

Auxiliar de Ingeniería Civil en la Subdirección de Gestión y Seguridad Territorial (SURYT) para

Contribuir en la Coordinación, Control y Ejecución de Informes Técnicos y Seguimiento de Obras, Enfocados en Mitigar Riesgos de Amenazas Naturales en las Zonas bajo la Jurisdicción de la CDMB

Julián Andrés Quintero Sandoval

Trabajo de Grado para Optar el Título de Ingeniero Civil

Director

Ludwing Pérez Bustos

Ingeniero Civil, Docente de la Escuela de Ingeniería Civil UIS

Tutor

Jesús Evelio Sánchez Sánchez

Ingeniero Civil, Coordinador SURYT

Universidad Industrial de Santander UIS

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería Civil

Bucaramanga

2025

A Anora...

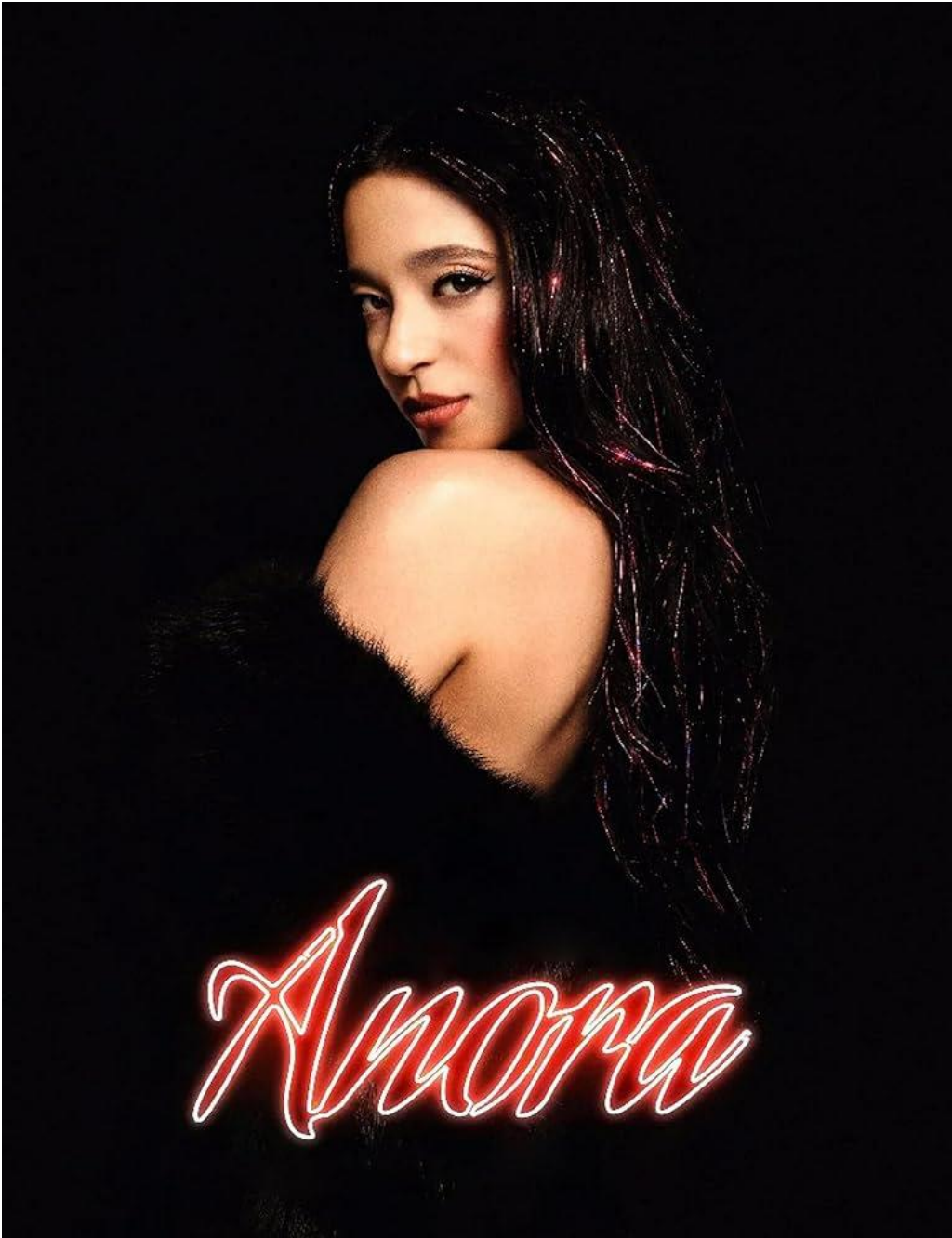


Tabla de Contenido

Introducción	31
1 Estado del Arte.....	33
1.1 Antecedentes.....	33
1.1.1 Línea de Tiempo de la CDMB: Fundación, Control de la Erosión y Autoridad Ambiental.....	33
1.2 Marco Contextual.....	35
1.3 Marco Conceptual.....	37
1.3.1 La Supervisión de los Contratos de Obras de Mitigación de Riesgos	37
1.3.2 La Caracterización de las Amenazas Naturales en Zonas Ambientalmente Intervenidas.....	39
1.3.3 Evaluación de la Estabilidad de Taludes y Sistemas de Mitigación de Riesgos por Amenazas Naturales	42
2 Marco Legal y Normativo.....	49
2.1 Para la Supervisión de Obras de una Entidad Pública	49
2.2 Para la Caracterización de Amenazas Naturales.....	49
2.3 Para un Diseño de Obra de Mitigación de Riesgos.....	49
3 Objetivos.....	50
3.1 Objetivo General.....	50
3.2 Objetivos Específicos.....	50
4 Metodología.....	51
4.1 Ecuaciones Aplicadas.....	57
4.1.1 Caudal de Escorrentía Superficial Asociado a una Microcuenca	57
4.1.2 Criterios Seudoestáticos.....	57

4.1.3 Dimensionamiento de las Obras de Drenaje	63
5. Resultados	65
5.1 Supervisar las Obras de Mitigación de Amenazas Naturales para Asegurar el Cumplimiento de las Actividades y Obligaciones Contractuales en Ejecución por la SURYT.....	65
5.1.1 Obra N.º 1: Control de Erosión en el Talud Posterior al Vivero Flor de Verano y Viviendas Aledañas al Oriente, Barrio Limoncito, Comuna 14.....	65
5.1.1.1 Localización.....	65
5.1.1.2 Necesidad.....	65
5.1.1.3 Información Contractual.	66
5.1.1.4 Cumplimiento de las Actividades Técnicas Asociadas a cada Sección.....	66
5.1.1.5 Plano de la Obra y Estado Final de Esta.	67
5.1.1.6 Flujo Programado y Ejecutado de las Actividades Técnicas – Obra N.º 1.	68
5.1.1.7 Análisis de la Curvas S y Control Financiero de Obra N.º 1.	69
5.1.1.8 Observaciones Finales.	70
5.1.2 Obra N.º 2. Construcción de Obras de Mitigación de la Amenaza por Inundación para la Rehabilitación y Recuperación de la Margen Derecha del Río de Oro en el Sector Centroabastos	71
5.1.2.1 Localización.....	71
5.1.2.2 Necesidad.....	71
5.1.2.3 Composición de la Obra.....	72
5.1.2.4 Información Contractual..	73

5.1.2.5 Cumplimiento de las Actividades Técnicas Asociadas cada Sección.....	73
5.1.2.5.1 Problemas con el Avance Contractual.	74
5.1.2.6 Flujo Programado y Ejecutado de las Actividades Técnicas hasta el Quinto Periodo – Obra N.º 2.....	77
5.1.2.7 Control Financiero de Obra - Análisis de la Curva S hasta el Quinto Periodo.....	78
5.1.2.7.1 Observaciones.....	79
5.2 Elaborar Informes de Caracterización de Amenazas Naturales con Información Técnica, Recomendaciones, Conclusiones y Exhortaciones sobre Mitigación de Riesgos para Entidades Territoriales, de Control, Judiciales y Público en General, Basados en las Inspecciones Oculares Realizadas por la SURYT en el Área de Jurisdicción de la CDMB.....	80
5.3 Elaborar un Diseño Preliminar de Obra de Mitigación de Riesgos para Reducir Amenazas Naturales en la Zona Designada por la SURYT dentro de la Jurisdicción de la CDMB.....	90
5.3.1 Alcance.....	90
5.3.2 Localización.....	90
5.3.3 Visita de Reconocimiento: Descripción de la Problemática y Análisis de la Amenaza	91
5.3.4 Zonificación.....	91
5.3.5 Caracterización del Caudal de Escorrentía: Sector Sur del Barrio Antonio Nariño	93
5.3.5.1 Tiempo de Concentración.	93

5.3.5.2 Intensidad.....	93
5.3.5.3 Coeficiente de escorrentía C.....	93
5.3.5.4 Caudal.....	93
5.3.6 Perfiles Geológicos-Geotécnicos.....	93
5.3.7 Criterios del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 para la Evaluación de Estabilidad del Escarpe Sur del Barrio Antonio Nariño.....	96
5.3.7.1 La Aceleración Máxima del Terreno $a_{m\acute{a}x}$	96
5.3.7.2 El Efecto Sísmico de Diseño para Análisis Seudoestático de Taludes K_{ST}	96
5.3.7.3 Las Cargas Distribuidas.....	96
5.3.8 Evaluación de la Estabilidad de los Perfiles Geológicos-Geotécnicos en Estado Actual en Condición Estática.....	97
5.3.8.1 Evaluación de la Estabilidad para el Perfil 1. En la siguiente figura se ilustra una gran superficie de falla crítica, la cual demuestra la necesidad de medidas de estabilización.....	97
5.3.8.2 Evaluación de la Estabilidad para el Perfil 2. En la Figura 54 se ilustra una superficie de falla arbitraria asociada a la situación más desfavorable de esta área de estudio.....	98
5.3.8.3 Evaluación de la Estabilidad para el Perfil 3. En la siguiente figura, se demuestra una condición global estable en la condición estática modelada para esta zona de Antonio Nariño.....	99
5.3.8.4 Evaluación de la Estabilidad para el Perfil 4. La Figura 56 presenta la superficie de falla más desfavorable, asociada con el contexto crítico del	

sector, incluyendo cargas de la vía y viviendas, las cuales también se ubican en la base del talud y se extienden pendiente arriba.	100
5.3.9 Evaluación de la Estabilidad de los Perfiles Geológicos-Geotécnicos en Estado Actual en Condición Seudoestática.....	101
5.3.9.1 Evaluación de la Estabilidad para el Perfil 1..	101
5.3.9.2 Evaluación de la Estabilidad para el Perfil 2.	102
5.3.9.3 Evaluación de la Estabilidad para el Perfil 3..	103
5.3.9.4 Evaluación de la Estabilidad para el Perfil 4.	104
5.3.10 Diseño de los Sistemas de Estabilización	105
5.3.10.1 Pantalla de Anclajes Activos.	105
5.3.10.1.1 La Resistencia Admisible de Adherencia entre el Suelo y la Zona del Bulbo.....	105
5.3.10.1.2 La Capacidad de los Anclajes	105
5.3.10.1.3 La Longitud del Bulbo	105
5.3.10.1.4 Las Zapatas para los Anclajes Activos.	106
5.3.10.2 Conformación del Talud para el Perfil 1.....	108
5.3.10.2.1 Modificación de la Pendiente.....	108
5.3.10.3 Micropilotes para el Perfil 1.	110
5.3.10.4 Obras de Drenaje y Subdrenaje.....	111
5.3.10.4.1 Los Caudales de Escorrentía.....	111
5.3.10.4.2 Los Radios Hidráulicos.....	111
5.3.10.4.3 Las Áreas Hidráulicas	112
5.3.10.4.4 Los Tirantes y Las Bases.	112
5.3.10.4.5 La Propuesta del Canal.	113

5.3.10.4.6 Los Drenes Horizontales o de Penetración	116
5.3.11 Análisis de la Estabilidad de los Perfiles Geológicos-Geotécnicos con Sistemas de Estabilización en Condición Estática.....	117
5.3.11.1 Perfil 1.....	117
5.3.11.2 Perfil 2.....	118
5.3.11.3 Perfil 3.....	119
5.3.11.4 Perfil 4.....	120
5.3.12 Análisis de la Estabilidad de los Perfiles Geológicos-Geotécnicos con Sistemas de Estabilización en Condición Seudoestática.	121
5.3.12.1 Perfil 1.....	121
5.3.12.2 Perfil 2.....	122
5.3.12.3 Perfil 3.....	123
5.3.12.4 Perfil 4.....	124
5.3.13 Presupuesto Aproximado	125
6. Discusión.....	126
7. Conclusiones.....	127
8. Recomendaciones	128
Referencias Bibliográficas	129
Apéndices.....	134

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Clasificación de los perfiles del suelo</i>	58
Tabla 2 <i>Valores del coeficiente de importancia I</i>	59
Tabla 3 <i>Valores de resistencia última del bulbo de selle entre el suelo y la lechada para suelos cohesivos acorde a Post-Tensioning Institute</i>	60
Tabla 4 <i>Valores de resistencia media del bulbo de selle entre el suelo y la lechada acorde a la Norma Española de Anclajes</i>	60
Tabla 5 <i>Valores típicos de la resistencia en el contacto suelo-micropilote</i>	63
Tabla 6 <i>Información de Contratos N.º 210-15352-6 y N.º 210-15417-4 – Obra N.º 1</i>	66
Tabla 7 <i>% E.A de las actividades técnicas asociadas a cada sección – Obra N.º 1</i>	66
Tabla 8 <i>Flujo programado y flujo ejecutado de la obra N.º 1</i>	68
Tabla 9 <i>Evaluación del flujo ejecutado de las actividades técnicas respecto al programado – Obra N.º 1</i>	69
Tabla 10 <i>Información de los contratos N.º 210-15410-6 y N.º 210-15432-4 – Obra N.º 2</i>	73
Tabla 11 <i>% E.A de las actividades técnicas asociadas a cada sección – Obra N.º 2</i>	73
Tabla 12 <i>Flujo programado y flujo ejecutado de la obra N.º 2</i>	77
Tabla 13 <i>Evaluación del flujo ejecutado de las actividades técnicas respecto al programado – Obra N.º 2</i>	78
Tabla 14 <i>Factor de seguridad y nivel de amenaza para el Perfil 1 en condición estática</i>	97
Tabla 15 <i>Factor de seguridad y nivel de amenaza para el Perfil 2 en condición estática</i>	98
Tabla 16 <i>Factor de seguridad y nivel de amenaza para el Perfil 3 en condición estática</i>	99
Tabla 17 <i>Factor de seguridad y nivel de amenaza para el Perfil 4 en condición estática</i>	100
Tabla 18 <i>Factor de seguridad y nivel de amenaza para el Perfil 1 en condición pseudoestática</i>	101
Tabla 19 <i>Factor de seguridad y nivel de amenaza para el Perfil 2 en condición pseudoestática</i>	102
Tabla 20 <i>Factor de seguridad y nivel de amenaza para el Perfil 3 en condición pseudoestática</i>	103

Tabla 21 <i>Factor de seguridad y nivel de amenaza para el Perfil 4 en condición pseudoestática</i>	104
Tabla 22 <i>Propuesta de dimensiones de la zapata cuadrada</i>	106
Tabla 23 <i>Factor de seguridad y nivel de amenaza para el Perfil 1 con corte, en condición pseudoestática</i>	109
Tabla 24 <i>Resistencia última axial, longitud enterrada y longitud para el diseño de los micropilotes</i>	110
Tabla 25 <i>Caudal de referencia asociado a cada perfil</i>	111
Tabla 26 <i>Radios hidráulicos asociados a cada perfil</i>	111
Tabla 27 <i>Áreas hidráulicas asociadas a cada perfil</i>	112
Tabla 28 <i>Tirantes asociados a cada perfil, Número de Froude F_r y Número de Reynolds R_e</i>	112
Tabla 29 <i>Valores de la base b para el canal asociados a cada perfil</i>	112
Tabla 30 <i>Ubicación de las cajas colectoras</i>	113
Tabla 31 <i>Caudal acumulado y dimensiones de diseño</i>	113
Tabla 32 <i>Velocidad asociada al caudal acumulado y al área de diseño relacionada con cada perfil</i>	114
Tabla 33 <i>Diámetro calculado y diámetro comercial para la elección de la tubería</i>	114
Tabla 34 <i>Cantidad de bloques y distancia d para la conformación del canal</i>	116
Tabla 35 <i>F, S y nivel de amenaza para el Perfil 1 en condición estática con sistemas de estabilización</i>	117
Tabla 36 <i>F, S y nivel de amenaza para el Perfil 2 en condición estática con sistemas de estabilización</i>	118
Tabla 37 <i>F, S y nivel de amenaza para el Perfil 3 en condición estática con sistemas de estabilización</i>	119

Tabla 38 <i>F. S y nivel de amenaza para el Perfil 4 en condición estática con sistemas de estabilización</i>	120
Tabla 39 <i>F. S y nivel de amenaza para el Perfil 1 en condición pseudoestática con sistemas de estabilización</i>	121
Tabla 40 <i>F. S y nivel de amenaza para el Perfil 2 en condición pseudoestática con sistemas de estabilización</i>	122
Tabla 41 <i>F. S y nivel de amenaza para el Perfil 3 en condición pseudoestática con sistemas de estabilización</i>	123
Tabla 42 <i>F. S y nivel de amenaza para el Perfil 4 en condición pseudoestática con sistemas de estabilización</i>	124
Tabla 43 <i>Resumen de cantidades de elementos de los métodos de estabilización</i>	125
Tabla 44 <i>Presupuesto aproximado de obra</i>	125

Lista de figuras

Figura 1 <i>Canalización Quebrada La Rosita</i>	34
Figura 2 <i>Red de Alcantarillado de Bucaramanga</i>	34
Figura 3 <i>Ilustración de la relación entre la importancia de las decisiones y el costo de los cambios</i>	38
Figura 4 <i>Canalización de la Q. Zapamanga: (a) socavación y tubificación; (b) efectos de la erosión</i>	39
Figura 5 <i>Remoción en masa de tipo caída, km 6 vía Girón: (a) de rocas y suelo; (b) de suelo con detritos</i>	41
Figura 6 <i>Deslizamiento rotacional en el barrio La Feria: (a) vista lateral izquierda; (b) daños materiales</i>	41
Figura 7 <i>Deslizamiento complejo: rotacional con flujo de tierra, Q. Chambula, Suratá; (a) vista frontal; (b) vista superior de una sección de la corona</i>	42
Figura 8 <i>Bulbo Tipo C</i>	46
Figura 9 <i>Esquema de acciones actuantes sobre una dovela según el Método de Janbu Generalizado</i>	48
Figura 10 <i>Señalización de perfiles con rejilla de coordenadas MAGNA SIRGAS (EPSG: 3116 UTM)</i>	53
Figura 11 <i>Secuencia del perfil geológico-geotécnico N.º 1; (a) creación desde las curvas de nivel en 3D; (b) puesta en vista en planta; (c) estratos para asignar las unides geológicas</i>	54
Figura 12 <i>Continuidad del perfil geológico-geotécnico N.º 1 en Geostudio (SLOPE/W); (a) regiones en DXF; (b) configuración de materiales; (c) estado para evaluar la estabilidad; (d) evaluación del F. S</i>	55

Figura 13 <i>Localización de la obra N.º 1; (a) coordenadas 7° 8' 0,62" N, 73° 6' 16,67" O; (b) frente de obra</i>	65
Figura 14 <i>Plano final de la Obra</i>	67
Figura 15 <i>Estado final de la obra</i>	67
Figura 16 <i>Presupuesto programado y presupuesto ejecutado de la obra N.º 1</i>	69
Figura 17 <i>Localización de la obra N.º 2; (a) coordenadas: 7° 6' 24,38"N, 73° 9' 55,67"O; (b) frente de obra</i>	71
Figura 18 <i>Socavación en los antiguos gaviones</i>	72
Figura 19 <i>Deterioro y destrucción de los gaviones</i>	72
Figura 20 <i>Isométrico en 3D de la obra de gaviones desde el lateral derecho</i>	72
Figura 21 <i>Excavación mecánica bajo agua</i>	74
Figura 22 <i>Hallazgos del dentellón de la antigua estructura</i>	74
Figura 23 <i>Conformación del jarillón provisional de la obra</i>	75
Figura 24 <i>Presupuesto programado y presupuesto ejecutado de la obra N.º 2</i>	78
Figura 25 <i>N.º de casos: (a) Bucaramanga: 12; (b) Floridablanca: 3; (c) Suratá: 2; (d) Piedecuesta: 1; (e) clasificación por temática</i>	80
Figura 26 <i>Ficha técnica de inspección ocular para caracterizar amenazas naturales, Villas de San Ignacio</i>	80
Figura 27 <i>Ficha técnica de inspección ocular para caracterizar amenazas naturales, La Guacamaya</i>	81
Figura 28 <i>Ficha técnica de inspección ocular para caracterizar amenazas naturales, Kennedy</i> ...	82
Figura 29 <i>Ficha técnica de inspección ocular para caracterizar amenazas naturales, La Feria (1)</i>	82
Figura 30 <i>Ficha técnica de inspección ocular para caracterizar amenazas naturales, La Feria (2)</i>	

.....	83
Figura 31 <i>Ficha técnica de inspección ocular para caracterizar amenazas naturales, La Feria (3)</i>	
.....	83
Figura 32 <i>Ficha técnica de inspección ocular para caracterizar amenazas naturales, Kilómetro 6</i>	
<i>vía Girón</i>	84
Figura 33 <i>Ficha técnica de inspección ocular para caracterizar amenazas naturales, Zapamanga</i>	
<i>V Etapa</i>	84
Figura 34 <i>Ficha técnica de inspección ocular para caracterizar amenazas naturales, Miramanga</i>	
.....	85
Figura 35 <i>Ficha técnica de inspección ocular para caracterizar amenazas naturales, África....</i>	85
Figura 36 <i>Ficha técnica de inspección ocular para caracterizar amenazas naturales, Colina</i>	
<i>Campestre</i>	86
Figura 37 <i>Ficha técnica de inspección ocular para caracterizar amenazas naturales, San Martín</i>	
.....	86
Figura 38 <i>Ficha técnica de inspección ocular para caracterizar amenazas naturales, Quebrada</i>	
<i>Chambula</i>	87
Figura 39 <i>Ficha técnica de inspección ocular para caracterizar amenazas naturales, Carrera 4</i>	
.....	87
Figura 40 <i>Ficha técnica de inspección ocular para caracterizar amenazas naturales, Carrera 6 w</i>	
.....	88
Figura 41 <i>Ficha técnica de inspección ocular para caracterizar amenazas naturales, Villas del</i>	
<i>Reposo</i>	88
Figura 42 <i>Ficha técnica de inspección ocular para caracterizar amenazas naturales, La Feria (4)</i>	
.....	89

Figura 43 <i>Ficha técnica de inspección ocular para caracterizar amenazas naturales, Villa Esmeralda</i>	89
Figura 44 <i>Localización del diseño adyacente a la Calle 21 del barrio Antonio Nariño</i>	90
Figura 45 <i>Mapa de amenaza por movimientos de remoción en masa para el sector de Antonio Nariño</i>	91
Figura 46 <i>Mapa de cobertura vegetal del sector de Antonio Nariño</i>	92
Figura 47 <i>Mapa de geología del sector de Antonio Nariño</i>	92
Figura 48 <i>Mapa de geomorfología del sector de Antonio Nariño</i>	93
Figura 49 <i>Perfil 1. Cota inicial: 908 msnm. Cota final: 867 msnm</i>	94
Figura 50 <i>Perfil 2. Cota inicial: 918 msnm. Cota final: 877 msnm</i>	94
Figura 51 <i>Perfil 3. Cota inicial: 920 msnm. Cota final: 879 msnm</i>	95
Figura 52 <i>Perfil 4. Cota inicial: 924 msnm. Cota final: 883 msnm</i>	95
Figura 53 <i>Perfil 1 evaluado por el Método de Janbu Generalizado en condición estática</i>	97
Figura 54 <i>Perfil 2 evaluado por el Método de Janbu Generalizado en condición estática</i>	98
Figura 55 <i>Perfil 3 evaluado por el Método de Janbu Generalizado en condición estática</i>	99
Figura 56 <i>Perfil 4 evaluado por el Método de Janbu Generalizado en condición estática</i>	100
Figura 57 <i>Perfil 1 evaluado por el Método de Janbu Generalizado en condición pseudoestática</i> .101	
Figura 58 <i>Perfil 2 evaluado por el Método de Janbu Generalizado en condición pseudoestática</i> .102	
Figura 59 <i>Perfil 3 evaluado por el Método de Janbu Generalizado en condición pseudoestática</i> .103	
Figura 60 <i>Perfil 4 evaluado por el Método de Janbu Generalizado en condición pseudoestática</i> .104	
Figura 61 <i>Detalle del anclaje y longitud del bulbo Tipo C: inyectado a presión ≥ 290 psi</i>	106
Figura 62 <i>Detalle de la zapata y pantalla en concreto lanzado</i>	108
Figura 63 <i>Perfil 1 con corte desde la cota 888 msnm. Pendiente de 25°</i>	108

