos del IDIGER y el reconocimiento de campo realizado, los procesos de remoción en masa que se pudieron identificar, se ubican de áreas de pendientes altas.

ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano



	Rangos (%)	Rangos (°)	Interpretación
	0-3	0,00-1,72	A nivel
	3-7	1,72-4,00	Ligeramente inclinada
	7-12	4,00-6,84	Moderadamente inclinada
	12-25	6,84-14,03	Fuertemente inclinada
	25-50	14,03-26,56	Ligeramente empinada o ligeramente escarpada
	50-75	26,56-36,87	Moderadamente empinada o moderadamente escarpada
	75-100	>36,87	Fuertemente escarpada o fuertemente empinada

Figura 12-9 *Mapa de pendientes del área de estudio. (fuente: elaboración propia)*

12.7 USO Y COBERTURA DEL SUELO

Dado que en esta etapa del proyecto se plantea al estudio de Fase 1 acorde con la resolución 227 del de 2006 del IDIGER, y que se plantea la aplicación del método semicuantitativo de

estabilidad SES, en este apartado el aspecto de uso y cobertura del suelo se orienta a clasificar el área de estudio de acuerdo con las categorías de uso y cobertura definidas en la metodología con el fin de tener los elementos de calificación por este aspecto. Las categorías de uso y cobertura en la metodología se dividen en:

Cubierta Vegetal

Bosque nativo, secundario, rastrojo alto
Rastrojo bajo, cultivos permanentes o semipermanentes
Pastos o vegetación herbácea
Cultivos limpios o desmonte (canteras)

Suelo cubierto por otros usos

Cobertura impermeable (pavimento)
Cobertura permeable (afirmado)
Vivienda con cubrimiento > 50%
Vivienda con cubrimiento < 50%

En este caso el área de estudio en general presenta cubrimiento de viviendas mayor al 50% en las áreas de las alternativas de estaciones y en los corredores también se presenta cobertura impermeable por la presencia de vías pavimentadas en su mayoría y muy pocas áreas de cobertura permeable con vías destapadas.

Área de cobertura de vivienda menor al 50 % se presentan hacia el sector de Juan Rey donde aún se aprecian bastantes lotes por construir o que son usados para pastos y para cultivos.

Otras áreas identificadas de pequeña magnitud corresponden con las zonas verdes que son usadas como parques, estos parques en general presentan cobertura de pastos o vegetación herbácea.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

Otras zonas que se destacan corresponden con las franjas de protección ambiental definidas para los drenajes naturales (ZMPA) que presentan un ancho de 30 m a cada lado de los drenajes; para la aplicación de la metodología las ZMPA se categorizan como zonas de mixtas entre pastos, rastrojo bajo y rastrojo alto. en la ***Figura 12-10*** se muestra el mapa de zonificación por uso y cobertura del suelo.

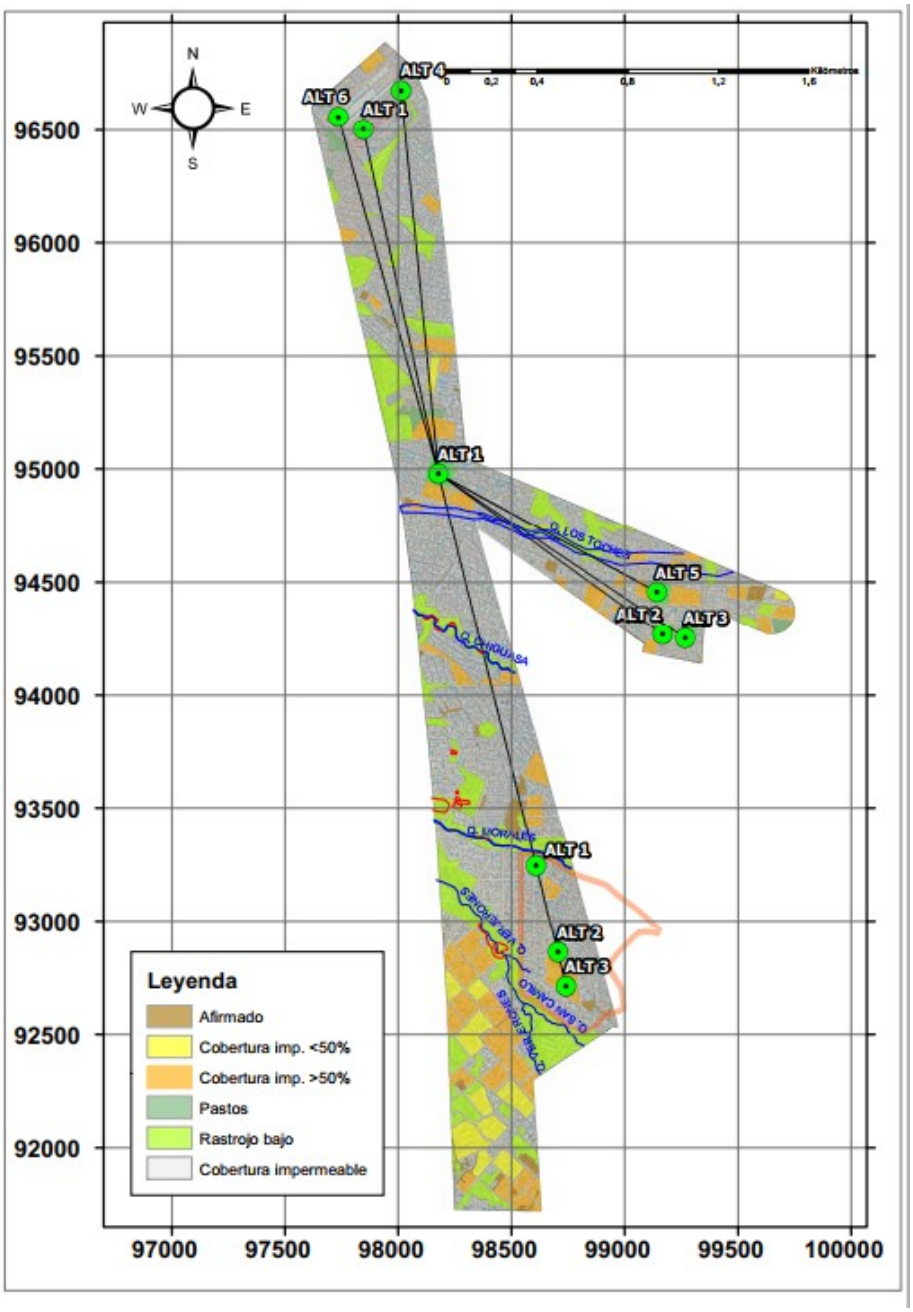


Figura 12-10 *Uso y cobertura del suelo. (fuente: elaboración propia)*

12.8 AMENAZAS NATURALES

Dentro de las amenazas naturales que tienen algún nivel de efecto en el área de estudio están las debidas a los sismos, las debidas a procesos de remoción en masa y las debidas a

inundaciones o avenidas torrenciales dependiendo de la topografía y las condiciones de los drenajes.

En cuanto a la amenaza sísmica la ciudad de Bogotá de acuerdo con el estudio de AIS 2009, el nivel de aceleración a nivel de roca esperada para un período de retorno de 475 años es de 0.15g que clasifica a la ciudad en un nivel de amenaza intermedia. Del estudio de microzonificación sísmica de Bogotá, se tiene que el área de estudio se encuentra distribuida en tres zonas de la microzonificación sísmica; Zona de cerros, Zona de depósitos de ladera y Zona de piedemonte, con valores de aceleración en superficie de 0.18g para cerros y de 0.22g para las demás zonas respectivamente. En la ***Figura 12-11*** se muestra el mapa de zonificación sísmica para el área de estudio.

Con respecto al nivel de amenaza por remoción en masa, el IDIGER actualizó en el año 2016 la zonificación de amenaza por remoción en masa para las laderas de Bogotá, mediante el estudio de Amenaza por Remoción en Masa en Perspectiva de Cambio Climático, elaborado con propósito de actualización del componente de gestión del riesgo para el POT de la ciudad, en general el área de estudio queda localizada en laderas que presenta niveles de amenaza media y baja con distribución proporcional de áreas, en zonas muy localizadas se presenta amenaza alta asociada a sitios de altas pendientes principalmente asociadas a las márgenes de las quebradas y otros sitios donde se han realizado cortes o relleno importantes para la adecuación del terreno.

En la ***Figura 12-12*** se presenta el plano de zonificación de amenaza por remoción en masa definido por el IDIGER en 2016, se destaca que para el estudio de amenaza fueron utilizadas dos metodologías; una corresponde con el sistema semicuantitativo de estabilidad de Ramírez 1989 y modificado por González 1997, y la otra corresponden con la metodología de Taludes Naturales desarrollada por Shuk E., 1990. Parte de esta información se toma como base para el análisis de amenaza que se realizará en el presente trabajo. En esta figura se puede el corredor entre el 20 de Julio y La Victoria presenta amenaza distribuida principalmente entre media y baja, con áreas muy puntuales que presentan amenaza alta, estas áreas asociadas principalmente a sitios de alta pendiente generada por cortes viales y adecuaciones para construcción de otras obras. el corredor entre la estación La Victoria y Altamira se encuentra principalmente en amenaza intermedia con áreas puntuales de amenaza baja y también áreas pequeñas de amenaza alta, asociadas a las márgenes originales de la quebrada Los Toches, que presentan topografía muy inclinada y rellenos antrópicos dispuestos inadecuadamente, por la magnitud de estas áreas y su ubicación topográfica se prevé que las pilonas de las líneas no queden ubicadas sobre estos sitios.

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

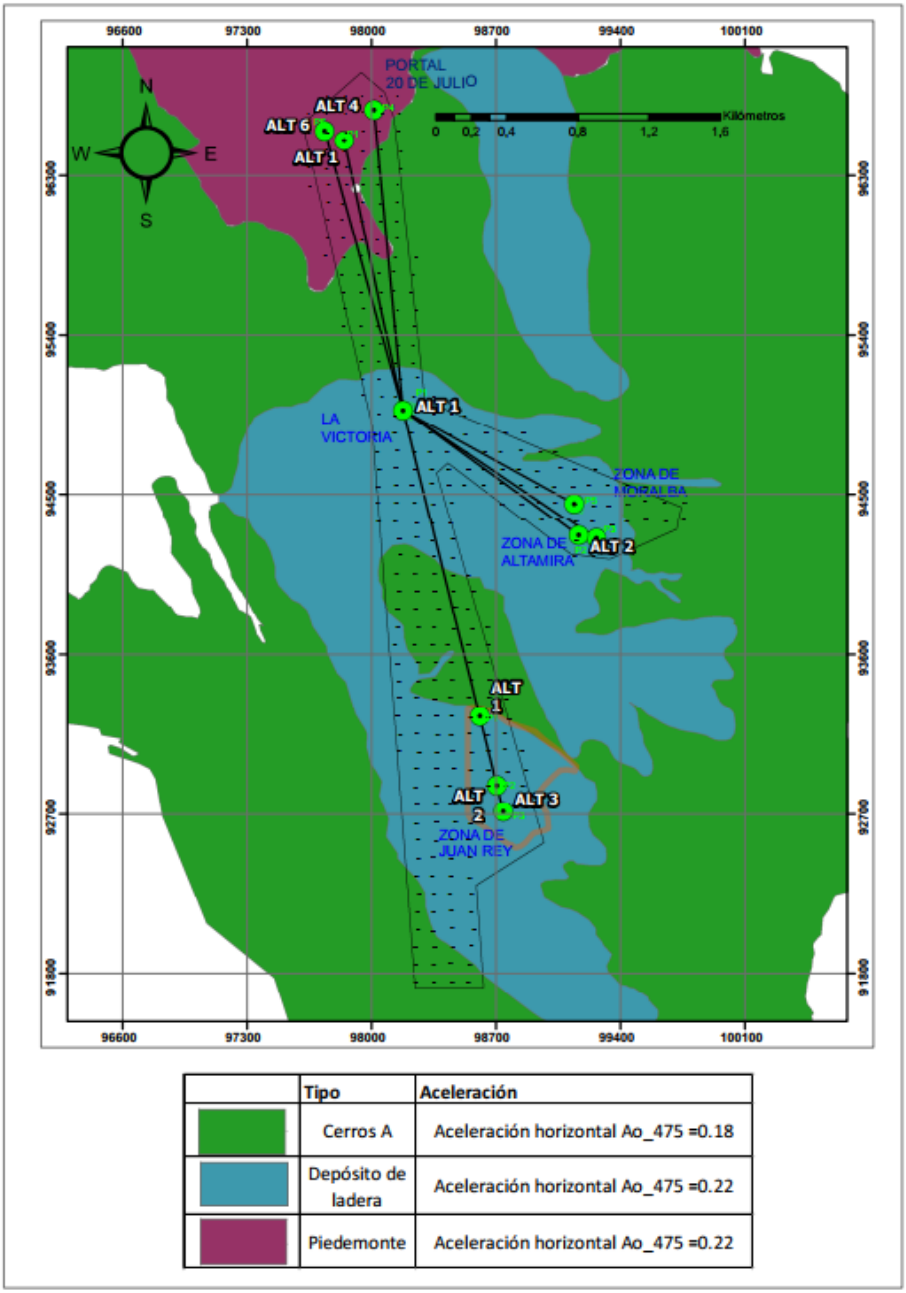


Figura 12-11 *mapa de zonificación sísmica el área de estudio. (fuente: IDIGER-2010)*

En cuanto al corredor de La Victoria a Juan Rey, el nivel de amenaza es medio con áreas pequeñas de amenaza baja y sectores muy puntales de amenaza alta asociadas a las márgenes muy inclinadas de las quebradas Verjerones, Morales y Chiguaza, sobre las cuales se han dispuesto rellenos antrópicos y se presentan descargas inadecuadas de aguas de

escorrentía que alteran los suelos nativos de tipo arcilloso presentes sobre el corredor bien como matriz del depósito Fluvio glacial o como suelos residuales de arcillolita que es típica en el área de estudio.

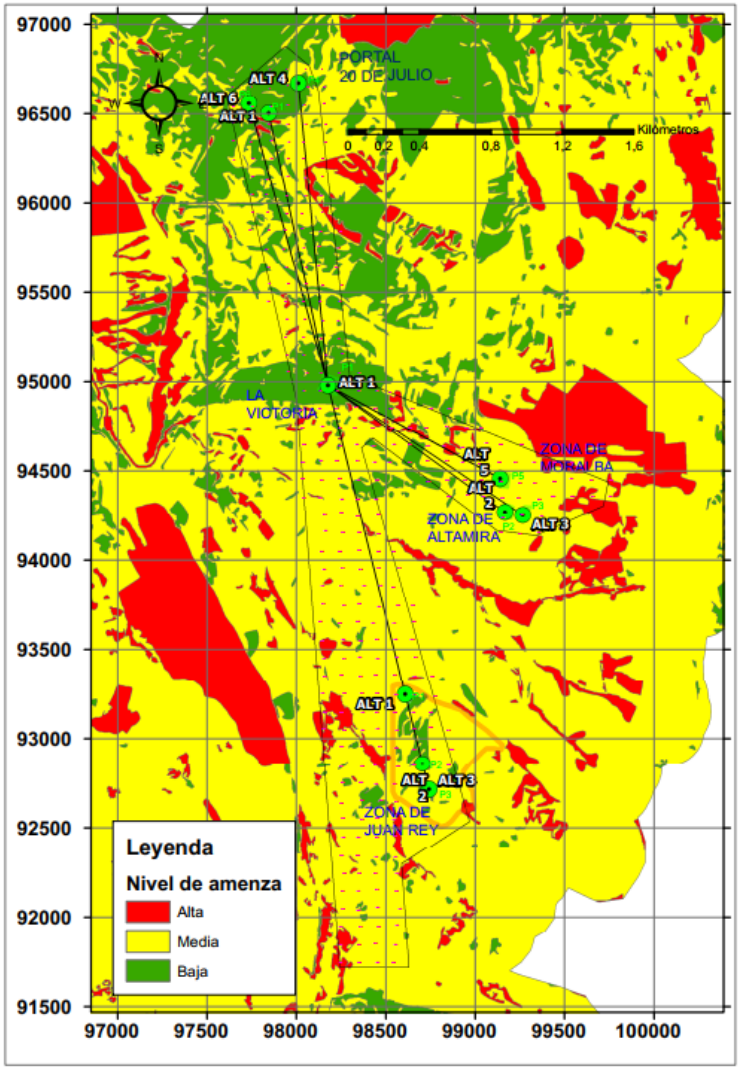


Figura 12-12 *Mapa de zonificación de amenaza por remoción en masa. (fuente: IDIGER-2016)*

La ciudad de Bogotá también está afectada por amenazas debidas a inundación, este aspecto aplicable a la zona plana de la ciudad; sin embargo, en la parte de las laderas este fenómeno no es común, pero si es posible la presencia de avenidas torrenciales en algunas de las quebradas de altas pendientes y cauces afectados por procesos de remoción en masa y socavación.

En el caso del área de estudio, los drenajes naturales más representativos son la Q. Chiguaza, Q. Verjerones, Q. Morales y Q. los Toches, las tres primeras con cauces abiertos y parcialmente

canalizados cuyas obras presentan diferentes grados de deterioro, y la última, canalizada mediante un sistema de alcantarillado circular que en varios tramos sigue por zonas verdes y en otros al parecer pasa por debajo de áreas urbanizadas y vías pavimentadas.

El Sistema de Información para la Gestión del Riesgo y Cambio Climático (SIRE), por medio de la capa de Amenaza por Inundación del POT del 2004, ubica este tipo de amenaza sobre el cauce de la quebrada Chiguaza a poco menos de 1 km al oeste de la zona de influencia del proyecto, como se muestra en la Figura 12-13. De acuerdo con este mapa, la zona de afectación directa del proyecto no se encuentra clasificada en amenaza por inundación baja, media o alta.

ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

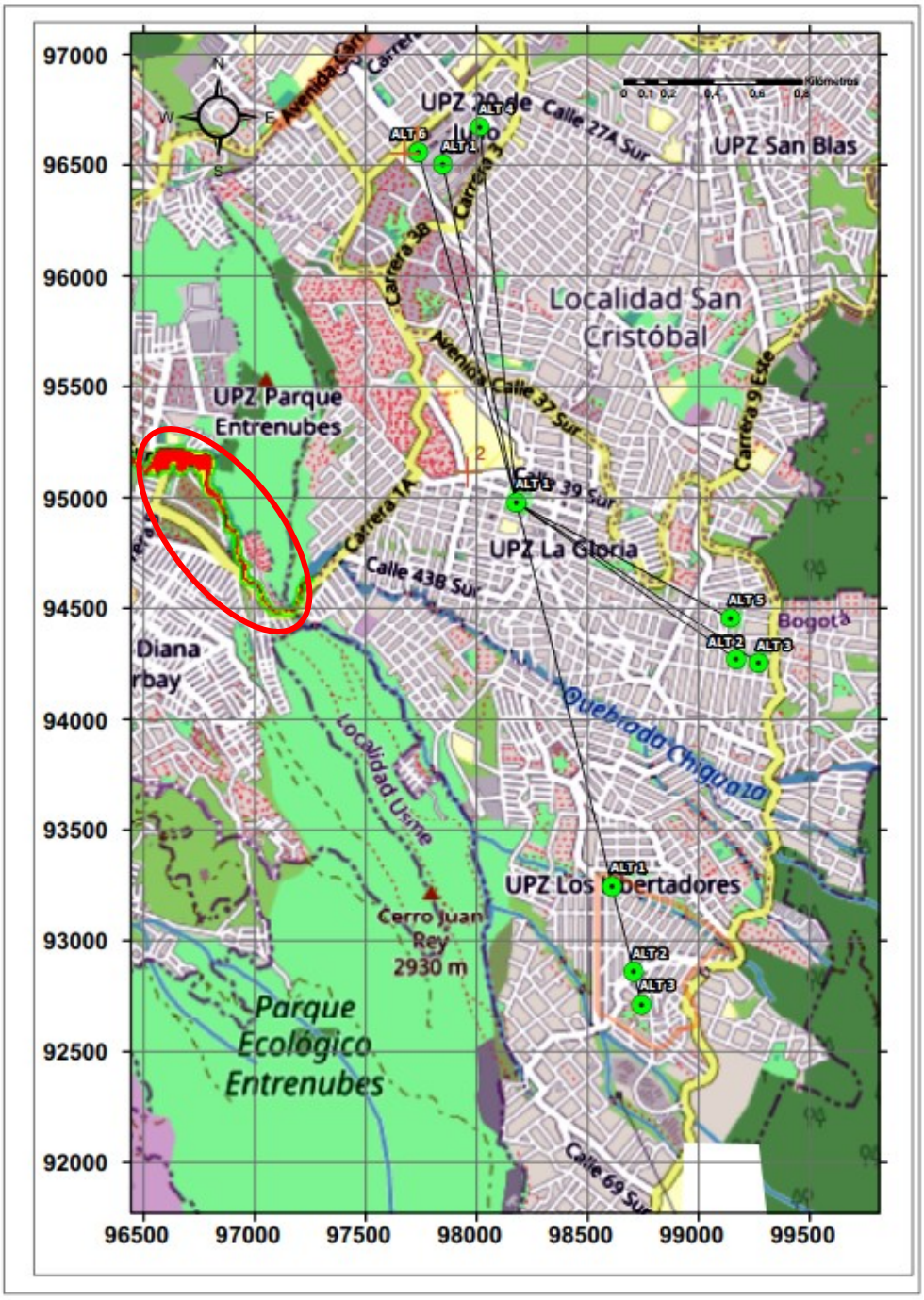


Figura 12-13 *Esquema de Zonificación de amenaza por inundación en el área del proyecto*

Por otra parte, de acuerdo con el Concepto Técnico de Riesgo CT-7004 realizado por IDIGER en el año 2013 correspondiente con la evaluación de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por avenidas torrenciales de la quebrada Verjerones, el área de influencia de corredor de las alternativas de cable aéreo sobre la quebrada Verjerones presenta condición de amenaza alta por remoción en masa a todo lo largo de sus márgenes. En dicho concepto se relacionan otros elementos y diagnósticos que permiten evidenciar la presencia de eventos de remoción asociados con la dinámica erosiva de la Quebrada Verjerones. En dicho concepto también se relacionan eventos de avenidas torrenciales especialmente hacia la parte baja de la quebrada por la mayor pendiente de esta y el ato caudal que a este nivel maneja en momentos de crecientes.

De la evaluación realizada, el IDIGER califica el cauce de la quebrada Verjerones con un nivel de amenaza alta por avenidas torrenciales e inundaciones debido a la presencia de alta pendiente del cauce y la existencia de depósitos de flujos de tierras aledaños al cauce que ante fuertes precipitaciones aportan sedimentos a la quebrada.

Lo anterior afecta de manera directa el corredor de la alternativa de trazado del cable hacia Juan Rey, por lo que es importante prever esta situación en la localización de las pilonas, buscando que éstas queden ubicadas, en lo posible, por fuera de las áreas de pendiente fuertes aledañas a la quebrada Verjerones. Igual criterio se debe prever para los cruces con las demás quebradas, que, han sido intervenidas con obras de canalización y protección contra socavación; sin embargo, en campo se evidenció afectación y deterioro puntual de las obras. Por lo anterior es importante proyectar las pilonas por fuera del área de las márgenes de las quebradas, para aislar las estructuras del cable de la influencia de avenidas torrenciales, que pueden darse en las quebradas del área del proyecto.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

12.9 CONDICIONES HIDROLÓGICAS

Dentro de los factores más importantes en la definición de las estabilidad de las laderas está el agua, representado especialmente en el régimen de precipitaciones y en el nivel del agua en el suelo, en cuanto al régimen de precipitaciones es importante la intensidad y duración de las mismas, la cantidad de lluvia acumulada previa a un evento de remoción y la lluvia critica que representa la cantidad de lluvia requerida para disparar un movimiento en masa bajo determinadas condiciones geológicas y geotécnicas.

En este numeral se hace mención al régimen de precipitación del área de estudio, es decir, a la distribución de precipitaciones durante el año, a la lluvia critica definida en estudios previos para el área de estudio y se hace referencia al nivel del agua en el suelo y a las condiciones de drenaje del área de estudio.

12.9.1 Distribución de precipitaciones.

Con el objetivo de establecer el comportamiento climático en el área de estudio, se toma como referencia el estudio Diseño Detallado de Obras de Mitigación de Riesgo por Remoción en

Masa en la Urbanización Ciudadela Santa Rosa, realizado por ingeniería y Georiesgos -IGR S.A.S, en el año 2018 para el IDIGER.

En este estudio de referencia se incluyó un análisis hidrológico actualizado del área basado en la información hidrometeorológica que puede ser aplicable a toda el área de estudio del presente proyecto, debido que incluye la información de las estaciones de Juan Rey, Santa Lucia, El delirio y Vitelma. Con base en esta información se presenta la descripción de las condiciones climáticas del área de estudio, principalmente lo relacionado con el régimen de precipitación mensual y anual. En la Tabla 12-4 se presentan las coordenadas, elevación y código de las estaciones de interés.

Tabla 12-4 Estaciones Hidrometeorológicas

Estación	Latitud	Longitud	Categoría	Elevación (m.s.n.m)	Código
Juan Rey	04°31'N	74°05'W	Pluviográfica	2985	20204 (P-081)
Santa Lucia	04°35'N	74°08'W	Pluviográfica	2630	20052 (P-042)
El Delirio	04°33'N	74°04'W	Pluviográfica	3000	20013 (P-035)
Vitelma	04°35'N	74°05'W	Climatológica ordinaria	2800	20524(P-047)

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

La precipitación en el área de estudio, presenta un comportamiento bimodal. El mes más seco es enero, con registros de 50,9 mm en Vitelma, de 54 mm en el Delirio, de 44,2mm en Juan Rey y de 27,3mm en Santa Lucía.

En las estaciones Vitelma y Santa Lucía los meses más lluviosos son abril y noviembre, en los que se registran valores de 124,1 mm y 96,1mm para abril, respectivamente, y de 128,1mm y 95,1mm para noviembre, respectivamente, (Figura 12-14). Para las estaciones el Delirio y Juan Rey, los meses más lluviosos son junio y julio, con registros para junio de 158mm y de 117,2mm, y para julio de 177,3mm y de 154,1mm, respectivamente (Figura 12-15). Como se puede ver en las figuras indicadas, hay una variación importante en el régimen de precipitación en el área de estudio a pesar de ser un área relativamente pequeña.

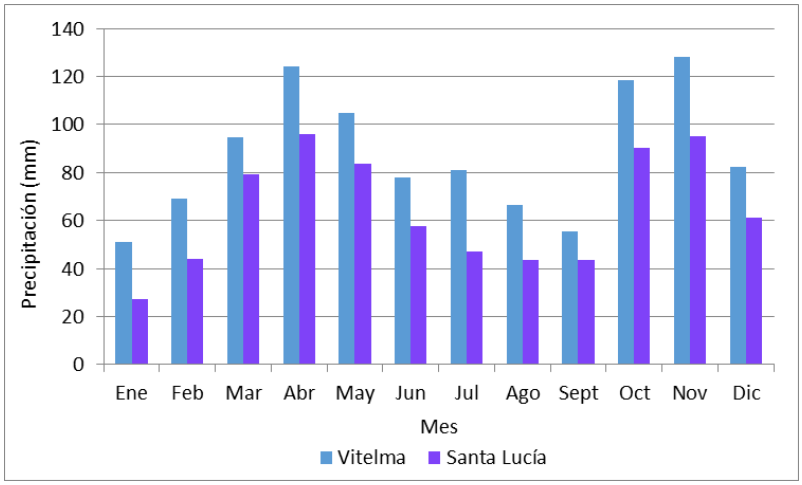


Figura 12-14. *Precipitación: Estaciones Vitelma, Santa Lucía, (Fuente: Consorcio Santa Rosa-2018)*

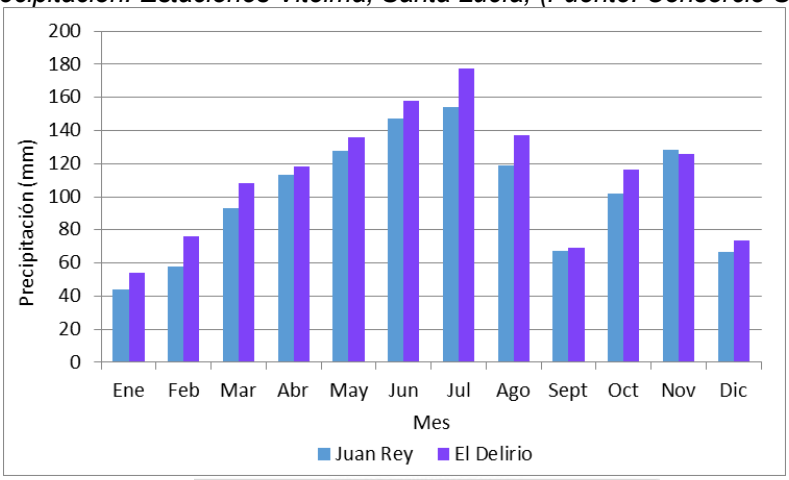


Figura 12-15. *Precipitación: Estaciones El Delirio, Juan Rey ((Fuente: Consorcio Santa Rosa-2018)*

Instituto de Desarrollo Urbano

Analizando el comportamiento de la precipitación mensual multianual, se tiene que la magnitud de precipitación anual muestra un incremento importante en los últimos 25 años, como se puede ver en la ***Figura 12-16*** pasando de promedio aproximado de 1000 mm anuales y con un máximo de 1400 mm entre 1940 y 1995 a un promedio aproximado de 1200 mm y máximo de hasta 1800 mm entre 1995 y 2018, situación que puede ser atribuido al efecto de cambio climático, este incremento promedio de precipitaciones tiene un efecto negativo en la generación de procesos de remoción en masa debido a la mayor probabilidad de obtener niveles de precipitaciones cercanas o mayores a las requeridas para disparar procesos de remoción.

En la ***Figura 12-17*** se presenta la distribución mensual de precipitación entre 1940 y 2017, en esta figura se muestra la distribución de todos los meses indicando que abril, mayo y octubre presentan los valores más altos de precipitación mensual, se destaca que desde 1983 se

muestra un incremento general de la magnitud de precipitación mensual respecto a los años anteriores, también se aprecian picos de precipitación máximos que alcanzan valores de hasta 340 mm mensuales que son bastante superiores a la tendencia promedio. De esta gráfica se destaca que existen puntos en bastantes años en los que los valores están por encima de la lluvia crítica (Pcrit) evaluada para el área en el estudio de INGEOCIM-1998, característica que indica que prácticamente todos los años en algún mes se sobrepasa el valor de la lluvia crítica, aspecto que indica la ocurrencia de procesos de remoción en masa con frecuencia similar en alguna parte del área de estudio, especialmente hacia zonas de mayor pendiente y márgenes de las quebradas, como lo indican los diagnósticos técnicos.

Por otro lado, se tiene del estudio de IDIGER-2016 que la precipitación crítica promedio para las estaciones que se localizan en el área de influencia del proyecto es en promedio de 450 mm, valor que es sensiblemente mayor al definido por INGEOCIM-1998, con el valor anterior se tiene que los máximos valores de precipitación mensual están muy por debajo de la precipitación critica, por lo que se espera que no se disparen procesos de remoción por efecto de las lluvias. Sin embargo, en el área de estudio y áreas cercanas existen evidencias de procesos de remoción en masa de magnitudes diferentes que pueden ser asociados a excesos de lluvia. En todo caso la precipitación critica puede estar entre los valores referidos y variar de acuerdo con las condiciones geotécnicas particulares de los sitios donde se han presentado procesos morfodinámicos.

Es importante también destacar que la magnitud de la precipitación anual y mensual ha venido incrementando en los últimos 30 años, aspecto que puede influenciar en las condiciones de estabilidad de las laderas, especialmente en las áreas de mayor pendiente aledañas a las quebradas y que contienen en varios casos depósitos de relleno antrópico heterogéneo que ha sido dispuestos de manera inadecuada y que además son afectados por procesos de socavación local en los cauces de las quebradas por la presencia de mayores crecientes con mayor capacidad de erosión.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD

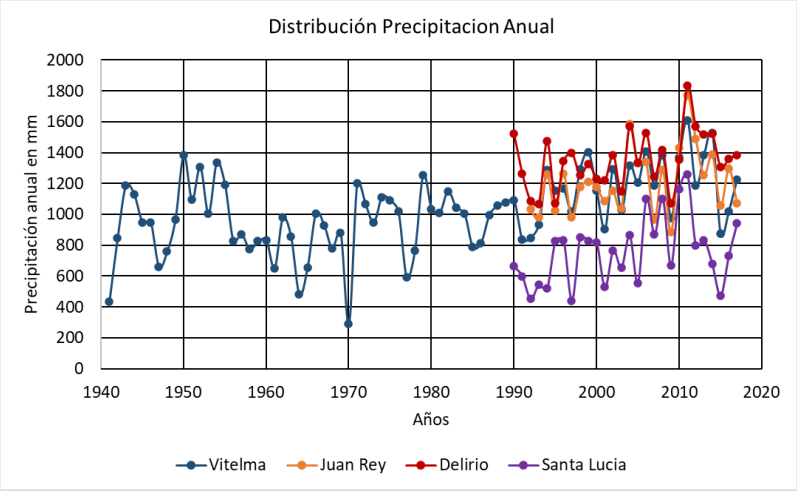


***Figura 12-16**. Valores de precipitación total anual ((Fuente: Consorcio Santa Rosa-2018)*

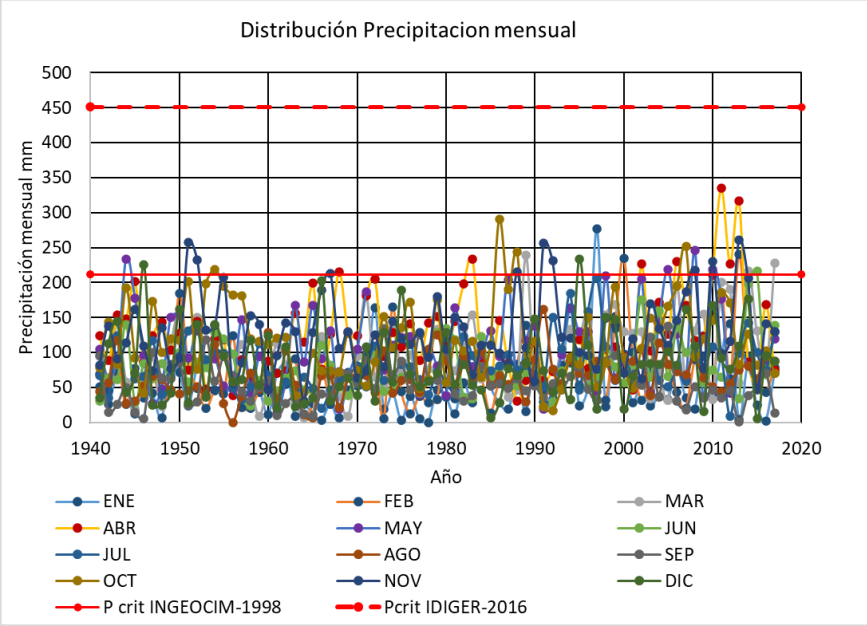


***Figura 12-17**. Valores de precipitación total mensual multianual ((Fuente: Consorcio Santa Rosa-2018)*

12.9.2 Clasificación Climática

De acuerdo con el estudio de clasificación climática de Bogotá realizado por el IDEAM-2017 el área de influencia del proyecto del cable aéreo de Bogotá se encuentra localizado entre las zonas Climáticas B1 (Ligeramente húmeda-precipitación anual entre 700 y 900 mm) hacia el sector del 20 de julio hasta la Zona Climática B4 (Muy Húmeda-precipitación anual entre 1100 y 1300 mm) hacia el sector de Moralba y Juan Rey. Es decir que el nivel de precipitación anual de acuerdo con el la clasificación climática de Bogotá varia gradualmente desde alrededor de 700 mm anuales a nivel de la estación 20 de Julio hasta 1300 mm al nivel del sector de Juan Rey y Altamira.

12.9.3 Precipitación Crítica - Duración

Para determinar la relación precipitación crítica – duración que disparan movimientos en masa, se utilizó la información disponible en el estudio de amenaza por remoción en masa realizado por el IDIGER en el año 2017, el cual presenta información actualizada de precipitación para las estaciones existentes en el área de estudio, dentro de la evaluación semicuantitativa de estabilidad el parámetro de evaluación es el periodo de retorno de la lluvia crítica para las estaciones del área de influencia del proyecto. En este caso, de acuerdo con los numerales anteriores se tiene que las estaciones representativas del área de influencia corresponden con el Delirio, Vitelma, Juan Rey y Santa Lucía y Moralba.

Del estudio en mención se tiene los siguientes resultados de precipitación anual, precipitación crítica, duración y periodo de retorno para el área de estudio, incluidos en la Tabla 12-5 en esta tabla se puede apreciar que la precipitación crítica evaluada para el área de influencia de cada estación varía entre 211.3 mm que corresponde a la parte baja del proyecto y 476.8 mm que corresponde a las parte alta del proyecto, la duración de la precipitación crítica varía entre 28 y 43 días el período de retorno esta entre 16.8 y 39.1 años con valor medio de 26.8 años, valor que se puede tomar como representativo para la aplicación de la metodología planteada.

Tabla 12-5 Resultados lluvia critica, duración y periodo de retorno estaciones pluviométricas área de estudio Fuente: IDIGER-2017.

ESTACIÓN	PRECIPITACIÓN ANUAL (mm)	PRECIPITACIÓN CRÍTICA (mm)	DURACIÓN (días)	PERIÓDO DE RETORNO (Años)
Delirio	**1252.1**	**476.8**	**43**	**27.5**
Juan Rey	**1187.0**	**452**	**42**	**28.3**
Vitelma	**1105.7**	**421.1**	**40**	**39.1**
Santa Lucia	**554.8**	**211.3**	**28**	**22.3**
Moralba	**1194.4**	**454.8**	**42**	**16.8**

12.10 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

La geología y geomorfología del área de interés es descrita en el capítulo 5.1 Zonificación geológica y geomorfológica.

12.11 MODELO GEOLÓGIGO GEOTÉCNICO

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. INVÍAS Instituto de Desarrollo Urbano

Para la elaboración del modelo geológico - geotécnico se partió del procesamiento e interpretación de la información existentes de exploración geotécnica y ensayos de laboratorio relacionados en el capítulo del estudio geotécnico, adicionalmente se incluyeron los resultados de la exploración realizada para la etapa de factibilidad consistente en 5 sondeos mecánicos de 15 m de profundidad y 7 líneas de refracción sísmica con análisis multiespectral de ondas superficiales (MASW), así mismo para completar el modelo se utilizaron los resultados de la geología, geomorfología y procesos morfodinámicos existentes en el área de estudio.

En primer lugar se tiene que el modelo se compone de materiales geológicos correspondientes con rellenos antrópicos de composición heterogénea, predominando materiales provenientes de excavaciones para la adecuación del suelo con fines de construcción, materiales heterogéneos provenientes de residuos de construcción y en algunos casos basuras y en otros casos corresponden con rellenos antrópicos estructurales dispuestos técnicamente para la conformación de terraplenes y rellenos de estructuras. La distribución es bastante irregular y con la información existente es imposible establecer su distribución detallada en el área de estudio. Su extensión se definió de forma aproximada según los espesores y características descritas. El espesor de los niveles de relleno puede variar desde menos de un metro de espesor a cerca de 5 m. Estos materiales se encuentran distribuidos formando zonas diseminadas en toda el área del proyecto.

En segundo lugar, en gran parte del área se identifica un depósito de tipo Fluvio glacial compuesto por bloques de arenisca con tamaños de hasta 1.5 m de lado embebido en una matriz que pueden variar de arena fina con gravas y arcillas hasta una matriz predominantemente arcillosa que es más dominante en el área de estudio, la concentración de bloques varía desde clastos aislados con más del 70% de matriz fina hasta más del 70% de clastos. En la información existente se encontró que el depósito Fluvio glaciar es principalmente matriz soportado, y la matriz es principalmente arcillosa. también se identificó que hacia el techo el depósito es más fino y hacia la base hay mayor concentración de clastos. este depósito se evidencia en mayor amplitud en el tramo de La Victoria hacia Altamira y de la Victoria hacia Juan Rey y en menor extensión entre la línea del Portal 20 de Julio hacia La Victoria.

En tercer lugar se encuentran los materiales de la Formación Bogotá que varían desde niveles de suelo residual hacia la parte superficial hasta roca medianamente meteorizada en profundidad, en sitios muy particulares se identificaron niveles de arenisca de la misma formación, en general esta formación se distribuye en todo el área de estudio subyaciendo a los niveles de relleno y de depósito fluvioglaciar y aflorando en otras zonas como suelo residual que puede alcanzar espesores de hasta 8 m en las áreas de topografía más suave y de menos de 3 m en área de topografía fuertemente inclinada y lomos topográficos. Los suelos de la formación Bogotá se encuentran aflorando en superficie principalmente en el tramo de la estación del 20 de Julio hacia la Victoria y en la parte media del tramo de la Victoria a Juan Rey.

En cuarto lugar se presentan depósitos de origen aluvial, fluvial y coluvial, dispuestos en área de topografía plana a ligeramente inclinada, compuestos por niveles de gravas, arenas, limos y arcillas mezclados, presencia de bloques con matriz de gravas arena y arcillas, de espesor variable que puede alcanzar los 20 m de espesor, el área de mayor exposición de estos tipos de suelos corresponde con el portal del 20 de julio de topografía plana y estabilidad adecuada, y las márgenes de las quebradas existentes donde tienden a presentar problemas de inestabilidad por remoción en masa.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

Dentro del proceso de caracterización geotécnica del área de estudio, se tomó como referencia la información geotécnica disponible en la información existente en estudios previos y la información obtenida en la exploración geotécnica realizada para el desarrollo de la etapa de factibilidad del presente estudio, como se indica en el desarrollo del estudio geotécnico, a partir de la interpretación de dicha información se generó la zonificación geotécnica del proyecto tomando como criterio la distribución de los materiales geotécnicos tanto en profundidad como lateralmente, para la zonificación también se tuvo en cuenta la condición topográfica del área y la zonificación geológica.

En el proceso de caracterización geotécnica se generaron secciones bidimensionales tanto de las áreas de las estaciones como de los corredores de las alternativas de las líneas de cable entre las diferentes alternativas de estaciones previstas. Con estas secciones geológicas geotécnicas que permiten ver la distribución lateral y vertical aproximada de los materiales geotécnicos se definieron los límites de las diferentes zonas geotécnicas y el perfil geológico

geotécnico de cada zona. Y finalmente se definieron las propiedades geotécnicas esperadas de los modelos.

Es importante destacar que para fase 1 estos modelos geológico-geotécnicos son utilizados para definir la valoración de componente suelos para la aplicación del método semicuantitativo de estabilidad para validar el nivel de amenaza por remoción en masa para el proyecto, para proyectar el plan de exploración geotécnica que se debe llevar a cabo en el estudio detallado Fase II y para proyectar el plan de ensayos de laboratorio a ejecutar para la obtención de los parámetros geotécnicos de resistencia representativos para el tipo de suelos encontrados.

En el área de estudio se determinaron 12 zonas geotécnicas para la cuales de definieron los perfiles geotécnicos representativos, en la ***Figura 12-18*** se presenta la planta de la zonificación geotécnica del área del proyecto.

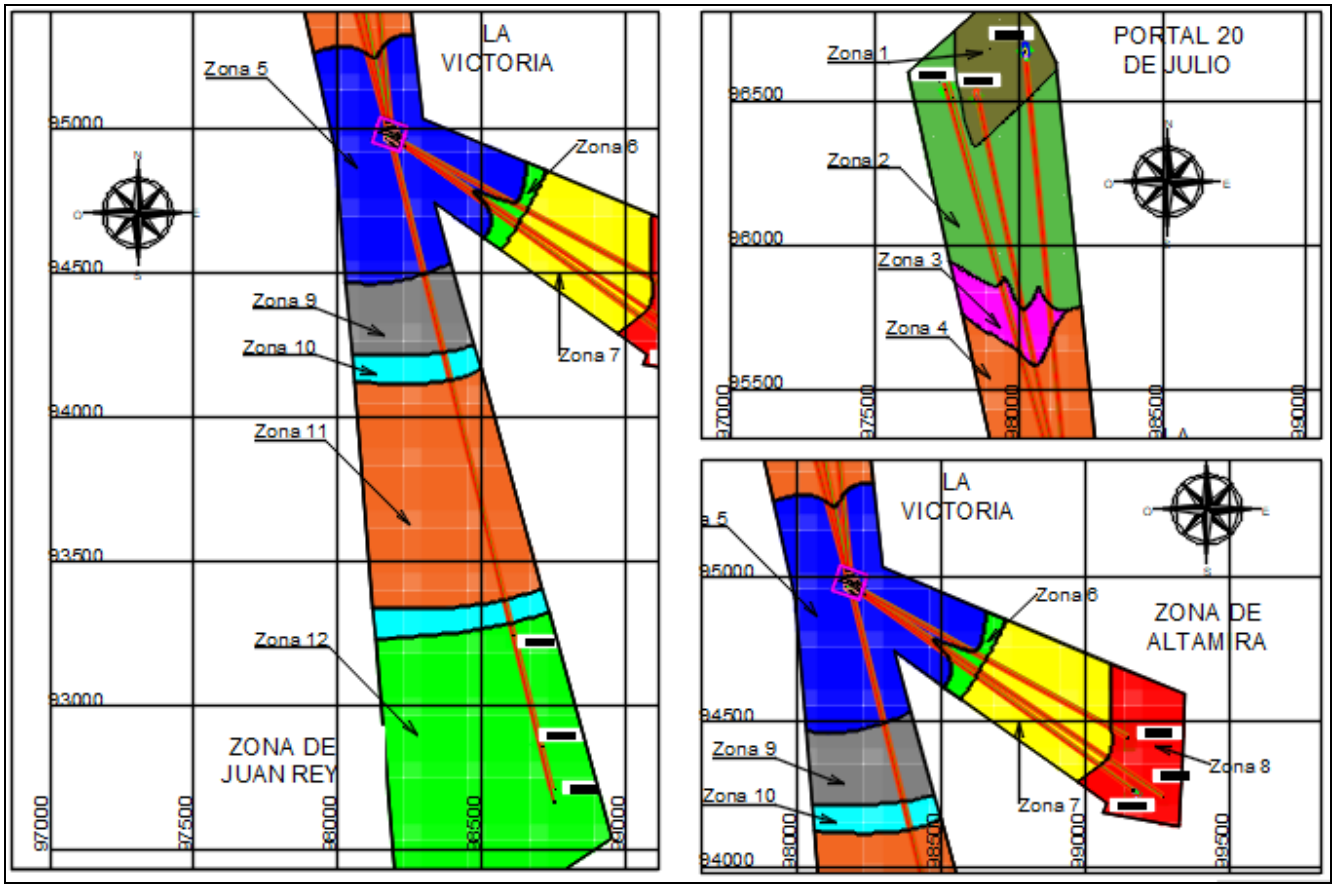


Figura 12-18 *Planta de Zonificación geotécnica área de estudio Cable aéreo San Cristóbal. (fuente: Elaboración propia)*

Para cada área de las alternativas de estaciones y las alternativas de líneas de cable se definieron secciones geotécnicas que representan el modelo geológico geotécnico típico de cada área y de cada línea alternativa, estos modelos determinados con la información geotécnica disponible más cercana, de manera tal que estas secciones representan de forma aproximada las condiciones geotécnicas esperadas y se toman como base para la proyección de la exploración geotécnica para propósitos del estudio de riesgo Fase 2 para las alternativas seleccionadas y para propósitos de estudio de fundaciones y de estabilidad de taludes y cimentaciones para redes. De la ***Figura 12-19*** a la ***Figura 12-24*** se presentan los modelos geológico-geotécnicos representativos de los sitios de alternativas para las estaciones previstas.

ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

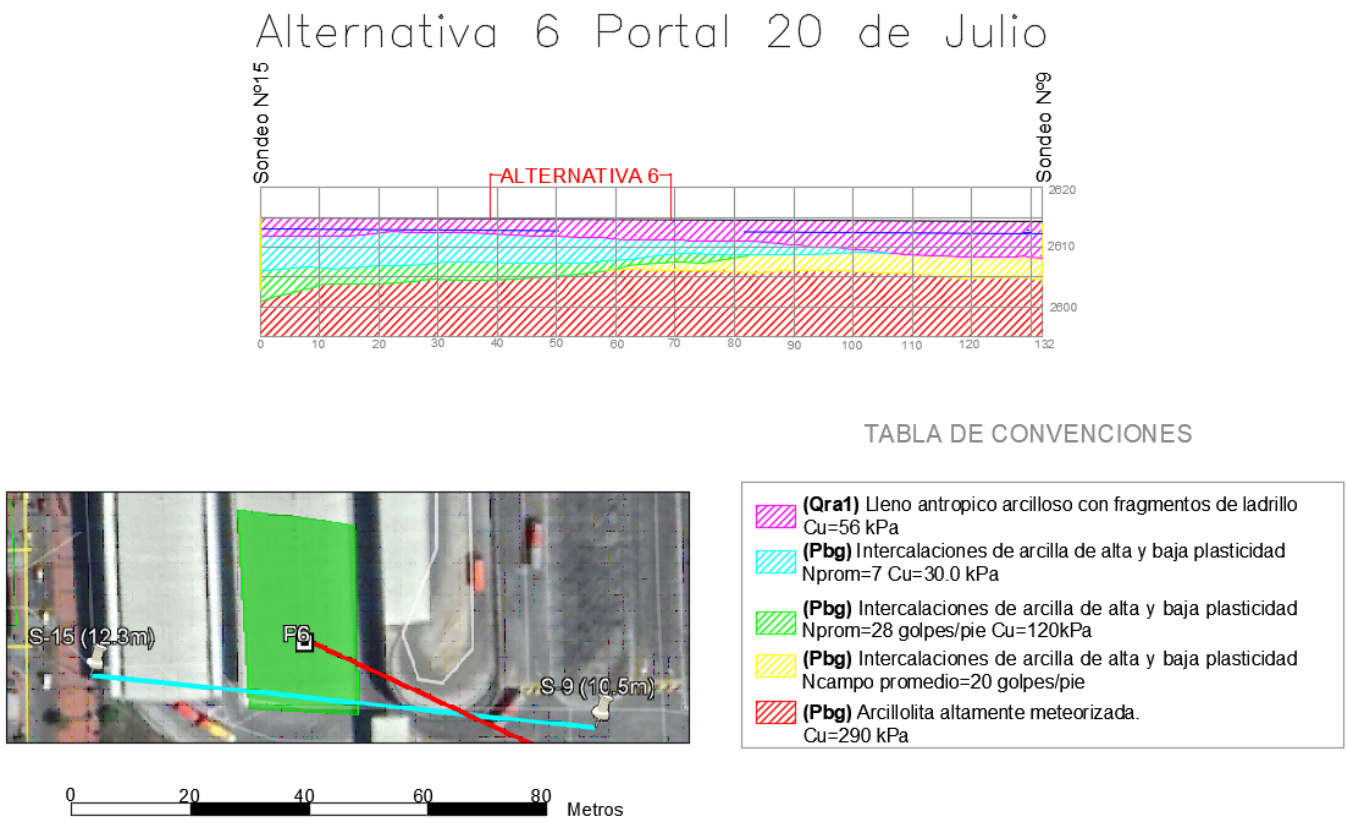


Figura 12-19 *Modelo geológico geotécnico alternativa 6 estación portal 20 de julio. (fuente: Elaboración propia)*

DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

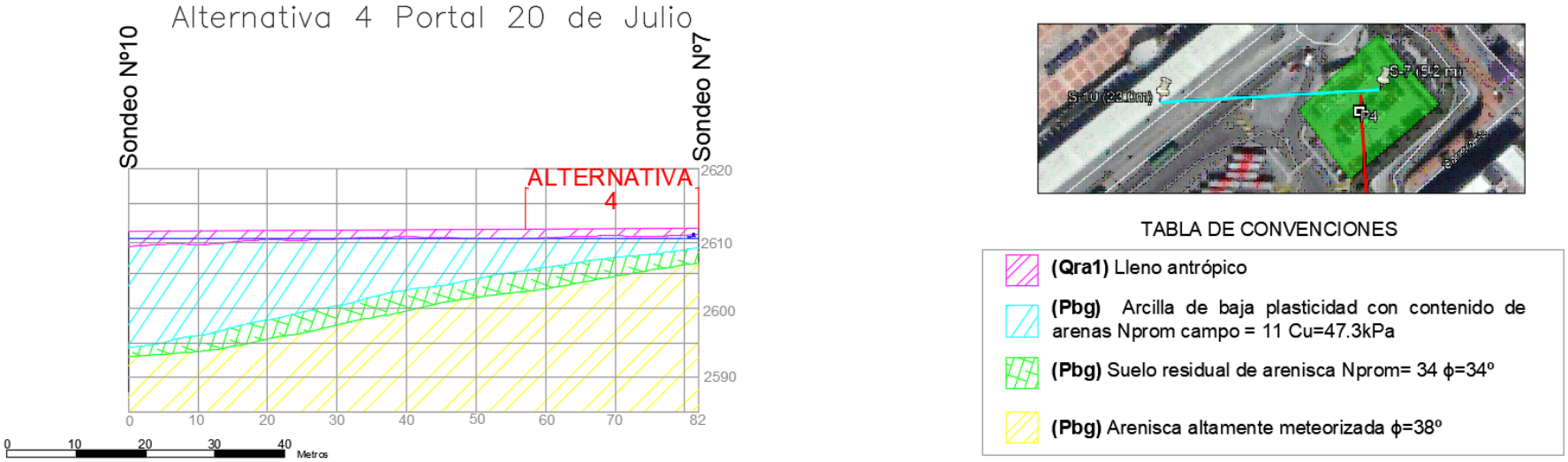


Figura 12-20 *Modelo geológico geotécnico alternativa 4 estación portal 20 de julio. (fuente: Elaboración propia)*

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

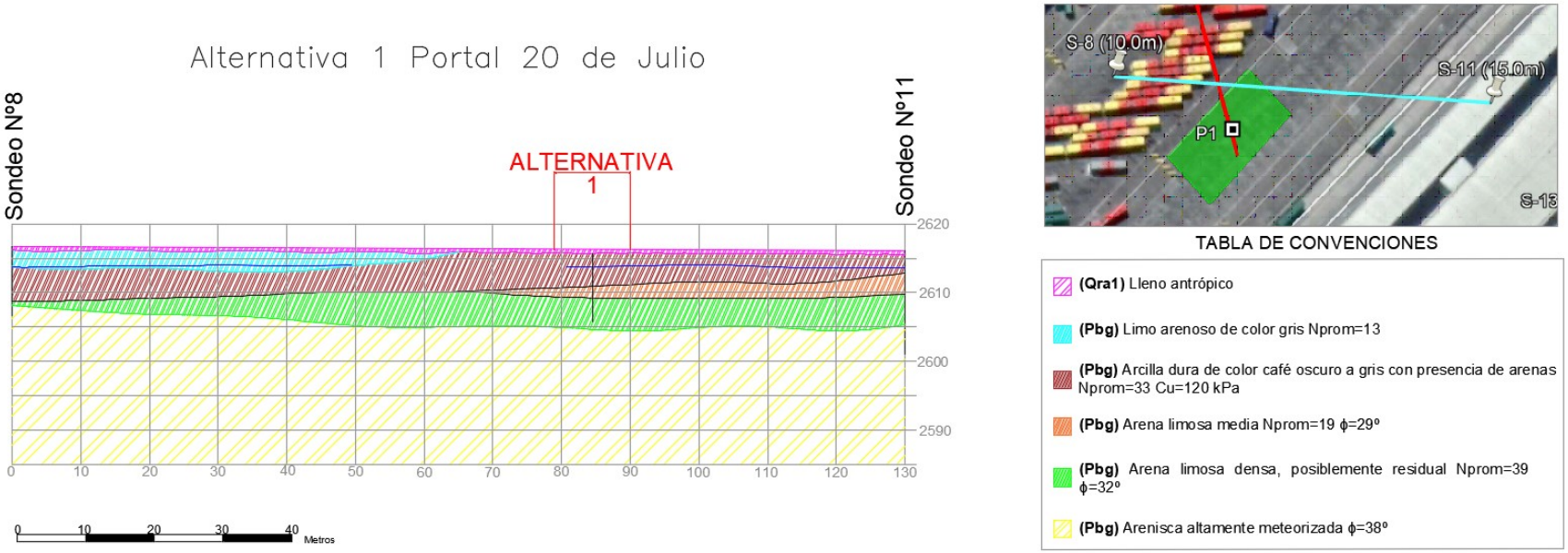


Figura 12-21 *Modelo geológico geotécnico alternativa 1 estación portal 20 de julio. (fuente: Elaboración propia)*

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

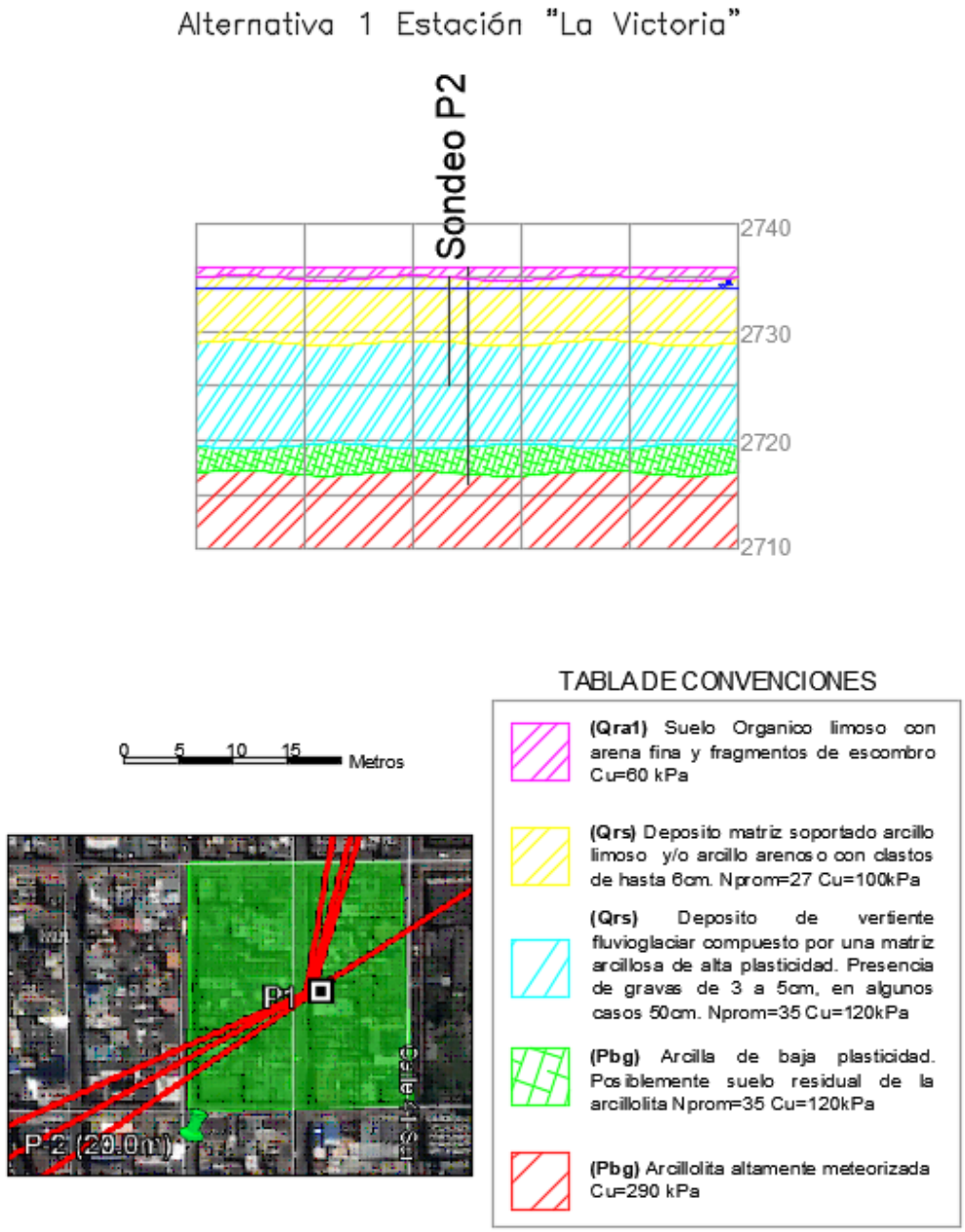


Figura 12-22 *Modelo geológico geotécnico alternativa 1 estación La Victoria. (fuente: Elaboración propia)*

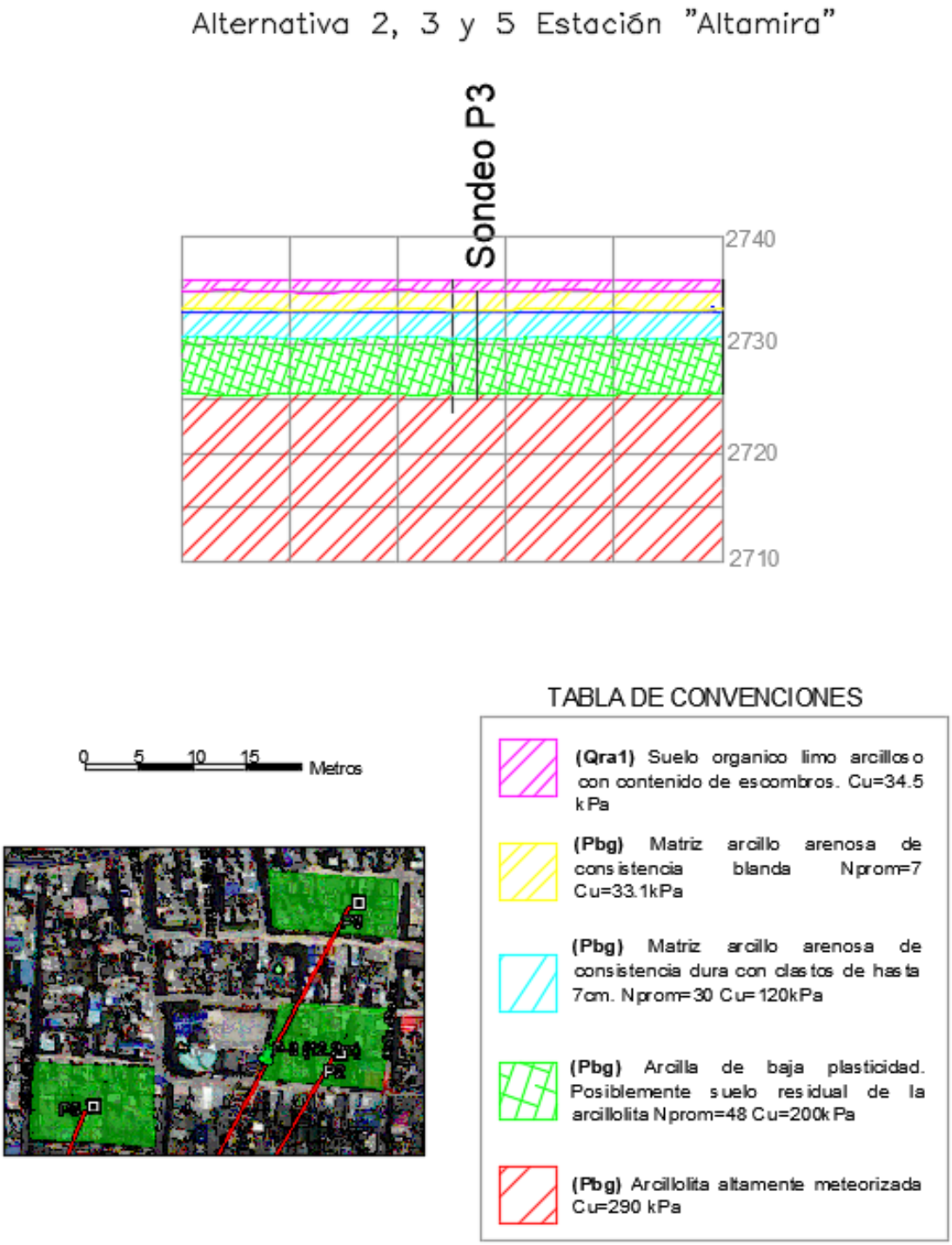


Figura 12-23 *Modelo geológico geotécnico alternativas 2, 3 y 5 Estación Altamira. (fuente: Elaboración propia)*

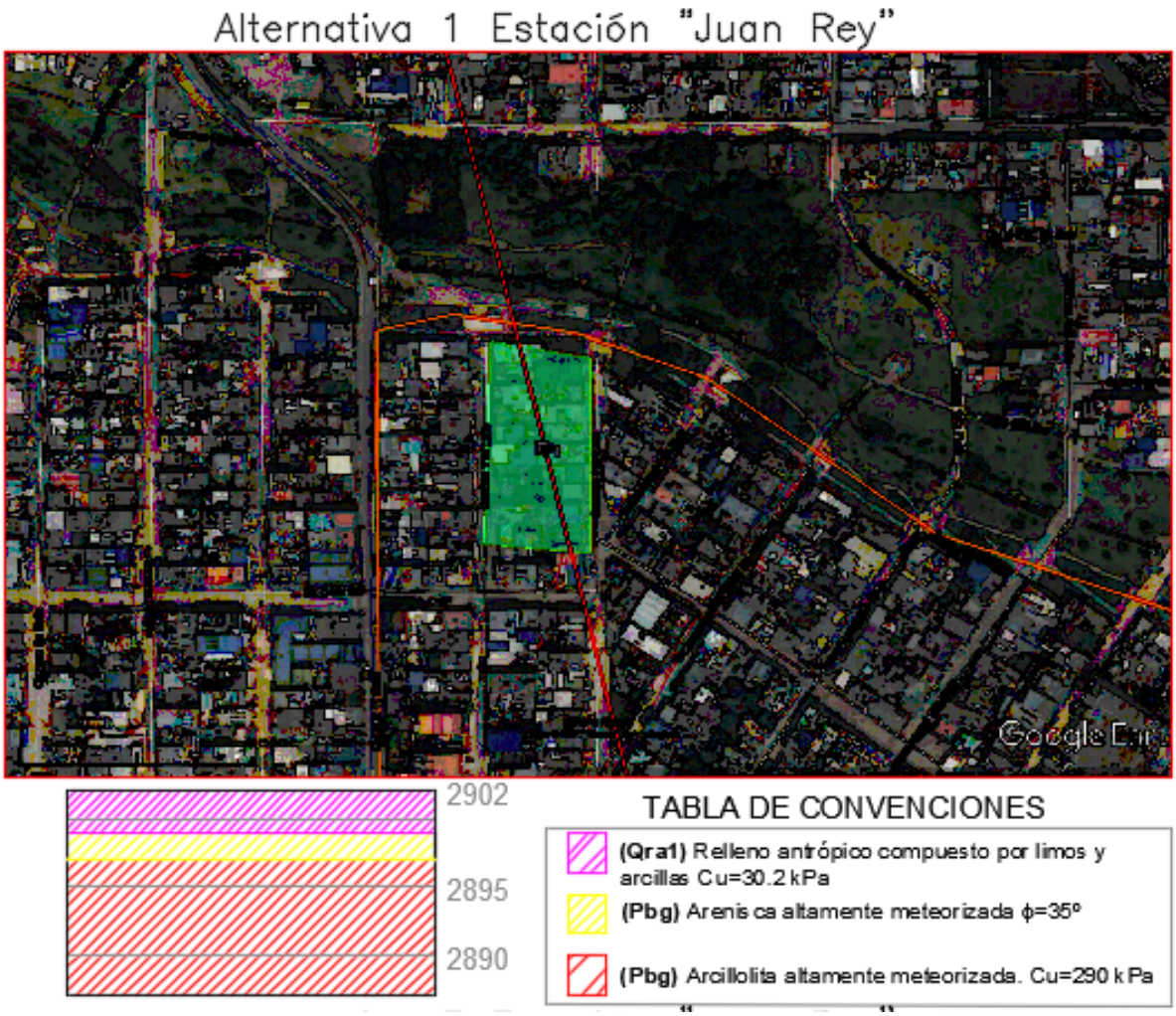


Figura 12-24 *Modelo geológico geotécnico alternativa 1 Estación Juan Rey. (fuente: Elaboración propia)*

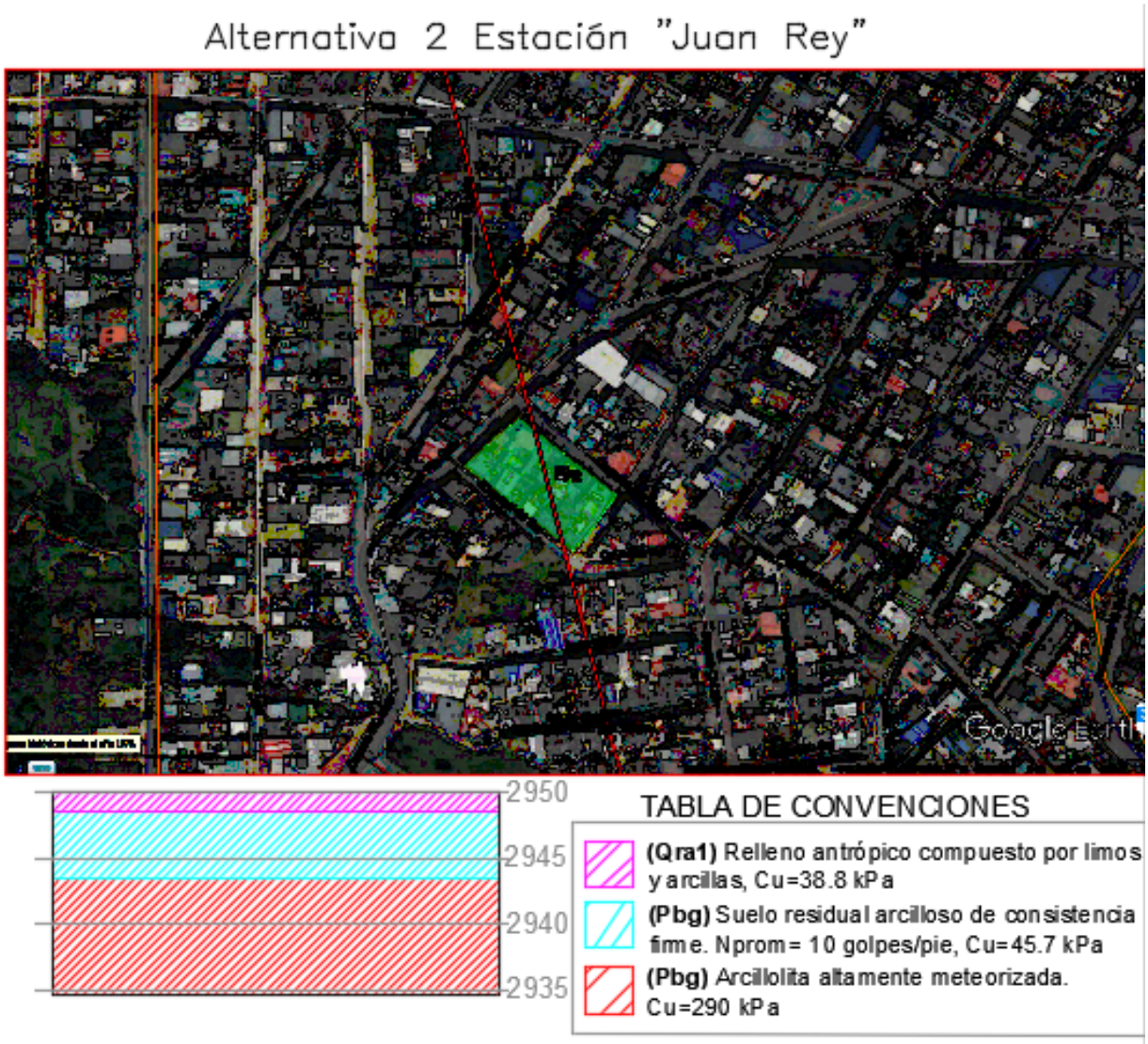


Figura 12-25 *Modelo geológico geotécnico alternativa 2 Estación Juan Rey. (fuente: Elaboración propia)*

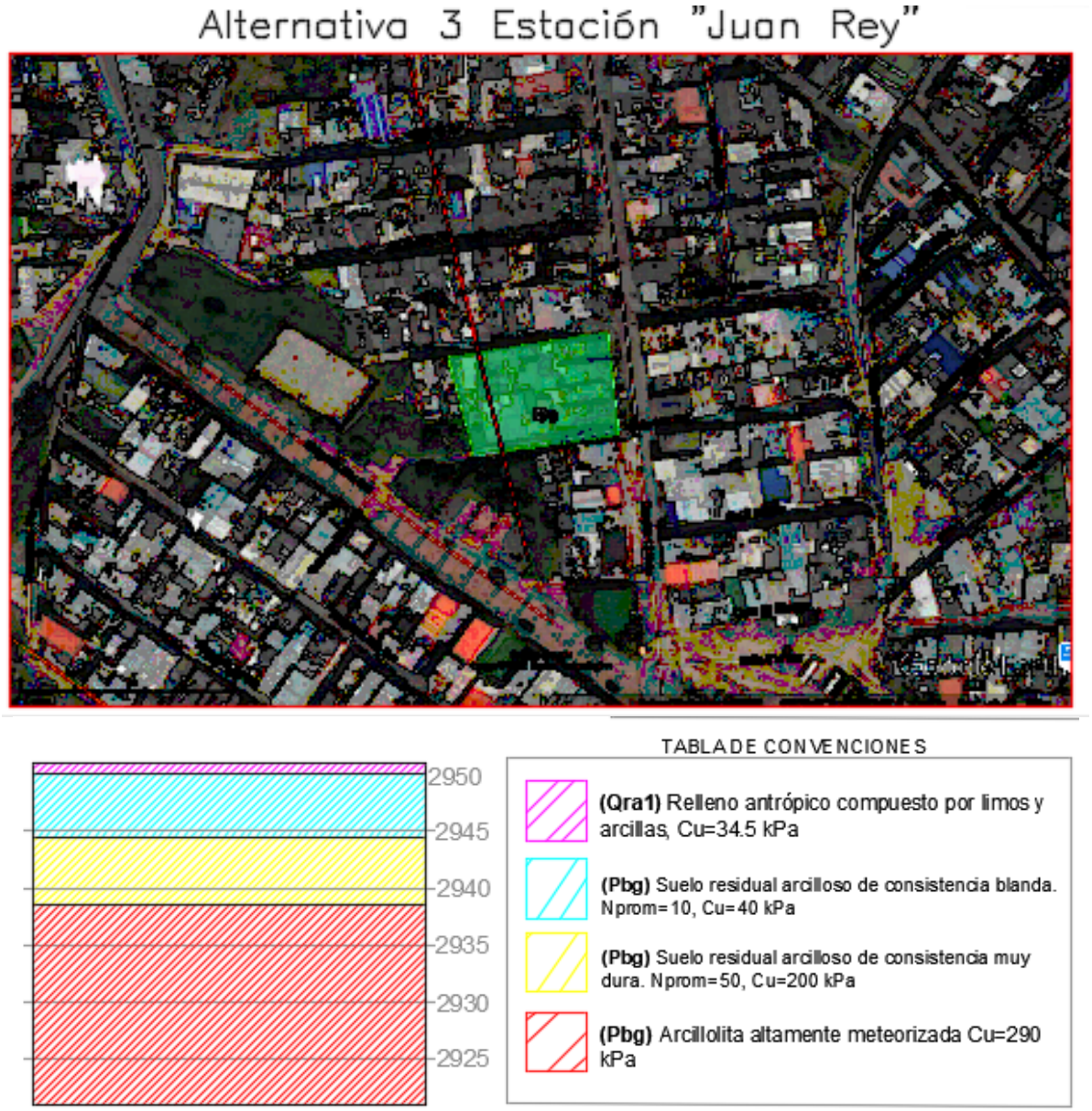


Figura 12-26 *Modelo geológico geotécnico alternativa 3 Estación Juan Rey. (fuente: Elaboración propia)*

Dado que para cada una las líneas de cable (Portal 20 de Julio-La Victoria, La Victoria-Altamira y La Victoria-Juan Rey) el corredor por donde siguen las alternativas los trazados de las líneas es relativamente estrecho, los perfiles geológico-geotécnicos para cada tramo son muy parecidos en los diferentes componentes, por lo que el perfil de cualquier alternativa representa bien el modelo del corredor para propósitos de identificar la distribución de materiales y sus propiedades promedio.

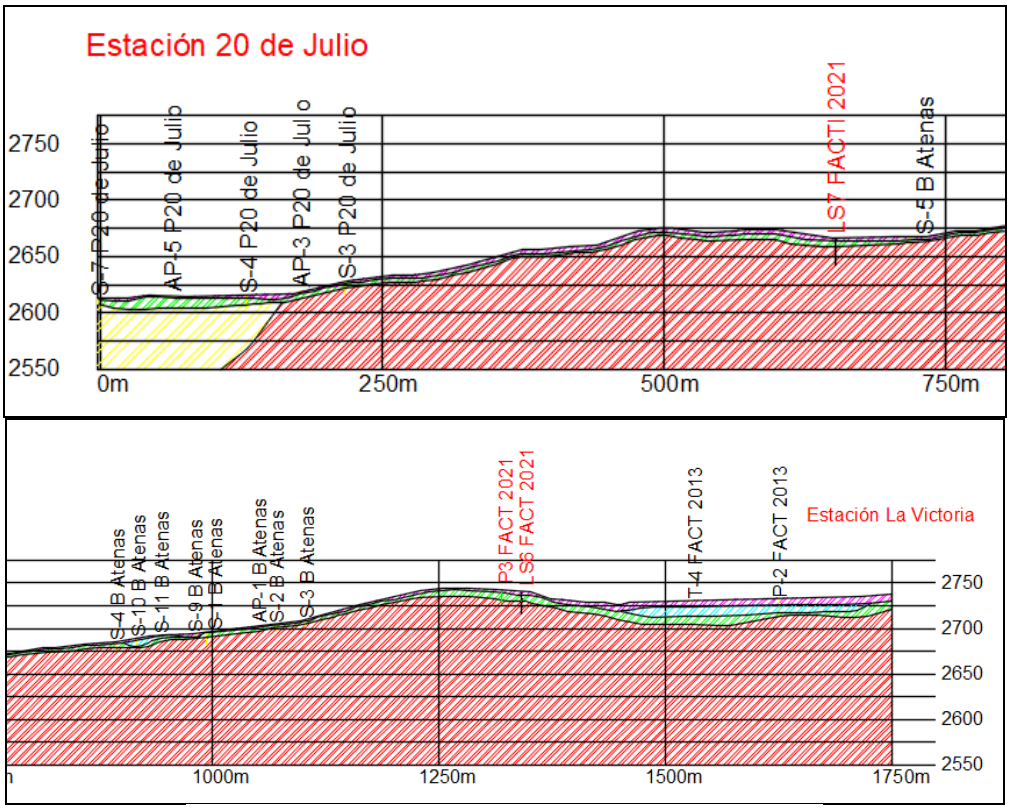


TABLA DE CONVENCIONES

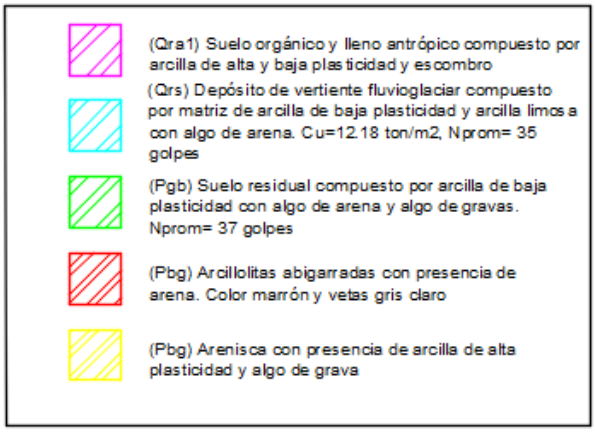


Figura 12-27 *Modelo geológico geotécnico corredor Estación 20 de Julio-Estación la Victoria. (fuente: Elaboración propia)*

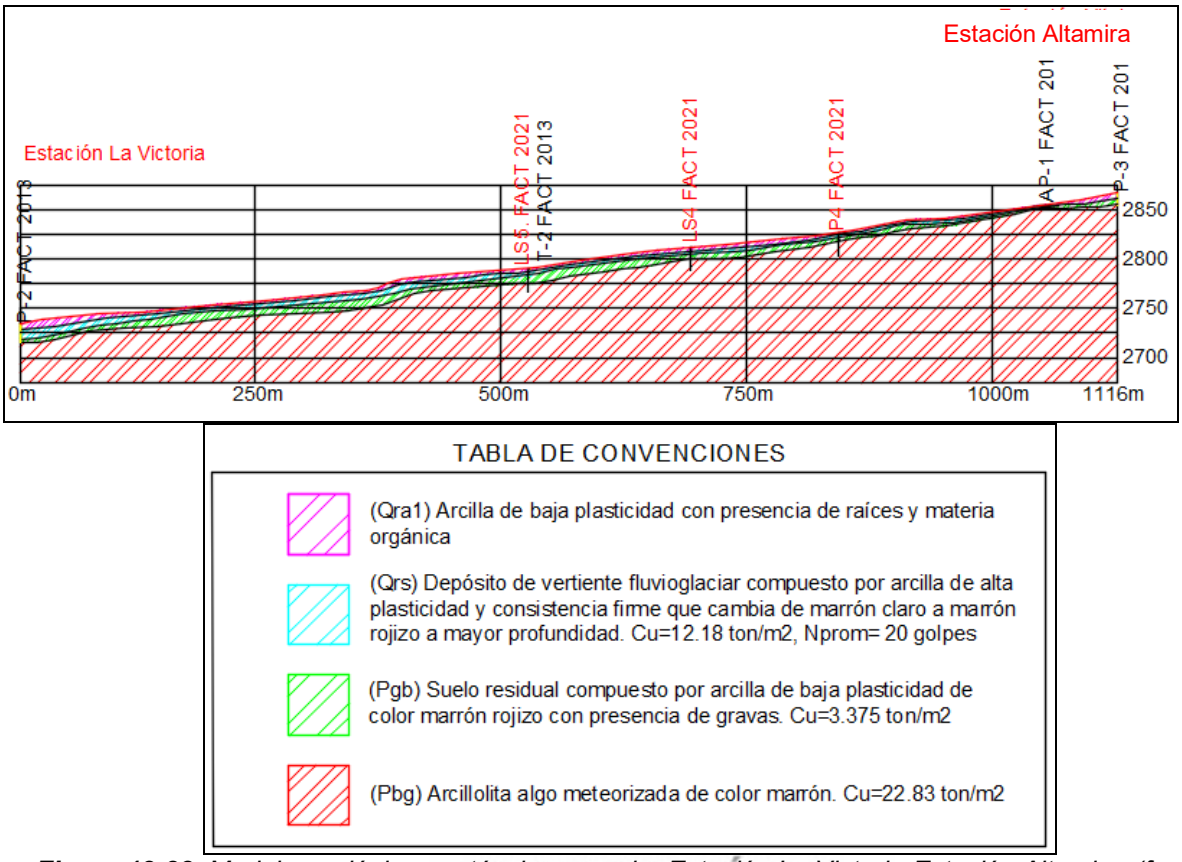


Figura 12-28 *Modelo geológico geotécnico corredor Estación La Victoria-Estación Altamira. (fuente: Elaboración propia)*

BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

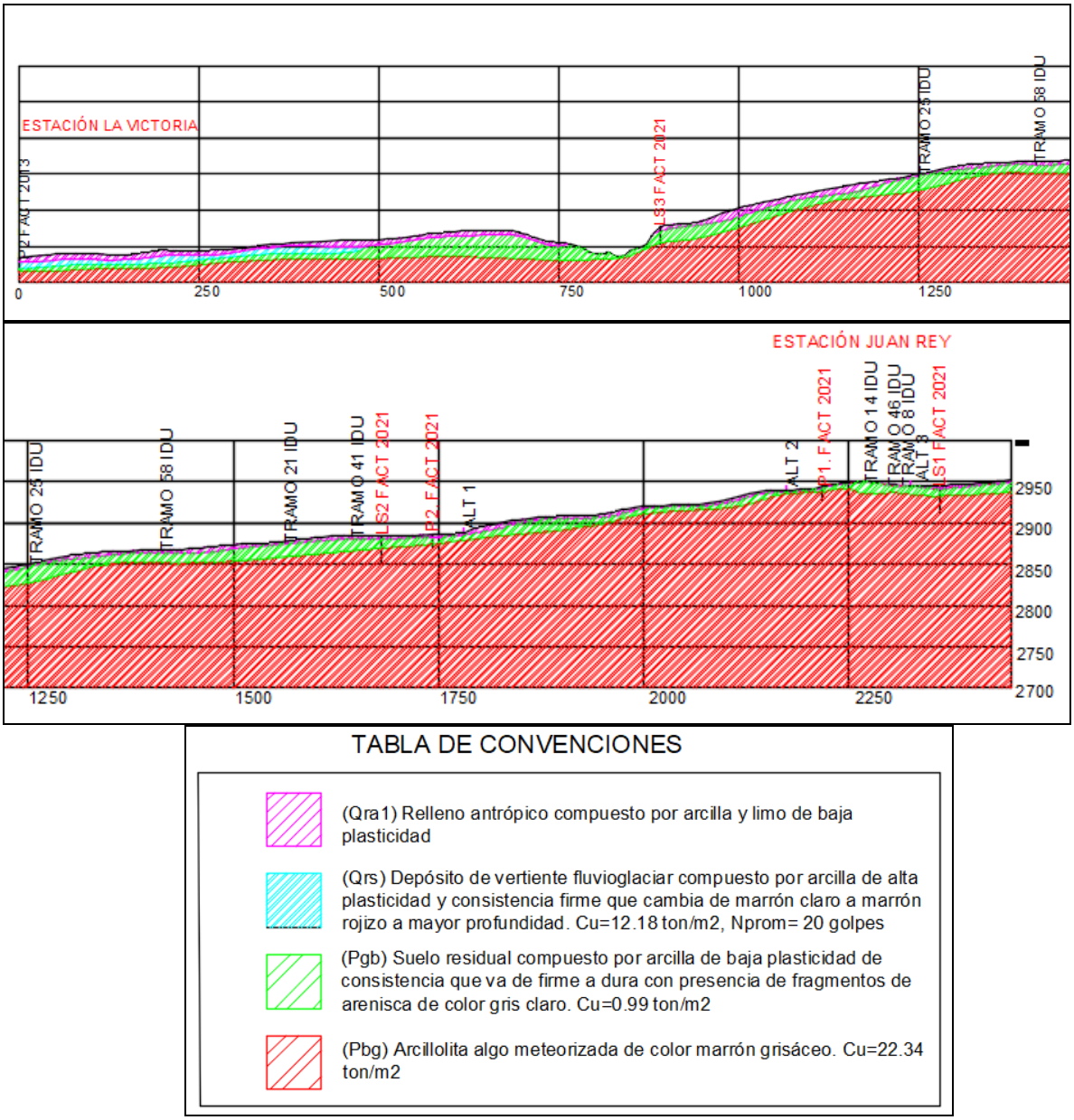


Figura 12-29 *Modelo geológico geotécnico corredor Estación La Victoria-Estación Juan Rey. (fuente: Elaboración propia)*

Se destaca que los modelos geológico-geotécnicos de los corredores se toman como base para la definición del plan de exploración para el estudio detallado de riesgo por remoción en masa de Fase 2 para logar obtener las propiedades geotécnicas representativas de los materiales existentes a lo largo de los corredores de interés. También se toman como referencia para la

asignación de puntajes por perfil de suelos en la revisión de la condición de amenaza por remoción en masa en Fase I para justificar la necesidad de ejecución del estudio de riesgo Fase II.
En las secciones de los modelos geológico-geotécnicos, se incluye la localización de la exploración disponible y ejecutada en la presente etapa de Factibilidad en cada corredor, que fue asignada a cada sección por su aproximación al corredor y su pertinencia topográfica y geológica. Sin embargo, en los perfiles se puede ver que existen tramos de extensión significativa que carecen de información geotécnica que permita dar claridad sobre la distribución de los materiales en profundidad y lateralmente. Por lo anterior el plan de exploración debe estar orientado a densificar la información en los tramos que no la tienen para refinar los modelos y a verificar las características identificadas en las áreas donde se cuenta con mayor densidad de exploración.

12.12 PLAN DE USO PREVISTO

De acuerdo con el alcance del proyecto, el objeto corresponde con los diseños detallados de las obras necesarias para la implementación del sistema de transporte por cable aéreo. Por las características del proyecto se plantea implantación de una estación de transferencia dentro del portal de Transmilenio del 20 de Julio, una estación intermedia a la altura del barrio La Victoria, una estación de retorno en el sector del Barrio Altamira y una estación de retorno en el sector de Juan Rey. La conexión entre estaciones se realiza con cable aéreo apoyado sobre pilonas que pueden tener espaciamientos entre 30 y 120 m ubicados en sitios estratégicos para garantizar la elevación mínima de las cabinas y mínima interferencia con las áreas urbanizadas, se servicios públicos e infraestructura de transporte.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

En el caso de la estación del 20 de julio, queda localizada dentro del portal existente que presenta una cobertura impermeable y corresponde con la unidad de uso de infraestructura de transporte por lo que con la implantación de la estación no se presenta un cambio de uso del sitio.

Con respecto a la estación intermedia de La Victoria, el área se localiza al sur del hospital de La Victoria, en la manzana ubicada entre calles 40 sur y 41 sur y entre carreras 3ª Este y 3c Este, que en la actualidad su cobertura es de vivienda con densidad mayor al 50% en conjunto con vías pavimentadas, el uso actual del área corresponde con una zona urbanizada con tejido urbano continuo mixto que involucra residencial y comercial, además de infraestructura vial. Por efecto de la estación la manzana proyectada para su implantación cambia de uso en su totalidad, pasando a un área de infraestructura vial. Condiciones similares de uso actual y uso previsto tienen las áreas planteadas para la estación de retorno de Altamira y de Juan Rey.

Con respecto a los corredores proyectados para la implantación de los cables aéreos entre estaciones, en general todos los corredores se desarrollan sobre áreas de tejido urbano continuo mixto de tipo residencial, comercial y recreativo, además de áreas de infraestructura vial y de servicios públicos. También se aprecian en los corredores áreas verdes

correspondientes con parques, zonas de manejo y protección ambiental de los drenajes naturales del área del proyecto. Dado que para el soporte de las líneas de cable se requiere de la construcción de pilonas, en los puntos definidos para estos elementos de apoyo se cambia el uso del suelo por infraestructura vial, en un área puntual y a lo largo del corredor de cada cable el uso actual se mantiene y se sobrepone con infraestructura de transporte. En algunos casos las líneas de cable pueden cruzar cerca o pueden interceptarse con otras líneas aéreas como las de energía eléctrica, por lo que dentro del proceso de selección de alternativas y dentro de los diseños detallados es necesario contemplar estos aspectos para implementar las medidas que eviten una interferencia negativa entre el sistema de cable con los demás sistemas.

12.13 REVISIÓN CUALITATIVA DE AMENAZA POR REMOCION EN MASA

La revisión de la amenaza por remoción en masa se hizo por medio del Sistema Semicuantitativo de Estabilidad de Ramírez Modificado por González (SES), para lo cual se dividió la zona de estudio en cuadros de 100x100 m a las cuales se les asignaron valores para variables específicas, de acuerdo con las condiciones del terreno. Finalmente se obtuvo 325 cuadros que se valoraron y mapearon por medio de Sistemas de Información Geográfica (SIG), como se muestra en la Figura 12-30.

ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

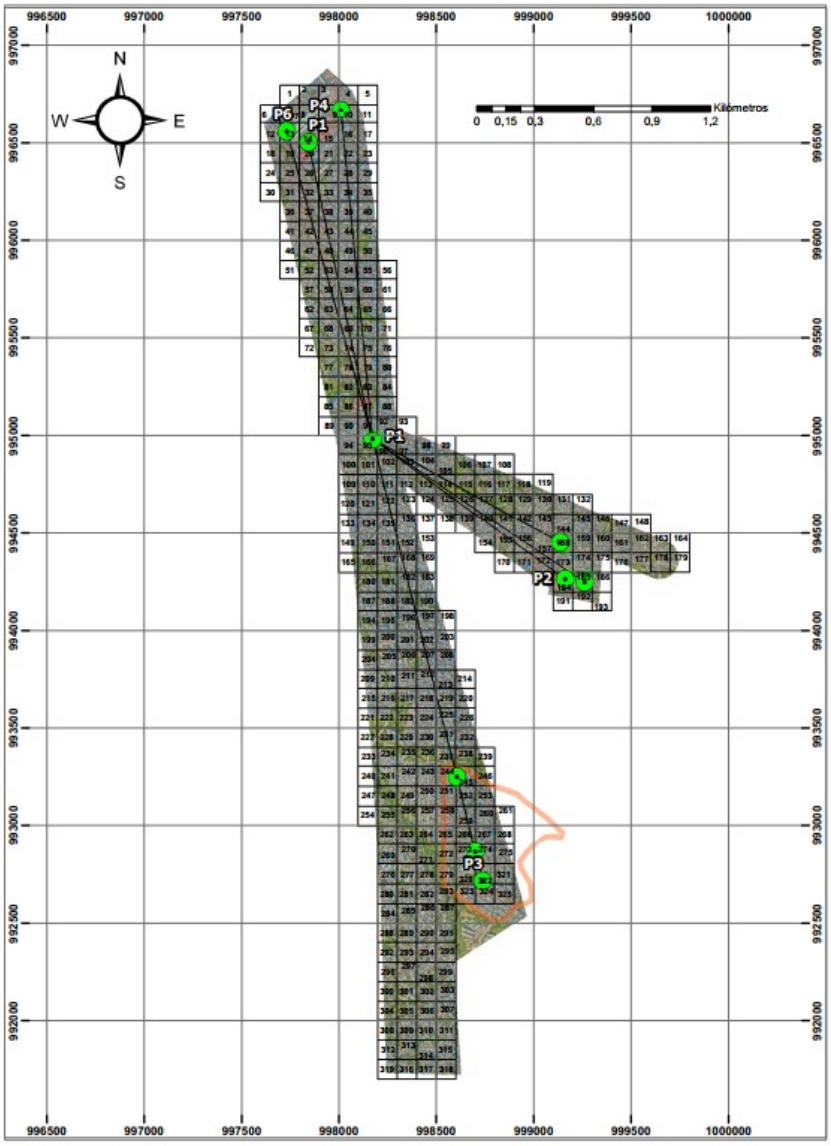


Figura 12-30 *Grilla utilizada en la metodología SES (fuente: Elaboración propia)*

En la metodología SES se suman todos los puntajes y se clasifica el resultado en amenaza alta para los valores menores a 146, en amenaza intermedia para valores entre 146 y 171 y amenaza baja para los valores mayores a 171, esto quiere decir que valores más altos en las variables describen características del terreno que implican una menor amenaza, y viceversa.

A continuación, se describen y numeran las variables a tener en cuenta y los valores asociados para el área de estudio.

12.13.1 MATERIALES

En la metodología SES, el ítem material es el de mayor relevancia e incidencia, teniendo un puntaje máximo de 70. Adicionalmente, se tienen diferentes criterios de clasificación dependiendo de si se trata de un material compuesto principalmente por roca, un material intermedio o un suelo.

En el caso de las rocas se tiene en cuenta el origen de la roca, fábrica, su fracturamiento y por último la orientación de sus discontinuidades que condicionen la estabilidad de los escarpes o de las laderas.

Para los materiales intermedios, se tiene en cuenta en primer lugar si se trata de un suelo residual o transportado, y en el caso de tratarse de un material residual, se tiene en cuenta el origen de la roca presente en el material. Adicionalmente, otro factor a tener en cuenta es la susceptibilidad del material a los procesos de erosión, una mayor erodabilidad implicará una disminución en el puntaje y a su vez un aumento en la valoración de la amenaza.

Finalmente, en el caso de tener suelos, estos se clasifican en granulares o finos, a partir de esta clasificación, se le otorga un valor dependiendo de su compacidad (en el caso de los suelos granulares) o consistencia (en el caso de los suelos finos).

Para el presente estudio el mayor valor obtenido fue de 16 obtenido en el tramo de Juan Rey – La Victoria, puntaje que describe a un suelo residual S3, compuesto en su mayoría por finos, con predominancia de arcillas, de consistencia dura y suelos transportados finos de consistencia firme.

Por otra parte, el menor valor fue de 10, para el tramo del Portal 20 de Julio – La Victoria, que describe a un suelo S3, es decir, depósitos coluviales inestables, compuestos por suelos finos de consistencia media.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

En la Tabla 12-6, se presenta la clasificación de los materiales encontrados en la zona de estudio.

Tabla 12-6. Clasificación de materiales en zona de estudio

	Materiales
S2	Dep. aluviales "Qal" y Terrazas bajas "Qtb"
S3	Dep. Coluviales inestables
I-2	Dep. Coluviales
R3	Roca media a dura
R4l	Roca blanda
R4m	Roca blanda masiva
S4	Suelos inestables

12.13.2 FACTOR ANTRÓPICO

El factor antrópico en la valoración se refiere principalmente, a la influencia que tienen las acciones humanas sobre la aparición de procesos de remoción en masa. Esta influencia puede provocar eventos de remoción en masa con prácticas como procesos de corte y relleno, un determinado manejo de las aguas o la presencia de actividades mineras en la zona, o puede evitar los eventos, por medio de la construcción de obras de estabilización o de sistemas de drenaje.

Las prácticas descritas son tenidas en cuenta en la metodología SES, la cual de un puntaje máximo de 50 a este ítem.

El mayor puntaje obtenido fue de 45, en la zona norte del Portal 20 de Julio, lo cual describe un grupo de intervenciones positivas, u obras de control o protección que reducen la probabilidad de ocurrencia de procesos de remoción en masa.

Los menores puntajes se encontraron en el tramo de La Victoria – Juan Rey, hacia el sur del polígono, que describe intervenciones moderadas, que para este caso son descargas controladas de agua y actividades de corte y relleno.

12.13.3 RELIEVE

La estabilidad del terreno está asociada a la conformación de su relieve, que en la metodología SES tiene en cuenta dos elementos, el valor de su pendiente y el tipo de curvatura, a partir de estos dos elementos se puede obtener un puntaje máximo de 36 unidades.

Para la valoración del relieve se tomó como referencia la información topográfica generada por medio de una ortofoto levantada con Lidar, que generó curvas cada metro. Adicionalmente el mapa de pendientes fue generado en el software ArcGIS, a través de un Modelo Digital de Elevaciones (DEM), presentado en la ***Figura 12-7*** obtenido de datos abiertos en la página Alaska Satellite Facility, por medio del satélite Alos Palsar, que genera un modelo ráster de resolución 12.5x12.5 m. El modelo de pendientes generado se muestra en la Figura 12-9.

La curvatura puede clasificarse en tres tipos ladera convexa, ladera cóncava y valle o sector plano.

En el polígono de estudio se presentan los mayores puntajes sobre la zona del Portal 20 de Julio, en la cual se pueden encontrar aluviones, en zonas tipo valle, con pendientes que van de 0 al 12%, que son las partes menos escarpadas del polígono.

También se encontraron laderas coluviales hacia la zona sur de Juan Rey y en el tramo de La Victoria – Altamira. Zonas con valores de pendiente menores en la ubicación de la estación La Victoria, y que se van incrementando hacia la zona de Juan Rey, que se pueden clasificar como zonas ligeramente escarpadas, alcanzando en ciertos puntos valores de hasta el 50%. Hacia la zona de Altamira, es un poco más inclinado el terreno en comparación con La Victoria,

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Dirección General Idu

alcanzado valores de pendiente de hasta un 25%, que pueden ser descritas como zonas fuertemente inclinadas.

Finalmente, se encontraron zonas de ladera con reptación, típicas de zonas de ladera convexa, presentes en el tramo La Victoria – Juan Rey y La Victoria – Portal 20 de Julio, en donde predominan zonas ligeramente escarpadas y fuertemente inclinadas, con algunas zonas de baja pendiente sobre el área de la estación La Victoria.

Los valores de amenaza variaron de 7, para un área en cercana a la estación Portal 20 de Julio, descrita como Ladera con reptación, y un valor máximo de 23 también para la zona del Portal 20 de Julio en una zona identificada como Aluvial en un área de pendiente a nivel.

12.13.4 DRENAJE

El drenaje se valora de acuerdo con dos factores principales, la pendiente promedio del cauce que puede ser baja (0-5°), media (5-15°) o alta (>15°), y la densidad de drenaje dependiendo del número de metros por hectárea, y se clasifica en alta (>80), media (30-80) o baja (<30). De esta variable se puede obtener un puntaje máximo de 35.

Para el polígono de estudio los valores más altos se presentaron en la zona del Portal 20 de Julio a las que se le dio un valor de 35, que representa un área con un pendiente de cauces media y una densidad alta de drenajes. El resto del polígono tiene un puntaje de 25 en el ítem de drenajes, lo que representa una pendiente baja de cauces y una densidad alta de drenajes.

El valor de 25 dado al resto del polígono se toma de esta forma debido a que las vías se llegan a considerar como drenajes artificiales, que transportan rápidamente el agua de escorrentía hacia los alcantarillados y de allí a los drenajes naturales. Además, la gran cantidad de vías presentes en el área de estudio permite decir que se tiene una alta densidad de estructuras de drenaje.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

12.13.5 USO DEL SUELO Y COBERTURA

La cobertura y uso del suelo es una variable de gran relevancia en las condiciones de estabilidad de ladera, en especial a lo referente a procesos de erosión y a la infiltración del agua.

De acuerdo con la cobertura se pueden identificar áreas con cubierta vegetal, de las cuales se identifican zonas cubiertas por bosque nativo, zonas con rastrojos bajos, pastos y por último cultivos limpios o desmonte, siendo estos últimos los que aumentan las condiciones de amenaza de remoción en masa. El otro tipo de zonas que se identifican son suelos cubiertos por otros usos, los cuales incluyen zonas cubiertas por viviendas con vías pavimentadas y en afirmado.

Para la aplicación de la metodología SES se identificaron las áreas descritas anteriormente a partir de una ortofoto, obteniendo finalmente el mapa que aparece en la Figura 12-10, partiendo de esto se fue valorando cuadro a cuadro.

Los valores variaron de 12 a 20, en donde los menores valores se encontraron en la zona de Juan Rey donde más se encontraron áreas de rastrojos bajos y coberturas impermeables menores al 50%.
En el resto del polígono hubo una predominancia de áreas con coberturas impermeables mayores al 50% y coberturas totalmente impermeables, con excepciones de ciertas zonas con afirmado.

Es necesario resaltar la presencia de rastrojos bajos en la ronda de las quebradas Verjerones, San Camilo y Morales en la zona de Juan Rey y en la quebrada Chiguasa un poco más al norte en el tramo La Victoria – Juan Rey.

12.13.6 CLIMA

Las lluvias son factores detonantes de eventos de remoción en masa, a causa de esto la metodología SES los tiene en cuenta dándoles un puntaje máximo de 40 unidades, que se valora en función del periodo de retorno de la precipitación crítica.

Para el área de interés la precipitación crítica se tomó a partir de la información disponible en las estaciones Delirio, Vitelma, Juan Rey y Santa Lucía y Moralba, cuyos valores de precipitación y periodos de retorno se presentan en la, Tabla 12-5 cuyos valores de periodos de retorno de la precipitación crítica varían entre 16.8 y 39.1 años. Partiendo de esto se le asignó un valor medio de 26.8 años a todo el polígono de estudio, lo cual corresponde a una calificación en la metodología SES de 32.

12.13.7 EROSIÓN

La erosión también es considerada un factor detonante de eventos de remoción en masa, por lo que la metodología SES le otorga un puntaje máximo de 12 dependiendo del tipo de erosión que se encuentre, siendo la más crítica la erosión por procesos de socavación de cauces, a la cual se le da un valor de 3.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

En el polígono de estudio es posible identificar varios cauces de quebradas, de las cuales las quebradas Morales, Verjerones, San Camilo y Chiguasa, en el tramo La Victoria-Juan Rey, presentan riesgo de socavación, mientras que la quebrada Los Toches, se encuentra canalizada por lo que se evita la erosión.

Adicionalmente, no se identificó ningún otro tipo de proceso que pudiera causar erosión en el polígono de estudio.

A las quebradas identificadas como con riesgo de socavación y a las zonas aledañas a estas se les colocó una valoración de 3, mientras a las zonas sin erosión se les aplicó un puntaje de 12 de acuerdo con la metodología SES.

12.13.8 SISMICIDAD

La sismicidad es otro factor detonante de eventos de remoción en masa, y en la metodología SES tiene un puntaje mínimo de 1 en la zona de Juan Rey, mientras el resto del polígono se valoró con un puntaje de 8.

Dichos puntajes fueron aplicados basados en el *Proyecto de actualización componente de gestión del riesgo para la revisión ordinaria y actualización del plan de ordenamiento territorial del 2016*, en el cual también se aplicó la metodología SES, que para la localidad de San Cristóbal en la variable sismos se identificó una predominancia de 9,3 y 5,7, que corresponden a los materiales Cerros y Piedemonte A, identificados en la Figura 12-11.

Los valores de la aceleración pico y la calificación de la metodología SES se presentan en la Tabla 12-7.

Tabla 12-7. Valores de aceleración y calificación de amenaza de acuerdo con el tipo de material (fuente: IDIGER, 2016)

Tipo de Material	Ao (475 años)	Calificación
Cerros	0,18	9,3
Piedemonte A	0,22	5,7
Piedemonte B	0,26	2,0
Piedemonte C	0,24	3,8
Lacustre 50	0,20	7,5
Lacustre 100	0,20	7,5
Lacustre 200	0,18	9,3
Aluvial 50	0,20	7,5
Aluvial 100	0,18	9,3
Depósito de ladera	0,22	5,7

Instituto de Desarrollo Urbano

12.13.9 CALIFICACIÓN DE AMENAZA

Finalmente, se sumaron los puntajes de las 8 variables valoradas por celda en el estudio, consiguiendo 325 valores individuales de amenaza para el polígono de estudio. Dichos valores se clasificaron en amenaza baja (Cal>171), amenaza media (146<Cal<=171) y amenaza alta (Cal<=146).

El mapa obtenido finalmente se muestra en la Figura 12-31. En este mapa se puede observar que los sitios más críticos en cuanto a procesos de remoción en masa se encuentran en la zona de Juan Rey y en el tramo La Victoria – Juan Rey, específicamente en las zonas aledañas a las quebradas Verjerones, San Camilo, Morales y Chiguasa.

El resto del polígono de estudio se clasifica como zonas de amenaza media, a excepción del área norte correspondiente al Portal 20 de Julio, valorado con una clasificación de amenaza baja.

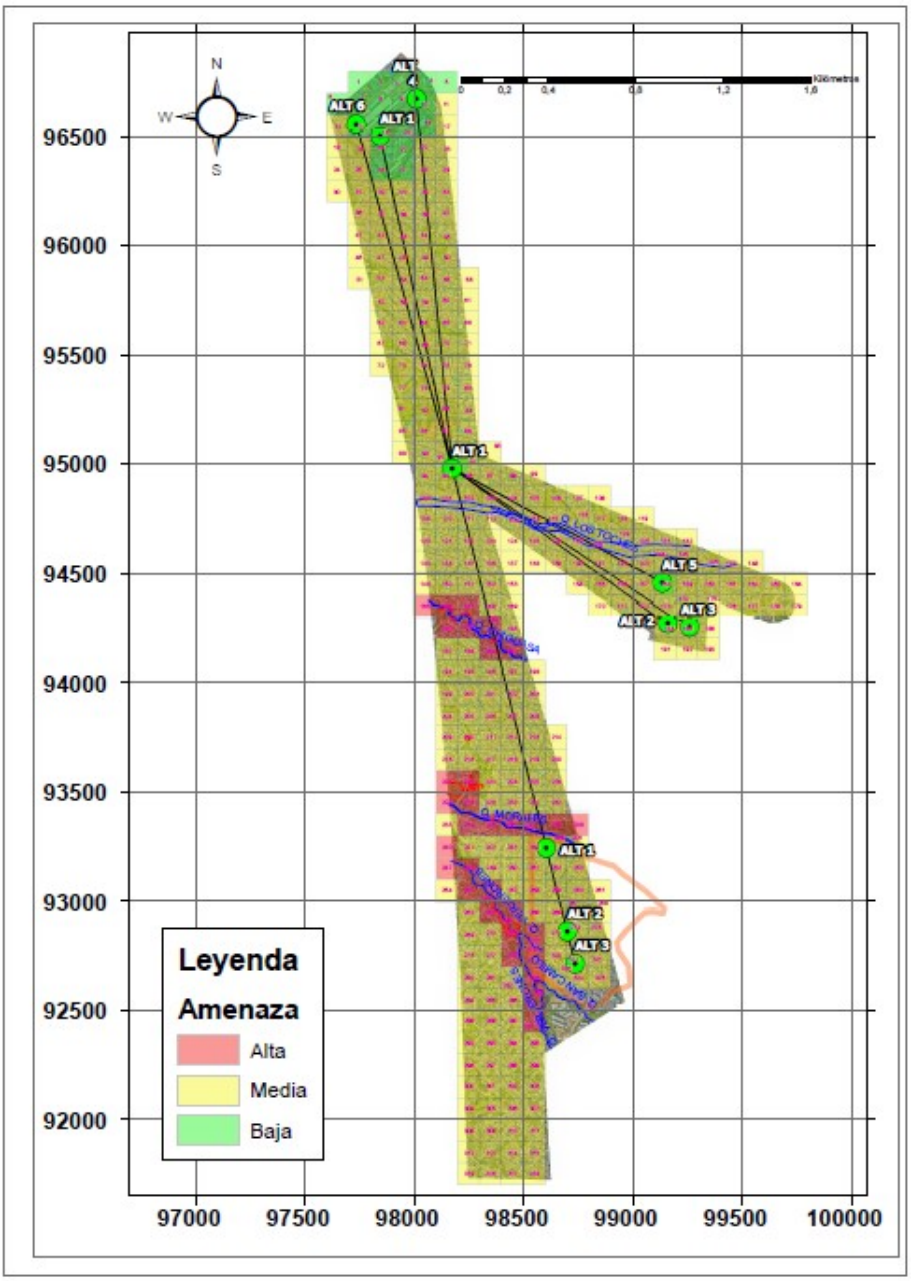


Figura 12-31 *Mapa de amenaza por metodología SES (fuente: Elaboración propia)*

12.14 DELIMITACIÓN DEL ÁRREA DE ESTUDIO PARA FASE II

De acuerdo con el alcance del contrato, el estudio de Fase II se debe llevar a cabo para el corredor del 20 de julio a La Victoria y de la Victoria a Altamira incluidas las estaciones, para la etapa de estudio detallado no se incluye el corredor de La Victoria a Juan Rey.
Para la delimitación del área de estudio se tiene en cuenta la zonificación cualitativa de amenaza realizada, en este caso se tiene que para el área de la estación del 20 de julio el nivel de amenaza es baja, por lo que no se realizará evaluación de fase II para esta estación. Para los demás componentes, el nivel de amenaza resultó entre media y alta, por lo que será necesario realizar el estudio fase II de riesgo de acuerdo con lo especificado en la resolución 227 de 2006 del IDIGER.

Dentro del estudio de gestión de riesgo realizado por el IDIGER a lo largo de los corredores de estudio se encuentran áreas en amenaza baja que en este documento quedan valoradas como amenaza intermedia, sin embargo, las puntuaciones de las celdas dan valores muy cercanos al límite de amenaza baja. La diferencia básicamente se debe a la calificación del material tomado en cada estudio, en el caso del IDIGER la zona del depósito Fluvio glaciar fue adoptado como un depósito duro clasto soportado, en el caso del presente estudio el depósito se tomó como matriz soportada de consistencia firme de acuerdo con las condiciones del depósito encontradas en la información geotécnica disponible para el área del proyecto.

Para delimitar el área de estudio hay que tener en cuenta que para las estaciones proyectadas se deben intervenir áreas definidas que actualmente están intervenidas urbanísticamente con estructuras de uso residencial delimitadas por vías pavimentadas. En el caso del trayecto de cable, la intervención en el suelo no es continúa dado que la operación es aérea, aquí la intervención del suelo es puntual y se limita al área de fundación de las pilonas que para su implantación requieren cortes menores teniendo en cuenta que la cimentación se prevé profunda.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

Por lo anterior en las área de las estaciones se prevén magnitudes de cortes y relleno para la implantación de las estructuras por lo que se puede presentar mayor potencial de inestabilidad y generación de procesos de remoción en masa en estas áreas por lo que el área directa de estudio se limita al área de intervención de la estación propiamente dicha más una franja perimetral de 30 m en la se podrían desarrollar afectaciones aledañas por las obras proyectadas, especialmente durante el proceso de construcción. A largo plazo se prevé una mejora de la condición de estabilidad del área, por la presencia de la fundación de la estación que por su importancia y condiciones del suelo se proyecta profunda.

Para las líneas del cable aéreo, el área se limita a los puntos de intervención de las pilonas que presentan un área reducida, con separación variable entre 30 y 120 m. bajo esta consideración no es aplicable tomar el área de influencia como la longitud total del corredor con un ancho determinado, pues en algunos casos podrían resultar tramos de riesgo medio o alto que requieran obras de mitigación sobre los cuales no se construyan obras especificas del proyecto sino que solamente cruza el cable aéreo que sería indiferente a la condición de riesgo en superficie. Por lo anterior se considera que la delimitación del área de estudio para el caso de los corredores del cable se debe orientar al área de influencia directa de cada pilona más un

área indirecta que puede tener una magnitud 30 m hacia arriba y hacia abajo de la pilona (En el sentido de máxima pendiente) y de 15 m al lado y lado de la pilona (siguiendo las líneas de nivel), por las condiciones topográficas del área y la dirección de los corredores es posible que en algunos tramos, las áreas de influencia indirecta entre pilones se intercepten generando un área de análisis mayor.

Es necesario denotar que para el caso de los análisis de amenaza por remoción en masa Fase II las secciones de análisis seguirán las líneas de máxima pendiente topográficas en cada punto de interés, por lo que las secciones no seguirán necesariamente el alineamiento del corredor, por tal razón para cada pilona se tendrá su área de influencia y su modelo de análisis crítico. En la Figura 12-32 se muestra la representación de las áreas de influencia.

ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

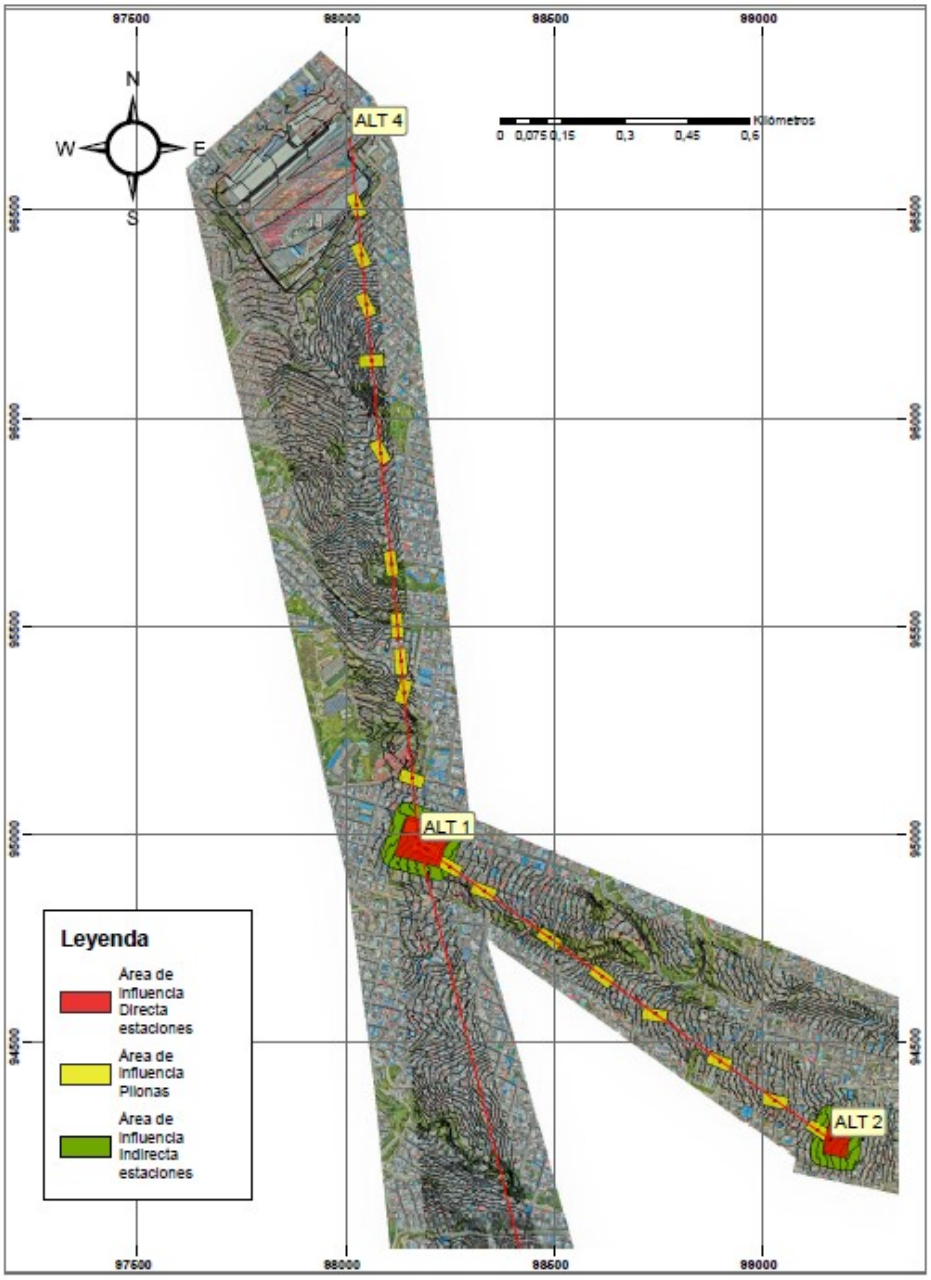


Figura 12-32 *Delimitación del área de estudio para evaluación de riesgo Fase II (fuente: Elaboración propia)*

12.15 PLAN DE EXPLORACION ESTUDIO DE RIESGO FASE II

Dadas las características del proyecto, la localización de la información disponible y el plan de exploración para la fase de los estudios detallados, se considera que la información existente junto con la información que se obtiene en el estudio detallado de suelos para cimentaciones y taludes que se requiere para la etapa de diseños detallados, es suficiente para la caracterización geotécnica y para la elaboración de los modelos geológico - geotécnicos de las diferentes partes del proyecto. Adicionalmente se prevé que con la exploración planteada y existente se da cumplimiento al requerimiento mínimo de exploración solicitado en la resolución 227 de 2006 del IDIGER. En el Documento del plan de exploración para estudio detallados se incluye la localización y geo-referenciación de la exploración prevista. Básicamente el plan de exploración consiste en la ejecución de un sondeo con profundidad mínima de 15 m o hasta penetrar 3 m en el lecho rocoso en el área de influencia directa de cada pilona del corredor seleccionado y en cada una de las estaciones se proyecta la ejecución de 4 sondeos de profundidad mínima de 15 m o hasta penetrar 3 m en el lecho rocoso. Además de sondeos se prevé la ejecución de líneas de refracción sísmica con análisis MASW que permitirá complementar la información a mayor profundidad.

Para la complementación de los modelos geológicos - geotécnicos de cada sitio se utilizará además la información geotécnica existente obtenida en el presente estudio de factibilidad, en estudios previos y en los estudios de riesgo por remoción en masa disponibles a lo largo del área de influencia directa del proyecto, o que involucran perfiles geológico-geotécnicos similares.

12.16 DEFINICIÓN DE CRITERIOS PARA LA SELECIÓN DE ALTERANTIVAS POR EFECTO DE PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA

De acuerdo con los resultados de la evaluación de amenaza por remoción en masa, se encontró que en el caso de las alternativas de las estaciones para 20 de Julio, Altamira y Juan Rey, todas se encentran sobre un área de igual amenaza. De la misma manera los corredores de las alternativas del cable aéreo siguen alineamientos que en general presentan las mismas condiciones de amenaza. Por lo anterior se considera que el efecto de amenaza por procesos de remoción en masa para la selección de alternativas es indiferente y presentaría la misma valoración, en cualquier caso. Adicionalmente por las condiciones de amenaza existentes en el área del proyecto, para cualquiera de la las alternativas seleccionadas es necesario realizar el estudio de riesgo FASE II de remoción en masa y solo hasta que en ese estudio se pueda determinar con certeza el nivel de amenaza de cada punto de evaluación y la correspondiente necesidad de implementar obras de estabilidad para mitigación del riesgo. De todos modos, por las condiciones geológicas, geomorfológicas y geotécnicas y las condiciones generales de estabilidad identificadas a lo largo de los diferentes corredores se considera que el comportamiento general del área es bastante homogéneo desde el punto de vista de remoción en masa.

12.17 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESTUDIO FASE II

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente estudio de Fase I se pueden establecer las siguientes conclusiones y recomendaciones que deben ser tenidas en el estudio detallado

de Riesgo Fase II para el corredor seleccionado para el sistema de cable Aéreo de San Cristóbal.

1. Desde el punto de vista geológico-geotécnico el área de estudio en general se compone por un nivel de relleno antrópico de composición heterogénea que varía desde residuos de construcción con arcillas gravas y arenas dispuesto de manera inadecuada hasta rellenos estructurales dispuestos para reconformación del terreno en zonas de ejecución de obras como vías, obras hidráulicas, estructuras de contención, compuestos por materiales granulares instalados técnicamente. Subyaciendo se encuentra en unas áreas el depósito Fluvioglaciar predominantemente matriz soportado con arcillas y limos de baja plasticidad de consistencia firme localmente incrementa el contenido de bloques y en otras áreas se encuentran niveles de suelo residual de la formación Bogotá compuesto principalmente por arcillas de plasticidad media a alta de consistencia media a firme, los espesores del depósito y los suelos residuales varían desde unos 3 m hasta los 10 m. subyaciendo los niveles de depósitos y suelo residual se encuentra el lecho muy meteorizado de la arcillolita de la formación Bogotá, mostrando en algunos sitios roca completamente meteorizada (saprolito) y en otras áreas roca medianamente meteorizada.

2. En cuanto al uso y cobertura del suelo, el área corresponde con terreno artificializado con cobertura de vías pavimentadas y edificaciones con más del 50% de cobertura en gran parte del área de estudio, se encuentra algunas zonas verdes aisladas correspondientes con parques y área de protección ambiental de las quebradas, algunas vías locales no pavimentadas y hacia el sector de Juan Rey existen áreas de vivienda con cobertura menor al 50%. Lo anterior ha modificado completamente la condición del drenaje del área debido a la impermeabilización superficial del suelo, construcción de obras de drenaje pluvial que generan una velocidad de escurrimiento mucho mayor que en áreas no urbanizadas y tiempos de concentración mucho menores lo que implica un incremento sustancial de la densidad de drenaje.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

3. En cuanto a las condiciones de estabilidad se destaca que a lo largo de los corredores no se identificaron procesos de remoción en masa activos dentro del área de influencia directa de las áreas proyectadas para las estaciones y tampoco se identificaron procesos en las áreas de implantación de las pilonas proyectadas para las pilonas de diferentes alternativas de corredores. Hacia las márgenes de las quebradas Verjerones, Morales y Chiguasa se pudo identificar algunos procesos de inestabilidad localizados debido principalmente a procesos de socavación de las quebradas y la condición geotécnica desfavorable de los depósitos marginales. Sin embargo, estos procesos no se prevé que afecten la estructura del cable, por la condición aérea de este, que se aíslan completamente de los procesos, además porque la localización de las pilonas queda por fuera de tales áreas de inestabilidad. Otros procesos de remoción de mayor importancia identificados en el trabajo de campo quedan por fuera de los corredores de

interés para las alternativas del cable, por lo que no es necesario detallarlos dentro del alcance del estudio detallado.

4. Dentro del análisis de amenaza para verificar las condiciones de amenaza pro remoción en masa definida en estudios previos, se encuentro que el sector el portal del 20 de Julio presenta un nivel de Amenaza Baja y mantiene la condición de amenaza definida por el IDIGER, para los corredores de los cables aéreos y las áreas de las estaciones de La Victoria, Altamira y Juan Rey, el cálculo dio amenaza media en general incrementado en algunas áreas el nivel con respecto al resultado del IDIGER, este cambio se presenta principalmente debido a diferencias en la puntuación considerada para los materiales, que en el caso del IDIGER los define con mejor comportamiento que el definido en este estudio. Hacia las áreas de manejo y preservación ambiental de las quebradas el nivel de amenaza resultó alto y concuerda con las evaluaciones del IDIGER, especialmente por las evidencias locales de remoción en masa, los procesos de socavación y la disposición inadecuada de rellenos antrópicos.

5. Por los resultados obtenidos se tienen que la selección de las alternativas de los corredores y de las áreas de las estaciones es indiferente de la condición de amenaza por remoción pues en general todas las alternativas se encuentran sobre áreas de amenaza similar por lo que para cualquier alternativa la puntuación es igual.

6. Dada la condición del proyecto se recomienda que la fase II de evaluación de riesgo por remoción en masa se realice para la áreas de influencia directa de la Estación La Victoria y la estación Altamira considerando como área de influencia indirecta una franja de 30 m en toda la periferia del área directa, pues la topografía de las áreas es ondulada y no se esperan cortes mayores a los 8 m de altura, por lo que los posibles efectos circundantes no sobrepasan el ancho de la franja recomendada. Para el caso de los corredores del cable aéreo se considera que es apropiado realizar la evaluación de riesgo por remoción en masa para las áreas de influencia directa de las pilonas más un área de influencia indirecta que debe tener 30 m hacia arriba y hacia abajo siguiendo la línea de mayor pendiente y un ancho de 15 m a cada lado de la pilona siguiendo las líneas de nivel , es decir que, se recomienda para la pilonas un área aproximada de 60 m * 30 m con el lado mayor siguiendo la máxima pendiente del terreno.

7. De acuerdo con el plan de exploración para los diseños de cimentaciones y taludes del proyecto para el corredor y estaciones seleccionadas, y según los requerimientos mínimos del IDIGER se considera que la exploración planteada es suficiente para la ejecución del estudio de riesgos por remoción en masa, de todos modos es importante que dentro de la ejecución de ensayos se realicen los correspondientes para el proceso de caracterización de suelo para la ejecución de los análisis de estabilidad para la evaluación de amenaza por remoción.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

8. Dadas las características del proyecto se recomienda que en las áreas de las pilonas se detalle toda la información temática para el estudio fase II de manera especial dentro del área de influencia indirecta con el fin de obtener los modelos geológicos geotécnicos lo más representativos posible para la evaluación apropiada de amenaza. Es importante que para cada pilona se tome una sección topográfica detallada siguiendo la línea de mayor pendiente, pasando por el eje de la pilona y que se extienda al menos 30 m hacia arriba y 30 m hacia debajo de la pilona, en todo caso la extensión mínima se definirá por los especialistas en geotecnia y riesgos con el fin de obtener las secciones que permitan realizar los análisis adecuados de estabilidad para la evaluación de amenaza.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

13 MODELACIÓN DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO

A partir de los parámetros y modelos geológicos geotécnicos definidos anteriormente, se calcularon las capacidades portantes, asentamientos y módulos de reacción horizontal y vertical para las cimentaciones de las estaciones y las pilonas. Los resultados obtenidos se describen a continuación:

13.1 Cimentaciones estaciones

Se plantearon 3 alternativas de cimentación para las estaciones:

- La alternativa de cimentación 1 consiste en zapatas con niveles de desplante entre 2.0 m y 3.0 m y con anchos entre 1.0 m y 7.0 m y relaciones B/L variando entre 1.0 hasta 0.1, cuyas dimensiones deben ser seleccionadas dependiendo de las cargas por apoyo. Se limita la capacidad portante admisible a máximo 250.0 kPa o hasta obtener un asentamiento máximo de 2.50 cm.

- La alternativa de cimentación 2 corresponde a pilotes pre-excavados y fundidos en sitio de diámetros variables entre 0.4 m y 0.6 m trabajando por fricción y punta y con profundidades de cimentación que garanticen un empotramiento mínimo en el estrato más rígido o roca de 3 diámetros. La separación mínima entre ejes deberá ser de 3.0 D y se tendrá una eficiencia de 0.80. Se consideró que la base del dado de los pilotes quede a 1.50 m de profundidad con respecto al nivel actual del terreno. Para la construcción será necesario emplear piloteadora. Se limitan las capacidades portantes a un asentamiento máximo de 2.50 cm

- La alternativa de cimentación 3 consiste en caissons de 1.2 m o 1.5 m trabajando por fricción y punta y con profundidades de cimentación que garanticen un empotramiento mínimo en el estrato más rígido o roca de 3 diámetros. La separación mínima entre ejes deberá ser de 3.0 D y se tendrá una eficiencia de 0.80. Se consideró que la base del dado de los pilotes quede a 1.50 m de profundidad con respecto al nivel actual del terreno. El método constructivo puede ser de forma manual. Se limitan las capacidades portantes a un asentamiento máximo de 2.50 cm

Se ignora en todos los casos para el cálculo de la capacidad portante las capas asociadas a relleno. Para el caso de las alternativas en el Portal 20 de Julio se consideró que, producto de los trabajos durante construcción, gran parte de estos materiales fueron extraídos y reemplazados, motivo por el cual son despreciados. Una vez se realice la exploración para diseños definitivos, se tendrá certeza de los nuevos niveles, características y espesores de relleno en esta zona y serán tenidos en cuenta en estas modelaciones.

En todos los casos, se calcularon asentamientos elásticos. Los asentamientos por consolidación serán tenidos en cuenta en la fase de diseños definitivos una vez se cuente con mayor información geotécnica y cargas de trabajo reales.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. Instituto de Desarrollo Urbano

Los ábacos de capacidad portante y coeficientes Kv y Kh según aplique para cada una de las alternativas son las siguientes:

13.1.1 Portal 20 de Julio

13.1.1.1 Alternativa 6 de implantación de estación

Zapatas

Para esta alternativa se prevé un nivel de cimentación de 2.0 m con respecto al nivel actual del terreno. El ábaco de capacidad portante admisible se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 13-1. Capacidad portante admisible zapatas P. 20 de Julio. para asentamiento de 2.5 cm

B(m) / B/L	Capacidad portante admisible (kN/m2)				
	1	0.75	0.5	0.25	0.1
1.0	100.8	97.2	93.6	90.1	87.9
1.5	96.4	93.0	89.6	86.2	84.2
2.0	98.2	94.7	91.2	87.8	85.7
2.5	93.3	90.0	86.8	83.5	81.5
3.0	90.1	86.9	83.8	80.7	74.0
4.0	86.0	83.0	80.1	74.0	55.0
5.0	83.6	80.7	77.0	59.0	44.0
6.0	82.0	78.0	64.0	49.0	37.0
7.0	76.0	67.0	55.0	42.0	31.0

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

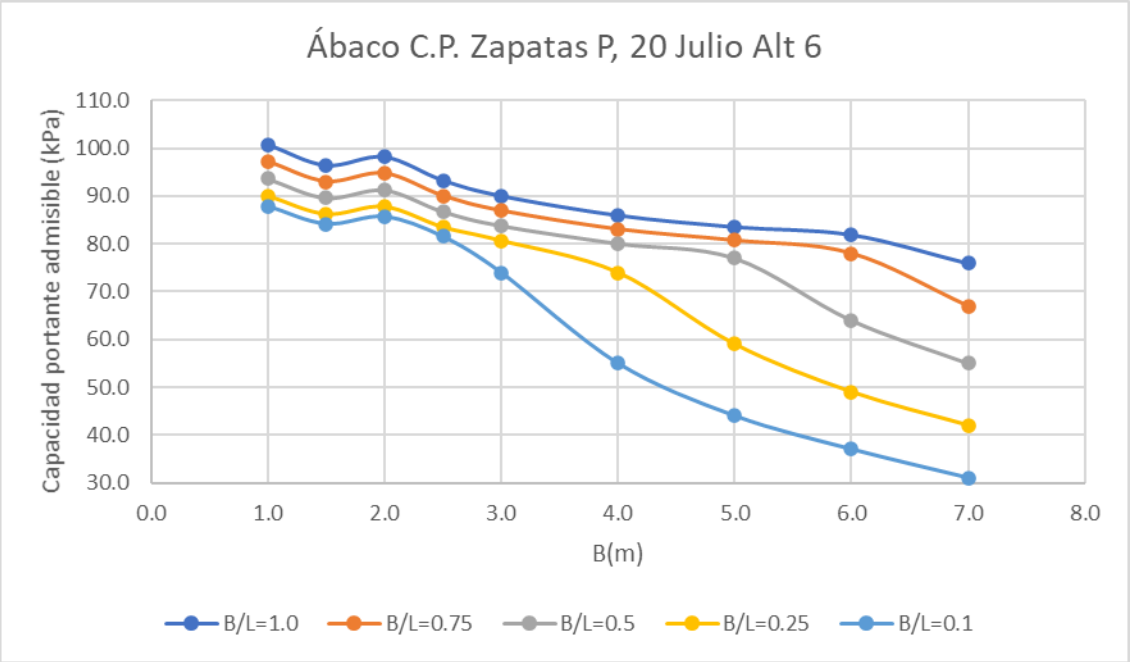


Figura 13-1. *Ábaco de capacidad portante para zapatas. Portal 20 de Julio Alternativa 6 para asentamiento de 2.5 cm*

Los asentamientos elásticos obtenidos, así como el módulo de reacción vertical para las zapatas de esta alternativa se presentan en la siguiente tabla, en donde se obtienen asentamientos máximos de 2.5 cm.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

Tabla 13-2. Asentamientos y módulo de reacción vertical para Zapatas. Portal 20 de Julio Alternativa 6 para asentamiento de 2.5 cm

Asentamiento										
B (m)	L/B	B/L	L(m)	Qadm (kN/m²)	Es (kN/m²)	v	a	ar	Se (cm)	Kv (kN/m3)
1.00	1.00	1.00	1.00	100.77	14850.00	0.45	1.1222	0.875	0.474	21280.8
1.50	1.00	1.00	1.50	96.40	14850.00	0.45	1.1222	0.875	0.679	14187.2
2.00	1.00	1.00	2.00	98.17	14850.00	0.45	1.1222	0.875	0.923	10640.4
2.50	1.00	1.00	2.50	93.30	14850.00	0.45	1.1222	0.875	1.096	8512.32
3.00	1.00	1.00	3.00	90.06	14850.00	0.45	1.1222	0.875	1.27	7093.6
4.00	1.00	1.00	4.00	86.01	14850.00	0.45	1.1222	0.875	1.617	5320.2
5.00	1.00	1.00	5.00	83.58	14850.00	0.45	1.1222	0.875	1.964	4256.16
6.00	1.00	1.00	6.00	81.96	14850.00	0.45	1.1222	0.875	2.311	3546.8
7.00	1.00	1.00	7.00	76.00	14850.00	0.45	1.1222	0.875	2.5	3040.11
1.00	1.33	0.75	1.33	97.20	14850.00	0.45	1.28776	1	0.522	18620.7
1.50	1.33	0.75	2.00	93.01	14850.00	0.45	1.28776	1	0.749	12413.8
2.00	1.33	0.75	2.67	94.70	14850.00	0.45	1.28776	1	1.017	9310.34
2.50	1.33	0.75	3.33	90.04	14850.00	0.45	1.28776	1	1.209	7448.28
3.00	1.33	0.75	4.00	86.93	14850.00	0.45	1.28776	1	1.4	6206.9
4.00	1.33	0.75	5.33	83.04	14850.00	0.45	1.28776	1	1.784	4655.17
5.00	1.33	0.75	6.67	80.71	14850.00	0.45	1.28776	1	2.167	3724.14
6.00	1.33	0.75	8.00	78.00	14850.00	0.45	1.28776	1	2.513	3103.45
7.00	1.33	0.75	9.33	67.00	14850.00	0.45	1.28776	1	2.519	2660.1
1.00	2.00	0.50	2.00	93.63	14850.00	0.45	1.53174	1.21	0.608	15389
1.50	2.00	0.50	3.00	89.61	14850.00	0.45	1.53174	1.21	0.873	10259.3
2.00	2.00	0.50	4.00	91.24	14850.00	0.45	1.53174	1.21	1.186	7694.5
2.50	2.00	0.50	5.00	86.77	14850.00	0.45	1.53174	1.21	1.41	6155.6
3.00	2.00	0.50	6.00	83.79	14850.00	0.45	1.53174	1.21	1.633	5129.67
4.00	2.00	0.50	8.00	80.07	14850.00	0.45	1.53174	1.21	2.081	3847.25
5.00	2.00	0.50	10.00	77.00	14850.00	0.45	1.53174	1.21	2.502	3077.8
6.00	2.00	0.50	12.00	64.00	14850.00	0.45	1.53174	1.21	2.495	2564.83
7.00	2.00	0.50	14.00	55.00	14850.00	0.45	1.53174	1.21	2.502	2198.43
1.00	4.00	0.25	4.00	90.06	14850.00	0.45	1.9637	1.583	0.766	11762.9
1.50	4.00	0.25	6.00	86.22	14850.00	0.45	1.9637	1.583	1.099	7841.94
2.00	4.00	0.25	8.00	87.77	14850.00	0.45	1.9637	1.583	1.492	5881.46
2.50	4.00	0.25	10.00	83.50	14850.00	0.45	1.9637	1.583	1.775	4705.16
3.00	4.00	0.25	12.00	80.66	14850.00	0.45	1.9637	1.583	2.057	3920.97
4.00	4.00	0.25	16.00	74.00	14850.00	0.45	1.9637	1.583	2.516	2940.73
5.00	4.00	0.25	20.00	59.00	14850.00	0.45	1.9637	1.583	2.508	2352.58
6.00	4.00	0.25	24.00	49.00	14850.00	0.45	1.9637	1.583	2.499	1960.49
7.00	4.00	0.25	28.00	42.00	14850.00	0.45	1.9637	1.583	2.499	1680.42
1.00	10.00	0.10	10.00	87.92	14850.00	0.45	2.54429	2.1	0.992	8867
1.50	10.00	0.10	15.00	84.18	14850.00	0.45	2.54429	2.1	1.424	5911.33
2.00	10.00	0.10	20.00	85.69	14850.00	0.45	2.54429	2.1	1.933	4433.5
2.50	10.00	0.10	25.00	81.54	14850.00	0.45	2.54429	2.1	2.299	3546.8
3.00	10.00	0.10	30.00	74.00	14850.00	0.45	2.54429	2.1	2.504	2955.67
4.00	10.00	0.10	40.00	55.00	14850.00	0.45	2.54429	2.1	2.481	2216.75
5.00	10.00	0.10	50.00	44.00	14850.00	0.45	2.54429	2.1	2.481	1773.4
6.00	10.00	0.10	60.00	37.00	14850.00	0.45	2.54429	2.1	2.504	1477.83
7.00	10.00	0.10	70.00	31.00	14850.00	0.45	2.54429	2.1	2.447	1266.71

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.

Pilotes

Para esta alternativa se prevé un nivel de desplante de los pilotes de 1.50 m. Los valores de capacidad portante del pilote individual para diferentes diámetros y profundidades se presentan a continuación:

Tabla 13-3. Capacidad portante pilotes Portal 20 de Julio Alternativa 6.

Profundidad (m)	Qadm estático(kPa)			Qadm dinámico(kPa)		
	0.4	0.5	0.6	0.4	0.5	0.6
1.00	28.3	38.9	50.9	50.4	70.1	92.5
2.00	45.5	60.4	76.6	78.5	105.1	134.5
3.00	62.6	81.8	102.3	106.6	140.2	176.6
4.00	79.8	103.2	128.1	134.6	175.3	218.7
5.00	139.2	188.1	242.7	244.2	333.6	434.2
6.00	164.6	219.9	280.8	285.8	385.5	496.5
7.00	269.9	371.5	486.8	481.3	670.0	886.0
8.00	311.0	423.0	548.6	548.7	754.2	987.1
9.00	352.2	474.5	610.3	616.1	838.5	1088.2
10.00	393.4	525.9	672.1	683.5	922.7	1189.3
11.00	434.6	577.4	733.9	750.9	1007.0	1290.4
12.00	475.8	628.9	795.7	818.3	1091.2	1391.5
13.00	517.0	680.4	857.5	885.7	1175.5	1492.6
14.00	558.2	731.9	919.2	953.1	1259.7	1593.7
15.00	599.4	783.4	981.0	1020.5	1344.0	1694.8
16.00	640.5	834.8	1042.8	1087.9	1428.2	1795.9
17.00	681.7	886.3	1104.6	1155.3	1512.5	1897.0
18.00	722.9	937.8	1166.4	1222.7	1596.7	1998.1
19.00	764.1	989.3	1228.2	1290.1	1681.0	2099.2
20.00	805.3	1040.8	1289.9	1357.5	1765.2	2200.2

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

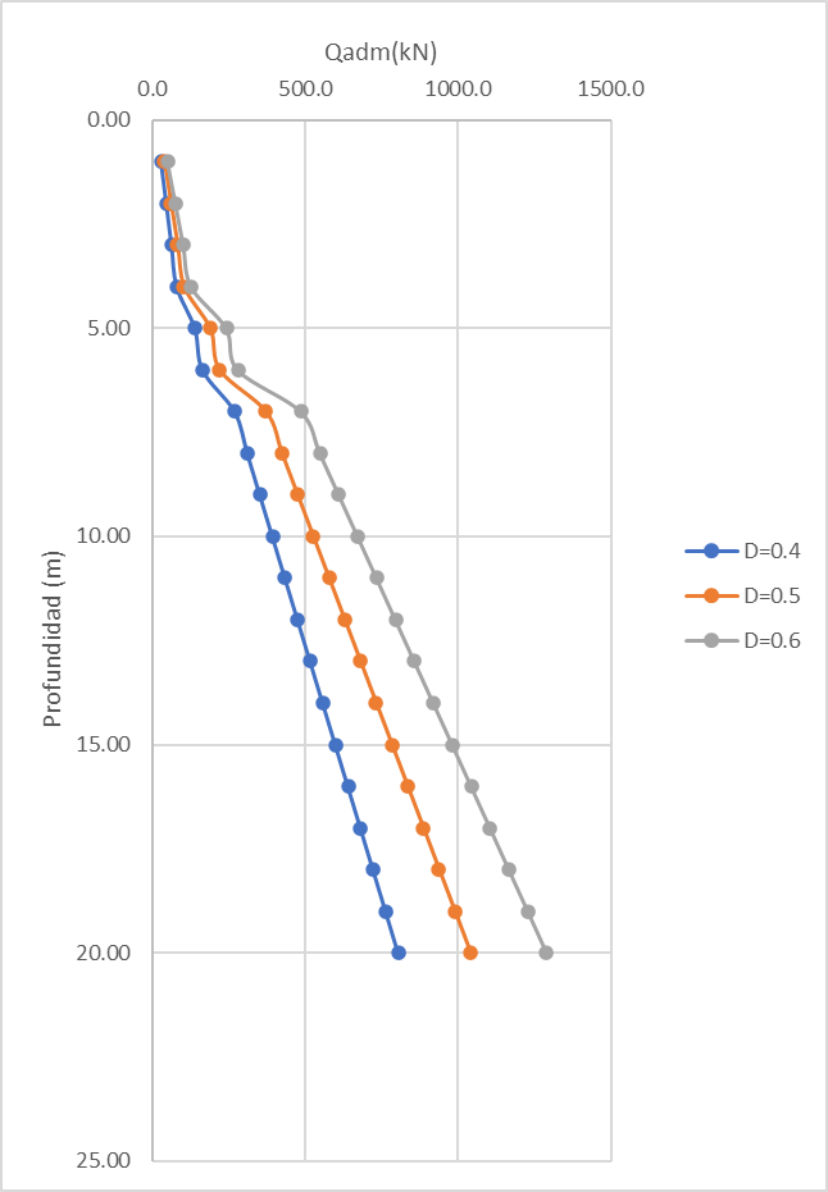


Figura 13-2. *Ábaco de capacidad portante pilotes Portal 20 de Julio Alternativa 6*

De acuerdo con lo anterior, para esta alternativa de cimentación se recomienda una longitud mínima de pilotes de 12.0 m para garantizar una adecuada capacidad portante y una correcta transmisión de cargas a estratos competentes.

Los módulos de reacción horizontal para cada diámetro y profundidad analizada se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 13-4. Módulos de reacción horizontal pilotes Portal 20 de Julio Alternativa 6

Profundidad (m)	Kh(kN/m3)		
	0.4	0.5	0.6
1.00	46551.7	37241.4	31034.5
2.00	46551.7	37241.4	31034.5
3.00	46551.7	37241.4	31034.5
4.00	46551.7	37241.4	31034.5
5.00	188087.8	150470.2	125391.8
6.00	188087.8	150470.2	125391.8
7.00	454545.5	363636.4	303030.3
8.00	454545.5	363636.4	303030.3
9.00	454545.5	363636.4	303030.3
10.00	454545.5	363636.4	303030.3
11.00	454545.5	363636.4	303030.3
12.00	454545.5	363636.4	303030.3
13.00	454545.5	363636.4	303030.3
14.00	454545.5	363636.4	303030.3
15.00	454545.5	363636.4	303030.3
16.00	454545.5	363636.4	303030.3
17.00	454545.5	363636.4	303030.3
18.00	454545.5	363636.4	303030.3
19.00	454545.5	363636.4	303030.3
20.00	454545.5	363636.4	303030.3

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

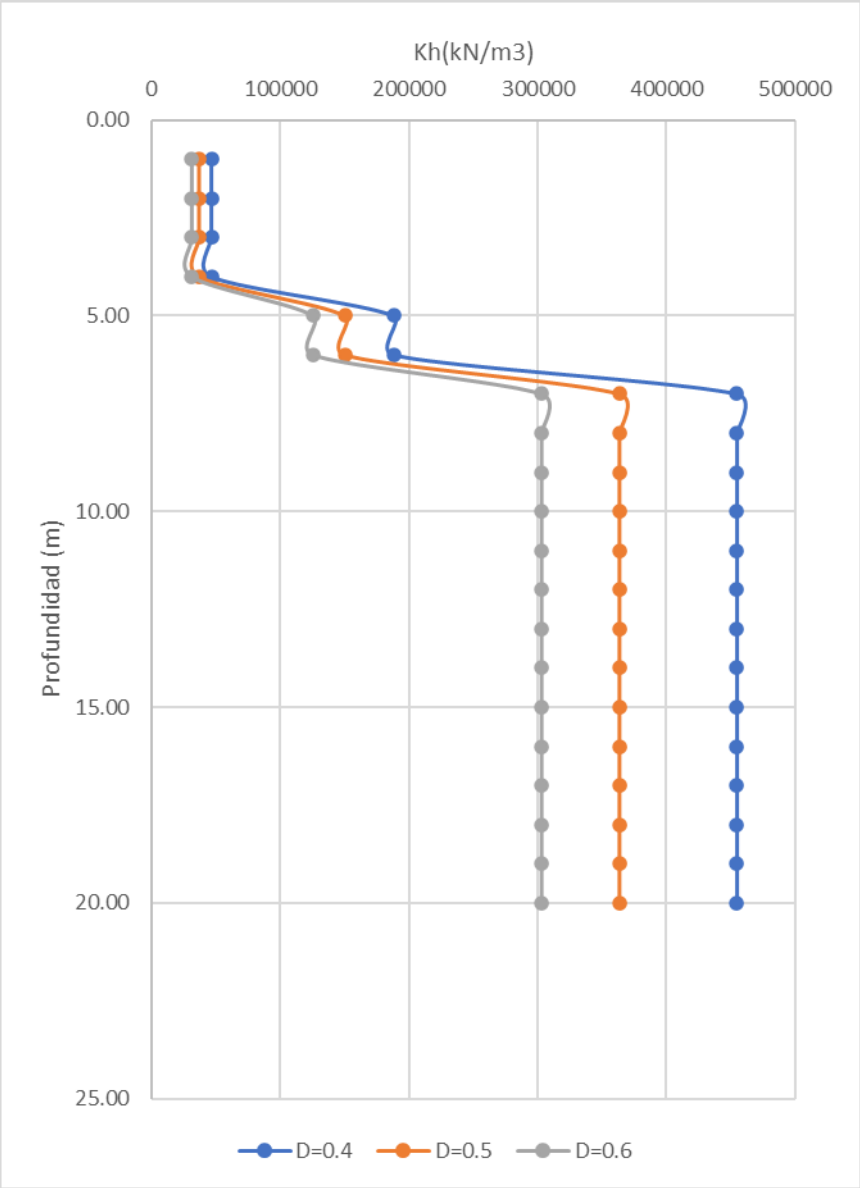


Figura 13-3. *Ábaco módulos de reacción horizontal Portal 20 de Julio Alternativa 6*

Por otro lado, los módulos de reacción vertical para esta alternativa se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 13-5. Módulos de reacción vertical Portal 20 de Julio Alternativa 6

Profundidad (m)	Kv(kN/m3)		
	0.4	0.5	0.6
1.00	54766.7	43813.4	36511.2
2.00	54766.7	43813.4	36511.2
3.00	54766.7	43813.4	36511.2
4.00	54766.7	43813.4	36511.2
5.00	221279.7	177023.8	147519.8
6.00	221279.7	177023.8	147519.8
7.00	534759.4	427807.5	356506.2
8.00	534759.4	427807.5	356506.2
9.00	534759.4	427807.5	356506.2
10.00	534759.4	427807.5	356506.2
11.00	534759.4	427807.5	356506.2
12.00	534759.4	427807.5	356506.2
13.00	534759.4	427807.5	356506.2
14.00	534759.4	427807.5	356506.2
15.00	534759.4	427807.5	356506.2
16.00	534759.4	427807.5	356506.2
17.00	534759.4	427807.5	356506.2
18.00	534759.4	427807.5	356506.2
19.00	534759.4	427807.5	356506.2
20.00	534759.4	427807.5	356506.2

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

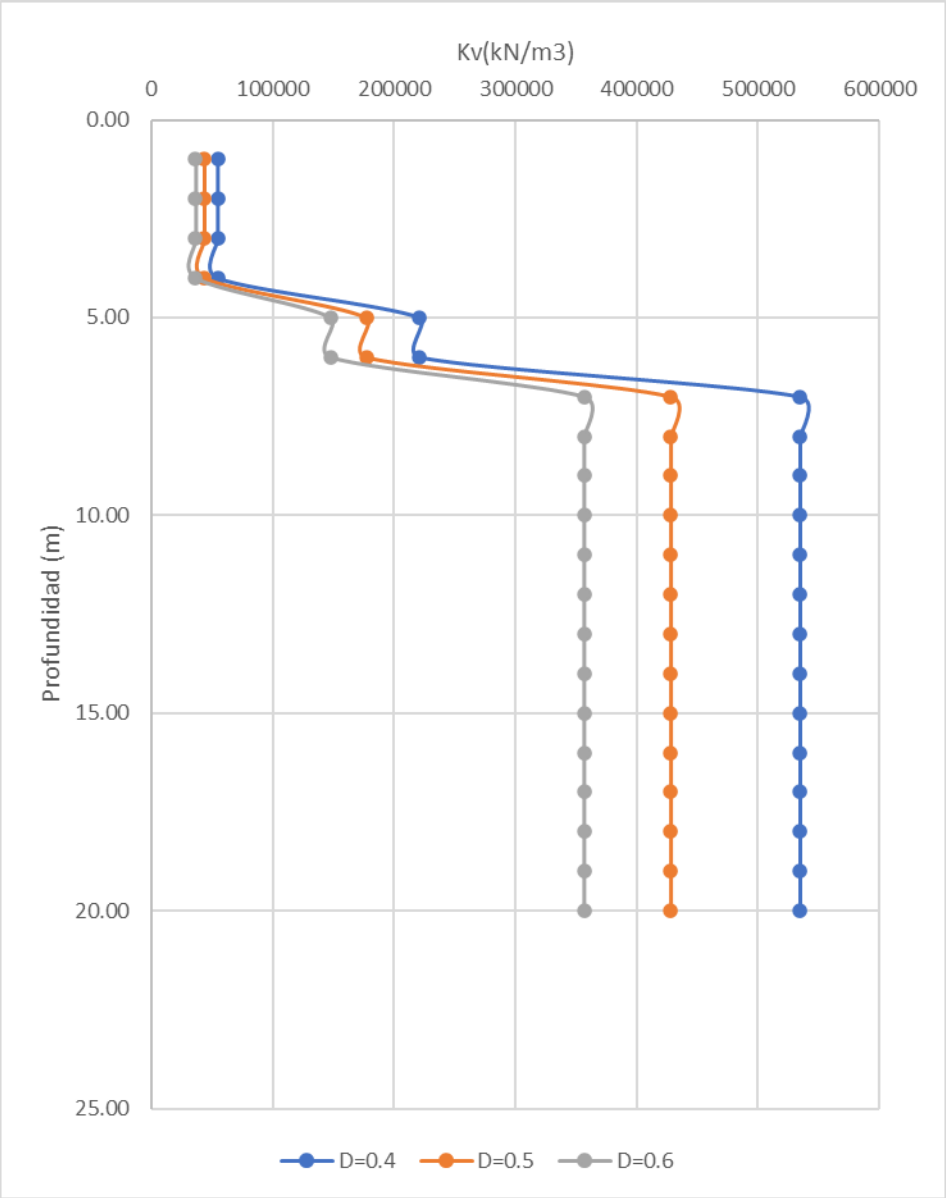


Figura 13-4. *Ábaco módulos de reacción vertical pilotes Portal 20 de Julio Alternativa 6*

Los asentamientos elásticos obtenidos para esta alternativa no superan los 3.5 mm para los 3 diámetros de pilote analizados tal y como se observa en las memorias de cálculo del ANEXO J, por lo que se considera adecuado para el sistema de fundación.

Caissons

Para esta alternativa se prevé un nivel de desplante de los caissons de 1.50 m. Los valores de capacidad portante del caisson individual para diferentes diámetros y profundidades se presentan a continuación:

Tabla 13-6. Capacidad portante caissons Portal 20 de Julio Alternativa 6

Profundidad (m)	Qadm estático(kPa)		Qadm estático(kPa)	
	1.2	1.5	1.2	1.5
1.00	152.2	221.7	285.7	420.1
2.00	203.6	286.0	369.9	525.3
3.00	255.1	350.3	454.0	630.5
4.00	306.5	414.6	538.2	735.7
5.00	689.0	988.5	1275.5	1848.9
6.00	765.2	1083.7	1400.1	2004.6
7.00	1465.5	2139.4	2755.9	4059.9
8.00	1589.1	2293.8	2958.1	4312.6
9.00	1712.6	2448.3	3160.3	4565.4
10.00	1836.2	2602.7	3362.5	4818.1
11.00	1959.8	2757.2	3564.7	5070.8
12.00	2083.3	2911.7	3766.9	5323.6
13.00	2206.9	3066.1	3969.1	5576.3
14.00	2330.5	3220.6	4171.3	5829.1
15.00	2454.0	3375.0	4373.5	6081.8
16.00	2577.6	3529.5	4575.7	6334.6
17.00	2701.1	3683.9	4777.9	6587.3
18.00	2824.7	3838.4	4980.1	6840.0
19.00	2948.3	3992.8	5182.2	7092.8
20.00	3071.8	4147.3	5384.4	7345.5

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

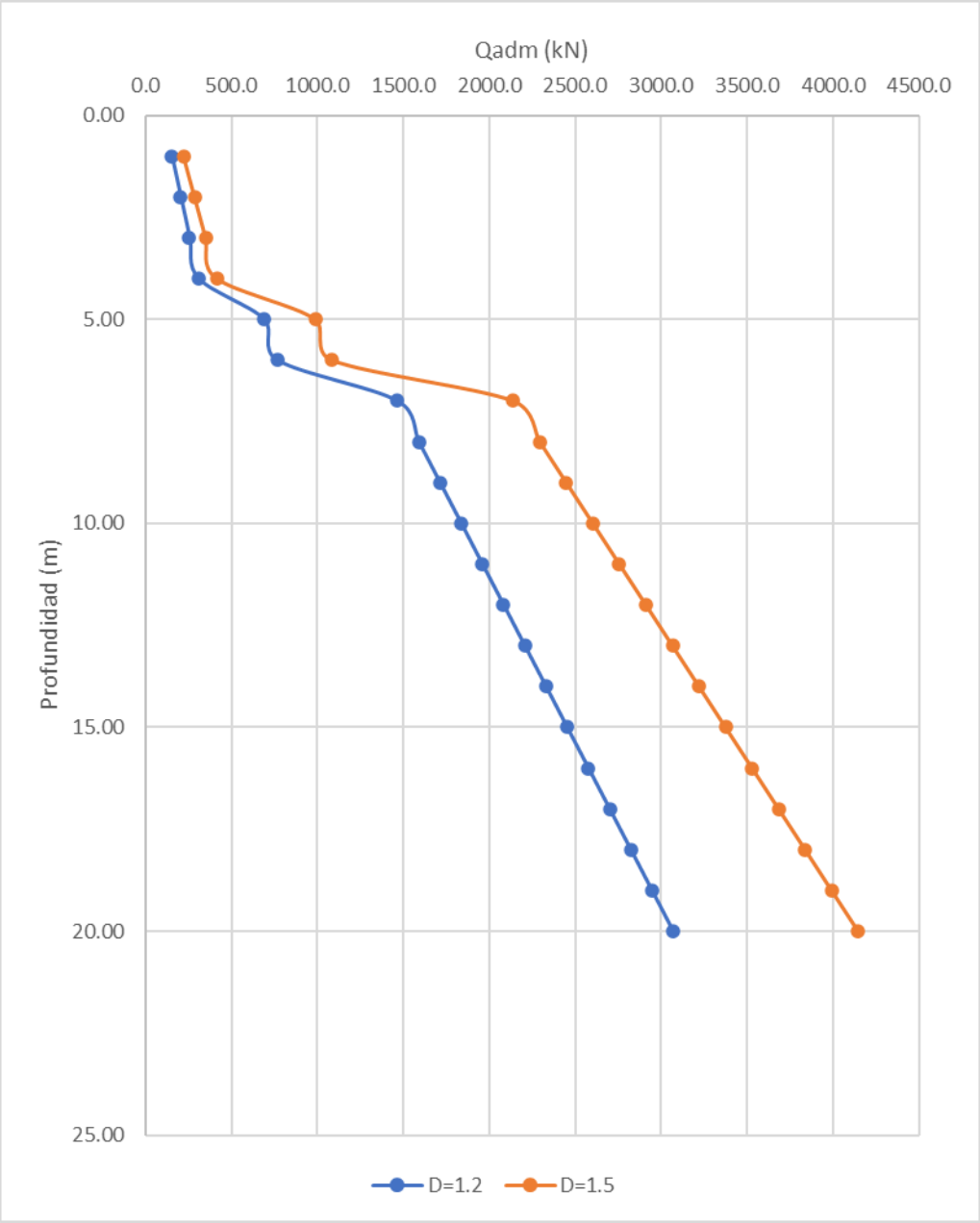


Figura 13-5. *Ábaco de capacidad portante caissons Portal 20 de Julio Alternativa 6.*

De acuerdo con lo anterior, para esta alternativa de cimentación se recomienda una longitud mínima de caissons de 9.0 m para garantizar una adecuada capacidad portante y una correcta transmisión de cargas a estratos competentes.

Los módulos de reacción horizontal calculados para los diferentes diámetros y profundidades analizadas, se presentan a continuación:

Tabla 13-7. Módulos de reacción horizontal caissons Portal 20 de Julio Alternativa 6

Profundidad (m)	Kh(kN/m3)	
	1.2	1.5
1.00	15517.2	12413.8
2.00	15517.2	12413.8
3.00	15517.2	12413.8
4.00	15517.2	12413.8
5.00	62695.9	50156.7
6.00	62695.9	50156.7
7.00	151515.2	121212.1
8.00	151515.2	121212.1
9.00	151515.2	121212.1
10.00	151515.2	121212.1
11.00	151515.2	121212.1
12.00	151515.2	121212.1
13.00	151515.2	121212.1
14.00	151515.2	121212.1
15.00	151515.2	121212.1
16.00	151515.2	121212.1
17.00	151515.2	121212.1
18.00	151515.2	121212.1
19.00	151515.2	121212.1
20.00	151515.2	121212.1

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

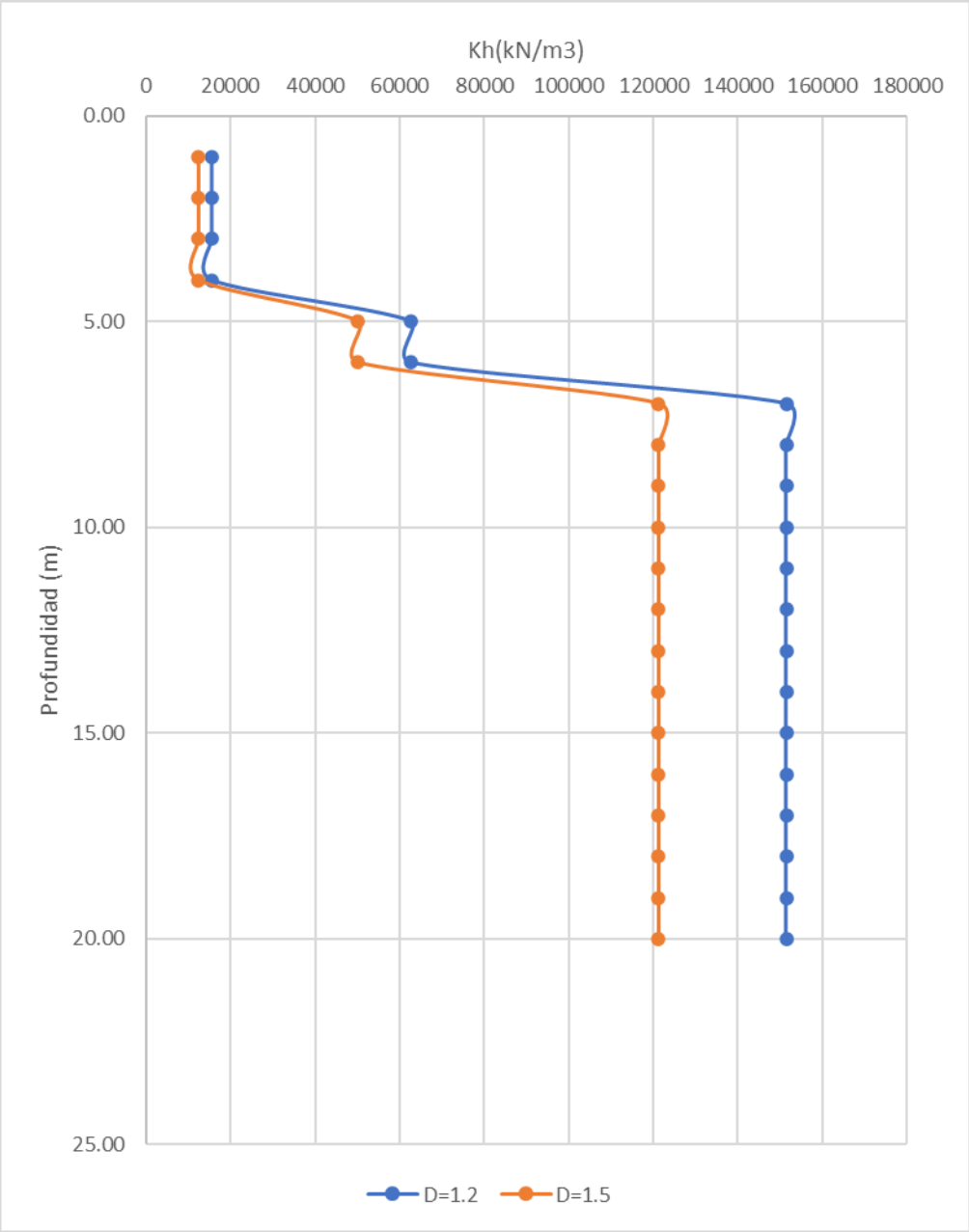


Figura 13-6. *Ábaco de módulos de reacción horizontal Portal 20 de Julio Alternativa 6*

Por otro lado, los módulos de reacción vertical obtenidos para esta alternativa se presentan a continuación:

Tabla 13-8. Módulos de reacción vertical caissons Portal 20 de Julio Alternativa 6

Profundidad (m)	Kv(kN/m3)	
	1.2	1.5
1.00	18255.6	14604.5
2.00	18255.6	14604.5
3.00	18255.6	14604.5
4.00	18255.6	14604.5
5.00	73759.9	59007.9
6.00	73759.9	59007.9
7.00	178253.1	142602.5
8.00	178253.1	142602.5
9.00	178253.1	142602.5
10.00	178253.1	142602.5
11.00	178253.1	142602.5
12.00	178253.1	142602.5
13.00	178253.1	142602.5
14.00	178253.1	142602.5
15.00	178253.1	142602.5
16.00	178253.1	142602.5
17.00	178253.1	142602.5
18.00	178253.1	142602.5
19.00	178253.1	142602.5
20.00	178253.1	142602.5

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C. MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

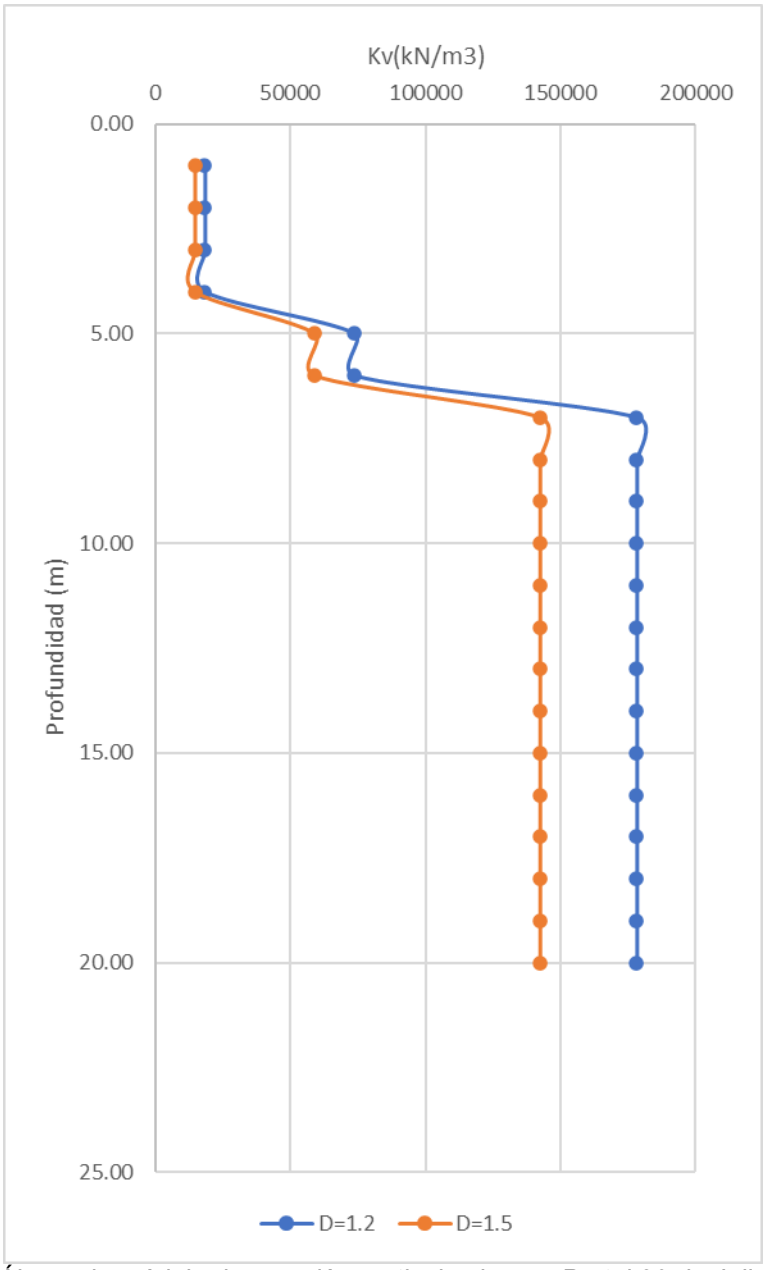


Figura 13-7. *Ábaco de módulo de reacción vertical caissons Portal 20 de Julio Alternativa 6.*

Los asentamientos elásticos obtenidos para esta alternativa no superan los 15.0 mm para los 2 diámetros de caisson analizados tal y como se observa en las memorias de cálculo del ANEXO J, por lo que se considera adecuado para el sistema de fundación.

13.1.1.2 Alternativa 1 de implantación de estación

Zapatas

De acuerdo con los materiales encontrados, se prevé un nivel de cimentación de 1.5 m con respecto al nivel actual del terreno.
Las capacidades portantes para diferentes geometrías se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 13-9. Capacidad portante zapatas Portal 20 de Julio Alternativa 1 para asentamiento de 2.5 cm

B(m) / B/L	Capacidad portante admisible (kN/m2)				
	1	0.75	0.5	0.25	0.1
1.0	250.0	250.0	250.0	197.0	148.0
1.5	235.0	207.0	171.0	131.0	98.0
2.0	178.0	155.0	128.0	98.0	74.0
2.5	142.0	124.0	102.0	78.0	59.0
3.0	118.0	104.0	86.0	65.0	49.0
4.0	89.0	78.0	64.0	49.0	37.0
5.0	71.0	62.0	51.0	39.0	29.0
6.0	59.0	52.0	43.0	32.0	24.0
7.0	50.0	44.0	37.0	28.0	21.0

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

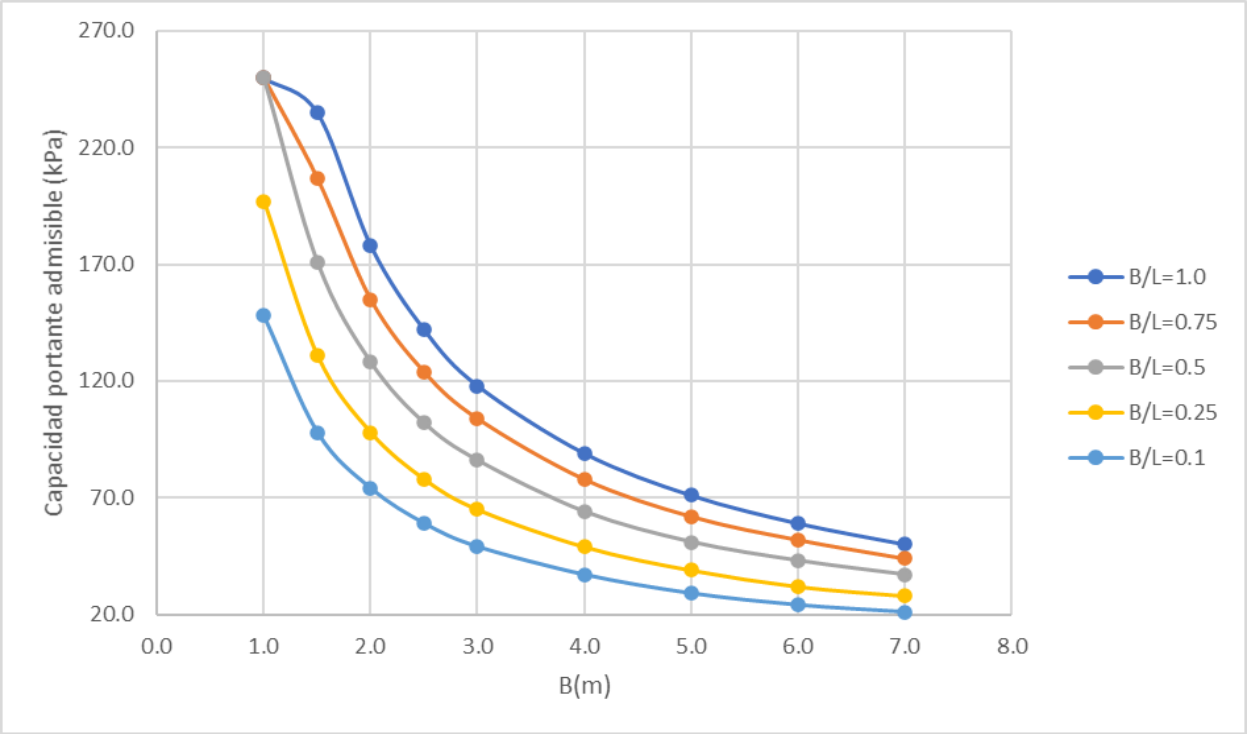


Figura 13-8. *Ábaco de capacidad portante zapatas Portal 20 de Julio Alternativa 1 para asentamiento de 2.5 cm*

Como se mencionó anteriormente, se limitó el valor de capacidad portante a un valor de 250 kPa. Además, en los casos en los que se obtenían asentamientos superiores a 2.5 cm, también se limitó la capacidad portante hasta obtener un valor de asentamiento tolerable.

El valor del módulo de reacción vertical para las diferentes geometrías de zapatas se presenta a continuación:

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

Tabla 13-10. *Módulos de reacción vertical zapatas Portal 20 de Julio Alternativa 1 para asentamiento de 2.5 cm*

Asentamiento										
B (m)	L/B	B/L	L(m)	Qadm (kN/m²)	Es (kN/m²)	v	a	ar	Se (cm)	Kv (kN/m3)
1.00	1.00	1.00	1.00	250.00	10916.00	0.35	1.1222	0.875	1.76	14217
1.50	1.00	1.00	1.50	235.00	10916.00	0.35	1.1222	0.875	2.48	9478.01
2.00	1.00	1.00	2.00	178.00	10916.00	0.35	1.1222	0.875	2.50	7108.51
2.50	1.00	1.00	2.50	142.00	10916.00	0.35	1.1222	0.875	2.50	5686.81
3.00	1.00	1.00	3.00	118.00	10916.00	0.35	1.1222	0.875	2.49	4739
4.00	1.00	1.00	4.00	89.00	10916.00	0.35	1.1222	0.875	2.50	3554.25
5.00	1.00	1.00	5.00	71.00	10916.00	0.35	1.1222	0.875	2.50	2843.4
6.00	1.00	1.00	6.00	59.00	10916.00	0.35	1.1222	0.875	2.49	2369.5
7.00	1.00	1.00	7.00	50.00	10916.00	0.35	1.1222	0.875	2.46	2031
1.00	1.33	0.75	1.33	250.00	10916.00	0.35	1.28776	1	2.01	12439.9
1.50	1.33	0.75	2.00	207.00	10916.00	0.35	1.28776	1	2.50	8293.26
2.00	1.33	0.75	2.67	155.00	10916.00	0.35	1.28776	1	2.49	6219.94
2.50	1.33	0.75	3.33	124.00	10916.00	0.35	1.28776	1	2.49	4975.95
3.00	1.33	0.75	4.00	104.00	10916.00	0.35	1.28776	1	2.51	4146.63
4.00	1.33	0.75	5.33	78.00	10916.00	0.35	1.28776	1	2.51	3109.97
5.00	1.33	0.75	6.67	62.00	10916.00	0.35	1.28776	1	2.49	2487.98
6.00	1.33	0.75	8.00	52.00	10916.00	0.35	1.28776	1	2.51	2073.31
7.00	1.33	0.75	9.33	44.00	10916.00	0.35	1.28776	1	2.48	1777.13
1.00	2.00	0.50	2.00	250.00	10916.00	0.35	1.53174	1.21	2.43	10280.9
1.50	2.00	0.50	3.00	171.00	10916.00	0.35	1.53174	1.21	2.49	6853.93
2.00	2.00	0.50	4.00	128.00	10916.00	0.35	1.53174	1.21	2.49	5140.45
2.50	2.00	0.50	5.00	102.00	10916.00	0.35	1.53174	1.21	2.48	4112.36
3.00	2.00	0.50	6.00	86.00	10916.00	0.35	1.53174	1.21	2.51	3426.97
4.00	2.00	0.50	8.00	64.00	10916.00	0.35	1.53174	1.21	2.49	2570.22
5.00	2.00	0.50	10.00	51.00	10916.00	0.35	1.53174	1.21	2.48	2056.18
6.00	2.00	0.50	12.00	43.00	10916.00	0.35	1.53174	1.21	2.51	1713.48
7.00	2.00	0.50	14.00	37.00	10916.00	0.35	1.53174	1.21	2.52	1468.7
1.00	4.00	0.25	4.00	197.00	10916.00	0.35	1.9637	1.583	2.51	7858.42
1.50	4.00	0.25	6.00	131.00	10916.00	0.35	1.9637	1.583	2.50	5238.95
2.00	4.00	0.25	8.00	98.00	10916.00	0.35	1.9637	1.583	2.49	3929.21
2.50	4.00	0.25	10.00	78.00	10916.00	0.35	1.9637	1.583	2.48	3143.37
3.00	4.00	0.25	12.00	65.00	10916.00	0.35	1.9637	1.583	2.48	2619.47
4.00	4.00	0.25	16.00	49.00	10916.00	0.35	1.9637	1.583	2.49	1964.61
5.00	4.00	0.25	20.00	39.00	10916.00	0.35	1.9637	1.583	2.48	1571.68
6.00	4.00	0.25	24.00	32.00	10916.00	0.35	1.9637	1.583	2.44	1309.74
7.00	4.00	0.25	28.00	28.00	10916.00	0.35	1.9637	1.583	2.49	1122.63
1.00	10.00	0.10	10.00	148.00	10916.00	0.35	2.54429	2.1	2.50	5923.76
1.50	10.00	0.10	15.00	98.00	10916.00	0.35	2.54429	2.1	2.48	3949.17
2.00	10.00	0.10	20.00	74.00	10916.00	0.35	2.54429	2.1	2.50	2961.88
2.50	10.00	0.10	25.00	59.00	10916.00	0.35	2.54429	2.1	2.49	2369.5
3.00	10.00	0.10	30.00	49.00	10916.00	0.35	2.54429	2.1	2.48	1974.59
4.00	10.00	0.10	40.00	37.00	10916.00	0.35	2.54429	2.1	2.50	1480.94
5.00	10.00	0.10	50.00	29.00	10916.00	0.35	2.54429	2.1	2.45	1184.75
6.00	10.00	0.10	60.00	24.00	10916.00	0.35	2.54429	2.1	2.43	987.293
7.00	10.00	0.10	70.00	21.00	10916.00	0.35	2.54429	2.1	2.48	846.251

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

Pilotes

Se prevé un nivel de desplante de los pilotes de 1.50 m. Los valores de capacidad portante del pilote individual para diferentes diámetros y profundidades se presentan a continuación:

Tabla 13-11. Capacidad portante pilotes Portal 20 de Julio Alternativa 1.

Profundidad (m)	Qadm estático(kPa)			Qadm dinámico(kPa)		
	0.4	0.5	0.6	0.4	0.5	0.6
1.00	69.6	107.0	152.4	137.2	211.4	301.6
2.00	77.1	116.4	163.6	149.5	226.7	320.0
3.00	127.5	192.1	269.8	246.7	373.8	527.1
4.00	139.1	206.5	287.1	265.6	397.5	555.5
5.00	152.7	223.5	307.5	287.9	425.3	588.9
6.00	168.3	243.1	331.0	313.5	457.3	627.3
7.00	184.0	265.3	357.6	339.1	493.5	670.8
8.00	422.2	635.1	790.8	809.9	1225.3	1526.8
9.00	437.9	657.3	821.6	835.5	1261.5	1577.2
10.00	453.5	679.4	852.4	861.1	1297.7	1627.5
11.00	469.2	701.5	873.2	886.7	1333.9	1657.9
12.00	484.8	723.7	904.0	912.3	1370.1	1708.3
13.00	500.5	745.8	934.8	938.0	1406.3	1758.7
14.00	516.1	767.9	965.5	963.6	1442.6	1809.1
15.00	531.8	790.1	996.3	989.2	1478.8	1859.4
16.00	547.4	812.2	1017.1	1014.8	1515.0	1889.8
17.00	563.1	834.3	1047.9	1040.4	1551.2	1940.2
18.00	578.8	856.5	1078.7	1066.1	1587.4	1990.6

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

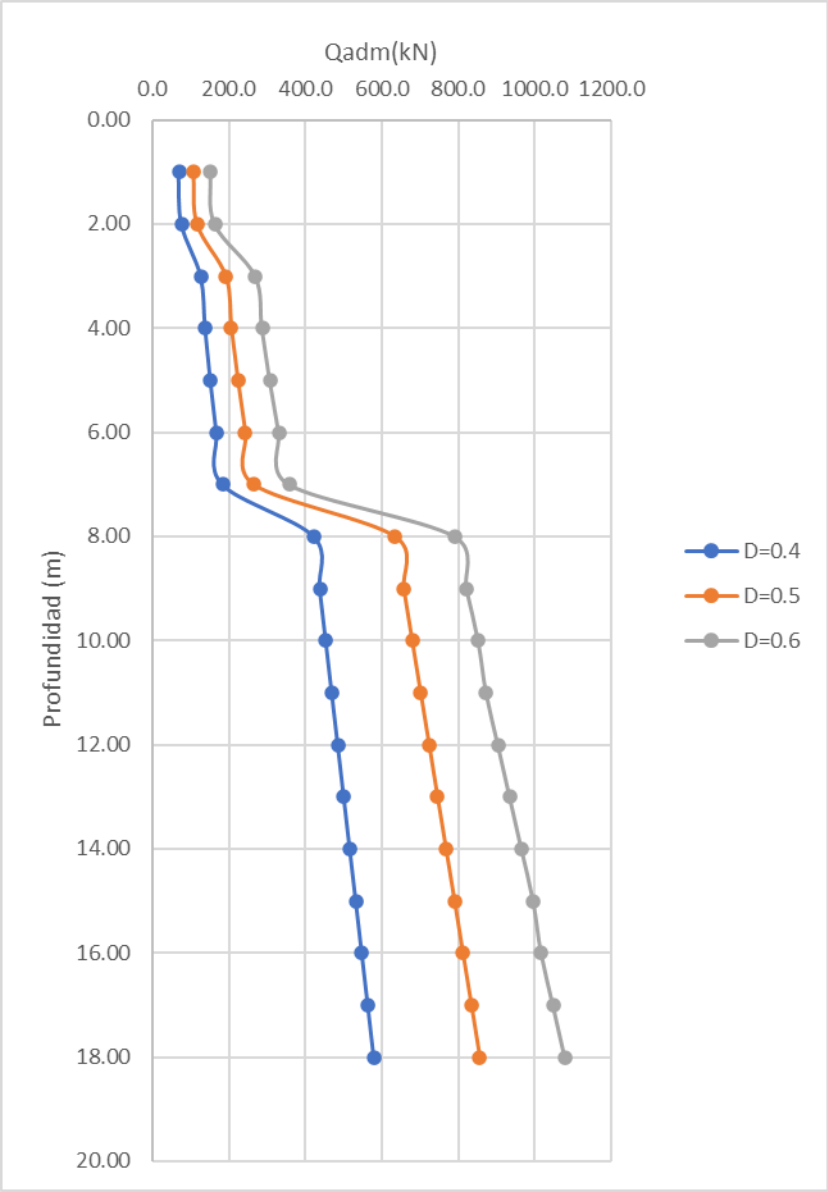


Figura 13-9. *Ábaco capacidad portante pilotes Portal 20 de Julio Alternativa 1*

De acuerdo con lo anterior, se recomienda una longitud mínima de pilote de 10.0 m con el fin de obtener capacidades portantes adecuadas y alcanzar estratos competentes.

Los módulos de reacción horizontal para los diferentes diámetros y longitudes analizadas se presentan a continuación:

Tabla 13-12. Módulo de reacción horizontal pilotes Portal 20 de Julio Alternativa 1

Profundidad (m)	Kh(kN/m3)		
	0.4	0.5	0.6
1.00	31099.7	24879.8	20733.1
2.00	31099.7	24879.8	20733.1
3.00	63834.8	51067.8	42556.5
4.00	63834.8	51067.8	42556.5
5.00	63834.8	51067.8	42556.5
6.00	63834.8	51067.8	42556.5
7.00	63834.8	51067.8	42556.5
8.00	119484.3	95587.5	79656.2
9.00	119484.3	95587.5	79656.2
10.00	119484.3	95587.5	79656.2
11.00	119484.3	95587.5	79656.2
12.00	119484.3	95587.5	79656.2
13.00	119484.3	95587.5	79656.2
14.00	119484.3	95587.5	79656.2
15.00	119484.3	95587.5	79656.2
16.00	119484.3	95587.5	79656.2
17.00	119484.3	95587.5	79656.2
18.00	119484.3	95587.5	79656.2

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

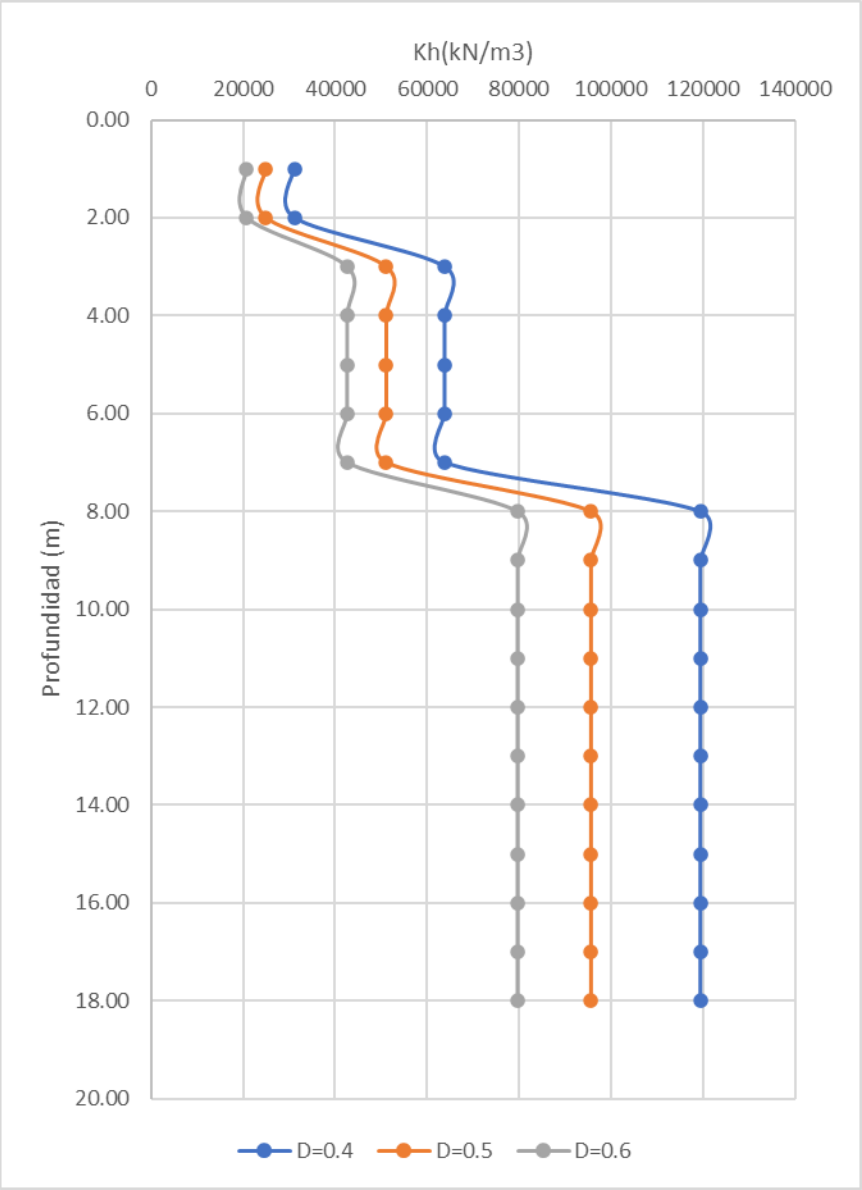


Figura 13-10. *Ábaco módulo de reacción horizontal pilotes Portal 20 de Julio Alternativa 1*

De igual forma, a continuación, se presentan los valores del módulo de reacción vertical obtenido:

Tabla 13-13. Módulos de reacción vertical pilotes Portal 20 de Julio Alternativa 1

Profundidad (m)	Kv(kN/m3)		
	0.4	0.5	0.6
1.00	36587.9	29270.3	24391.9
2.00	36587.9	29270.3	24391.9
3.00	75099.7	60079.8	50066.5
4.00	75099.7	60079.8	50066.5
5.00	75099.7	60079.8	50066.5
6.00	75099.7	60079.8	50066.5
7.00	75099.7	60079.8	50066.5
8.00	140569.8	112455.8	93713.2
9.00	140569.8	112455.8	93713.2
10.00	140569.8	112455.8	93713.2
11.00	140569.8	112455.8	93713.2
12.00	140569.8	112455.8	93713.2
13.00	140569.8	112455.8	93713.2
14.00	140569.8	112455.8	93713.2
15.00	140569.8	112455.8	93713.2
16.00	140569.8	112455.8	93713.2
17.00	140569.8	112455.8	93713.2
18.00	140569.8	112455.8	93713.2

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

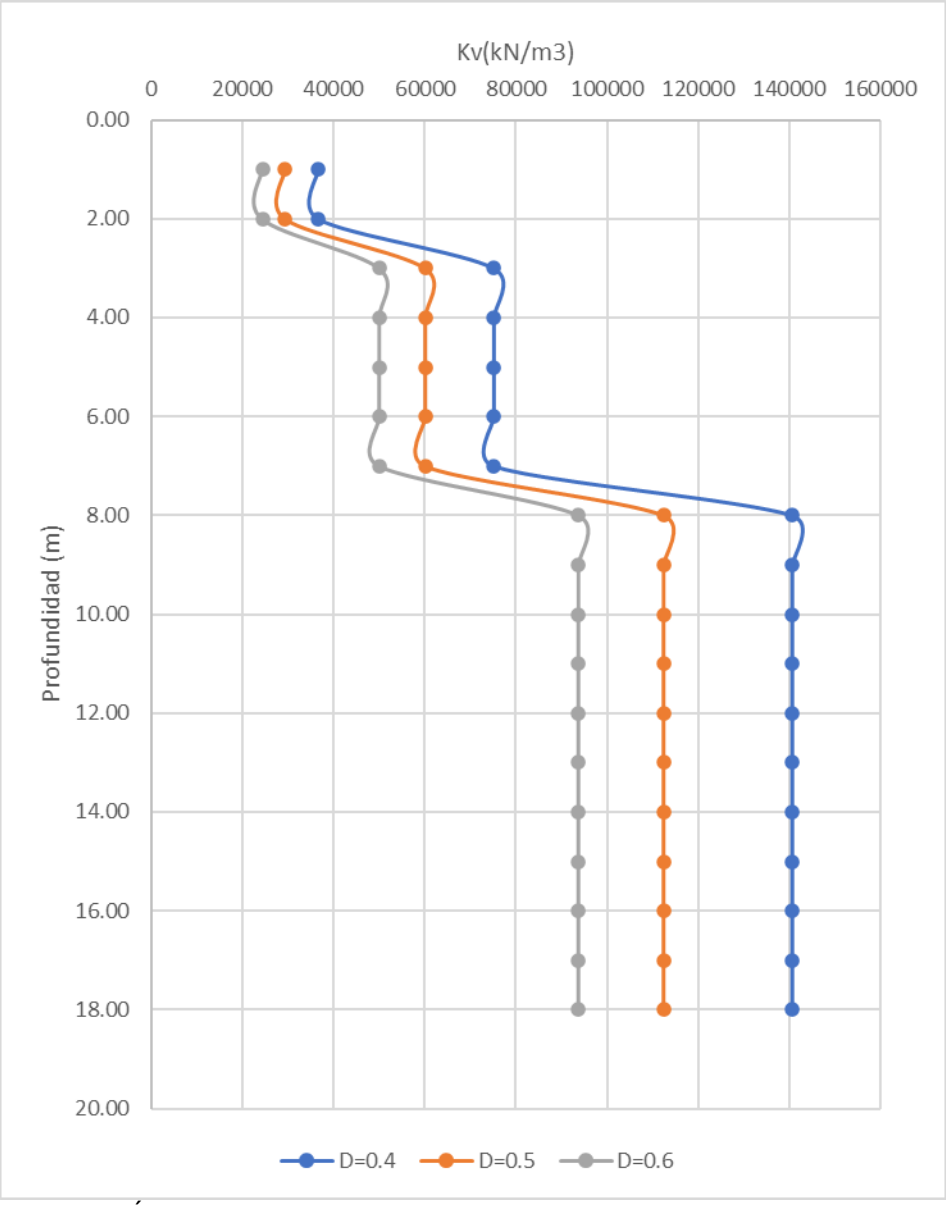


Figura 13-11. *Ábaco módulo de reacción vertical pilotes Portal 20 de Julio Alternativa 1.*

Los asentamientos elásticos obtenidos para esta alternativa no superan los 25.0 mm para los 3 diámetros de pilote analizados tal y como se observa en las memorias de cálculo del ANEXO J, por lo que se considera adecuado para el sistema de fundación.

Caissons

Se consideró un nivel de desplante para los caissons de 1.50 m con respecto al nivel actual del terreno. Los valores de capacidad portante para esta alternativa se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 13-14. Capacidad portante caissons Portal 20 de Julio Alternativa 1

Profundidad (m)	Qadm estático(kPa)		Qadm dinámico(kPa)	
	1.2	1.5	1.2	1.5
1.00	347.4	431.7	688.5	855.6
2.00	359.9	449.9	705.3	881.6
3.00	748.4	935.5	1472.0	1839.9
4.00	783.1	968.9	1528.7	1890.9
5.00	813.9	1009.9	1575.5	1954.3
6.00	860.9	1058.6	1652.3	2030.4
7.00	904.0	1115.0	1719.2	2119.1
8.00	1541.6	1897.0	2973.6	3657.0
9.00	1593.2	1954.0	3054.3	3742.9
10.00	1648.7	2015.9	3141.5	3836.9
11.00	1708.1	2082.7	3235.1	3938.9
12.00	1761.5	2144.3	3315.1	4028.9
13.00	1828.8	2220.9	3421.6	4147.0
14.00	1900.0	2292.4	3534.5	4253.1
15.00	1965.1	2368.8	3633.8	4367.2
16.00	2044.1	2450.2	3759.5	4489.4
17.00	2117.1	2536.4	3871.6	4619.5
18.00	2194.0	2617.5	3990.2	4737.7

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

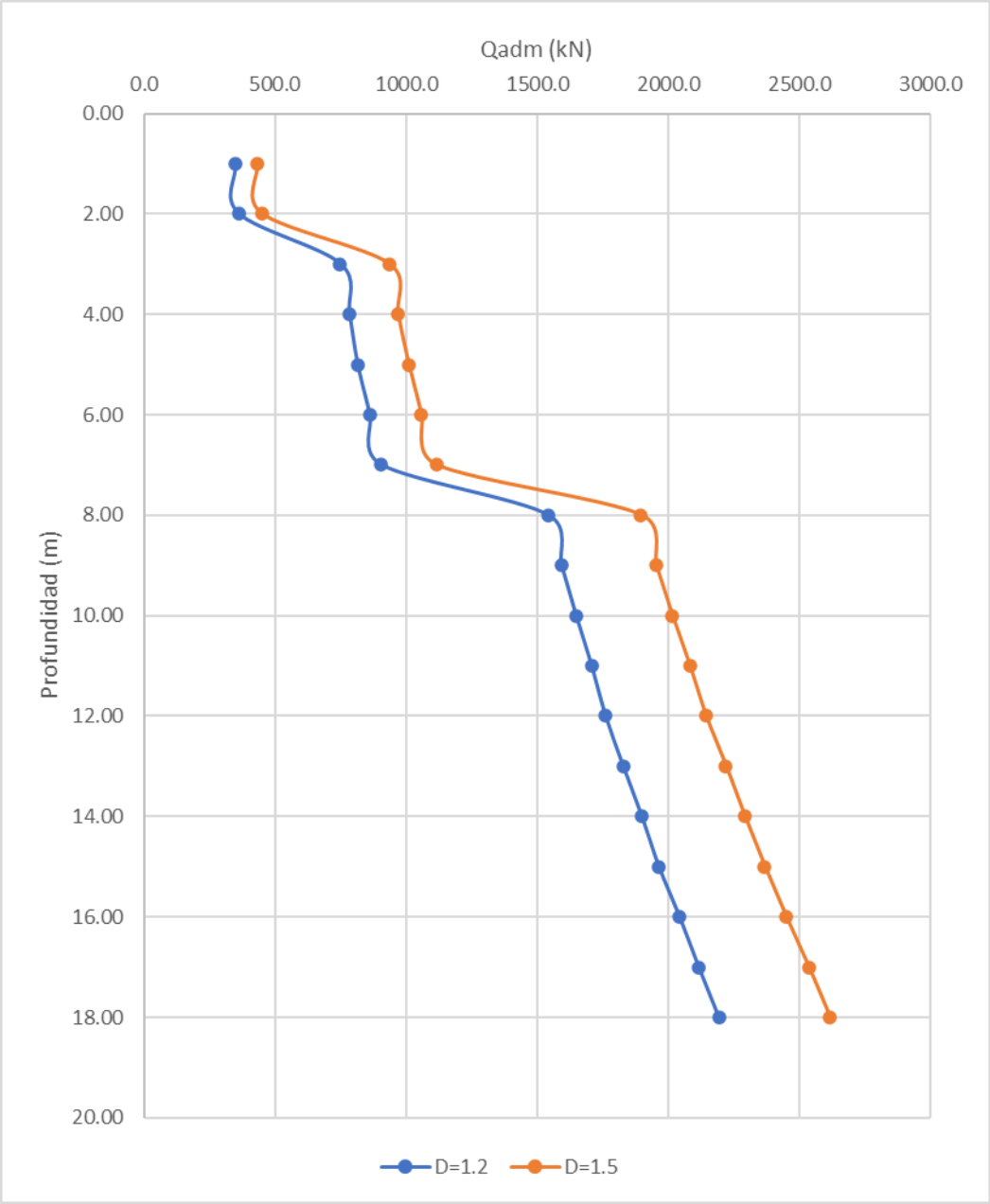


Figura 13-12. *Ábaco de capacidad portante caissons Portal 20 de Julio Alternativa 1*

Con el fin de garantizar una capacidad portante adecuada y la correcta transferencia de cargas a estratos competentes, se recomienda una longitud mínima de caissons de 10.0 m.

Los valores del módulo de reacción horizontal se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 13-15. Módulo de reacción horizontal caissons Portal 20 de Julio Alternativa 1

Profundidad (m)	Kh(kN/m3)	
	1.2	1.5
1.00	10366.6	8293.3
2.00	10366.6	8293.3
3.00	21278.3	17022.6
4.00	21278.3	17022.6
5.00	21278.3	17022.6
6.00	21278.3	17022.6
7.00	21278.3	17022.6
8.00	39828.1	31862.5
9.00	39828.1	31862.5
10.00	39828.1	31862.5
11.00	39828.1	31862.5
12.00	39828.1	31862.5
13.00	39828.1	31862.5
14.00	39828.1	31862.5
15.00	39828.1	31862.5
16.00	39828.1	31862.5
17.00	39828.1	31862.5
18.00	39828.1	31862.5

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

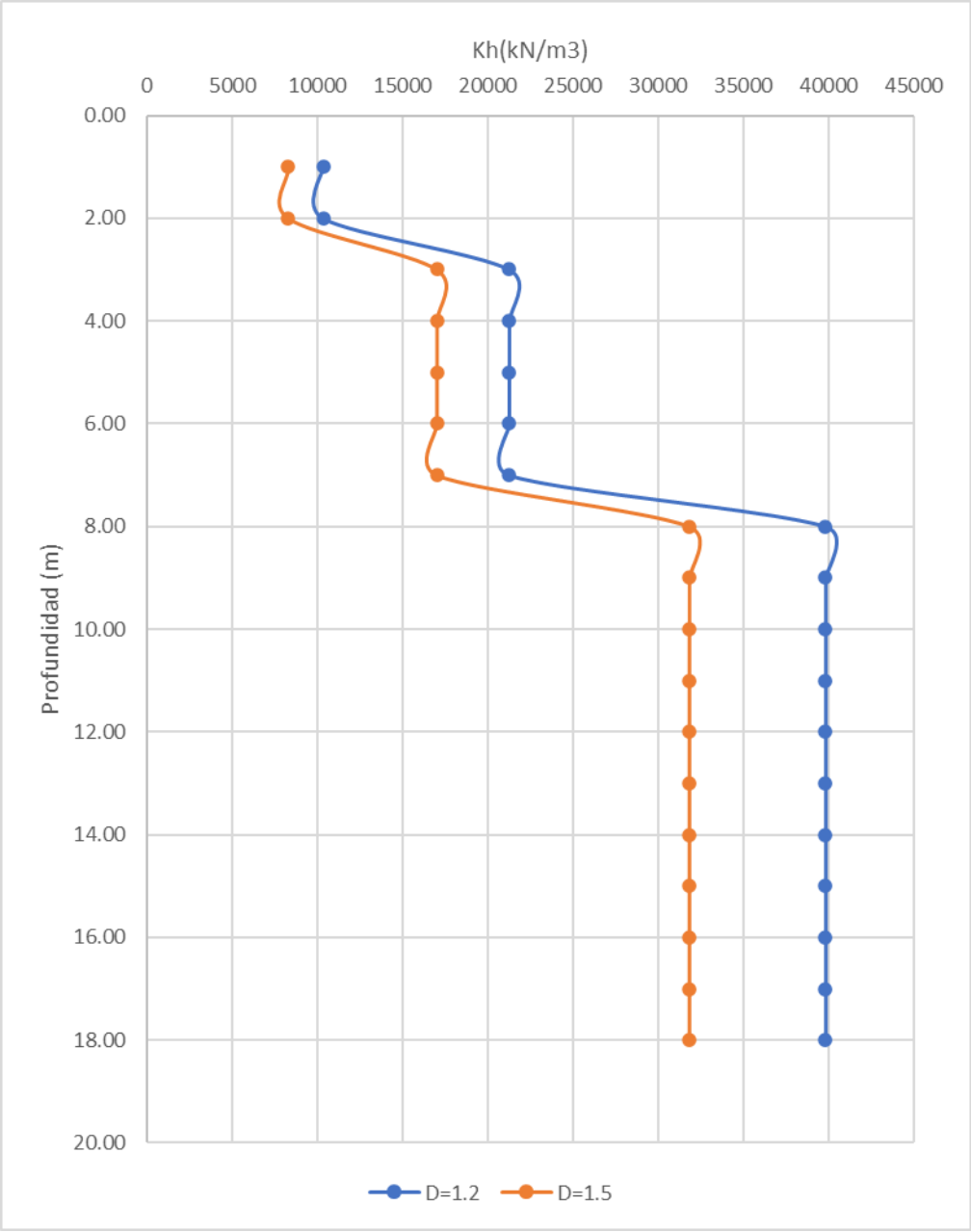


Figura 13-13. *Ábaco de módulo de reacción horizontal caissons Portal 20 de Julio Alternativa 1.*

Así mismo, los valores del módulo de reacción vertical para esta alternativa son los siguientes:

Tabla 13-16. Módulo de reacción vertical caissons Portal 20 de Julio Alternativa 1.