Figura 64 <i>Evaluación de la estabilidad en condición pseudoestática para el perfil 1 con corte, mediante el Método de Janbu Generalizado</i>	109
Figura 65 <i>Caja colectora disipadora de energía; (a) corte frontal; (b) corte longitudinal</i>	114
Figura 66 <i>Isometría ilustrativa del bloque; (a) al iniciar el canal; (b) el de continuación</i>	115
Figura 67 <i>Isometría ilustrativa del canal en gradería; (a) al iniciar el Perfil 4; (b) vista lateral de este</i>	115
Figura 68 <i>Perfil 1 evaluado mediante el Método de Janbu Generalizado con sistemas de estabilización en condición estática</i>	117
Figura 69 <i>Perfil 2 evaluado mediante el Método de Janbu Generalizado con sistemas de estabilización en condición estática</i>	118
Figura 70 <i>Perfil 3 evaluado mediante el Método de Janbu Generalizado con sistemas de estabilización en condición estática</i>	119
Figura 71 <i>Perfil 4 evaluado mediante el Método de Janbu Generalizado con sistemas de estabilización en condición estática</i>	120
Figura 72 <i>Perfil 1 evaluado mediante el Método de Janbu Generalizado con sistemas de estabilización en condición pseudoestática</i>	121
Figura 73 <i>Perfil 2 evaluado mediante el Método de Janbu Generalizado con sistemas de estabilización en condición pseudoestática</i>	122
Figura 74 <i>Perfil 3 evaluado mediante el Método de Janbu Generalizado con sistemas de estabilización en condición pseudoestática</i>	123
Figura 75 <i>Perfil 4 evaluado mediante el Método de Janbu Generalizado con sistemas de estabilización en condición pseudoestática</i>	124

Lista de Apéndices

Apéndice 1. Resumen de Pólizas y Gestión Contractual – Obra N.º 1	134
Apéndice 2. Tabla de Actividades Técnicas – Obra N.º 1, Sección Primera: Preliminares	135
Apéndice 3. Actividades iniciales de la Obra N.º 1; (a) Valla Informativa de la Obra; (b) Especies Arbóreas a Intervenir; (c) Descapote y Limpieza; (d) Perfilado a Mano del Talud.....	136
Apéndice 4. Tabla de Cumplimiento de Actividades Técnicas – Obra N.º 1, Sección Primera: Preliminares	137
Apéndice 5. Tabla de Actividades Técnicas – Obra N.º 1, Sección Segunda: Excavación	138
Apéndice 6. Figura de Excavación de la Obra – Obra N.º 1; (a) Plano; (b) Excavación en Material Granular; (c) Excavación para Zapatas.....	139
Apéndice 7. Tabla de Cumplimiento de Actividades Técnicas – Obra N.º 1, Sección Segunda: Excavación.....	140
Apéndice 8. Tabla de Actividades Técnicas – Obra N.º 1, Sección Tercera: Concreto	141
Apéndice 9. Ilustración del Área de la Obra de Concreto Lanzado, Anclajes Activos y Estructuras Hidráulicas – Obra N.º 1	142
Apéndice 10. Tabla de Cumplimiento de Actividades Técnicas – Obra N.º 1, Sección Tercera: Concreto.....	143
Apéndice 11. Figura del Detalle del Proceso Constructivo de la Obra de Concreto Lanzado y Anclajes Activos	144
Apéndice 12. Tabla de Actividades Técnicas – Obra N.º 1, Sección Cuarta: Aceros	145
Apéndice 13. Figura del Detalle Constructivo de la Zapata del Anclaje para la Obra N.º 1; (a) Malla Electrosoldada; (b) Vista de Perfil; (c) Isométrico.....	146
Apéndice 14. Tabla de Cumplimiento de Actividades Técnicas – Obra N.º 1, Sección Cuarta: Aceros.	147

Apéndice 15. Figura del Anclaje Activo en la Obra N.º 1; (a) de Manera Longitudinal; (b) Detalle Constructivo; (c) Inyección de Lechada	148
Apéndice 16. Tabla de Actividades Técnicas – Obra N.º 1, Sección Quinta: Perforaciones Horizontales	149
Apéndice 17. Tabla de Cumplimiento de Actividades Técnicas – Obra N.º 1, Sección Quinta: Perforaciones Horizontales	150
Apéndice 18. Tabla de Actividades Técnicas – Obra N.º 1, Sección Sexta: Varios.....	151
Apéndice 19. Detalles de las Estructuras hidráulicas de la Obra N.º 1; (a) Entrega de los Drenes Horizontales o de Penetración; (b) Instalación de Drenes; (c) Caja de Inspección; (d) Sección de la Canaleta.....	152
Apéndice 20. El Disipador de Energía de la Obra N.º 1; (a) Zona del Talud antes de Suscribir el Otrosí N.º1; (b) Disipadores Durante la Construcción; (c) Sección Transversal del Tipo 1 y Tipo 2.....	153
Apéndice 21. Tabla de Cumplimiento de Actividades Técnicas – Obra N.º 1, Sección Sexta: Varios.....	154
Apéndice 22. Estado Avanzado de la Obra N.º 1	155
Apéndice 23. Resistencia de Mortero de Cemento Hidráulico para la Obra N.º 1	156
Apéndice 24. Control de Calidad a las Mallas Electrosoldadas para la Obra N.º 1	157
Apéndice 25. Control de Calidad de Resistencia a la Compresión de Cilindros de Concreto para Obra N.º 1	158
Apéndice 26. Resumen de Pólizas y Gestión Contractual – Obra N.º 2.....	159
Apéndice 27. Tabla de Actividades Técnicas – Obra N.º 2, Sección Primera: Preliminares.....	160
Apéndice 28. Etapas Iniciales de la Obra N.º 2; (a) Sector a Intervenir; (b) Valla Informativa; (c) Replanteo; (d) Desmote y Limpieza; (e) Secciones Transversales.....	161

Apéndice 29. Tabla de Cumplimiento de Actividades Técnicas – Obra N.º 2, Sección Primera: Preliminares	163
Apéndice 30. Tabla de Actividades Técnicas – Obra N.º 2, Sección Segunda: Excavación	164
Apéndice 31. Tabla de Cumplimiento de Actividades Técnicas – Obra N.º 2, Sección Segunda: Excavación	165
Apéndice 32. Tabla de Actividades Técnicas – Obra N.º 2, Sección Tercera: Concreto	166
Apéndice 33. Figura Alusiva a los Tres Tipos de Concreto Utilizados en la Obra N.º 2; (a) Ciclópeo de 3 000 psi; (b) de 3 000 psi; (c) de 2 000 psi.....	167
Apéndice 34. Tabla de Cumplimiento de Actividades Técnicas – Obra N.º 2, Sección Tercera: Concreto.....	168
Apéndice 35. Tabla de Actividades Técnicas – Obra N.º 2, Sección Cuarta: Aceros	169
Apéndice 36. Figura en 3D desde la Vista Posterior de la Obra N.º 2.....	170
Apéndice 37. Tabla de Cumplimiento de Actividades Técnicas – Obra N.º 2, Sección Cuarta: Aceros.....	171
Apéndice 38. Tabla de Actividades Técnicas – Obra N.º 2, Sección Quinta: Perforaciones Horizontales	172
Apéndice 39. Tabla de Actividades Técnicas – Obra N.º 2, Sección Sexta: Varios.....	173
Apéndice 40. Figura de Ejecución de Actividades Técnicas de la Sección Sexta – Obra N.º 2.	174
Apéndice 41. Tabla de Cumplimiento de Actividades Técnicas – Obra N.º 2, Sección Sexta: Varios.....	175
Apéndice 42. Modelo en 3D del Barrio Antonio Nariño	176
Apéndice 43. Información de la Zonificación de la Amenaza por Remoción en Masa para el Barrio Antonio Nariño	177

Apéndice 44. Topografía y Clasificación de la Cobertura Vegetal para el Barrio Antonio Nariño.....	178
Apéndice 45. Información Geológica para el Barrio Antonio Nariño	179
Apéndice 46. Información Geomorfológica para el Barrio Antonio Nariño	181
Apéndice 47. Geología Estructural	182
Apéndice 48. Tabla de Datos de Intensidades Máximas de Precipitación en mm/hora, Estación CDMB.....	183
Apéndice 49. Curvas Intensidad–Duración–Frecuencia (IDF).....	184
Apéndice 50. Figura de la Microcuenca de la Quebrada Argelia, Sector Sur del Barrio Antonio Nariño.....	185
Apéndice 51. Tabla de Parámetros Morfológicos de la Microcuenca de la Quebrada Argelia ..	186
Apéndice 52. Tabla de Métodos de Caracterización Geotécnica del Suelo del Sector Sur del Barrio Antonio Nariño	187
Apéndice 53. Tabla de Parámetros Geomecánicos de las Unidades del Sector Sur del Barrio Antonio Nariño	188
Apéndice 54. Resultados de los Métodos de Caracterización Geotécnica del Suelo	189
Apéndice 55. Tabla de Clasificación del Perfil del Suelo del Escarpe Sur de Antonio Nariño ..	191
Apéndice 56. Tabla de Definición de Coeficientes Sísmicos y Zonificación de la Amenaza Sísmica para el Municipio de Bucaramanga	192
Apéndice 57. Tabla de Valores del Coeficiente de Amplificación F_a de Periodos Cortos del Espectro.....	193
Apéndice 58. Gráfico del Coeficiente de Amplificación F_a del Suelo Tipo C de Periodos Cortos del Espectro.....	194

Apéndice 59. Tabla de Valores del Coeficiente de Amplificación F_v , de Periodos Intermedios del Espectro.....	195
Apéndice 60. Coeficiente de Amplificación F_v del Suelo Tipo C de Períodos Intermedios del Espectro.....	196
Apéndice 61. Tabla de Datos para el Espectro Elástico de Aceleraciones de Diseño para Suelo Tipo C.....	197
Apéndice 62. Espectro Elástico de Aceleraciones de Diseño como Fracción de la Gravedad (g) para Suelo Tipo C	198
Apéndice 63. Tabla de Cargas para Viviendas en la Corona y Pie del Talud de la Zona Sur del Barrio Antonio Nariño	199
Apéndice 64. Tabla de Combinaciones de Carga de Servicio para la Corona y Pie del Talud de la Zona Sur del Barrio Antonio Nariño.....	200
Apéndice 65. Tabla de Combinaciones de Carga de Servicio	201
Apéndice 66. Tabla de Clasificación del Nivel de Amenaza de Acuerdo con el Valor del F. S Asociado a la Condición Estática y Seudoestática	202
Apéndice 67. Descripción de los Métodos de Estabilización para el Perfil 1	203
Apéndice 68. Ilustración de los Métodos de Estabilización para el Perfil 1.....	204
Apéndice 69. Descripción de los Métodos de Estabilización para el Perfil 2	205
Apéndice 70. Ilustración de los Métodos de Estabilización para el Perfil 2.....	206
Apéndice 71. Ilustración de los Métodos de Estabilización para el Perfil 3.....	207
Apéndice 72. Ilustración de los Métodos de Estabilización para el Perfil 3.....	208
Apéndice 73. Descripción de los Métodos de Estabilización para el Perfil 4	209
Apéndice 74. Ilustración de los Métodos de Estabilización para el Perfil 4.....	210

Abreviaturas y Códigos Técnicos

Geografía

Q.: Quebrada.

Coordenadas y Georeferenciación

MAGNA SIRGAS: Marco Geocéntrico Nacional de Referencia–Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas.

Códigos Litológicos y Geomorfológicos

Deeme: depósito de escarpe de erosión menor.

Del: depósito de ladera erosiva.

Dmab: depósito de mesa de abanico.

Sco1: suelo coluvial reciente 1.

Sfl1: secuencia fina limosa 1.

Sft3: secuencia fina transicional 3.

Geotecnia y Ensayos

MASW: Multichannel Analysis of Surface Waves (Análisis Multicanal de Ondas Superficiales).

SPT: Standard Penetration Test (Ensayo de Penetración Estándar).

Notaciones de Diseño y Materiales

N.º: número.

e: espesor.

Ø: diámetro.

c/.: cada.

PCV: Policloruro de Vinilo.

Métricas de Rendimiento y Avance

C.E.P: cantidad ejecutada en periodo.

% E.A: porcentaje ejecutado acumulado.

Normas, Instituciones y Sistemas

AENOR: Asociación Española de Normalización y Certificación.

AIS: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica.

ASTM: American Society for Testing and Materials.

CAR: Corporación Autónoma Regional.

FHWA: Federal Highway Administration.

IDEAM: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

NTC: Norma Técnica Colombiana.

PGCE: Plan General de Control de la Erosión.

SECOP II: Sistema Electrónico para la Contratación Pública, versión II.

UNDRR: United Nations Office for Disaster Risk Reduction

Económicos y Administrativos

COP: peso colombiano.

IVA: Impuesto al Valor Agregado.

NIT: Número de Identificación Tributaria.

S.A.S.: Sociedad por Acciones Simplificada.

Planificación y Ordenamiento

POMCA: Plan de Ordenación y Manejo de Cuenca Hidrográfica.

PTAR: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

Tecnologías y Formatos

CAD: Computer-Aided Design (Diseño Asistido por Computador).

DXF: Drawing Exchange Format (Formato de Intercambio de Dibujos).

GPS: Sistema de Posicionamiento Global.

Glosario

Acequias: canales abiertos de pequeña sección que conducen agua, generalmente para riego, drenaje o desvío superficial en obras de control hidráulico. Se construyen en tierra, concreto o mampostería.

Ángulo de fricción: parámetro mecánico característico de suelos granulares que representa la resistencia macroscópica al corte, originada por el rozamiento, la trabazón y la acomodación de las partículas. Se expresa en grados y es fundamental en el análisis de estabilidad de taludes, capacidad portante y diseño geotécnico.

Arcilla: tipo de suelo compuesto por partículas muy finas (menores a 0,002 mm), con alta plasticidad y capacidad de retención de agua. Presenta comportamiento cohesivo, baja permeabilidad y experimenta cambios volumétricos al secarse o humedecerse.

Asentamiento diferencial: desplazamiento vertical no uniforme entre diferentes puntos de una estructura debido a variaciones en la capacidad de carga o deformación del suelo de cimentación. Puede causar grietas o daños estructurales si no se controla.

Box culvert: estructura prefabricada o construida in situ con forma de prisma rectangular o cuadrado, utilizada para el paso de agua por debajo de vías, carreteras u otras obras civiles.

Caja de inspección: estructura enterrada, generalmente de concreto, que permite el acceso a redes subterráneas de agua, alcantarillado o drenaje pluvial, para facilitar la limpieza, mantenimiento o inspección.

Cárcavas: canales profundos formados por la erosión concentrada del agua en suelos desprovistos de cobertura vegetal.

Cargas: fuerzas o acciones que actúan sobre una estructura y/o sobre el suelo.

Cohesión: componente de la resistencia al corte en los suelos que representa la atracción interna entre partículas, independiente del esfuerzo normal aplicado. Es especialmente significativa en suelos finos como arcillas.

Compacidad: refleja el grado de densificación de un suelo y se asocia con propiedades como resistencia, permeabilidad y asentamientos.

Concreto ciclópeo: tipo de concreto en el que se introducen piedras de gran tamaño (“cantos rodados” o bloques) dentro de la mezcla convencional, usado en cimentaciones, muros de contención o estructuras masivas.

Concreto lanzado: también conocido como *shotcrete*, es un concreto o mortero proyectado neumáticamente a alta velocidad sobre una superficie, utilizado en estabilización de taludes, túneles o revestimientos estructurales.

Cuenca: área de terreno donde toda el agua que cae drena hacia un mismo punto común.

Dentellón: saliente que se deja en una excavación, cimentación o estructura de concreto para asegurar una mejor unión entre elementos y evitar deslizamientos.

Detritos: fragmentos de suelo o roca desintegrados, de origen natural o por acción mecánica, que forman parte de materiales sueltos o acumulaciones en procesos de remoción en masa o erosión.

Disipador de energía: estructura hidráulica diseñada para reducir la velocidad del flujo de agua y disipar su energía cinética, comúnmente ubicada al final de canales o descargas.

Espigón: obra longitudinal construida desde la orilla hacia el cauce de cuerpo de agua, con el fin de proteger las márgenes o controlar procesos erosivos y sedimentarios.

Filtros: elementos diseñados para permitir el paso del agua y retener partículas sólidas, utilizados comúnmente en obras civiles para controlar el movimiento de suelos finos y prevenir erosión interna. Pueden estar conformados por materiales granulares o geotextiles, y se diseñan según criterios de permeabilidad, granulometría y compatibilidad con el medio en el que se emplean.

Gaviones: contenedores de malla galvanizada, rellenos con piedra, que forman estructuras modulares usadas para control de erosión, muros de contención y estabilización de márgenes o taludes.

Geodren: sistema prefabricado de drenaje compuesto por una o más capas de geotextil y un núcleo plástico drenante, utilizado para evacuar agua en obras de infraestructura, estabilización de taludes o rellenos.

Geotextil: lámina sintética permeable, fabricada con fibras de polipropileno o poliéster, utilizada en obras civiles para funciones de filtrado, separación, refuerzo, protección o drenaje entre distintos tipos de suelo.

Grava: suelo granular formado por partículas de tamaño entre 2 mm y 75 mm, de origen natural o triturado. Posee alta permeabilidad y baja compresibilidad, siendo comúnmente usado en filtros, rellenos estructurales y drenes.

Grietas: fisuras visibles que aparecen en suelos o estructuras como resultado de esfuerzos diferenciales, retracción por secado, movimientos del terreno o asentamientos. Pueden indicar inestabilidad o procesos de deterioro progresivo.

Guijarros: fragmentos de roca o partículas de suelo con tamaño mayor al de la grava (usualmente entre 75 mm y 200 mm), son comunes en depósitos aluviales.

Humedad: cantidad de agua presente en un cuerpo, medio o sistema, que puede encontrarse en estado líquido o gaseoso. En suelos, la humedad se expresa generalmente como el contenido de agua en porcentaje respecto a la masa de la muestra seca.

Humedad por capilaridad: fenómeno mediante el cual el agua asciende desde niveles freáticos o fuentes de humedad subterránea a través de poros o fisuras del suelo o materiales porosos, como la mampostería o el concreto. Este ascenso ocurre por la acción de las fuerzas de adhesión y

cohesión del agua dentro de los poros, y puede causar deterioro estructural y problemas de salubridad en edificaciones.

Infiltración: proceso por el cual el agua penetra en el suelo a través de sus poros o fisuras. Su velocidad depende de la permeabilidad del material, la pendiente y la cobertura vegetal, siendo clave en el ciclo hidrológico y estabilidad del terreno.

Jacket de respaldo: estructura auxiliar o molde, generalmente metálico o de madera, que sirve de apoyo y guía durante el procedimiento de instalación de un elemento, especialmente en revestimientos o estabilización de superficies verticales.

Jarillón: dique construido con material compacto, dispuesto longitudinalmente a lo largo de un cuerpo de agua para contener crecientes, proteger áreas adyacentes o encauzar el flujo.

Limo: suelo de grano fino con tamaño de partícula entre el de la arena y la arcilla (0,002 mm a 0,075 mm), con baja plasticidad y cohesión. Puede retener agua, pero tiene menor capacidad de compactación que las arenas.

Modelo constitutivo Mohr-Columb: modelo matemático utilizado para describir el comportamiento mecánico de los suelos y materiales geológicos frente a esfuerzos cortantes. Establece que la resistencia al corte depende linealmente del esfuerzo normal efectivo, la cohesión y el ángulo de fricción interna.

Platina: también llamada placa de reparto o placa de anclaje, es un elemento metálico plano que se coloca entre la pópora (cabezal con cuñas) y la superficie del elemento estructural (por ejemplo, el concreto del muro, pantalla o losa).

Pópora: elemento metálico macizo con perforaciones diseñado para alojar cuñas de sujeción en sistemas de anclajes activos. Su función es anclar los cables o cordones pretensados y transmitir la fuerza al concreto o al terreno mediante el cabezal del anclaje.

Presión de poros: presión ejercida por el agua contenida en los espacios vacíos (poros) del suelo. Influye directamente en la resistencia efectiva del terreno y en su estabilidad, especialmente durante lluvias o cargas rápidas.

Propiedades mecánicas: características físicas que determinan el comportamiento de un material ante cargas o deformaciones.

Resalto hidráulico: fenómeno que ocurre cuando un flujo supercrítico (rápido y de poca profundidad) pasa abruptamente a un flujo subcrítico (lento y profundo), generando una zona de turbulencia. Aunque puede ser inducido, también puede formarse de manera no prevista en estructuras o cauces por un cambio abrupto de pendiente, obstrucción o variación de sección.

Ronda hídrica: franja de protección establecida alrededor de cuerpos de agua naturales o artificiales, cuya función es preservar su dinámica ecológica, prevenir riesgos y restringir ciertos usos del suelo. Su delimitación depende de criterios técnicos y ambientales.

Sedimento: material sólido transportado y depositado por agentes naturales como el agua, el viento o el hielo. Puede estar compuesto por partículas minerales, orgánicas o una mezcla de ambas, su acumulación forma depósitos.

Socavón: cavidad o hueco subterráneo que se forma por la erosión progresiva del terreno, generalmente debido a la acción del agua.

Superficie de falla: plano o zona de debilidad dentro de un talud o ladera a lo largo del cual se produce un deslizamiento o ruptura. Su geometría es fundamental en la evaluación de la estabilidad de taludes y estructuras geotécnicas.

Tablestacas: elementos prefabricados (metálicos, de concreto o PVC) que se hincan en el terreno para formar pantallas o muros de contención temporales o permanentes, especialmente en excavaciones, riberas o estructuras portuarias. Se ensamblan por machihembrado.

Zapata: elemento de cimentación que transfiere las cargas de una estructura al suelo.

Resumen

Título: Auxiliar de Ingeniería Civil en la Subdirección de Gestión y Seguridad Territorial (SURYT) para contribuir en la coordinación, control y ejecución de informes técnicos y seguimiento de obras, enfocados en mitigar riesgos de amenazas naturales en las zonas bajo la jurisdicción de la CDMB*

Autor: Julián Andrés Quintero Sandoval**

Palabras clave: amenaza, riesgo, supervisión, caracterización, diseño.

Descripción:

Este resumen presenta los hallazgos clave y las principales consideraciones sobre la interacción entre las amenazas naturales y la actividad humana en el contexto de la gestión del riesgo y seguridad territorial. Debido a la complejidad de dicha relación, el proyecto de grado abordó esta realidad mediante tres objetivos: la supervisión de obras en ejecución de mitigación de riesgos; la caracterización de amenazas naturales en el área de jurisdicción de la CDMB, y la elaboración de un diseño preliminar de obra.

Se supervisaron dos obras (una hasta su finalización y otra durante sus primeros cinco meses) mediante el uso del SECOPI II y visitas de campo. Se caracterizaron en cuatro municipios amenazas naturales con registro escrito, fotográfico e investigación documental. El diseño preliminar, enfocado en mitigar el riesgo por remoción en masa en el escarpe sur del barrio Antonio Nariño, se dividió en componentes para aplicar sistemas de estabilización como estructuras de contención, conformación del talud y control de agua superficial y subterránea.

La supervisión reveló adelantos y atrasos en la ejecución de las actividades técnicas, evidenciando fallos en la gestión previa a la construcción al no contemplar cambios y correcciones en las etapas de factibilidad y diseño. Se generaron 18 informes y fichas técnicas que confirmaron la asociación directa de las amenazas naturales (por remoción en masa e inundación) con la influencia antrópica, la cual se mantiene como un patrón recurrente. Asimismo, el diseño evaluado en GeoStudio (SLOPE/W), demostró factores de seguridad adecuados en condición estática y pseudoestática indicativos de amenaza baja para el caso particular.

*Trabajo de grado

**Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Ludwing Pérez Bustos. Tutor: Jesús Evelio Sánchez Sánchez

Abstract

Title: Civil Engineering Assistant in the Sub-Directorate of Territorial Management and Security (SURYT) to contribute to the coordination, control, and execution of technical reports and project monitoring, focused on mitigating natural hazard risks in areas under CDMB jurisdiction*

Author: Julián Andrés Quintero Sandoval**

Key Words: Hazard, risk, supervision, characterization, design.

Description:

This abstract presents the key findings and main considerations regarding the interaction between natural hazards and human activity within the context of territorial risk management and safety. Due to the complexity of this relationship, the degree project addressed this reality through three objectives: supervision of ongoing risk mitigation works; characterization of natural hazards in the CDMB's jurisdiction area and development of a preliminary work design.

Two construction projects were supervised (one until completion and the other for its first five months) using SECOP II and field visits. Natural hazards were characterized in four municipalities through written records, photographic documentation, and documentary research. The preliminary design, focused on mitigating landslide risk on the southern escarpment of the Antonio Nariño neighborhood, was divided into components to implement stabilization systems such as retaining structures, slope shaping, and surface and subsurface water control.

The supervision revealed both progress and delays in the execution of technical activities, evidencing failures in pre-construction management by not accounting for changes and corrections during the feasibility and design stages. 18 reports and technical sheets were generated, confirming the direct association of natural hazards (due to mass wasting and flooding) with anthropogenic influence, which remains a recurring pattern. Furthermore, the design, evaluated in GeoStudio (SLOPE/W), demonstrated adequate safety factors in static and pseudo-static conditions, indicating a low hazard for the particular case.

*Bachelor Thesis

**Faculty of Physicomechanical Engineering. School of Civil Engineering. Advisor: Ludwing Pérez Bustos. Supervisor: Jesús Evelio Sánchez Sánchez

Introducción

La gestión del riesgo es de suma relevancia en la protección de vidas, el medio ambiente e infraestructura. En un contexto no solo global sino particular, donde los fenómenos naturales son cada vez más intensos y frecuentes debido principalmente al cambio climático y la actividad antrópica, resulta esencial comprender y aplicar estrategias para mitigar el impacto de las amenazas naturales y asegurar un desarrollo sostenible.

De acuerdo con Alexander y Davis (2012), una gestión del riesgo efectiva debe basarse en una comprensión clara de los procesos naturales y su interacción con los entornos construidos. Por su parte, Cannon y Müller-Mahn (2010) señalan que el riesgo no solo está condicionado por factores físicos, sino también por dinámicas sociales que refuerzan la desigualdad. En complemento, Mileti y Sorensen (2010) destacan que fomentar comportamientos preventivos frente a los desastres implica replantear profundamente cómo se abordan y planifican las estrategias de mitigación.

No obstante, a pesar de los avances normativos en torno a la gestión del riesgo (Villagrán de León, 2012), su aplicación en escenarios reales continúa enfrentando desafíos, puesto que las actividades relacionadas suelen ejecutarse sin una organización adecuada que permita sistematizar aprendizajes técnicos o aplicar experiencias en contextos similares (Kelman, 2011). Esta distancia entre el marco conceptual y su implementación práctica se vuelve especialmente crítica en territorios con alta complejidad geológica, recursos limitados y necesidades urgentes de intervención, donde adaptar las soluciones técnicas se convierte en una condición indispensable para la efectividad de las acciones (Cardona et al., 2012). En respuesta, el presente proyecto de grado se centra en la aplicación de la gestión del riesgo, desde tres pilares esenciales:

El primero de ellos es la supervisión de obras. Para asegurar que la ejecución de los proyectos de mitigación de amenazas naturales cumpla con las actividades y obligaciones

contractuales, es fundamental la vigilancia, el seguimiento y el control para así garantizar que la infraestructura construida sea segura y capaz de alcanzar su propósito. Como señala Restrepo (2013), la supervisión técnica permite detectar inconformidades o incumplimientos en su desarrollo y corregir a tiempo errores que podrían comprometer la funcionalidad estructural o la efectividad de la construcción. En ese mismo sentido, Gómez Soberón et al. (2011) destacan que el control técnico sistemático durante los procesos constructivos es esencial no solo para asegurar la conformidad con las especificaciones del diseño, sino para garantizar el desempeño esperado frente a condiciones naturales adversas.

El segundo pilar fundamental corresponde a la caracterización de amenazas naturales. Indispensable para aplicar cualquier estrategia de gestión del riesgo, ya que implica reconocer, comprender y analizar técnicamente los fenómenos para evaluarlos de manera crítica y detallada, determinando su alcance y potencial de daño. Como afirman Hsu et al. (2012), la identificación precisa del tipo, magnitud, frecuencia y localización de estas amenazas es esencial para reducir la incertidumbre en los procesos de planificación. Además, la documentación escrita y gráfica que se genera facilita la toma de decisiones, la planificación urbana y la implementación de medidas preventivas y de mitigación eficaces (Marulanda et al., 2010).

Finalmente, el tercer pilar corresponde al diseño preliminar de obra. Este se centra en la transformación de la evaluación del riesgo en procedimientos tangibles. No solo se proponen soluciones para estabilizar taludes, sino que también se considera la compleja interacción entre el medio ambiente y la actividad antrópica. Según Rodríguez et al. (2015), los diseños de infraestructura de mitigación de riesgos, deben responder a la realidad del entorno y contemplar no solo los aspectos geotécnicos, sino también factores socioeconómicos. Asimismo, Briceño (2015) subraya que los enfoques integrales en el planteamiento de sistemas de estabilización permiten mejorar la efectividad de las intervenciones frente a situaciones de amenaza.

1 Estado del Arte

1.1 Antecedentes

1.1.1 Línea de Tiempo de la CDMB: Fundación, Control de la Erosión y Autoridad Ambiental

La Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB) fue constituida el 2 de octubre de 1965, bajo la escritura pública N.º 2769. Entre sus entidades fundadoras se incluyeron el Instituto Colombiano de la Reforma Agraria (INCORA), el Instituto de Crédito Territorial (INSCREDIAL), la Corporación Autónoma Regional de los Valles del Magdalena y del Sinú (CVM), el Instituto de Fomento Municipal (INSFOPAL) y el Municipio de Bucaramanga. Su objetivo principal fue estudiar, proyectar y ejecutar programas orientados a la recuperación y conservación de suelos en áreas afectadas por la erosión.

El primer estatuto definió a la Corporación como una entidad de derecho privado, dotada de personería jurídica, patrimonio autónomo y sin ánimo de lucro. Esta estructura institucional y su esquema de gobernanza le permitió establecer un modelo de financiación sustentado en un Acuerdo Municipal que reconocía las obras de defensa de la ciudad como proyectos de valorización, garantizando la continuidad de las acciones de protección y recuperación urbana.

Con su estructura consolidada, en enero de 1966, la CDMB inició el Plan de Obras Inmediatas y el Plan General, con el fin de mitigar la erosión en la meseta y afrontar este desafío a corto y mediano plazo abordando la problemática de manera integral y sostenida.

Como parte de este esfuerzo, en 1968 se formuló la primera versión del Plan General de Control de la Erosión, estructurado en cinco programas fundamentales: Plan Maestro de Alcantarillado, Plan de Estructura de Vertimiento, Estructuras de Control de Cauce del Río de Oro, Estabilización y Reforestación de Taludes de la Escarpa, y Remodelación Urbana de las Zonas Afectadas por la Erosión, con el propósito de mitigar a largo plazo el avance de procesos erosivos. No obstante, fue necesario encontrar fuentes adicionales de financiación para construir las obras.

La financiación de las obras se gestionó significativamente mediante un préstamo ante el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) que cubrió el 50% del costo total del programa. Este acuerdo incluyó el compromiso de mantenimiento de la infraestructura durante 25 años. El 50% restante fue cubierto por el Ministerio de Hacienda. Algunas de las obras construidas durante el periodo de 1966 a 1972 se ilustran en la Figuras 1 y 2 (CDMB, 2015):

Figura 1*Canalización Quebrada La Rosita*

Nota. CDMB. 50 años 1965-2015.

Figura 2*Red de Alcantarillado de Bucaramanga*

Nota. CDMB. 50 años 1965-2015.

Con el objetivo de consolidar y complementar las obras del Plan General de Control de la Erosión, en 1978 la CDMB elaboró el estudio denominado Plan Integral de Saneamiento Ambiental de Bucaramanga y su Área Metropolitana. Con el respaldo del Convenio de Cooperación Técnica del Gobierno de los Países Bajos, se realizaron los diseños preliminares de las plantas de tratamiento de aguas residuales proyectadas en el norte, en el sur –incluyendo la primera fase de la PTAR Río Frío– y en el costado occidental de la ciudad.

La primera versión del Plan General de Control de la Erosión culminó el 30 de abril de 1984. No obstante, su implementación continuó con una segunda y tercera fase entre 1986 y 2005. A partir de ese año, la Corporación ha seguido llevando a cabo estudios, consultorías y diseños, para desarrollar proyectos de mitigación de riesgos de amenazas naturales.

Con la implementación de la Ley 99 (Congreso de la República de Colombia, 1993), la CDMB fue reconocida como autoridad ambiental. Desde entonces, se encarga de la gestión del medio ambiente y la conservación de los recursos naturales renovables en su área de jurisdicción, compuesta por 13 municipios: Bucaramanga, Floridablanca, Girón, Piedecuesta, Lebrija, Matanza Rionegro, Tona, El Playón, Charta, Suratá, Vetas y California.

1.2 Marco Contextual

El medio ambiente está compuesto por distintos tipos de ciclos con sus propias dinámicas y efectos que en conjunto crean una interacción muy compleja y sofisticada, particularmente vulnerable a la influencia sistémica del ser humano con el entorno en el que se desarrolla, dando lugar a alteraciones en los procesos ambientales.

En este sentido, Margalef (2018) sostiene que la naturaleza no debe considerarse un simple inventario de recursos, sino una red de procesos en la que cada intervención humana puede generar efectos imprevistos a mayor escala.

Como consecuencia de esta concepción, se observa un aumento en los riesgos asociados a amenazas naturales, las cuales se han intensificado en las últimas décadas debido al cambio climático, la degradación de ecosistemas y la acción antrópica.

El *Informe de Evaluación Global sobre Reducción del Riesgo de Desastres* (UNDRR, 2022) revela que, entre 2000 y 2021, los desastres naturales afectaron a más de 4 000 millones de personas, especialmente en regiones con desigualdad social donde la falta de planificación territorial y la pobreza incrementan la exposición y vulnerabilidad frente al riesgo de amenaza, generando pérdidas económicas superiores a los 2,97 billones de dólares. Entre los eventos más recurrentes destacan: inundaciones (44%), remoción en masa (18%), incendios forestales (12%) y avalanchas (6%) evidenciando una tendencia ascendente en frecuencia e impacto.

En el ámbito nacional, Colombia presenta alta susceptibilidad a múltiples amenazas naturales debido a su complejidad geológica, geomorfológica y geotécnica. Esta condición se agrava por factores como la presencia de asentamientos humanos en zonas no aptas para urbanizar, lo que ha generado un número considerable de desastres (Marulanda et al., 2010).

Un caso representativo fue la avalancha ocurrida el 18 de julio de 2023 en la Vereda Naranjal, departamento de Cundinamarca. Este evento conocido como "La tragedia de Quetame", dejó un saldo de más de 20 fallecidos y la destrucción parcial de la vía Bogotá-Villavicencio.

Otros territorios comparten riesgos similares. La particular ubicación de Bucaramanga, Santander, —asentada sobre sistemas geomorfológicos activos y con alta vulnerabilidad socioeconómica (IDEAM, 2022)— condiciona la aplicación de un sistema integral de gestión de riesgo, donde destacan estrategias y acciones específicas para mitigar las amenazas existentes.

Entre ellas, resalta la construcción de infraestructura que demanda una supervisión completa y rigurosa para asegurar el cumplimiento de los compromisos adquiridos contractualmente. En consonancia con Mansilla (2018), la calidad de una obra de mitigación se mide por su diseño, pero su éxito depende de procesos de verificación técnica documentada.

Asimismo, el estudio de las amenazas naturales —desde su identificación hasta la caracterización— conlleva enfoques técnicos, donde el análisis in situ se integra con herramientas digitales; al respecto, Olshansky (2021) asegura que la evaluación efectiva de estos fenómenos combina trabajo de campo con tecnologías validadas para minimizar sesgos humanos.

Complementariamente, los diseños preliminares requieren un estudio propio para cada caso, estableciendo parámetros técnicos que garanticen coherencia con los requerimientos del proyecto y los sistemas de estabilización propuestos; de acuerdo con Morgenstern (2022) cuando estos son realizados de una manera rigurosa se evita el 90% de sorpresas catastróficas durante la etapa de construcción.

1.3 Marco Conceptual

1.3.1 La Supervisión de los Contratos de Obras de Mitigación de Riesgos

La plataforma digital utilizada para gestionar los procesos de contratación pública en Colombia es el SECOP II, en donde además de democratizar el acceso a la información se encuentran diversas modalidades de contratación.

Una modalidad de selección de contratistas es la licitación pública (obra pública), a través de la cual se elige la oferta más favorable entre varios proponentes para ejecutar el objeto de un contrato, así como los posibles otrosíes que modifiquen sus términos, garantizando la transparencia, la libre competencia y el cumplimiento de los requisitos técnicos y legales establecidos. Alternativamente, para contratar servicios o consultorías como lo es la interventoría de un proyecto, existe el concurso de méritos abierto, el cual evalúa la capacidad técnica y experiencia del postulante para asegurar la idoneidad y calidad del servicio contratado.

La supervisión de las obras de mitigación de riesgos igualmente implica la comprensión y análisis del expediente contractual, mayormente compuesto por:

- La minuta contractual, es el documento donde se plasman las intenciones, acuerdos, cláusulas y condiciones que las partes desean incluir en el contrato.
- El contrato, se define como un acuerdo legal, en este caso escrito, entre dos o más partes que se obligan mutuamente a cumplir con determinadas condiciones.
- Otrosíes, son instrumentos legales que se añaden a un contrato o acuerdo ya existente con el fin de modificar, aclarar, ampliar o suprimir alguna de sus cláusulas.
- Actas, son documentos que respaldan oficialmente los acuerdos y decisiones de una reunión, dejando constancia escrita y detallada de lo ocurrido.
- Pólizas, son documentos que formalizan un contrato de seguro, detallando coberturas, exclusiones, vigencia, valor asegurado, primas y demás condiciones del acuerdo.

Asimismo, es necesario realizar la verificación y el control periódico de las facturas del contrato, ya que estas hacen referencia a una serie de documentos que justifican el monto facturado y el avance del trabajo, incluyendo el progreso físico y presupuestal del proyecto o servicio hasta la fecha del corte de facturación.

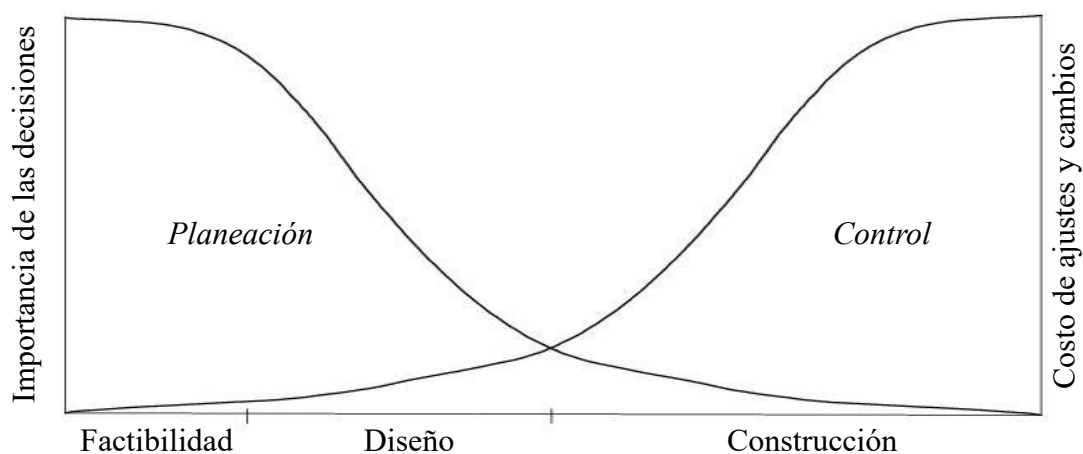
Además, asocian programas complementarios, como el de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST); el de Manejo de Vegetación, la Flora y el Paisaje, documenta las medidas de compensación o reubicación de especies; y el Socioambiental, registra acciones para proteger el medio ambiente y contratación de mano de obra local.

Conjuntamente para examinar el avance físico y financiero, es esencial realizar el análisis del flujo ejecutado, mediante la elaboración de la Curva S, ya que permite identificar adelantos o retrasos en el desempeño de las actividades de obra. Esto se logra al comparar el flujo de trabajo programado con el acumulado a lo largo del plazo contractual.

Igualmente, la relación entre la importancia de las decisiones y el costo de los cambios permite evaluar el impacto económico de las medidas adoptadas según la etapa en que se realicen. Las modificaciones resultan menos costosas durante prefactibilidad, factibilidad y diseño, pero se incrementan significativamente durante la construcción, como se ilustra en la siguiente figura:

Figura 3

Ilustración de la relación entre la importancia de las decisiones y el costo de los cambios



1.3.2 La Caracterización de las Amenazas Naturales en Zonas Ambientalmente Intervenidas

La erosión se puede definir como un fenómeno de pérdida de suelo, impulsado principalmente por procesos geológicos exógenos y la acción antrópica. Esta dinámica se presenta en diversas variantes. Por una parte, se evidencia como surcos originados por el impacto de gotas de lluvia y la escorrentía superficial, particularmente en suelos desprovistos de cobertura vegetal y pendientes pronunciadas. Por otra parte, existen manifestaciones aún más complejas, entre ellas la socavación, donde la acción de un flujo, predominantemente turbulento, degrada los materiales en contacto, y si arrastra partículas finas de suelo, puede inducir erosión interna mediante la creación de conductos, conocida como tubificación, según se documenta en la siguiente figura:

Figura 4

Canalización de la Q. Zapamanga: (a) socavación y tubificación; (b) efectos de la erosión



Para conservar los suelos en áreas erosionadas y garantizar seguridad territorial, es necesario gestionar adecuadamente el riesgo; este se define como la probabilidad de pérdidas humanas, daño a las personas e impactos económicos causados por un fenómeno natural o amenaza. Por su parte, la amenaza corresponde a un conjunto de condiciones o eventos con el potencial de generar perjuicios a la población o a bienes materiales.

Al aplicar estos conceptos en la gestión territorial resulta clave diferenciar entre talud y ladera; aunque ambos comparten elementos en común, entre estos:

- La corona, es la zona superior donde ocurre el cambio de pendiente.
- La base, corresponde al sitio de cambio brusco de pendiente desde la zona inferior.
- El nivel freático, se define como la distancia vertical desde la base hasta el nivel de agua subterránea donde la presión en el líquido es igual a la presión atmosférica.

La diferencia radica en que el talud ha sido intervenido por acción antrópica, mientras que la ladera se considera la superficie original del terreno. En consecuencia, se establece una franja de aislamiento medida horizontalmente respecto a la base o la corona cuya mínima longitud son 5 m, donde no se permite la construcción de infraestructura vial, edificaciones residenciales, comerciales o institucionales, para prevenir y mitigar distintos tipos de riesgo, entre ellos: inundación, remoción en masa, incendio, y avalancha.

Esta prevención es particularmente relevante, puesto que la composición de los suelos de un talud o ladera —especialmente en casos como los coluviones (depósitos incoherentes de fragmentos de roca y suelo acumulados por deslizamientos)— influye directamente en su estabilidad y puede propiciar fenómenos erosivos.

Por ejemplo: la retrogresión, donde ocurre una progresiva pérdida de suelo a lo largo de la pendiente, desde la base hacia la corona, afectando un área cada vez mayor y poniendo en riesgo zonas inicialmente no comprometidas.

Este proceso, sumado a otros factores como la geología local, los distintos tipos de erosión y la intervención humana, puede desencadenar movimientos lentos o repentinos de material geológico, denominados eventos de remoción en masa, entre los que se incluyen:

- Caídas, son desprendimientos de roca o suelo que se mueven dando saltos, en caída libre o rodando, sin superficie de falla definida. Como se muestra en la siguiente figura:

Figura 5

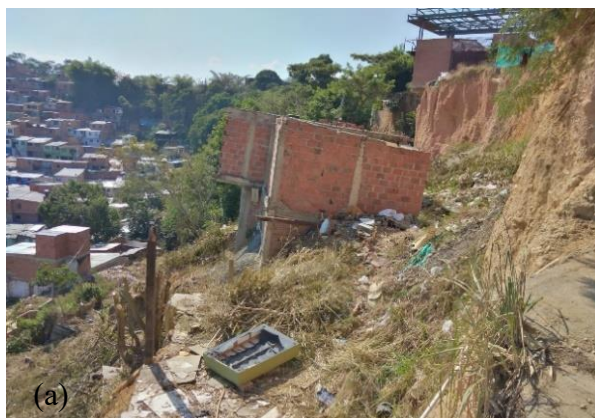
Remoción en masa de tipo caída, km 6 vía Girón: (a) de rocas y suelo; (b) de suelo con detritos



- Deslizamientos traslacional o rotacional. En el primero la superficie de falla es plana o levemente ondulada y la masa se mueve paralela a la superficie del terreno, mientras que en el rotacional la superficie de falla es aproximadamente curva y la masa rota hacia atrás alrededor de un eje paralelo. Como se evidencia en la siguiente figura:

Figura 6

Deslizamiento rotacional en el barrio La Feria: (a) vista lateral izquierda; (b) daños materiales



- Flujo de tierra, se caracteriza por ser un movimiento de lento a rápido, de suelos finos saturados que tienden a comportarse como un fluido viscoso.

Cuando en un mismo evento se manifiestan dos o más tipos de movimientos en masa, se clasifica como un deslizamiento complejo. Como se documenta en la siguiente figura:

Figura 7

Deslizamiento complejo: rotacional con flujo de tierra, Q. Chambula, Suratá; (a) vista frontal; (b) vista superior de una sección de la corona



1.3.3 Evaluación de la Estabilidad de Taludes y Sistemas de Mitigación de Riesgos por Amenazas Naturales

Caracterizar la precipitación permite analizar y gestionar el riesgo asociado a amenazas naturales, que afectan ecosistemas, infraestructura y asentamientos humanos.

Este análisis implica: (a) estudiar la escorrentía, definida como el flujo de agua proveniente de lluvia o deshielo que se desplaza sobre el suelo o a través de sus capas superficiales; (b) Calcular cuánto tarda una gota de agua en recorrer la distancia desde el punto más alejado de una cuenca hasta el punto de salida o análisis (tiempo de concentración T_c) estimable por métodos, entre ellos el de Kirpich, aplicable a microcuencas en terrenos con poca cobertura vegetal; y (c) elegir el periodo de retorno, entendido como el tiempo promedio entre la ocurrencia de dos eventos de igual o mayor magnitud. Estos parámetros son fundamentales para realizar las curvas intensidad–duración–frecuencia (IDF).

Posterior a la caracterización se emplea cálculo hidrológico. El método racional, estima el caudal máximo generado por una precipitación intensa y de corta duración; asimismo requiere la elección del coeficiente de escorrentía (C), el cual puede variar según las características de la cuenca o microcuenca, por ejemplo, debido a la cobertura vegetal, el tipo y uso del suelo, la pendiente o condiciones de compactación.

Por otra parte, la caracterización del suelo por medio de métodos mecánicos, manuales o geofísicos permite analizar sus propiedades y composición, aportando información esencial.

Un sondeo SPT permite evaluar la resistencia del suelo in situ, obtener un registro estratigráfico y recolectar muestras alteradas. De manera distinta, los apiques —excavaciones verticales de poca profundidad realizadas con herramientas menores— facilitan la obtención de muestras inalteradas. Además, mediante el ensayo MASW se determina la velocidad de onda de cortante (\bar{V}_s) útil para identificar el tipo de perfil del suelo.

Las muestras alteradas se emplean tanto para la clasificación granulométrica como para la determinación de los Límites de Atterberg, esenciales para evaluar la consistencia de suelos finos. Al respecto, el límite plástico (LP) es el contenido máximo de agua (%) que permite a un suelo fino mantenerse en estado plástico. Se determina cuando al enrollarlo en cilindros de 3 mm de diámetro se agrieta, lo que indica el punto de transición entre los estados plástico y semisólido.

En otro sentido, el límite líquido (LL) es el contenido de agua (%) en el cual un suelo fino transita del estado plástico al viscoso. Se determina cuando una ranura estándar en la muestra se cierra 13 mm tras 25 golpes en la Copa de Casagrande. Ambos valores permiten obtener el índice de plasticidad (IP) definido como la diferencia entre LL y LP , el cual delimita el rango de contenido de agua (% de humedad) cuando el suelo tiene comportamiento plástico, es decir, puede deformarse de manera permanente sin romperse.

A diferencia de las muestras alteradas, las muestras inalteradas preservan la estructura, contenido de humedad y propiedades mecánicas originales del suelo. Gracias a esta condición, es posible aplicar ensayos de corte directo consolidado-drenado (*CD*), mediante los cuales se determina la resistencia a cortante, obteniendo la cohesión efectiva (c') y el ángulo de fricción efectiva (ϕ'). Estos parámetros representan el comportamiento del suelo a largo plazo, fundamentales en el diseño de sistemas de estabilización para mitigar el riesgo de amenaza.

La implementación de estas soluciones puede optimizarse mediante herramientas tecnológicas. Por ejemplo, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) permiten analizar y visualizar datos georreferenciados sobre los aspectos geológicos, geomorfológicos o de amenazas naturales. Asimismo, mediante software especializado no solo es posible representar el terreno o la topografía a partir de las cotas de las curvas de nivel, sino también modelar, analizar y evaluar en estado actual perfiles geológicos–geotécnicos para conocer la superficie de falla a lo largo de la cual puede ocurrir el deslizamiento o la rotura de un talud en condición estática o pseudoestática.

A partir de análisis pseudoestático es posible evaluar los efectos sísmicos en un territorio al definir la zona de amenaza sísmica de un municipio colombiano. Asimismo, con base en las exploraciones de campo, el suelo debe caracterizarse geotécnicamente para seleccionar o calcular el coeficiente de amplificación (F_a), definido como un parámetro adimensional que indica cómo el suelo modifica la amplitud y frecuencia de las ondas sísmicas antes de que lleguen a una estructura.

En este mismo enfoque, la máxima aceleración del terreno ($a_{\max} = S_a(0)$) corresponde al valor del periodo cero del espectro elástico de aceleraciones de diseño (expresado como fracción de la gravedad) para sistemas lineales de un grado de libertad en función del periodo natural de vibración (T) e igualmente asociado con la clasificación del tipo de suelo según el *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10* (AIS, 2010).

Conjuntamente, estos diversos parámetros son aplicables en los sistemas de estabilización de taludes clasificados en cinco categorías:

1. Conformación de talud o ladera: reducen las fuerzas que producen el movimiento.
2. Recubrimiento de la superficie: mitigan el avance de la erosión y refuerzan el suelo.
3. Mejoramiento del suelo: incluye procesos químicos y físicos para aumentar resistencia, cohesión y fricción del suelo.
4. Estructuras de contención: aplican fuerzas externas al movimiento aumentando las fuerzas resistentes sin disminución de las actuantes. En esta categoría se encuentran los anclajes activos y los micropilotes. Estos últimos se utilizan para crear bloques rígidos monolíticos, reforzados con barras de acero, inyectados con lechada (mezcla de cemento y agua) a presión, a profundidades por debajo de la superficie de falla crítica con el fin de generar resistencia al arrancamiento. En los micropilotes, las cargas se transmiten por la fricción entre el suelo y la lechada, y suelen tener diámetros reducidos, generalmente entre 4 a 10 pulgadas.