Profundidad (m)	Kv(kN/m3)	
	1.2	1.5
1.00	12196.0	9756.8
2.00	12196.0	9756.8
3.00	25033.2	20026.6
4.00	25033.2	20026.6
5.00	25033.2	20026.6
6.00	25033.2	20026.6
7.00	25033.2	20026.6
8.00	46856.6	37485.3
9.00	46856.6	37485.3
10.00	46856.6	37485.3
11.00	46856.6	37485.3
12.00	46856.6	37485.3
13.00	46856.6	37485.3
14.00	46856.6	37485.3
15.00	46856.6	37485.3
16.00	46856.6	37485.3
17.00	46856.6	37485.3
18.00	46856.6	37485.3

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

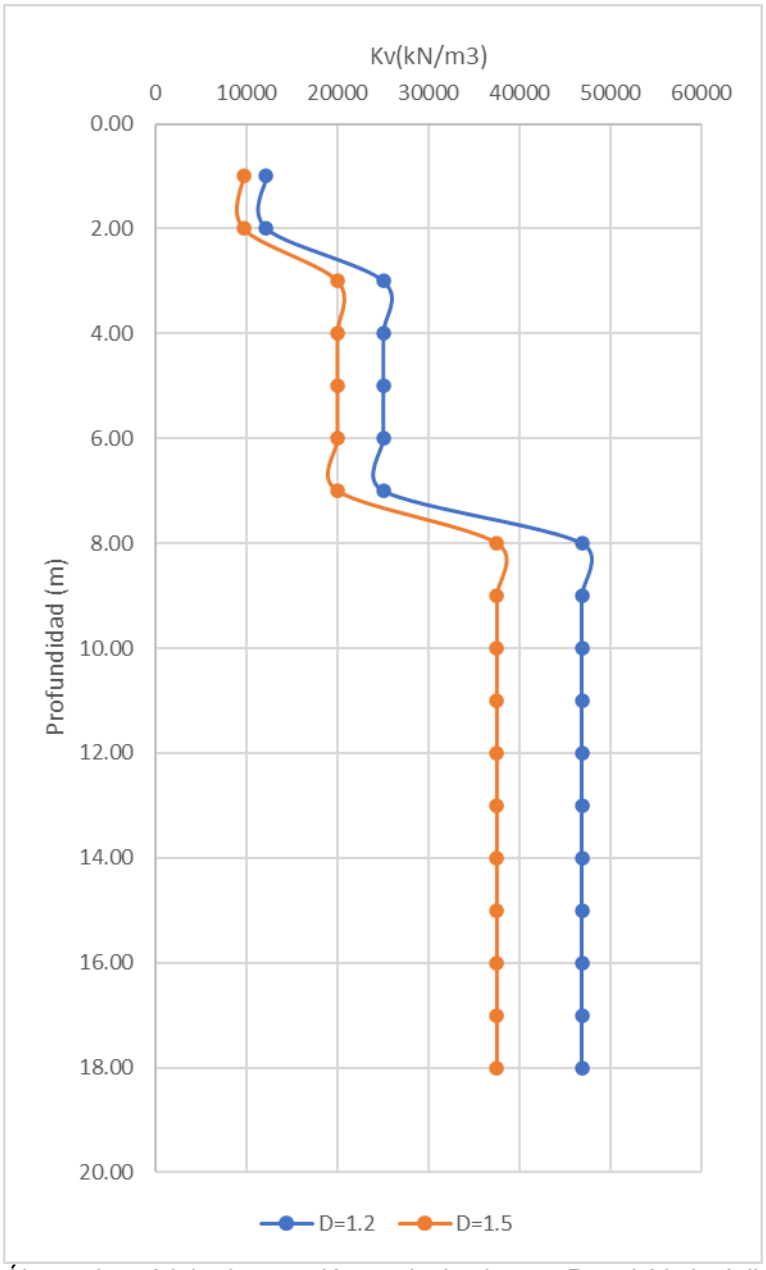


Figura 13-14. Ábaco de módulo de reacción vertical caissons Portal 20 de Julio Alternativa 1.

Los asentamientos elásticos obtenidos para esta alternativa se limitaron a 25.0 mm para los 2 diámetros de Caisson analizados tal y como se observa en las memorias de cálculo del ANEXO J, por lo que se considera adecuado para el sistema de fundación.

13.1.1.3 Alternativa 4 de implantación de estación

Zapatas

Para esta alternativa se consideró un nivel de cimentación de 2.0 m con respecto al nivel actual del terreno. Los valores de la capacidad portante obtenidos para esta alternativa se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 13-17. Capacidad portante zapatas Portal 20 de Julio Alternativa 4 para asentamiento de 2.5 cm

B(m) / B/L	Capacidad portante admisible (kN/m2)				
	1	0.75	0.5	0.25	0.1
1.0	151.3	145.6	139.9	134.3	130.8
1.5	144.4	139.0	133.5	128.1	124.9
2.0	147.2	141.7	136.1	130.6	127.3
2.5	139.4	134.2	129.0	123.8	120.7
3.0	134.3	129.3	124.3	119.3	116.3
4.0	127.8	123.1	118.3	113.6	88.0
5.0	123.9	119.4	114.8	93.0	70.0
6.0	121.4	116.9	102.0	78.0	58.0
7.0	119.5	106.0	87.0	67.0	50.0

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

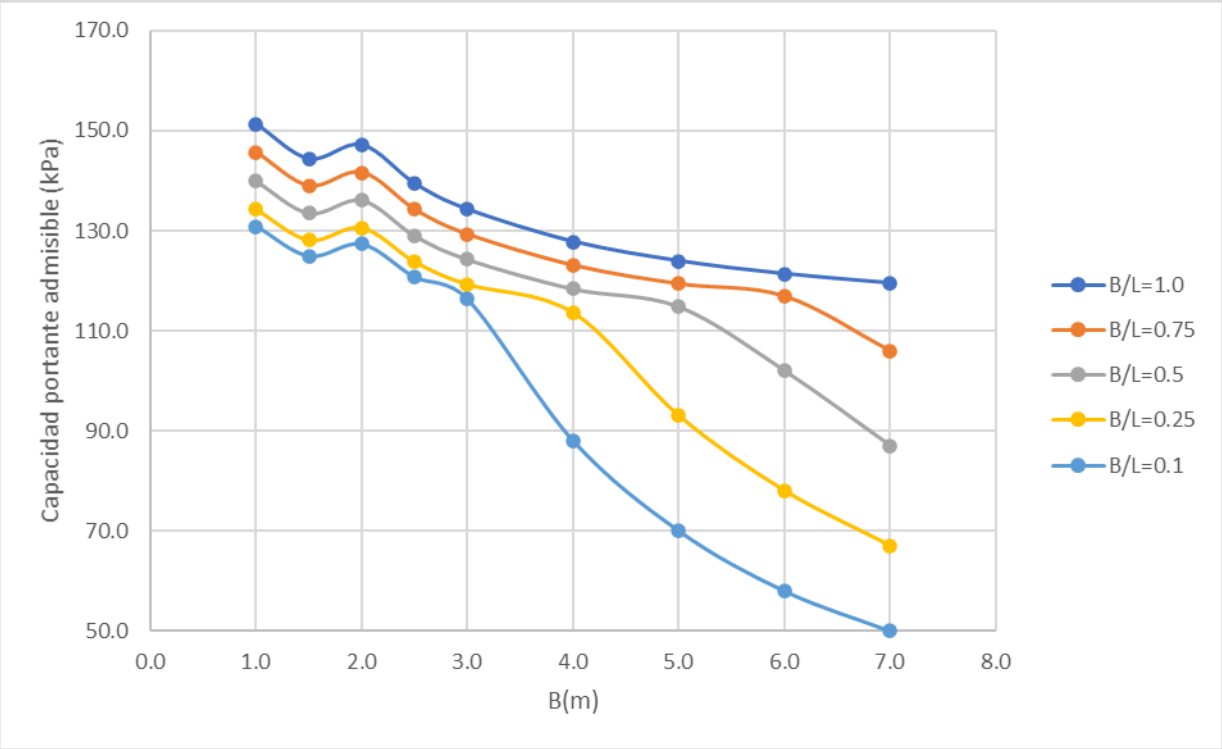


Figura 13-15. Ábaco de capacidad portante zapatas Portal 20 de Julio Alternativa 4 para asentamiento de 2.5 cm

Los asentamientos y los módulos de reacción vertical para las diferentes configuraciones de zapatas analizadas se presentan en la siguiente tabla:

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

Tabla 13-18. Asentamientos y módulos de reacción vertical para zapatas Portal 20 de Julio Alternativa 4 para asentamiento de 2.5 cm

Asentamiento										
B (m)	L/B	B/L	L(m)	Qadm (kN/m²)	Es (kN/m²)	v	a	ar	Se (cm)	Kv (kN/m3)
1.00	1.00	1.00	1.00	151.32	23650.00	0.45	1.1222	0.875	0.45	33891.6
1.50	1.00	1.00	1.50	144.35	23650.00	0.45	1.1222	0.875	0.64	22594.4
2.00	1.00	1.00	2.00	147.17	23650.00	0.45	1.1222	0.875	0.87	16945.8
2.50	1.00	1.00	2.50	139.43	23650.00	0.45	1.1222	0.875	1.03	13556.7
3.00	1.00	1.00	3.00	134.26	23650.00	0.45	1.1222	0.875	1.19	11297.2
4.00	1.00	1.00	4.00	127.81	23650.00	0.45	1.1222	0.875	1.51	8472.91
5.00	1.00	1.00	5.00	123.94	23650.00	0.45	1.1222	0.875	1.83	6778.33
6.00	1.00	1.00	6.00	121.35	23650.00	0.45	1.1222	0.875	2.15	5648.6
7.00	1.00	1.00	7.00	119.51	23650.00	0.45	1.1222	0.875	2.47	4841.66
1.00	1.33	0.75	1.33	145.63	23650.00	0.45	1.28776	1	0.49	29655.2
1.50	1.33	0.75	2.00	138.95	23650.00	0.45	1.28776	1	0.70	19770.1
2.00	1.33	0.75	2.67	141.65	23650.00	0.45	1.28776	1	0.96	14827.6
2.50	1.33	0.75	3.33	134.22	23650.00	0.45	1.28776	1	1.13	11862.1
3.00	1.33	0.75	4.00	129.27	23650.00	0.45	1.28776	1	1.31	9885.06
4.00	1.33	0.75	5.33	123.08	23650.00	0.45	1.28776	1	1.66	7413.79
5.00	1.33	0.75	6.67	119.36	23650.00	0.45	1.28776	1	2.01	5931.03
6.00	1.33	0.75	8.00	116.89	23650.00	0.45	1.28776	1	2.36	4942.53
7.00	1.33	0.75	9.33	106.00	23650.00	0.45	1.28776	1	2.50	4236.45
1.00	2.00	0.50	2.00	139.94	23650.00	0.45	1.53174	1.21	0.57	24508.4
1.50	2.00	0.50	3.00	133.55	23650.00	0.45	1.53174	1.21	0.82	16338.9
2.00	2.00	0.50	4.00	136.13	23650.00	0.45	1.53174	1.21	1.11	12254.2
2.50	2.00	0.50	5.00	129.02	23650.00	0.45	1.53174	1.21	1.32	9803.36
3.00	2.00	0.50	6.00	124.28	23650.00	0.45	1.53174	1.21	1.52	8169.47
4.00	2.00	0.50	8.00	118.35	23650.00	0.45	1.53174	1.21	1.93	6127.1
5.00	2.00	0.50	10.00	114.79	23650.00	0.45	1.53174	1.21	2.34	4901.68
6.00	2.00	0.50	12.00	102.00	23650.00	0.45	1.53174	1.21	2.50	4084.73
7.00	2.00	0.50	14.00	87.00	23650.00	0.45	1.53174	1.21	2.48	3501.2
1.00	4.00	0.25	4.00	134.26	23650.00	0.45	1.9637	1.583	0.72	18733.5
1.50	4.00	0.25	6.00	128.14	23650.00	0.45	1.9637	1.583	1.03	12489
2.00	4.00	0.25	8.00	130.62	23650.00	0.45	1.9637	1.583	1.39	9366.76
2.50	4.00	0.25	10.00	123.82	23650.00	0.45	1.9637	1.583	1.65	7493.41
3.00	4.00	0.25	12.00	119.28	23650.00	0.45	1.9637	1.583	1.91	6244.51
4.00	4.00	0.25	16.00	113.62	23650.00	0.45	1.9637	1.583	2.43	4683.38
5.00	4.00	0.25	20.00	93.00	23650.00	0.45	1.9637	1.583	2.48	3746.71
6.00	4.00	0.25	24.00	78.00	23650.00	0.45	1.9637	1.583	2.50	3122.25
7.00	4.00	0.25	28.00	67.00	23650.00	0.45	1.9637	1.583	2.50	2676.22
1.00	10.00	0.10	10.00	130.85	23650.00	0.45	2.54429	2.1	0.93	14121.5
1.50	10.00	0.10	15.00	124.90	23650.00	0.45	2.54429	2.1	1.33	9414.34
2.00	10.00	0.10	20.00	127.30	23650.00	0.45	2.54429	2.1	1.80	7060.76
2.50	10.00	0.10	25.00	120.69	23650.00	0.45	2.54429	2.1	2.14	5648.6
3.00	10.00	0.10	30.00	116.29	23650.00	0.45	2.54429	2.1	2.47	4707.17
4.00	10.00	0.10	40.00	88.00	23650.00	0.45	2.54429	2.1	2.49	3530.38
5.00	10.00	0.10	50.00	70.00	23650.00	0.45	2.54429	2.1	2.48	2824.3
6.00	10.00	0.10	60.00	58.00	23650.00	0.45	2.54429	2.1	2.46	2353.59
7.00	10.00	0.10	70.00	50.00	23650.00	0.45	2.54429	2.1	2.48	2017.36

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

Pilotes

Se prevé un nivel de desplante de los pilotes de 1.50 m. Los valores de capacidad portante del pilote individual para diferentes diámetros y profundidades se presentan a continuación:

Tabla 13-19. Capacidad portante pilotes Portal 20 de Julio Alternativa 4.

Profundidad (m)	Qadm estático(kPa)			Qadm dinámico(kPa)		
	0.4	0.5	0.6	0.4	0.5	0.6
1.00	60.2	80.8	103.6	104.9	142.3	184.1
2.00	143.2	209.6	288.3	270.0	398.7	551.9
3.00	191.7	283.7	375.6	365.0	544.5	723.7
4.00	198.8	292.6	386.2	376.6	559.1	741.1
5.00	393.5	594.1	749.3	762.9	1158.1	1462.5
6.00	402.2	606.6	754.3	777.1	1178.6	1467.1
7.00	410.9	619.1	771.3	791.3	1199.1	1494.8
8.00	419.6	631.6	790.2	805.6	1219.5	1525.8
9.00	428.3	644.1	809.2	819.8	1240.0	1556.8
10.00	437.0	656.7	828.1	834.0	1260.5	1587.8
11.00	445.7	669.2	847.0	848.3	1281.0	1618.8
12.00	454.4	681.7	856.0	862.5	1301.4	1629.8
13.00	463.1	694.2	874.9	876.8	1321.9	1660.8
14.00	471.8	706.7	893.9	891.0	1342.4	1691.8
15.00	480.5	719.2	912.8	905.2	1362.9	1722.8
16.00	489.2	731.7	931.7	919.5	1383.3	1753.8
17.00	497.9	744.2	950.7	933.7	1403.8	1784.8
18.00	506.6	756.8	959.6	948.0	1424.3	1795.7
19.00	515.3	769.3	978.6	962.2	1444.7	1826.7
20.00	524.0	781.8	997.5	976.4	1465.2	1857.7

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

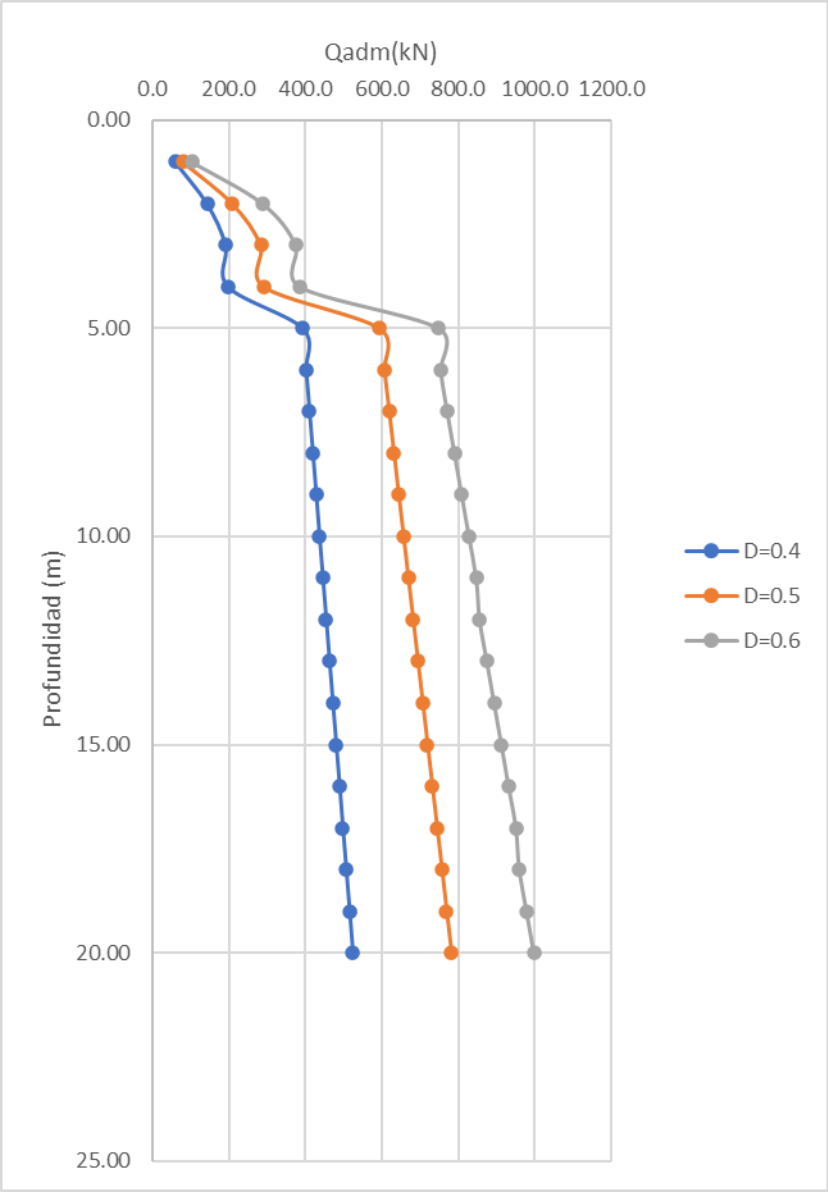


Figura 13-16. *Ábaco de capacidad portante pilotes Portal 20 de Julio Alternativa 4*

De acuerdo con lo anterior, se recomienda una longitud mínima de pilote de 7.0 m con el fin de obtener capacidades portantes adecuadas y alcanzar estratos competentes.

Los módulos de reacción horizontal para los diferentes diámetros y longitudes analizadas se presentan a continuación:

Tabla 13-20. Módulos de reacción horizontal pilotes Portal 20 de Julio Alternativa 4

Profundidad (m)	Kh(kN/m3)		
	0.4	0.5	0.6
1.00	74137.9	59310.3	49425.3
2.00	55649.6	44519.7	37099.7
3.00	55649.6	44519.7	37099.7
4.00	55649.6	44519.7	37099.7
5.00	119484.3	95587.5	79656.2
6.00	119484.3	95587.5	79656.2
7.00	119484.3	95587.5	79656.2
8.00	119484.3	95587.5	79656.2
9.00	119484.3	95587.5	79656.2
10.00	119484.3	95587.5	79656.2
11.00	119484.3	95587.5	79656.2
12.00	119484.3	95587.5	79656.2
13.00	119484.3	95587.5	79656.2
14.00	119484.3	95587.5	79656.2
15.00	119484.3	95587.5	79656.2
16.00	119484.3	95587.5	79656.2
17.00	119484.3	95587.5	79656.2
18.00	119484.3	95587.5	79656.2
19.00	119484.3	95587.5	79656.2
20.00	119484.3	95587.5	79656.2

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

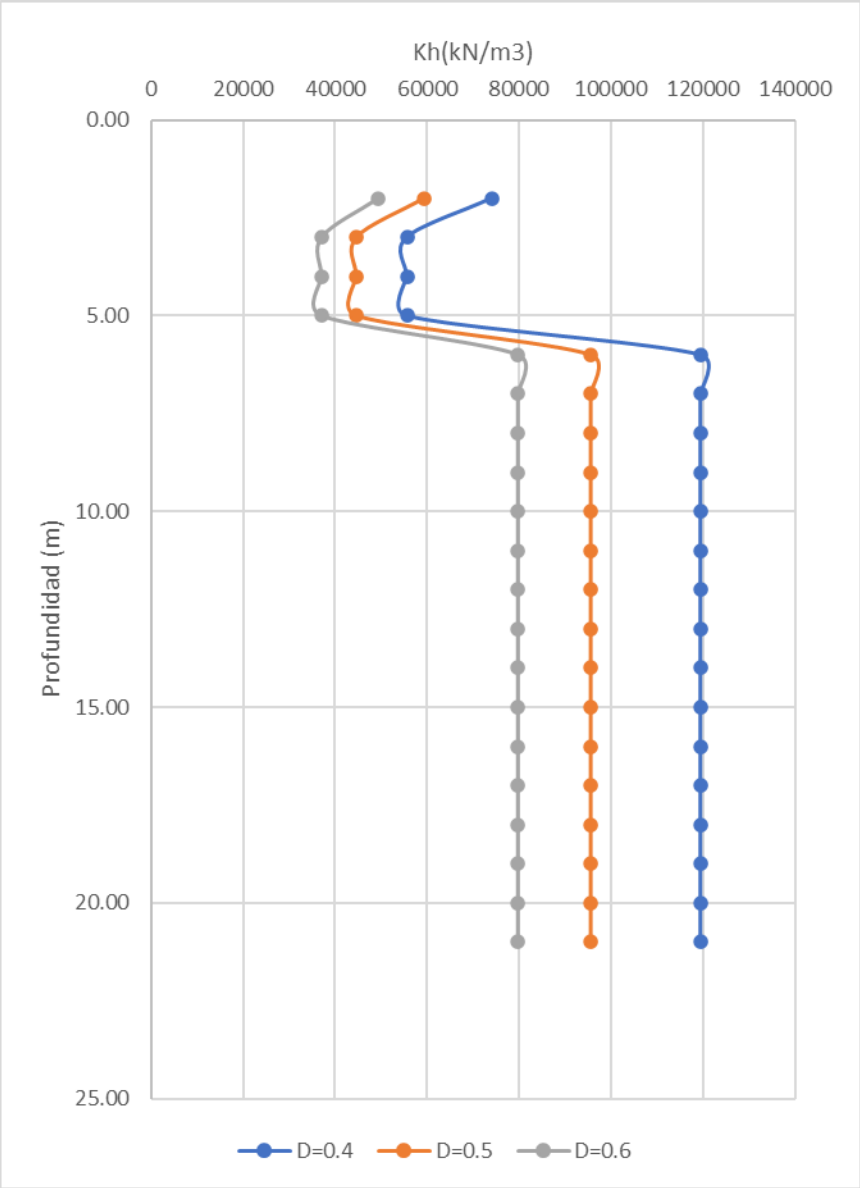


Figura 13-17. *Ábaco módulos de reacción horizontal pilotes Portal 20 de Julio Alternativa 4*

De igual forma, a continuación, se presentan los valores del módulo de reacción vertical obtenido:

Tabla 13-21. Módulos de reacción vertical pilotes Portal 20 de Julio Alternativa 4

Profundidad (m)	Kv(kN/m3)		
	0.4	0.5	0.6
1.00	87221.1	69776.9	58147.4
2.00	65470.1	52376.1	43646.7
3.00	65470.1	52376.1	43646.7
4.00	65470.1	52376.1	43646.7
5.00	140569.8	112455.8	93713.2
6.00	140569.8	112455.8	93713.2
7.00	140569.8	112455.8	93713.2
8.00	140569.8	112455.8	93713.2
9.00	140569.8	112455.8	93713.2
10.00	140569.8	112455.8	93713.2
11.00	140569.8	112455.8	93713.2
12.00	140569.8	112455.8	93713.2
13.00	140569.8	112455.8	93713.2
14.00	140569.8	112455.8	93713.2
15.00	140569.8	112455.8	93713.2
16.00	140569.8	112455.8	93713.2
17.00	140569.8	112455.8	93713.2
18.00	140569.8	112455.8	93713.2
19.00	140569.8	112455.8	93713.2
20.00	140569.8	112455.8	93713.2

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

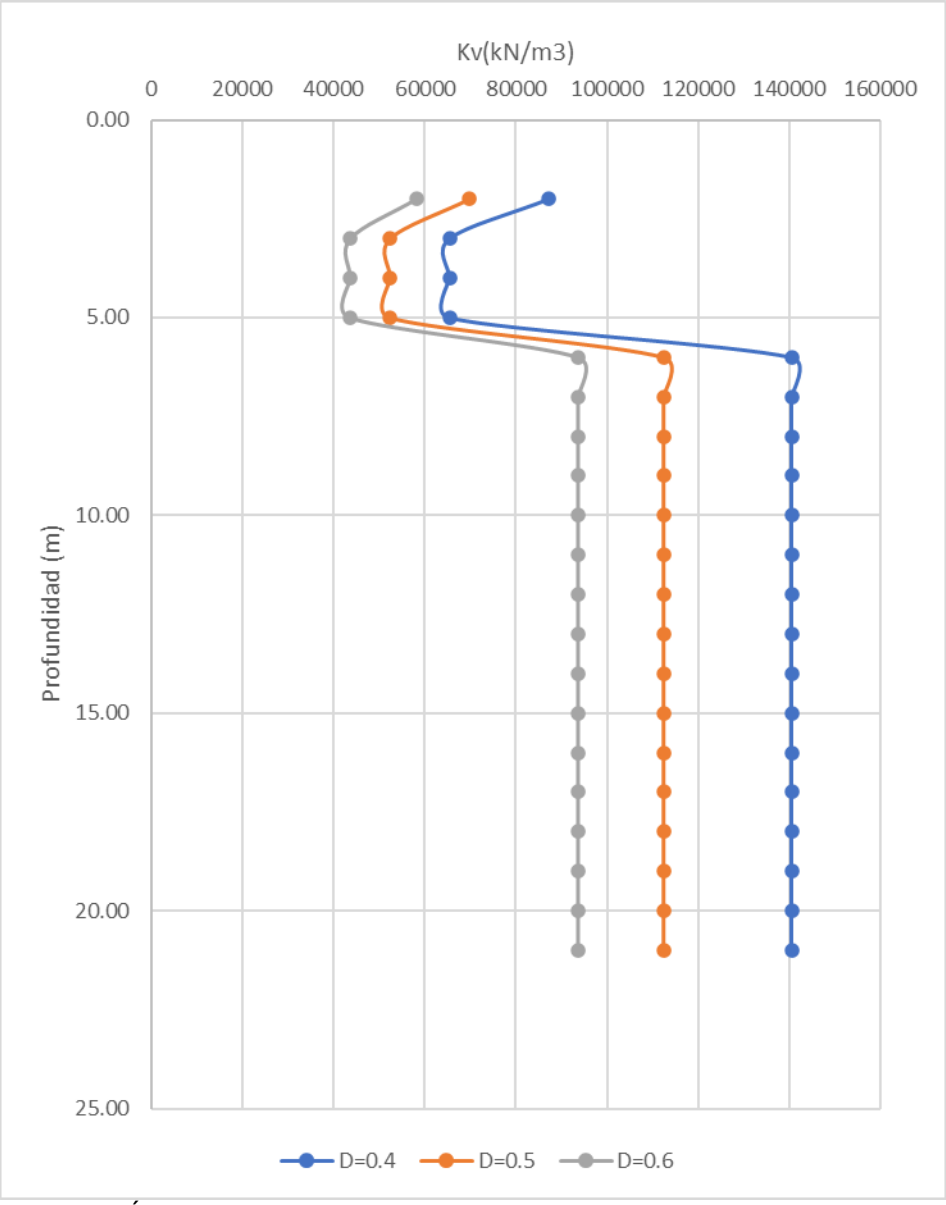


Figura 13-18. *Ábaco módulos de reacción vertical pilotes Portal 20 de Julio Alternativa 4*

Los asentamientos elásticos obtenidos para esta alternativa se limitaron a 25.0 mm para los 3 diámetros de pilote analizados tal y como se observa en las memorias de cálculo del ANEXO J, por lo que se considera adecuado para el sistema de fundación.

Caissons

Se consideró un nivel de desplante para los caissons de 1.50 m con respecto al nivel actual del terreno. Los valores de capacidad portante para esta alternativa se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 13-22. Capacidad portante caissons Portal 20 de Julio Alternativa 4

Profundidad (m)	Qadm estático(kPa)		Qadm dinámico(kPa)	
	1.2	1.5	1.2	1.5
1.00	287.4	409.5	528.7	761.2
2.00	706.0	870.0	1362.5	1678.1
3.00	731.2	898.9	1407.3	1729.2
4.00	752.5	925.6	1442.3	1772.8
5.00	1458.6	1798.2	2845.0	3506.2
6.00	1488.6	1825.8	2894.1	3547.6
7.00	1512.6	1858.2	2929.7	3597.1
8.00	1540.5	1895.6	2971.7	3654.6
9.00	1572.3	1927.8	3020.1	3700.1
10.00	1608.0	1965.0	3074.9	3753.6
11.00	1647.6	2007.1	3136.2	3815.2
12.00	1691.2	2054.0	3203.8	3884.8
13.00	1738.7	2105.9	3277.9	3962.4
14.00	1790.2	2162.7	3358.4	4048.1
15.00	1845.5	2224.4	3445.4	4141.7
16.00	1894.8	2281.0	3518.8	4223.4
17.00	1958.0	2342.5	3618.5	4313.2
18.00	2011.2	2408.9	3698.3	4410.9
19.00	2074.4	2480.2	3798.1	4516.7
20.00	2127.6	2556.5	3877.9	4630.6

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

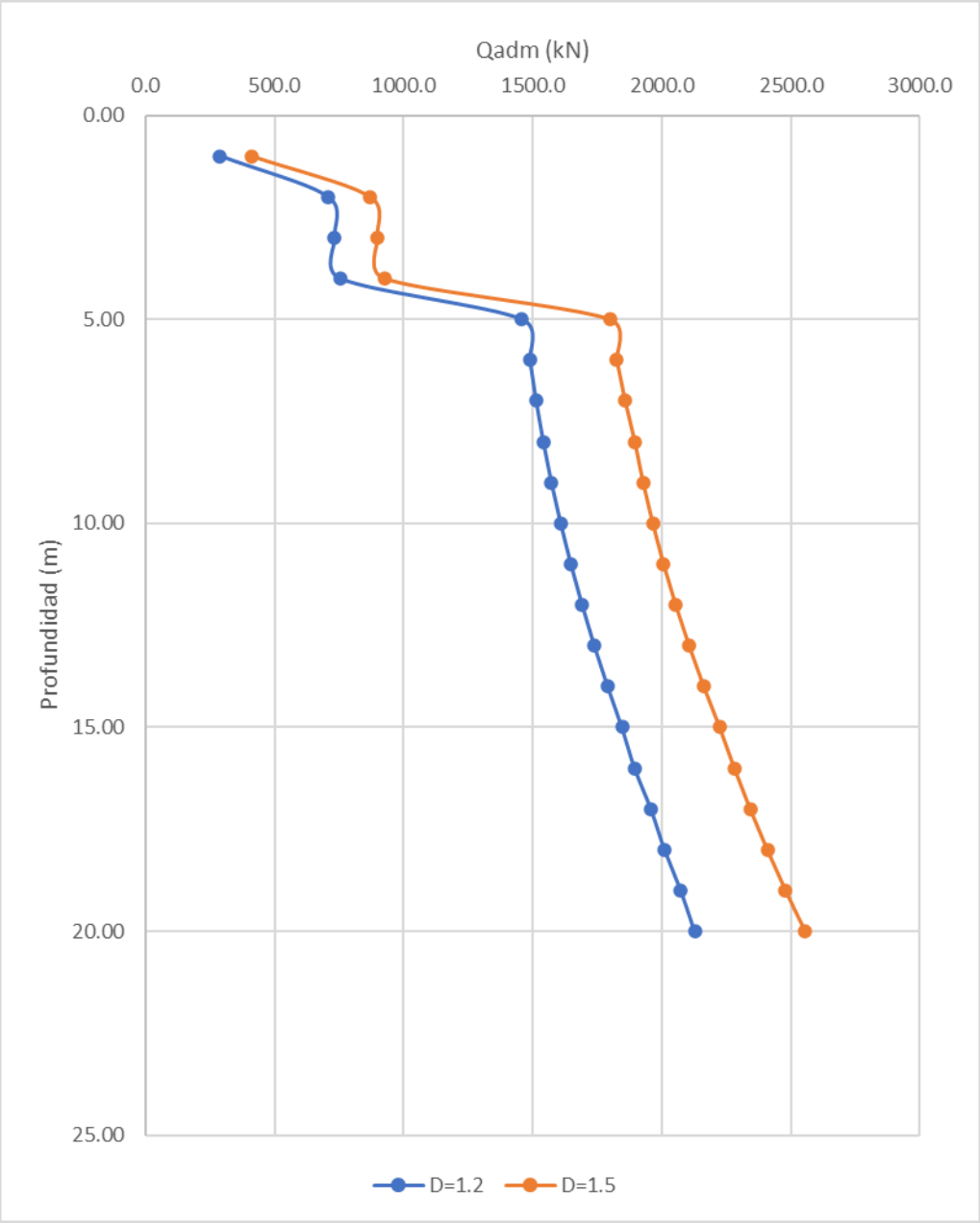


Figura 13-19. *Ábaco de capacidad portante caissons Portal 20 de Julio Alternativa 4.*

Con el fin de garantizar una capacidad portante adecuada y la correcta transferencia de cargas a estratos competentes, se recomienda una longitud mínima de caissons de 7.0 m.

Los valores del módulo de reacción horizontal se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 13-23. Módulos de reacción horizontal caissons Portal 20 de Julio Alternativa 4.

Profundidad (m)	Kh(kN/m3)	
	1.2	1.5
1.00	24712.6	19770.1
2.00	18549.9	14839.9
3.00	18549.9	14839.9
4.00	18549.9	14839.9
5.00	39828.1	31862.5
6.00	39828.1	31862.5
7.00	39828.1	31862.5
8.00	39828.1	31862.5
9.00	39828.1	31862.5
10.00	39828.1	31862.5
11.00	39828.1	31862.5
12.00	39828.1	31862.5
13.00	39828.1	31862.5
14.00	39828.1	31862.5
15.00	39828.1	31862.5
16.00	39828.1	31862.5
17.00	39828.1	31862.5
18.00	39828.1	31862.5
19.00	39828.1	31862.5
20.00	39828.1	31862.5

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

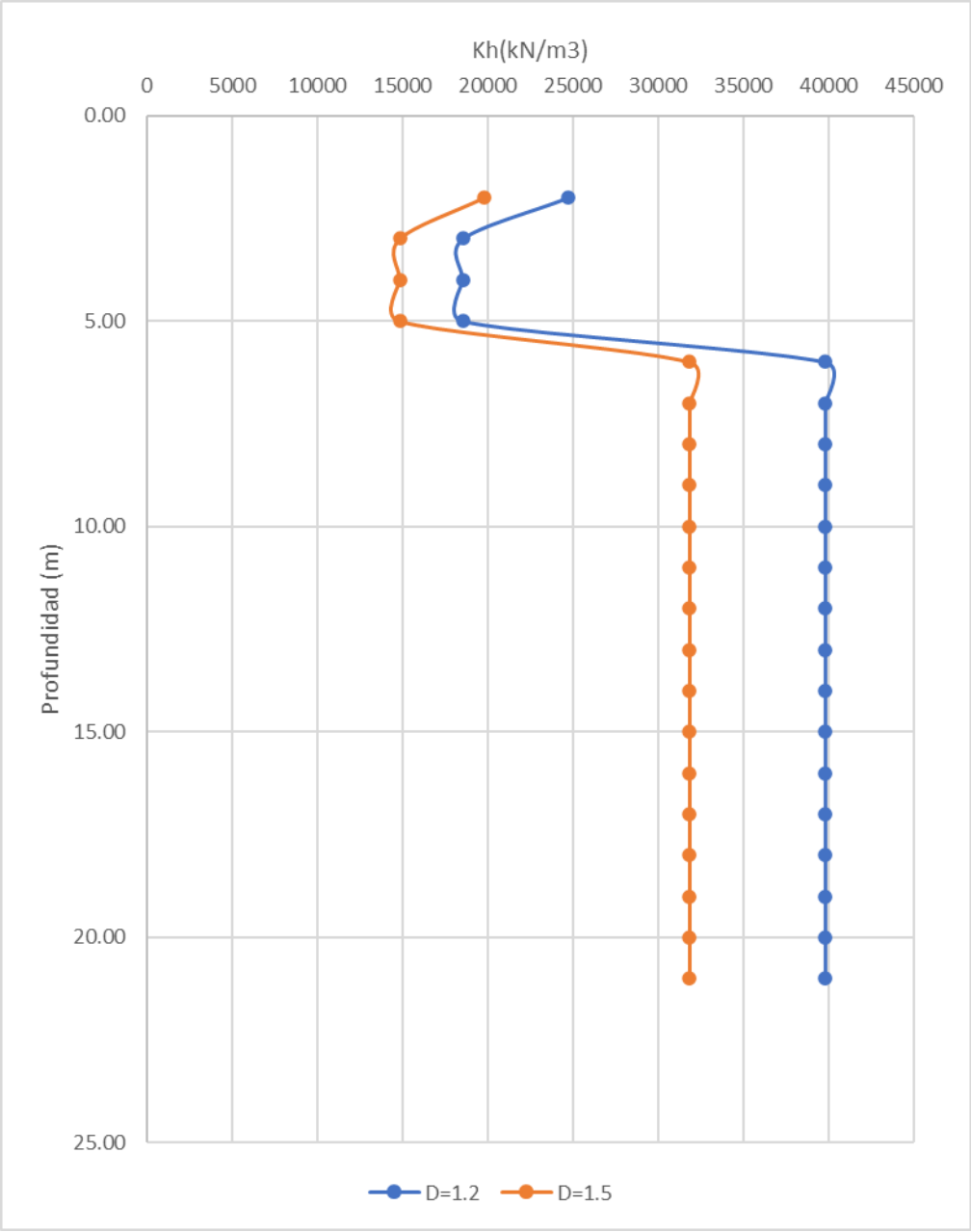


Figura 13-20. *Ábaco de módulos de reacción horizontal caissons Portal 20 de Julio Alternativa 4*

Así mismo, los valores del módulo de reacción vertical para esta alternativa son los siguientes:

Tabla 13-24. Módulos de reacción vertical caissons Portal 20 de Julio Alternativa 4

Profundidad (m)	Kv(kN/m3)	
	1.2	1.5
1.00	29073.7	23259.0
2.00	21823.4	17458.7
3.00	21823.4	17458.7
4.00	21823.4	17458.7
5.00	46856.6	37485.3
6.00	46856.6	37485.3
7.00	46856.6	37485.3
8.00	46856.6	37485.3
9.00	46856.6	37485.3
10.00	46856.6	37485.3
11.00	46856.6	37485.3
12.00	46856.6	37485.3
13.00	46856.6	37485.3
14.00	46856.6	37485.3
15.00	46856.6	37485.3
16.00	46856.6	37485.3
17.00	46856.6	37485.3
18.00	46856.6	37485.3
19.00	46856.6	37485.3
20.00	46856.6	37485.3

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

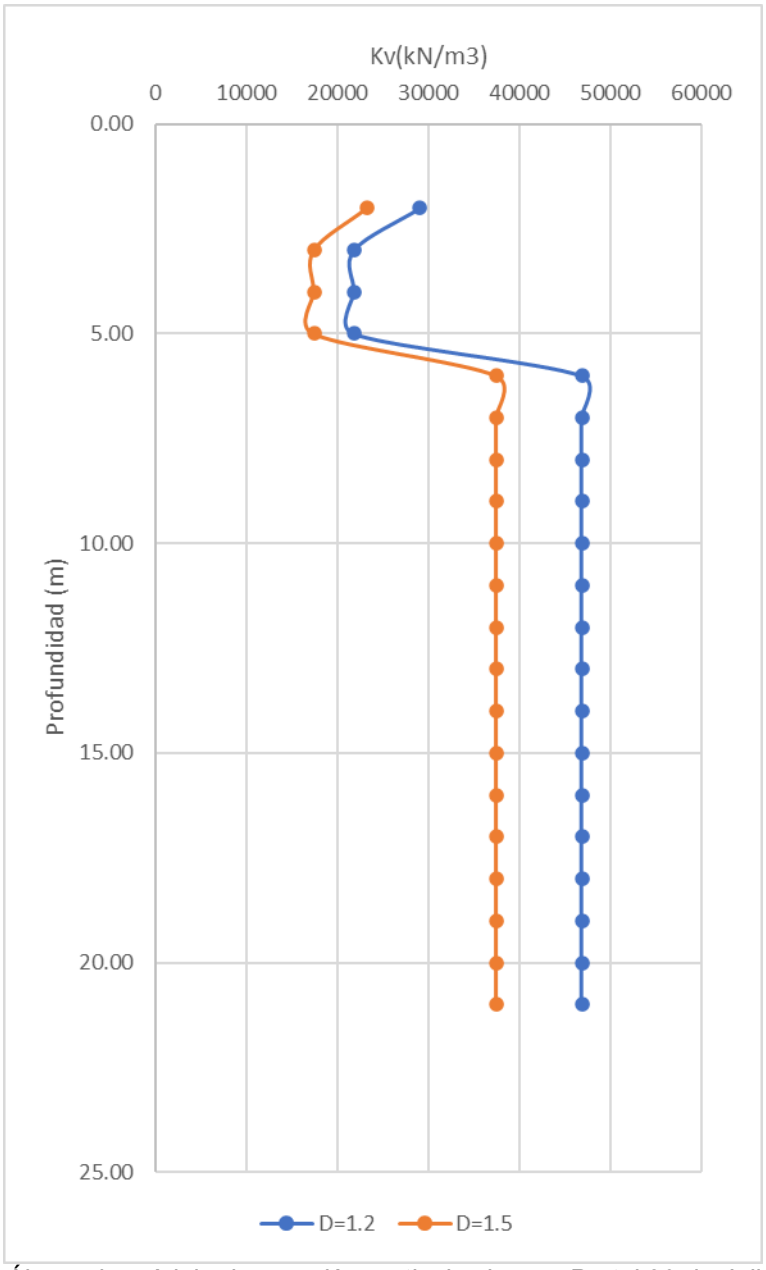


Figura 13-21. *Ábaco de módulo de reacción vertical caissons Portal 20 de Julio Alternativa 4.*

Los asentamientos elásticos obtenidos para esta alternativa se limitaron a 25.0 mm para los 2 diámetros de caisson analizados tal y como se observa en las memorias de cálculo del ANEXO J, por lo que se considera adecuado para el sistema de fundación.

13.1.2. Estación La Victoria

Zapatas

Para esta alternativa se consideró un nivel de cimentación de 2.0 m con respecto al nivel actual del terreno. Los valores de la capacidad portante obtenidos para esta alternativa se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 13-25. Capacidad portante zapatas La Victoria. para asentamiento de 2.5 cm

B(m) / B/L	Capacidad portante admisible (kN/m2)				
	1	0.75	0.5	0.25	0.1
1.0	250.0	250.0	250.0	250.0	250.0
1.5	250.0	250.0	250.0	250.0	250.0
2.0	250.0	250.0	250.0	250.0	250.0
2.5	250.0	250.0	250.0	250.3	243.7
3.0	250.0	250.0	250.0	240.7	234.4
4.0	250.0	248.7	238.7	228.7	186.0
5.0	250.5	240.9	231.2	198.0	149.0
6.0	245.1	235.6	216.0	165.0	124.0
7.0	241.2	224.0	185.0	141.0	106.0

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

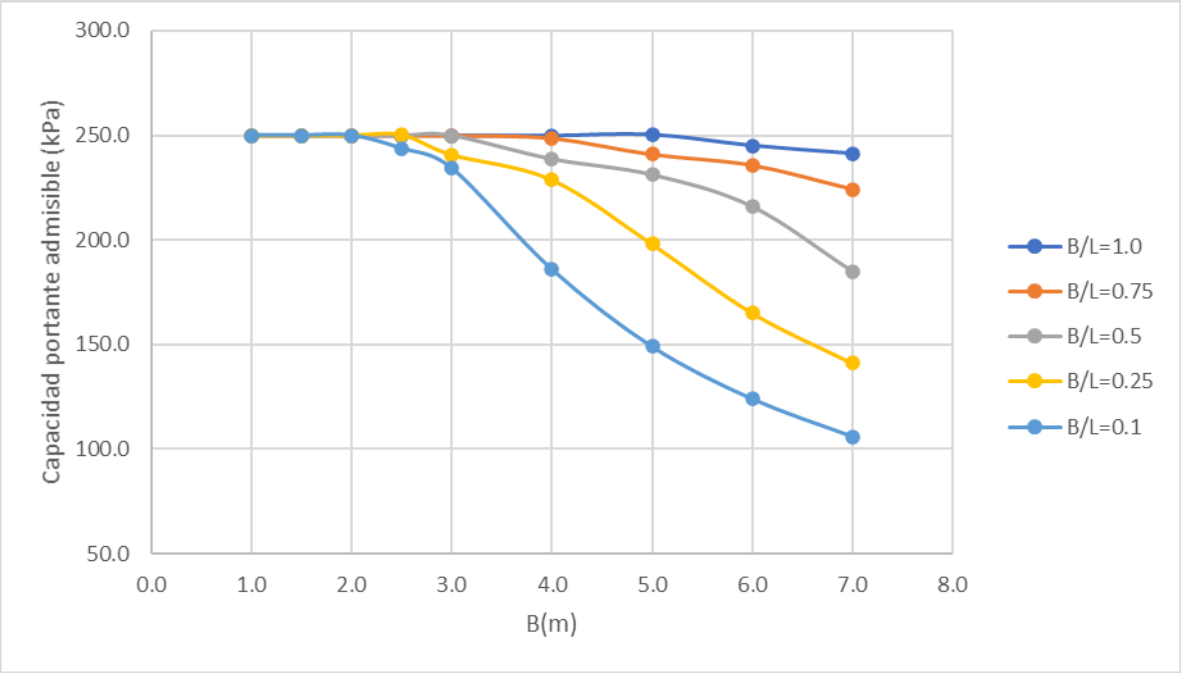


Figura 13-22. Ábaco de capacidad portante zapatas La Victoria para asentamiento de 2.5 cm

Los asentamientos y los módulos de reacción vertical para las diferentes configuraciones de zapatas analizadas se presentan en la siguiente tabla:

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

Tabla 13-26. Asentamientos y módulos de reacción vertical para zapatas La Victoria para asentamiento de 2.5 cm

Asentamiento										
B (m)	L/B	B/L	L(m)	Qadm (kN/m²)	Es (kN/m²)	v	a	ar	Se (cm)	Kv (kN/m3)
1.00	1.00	1.00	1.00	250.00	50000.00	0.45	1.1222	0.875	0.35	71652.5
1.50	1.00	1.00	1.50	250.00	50000.00	0.45	1.1222	0.875	0.52	47768.3
2.00	1.00	1.00	2.00	250.00	50000.00	0.45	1.1222	0.875	0.70	35826.2
2.50	1.00	1.00	2.50	250.00	50000.00	0.45	1.1222	0.875	0.87	28661
3.00	1.00	1.00	3.00	250.00	50000.00	0.45	1.1222	0.875	1.05	23884.2
4.00	1.00	1.00	4.00	250.00	50000.00	0.45	1.1222	0.875	1.40	17913.1
5.00	1.00	1.00	5.00	250.55	50000.00	0.45	1.1222	0.875	1.75	14330.5
6.00	1.00	1.00	6.00	245.09	50000.00	0.45	1.1222	0.875	2.05	11942.1
7.00	1.00	1.00	7.00	241.19	50000.00	0.45	1.1222	0.875	2.36	10236.1
1.00	1.33	0.75	1.33	250.00	50000.00	0.45	1.28776	1	0.40	62695.9
1.50	1.33	0.75	2.00	250.00	50000.00	0.45	1.28776	1	0.60	41797.3
2.00	1.33	0.75	2.67	250.00	50000.00	0.45	1.28776	1	0.80	31348
2.50	1.33	0.75	3.33	250.00	50000.00	0.45	1.28776	1	1.00	25078.4
3.00	1.33	0.75	4.00	250.00	50000.00	0.45	1.28776	1	1.20	20898.6
4.00	1.33	0.75	5.33	248.73	50000.00	0.45	1.28776	1	1.59	15674
5.00	1.33	0.75	6.67	240.88	50000.00	0.45	1.28776	1	1.92	12539.2
6.00	1.33	0.75	8.00	235.64	50000.00	0.45	1.28776	1	2.26	10449.3
7.00	1.33	0.75	9.33	224.00	50000.00	0.45	1.28776	1	2.50	8956.56
1.00	2.00	0.50	2.00	250.00	50000.00	0.45	1.53174	1.21	0.48	51814.8
1.50	2.00	0.50	3.00	250.00	50000.00	0.45	1.53174	1.21	0.72	34543.2
2.00	2.00	0.50	4.00	250.00	50000.00	0.45	1.53174	1.21	0.96	25907.4
2.50	2.00	0.50	5.00	250.00	50000.00	0.45	1.53174	1.21	1.21	20725.9
3.00	2.00	0.50	6.00	250.00	50000.00	0.45	1.53174	1.21	1.45	17271.6
4.00	2.00	0.50	8.00	238.73	50000.00	0.45	1.53174	1.21	1.84	12953.7
5.00	2.00	0.50	10.00	231.21	50000.00	0.45	1.53174	1.21	2.23	10363
6.00	2.00	0.50	12.00	216.00	50000.00	0.45	1.53174	1.21	2.50	8635.8
7.00	2.00	0.50	14.00	185.00	50000.00	0.45	1.53174	1.21	2.50	7402.12
1.00	4.00	0.25	4.00	250.00	50000.00	0.45	1.9637	1.583	0.63	39605.8
1.50	4.00	0.25	6.00	250.00	50000.00	0.45	1.9637	1.583	0.95	26403.8
2.00	4.00	0.25	8.00	250.00	50000.00	0.45	1.9637	1.583	1.26	19802.9
2.50	4.00	0.25	10.00	250.29	50000.00	0.45	1.9637	1.583	1.58	15842.3
3.00	4.00	0.25	12.00	240.71	50000.00	0.45	1.9637	1.583	1.82	13201.9
4.00	4.00	0.25	16.00	228.73	50000.00	0.45	1.9637	1.583	2.31	9901.44
5.00	4.00	0.25	20.00	198.00	50000.00	0.45	1.9637	1.583	2.50	7921.15
6.00	4.00	0.25	24.00	165.00	50000.00	0.45	1.9637	1.583	2.50	6600.96
7.00	4.00	0.25	28.00	141.00	50000.00	0.45	1.9637	1.583	2.49	5657.97
1.00	10.00	0.10	10.00	250.00	50000.00	0.45	2.54429	2.1	0.84	29855.2
1.50	10.00	0.10	15.00	250.00	50000.00	0.45	2.54429	2.1	1.26	19903.5
2.00	10.00	0.10	20.00	250.00	50000.00	0.45	2.54429	2.1	1.67	14927.6
2.50	10.00	0.10	25.00	243.69	50000.00	0.45	2.54429	2.1	2.04	11942.1
3.00	10.00	0.10	30.00	234.38	50000.00	0.45	2.54429	2.1	2.36	9951.73
4.00	10.00	0.10	40.00	186.00	50000.00	0.45	2.54429	2.1	2.49	7463.8
5.00	10.00	0.10	50.00	149.00	50000.00	0.45	2.54429	2.1	2.50	5971.04
6.00	10.00	0.10	60.00	124.00	50000.00	0.45	2.54429	2.1	2.49	4975.87
7.00	10.00	0.10	70.00	106.00	50000.00	0.45	2.54429	2.1	2.49	4265.03

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

Pilotes

Se prevé un nivel de desplante de los pilotes de 1.50 m. Los valores de capacidad portante del pilote individual para diferentes diámetros y profundidades se presentan a continuación:

Tabla 13-27. Capacidad portante pilotes La Victoria

Profundidad (m)	Qadm estático(kPa)			Qadm dinámico(kPa)		
	0.4	0.5	0.6	0.4	0.5	0.6
2.00	87.1	120.6	158.9	156.2	218.8	290.8
3.00	111.8	151.5	195.9	196.6	269.3	351.4
4.00	136.5	182.3	233.0	237.0	319.8	412.0
5.00	161.1	213.2	270.0	277.4	370.3	472.6
6.00	194.1	256.7	325.0	334.0	445.8	568.9
7.00	219.4	288.4	363.1	375.5	497.7	631.2
8.00	244.8	320.2	401.2	417.1	549.6	693.5
9.00	270.2	351.9	439.3	458.6	601.5	755.8
10.00	295.6	383.6	477.3	500.2	653.5	818.1
11.00	321.0	415.4	515.4	541.7	705.4	880.4
12.00	346.4	447.1	553.5	583.2	757.3	942.7
13.00	371.7	478.8	591.5	624.8	809.2	1005.0
14.00	397.1	510.5	629.6	666.3	861.1	1067.3
15.00	422.5	542.3	667.7	707.8	913.1	1129.6
16.00	447.9	574.0	705.8	749.4	965.0	1191.9
17.00	473.3	605.7	743.8	790.9	1016.9	1254.2
18.00	578.6	757.4	949.8	986.5	1301.4	1643.7
19.00	619.7	808.8	1011.6	1053.9	1385.7	1744.8
20.00	660.9	860.3	1073.4	1121.3	1469.9	1845.9
21.00	702.1	911.8	1135.2	1188.7	1554.2	1947.0

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

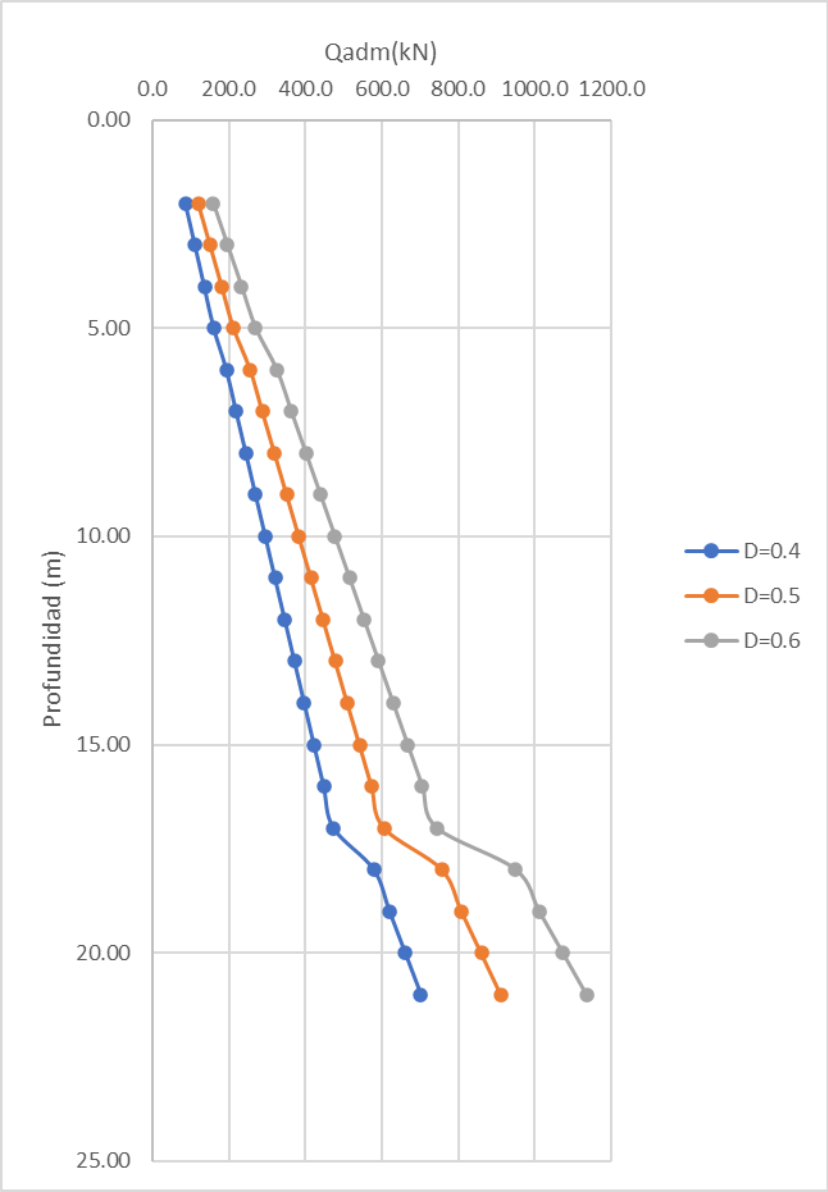


Figura 13-23. *Ábaco de capacidad portante pilotes La Victoria*

De acuerdo con lo anterior, se recomienda una longitud mínima de pilote de 10.0 m con el fin de obtener capacidades portantes adecuadas y alcanzar estratos competentes.

Los módulos de reacción horizontal para los diferentes diámetros y longitudes analizadas se presentan a continuación:

Tabla 13-28. Módulos de reacción horizontal pilotes La Victoria

Profundidad (m)	Kh(kN/m3)		
	0.4	0.5	0.6
2.00	156739.8	125391.8	104493.2
3.00	156739.8	125391.8	104493.2
4.00	156739.8	125391.8	104493.2
5.00	156739.8	125391.8	104493.2
6.00	188087.8	150470.2	125391.8
7.00	188087.8	150470.2	125391.8
8.00	188087.8	150470.2	125391.8
9.00	188087.8	150470.2	125391.8
10.00	188087.8	150470.2	125391.8
11.00	188087.8	150470.2	125391.8
12.00	188087.8	150470.2	125391.8
13.00	188087.8	150470.2	125391.8
14.00	188087.8	150470.2	125391.8
15.00	188087.8	150470.2	125391.8
16.00	188087.8	150470.2	125391.8
17.00	188087.8	150470.2	125391.8
18.00	454545.5	363636.4	303030.3
19.00	454545.5	363636.4	303030.3
20.00	454545.5	363636.4	303030.3
21.00	454545.5	363636.4	303030.3

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

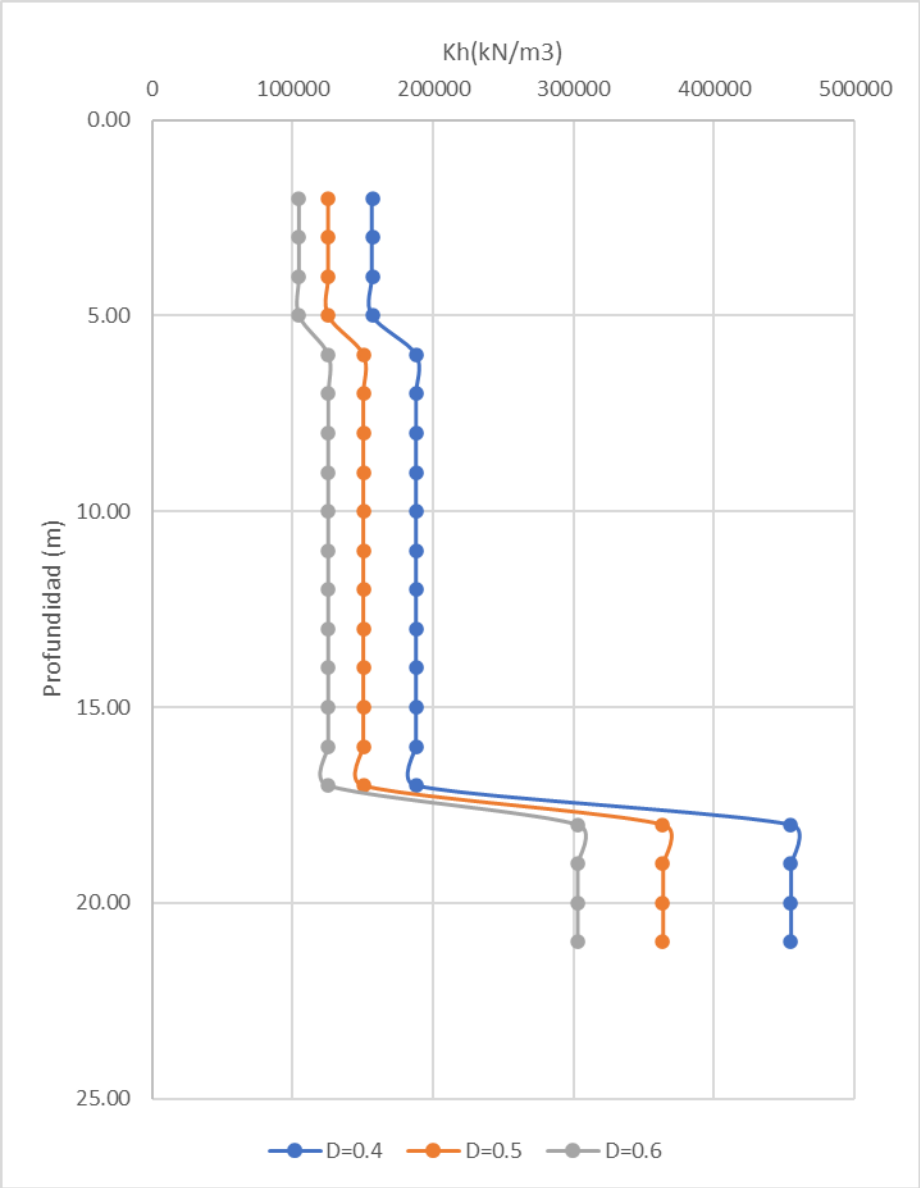


Figura 13-24. *Ábaco módulos de reacción horizontal pilotes La Victoria*

De igual forma, a continuación, se presentan los valores del módulo de reacción vertical obtenido:

Tabla 13-29. Módulos de reacción vertical pilotes La Victoria

Profundidad (m)	Kv(kN/m3)		
	0.4	0.5	0.6
2.00	184399.8	147519.8	122933.2
3.00	184399.8	147519.8	122933.2
4.00	184399.8	147519.8	122933.2
5.00	184399.8	147519.8	122933.2
6.00	221279.7	177023.8	147519.8
7.00	221279.7	177023.8	147519.8
8.00	221279.7	177023.8	147519.8
9.00	221279.7	177023.8	147519.8
10.00	221279.7	177023.8	147519.8
11.00	221279.7	177023.8	147519.8
12.00	221279.7	177023.8	147519.8
13.00	221279.7	177023.8	147519.8
14.00	221279.7	177023.8	147519.8
15.00	221279.7	177023.8	147519.8
16.00	221279.7	177023.8	147519.8
17.00	221279.7	177023.8	147519.8
18.00	534759.4	427807.5	356506.2
19.00	534759.4	427807.5	356506.2
20.00	534759.4	427807.5	356506.2
21.00	534759.4	427807.5	356506.2

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

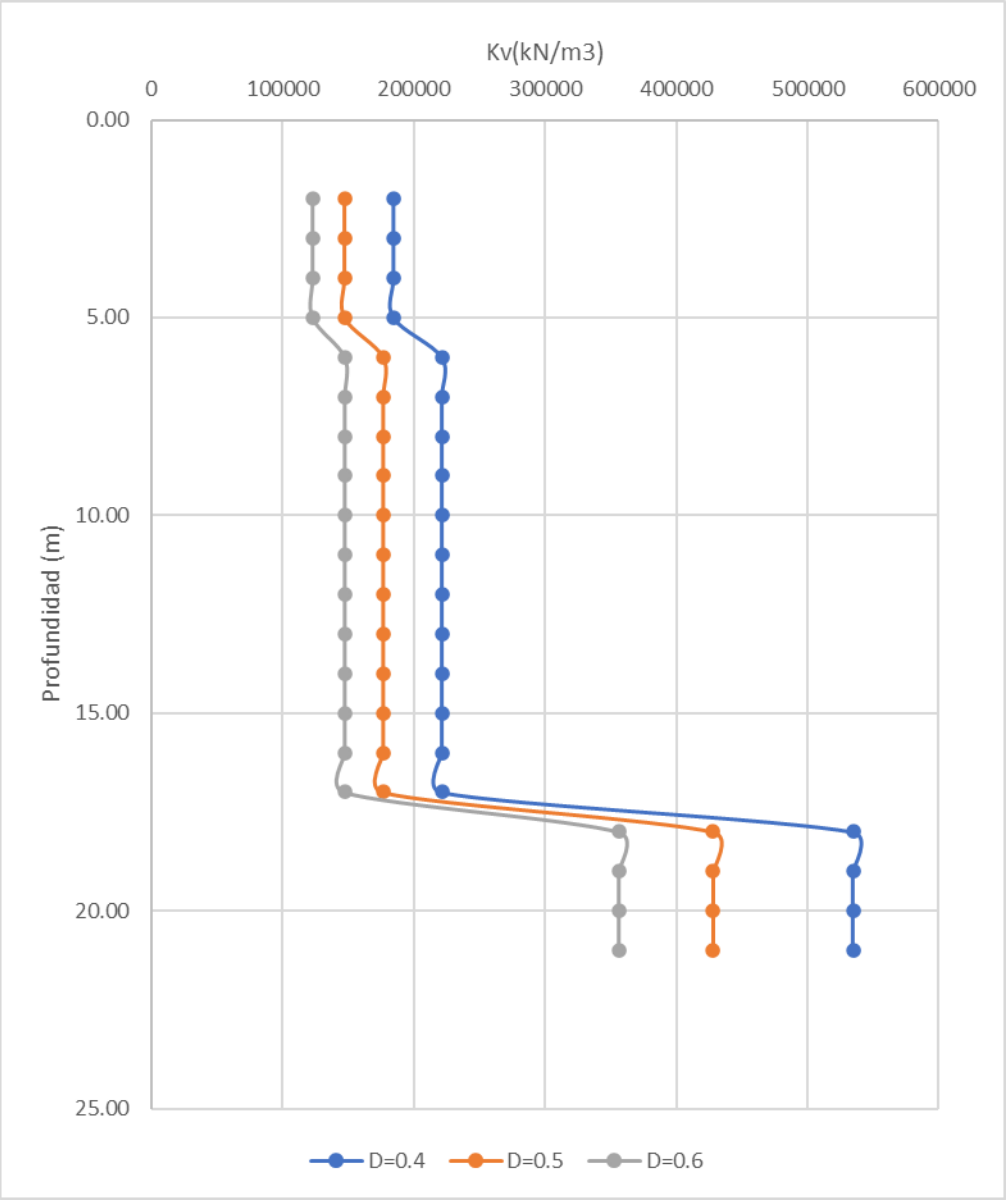


Figura 13-25. *Ábaco módulos de reacción vertical pilotes La Victoria*

Los asentamientos elásticos obtenidos para esta alternativa no superan los 3.5 mm para los 3 diámetros de pilote analizados tal y como se observa en las memorias de cálculo del ANEXO J, por lo que se considera adecuado para el sistema de fundación.

Caissons

Se consideró un nivel de desplante para los caissons de 1.50 m con respecto al nivel actual del terreno. Los valores de capacidad portante para esta alternativa se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 13-30. Capacidad portante caissons La Victoria

Profundidad (m)	Qadm estático(kPa)		Qadm estático(kPa)	
	1.2	1.5	1.2	1.5
2.00	487.4	715.3	921.0	1363.3
3.00	561.5	807.9	1042.2	1514.8
4.00	635.6	900.5	1163.4	1666.3
5.00	709.6	993.1	1284.6	1817.8
6.00	853.6	1194.3	1544.9	2185.6
7.00	929.8	1289.5	1669.5	2341.4
8.00	1005.9	1384.6	1794.1	2497.1
9.00	1082.1	1479.8	1918.7	2652.9
10.00	1158.2	1575.0	2043.3	2808.6
11.00	1234.4	1670.2	2167.9	2964.4
12.00	1310.5	1765.4	2292.6	3120.2
13.00	1386.7	1860.6	2417.2	3275.9
14.00	1462.8	1955.8	2541.8	3431.7
15.00	1539.0	2051.0	2666.4	3587.4
16.00	1615.1	2146.1	2791.0	3743.2
17.00	1691.3	2241.3	2915.6	3899.0
18.00	2391.6	3297.0	4271.4	5954.2
19.00	2515.2	3451.5	4473.6	6206.9
20.00	2638.8	3605.9	4675.8	6459.7
21.00	2762.3	3760.4	4878.0	6712.4

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

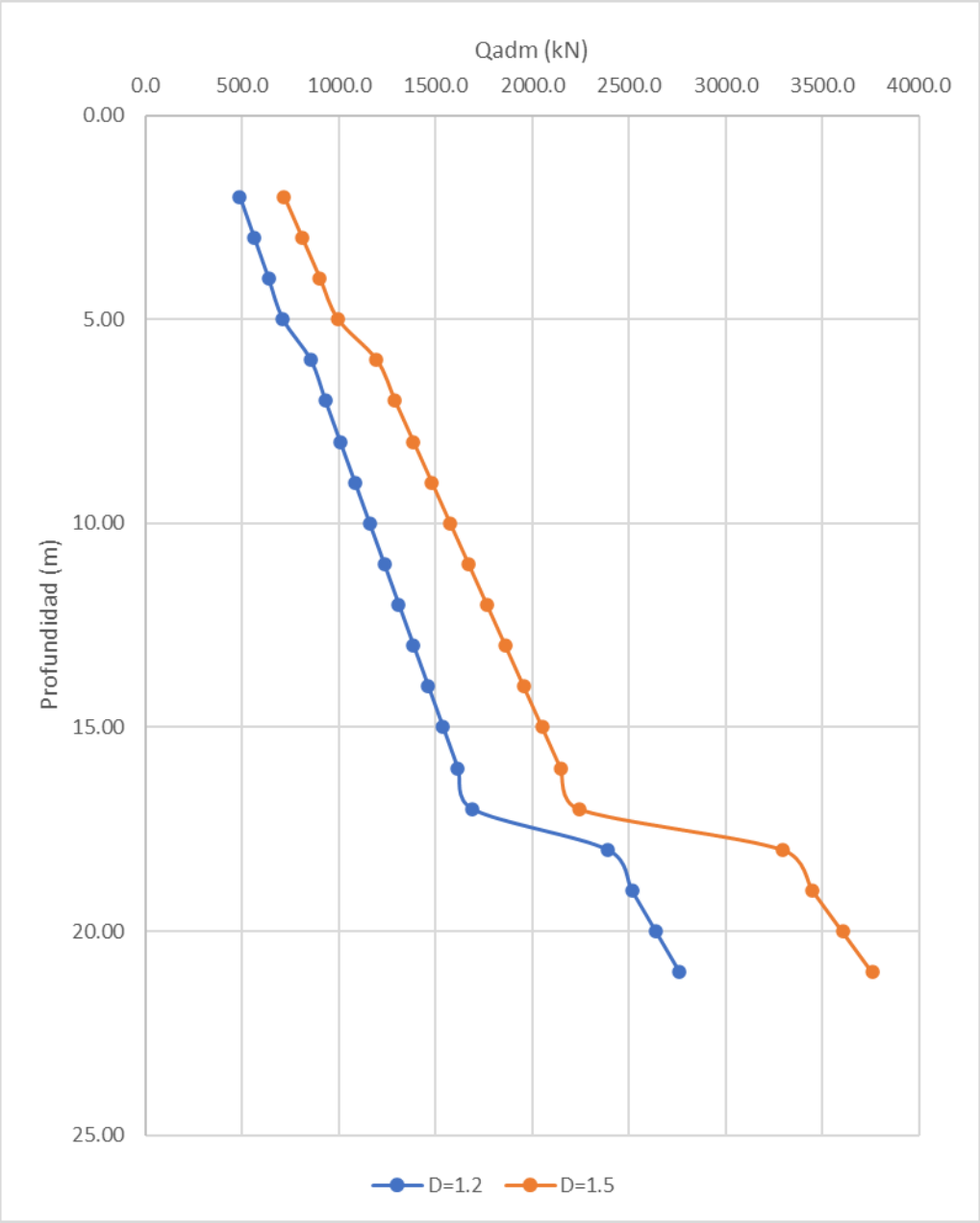


Figura 13-26. *Ábaco de capacidad portante caissons La Victoria*

Con el fin de garantizar una capacidad portante adecuada y la correcta transferencia de cargas a estratos competentes, se recomienda una longitud mínima de caissons de 10.0 m

Los valores del módulo de reacción horizontal se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 13-31. Módulos de reacción horizontal caissons La Victoria

Profundidad (m)	Kh(kN/m3)	
	1.2	1.5
2.00	52246.6	41797.3
3.00	52246.6	41797.3
4.00	52246.6	41797.3
5.00	52246.6	41797.3
6.00	62695.9	50156.7
7.00	62695.9	50156.7
8.00	62695.9	50156.7
9.00	62695.9	50156.7
10.00	62695.9	50156.7
11.00	62695.9	50156.7
12.00	62695.9	50156.7
13.00	62695.9	50156.7
14.00	62695.9	50156.7
15.00	62695.9	50156.7
16.00	62695.9	50156.7
17.00	62695.9	50156.7
18.00	151515.2	121212.1
19.00	151515.2	121212.1
20.00	151515.2	121212.1
21.00	151515.2	121212.1

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

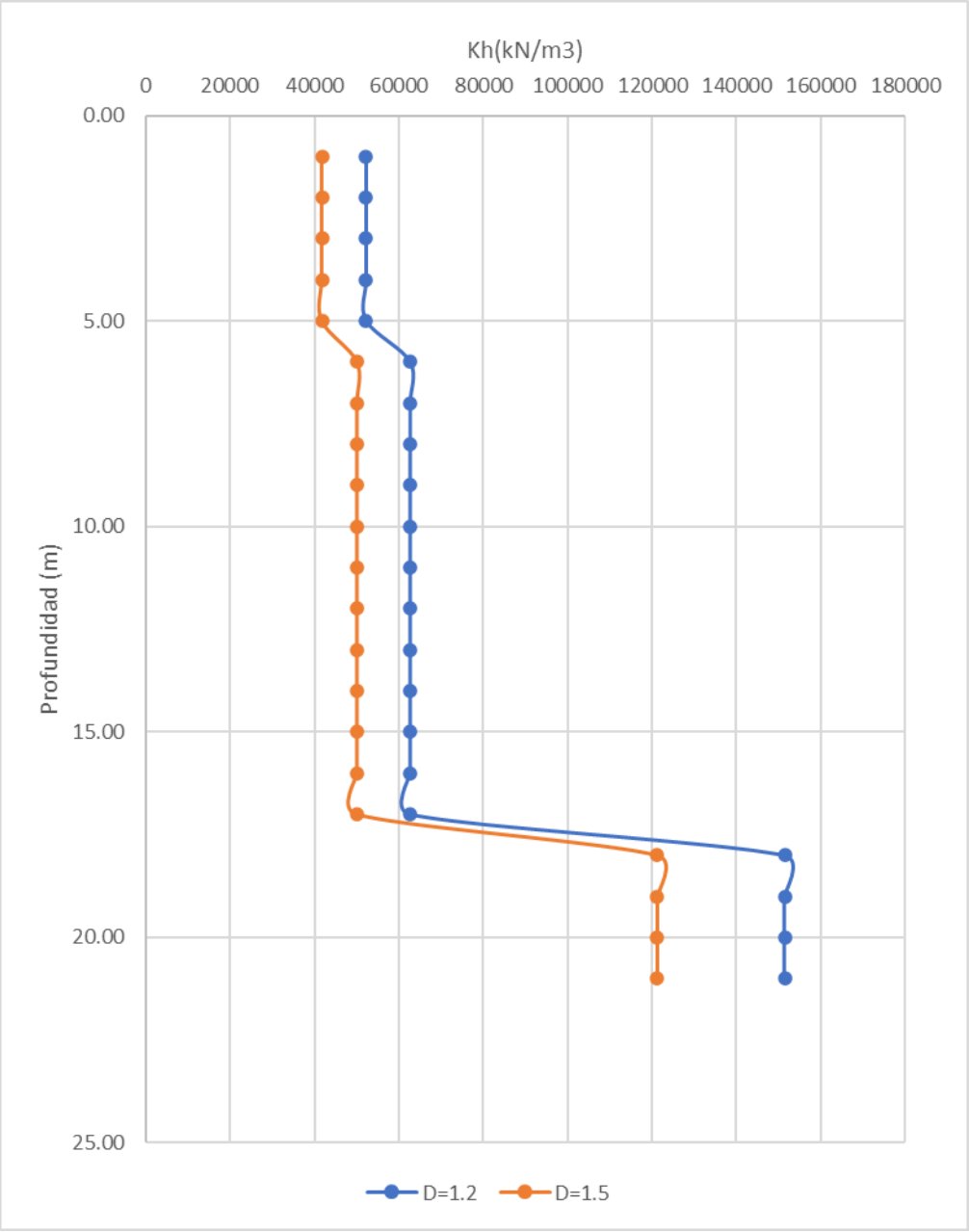


Figura 13-27. *Ábaco de módulos de reacción horizontal caissons La Victoria*

Así mismo, los valores del módulo de reacción vertical para esta alternativa son los siguientes:

Tabla 13-32. Módulos de reacción vertical caissons La Victoria

Profundidad (m)	Kv(kN/m3)	
	1.2	1.5
2.00	61466.6	49173.3
3.00	61466.6	49173.3
4.00	61466.6	49173.3
5.00	61466.6	49173.3
6.00	73759.9	59007.9
7.00	73759.9	59007.9
8.00	73759.9	59007.9
9.00	73759.9	59007.9
10.00	73759.9	59007.9
11.00	73759.9	59007.9
12.00	73759.9	59007.9
13.00	73759.9	59007.9
14.00	73759.9	59007.9
15.00	73759.9	59007.9
16.00	73759.9	59007.9
17.00	73759.9	59007.9
18.00	178253.1	142602.5
19.00	178253.1	142602.5
20.00	178253.1	142602.5
21.00	178253.1	142602.5

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C. MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

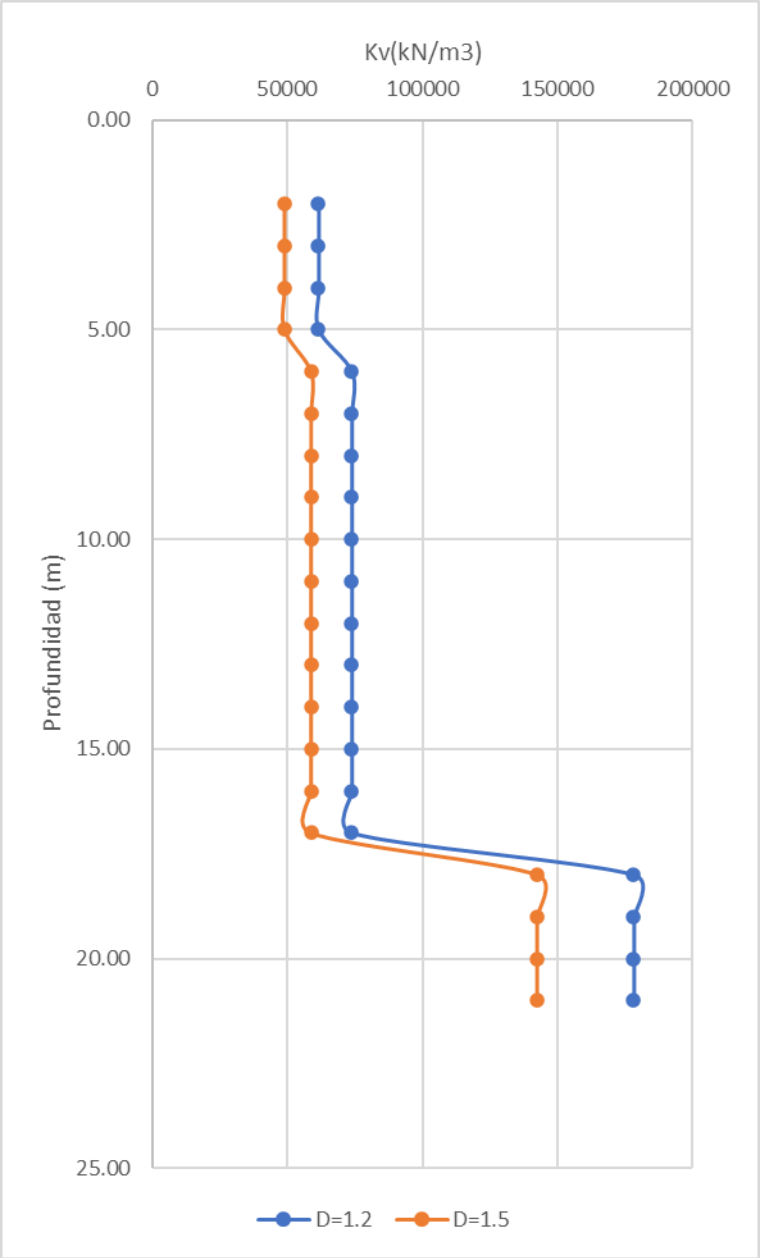


Figura 13-28. *Ábaco de módulo de reacción vertical caissons La Victoria*

Los asentamientos elásticos obtenidos para esta alternativa no superan los 15.0 mm para los 2 diámetros de caisson analizados tal y como se observa en las memorias de cálculo del ANEXO J, por lo que se considera adecuado para el sistema de fundación.

13.1.3. Estación Altamira

Zapatas

Para esta alternativa se consideró un nivel de cimentación de 3.0 m con respecto al nivel actual del terreno. Los valores de la capacidad portante obtenidos para esta alternativa se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 13-33. Capacidad portante zapatas Altamira para asentamiento de 2.5 cm

B(m) / B/L	Capacidad portante admisible (kN/m2)				
	1	0.75	0.5	0.25	0.1
1.0	250.0	250.0	250.0	250.0	250.0
1.5	250.0	250.0	250.0	250.0	250.0
2.0	250.0	250.0	250.0	250.0	250.0
2.5	250.0	250.0	250.0	250.0	250.0
3.0	250.0	250.0	250.0	250.0	250.0
4.0	250.0	250.0	250.0	250.0	224.0
5.0	250.0	250.0	250.0	238.0	179.0
6.0	250.0	250.0	250.0	198.0	149.0
7.0	250.0	250.0	222.0	170.0	128.0

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

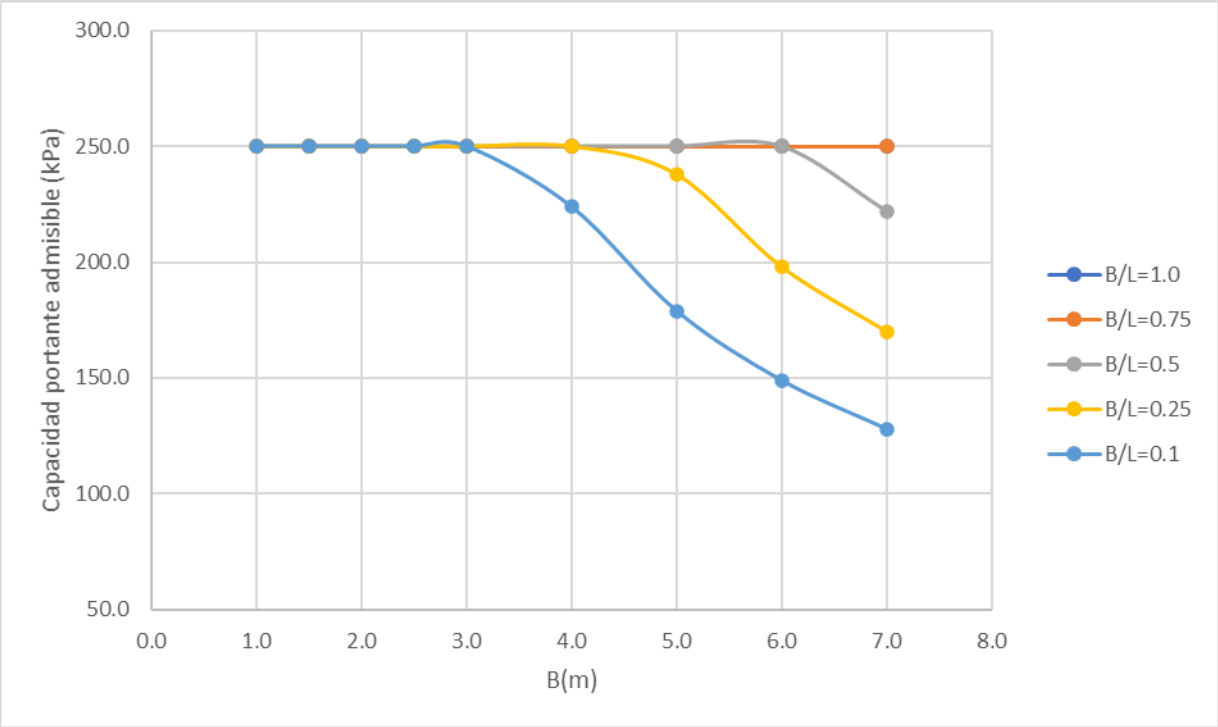


Figura 13-29. *Ábaco de capacidad portante zapatas Altamira para asentamiento de 2.5 cm*

Los asentamientos y los módulos de reacción vertical para las diferentes configuraciones de zapatas analizadas se presentan en la siguiente tabla:

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

Tabla 13-34. Asentamientos y módulos de reacción vertical para zapatas Altamira para asentamiento de 2.5 cm

Asentamiento										
B (m)	L/B	B/L	L(m)	Qadm (kN/m²)	Es (kN/m²)	v	a	ar	Se (cm)	Kv (kN/m3)
1.00	1.00	1.00	1.00	250.00	60000.00	0.45	1.1222	0.875	0.29	85983
1.50	1.00	1.00	1.50	250.00	60000.00	0.45	1.1222	0.875	0.44	57322
2.00	1.00	1.00	2.00	250.00	60000.00	0.45	1.1222	0.875	0.58	42991.5
2.50	1.00	1.00	2.50	250.00	60000.00	0.45	1.1222	0.875	0.73	34393.2
3.00	1.00	1.00	3.00	250.00	60000.00	0.45	1.1222	0.875	0.87	28661
4.00	1.00	1.00	4.00	250.00	60000.00	0.45	1.1222	0.875	1.16	21495.7
5.00	1.00	1.00	5.00	250.00	60000.00	0.45	1.1222	0.875	1.45	17196.6
6.00	1.00	1.00	6.00	250.00	60000.00	0.45	1.1222	0.875	1.74	14330.5
7.00	1.00	1.00	7.00	250.00	60000.00	0.45	1.1222	0.875	2.04	12283.3
1.00	1.33	0.75	1.33	250.00	60000.00	0.45	1.28776	1	0.33	75235.1
1.50	1.33	0.75	2.00	250.00	60000.00	0.45	1.28776	1	0.50	50156.7
2.00	1.33	0.75	2.67	250.00	60000.00	0.45	1.28776	1	0.66	37617.6
2.50	1.33	0.75	3.33	250.00	60000.00	0.45	1.28776	1	0.83	30094
3.00	1.33	0.75	4.00	250.00	60000.00	0.45	1.28776	1	1.00	25078.4
4.00	1.33	0.75	5.33	250.00	60000.00	0.45	1.28776	1	1.33	18808.8
5.00	1.33	0.75	6.67	250.00	60000.00	0.45	1.28776	1	1.66	15047
6.00	1.33	0.75	8.00	250.00	60000.00	0.45	1.28776	1	1.99	12539.2
7.00	1.33	0.75	9.33	250.00	60000.00	0.45	1.28776	1	2.33	10747.9
1.00	2.00	0.50	2.00	250.00	60000.00	0.45	1.53174	1.21	0.40	62177.8
1.50	2.00	0.50	3.00	250.00	60000.00	0.45	1.53174	1.21	0.60	41451.9
2.00	2.00	0.50	4.00	250.00	60000.00	0.45	1.53174	1.21	0.80	31088.9
2.50	2.00	0.50	5.00	250.00	60000.00	0.45	1.53174	1.21	1.01	24871.1
3.00	2.00	0.50	6.00	250.00	60000.00	0.45	1.53174	1.21	1.21	20725.9
4.00	2.00	0.50	8.00	250.00	60000.00	0.45	1.53174	1.21	1.61	15544.4
5.00	2.00	0.50	10.00	250.00	60000.00	0.45	1.53174	1.21	2.01	12435.6
6.00	2.00	0.50	12.00	250.00	60000.00	0.45	1.53174	1.21	2.41	10363
7.00	2.00	0.50	14.00	222.00	60000.00	0.45	1.53174	1.21	2.50	8882.54
1.00	4.00	0.25	4.00	250.00	60000.00	0.45	1.9637	1.583	0.53	47526.9
1.50	4.00	0.25	6.00	250.00	60000.00	0.45	1.9637	1.583	0.79	31684.6
2.00	4.00	0.25	8.00	250.00	60000.00	0.45	1.9637	1.583	1.05	23763.5
2.50	4.00	0.25	10.00	250.00	60000.00	0.45	1.9637	1.583	1.32	19010.8
3.00	4.00	0.25	12.00	250.00	60000.00	0.45	1.9637	1.583	1.58	15842.3
4.00	4.00	0.25	16.00	250.00	60000.00	0.45	1.9637	1.583	2.10	11881.7
5.00	4.00	0.25	20.00	238.00	60000.00	0.45	1.9637	1.583	2.50	9505.38
6.00	4.00	0.25	24.00	198.00	60000.00	0.45	1.9637	1.583	2.50	7921.15
7.00	4.00	0.25	28.00	170.00	60000.00	0.45	1.9637	1.583	2.50	6789.56
1.00	10.00	0.10	10.00	250.00	60000.00	0.45	2.54429	2.1	0.70	35826.2
1.50	10.00	0.10	15.00	250.00	60000.00	0.45	2.54429	2.1	1.05	23884.2
2.00	10.00	0.10	20.00	250.00	60000.00	0.45	2.54429	2.1	1.40	17913.1
2.50	10.00	0.10	25.00	250.00	60000.00	0.45	2.54429	2.1	1.74	14330.5
3.00	10.00	0.10	30.00	250.00	60000.00	0.45	2.54429	2.1	2.09	11942.1
4.00	10.00	0.10	40.00	224.00	60000.00	0.45	2.54429	2.1	2.50	8956.56
5.00	10.00	0.10	50.00	179.00	60000.00	0.45	2.54429	2.1	2.50	7165.25
6.00	10.00	0.10	60.00	149.00	60000.00	0.45	2.54429	2.1	2.50	5971.04
7.00	10.00	0.10	70.00	128.00	60000.00	0.45	2.54429	2.1	2.50	5118.03

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C. Instituto Desarrollo Urbano

Pilotes

Para esta alternativa se prevé un nivel de desplante de los pilotes de 1.50 m. Los valores de capacidad portante del pilote individual para diferentes diámetros y profundidades se presentan a continuación:

Tabla 13-35. Capacidad portante pilotes Altamira

Profundidad (m)	Qadm estático(kPa)			Qadm dinámico(kPa)		
	0.4	0.5	0.6	0.4	0.5	0.6
2.00	88.8	125.1	167.1	161.7	230.4	310.4
3.00	114.2	156.8	205.2	203.3	282.3	372.7
4.00	175.1	242.5	319.3	314.0	439.6	584.1
5.00	206.0	281.0	365.5	364.5	502.7	659.8
6.00	236.8	319.6	411.8	414.9	565.8	735.5
7.00	267.6	358.1	458.0	465.4	628.8	811.1
8.00	298.5	396.6	504.2	515.8	691.9	886.8
9.00	329.3	435.2	550.5	566.3	754.9	962.5
10.00	404.4	539.7	688.6	701.5	945.2	1216.3
11.00	445.6	591.2	750.4	768.9	1029.5	1317.4
12.00	486.8	642.6	812.2	836.3	1113.7	1418.4
13.00	528.0	694.1	873.9	903.7	1198.0	1519.5
14.00	569.2	745.6	935.7	971.1	1282.2	1620.6
15.00	610.3	797.1	997.5	1038.5	1366.5	1721.7
16.00	651.5	848.6	1059.3	1105.9	1450.7	1822.8
17.00	692.7	900.1	1121.1	1173.3	1534.9	1923.9
18.00	733.9	951.5	1182.9	1240.7	1619.2	2025.0
19.00	775.1	1003.0	1244.6	1308.1	1703.4	2126.1
20.00	816.3	1054.5	1306.4	1375.5	1787.7	2227.2
21.00	857.5	1106.0	1368.2	1442.9	1871.9	2328.3

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

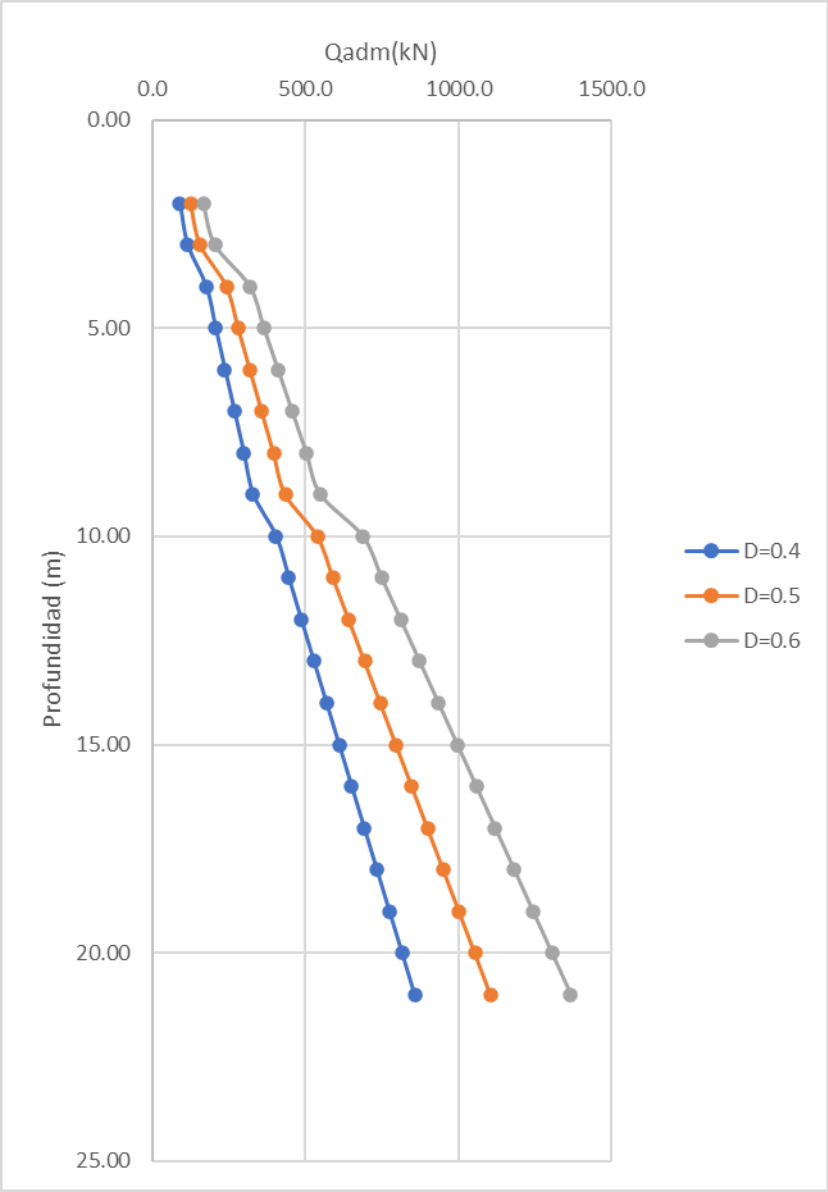


Figura 13-30. *Ábaco de capacidad portante pilotes Altamira*

De acuerdo con lo anterior, para esta alternativa de cimentación se recomienda una longitud mínima de pilotes de 12.0 m para garantizar una adecuada capacidad portante y una correcta transmisión de cargas a estratos competentes.

Los módulos de reacción horizontal para cada diámetro y profundidad analizada se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 13-36. Módulos de reacción horizontal pilotes Altamira

Profundidad (m)	Kh(kN/m3)		
	0.4	0.5	0.6
2.00	188087.8	150470.2	125391.8
3.00	188087.8	150470.2	125391.8
4.00	313479.6	250783.7	208986.4
5.00	313479.6	250783.7	208986.4
6.00	313479.6	250783.7	208986.4
7.00	313479.6	250783.7	208986.4
8.00	313479.6	250783.7	208986.4
9.00	313479.6	250783.7	208986.4
10.00	454545.5	363636.4	303030.3
11.00	454545.5	363636.4	303030.3
12.00	454545.5	363636.4	303030.3
13.00	454545.5	363636.4	303030.3
14.00	454545.5	363636.4	303030.3
15.00	454545.5	363636.4	303030.3
16.00	454545.5	363636.4	303030.3
17.00	454545.5	363636.4	303030.3
18.00	454545.5	363636.4	303030.3
19.00	454545.5	363636.4	303030.3
20.00	454545.5	363636.4	303030.3
21.00	454545.5	363636.4	303030.3

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

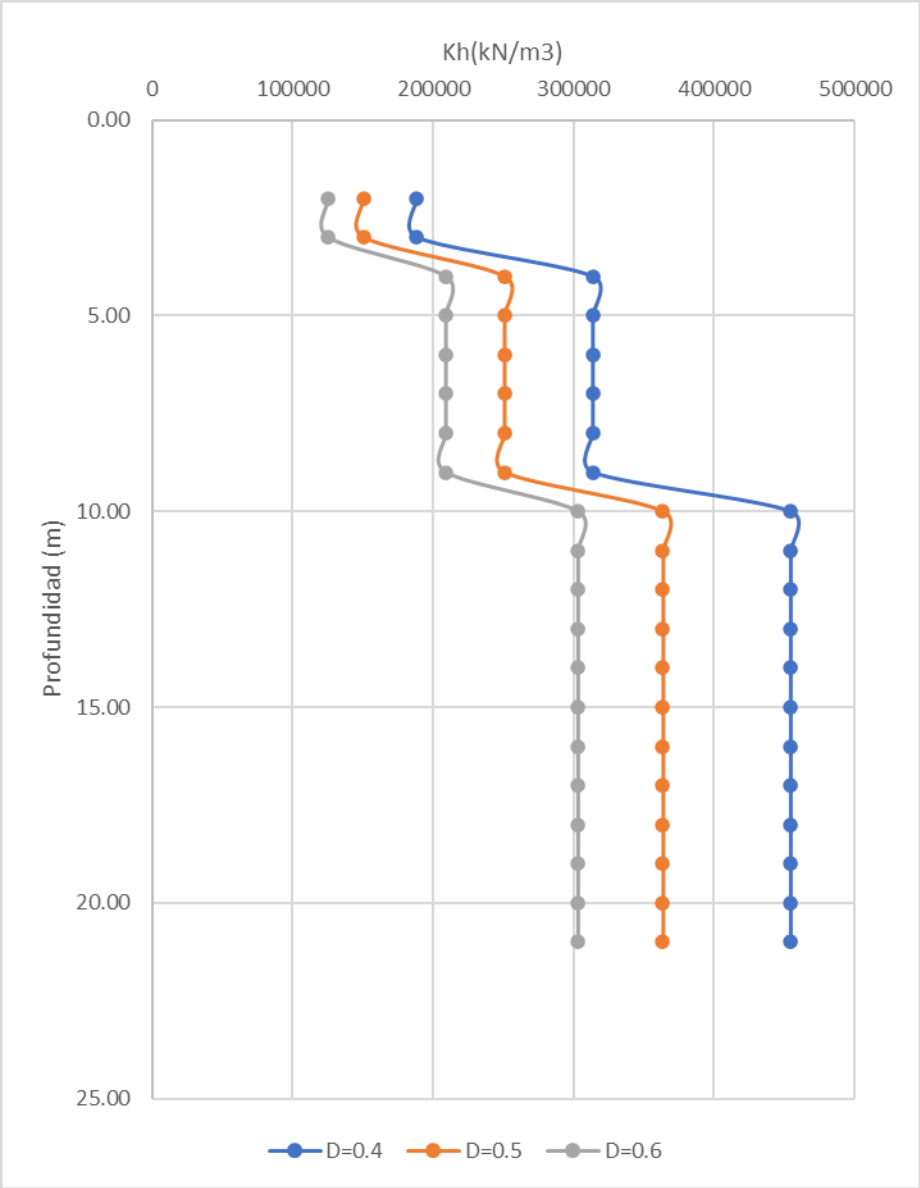


***Figura 13-31**. Ábaco módulos de reacción horizontal pilotes Altamira*

Por otro lado, los módulos de reacción vertical para esta alternativa se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 13-37. Módulos de reacción vertical pilotes Altamira

Profundidad (m)	Kv(kN/m3)		
	0.4	0.5	0.6
2.00	221279.7	177023.8	147519.8
3.00	221279.7	177023.8	147519.8
4.00	368799.6	295039.6	245866.4
5.00	368799.6	295039.6	245866.4
6.00	368799.6	295039.6	245866.4
7.00	368799.6	295039.6	245866.4
8.00	368799.6	295039.6	245866.4
9.00	368799.6	295039.6	245866.4
10.00	534759.4	427807.5	356506.2
11.00	534759.4	427807.5	356506.2
12.00	534759.4	427807.5	356506.2
13.00	534759.4	427807.5	356506.2
14.00	534759.4	427807.5	356506.2
15.00	534759.4	427807.5	356506.2
16.00	534759.4	427807.5	356506.2
17.00	534759.4	427807.5	356506.2
18.00	534759.4	427807.5	356506.2
19.00	534759.4	427807.5	356506.2
20.00	534759.4	427807.5	356506.2
21.00	534759.4	427807.5	356506.2

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C.
Instituto de Desarrollo Urbano

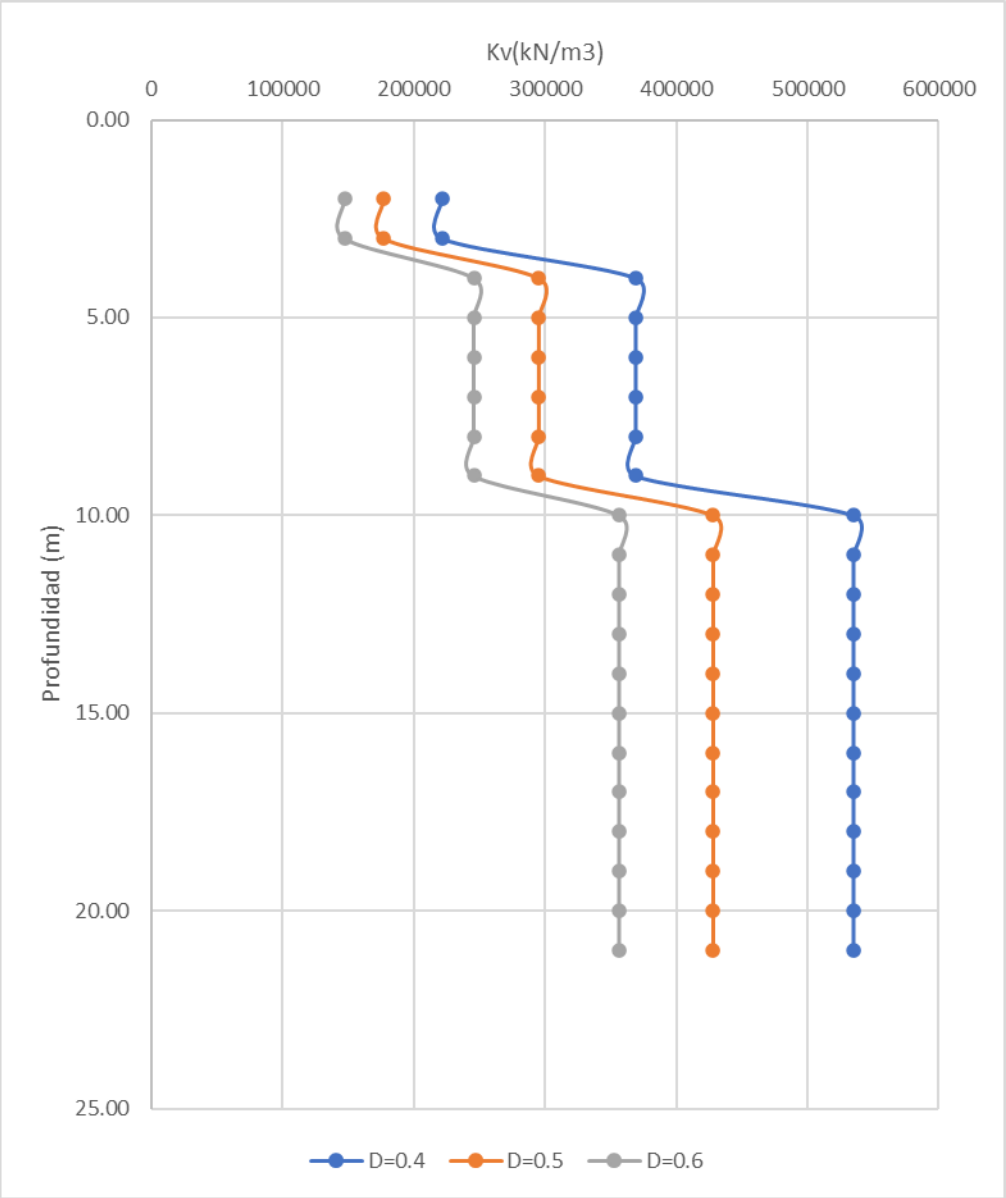


Figura 13-32. *Ábaco módulos de reacción vertical pilotes Altamira*

Los asentamientos elásticos obtenidos para esta alternativa no superan los 3.7 mm para los 3 diámetros de pilote analizados tal y como se observa en las memorias de cálculo del ANEXO J, por lo que se considera adecuado para el sistema de fundación.