Desde el punto de vista de análisis son diseñados de dos formas: como elementos que actúan individualmente o en conjunto para estabilizar pequeños deslizamientos o pueden ser como una estructura de tipo compuesto suelo–pilotes, organizada de manera reticulada, para estabilizar deslizamientos de mayor magnitud.

Por otra parte, los anclajes activos son elementos de refuerzo compuestos por tendones pretensados anclados en suelo o roca competente, en una mezcla inyectada (lechada), conformando una zona de unión denominada bulbo, que corresponde a la longitud de varilla que es cementada para transmitir la carga de tensión.

Los tipos de bulbos pueden conformarse con los siguientes métodos:

- Inyección por gravedad.

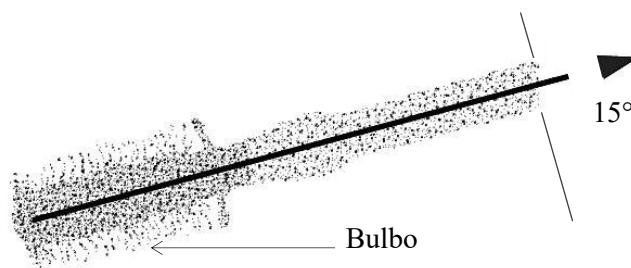
- Inyección a presión.
- Mecánicos.

De acuerdo con la forma de inyección, los bulbos se clasifican de la siguiente manera:

- Tipo A: inyección por gravedad, en roca sana o suelos cohesivos duros.
- Tipo B: inyección a presiones menores de 145 psi (1 000 kN/m²).
- Tipo C: inyección a presiones superiores a 290 psi (2 000 kN/m²), donde el diámetro del bulbo aumenta por fractura hidráulica del suelo. Como se presenta en la siguiente figura:

Figura 8

Bulbo Tipo C



- Tipo D: en la perforación se forman campanas inyectadas a gravedad.
5. Control de agua superficial y subterránea: ciertas estructuras interceptan y regulan el agua a diferentes profundidades para disminuir la presión de poros, con el fin de eliminar las fuerzas hidrostáticas desestabilizantes, de esta manera aumenta la resistencia a cortante. Entre estas obras, destacan:
- Canales colectores. En este caso un canal abierto colector de agua lluvia es diseñado para transportar el fluido desde una zona específica, por ejemplo, la base de un talud, hacia cuerpos receptores como ríos o quebradas.
 - Drenes horizontales o de penetración. Consisten en tuberías ranuradas transversalmente con el objetivo principal de abatir el nivel freático y disminuir la presión hidrostática para contribuir a la estabilidad.

Todos estos sistemas y métodos de estabilización deben ser evaluados con base en el factor de seguridad ($F. S$), el cual representa la relación entre la resistencia al cortante disponible y el esfuerzo al cortante actuante, o entre el momento resistente disponible y el momento actuante. En condición estática, un $F. S > 1,5$ indica amenaza baja; mientras que en condición pseudoestática debe ser $> 1,20$, para garantizar niveles adecuados de estabilidad y confiabilidad en el diseño.

Para su cálculo se utiliza software especializado en geotecnia, generalmente basado en el modelo constitutivo de Mohr-Coulomb, mediante métodos de equilibrio límite, los cuales dividen el suelo en dovelas y asumen que en condición de falla, la sumatoria global de fuerzas resistentes iguala a las actuantes a lo largo de la superficie crítica, correspondiendo a un factor de seguridad de 1,0. Cabe destacar que las fuerzas locales pueden variar punto a punto, pero el balance integral satisface el equilibrio límite. Entre ellos se destacan:

- Método Ordinario o de Fellenius: considera las superficies de falla como circulares y satisface equilibrio de momentos, no de fuerzas. Generalmente arroja resultados menores y considerados menos precisos o muy conservadores; puede incluso subestimar el factor de seguridad.

Las acciones actuantes sobre una dovela en este método son: el peso propio (W), la fuerza normal (N) y la resistencia a cortante (S).

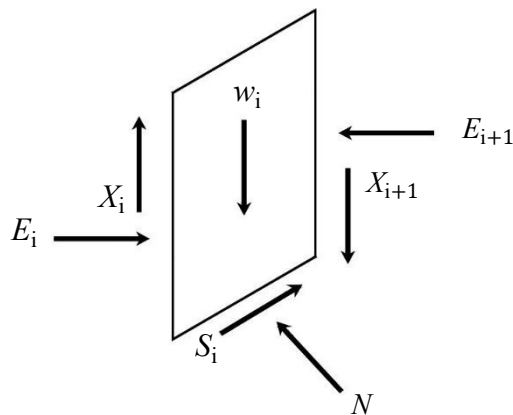
- Método de Bishop Simplificado: considera las superficies de falla como circulares, asume las fuerzas entre dovelas como horizontales y satisface el equilibrio de momentos; es más preciso en comparación con el Método Ordinario porque requiere un proceso de interacción muy complejo para calcular el factor de seguridad.

Las acciones actuantes sobre una dovela en este método son: el peso propio W , la fuerza normal N , la resistencia a cortante S y la fuerza horizontal (E).

- Método de Janbu: considera las superficies de falla no necesariamente circulares y las relaciona con un factor de corrección f_0 , basado en el análisis de 30 a 40 casos. Satisface el equilibrio de esfuerzos, no el de momentos.
- Método de Janbu Generalizado: es una versión más rigurosa, considera las superficies de falla arbitrarias no necesariamente circulares. las fuerzas entre dovelas se ilustran en la siguiente figura:

Figura 9

Esquema de acciones actuantes sobre una dovela según el Método de Janbu Generalizado



- Método de Spenser: analiza las superficies de falla tanto circulares como no circulares, satisface equilibrio de fuerzas horizontales, verticales y de momentos. Supone que las interacciones entre dovelas son paralelas las unas con las otras, es decir, con un mismo ángulo de inclinación desconocido θ , cuyo valor se calcula como una de las incógnitas en la solución de las dos ecuaciones de equilibrio asociadas tanto a las acciones como a los momentos.

2 Marco Legal y Normativo

2.1 Para la Supervisión de Obras de una Entidad Pública

La Ley 80 (Congreso de Colombia, 1993), establece reglas generales para contratos estatales, regula la interventoría y supervisión de contratos. Por su parte, la Ley 1474 (Congreso de Colombia, 2011) es considerado el estatuto anticorrupción, enfocado en la gestión pública.

2.2 Para la Caracterización de Amenazas Naturales

El Capítulo 7 de la Resolución 1294 (CDMB, 2009) dispone los lineamientos para el manejo de proyectos de desarrollo y el numeral 7.4 establece los aislamientos mínimos en taludes.

La Ley 1523 (Congreso de Colombia, 2012), en el Título 1, Capítulo 1, Artículo 2, estipula que la gestión del riesgo es responsabilidad de las autoridades y de los habitantes. Asimismo, el Parágrafo 1 de este artículo define el papel de las CAR como entidades complementarias y subsidiarias de alcaldías y gobernaciones. Por su parte, el Artículo 14 asigna al alcalde como responsable de la implementación de los procesos de gestión del riesgo en el municipio.

Ley 1682 (Congreso de Colombia, 2013), en el Capítulo 3, Artículo 12, se obliga al concesionario a ejecutar obras de mitigación de riesgos, para garantizar infraestructura vial segura.

2.3 Para un Diseño de Obra de Mitigación de Riesgos

Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica [AIS], 2010). En el Título A de esta norma se definen los requisitos de un proyecto estructural. Por su parte, el Título H se enfoca en geotecnia.

Metodologías y ecuaciones de diseño de anclajes activos se detallan en la publicación: Geotechnical Engineering Circular No. 4: Ground anchors and anchored systems FHWA-IF-99-015 (Sabatini, P. J., Pass, D. G., & Bachus, R. C., 1999); así como en la norma española: Ejecución de Obras Geotécnicas Especiales: Anclajes (AENOR, 2015). La capacidad de carga de los anclajes activos se determina con base en la norma: ASTM A416/A416M (ASTM International, 2023).

3 Objetivos

3.1 Objetivo General

Contribuir en la coordinación, control y ejecución de informes técnicos y seguimiento de obras, enfocados en mitigar riesgos de amenazas naturales en las zonas bajo la jurisdicción de la CDMB, en la Subdirección de Gestión y Seguridad Territorial (SURYT).

3.2 Objetivos Especificos

- Supervisar las obras de mitigación de amenazas naturales para asegurar el cumplimiento de las actividades y obligaciones contractuales en ejecución por la SURYT.
- Elaborar informes de caracterización de amenazas naturales con información técnica, recomendaciones, conclusiones y exhortaciones sobre mitigación de riesgos para entidades territoriales, de control, judiciales y público en general, basados en las inspecciones oculares realizadas por la SURYT en el área de jurisdicción de la CDMB.
- Elaborar un diseño preliminar de obra de mitigación de riesgos para reducir amenazas naturales en la zona designada por la SURYT dentro de la jurisdicción de la CDMB.

4 Metodología

Para el primer objetivo, el proceso iniciaba ingresando al SECOP II para descargar, leer y comprender el expediente contractual, correspondiente a dos obras en ejecución.

En oficina, se realizaba la supervisión documental periódica, así como el análisis de la ejecución presupuestal, mientras que, en campo, se supervisó el cumplimiento y progreso de las actividades técnicas. Para elaborar las tablas de flujo ejecutado, se siguieron los siguientes pasos:

1. Se registraban las cantidades de cada ítem completadas por periodo.
2. Se calculaba el porcentaje de avance mediante una regla de tres para saber qué proporción representaba este progreso respecto al valor total de cada ítem.
3. Se calculaba el costo ejecutado mediante la multiplicación del porcentaje de avance por el valor total de cada ítem.

Para realizar la tabla de flujo programado, se partía de la proyección de los porcentajes de ejecución de los ítems del presupuesto estipulados en el contrato. Posteriormente, se utilizaba Excel para construir y analizar la Curva S. Asimismo, se realizaron en AutoCAD planos finales y detalles de procesos constructivos.

Para llevar a cabo el segundo objetivo, las fases se describen a continuación:

1. Asignación de visitas técnicas y de obras incluidas en el inventario de mantenimiento.
2. Trabajo de campo. Implicaba toma de coordenadas geográficas por medio de un GPS, documentación fotográfica y registro detallado de cada situación evidenciada.
3. Trabajo de oficina. Comenzaba con investigación en bases de datos, posteriormente la redacción de los informes, los cuales comprendían las siguientes secciones:
 - Generalidades.
 - Descripción de la problemática evidenciada.
 - Características geológicas, geomorfológicas, geotécnicas y ambientales.

- Zonificación y análisis de la amenaza.
 - Conclusiones.
4. Revisión del informe.
 5. Elaboración de la ficha técnica.

Para el tercer objetivo, el proceso inició con una visita técnica de inspección ocular al área de interés: el escarpe sur del barrio Antonio Nariño. Para identificar, además, procesos erosivos.

Posteriormente se descargaron las curvas de nivel mediante el plugin CAD-Earth, y se convirtieron las líneas a polilíneas en AutoCAD 2D; en el modo 3D, se asignaron las cotas.

Se procedió a crear una malla en coordenadas MAGNA SIRGAS (EPSG: 3116 UTM), para generar los mapas de amenaza por remoción en masa, de cobertura vegetal, de geología y de geomorfología, por medio de software SIG con las bases de datos del POMCA del Alto Lebrija y del Servicio Geológico Colombiano, y para mejor apreciación, se escalaban en AutoCAD 2D.

Consecutivamente, se procedió a caracterizar la precipitación para obtener el caudal de escorrentía superficial asociado a la microcuenca de la Quebrada Argelia, adyacente al sector. Para este fin, los registros de precipitación de la estación CDMB fueron organizados para identificar los máximos anuales correspondientes a cada duración. Estos datos se ajustaron a la distribución de Gumbel para estimar las intensidades de precipitación (en mm/hora) asociadas a diferentes periodos de retorno TR , comprendidos entre dos y 100 años.

Posteriormente, se crearon las curvas Intensidad–Duración–Frecuencia (IDF), y se procedió a calcular el tiempo de concentración T_c mediante el método de Kirpich, para elegir la intensidad I de acuerdo con un periodo de retorno TR de 100 años y así determinar el caudal de escorrentía superficial por medio del método racional.

La descripción de los estratos del suelo estuvo sustentada en los resultados de muestras ensayadas en laboratorio obtenidas mediante un ensayo SPT, asimismo los parámetros

geomecánicos fueron determinados mediante un ensayo de corte directo consolidado drenado realizado a una muestra obtenida por medio de un apique, además, la identificación del tipo de suelo estuvo asociada con los resultados de la velocidad de onda cortante \bar{V}_s de un ensayo MASW. Estos parámetros fueron proporcionados por el coordinador de la SURYT como base para la caracterización del terreno y la validación de los resultados obtenidos.

Basados en la topografía y en la zonificación de la amenaza por remoción en masa se propuso una serie de perfiles geológicos-geotécnicos para realizar la evaluación de la estabilidad, los cuales iniciaban señalizados en vista en planta y se iban creando en AutoCAD 3D uniendo las cotas por donde pasaba el eje de referencia. Luego, con el comando rotate3D, el perfil generado se ajustaba a un plano en dos dimensiones aplicando un giro de 90° sobre el eje Y.

Posteriormente, se dibujaban los estratos y se asignaba el color asociado a cada unidad geológica. En las Figuras 10 y 11 se detalla la señalización de los perfiles y su proceso de creación.

Figura 10

Señalización de perfiles con rejilla de coordenadas MAGNA SIRGAS (EPSG: 3116 UTM)

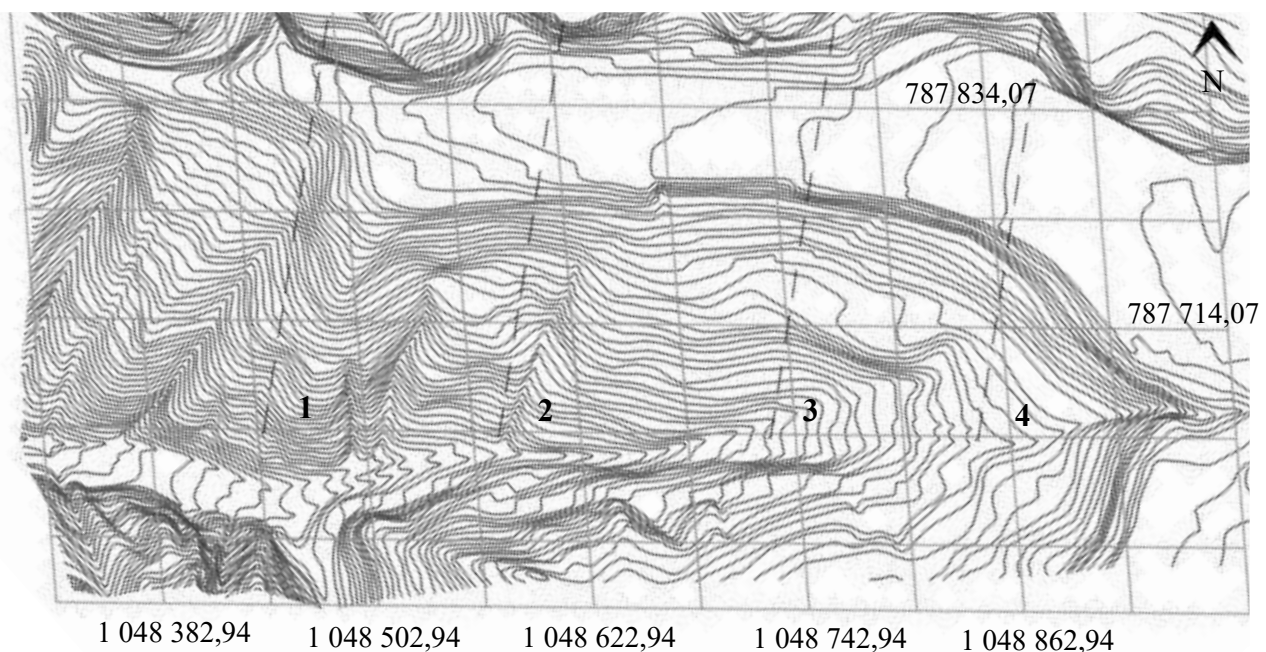
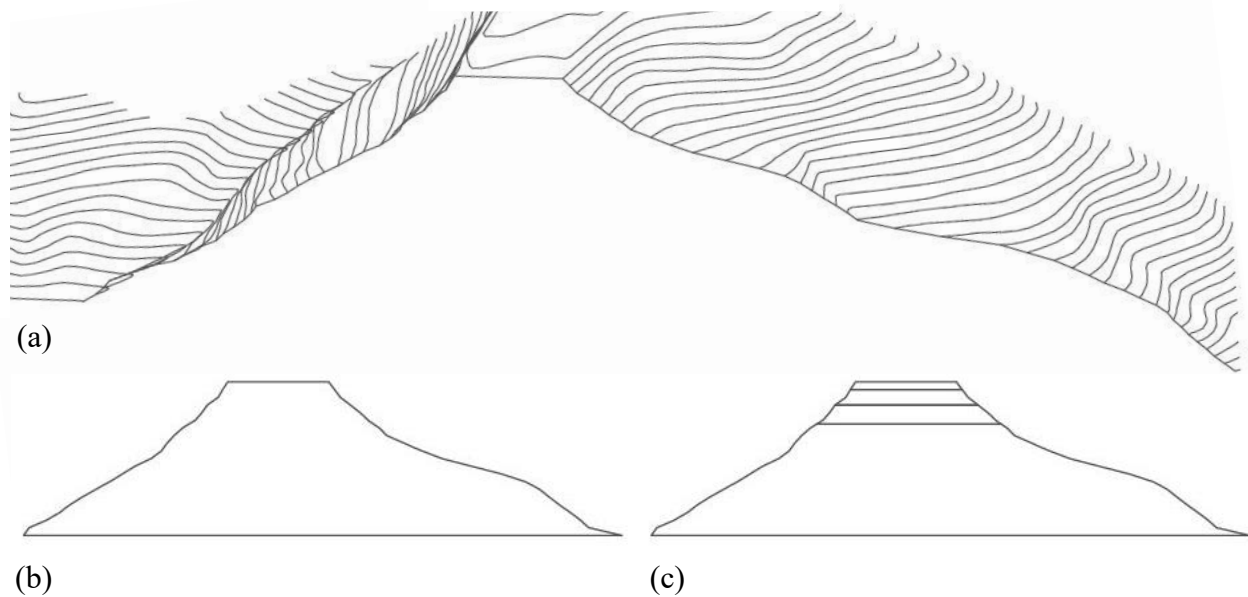


Figura 11

Secuencia del perfil geológico-geotécnico N.º 1; (a) creación desde las curvas de nivel en 3D; (b) puesta en vista en planta; (c) estratos para asignar las unides geológicas



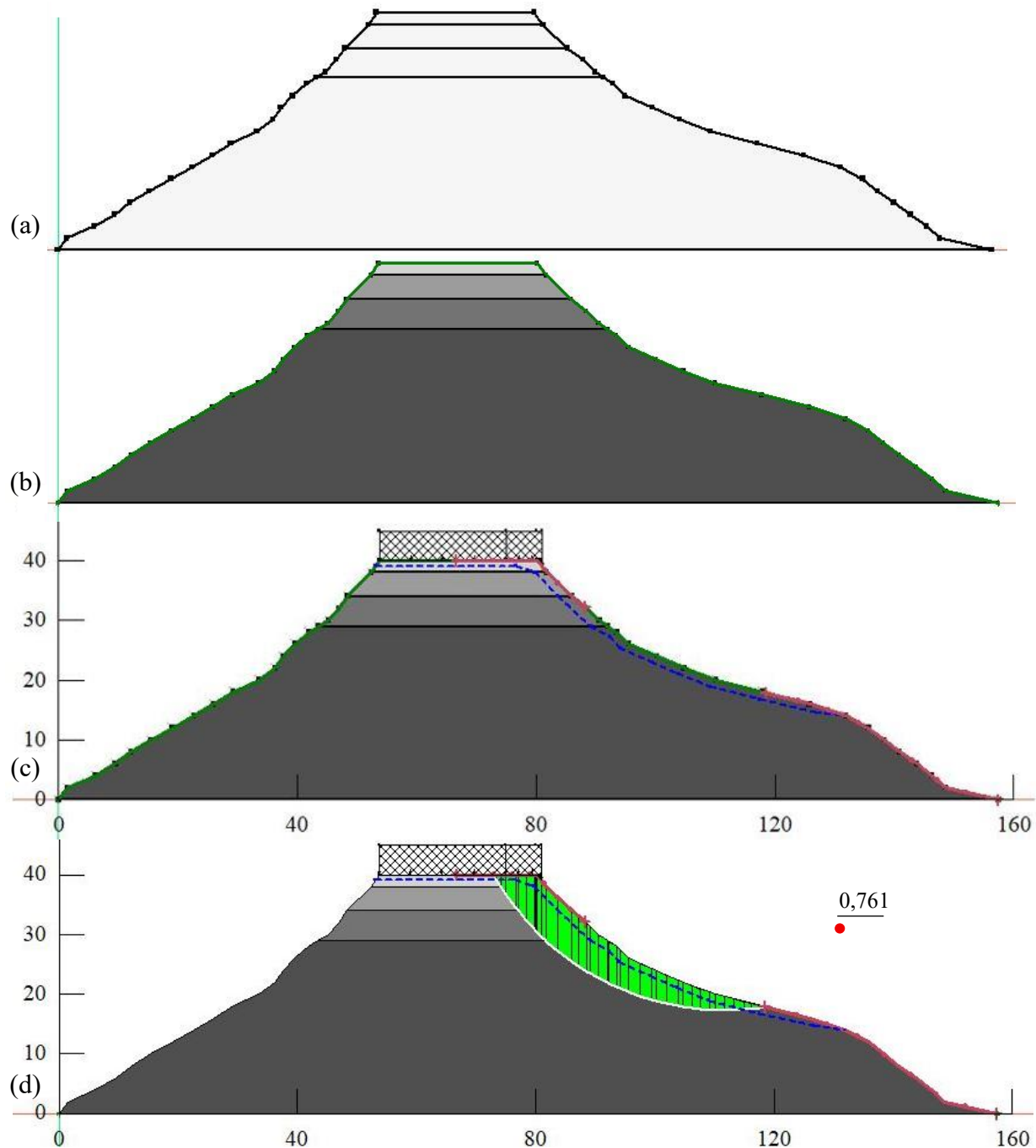
Consecutivamente se aplicaron criterios del *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10* (AIS, 2010) para análisis pseudoestático de taludes, como la elección del coeficiente de amplificación F_a , del coeficiente de amplificación F_v , la determinación de la aceleración máxima del terreno $a_{m\acute{a}x}$, el efecto sísmico de diseño K_{st} y la elaboración del espectro de diseño de acuerdo con el tipo de suelo.

Seguidamente, se calcularon las cargas distribuidas provenientes de viviendas y vías del sector en estudio, al identificar el material de las cubiertas livianas y el uso del entrepiso.

Luego, se evaluaron los perfiles geológico-geotécnicos en estado actual. Para esto, fueron exportados en formato DXF desde AutoCAD e importados en el software GeoStudio (SLOPE/W). En este programa se utilizaron métodos de equilibrio límite, para realizar un análisis en condición estática y pseudoestática con el fin de determinar los factores de seguridad y el nivel de amenaza, tal como se presenta en la siguiente figura:

Figura 12

Continuidad del perfil geológico-geotécnico N.º 1 en Geostudio (SLOPE/W); (a) regiones en DXF; (b) configuración de materiales; (c) estado para evaluar la estabilidad; (d) evaluación del F. S



Uno de los métodos de estabilización fue una pantalla de anclajes activos. Se comenzó con la elección del esfuerzo último de trabajo del bulbo, considerando la resistencia admisible de la

interfaz suelo-lechada a lo largo de su zona, y se procedió a definir la capacidad de los torones, así como la longitud del bulbo de selle.

Los anclajes se complementaron con una zapata, en verificación por punzonamiento y por esfuerzo cortante. A continuación, se realizó conformación del talud, modificando la pendiente en uno de los cortes evaluados. Posteriormente se calculó la longitud de los micropilotes, seleccionados igualmente por su compatibilidad con las obras existentes del escarpe norte.

De manera sucesiva se diseñaron las obras de drenaje y subdrenaje. Para el canal de sección transversal rectangular se tomó en consideración una velocidad máxima admisible y se obtuvieron los radios hidráulicos asociados a cada uno de los perfiles cuya información de cota inicial, cota final y longitud perimetral estuvo basada en la topografía realizada en AutoCAD.

Luego se obtuvieron las áreas hidráulicas por medio de la ecuación de continuidad, y despejando para la variable de la base en términos del área y de la profundidad del flujo, se reemplazaron en la fórmula del radio hidráulico para calcular los valores de los tirantes, y proceder a determinar las longitudes de las bases.

Asimismo, se evaluó el régimen hidráulico mediante el número de Froude y se empleó el criterio de Reynolds para identificar su comportamiento (laminar, transicional o turbulento).

Igualmente, se propuso una serie de cajas colectoras disipadoras de energía, se eligieron las dimensiones de la sección transversal del canal con capacidad para transportar el caudal acumulado y se verificó la velocidad de flujo; además, se determinaron los diámetros comerciales.

De igual forma, se diseñó un bloque prefabricado en concreto y se calculó la distancia d , correspondiente a un segmento de la altura total de este elemento para que el canal quedará con disposición en gradería de acuerdo con las cotas de inicio y final del área asociada a los perfiles.

Estos métodos de estabilización fueron adecuados y evaluados en el software GeoStudio (SLOPE/W), para verificar que el factor de seguridad en condición estática y pseudoestática cumpliera un nivel bajo de amenaza. Finalmente se elaboró un presupuesto aproximado en Excel.

4.1 Ecuaciones Aplicadas

4.1.1 Caudal de Escorrentía Superficial Asociado a una Microcuenca

Mediante el método de Kirpich (1940), fue posible determinar el tiempo de concentración T_C para la microcuenca de la Quebrada Argelia ($\leq 2 \text{ km}^2$), aplicando la ecuación:

$$T_C = 0,0195 \cdot \left(\frac{L^{0,77}}{S^{0,385}} \right) \quad (1)$$

Donde: L es la longitud del curso de agua más largo en metros y S es la pendiente del cauce principal (m/m).

Con el valor de T_C se obtuvo la intensidad de precipitación para un periodo de retorno de 100 años basada en los datos de una curva IDF, y así se determinó el caudal de escorrentía superficial por medio del método racional (McEnroe, 1992):

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A \quad (2)$$

Dónde: C es el coeficiente de escorrentía, I la intensidad de precipitación (mm/h), y A el área de la cuenca en km^2 .

4.1.2 Criterios Seudoestáticos

La aplicación del método pseudoestático del *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente* (NSR-10, 2010) comenzó con la identificación del tipo de suelo. Lo que permitió definir el coeficiente de la aceleración horizontal efectiva para periodos cortos A_a y el coeficiente de amplificación del suelo F_a . Posteriormente se determinó la aceleración máxima del terreno $a_{\text{máx}}$, con la siguiente ecuación:

$$a_{\text{máx}} = A_a \cdot F_a \cdot I \quad (3)$$

Donde I es el coeficiente de importancia. Luego, se obtuvo la aceleración sísmica equivalente K_{st} como una fracción de $a_{m\acute{a}x}$.

La clasificación del suelo se basó en la siguiente tabla:

Tabla 1

Clasificación de los perfiles del suelo

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$\bar{V}_s \geq 1\ 500\ \text{m/s}$
B	Perfil de roca de rigidez media	$1500\ \text{m/s} > \bar{V}_s \geq 760\ \text{m/s}$
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$760\ \text{m/s} > \bar{V}_s \geq 360\ \text{m/s}$ $\bar{N} \geq 50$, o $\bar{S}_u \geq 100\ \text{KPa}$ ($\approx 1\ \text{kgf/cm}^2$)
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$360\ \text{m/s} > \bar{V}_s \geq 180\ \text{m/s}$ $50 > \bar{N} \geq 15$, o $100\ \text{KPa}$ ($\approx 1\ \text{kgf/cm}^2$) $> \bar{S}_u$ $\bar{S}_u \geq 50\ \text{KPa}$ ($\approx 0,5\ \text{kgf/cm}^2$)
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	$180\ \text{m/s} > \bar{V}_s$ $IP > 20$ $W \geq 40\%$ $50\ \text{KPa}$ ($\approx 0,5\ \text{kgf/cm}^2$) $> \bar{S}_u$
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista. Se contemplan las siguientes subclases: F_1 – Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como: suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc. F_2 – Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas ($H > 3\ \text{m}$ para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas). F_3 – Arcillas de muy alta plasticidad ($H > 7.5\ \text{m}$ con Índice de Plasticidad $IP > 75$). F_4 – Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda ($H > 36\ \text{m}$).	

Nota. Adaptado de la tabla A.2.4-1 del *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10* (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica [AIS], 2010) con modificaciones realizadas por el autor. La variable \bar{N} indica el número de golpes promedio obtenido en el ensayo SPT, la variable W se refiere al contenido de agua natural promedio y \bar{S}_u señala la resistencia al corte no drenada promedio de un suelo cohesivo.

El coeficiente de importancia I se relacionó con los valores de la siguiente tabla:

Tabla 2

Valores del coeficiente de importancia I

Grupo de uso	Coefficiente de importancia I
I – Estructuras de ocupación normal	1,00
II – Estructuras de ocupación especial	1,10
III – Edificaciones de atención a la comunidad	1,25
IV – Edificaciones indispensables	1,50

Nota. Adaptado de la tabla A.2.5-1 del *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10* (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica [AIS], 2010) con modificaciones realizadas por el autor.

Fuente: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS, 2010).

Consecutivamente se graficó el espectro de diseño asociado al tipo de suelo. Inició con el valor de $a_{\text{máx}}$, seguido de los valores obtenidos a partir de las siguientes ecuaciones:

$$S_a = 2,5 \cdot A_a \cdot F_a \cdot I \cdot \left[0,4 + 0,6 \cdot \frac{T}{T_0} \right], \text{ hasta el punto } T_0 = 0,1 \cdot \frac{A_v \cdot F_v}{A_a \cdot F_a}. \text{ Donde } T_0 \text{ es el}$$

periodo de inicio o el periodo de transición corto.

Comenzó una constante correspondiente a la fórmula $S_a = 2,5 \cdot A_a \cdot F_a \cdot I$, hasta el punto $T_C = 0,48 \cdot \frac{A_v \cdot F_v}{A_a \cdot F_a}$. Donde T_C es el periodo de control.

Continuó basado en la fórmula $S_a = \frac{1,2 \cdot A_v \cdot F_v \cdot I}{T}$ hasta el punto $T_L = 2,4 \cdot F_v$. Donde T_L es el periodo largo. Desde allí el gráfico ilustró los valores de la ecuación $S_a = \frac{1,2 \cdot A_v \cdot F_v \cdot T_L \cdot I}{T^2}$.

En el caso del diseño de anclajes activos, la elección del valor del esfuerzo último de trabajo del bulbo q_s se pudo realizar por medio de dos tablas: la primera, relacionada con valores presuntivos recomendados por el Post-Tensioning Institute (PTI, 1996) estos datos varían según el tipo de material y el método de instalación del anclaje, y la segunda tabla fue acorde a la publicada en la Norma Española de Anclajes (AENOR, 2018).

A continuación, se detallan las dos tablas:

Tabla 3

Valores de resistencia última del bulbo de selle entre el suelo y la lechada para suelos cohesivos acorde a Post-Tensioning Institute

Cohesive soil	
Anchor type (Cohesive Soil)	Average ultimate bond stress (MPa)
Gravity-grouted anchors (straight shaft)	0,03 – 0,07
Pressure-grouted anchors (straight shaft)	
• Soft silty clay	0,03 – 0,07
• Silty clay	0,03 – 0,07
• Stiff clay, medium to high plasticity	0,03 – 0,10
• Very stiff clay, medium plasticity	0,07 – 0,17
• Stiff clay, medium plasticity	0,10 – 0,25
• Very stiff clay, medium plasticity	0,14 – 0,35
• Very stiff sandy silt, medium plasticity	0,28 – 0,38

Nota. Elaboración propia a partir de datos de la tabla Presumptive average ultimate bond stress for ground/grout interface along anchor bond zone, incluida en el *Geotechnical Engineering Circular No. 4: Ground Anchors and Anchored Systems* (FHWA, 2003), basada en Post-Tensioning Institute (1996).

Tabla 4

Valores de resistencia media del bulbo de selle entre el suelo y la lechada acorde a la Norma Española de Anclajes

Tipo de Terreno	Resistencia media al arrancamiento (kN/m²)
Roca dura (granito, gneiss, calizas, etc.)	1 000 – 2 500
Roca blanda (margas, esquistos, pizarras, etc.)	300 – 1 000
Gravas y arenas gruesas	700 – 1 000
Arenas finas y medias, arenas limosas y arcillas arenosas	300 – 600
Arcillas de consistencia rígida	600 – 800
Arcillas de consistencia firme	200 – 600
Arcillas de consistencia media	50 – 200

Nota. Elaboración propia a partir de datos de la tabla de resistencia media al arrancamiento según el tipo de terreno de la Norma Española de Anclajes (AENOR, 2018).

Para determinar la resistencia admisible de la interfaz suelo-lechada a lo largo de la zona del bulbo, tomando en consideración las propiedades mecánicas, fue necesario aplicar la ecuación:

$$q_{\text{adm}} = \frac{q_s}{S \cdot F.S} \quad (4)$$

Donde q_s es el esfuerzo último de trabajo del bulbo, S es el espaciamiento horizontal de los anclajes y $F.S$ es el factor de seguridad.

Al elegir la capacidad de los anclajes, considerando las cargas y características del suelo, fue posible obtener el valor de la longitud del bulbo de selle L_b , mediante la siguiente ecuación:

$$T = q_{\text{adm}} \cdot \pi \cdot D \cdot L_b \quad (5)$$

Donde T es la capacidad de los anclajes basada en la cantidad de torones, q_{adm} es la resistencia admisible de la interfaz suelo-lechada, y D es el diámetro de la perforación.

Para el diseño de la zapata de los anclajes activos se requirió determinar la carga última que actuaba sobre la cimentación, por medio de la siguiente ecuación:

$$q_u = \frac{P_u}{\text{área}} \quad (6)$$

La revisión por punzonamiento solicitó la dimensión de la placa de anclaje L , el peralte efectivo d , el área crítica $b_0 = 4 \cdot (L + d)$, el área de punzonamiento $A_{\text{punz}} = (L + d)^2$ y la fuerza que actuaba fuera del área crítica:

$$V_{\text{upunz}} = P_u - (q_u \cdot A_{\text{punz}}) \quad (7)$$

La resistencia al cortante por punzonamiento del concreto teniendo en cuenta las propiedades del material y las condiciones de carga, se realizó por medio de la siguiente ecuación:

$$\Phi V_c = \Phi \cdot 1.06 \cdot \sqrt{F'_c} \cdot b_0 \cdot d, \text{ con } \Phi = 0,75 \quad (8)$$

Se cumplió $\Phi V_c > V_{\text{upunz}}$.

Para la revisión por cortante considerando las dimensiones de la zapata y las cargas transmitidas por el anclaje activo, se obtuvo la distancia desde el borde de la placa, con la ecuación:

$$x = \frac{B}{2} - \frac{C}{2} - d \quad (9)$$

Donde B es el ancho y C el espesor de la zapata. La fuerza cortante última, teniendo en cuenta las características geométricas de la zapata, se determinó con base en la ecuación:

$$V_{\text{uflex}} = q_u \cdot B \cdot x \quad (10)$$

La resistencia al cortante unidireccional del concreto, teniendo en cuenta los efectos del refuerzo y la interacción con la zapata, se realizó por medio de la ecuación:

$$\Phi V_c = \Phi \cdot 0.53 \cdot \sqrt{F'_c} \cdot B \cdot d, \text{ con } \Phi = 0,75 \quad (11)$$

Se cumplió $\Phi V_c > V_{\text{uflex}}$

Para el diseño de micropilotes se consideró la capacidad portante del suelo y la fricción; la resistencia última axial P_{ult} por encima de la superficie de falla se determinó con la ecuación:

$$P_{\text{ult}} = \alpha_{\text{arriba}} \cdot L_{\text{arriba}} \cdot \pi \cdot d \quad (12)$$

Donde α_{arriba} es la resistencia en la interfaz entre la inyección y el suelo por encima de la superficie de falla, L_{arriba} es la longitud del micropilote desde la superficie de falla hasta la cabeza en la superficie del terreno y d el diámetro del micropilote.

La longitud requerida de los pilotes por debajo de la superficie de falla (L_{abajo}), tomando en consideración factores como la resistencia de los estratos del suelo y las condiciones de estabilidad, se pudo calcular por medio de la ecuación:

$$L_{\text{abajo}} = \frac{P_{\text{ult}}}{\alpha_{\text{abajo}} \cdot \pi \cdot d} \cdot F \cdot S \quad (13)$$

Donde P_{ult} es la resistencia última axial del micropilote por encima de la superficie de falla, α_{abajo} es la resistencia en la interfaz entre la inyección y el suelo por debajo de la superficie de falla, y $F. S$ es el factor de seguridad.

Los valores de α se estimaron de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 5

Valores típicos de la resistencia en el contacto suelo-micropilote

Material de suelo o roca	Resistencia entre el Micropilote y el Suelo kPa
Limo o arcilla blanda, de plasticidad media, con algo de arena	35 a 70
Limo o arcilla dura, densa a muy densa, con algo de arena	50 a 120
Arena fina, suelta a media, con algo de limo	70 a 145
Arena fina, gruesa, densidad media a alta, con algo de limo o grava	95 a 215
Grava media a muy densa, con algo de arena	95 a 265
Detritos glaciales, limos, arenas o gravas, densas, cementadas	95 a 190
Lutitas blandas, poco meteorizadas, sanas a moderadamente fracturadas	205 a 550
Pizarras y lutitas duras, poco meteorizadas, sanas a moderadamente fracturadas	515 a 1 380
Calizas poco meteorizadas, moderadamente fracturadas	1 035 a 2 070
Areniscas poco meteorizadas, sanas a moderadamente fracturadas	520 a 1 725
Granito y basalto poco meteorizados, sanos a moderadamente fracturados	1 380 a 4 200

Nota. Adaptado de *Deslizamientos: Técnicas de Remediación* (Cap. 5, Pernos, clavos y micropilotes, p. 32), por J. Suárez, 2015. <https://www.erosion.com.co>

4.1.3 Dimensionamiento de las Obras de Drenaje

El dimensionamiento del canal abierto comenzó con el despeje de los radios hidráulicos a partir de la ecuación de Manning (Robert Manning, 1891, como se citó en Chaudhry, 2008):

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{0,67} \cdot S^{0,5} \quad (14)$$

Donde n es el coeficiente de Manning, R es el radio hidráulico de un canal y S es la pendiente.

Consecutivamente se determinaron los caudales por medio de la Ecuación (2), relacionados con la información técnica de cada perfil y se calcularon las áreas transversales por medio de la ecuación de la continuidad (Chaudhry, 2008; White, 2016):

$$Q = V \cdot A \quad (15)$$

Al ser un canal rectangular se pudo conocer los valores de los tirantes hidráulicos y , para lo cual se despejó en términos de la base b de la fórmula del área ($b \cdot y$), y se reemplazó en la ecuación del radio hidráulico (Chaudhry, 2008; French, 1985):

$$R = \frac{\text{Área mojada}}{\text{perímetro mojado}} \quad (16)$$

Donde el área mojada es ($b \cdot y$), y el perímetro mojado es ($b + 2 \cdot y$).

Consecutivamente se procedió a determinar el comportamiento del flujo y a qué régimen pertenecía: subcrítico ($Fr < 1$), crítico ($Fr = 1$) o supercrítico ($Fr > 1$), mediante la ecuación del número de Froude:

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g \cdot D_h}} \quad (17)$$

Donde v , es la velocidad en m/s, g el valor de la gravedad y D_h es la profundidad hidráulica. Posteriormente se identificó el tipo de flujo: laminar ($Re < 2\,000$), en transición ($2\,000 < Re < 4\,000$) o turbulento ($Re > 4\,000$) por medio de la ecuación de Reynolds (Osborne Reynolds, 1883, como se citó en White, 2016):

$$Re = \frac{v \cdot L}{\nu} \quad (18)$$

Donde v es la velocidad en m/s, L es la longitud característica (para un canal abierto se puede tomar el radio hidráulico para evitar sobrestimar) y ν es la viscosidad cinemática en m^2/s .

5. Resultados

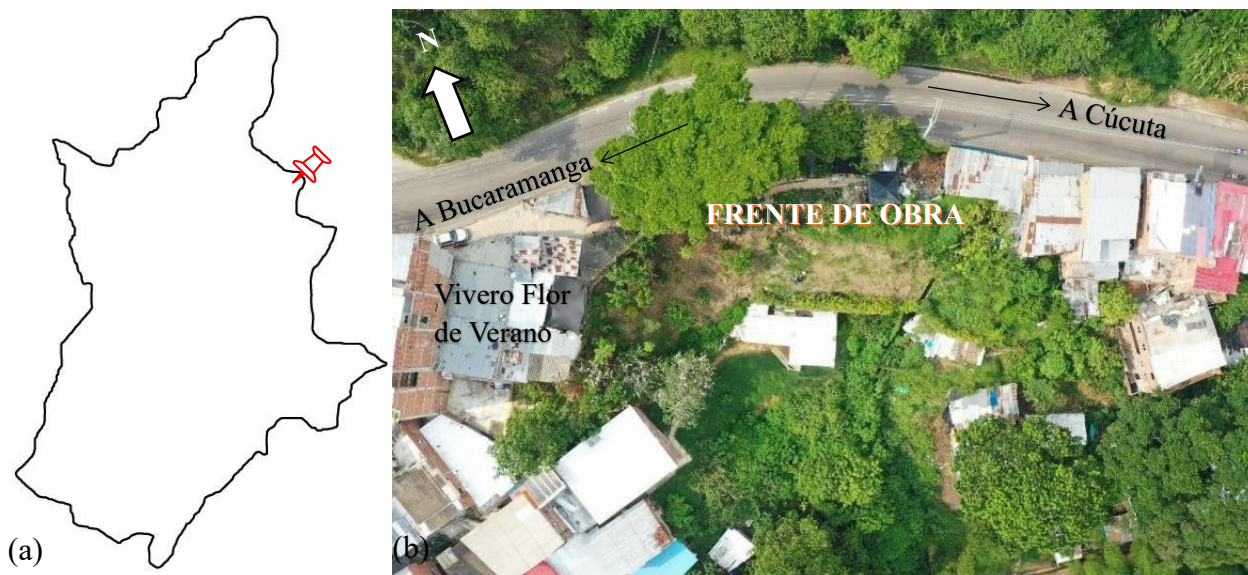
5.1 Supervisar las Obras de Mitigación de Amenazas Naturales para Asegurar el Cumplimiento de las Actividades y Obligaciones Contractuales en Ejecución por la SURYT

5.1.1 Obra N.º 1: Control de Erosión en el Talud Posterior al Vivero Flor de Verano y Viviendas Aledañas al Oriente, Barrio Limoncito, Comuna 14

5.1.1.1 Localización. Calle 14, al costado derecho de la vía Bucaramanga-Cúcuta. La ubicación del proyecto se presenta en la siguiente figura:

Figura 13

Localización de la obra N.º 1; (a) coordenadas $7^{\circ} 8' 0,62''$ N, $73^{\circ} 6' 16,67''$ O; (b) frente de obra



5.1.1.2 Necesidad. A raíz de la ola invernal del año 2009, la comunidad local interpuso una acción popular debido a un talud con poca cobertura vegetal, en retrogresión hacia la vía y viviendas, que amenazaba la seguridad, vida y bienes de más de 17 familias.

Luego de más de una década de proceso judicial, el Tribunal Administrativo de Santander ordenó a la CDMB la realización de estudios, diseños y su participación en la ejecución de las obras. El diseño comprende principalmente una pantalla de anclajes activos, concreto lanzado y obras hidráulicas.

5.1.1.3 Información Contractual. (Ver Apéndice 1).**Tabla 6***Información de Contratos N.º 210-15352-6 y N.º 210-15417-4 – Obra N.º 1*

Objeto	Construcción de obra para el control de la erosión en el talud posterior al vivero flor de verano y viviendas aledañas al oriente, Barrio Limoncito, comuna 14 del municipio de Bucaramanga en cumplimiento de la acción popular 2009-00025 (ra-obra-01). Contrato de obra N.º 210-15352-6
Valor inicial	2 605 404 072,25
Otrosí N.º 1	Concertación de mayores y menores cantidades de obra, inclusión de ítems no previstos, adición en valor y en plazo
Otrosí: fecha-valor	12 de noviembre de 2024 por 1 302 701 808,78
Valor total contrato	3 908 105 881,03
Contratista	Consorcio Estabilización Limoncito
Objeto	Interventoría técnica, administrativa y financiera sobre el contrato de obra N.º 210-15352-6 (Ra-interventoria-01). Contrato N.º 210-15417-4
Valor inicial	183 039 850,00
Otrosí: fecha-valor	20 de noviembre de 2024 por 91 119 925,00
Valor total contrato	274 159 775,00
Interventor	Firma de interventoría
Duración	Del 12 de agosto de 2024 al 28 de febrero de 2025

Nota. Valores monetarios en COP.

5.1.1.4 Cumplimiento de las Actividades Técnicas Asociadas a cada Sección. Algunas actividades técnicas culminaron con un porcentaje ejecutado acumulado distinto al 100% (véanse Apéndices 2 - 21), esto indicó que fue suficiente para la realización de la obra, debido a que se proyectaron más cantidades a las ejecutadas, como se evidencia en la siguiente tabla:

Tabla 7*% E.A de las actividades técnicas asociadas a cada sección – Obra N.º 1*

Sección	Subtotal (COP)	% E. A
Primera: Preliminares	127 885 992,50	99,962
Segunda: Excavación	185 220 388,34	99,935
Tercera: Concreto	388 308 064,80	100,000
Cuarta: Aceros	272 358 682,44	99,997
Quinta: Perforaciones horizontales	1 949 306 070,00	100,000
Sexta: Varios	60 190 637,36	98,560

5.1.1.5 Plano de la Obra y Estado Final de Esta. (Ver Apéndice 22) las Figuras 14 y 15 presentan el plano final de la obra y su estado al culminar, evidenciando el cumplimiento de actividades técnicas y obligaciones contractuales para mitigar la amenaza por remoción en masa.

Figura 14

Plano final de la obra

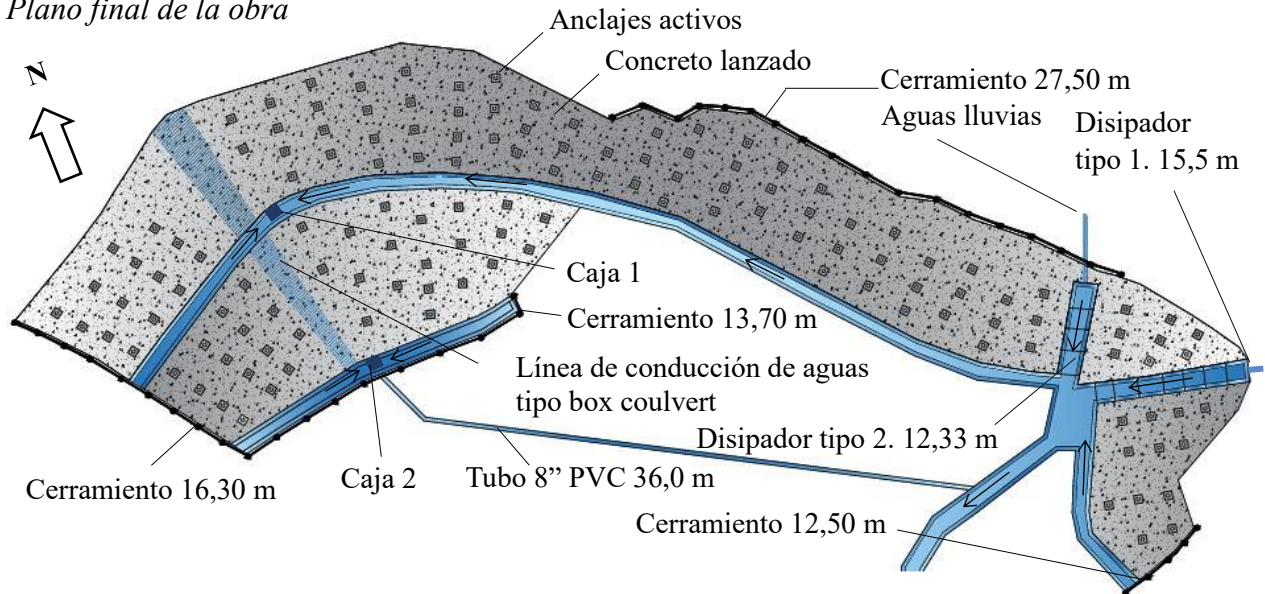


Figura 15

Estado final de la obra



5.1.1.6 Flujo Programado y Ejecutado de las Actividades Técnicas – Obra N.º 1.

Tabla 8

Flujo programado y flujo ejecutado de la obra N.º 1

Sección	Total	Flujo programado					
		Periodo 1: del 12 agosto al 11 septiembre 2024	Periodo 2: del 12 de septiembre al 11 de octubre de 2024	Periodo 3: del 12 de octubre al 11 de noviembre de 2024	Periodo 4: del 12 de noviembre al 11 de diciembre de 2024	Periodo 5: del 12 de diciembre de 2024 al 11 de enero de 2025	Periodo 6 y 7: del 12 de enero al 28 de febrero de 2025
Preliminares	156 417 839,02	63 573 850,97	22 397 082,90	-	43 692 042,30	5 784 998,57	20 969 864,29
Excavación	174 119 936,73	-	93 247 747,11	-	77 794 755,75	3 077 433,87	-
Concretos	629 560 249,55	-	25 586 976,12	42 966 076,58	10 434 692,93	236 690 439,48	313 882 064,44
Aceros	368 135 088,79	-	39 060 541,58	65 591 112,17	62 512 213,36	105 567 292,31	95 403 929,36
Perforaciones Horizontales varios	2 418 096 888,81	-	577 186 952,86	1 174 568 320,82	235 384 149,59	430 957 465,55	-
	161 775 878,13	-	-	-	-	20 803 640,65	140 972 237,48
Total	3 908 105 881,03	63 573 850,97	757 479 300,56	1 283 125 509,57	429 817 853,92	802 881 270,44	571 228 095,57
Acumulado		63 573 850,97	821 053 151,53	2 104 178 661,10	2 533 996 515,02	3 336 877 785,46	3 908 105 881,03
		Flujo ejecutado					
Preliminares	167 466 707,18	63 828 374,46	34 056 967,91	-	54 304 385,55	7 638 489,63	7 638 489,63
Excavación	242 546 098,53	-	141 792 372,93	-	96 690 293,88	4 063 431,72	-
Concretos	508 489 410,86	-	38 907 514,36	29 752 805,10	12 969 171,45	312 525 136,43	114 334 783,51
Aceros	356 653 694,66	-	59 395 396,14	45 420 008,81	77 695 780,68	139 390 642,50	34 751 866,53
Perforaciones Horizontales Varios	2 552 616 298,67	-	877 669 543,87	813 355 677,52	292 556 514,62	569 034 562,66	-
	78 819 639,62	-	-	-	-	27 469 046,27	51 350 593,35
Total	3 906 591 849,52	63 828 374,46	1 151 821 795,21	888 528 491,43	534 216 146,19	1 060 121 309,20	208 075 733,02
Acumulado		63 828 374,46	1 215 650 169,68	2 104 178 661,11	2 638 394 807,28	3 698 516 116,48	3 906 591 849,52

Nota. El valor total de cada sección contempla los porcentajes de administración (24%), imprevistos (1%), utilidad (5%), e IVA (19% de la utilidad). Valores monetarios en COP.