Caissons

Para esta alternativa se prevé un nivel de desplante de los caissons de 1.50 m. Los valores de capacidad portante del caisson individual para diferentes diámetros y profundidades se presentan a continuación:

Tabla 13-38. Capacidad portante caissons Altamira

Profundidad (m)	Qadm estático(kPa)		Qadm estático(kPa)	
	1.2	1.5	1.2	1.5
2.00	537.8	799.4	1028.0	1539.5
3.00	613.9	894.6	1152.6	1695.3
4.00	977.8	1434.3	1846.8	2732.7
5.00	1070.3	1549.9	1998.2	2921.8
6.00	1162.8	1665.6	2149.5	3111.0
7.00	1255.3	1781.2	2300.9	3300.2
8.00	1347.8	1896.8	2452.2	3489.4
9.00	1440.3	2012.4	2603.5	3678.5
10.00	1869.2	2644.0	3416.5	4885.5
11.00	1992.7	2798.4	3618.7	5138.3
12.00	2116.3	2952.9	3820.8	5391.0
13.00	2239.9	3107.3	4023.0	5643.8
14.00	2363.4	3261.8	4225.2	5896.5
15.00	2487.0	3416.2	4427.4	6149.2
16.00	2610.6	3570.7	4629.6	6402.0
17.00	2734.1	3725.1	4831.8	6654.7
18.00	2857.7	3879.6	5034.0	6907.5
19.00	2981.2	4034.0	5236.2	7160.2
20.00	3104.8	4188.5	5438.4	7413.0
21.00	3228.4	4342.9	5640.6	7665.7

ALCALDIA MAYOR BOGOTA D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

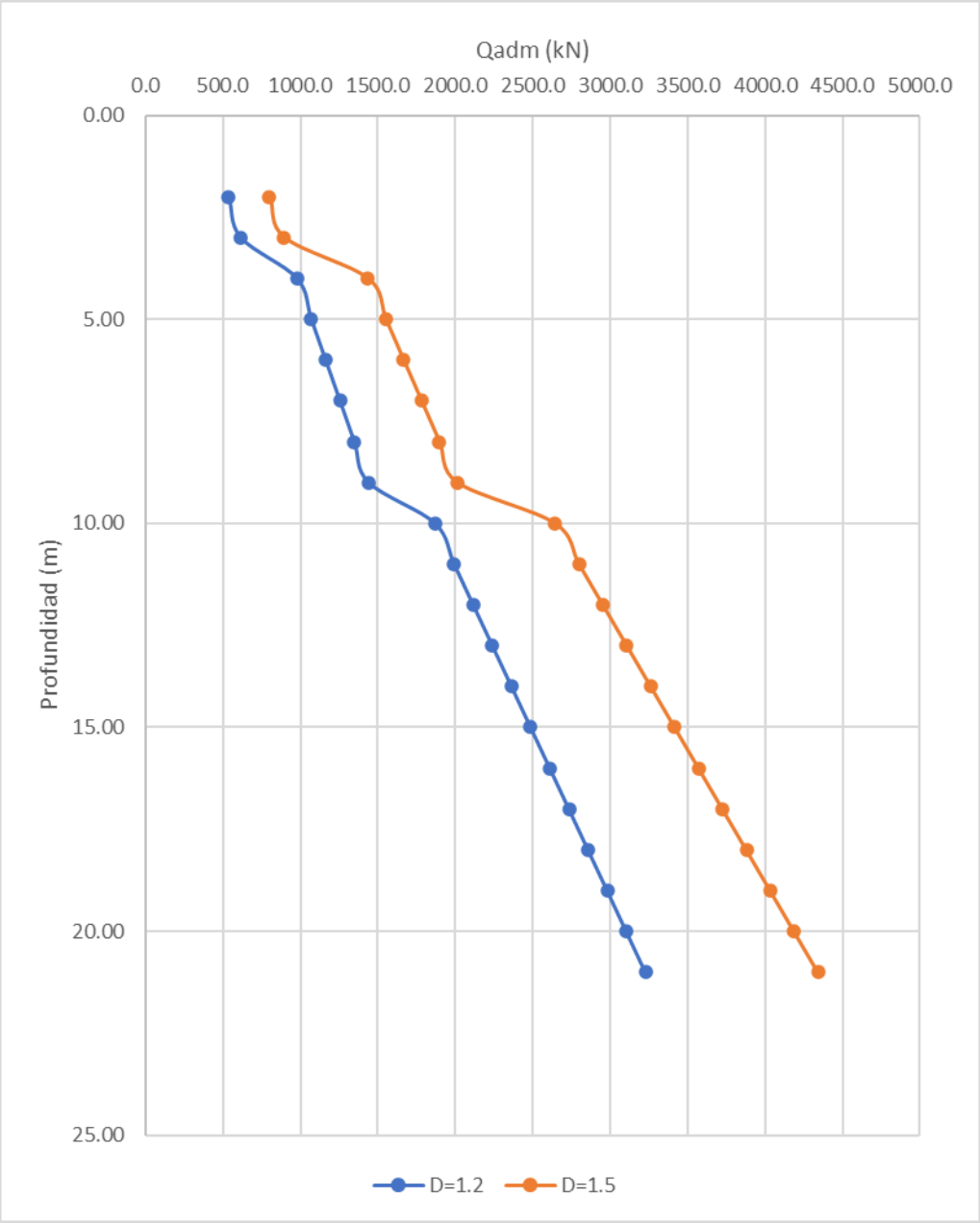


Figura 13-33. *Ábaco de capacidad portante caissons Altamira*

De acuerdo con lo anterior, para esta alternativa de cimentación se recomienda una longitud mínima de caissons de 12.0 m para garantizar una adecuada capacidad portante y una correcta transmisión de cargas a estratos competentes.

Los módulos de reacción horizontal calculados para los diferentes diámetros y profundidades analizadas, se presentan a continuación:

Tabla 13-39. Módulos de reacción horizontal caissons Altamira

Profundidad (m)	Kh(kN/m3)	
	1.2	1.5
2.00	62695.9	50156.7
3.00	62695.9	50156.7
4.00	104493.2	83594.6
5.00	104493.2	83594.6
6.00	104493.2	83594.6
7.00	104493.2	83594.6
8.00	104493.2	83594.6
9.00	104493.2	83594.6
10.00	151515.2	121212.1
11.00	151515.2	121212.1
12.00	151515.2	121212.1
13.00	151515.2	121212.1
14.00	151515.2	121212.1
15.00	151515.2	121212.1
16.00	151515.2	121212.1
17.00	151515.2	121212.1
18.00	151515.2	121212.1
19.00	151515.2	121212.1
20.00	151515.2	121212.1
21.00	151515.2	121212.1

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

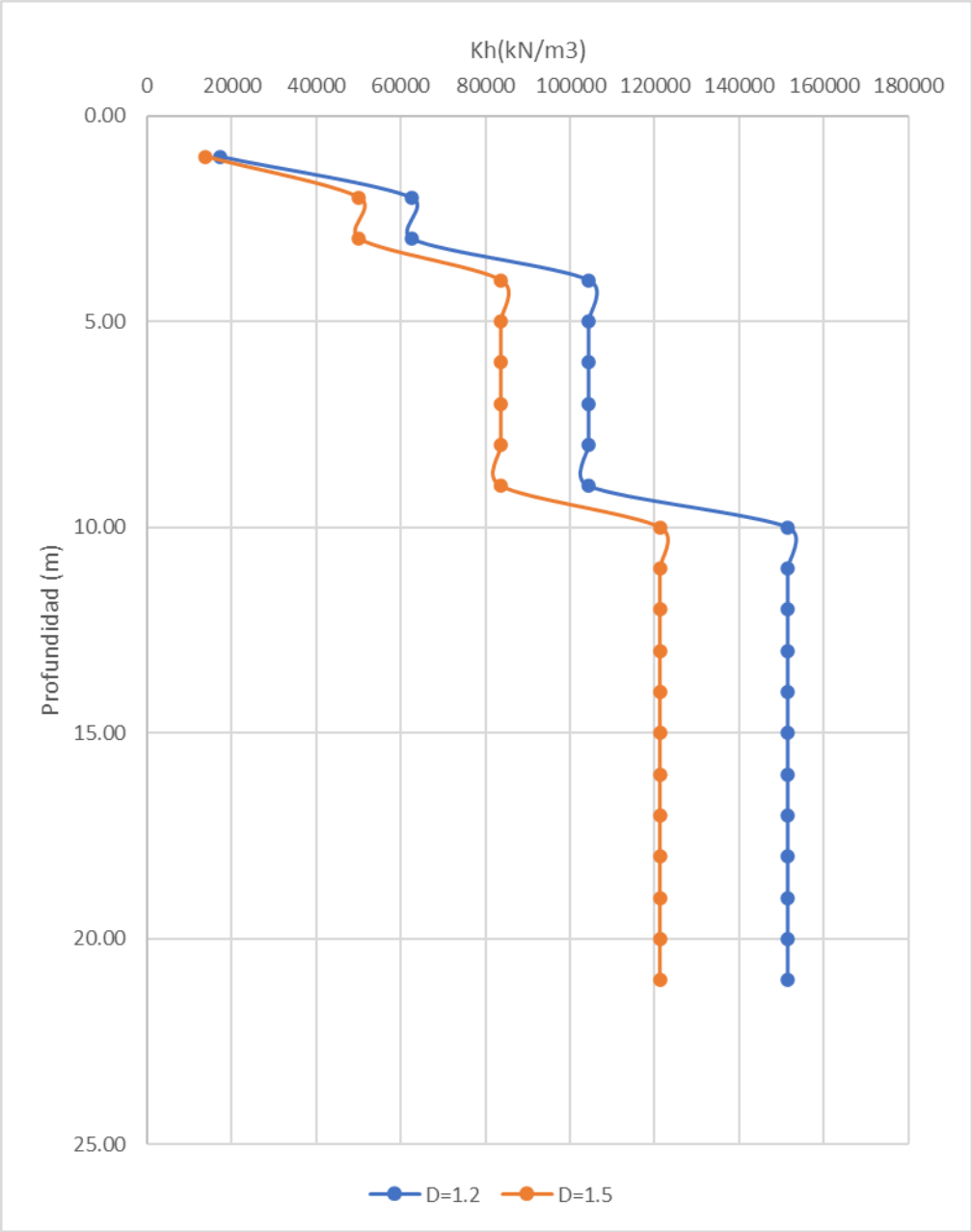


Figura 13-34. *Ábaco de módulos de reacción horizontal caissons Altamira*

Por otro lado, los módulos de reacción vertical obtenidos para esta alternativa se presentan a continuación:

Tabla 13-40. Módulos de reacción vertical caissons Altamira

Profundidad (m)	Kv(kN/m3)	
	1.2	1.5
2.00	73759.9	59007.9
3.00	73759.9	59007.9
4.00	122933.2	98346.5
5.00	122933.2	98346.5
6.00	122933.2	98346.5
7.00	122933.2	98346.5
8.00	122933.2	98346.5
9.00	122933.2	98346.5
10.00	178253.1	142602.5
11.00	178253.1	142602.5
12.00	178253.1	142602.5
13.00	178253.1	142602.5
14.00	178253.1	142602.5
15.00	178253.1	142602.5
16.00	178253.1	142602.5
17.00	178253.1	142602.5
18.00	178253.1	142602.5
19.00	178253.1	142602.5
20.00	178253.1	142602.5
21.00	178253.1	142602.5

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
Instituto de Desarrollo Urbano

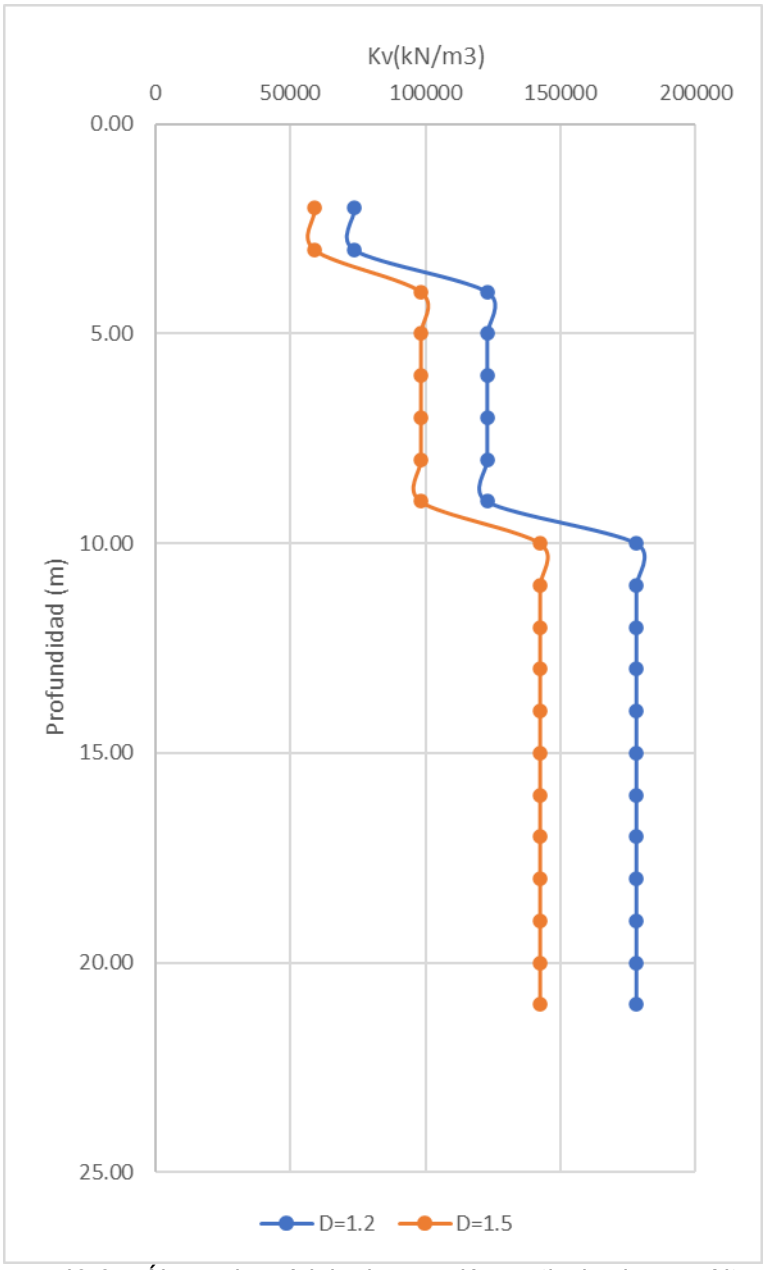


Figura 13-35. *Ábaco de módulo de reacción vertical caissons Altamira*

Los asentamientos elásticos obtenidos para esta alternativa no superan los 16.5 mm para los 2 diámetros de caisson analizados tal y como se observa en las memorias de cálculo del ANEXO J, por lo que se considera adecuado para el sistema de fundación.

Muros de Contención

Debido a los desniveles topográficos presentes en la estación de retorno Altamira y la necesidad de cortes para la construcción de la estación, a continuación, se presentan los parámetros geotécnicos necesarios para el dimensionamiento de los muros de contención requeridos a partir de la información secundaria recopilada, cuyos cálculos aparecen en detalle en el Anexo J, y que se relacionan de manera general en el presente capítulo.

En la Figura 13-36, se muestra el esquema general del muro de contención diseñado.

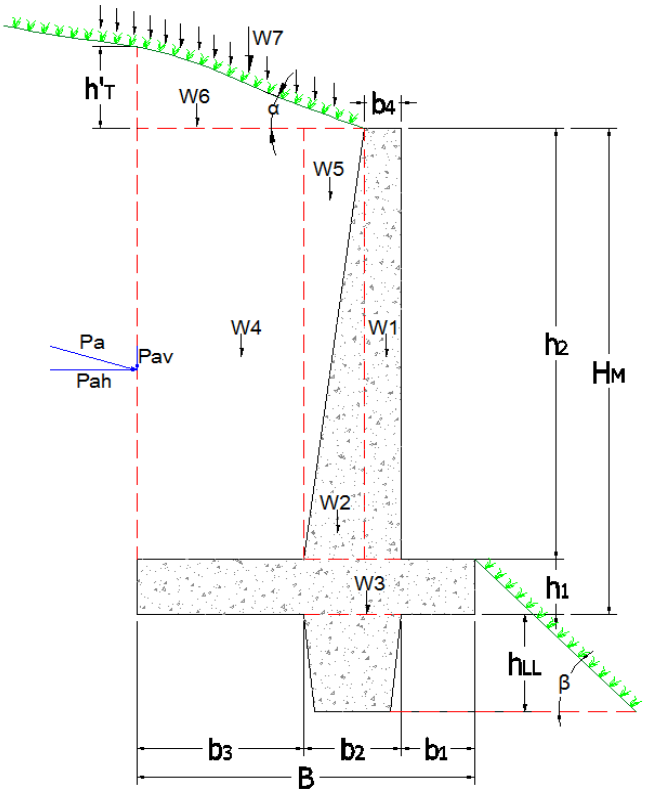


Figura 13-36. *Esquema de Muro de Contención*

En la Tabla 13-43 se muestra el Predimensionamiento del muro de contención.

Tabla 13-41. Predimensionamiento de muros de contención de Altamira

PREDIMENSIONAMIENTO		
H_M (m)	**8.00**	Altura Efectiva Muro
h1 (m)	**0.30**	Espesor de zarpa
h2 (m)	7.70	Altura del vástago del Muro
hLL (m)	**0.50**	Altura de llave
B (m)	**5.00**	Ancho total de zarpa

PREDIMENSIONAMIENTO		
b1 (m)	**1.50**	Punta del Muro
b2 (m)	1.00	Ancho del vástago del muro.
b3 (m)	**2.50**	Talón del muro
b4 (m)	**0.30**	Corona del muro
Pa (KN/m)	207.63	Empuje activo Rankine
Pav(KN/m)	0.00	Componente vertical empuje activo
Pah (KN/m)	207.63	Componente horizontal empuje activo
Pe (KN/m)	66.44	Empuje pasivo Rankine (por hLL)
Pev(KN/m)	0.00	Componente vertical empuje activo (por hLL)
Peh (KN/m)	66.44	Componente horizontal empuje activo (por hLL)
h'_T (m)	0.00	Altura talud inclinado
h´ (m)	0.16	Altura equivalente por sobrecarga aplicada

De la misma forma la Tabla 13-42, presenta los resultados del diseño de los muros de contención en la zona de Altamira.

Tabla 13-42. Cálculo de muros de contención Altamira

Pa:	184.20	**Pae:**	302.08	**ΔPae:**	117.88
Pah:	161.10	**Paeh:**	264.21	**ΔPaeh:**	103.10
Pav:	89.30	**Paev:**	146.45	**Ž:**	3.50
				Žh:	3.50

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

13.1.4. Estación Juan Rey

13.1.1.4 Alternativa 1

Zapatas

Para esta alternativa se consideró un nivel de cimentación de 3.0 m con respecto al nivel actual del terreno. Los valores de la capacidad portante obtenidos para esta alternativa se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 13-43. Capacidad portante zapatas alternativa 1 Juan Rey para asentamiento de 2.5 cm

B(m) / B/L	Capacidad portante admisible (kN/m2)				
	1	0.75	0.5	0.25	0.1
1.0	250.0	250.0	250.0	250.0	250.0
1.5	250.0	250.0	250.0	250.0	191.0
2.0	250.0	250.0	249.0	190.0	143.0
2.5	250.0	241.0	199.0	152.0	115.0
3.0	230.0	201.0	165.0	127.0	95.0
4.0	171.0	150.0	124.0	95.0	71.0
5.0	138.0	120.0	99.0	76.0	57.0
6.0	115.0	100.0	83.0	63.0	47.0
7.0	98.0	86.0	71.0	54.0	41.0

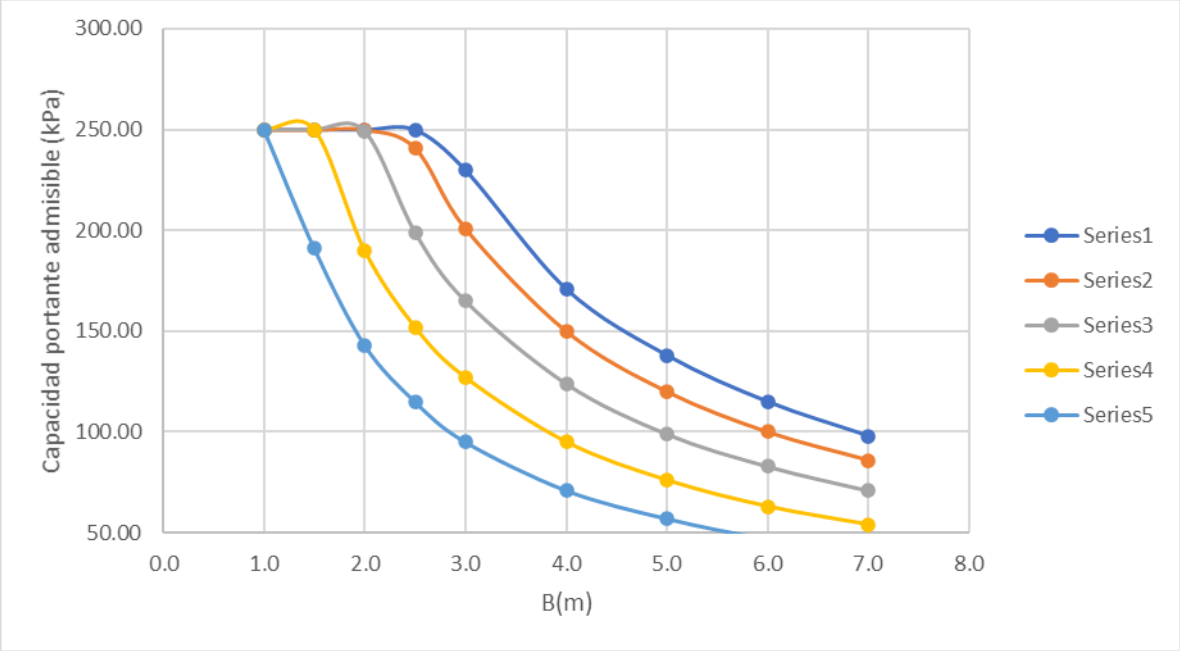


Figura 13-37. *Ábaco de capacidad portante zapatas Juan Rey alternativa 1 para asentamiento de 2.5 cm*

Como se observa, se tienen valores de capacidad portante elevados. Como se mencionó anteriormente, estos valores se limitan a máximo 250 kPa.

El valor del módulo de reacción vertical para las diferentes geometrías de zapatas se presenta a continuación:

Tabla 13-44. Módulo de reacción vertical, zapatas alternativa 1, Juan Rey para asentamiento de 2.5 cm

Asentamiento										
B (m)	L/B	B/L	L(m)	Qadm (kN/m²)	Es (kN/m²)	v	a	ar	Se (cm)	Kv (kN/m3)
1.00	1.00	1.00	1.00	250.00	26427.00	0.35	1.1222	0.875	0.73	34418.6
1.50	1.00	1.00	1.50	250.00	26427.00	0.35	1.1222	0.875	1.09	22945.7
2.00	1.00	1.00	2.00	250.00	26427.00	0.35	1.1222	0.875	1.45	17209.3
2.50	1.00	1.00	2.50	250.00	26427.00	0.35	1.1222	0.875	1.82	13767.4
3.00	1.00	1.00	3.00	230.00	26427.00	0.35	1.1222	0.875	2.00	11472.9
4.00	1.00	1.00	4.00	171.00	26427.00	0.35	1.1222	0.875	1.99	8604.64
5.00	1.00	1.00	5.00	138.00	26427.00	0.35	1.1222	0.875	2.00	6883.71
6.00	1.00	1.00	6.00	115.00	26427.00	0.35	1.1222	0.875	2.00	5736.43
7.00	1.00	1.00	7.00	98.00	26427.00	0.35	1.1222	0.875	1.99	4916.94
1.00	1.33	0.75	1.33	250.00	26427.00	0.35	1.28776	1	0.83	30116.2
1.50	1.33	0.75	2.00	250.00	26427.00	0.35	1.28776	1	1.25	20077.5
2.00	1.33	0.75	2.67	250.00	26427.00	0.35	1.28776	1	1.66	15058.1
2.50	1.33	0.75	3.33	241.00	26427.00	0.35	1.28776	1	2.00	12046.5
3.00	1.33	0.75	4.00	201.00	26427.00	0.35	1.28776	1	2.00	10038.7
4.00	1.33	0.75	5.33	150.00	26427.00	0.35	1.28776	1	1.99	7529.06
5.00	1.33	0.75	6.67	120.00	26427.00	0.35	1.28776	1	1.99	6023.25
6.00	1.33	0.75	8.00	100.00	26427.00	0.35	1.28776	1	1.99	5019.37
7.00	1.33	0.75	9.33	86.00	26427.00	0.35	1.28776	1	2.00	4302.32
1.00	2.00	0.50	2.00	250.00	26427.00	0.35	1.53174	1.21	1.00	24889.5
1.50	2.00	0.50	3.00	250.00	26427.00	0.35	1.53174	1.21	1.51	16593
2.00	2.00	0.50	4.00	249.00	26427.00	0.35	1.53174	1.21	2.00	12444.7
2.50	2.00	0.50	5.00	199.00	26427.00	0.35	1.53174	1.21	2.00	9955.78
3.00	2.00	0.50	6.00	165.00	26427.00	0.35	1.53174	1.21	1.99	8296.48
4.00	2.00	0.50	8.00	124.00	26427.00	0.35	1.53174	1.21	1.99	6222.36
5.00	2.00	0.50	10.00	99.00	26427.00	0.35	1.53174	1.21	1.99	4977.89
6.00	2.00	0.50	12.00	83.00	26427.00	0.35	1.53174	1.21	2.00	4148.24
7.00	2.00	0.50	14.00	71.00	26427.00	0.35	1.53174	1.21	2.00	3555.64
1.00	4.00	0.25	4.00	250.00	26427.00	0.35	1.9637	1.583	1.31	19024.8
1.50	4.00	0.25	6.00	250.00	26427.00	0.35	1.9637	1.583	1.97	12683.2
2.00	4.00	0.25	8.00	190.00	26427.00	0.35	1.9637	1.583	2.00	9512.39
2.50	4.00	0.25	10.00	152.00	26427.00	0.35	1.9637	1.583	2.00	7609.92
3.00	4.00	0.25	12.00	127.00	26427.00	0.35	1.9637	1.583	2.00	6341.6
4.00	4.00	0.25	16.00	95.00	26427.00	0.35	1.9637	1.583	2.00	4756.2
5.00	4.00	0.25	20.00	76.00	26427.00	0.35	1.9637	1.583	2.00	3804.96
6.00	4.00	0.25	24.00	63.00	26427.00	0.35	1.9637	1.583	1.99	3170.8
7.00	4.00	0.25	28.00	54.00	26427.00	0.35	1.9637	1.583	1.99	2717.83
1.00	10.00	0.10	10.00	250.00	26427.00	0.35	2.54429	2.1	1.74	14341.1
1.50	10.00	0.10	15.00	191.00	26427.00	0.35	2.54429	2.1	2.00	9560.71
2.00	10.00	0.10	20.00	143.00	26427.00	0.35	2.54429	2.1	1.99	7170.53
2.50	10.00	0.10	25.00	115.00	26427.00	0.35	2.54429	2.1	2.00	5736.43
3.00	10.00	0.10	30.00	95.00	26427.00	0.35	2.54429	2.1	1.99	4780.36
4.00	10.00	0.10	40.00	71.00	26427.00	0.35	2.54429	2.1	1.98	3585.27
5.00	10.00	0.10	50.00	57.00	26427.00	0.35	2.54429	2.1	1.99	2868.21
6.00	10.00	0.10	60.00	47.00	26427.00	0.35	2.54429	2.1	1.97	2390.18
7.00	10.00	0.10	70.00	41.00	26427.00	0.35	2.54429	2.1	2.00	2048.72

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

Pilotes

Para esta alternativa se prevé un nivel de desplante de los pilotes de 3.00 m. Los valores de capacidad portante del pilote individual para diferentes diámetros y profundidades se presentan a continuación:

Tabla 13-45. Capacidad portante pilotes alternativa 1 Juan Rey

Profundidad (m)	Qadm estático(kPa)			Qadm dinámico(kPa)		
	0.4	0.5	0.6	0.4	0.5	0.6
1.00	20.2	31.2	44.6	40.0	61.9	88.5
2.00	52.1	80.1	113.9	102.6	158.1	225.4
3.00	75.1	114.5	162.1	146.9	224.8	319.3
4.00	81.0	121.9	171.0	156.5	236.9	333.8
5.00	165.5	241.0	330.3	310.6	456.6	629.9
6.00	206.7	292.5	392.0	378.0	540.8	731.0
7.00	247.9	344.0	453.8	445.4	625.1	832.1
8.00	289.1	395.5	515.6	512.8	709.3	933.2
9.00	330.3	447.0	577.4	580.2	793.5	1034.3
10.00	371.4	498.5	639.2	647.6	877.8	1135.3
11.00	412.6	550.0	700.9	715.0	962.0	1236.4
12.00	453.8	601.4	762.7	782.4	1046.3	1337.5
13.00	495.0	652.9	824.5	849.8	1130.5	1438.6
14.00	536.2	704.4	886.3	917.2	1214.8	1539.7
15.00	577.4	755.9	948.1	984.6	1299.0	1640.8
16.00	618.6	807.4	1009.8	1052.0	1383.3	1741.9
17.00	659.8	858.9	1071.6	1119.4	1467.5	1843.0
18.00	700.9	910.3	1133.4	1186.8	1551.8	1944.1
19.00	742.1	961.8	1195.2	1254.2	1636.0	2045.2
20.00	783.3	1013.3	1257.0	1321.5	1720.3	2146.3

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

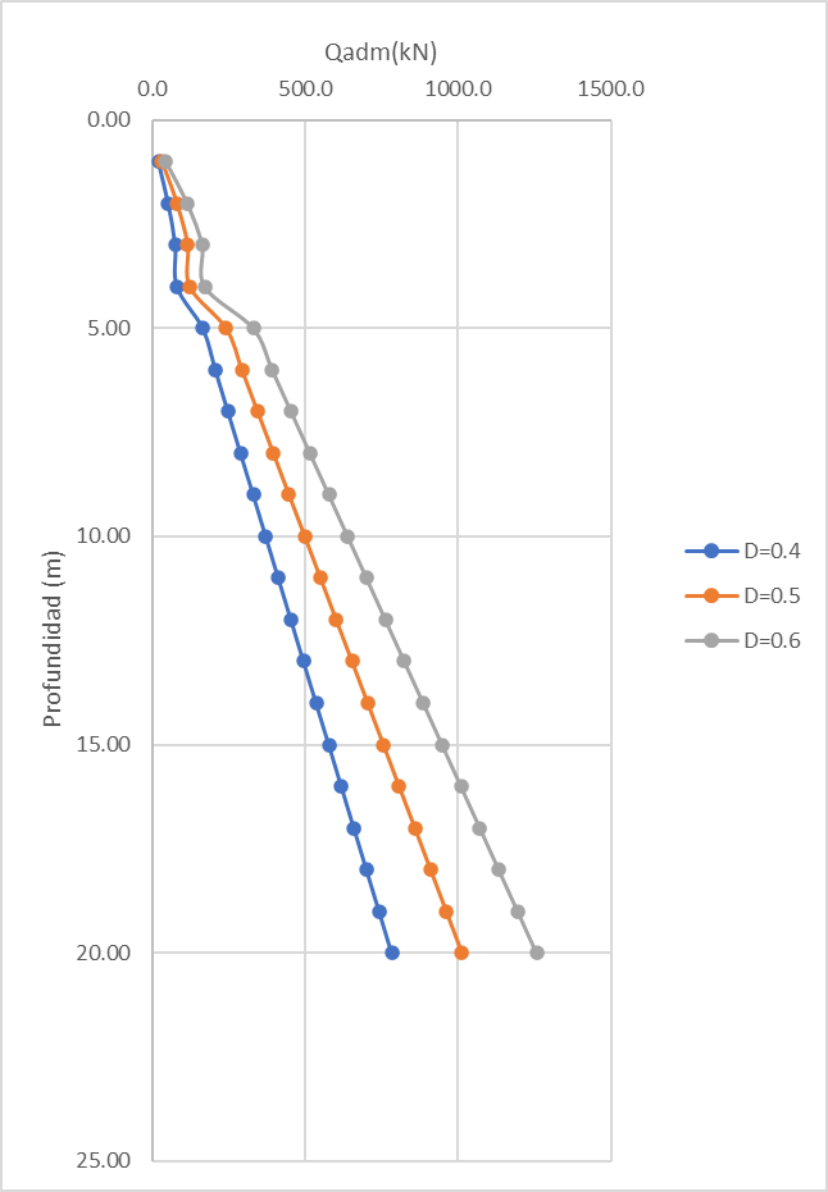


Figura 13-38. *Ábaco de capacidad portante pilotes alternativa 1 Juan Rey*

De acuerdo con lo anterior, para esta alternativa de cimentación se recomienda una longitud mínima de pilotes de 7.0 m para garantizar una adecuada capacidad portante y una correcta transmisión de cargas a estratos competentes.

Los módulos de reacción horizontal para cada diámetro y profundidad analizada se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 13-46. Módulos de reacción horizontal pilotes alternativa 1 Juan Rey

Profundidad (m)	Kh(kN/m3)		
	0.4	0.5	0.6
1.00	75290.6	60232.5	50193.7
2.00	75290.6	60232.5	50193.7
3.00	75290.6	60232.5	50193.7
4.00	75290.6	60232.5	50193.7
5.00	454545.5	363636.4	303030.3
6.00	454545.5	363636.4	303030.3
7.00	454545.5	363636.4	303030.3
8.00	454545.5	363636.4	303030.3
9.00	454545.5	363636.4	303030.3
10.00	454545.5	363636.4	303030.3
11.00	454545.5	363636.4	303030.3
12.00	454545.5	363636.4	303030.3
13.00	454545.5	363636.4	303030.3
14.00	454545.5	363636.4	303030.3
15.00	454545.5	363636.4	303030.3
16.00	454545.5	363636.4	303030.3
17.00	454545.5	363636.4	303030.3
18.00	454545.5	363636.4	303030.3
19.00	454545.5	363636.4	303030.3
20.00	454545.5	363636.4	303030.3

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

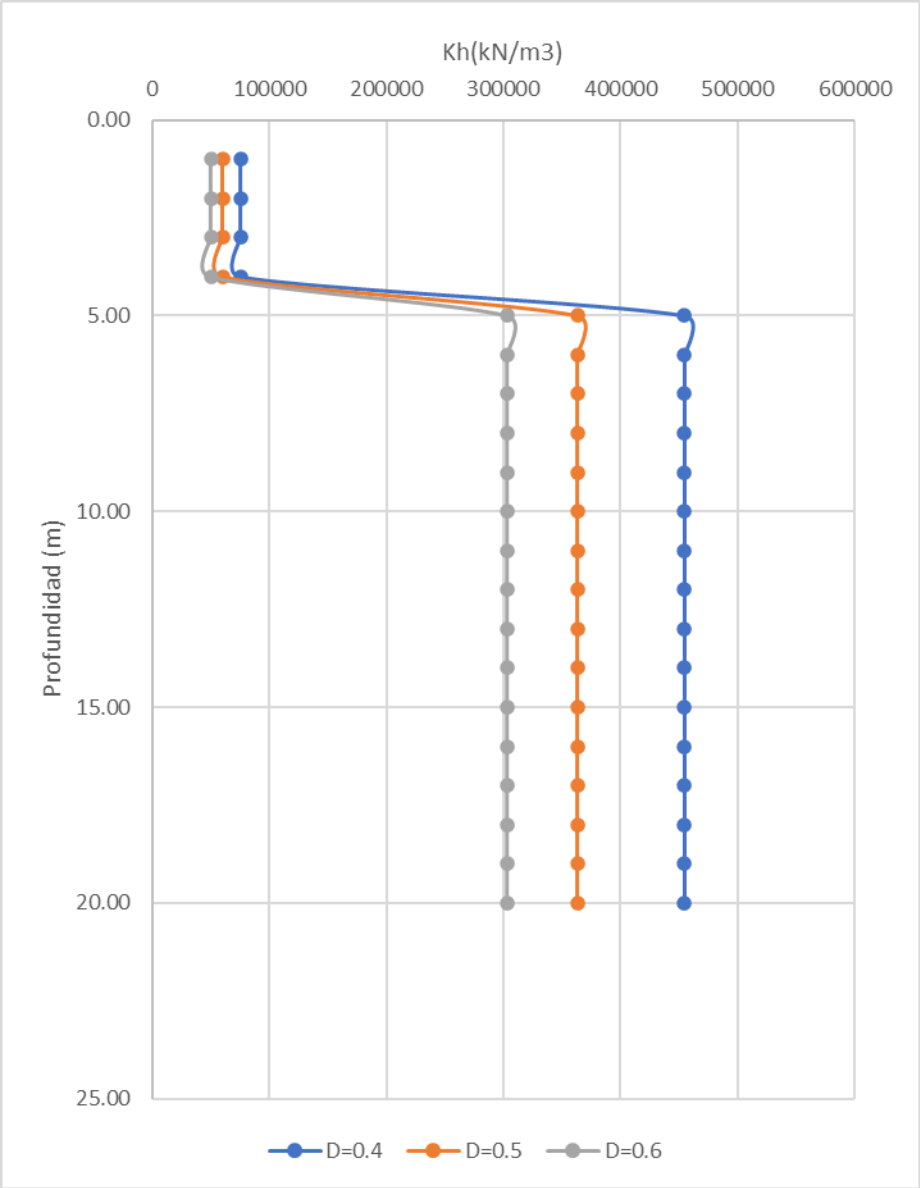


Figura 13-39. *Ábaco módulos de reacción horizontal pilotes alternativa 1 Juan Rey*

Los módulos de reacción vertical para cada diámetro y profundidad analizada se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 13-47. Módulos de reacción vertical pilotes alternativa 1 Juan Rey

Profundidad (m)	Kv(kN/m3)		
	0.4	0.5	0.6
1.00	88577.2	70861.7	59051.4
2.00	88577.2	70861.7	59051.4
3.00	88577.2	70861.7	59051.4
4.00	88577.2	70861.7	59051.4
5.00	534759.4	427807.5	356506.2
6.00	534759.4	427807.5	356506.2
7.00	534759.4	427807.5	356506.2
8.00	534759.4	427807.5	356506.2
9.00	534759.4	427807.5	356506.2
10.00	534759.4	427807.5	356506.2
11.00	534759.4	427807.5	356506.2
12.00	534759.4	427807.5	356506.2
13.00	534759.4	427807.5	356506.2
14.00	534759.4	427807.5	356506.2
15.00	534759.4	427807.5	356506.2
16.00	534759.4	427807.5	356506.2
17.00	534759.4	427807.5	356506.2
18.00	534759.4	427807.5	356506.2
19.00	534759.4	427807.5	356506.2
20.00	534759.4	427807.5	356506.2

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C.
Instituto de Desarrollo Urbano

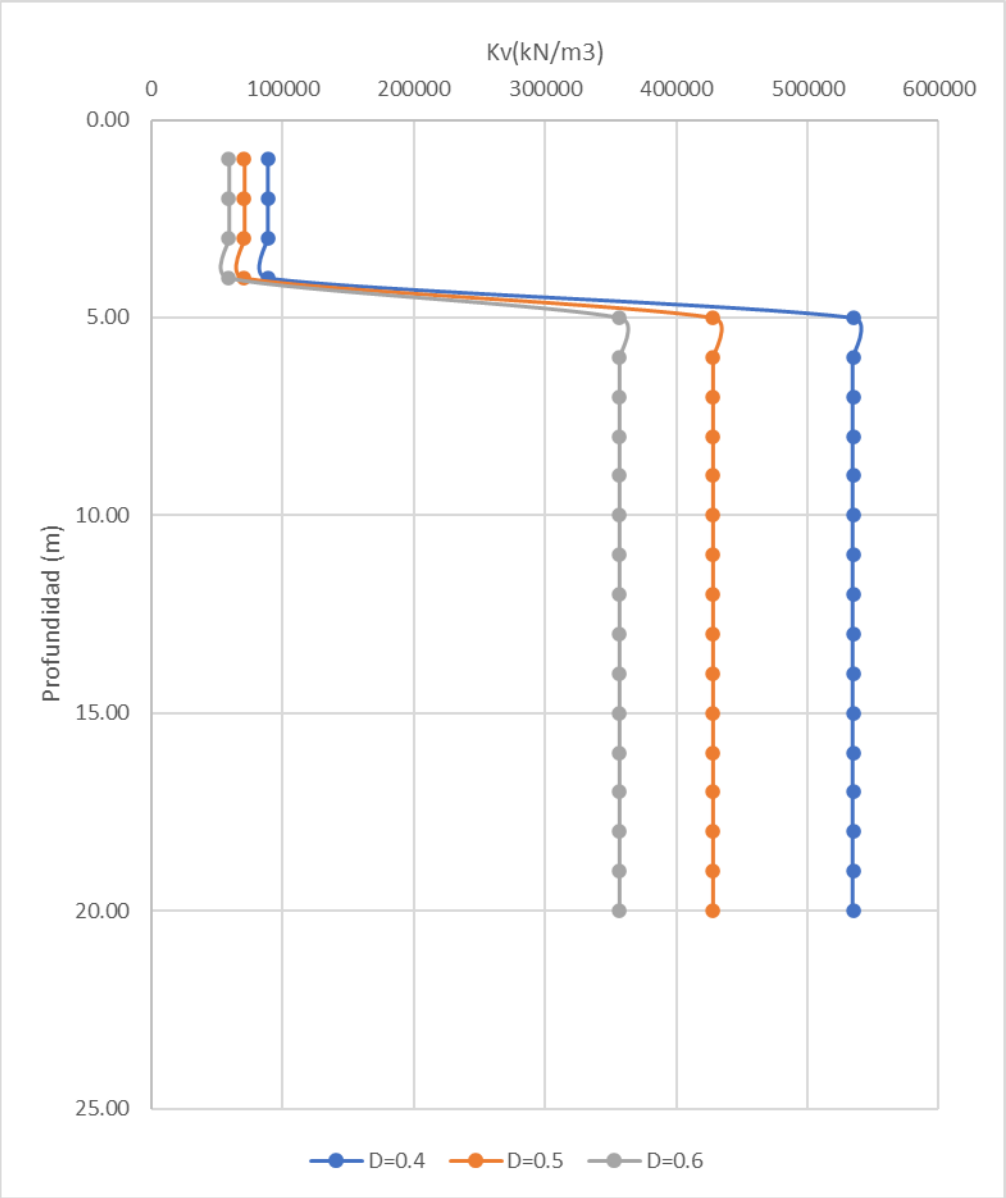


Figura 13-40. *Ábaco módulos de reacción vertical pilotes alternativa 1 Juan Rey*

Los asentamientos elásticos obtenidos para esta alternativa no superan los 9.5 mm para los 3 diámetros de pilote analizados tal y como se observa en las memorias de cálculo del ANEXO J, por lo que se considera adecuado para el sistema de fundación.

Caissons

Para esta alternativa se prevé un nivel de desplante de los caissons de 3.0 m. Los valores de capacidad portante del caisson individual para diferentes diámetros y profundidades se presentan a continuación:

Tabla 13-48. Capacidad portante caissons alternativa 1 Juan Rey

Profundidad (m)	Qadm estático(kPa)		Qadm estático(kPa)	
	1.2	1.5	1.2	1.5
1.00	174.5	271.4	347.5	541.0
2.00	442.1	686.6	879.3	1367.0
3.00	621.2	962.2	1232.6	1911.9
4.00	638.9	984.2	1261.5	1948.0
5.00	1152.5	1748.1	2243.7	3419.6
6.00	1276.0	1902.5	2445.9	3672.3
7.00	1399.6	2057.0	2648.1	3925.0
8.00	1523.2	2211.4	2850.3	4177.8
9.00	1646.7	2365.9	3052.4	4430.5
10.00	1770.3	2520.4	3254.6	4683.3
11.00	1893.9	2674.8	3456.8	4936.0
12.00	2017.4	2829.3	3659.0	5188.8
13.00	2141.0	2983.7	3861.2	5441.5
14.00	2264.5	3138.2	4063.4	5694.2
15.00	2388.1	3292.6	4265.6	5947.0
16.00	2511.7	3447.1	4467.8	6199.7
17.00	2635.2	3601.5	4670.0	6452.5
18.00	2758.8	3756.0	4872.2	6705.2
19.00	2882.4	3910.4	5074.4	6957.9
20.00	3005.9	4064.9	5276.6	7210.7

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

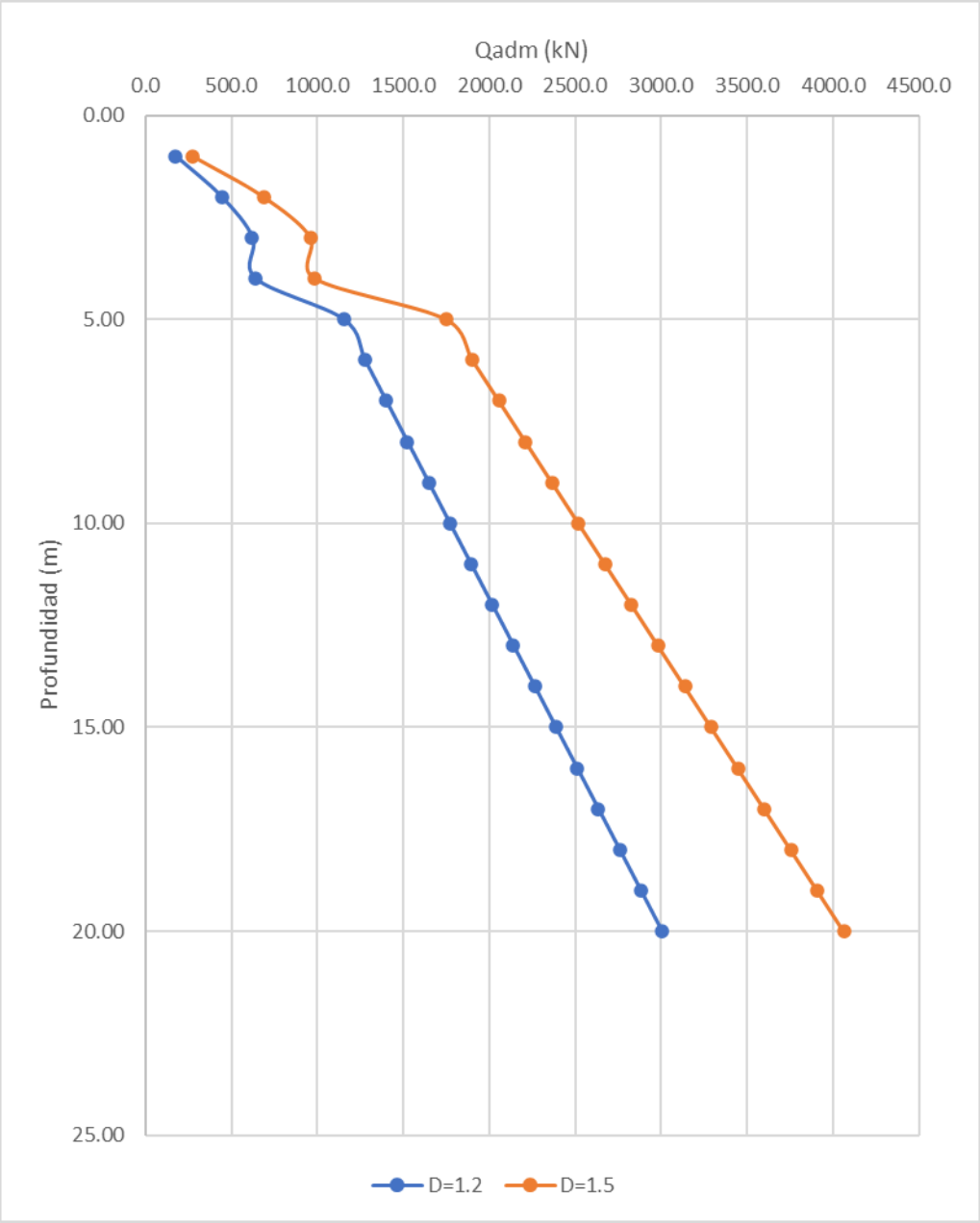


Figura 13-41. *Ábaco de capacidad portante caissons alternativa 1 Juan Rey*

De acuerdo con lo anterior, para esta alternativa de cimentación se recomienda una longitud mínima de caissons de 7.0 m para garantizar una adecuada capacidad portante y una correcta transmisión de cargas a estratos competentes.

Los módulos de reacción horizontal calculados para los diferentes diámetros y profundidades analizadas, se presentan a continuación:

Tabla 13-49. Módulos de reacción horizontal caissons alternativa 1 Juan Rey

Profundidad (m)	Kh(kN/m3)	
	1.2	1.5
1.00	25096.9	20077.5
2.00	25096.9	20077.5
3.00	25096.9	20077.5
4.00	25096.9	20077.5
5.00	151515.2	121212.1
6.00	151515.2	121212.1
7.00	151515.2	121212.1
8.00	151515.2	121212.1
9.00	151515.2	121212.1
10.00	151515.2	121212.1
11.00	151515.2	121212.1
12.00	151515.2	121212.1
13.00	151515.2	121212.1
14.00	151515.2	121212.1
15.00	151515.2	121212.1
16.00	151515.2	121212.1
17.00	151515.2	121212.1
18.00	151515.2	121212.1
19.00	151515.2	121212.1
20.00	151515.2	121212.1

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

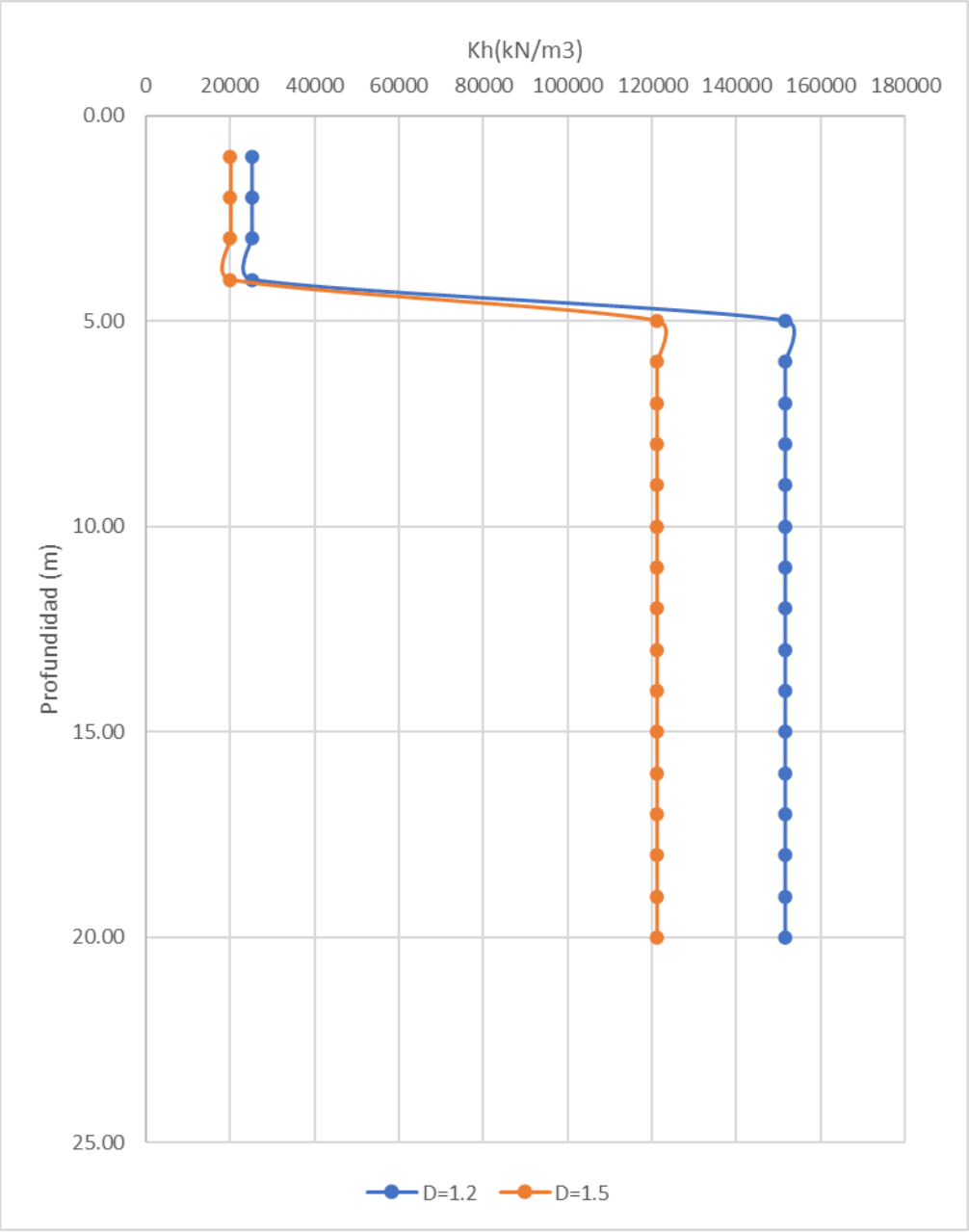


Figura 13-42. *Ábaco de módulos de reacción horizontal Caissons Alternativa 1 Juan Rey*

Los módulos de reacción vertical calculados para los diferentes diámetros y profundidades analizadas, se presentan a continuación:

Tabla 13-50. Módulos de reacción vertical caissons alternativa 1 Juan Rey

Profundidad (m)	Kv(kN/m3)	
	1.2	1.5
1.00	29525.7	23620.6
2.00	29525.7	23620.6
3.00	29525.7	23620.6
4.00	29525.7	23620.6
5.00	178253.1	142602.5
6.00	178253.1	142602.5
7.00	178253.1	142602.5
8.00	178253.1	142602.5
9.00	178253.1	142602.5
10.00	178253.1	142602.5
11.00	178253.1	142602.5
12.00	178253.1	142602.5
13.00	178253.1	142602.5
14.00	178253.1	142602.5
15.00	178253.1	142602.5
16.00	178253.1	142602.5
17.00	178253.1	142602.5
18.00	178253.1	142602.5
19.00	178253.1	142602.5
20.00	178253.1	142602.5

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
Instituto de Desarrollo Urbano

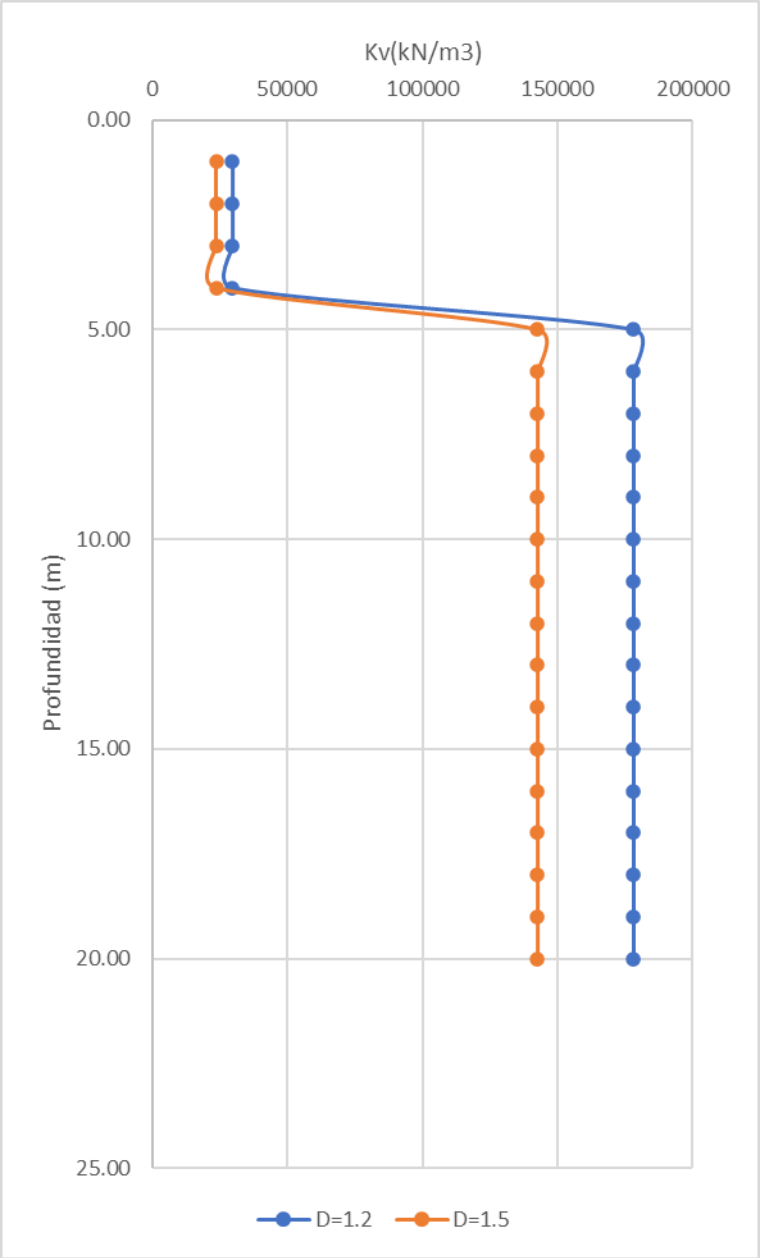


Figura 13-43. *Ábaco de módulo de reacción vertical caissons Alternativa 1 Juan Rey*

Los asentamientos elásticos obtenidos para esta alternativa no superan los 20.0 mm para los 2 diámetros de caisson analizados tal y como se observa en las memorias de cálculo del ANEXO J, por lo que se considera adecuado para el sistema de fundación.

13.1.1.5 Alternativa 2

Zapatas

Para esta alternativa se consideró un nivel de cimentación de 2.0 m con respecto al nivel actual del terreno. Los valores de la capacidad portante obtenidos para esta alternativa se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 13-51. Capacidad portante zapatas alternativa 2 Juan Rey para asentamiento de 2.5 cm

B(m) / B/L	Capacidad portante admisible (kN/m2)				
	1	0.75	0.5	0.25	0.1
1.0	146.8	141.3	135.8	130.3	127.0
1.5	140.0	134.8	129.6	124.4	121.2
2.0	142.7	137.4	132.1	126.8	123.6
2.5	135.3	130.2	125.2	120.2	117.2
3.0	130.3	125.5	120.6	115.8	112.9
4.0	124.0	119.5	114.9	110.3	85.0
5.0	120.3	115.9	111.5	90.0	68.0
6.0	117.8	113.5	98.0	75.0	56.0
7.0	116.0	102.0	84.0	64.0	48.0

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

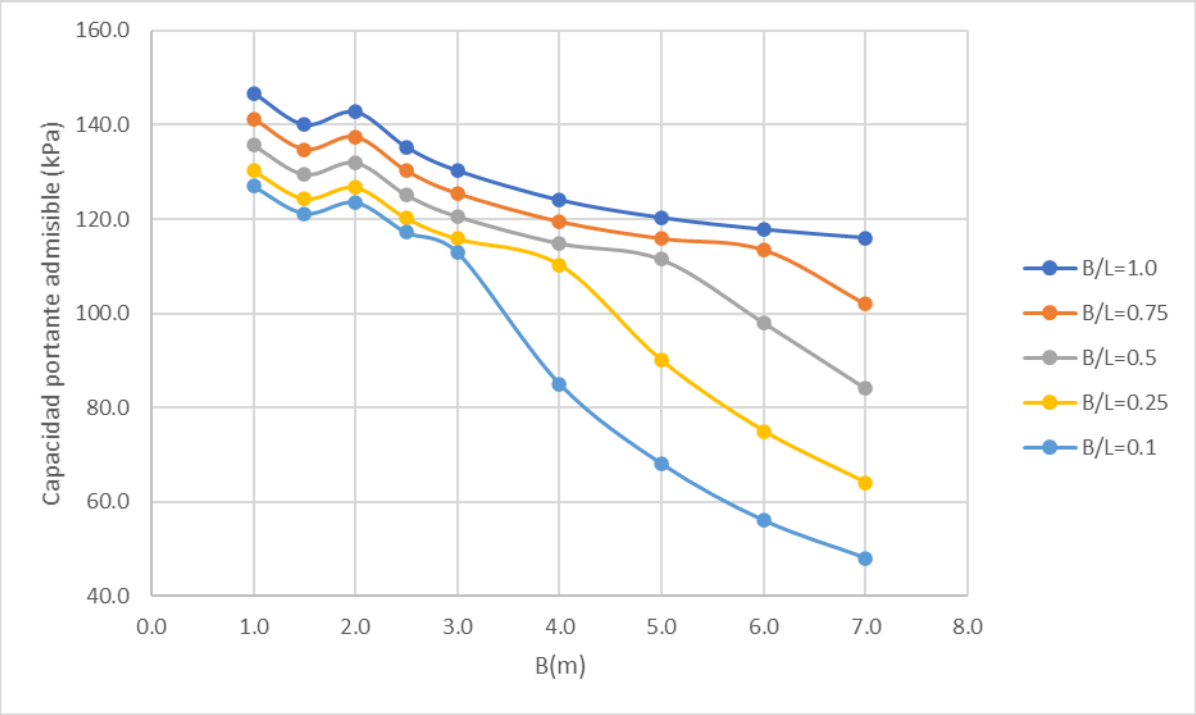


Figura 13-44. *Ábaco capacidad portante zapatas Alternativa 2 Juan Rey para asentamiento de 2.5 cm*

El valor del módulo de reacción vertical para las diferentes geometrías de zapatas se presenta a continuación:

ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

Tabla 13-52. Módulo de reacción vertical, zapatas alternativa 2, Juan Rey para asentamiento de 2.5 cm

Asentamiento										
B (m)	L/B	B/L	L(m)	Qadm (kN/m²)	Es (kN/m²)	v	a	ar	Se (cm)	Kv (kN/m3)
1.00	1.00	1.00	1.00	146.75	22850.00	0.45	1.1222	0.875	0.45	32745.2
1.50	1.00	1.00	1.50	140.03	22850.00	0.45	1.1222	0.875	0.64	21830.1
2.00	1.00	1.00	2.00	142.75	22850.00	0.45	1.1222	0.875	0.87	16372.6
2.50	1.00	1.00	2.50	135.26	22850.00	0.45	1.1222	0.875	1.03	13098.1
3.00	1.00	1.00	3.00	130.27	22850.00	0.45	1.1222	0.875	1.19	10915.1
4.00	1.00	1.00	4.00	124.04	22850.00	0.45	1.1222	0.875	1.52	8186.3
5.00	1.00	1.00	5.00	120.30	22850.00	0.45	1.1222	0.875	1.84	6549.04
6.00	1.00	1.00	6.00	117.80	22850.00	0.45	1.1222	0.875	2.16	5457.53
7.00	1.00	1.00	7.00	116.02	22850.00	0.45	1.1222	0.875	2.48	4677.88
1.00	1.33	0.75	1.33	141.26	22850.00	0.45	1.28776	1	0.49	28652
1.50	1.33	0.75	2.00	134.80	22850.00	0.45	1.28776	1	0.71	19101.4
2.00	1.33	0.75	2.67	137.41	22850.00	0.45	1.28776	1	0.96	14326
2.50	1.33	0.75	3.33	130.24	22850.00	0.45	1.28776	1	1.14	11460.8
3.00	1.33	0.75	4.00	125.45	22850.00	0.45	1.28776	1	1.31	9550.68
4.00	1.33	0.75	5.33	119.47	22850.00	0.45	1.28776	1	1.67	7163.01
5.00	1.33	0.75	6.67	115.88	22850.00	0.45	1.28776	1	2.02	5730.41
6.00	1.33	0.75	8.00	113.49	22850.00	0.45	1.28776	1	2.38	4775.34
7.00	1.33	0.75	9.33	102.00	22850.00	0.45	1.28776	1	2.49	4093.15
1.00	2.00	0.50	2.00	135.76	22850.00	0.45	1.53174	1.21	0.57	23679.4
1.50	2.00	0.50	3.00	129.58	22850.00	0.45	1.53174	1.21	0.82	15786.2
2.00	2.00	0.50	4.00	132.08	22850.00	0.45	1.53174	1.21	1.12	11839.7
2.50	2.00	0.50	5.00	125.21	22850.00	0.45	1.53174	1.21	1.32	9471.75
3.00	2.00	0.50	6.00	120.63	22850.00	0.45	1.53174	1.21	1.53	7893.12
4.00	2.00	0.50	8.00	114.90	22850.00	0.45	1.53174	1.21	1.94	5919.84
5.00	2.00	0.50	10.00	111.46	22850.00	0.45	1.53174	1.21	2.35	4735.87
6.00	2.00	0.50	12.00	98.00	22850.00	0.45	1.53174	1.21	2.48	3946.56
7.00	2.00	0.50	14.00	84.00	22850.00	0.45	1.53174	1.21	2.48	3382.77
1.00	4.00	0.25	4.00	130.27	22850.00	0.45	1.9637	1.583	0.72	18099.8
1.50	4.00	0.25	6.00	124.36	22850.00	0.45	1.9637	1.583	1.03	12066.6
2.00	4.00	0.25	8.00	126.75	22850.00	0.45	1.9637	1.583	1.40	9049.92
2.50	4.00	0.25	10.00	120.18	22850.00	0.45	1.9637	1.583	1.66	7239.93
3.00	4.00	0.25	12.00	115.80	22850.00	0.45	1.9637	1.583	1.92	6033.28
4.00	4.00	0.25	16.00	110.33	22850.00	0.45	1.9637	1.583	2.44	4524.96
5.00	4.00	0.25	20.00	90.00	22850.00	0.45	1.9637	1.583	2.49	3619.97
6.00	4.00	0.25	24.00	75.00	22850.00	0.45	1.9637	1.583	2.49	3016.64
7.00	4.00	0.25	28.00	64.00	22850.00	0.45	1.9637	1.583	2.48	2585.69
1.00	10.00	0.10	10.00	126.97	22850.00	0.45	2.54429	2.1	0.93	13643.8
1.50	10.00	0.10	15.00	121.23	22850.00	0.45	2.54429	2.1	1.33	9095.88
2.00	10.00	0.10	20.00	123.55	22850.00	0.45	2.54429	2.1	1.81	6821.91
2.50	10.00	0.10	25.00	117.17	22850.00	0.45	2.54429	2.1	2.15	5457.53
3.00	10.00	0.10	30.00	112.91	22850.00	0.45	2.54429	2.1	2.48	4547.94
4.00	10.00	0.10	40.00	85.00	22850.00	0.45	2.54429	2.1	2.49	3410.96
5.00	10.00	0.10	50.00	68.00	22850.00	0.45	2.54429	2.1	2.49	2728.77
6.00	10.00	0.10	60.00	56.00	22850.00	0.45	2.54429	2.1	2.46	2273.97
7.00	10.00	0.10	70.00	48.00	22850.00	0.45	2.54429	2.1	2.46	1949.12

Pilotes

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. Instituto de Desarrollo Urbano

Para esta alternativa se prevé un nivel de desplante de los pilotes de 2.00 m. Los valores de capacidad portante del pilote individual para diferentes diámetros y profundidades se presentan a continuación:

Tabla 13-53. Capacidad portante pilotes alternativa 2 Juan Rey

Profundidad (m)	Qadm estático(kPa)			Qadm dinámico(kPa)		
	0.4	0.5	0.6	0.4	0.5	0.6
2.00	59.0	79.2	101.5	102.9	139.3	180.1
3.00	79.9	105.3	132.8	137.1	182.1	231.4
4.00	100.8	131.4	164.2	171.3	224.9	282.7
5.00	121.7	157.6	195.5	205.5	267.6	334.1
6.00	255.0	352.9	464.5	457.1	639.7	849.6
7.00	296.2	404.4	526.3	524.5	723.9	950.7
8.00	337.4	455.9	588.1	591.9	808.2	1051.8
9.00	378.6	507.4	649.9	659.3	892.4	1152.9
10.00	419.8	558.9	711.7	726.7	976.7	1254.0
11.00	461.0	610.4	773.4	794.1	1060.9	1355.1
12.00	502.2	661.9	835.2	861.5	1145.1	1456.2
13.00	543.3	713.3	897.0	928.9	1229.4	1557.3
14.00	584.5	764.8	958.8	996.3	1313.6	1658.4
15.00	625.7	816.3	1020.6	1063.6	1397.9	1759.5
16.00	666.9	867.8	1082.3	1131.0	1482.1	1860.6
17.00	708.1	919.3	1144.1	1198.4	1566.4	1961.7
18.00	749.3	970.8	1205.9	1265.8	1650.6	2062.8
19.00	790.5	1022.2	1267.7	1333.2	1734.9	2163.9
20.00	831.7	1073.7	1329.5	1400.6	1819.1	2264.9
21.00	872.8	1125.2	1391.3	1468.0	1903.4	2366.0

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

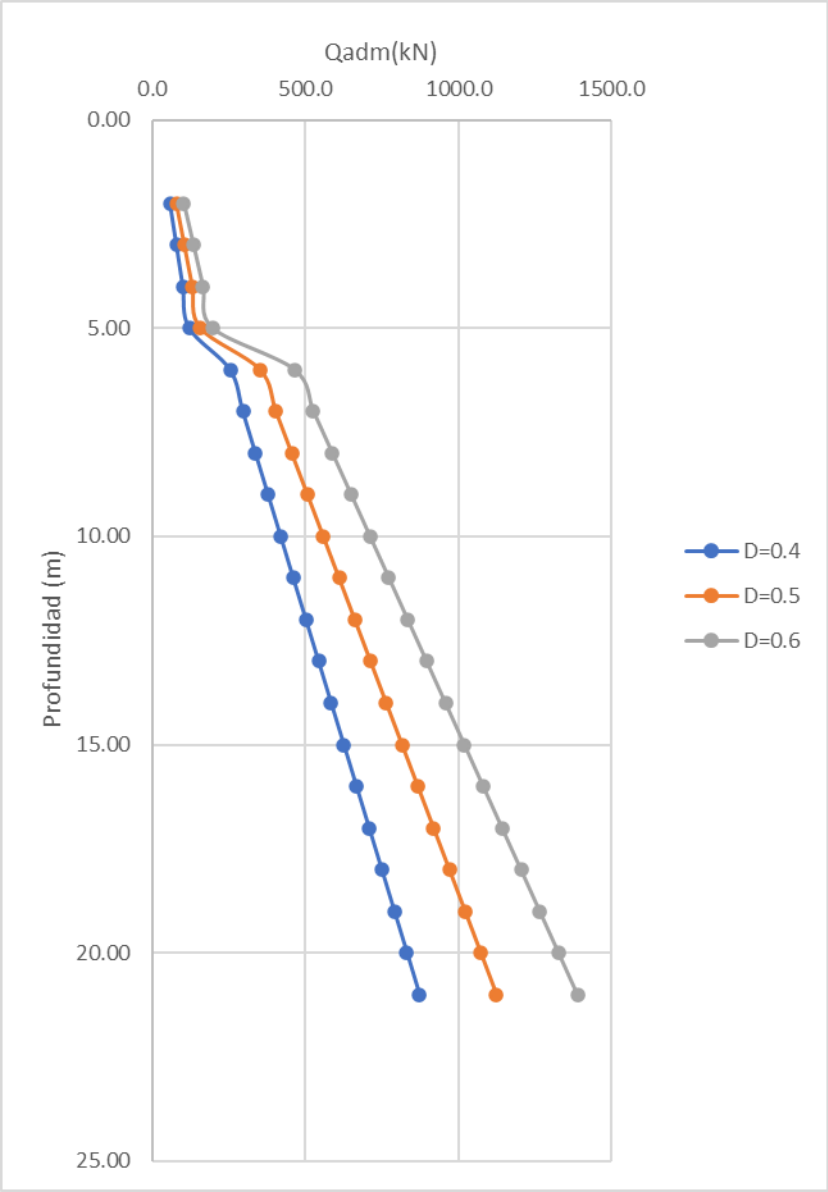


Figura 13-45. *Ábaco de capacidad portante pilotes alternativa 2 Juan Rey*

De acuerdo con lo anterior, para esta alternativa de cimentación se recomienda una longitud mínima de pilotes de 9.0 m para garantizar una adecuada capacidad portante y una correcta transmisión de cargas a estratos competentes.

Los módulos de reacción horizontal para cada diámetro y profundidad analizada se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 13-54. Módulos de reacción horizontal pilotes alternativa 1 Juan Rey

Profundidad (m)	Kh(kN/m3)		
	0.4	0.5	0.6
2.00	71630.1	57304.1	47753.4
3.00	71630.1	57304.1	47753.4
4.00	71630.1	57304.1	47753.4
5.00	71630.1	57304.1	47753.4
6.00	454545.5	363636.4	303030.3
7.00	454545.5	363636.4	303030.3
8.00	454545.5	363636.4	303030.3
9.00	454545.5	363636.4	303030.3
10.00	454545.5	363636.4	303030.3
11.00	454545.5	363636.4	303030.3
12.00	454545.5	363636.4	303030.3
13.00	454545.5	363636.4	303030.3
14.00	454545.5	363636.4	303030.3
15.00	454545.5	363636.4	303030.3
16.00	454545.5	363636.4	303030.3
17.00	454545.5	363636.4	303030.3
18.00	454545.5	363636.4	303030.3
19.00	454545.5	363636.4	303030.3
20.00	454545.5	363636.4	303030.3
21.00	454545.5	363636.4	303030.3

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

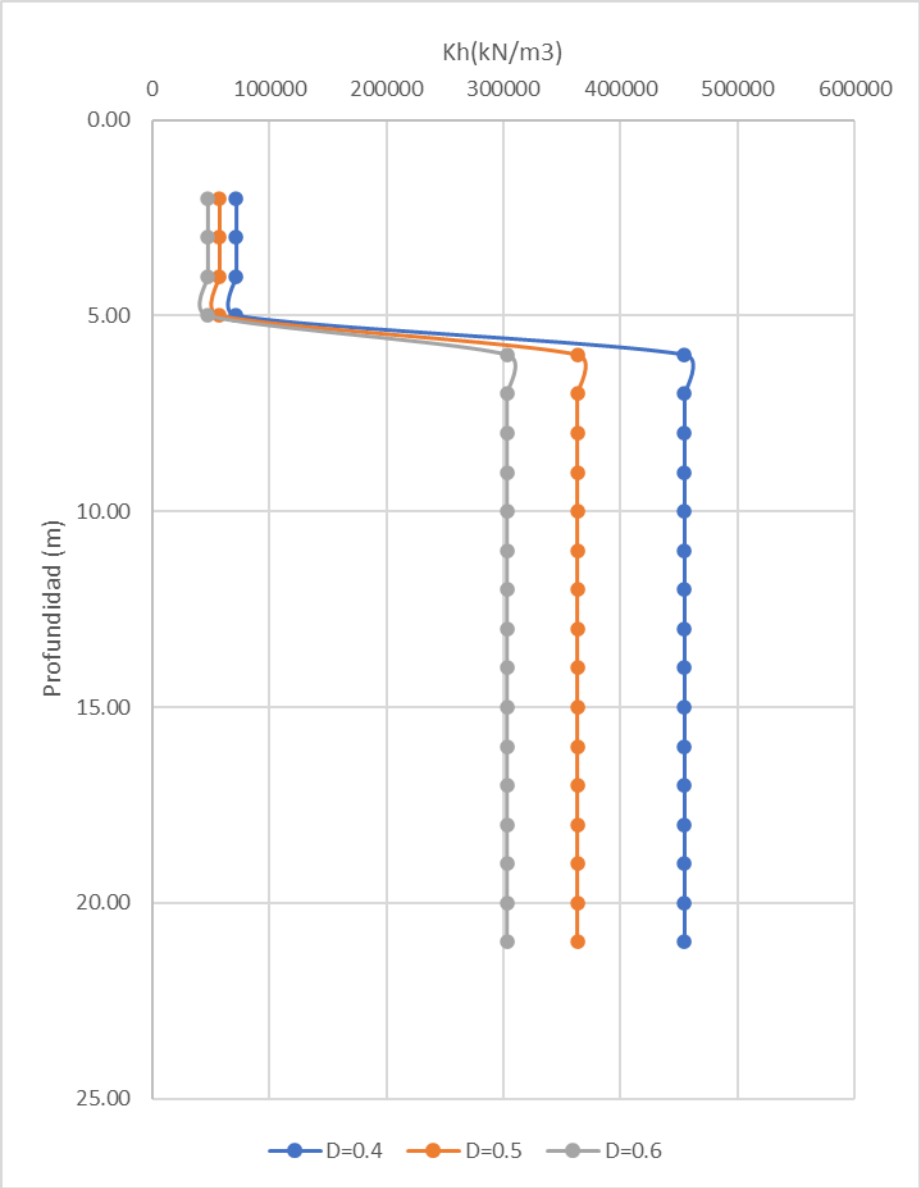


Figura 13-46. *Ábaco módulos de reacción horizontal pilotes alternativa 2 Juan Rey*

Los módulos de reacción vertical para cada diámetro y profundidad analizada se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 13-55. Módulos de reacción vertical pilotes alternativa 1 Juan Rey

Profundidad (m)	Kv(kN/m3)		
	0.4	0.5	0.6
2.00	84270.7	67416.6	56180.5
3.00	84270.7	67416.6	56180.5
4.00	84270.7	67416.6	56180.5
5.00	84270.7	67416.6	56180.5
6.00	534759.4	427807.5	356506.2
7.00	534759.4	427807.5	356506.2
8.00	534759.4	427807.5	356506.2
9.00	534759.4	427807.5	356506.2
10.00	534759.4	427807.5	356506.2
11.00	534759.4	427807.5	356506.2
12.00	534759.4	427807.5	356506.2
13.00	534759.4	427807.5	356506.2
14.00	534759.4	427807.5	356506.2
15.00	534759.4	427807.5	356506.2
16.00	534759.4	427807.5	356506.2
17.00	534759.4	427807.5	356506.2
18.00	534759.4	427807.5	356506.2
19.00	534759.4	427807.5	356506.2
20.00	534759.4	427807.5	356506.2
21.00	534759.4	427807.5	356506.2

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C.
Instituto de Desarrollo Urbano

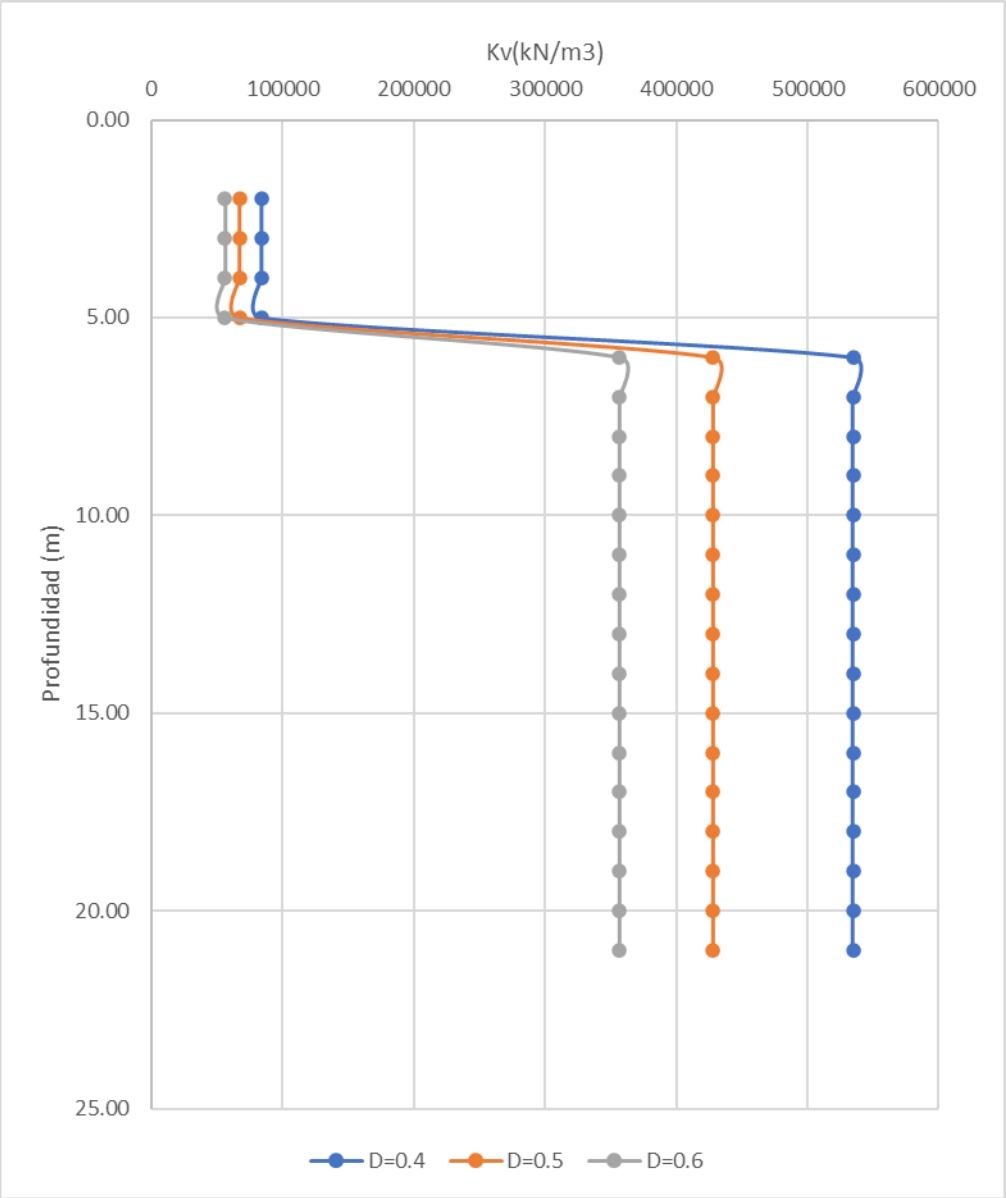


Figura 13-47. *Ábaco módulos de reacción vertical pilotes alternativa 2 Juan Rey*

Los asentamientos elásticos obtenidos para esta alternativa no superan los 3.7 mm para los 3 diámetros de pilote analizados tal y como se observa en las memorias de cálculo del ANEXO J, por lo que se considera adecuado para el sistema de fundación.

Caissons

Para esta alternativa se prevé un nivel de desplante de los caissons de 2.0 m. Los valores de capacidad portante del caisson individual para diferentes diámetros y profundidades se presentan a continuación:

Tabla 13-56. Capacidad portante caissons alternativa 2 Juan Rey

Profundidad (m)	Qadm estático(kPa)		Qadm estático(kPa)	
	1.2	1.5	1.2	1.5
2.00	280.5	399.0	515.3	741.1
3.00	343.2	477.4	617.9	869.3
4.00	405.9	555.8	720.6	997.6
5.00	468.6	634.2	823.2	1125.9
6.00	1421.0	2083.8	2683.1	3968.9
7.00	1544.6	2238.2	2885.3	4221.6
8.00	1668.2	2392.7	3087.5	4474.4
9.00	1791.7	2547.1	3289.7	4727.1
10.00	1915.3	2701.6	3491.9	4979.9
11.00	2038.9	2856.0	3694.1	5232.6
12.00	2162.4	3010.5	3896.3	5485.3
13.00	2286.0	3165.0	4098.5	5738.1
14.00	2409.5	3319.4	4300.7	5990.8
15.00	2533.1	3473.9	4502.9	6243.6
16.00	2656.7	3628.3	4705.1	6496.3
17.00	2780.2	3782.8	4907.3	6749.0
18.00	2903.8	3937.2	5109.5	7001.8
19.00	3027.4	4091.7	5311.6	7254.5
20.00	3150.9	4246.1	5513.8	7507.3
21.00	3274.5	4400.6	5716.0	7760.0

ALCALDIA MAYOR BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

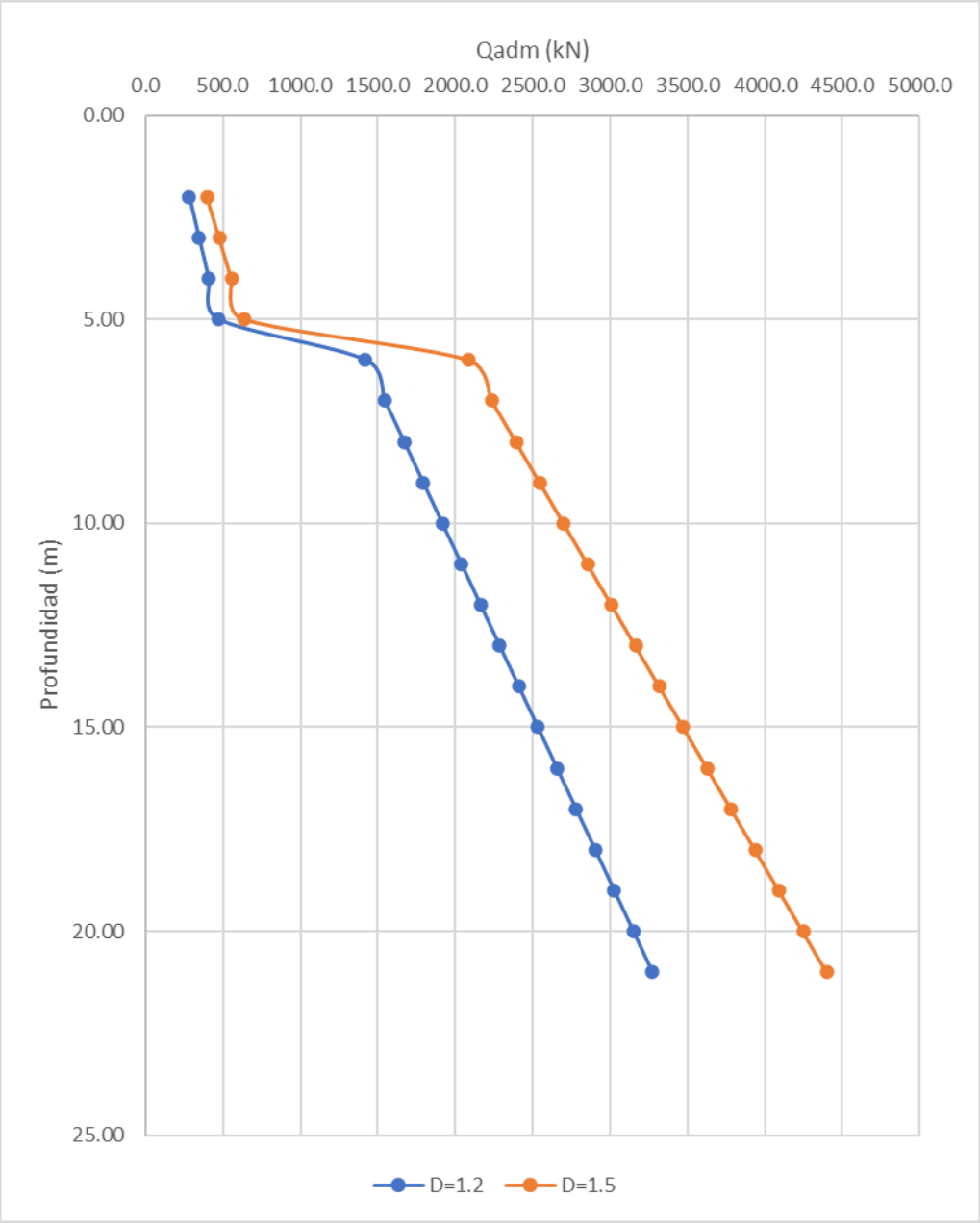


Figura 13-48. *Ábaco de capacidad portante caissons alternativa 2 Juan Rey*

De acuerdo con lo anterior, para esta alternativa de cimentación se recomienda una longitud mínima de caissons de 9.0 m para garantizar una adecuada capacidad portante y una correcta transmisión de cargas a estratos competentes.

Los módulos de reacción horizontal calculados para los diferentes diámetros y profundidades analizadas, se presentan a continuación:

Tabla 13-57. Módulos de reacción horizontal caissons alternativa 2 Juan Rey

Profundidad (m)	Kh(kN/m3)	
	1.2	1.5
2.00	23876.7	19101.4
3.00	23876.7	19101.4
4.00	23876.7	19101.4
5.00	23876.7	19101.4
6.00	151515.2	121212.1
7.00	151515.2	121212.1
8.00	151515.2	121212.1
9.00	151515.2	121212.1
10.00	151515.2	121212.1
11.00	151515.2	121212.1
12.00	151515.2	121212.1
13.00	151515.2	121212.1
14.00	151515.2	121212.1
15.00	151515.2	121212.1
16.00	151515.2	121212.1
17.00	151515.2	121212.1
18.00	151515.2	121212.1
19.00	151515.2	121212.1
20.00	151515.2	121212.1
21.00	151515.2	121212.1

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

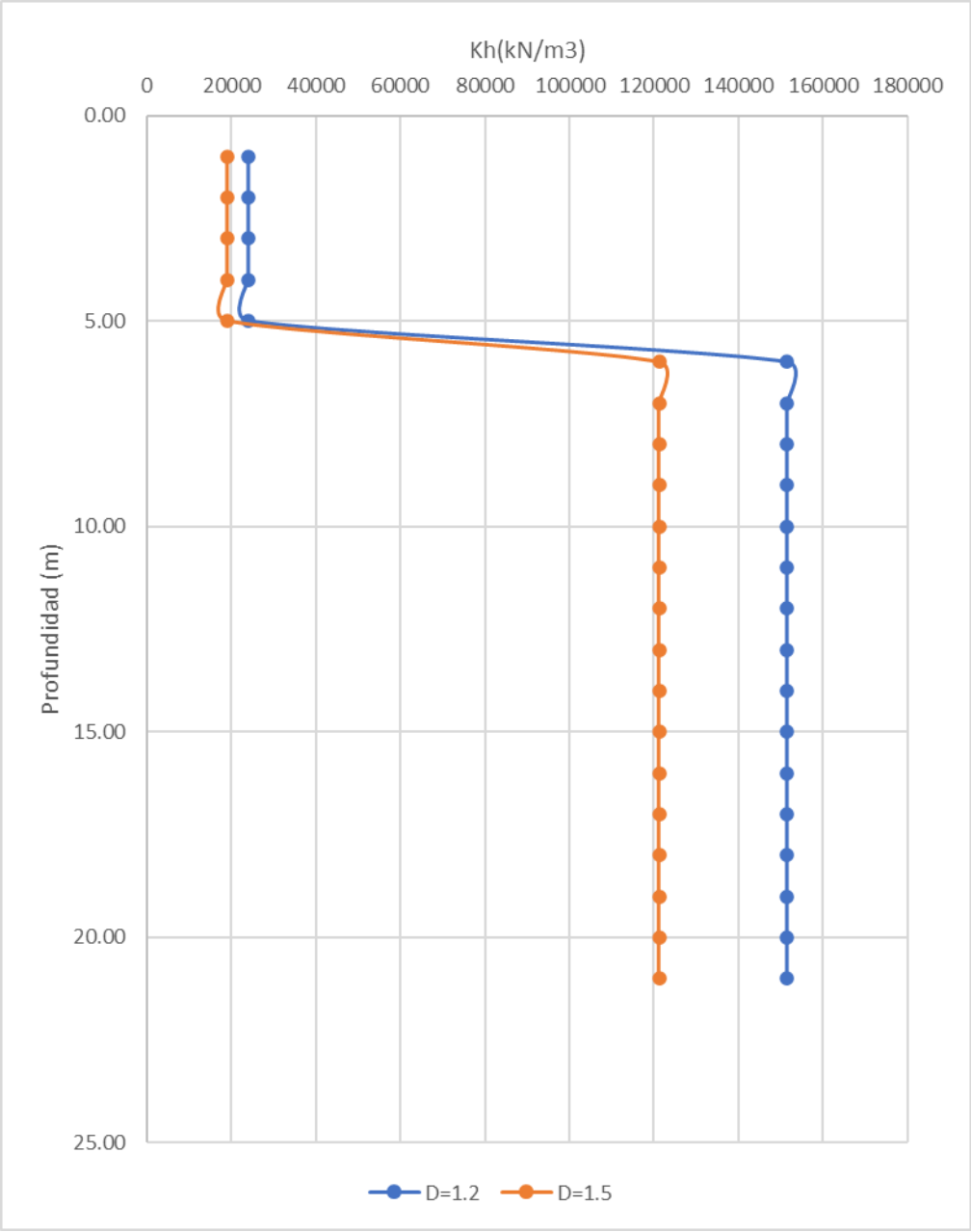


Figura 13-49. *Ábaco de módulos de reacción horizontal Caissons Alternativa 2 Juan Rey*

Los módulos de reacción vertical calculados para los diferentes diámetros y profundidades analizadas, se presentan a continuación:

Tabla 13-58. Módulos de reacción vertical caissons alternativa 2 Juan Rey

Profundidad (m)	Kv(kN/m3)	
	1.2	1.5
2.00	28090.2	22472.2
3.00	28090.2	22472.2
4.00	28090.2	22472.2
5.00	28090.2	22472.2
6.00	178253.1	142602.5
7.00	178253.1	142602.5
8.00	178253.1	142602.5
9.00	178253.1	142602.5
10.00	178253.1	142602.5
11.00	178253.1	142602.5
12.00	178253.1	142602.5
13.00	178253.1	142602.5
14.00	178253.1	142602.5
15.00	178253.1	142602.5
16.00	178253.1	142602.5
17.00	178253.1	142602.5
18.00	178253.1	142602.5
19.00	178253.1	142602.5
20.00	178253.1	142602.5
21.00	178253.1	142602.5

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

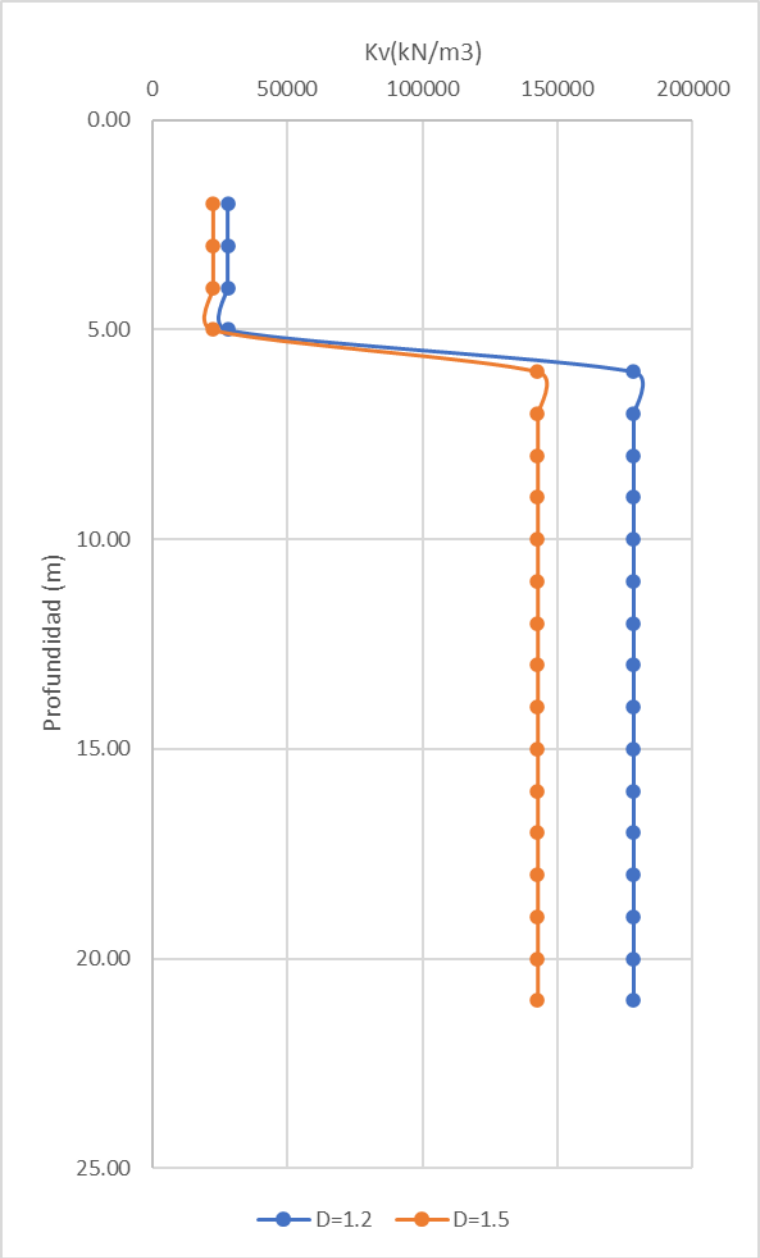


***Figura 13-50**. Ábaco de módulo de reacción vertical caissons Alternativa 2 Juan Rey*

Los asentamientos elásticos obtenidos para esta alternativa no superan los 16.5 mm para los 2 diámetros de caisson analizados tal y como se observa en las memorias de cálculo del ANEXO J, por lo que se considera adecuado para el sistema de fundación.

13.1.1.6 Alternativa 3

Zapatas

Para esta alternativa se consideró un nivel de cimentación de 3.0 m con respecto al nivel actual del terreno. Los valores de la capacidad portante obtenidos para esta alternativa se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 13-59. Capacidad portante zapatas alternativa 3 Juan Rey para asentamiento de 2.5 cm

B(m) / B/L	Capacidad portante admisible (kN/m2)				
	1	0.75	0.5	0.25	0.1
1.0	250.0	250.0	250.0	250.0	250.0
1.5	250.0	250.0	250.0	250.0	250.0
2.0	250.0	250.0	250.0	250.0	250.0
2.5	250.0	250.0	250.0	250.0	250.0
3.0	250.0	250.0	250.0	250.0	250.0
4.0	250.0	250.0	250.0	250.0	250.0
5.0	250.0	250.0	250.0	250.0	250.0
6.0	250.0	250.0	250.0	250.0	249.0
7.0	250.0	250.0	250.0	250.0	213.0

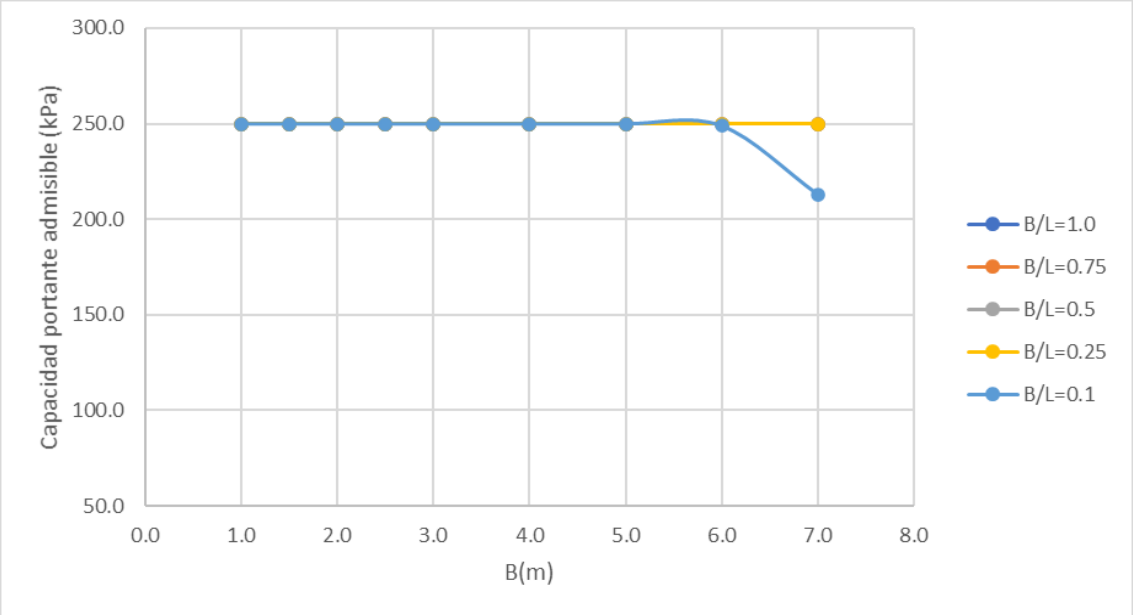


Figura 13-51. *Ábaco capacidad portante zapatas Alternativa 3 Juan Rey para asentamiento de 2.5 cm*

Como se observa, se tienen valores altos de capacidad portante y estos se limitan a 250 kPa como se comentó anteriormente.