5.1.1.7 Análisis de la Curvas S y Control Financiero de Obra N.º 1. La Figura 16 evidencia dos periodos de significativo avance: el segundo y el quinto. Asimismo, la Tabla 9, presenta la tendencia del cumplimiento de las actividades técnicas por periodo, que fue de adelanto.

Figura 16

Presupuesto programado y presupuesto ejecutado de la obra N.º 1

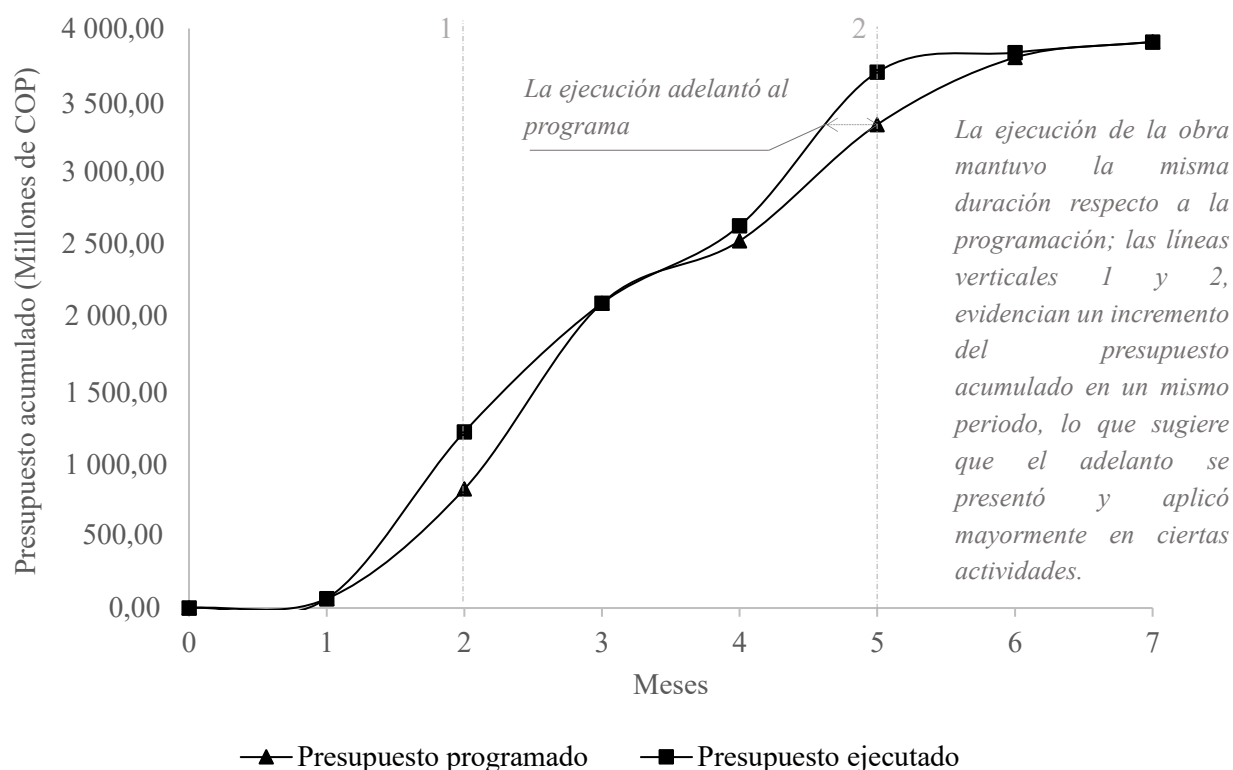


Tabla 9

Evaluación del flujo ejecutado de las actividades técnicas respecto al programado – Obra N.º 1

Periodo	Flujo programado (COP)	Flujo ejecutado (COP)	Cumplimiento
1	63 573 850,97	63 828 374,46	Adelanto de 0,01 %
2	821 053 151,53	1 215 650 169,68	Adelanto de 10,097 %
3	2 104 178 661,10	2 104 178 661,11	Exactitud
4	2 533 996 515,02	2 638 394 807,28	Adelanto de 2,671 %
5	3 336 877 785,46	3 698 516 116,48	Adelanto de 9,254 %
6 a 7	3 908 105 881,03	3 906 591 849,52	Finalizó con 99,961 %

Durante el periodo del 12 de septiembre al 11 de octubre de 2024 el avance del proyecto se generó porque se excavó un volumen menor al proyectado, lo que permitió iniciar las

perforaciones descolgadas para los anclajes activos, además, se incluyó un segundo equipo de perforación para estas actividades que tenían el porcentaje de incidencia más alto de la obra.

En el periodo del 12 de octubre al 11 de noviembre de 2024, no hubo adelanto ni atraso. fue en esta etapa que se firmó el Otrosí. Por otra parte, durante el periodo del 12 de noviembre al 11 de diciembre de 2024, el avance fue generado en parte al adelanto de las actividades de perforación, encamisado e instalación de los anclajes activos.

La obra finalizó con un avance ejecutado del 99,961% porque se presentó una diferencia entre las cantidades proyectadas y las ejecutadas, y quedó un porcentaje a favor de la entidad del 0,039 % equivalente a 1 514 031,51 COP. Asimismo, la interventoría se desarrolló a la par de Consorcio Estabilización Limoncito, y dejó un saldo a favor por 106 211,69 COP.

5.1.1.8 Observaciones Finales. Se realizaron pagos de aportes a la seguridad social, salud, pensión, riesgos laborales y parafiscales, cumpliendo las obligaciones legales y contractuales.

El diseño final de la canaleta es de sección semicircular, de 20 cm de alto; es distinto al inicial, de sección transversal rectangular y altura de 60 cm. De acuerdo con interventoría el cambio se realizó porque se modificó la información del caudal de diseño.

Fueron realizados ensayos de compresión para determinar la resistencia de morteros de cemento hidráulico en cubos de 50 mm. Asimismo, a las mallas electrosoldadas de refuerzo – dispuestas en toda el área de la obra– se les realizó ensayos de tracción de acuerdo con la norma NTC: 5806:2019, y se testeó la resistencia a la compresión de cilindros de concreto de Ø promedio 150 mm. Estos materiales cumplieron la resistencia esperada (véanse los Apéndices 23, 24 y 25).

Las actividades de siembra de los 40 árboles, de compensación por las siete especies intervenidas, se realizaron en el área de protección hídrica del barrio Molinos Bajos.

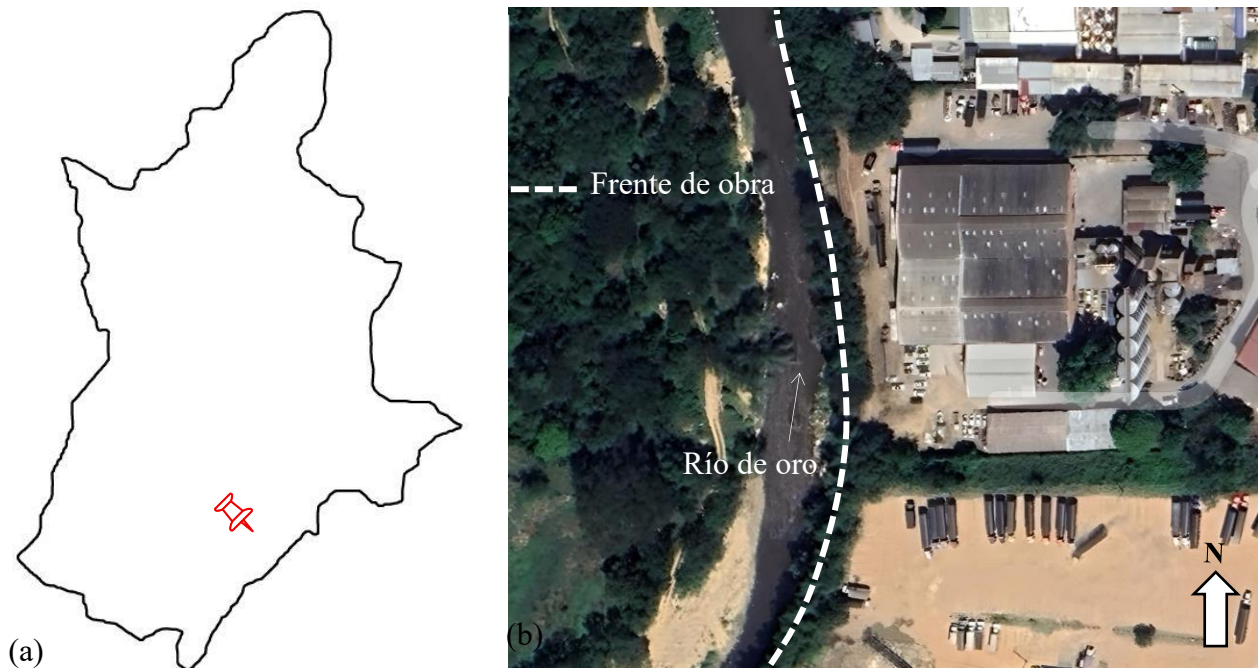
5.1.2 Obra N.º 2. Construcción de Obras de Mitigación de la Amenaza por Inundación para la Rehabilitación y Recuperación de la Margen Derecha del Río de Oro en el Sector Centroabastos

5.1.2.1 Localización. Km 3 vía Palenque-Café Madrid, adyacente al sector Centroabastos.

La ubicación del proyecto se representa en la siguiente figura:

Figura 17

Localización de la obra N.º 2; (a) coordenadas: $7^{\circ} 6' 24,38'' N$, $73^{\circ} 9' 55,67'' O$; (b) frente de obra



5.1.2.2 Necesidad. La obra corresponde a una reconstrucción de la original, la cual fue construida después de la avalancha del 12 de febrero de 2005. Sin embargo, para mayo del 2022 su estructura había colapsado y se encontraba destruida a causa de la socavación y el asentamiento diferencial en la base de los gaviones, causados principalmente por la dinámica natural del Río de Oro, por lo tanto, fue necesario reconstruirla por completo.

El diseño se compone de gaviones con dentellón, tramos con espigones y una franja de anclajes activos. Se estima que el total de población beneficiada con la construcción del proyecto son 10 612 personas.

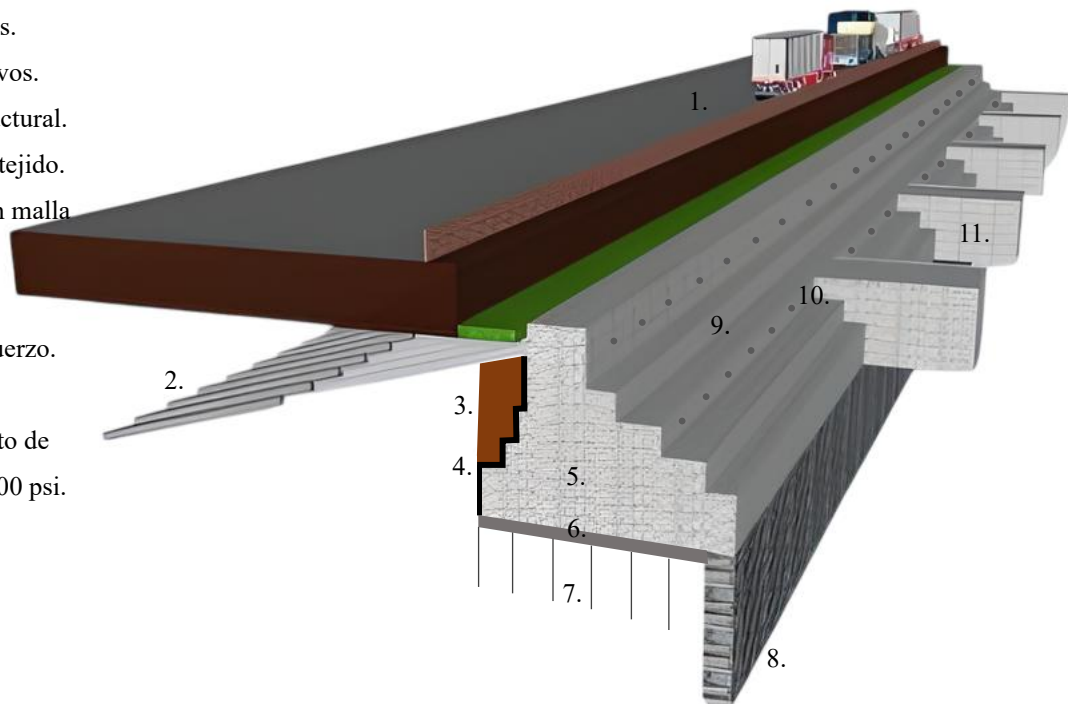
A continuación, fotografías del colapso de la antigua estructura de gaviones socavados.

Figura 18*Socavación en los antiguos gaviones***Figura 19***Deterioro y destrucción de los gaviones*

5.1.2.3 Composición de la Obra. En la Figura 20, se identifican los componentes principales que integran el proyecto, permitiendo visualizar sus elementos constructivos.

Figura 20*Isométrico en 3D de la obra de gaviones desde el lateral derecho*

1. Centroabastos.
2. Anclajes activos.
3. Relleno estructural.
4. Geotextil no tejido.
5. Gaviones con malla galvanizada.
6. Solado.
7. Acero de refuerzo.
8. Dentellón.
9. Recubrimiento de concreto de 3 000 psi.
10. Drenes de penetración.
11. Espigón.



5.1.2.4 Información Contractual. (Ver Apéndice 26).**Tabla 10***Información de los contratos N.º 210-15410-6 y N.º 210-15432-4 – Obra N.º 2*

Objeto	Construcción de obras de mitigación de la amenaza por inundación para la rehabilitación y recuperación de la margen derecha del Río de Oro en el sector Centroabastos, municipio de Bucaramanga, Santander (ra-obra-02)”. Contrato N.º 210-15410-6.
Valor inicial	16 738 177 417,42
Otrosí No. Uno, Objeto de modificación	Concertación de mayores y menores cantidades de obra, inclusión de ítems no previstos, adición en valor y en plazo
Otrosí: fecha-valor	12 de noviembre de 2024 por 8 100 000 000,00
Valor total contrato	24 838 177 417,42
Contratista	Consortio Cauce
Objeto	Interventoría técnica, administrativa y financiera sobre el contrato de obra N.º 210-15410-6 (Ra-interventoria-01), Contrato N.º 210-15432-4.
Valor inicial	914 396 000,00
Otrosí: fecha-valor	20 de noviembre de 2024 por 300 000 000,00
Valor total contrato	1 214 396 000,00
Interventor	Consortio Centroabastos
Duración estimada	Del 6 de septiembre de 2024 al 31 de agosto de 2025

Nota. Valores monetarios en COP.**5.1.2.5 Cumplimiento de las Actividades Técnicas Asociadas cada Sección.** La Sección

Primera comprende el replanteo, con ejecución desde el primer al quinto periodo. Por otra parte, la Sección Segunda, ralentizó el avance contractual y la Sección Quinta, no tuvo programado ejecución de actividades técnicas durante los primeros cinco meses (véanse Apéndices 27 - 41).

Tabla 11*% E.A de las actividades técnicas asociadas a cada sección – Obra N.º 2*

Sección	Subtotal (COP)	% E. A
Primera: Preliminares	207 278 456,00	65,4925
Segunda: Excavación	1 216 605 658,78	34,0675
Tercera: Concreto	649 354 830,00	10,7950
Cuarta: Aceros	10 376 630,00	2,1166
Quinta: Perforaciones horizontales	0,00	0,0000
Sexta: Varios	2 317 433 306,00	19,7775

5.1.2.5.1 Problemas con el Avance Contractual. La actividad: excavación mecánica bajo agua (Figura 21), fue la primera en presentar retrasos debido al hallazgo del dentellón de la antigua estructura y la dificultad para demolerlo (Figura 22). El elemento no fue considerado en la consultoría, ni en las etapas de factibilidad y diseño, ni en las especificaciones técnicas. Aunque el presupuesto comprende los tipos de excavación —incluidos para la estructura existente—, no se cuenta con información acerca de su localización ni de su profundidad producto del asentamiento.

Figura 21

Excavación mecánica bajo agua



Figura 22

Hallazgos del dentellón de la antigua estructura



Otra actividad que ralentizó el avance de la obra fue: conformación del jarillón provisional con material del río (Figura 23). Se debió, especialmente, a la topografía y al continuo aumento

del caudal de infiltración, lo que elevó el nivel freático y dificultó su mantenimiento. De hecho, a menudo pasaban días extrayendo agua con dos motobombas mientras se intentaba conformarlo.

Figura 23

Conformación del jarillón provisional de la obra



Hay que tener en consideración que existen varios aspectos importantes dentro del desarrollo de los jarillones, entre ellos la comprensión de la dinámica fluvial, incluyendo la recopilación de datos de campo para analizar el comportamiento del cauce, los caudales y los momentos en los que se dan, así como los niveles de sedimentación.

Dentro de los factores mencionados, uno de los más importantes es el conocimiento de las avenidas; siendo estas las situaciones extremas bajo las cuales el caudal experimenta un crecimiento desproporcionado. Además, están relacionadas de manera directa con los niveles de precipitación en el área. Es decir, hay un incremento en los esfuerzos soportados por los materiales finos y gruesos que conforman el jarillón. Por lo tanto, en presencia del agua, tienden a comportarse de manera inestable y consecuentemente toda la estructura puede fallar.

Aunque existe un estudio hidrológico de la zona del Río de Oro en el Centro de Documentación de la CDMB, no se dispone de un expediente —ya sea de consultorías o diseños— que justifique la decisión de construir el jarillón provisional en su forma actual, además, las especificaciones técnicas no brindan una visión formal y detallada del mismo. Tampoco considera

sus dimensiones, como la altura o el ancho de la base. Adicionalmente, en su construcción, no se incluyeron geosintéticos; los finos carecen de compactación y la estructura fue conformada con material del mismo río, en lugar de emplear uno de préstamo, posiblemente más apropiado.

Se aprecia cómo una estructura debe contener unos elementos constitutivos mínimos que garanticen su efectividad y duración, los cuales deben ser concebidos en las etapas de factibilidad y diseño, donde se determinan de acuerdo con las características de la zona del proyecto, así como con los parámetros que dieron origen a su construcción.

Aun cuando estos aspectos técnicos son clave, el desarrollo de la infraestructura también se ve condicionado por factores externos, entre ellos la variabilidad climática, el comportamiento del Río de Oro y las dinámicas sociales del territorio; sin embargo, la ausencia de acciones concretas ha agravado la situación, favoreciendo el rezago, lo que hace evidente la necesidad de una planeación rigurosa desde las etapas iniciales.

Este caso subraya la importancia de la toma de decisiones oportunas y estratégicas en la gestión previa de una obra, ya que debieron tener en cuenta operaciones correctivas, no obstante, a medida que la construcción avanza, los problemas se consolidan y el costo de las soluciones se incrementa. Por lo tanto, se está incurriendo en un aumento significativo en gastos, entre estos indirectos como la administración y pólizas, esto deriva en la posible necesidad de añadir de nuevo otros ítems, elevando el costo de la obra mucho más allá de lo presupuestado inicial e igualmente promoviendo la vulnerabilidad social de la zona.

A su vez, las actividades cuyo inicio dependen de otras, están condicionadas al avance de las primeras, por lo que el atraso afecta la programación de obra, no solo de una actividad, sino de la continuación de las demás.

5.1.2.6 Flujo Programado y Ejecutado de las Actividades Técnicas hasta el Quinto Periodo – Obra N.º 2.

Tabla 12

Flujo programado y flujo ejecutado de la obra N.º 2

Actividad	Total	Flujo programado				
		Periodo 1: del 6 de septiembre al 5 de octubre de 2024	Periodo 2: del 6 de octubre al 5 de noviembre de 2024	Periodo 3: del 6 de noviembre al 5 de diciembre de 2024	Periodo 4: del 6 de diciembre al 31 de diciembre de 2024	Periodo 5: del 1 de enero al 31 de enero de 2025
Preliminares	518 333 878,54	151 512 882,25	270 922 916,94	43 622 856,33	31 452 584,06	20 822 638,95
Excavación	1 372 255 664,27	-	414 610 779,78	567 003 243,98	191 511 289,63	199 130 350,88
Concretos	1 157 211 393,77	-	-	79 910 688,39	457 343 870,50	619 956 834,88
Aceros	21 158 153,05	-	-	-	7 688 409,44	13 469 743,61
Perforaciones horizontales	-	-	-	-	-	-
Varios	4 206 143 075,94	-	-	248 346 317,68	1 641 824 888,12	2 315 971 870,14
Total	7 275 102 165,57	151 512 882,25	685 533 696,72	938 883 106,38	2 329 821 041,75	3 169 351 438,46
Acumulado		151 512 882,25	837 046 578,97	1 775 929 685,35	4 105 750 727,10	7 275 102 165,56
			Flujo ejecutado			
Preliminares	271 431 138,13	69 954 355,58	75 678 978,87	95 274 524,13	15 261 639,77	15 261 639,77
Excavación	1 593 145 110,17	-	115 799 844,51	1 238 714 167,56	92 620 552,73	146 010 545,37
Concretos	850 330 149,89	-	-	174 616 678,67	221 167 104,71	454 546 366,51
Aceros	13 588 196,99	-	-	-	3 705 871,91	9 882 325,08
Perforaciones horizontales	-	-	-	-	-	-
Varios	3 034 678 914,21	-	-	542 609 134,20	794 000 368,64	1 698 069 411,37
Total	5 763 173 509,38	69 954 355,58	191 478 823,38	2 051 214 504,56	1 126 755 537,75	2 323 770 288,11
Acumulado		69 954 355,58	261 433 178,96	2 312 647 683,52	3 439 403 221,28	5 763 173 509,38

Nota. El valor total de cada sección contempla los porcentajes de administración (24%), imprevistos (1%), utilidad (5%), e IVA (19% de la utilidad). Valores en COP.

5.1.2.7 Control Financiero de Obra - Análisis de la Curva S hasta el Quinto Periodo.

La Figura 24 identifica dos momentos de atraso: en el segundo y quinto periodo, y un adelanto en el tercero. En general, la tendencia del cumplimiento técnico fue de atraso (ver Tabla 13).

Figura 24

Presupuesto programado y presupuesto ejecutado de la obra N.º 2

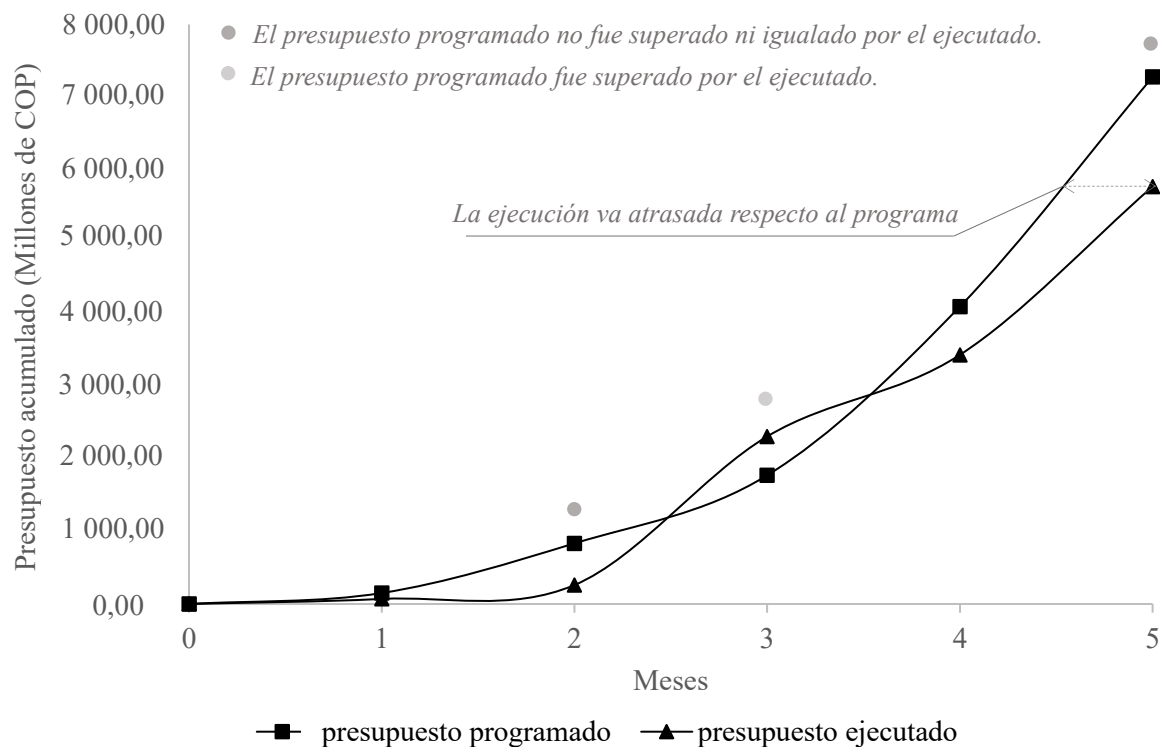


Tabla 13

Evaluación del flujo ejecutado de las actividades técnicas respecto al programado – Obra N.º 2

Periodo	Flujo programado (COP)	Flujo ejecutado (COP)	Cumplimiento
1	151 512 882,25	69 954 355,58	Atraso de 0,328 %
2	837 046 578,97	261 433 178,96	Atraso de 2,317 %
3	1 775 929 685,35	2 312 647 683,52	Adelanto de 2,161 %
4	4 105 750 727,10	3 439 403 221,28	Atraso de 2,683 %
5	7 275 102 165,56	5 763 173 509,38	Atraso de 6,087 %

De acuerdo con las visitas realizadas, los principales motivos por los que se han presentado dificultades con el avance contractual han sido:

- Hallazgos del dentellón de la antigua estructura y la complejidad para demolerlo.
- Problemas para conformar y mantener el jarillón provisional.
- El aumento del caudal y del nivel freático.
- La variabilidad climática.
- La falta de ideas y acciones.

5.1.2.7.1 Observaciones. No fueron contemplados al firmar el otrosí, métodos para reconocer dónde está el dentellón de la antigua estructura, por ejemplo, a través de ensayos geofísicos o como mínimo investigando sobre la primera obra en el archivo histórico de la CDMB.

El jarillón provisional fue conformado con material proveniente del río; sin embargo, presenta problemas de inundación y las motobombas utilizadas no tienen la capacidad suficiente para evacuar el agua. Además, el material del río podría no ser adecuado, en particular, debido a sus propiedades mecánicas. Como alternativa, podría considerarse el diseño de un sistema de tablestacas; no obstante, esta o cualquier otra solución debió haber sido integrada en el presupuesto durante las etapas de factibilidad y diseño.

La obra se desarrolla en la ronda hídrica del Río de Oro, por lo que debió haberse programado parte de su ejecución en temporada seca o, en su defecto, establecer jornadas extendidas para gestionar durante menos tiempo medidas efectivas frente al aumento del caudal asociado al régimen bimodal de lluvias.

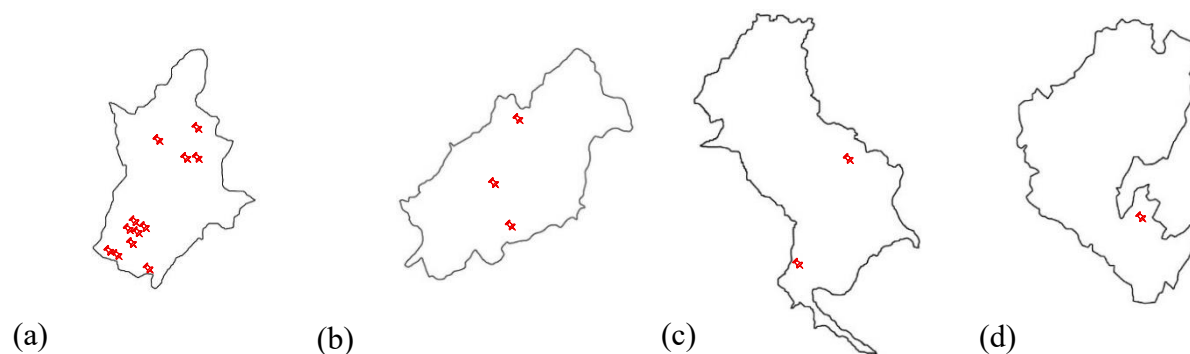
Es factible que el atraso persista en los siguientes periodos con la misma tendencia creciente, o en el mejor de los casos disminuya progresivamente. Asimismo, podría ser necesario firmar nuevos otrosíes tanto por adición en valor como en plazo debido a las causas documentadas.

5.2 Elaborar Informes de Caracterización de Amenazas Naturales con Información Técnica, Recomendaciones, Conclusiones y Exhortaciones sobre Mitigación de Riesgos para Entidades Territoriales, de Control, Judiciales y Público en General, Basados en las Inspecciones Oculares Realizadas por la SURYT en el Área de Jurisdicción de la CDMB

La caracterización de amenazas naturales se enfocó en riesgo por remoción en masa y riesgo por inundación. Asimismo, se clasificaron por temáticas propuestas a partir del desarrollo de las actividades del objetivo. En la siguiente figura se detallan los casos y su clasificación, igualmente, las fichas técnicas se presentan por fecha de realización de la visita.

Figura 25

N.º de casos: (a) Bucaramanga: 12; (b) Floridablanca: 3; (c) Suratá: 2; (d) Piedecuesta: 1; (e) clasificación por temática



(a)

(b)

(c)

(d)

● Eventos de remoción en masa.

● Afectaciones estructurales a viviendas.

● Asentamientos diferenciales en taludes.

Temática: ● Asentamientos diferenciales en infraestructura.

● Afectaciones a obras de canalización.

● Filtraciones.

● Monitoreo a obras de mitigación.

○ Casos particulares.

(e)

Figura 26

Ficha técnica de inspección ocular para caracterizar amenazas naturales, Villas de San Ignacio


PARCELAS DE LA UNIÓN VILLAS DE SAN IGNACIO, BUCARAMANGA	
● Motivo de la visita: daños estructurales en vivienda por movimiento en masa.	
<p>Registro fotográfico</p>  <p>10 de enero de 2025</p>	<p>Coordenadas: 7° 9' 13.32'' N, 73° 8' 40.56'' O</p> <p>Descripción de la Problemática Muros y placa de entrepiso destruidos, con presencia de grietas a 45°, asimismo no hay conexión al sistema de alcantarillado.</p> <p>Análisis de la Amenaza El deslizamiento rotacional en el talud de la margen derecha del Río de Oro ocasionó la creación de esfuerzos diferenciales y afectó la cimentación, provocando colapso en las zonas más críticas. Por las características geológicas, geomorfológicas y geotécnicas, existe alto riesgo por remoción en masa en la zona.</p>
<p>Conclusiones y/o Recomendaciones La vivienda no cumple el aislamiento mínimo para taludes, igualmente no fue diseñada de acuerdo con la NSR-10. En el sector ocurren vertimientos de agua residual en el suelo que incrementan la inestabilidad del terreno, asimismo es un área no apta para el desarrollo de proyectos civiles.</p>	

Figura 27

Ficha técnica de inspección ocular para caracterizar amenazas naturales, La Guacamaya


LA GUACAMAYA, BUCARAMANGA	
● Motivo de la visita: solicitud de acceso a red de alcantarillado.	
<p>Registro fotográfico</p>  <p>10 de enero de 2025</p>	<p>Coordenadas: 7° 5' 37.55'' N, 73° 7' 23.32'' O</p> <p>Descripción de la Problemática Instalaciones sanitarias descargan en la quebrada; se presenta acumulación de sedimento en zonas de la canalización.</p> <p>Análisis de la Amenaza La contaminación de la quebrada La Guacamaya por aguas residuales, reduce el oxígeno disuelto, poluciona el subsuelo, agua subterránea, afecta el entorno ecológico de la zona, incluso, podría contribuir a socavar la canalización, por lo tanto, se incrementa el riesgo por inundación y por remoción en masa.</p>
<p>Conclusiones y/o Recomendaciones El ecosistema está siendo alterado por sustancias orgánicas y químicas en el agua que afectan la biodiversidad debido a la descarga de vertidos en la quebrada La Guacamaya, por otra parte, el acceso a saneamiento básico, como derecho universal, garantiza mejores condiciones de vida.</p>	

Figura 28

Ficha técnica de inspección ocular para caracterizar amenazas naturales, Kennedy


KENNEDY, BUCARAMANGA	
<ul style="list-style-type: none"> ● Motivo de la visita: afectaciones estructurales en vivienda en contacto con un talud. 	
<p>Registro fotográfico</p>  <p>17 de enero de 2025</p>	<p>Coordenadas: 7° 9' 18.3'' N, 73° 8' 15.1'' O</p> <p>Descripción de la Problemática Vivienda construida en la corona de un talud con presencia de grietas a 45° en muros y losa del interior del área posterior.</p> <p>Análisis de la Amenaza La erosión, inestabilidad y retrogresión del talud adyacente a la vía de la Carrera 10, han afectado la cimentación de la vivienda y expuesto instalaciones de tubería sanitaria, asimismo, la nula cobertura vegetal y la intervención antrópica, sumada la ausencia de obras de mitigación de riesgo aumentan el deterioro del suelo.</p>
<p>Conclusiones y/o Recomendaciones Las grietas a 45° evidencian asentamientos diferenciales del suelo en contacto con la cimentación, además, la vivienda no tiene el aislamiento mínimo para taludes de la resolución 1294 de la CDMB. A su vez, el talud ha sido intervenido inapropiadamente con neumáticos para frenar la retrogresión.</p>	

Figura 29

Ficha técnica de inspección ocular para caracterizar amenazas naturales, La Feria (1)


LA FERIA, BUCARAMANGA	
<ul style="list-style-type: none"> ○ Motivo de la visita: valoración técnica al muro perimetral de la Calle 25 con 0. 	
<p>Registro fotográfico</p>  <p>20 de enero de 2025</p>	<p>Coordenadas: 7° 7' 21.7'' N, 73° 8' 30.8'' O</p> <p>Descripción de la Problemática Segmentos con humedad por capilaridad, múltiples grietas a distintos grados, y erosión de la mampostería y su recubrimiento.</p> <p>Análisis de la amenaza El tipo de humedad sugiere que la cimentación no se encuentra impermeabilizada, sin embargo, suceden asentamientos diferenciales –próximos al muro– en tramos de la vía, asociados a un cambio en las propiedades mecánicas del suelo, situación agravada por las cargas que soporta el pavimento tipo flexible.</p>
<p>Conclusiones y/o Recomendaciones El muro de cerramiento no desempeña una función estructural, por lo tanto, no brinda protección entre los residentes y el talud, puesto que no cumple los requisitos de diseño de la NSR-10. Igualmente, los asentamientos en la vía son intensificados por infiltración de agua de lluvia.</p>	

Figura 30*Ficha técnica de inspección ocular para caracterizar amenazas naturales, La Feria (2)*

LA FERIA, BUCARAMANGA	
<p>● Motivo de la visita: deslizamiento en el barrio La Feria.</p>	
<p>Registro fotográfico</p>  <p>20 de enero de 2025</p>	<p>Coordenadas: 7° 7' 22.2'' N, 73° 8' 23.9'' O</p> <p>Descripción de la Problemática Deslizamiento de tipo rotacional. Infraestructura completa o parcialmente destruida, con profundas grietas tensionales.</p> <p>Análisis de la Amenaza El área de la visita se clasifica en la categoría de amenaza muy alta por remoción en masa; de hecho, existe un historial de deslizamientos desde los años 60 que demuestra que urbanizar este sector no solo pone en riesgo la vida de sus habitantes sino también demanda una fuerte inversión económica.</p>
<p>Conclusiones y/o Recomendaciones La zona no es adecuada para el desarrollo de proyectos urbanos, además, el deslizamiento permanece activo, con posibilidad de que la superficie de falla se incremente. Es urgente realizar estudios de consultoría para implementar medidas de mitigación y evitar mayores pérdidas.</p>	

Figura 31*Ficha técnica de inspección ocular para caracterizar amenazas naturales, La Feria (3)*


LA FERIA, BUCARAMANGA	
<p>● Motivo de la visita: monitoreo a pantalla de concreto lanzado y anclajes activos.</p>	
<p>Registro fotográfico</p>  <p>20 de enero de 2025</p>	<p>Coordenadas: 7° 7' 21.8'' N, 73° 8' 27.4'' O</p> <p>Descripción de la Problemática Especies arbustivas y arbóreas crecen en drenes, en la corona y en áreas del concreto lanzado, donde el material está erosionado.</p> <p>Análisis de la Amenaza El crecimiento de las raíces –principalmente de especies arbóreas– fractura el concreto, ejerce presiones laterales y verticales, y en suelos finos se puede generar ciclos de expansión y contracción por la absorción de agua, esto reduciría la resistencia a cortante y provocaría asentamientos diferenciales.</p>
<p>Conclusiones y/o Recomendaciones Los drenes obstruidos elevan el nivel freático y la presión de poros, asimismo, las raíces de especies arbóreas y arbustivas han generado grietas que permiten infiltración, intensifican la erosión, generan corrosión de la malla electrosoldada y comprometen la funcionalidad de la estructura.</p>	

Figura 32

Ficha técnica de inspección ocular para caracterizar amenazas naturales, Kilómetro 6 vía Girón


KILÓMETRO 6 VÍA-GIRÓN, BUCARAMANGA	
<p>● Motivo de la visita: remoción en masa del talud del tramo 10A PR 72 + 350.</p>	
<p>Registro fotográfico</p>  <p>22 de enero de 2025</p>	<p>Coordenadas: 7° 5' 5.7'' N, 73° 9' 39.8'' O</p> <p>Descripción de la Problemática Movimiento en masa de tipo caída. Presencia de caídas de detritos en zonas colindantes y humedad en material desplazado.</p> <p>Análisis de la Amenaza la poca cobertura vegetal, la pérdida gradual de material, y especialmente la carencia de obras de mitigación, incrementan el riesgo por remoción en masa. Además de poner en peligro la infraestructura de una vía primaria también compromete la movilidad, la seguridad vial y sobre todo la vida de los usuarios.</p>
<p>Conclusiones y/o Recomendaciones El talud de corte presenta degradación progresiva en forma de surcos, incremento de la pendiente e inestabilidad. Asimismo, la humedad en el material desplazado evidencia disminución de la cohesión y de la resistencia a cortante. El operador vial debe ejecutar obras de estabilización.</p>	

Figura 33

Ficha técnica de inspección ocular para caracterizar amenazas naturales, Zapamanga V Etapa


ZAPAMANGA V ETAPA, FLORIDABLANCA	
<p>● Motivo de la visita: Erosión interna en muro de gaviones y losa de la obra de control de cauce.</p>	
<p>Registro fotográfico</p>  <p>28 de enero de 2025</p>	<p>Coordenadas: 7° 5' 22.4'' N, 73° 5' 46.8'' O</p> <p>Descripción de la Problemática Destrucción y socavación del tramo de la losa de concreto y de la base de un gavión con remoción de la piedra que lo compone.</p> <p>Análisis de la Amenaza Los procesos erosivos se manifiestan mayormente en la socavación y la tubificación, afectando la función estructural de la canalización de la Q. Zapamanga. Sin embargo, la infiltración además de modificar la capacidad hidráulica, ha generado otros tipos de erosión interna, como socavones en áreas adyacentes.</p>
<p>Conclusiones y/o Recomendaciones La infiltración está modificando propiedades mecánicas como la resistencia a cortante del subsuelo y la tubificación creó daño progresivo hasta debilitar la estructura. Asimismo, los trozos de losa actúan como resaltes hidráulicos generando abruptamente distintos tipos de regímenes de flujo.</p>	

Figura 34

Ficha técnica de inspección ocular para caracterizar amenazas naturales, Miramanga


MIRAMANGA, BUCARAMANGA	
○ Motivo de la visita: construcción sobre la pendiente de un talud.	
<p>Registro fotográfico</p>  <p>6 de febrero de 2025</p>	<p>Coordenadas: 7° 7' 45.7'' N, 73° 6' 0'' O</p> <p>Descripción de la Problemática Vivienda informal construida sobre un talud con nula cobertura vegetal, erosionado, con más de tres cortes e inestable.</p> <p>Análisis de la Amenaza Los cortes inapropiadamente realizados al talud han contribuido a que presente erosión y sea inestable; asimismo, el material desplazado (limo y arcilla) sobre la berma y cuneta, modifica el curso de la escorrentía superficial, aumenta el riesgo de eventos de remoción en masa y pone en peligro la seguridad vial.</p>
<p>Conclusiones y/o Recomendaciones El talud ha sido descapotado e intervenido de manera inadecuada desde hace más de 20 años, presenta variaciones en el nivel freático y progresiva inestabilidad agravada por acción antrópica. A su vez, el material desplazado podría convertirse en un flujo en temporada de lluvias.</p>	

Figura 35

Ficha técnica de inspección ocular para caracterizar amenazas naturales, África

ÁFRICA, BUCARAMANGA	
● Motivo de la visita: filtración en muros laterales de vivienda.	
<p>Registro fotográfico</p>  <p>17 de febrero de 2025</p>	<p>Coordenadas: 7° 5' 40.9'' N, 73° 7' 10.6'' O</p> <p>Descripción de la Problemática Filtración con tono oscuro por la base de los muros en contacto con el talud y remoción del material en un sector próximo al pie.</p> <p>Análisis de la Amenaza La filtración incrementa el detrimento, agrietamiento y la socavación de los muros estructuralmente inapropiados para contrarrestar las sollicitaciones de una zona con amenaza muy alta ante movimientos de remoción en masa y susceptible a afloramientos, deslizamientos y asentamientos diferenciales.</p>
<p>Conclusiones y/o Recomendaciones Se ha removido material del talud para crear un abatimiento del nivel freático, no obstante, podría crear más inestabilidad por pérdida de presión de confinamiento. No queda claro si la filtración es causa de procesos hidrológicos, o si es una mezcla con fugas de redes de acueducto y alcantarillado.</p>	

Figura 36

Ficha técnica de inspección ocular para caracterizar amenazas naturales, Colina Campestre


COLINA CAMPESTRE, FLORIDABLANCA	
<p>● Motivo de la visita: valoración técnica al talud colindante a las casas 35 a 39.</p>	
<p>Registro fotográfico</p>  <p>17 de febrero de 2025</p>	<p>Coordenadas: 7° 4' 15.5'' N, 73° 6' 30.8'' O</p> <p>Descripción de la Problemática Erosión, sedimento en el canal, cargas sobre la corona del talud y asentamiento diferencial en áreas con poca cobertura vegetal.</p> <p>Análisis de la Amenaza En el sector próximo a la base del talud se presentan asentamientos diferenciales y mayor erosión, mientras que en la corona el peso propio de los muros en terraza, incrementan carga. Por lo tanto, hay cambios en las propiedades del suelo, en su estabilidad y aumenta la probabilidad de remoción en masa.</p>
<p>Conclusiones y/o Recomendaciones Sobre el talud descargan los bajantes de las viviendas evidenciando no solo un mal uso del suelo sino la posibilidad de incrementar el nivel freático con riesgo de saturar completa o parcialmente el terreno en temporada de lluvias, además, las casas no tienen el aislamiento mínimo para taludes.</p>	

Figura 37

Ficha técnica de inspección ocular para caracterizar amenazas naturales, San Martín


SAN MARTÍN, BUCARAMANGA	
<p>● Motivo de la visita: filtración de aguas residuales sobre un talud.</p>	
<p>Registro fotográfico</p>  <p>17 de febrero de 2025</p>	<p>Coordenadas: 7° 5' 54.2'' N, 73° 6' 36.4'' O</p> <p>Descripción de la Problemática Casa ubicada en la corona de un talud, filtración por el área inferior de los muros laterales y rastro de sedimento en el andén.</p> <p>Análisis de la Amenaza El contacto con aguas residuales no solo promueve el avance de la erosión y la inestabilidad en el talud, sino que también contamina el suelo con sustancias orgánicas e industriales. Esta filtración genera condiciones insalubres y facilita la exposición a agentes biológicos y químicos perjudiciales para la salud.</p>
<p>Conclusiones y/o Recomendaciones La filtración de aguas residuales de las actividades antrópicas se mezcla con la dinámica hídrica natural del talud, incrementando la erosión, reduciendo la resistencia a cortante y saturando las zonas laterales donde sale flujo continuamente, dejando un rastro de sedimento viscoso en el andén.</p>	

Figura 38

Ficha técnica de inspección ocular para caracterizar amenazas naturales, Quebrada Chambula


QUEBRADA CHAMBULA, SURATÁ	
<p>● Motivo de la visita: deslizamiento complejo en la finca La Quebradita.</p>	
<p>Registro fotográfico</p>  <p>18 de febrero de 2025</p>	<p>Coordenadas: 7° 21' 2.2'' N, 72° 58' 47.11'' O</p> <p>Descripción de la Problemática Deslizamiento complejo: de tipo rotacional con flujo de tierra; con presencia de grietas tensionales en la franja sobre la corona.</p> <p>Análisis de la Amenaza La siembra de especies no nativas, los fragmentos de tuberías de captación que favorecen mayor infiltración, y la socavación en la base del talud ocasionada por la dinámica de la quebrada han incrementado la erosión, promovido mayor inestabilidad en los depósitos del coluvión y elevado el riesgo de remoción en masa.</p>
<p>Conclusiones y/o Recomendaciones El deslizamiento podría reactivarse puesto que se evidencia deformación local y grietas tensionales sobre la corona. Asimismo, ya no se cumple el aislamiento mínimo entre el talud y la vía terciaria, la cual no cuenta con obras de arte que permitan el curso y disposición apropiada de la escorrentía.</p>	

Figura 39

Ficha técnica de inspección ocular para caracterizar amenazas naturales, Carrera 4


CARRERA 4, SURATÁ	
<p>● Motivo de la visita: valoración técnica al muro de gaviones y puntos críticos del casco urbano.</p>	
<p>Registro fotográfico</p>  <p>18 de febrero de 2025</p>	<p>Coordenadas: 7° 21' 53.1'' N, 72° 59' 8.4'' O</p> <p>Descripción de la Problemática Asentamiento diferencial longitudinal, crecimiento de arbustos en la estructura y detrimento con rotura de la malla eslabonada.</p> <p>Análisis de la Amenaza La zona presenta amenaza alta por remoción en masa; de hecho, existen antecedentes de daños en la infraestructura causados por la ocurrencia de movimientos de tipo reptación y deslizamientos rotacionales, debido a que el muro de gaviones y el casco urbano de Suratá se localizan sobre una superficie de coluvión.</p>
<p>Conclusiones y/o Recomendaciones El asentamiento diferencial y el daño en la malla se hacen más críticos en uno de los extremos, donde es factible que haya mayor concentración de suelos finos. Asimismo, este comportamiento indica que la cimentación no se encuentra en contacto con un estrato portante sino con el coluvión.</p>	

Figura 40

Ficha técnica de inspección ocular para caracterizar amenazas naturales, Carrera 6 w


CARRERA 6W, PIEDECUESTA	
○ Motivo de la visita: valoración técnica al ramal de acequias.	
<p>Registro fotográfico</p>  <p>28 de febrero de 2025</p>	<p>Coordenadas: 6° 58' 17.46'' N, 73° 3' 28.80'' O</p> <p>Descripción de la Problemática Obstrucción de acequias por material proveniente del talud y árboles inclinados por pérdida de suelo en su soporte.</p> <p>Análisis de la Amenaza La acumulación de material del talud en la base de las acequias ocasiona velocidades asociadas a distintos tipos de flujo, asimismo podría modificar la pendiente longitudinal, llegando a ser incluso mayor a la crítica e igualmente favorece la formación de tubificación, por lo tanto, se aumenta el riesgo de inundación.</p>
Conclusiones y/o Recomendaciones	
El rebosamiento de las acequias se infiltra y socava el talud en retrogresión. El material desplazado como finos y rocas se deposita en la base del ramal y ocasiona cambio de la rugosidad del concreto, además, reduce la capacidad hidráulica y genera nuevos reboses que intensifican la erosión.	

Figura 41

Ficha técnica de inspección ocular para caracterizar amenazas naturales, Villas del Reposo

VILLAS DEL REPOSO, FLORIDABLANCA	
● Motivo de la visita: asentamiento diferencial en el pie del talud colindante a canalización.	
<p>Registro fotográfico</p>  <p>11 de marzo de 2025</p>	<p>Coordenadas: 7° 5' 19.86'' N, 73° 5' 30.79'' O</p> <p>Descripción de la Problemática Franja intervenida con neumáticos rellenos de rocas y material del talud, a la par, bajantes de cubiertas descargan en el terreno.</p> <p>Análisis de la Amenaza La modificación de la topografía de manera informal para contrarrestar el avance de la erosión ha ocasionado un efecto adverso, debido a que las cargas intensifican el asentamiento diferencial y se podría incluso activar deslizamientos, además se promueve socavación y tubificación en la obra de canalización.</p>
Conclusiones y/o Recomendaciones	
El asentamiento diferencial ocurre debido a la presencia de suelos finos saturados por la dinámica hídrica, la concentración de agua de lluvia y las descargas de los bajantes de las cubiertas, puesto que el muro restringe el flujo y posiblemente no cuente con filtros o estos requieren mantenimiento.	