El valor del módulo de reacción vertical para las diferentes geometrías de zapatas se presenta a continuación:

Tabla 13-60. Módulo de reacción vertical, zapatas alternativa 3, Juan Rey para asentamiento de 2.5 cm

Asentamiento										
B (m)	L/B	B/L	L(m)	Qadm (kN/m²)	Es (kN/m²)	v	a	ar	Se (cm)	Kv (kN/m3)
1.00	1.00	1.00	1.00	250.00	100000.00	0.45	1.1222	0.875	0.17	143305
1.50	1.00	1.00	1.50	250.00	100000.00	0.45	1.1222	0.875	0.26	95536.6
2.00	1.00	1.00	2.00	250.00	100000.00	0.45	1.1222	0.875	0.35	71652.5
2.50	1.00	1.00	2.50	250.00	100000.00	0.45	1.1222	0.875	0.44	57322
3.00	1.00	1.00	3.00	250.00	100000.00	0.45	1.1222	0.875	0.52	47768.3
4.00	1.00	1.00	4.00	250.00	100000.00	0.45	1.1222	0.875	0.70	35826.2
5.00	1.00	1.00	5.00	250.00	100000.00	0.45	1.1222	0.875	0.87	28661
6.00	1.00	1.00	6.00	250.00	100000.00	0.45	1.1222	0.875	1.05	23884.2
7.00	1.00	1.00	7.00	250.00	100000.00	0.45	1.1222	0.875	1.22	20472.1
1.00	1.33	0.75	1.33	250.00	100000.00	0.45	1.28776	1	0.20	125392
1.50	1.33	0.75	2.00	250.00	100000.00	0.45	1.28776	1	0.30	83594.6
2.00	1.33	0.75	2.67	250.00	100000.00	0.45	1.28776	1	0.40	62695.9
2.50	1.33	0.75	3.33	250.00	100000.00	0.45	1.28776	1	0.50	50156.7
3.00	1.33	0.75	4.00	250.00	100000.00	0.45	1.28776	1	0.60	41797.3
4.00	1.33	0.75	5.33	250.00	100000.00	0.45	1.28776	1	0.80	31348
5.00	1.33	0.75	6.67	250.00	100000.00	0.45	1.28776	1	1.00	25078.4
6.00	1.33	0.75	8.00	250.00	100000.00	0.45	1.28776	1	1.20	20898.6
7.00	1.33	0.75	9.33	250.00	100000.00	0.45	1.28776	1	1.40	17913.1
1.00	2.00	0.50	2.00	250.00	100000.00	0.45	1.53174	1.21	0.24	103630
1.50	2.00	0.50	3.00	250.00	100000.00	0.45	1.53174	1.21	0.36	69086.4
2.00	2.00	0.50	4.00	250.00	100000.00	0.45	1.53174	1.21	0.48	51814.8
2.50	2.00	0.50	5.00	250.00	100000.00	0.45	1.53174	1.21	0.60	41451.9
3.00	2.00	0.50	6.00	250.00	100000.00	0.45	1.53174	1.21	0.72	34543.2
4.00	2.00	0.50	8.00	250.00	100000.00	0.45	1.53174	1.21	0.96	25907.4
5.00	2.00	0.50	10.00	250.00	100000.00	0.45	1.53174	1.21	1.21	20725.9
6.00	2.00	0.50	12.00	250.00	100000.00	0.45	1.53174	1.21	1.45	17271.6
7.00	2.00	0.50	14.00	250.00	100000.00	0.45	1.53174	1.21	1.69	14804.2
1.00	4.00	0.25	4.00	250.00	100000.00	0.45	1.9637	1.583	0.32	79211.5
1.50	4.00	0.25	6.00	250.00	100000.00	0.45	1.9637	1.583	0.47	52807.7
2.00	4.00	0.25	8.00	250.00	100000.00	0.45	1.9637	1.583	0.63	39605.8
2.50	4.00	0.25	10.00	250.00	100000.00	0.45	1.9637	1.583	0.79	31684.6
3.00	4.00	0.25	12.00	250.00	100000.00	0.45	1.9637	1.583	0.95	26403.8
4.00	4.00	0.25	16.00	250.00	100000.00	0.45	1.9637	1.583	1.26	19802.9
5.00	4.00	0.25	20.00	250.00	100000.00	0.45	1.9637	1.583	1.58	15842.3
6.00	4.00	0.25	24.00	250.00	100000.00	0.45	1.9637	1.583	1.89	13201.9
7.00	4.00	0.25	28.00	250.00	100000.00	0.45	1.9637	1.583	2.21	11315.9
1.00	10.00	0.10	10.00	250.00	100000.00	0.45	2.54429	2.1	0.42	59710.4
1.50	10.00	0.10	15.00	250.00	100000.00	0.45	2.54429	2.1	0.63	39806.9
2.00	10.00	0.10	20.00	250.00	100000.00	0.45	2.54429	2.1	0.84	29855.2
2.50	10.00	0.10	25.00	250.00	100000.00	0.45	2.54429	2.1	1.05	23884.2
3.00	10.00	0.10	30.00	250.00	100000.00	0.45	2.54429	2.1	1.26	19903.5
4.00	10.00	0.10	40.00	250.00	100000.00	0.45	2.54429	2.1	1.67	14927.6
5.00	10.00	0.10	50.00	250.00	100000.00	0.45	2.54429	2.1	2.09	11942.1
6.00	10.00	0.10	60.00	249.00	100000.00	0.45	2.54429	2.1	2.50	9951.73
7.00	10.00	0.10	70.00	213.00	100000.00	0.45	2.54429	2.1	2.50	8530.06

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C. Instituto de Desarrollo Urbano

Pilotes

Para esta alternativa se prevé un nivel de desplante de los pilotes de 3.00 m. Los valores de capacidad portante del pilote individual para diferentes diámetros y profundidades se presentan a continuación:

Tabla 13-61. Capacidad portante pilotes alternativa 3 Juan Rey

Profundidad (m)	Qadm estático(kPa)			Qadm dinámico(kPa)		
	0.4	0.5	0.6	0.4	0.5	0.6
1.00	106.2	156.3	215.9	201.2	298.7	415.0
2.00	137.1	194.9	262.1	251.7	361.7	490.6
3.00	167.9	233.4	308.4	302.1	424.8	566.3
4.00	198.7	272.0	354.6	352.6	487.9	642.0
5.00	229.5	310.5	400.9	403.0	550.9	717.6
6.00	260.4	349.0	447.1	453.5	614.0	793.3
7.00	291.2	387.6	493.3	503.9	677.0	869.0
8.00	322.0	426.1	539.6	554.4	740.1	944.7
9.00	352.9	464.6	585.8	604.8	803.1	1020.3
10.00	383.7	503.2	632.1	655.3	866.2	1096.0
11.00	458.8	607.7	770.2	790.5	1056.5	1349.8
12.00	500.0	659.1	832.0	857.9	1140.7	1450.9
13.00	541.2	710.6	893.8	925.3	1225.0	1552.0
14.00	582.4	762.1	955.5	992.7	1309.2	1653.1
15.00	623.5	813.6	1017.3	1060.1	1393.5	1754.2
16.00	664.7	865.1	1079.1	1127.5	1477.7	1855.3
17.00	705.9	916.6	1140.9	1194.9	1562.0	1956.3
18.00	747.1	968.1	1202.7	1262.3	1646.2	2057.4
19.00	788.3	1019.5	1264.4	1329.7	1730.5	2158.5
20.00	829.5	1071.0	1326.2	1397.1	1814.7	2259.6

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

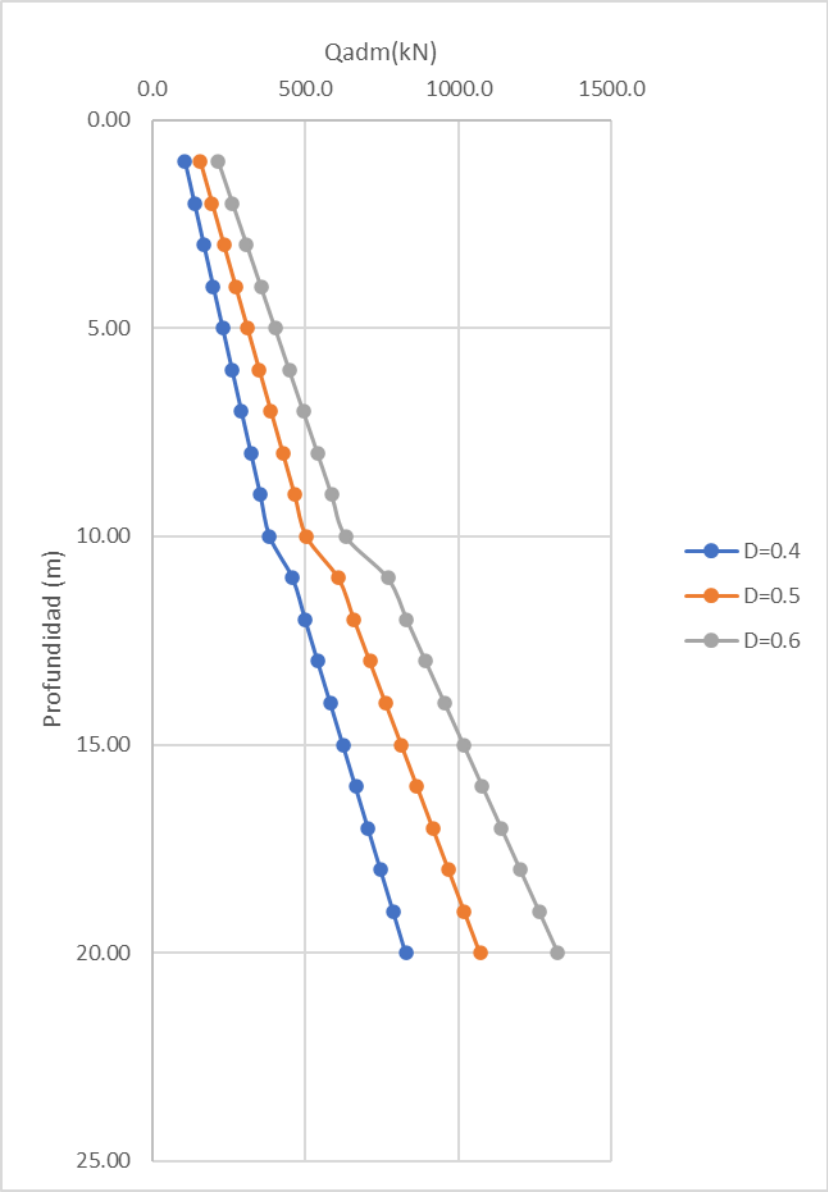


Figura 13-52. *Ábaco de capacidad portante pilotes alternativa 3 Juan Rey*

De acuerdo con lo anterior, para esta alternativa de cimentación se recomienda una longitud mínima de pilotes de 10.0 m para garantizar una adecuada capacidad portante y una correcta transmisión de cargas a estratos competentes.

Los módulos de reacción horizontal para cada diámetro y profundidad analizada se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 13-62. Módulos de reacción horizontal pilotes alternativa 3 Juan Rey

Profundidad (m)	Kh(kN/m3)		
	0.4	0.5	0.6
1.00	313479.6	250783.7	208986.4
2.00	313479.6	250783.7	208986.4
3.00	313479.6	250783.7	208986.4
4.00	313479.6	250783.7	208986.4
5.00	313479.6	250783.7	208986.4
6.00	313479.6	250783.7	208986.4
7.00	313479.6	250783.7	208986.4
8.00	313479.6	250783.7	208986.4
9.00	313479.6	250783.7	208986.4
10.00	313479.6	250783.7	208986.4
11.00	454545.5	363636.4	303030.3
12.00	454545.5	363636.4	303030.3
13.00	454545.5	363636.4	303030.3
14.00	454545.5	363636.4	303030.3
15.00	454545.5	363636.4	303030.3
16.00	454545.5	363636.4	303030.3
17.00	454545.5	363636.4	303030.3
18.00	454545.5	363636.4	303030.3
19.00	454545.5	363636.4	303030.3
20.00	454545.5	363636.4	303030.3

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

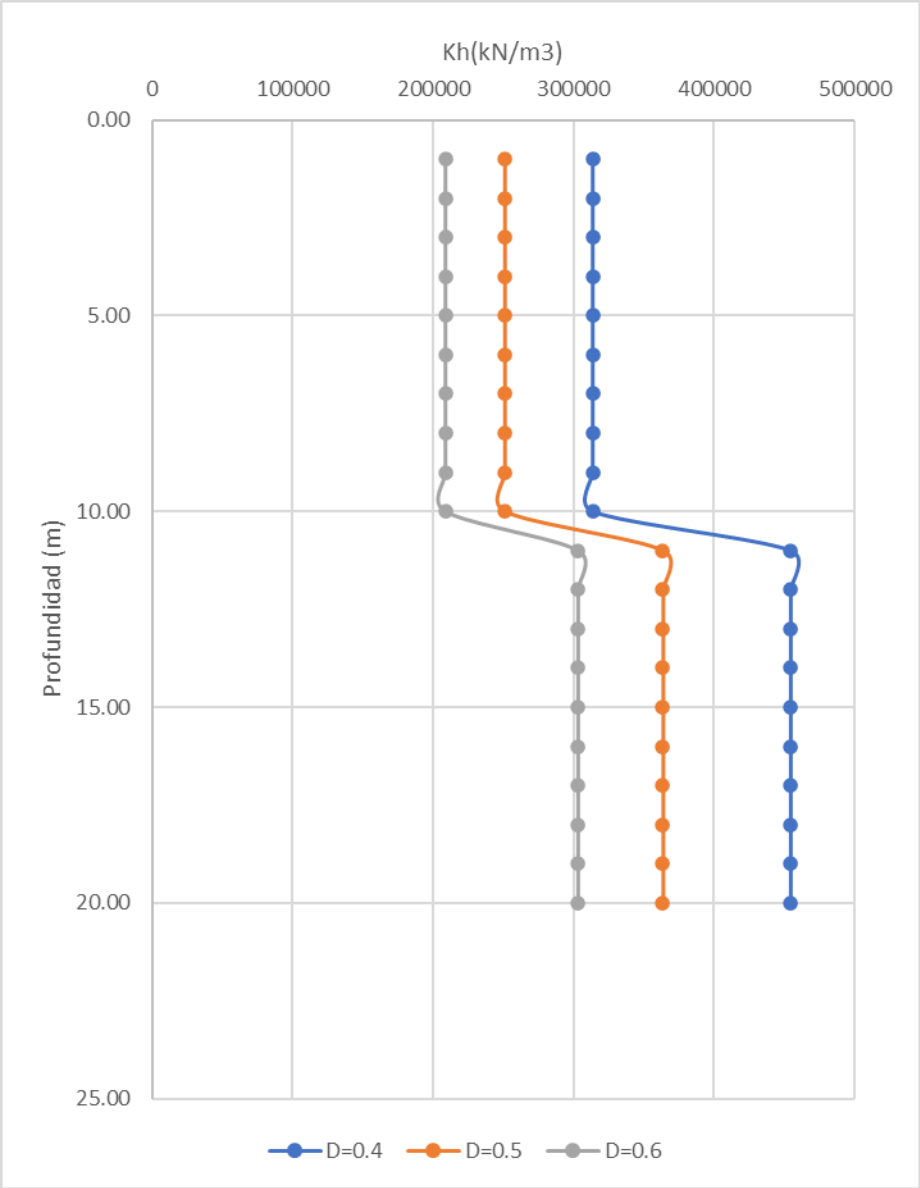


Figura 13-53. *Ábaco módulos de reacción horizontal pilotes alternativa 3 Juan Rey*

Los módulos de reacción vertical para cada diámetro y profundidad analizada se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 13-63. Módulos de reacción vertical pilotes alternativa 3 Juan Rey

Profundidad (m)	Kv(kN/m3)		
	0.4	0.5	0.6
1.00	368799.6	295039.6	245866.4
2.00	368799.6	295039.6	245866.4
3.00	368799.6	295039.6	245866.4
4.00	368799.6	295039.6	245866.4
5.00	368799.6	295039.6	245866.4
6.00	368799.6	295039.6	245866.4
7.00	368799.6	295039.6	245866.4
8.00	368799.6	295039.6	245866.4
9.00	368799.6	295039.6	245866.4
10.00	368799.6	295039.6	245866.4
11.00	534759.4	427807.5	356506.2
12.00	534759.4	427807.5	356506.2
13.00	534759.4	427807.5	356506.2
14.00	534759.4	427807.5	356506.2
15.00	534759.4	427807.5	356506.2
16.00	534759.4	427807.5	356506.2
17.00	534759.4	427807.5	356506.2
18.00	534759.4	427807.5	356506.2
19.00	534759.4	427807.5	356506.2
20.00	534759.4	427807.5	356506.2

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

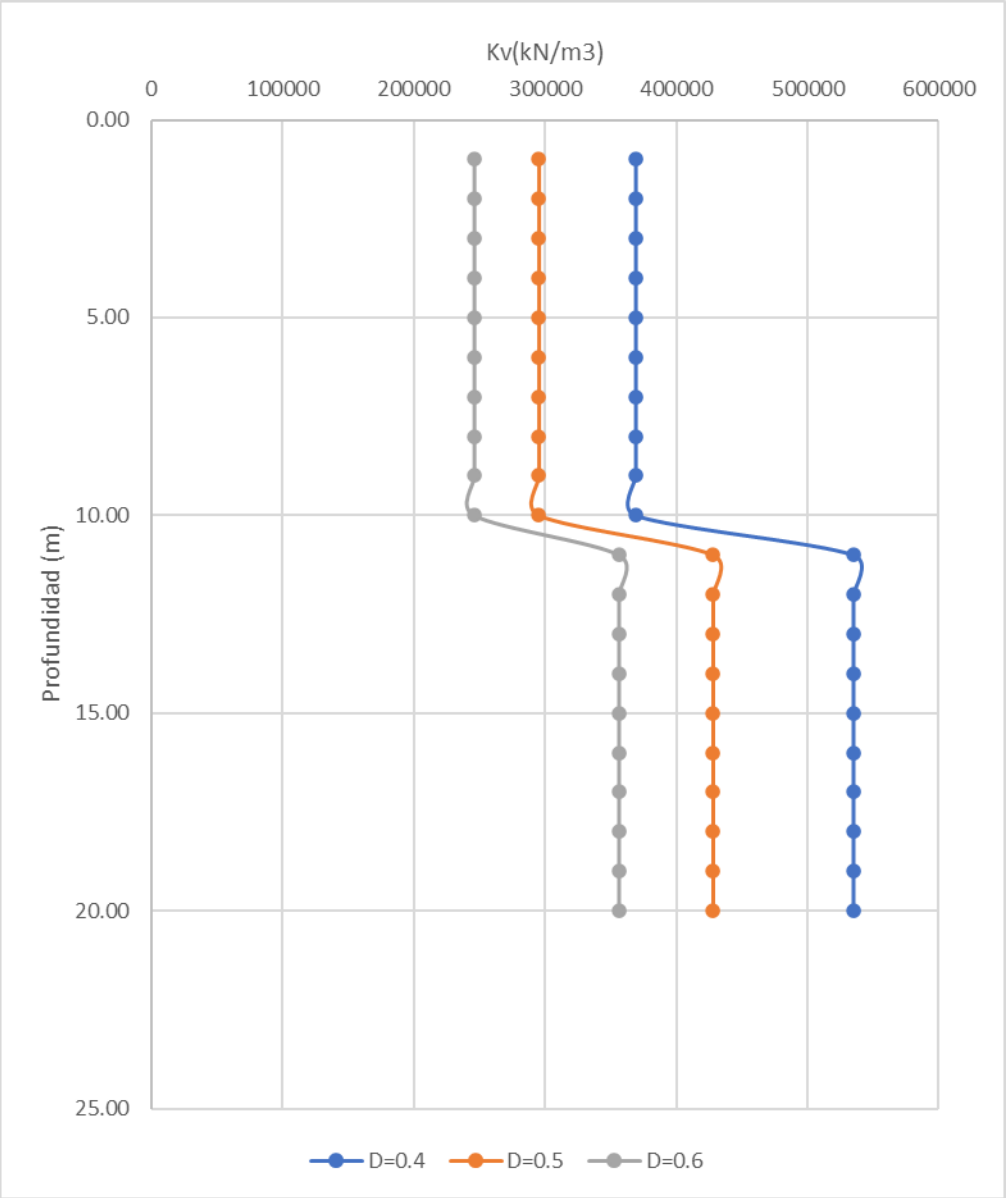


Figura 13-54. *Ábaco módulos de reacción vertical pilotes alternativa 3 Juan Rey*

Los asentamientos elásticos obtenidos para esta alternativa no superan los 3.6 mm para los 3 diámetros de pilote analizados tal y como se observa en las memorias de cálculo del ANEXO J, por lo que se considera adecuado para el sistema de fundación.

Caissons

Para esta alternativa se prevé un nivel de desplante de los caissons de 3.0 m. Los valores de capacidad portante del caisson individual para diferentes diámetros y profundidades se presentan a continuación:

Tabla 13-64. Capacidad portante caissons alternativa 3 Juan Rey

Profundidad (m)	Qadm estático(kPa)		Qadm estático(kPa)	
	1.2	1.5	1.2	1.5
1.00	771.1	1175.9	1508.5	2309.7
2.00	863.6	1291.5	1659.8	2498.9
3.00	956.0	1407.1	1811.2	2688.1
4.00	1048.5	1522.7	1962.5	2877.3
5.00	1141.0	1638.3	2113.9	3066.4
6.00	1233.5	1753.9	2265.2	3255.6
7.00	1326.0	1869.5	2416.5	3444.8
8.00	1418.5	1985.1	2567.9	3634.0
9.00	1511.0	2100.7	2719.2	3823.1
10.00	1603.4	2216.4	2870.6	4012.3
11.00	2032.4	2847.9	3683.5	5219.3
12.00	2155.9	3002.4	3885.7	5472.1
13.00	2279.5	3156.8	4087.9	5724.8
14.00	2403.1	3311.3	4290.1	5977.5
15.00	2526.6	3465.8	4492.3	6230.3
16.00	2650.2	3620.2	4694.5	6483.0
17.00	2773.7	3774.7	4896.6	6735.8
18.00	2897.3	3929.1	5098.8	6988.5
19.00	3020.9	4083.6	5301.0	7241.3
20.00	3144.4	4238.0	5503.2	7494.0

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

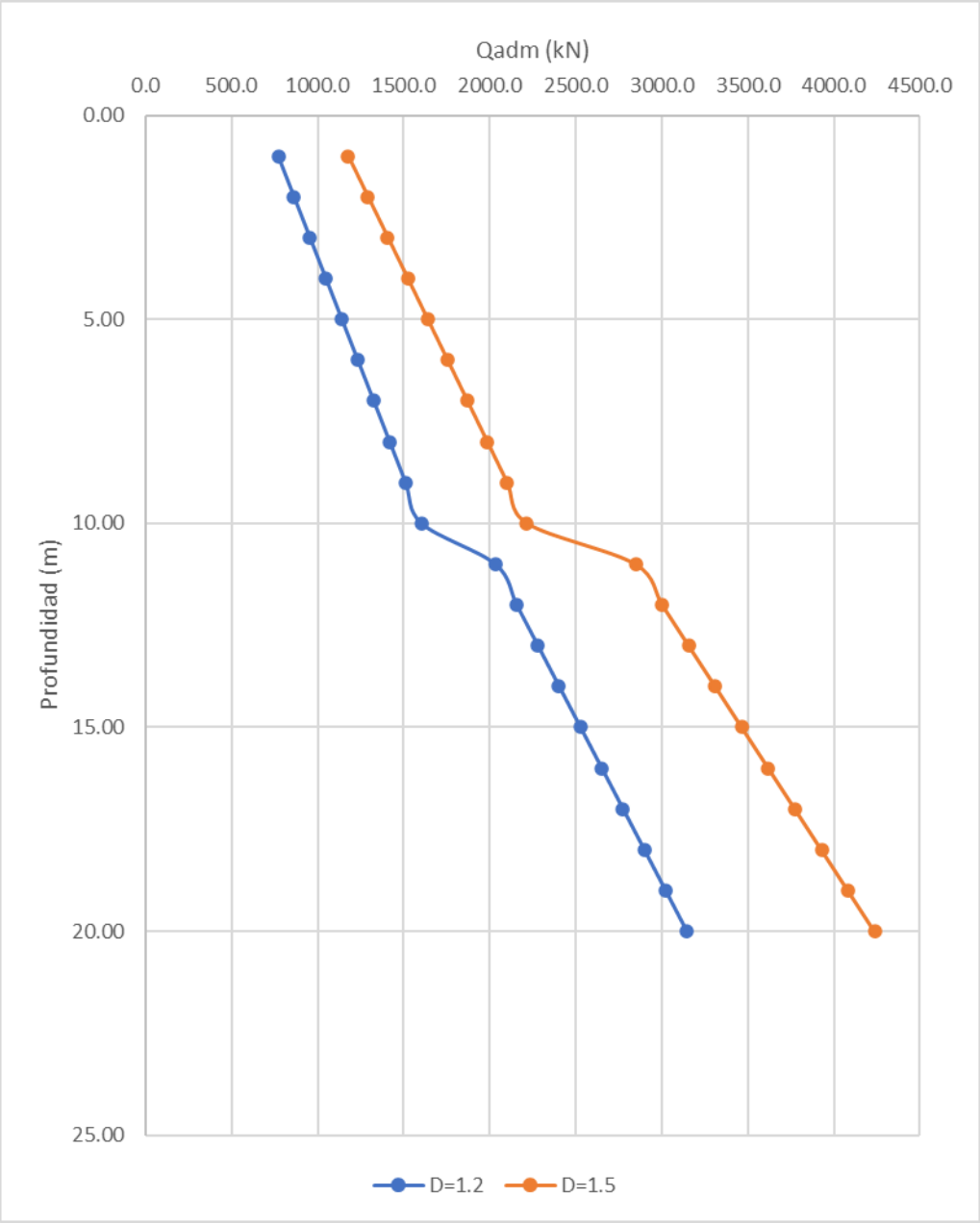


Figura 13-55. *Ábaco de capacidad portante caissons alternativa 3 Juan Rey*

De acuerdo con lo anterior, para esta alternativa de cimentación se recomienda una longitud mínima de caissons de 8.0 m para garantizar una adecuada capacidad portante y una correcta transmisión de cargas a estratos competentes.

Los módulos de reacción horizontal calculados para los diferentes diámetros y profundidades analizadas, se presentan a continuación:

Tabla 13-65. Módulos de reacción horizontal caissons alternativa 3 Juan Rey

Profundidad (m)	Kh(kN/m3)	
	1.2	1.5
1.00	104493.2	83594.6
2.00	104493.2	83594.6
3.00	104493.2	83594.6
4.00	104493.2	83594.6
5.00	104493.2	83594.6
6.00	104493.2	83594.6
7.00	104493.2	83594.6
8.00	104493.2	83594.6
9.00	104493.2	83594.6
10.00	104493.2	83594.6
11.00	151515.2	121212.1
12.00	151515.2	121212.1
13.00	151515.2	121212.1
14.00	151515.2	121212.1
15.00	151515.2	121212.1
16.00	151515.2	121212.1
17.00	151515.2	121212.1
18.00	151515.2	121212.1
19.00	151515.2	121212.1
20.00	151515.2	121212.1

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

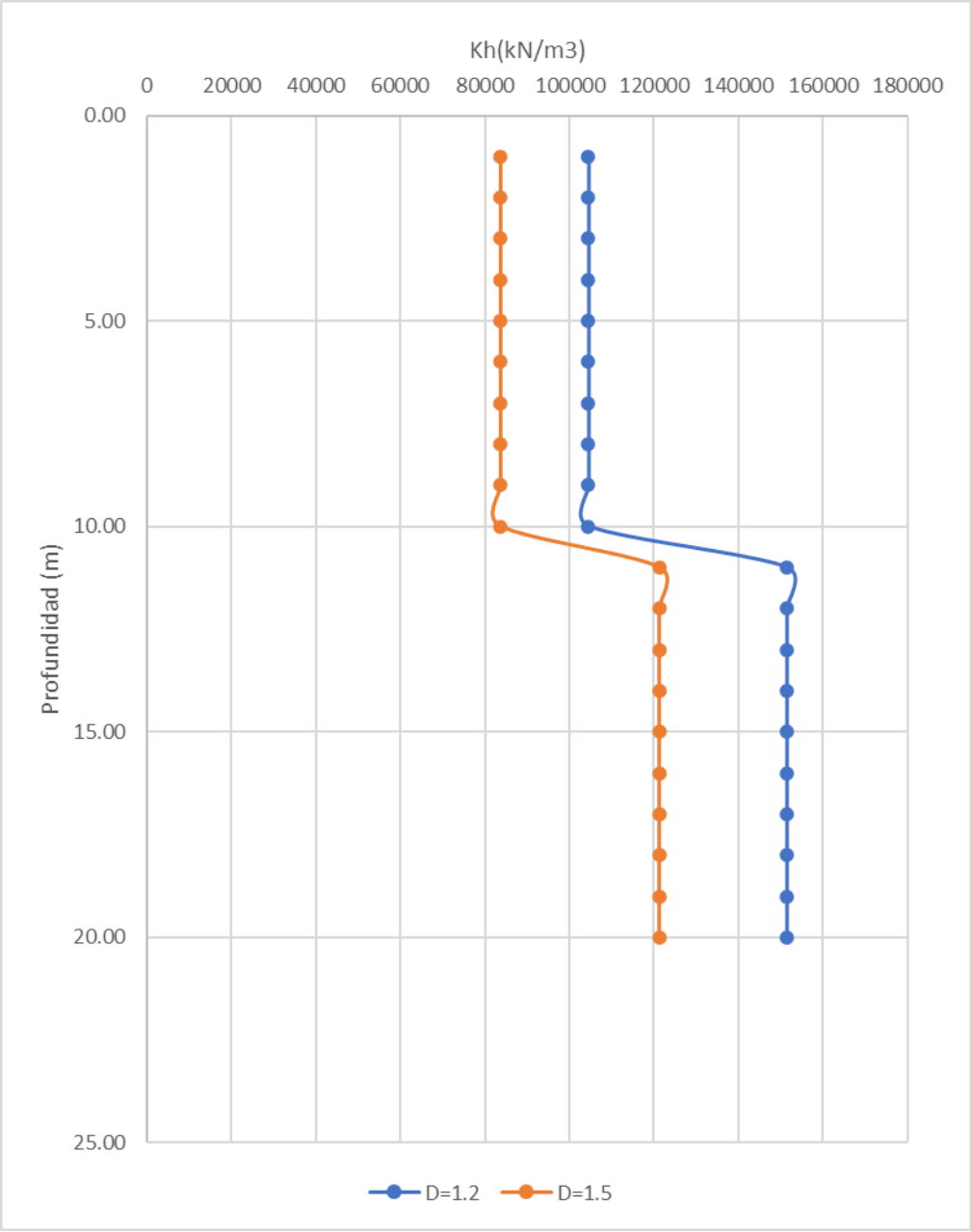


Figura 13-56. *Ábaco de módulos de reacción horizontal Caissons Alternativa 3 Juan Rey*

Los módulos de reacción vertical calculados para los diferentes diámetros y profundidades analizadas, se presentan a continuación:

Tabla 13-66. Módulos de reacción vertical caissons alternativa 3 Juan Rey

Profundidad (m)	Kv(kN/m3)	
	1.2	1.5
1.00	122933.2	98346.5
2.00	122933.2	98346.5
3.00	122933.2	98346.5
4.00	122933.2	98346.5
5.00	122933.2	98346.5
6.00	122933.2	98346.5
7.00	122933.2	98346.5
8.00	122933.2	98346.5
9.00	122933.2	98346.5
10.00	122933.2	98346.5
11.00	178253.1	142602.5
12.00	178253.1	142602.5
13.00	178253.1	142602.5
14.00	178253.1	142602.5
15.00	178253.1	142602.5
16.00	178253.1	142602.5
17.00	178253.1	142602.5
18.00	178253.1	142602.5
19.00	178253.1	142602.5
20.00	178253.1	142602.5

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

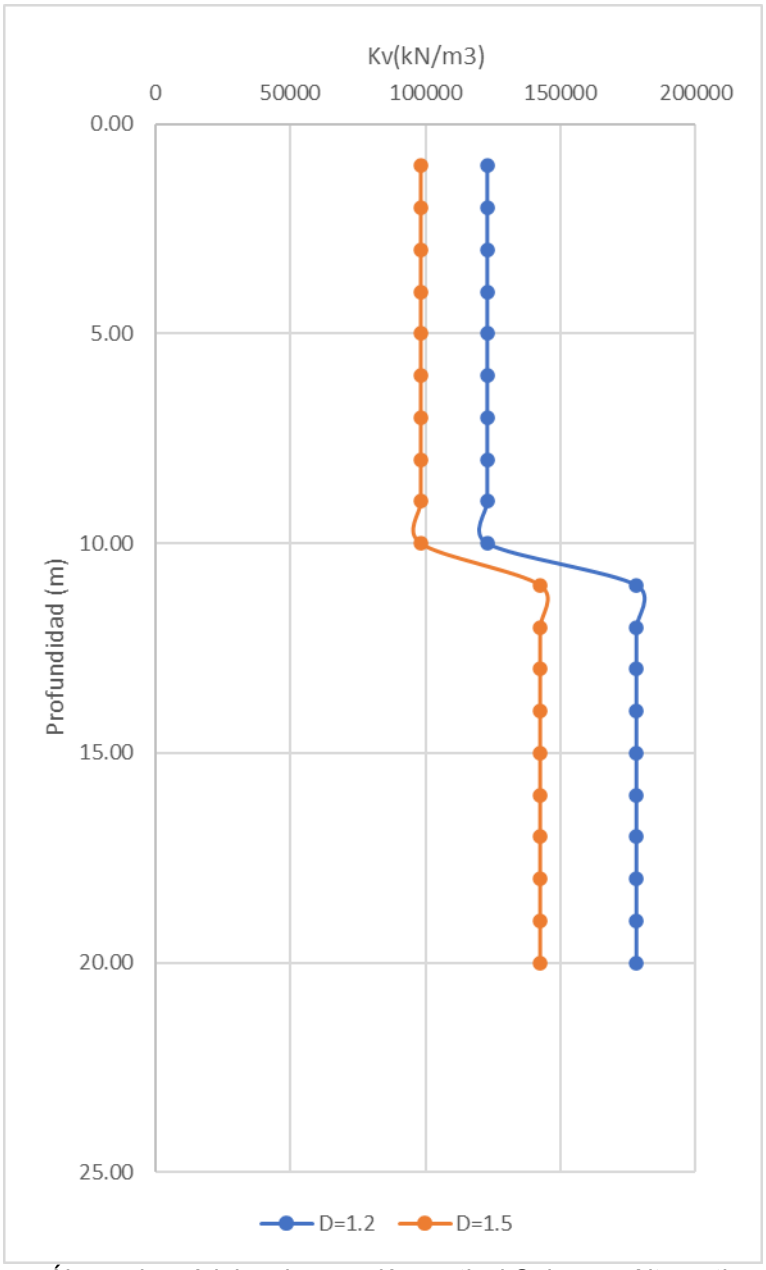


Figura 13-57. *Ábaco de módulos de reacción vertical Caissons Alternativa 3 Juan Rey*

Los asentamientos elásticos obtenidos para esta alternativa no superan los 15.8 mm para los 2 diámetros de caisson analizados tal y como se observa en las memorias de cálculo del ANEXO J, por lo que se considera adecuado para el sistema de fundación.

13.2 Cimentaciones pilonas

Las cimentaciones de las pilonas se diseñaron con base en las zonas geotécnicas descritas en apartados anteriores.

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.

En todos los casos, se calcularon asentamientos elásticos y se limitaron a 20 mm. Los asentamientos por consolidación serán tenidos en cuenta en la fase de diseños definitivos una vez se cuente con mayor información geotécnica y cargas de trabajo reales

A continuación, se presentan los resultados para cada zona geotécnica:

13.2.1 Tramo Portal 20 de Julio-La Victoria

Zona 1.

Para la zona geotécnica número 1 se presentan los resultados de la carga axial admisible y carga de tracción para el Estado Límite de Resistencia (ELR)

Tabla 13-67 Resumen de valores de carga axial admisible y carga por tracción (ELR)

LONGITUD	Carga axial admisible ELR (kN)			Carga admisible por tracción ELR (kN)		
m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
0						
1	221.1	343.4	492.5	23.78	33.43	44.55
2	346.4	535.0	764.5	59.52	81.80	107.03
3	482.1	740.7	1054.6	108.31	146.48	189.09
4	610.2	932.3	1322.2	170.15	227.48	290.73
5	730.6	1109.7	1567.3	245.05	324.81	411.96
6	1689.2	2595.1	3694.6	327.98	432.17	545.23
7	2697.5	4157.0	5930.6	418.95	549.58	690.56
8	3755.2	5794.8	8274.8	517.27	676.18	846.92
9	4012.8	6181.6	8816.6	621.00	809.53	1011.38
10	4273.4	6572.1	9362.8	730.12	949.64	1183.95
11	4537.0	6966.3	9913.6	844.65	1096.50	1364.62
12	4803.6	7364.2	10468.7	964.59	1250.11	1553.39
13	5070.1	7765.8	11028.3	1084.52	1410.48	1750.26
14	5336.7	8171.2	11592.4	1204.45	1577.59	1955.24
15	5603.2	8580.2	12160.9	1324.38	1751.47	2168.33
16	5869.8	8989.3	12733.9	1444.31	1925.34	2389.51
17	6136.4	9398.3	13311.4	1564.24	2099.21	2618.80

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

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
18	6402.9	9807.4	13893.3	1684.17	2273.08	2856.20
19	6669.5	10216.5	14475.2	1804.11	2446.95	3093.59
20	6936.0	10625.5	15057.1	1924.04	2620.82	3330.98
21	7202.6	11034.6	15639.0	2043.97	2794.69	3568.38
22	7469.1	11443.6	16220.9	2163.90	2968.56	3805.77
23	7735.7	11852.7	16802.8	2283.83	3142.43	4043.17
24	8002.3	12261.8	17384.7	2403.76	3316.31	4280.56
25	8268.8	12670.8	17966.6	2523.69	3490.18	4517.95

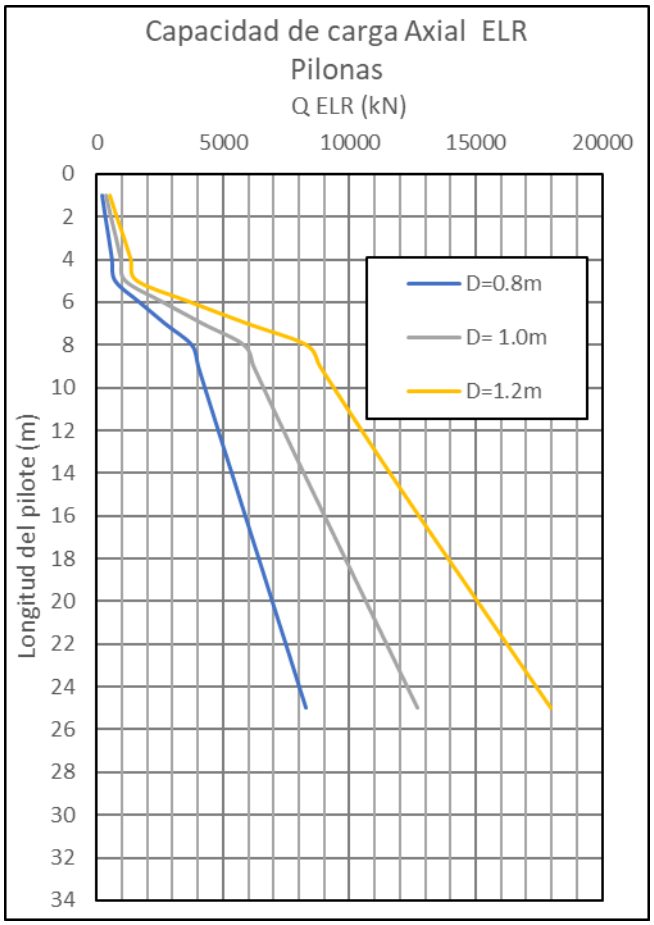


***Figura 13-58**. Ábaco de carga axial admisible (ELR)*

Adicionalmente, para se presentan los resultados obtenidos para la carga axial admisible y por tracción correspondiente al Estado Límite de Evento Extremo (ELEE).

Tabla 13-68. Resumen de valores de carga axial admisible y carga por tracción (ELEE)

LONGITUD m	Carga axial admisible ELEE (kN)			Carga admisible por tracción ELEE (kN)		
	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
0						
1	441.0	685.3	983.2	23.78	33.43	44.55
2	689.1	1065.5	1523.6	59.52	81.80	107.03
3	956.8	1472.3	2098.3	108.31	146.48	189.09
4	1208.0	1849.2	2626.0	170.15	227.48	290.73
5	1442.7	2196.1	3106.7	245.05	324.81	411.96
6	3352.6	5158.2	7350.7	327.98	432.17	545.23
7	5361.3	8272.0	11810.9	418.95	549.58	690.56
8	7468.1	11536.8	16486.2	517.27	676.18	846.92
9	7974.2	12298.9	17556.0	621.00	809.53	1011.38
10	8485.7	13067.7	18633.9	730.12	949.64	1183.95
11	9002.6	13843.2	19719.9	844.65	1096.50	1364.62
12	9524.9	14625.6	20814.0	964.59	1250.11	1553.39
13	10047.2	15414.6	21916.3	1084.52	1410.48	1750.26
14	10569.5	16210.5	23026.6	1204.45	1577.59	1955.24
15	11091.8	17013.0	24145.0	1324.38	1751.47	2168.33
16	11614.1	17815.6	25271.5	1444.31	1925.34	2389.51
17	12136.4	18618.2	26406.2	1564.24	2099.21	2618.80
18	12658.7	19420.8	27548.9	1684.17	2273.08	2856.20
19	13181.0	20223.4	28691.6	1804.11	2446.95	3093.59
20	13703.3	21025.9	29834.4	1924.04	2620.82	3330.98
21	14225.6	21828.5	30977.1	2043.97	2794.69	3568.38
22	14747.9	22631.1	32119.8	2163.90	2968.56	3805.77
23	15270.2	23433.7	33262.6	2283.83	3142.43	4043.17
24	15792.5	24236.3	34405.3	2403.76	3316.31	4280.56
25	16314.8	25038.8	35548.0	2523.69	3490.18	4517.95

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

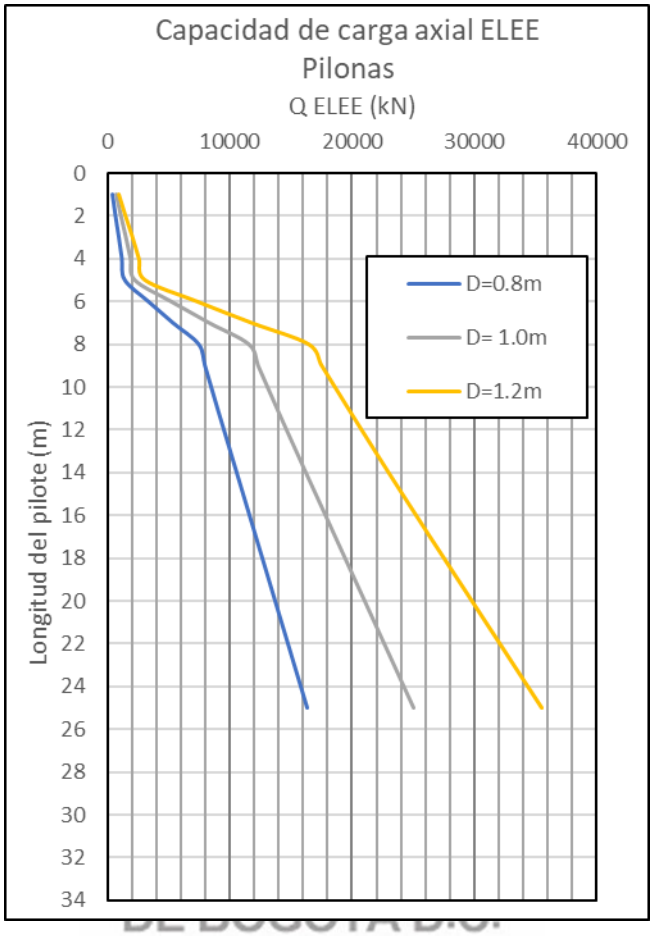


Figura 13-59.*Ábaco de carga axial admisible (ELEE)*

Las cargas admisibles para el Estado Límite de Servicio (ELS), se presentan a continuación:

Tabla 13-69. Resumen de valores de carga axial admisible y por tracción (ELS)

LONGITUD m	Carga admisible axial ELS para 20 mm (kN)			Carga admisible por tracción ELS (kN)		
	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
0						
1	159.1	191.5	233.7	23.78	33.43	44.55
2	173.2	221.4	259.8	59.52	81.80	107.03
3	259.2	316.6	374.1	108.31	146.48	189.09
4	299.4	369.3	439.3	170.15	227.48	290.73
5	362.5	438.4	524.1	245.05	324.81	411.96
6	423.7	527.2	620.9	327.98	432.17	545.23
7	493.1	616.3	729.8	418.95	549.58	690.56
8	1060.2	1322.9	1585.5	517.27	676.18	846.92
9	1142.3	1427.9	1703.7	621.00	809.53	1011.38
10	1229.8	1539.7	1839.8	730.12	949.64	1183.95
11	1322.7	1658.3	1984.0	844.65	1096.50	1364.62
12	1421.0	1773.8	2126.6	964.59	1250.11	1553.39
13	1519.3	1905.8	2287.0	1084.52	1410.48	1750.26
14	1617.6	2044.7	2445.7	1204.45	1577.59	1955.24
15	1715.8	2190.2	2622.4	1324.38	1751.47	2168.33
16	1814.1	2326.0	2797.3	1444.31	1925.34	2389.51
17	1912.4	2471.6	2980.4	1564.24	2099.21	2618.80
18	2010.7	2607.3	3181.3	1684.17	2273.08	2856.20
19	2109.0	2752.9	3372.5	1804.11	2446.95	3093.59
20	2207.3	2898.5	3563.6	1924.04	2620.82	3330.98
21	2295.8	3034.2	3754.8	2043.97	2794.69	3568.38
22	2394.0	3179.8	3955.7	2163.90	2968.56	3805.77
23	2492.3	3315.5	4146.9	2283.83	3142.43	4043.17
24	2590.6	3461.1	4338.0	2403.76	3316.31	4280.56
25	2679.1	3596.9	4529.2	2523.69	3490.18	4517.95

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

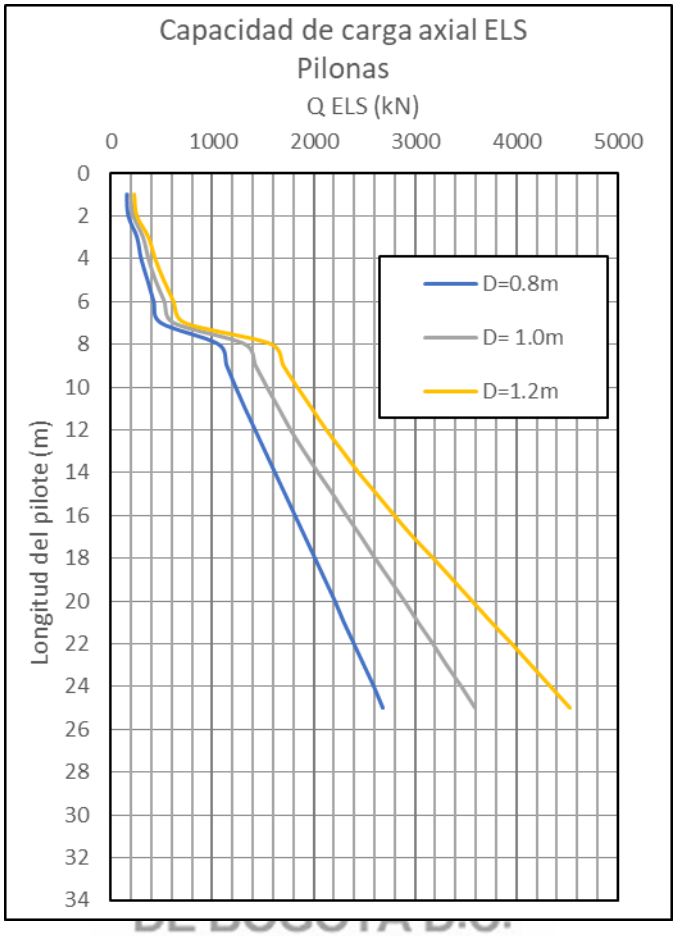


Figura 13-60.*Ábaco de carga axial admisible (ELS)*

Se presentan también 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.

Tabla 13-70. Resumen de valores de capacidad de carga lateral (ELR y ELEE)

LONGITUD m	Carga horizontal ELR y ELEE (kN)		
	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
0			
1	77.6	97.0	116.4
2	310.3	387.9	465.4
3	719.7	899.6	1079.5
4	732.3	1303.9	2079.9
5	733.6	1306.4	2084.0
6	734.4	1308.0	2086.7

LONGITUD	Carga horizontal ELR y ELEE (kN)		
m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
7	735.0	1309.1	2088.6
8	739.5	1317.7	2102.9
9	742.8	1324.0	2113.6
10	745.4	1329.0	2121.9
11	747.5	1332.9	2128.5
12	749.2	1336.1	2133.9
13	750.6	1338.8	2138.4
14	751.7	1341.0	2142.1
15	752.7	1342.9	2145.3
16	753.6	1344.6	2148.1
17	754.3	1346.0	2150.5
18	755.0	1347.3	2152.6
19	755.6	1348.4	2154.5
20	756.1	1349.4	2156.2
21	756.6	1350.3	2157.7
22	757.0	1351.1	2159.1
23	757.4	1351.8	2160.3
24	757.7	1352.5	2161.4
25	758.0	1353.1	2162.4

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

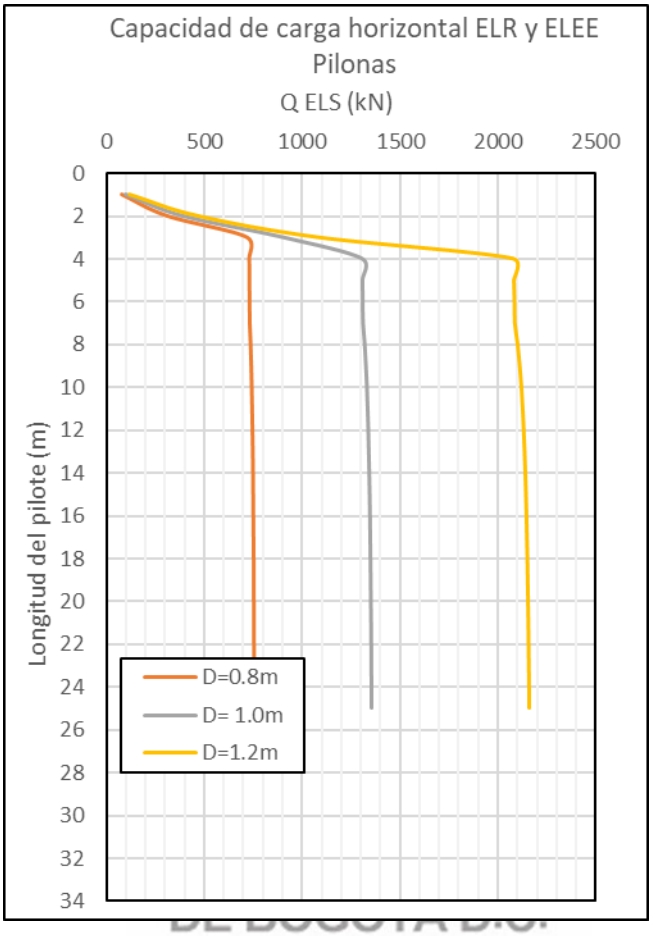


***Figura 13-61**.Ábaco de capacidad de carga lateral (ELR y ELEE)*

MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

Adicionalmente, se muestran los resultados de capacidad de carga lateral para los diferentes diámetros con respecto a los valores de Estado Límite de Servicio.

Tabla 13-71. Resumen de valores de capacidad de carga lateral (ELS)

LONGITUD m	Carga horizontal ELS para 20 mm(kN)		
	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
0			
1	77.6	97.0	116.4
2	310.4	363.0	363.0
3	608.2	608.2	608.2
4	732.6	843.7	843.7
5	733.9	1088.9	1088.9
6	734.7	1308.5	1324.4
7	735.3	951.6	1569.6

LONGITUD	Carga horizontal ELS para 20 mm(kN)		
m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
8	739.8	1187.0	1422.5
9	743.1	1324.6	1628.5
10	745.7	1329.5	1785.4
11	747.8	1333.5	1913.0
12	749.5	1336.7	2020.9
13	750.9	1339.3	2099.3
14	752.0	1341.6	2143.0
15	753.0	1343.5	2146.2
16	753.9	1345.1	2149.0
17	754.6	1346.6	2151.4
18	755.3	1347.8	2153.5
19	755.9	1348.9	2155.4
20	756.4	1349.9	2157.1
21	756.9	1350.8	2158.6
22	757.3	1351.6	2159.9
23	757.7	1352.4	2161.2
24	758.0	1353.0	2162.3
25	758.3	1353.6	2163.3

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

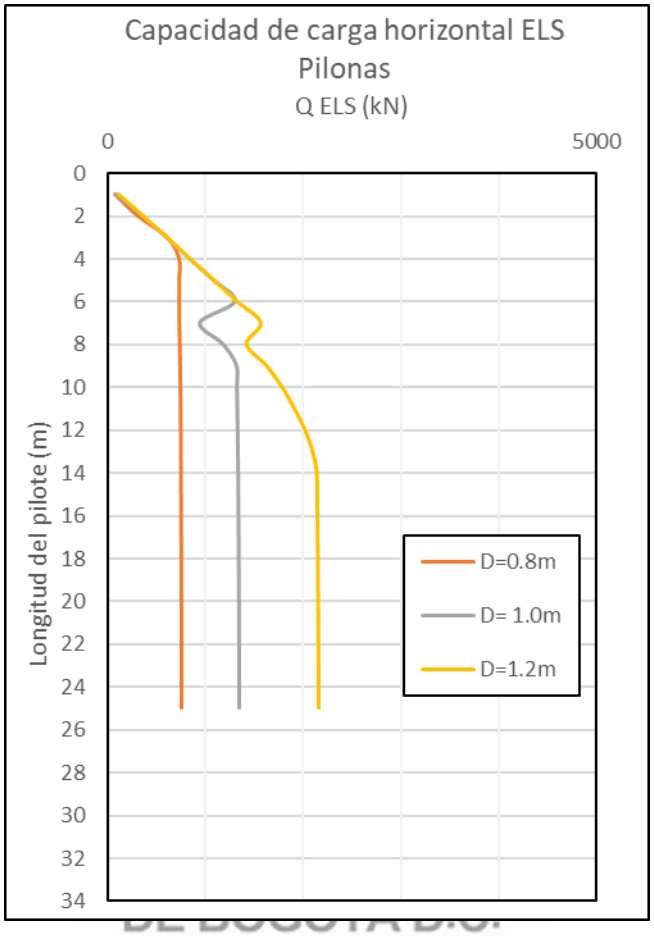


Figura 13-62. *Ábaco de capacidad de carga lateral (ELS)*

A continuación, se presentan los valores de los módulos de reacción vertical y horizontal, para cada uno de los diámetros contemplados.

Tabla 13-72. Resumen de valores de módulos de reacción horizontal y vertical para pilonas

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	13094	15405	10475	12324	8729	10270
2	13094	15405	10475	12324	8729	10270
3	17188	20222	13751	16177	11459	13481
4	17188	20222	13751	16177	11459	13481
5	17188	20222	13751	16177	11459	13481
6	17188	20222	13751	16177	11459	13481
7	17188	20222	13751	16177	11459	13481
8	59740	70283	47792	56226	39827	46855
9	59740	70283	47792	56226	39827	46855
10	59740	70283	47792	56226	39827	46855
11	59740	70283	47792	56226	39827	46855
12	59740	70283	47792	56226	39827	46855
13	59740	70283	47792	56226	39827	46855
14	59740	70283	47792	56226	39827	46855
15	59740	70283	47792	56226	39827	46855
16	59740	70283	47792	56226	39827	46855
17	59740	70283	47792	56226	39827	46855
18	59740	70283	47792	56226	39827	46855
19	59740	70283	47792	56226	39827	46855
20	59740	70283	47792	56226	39827	46855
21	59740	70283	47792	56226	39827	46855
22	59740	70283	47792	56226	39827	46855
23	59740	70283	47792	56226	39827	46855
24	59740	70283	47792	56226	39827	46855
25	59740	70283	47792	56226	39827	46855

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

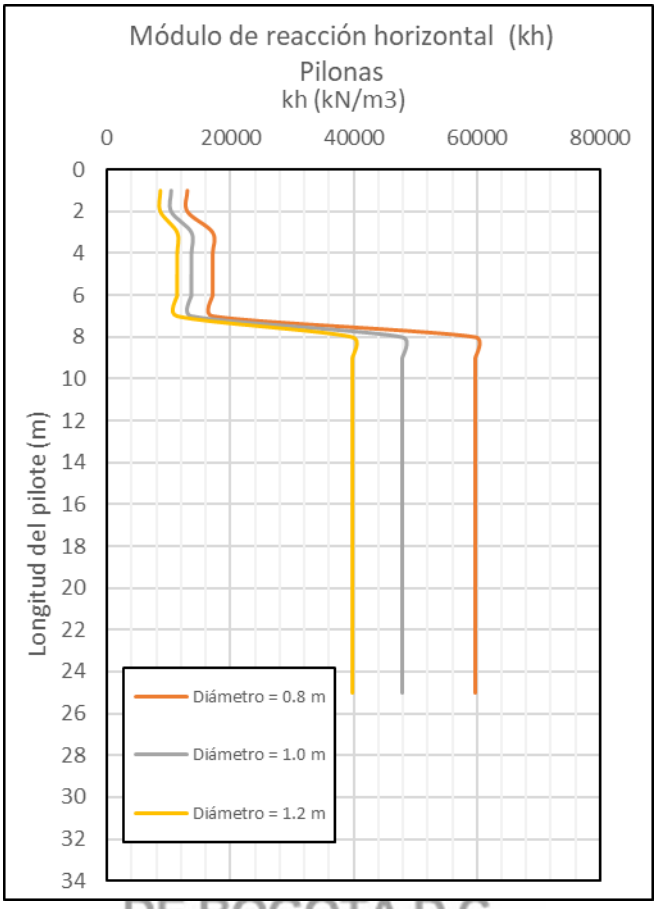


Figura 13-63. *Ábaco de módulos de reacción horizontal para pilonas*

DE BOGOTA D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

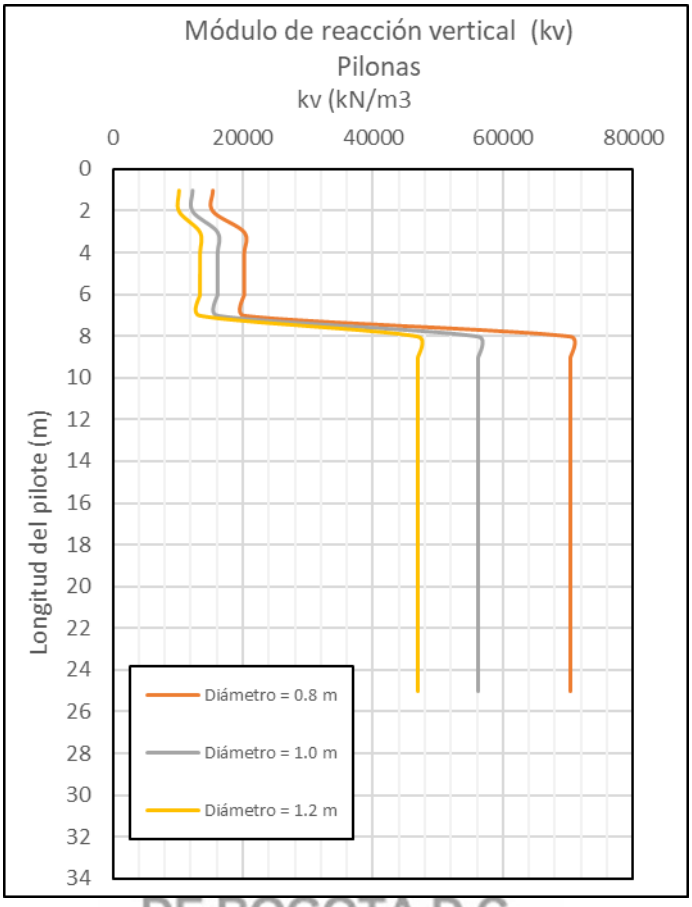


Figura 13-64. *Ábaco de módulos de reacción vertical para pilonas*

DE BOGOTA D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

Los asentamientos elásticos obtenidos para esta alternativa se limitaron a 20.0 mm para los 3 diámetros analizados tal y como se observa en las memorias de cálculo del ANEXO J, por lo que se considera adecuado para el sistema de fundación.

Zona 2.

Para la zona geotécnica número 2 se presentan los resultados de la carga axial admisible y por tracción para el Estado Límite de Resistencia (ELR)

Tabla 13-73 Resumen de valores de carga axial admisible y por tracción (ELR)

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
0						
1	103.8	150.2	204.8	97.05	125.02	154.46
2	160.1	226.2	302.7	194.11	250.03	308.92
3	215.8	301.2	399.2	291.16	375.05	463.37
4	282.3	389.6	511.6	413.90	532.16	656.35
5	334.4	455.4	591.3	536.63	689.27	849.32
6	399.8	542.0	701.1	659.36	846.39	1042.29
7	464.5	627.5	809.2	782.09	1003.50	1235.27
8	681.9	916.5	1176.6	961.87	1231.92	1513.81
9	774.3	1031.9	1315.2	1141.65	1460.35	1792.36
10	866.7	1147.4	1453.7	1321.43	1688.77	2070.90
11	959.0	1262.8	1592.3	1501.21	1917.19	2349.45
12	1051.4	1378.3	1730.8	1680.99	2145.62	2627.99
13	1143.8	1493.8	1869.4	1860.77	2374.04	2906.54
14	1236.1	1609.2	2007.9	2040.55	2602.46	3185.09
15	1328.5	1724.7	2146.5	2220.33	2830.88	3463.63
16	1420.9	1840.2	2285.0	2400.11	3059.31	3742.18
17	1513.3	1955.6	2423.6	2579.89	3287.73	4020.72
18	1605.6	2071.1	2562.2	2759.67	3516.15	4299.27
19	1698.0	2186.5	2700.7	2939.45	3744.58	4577.81
20	1790.4	2302.0	2839.3	3119.23	3973.00	4856.36
21	1882.7	2417.5	2977.8	3299.01	4201.42	5134.90
22	1975.1	2532.9	3116.4	3478.79	4429.85	5413.45
23	2067.5	2648.4	3254.9	3658.57	4658.27	5692.00
24	2159.8	2763.9	3393.5	3838.35	4886.69	5970.54
25	2252.2	2879.3	3532.0	4018.13	5115.12	6249.09

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

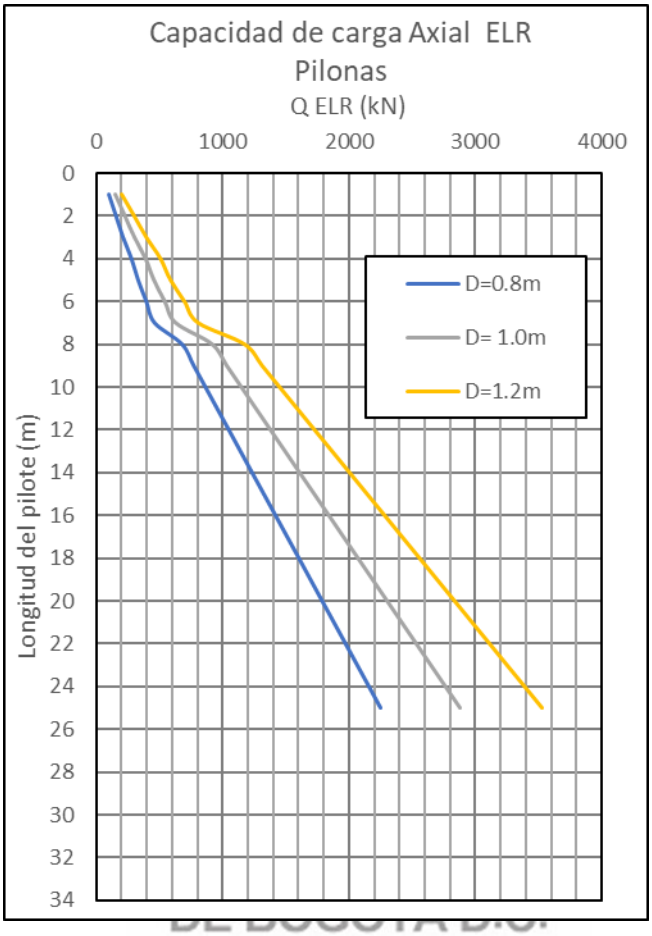


***Figura 13-65**. Ábaco de carga axial admisible (ELR)*

MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

Adicionalmente, para se presentan los resultados obtenidos para la carga axial admisible y por tracción correspondiente al Estado Límite de Evento Extremo (ELEE).

Tabla 13-74. Resumen de valores de carga axial admisible y por tracción (ELEE)

LONGITUD m	Carga axial admisible ELEE (kN)			Carga admisible por tracción ELEE (kN)		
	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
0						
1	248.9	362.2	496.1	97.05	125.02	154.46
2	379.0	538.9	724.9	194.11	250.03	308.92
3	507.5	713.0	950.1	291.16	375.05	463.37
4	660.1	916.8	1210.2	413.90	532.16	656.35
5	776.3	1063.8	1388.6	536.63	689.27	849.32
6	926.0	1263.1	1642.3	659.36	846.39	1042.29
7	1073.9	1459.5	1892.0	782.09	1003.50	1235.27
8	1277.1	1724.5	2223.1	961.87	1231.92	1513.81
9	1445.1	1934.4	2475.0	1141.65	1460.35	1792.36
10	1613.0	2144.4	2727.0	1321.43	1688.77	2070.90
11	1781.0	2354.3	2978.9	1501.21	1917.19	2349.45
12	1948.9	2564.2	3230.8	1680.99	2145.62	2627.99
13	2116.8	2774.2	3482.7	1860.77	2374.04	2906.54
14	2284.8	2984.1	3734.6	2040.55	2602.46	3185.09
15	2452.7	3194.0	3986.6	2220.33	2830.88	3463.63
16	2620.7	3404.0	4238.5	2400.11	3059.31	3742.18
17	2788.6	3613.9	4490.4	2579.89	3287.73	4020.72
18	2956.6	3823.8	4742.3	2759.67	3516.15	4299.27
19	3124.5	4033.8	4994.2	2939.45	3744.58	4577.81
20	3292.5	4243.7	5246.1	3119.23	3973.00	4856.36
21	3460.4	4453.6	5498.1	3299.01	4201.42	5134.90
22	3628.4	4663.5	5750.0	3478.79	4429.85	5413.45
23	3796.3	4873.5	6001.9	3658.57	4658.27	5692.00
24	3964.2	5083.4	6253.8	3838.35	4886.69	5970.54
25	4132.2	5293.3	6505.7	4018.13	5115.12	6249.09

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

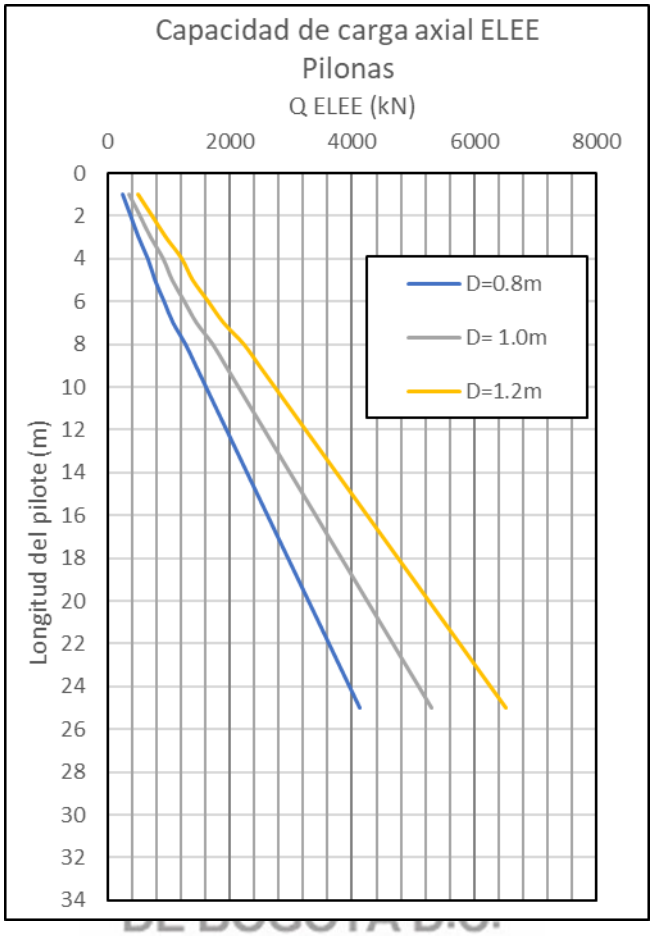


Figura 13-66.*Ábaco de carga axial admisible (ELEE)*

Las cargas admisibles para el Estado Límite de Servicio (ELS), se presentan a continuación:

Tabla 13-75. Resumen de valores de carga axial admisible (ELS)

LONGITUD m	Carga admisible axial ELS para 20 mm (kN)			Carga admisible por tracción ELS (kN)		
	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
0						
1	238.7	346.4	473.2	97.05	125.02	154.46
2	334.1	468.8	623.9	194.11	250.03	308.92
3	429.5	591.2	774.6	291.16	375.05	463.37
4	654.7	908.4	1198.1	413.90	532.16	656.35
5	770.9	1055.4	1376.5	536.63	689.27	849.32
6	887.2	1202.4	1555.0	659.36	846.39	1042.29
7	1003.5	1349.4	1733.4	782.09	1003.50	1235.27
8	1277.1	1724.5	2223.1	961.87	1231.92	1513.81
9	1445.1	1934.4	2475.0	1141.65	1460.35	1792.36
10	1613.0	2144.4	2727.0	1321.43	1688.77	2070.90
11	1781.0	2354.3	2978.9	1501.21	1917.19	2349.45
12	1948.9	2564.2	3230.8	1680.99	2145.62	2627.99
13	2116.8	2774.2	3482.7	1860.77	2374.04	2906.54
14	2284.8	2984.1	3734.6	2040.55	2602.46	3185.09
15	2452.7	3194.0	3986.6	2220.33	2830.88	3463.63
16	2620.7	3404.0	4238.5	2400.11	3059.31	3742.18
17	2788.6	3613.9	4490.4	2579.89	3287.73	4020.72
18	2956.6	3823.8	4742,3	2759.67	3516.15	4299.27
19	3124.5	4033.8	4994.2	2939.45	3744.58	4577.81
20	3292.5	4243.7	5246.1	3119.23	3973.00	4856.36
21	3460.4	4453.6	5498.1	3299.01	4201.42	5134.90
22	3628.4	4663.5	5750.0	3478.79	4429.85	5413.45
23	3796.3	4873.5	6001.9	3658.57	4658.27	5692.00
24	3964.2	5083.4	6253.8	3838.35	4886.69	5970.54
25	4132.2	5293.3	6505.7	4018.13	5115.12	6249.09

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

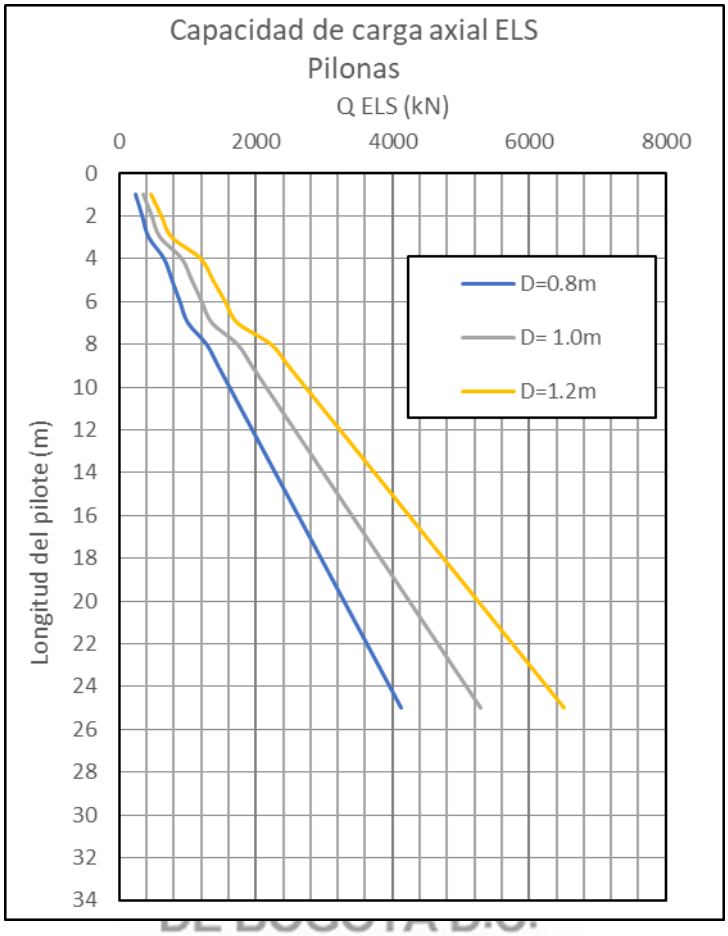


Figura 13-67.*Ábaco de carga axial admisible (ELS)*

DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

Se presentan también 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.

Tabla 13-76. Resumen de valores de capacidad de carga lateral (ELR y ELEE)

LONGITUD m	Carga horizontal ELR y ELEE (kN)		
	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
0			
1	-47.8	-13.8	-48.4
2	385.0	255.8	210.0
3	866.3	766.9	801.7
4	1580.3	1589.7	1748.8
5	2328.5	2541.1	2866.3
6	2918.7	3476.8	4345.3

LONGITUD	Carga horizontal ELR y ELEE (kN)		
m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
0			
7	3517.7	4205.7	5208.7
8	4464.7	5355.9	6558.0
9	5428.8	6534.9	7948.8
10	6404.8	7734.0	9368.5
11	7389.5	8947.8	10809.2
12	8380.6	10172.5	12265.8
13	9376.8	11405.7	13734.5
14	10377.0	12645.6	15212.8
15	11380.3	13890.7	16698.8
16	12386.1	15140.2	18190.9
17	13394.0	16393.2	19688.2
18	14403.7	17649.2	21189.7
19	15414.9	18907.7	22694.8
20	6505.6	20168.3	24203.0
21	6566.0	11464.9	25713.8
22	6620.9	11570.1	27226.8
23	6671.1	11666.2	18595.2
24	6717.0	11754.3	18735.7
25	6759.3	11835.4	18865.0

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

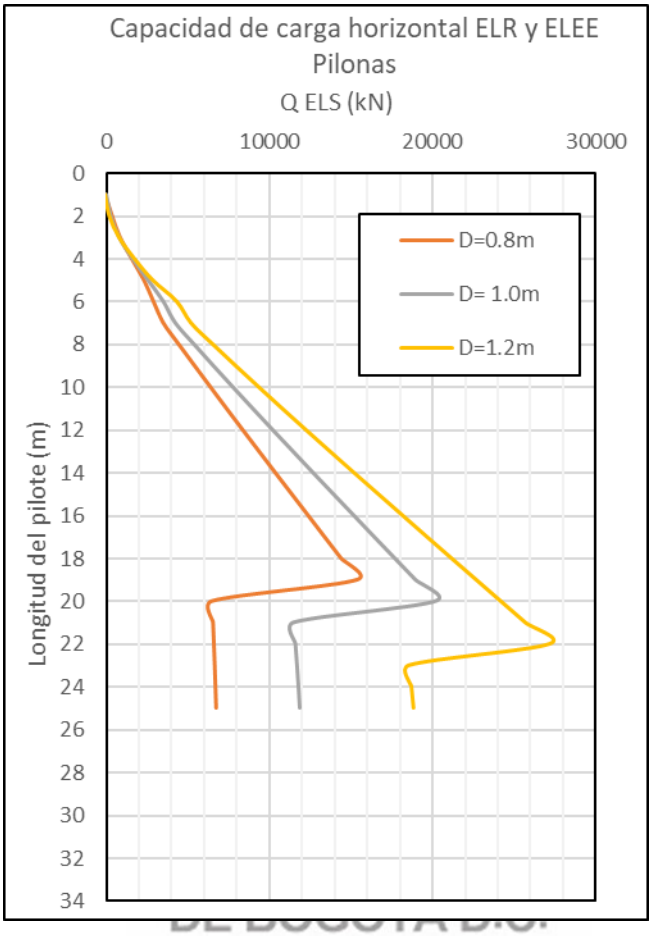


***Figura 13-68**.Ábaco de capacidad de carga lateral (ELR y ELEE)*

Adicionalmente, se muestran los resultados de capacidad de carga lateral para los diferentes diámetros con respecto a los valores de Estado Límite de Servicio.

Tabla 13-77. Resumen de valores de capacidad de carga lateral (ELS)

LONGITUD m	Carga horizontal ELS para 20 mm(kN)		
	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
0			
1	-47.8	-13.8	-48.4
2	385.2	255.9	210.1
3	866.7	767.2	802.0
4	1536.1	1590.4	1749.6
5	1641.1	2051.3	2867.5
6	1709.8	2137.2	2564.7
7	1758.3	2197.9	2637.5
8	1922.3	2402.9	2883.5
9	2046.7	2558.3	3070.0
10	2144.4	2680.5	3216.6
11	2223.2	2779.0	3334.8
12	2288.2	2860.3	3432.3
13	2342.7	2928.4	3514.1
14	2389.1	2986.4	3583.7
15	2429.1	3036.4	3643.7
16	2463.9	3079.9	3695.9
17	2494.5	3118.1	3741.7
18	2521.5	3139.2	3782.3
19	2545.7	3168.6	3816.1
20	2567.3	3198.1	3845.5
21	2586.9	3227.5	3875.0
22	2599.7	3247.1	3904.4
23	2619.3	3266.7	3924.0
24	2629.1	3286.4	3943.6
25	2648.7	3306.0	3963.2

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

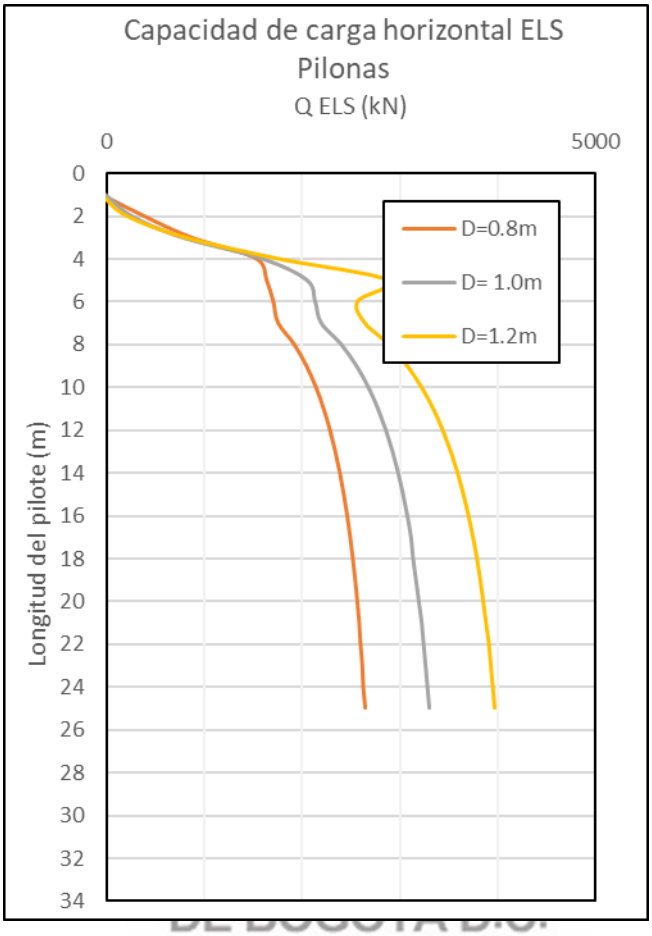


Figura 13-69. *Ábaco de capacidad de carga lateral (ELS)*

A continuación, se presentan los valores de los módulos de reacción vertical y horizontal, para cada uno de los diámetros contemplados.

Tabla 13-78. Resumen de valores de módulos de reacción horizontal y vertical para pilonas

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	39209	46129	31367	36903	26139	30752
2	39209	46129	31367	36903	26139	30752
3	39209	46129	31367	36903	26139	30752
4	67655	79595	54124	63676	45103	53063
5	67655	79595	54124	63676	45103	53063
6	67655	79595	54124	63676	45103	53063
7	67655	79595	54124	63676	45103	53063
8	111477	131150	89182	104920	74318	87433
9	111477	131150	89182	104920	74318	87433
10	111477	131150	89182	104920	74318	87433
11	111477	131150	89182	104920	74318	87433
12	111477	131150	89182	104920	74318	87433
13	111477	131150	89182	104920	74318	87433
14	111477	131150	89182	104920	74318	87433
15	111477	131150	89182	104920	74318	87433
16	111477	131150	89182	104920	74318	87433
17	111477	131150	89182	104920	74318	87433
18	111477	131150	89182	104920	74318	87433
19	111477	131150	89182	104920	74318	87433
20	111477	131150	89182	104920	74318	87433
21	111477	131150	89182	104920	74318	87433
22	111477	131150	89182	104920	74318	87433
23	111477	131150	89182	104920	74318	87433
24	111477	131150	89182	104920	74318	87433
25	111477	131150	89182	104920	74318	87433

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

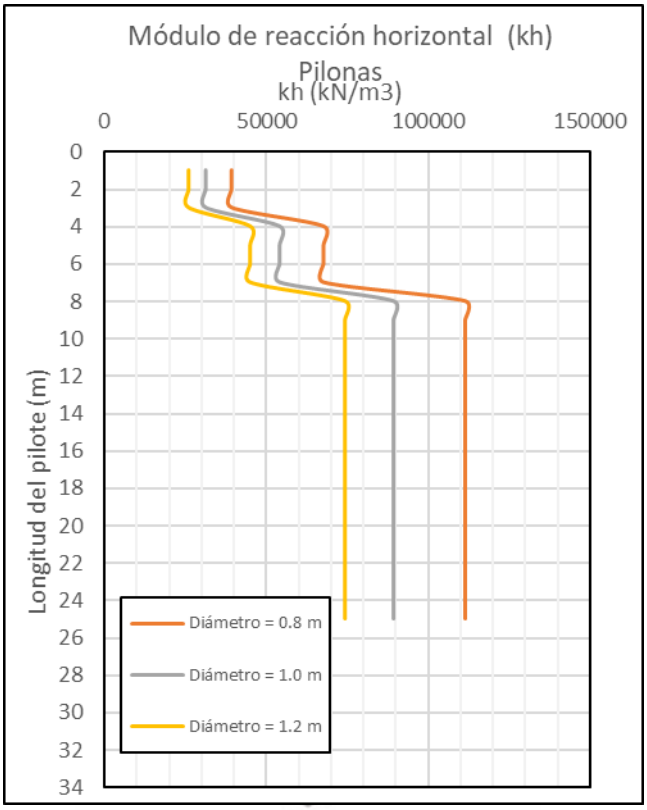


Figura 13-70. *Ábaco de módulos de reacción horizontal para pilonas*

ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

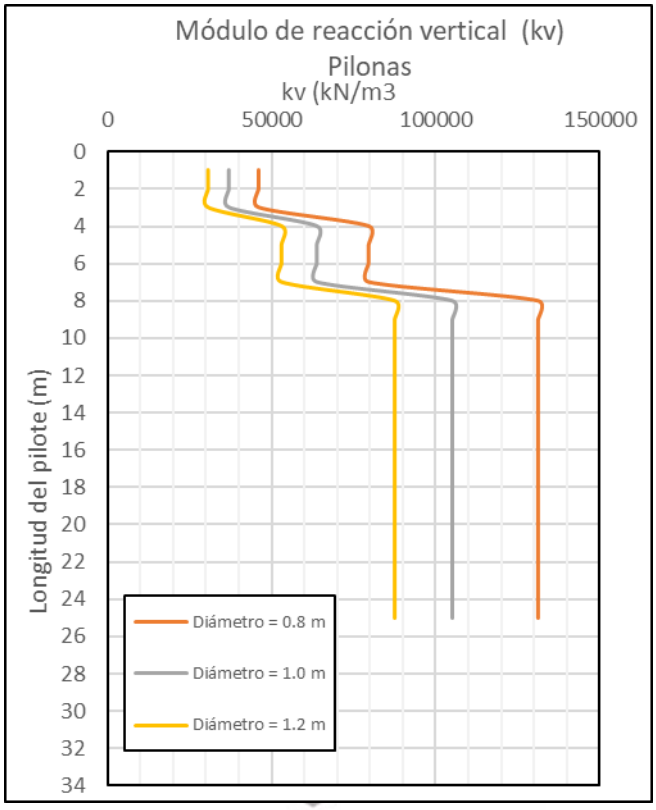


Figura 13-71. *Ábaco de módulos de reacción vertical para pilonas*

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

Los asentamientos elásticos obtenidos para esta alternativa no superan los 17.0 mm para los 3 diámetros analizados tal y como se observa en las memorias de cálculo del ANEXO J, por lo que se considera adecuado para el sistema de fundación.

Zona 3.

Para la zona geotécnica 3 se presentan los resultados de la carga axial admisible y por tracción para el Estado Límite de Resistencia (ELR)

Tabla 13-79 Resumen de valores de carga axial admisible y por tracción (ELR)

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
0						
1	86.3	124.5	169.3	85.65	110.76	137.35
2	133.4	187.6	250.2	171.30	221.53	274.71
3	179.8	249.7	329.7	256.96	332.29	412.06
4	236.1	324.1	423.7	366.14	472.47	584.72
5	328.4	454.6	598.5	475.33	612.65	757.37

LONGITUD	Carga axial admisible ELR (kN)			Carga admisible por tracción ELR (kN)		
m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
6	420.0	584.0	771.7	584.51	752.83	930.03
7	709.3	978.9	1285.2	836.30	1071.27	1316.59
8	841.3	1143.8	1483.2	1088.09	1389.70	1703.15
9	973.3	1308.8	1681.2	1339.88	1708.14	2089.71
10	1105.3	1473.8	1879.1	1591.67	2026.57	2476.27
11	1237.2	1638.7	2077.1	1843.46	2345.01	2862.83
12	1369.2	1803.7	2275.0	2095.25	2663.44	3249.39
13	1501.2	1968.7	2473.0	2347.04	2981.88	3635.95
14	1633.2	2133.6	2671.0	2598.83	3300.31	4022.51
15	1765.2	2298.6	2868.9	2850.62	3618.75	4409.07
16	1897.1	2463.6	3066.9	3102.41	3937.18	4795.63
17	2029.1	2628.5	3264.9	3354.20	4255.62	5182.19
18	2161.1	2793.5	3462.8	3605.99	4574.05	5568.75
19	2293.1	2958.5	3660.8	3857.78	4892.49	5955.31
20	2425.0	3123.5	3858.7	4109.57	5210.92	6341.87
21	2557.0	3288.4	4056.7	4361.36	5529.36	6728.43
22	2689.0	3453.4	4254.7	4613.15	5847.79	7114.99
23	2821.0	3618.4	4452.6	4864.94	6166.23	7501.55
24	2952.9	3783.3	4650.6	5116.73	6484.67	7888.11
25	3084.9	3948.3	4848.6	5368.51	6803.10	8274.67

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

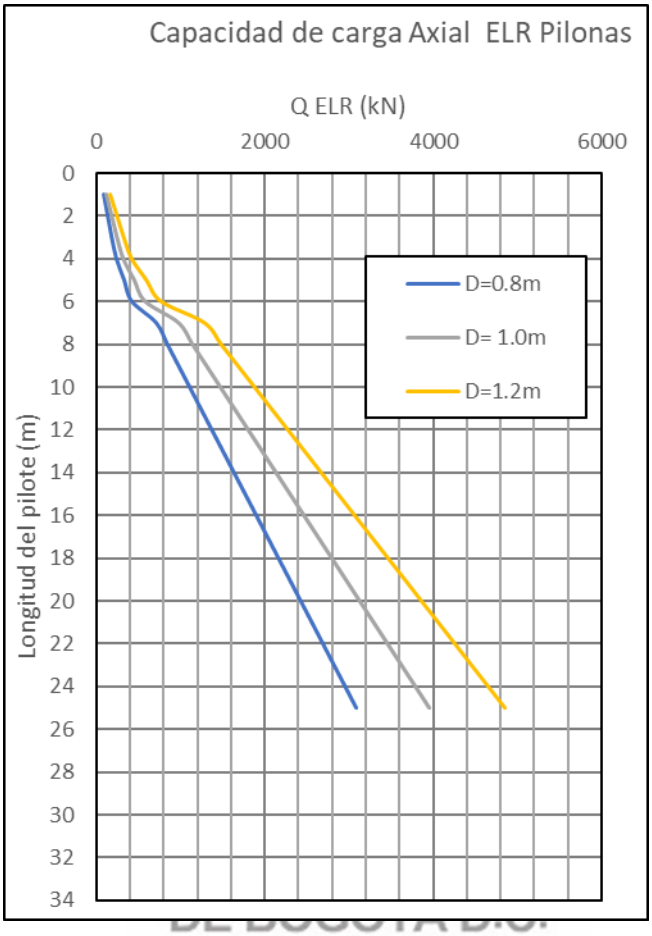


***Figura 13-72**. Ábaco de carga axial admisible (ELR)*

Adicionalmente, para se presentan los resultados obtenidos para la carga axial admisible y por tracción correspondiente al Estado Límite de Evento Extremo (ELEE).

Tabla 13-80. Resumen de valores de carga axial admisible y por tracción (ELEE)

LONGITUD m	Carga axial admisible ELEE (kN)			Carga admisible por tracción ELEE (kN)		
	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
0						
1	206.6	299.7	409.4	85.65	110.76	137.35
2	314.9	446.0	597.9	171.30	221.53	274.71
3	421.7	589.8	782.8	256.96	332.29	412.06
4	550.5	760.5	999.4	366.14	472.47	584.72
5	769.0	1071.5	1418.2	475.33	612.65	757.37
6	985.8	1379.8	1832.9	584.51	752.83	930.03
7	1343.4	1863.5	2457.4	836.30	1071.27	1316.59

LONGITUD	Carga axial admisible ELEE (kN)			Carga admisible por tracción ELEE (kN)		
m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
8	1583.3	2163.5	2817.4	1088.09	1389.70	1703.15
9	1823.3	2463.4	3177.3	1339.88	1708.14	2089.71
10	2063.2	2763.4	3537.2	1591.67	2026.57	2476.27
11	2303.2	3063.3	3897.2	1843.46	2345.01	2862.83
12	2543.1	3363.2	4257.1	2095.25	2663.44	3249.39
13	2783.1	3663.2	4617.0	2347.04	2981.88	3635.95
14	3023.0	3963.1	4977.0	2598.83	3300.31	4022.51
15	3263.0	4263.1	5336.9	2850.62	3618.75	4409.07
16	3502.9	4563.0	5696.8	3102.41	3937.18	4795.63
17	3742.9	4863.0	6056.8	3354.20	4255.62	5182.19
18	3982.9	5162.9	6416.7	3605.99	4574.05	5568.75
19	4222.8	5462.9	6776.6	3857.78	4892.49	5955.31
20	4462.8	5762.8	7136.6	4109.57	5210.92	6341.87
21	4702.7	6062.7	7496.5	4361.36	5529.36	6728.43
22	4942.7	6362.7	7856.4	4613.15	5847.79	7114.99
23	5182.6	6662.6	8216.4	4864.94	6166.23	7501.55
24	5422.6	6962.6	8576.3	5116.73	6484.67	7888.11
25	5662.5	7262.5	8936.2	5368.51	6803.10	8274.67

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

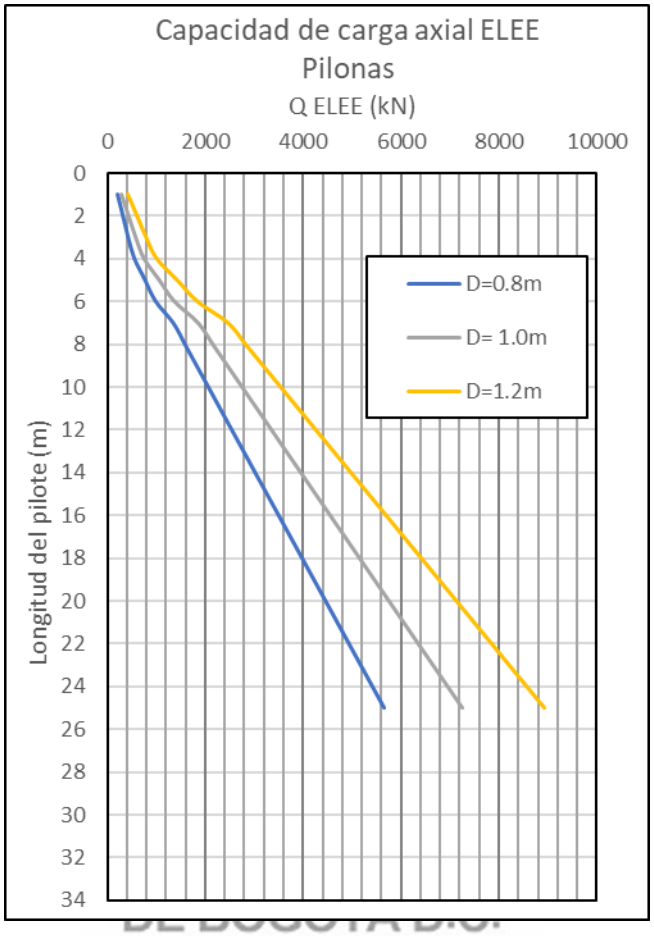


Figura 13-73.*Ábaco de carga axial admisible (ELEE)*

Las cargas admisibles para el Estado Límite de Servicio (ELS), se presentan a continuación:

Tabla 13-81. Resumen de valores de carga axial admisible y por tracción (ELS)

LONGITUD m	Carga admisible axial ELS para 20 mm (kN)			Carga admisible por tracción ELS (kN)		
	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
0						
1	196.4	283.8	386.5	85.65	110.76	137.35
2	280.4	392.0	520.1	171.30	221.53	274.71
3	319.5	500.1	653.7	256.96	332.29	412.06
4	545.1	752.1	987.3	366.14	472.47	584.72
5	647.8	882.2	1145.5	475.33	612.65	757.37
6	737.3	1012.3	1303.6	584.51	752.83	930.03
7	1343.4	1863.5	2457.4	836.30	1071.27	1316.59

LONGITUD m	Carga admisible axial ELS para 20 mm (kN)			Carga admisible por tracción ELS (kN)		
	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
8	1583.3	2163.5	2817.4	1088.09	1389.70	1703.15
9	1823.3	2463.4	3177.3	1339.88	1708.14	2089.71
10	2063.2	2763.4	3537.2	1591.67	2026.57	2476.27
11	2303.2	3063.3	3897.2	1843.46	2345.01	2862.83
12	2543.1	3363.2	4257.1	2095.25	2663.44	3249.39
13	2783.1	3663.2	4617.0	2347.04	2981.88	3635.95
14	3023.0	3963.1	4977.0	2598.83	3300.31	4022.51
15	3263.0	4263.1	5336.9	2850.62	3618.75	4409.07
16	3502.9	4563.0	5696.8	3102.41	3937.18	4795.63
17	3742.9	4863.0	6056.8	3354.20	4255.62	5182.19
18	3982.9	5162.9	6416.7	3605.99	4574.05	5568.75
19	4222.8	5462.9	6776.6	3857.78	4892.49	5955.31
20	4462.8	5762.8	7136.6	4109.57	5210.92	6341.87
21	4702.7	6062.7	7496.5	4361.36	5529.36	6728.43
22	4942.7	6362.7	7856.4	4613.15	5847.79	7114.99
23	5182.6	6662.6	8216.4	4864.94	6166.23	7501.55
24	5422.6	6962.6	8576.3	5116.73	6484.67	7888.11
25	5662.5	7262.5	8936.2	5368.51	6803.10	8274.67

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

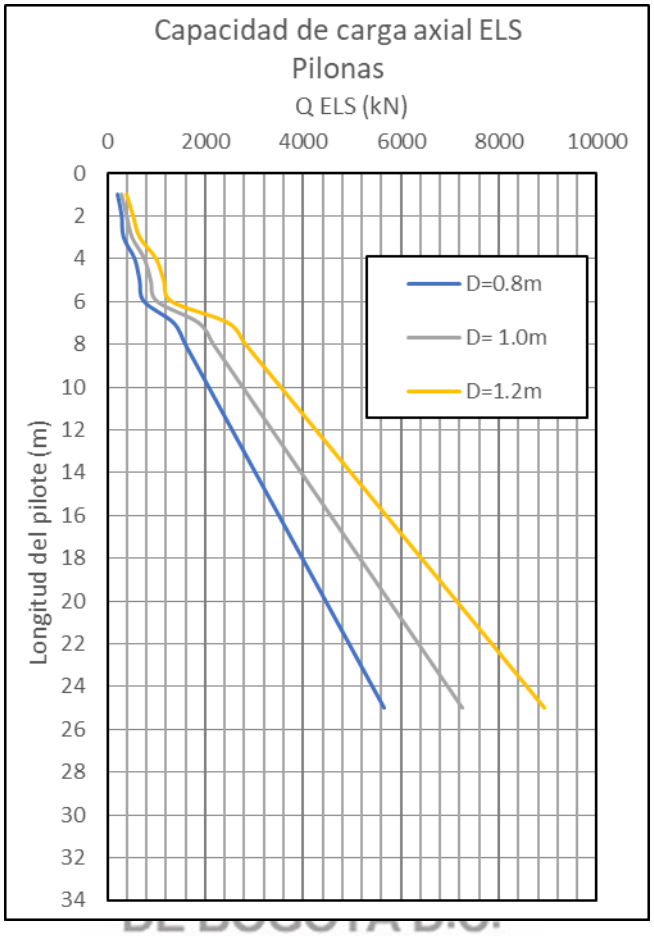


Figura 13-74.*Ábaco de carga axial admisible (ELS)*

DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

Se presentan también 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.

Tabla 13-82. Resumen de valores de capacidad de carga lateral (ELR y ELEE)

LONGITUD m	Carga horizontal ELR y ELEE (kN)		
	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
0			
1	10.1	-13.8	-48.4
2	238.2	231.5	198.4
3	599.4	669.8	708.5
4	1160.2	1347.1	1492.6
5	1754.4	2133.4	2419.0
6	2190.0	2894.3	3693.0

LONGITUD	Carga horizontal ELR y ELEE (kN)		
m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
7	3980.2	5038.5	6153.9
8	5845.3	7299.8	8783.3
9	7760.4	9639.0	11525.0
10	9710.4	12032.9	14345.3
11	11685.8	14466.5	17222.7
12	13680.3	16929.9	20143.1
13	15689.5	19416.2	23096.5
14	17710.2	21920.5	26075.7
15	19740.1	24439.2	29075.7
16	21777.5	26969.6	32092.6
17	23821.1	29509.6	35123.3
18	25869.8	32057.7	38165.6
19	11386.1	34612.5	41217.6
20	11580.8	20533.3	44277.9
21	11756.9	20845.8	33241.2
22	11917.0	21129.9	33694.4
23	12063.3	21389.3	34108.3
24	12197.3	21627.1	34487.7
25	12320.6	21845.8	34836.7

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

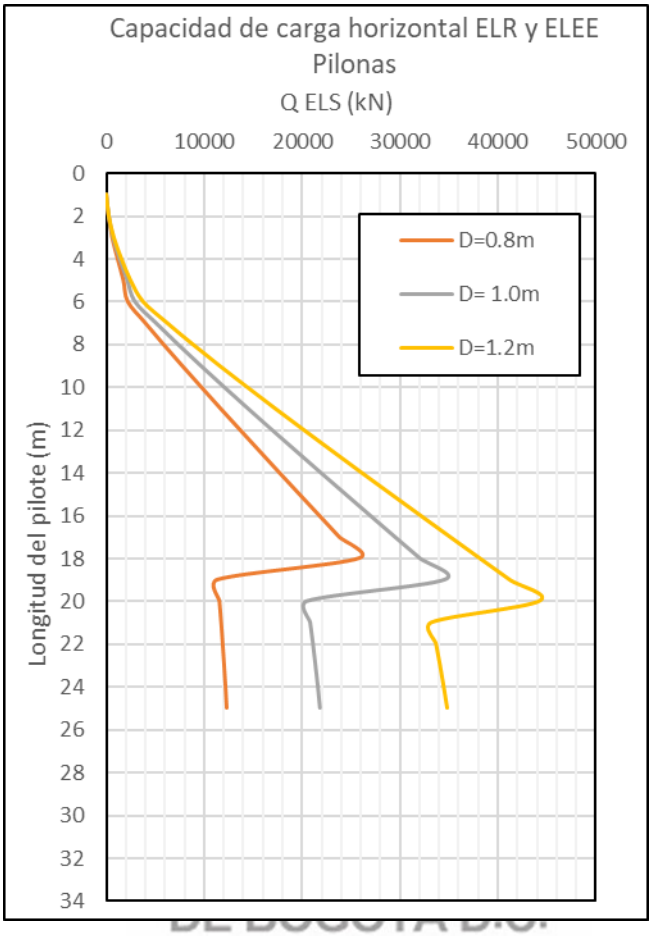


***Figura 13-75**.Ábaco de capacidad de carga lateral (ELR y ELEE)*

MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

Adicionalmente, se muestran los resultados de capacidad de carga lateral para los diferentes diámetros con respecto a los valores de Estado Límite de Servicio.