Figura 42

Ficha técnica de inspección ocular para caracterizar amenazas naturales, La Feria (4)



LA FERIA, BUCARAMANGA	
<p>● Motivo de la visita: monitoreo a obra de muros de contención en concreto.</p> <p>Registro fotográfico</p>  <p>11 de marzo de 2025</p>	<p>Coordenadas: 7° 7' 19.4'' N, 73° 8' 23.1'' O</p> <p>Descripción de la Problemática Bajantes de cubiertas descargan sobre la obra, drenes saturados y presencia de grietas en laterales por crecimiento de arbustos.</p> <p>Análisis de la Amenaza La función estructural puede verse afectada progresivamente debido a la obstrucción de los drenes porque no permiten adecuado control del nivel freático, por lo tanto, el agua se acumula, se incrementa la presión hidrostática, se puede generar tubificación, deformaciones y grietas por las fuerzas desbalanceadas, por lo tanto, eventualmente podría colapsar.</p> <p>Conclusiones y/o Recomendaciones Si bien la obra no presenta deterioro significativo inmediato que afecte su función estructural, se recomienda mantenimiento, puesto que los drenes obstruidos pueden generar erosión interna, socavación o incluso colapso, además, los bajantes de las cubiertas deben descargar en el canal.</p>

Figura 43

Ficha técnica de inspección ocular para caracterizar amenazas naturales, Villa Esmeralda

VILLA ESMERALDA, BUCARAMANGA	
<p>● Motivo de la visita: asentamiento diferencial en la vía de la Carrera 1A.</p> <p>Registro fotográfico</p>  <p>22 de abril de 2025</p>	<p>Coordenadas: 7° 6' 29.04'' N, 73° 8' 3.93'' O</p> <p>Descripción de la Problemática Asentamiento diferencial alrededor de 11 m de largo, adyacente a muro de cerramiento con base ligeramente socavada.</p> <p>Análisis de la Amenaza El talud se encuentra en retrogresión en diferentes sectores, siendo más crítica donde sucede el asentamiento, allí el aislamiento es nulo, y se compromete la función estructural y el propósito del muro de cerramiento. Asimismo, la zona presenta reptación y amenaza muy alta por remoción en masa.</p> <p>Conclusiones y/o Recomendaciones El asentamiento diferencial se agrava no solo por las cargas que soporta y transfiere el pavimento rígido, sino también por la retrogresión del talud y la infiltración de agua de lluvia. Además, hay variaciones en la capacidad portante del suelo debido a cambios en sus propiedades mecánicas.</p>

5.3 Elaborar un Diseño Preliminar de Obra de Mitigación de Riesgos para Reducir Amenazas Naturales en la Zona Designada por la SURYT dentro de la Jurisdicción de la CDMB

5.3.1 Alcance

Este estudio evalúa la estabilidad del escarpe sur del barrio Antonio Nariño y propone un diseño preliminar para mitigar el riesgo de amenaza por remoción en masa, en el marco del programa Estabilización y Reforestación de Taludes del Plan General de Control de la Erosión.

El proyecto contempla criterios técnicos y normativos, y aplica métodos de equilibrio límite para analizar y evaluar métodos de estabilización en perfiles geológicos-geotécnicos, asegurando así un enfoque integral y sostenible para mejorar la calidad de vida de los habitantes.

5.3.2 Localización

Toma lugar entre la Carrera 7 y el final del escarpe sur, 85 m más allá de la Carrera 2, del barrio Antonio Nariño, Comuna 4. La ubicación se ilustra en la siguiente figura:

Figura 44

Localización del diseño adyacente a la Calle 21 del barrio Antonio Nariño



Nota. Elaboración a partir de imágenes de Google Earth y las curvas de nivel del proyecto.

5.3.3 Visita de Reconocimiento: Descripción de la Problemática y Análisis de la Amenaza

El sector correspondiente al escarpe sur del barrio Antonio Nariño presenta muy poca cobertura vegetal, erosión en forma de surcos y retrogresión hacia las viviendas y la vía de la Calle 21, ubicadas sobre la corona, con aislamiento promedio de 6 m respecto al talud, cuyo pie es adyacente a la Quebrada Argelia. La zona se encuentra intervenida entrópicamente y en la actualidad se lleva a cabo un asentamiento humano informal que inicia en la Carrera 7 y se ha extendido hacia la Carrera 4, con posibilidad de que incremente la inestabilidad del terreno.

El área es clasificada con amenaza media y alta ante eventos de remoción en masa como deslizamientos, poniendo en peligro la infraestructura, seguridad y vida de sus habitantes.

5.3.4 Zonificación

En las Figuras 45 - 48 se ilustran los mapas de amenaza por remoción en masa, de cobertura vegetal, de geología y de geomorfología para el área en estudio: zona sur del barrio Antonio Nariño. (Para la descripción escrita de estos se sugiere ver los Apéndices 43 - 47).

Figura 45

Mapa de amenaza por movimientos de remoción en masa para el sector de Antonio Nariño

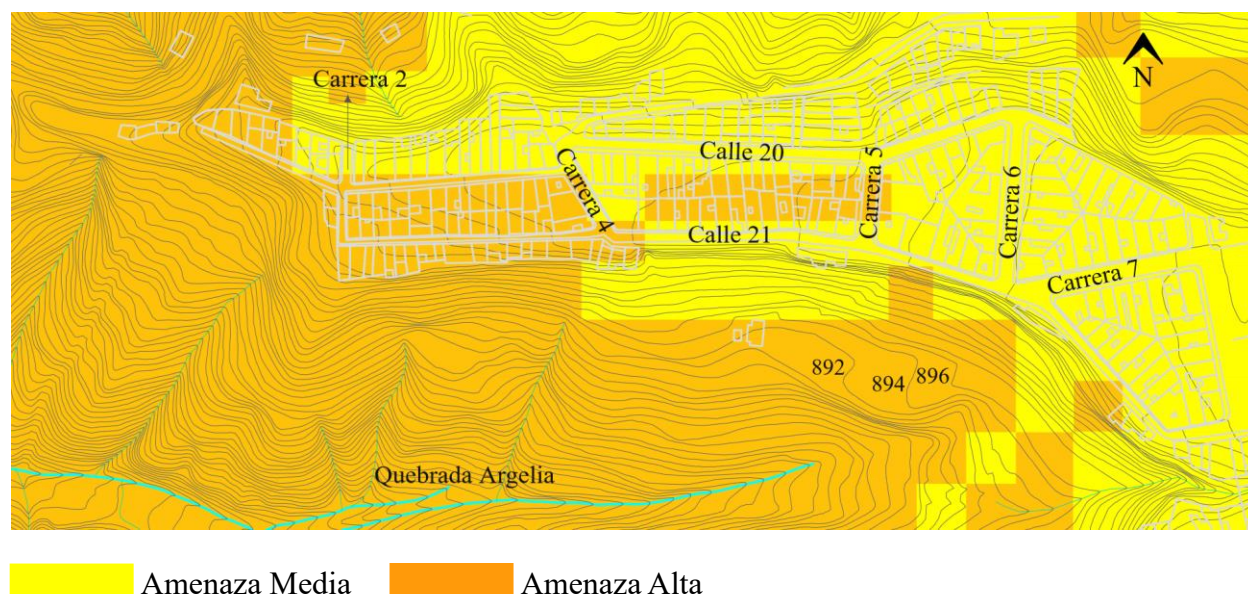


Figura 46

Mapa de cobertura vegetal del sector de Antonio Nariño

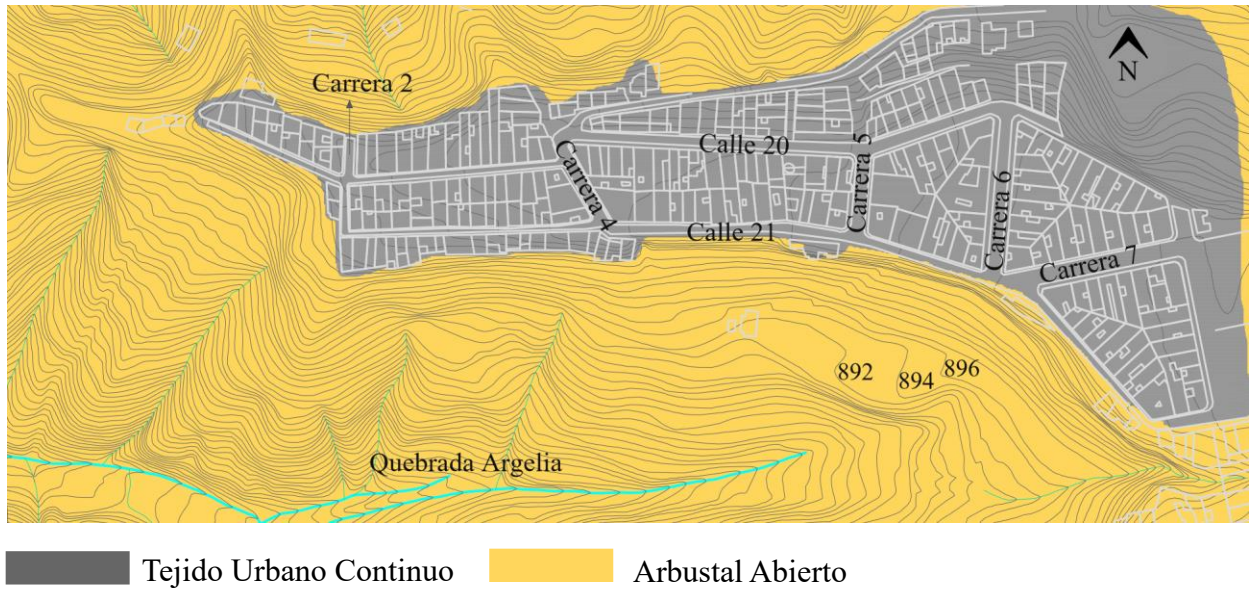


Figura 47

Mapa de geología del sector de Antonio Nariño

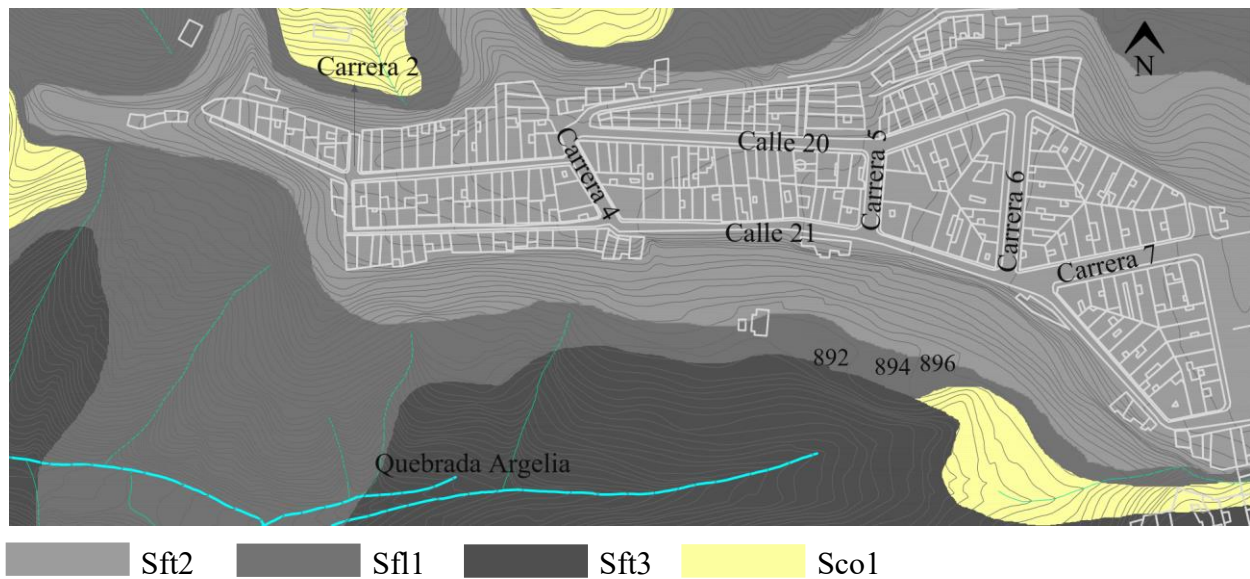
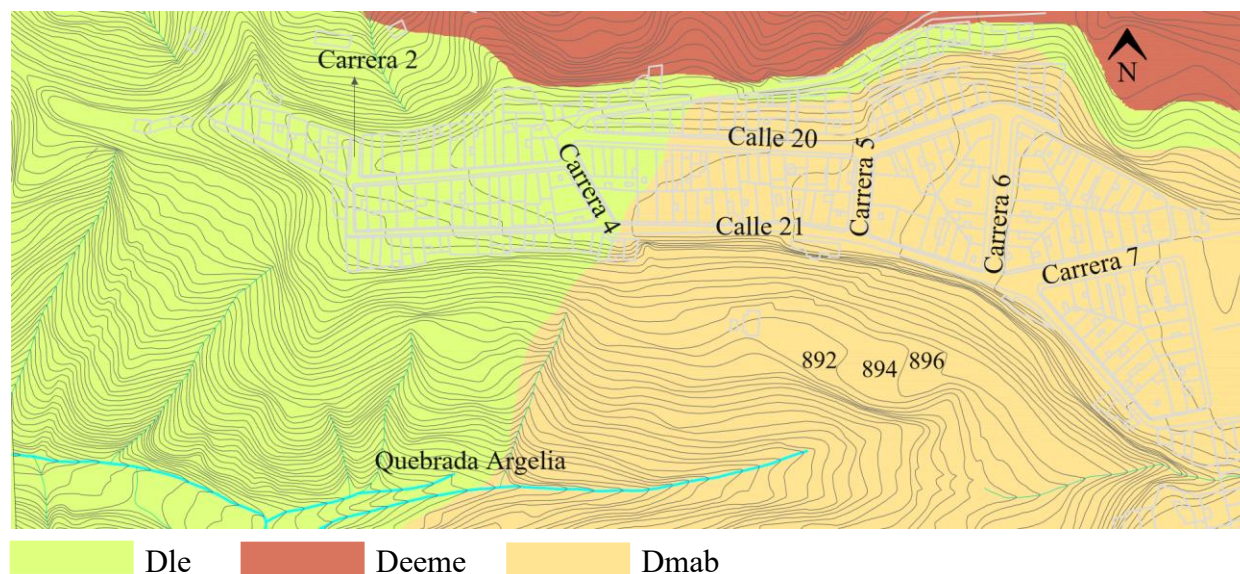


Figura 48

Mapa de geomorfología del sector de Antonio Nariño



5.3.5 Caracterización del Caudal de Escorrentía: Sector Sur del Barrio Antonio Nariño

5.3.5.1 Tiempo de Concentración. Al aplicar la Ecuación (1), se obtiene $T_c = 20,44$ minutos. (Ver Apéndices 48 – 51) sin embargo, no existe un valor explícitamente igual a 20,44 minutos; por motivos conservadores se elige un tiempo de 20 minutos.

5.3.5.2 Intensidad. Para el tiempo de concentración $T_c = 20$ minutos, con Tiempo de Retorno $TR = 100$ años, le corresponde una Intensidad $I = 99,5$ mm/h.

5.3.5.3 Coeficiente de escorrentía C. Se justifica el uso de $C = 0,6$, considerando la pendiente del talud, la pérdida de cobertura vegetal y la ocupación del suelo.

5.3.5.4 Caudal. Al aplicar la Ecuación (2), $Q = 15,27$ m³/s.

5.3.6 Perfiles Geológicos-Geotécnicos

Los cuatro perfiles geológicos-geotécnicos son propuestos en sectores donde la amenaza por remoción en masa es alta. Son presentados en las Figuras 49 - 52.

Figura 49

Perfil 1. Cota inicial: 908 msnm. Cota final: 867 msnm

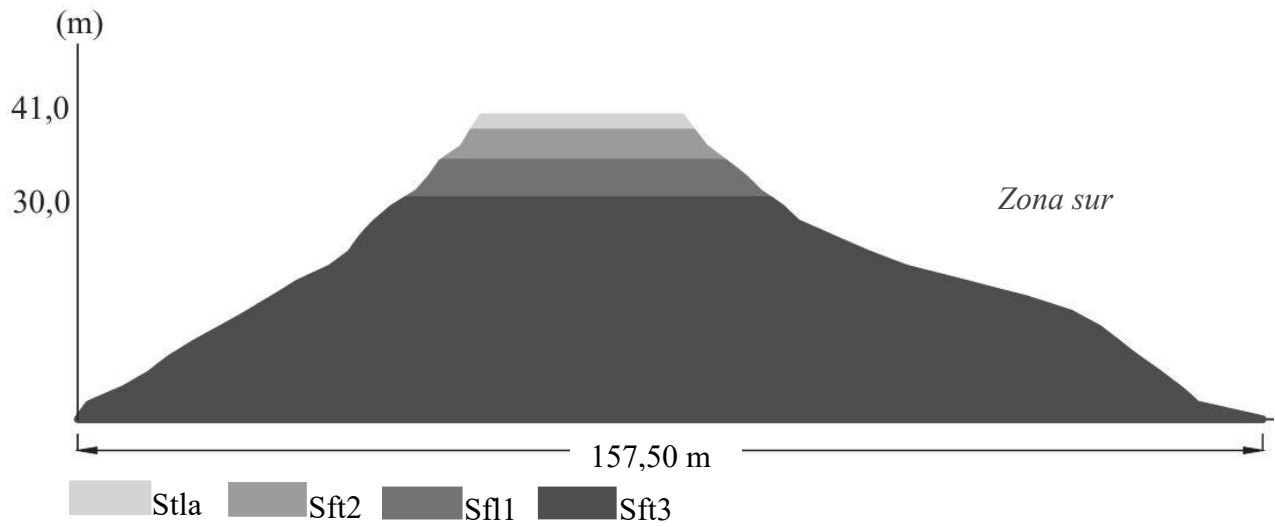


Figura 50

Perfil 2. Cota inicial: 918 msnm. Cota final: 877 msnm

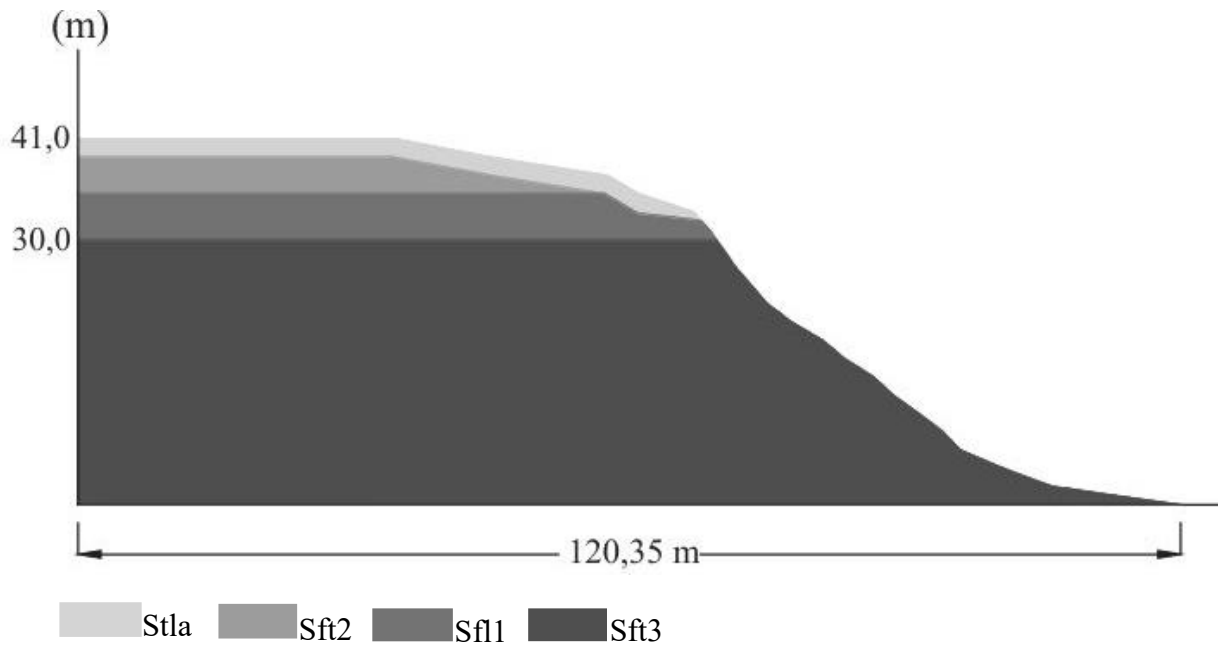


Figura 51

Perfil 3. Cota inicial: 920 msnm. Cota final: 879 msnm

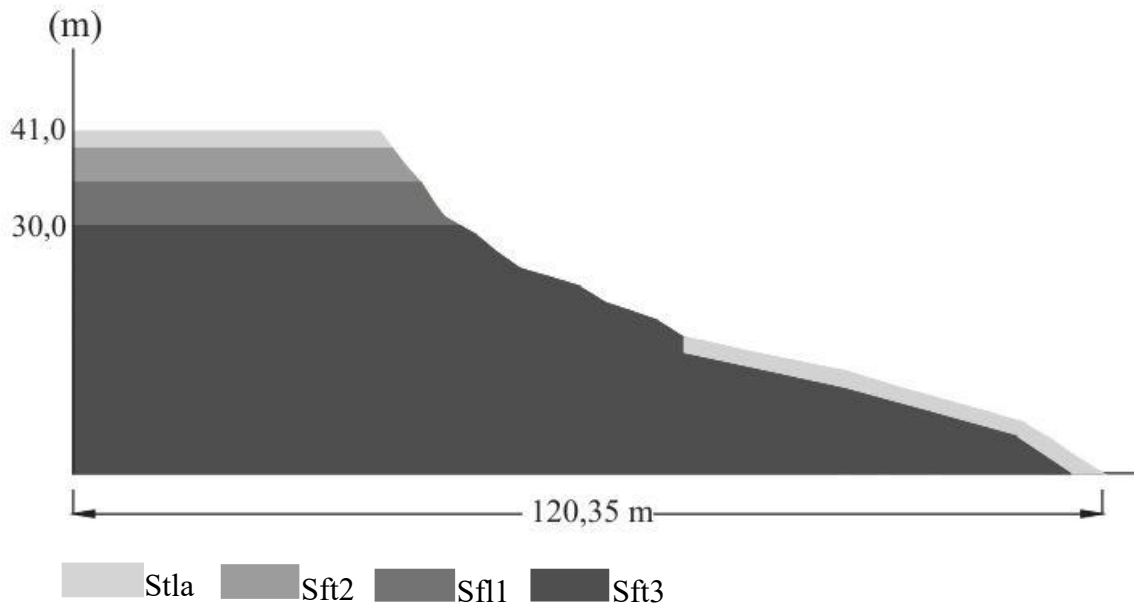
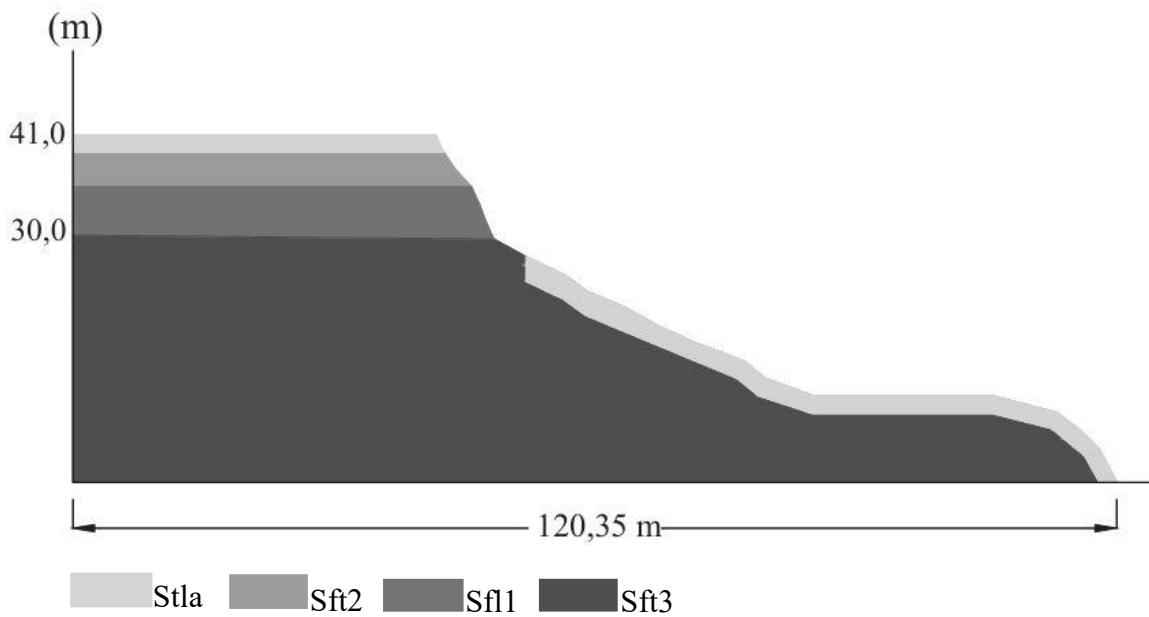


Figura 52

Perfil 4. Cota inicial: 924 msnm. Cota final: 883 msnm



5.3.7 Criterios del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 para la Evaluación de Estabilidad del Escarpe Sur del Barrio Antonio Nariño

5.3.7.1 La Aceleración Máxima del Terreno $a_{m\acute{a}x}$. Para el municipio de Bucaramanga, con suelo Tipo C; coeficiente de importancia I de 1,50 indicativo del grupo: edificaciones indispensables (de acuerdo con la Tabla 2) y al aplicar la Ecuación (3), $a_{m\acute{a}x} = 0,43125$.

5.3.7.2 El Efecto Sísmico de Diseño para Análisis Seudoestático de Taludes K_{ST} . De acuerdo con los resultados de los métodos de caracterización geotécnica del suelo (véanse los Apéndices 52 - 62) se toma el valor de $K_{ST}/a_{m\acute{a}x} = 0,80$, resultando un valor de $K_{ST} = 0,345$. La componente vertical será $= K_{ST} \cdot 50\% = 0,1725$ en dirección negativa.

5.3.7.3 Las Cargas Distribuidas. (Véanse Apéndices 63 - 65) la combinación de carga de servicio más desfavorable para cubierta tipo liviana es $1,10 \text{ KN/m}^2$, y para entrepiso es $9,60