Tabla 13-83. Resumen de valores de capacidad de carga lateral (ELS)

LONGITUD m	Carga horizontal ELS para 20 mm(kN)		
	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
0			
1	10.1	-13.8	-48.4
2	238.3	231.6	198.5
3	599.7	670.1	708.8
4	1160.7	1347.6	1493.2
5	1343.6	2134.3	2420.0
6	1395.3	1744.1	3119.6
7	2035.9	2544.9	3053.9

LONGITUD	Carga horizontal ELS para 20 mm(kN)		
m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
8	2474.1	3092.6	3711.2
9	2797.6	3497.0	4196.4
10	3047.6	3809.5	4571.4
11	3247.2	4058.9	4870.7
12	3410.4	4263.0	5115.6
13	3546.5	4433.1	5319.7
14	3661.7	4577.2	5492.6
15	3760.7	4700.9	5641.0
16	3855.3	4808.2	5769.8
17	3924.0	4902.2	5882.7
18	3992.7	4985.3	5982.4
19	4051.5	5052.2	6071.1
20	4100.6	5120.8	6150.6
21	4139.8	5189.5	6222.3
22	4188.9	5248.4	6287.2
23	4228.1	5297.4	6346.2
24	4267.4	5346.5	6400.2
25	4306.6	5385.7	6449.7

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

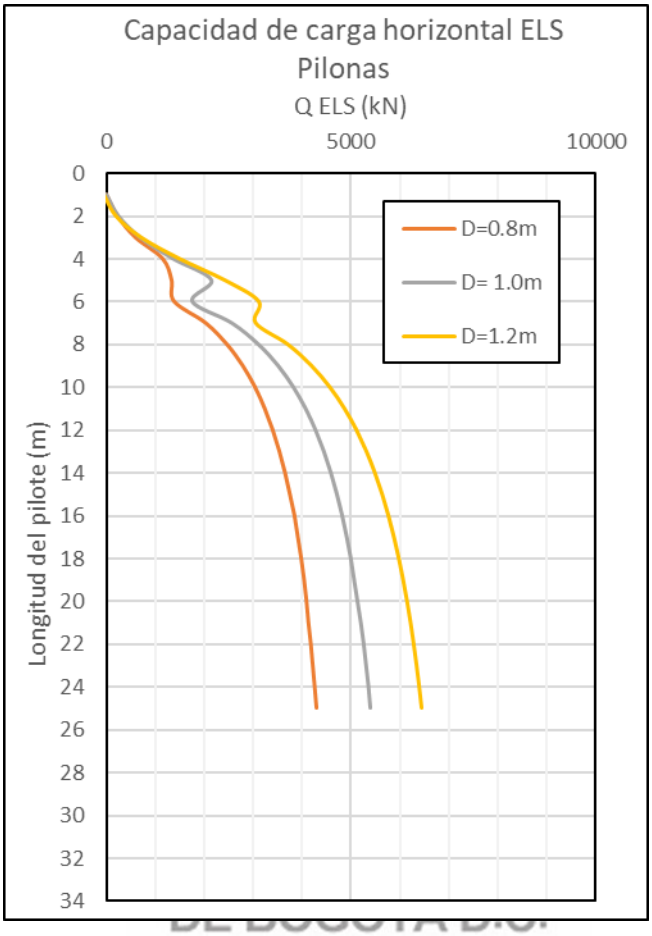


Figura 13-76. *Ábaco de capacidad de carga lateral (ELS)*

MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

A continuación, se presentan los valores de los módulos de reacción vertical y horizontal, para cada uno de los diámetros contemplados.

Tabla 13-84. Resumen de valores de módulos de reacción horizontal y vertical para pilonas

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	30752	36179	24602	28943	20502	24120
2	30752	36179	24602	28943	20502	24120
3	30752	36179	24602	28943	20502	24120
4	50741	59696	40593	47757	33828	39797
5	50741	59696	40593	47757	33828	39797
6	50741	59696	40593	47757	33828	39797
7	227567	267727	182054	214182	151712	178485

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)
8	227567	267727	182054	214182	151712	178485
9	227567	267727	182054	214182	151712	178485
10	227567	267727	182054	214182	151712	178485
11	227567	267727	182054	214182	151712	178485
12	227567	267727	182054	214182	151712	178485
13	227567	267727	182054	214182	151712	178485
14	227567	267727	182054	214182	151712	178485
15	227567	267727	182054	214182	151712	178485
16	227567	267727	182054	214182	151712	178485
17	227567	267727	182054	214182	151712	178485
18	227567	267727	182054	214182	151712	178485
19	227567	267727	182054	214182	151712	178485
20	227567	267727	182054	214182	151712	178485
21	227567	267727	182054	214182	151712	178485
22	227567	267727	182054	214182	151712	178485
23	227567	267727	182054	214182	151712	178485
24	227567	267727	182054	214182	151712	178485
25	227567	267727	182054	214182	151712	178485

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

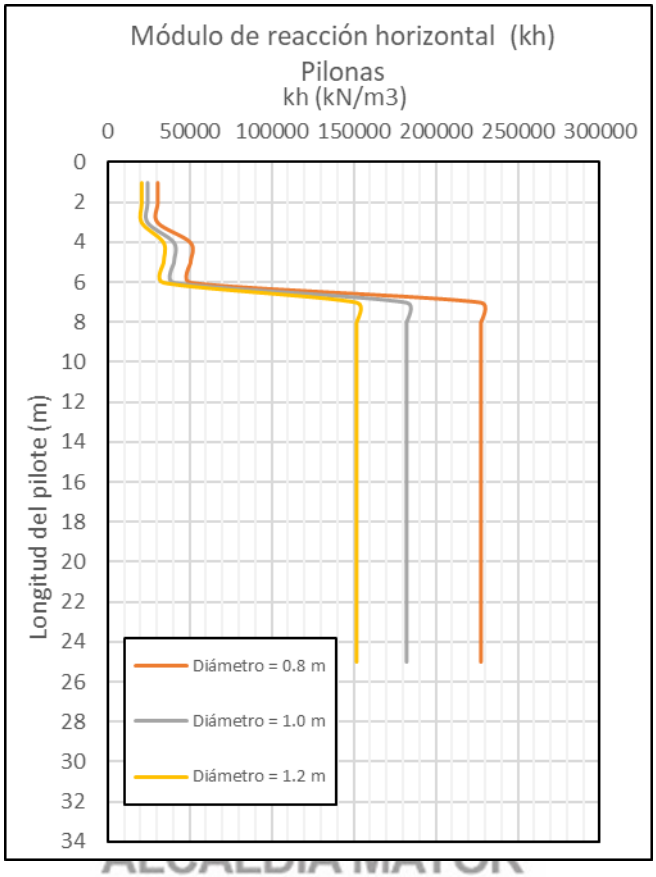


Figura 13-77. *Ábaco de módulos de reacción horizontal para pilonas*

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

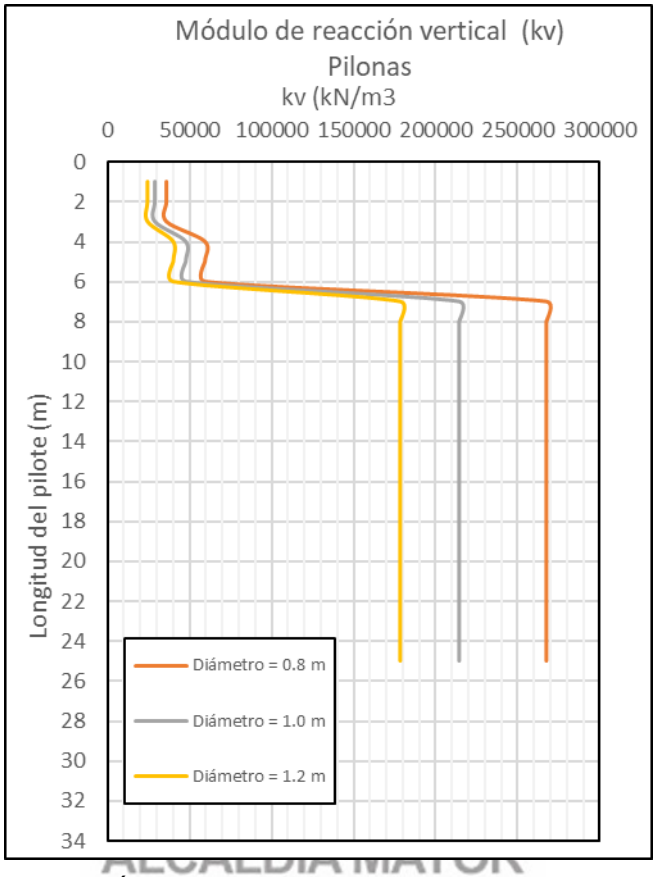


Figura 13-78. *Ábaco de módulos de reacción vertical para pilonas*

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

Los asentamientos elásticos obtenidos para esta alternativa no superan los 15.5 mm para los 3 diámetros analizados tal y como se observa en las memorias de cálculo del ANEXO J, por lo que se considera adecuado para el sistema de fundación.

Zona 4.

Para la zona geotécnica número 4 se presentan los resultados de la carga axial admisible y por tracción para el Estado Límite de Resistencia (ELR)

Tabla 13-85 Resumen de valores de carga axial admisible y por tracción (ELR)

LONGITUD m	Carga axial admisible ELR (kN)			Carga admisible tracción ELR (KN)		
	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
0						
1	160.3	235.9	325.8	115.16	147.65	181.62
2	232.1	333.5	452.4	230.33	295.31	363.24
3	340.0	483.4	650.1	375.82	480.87	590.36
4	425.3	597.9	797.0	521.31	666.44	817.48

LONGITUD	Carga axial admisible ELR (kN)			Carga admisible tracción ELR (KN)		
m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
5	687.6	951.7	1252.6	773.10	984.87	1204.04
6	819.6	1116.6	1450.6	1024.89	1303.31	1590.60
7	951.6	1281.6	1648.5	1276.68	1621.74	1977.16
8	1083.5	1446.6	1846.5	1528.47	1940.18	2363.72
9	1215.5	1611.6	2044.5	1780.26	2258.61	2750.28
10	1347.5	1776.5	2242.4	2032.05	2577.05	3136.84
11	1479.5	1941.5	2440.4	2283.84	2895.48	3523.40
12	1611.4	2106.5	2638.4	2535.63	3213.92	3909.96
13	1743.4	2271.4	2836.3	2787.42	3532.35	4296.52
14	1875.4	2436.4	3034.3	3039.21	3850.79	4683.08
15	2007.4	2601.4	3232.2	3291.00	4169.22	5069.64
16	2139.3	2766.3	3430.2	3542.79	4487.66	5456.20
17	2271.3	2931.3	3628.2	3794.58	4806.09	5842.76
18	2403.3	3096.3	3826.1	4046.37	5124.53	6229.32
19	2535.3	3261.2	4024.1	4298.16	5442.96	6615.88
20	2667.2	3426.2	4222.1	4549.95	5761.40	7002.44
21	2799.2	3591.2	4420.0	4801.74	6079.83	7389.00
22	2931.2	3756.2	4618.0	5053.52	6398.27	7775.56
23	3063.2	3921.1	4815.9	5305.31	6716.70	8162.12
24	3195.1	4086.1	5013.9	5557.10	7035.14	8548.68
25	3327.1	4251.1	5211.9	5808.89	7353.57	8935.24

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

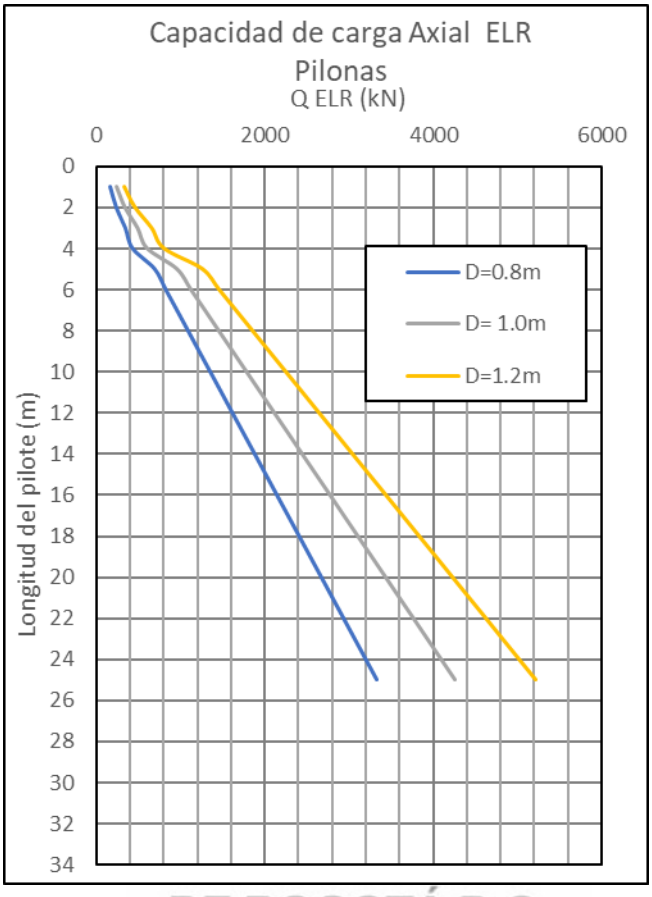


***Figura 13-79**. Ábaco de carga axial admisible (ELR)*

DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

Adicionalmente, para se presentan los resultados obtenidos para la carga axial admisible correspondiente al Estado Límite de Evento Extremo (ELEE)

Tabla 13-86. Resumen de valores de carga axial admisible (ELEE)

LONGITUD	Carga axial admisible ELEE (kN)			Carga admisible tracción ELEE (KN)		
m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
0						
1	387.9	573.7	795.2	115.16	147.65	181.62
2	554.3	801.5	1092.2	230.33	295.31	363.24
3	807.4	1155.3	1561.5	375.82	480.87	590.36
4	1004.1	1420.7	1903.6	521.31	666.44	817.48
5	1303.8	1814.1	2398.1	773.10	984.87	1204.04
6	1543.8	2114.1	2758.1	1024.89	1303.31	1590.60
7	1783.7	2414.0	3118.0	1276.68	1621.74	1977.16
8	2023.7	2713.9	3477.9	1528.47	1940.18	2363.72

LONGITUD	Carga axial admisible ELEE (kN)			Carga admisible tracción ELEE (KN)		
m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
9	2263.6	3013.9	3837.9	1780.26	2258.61	2750.28
10	2503.6	3313.8	4197.8	2032.05	2577.05	3136.84
11	2743.5	3613.8	4557.7	2283.84	2895.48	3523.40
12	2983.5	3913.7	4917.7	2535.63	3213.92	3909.96
13	3223.5	4213.7	5277.6	2787.42	3532.35	4296.52
14	3463.4	4513.6	5637.5	3039.21	3850.79	4683.08
15	3703.4	4813.6	5997.5	3291.00	4169.22	5069.64
16	3943.3	5113.5	6357.4	3542.79	4487.66	5456.20
17	4183.3	5413.4	6717.3	3794.58	4806.09	5842.76
18	4423.2	5713.4	7077.3	4046.37	5124.53	6229.32
19	4663.2	6013.3	7437.2	4298.16	5442.96	6615.88
20	4903.1	6313.3	7797.1	4549.95	5761.40	7002.44
21	5143.1	6613.2	8157.1	4801.74	6079.83	7389.00
22	5383.1	6913.2	8517.0	5053.52	6398.27	7775.56
23	5623.0	7213.1	8876.9	5305.31	6716.70	8162.12
24	5863.0	7513.0	9236.9	5557.10	7035.14	8548.68
25	6102.9	7813.0	9596.8	5808.89	7353.57	8935.24

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

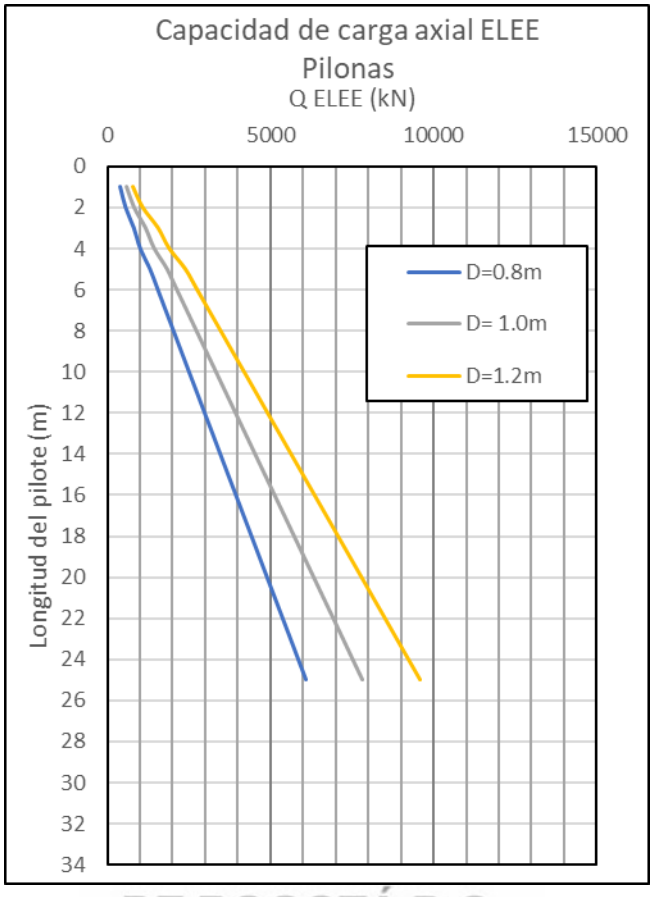


Figura 13-80.*Ábaco de carga axial admisible (ELEE)*

DE BOGOTÁ D.C.
ALCALDÍA MAYOR
Instituto de Desarrollo Urbano

Las cargas admisibles para el Estado Límite de Servicio (ELS), se presentan a continuación:

Tabla 13-87. Resumen de valores de carga axial admisible y por tracción (ELS)

LONGITUD m	Carga admisible axial ELS para 20 mm (kN)			Carga admisible tracción ELS (KN)		
	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
0						
1	324.4	474.6	652.5	115.16	147.65	181.62
2	438.1	619.9	830.7	230.33	295.31	363.24
3	741.4	1052.0	1412.8	375.82	480.87	590.36
4	884.4	1233.8	1634.5	521.31	666.44	817.48
5	1303.8	1814.1	2398.1	773.10	984.87	1204.04
6	1543.8	2114.1	2758.1	1024.89	1303.31	1590.60
7	1783.7	2414.0	3118.0	1276.68	1621.74	1977.16
8	2023.7	2713.9	3477.9	1528.47	1940.18	2363.72
9	2263.6	3013.9	3837.9	1780.26	2258.61	2750.28

LONGITUD	Carga admisible axial ELS para 20 mm (kN)			Carga admisible tracción ELS (KN)		
m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
10	2503.6	3313.8	4197.8	2032.05	2577.05	3136.84
11	2743.5	3613.8	4557.7	2283.84	2895.48	3523.40
12	2983.5	3913.7	4917.7	2535.63	3213.92	3909.96
13	3223.5	4213.7	5277.6	2787.42	3532.35	4296.52
14	3463.4	4513.6	5637.5	3039.21	3850.79	4683.08
15	3703.4	4813.6	5997.5	3291.00	4169.22	5069.64
16	3943.3	5113.5	6357.4	3542.79	4487.66	5456.20
17	4183.3	5413.4	6717.3	3794.58	4806.09	5842.76
18	4423.2	5713.4	7077.3	4046.37	5124.53	6229.32
19	4663.2	6013.3	7437.2	4298.16	5442.96	6615.88
20	4903.1	6313.3	7797.1	4549.95	5761.40	7002.44
21	5143.1	6613.2	8157.1	4801.74	6079.83	7389.00
22	5383.1	6913.2	8517.0	5053.52	6398.27	7775.56
23	5623.0	7213.1	8876.9	5305.31	6716.70	8162.12
24	5863.0	7513.0	9236.9	5557.10	7035.14	8548.68
25	6102.9	7813.0	9596.8	5808.89	7353.57	8935.24

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

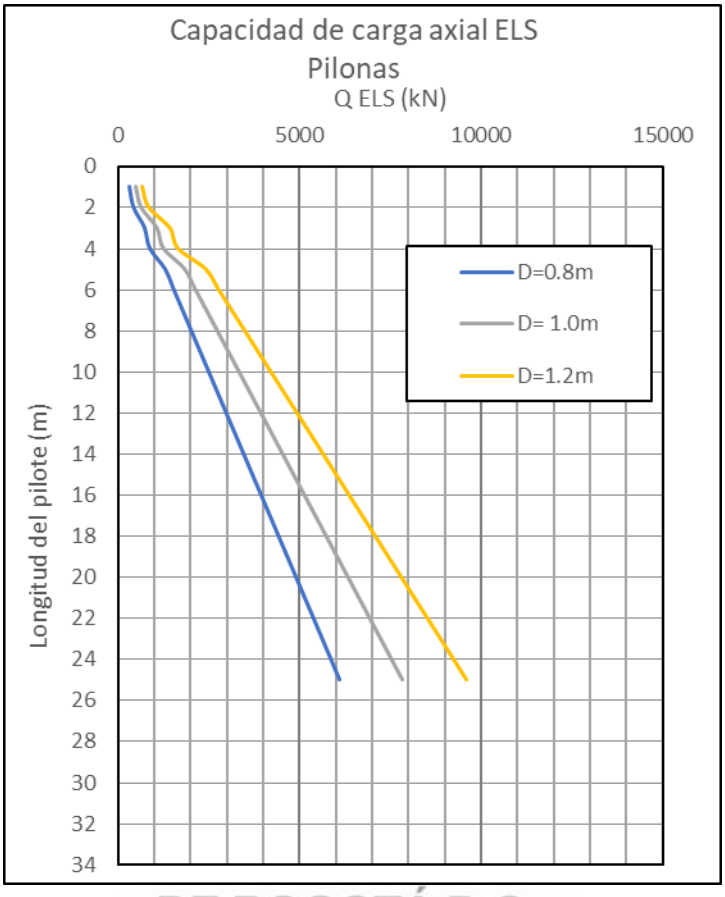


***Figura 13-81.** Ábaco de carga axial admisible (ELS)*

DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

Se presentan también 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.

Tabla 13-88. Resumen de valores de capacidad de carga lateral (ELR y ELEE)

LONGITUD m	Carga horizontal ELR y ELEE (kN)		
	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
0			
1	10.5	-13.4	-47.8
2	338.4	310.5	237.6
3	1134.2	1226.3	1241.7
4	2101.4	2395.7	2597.7
5	4024.7	4750.3	5290.5
6	5882.2	7223.7	8545.6
7	7806.1	9577.2	11308.6

LONGITUD	Carga horizontal ELR y ELEE (kN)		
m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
8	9771.4	11995.5	14164.5
9	11764.3	14456.8	17082.3
10	13776.7	16948.3	20043.5
11	15803.1	19461.8	23036.3
12	17840.1	21991.7	26052.7
13	19885.2	24534.3	29087.3
14	21936.7	27086.8	32136.2
15	23993.4	29647.4	35196.6
16	26054.1	32214.4	38266.2
17	28118.3	34786.7	41343.5
18	30185.4	37363.4	44427.2
19	13107.1	39944.0	47516.3
20	13216.6	23436.2	50610.0
21	13315.6	23611.9	37655.4
22	13405.7	23771.7	37910.3
23	13487.9	23917.5	38143.0
24	13563.3	24051.2	38356.4
25	13632.6	24174.3	38552.6

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

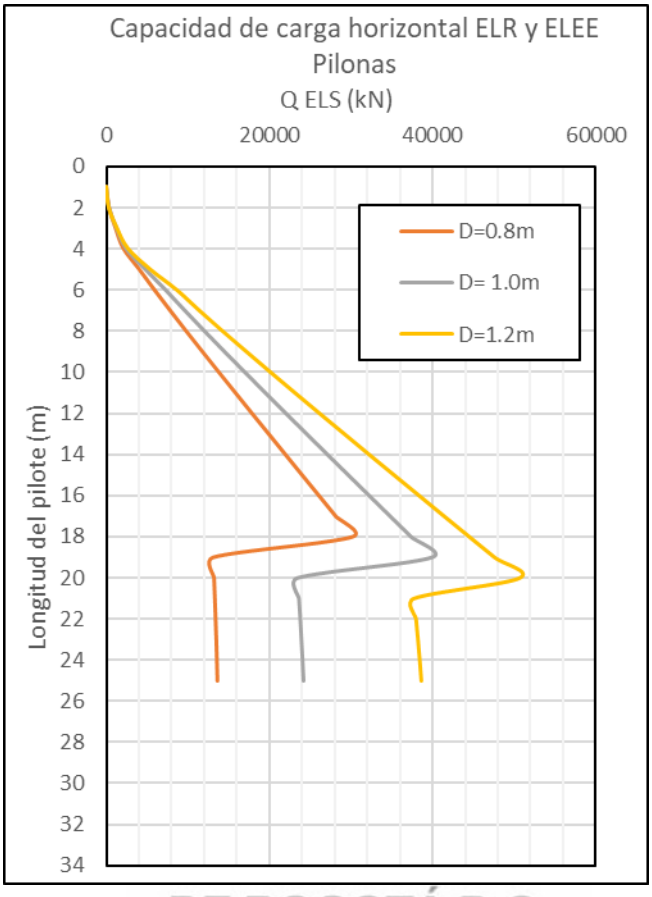


***Figura 13-82**.Ábaco de capacidad de carga lateral (ELR y ELEE)*

DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

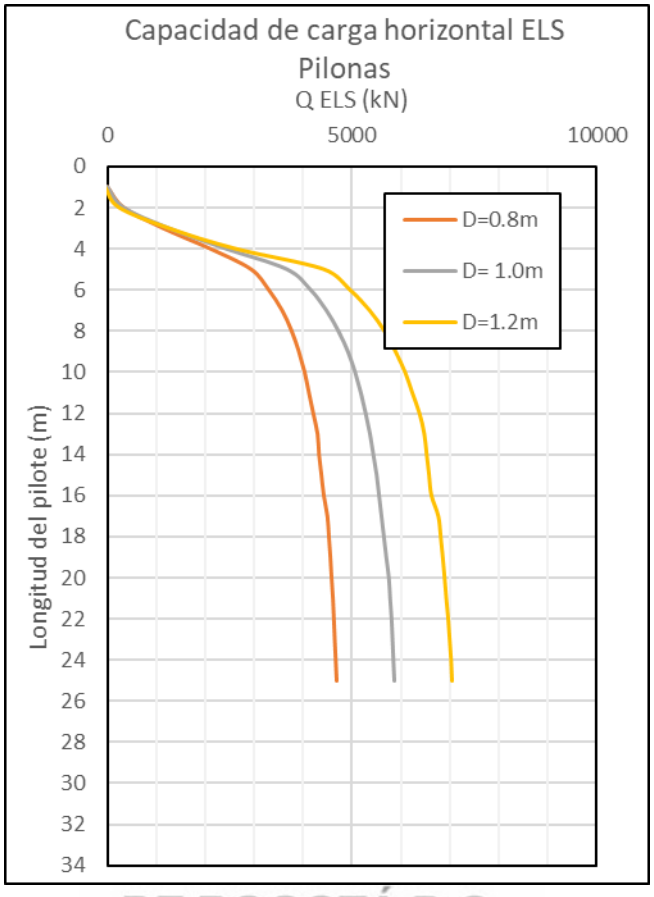
Adicionalmente, se muestran los resultados de capacidad de carga lateral para los diferentes diámetros con respecto a los valores de Estado Límite de Servicio.

Tabla 13-89. Resumen de valores de capacidad de carga lateral (ELS)

LONGITUD m	Carga horizontal ELS para 20 mm(kN)		
	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
0			
1	10.5	-13.4	-47.9
2	338.6	310.6	237.7
3	1134.7	1226.8	1242.2
4	2102.2	2396.7	2598.7
5	2943.0	3649.3	4414.5
6	3306.0	4139.8	4954.1
7	3580.7	4463.6	5356.3
8	3776.9	4708.8	5660.4

LONGITUD m	Carga horizontal ELS para 20 mm(kN)		
	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
9	3924.0	4905.0	5886.0
10	4041.7	5052.2	6082.2
11	4130.0	5169.9	6229.4
12	4218.3	5268.0	6376.5
13	4306.6	5356.3	6474.6
14	4336.0	5424.9	6523.7
15	4385.1	5493.6	6572.7
16	4434.1	5542.7	6621.8
17	4508.4	5591.7	6762.6
18	4540.1	5640.8	6810.2
19	4568.5	5689.8	6852.7
20	4593.9	5742.4	6890.9
21	4620.5	5768.3	6925.9
22	4640.1	5797.7	6965.1
23	4659.8	5817.3	6994.5
24	4679.4	5837.0	7024.0
25	4699.0	5856.6	7043.6

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano



DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

Figura 13-83. *Ábaco de capacidad de carga lateral (ELS)*

A continuación, se presentan los valores de los módulos de reacción vertical y horizontal, para cada uno de los diámetros contemplados.

Tabla 13-90. Resumen de valores de módulos de reacción horizontal y vertical para pilonas

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	57661	67836	46129	54269	38440	45224
2	57661	67836	46129	54269	38440	45224
3	101483	119392	81186	95513	67655	79595
4	101483	119392	81186	95513	67655	79595
5	227567	267727	182054	214182	151712	178485
6	227567	267727	182054	214182	151712	178485
7	227567	267727	182054	214182	151712	178485

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)
8	227567	267727	182054	214182	151712	178485
9	227567	267727	182054	214182	151712	178485
10	227567	267727	182054	214182	151712	178485
11	227567	267727	182054	214182	151712	178485
12	227567	267727	182054	214182	151712	178485
13	227567	267727	182054	214182	151712	178485
14	227567	267727	182054	214182	151712	178485
15	227567	267727	182054	214182	151712	178485
16	227567	267727	182054	214182	151712	178485
17	227567	267727	182054	214182	151712	178485
18	227567	267727	182054	214182	151712	178485
19	227567	267727	182054	214182	151712	178485
20	227567	267727	182054	214182	151712	178485
21	227567	267727	182054	214182	151712	178485
22	227567	267727	182054	214182	151712	178485
23	227567	267727	182054	214182	151712	178485
24	227567	267727	182054	214182	151712	178485
25	227567	267727	182054	214182	151712	178485

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

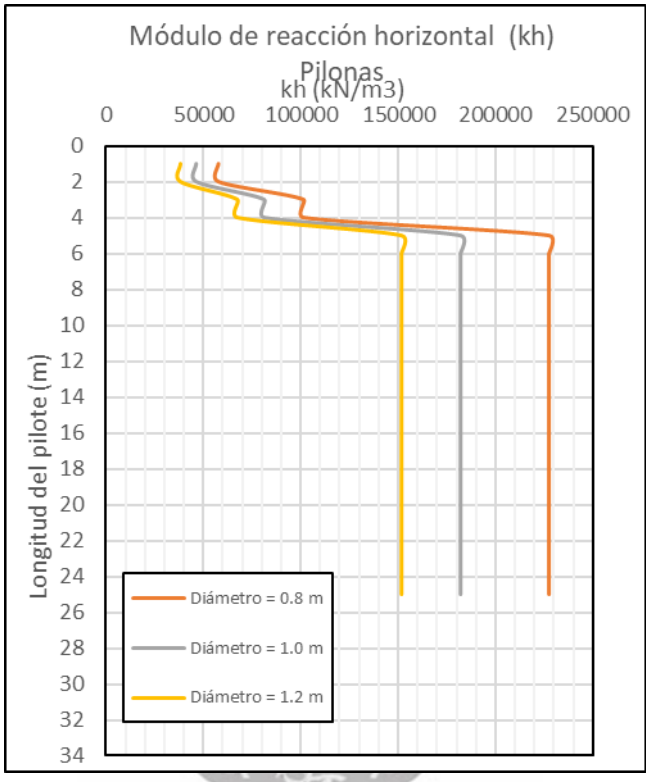


Figura 13-84. *Ábaco de módulos de reacción horizontal para pilonas*

ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

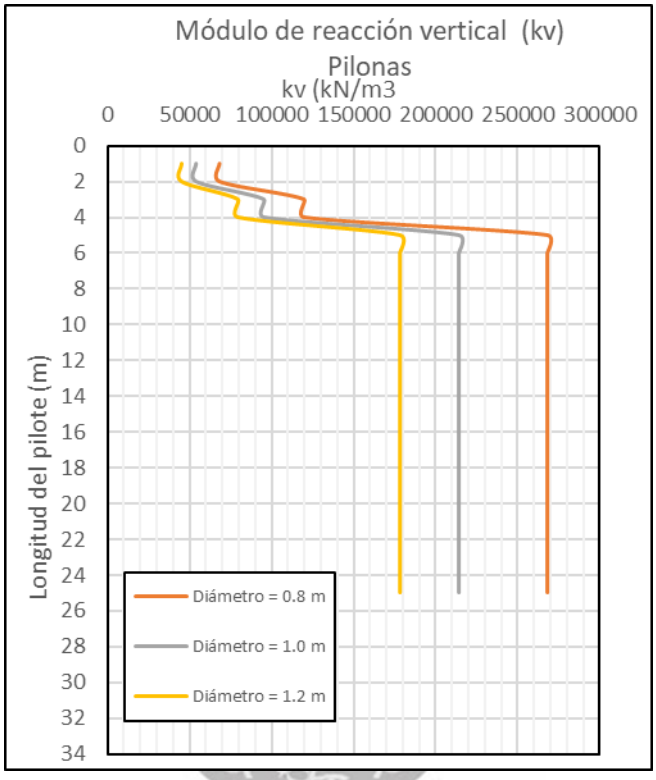


Figura 13-85. *Ábaco de módulos de reacción vertical para pilonas*

Los asentamientos elásticos obtenidos para esta alternativa no superan los 16.0 mm para los 3 diámetros analizados tal y como se observa en las memorias de cálculo del ANEXO J, por lo que se considera adecuado para el sistema de fundación.

Zonas 5 y 9

Para las zonas geotécnicas 5 y 9 se presentan los resultados de la carga axial admisible y por tracción para el Estado Límite de Resistencia (ELR)

Tabla 13-91 Resumen de valores de carga axial admisible y por tracción (ELR)

LONGITUD m	Carga axial admisible ELR (kN)			Carga admisible tracción ELR (Kn)		
	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
0						
1	175.2	257.1	354.2	130.11	166.33	204.04
2	231.0	327.7	440.0	260.22	332.67	408.08
3	286.3	397.4	524.3	390.32	499.00	612.11
4	341.5	467.0	608.6	520.43	665.33	816.15
5	404.2	548.3	709.8	650.54	831.67	1020.19
6	466.8	629.6	810.8	780.65	998.00	1224.23

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

LONGITUD	Carga axial admisible ELR (kN)			Carga admisible tracción ELR (Kn)		
m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
7	534.0	716.6	918.7	920.94	1177.06	1443.54
8	593.7	791.8	1009.7	1061.23	1356.12	1662.85
9	653.5	867.1	1100.7	1201.52	1535.19	1882.16
10	713.2	942.3	1191.7	1341.81	1714.25	2101.48
11	772.9	1017.5	1282.8	1482.10	1893.31	2320.79
12	832.6	1092.8	1373.8	1622.39	2072.37	2540.10
13	892.3	1168.0	1464.8	1762.68	2251.43	2759.41
14	952.1	1243.3	1555.8	1902.98	2430.50	2978.73
15	1011.8	1318.6	1646.9	2043.27	2609.56	3198.04
16	1071.6	1393.9	1738.0	2183.56	2788.62	3417.35
17	1150.7	1499.4	1872.6	2323.85	2967.68	3636.66
18	1229.0	1603.8	2005.6	2464.14	3146.74	3855.98
19	1665.0	2173.5	2718.8	2715.93	3465.18	4242.54
20	1797.0	2338.4	2916.7	2967.72	3783.61	4629.10
21	1929.0	2503.4	3114.7	3219.51	4102.05	5015.66
22	2061.0	2668.4	3312.6	3471.30	4420.48	5402.22
23	2192.9	2833.3	3510.6	3723.09	4738.92	5788.78
24	2324.9	2998.3	3708.6	3974.88	5057.35	6175.34
25	2456.9	3163.3	3906.5	4226.67	5375.79	6561.90

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

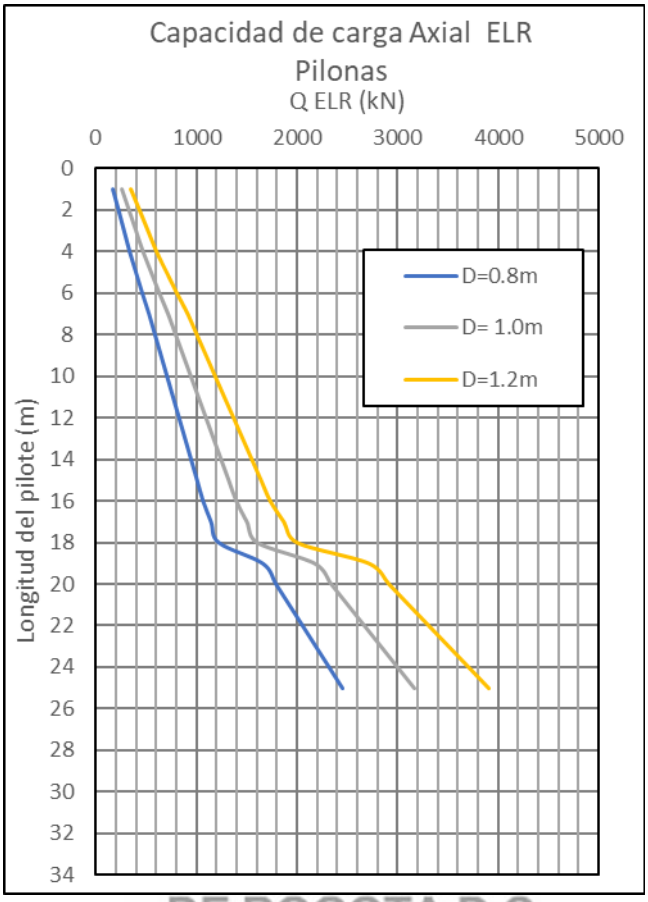


***Figura 13-86**. Ábaco de carga axial admisible (ELR)*

DE BOGOTA D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

Adicionalmente, para se presentan los resultados obtenidos para la carga axial admisible y por tracción correspondiente al Estado Límite de Evento Extremo (ELEE).

Tabla 13-92. Resumen de valores de carga axial admisible y por tracción (ELEE)

LONGITUD m	Carga axial admisible ELEE (kN)			Carga admisible tracción ELEE (Kn)		
	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
0						
1	423.1	624.2	863.4	130.11	166.33	204.04
2	548.0	782.4	1055.7	260.22	332.67	408.08
3	671.3	938.0	1244.3	390.32	499.00	612.11
4	794.5	1093.6	1432.9	520.43	665.33	816.15
5	936.5	1278.4	1663.5	650.54	831.67	1020.19
6	1078.3	1463.1	1894.0	780.65	998.00	1224.23

LONGITUD	Carga axial admisible ELEE (kN)			Carga admisible tracción ELEE (Kn)		
m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
7	1230.3	1660.5	2139.6	920.94	1177.06	1443.54
8	1363.6	1828.5	2343.1	1061.23	1356.12	1662.85
9	1496.8	1996.5	2546.5	1201.52	1535.19	1882.16
10	1630.0	2164.6	2750.0	1341.81	1714.25	2101.48
11	1763.3	2332.6	2953.4	1482.10	1893.31	2320.79
12	1896.5	2500.7	3156.9	1622.39	2072.37	2540.10
13	2029.7	2668.7	3360.3	1762.68	2251.43	2759.41
14	2163.0	2836.8	3563.8	1902.98	2430.50	2978.73
15	2296.3	3004.9	3767.4	2043.27	2609.56	3198.04
16	2429.7	3173.2	3971.2	2183.56	2788.62	3417.35
17	2611.3	3416.8	4283.4	2323.85	2967.68	3636.66
18	2791.2	3657.8	4591.9	2464.14	3146.74	3855.98
19	3081.0	4035.5	5063.9	2715.93	3465.18	4242.54
20	3320.9	4335.5	5423.8	2967.72	3783.61	4629.10
21	3560.9	4635.4	5783.7	3219.51	4102.05	5015.66
22	3800.8	4935.4	6143.7	3471.30	4420.48	5402.22
23	4040.8	5235.3	6503.6	3723.09	4738.92	5788.78
24	4280.7	5535.3	6863.5	3974.88	5057.35	6175.34
25	4520.7	5835.2	7223.5	4226.67	5375.79	6561.90

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

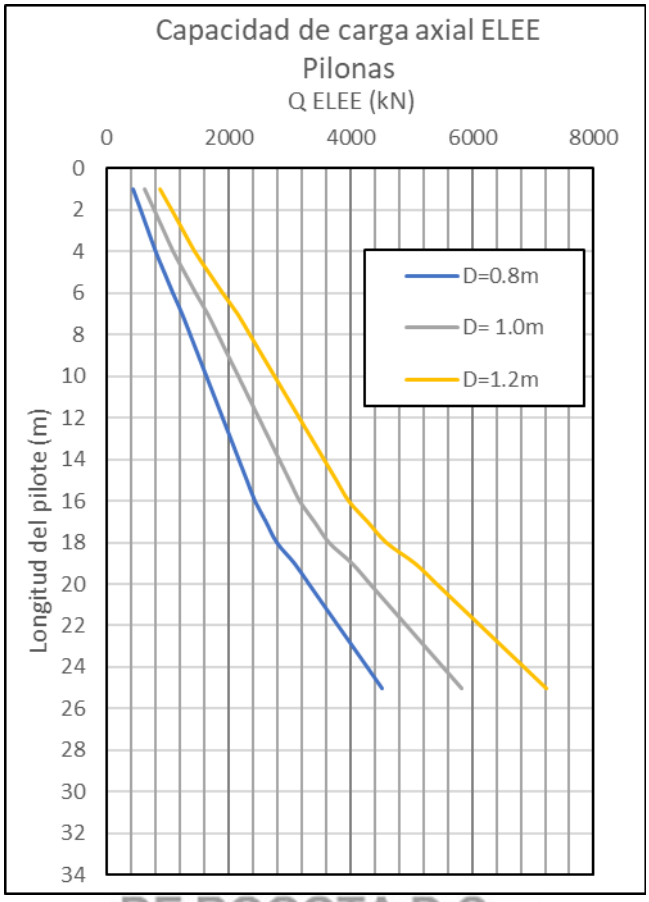


Figura 13-87.*Ábaco de carga axial admisible (ELEE)*

DE BOGOTA D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

Las cargas admisibles para el Estado Límite de Servicio (ELS), se presentan a continuación:

Tabla 13-93. Resumen de valores de carga axial admisible y por tracción (ELS)

LONGITUD m	Carga admisible axial ELS para 20 mm (kN)			Carga admisible tracción ELS (kN)		
	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
0						
1	414.9	611.3	844.8	130.11	166.33	204.04
2	543.1	774.6	1044.5	260.22	332.67	408.08
3	666.3	930.2	1233.1	390.32	499.00	612.11
4	789.6	1085.9	1421.7	520.43	665.33	816.15
5	912.8	1241.5	1610.3	650.54	831.67	1020.19
6	1036.1	1397.1	1798.9	780.65	998.00	1224.23

LONGITUD m	Carga admisible axial ELS para 20 mm (kN)			Carga admisible tracción ELS (kN)		
	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
7	1225.5	1653.0	2128.9	920.94	1177.06	1443.54
8	1358.8	1821.0	2332.3	1061.23	1356.12	1662.85
9	1492.0	1989.1	2535.8	1201.52	1535.19	1882.16
10	1625.2	2157.1	2739.2	1341.81	1714.25	2101.48
11	1758.5	2325.2	2942.7	1482.10	1893.31	2320.79
12	1891.7	2493.2	3146.1	1622.39	2072.37	2540.10
13	2025.0	2661.2	3349.5	1762.68	2251.43	2759.41
14	2158.2	2829.3	3553.0	1902.98	2430.50	2978.73
15	2291.4	2997.3	3756.4	2043.27	2609.56	3198.04
16	2424.7	3165.4	3959.9	2183.56	2788.62	3417.35
17	2558.2	3333.8	4163.9	2323.85	2967.68	3636.66
18	2691.7	3502.2	4367.9	2464.14	3146.74	3855.98
19	3081.0	4035.5	5063.9	2715.93	3465.18	4242.54
20	3320.9	4335.5	5423.8	2967.72	3783.61	4629.10
21	3560.9	4635.4	5783.7	3219.51	4102.05	5015.66
22	3800.8	4935.4	6143.7	3471.30	4420.48	5402.22
23	4040.8	5235.3	6503.6	3723.09	4738.92	5788.78
24	4280.7	5535.3	6863.5	3974.88	5057.35	6175.34
25	4520.7	5835.2	7223.5	4226.67	5375.79	6561.90

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

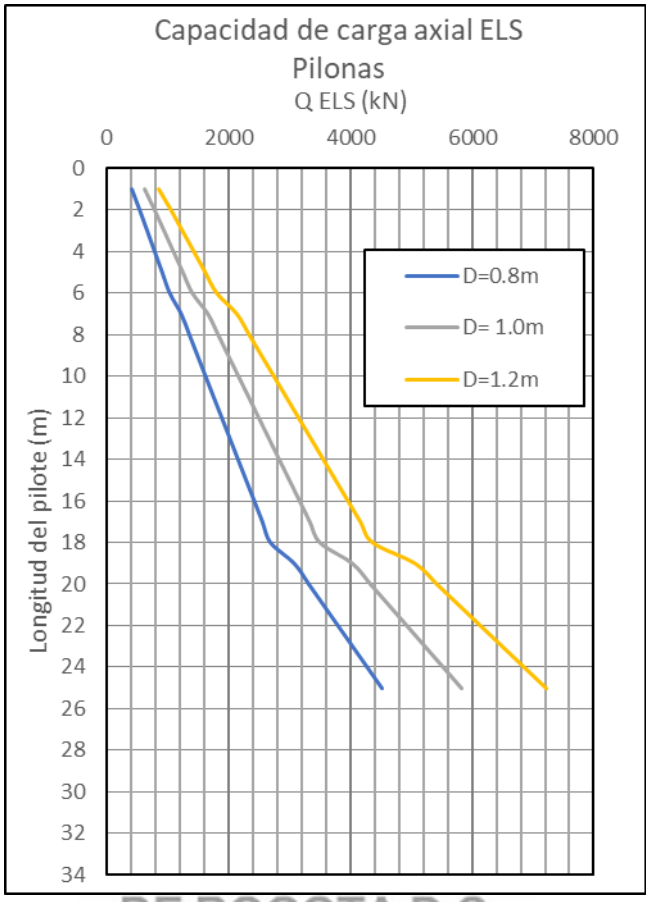


Figura 13-88.*Ábaco de carga axial admisible (ELS)*

DE BOGOTA D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

Se presentan también 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.

Tabla 13-94. Resumen de valores de capacidad de carga lateral (ELR y ELEE)

LONGITUD m	Carga horizontal ELR y ELEE (kN)		
	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
0			
1	-120.4	-420.5	-828.7
2	670.7	568.4	358.0
3	1509.1	1616.4	1615.6
4	2394.9	2723.5	2944.2
5	3295.7	3889.8	4343.7

LONGITUD	Carga horizontal ELR y ELEE (kN)		
m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
6	4015.9	5031.1	6082.3
7	4852.6	6069.3	7318.7
8	5695.6	7117.1	8569.1
9	6542.6	8171.3	9828.7
10	7392.5	9230.1	11094.8
11	8244.4	10292.1	12365.6
12	9098.0	11356.5	13639.9
13	9952.7	12422.8	14917.0
14	10808.4	13490.6	16196.2
15	11664.8	14559.6	17477.1
16	12521.9	15629.6	18759.4
17	13379.6	16700.7	20043.5
18	14237.8	17772.4	21328.4
19	16240.8	20251.3	24273.3
20	7184.2	22742.7	27236.1
21	7567.2	13412.7	30214.3
22	7915.4	14030.4	22366.8
23	8233.3	14594.4	23266.7
24	8524.7	15111.4	24091.5
25	8792.8	15587.0	24850.4

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

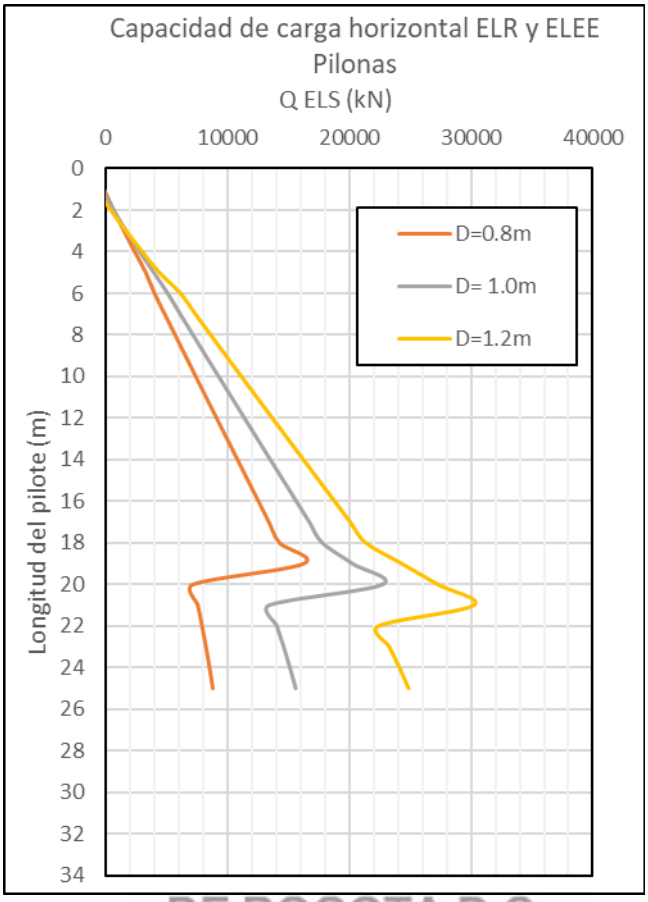


***Figura 13-89**.Ábaco de capacidad de carga lateral (ELR y ELEE)*

DE BOGOTA D.C.
MOVILIDAD

Adicionalmente, se muestran los resultados de capacidad de carga lateral para los diferentes diámetros con respecto a los valores de Estado Límite de Servicio.

Tabla 13-95. Resumen de valores de capacidad de carga lateral (ELS)

LONGITUD m	Carga horizontal ELS para 20 mm(kN)		
	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
0			
1	-120.4	-420.7	-829.0
2	671.0	568.6	358.1
3	1509.8	1617.0	1616.2
4	2279.8	2724.6	2945.4
5	2279.8	2849.8	4345.5
6	2279.8	2849.8	3419.8
7	2327.6	2909.5	3491.4

LONGITUD	Carga horizontal ELS para 20 mm(kN)		
m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
8	2363.2	2953.9	3544.7
9	2390.7	2988.4	3586.1
10	2412.7	3011.7	3619.9
11	2430.6	3041.1	3649.3
12	2445.5	3060.7	3668.9
13	2458.1	3070.5	3688.6
14	2468.9	3080.3	3708.2
15	2478.2	3090.2	3718.0
16	2486.3	3109.8	3727.8
17	2493.5	3119.6	3737.6
18	2501.6	3129.4	3747.4
19	2652.9	3316.2	3979.4
20	2788.2	3485.2	4182.3
21	2908.7	3635.9	4363.1
22	3016.8	3771.0	4525.2
23	3114.4	3893.1	4671.7
24	3203.0	4003.8	4804.5
25	3283.8	4104.8	4925.7

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

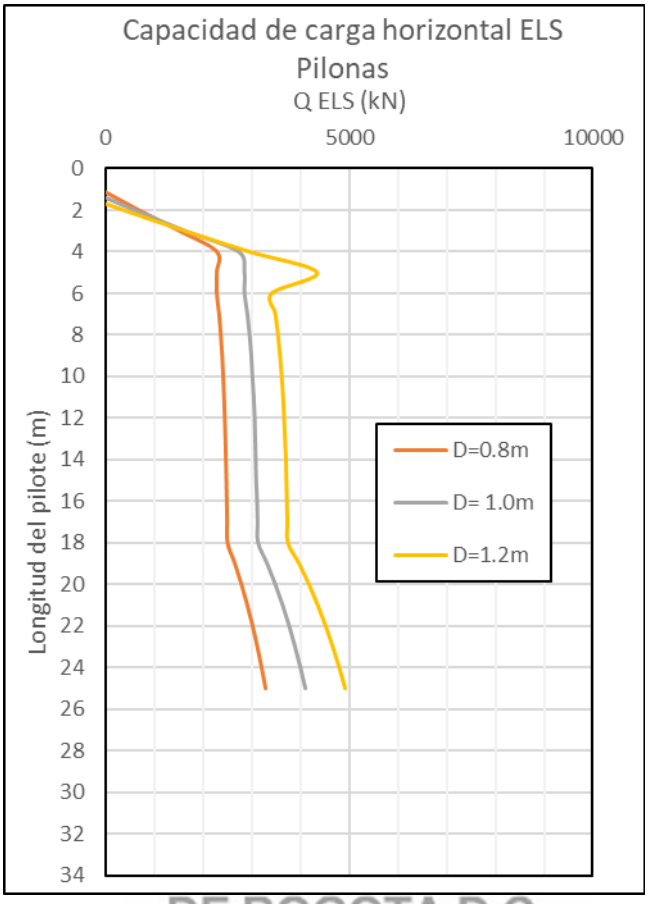


Figura 13-90. *Ábaco de capacidad de carga lateral (ELS)*

DE BOGOTA D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

A continuación, se presentan los valores de los módulos de reacción vertical y horizontal, para cada uno de los diámetros contemplados.

Tabla 13-96. Resumen de valores de módulos de reacción horizontal y vertical para pilonas

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	78418	92257	62735	73806	52279	61505
2	78418	92257	62735	73806	52279	61505
3	78418	92257	62735	73806	52279	61505
4	78418	92257	62735	73806	52279	61505
5	78418	92257	62735	73806	52279	61505
6	78418	92257	62735	73806	52279	61505
7	93795	110347	75036	88278	62530	73565
8	93795	110347	75036	88278	62530	73565

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)
9	93795	110347	75036	88278	62530	73565
10	93795	110347	75036	88278	62530	73565
11	93795	110347	75036	88278	62530	73565
12	93795	110347	75036	88278	62530	73565
13	93795	110347	75036	88278	62530	73565
14	93795	110347	75036	88278	62530	73565
15	93795	110347	75036	88278	62530	73565
16	93795	110347	75036	88278	62530	73565
17	93795	110347	75036	88278	62530	73565
18	93795	110347	75036	88278	62530	73565
19	227567	267727	182054	214182	151712	178485
20	227567	267727	182054	214182	151712	178485
21	227567	267727	182054	214182	151712	178485
22	227567	267727	182054	214182	151712	178485
23	227567	267727	182054	214182	151712	178485
24	227567	267727	182054	214182	151712	178485
25	227567	267727	182054	214182	151712	178485

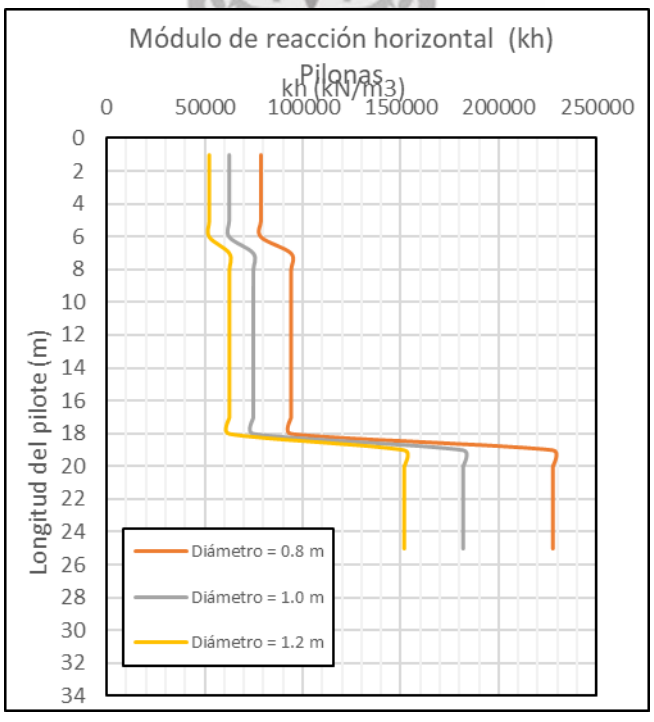


Figura 13-91. *Ábaco de módulos de reacción horizontal para pilonas*

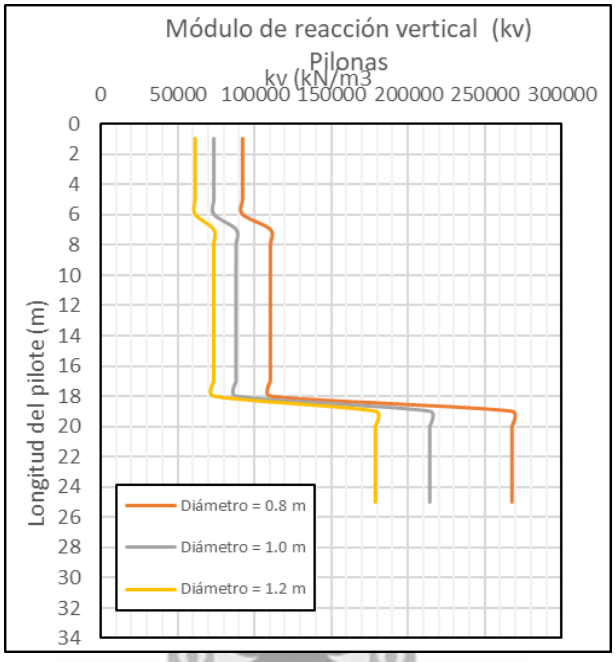


Figura 13-92. *Ábaco de módulos de reacción vertical para pilonas*

Los asentamientos elásticos obtenidos para esta alternativa no superan los 17.0 mm para los 3 diámetros analizados tal y como se observa en las memorias de cálculo del ANEXO J, por lo que se considera adecuado para el sistema de fundación.

13.2.2 Tramo La Victoria-Altamira

Zona 6

Para la zona geotécnica número 6 se presentan los resultados de la carga axial admisible y por tracción para el Estado Límite de Resistencia (ELR)

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

Tabla 13-97 Resumen de valores de carga axial admisible y por tracción (ELR)

LONGITUD m	Carga axial admisible ELR (kN)			Cargas admisibles por tracción ELR (kN)		
	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
0						
1	239.6	364.9	516.3	79.54	103.12	128.18
2	495.3	754.9	1068.8	159.08	206.24	256.36
3	695.1	1057.5	1495.3	202.28	263.94	330.04
4	575.5	863.4	1208.9	256.11	334.93	419.67
5	353.8	503.0	676.6	413.08	534.84	664.00
6	421.4	588.3	779.7	570.05	734.75	908.33
7	500.5	691.5	908.7	727.02	934.66	1152.66
8	578.9	793.5	1036.1	883.99	1134.57	1396.99

LONGITUD m	Carga axial admisible ELR (kN)			Cargas admisibles por tracción ELR (kN)		
	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
9	861.0	1168.5	1512.8	1135.78	1453.01	1783.55
10	993.0	1333.4	1710.7	1387.57	1771.44	2170.11
11	1125.0	1498.4	1908.7	1639.36	2089.88	2556.67
12	1257.0	1663.4	2106.7	1891.15	2408.31	2943.23
13	1388.9	1828.3	2304.6	2142.94	2726.75	3329.79
14	1520.9	1993.3	2502.6	2394.73	3045.18	3716.35
15	1652.9	2158.3	2700.5	2646.52	3363.62	4102.91
16	1784.9	2323.3	2898.5	2898.31	3682.05	4489.47
17	1916.8	2488.2	3096.5	3150.09	4000.49	4876.03
18	2048.8	2653.2	3294.4	3401.88	4318.92	5262.59
19	2180.8	2818.2	3492.4	3653.67	4637.36	5649.15
20	2312.8	2983.1	3690.4	3905.46	4955.79	6035.71
21	2444.7	3148.1	3888.3	4157.25	5274.23	6422.27
22	2576.7	3313.1	4086.3	4409.04	5592.66	6808.83
23	2708.7	3478.0	4284.3	4660.83	5911.10	7195.39
24	2840.7	3643.0	4482.2	4912.62	6229.54	7581.95
25	2972.6	3808.0	4680.2	5164.41	6547.97	7968.51

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

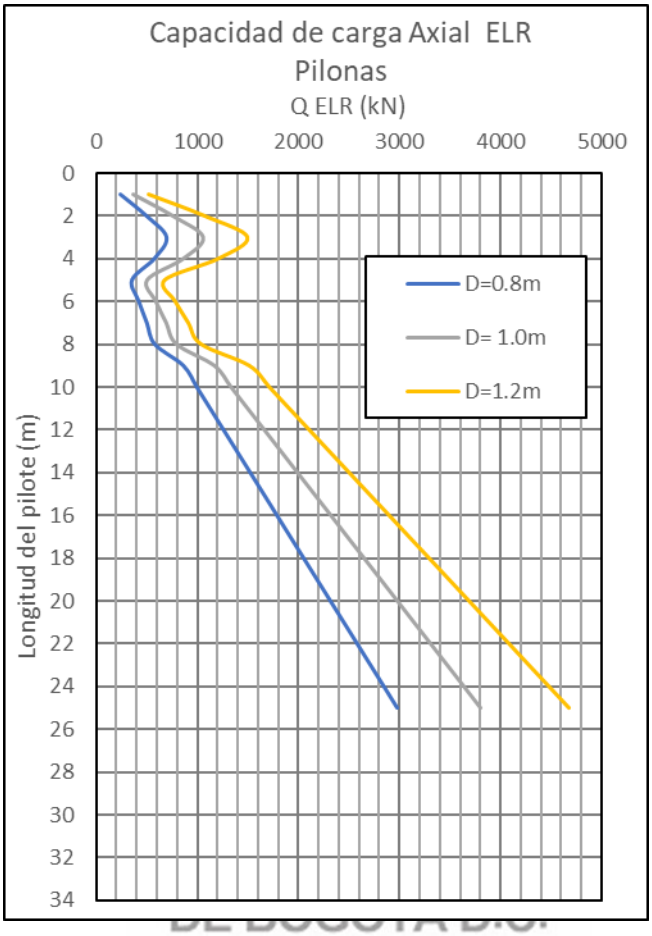


***Figura 13-93**. Ábaco de carga axial admisible (ELR)*

MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

Adicionalmente, para se presentan los resultados obtenidos para la carga axial admisible y por tracción correspondiente al Estado Límite de Evento Extremo (ELEE).

Tabla 13-98. Resumen de valores de carga axial admisible y por tracción (ELEE)

LONGITUD m	Carga axial admisible ELEE (kN)			Cargas admisibles por tracción ELEE (kN)		
	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
0						
1	590.6	901.7	1278.2	79.54	103.12	128.18
2	1221.4	1866.1	2646.6	159.08	206.24	256.36
3	1373.6	2094.1	2965.5	202.28	263.94	330.04
4	1130.2	1700.7	2386.4	256.11	334.93	419.67
5	840.3	1202.3	1625.1	413.08	534.84	664.00
6	991.1	1392.7	1855.7	570.05	734.75	908.33

LONGITUD m	Carga axial admisible ELEE (kN)			Cargas admisibles por tracción ELEE (kN)		
	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
7	1170.8	1628.0	2151.1	727.02	934.66	1152.66
8	1348.5	1860.4	2442.1	883.99	1134.57	1396.99
9	1619.2	2208.3	2871.2	1135.78	1453.01	1783.55
10	1859.1	2508.2	3231.1	1387.57	1771.44	2170.11
11	2099.1	2808.2	3591.0	1639.36	2089.88	2556.67
12	2339.0	3108.1	3950.9	1891.15	2408.31	2943.23
13	2579.0	3408.1	4310.9	2142.94	2726.75	3329.79
14	2818.9	3708.0	4670.8	2394.73	3045.18	3716.35
15	3058.9	4007.9	5030.7	2646.52	3363.62	4102.91
16	3298.8	4307.9	5390.7	2898.31	3682.05	4489.47
17	3538.8	4607.8	5750.6	3150.09	4000.49	4876.03
18	3778.8	4907.8	6110.5	3401.88	4318.92	5262.59
19	4018.7	5207.7	6470.5	3653.67	4637.36	5649.15
20	4258.7	5507.7	6830.4	3905.46	4955.79	6035.71
21	4498.6	5807.6	7190.3	4157.25	5274.23	6422.27
22	4738.6	6107.6	7550.3	4409.04	5592.66	6808.83
23	4978.5	6407.5	7910.2	4660.83	5911.10	7195.39
24	5218.5	6707.4	8270.1	4912.62	6229.54	7581.95
25	5458.4	7007.4	8630.1	5164.41	6547.97	7968.51

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

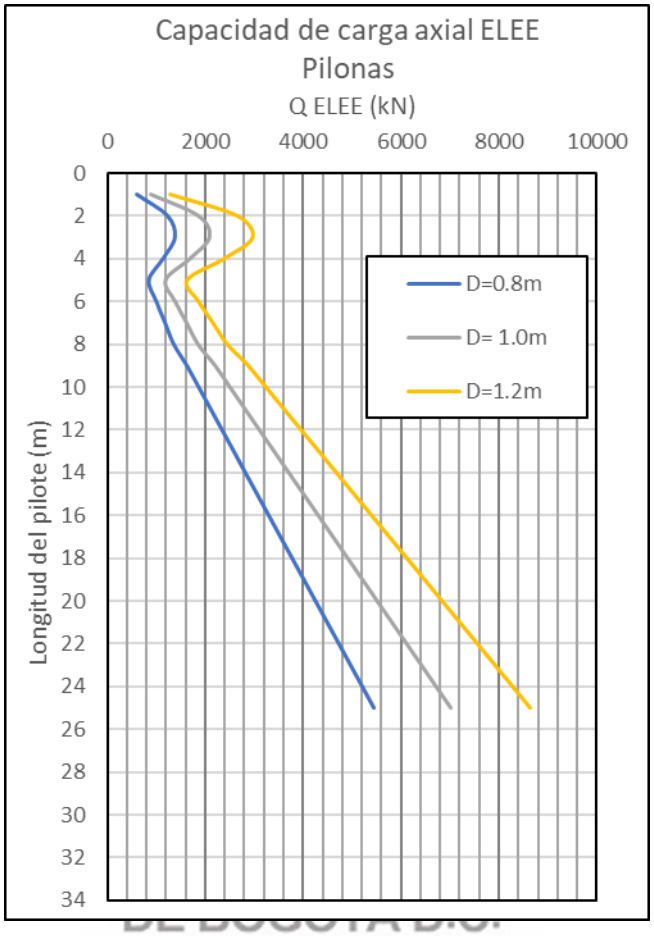


Figura 13-94.*Ábaco de carga axial admisible (ELEE)*

Las cargas admisibles para el Estado Límite de Servicio (ELS), se presentan a continuación:

Tabla 13-99. Resumen de valores de carga axial admisible y por tracción (ELS)

LONGITUD m	Carga admisible axial ELS para 20 mm (kN)			Cargas admisibles por tracción ELS (kN)		
	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
0						
1	175.9	253.7	345.1	79.54	103.12	128.18
2	253.5	353.8	468.8	159.08	206.24	256.36
3	569.0	699.0	838.8	202.28	263.94	330.04
4	611.0	751.5	901.8	256.11	334.93	419.67
5	834.5	1193.4	1612.3	413.08	534.84	664.00
6	985.4	1383.7	1842.8	570.05	734.75	908.33
7	1136.2	1574.1	2073.4	727.02	934.66	1152.66

LONGITUD m	Carga admisible axial ELS para 20 mm (kN)			Cargas admisibles por tracción ELS (kN)		
	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
8	1287.1	1764.4	2304.0	883.99	1134.57	1396.99
9	1619.2	2208.3	2871.2	1135.78	1453.01	1783.55
10	1859.1	2508.2	3231.1	1387.57	1771.44	2170.11
11	2099.1	2808.2	3591.0	1639.36	2089.88	2556.67
12	2339.0	3108.1	3950.9	1891.15	2408.31	2943.23
13	2579.0	3408.1	4310.9	2142.94	2726.75	3329.79
14	2818.9	3708.0	4670.8	2394.73	3045.18	3716.35
15	3058.9	4007.9	5030.7	2646.52	3363.62	4102.91
16	3298.8	4307.9	5390.7	2898.31	3682.05	4489.47
17	3538.8	4607.8	5750.6	3150.09	4000.49	4876.03
18	3778.8	4907.8	6110.5	3401.88	4318.92	5262.59
19	4018.7	5207.7	6470.5	3653.67	4637.36	5649.15
20	4258.7	5507.7	6830.4	3905.46	4955.79	6035.71
21	4498.6	5807.6	7190.3	4157.25	5274.23	6422.27
22	4738.6	6107.6	7550.3	4409.04	5592.66	6808.83
23	4978.5	6407.5	7910.2	4660.83	5911.10	7195.39
24	5218.5	6707.4	8270.1	4912.62	6229.54	7581.95
25	5458.4	7007.4	8630.1	5164.41	6547.97	7968.51

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

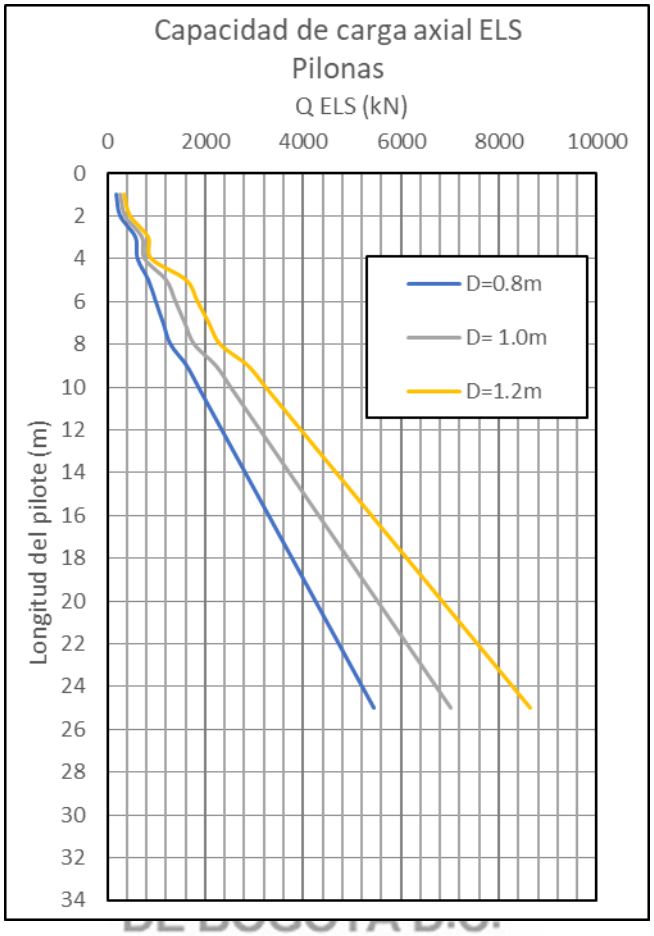


Figura 13-95.*Ábaco de carga axial admisible (ELS)*

DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

Se presentan también 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.

Tabla 13-100. Resumen de valores de capacidad de carga lateral (ELR y ELEE)

LONGITUD m	Carga horizontal ELR y ELEE (kN)		
	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
0			
1	-25.9	-125.0	-261.2
2	291.8	272.1	215.3
3	635.8	732.9	805.4
4	1000.4	1333.1	1544.1
5	1834.0	2502.8	3294.4
6	2749.7	3592.6	4535.2

LONGITUD	Carga horizontal ELR y ELEE (kN)		
m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
7	3712.4	4756.8	5884.5
8	4704.5	5967.6	7301.5
9	6592.0	8262.6	9978.0
10	8520.0	10621.1	12746.0
11	10477.4	13025.7	15580.8
12	12456.9	15465.0	18465.5
13	14453.4	17930.8	21388.7
14	16463.2	20417.6	24342.2
15	18483.6	22921.1	27319.8
16	20512.8	25438.2	30317.0
17	22549.1	27966.5	33330.4
18	24591.3	30504.2	36357.3
19	10893.4	33049.7	39395.6
20	11113.2	19705.5	42443.5
21	11312.0	20058.2	31986.2
22	11492.8	20378.8	32497.8
23	11657.8	20671.6	32964.9
24	11809.1	20940.0	33393.0
25	11948.3	21186.9	33786.9

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

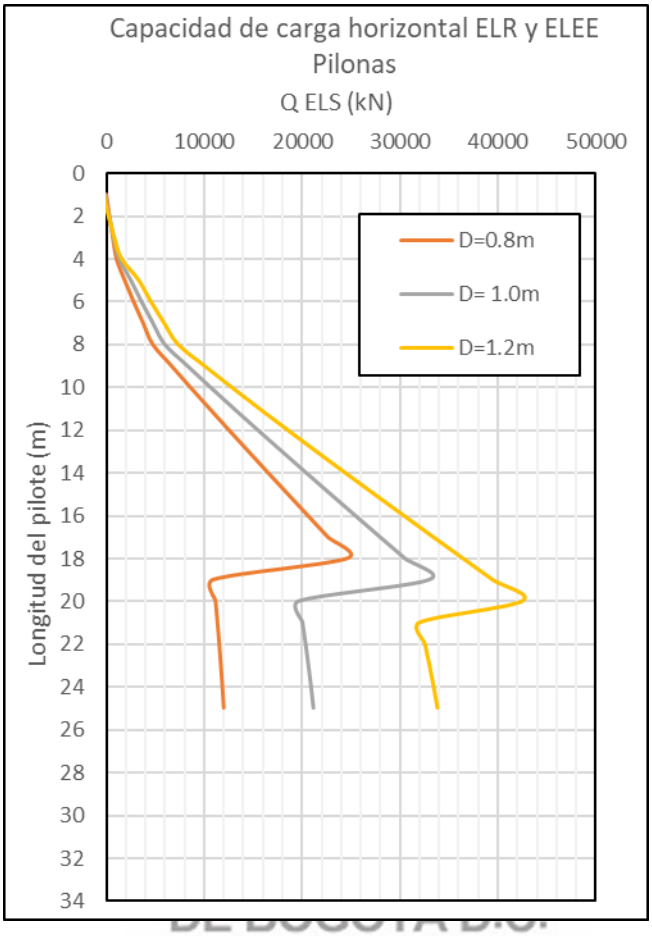


***Figura 13-96**.Ábaco de capacidad de carga lateral (ELR y ELEE)*

MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

Adicionalmente, se muestran los resultados de capacidad de carga lateral para los diferentes diámetros con respecto a los valores de Estado Límite de Servicio.

Tabla 13-101. Resumen de valores de capacidad de carga lateral (ELS)

LONGITUD m	Carga horizontal ELS para 20 mm(kN)		
	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
0			
1	-25.9	-125.1	-261.3
2	291.9	272.2	215.4
3	636.0	733.2	805.7
4	1000.8	1333.6	1544.7
5	1667.7	2079.7	3237.3
6	1932.6	2413.3	2894.0
7	2109.2	2629.1	3158.8
8	2236.7	2795.9	3355.0
9	2599.7	3237.3	3904.4
10	2884.1	3590.5	4316.4
11	3100.0	3875.0	4610.7
12	3276.5	4100.6	4905.0
13	3433.5	4277.2	5150.3
14	3551.2	4443.9	5297.4
15	3649.3	4571.5	5493.6
16	3747.4	4689.2	5640.8
17	3835.7	4787.3	5738.9
18	3914.2	4895.2	5837.0
19	3982.9	4973.7	5935.1
20	4031.9	5032.5	6033.2
21	4071.2	5091.4	6131.3
22	4100.6	5150.3	6180.3
23	4130.0	5209.1	6229.4
24	4159.4	5268.0	6278.4
25	4198.7	5317.0	6327.5

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

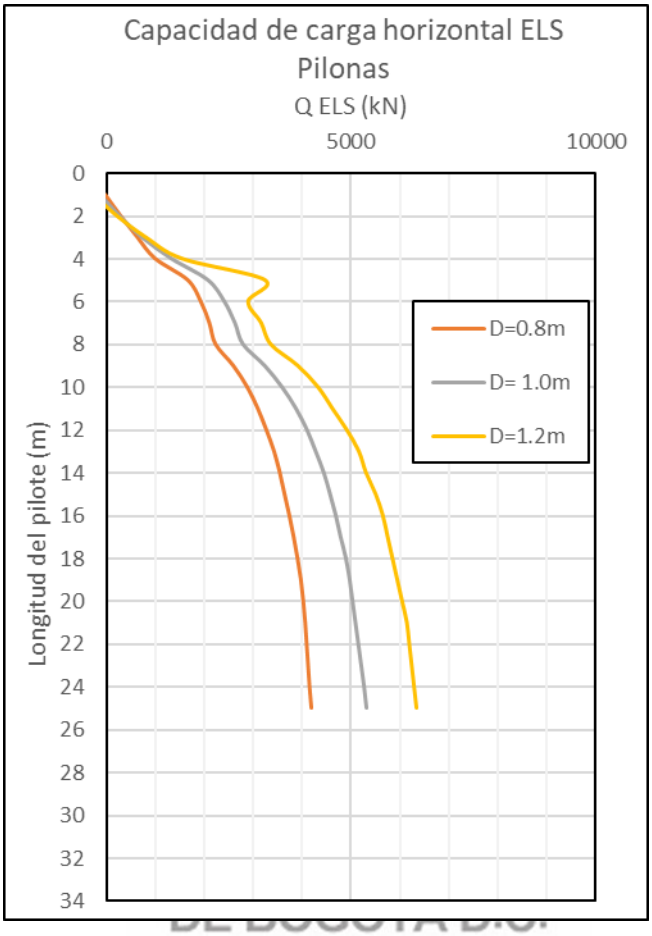


Figura 13-97. *Ábaco de capacidad de carga lateral (ELS)*

MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

A continuación, se presentan los valores de los módulos de reacción vertical y horizontal, para cada uno de los diámetros contemplados.

Tabla 13-102. Resumen de valores de módulos de reacción horizontal y vertical para pilonas

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	26908	31657	21527	25326	17939	21105
2	26908	31657	21527	25326	17939	21105
3	37647	44291	30118	35432	25098	29527
4	37647	44291	30118	35432	25098	29527
5	117628	138386	94102	110709	78418	92257
6	117628	138386	94102	110709	78418	92257
7	117628	138386	94102	110709	78418	92257
8	117628	138386	94102	110709	78418	92257
9	227567	267727	182054	214182	151712	178485
10	227567	267727	182054	214182	151712	178485
11	227567	267727	182054	214182	151712	178485
12	227567	267727	182054	214182	151712	178485
13	227567	267727	182054	214182	151712	178485
14	227567	267727	182054	214182	151712	178485
15	227567	267727	182054	214182	151712	178485
16	227567	267727	182054	214182	151712	178485
17	227567	267727	182054	214182	151712	178485
18	227567	267727	182054	214182	151712	178485
19	227567	267727	182054	214182	151712	178485
20	227567	267727	182054	214182	151712	178485
21	227567	267727	182054	214182	151712	178485
22	227567	267727	182054	214182	151712	178485
23	227567	267727	182054	214182	151712	178485
24	227567	267727	182054	214182	151712	178485
25	227567	267727	182054	214182	151712	178485

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

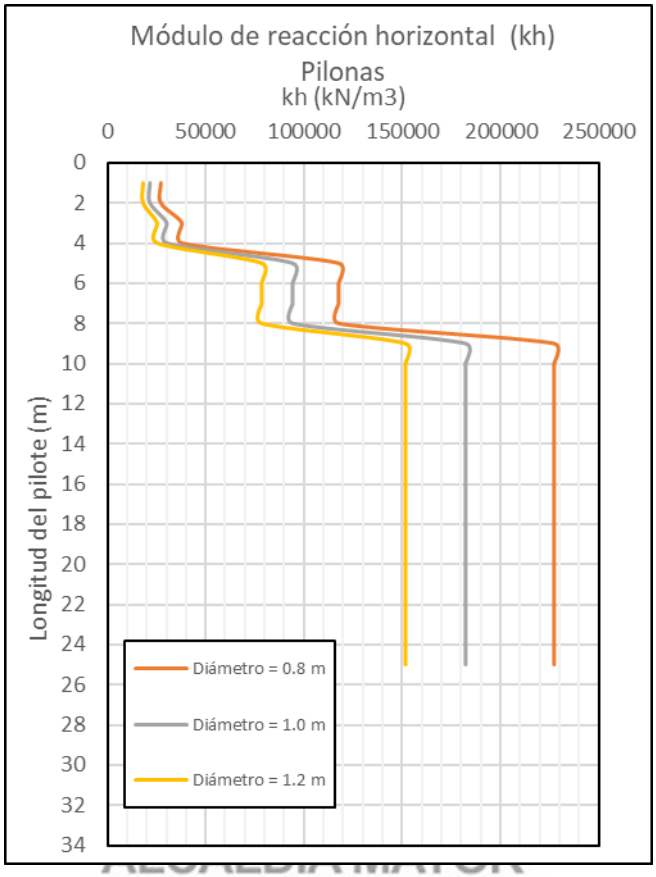


Figura 13-98. *Ábaco de módulos de reacción horizontal para pilonas*

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

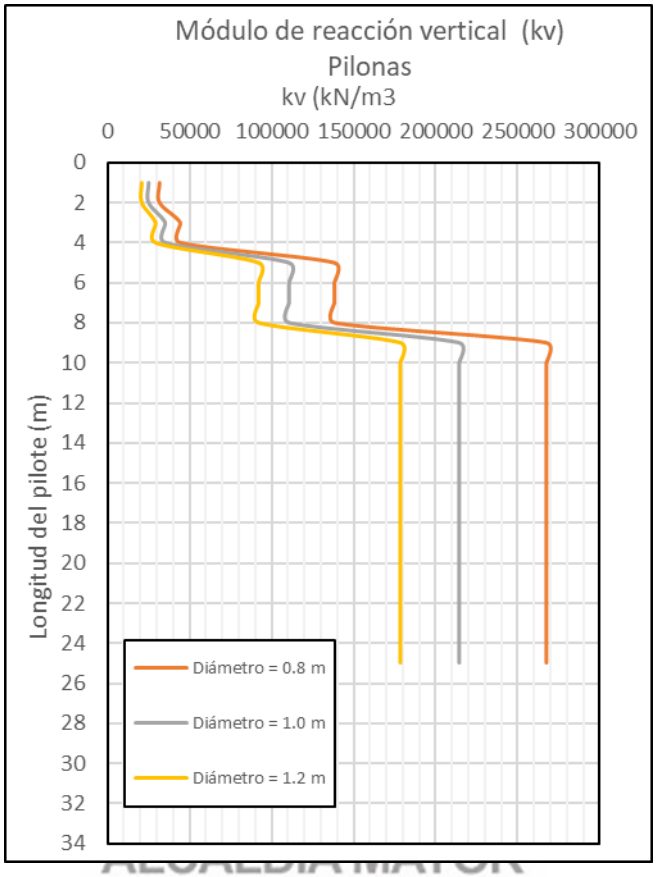


Figura 13-99. *Ábaco de módulos de reacción vertical para pilonas*

Los asentamientos elásticos obtenidos para esta alternativa no superan los 20.0 mm para los 3 diámetros analizados tal y como se observa en las memorias de cálculo del ANEXO J, por lo que se considera adecuado para el sistema de fundación.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

Zona 7

Para la zona geotécnica número 7 se presentan los resultados de la carga axial admisible y por tracción para el Estado Límite de Resistencia (ELR)

Tabla 13-103 Resumen de valores de carga axial admisible y por tracción (ELR)

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
0						
1	201.7	299.3	415.7	124.89	159.82	196.22
2	295.5	429.9	588.5	249.79	319.63	392.43
3	551.3	781.3	1048.1	501.58	638.07	778.99

LONGITUD	Carga axial admisible ELR (kN)			Carga admisible por tracción ELR (kN)		
m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
4	683.3	946.2	1246.1	753.37	956.50	1165.55
5	815.2	1111.2	1444.1	1005.16	1274.94	1552.11
6	947.2	1276.2	1642.0	1256.95	1593.37	1938.67
7	1079.2	1441.2	1840.0	1508.74	1911.81	2325.23
8	1211.2	1606.1	2038.0	1760.52	2230.24	2711.79
9	1343.1	1771.1	2235.9	2012.31	2548.68	3098.35
10	1475.1	1936.1	2433.9	2264.10	2867.11	3484.91
11	1607.1	2101.0	2631.8	2515.89	3185.55	3871.47
12	1739.1	2266.0	2829.8	2767.68	3503.98	4258.03
13	1871.0	2431.0	3027.8	3019.47	3822.42	4644.59
14	2003.0	2595.9	3225.7	3271.26	4140.85	5031.15
15	2135.0	2760.9	3423.7	3523.05	4459.29	5417.71
16	2267.0	2925.9	3621.7	3774.84	4777.72	5804.27
17	2398.9	3090.8	3819.6	4026.63	5096.16	6190.83
18	2530.9	3255.8	4017.6	4278.42	5414.59	6577.39
19	2662.9	3420.8	4215.5	4530.21	5733.03	6963.96
20	2794.9	3585.7	4413.5	4782.00	6051.46	7350.52
21	2926.8	3750.7	4611.5	5033.79	6369.90	7737.08
22	3058.8	3915.7	4809.4	5285.58	6688.33	8123.64
23	3190.8	4080.7	5007.4	5537.37	7006.77	8510.20
24	3322.8	4245.6	5205.4	5789.16	7325.20	8896.76
25	3454.7	4410.6	5403.3	6040.95	7643.64	9283.32

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

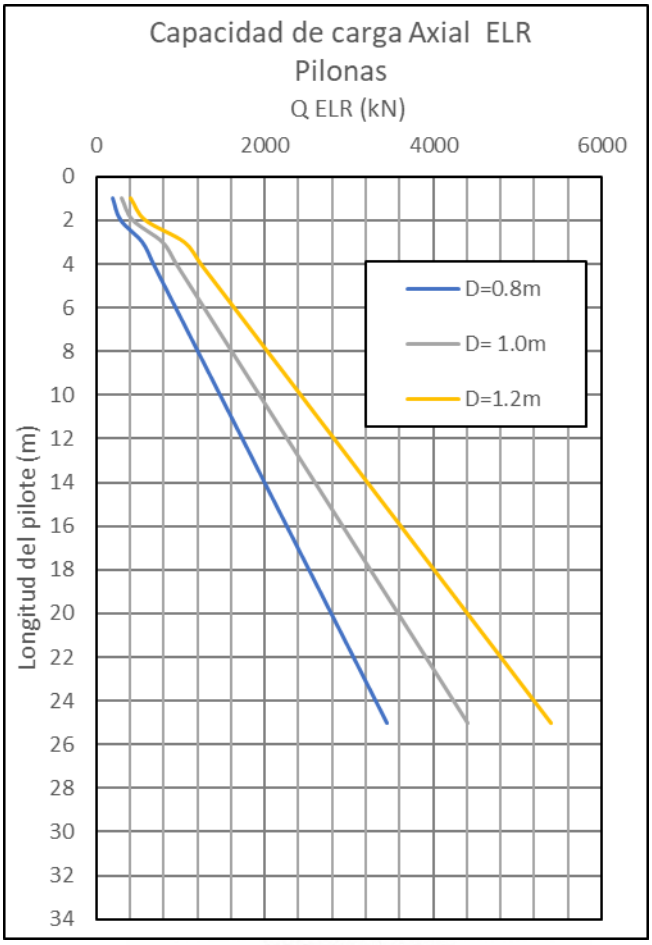


***Figura 13-100**. Ábaco de carga axial admisible (ELR)*

MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

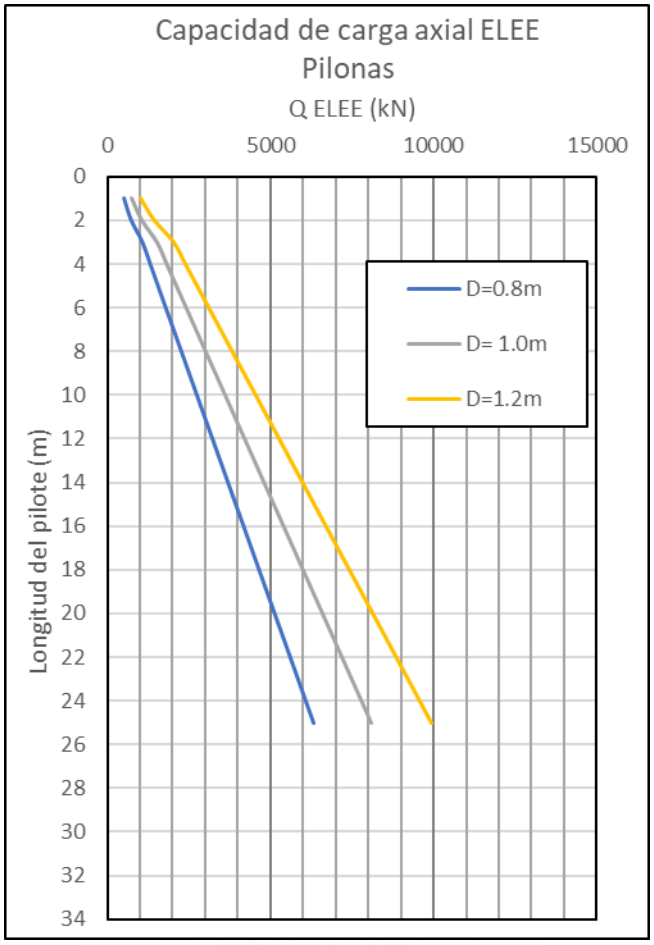
Adicionalmente, para se presentan los resultados obtenidos para la carga axial admisible y por tracción correspondiente al Estado Límite de Evento Extremo (ELEE).

Tabla 13-104. Resumen de valores de carga axial admisible y por tracción (ELEE)

LONGITUD m	Carga axial admisible ELEE (kN)			Carga admisible por tracción ELEE (kN)		
	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
0						
1	490.1	730.5	1018.0	124.89	159.82	196.22
2	710.4	1039.3	1428.8	249.79	319.63	392.43
3	1056.0	1504.3	2026.4	501.58	638.07	778.99
4	1295.9	1804.2	2386.3	753.37	956.50	1165.55
5	1535.9	2104.2	2746.2	1005.16	1274.94	1552.11

LONGITUD	Carga axial admisible ELEE (kN)			Carga admisible por tracción ELEE (kN)		
m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
6	1775.8	2404.1	3106.2	1256.95	1593.37	1938.67
7	2015.8	2704.1	3466.1	1508.74	1911.81	2325.23
8	2255.7	3004.0	3826.0	1760.52	2230.24	2711.79
9	2495.7	3304.0	4186.0	2012.31	2548.68	3098.35
10	2735.6	3603.9	4545.9	2264.10	2867.11	3484.91
11	2975.6	3903.8	4905.8	2515.89	3185.55	3871.47
12	3215.6	4203.8	5265.8	2767.68	3503.98	4258.03
13	3455.5	4503.7	5625.7	3019.47	3822.42	4644.59
14	3695.5	4803.7	5985.6	3271.26	4140.85	5031.15
15	3935.4	5103.6	6345.5	3523.05	4459.29	5417.71
16	4175.4	5403.6	6705.5	3774.84	4777.72	5804.27
17	4415.3	5703.5	7065.4	4026.63	5096.16	6190.83
18	4655.3	6003.4	7425.3	4278.42	5414.59	6577.39
19	4895.2	6303.4	7785.3	4530.21	5733.03	6963.96
20	5135.2	6603.3	8145.2	4782.00	6051.46	7350.52
21	5375.2	6903.3	8505.1	5033.79	6369.90	7737.08
22	5615.1	7203.2	8865.1	5285.58	6688.33	8123.64
23	5855.1	7503.2	9225.0	5537.37	7006.77	8510.20
24	6095.0	7803.1	9584.9	5789.16	7325.20	8896.76
25	6335.0	8103.1	9944.9	6040.95	7643.64	9283.32

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano



MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

Figura 13-101.*Ábaco de carga axial admisible (ELEE)*

Las cargas admisibles para el Estado Límite de Servicio (ELS), se presentan a continuación:

Tabla 13-105. Resumen de valores de carga axial admisible y por tracción (ELS)

LONGITUD m	Carga admisible axial ELS para 20 mm (kN)			Carga admisible por tracción ELS (kN)		
	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
0						
1	381.4	560.5	773.3	124.89	159.82	196.22
2	499.2	709.3	953.6	249.79	319.63	392.43
3	1056.0	1504.3	2026.4	501.58	638.07	778.99
4	1295.9	1804.2	2386.3	753.37	956.50	1165.55
5	1535.9	2104.2	2746.2	1005.16	1274.94	1552.11

LONGITUD m	Carga admisible axial ELS para 20 mm (kN)			Carga admisible por tracción ELS (kN)		
	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
6	1775.8	2404.1	3106.2	1256.95	1593.37	1938.67
7	2015.8	2704.1	3466.1	1508.74	1911.81	2325.23
8	2255.7	3004.0	3826.0	1760.52	2230.24	2711.79
9	2495.7	3304.0	4186.0	2012.31	2548.68	3098.35
10	2735.6	3603.9	4545.9	2264.10	2867.11	3484.91
11	2975.6	3903.8	4905.8	2515.89	3185.55	3871.47
12	3215.6	4203.8	5265.8	2767.68	3503.98	4258.03
13	3455.5	4503.7	5625.7	3019.47	3822.42	4644.59
14	3695.5	4803.7	5985.6	3271.26	4140.85	5031.15
15	3935.4	5103.6	6345.5	3523.05	4459.29	5417.71
16	4175.4	5403.6	6705.5	3774.84	4777.72	5804.27
17	4415.3	5703.5	7065.4	4026.63	5096.16	6190.83
18	4655.3	6003.4	7425.3	4278.42	5414.59	6577.39
19	4895.2	6303.4	7785.3	4530.21	5733.03	6963.96
20	5135.2	6603.3	8145.2	4782.00	6051.46	7350.52
21	5375.2	6903.3	8505.1	5033.79	6369.90	7737.08
22	5615.1	7203.2	8865.1	5285.58	6688.33	8123.64
23	5855.1	7503.2	9225.0	5537.37	7006.77	8510.20
24	6095.0	7803.1	9584.9	5789.16	7325.20	8896.76
25	6335.0	8103.1	9944.9	6040.95	7643.64	9283.32

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

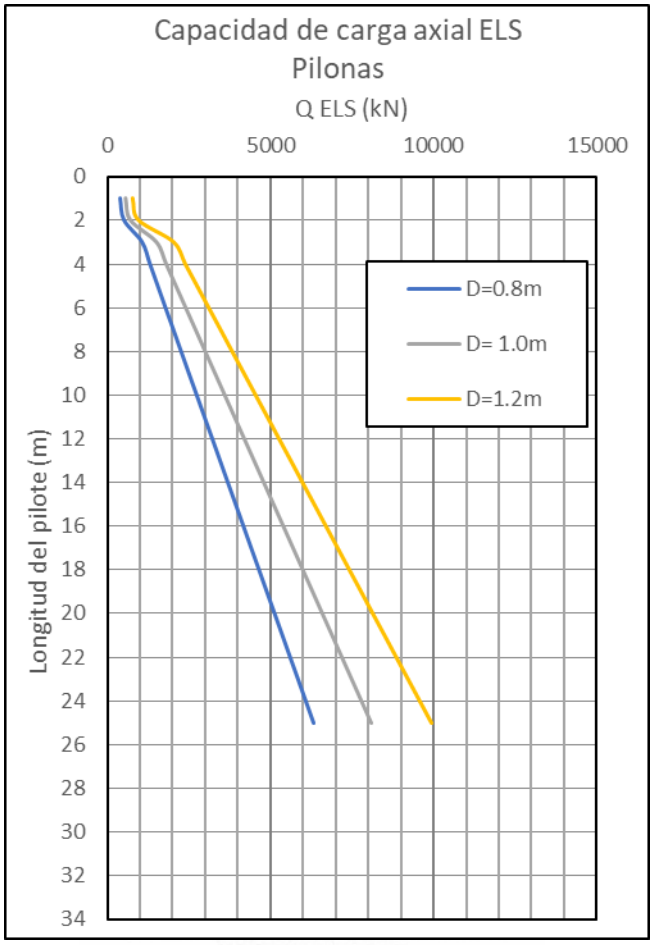


Figura 13-102. *Ábaco de carga axial admisible (ELS)*

MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

Se presentan también 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.

Tabla 13-106. Resumen de valores de capacidad de carga lateral (ELR y ELEE)

LONGITUD m	Carga horizontal ELR y ELEE (kN)		
	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
0			
1	-106.7	-377.0	-744.7
2	612.4	521.9	334.0
3	2251.9	2391.2	2361.1
4	4232.4	4776.9	5115.9

LONGITUD	Carga horizontal ELR y ELEE (kN)		
m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
5	6319.5	7408.8	8209.4
6	8295.3	10052.3	11714.8
7	10303.7	12537.5	14666.8
8	12332.4	15054.5	17664.6
9	14374.7	17592.7	20692.8
10	16426.5	20145.7	23742.3
11	18485.3	22709.5	26807.3
12	20549.2	25281.4	29883.9
13	22617.1	27859.5	32969.5
14	24688.2	30442.4	36062.1
15	26761.7	33029.3	39160.3
16	28837.3	35619.4	42263.1
17	30914.6	38212.1	45369.7
18	32993.3	40807.0	48479.4
19	14218.1	43403.7	51591.7
20	14271.6	25307.3	54706.3
21	14320.0	25393.2	40496.9
22	14363.9	25471.2	40621.4
23	14404.1	25542.4	40735.0
24	14440.9	25607.7	40839.2
25	14474.7	25667.7	40935.0

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

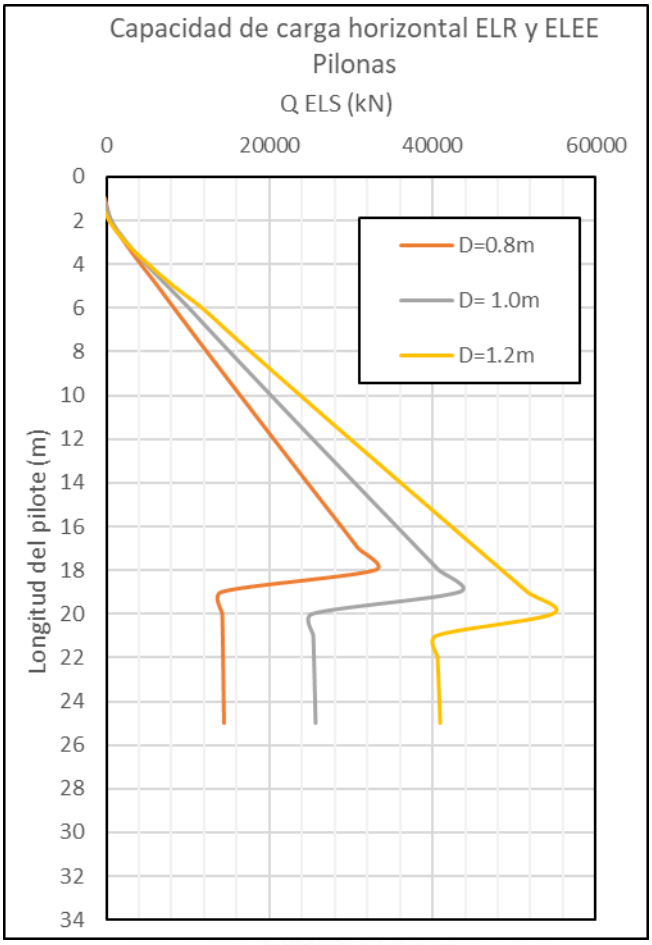


***Figura 13-103**.Ábaco de capacidad de carga lateral (ELR y ELEE)*

MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

Adicionalmente, se muestran los resultados de capacidad de carga lateral para los diferentes diámetros con respecto a los valores de Estado Límite de Servicio.

Tabla 13-107. Resumen de valores de capacidad de carga lateral (ELS)

LONGITUD m	Carga horizontal ELS para 20 mm(kN)		
	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
0			
1	-106.8	-377.1	-745.0
2	612.6	522.1	334.1
3	2252.8	2392.2	2362.1
4	3692.4	4615.5	5118.0

LONGITUD	Carga horizontal ELS para 20 mm(kN)		
m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
5	3979.9	4974.9	5969.9
6	4167.8	5209.7	6251.7
7	4300.3	5375.3	6450.4
8	4398.8	5498.4	6598.1
9	4474.8	5593.5	6712.3
10	4535.4	5669.2	6803.1
11	4584.7	5730.9	6877.1
12	4625.7	5782.2	6938.6
13	4660.3	5825.4	6990.5
14	4689.9	5862.4	7034.9
15	4715.5	5894.4	7073.2
16	4737.8	5922.3	7112.3
17	4748.0	5944.9	7141.7
18	4767.7	5974.3	7171.1
19	4787.3	5993.9	7200.5
20	4806.9	6003.7	7220.2
21	4826.5	6013.5	7239.8
22	4836.3	6023.3	7259.4
23	4836.3	6043.0	7269.2
24	4846.1	6062.6	7279.0
25	4856.0	6082.2	7288.8

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

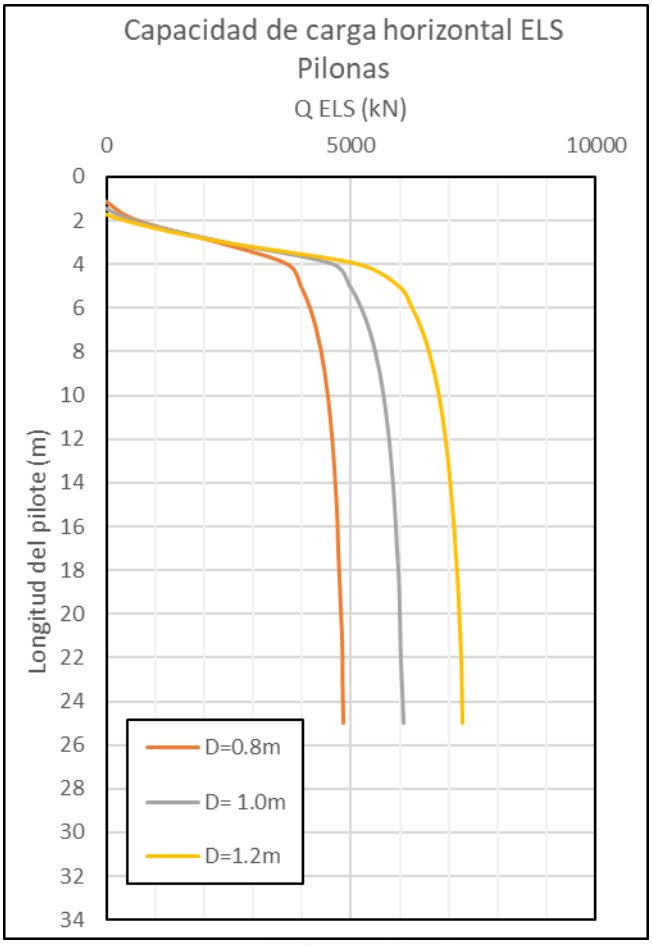


Figura 13-104. *Ábaco de capacidad de carga lateral (ELS)*

MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

A continuación, se presentan los valores de los módulos de reacción vertical y horizontal, para cada uno de los diámetros contemplados.

Tabla 13-108. Resumen de valores de módulos de reacción horizontal y vertical para pilonas

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	70730	83212	56584	66570	47154	55475
2	70730	83212	56584	66570	47154	55475
3	227567	267727	182054	214182	151712	178485
4	227567	267727	182054	214182	151712	178485

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)
5	227567	267727	182054	214182	151712	178485
6	227567	267727	182054	214182	151712	178485
7	227567	267727	182054	214182	151712	178485
8	227567	267727	182054	214182	151712	178485
9	227567	267727	182054	214182	151712	178485
10	227567	267727	182054	214182	151712	178485
11	227567	267727	182054	214182	151712	178485
12	227567	267727	182054	214182	151712	178485
13	227567	267727	182054	214182	151712	178485
14	227567	267727	182054	214182	151712	178485
15	227567	267727	182054	214182	151712	178485
16	227567	267727	182054	214182	151712	178485
17	227567	267727	182054	214182	151712	178485
18	227567	267727	182054	214182	151712	178485
19	227567	267727	182054	214182	151712	178485
20	227567	267727	182054	214182	151712	178485
21	227567	267727	182054	214182	151712	178485
22	227567	267727	182054	214182	151712	178485
23	227567	267727	182054	214182	151712	178485
24	227567	267727	182054	214182	151712	178485
25	227567	267727	182054	214182	151712	178485

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

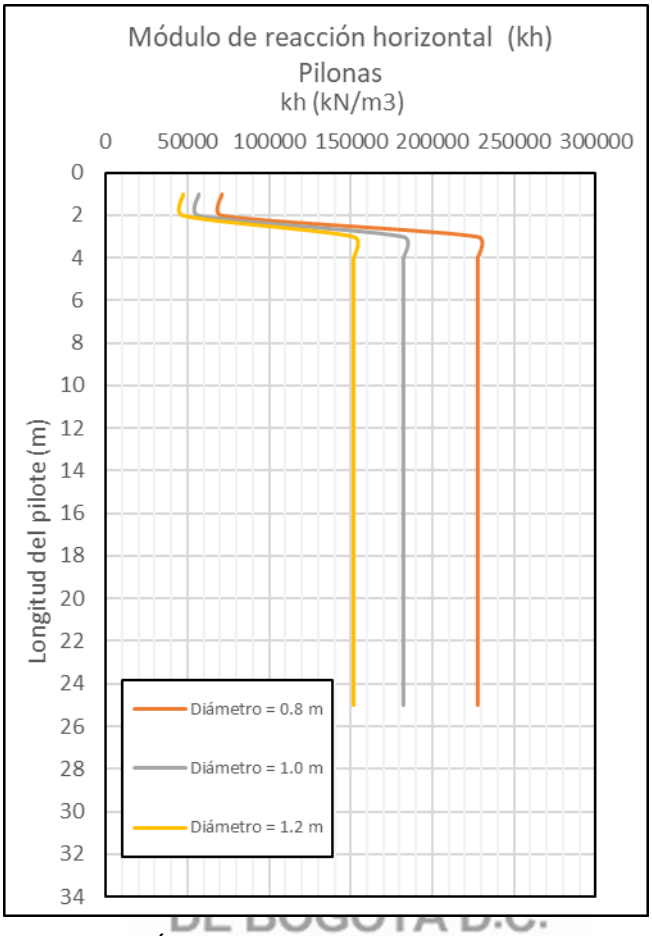


Figura 13-105. *Ábaco de módulos de reacción horizontal para pilonas*

DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

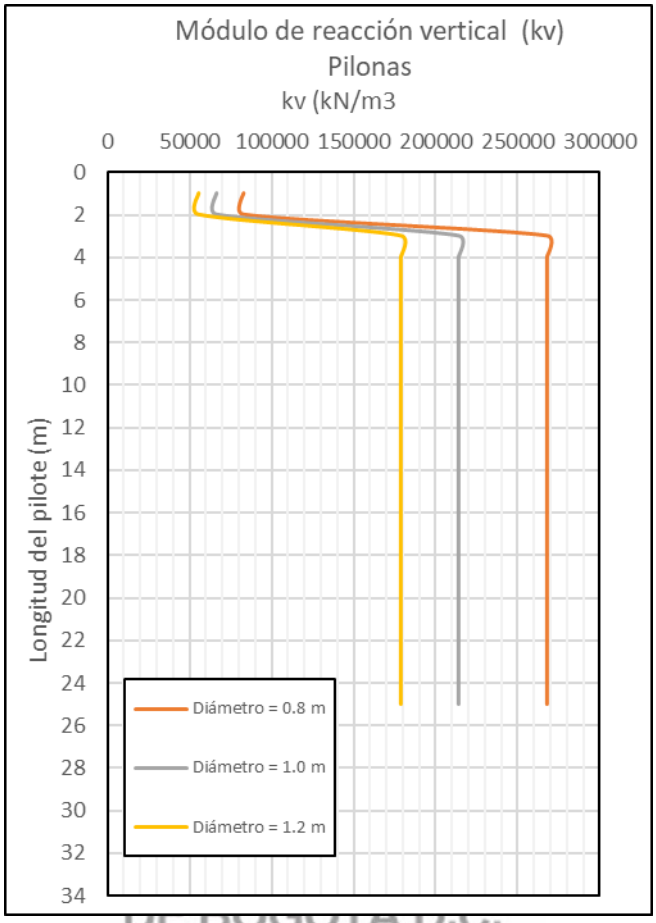


Figura 13-106. *Ábaco de módulos de reacción vertical para pilonas*

DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

Los asentamientos elásticos obtenidos para esta alternativa no superan los 16.2 mm para los 3 diámetros analizados tal y como se observa en las memorias de cálculo del ANEXO J, por lo que se considera adecuado para el sistema de fundación.

Zona 8

Para la zona geotécnica 8 se presentan los resultados de la carga axial admisible y por tracción para el Estado Límite de Resistencia (ELR)

Tabla 13-109 Resumen de valores de carga axial admisible y por tracción (ELR)

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
0						
1	108.5	160.1	221.6	78.23	101.49	126.23

LONGITUD	Carga axial admisible ELR (kN)			Carga admisible por tracción ELR (kN)		
m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
2	174.4	253.7	347.5	156.47	202.98	252.45
3	298.3	429.3	582.9	296.76	382.04	471.77
4	388.6	552.3	742.8	437.05	561.11	691.08
5	500.3	702.2	934.8	624.92	799.64	981.76
6	581.3	804.0	1057.6	812.78	1038.17	1272.43
7	662.3	905.8	1180.5	1000.65	1276.70	1563.11
8	737.7	998.8	1290.6	1188.52	1515.23	1853.78
9	812.5	1090.9	1399.4	1376.39	1753.77	2144.46
10	1125.4	1498.9	1909.2	1628.17	2072.20	2531.02
11	1257.3	1663.8	2107.2	1879.96	2390.64	2917.58
12	1389.3	1828.8	2305.2	2131.75	2709.07	3304.14
13.00	1521.3	1993.8	2503.1	2383.54	3027.51	3690.70
14	1653.3	2158.7	2701.1	2635.33	3345.94	4077.26
15	1785.2	2323.7	2899.0	2887.12	3664.38	4463.82
16	1917.2	2488.7	3097.0	3138.91	3982.81	4850.38
17	2049.2	2653.6	3295.0	3390.70	4301.25	5236.94
18	2181.2	2818.6	3492.9	3642.49	4619.68	5623.50
19	2313.1	2983.6	3690.9	3894.28	4938.12	6010.06
20	2445.1	3148.5	3888.9	4146.07	5256.55	6396.62
21	2577.1	3313.5	4086.8	4397.86	5574.99	6783.18
22	2709.1	3478.5	4284.8	4649.65	5893.42	7169.74
23	2841.0	3643.5	4482.8	4901.44	6211.86	7556.30
24	2973.0	3808.4	4680.7	5153.23	6530.29	7942.86
25	3105.0	3973.4	4878.7	5405.02	6848.73	8329.42

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

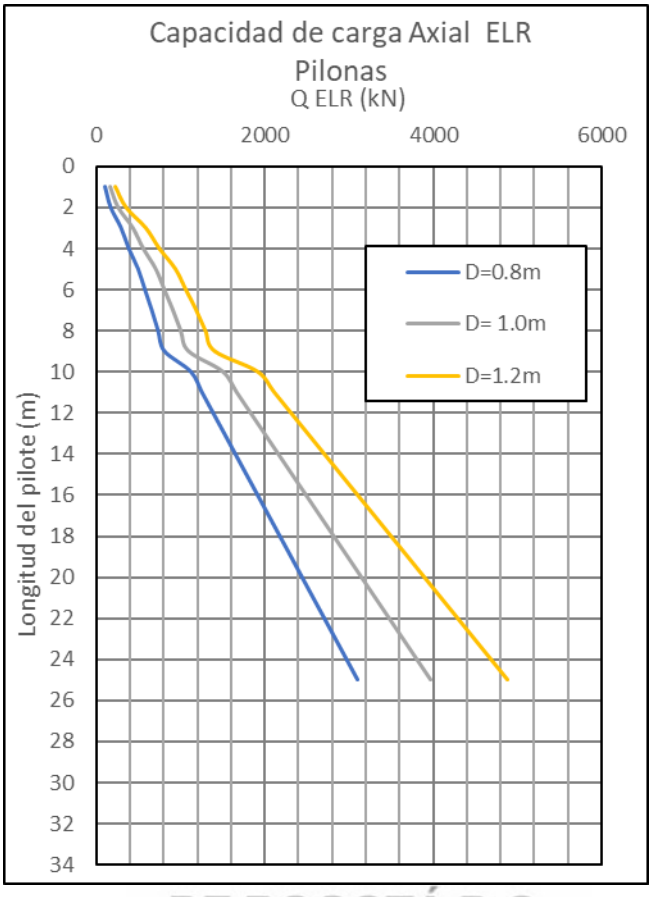


***Figura 13-107**. Ábaco de carga axial admisible (ELR)*

DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

Adicionalmente, para se presentan los resultados obtenidos para la carga axial admisible y por tracción correspondiente al Estado Límite de Evento Extremo (ELEE).

Tabla 13-110. Resumen de valores de carga axial admisible y por tracción (ELEE)

LONGITUD m	Carga axial admisible ELEE (kN)			Carga admisible por tracción ELEE (kN)		
	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
0						
1	262.9	390.0	541.6	78.23	101.49	126.23
2	419.3	613.6	843.8	156.47	202.98	252.45
3	713.0	1032.4	1408.3	296.76	382.04	471.77
4	922.7	1319.9	1783.8	437.05	561.11	691.08
5	1180.1	1667.0	2230.8	624.92	799.64	981.76
6	1360.6	1894.1	2505.0	812.78	1038.17	1272.43

LONGITUD	Carga axial admisible ELEE (kN)			Carga admisible por tracción ELEE (kN)		
m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
7	1541.1	2121.1	2779.1	1000.65	1276.70	1563.11
8	1707.5	2326.1	3021.5	1188.52	1515.23	1853.78
9	1872.4	2528.8	3260.5	1376.39	1753.77	2144.46
10	2099.7	2809.0	3592.0	1628.17	2072.20	2531.02
11	2339.7	3108.9	3951.9	1879.96	2390.64	2917.58
12	2579.6	3408.9	4311.9	2131.75	2709.07	3304.14
13	2819.6	3708.8	4671.8	2383.54	3027.51	3690.70
14	3059.5	4008.8	5031.7	2635.33	3345.94	4077.26
15	3299.5	4308.7	5391.7	2887.12	3664.38	4463.82
16	3539.4	4608.7	5751.6	3138.91	3982.81	4850.38
17	3779.4	4908.6	6111.5	3390.70	4301.25	5236.94
18	4019.4	5208.5	6471.5	3642.49	4619.68	5623.50
19	4259.3	5508.5	6831.4	3894.28	4938.12	6010.06
20	4499.3	5808.4	7191.3	4146.07	5256.55	6396.62
21	4739.2	6108.4	7551.3	4397.86	5574.99	6783.18
22	4979.2	6408.3	7911.2	4649.65	5893.42	7169.74
23	5219.1	6708.3	8271.1	4901.44	6211.86	7556.30
24	5459.1	7008.2	8631.0	5153.23	6530.29	7942.86
25	5699.0	7308.1	8991.0	5405.02	6848.73	8329.42

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

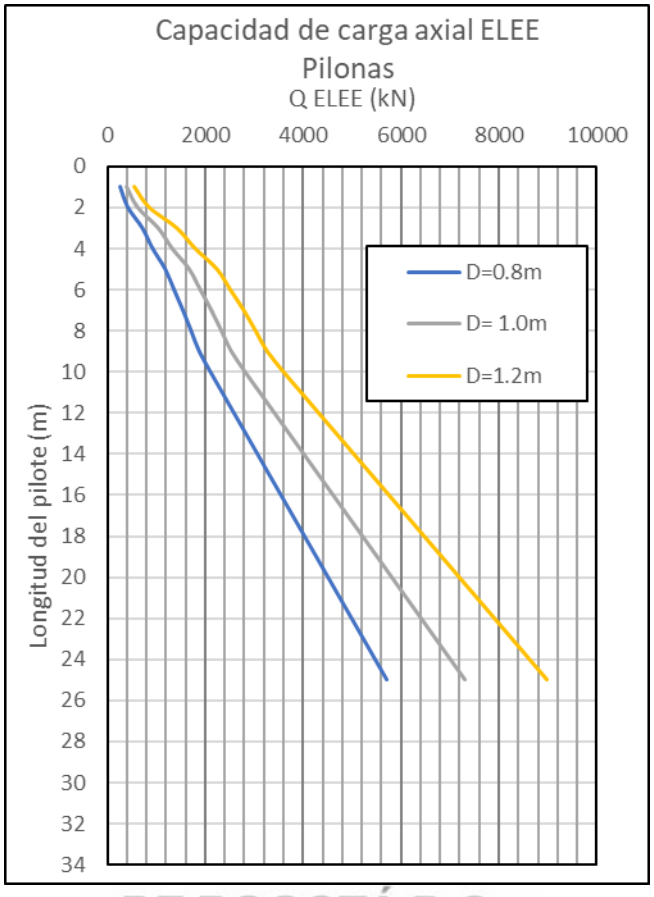


***Figura 13-108.** Ábaco de carga axial admisible (ELEE)*

DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

Las cargas admisibles para el Estado Límite de Servicio (ELS), se presentan a continuación.

Tabla 13-111. Resumen de valores de carga axial admisible y por tracción (ELS)

LONGITUD m	Carga admisible axial ELS para 20 mm (kN)			Carga admisible por tracción ELS (kN)		
	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
0						
1	171.2	246.7	335.4	78.23	101.49	126.23
2	246.8	344.1	455.7	156.47	202.98	252.45
3	631.8	905.6	1225.7	296.76	382.04	471.77
4	764.6	1072.9	1428.0	437.05	561.11	691.08
5	1175.6	1660.0	2220.7	624.92	799.64	981.76
6	1356.1	1887.1	2494.9	812.78	1038.17	1272.43

LONGITUD m	Carga admisible axial ELS para 20 mm (kN)			Carga admisible por tracción ELS (kN)		
	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
7	1536.6	2114.1	2769.0	1000.65	1276.70	1563.11
8	1717.1	2341.2	3043.2	1188.52	1515.23	1853.78
9	1897.6	2568.2	3317.3	1376.39	1753.77	2144.46
10	2099.7	2809.0	3592.0	1628.17	2072.20	2531.02
11	2339.7	3108.9	3951.9	1879.96	2390.64	2917.58
12	2579.6	3408.9	4311.9	2131.75	2709.07	3304.14
13	2819.6	3708.8	4671.8	2383.54	3027.51	3690.70
14	3059.5	4008.8	5031.7	2635.33	3345.94	4077.26
15	3299.5	4308.7	5391.7	2887.12	3664.38	4463.82
16	3539.4	4608.7	5751.6	3138.91	3982.81	4850.38
17	3779.4	4908.6	6111.5	3390.70	4301.25	5236.94
18	4019.4	5208.5	6471.5	3642.49	4619.68	5623.50
19	4259.3	5508.5	6831.4	3894.28	4938.12	6010.06
20	4499.3	5808.4	7191.3	4146.07	5256.55	6396.62
21	4739.2	6108.4	7551.3	4397.86	5574.99	6783.18
22	4979.2	6408.3	7911.2	4649.65	5893.42	7169.74
23	5219.1	6708.3	8271.1	4901.44	6211.86	7556.30
24	5459.1	7008.2	8631.0	5153.23	6530.29	7942.86
25	5699.0	7308.1	8991.0	5405.02	6848.73	8329.42

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

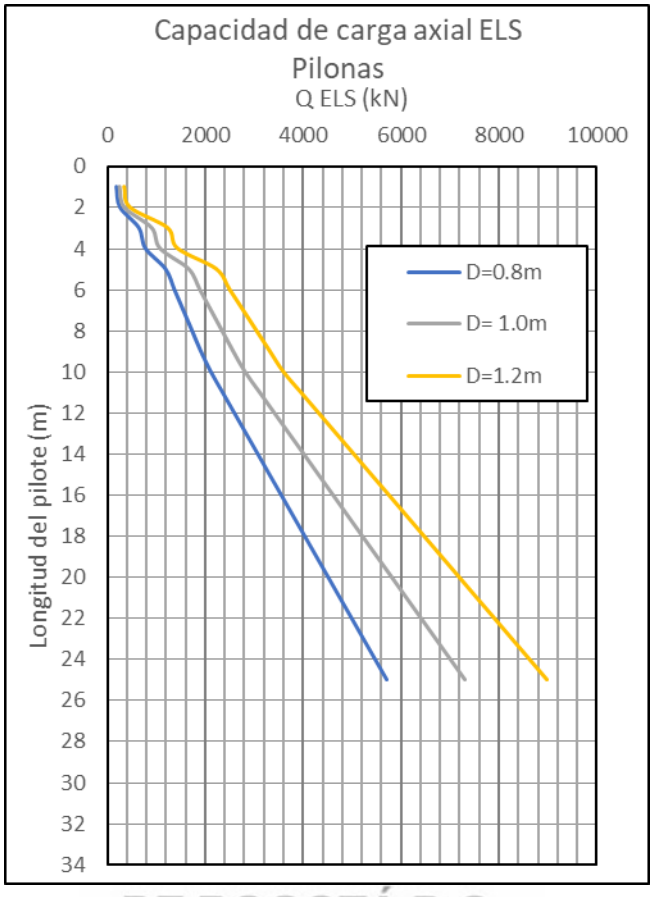


***Figura 13-109.** Ábaco de carga axial admisible (ELS)*

DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

Se presentan también 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.

Tabla 13-112. Resumen de valores de capacidad de carga lateral (ELR y ELEE)

LONGITUD m	Carga horizontal ELR y ELEE (kN)		
	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
0			
1	-26.0	-122.5	-255.1
2	280.1	260.1	204.0
3	1002.9	1086.0	1101.9
4	1894.0	2161.0	2345.4
5	3319.0	3878.3	4326.1

LONGITUD	Carga horizontal ELR y ELEE (kN)		
m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
6	4617.3	5730.3	6534.3
7	5956.2	7372.3	8789.8
8	7320.5	9053.9	10779.3
9	8701.6	10761.9	12806.8
10	10667.4	13180.6	15663.3
11	12655.7	15634.6	18570.4
12	14660.9	18114.9	21515.4
13	16679.2	20615.5	24489.6
14	18707.6	23132.1	27486.7
15	20744.3	25661.5	30502.2
16	22787.6	28201.2	33532.6
17	24836.4	30749.4	36575.3
18	26889.7	33304.8	39628.2
19	11786.3	35866.2	42689.7
20	11960.9	21207.1	45758.6
21	12118.8	21487.3	34264.2
22	12262.3	21742.0	34670.5
23	12393.4	21974.5	35041.5
24	12513.5	22187.6	35381.6
25	12624.1	22383.7	35694.5

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

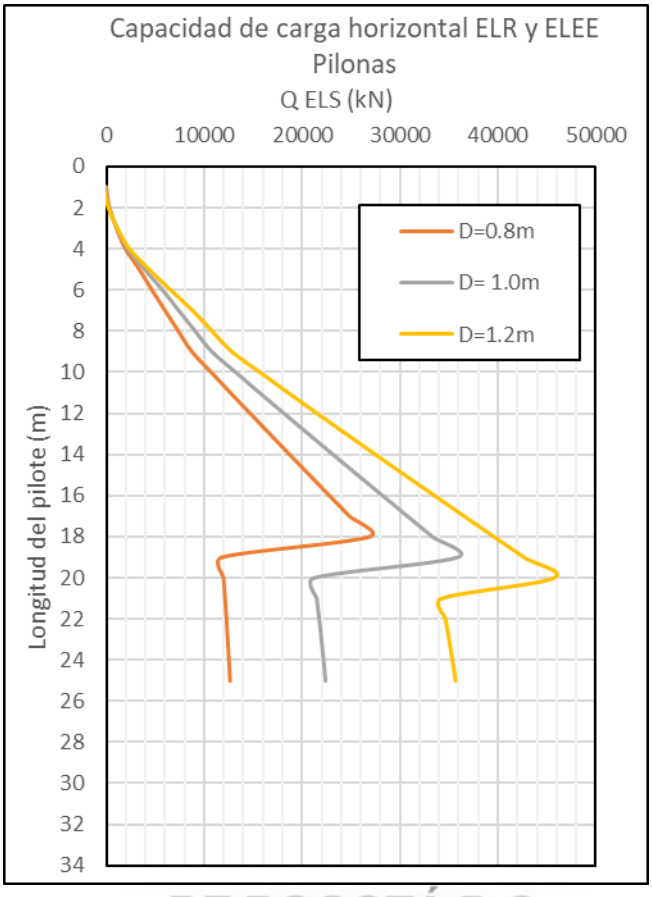


***Figura 13-110**.Ábaco de capacidad de carga lateral (ELR y ELEE)*

DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

Adicionalmente, se muestran los resultados de capacidad de carga lateral para los diferentes diámetros con respecto a los valores de Estado Límite de Servicio.

Tabla 13-113. Resumen de valores de capacidad de carga lateral (ELS)

LONGITUD m	Carga horizontal ELS para 20 mm(kN)		
	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
0			
1	-26.0	-122.6	-255.2
2	280.2	260.2	204.1
3	1003.3	1086.4	1102.4
4	1863.9	2161.9	2346.4
5	2295.5	2874.3	4327.9
6	2560.4	3207.9	3855.3

LONGITUD	Carga horizontal ELS para 20 mm(kN)		
m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
7	2746.8	3433.5	4139.8
8	2894.0	3629.7	4355.6
9	2992.1	3767.0	4512.6
10	3237.3	4022.1	4856.0
11	3404.1	4267.4	5120.8
12	3531.6	4434.1	5326.8
13	3678.8	4591.1	5493.6
14	3776.9	4728.4	5670.2
15	3875.0	4826.5	5817.3
16	3943.6	4934.4	5935.1
17	4022.1	5022.7	6033.2
18	4071.2	5101.2	6111.6
19	4130.0	5150.3	6190.1
20	4169.3	5199.3	6278.4
21	4218.3	5277.8	6337.3
22	4267.4	5336.6	6386.3
23	4296.8	5375.9	6455.0
24	4326.2	5405.3	6494.2
25	4355.6	5454.4	6543.3

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

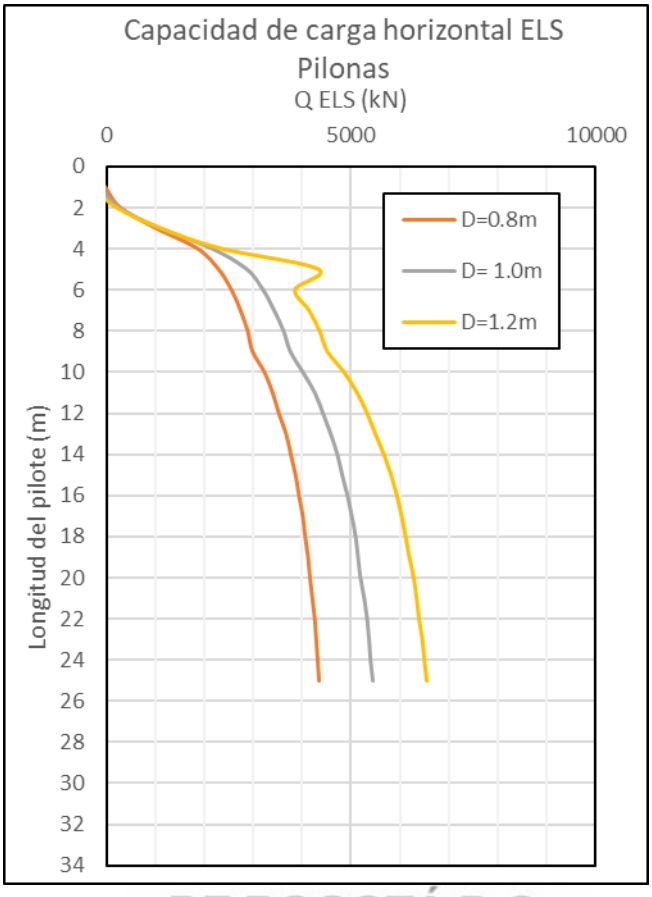


Figura 13-111. *Ábaco de capacidad de carga lateral (ELS)*

DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

A continuación, se presentan los valores de los módulos de reacción vertical y horizontal, para cada uno de los diámetros contemplados.

Tabla 13-114. Resumen de valores de módulos de reacción horizontal y vertical para pilonas

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	26139	30752	20912	24602	17426	20502
2	26139	30752	20912	24602	17426	20502
3	93795	110347	75036	88278	62530	73565
4	93795	110347	75036	88278	62530	73565
5	156837	184515	125470	147612	104558	123010
6	156837	184515	125470	147612	104558	123010

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)
7	156837	184515	125470	147612	104558	123010
8	156837	184515	125470	147612	104558	123010
9	156837	184515	125470	147612	104558	123010
10	227567	267727	182054	214182	151712	178485
11	227567	267727	182054	214182	151712	178485
12	227567	267727	182054	214182	151712	178485
13	227567	267727	182054	214182	151712	178485
14	227567	267727	182054	214182	151712	178485
15	227567	267727	182054	214182	151712	178485
16	227567	267727	182054	214182	151712	178485
17	227567	267727	182054	214182	151712	178485
18	227567	267727	182054	214182	151712	178485
19	227567	267727	182054	214182	151712	178485
20	227567	267727	182054	214182	151712	178485
21	227567	267727	182054	214182	151712	178485
22	227567	267727	182054	214182	151712	178485
23	227567	267727	182054	214182	151712	178485
24	227567	267727	182054	214182	151712	178485
25	227567	267727	182054	214182	151712	178485

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

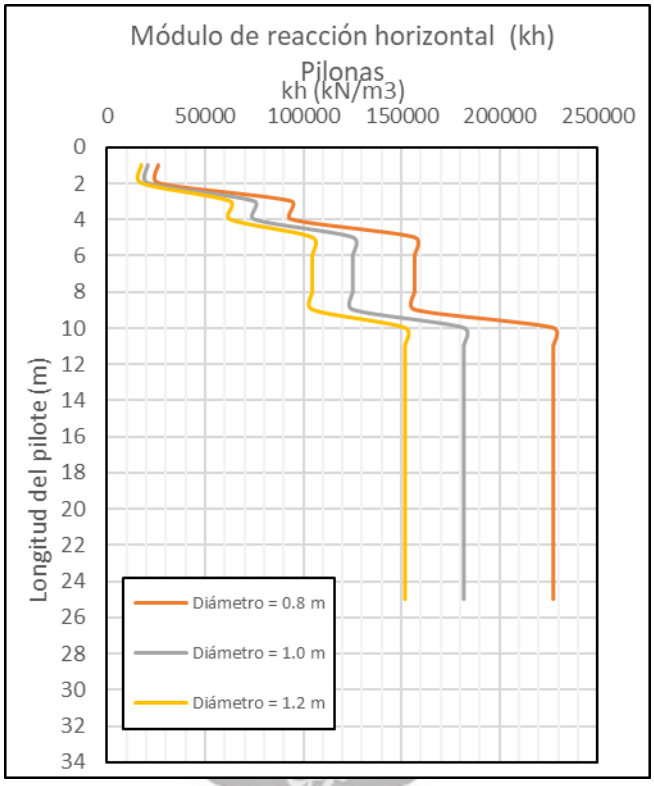


Figura 13-112. *Ábaco de módulos de reacción horizontal para pilonas*

ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

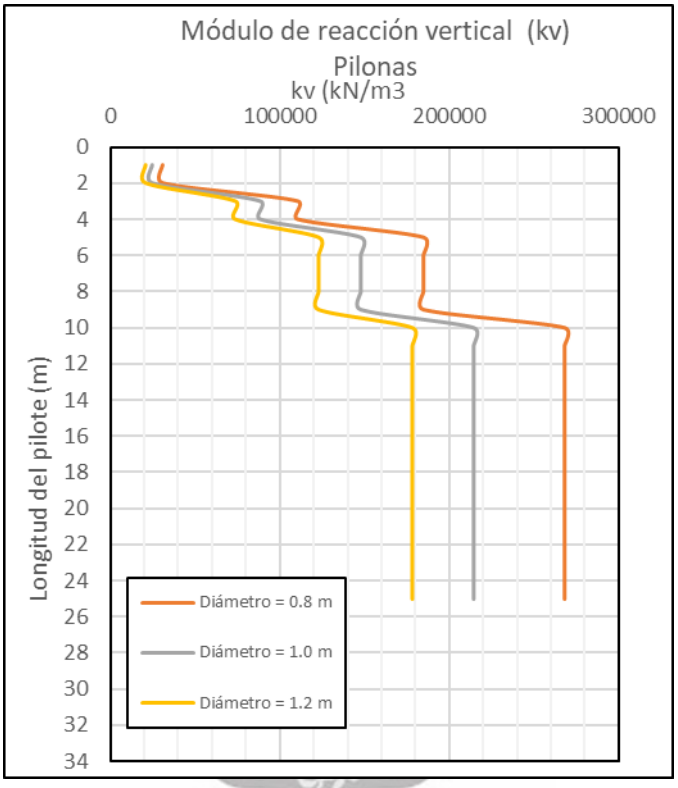


Figura 13-113. *Ábaco de módulos de reacción vertical para pilonas*

Los asentamientos elásticos obtenidos para esta alternativa no superan los 15.3 mm para los 3 diámetros analizados tal y como se observa en las memorias de cálculo del ANEXO J, por lo que se considera adecuado para el sistema de fundación.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

13.2.3 La Victoria-Juan Rey Zona 10

Para la zona geotécnica número 10 se presentan los resultados de la carga axial admisible y por tracción para el Estado Límite de Resistencia (ELR)

Tabla 13-115 Resumen de valores de carga axial admisible y por tracción (ELR)

LONGITUD m	Carga axial admisible ELR (kN)			Carga axial admisible ELR (kN)		
	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
0						
1	61.1	87.8	119.0	66.72	87.10	108.96
2	88.7	123.2	162.6	133.44	174.20	217.92
3	115.7	157.6	204.8	200.16	261.30	326.87
4	142.0	191.1	245.5	266.88	348.40	435.83
5	191.6	260.7	338.4	333.61	435.50	544.79

LONGITUD	Carga axial admisible ELR (kN)			Carga axial admisible ELR (kN)		
m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
0						
6	241.1	330.4	431.3	400.33	522.60	653.75
7	315.8	431.6	562.0	523.06	679.71	846.72
8	392.1	535.1	696.1	645.79	836.82	1039.69
9	467.8	637.8	829.1	768.52	993.94	1232.67
10	717.6	973.3	1259.4	979.56	1261.43	1558.10
11	827.2	1110.2	1423.7	1190.60	1528.93	1883.53
12	936.7	1247.2	1588.1	1401.64	1796.43	2208.97
13	1046.3	1384.1	1752.4	1612.68	2063.93	2534.40
14	1155.9	1521.1	1916.8	1823.72	2331.42	2859.84
15	1265.4	1658.0	2081.1	2034.76	2598.92	3185.27
16	1375.0	1795.0	2245.4	2245.79	2866.42	3510.71
17	1484.6	1931.9	2409.8	2456.83	3133.91	3836.14
18	1594.1	2068.9	2574.1	2667.87	3401.41	4161.57
19	1703.7	2205.8	2738.5	2878.91	3668.91	4487.01
20	1813.2	2342.8	2902.8	3089.95	3936.40	4812.44
21	1922.8	2479.7	3067.2	3300.99	4203.90	5137.88
22	2032.4	2616.7	3231.5	3512.03	4471.40	5463.31
23	2141.9	2753.6	3395.8	3723.07	4738.89	5788.75
24	2251.5	2890.6	3560.2	3934.11	5006.39	6114.18
25	2361.1	3027.5	3724.5	4145.14	5273.89	6439.61

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

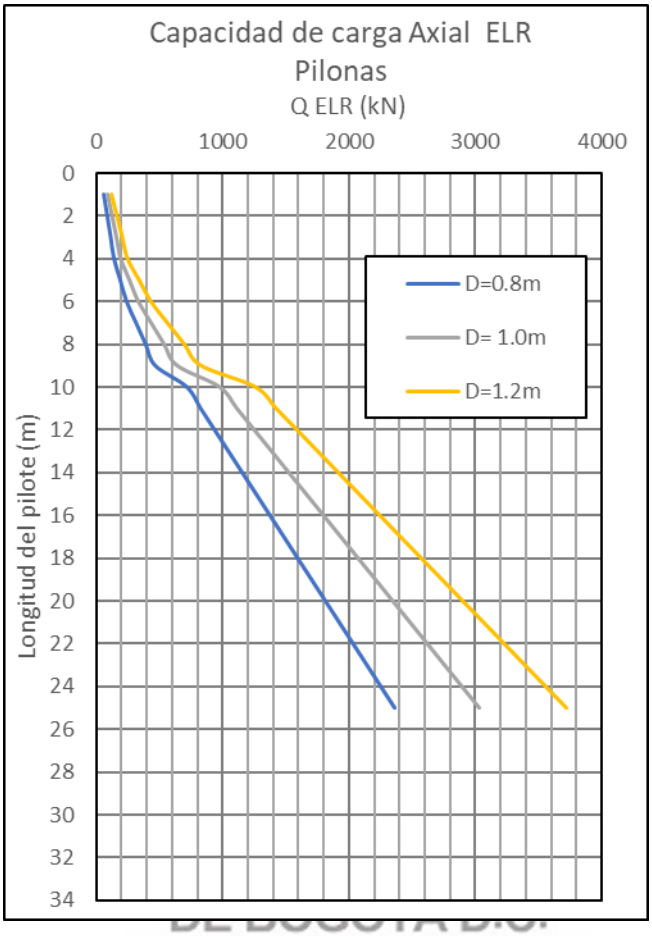


***Figura 13-114**. Ábaco de carga axial admisible (ELR)*

MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

Adicionalmente, para se presentan los resultados obtenidos para la carga axial admisible y por tracción correspondiente al Estado Límite de Evento Extremo (ELEE).

Tabla 13-116. Resumen de valores de carga axial admisible y por tracción (ELEE)

LONGITUD m	Carga axial admisible ELEE (kN)			Carga axial admisible ELEE (kN)		
	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
0						
1	145.9	210.8	287.1	66.72	87.10	108.96
2	208.1	290.9	386.0	133.44	174.20	217.92
3	268.7	368.4	481.1	200.16	261.30	326.87
4	327.6	443.3	572.5	266.88	348.40	435.83
5	444.6	609.0	794.6	333.61	435.50	544.79
6	561.6	774.5	1016.5	400.33	522.60	653.75
7	734.5	1010.1	1322.5	523.06	679.71	846.72

LONGITUD	Carga axial admisible ELEE (kN)			Carga axial admisible ELEE (kN)		
m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
8	911.2	1251.6	1637.0	645.79	836.82	1039.69
9	1086.7	1491.1	1948.5	768.52	993.94	1232.67
10	1349.1	1838.8	2389.6	979.56	1261.43	1558.10
11	1548.3	2087.9	2688.4	1190.60	1528.93	1883.53
12	1747.5	2336.9	2987.2	1401.64	1796.43	2208.97
13	1946.7	2585.9	3286.0	1612.68	2063.93	2534.40
14	2145.9	2834.9	3584.8	1823.72	2331.42	2859.84
15	2345.1	3083.9	3883.6	2034.76	2598.92	3185.27
16	2544.3	3332.9	4182.4	2245.79	2866.42	3510.71
17	2743.5	3581.9	4481.2	2456.83	3133.91	3836.14
18	2942.7	3830.9	4780.0	2667.87	3401.41	4161.57
19	3141.9	4079.9	5078.8	2878.91	3668.91	4487.01
20	3341.2	4328.9	5377.6	3089.95	3936.40	4812.44
21	3540.4	4577.9	5676.5	3300.99	4203.90	5137.88
22	3739.6	4826.9	5975.3	3512.03	4471.40	5463.31
23	3938.8	5075.9	6274.1	3723.07	4738.89	5788.75
24	4138.0	5324.9	6572.9	3934.11	5006.39	6114.18
25	4337.2	5573.9	6871.7	4145.14	5273.89	6439.61

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

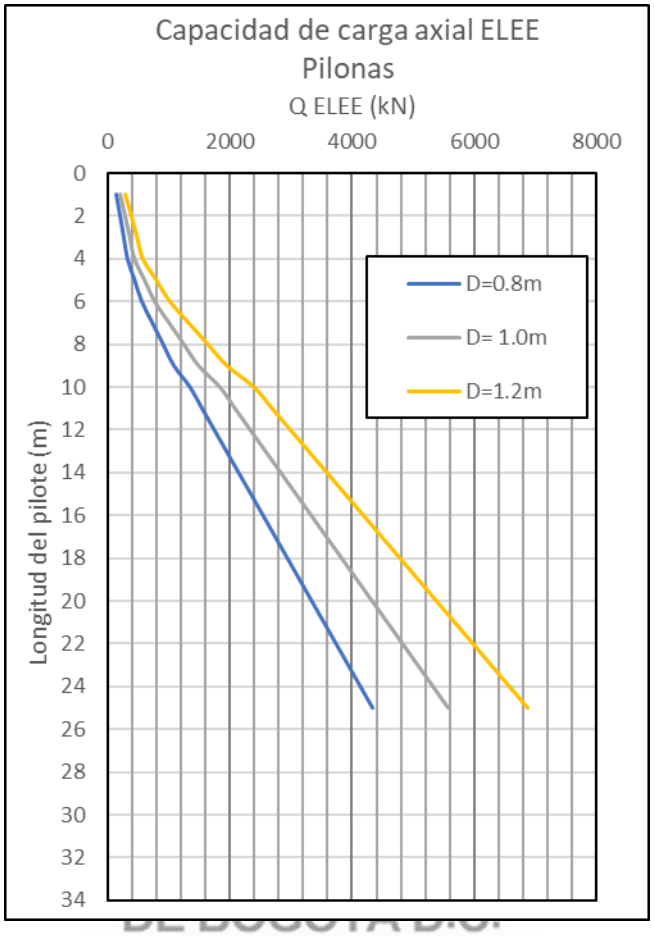


Figura 13-115.*Ábaco de carga axial admisible (ELEE)*

MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

Las cargas admisibles para el Estado Límite de Servicio (ELS), se presentan a continuación:

Tabla 13-117. Resumen de valores de carga axial admisible y por tracción (ELS)

LONGITUD m	Carga admisible axial ELS para 20 mm (kN)			Carga axial admisible ELS (kN)		
	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
0						
1	136.9	196.8	266.9	66.72	87.10	108.96
2	200.8	279.4	369.5	133.44	174.20	217.92
3	264.7	362.1	472.0	200.16	261.30	326.87
4	323.6	437.0	563.4	266.88	348.40	435.83
5	382.5	511.9	654.8	333.61	435.50	544.79
6	441.5	586.9	746.3	400.33	522.60	653.75

LONGITUD	Carga admisible axial ELS para 20 mm (kN)			Carga axial admisible ELS (kN)		
m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
7	730.6	1003.9	1313.6	523.06	679.71	846.72
8	845.4	1148.7	1488.8	645.79	836.82	1039.69
9	960.2	1293.5	1664.0	768.52	993.94	1232.67
10	1349.1	1838.8	2389.6	979.56	1261.43	1558.10
11	1548.3	2087.9	2688.4	1190.60	1528.93	1883.53
12	1747.5	2336.9	2987.2	1401.64	1796.43	2208.97
13	1946.7	2585.9	3286.0	1612.68	2063.93	2534.40
14	2145.9	2834.9	3584.8	1823.72	2331.42	2859.84
15	2345.1	3083.9	3883.6	2034.76	2598.92	3185.27
16	2544.3	3332.9	4182.4	2245.79	2866.42	3510.71
17	2743.5	3581.9	4481.2	2456.83	3133.91	3836.14
18	2942.7	3830.9	4780.0	2667.87	3401.41	4161.57
19	3141.9	4079.9	5078.8	2878.91	3668.91	4487.01
20	3341.2	4328.9	5377.6	3089.95	3936.40	4812.44
21	3540.4	4577.9	5676.5	3300.99	4203.90	5137.88
22	3739.6	4826.9	5975.3	3512.03	4471.40	5463.31
23	3938.8	5075.9	6274.1	3723.07	4738.89	5788.75
24	4138.0	5324.9	6572.9	3934.11	5006.39	6114.18
25	4337.2	5573.9	6871.7	4145.14	5273.89	6439.61

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

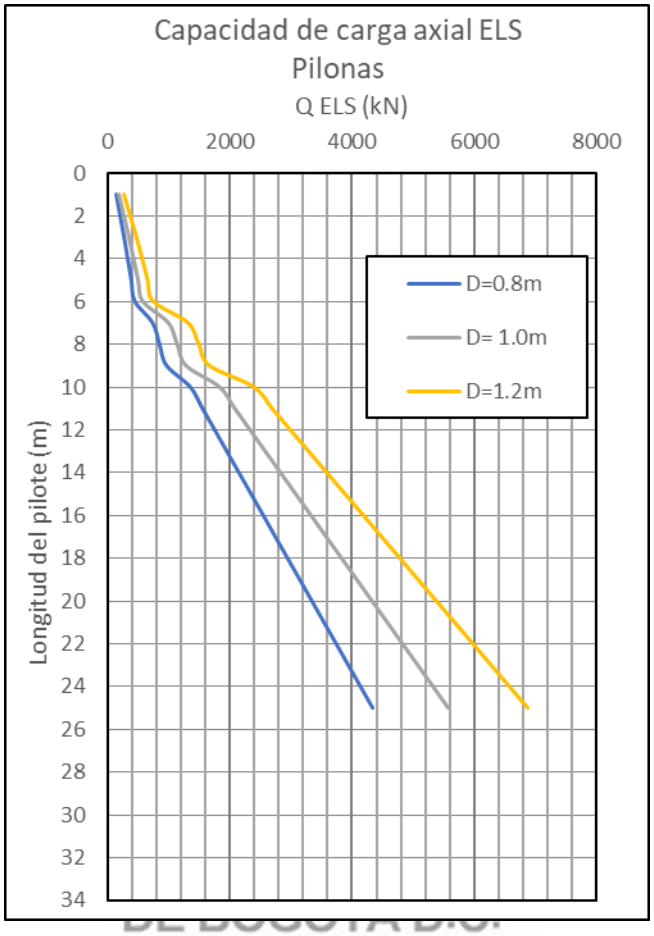


Figura 13-116.*Ábaco de carga axial admisible (ELS)*

MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

Se presentan también 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.

Tabla 13-118. Resumen de valores de capacidad de carga lateral (ELR y ELEE)

LONGITUD m	Carga horizontal ELR y ELEE (kN)		
	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
0			
1	7.3	-17.4	-52.6
2	187.3	186.5	166.6
3	455.4	514.5	551.8
4	777.6	913.7	1026.6

LONGITUD	Carga horizontal ELR y ELEE (kN)		
m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
5	1157.8	1373.5	1575.8
6	1336.8	1883.0	2194.3
7	1879.7	2537.0	3299.5
8	2442.1	3221.6	4098.9
9	3017.7	3926.7	4927.8
10	4324.4	5518.8	6788.7
11	5655.5	7148.7	8704.1
12	7004.7	8807.0	10660.3
13	8368.0	10487.2	12647.9
14	9742.2	12184.5	14660.2
15	11125.3	13895.6	16692.2
16	12515.5	15617.8	18740.3
17	13911.6	17349.3	20801.6
18	15312.6	19088.4	22873.9
19	16717.8	20833.9	24955.5
20	7133.6	22584.9	27045.0
21	7303.3	12944.2	29141.2
22	7457.6	13218.0	21070.2
23	7598.5	13467.9	21469.0
24	7727.7	13697.1	21834.6
25	7846.5	13907.8	22170.9

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

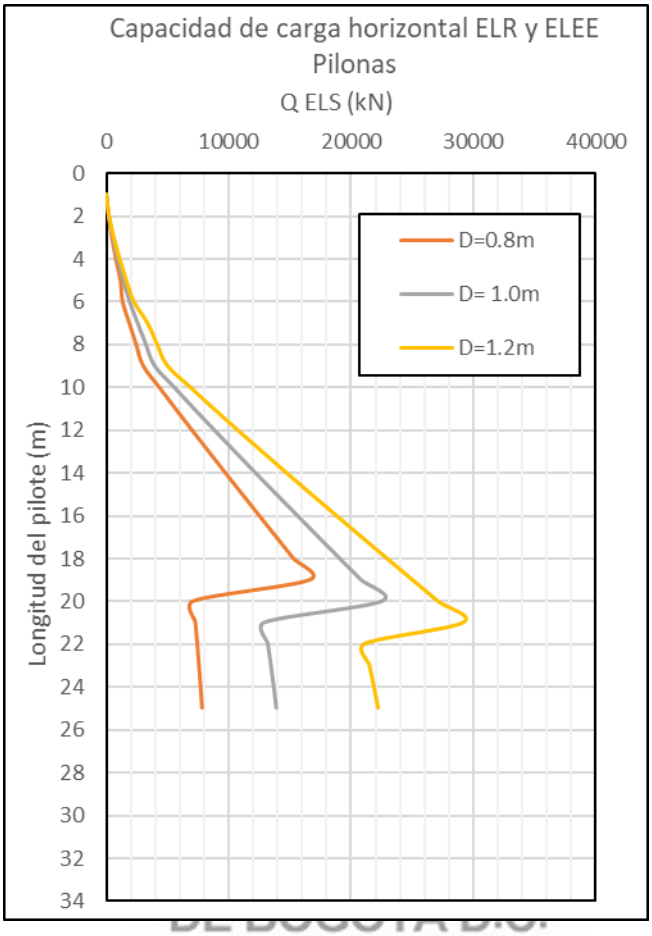


***Figura 13-117**.Ábaco de capacidad de carga lateral (ELR y ELEE)*

MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

Adicionalmente, se muestran los resultados de capacidad de carga lateral para los diferentes diámetros con respecto a los valores de Estado Límite de Servicio.

Tabla 13-119. Resumen de valores de capacidad de carga lateral (ELS)

LONGITUD	Carga horizontal ELS para 20 mm(kN)		
m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
0			
1	7.3	-17.4	-52.6
2	187.4	186.6	166.7
3	455.6	514.7	552.0
4	777.9	914.1	1020.2
5	814.2	1275.3	1275.3

LONGITUD	Carga horizontal ELS para 20 mm(kN)		
m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
6	814.2	1520.6	1520.6
7	1010.4	1265.5	1520.6
8	1157.6	1442.1	1736.4
9	1265.5	1579.4	1893.3
10	1569.6	1962.0	2354.4
11	1814.9	2266.1	2717.4
12	1991.4	2501.6	2992.1
13	2158.2	2697.8	3237.3
14	2285.7	2854.7	3433.5
15	2403.5	2992.1	3600.3
16	2501.6	3119.6	3747.4
17	2580.0	3217.7	3875.0
18	2658.5	3315.8	3973.1
19	2717.4	3384.5	4071.2
20	2776.2	3462.9	4169.3
21	2825.3	3521.8	4237.9
22	2874.3	3580.7	4326.2
23	2923.4	3649.3	4365.5
24	2952.8	3708.2	4434.1
25	3001.9	3737.6	4502.8

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

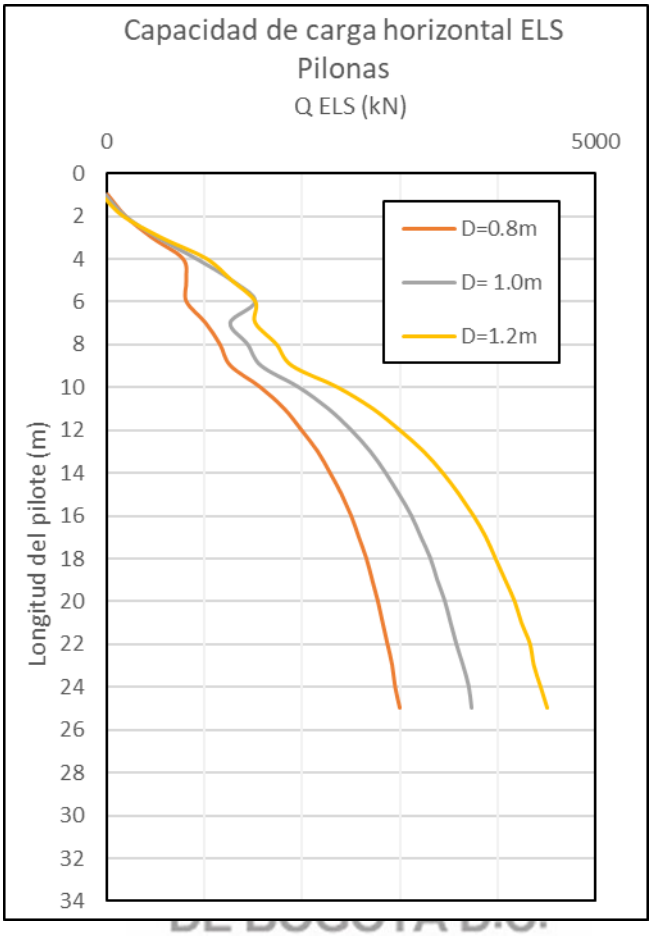


Figura 13-118. *Ábaco de capacidad de carga lateral (ELS)*

MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

A continuación, se presentan los valores de los módulos de reacción vertical y horizontal, para cada uno de los diámetros contemplados.

Tabla 13-120. Resumen de valores de módulos de reacción horizontal y vertical para pilonas

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	19989	23517	15991	18813	13326	15678
2	19989	23517	15991	18813	13326	15678
3	19989	23517	15991	18813	13326	15678
4	19989	23517	15991	18813	13326	15678
5	19989	23517	15991	18813	13326	15678

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)
6	19989	23517	15991	18813	13326	15678
7	67655	79595	54124	63676	45103	53063
8	67655	79595	54124	63676	45103	53063
9	67655	79595	54124	63676	45103	53063
10	156837	184515	125470	147612	104558	123010
11	156837	184515	125470	147612	104558	123010
12	156837	184515	125470	147612	104558	123010
13	156837	184515	125470	147612	104558	123010
14	156837	184515	125470	147612	104558	123010
15	156837	184515	125470	147612	104558	123010
16	156837	184515	125470	147612	104558	123010
17	156837	184515	125470	147612	104558	123010
18	156837	184515	125470	147612	104558	123010
19	156837	184515	125470	147612	104558	123010
20	156837	184515	125470	147612	104558	123010
21	156837	184515	125470	147612	104558	123010
22	156837	184515	125470	147612	104558	123010
23	156837	184515	125470	147612	104558	123010
24	156837	184515	125470	147612	104558	123010
25	156837	184515	125470	147612	104558	123010

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

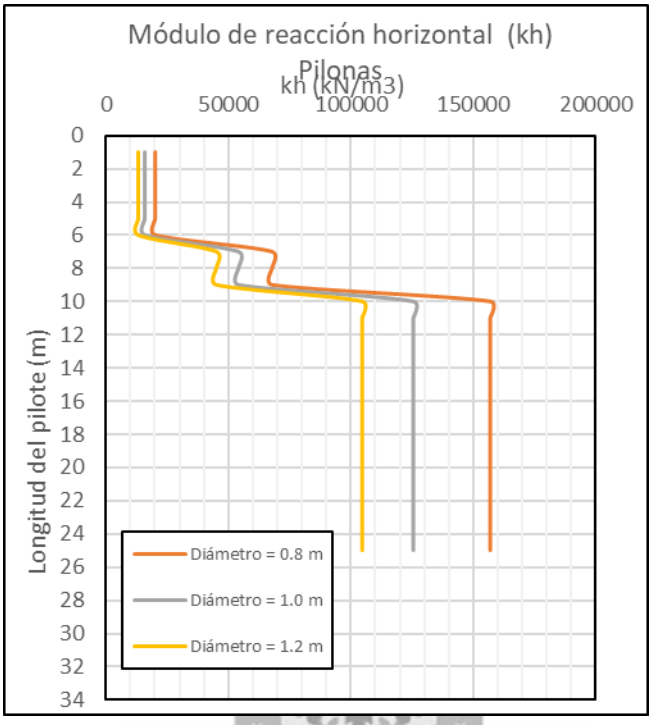


Figura 13-119. *Ábaco de módulos de reacción horizontal para pilonas*

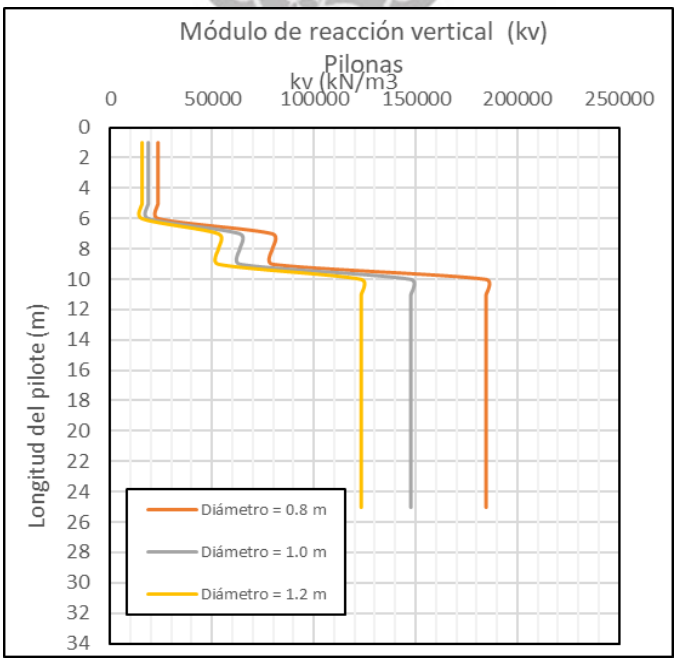


Figura 13-120. *Ábaco de módulos de reacción vertical para pilonas*

Los asentamientos elásticos obtenidos para esta alternativa no superan los 19.0 mm para los 3 diámetros analizados tal y como se observa en las memorias de cálculo del ANEXO J, por lo que se considera adecuado para el sistema de fundación.

Zona 11

Para la zona geotécnica 11 se presentan los resultados de la carga axial admisible y por tracción para el Estado Límite de Resistencia (ELR)

Tabla 13-121 Resumen de valores de carga axial admisible y por tracción (ELR)

LONGITUD	Carga axial admisible ELR (kN)			Carga admisible por tracción ELR (kN)		
m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
0						
1	460.7	718.1	1032.3	22.46	31.78	42.57
2	699.9	1088.1	1561.6	55.56	76.84	101.08
3	664.1	1026.7	1467.9	99.28	135.19	175.54
4	558.3	854.1	1212.4	153.62	206.82	265.94
5	485.4	698.9	949.3	405.41	525.26	652.50
6	617.4	863.9	1147.2	657.20	843.69	1039.06
7	749.3	1028.8	1345.2	908.99	1162.13	1425.62
8	881.3	1193.8	1543.2	1160.78	1480.56	1812.18
9	1013.3	1358.8	1741.1	1412.57	1799.00	2198.74
10	1145.3	1523.7	1939.1	1664.36	2117.43	2585.30
11	1277.2	1688.7	2137.1	1916.15	2435.87	2971.86
12	1409.2	1853.7	2335.0	2167.94	2754.30	3358.42
13	1541.2	2018.6	2533.0	2419.73	3072.74	3744.98
14	1673.2	2183.6	2730.9	2671.52	3391.18	4131.54
15	1805.1	2348.6	2928.9	2923.31	3709.61	4518.10
16	1937.1	2513.6	3126.9	3175.10	4028.05	4904.66
17	2069.1	2678.5	3324.8	3426.89	4346.48	5291.22
18	2201.1	2843.5	3522.8	3678.68	4664.92	5677.78
19	2333.0	3008.5	3720.8	3930.47	4983.35	6064.34
20	2465.0	3173.4	3918.7	4182.26	5301.79	6450.90
21	2597.0	3338.4	4116.7	4434.05	5620.22	6837.46
22	2729.0	3503.4	4314.6	4685.83	5938.66	7224.02
23	2860.9	3668.3	4512.6	4937.62	6257.09	7610.58
24	2992.9	3833.3	4710.6	5189.41	6575.53	7997.14
25	3124.9	3998.3	4908.5	5441.20	6893.96	8383.70

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

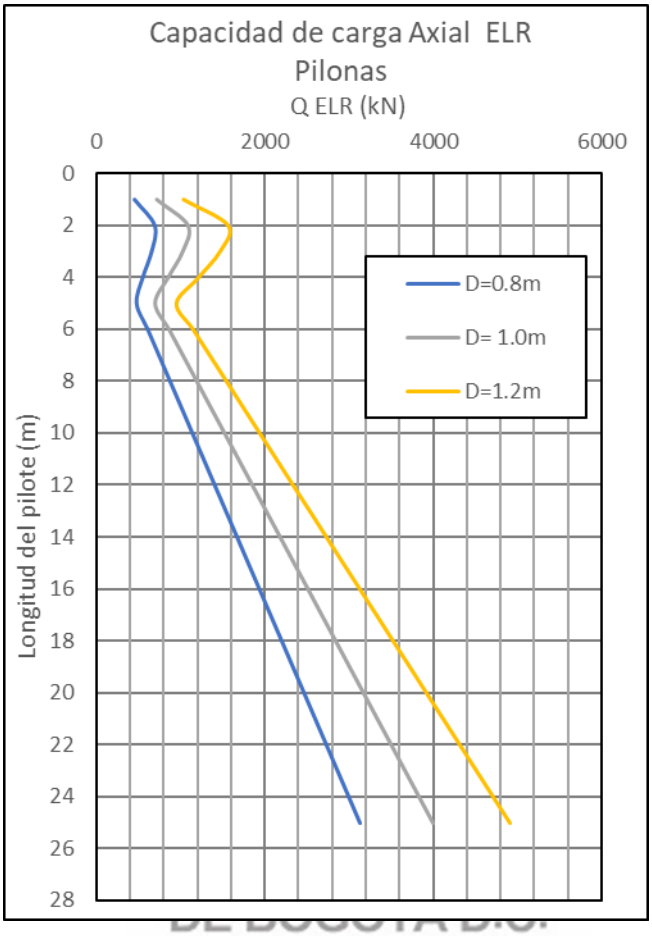


***Figura 13-121**. Ábaco de carga axial admisible (ELR)*

MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

Adicionalmente, para se presentan los resultados obtenidos para la carga axial admisible y por tracción correspondiente al Estado Límite de Evento Extremo (ELEE).

Tabla 13-122. Resumen de valores de carga axial admisible y por tracción (ELEE)

LONGITUD m	Carga axial admisible ELEE (kN)			Carga admisible por tracción ELEE (kN)		
	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
0						
1	920.4	1434.8	2062.9	22.46	31.78	42.57
2	1396.6	2172.1	3118.3	55.56	76.84	101.08
3	1321.8	2045.4	2926.2	99.28	135.19	175.54
4	1106.1	1695.0	2408.9	153.62	206.82	265.94
5	936.1	1354.5	1846.6	405.41	525.26	652.50

LONGITUD	Carga axial admisible ELEE (kN)			Carga admisible por tracción ELEE (kN)		
m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
6	1176.1	1654.4	2206.5	657.20	843.69	1039.06
7	1416.0	1954.4	2566.5	908.99	1162.13	1425.62
8	1656.0	2254.3	2926.4	1160.78	1480.56	1812.18
9	1896.0	2554.3	3286.3	1412.57	1799.00	2198.74
10	2135.9	2854.2	3646.3	1664.36	2117.43	2585.30
11	2375.9	3154.2	4006.2	1916.15	2435.87	2971.86
12	2615.8	3454.1	4366.1	2167.94	2754.30	3358.42
13	2855.8	3754.1	4726.1	2419.73	3072.74	3744.98
14	3095.7	4054.0	5086.0	2671.52	3391.18	4131.54
15	3335.7	4353.9	5445.9	2923.31	3709.61	4518.10
16	3575.6	4653.9	5805.9	3175.10	4028.05	4904.66
17	3815.6	4953.8	6165.8	3426.89	4346.48	5291.22
18	4055.5	5253.8	6525.7	3678.68	4664.92	5677.78
19	4295.5	5553.7	6885.7	3930.47	4983.35	6064.34
20	4535.5	5853.7	7245.6	4182.26	5301.79	6450.90
21	4775.4	6153.6	7605.5	4434.05	5620.22	6837.46
22	5015.4	6453.5	7965.5	4685.83	5938.66	7224.02
23	5255.3	6753.5	8325.4	4937.62	6257.09	7610.58
24	5495.3	7053.4	8685.3	5189.41	6575.53	7997.14
25	5735.2	7353.4	9045.3	5441.20	6893.96	8383.70

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

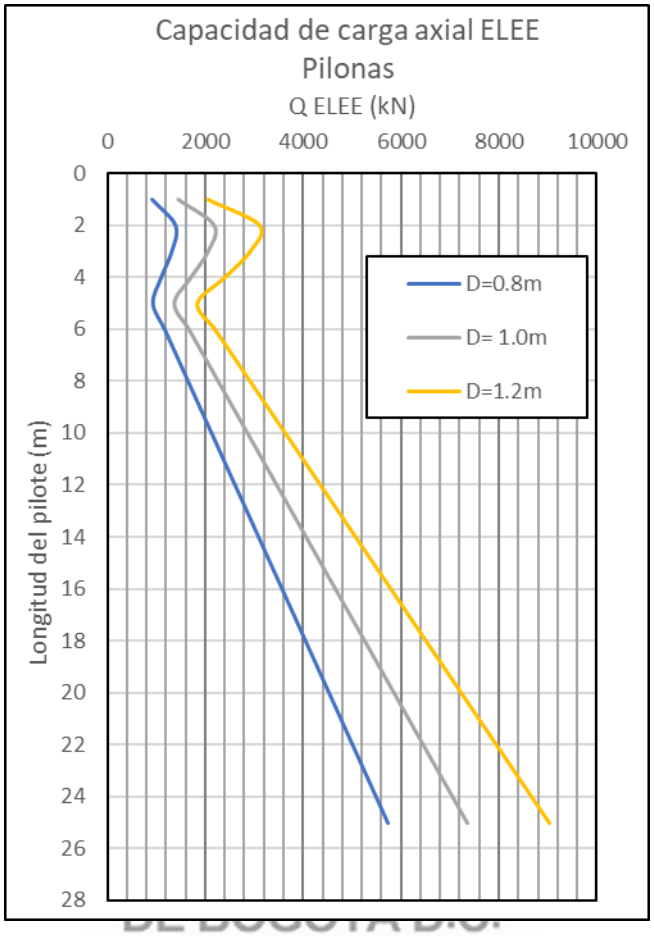


Figura 13-122.*Ábaco de carga axial admisible (ELEE)*

MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

Las cargas admisibles para el Estado Límite de Servicio (ELS), se presentan a continuación.

Tabla 13-123. Resumen de valores de carga axial admisible y por tracción (ELS)

LONGITUD m	Carga admisible axial ELS para 20 mm (kN)			Carga admisible por tracción ELS (kN)		
	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
0						
1	442.3	552.8	663.4	22.46	31.78	42.57
2	463.5	579.4	685.5	55.56	76.84	101.08
3	485.6	609.5	723.5	99.28	135.19	175.54
4	528.1	652.8	777.5	153.62	206.82	265.94
5	936.1	1354.5	1846.6	405.41	525.26	652.50

LONGITUD m	Carga admisible axial ELS para 20 mm (kN)			Carga admisible por tracción ELS (kN)		
	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
6	1176.1	1654.4	2206.5	657.20	843.69	1039.06
7	1416.0	1954.4	2566.5	908.99	1162.13	1425.62
8	1656.0	2254.3	2926.4	1160.78	1480.56	1812.18
9	1896.0	2554.3	3286.3	1412.57	1799.00	2198.74
10	2135.9	2854.2	3646.3	1664.36	2117.43	2585.30
11	2375.9	3154.2	4006.2	1916.15	2435.87	2971.86
12	2615.8	3454.1	4366.1	2167.94	2754.30	3358.42
13	2855.8	3754.1	4726.1	2419.73	3072.74	3744.98
14	3095.7	4054.0	5086.0	2671.52	3391.18	4131.54
15	3335.7	4353.9	5445.9	2923.31	3709.61	4518.10
16	3575.6	4653.9	5805.9	3175.10	4028.05	4904.66
17	3815.6	4953.8	6165.8	3426.89	4346.48	5291.22
18	4055.5	5253.8	6525.7	3678.68	4664.92	5677.78
19	4295.5	5553.7	6885.7	3930.47	4983.35	6064.34
20	4535.5	5853.7	7245.6	4182.26	5301.79	6450.90
21	4775.4	6153.6	7605.5	4434.05	5620.22	6837.46
22	5015.4	6453.5	7965.5	4685.83	5938.66	7224.02
23	5255.3	6753.5	8325.4	4937.62	6257.09	7610.58
24	5495.3	7053.4	8685.3	5189.41	6575.53	7997.14
25	5735.2	7353.4	9045.3	5441.20	6893.96	8383.70

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

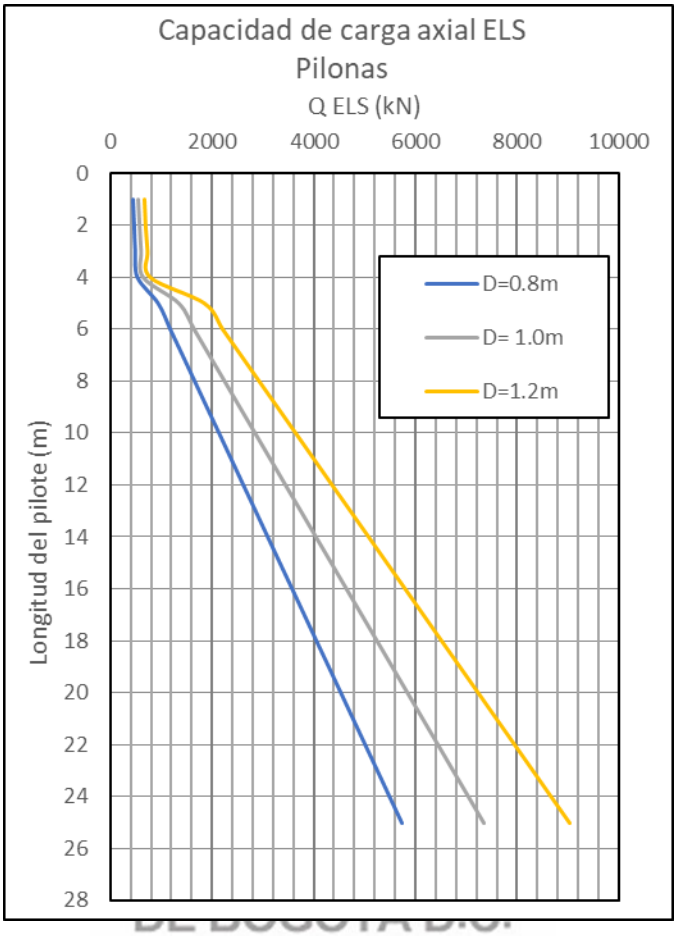


Figura 13-123.*Ábaco de carga axial admisible (ELS)*

MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

Se presentan también 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.

Tabla 13-124. Resumen de valores de capacidad de carga lateral (ELR y ELEE)

LONGITUD m	Carga horizontal ELR y ELEE (kN)		
	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
0			
1	89.0	111.3	133.5
2	356.1	445.1	534.1
3	745.9	1001.4	1201.7
4	745.9	1329.8	2123.3
5	2304.6	3102.2	4035.5
6	4039.3	5152.7	6352.2

LONGITUD	Carga horizontal ELR y ELEE (kN)		
m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
7	5875.0	7362.9	8901.6
8	7774.0	9673.3	11596.8
9	9715.3	12050.6	14389.4
10	11686.2	14474.8	17250.3
11	13678.8	16933.2	20161.0
12	15687.5	19417.2	23109.0
13	17708.7	21921.0	26085.8
14	19739.7	24440.2	29085.1
15	21778.6	26971.9	32102.4
16	23823.8	29513.6	35134.5
17	25874.3	32063.6	38178.6
18	27929.1	34620.6	41232.8
19	12235.3	37183.4	44295.5
20	12388.4	21970.0	47365.4
21	12526.9	22215.5	35430.5
22	12652.8	22438.8	35786.6
23	12767.8	22642.6	36111.7
24	12873.2	22829.5	36409.7
25	12970.1	23001.4	36683.8

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

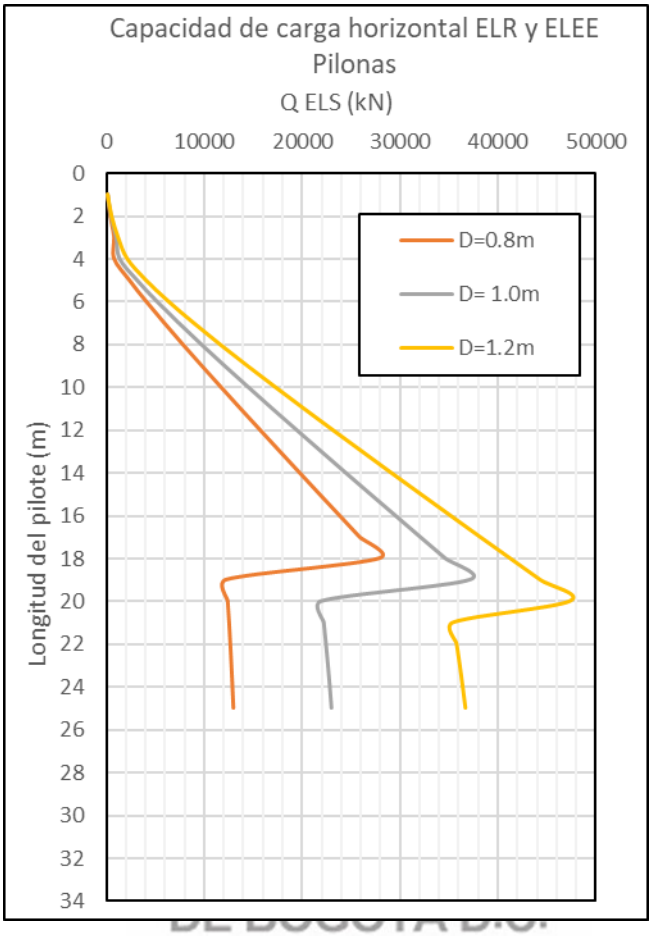


***Figura 13-124**.Ábaco de capacidad de carga lateral (ELR y ELEE)*

DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

Adicionalmente, se muestran los resultados de capacidad de carga lateral para los diferentes diámetros con respecto a los valores de Estado Límite de Servicio.

Tabla 13-125. Resumen de valores de capacidad de carga lateral (ELS)

LONGITUD m	Carga horizontal ELS para 20 mm(kN)		
	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
0			
1	89.1	111.3	133.6
2	356.2	445.3	534.3
3	746.2	1001.9	1202.2
4	746.2	1330.3	2109.2
5	2305.6	2894.0	4037.1
6	2835.1	3561.0	4277.2
7	3198.1	4002.5	4806.9

LONGITUD	Carga horizontal ELS para 20 mm(kN)		
m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
8	3453.1	4316.4	5189.5
9	3629.7	4561.7	5474.0
10	3796.5	4708.8	5699.6
11	3924.0	4905.0	5886.0
12	4002.5	5003.1	6033.2
13	4100.6	5130.6	6131.3
14	4169.3	5199.3	6229.4
15	4218.3	5297.4	6327.5
16	4267.4	5346.5	6445.2
17	4336.0	5395.5	6513.8
18	4385.1	5483.8	6572.7
19	4414.5	5523.0	6631.6
20	4453.7	5562.3	6680.6
21	4483.2	5601.5	6729.7
22	4493.0	5640.8	6768.9
23	4512.6	5670.2	6808.1
24	4542.0	5689.8	6837.6
25	4581.3	5709.4	6867.0

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

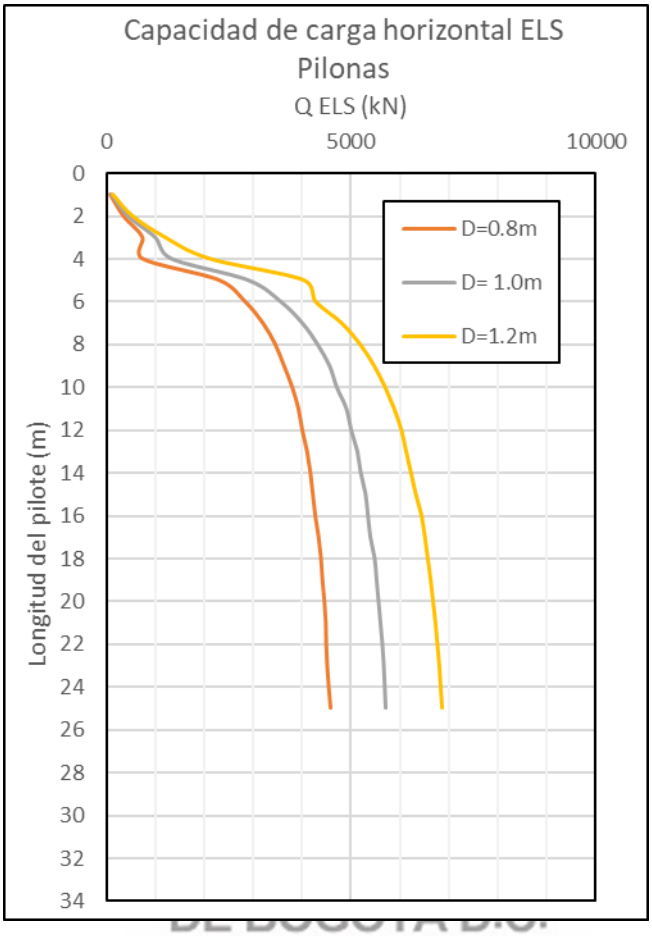


Figura 13-125. *Ábaco de capacidad de carga lateral (ELS)*

MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

A continuación, se presentan los valores de los módulos de reacción vertical y horizontal, para cada uno de los diámetros contemplados.

Tabla 13-126. Resumen de valores de módulos de reacción horizontal y vertical para pilonas

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	37647	44291	30118	35432	25098	29527
2	37647	44291	30118	35432	25098	29527
3	37647	44291	30118	35432	25098	29527
4	37647	44291	30118	35432	25098	29527
5	227567	267727	182054	214182	151712	178485
6	227567	267727	182054	214182	151712	178485
7	227567	267727	182054	214182	151712	178485

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)
8	227567	267727	182054	214182	151712	178485
9	227567	267727	182054	214182	151712	178485
10	227567	267727	182054	214182	151712	178485
11	227567	267727	182054	214182	151712	178485
12	227567	267727	182054	214182	151712	178485
13	227567	267727	182054	214182	151712	178485
14	227567	267727	182054	214182	151712	178485
15	227567	267727	182054	214182	151712	178485
16	227567	267727	182054	214182	151712	178485
17	227567	267727	182054	214182	151712	178485
18	227567	267727	182054	214182	151712	178485
19	227567	267727	182054	214182	151712	178485
20	227567	267727	182054	214182	151712	178485
21	227567	267727	182054	214182	151712	178485
22	227567	267727	182054	214182	151712	178485
23	227567	267727	182054	214182	151712	178485
24	227567	267727	182054	214182	151712	178485
25	227567	267727	182054	214182	151712	178485

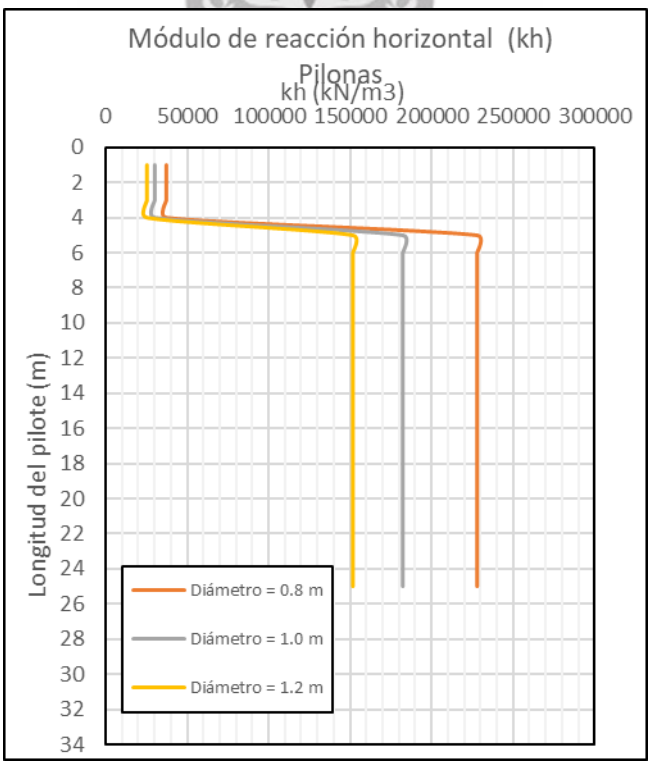


Figura 13-126. *Ábaco de módulos de reacción horizontal para pilonas*

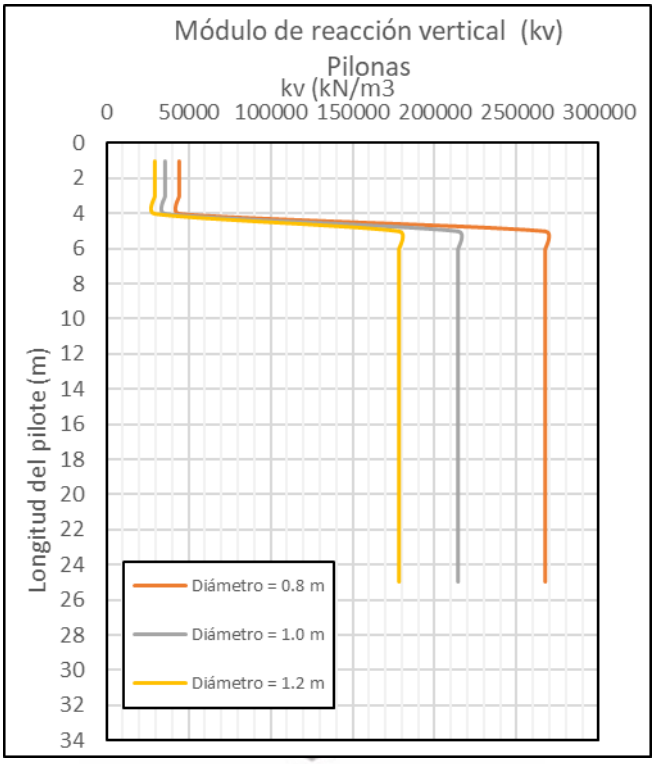


Figura 13-127. *Ábaco de módulos de reacción vertical para pilonas*

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

Los asentamientos elásticos obtenidos para esta alternativa no superan los 20.0 mm para los 3 diámetros analizados tal y como se observa en las memorias de cálculo del ANEXO J, por lo que se considera adecuado para el sistema de fundación.

Zona 12

Para la zona geotécnica 12 se presentan los resultados de la carga axial admisible y por tracción para el Estado Límite de Resistencia (ELR)

Tabla 13-127 Resumen de valores de carga axial admisible y por tracción (ELR)

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
0						
1	96.6	139.4	189.8	93.20	120.20	148.68
2	136.7	190.7	252.7	186.40	240.40	297.35
3	176.9	242.1	315.6	279.60	360.60	446.03
4	271.0	377.7	499.9	372.80	480.80	594.71
5	363.9	511.4	681.5	466.00	600.99	743.38

LONGITUD	Carga axial admisible ELR (kN)			Carga admisible por tracción ELR (kN)		
m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
6	650.7	905.5	1197.2	717.79	919.43	1129.94
7	782.7	1070.5	1395.2	969.58	1237.86	1516.50
8	914.6	1235.5	1593.1	1221.37	1556.30	1903.06
9	1046.6	1400.4	1791.1	1473.16	1874.73	2289.62
10	1178.6	1565.4	1989.1	1724.95	2193.17	2676.18
11	1310.6	1730.4	2187.0	1976.74	2511.60	3062.74
12	1442.5	1895.3	2385.0	2228.53	2830.04	3449.30
13	1574.5	2060.3	2583.0	2480.32	3148.48	3835.86
14	1706.5	2225.3	2780.9	2732.11	3466.91	4222.42
15	1838.5	2390.2	2978.9	2983.90	3785.35	4608.98
16	1970.4	2555.2	3176.9	3235.69	4103.78	4995.54
17	2102.4	2720.2	3374.8	3487.48	4422.22	5382.10
18	2234.4	2885.1	3572.8	3739.27	4740.65	5768.66
19	2366.4	3050.1	3770.7	3991.05	5059.09	6155.22
20	2498.3	3215.1	3968.7	4242.84	5377.52	6541.78
21	2630.3	3380.1	4166.7	4494.63	5695.96	6928.34
22	2762.3	3545.0	4364.6	4746.42	6014.39	7314.90
23	2894.3	3710.0	4562.6	4998.21	6332.83	7701.46
24	3026.2	3875.0	4760.6	5250.00	6651.26	8088.02
25	3158.2	4039.9	4958.5	5501.79	6969.70	8474.58

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

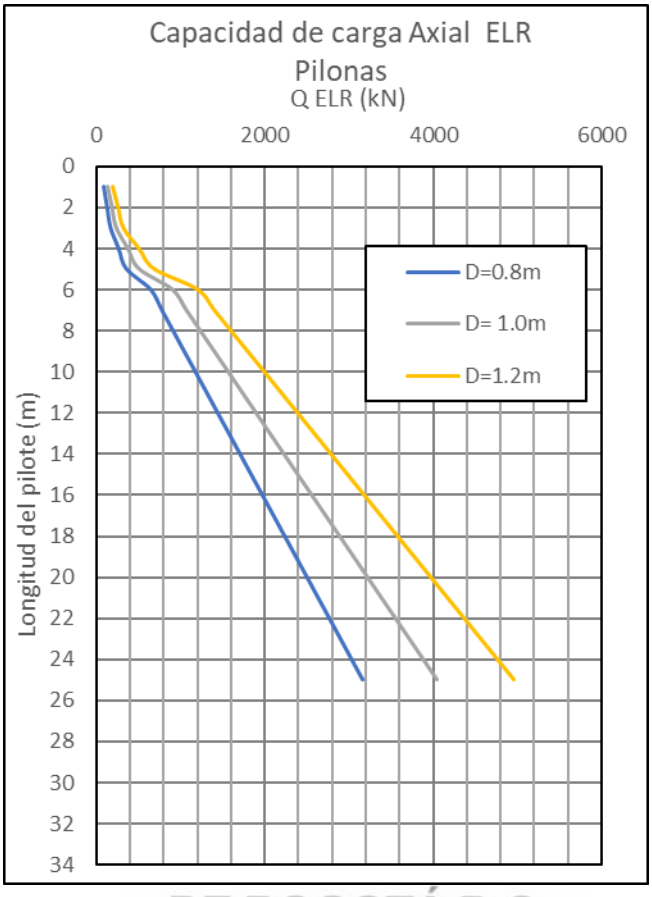


***Figura 13-128**. Ábaco de carga axial admisible (ELR)*

DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

Adicionalmente, para se presentan los resultados obtenidos para la carga axial admisible y por tracción correspondiente al Estado Límite de Evento Extremo (ELEE).

Tabla 13-128. Resumen de valores de carga axial admisible y por tracción (ELEE)

LONGITUD m	Carga axial admisible ELEE (kN)			Carga admisible por tracción ELEE (kN)		
	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
0						
1	231.2	335.9	459.2	93.20	120.20	148.68
2	321.5	451.4	601.2	186.40	240.40	297.35
3	411.7	567.0	743.3	279.60	360.60	446.03
4	636.8	893.3	1188.7	372.80	480.80	594.71
5	858.9	1214.9	1627.4	466.00	600.99	743.38
6	1236.7	1730.2	2297.4	717.79	919.43	1129.94

LONGITUD	Carga axial admisible ELEE (kN)			Carga admisible por tracción ELEE (kN)		
m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
7	1476.6	2030.1	2657.4	969.58	1237.86	1516.50
8	1716.6	2330.1	3017.3	1221.37	1556.30	1903.06
9	1956.5	2630.0	3377.2	1473.16	1874.73	2289.62
10	2196.5	2930.0	3737.2	1724.95	2193.17	2676.18
11	2436.4	3229.9	4097.1	1976.74	2511.60	3062.74
12	2676.4	3529.8	4457.0	2228.53	2830.04	3449.30
13	2916.4	3829.8	4817.0	2480.32	3148.48	3835.86
14	3156.3	4129.7	5176.9	2732.11	3466.91	4222.42
15	3396.3	4429.7	5536.8	2983.90	3785.35	4608.98
16	3636.2	4729.6	5896.8	3235.69	4103.78	4995.54
17	3876.2	5029.6	6256.7	3487.48	4422.22	5382.10
18	4116.1	5329.5	6616.6	3739.27	4740.65	5768.66
19	4356.1	5629.4	6976.5	3991.05	5059.09	6155.22
20	4596.0	5929.4	7336.5	4242.84	5377.52	6541.78
21	4836.0	6229.3	7696.4	4494.63	5695.96	6928.34
22	5076.0	6529.3	8056.3	4746.42	6014.39	7314.90
23	5315.9	6829.2	8416.3	4998.21	6332.83	7701.46
24	5555.9	7129.2	8776.2	5250.00	6651.26	8088.02
25	5795.8	7429.1	9136.1	5501.79	6969.70	8474.58

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

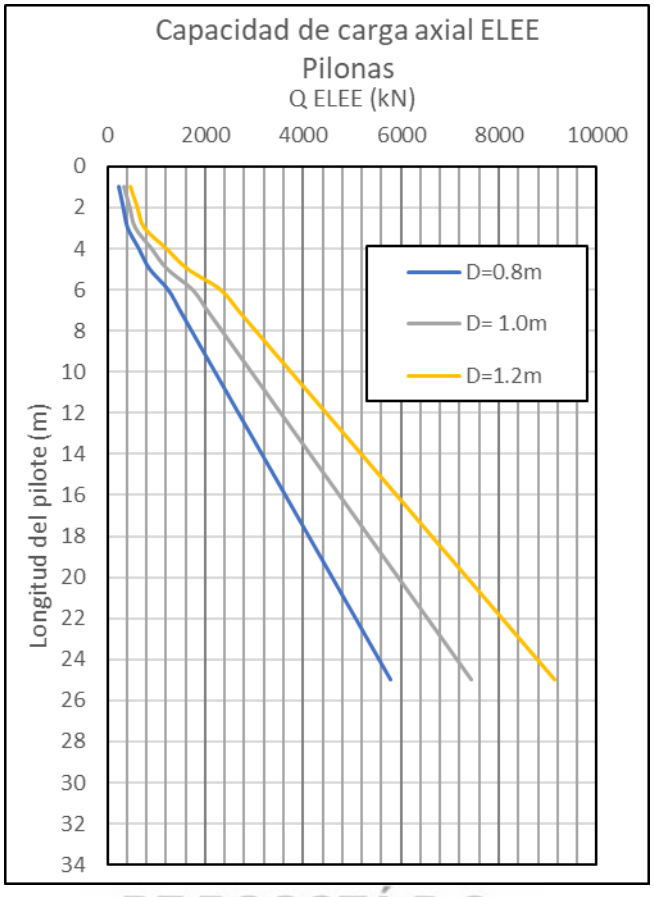


***Figura 13-129.** Ábaco de carga axial admisible (ELEE)*

DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

Las cargas admisibles para el Estado Límite de Servicio (ELS), se presentan a continuación.

Tabla 13-129. Resumen de valores de carga axial admisible y por tracción (ELS)

LONGITUD m	Carga admisible axial ELS para 20 mm (kN)			Carga admisible por tracción ELS (kN)		
	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
0						
1	222.3	322.0	439.3	93.20	120.20	148.68
2	312.6	437.6	581.3	186.40	240.40	297.35
3	402.8	553.1	723.3	279.60	360.60	446.03
4	493.1	668.7	865.3	372.80	480.80	594.71
5	583.3	784.3	1007.3	466.00	600.99	743.38
6	1236.7	1730.2	2297.4	717.79	919.43	1129.94

LONGITUD m	Carga admisible axial ELS para 20 mm (kN)			Carga admisible por tracción ELS (kN)		
	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
7	1476.6	2030.1	2657.4	969.58	1237.86	1516.50
8	1716.6	2330.1	3017.3	1221.37	1556.30	1903.06
9	1956.5	2630.0	3377.2	1473.16	1874.73	2289.62
10	2196.5	2930.0	3737.2	1724.95	2193.17	2676.18
11	2436.4	3229.9	4097.1	1976.74	2511.60	3062.74
12	2676.4	3529.8	4457.0	2228.53	2830.04	3449.30
13	2916.4	3829.8	4817.0	2480.32	3148.48	3835.86
14	3156.3	4129.7	5176.9	2732.11	3466.91	4222.42
15	3396.3	4429.7	5536.8	2983.90	3785.35	4608.98
16	3636.2	4729.6	5896.8	3235.69	4103.78	4995.54
17	3876.2	5029.6	6256.7	3487.48	4422.22	5382.10
18	4116.1	5329.5	6616.6	3739.27	4740.65	5768.66
19	4356.1	5629.4	6976.5	3991.05	5059.09	6155.22
20	4596.0	5929.4	7336.5	4242.84	5377.52	6541.78
21	4836.0	6229.3	7696.4	4494.63	5695.96	6928.34
22	5076.0	6529.3	8056.3	4746.42	6014.39	7314.90
23	5315.9	6829.2	8416.3	4998.21	6332.83	7701.46
24	5555.9	7129.2	8776.2	5250.00	6651.26	8088.02
25	5795.8	7429.1	9136.1	5501.79	6969.70	8474.58

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

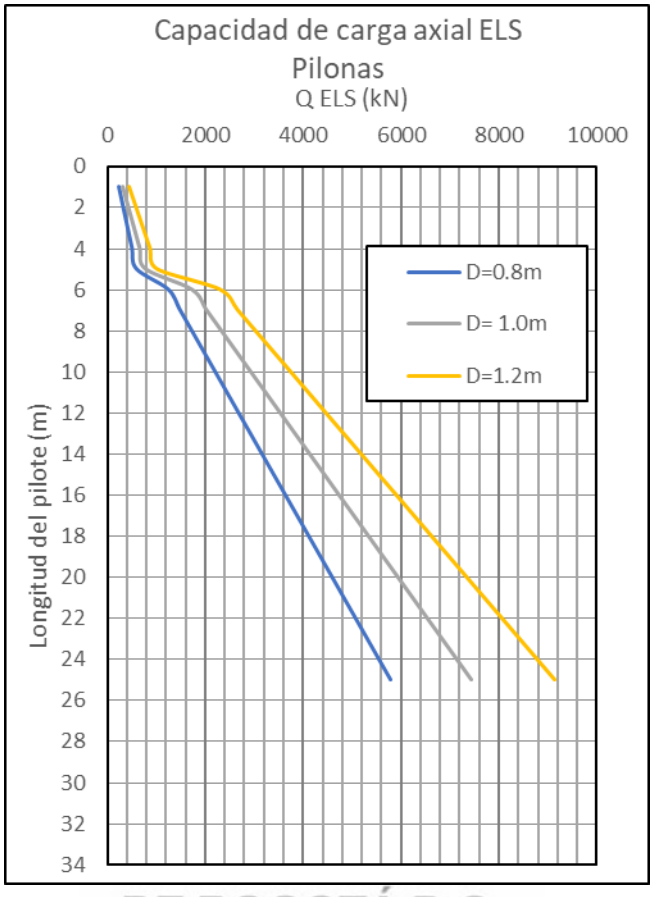


Figura 13-130.*Ábaco de carga axial admisible (ELS)*

DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

Se presentan también 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.

Tabla 13-130. Resumen de valores de capacidad de carga lateral (ELR y ELEE)

LONGITUD m	Carga horizontal ELR y ELEE (kN)		
	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
0			
1	-45.2	-180.9	-366.4
2	350.2	313.3	226.6
3	787.9	860.5	883.2
4	1268.0	1460.6	1603.4
5	1805.6	2113.7	2387.1

LONGITUD	Carga horizontal ELR y ELEE (kN)		
m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
6	3551.2	4481.8	5145.9
7	5394.9	6710.9	8045.0
8	7300.0	9035.6	10766.9
9	9246.1	11424.1	13580.4
10	11221.0	13857.3	16458.0
11	13216.7	16323.0	19382.3
12	15228.1	18813.2	22341.7
13	17251.6	21322.1	25328.0
14	19284.5	23845.8	28335.5
15	21325.0	26381.2	31359.9
16	23371.7	28926.3	34398.2
17	25423.5	31479.3	37447.7
18	27479.5	34038.9	40506.8
19	12030.6	36604.0	43573.8
20	12193.9	21621.7	46647.6
21	12341.7	21883.9	34898.1
22	12476.1	22122.3	35278.4
23	12598.7	22339.9	35625.7
24	12711.2	22539.4	35944.0
25	12814.6	22722.9	36236.9

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

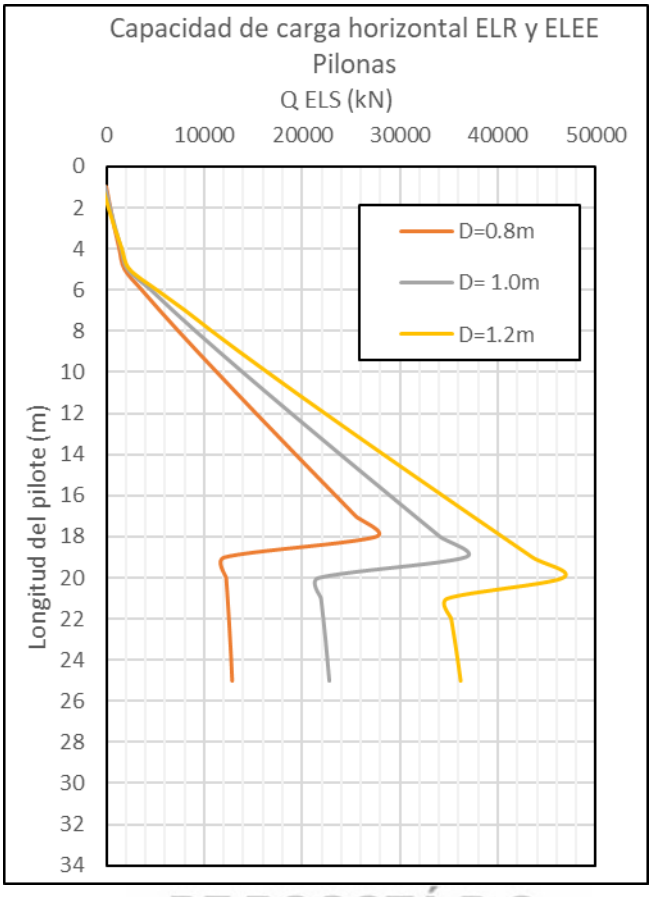


***Figura 13-131**.Ábaco de capacidad de carga lateral (ELR y ELEE)*

DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

Adicionalmente, se muestran los resultados de capacidad de carga lateral para los diferentes diámetros con respecto a los valores de Estado Límite de Servicio.

Tabla 13-131. Resumen de valores de capacidad de carga lateral (ELS)

LONGITUD m	Carga horizontal ELS para 20 mm(kN)		
	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
0			
1	-45.2	-181.0	-366.6
2	350.3	313.4	226.7
3	788.3	860.8	883.6
4	1268.6	1461.2	1604.1
5	1275.1	2114.5	2305.4
6	2049.6	2562.0	3074.4

LONGITUD	Carga horizontal ELS para 20 mm(kN)		
m	D=0.8m	D= 1.0m	D=1.2m
7	2545.4	3181.8	3818.1
8	2896.8	3621.0	4345.2
9	3160.5	3950.7	4740.8
10	3366.3	4207.9	5049.5
11	3531.6	4414.5	5297.4
12	3667.4	4584.2	5501.1
13	3781.0	4726.2	5671.5
14	3877.4	4846.8	5816.2
15	3960.4	4950.5	5940.6
16	4032.5	5040.7	6048.8
17	4095.8	5119.8	6143.7
18	4151.8	5189.7	6227.7
19	4201.7	5252.1	6302.5
20	4246.4	5308.0	6369.6
21	4277.2	5358.4	6430.1
22	4316.4	5404.1	6484.9
23	4355.6	5434.7	6533.5
24	4394.9	5474.0	6572.7
25	4424.3	5513.2	6611.9

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

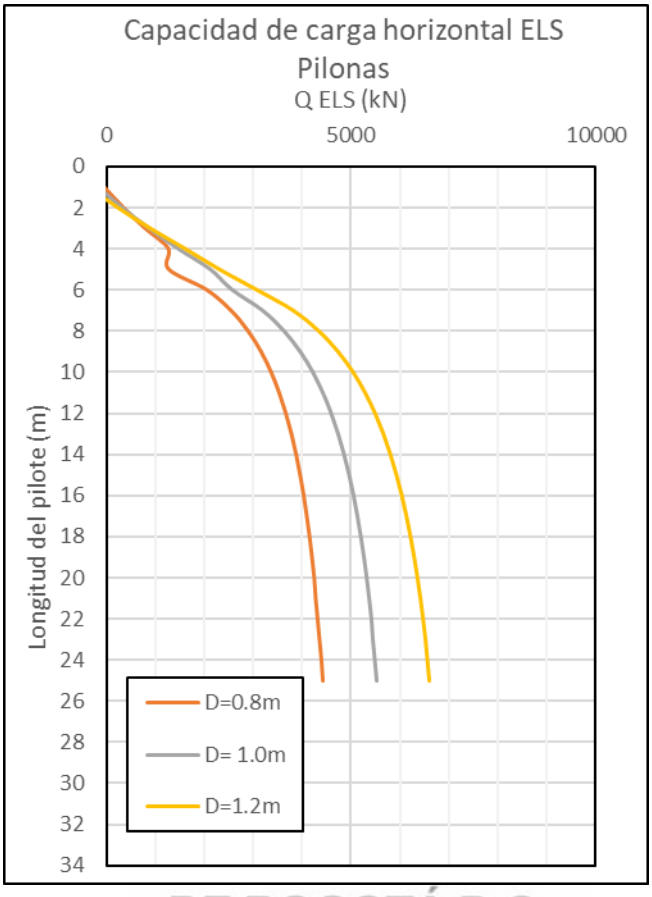


***Figura 13-132.** Ábaco de capacidad de carga lateral (ELS)*

DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

A continuación, se presentan los valores de los módulos de reacción vertical y horizontal, para cada uno de los diámetros contemplados.

Tabla 13-132. Resumen de valores de módulos de reacción horizontal y vertical para pilonas

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	36134	42511	28907	34009	24089	28340
2	36134	42511	28907	34009	24089	28340
3	36134	42511	28907	34009	24089	28340
4	36134	42511	28907	34009	24089	28340
5	36134	42511	28907	34009	24089	28340
6	227567	267727	182054	214182	151712	178485

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)
7	227567	267727	182054	214182	151712	178485
8	227567	267727	182054	214182	151712	178485
9	227567	267727	182054	214182	151712	178485
10	227567	267727	182054	214182	151712	178485
11	227567	267727	182054	214182	151712	178485
12	227567	267727	182054	214182	151712	178485
13	227567	267727	182054	214182	151712	178485
14	227567	267727	182054	214182	151712	178485
15	227567	267727	182054	214182	151712	178485
16	227567	267727	182054	214182	151712	178485
17	227567	267727	182054	214182	151712	178485
18	227567	267727	182054	214182	151712	178485
19	227567	267727	182054	214182	151712	178485
20	227567	267727	182054	214182	151712	178485
21	227567	267727	182054	214182	151712	178485
22	227567	267727	182054	214182	151712	178485
23	227567	267727	182054	214182	151712	178485
24	227567	267727	182054	214182	151712	178485
25	227567	267727	182054	214182	151712	178485

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

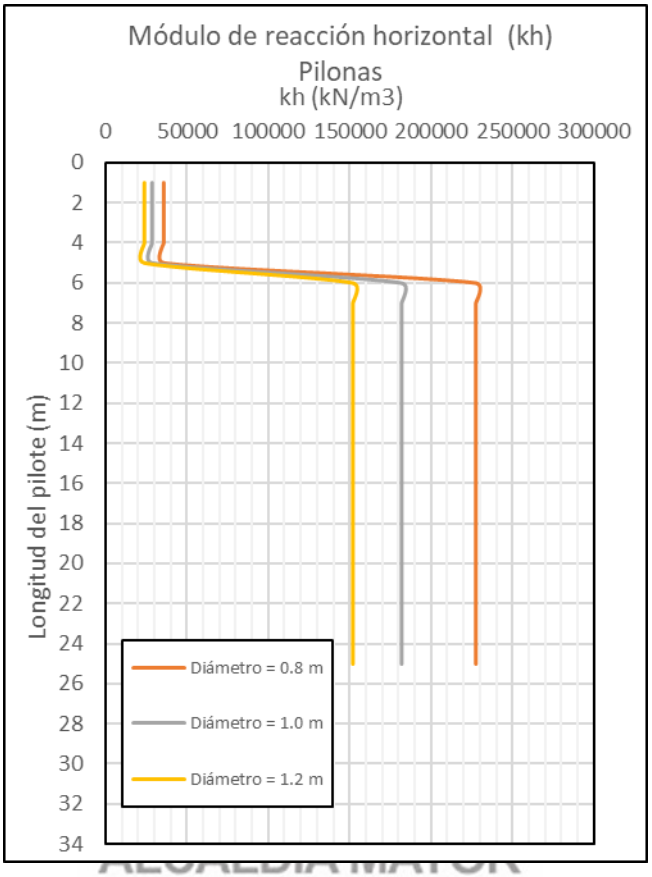


Figura 13-133. *Ábaco de módulos de reacción horizontal para pilonas*

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

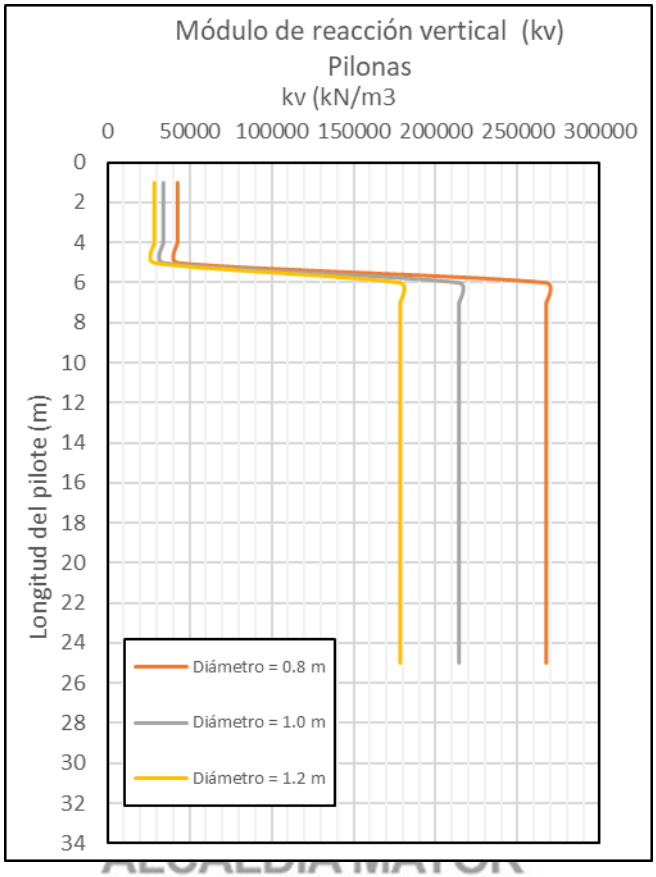


Figura 13-134. *Ábaco de módulos de reacción vertical para pilonas*

Los asentamientos elásticos obtenidos para esta alternativa no superan los 16.2 mm para los 3 diámetros analizados tal y como se observa en las memorias de cálculo del ANEXO J, por lo que se considera adecuado para el sistema de fundación.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

14 ESTABILIDAD DE TALUDES Y EXCAVACIONES

Para este capítulo, se realizaron modelaciones en estado estático y estado pseudoestático para las excavaciones necesarias en la construcción bien sea de cimentaciones superficiales o dados para cimentaciones profundas. Se consideraron cortes verticales máximo de 3.0 m y con la estratigrafía de cada alternativa de implantación de estaciones y se utilizó el software SLIDE para calcular los factores de seguridad. Los modelos de SLIDE se pueden consultar en detalle en el Anexo J de este informe. Dicha modelación se realizó en condiciones no drenadas esto con el fin de considerar un comportamiento adecuado a corto plazo. De acuerdo con la normatividad, se usó una sobre carga de 15 kPa uniformemente distribuida. A pesar de que la mayoría de cortes verticales tienen un factor de seguridad adecuado como se observa más adelante, se recomienda, para excavaciones de más de 1.50 m de profundidad, el uso de entibados metálicos con el fin de mantener las condiciones de seguridad para estos trabajos.

A continuación, se presentan las modelaciones realizadas para cada una de las estaciones y alternativas del proyecto:

14.1 Estación Portal 20 de Julio

14.1.1 Alternativa 1

- Condición sin sismo y nivel freático

En la Figura 14-1 Modelación en estado estático de excavación para la alternativa 1 del P. 20 de Julio se presenta la modelación en estado estático. Cabe recalcar que para dicha alternativa no se tuvo en cuenta la capa de relleno, ya que se consideró que, al realizar la construcción del portal, dicha capa de relleno haya reducido considerablemente su espesor. Dicha información se verificará se modelará nuevamente con información directa en la etapa de estudios y diseños definitivos. En el perfil se puede observar las capas de suelo con sus respectivos pesos unitarios y el parámetro Cu. Estos fueron tomados de Tabla 11-47 Parámetros geotécnicos de diseño Portal 20 Julio Alt 1, además de la ubicación del nivel freático, obteniendo así un Fs de 5.1 siendo muy superior al crítico.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

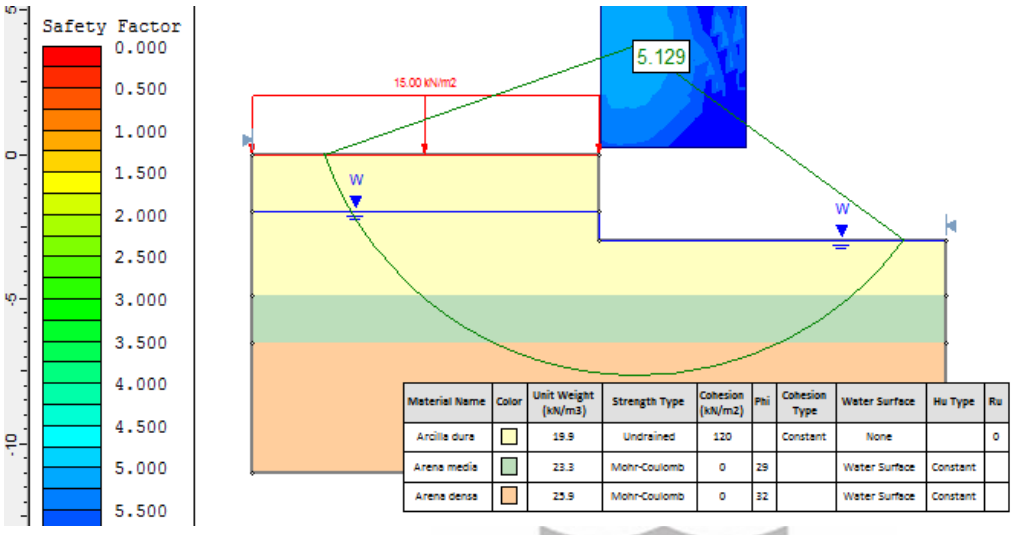


Figura 14-1 *Modelación en estado estático de excavación para la alternativa 1 del P. 20 de Julio*

- Condición con sismo y nivel freático

En la Figura 14-2 Modelación en estado pseudoestático de excavación para la alternativa 1 del P. 20 de Julio se presenta la modelación en estado pseudoestático. Para dicha modelación se usó un factor Kh de 0.104 obteniendo un Fs de 3.5 un valor muy superior del crítico.

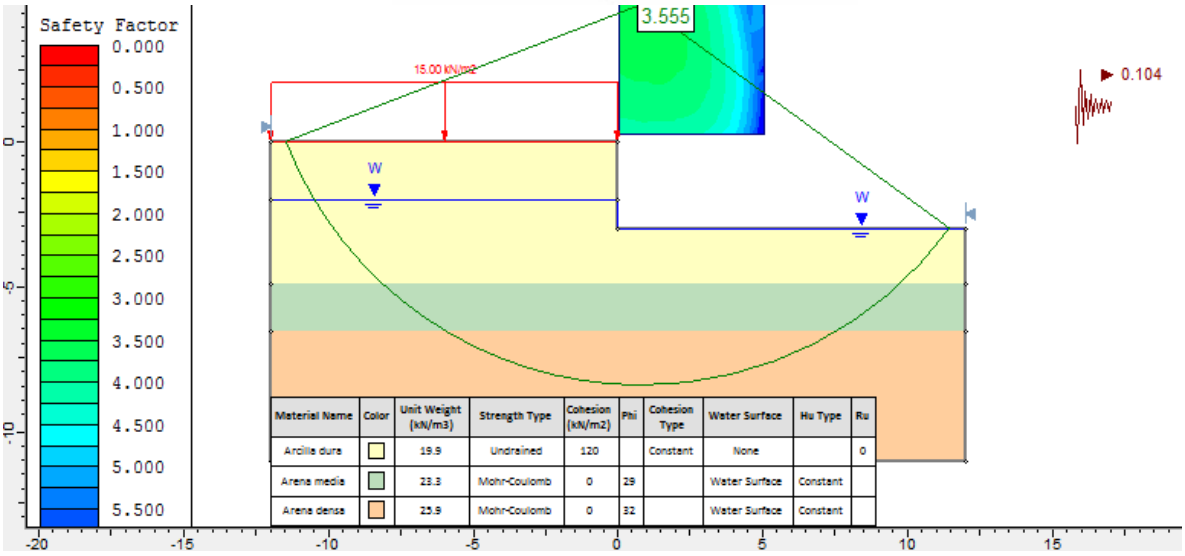


Figura 14-2 *Modelación en estado pseudoestático de excavación para la alternativa 1 del P. 20 de Julio*

14.1.2 Alternativa 4

- Condición sin sismo y nivel freático

En la Figura 14-3 Modelación en estado estático de excavación para la alternativa 4 del P. 20 de Julio se presenta la modelación en estado estático. Cabe recalcar que para dicha alternativa no se tuvo en cuenta la capa de relleno, ya que se consideró que, al realizar la construcción del portal, dicha capa de relleno haya reducido considerablemente su espesor. Dicha información se verificará se modelará nuevamente con información directa en la etapa de estudios y diseños definitivos. En el perfil se puede observar las capas de suelo con sus respectivos pesos unitarios y el parámetro Cu. Estos fueron tomados de la Tabla 11-48. Parámetros geotécnicos de diseño Portal 20 Julio Alt 4, además de la ubicación del nivel freático obteniendo así un Fs de 2.8 siendo superior al crítico.

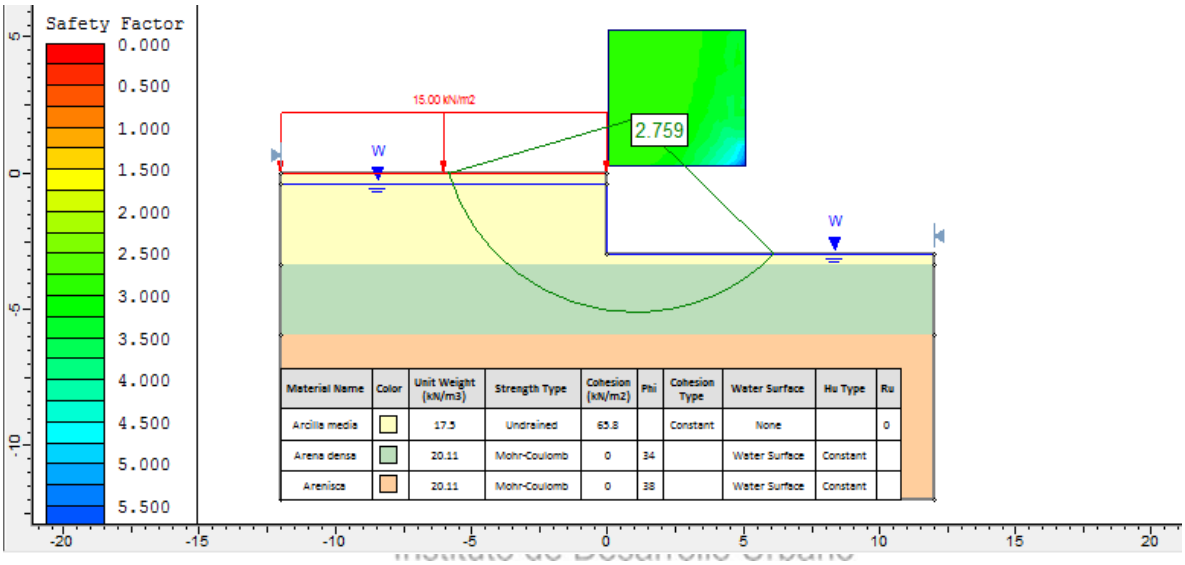


Figura 14-3 *Modelación en estado estático de excavación para la alternativa 4 del P. 20 de Julio*

- Condición con sismo y nivel freático

En la Figura 14-4 Modelación en estado pseudoestático de excavación para la alternativa 4 del P. 20 de Julio se presenta la modelación en estado pseudoestático. Para dicha modelación se usó un factor Kh de 0.104 obteniendo un Fs de 2.2 un valor superior del crítico.

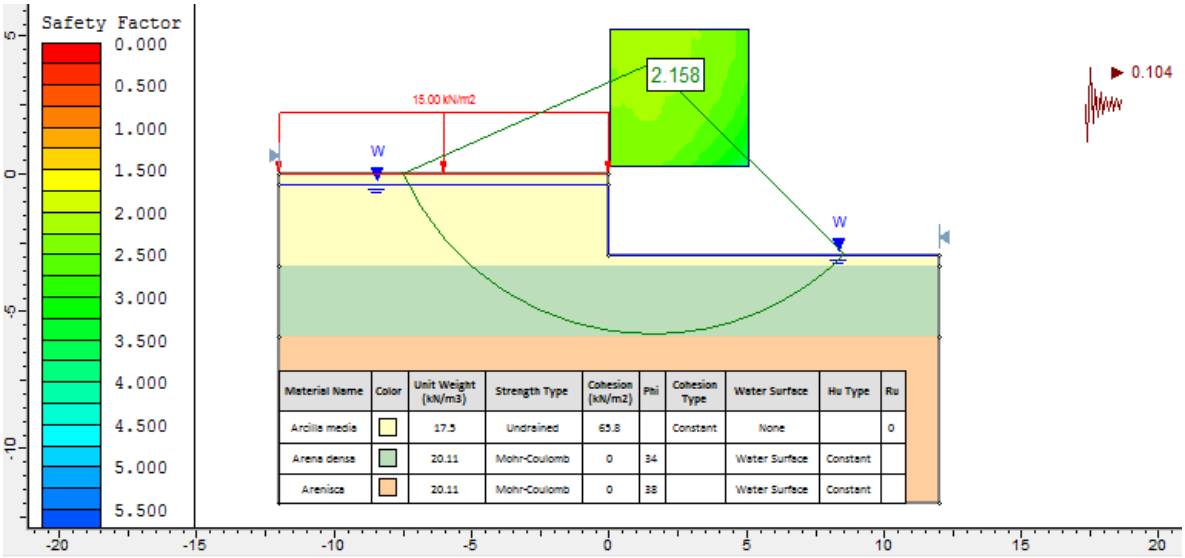


Figura 14-4 *Modelación en estado pseudoestático de excavación para la alternativa 4 del P. 20 de Julio*

14.1.3 Alternativa 6

- Condición sin sismo y nivel freático

En la Figura 14-5 Modelación en estado estático de excavación para la alternativa 6 del P. 20 de Julio se presenta la modelación en estado estático. Cabe recalcar que para dicha alternativa no se tuvo en cuenta la capa de relleno, ya que se consideró que, al realizar la construcción del portal, dicha capa de relleno haya reducido considerablemente su espesor. Dicha información se verificará se modelará nuevamente con información directa en la etapa de estudios y diseños definitivos. En el perfil se puede observar las capas de suelo con sus respectivos pesos unitarios y el parámetro Cu. Estos fueron tomados de la Tabla 11-49. Parámetros geotécnicos de diseño Portal 20 Julio Alt 6, además de la ubicación del nivel freático. Al realizar la modelación se obtuvo un valor de FS inferior al crítico, por tal motivo se debió realizar un corte al talud de 45° esto con el fin de aumentar el Fs obteniendo un valor de 2.3.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

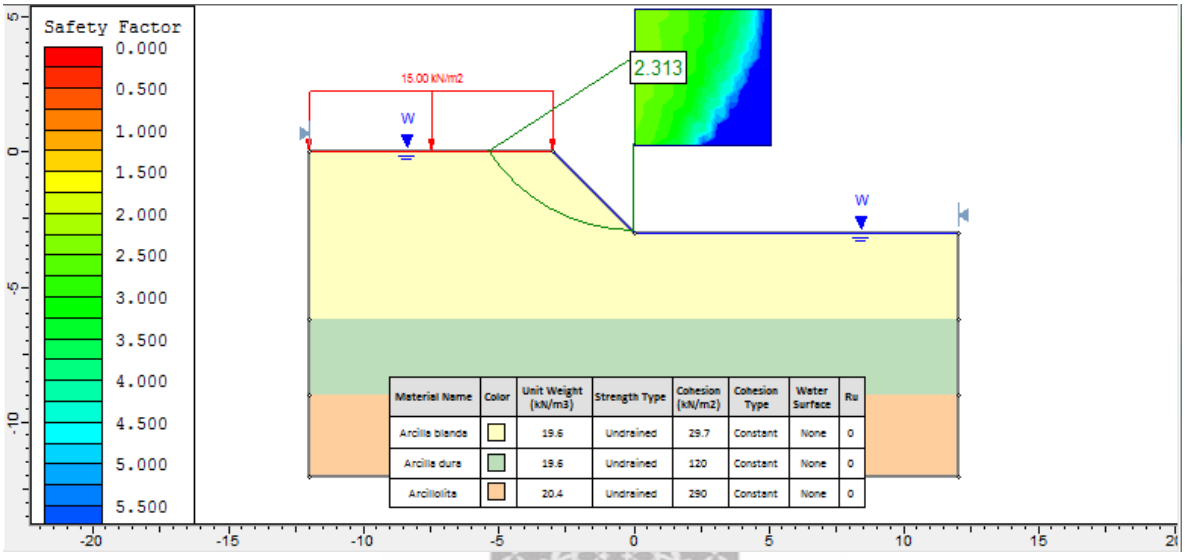


Figura 14-5 *Modelación en estado estático de excavación para la alternativa 6 del P. 20 de Julio*

- Condición con sismo y nivel freático

En la Figura 14-6 Modelación en estado pseudoestático de excavación para la alternativa 6 del P. 20 de Julio se presenta la modelación en estado pseudoestático. Para dicha modelación se usó un factor Kh de 0.104 obteniendo un Fs de 1.8 un valor superior del crítico.

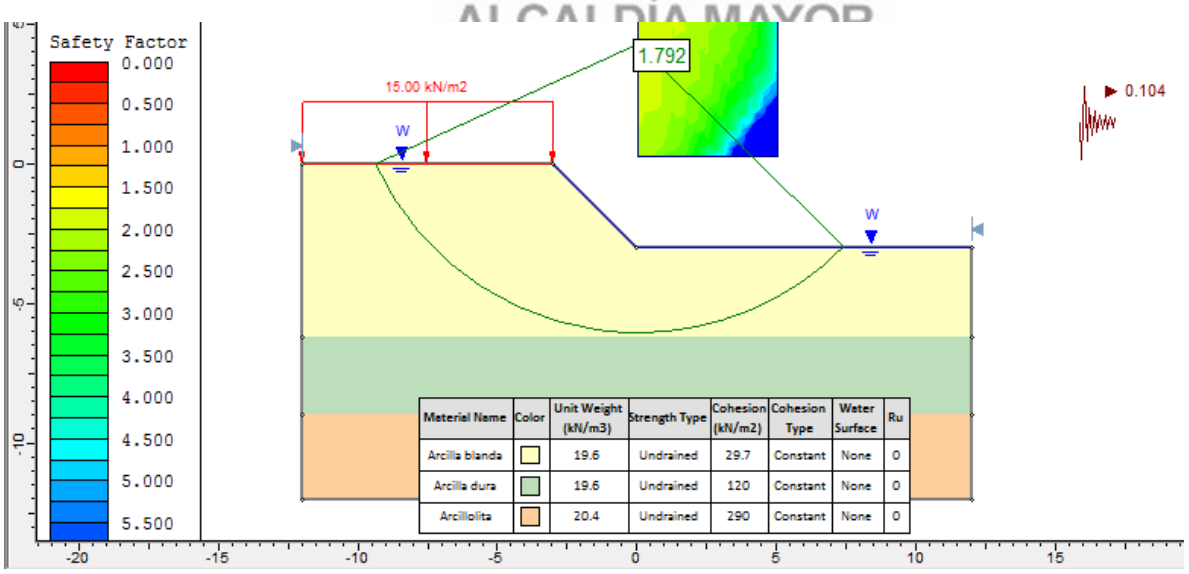


Figura 14-6 *Modelación en estado pseudoestático de excavación para la alternativa 6 del P. 20 de Julio*

14.2 Estación La Victoria

- Condición sin sismo y nivel freático

En la Figura 14-7 Modelación en estado estático de excavación para la estación La Victoria se presenta la modelación en estado estático. Para la modelación de esta estación se tuvo en cuenta todas las capas de suelo. En el perfil se puede observar las capas de suelo con sus respectivos pesos unitarios y el parámetro Cu. Estos fueron tomados de la Tabla 11-50. Parámetros geotécnicos de diseño La Victoria, además de la ubicación del nivel freático, obteniendo así un Fs de 3.9.

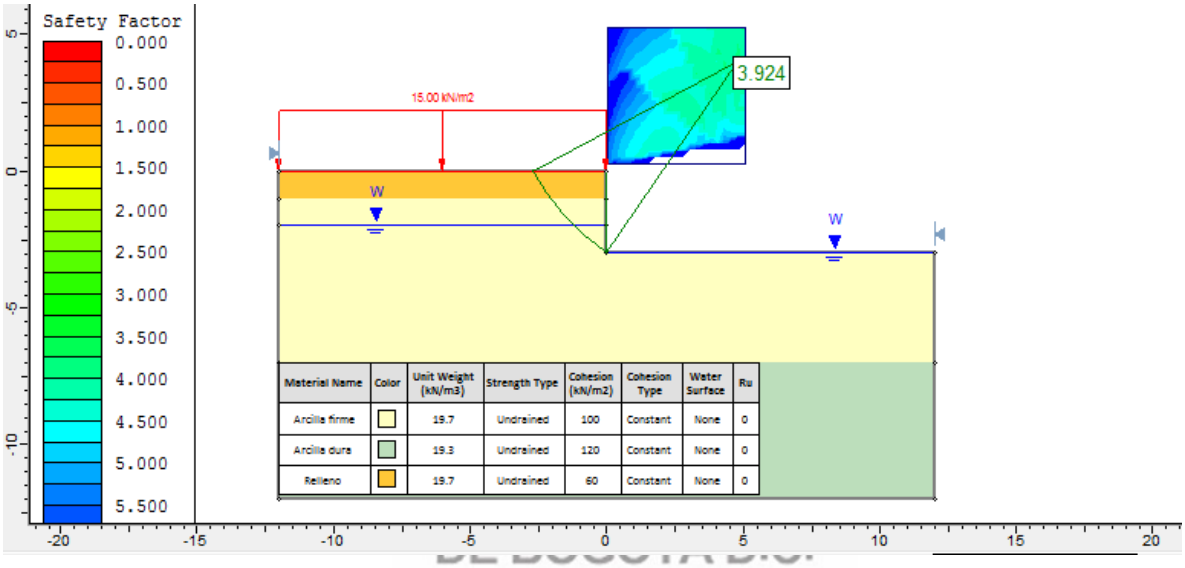


Figura 14-7 *Modelación en estado estático de excavación para la estación La Victoria*

MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

- Condición con sismo y nivel freático

En la Figura 14-8 Modelación en estado pseudoestático de excavación para la estación La Victoria se presenta la modelación en estado pseudoestático. Para la modelación de esta estación se tuvo en cuenta todas las capas de suelo. Para dicha modelación se usó un factor Kh de 0.088 obteniendo un Fs de 3.7 un valor superior del crítico.

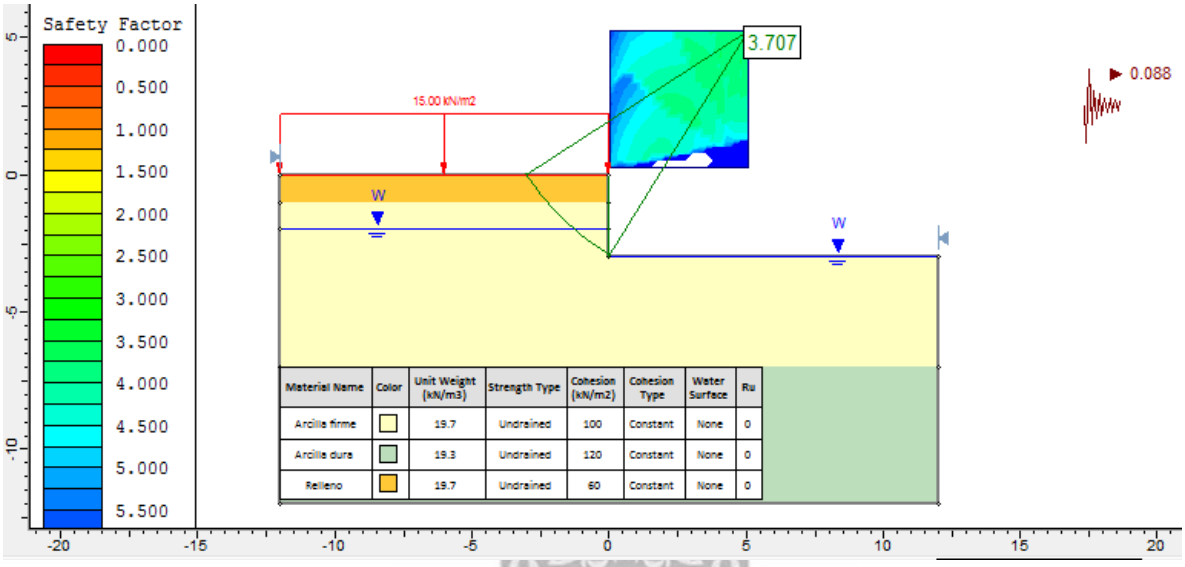


Figura 14-8 *Modelación en estado pseudoestático de excavación para la estación La Victoria*

14.3 Estación Altamira

- Condición sin sismo y nivel freático

En la Figura 14-9 Modelación en estado estático de excavación para la estación Altamira se presenta la modelación en estado estático. Para la modelación de esta estación se tuvo en cuenta todas las capas de suelo. En el perfil se puede observar las capas de suelo con sus respectivos pesos unitarios y el parámetro Cu estos fueron tomados de la Tabla 11-51. Parámetros geotécnicos de diseño Altamira, además de la ubicación del nivel freático, obteniendo así un Fs de 1.7.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

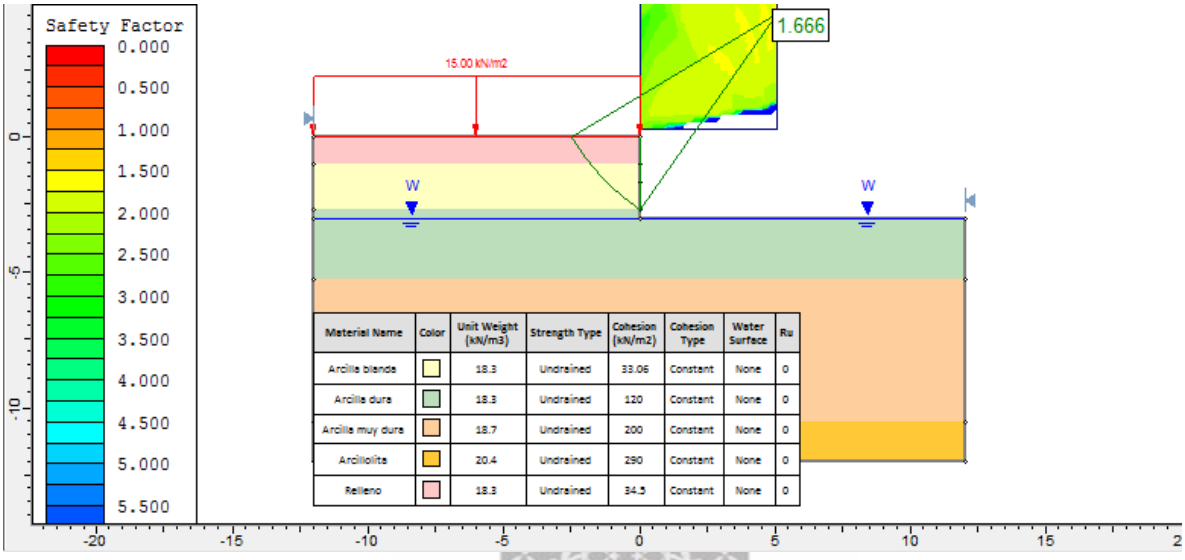


Figura 14-9 *Modelación en estado estático de excavación para la estación Altamira*

- Condición con sismo y nivel freático

En la Figura 14-10 Modelación en estado pseudoestático de excavación para la estación Altamira, se presenta la modelación en estado pseudo estático. Para la modelación de esta estación se tuvo en cuenta todas las capas de suelo. Para dicha modelación se usó un factor Kh de 0.088 obteniendo un Fs de 1.6 un valor superior del crítico.

ALCALDÍA MAYOR

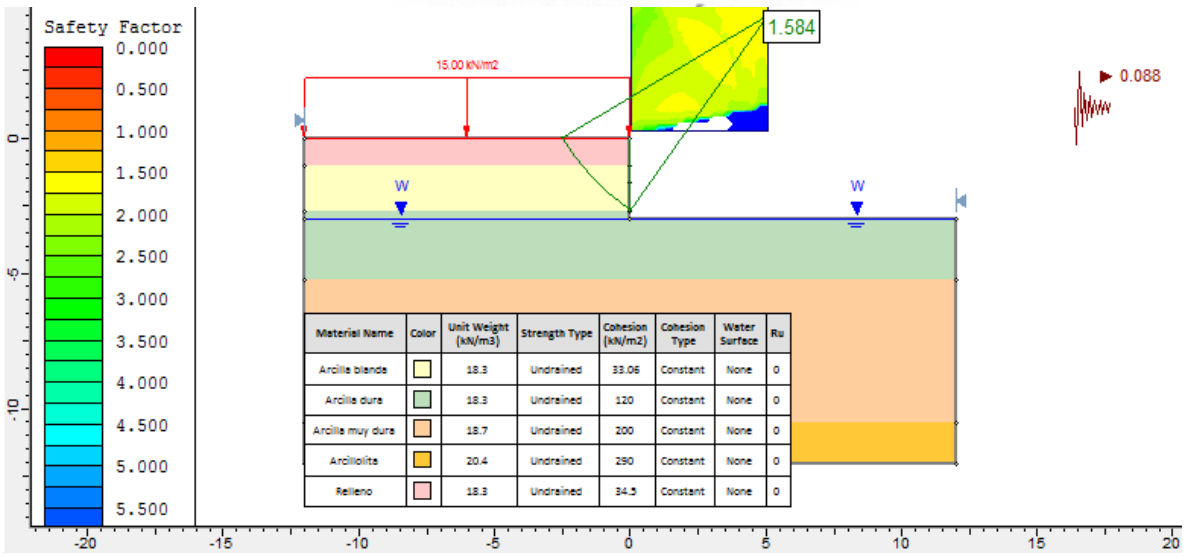


Figura 14-10 *Modelación en estado pseudoestático de excavación para la estación Altamira*

14.4 Estación Juan Rey

14.4.1 Alternativa 1

- Condición sin sismo y nivel freático

En la Figura 14-11 Modelación en estado estático de excavación para la estación Juan Rey alternativa 1**Figura 14-5** Modelación en estado estático de excavación para la alternativa 6 del P. 20 de Julio se presenta la modelación en estado estático. Para la modelación de esta estación se tuvo en cuenta todas las capas de suelo. En el perfil se puede observar las capas de suelo con sus respectivos pesos unitarios y el parámetro Cu. Estos fueron tomados de la Tabla 11-52. Parámetros geotécnicos de diseño Juan Rey Alternativa 1, además de la ubicación del nivel freático. Al realizar la modelación vertical se obtuvo un valor crítico, por tal motivo se debió realizar un corte al talud de 45° esto con el fin de aumentar el Fs obteniendo un valor de 1.9.

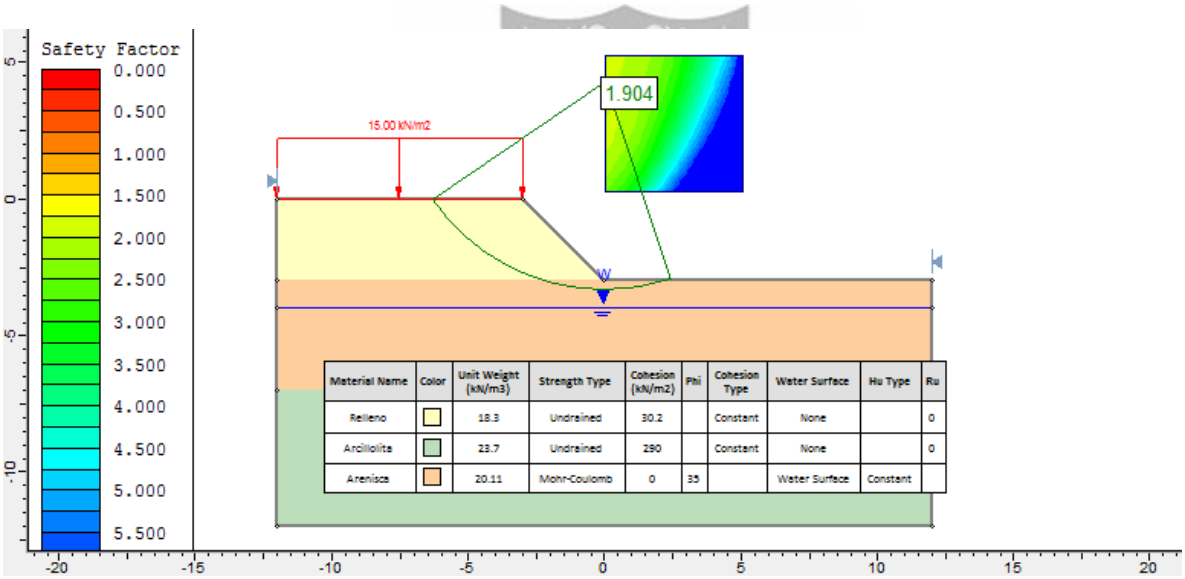


Figura 14-11 *Modelación en estado estático de excavación para la estación Juan Rey alternativa 1*

- Condición con sismo y nivel freático

En la Figura 14-12 Modelación en estado pseudoestático de excavación para la estación Juan Rey alternativa 1, se presenta la modelación en estado pseudoestático. Para la modelación de esta estación se tuvo en cuenta todas las capas de suelo. Al realizar la modelación vertical se obtuvo un valor crítico, por tal motivo se debió realizar un corte al talud de 45° esto con el fin de aumentar el Fs obteniendo un valor de 1.7 un valor superior del crítico.

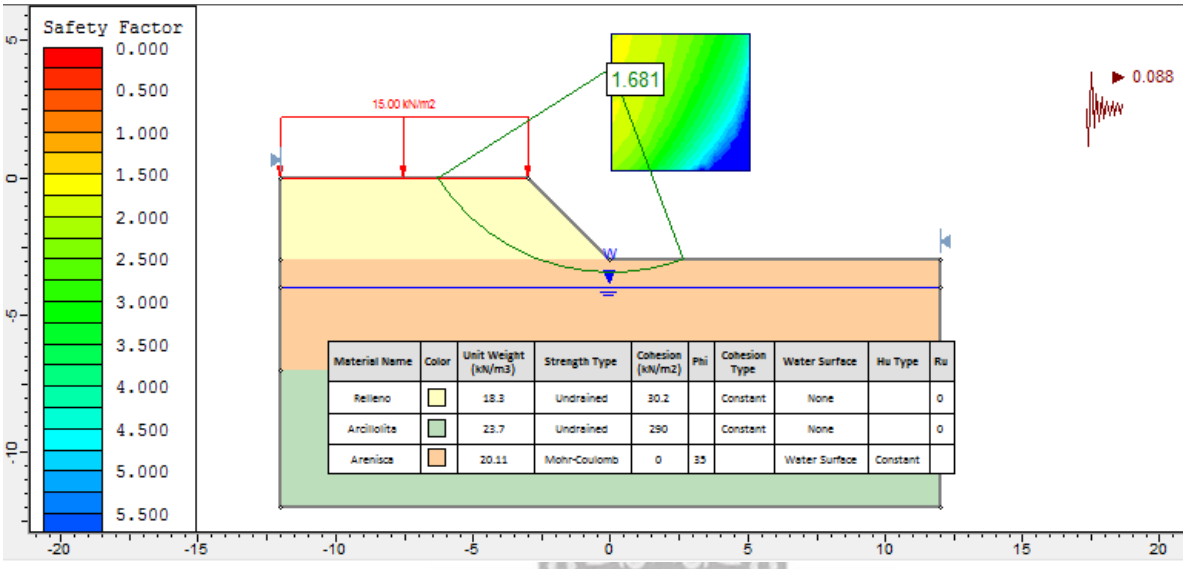


Figura 14-12 *Modelación en estado pseudoestático de excavación para la estación Juan Rey alternativa 1*

14.4.2 Alternativa 2

- Condición sin sismo y nivel freático

En la Figura 14-13 Modelación en estado estático de excavación para la estación Juan Rey alternativa 2, se presenta la modelación en estado estático. Para la modelación de esta estación se tuvo en cuenta todas las capas de suelo. En el perfil se puede observar las capas de suelo con sus respectivos pesos unitarios y el parámetro Cu. Estos fueron tomados de la Tabla 11-53. Parámetros geotécnicos de diseño Juan Rey Alternativa 2 , además de la ubicación del nivel freático, obteniendo así un Fs de 2.0.

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

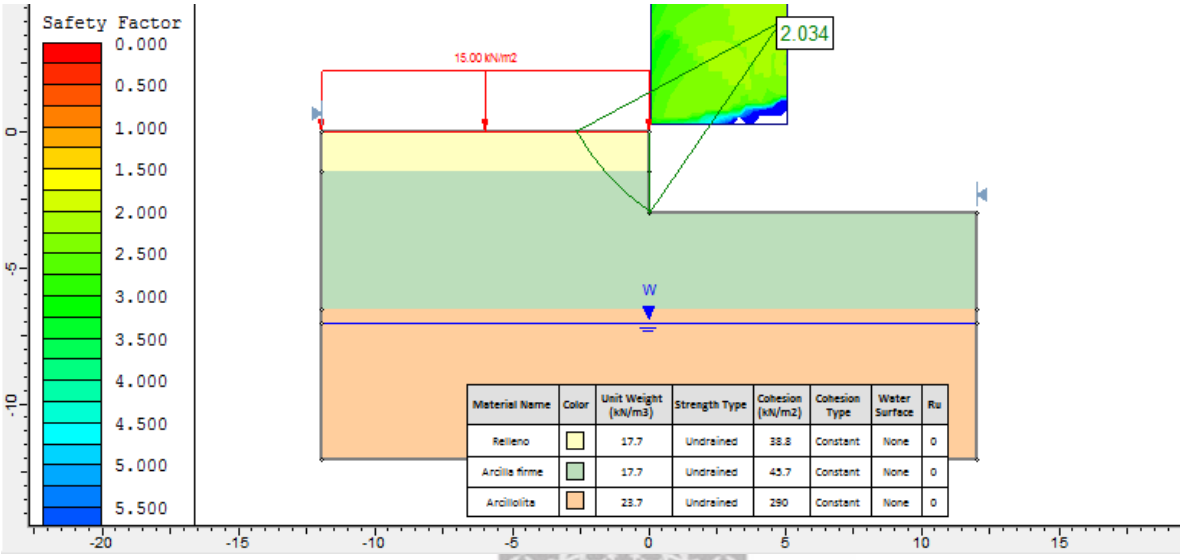


Figura 14-13 *Modelación en estado estático de excavación para la estación Juan Rey alternativa 2*

- Condición con sismo y nivel freático

En la Figura 14-14 Modelación en estado pseudoestático de excavación para la estación Juan Rey alternativa 2, se presenta la modelación en estado pseudoestático, para la modelación de esta estación se tuvo en cuenta todas las capas de suelo. Para dicha modelación se usó un factor Kh de 0.088 obteniendo un Fs de 1.9 un valor superior del crítico.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

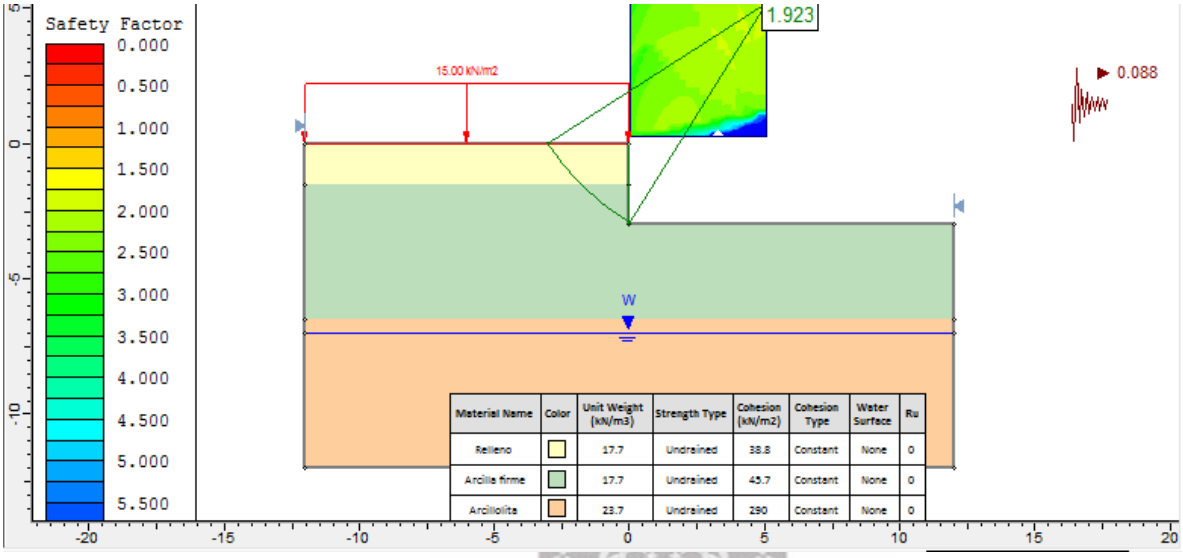


Figura 14-14 *Modelación en estado pseudoestático de excavación para la estación Juan Rey alternativa 2*

14.4.3 Alternativa 3

- Condición sin sismo y nivel freático

En la Figura 14-15 Modelación en estado estático de excavación para la estación Juan Rey alternativa 3, se presenta la modelación en estado estático. Para la modelación de esta estación se tuvo en cuenta todas las capas de suelo. En el perfil se puede observar las capas de suelo con sus respectivos pesos unitarios y el parámetro Cu. Estos fueron tomados de la Tabla 11-54. Parámetros geotécnicos de diseño Juan Rey Alternativa 3 , además de la ubicación del nivel freático, obteniendo así un Fs de 1.8.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

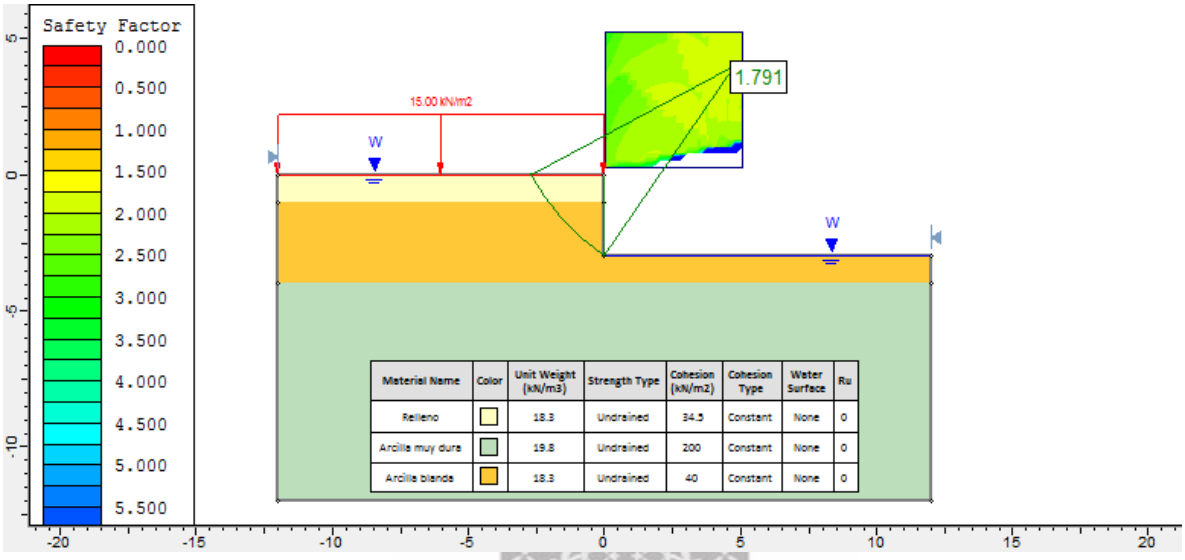


Figura 14-15 *Modelación en estado estático de excavación para la estación Juan Rey alternativa 3*

- Condición con sismo y nivel freático

En la Figura 14-16 Modelación en estado pseudoestático de excavación para la estación Juan Rey alternativa 3 se presenta la modelación en estado pseudoestático. Para la modelación de esta estación se tuvo en cuenta todas las capas de suelo. Para dicha modelación se usó un factor Kh de 0.088 obteniendo un Fs de 1.7 un valor superior del crítico.

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

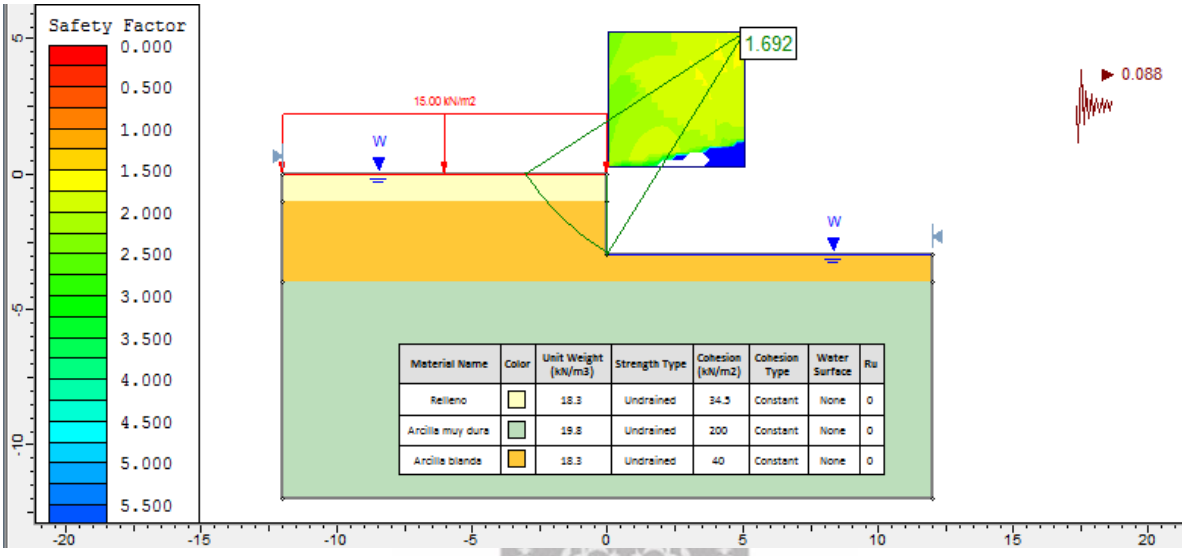


Figura 14-16 *Modelación en estado pseudoestático de excavación para la estación Juan Rey alternativa 3*

Adicionalmente se presenta a continuación una tabla la cual contiene un resumen con los datos obtenidos en las modelaciones:

Tabla 14-1. Resumen de valores de factores sísmicos

ESTACIONES	Fs ESTATICO	Fs PSEUDOESTATICO
P. 20 de Julio ALT 1	5.1	3.5
P. 20 de Julio ALT 4	2.7	2.2
P. 20 de Julio ALT 6	2.3	1.8
La Victoria	3.9	3.7
Altamira	1.7	1.6
Juan Rey ALT 1	1.9	1.7
Juan Rey ALT 2	2.0	1.9
Juan Rey ALT 3	1.8	1.7

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

14.5 Apuntalamientos para cortes

Es importante utilizar apuntalamientos en los cortes verticales mayores a 1.50 m que se realicen con el fin de evitar lesiones o daños en el personal de mano de obra. Por tanto, es fundamental que estos sean diseñados por un ingeniero estructural para poder resistir a las presiones que se generan y que se pueden consultar a detalle en el Anexo J. Estos valores son presentados de manera resumida en la tabla que se presenta a continuación:

Tabla 14-2. Resumen de valores de presiones para cortes

ESTACION	Pa(kPa)
Alternativa 1 P20 Julio	17.91
Alternativa 4 P20 Julio	15.75
Alternativa 6 P20 Julio	17.64
La Victoria	17.73
Altamira	16.47
Alternativa 1 Juan Rey	16.47
Alternativa 2 Juan Rey	15.93
Alternativa 3 Juan Rey	16.47

14.6 Talud estación Altamira

De acuerdo con la implantación arquitectónica de la estación Altamira, se requieren algunos taludes de corte de altura aproximada de 3.0m y ancho de 7.0 m. A partir de esta geometría y el perfil estratigráfico elaborado con la información secundaria, se realizó un modelo simple en SLIDE para verificar el factor de seguridad al deslizamiento. Dada la baja pendiente que tiene el talud según la información suministrada, se tiene un factor de seguridad pseudoestático de 4.6 lo cual es adecuado y un factor de seguridad estático de 6.1.

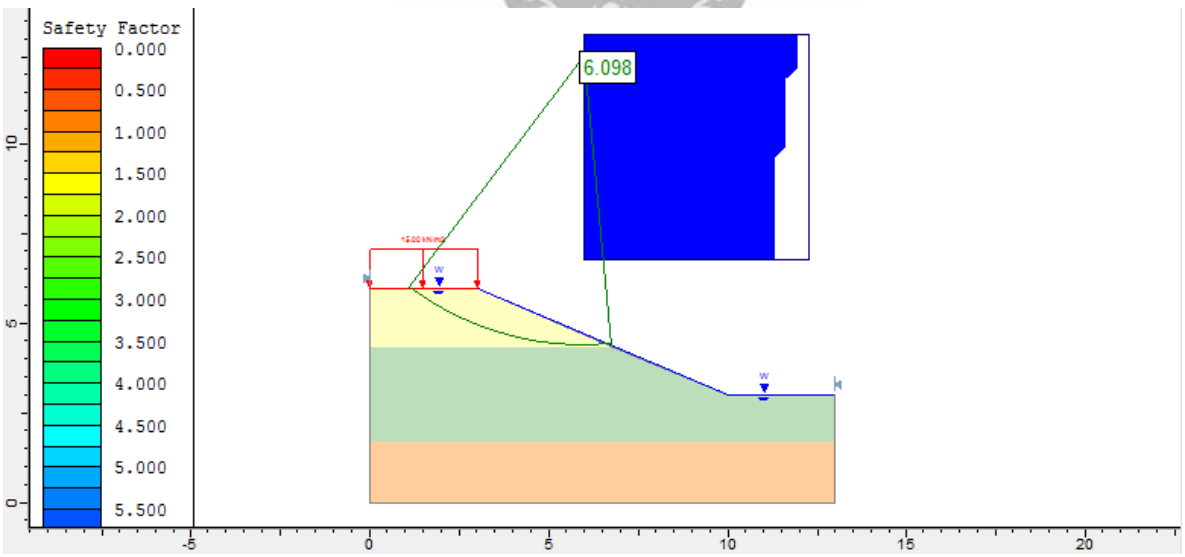


Figura 14-17 *Modelo corte en estado estático del talud estación Altamira*

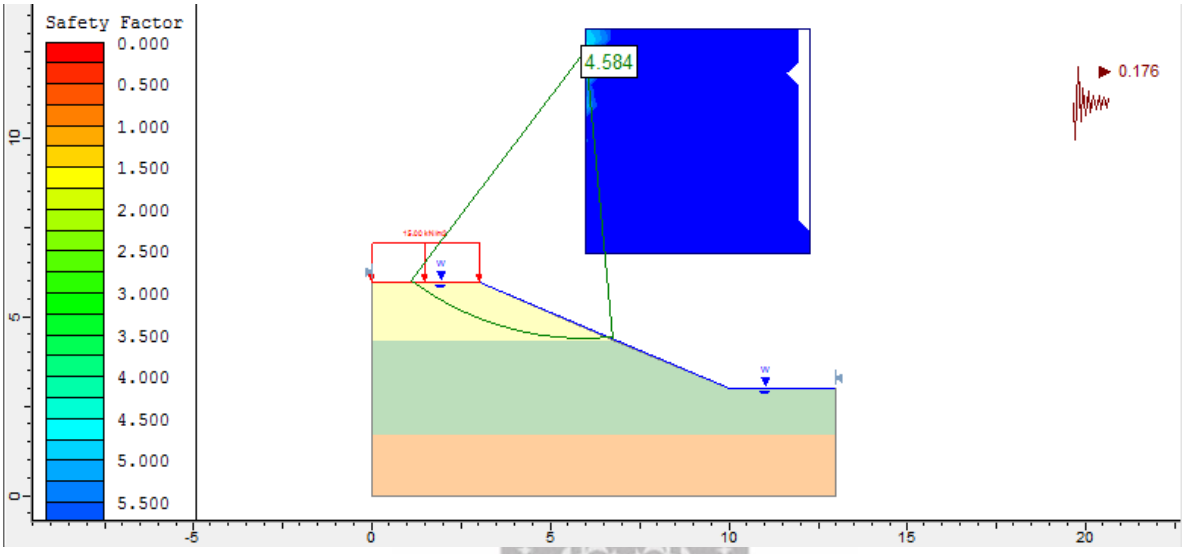


Figura 14-18 *Modelo corte en estado pseudoestático del talud estación Altamira*

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

15 MUROS DE CONTENCIÓN

Para el diseño de muros de contención en las estaciones si son requeridos, se presenta a continuación los parámetros y empujes de tierras a partir de los cuales se deben diseñar estructuralmente dichos muros. Para la estación de Altamira, se realizó un cálculo de empujes de acuerdo con el numeral 13.1.3 de este informe. Para los demás muros en general que se requieran, se podrán utilizar los siguientes parámetros (los cálculos se pueden consultar en detalle en el Anexo J):

Tabla 15-1. Datos generales para diseño de muros

DATOS GENERALES		
Q (kN/m^2) =	3.0	Sobrecarga
γ_R (kN/m^3) =	18.7	Peso Unitario del suelo de relleno
ϕ_R =	32.0	Angulo de fricción interna del suelo de relleno
γ_1 (kN/m^3) =	18.7	Peso Unitario del material a contener
ϕ_1 =	32.0	Angulo de fricción interna del material a contener
γ_2 (kN/m^3) =	19.1	Peso Unitario del estrato de fundación
ϕ_2 =	25.0	Angulo de fricción interna del estrato de fundación
C_2 (kN/m^2) =	30.0	Cohesión del estrato de fundación
α (°)=	0.00	Angulo del terreno en el trasdós del muro
β (°)=	0.00	Angulo del terreno en el intradós del muro
Ka_r =	0.3073	Coef. presión activa de Rankine - Terraplén inclinado - Relleno
Kp_r =	3.2546	Coef. presión pasiva de Rankine - Terraplén inclinado - Relleno
Ka_1 =	0.3073	Coef. presión activa de Rankine - Terraplén inclinado - Suelo a contener
Kp_1 =	3.2546	Coef. presión pasiva de Rankine - Terraplén inclinado - Suelo a contener
Ka_2 =	0.4059	Coef. presión activa de Rankine - Terraplén inclinado - Suelo de fundación
Kp_2 =	2.4639	Coef. presión pasiva de Rankine - Terraplén inclinado - Suelo de fundación
σadm (kN/m^2) =	262.07	Capacidad portante última ADMISIBLE
A, K_{ST}=	0.216	Aceleración pseudoestatica
δ_1(º)	21.33	Ángulo interacción suelo (relleno) - muro
δ_2(º)	16.67	Ángulo interacción suelo (fundación) - muro

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

Tabla 15-2. Predimensionamiento para diseño de muros

PREDIMENSIONAMIENTO		
H_M (m)	**5.00**	Altura Efectiva Muro
h1 (m)	**0.30**	Espesor de zarpa
h2 (m)	4.70	Altura del vástago del Muro
hLL (m)	**0.50**	Altura de llave
B (m)	**5.00**	Ancho total de zarpa
b1 (m)	**1.50**	Punta del Muro
b2 (m)	1.00	Ancho del vástago del muro.
b3 (m)	**2.50**	Talón del muro
b4 (m)	**0.30**	Corona del muro
Pa (KN/m)	71.82	Empuje activo Rankine
Pav(KN/m)	0.00	Componente vertical empuje activo
Pah (KN/m)	71.82	Componente horizontal empuje activo
Pe (KN/m)	52.97	Empuje pasivo Rankine (por hLL)
Pev(KN/m)	0.00	Componente vertical empuje activo (por hLL)
Peh (KN/m)	52.97	Componente horizontal empuje activo (por hLL)
h'_T (m)	0.00	Altura talud inclinado
h´ (m)	0.16	Altura equivalente por sobrecarga aplicada

Tabla 15-3. Empujes estáticos y dinámicos muros de contención

Pa:	64.77	**Pae:**	108.19	**ΔPae:**	43.42
Pah:	54.93	**Paeh:**	91.75	**ΔPaeh:**	36.82
Pav:	34.32	**Paev:**	57.33	**Ẑ:**	2.20
				Ẑh:	2.20

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

16 CRITERIOS GEOTÉCNICOS DE EVALUACIÓN

Con el fin de evaluar y definir la mejor alternativa desde el punto de vista geotécnico se definieron los siguientes criterios de evaluación. Cabe resaltar que, en las alternativas para las estaciones de retorno en Altamira y Juan Rey, la información es limitada y se estima un perfil geotécnico similar, por lo que la definición de una u otra alternativa es indiferente desde el punto de vista geotécnico.

- **Espesor del depósito**

A partir de la información disponible recolectada (registros de perforación y resultados de laboratorio de sondeos ejecutados en estudios pasados y para la fase de factibilidad), se identifica el espesor del depósito, el cual coincide con el nivel al cual se encuentra la roca para cada alternativa de estación y tramo analizado.

Para el caso de cimentaciones superficiales, el espesor del depósito está directamente relacionado con la magnitud del asentamiento. Un espesor de depósito mayor implicaría mayores asentamientos totales y posibles asentamientos diferenciales, lo cual requeriría de estructuras más robustas y medidas que permitan compensar este fenómeno.

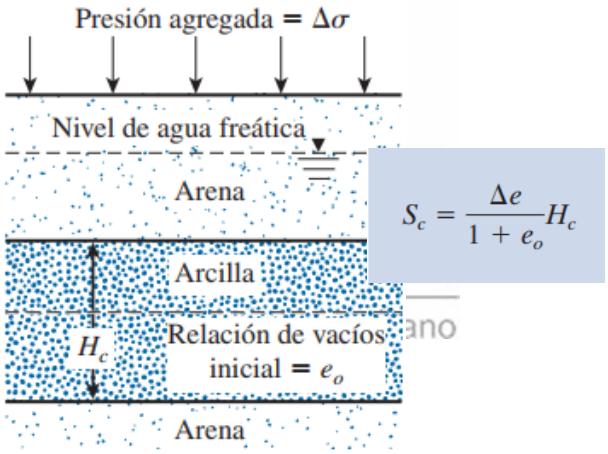


Figura 16-1 *Asentamientos por consolidación. Fuente: Das, B. 2012*

Para el caso de pilotes o caisson, entre mayor sea la profundidad en donde se encuentra la roca, se requerirían de cimentaciones más profundas para llegar al estrato competente y trasmitir adecuadamente las cargas de la estructura ya sea por punta, por fricción o una combinación de ellas, lo que se traduce en mayores cantidades de obra y mayor costo de construcción.

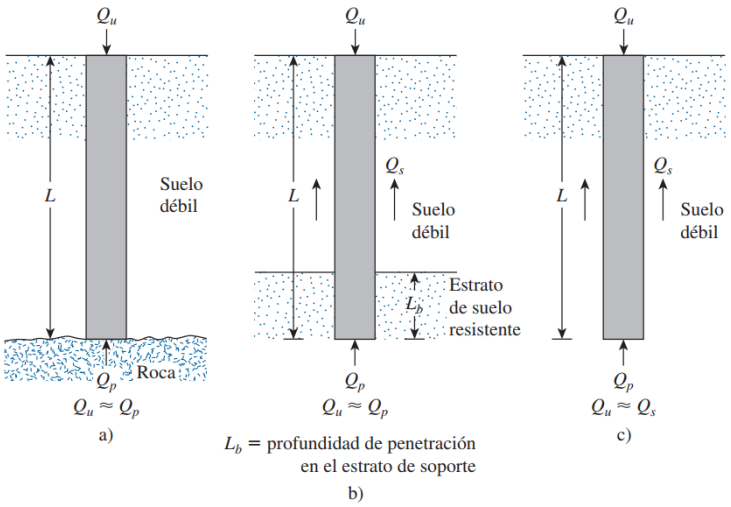


Figura 16-2. *Pilotes por punta y por fricción. Fuente: Das, B. 2012*

Con el fin de evaluar este criterio, se adoptan los siguientes intervalos y calificaciones:

- ✓ Si la roca se encuentra a profundidades comprendidas entre 5.0 m y 10.0 m, se califica este criterio con el valor de 7.
- ✓ Si la roca aflora entre 10.0 m y 20.0 m, se califica este criterio con el valor de 5.
- ✓ Finalmente, si la roca se encuentra a profundidades mayores a 20.0 m, la calificación será de 3.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

- **Facilidad constructiva**

Se refiere a la disponibilidad de espacio y facilidad para realizar las labores de excavaciones para la construcción de las cimentaciones en las diferentes alternativas. Estaciones en donde existan restricciones de espacio tendrán calificación de 3, mientras que estaciones en donde se tenga libertad para realizar los trabajos de construcción para las cimentaciones tendrán calificación de 7

- **Zonificación por remoción en masa**

De acuerdo con la zonificación por remoción en masa realizada para el proyecto, la implantación de las diferentes alternativas de estaciones se encuentra en zonas de amenaza baja, media o alta. Para las estaciones ubicadas en zonas de amenaza baja, se calificará con 7, para amenaza media con 5 y para amenaza alta con 3, indicando así la necesidad de medidas de mitigación.

17 COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS

A partir de los criterios definidos anteriormente, la siguiente tabla muestra el resumen de los puntajes y la mejor alternativa desde el punto de vista geotécnico. En todo caso, ninguna de las alternativas propuestas tiene alguna restricción de peso que impida la ejecución del proyecto.

- Portal 20 de Julio

Alternativa	Espesor del depósito	Facilidad constructiva	Zonificación por remoción en masa
Alternativa 6	5	3	5
Alternativa 1	5	5	7
Alternativa 4	7	7	7

De acuerdo con los anteriores puntajes, la alternativa 4 es la mejor desde el punto de vista geotécnico.

- Altamira

Alternativa	Espesor del depósito	Facilidad constructiva	Zonificación por remoción en masa
Alternativa 2	5	5	5
Alternativa 3	7	7	5
Alternativa 5	7	5	5

De acuerdo con lo anterior, la alternativa 3 es la mejor desde el punto de vista geotécnico.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

- Juan Rey

Alternativa	Espesor del depósito	Facilidad constructiva	Zonificación por remoción en masa
Alternativa 1	7	3	5
Alternativa 2	7	5	5
Alternativa 3	5	5	5

De acuerdo con lo anterior, la alternativa 2 es la más favorable desde el punto de vista geotécnico para el sector de Juan Rey.

18 CANTIDADES DE OBRA Y COMPARACIÓN ECONÓMICA DE ALTERNATIVAS

Para el componente de geotecnia, se relacionan cantidades asociadas a excavaciones, instrumentación y obras de control de nivel freático.

Las cantidades se encuentran consignadas en el formato del anexo K de este informe.

A partir de estas cantidades, se realizó una aproximación con el fin de comparar económicamente cada una de las alternativas analizadas cuyos resultados se resumen a continuación (Ver anexo K de este informe):

- Portal 20 de Julio

Alternativa	Precio ($COP)
Alternativa 6	709’557.288
Alternativa 1	647’087.458
Alternativa 4	659’807.171

- Altamira

Alternativa	Precio ($COP)
Alternativa 2	352’979.453
Alternativa 3	353’502.738
Alternativa 5	350’456.168

- Juan Rey

Alternativa	Precio ($COP)
Alternativa 1	362’986.209
Alternativa 2	371’279.544
Alternativa 3	379’572.878

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

19 RIESGOS PREVISIBLES

En el anexo M, se evidencia la matriz de riesgos previsibles, donde se identifican los riesgos operacionales que pueden presentarse durante la ejecución del proyecto en los 3 posibles escenarios (oficina, laboratorio y campo), se evalúa el riesgo y se implementan controles con el fin de disminuir dichos riesgos y que el proyecto se pueda ejecutar con el mínimo de eventos adversos sin afectar el cronograma del proyecto.

20 INTERFERENCIA CON REDES EXISTENTES

El proyecto tiene una serie de interferencias con redes húmedas y secas cuya identificación y medidas para su manejo se pueden consultar en detalle en el documento INF-RSG—CASC-083-21 Informe de Factibilidad de Diseño de Redes Energía, Telecomunicaciones y Gas Natural y en el informe INF-RHS-CASC-076-21 Informe de Factibilidad Diseños Redes Acueducto y Alcantarillado.

De manera resumida a continuación se presenta la relación de interferencias húmedas para las diferentes alternativas de estaciones y líneas de cable en los tres tramos que involucran el alcance de la factibilidad.

20.1. ESTACIÓN DE TRANFERENCIA 20 DE JULIO

20.1.1. Alternativa 1

De acuerdo con el estudio de redes, en esta alternativa no se presenta interferencia con líneas de acueducto ni alcantarillado. Por lo que desde el punto de vista geotécnico no se requieren acciones especiales que deban ser tenidas en cuenta para la fase de diseño detallado en caso de ser seleccionada.

20.1.2. Alternativa 4

Para esta alternativa, se presenta interferencia con redes de alcantarillado sanitario, por un lado, se encuentra un ramal de 24” en tubería de concreto y un tramo troncal en concreto reforzado de 1.4 m, adicionalmente se presenta influencia indirecta sobre dos ramales de 20 y 16” en concreto. Por el costado noroeste de la estación se encuentra una línea de la red matriz de acueducto con diámetro de 24” que, aunque no queda dentro del área directa de la estación, es posible algún nivel de afectación por efecto de las estructuras de interconexión entre la estación transferencia y la plataforma del portal de Transmilenio.

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

Por las condiciones anteriores, en caso que esta alternativa resulte seleccionada, se deben realizar los diseños geotécnicos para la cimentación de las variantes que se requieren realizar de las líneas que deben ser modificadas. Además, se deben realizar los análisis geotécnicos correspondientes de la influencia de las estructuras proyectadas sobre la integridad de las líneas de acueducto y alcantarillado existentes, con el fin del ver los efectos y diseñar medidas de mitigación que garanticen su estabilidad tanto en construcción como en operación del sistema.

20.1.3. Alternativa 6

En esta alternativa se presenta interferencia con una línea acueducto de la red interna de la estación, el diámetro es de 2” y el material es PVCP. En el caso de líneas de alcantarillado, no hay interferencias. En este caso en la etapa de diseño detallado, será necesario dar las recomendaciones geotécnicas para la instalación de la variante de red menor de acueducto.

20.2. ESTACIÓN DE LA VICTORIA

En el área de influencia directa de la estación, la infraestructura del sistema de distribución de agua potable se encuentra constituido por tuberías de PVC 4", según la implantación de la estación, se presenta interferencia con la red de PVC 4" (L=111 m) que existe por la calle 40ª sur entre carreras 3C Este y 3ª Este.
En cuanto a redes de alcantarillado, se tiene que, en las vías aledañas al área de la estación, se presentan líneas de alcantarillado pluvial del 12 y de 36", que por su localización no interfieren con las obras proyectadas. Así mismo, en el área se encuentran tuberías de alcantarillado sanitario de 8" y 12", la tubería del alcantarillado sanitario de 8" localizada por la calle 40ª sur entre carreras 3C Este y 3ª Este interfiere con el proyecto por lo que posiblemente debe ser removida y reemplazada con una línea alterna.

Dentro de la etapa de diseños detallados, será necesario realizar los estudios geotécnicos para el diseño geotécnico las variantes que se proyecten tanto en las líneas de acueducto y de alcantarillado. Así mismo se requiere determinar los efectos que se pueden tener sobre las redes adyacentes al área de la estación con el fin de establecer la mediadas de mitigación que permitan mantener la integridad de las redes.

20.3. ESTACIÓN DE ALTAMIRA

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

20.3.1. Alternativa 2

Del estudio de redes se tiene que en el área se encuentran líneas de acueducto menores con diámetro de 4" que no interfieren con el área de la estación, tampoco se identifican líneas de la red matriz.

En cuanto a redes de alcantarillado, se encontró que existe una línea menor de 12" y una troncal de 1 m de diámetro de alcantarillado pluvial, que por su localización no interfieren con el proyecto. Así mismo en las vías aledañas al área de la estación se identificaron líneas de alcantarillado sanitario de 8 y 12" en concreto. Estas tuberías no interfieren en el área de la estación.

Desde el punto de vista geotécnico, en la etapa de diseños detallados se requiere verificar la influencia que puede tener el proyecto sobre la estabilidad de las tuberías y así definir la necesidad de obras de mitigación durante construcción y operación del proyecto.

20.3.2. Alternativa 3

Para esta alternativa las líneas de acueducto son menores y con diámetro de 4" en tubería PVC, que por su localización no interfieren en el área de implantación. En cuanto a líneas de alcantarillado pluvial en el área se cuenta con diámetros de 1.20m y 36" en concreto y de alcantarillado sanitario de 8" también en concreto, en todos los casos estas líneas no interfieren en el área de implantación. Sin embargo; por las actividades de construcción de la estación puede generarse afectaciones que deben ser evaluadas desde el punto de vista de geotecnia y definir la necesidad de medidas de protección para garantizar su integridad y serviciabilidad.

20.3.3. Alternativa 5

En esta alternativa se encuentran líneas de acueducto con diámetros de 4 y 8" en PVC, también se encuentran líneas de alcantarillado pluvial y sanitarios en tuberías de concreto de 12", de acuerdo con la localización de la estación se prevé que las líneas existentes no interfieren en el proyecto, sin embargo desde el punto de vista de geotecnia se requiere determinar la influencia del proyecto sobre las tuberías con el fin de establecer si es necesario implementar obras de protección para mantener su estabilidad.

20.4. ESTACIÓN JUAN REY

20.4.1. Alternativa 1

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. INMUEBLES Instituto de Desarrollo Urbano

En el área se encuentran líneas de acueducto de 4" en tubería PVC, en el estudio de redes se precisa que hay interferencia con una línea que requiere ser desplazada en una longitud de 121 m, en este caso durante la etapa de diseños detallados se deberán realizar los estudios y análisis de geotecnia correspondientes para los diseños de la variante proyectada.

En el caso de alcantarillado pluvial y sanitario se encuentran tuberías en concreto de 8, 10 y 16 pulgadas, que no interfieren el área proyectada para la estación.

20.4.2. Alternativa 2

De la información analizada de las redes de acueducto existentes en la zona de implantación de la estación, se puede mencionar que en la zona existen redes de PVC 3" y Ac de 12" de diámetro. Con la implantación de la estación, estas redes se deberán actualizar a norma de la EAAB, es decir la red de 3" se deberá ampliar a 4" y la red de AC se debe cambiar a PVC 12". De acuerdo con esto en la etapa de diseños detallados se deberán realizar los estudios geotécnicos correspondientes para la instalación de estas tuberías.

En cuanto a líneas de alcantarillado pluvial, se encuentra una línea de 20” en concreto que no interfiere con el área de la estación, También se encuentran líneas de alcantarillado sanitario de concreto de 8 y 20” de diámetro que no interfieren con el área de implantación de la estación.

20.4.3. Alternativa 3

Se puede mencionar que en la zona existen redes de acueducto de 3” y 6” de diámetro. Con la implantación de la estación, estas redes se deberán actualizar a norma de la EAAB, es decir la red de 3” se deberá ampliar a PVC 4” y la red de AC 6” se debe renovar a AC 6”, desde el punto de vista de geotecnia, en la etapa de diseños se deberán realizar los estudios geotécnicos correspondientes para la instalación de las nuevas tuberías.

Las líneas de alcantarillado pluvial aledaña al sitio constan de 16” en concreto que ni interfiere en el proyecto. Las de alcantarillado sanitario constan de diámetros de 8”, que tampoco generan interferencia.

20.5. CORREDORES LINEAS DE CABLES AÉREOS.

En el estudio de redes húmedas, se presentan la identificación de las interferencias en los sitios proyectado para el montaje de las pilonas para cada alternativa de línea de cables aéreo en los tres corredores.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

20.5.1. Alternativa 1: 20 de Julio -La Victoria

Se identificaron las siguientes interferencias:

- Pilona P3: Interferencia con tubería de acueducto de PVC 8”.
- Pilona P4: Interferencia con tubería de acueducto de PVC 3” y alcantarillado combinado de 8”.
- Pilona P7: Presenta interferencia con redes de acueducto de 12”, 8” y 3” de diámetro y tubería de alcantarillado combinado de 12”.
- Pilona P8: Presenta interferencia con red de acueducto 3” de diámetro y tubería de alcantarillado combinado de 12”.

20.5.2. Alternativa 4: 20 de Julio -La Victoria

Se identificaron las siguientes interferencias:

- Pilona P3: Interferencia con redes de alcantarillado de 28” y 10”.
- Pilona P4: Interferencia con tubería de alcantarillado 10”.

- Pilona P5: Presenta interferencia con red de acueducto 3” de diámetro y tubería de alcantarillado de 10”.
- Pilona P6: Interferencia con redes de alcantarillado de 8”.
- Pilona P8: Presenta interferencia con red de acueducto 3” de diámetro y tubería de alcantarillado de 12”.
- Pilona P11: Interferencia con redes de alcantarillado de 10”.

20.5.3. Alternativa 6: 20 de Julio -La Victoria

Se identificaron las siguientes interferencias:

- Pilona P3: Presenta interferencia con red de acueducto 3” y 4” y tubería de alcantarillado de 12”.
- Pilona P5: Presenta interferencia con red de acueducto 3” y tubería de alcantarillado de 8”.
- Pilona P6: Presenta interferencia con red de acueducto 3” de diámetro y tubería de alcantarillado de 12”.
- Pilona P8: Interferencia con redes de acueducto 6” AC y alcantarillado de 16”.
- Pilona P9: Presenta interferencia con red de acueducto 3” y tubería de alcantarillado de 16”.
- Pilona P11: Presenta interferencia con tubería de alcantarillado de 32”.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

20.5.4. Alternativa 2: La Victoria-Altamira

Se identificaron las siguientes interferencias:

- Pilona P1: Presenta interferencia con red de alcantarillado de 8”.
- Pilona P4: Presenta interferencia con red de acueducto AC 12”.
- Pilona P5: Presenta interferencia con tubería de alcantarillado de 40”.
- Pilona P6: Presenta interferencia con red de acueducto 3” de diámetro.
- Pilona P7: Presenta interferencia con red de acueducto 6” y alcantarillado de 16”.
- Pilona P9: Presenta interferencia con red de acueducto 4” y tubería de alcantarillado de 8”.
- Pilona P10: Presenta interferencia con tubería de acueducto de PVC 8”.

20.5.5. Alternativa 3: La Victoria-Altamira

Se identificaron las siguientes interferencias:

- Pilona P1: Presenta interferencia con red de alcantarillado 8”.
- Pilona P2: Presenta interferencia con tubería de alcantarillado 8”.
- Pilona P3: Presenta interferencia con red de acueducto PVC 4” y alcantarillado 8”.
- Pilona P4: Presenta interferencia con red de acueducto PVC 4” y alcantarillado de 8”.
- Pilona P7: Presenta interferencia con tubería de alcantarillado de 12” y 14”.
- Pilona P 8: Presenta interferencia con red de acueducto PVC 3” y 4” y tubería de alcantarillado de 12” y 14”.
- Pilona P 11: Presenta interferencia con tubería de alcantarillado de 8”.

20.5.6. Alternativa 5: La Victoria-Altamira

Se identificaron las siguientes interferencias:

- Pilona P1: Presenta interferencia con red de alcantarillado 8”.
- Pilona P2: Presenta interferencia con red de acueducto PVC 4” y alcantarillado 36”.
- Pilona P3: Presenta interferencia con red de acueducto PVC 4” y alcantarillado 8” y 12”.
- Pilona P4: Presenta interferencia con red de acueducto PVC 3”.
- Pilona P5: Presenta interferencia con tubería de alcantarillado de 10”.
- Pilona P6: Presenta interferencia con tubería de alcantarillado de 36”.
- Pilona P 8: Presenta interferencia con red de acueducto PVC 3”.
- Pilona P 9: Presenta interferencia con red de acueducto PVC 4”.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

20.5.7. Alternativa 1: La Victoria-Juan Rey

En la se presenta la Tabla 20-1 relación de interferencia para esta alternativa.

Tabla 20-1. Relación de interferencias de redes húmedas alternativa 1 La Victoria-Juan Rey.

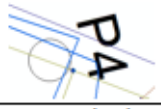
ERENCIAS REDES HIDROSANITARIAS - PILAS - ALTERNATIVAS 1 - SECTOR 3 - LA VICTORIA - JU					
RAMAL	ESQUEMA	ACUEDUCTO RED MENOR DE ACUEDUCTO		ALCANTARILLADO RED MENOR DE ALCANTARILLADO	
ESTACION INTERMEDIA - ESTACION RETORNO -	 P1			COSTADO NORTE - ALCANTARILLADO COMBINADO	
TOTAL LONGITUD DE TUBERIA (MT				110	
ESTACION INTERMEDIA - ESTACION RETORNO -	 P3	COSTADO SUR - TUBERIA 6" AC - 20 MT		COSTADO SUR - ALCANTARILLADO COMBINADO 8" - 60 MT	
TOTAL LONGITUD DE TUBERIA (MT		20		60	
ESTACION INTERMEDIA - ESTACION RETORNO -	 P4	COSTADO NORTE - TUBERIA 12" PVC - 20 MT	COSTADO ESTE - TUBERIA 8" PVC - 20 MT	COSTADO OESTE - ALCANTARILLADO COMBINADO	
TOTAL LONGITUD DE TUBERIA (MT		20	20	26	
ESTACION INTERMEDIA - ESTACION RETORNO -	 P5			COSTADO ESTE - ALCANTARILLADO COMBINADO 8" - 30 MT	
TOTAL LONGITUD DE TUBERIA (MT				30	
ESTACION INTERMEDIA - ESTACION	 P7	COSTADO NORTE - TUBERIA 4" PVC			
TOTAL LONGITUD DE TUBERIA (MT		14			
ESTACION INTERMEDIA - ESTACION RETORNO -	 P8	COSTADO NORTE - TUBERIA 3" PVC - 20 MT			
TOTAL LONGITUD DE TUBERIA (MT		20			
ESTACION INTERMEDIA - ESTACION RETORNO -	 P9	COSTADO SUR - TUBERIA 3" PVC - 20 MT			
TOTAL LONGITUD DE TUBERIA (MT		20			
ESTACION INTERMEDIA - ESTACION RETORNO -	 P10	COSTADO OESTE - TUBERIA 3" PVC - 20 MT			
TOTAL LONGITUD DE TUBERIA (MT		20			
ESTACION INTERMEDIA - ESTACION RETORNO -	 P11	COSTADO OESTE - TUBERIA 3" PVC - 20 MT		COSTADO OESTE - ALCANTARILLADO COMBINADO	
TOTAL LONGITUD DE TUBERIA (MT		20		86	

Fuente: Estudio de Redes Húmedas-Consorcio CS-2021

20.5.8. Alternativa 2: La Victoria-Juan Rey

En la Tabla 20-2 se presenta la relación de interferencia para esta alternativa.

Tabla 20-2. Relación de interferencias de redes húmedas alternativa 3 La Victoria-Juan Rey.

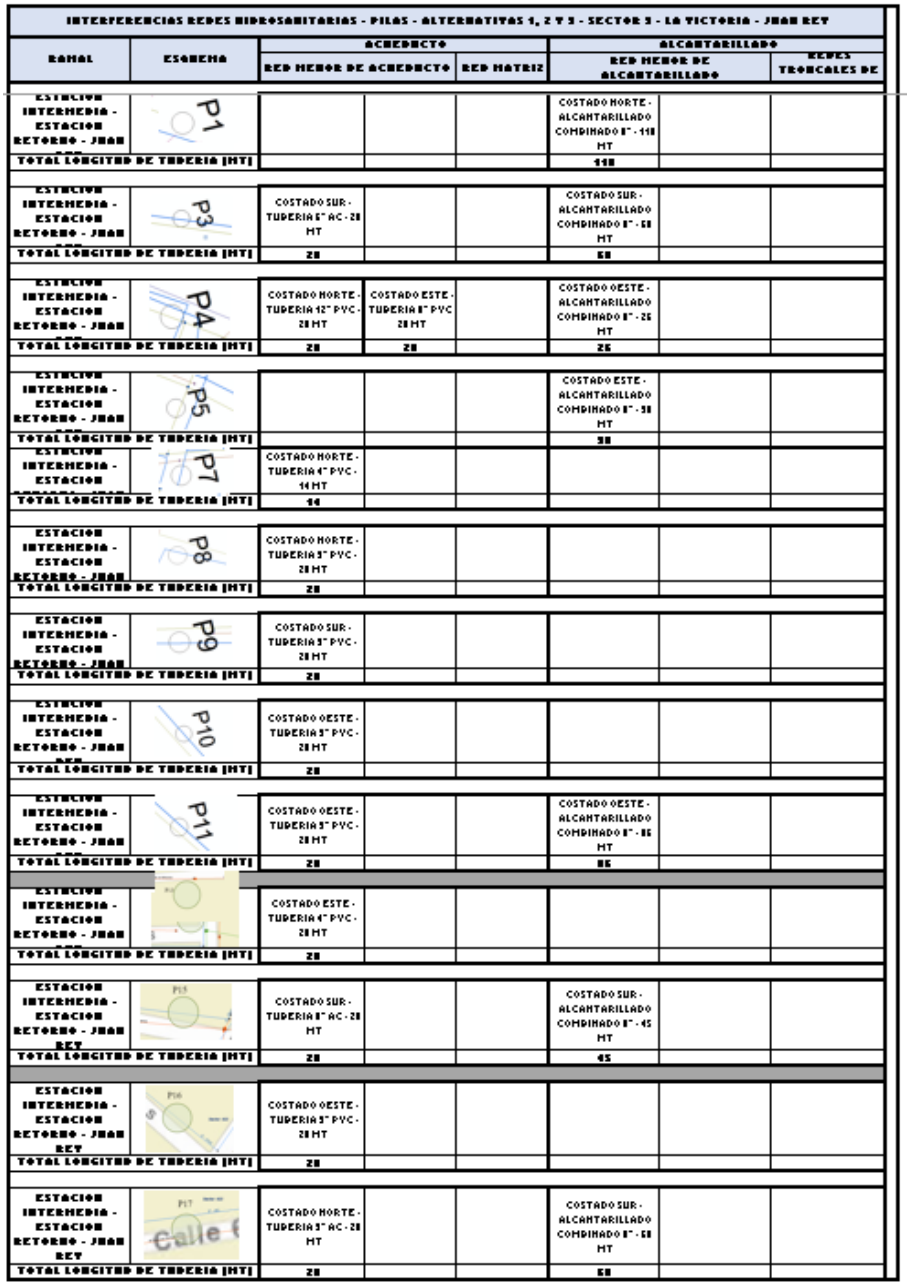
INTERFERENCIAS REDES HIDROSANITARIAS - PILAS - ALTERNATIVAS 2 - SECTOR 3 - LA VICTORIA - JUAN REY					
RAMAL	ESQUEMA	ACUEDUCTO		ALCANTARILLADO	
		RED MENOR DE ACUEDUCTO		RED MENOR DE ALCANTARILLADO	
ESTACION INTERMEDIA - ESTACION RETORNO - JUAN REY				COSTADO NORTE - ALCANTARILLADO COMBINADO 8" - 110 MT	
TOTAL LONGITUD DE TUBERIA (MT)				110	
ESTACION INTERMEDIA - ESTACION RETORNO - JUAN REY		COSTADO SUR - TUBERIA 6" AC - 20 MT		COSTADO SUR - ALCANTARILLADO COMBINADO 8" - 60 MT	
TOTAL LONGITUD DE TUBERIA (MT)		20		60	
ESTACION INTERMEDIA - ESTACION RETORNO - JUAN REY		COSTADO NORTE - TUBERIA 12" PVC - 20 MT	COSTADO ESTE - TUBERIA 8" PVC - 20 MT	COSTADO OESTE - ALCANTARILLADO COMBINADO 8" - 26 MT	
TOTAL LONGITUD DE TUBERIA (MT)		20	20	26	
ESTACION INTERMEDIA - ESTACION RETORNO - JUAN REY				COSTADO ESTE - ALCANTARILLADO COMBINADO 8" - 30 MT	
TOTAL LONGITUD DE TUBERIA (MT)				30	
ESTACION INTERMEDIA - ESTACION RETORNO - JUAN REY		COSTADO OESTE - TUBERIA 3" PVC - 20 MT		COSTADO OESTE - ALCANTARILLADO COMBINADO 8" - 86 MT	
TOTAL LONGITUD DE TUBERIA (MT)		20		86	
ESTACION INTERMEDIA - ESTACION RETORNO - JUAN REY		COSTADO SUR - TUBERIA 8" AC - 20 MT		COSTADO SUR - ALCANTARILLADO COMBINADO 8" - 45 MT	
TOTAL LONGITUD DE TUBERIA (MT)		20		45	

Fuente: Estudio de Redes Húmedas-Consorcio CS-2021

20.5.9. Alternativa 3: La Victoria-Juan Rey

En la Tabla 20-3 se presenta la relación de interferencia para esta alternativa.

Tabla 20-3. Relación de interferencias de redes húmedas alternativa 1 La Victoria-Juan Rey.



INTERFERENCIAS REDES HIDROSANITARIAS - PILAS - ALTERNATIVAS 1, 2 Y 3 - SECTOR 3 - LA VICTORIA - JUAN REY							
RAMAL	ESQUEMA	ACUEDUCTO			ALCANTARILLADO		
		RED MENOR DE ACUEDUCTO		RED MATRIZ	RED MENOR DE ALCANTARILLADO		REDES TRONCALES DE
ESTACION INTERMEDIA - ESTACION RETORNO - JUAN REY	P1				COSTADO NORTE - ALCANTARILLADO COMPIMADO 8" - 118 MT		
TOTAL LONGITUD DE TUBERIA [MT]					118		
ESTACION INTERMEDIA - ESTACION RETORNO - JUAN REY	P3	COSTADO SUR - TUBERIA 8" AC - 28 MT			COSTADO SUR - ALCANTARILLADO COMPIMADO 8" - 58 MT		
TOTAL LONGITUD DE TUBERIA [MT]		28			58		
ESTACION INTERMEDIA - ESTACION RETORNO - JUAN REY	P4	COSTADO NORTE - TUBERIA 12" PVC - 28 MT	COSTADO ESTE - TUBERIA 8" PVC 28 MT		COSTADO OESTE - ALCANTARILLADO COMPIMADO 8" - 25 MT		
TOTAL LONGITUD DE TUBERIA [MT]		28	28		25		
ESTACION INTERMEDIA - ESTACION RETORNO - JUAN REY	P5				COSTADO ESTE - ALCANTARILLADO COMPIMADO 8" - 38 MT		
TOTAL LONGITUD DE TUBERIA [MT]					38		
ESTACION INTERMEDIA - ESTACION	P7	COSTADO NORTE - TUBERIA 4" PVC - 14 MT					
TOTAL LONGITUD DE TUBERIA [MT]		14					
ESTACION INTERMEDIA - ESTACION RETORNO - JUAN REY	P8	COSTADO NORTE - TUBERIA 8" PVC - 28 MT					
TOTAL LONGITUD DE TUBERIA [MT]		28					
ESTACION INTERMEDIA - ESTACION RETORNO - JUAN REY	P9	COSTADO SUR - TUBERIA 8" PVC - 28 MT					
TOTAL LONGITUD DE TUBERIA [MT]		28					
ESTACION INTERMEDIA - ESTACION RETORNO - JUAN REY	P10	COSTADO OESTE - TUBERIA 8" PVC - 28 MT					
TOTAL LONGITUD DE TUBERIA [MT]		28					
ESTACION INTERMEDIA - ESTACION RETORNO - JUAN REY	P11	COSTADO OESTE - TUBERIA 8" PVC - 28 MT			COSTADO OESTE - ALCANTARILLADO COMPIMADO 8" - 85 MT		
TOTAL LONGITUD DE TUBERIA [MT]		28			85		
ESTACION INTERMEDIA - ESTACION RETORNO - JUAN REY		COSTADO ESTE - TUBERIA 4" PVC - 28 MT					
TOTAL LONGITUD DE TUBERIA [MT]		28					
ESTACION INTERMEDIA - ESTACION RETORNO - JUAN REY	P15	COSTADO SUR - TUBERIA 8" AC - 28 MT			COSTADO SUR - ALCANTARILLADO COMPIMADO 8" - 45 MT		
TOTAL LONGITUD DE TUBERIA [MT]		28			45		
ESTACION INTERMEDIA - ESTACION RETORNO - JUAN REY	P16	COSTADO OESTE - TUBERIA 8" PVC - 28 MT					
TOTAL LONGITUD DE TUBERIA [MT]		28					
ESTACION INTERMEDIA - ESTACION RETORNO - JUAN REY	P17 Calle f	COSTADO NORTE - TUBERIA 8" AC - 28 MT			COSTADO SUR - ALCANTARILLADO COMPIMADO 8" - 58 MT		
TOTAL LONGITUD DE TUBERIA [MT]		28			58		

Fuente: Estudio de Redes Húmedas-Consorcio CS-2021

De acuerdo con lo anterior en la etapa de diseños detallados de la alternativa seleccionada para cada corredor, se deben realizar los estudios y diseños de geotecnia para cada interferencia modificada, de acuerdo con las consideraciones y requerimientos de la EAAB-ESP.

20.6. INTERFERENCIA CON REDES SECAS

En el informe de estudios de redes secas, las principales interferencias para el proyecto corresponden con las redes de energía eléctrica que involucran redes de baja y alta tensión, en la mayoría de los casos para la solución de interferencias con estas redes se plantea el soterrado de las líneas en tramos específicos, en estos casos para las alternativas seleccionadas en factibilidad, durante la etapa de diseños detallados, será necesario desde el punto de vista de geotecnia realizar los análisis correspondientes para la cimentaciones y excavación de zanjas en la instalación de dichas redes.

Es importante destacar a necesidad de ajuste en altura de líneas de alta tensión en el corredor del cable aéreo de que va de La Victoria a Juan Rey, en la cual se plantea el incremento de nivel de la red y la inclusión de torres adicionales para tal propósito. En este caso desde el punto de vista de geotecnia será necesario realizar las exploraciones y análisis de cimentaciones y estabilidad de los sitios de implantación de estas estructuras.

El detalle de las interferencias de redes secas con el proyecto del cable aéreo de San Cristóbal se encuentra en el informe del componente de redes secas de la etapa de factibilidad del presente proyecto.

ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

21 CONCLUSIONES

- El proyecto del cable aéreo de San Cristóbal se desarrolla en un marco geológico regional integrado por 9 unidades sedimentarias lito estratigráficas depositadas desde el Cretáceo superior al Pleistoceno, cubiertas por depósitos del cuaternario superior tipo fluvio-lacustres, terrazas aluviales y depósitos de complejos de conos.

- El proyecto del cable aéreo de San Cristóbal se desarrolla en rocas que han sido deformadas por acción orogénica de la Cordillera Oriental en plegamiento anticlinales asimétricos, recumbentes y fallas regionales y locales inversas de importancia.

- Geomorfológicamente presenta geoformas del terreno propias de ambientes morfogenéticos estructural, denudacional, fluvial y antrópicas.

- De acuerdo con la información secundaria recopilada se definió el modelo geológico-geotécnico típico para el área de estudio. Se identificaron en los diferentes tramos rellenos antrópicos de espesores variables seguidos por depósitos fluvioglaciares matriz soportados en algunos sectores. Posteriormente se encuentran suelos residuales arcillosos de la formación Bogotá con consistencia variable entre firme a muy dura en la mayoría de los casos, y finalmente, se encuentra roca bien sea arcillolita o arenisca dependiendo de la ubicación. La arenisca se encuentra hacia el costado norte del Portal 20 de Julio mientras que la arcillolita aflora hacia el costado sur y en general en toda el área del proyecto.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

- Dada la falta de información en algunos sectores, se planteó una campaña de exploración geotécnica para la fase de factibilidad que permitiera complementar dicha información y poder definir con una mejor aproximación las propiedades geotécnicas. Para ello, se plantearon 5 perforaciones mecánicas de 15.0 m de profundidad y 7 líneas de refracción sísmica distribuidas en el área del proyecto.

- A partir de las líneas de refracción sísmica ejecutadas para la campaña de exploración en fase de factibilidad, se determinó un perfil de suelo tipo C para toda el área de estudio.

- De acuerdo con los análisis ejecutados, para las estaciones del sistema se plantearon 3 alternativas de cimentación que consisten en cimentaciones superficiales mediante zapatas con relaciones B/L de 1.0, 0.75, 0.5, 0.25 y 0.1, cimentaciones profundas mediante pilotes pre-excavados y fundidos en sitio con diámetros comprendidos entre 0.4 m y 0.6 m construidos con piloteadora, y caissons de 1.2 m y 1.5 m de diámetro construidos manualmente. Se limitaron los asentamientos a 2.5 cm y se calcularon los respectivos módulos de reacción horizontal y vertical para cada tipo de cimentación. De

acuerdo con los materiales encontrados, se recomiendan las siguientes profundidades mínimas para cimentaciones profundas de estaciones:

Tabla 21-1. Longitudes mínimas para las alternativas de cimentación

Alternativa de Estación	L min pilotes (m)	L min caissons (m)
Alt 1 Portal 20 de Julio	12	10
Alt 4 Portal 20 de Julio	8	8
Alt 6 Portal 20 de Julio	15	12
La Victoria	15	15
Altamira	12	12
Alt 1 Juan Rey	12	10
Alt 2 Juan Rey	12	10
Alt 3 Juan Rey	14	12

- Para la cimentación de las pilonas, y debido a la naturaleza y características de las cargas a soportar, se consideró únicamente cimentaciones profundas con diámetros variables entre 0.8 m y 1.2 m. Las cimentaciones profundas tendrán un nivel de desplante de 1.50 m (nivel de cabezal) y deberán estar empotrados en el estrato rocoso mínimo 3.0 D y separación mínima entre ejes de 3.0 D con una eficiencia de 0.8. Se realizaron chequeos a carga lateral debido a los momentos a los que estarán sometidas las estructuras. En todos los casos se verificó que la deflexión máxima fuera inferior a la admisible. Adicionalmente, se calcularon los módulos de reacción horizontal y vertical para los modelos estructurales. Para estos análisis se utilizó lo consignado en el código colombiano de puentes CCP-14, realizando cálculos de capacidad portante para estado límite de resistencia, estado límite de servicio y estado límite de evento extremo aplicando los factores de reducción dependiendo del tipo de material y resistencia (punta o fuste).
- Se realizaron modelaciones para las excavaciones durante construcción para las diferentes alternativas de estaciones con el fin de verificar los factores de seguridad. Se asumieron excavaciones verticales, en condiciones no drenadas y 3.0 m de altura. De acuerdo con las modelaciones, la alternativa 6 del portal 20 de Julio y la alternativa 2 de Juan Rey, requerirían taludes inclinados para garantizar la estabilidad de la excavación.
- De acuerdo con la implantación arquitectónica de la estación de retorno en Altamira, se requiere de un talud de 3.0 m de alto y 7.0 m de largo. Se realizó la respectiva modelación en SLIDE obteniendo un factor de seguridad adecuado debido a la baja pendiente del talud.
- Para la estación de Altamira se requieren de muros de contención. Para ello, se incluyeron los cálculos de los empujes de tierras para esta estructura en condición estática y pseudo-estática, cuyos valores se presentan en la siguiente tabla:

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

Tabla 21-2. Coeficientes de muros de contención para la estación Altamira

Pa:	184.20	**Pae:**	302.08	**ΔPae:**	117.88
Pah:	161.10	**Paeh:**	264.21	**ΔPaeh:**	103.10
Pav:	89.30	**Paev:**	146.45	**Ẑ:**	3.50
				Ẑh:	3.50

- La alternativa óptima en términos geotécnicos en el Portal 20 de Julio corresponde a la alternativa 4. Para la estación Altamira, la alternativa 3 es la mejor y para Juan Rey la alternativa 2 es la más favorable.
- Para la implantación de la estación en el Portal 20 de Julio, la alternativa más costosa corresponde a la 6 puesto que requiere de mayores excavaciones para las cimentaciones. En la zona de Altamira, debido a la cercanía y características similares, las 3 alternativas tienen costos sin mayores variaciones. A pesar de esto, la de mayor valor corresponde a la alternativa 3. Finalmente, para la zona de Juan Rey, la alternativa 3 tiene mayores costos pues es la de mayor longitud, requiriendo un mayor número de pilonas.
- Para la etapa de diseños definitivos, si aplica, se realizará el análisis en suelos especiales como es el caso de los análisis de licuación en los estratos arenosos entre otros.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

ANEXO A. UBICACIÓN DE PERFORACIONES

ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

ANEXO B. REGISTROS DE PERFORACIÓN

ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

ANEXO C. PLANOS GEOLÓGICOS, GEOTÉCNICOS, SÍSMICOS Y GEOMORFOLÓGICOS F.11.1.5.1. SE1, F.11.1.6.1. SE2, F.11.1.7.1. SE3

ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

ANEXO D. ESQUEMA DE UBICACIÓN DE OBRAS GEOTÉCNICAS

ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

ANEXO E. ESQUEMA DE UBICACIÓN LADERAS

ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

ANEXO F. REGISTROS DE CAMPO LEVANTAMIENTO OBRAS GEOTÉCNICAS Y LADERAS

ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

ANEXO G. RESUMEN DE RESULTADOS DE LABORATORIO

ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

ANEXO H. PLANO DE ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR REMOCIÓN EN MASA F.11.1.5.1. SE1, F.11.1.6.1. SE2, F.11.1.7.1. SE3

ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

ANEXO I. PLANOS DE PERFILES ESTRATIGRÁFICOS
F.11.1.1.ES1, F.11.1.2.ES2, F.11.1.3.ES3, F.11.1.4.ES4, F.11.1.6.1. ALT 2, F.11.1.6.1. ALT 3, F.11.1.6.1. ALT 5, F.11.1.7.1. ALT 1, F.11.1.7.1. ALT 2, F.11.1.7.1. ALT 3

ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

ANEXO J. MEMORIAS DE CÁLCULO

ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

ANEXO K. CANTIDADES GEOTÉCNICAS

ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

ANEXO L. ZONAS GEOTÉCNICAS
F.11.1.5.1. SE1, F.11.1.6.1. SE2, F.11.1.7.1. SE3

ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

ANEXO M. MATRIZ DE RIESGOS

ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

ANEXO N. RESULTADOS DE CAMPAÑA DE EXPLORACIÓN FACTIBILIDAD 2021

ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano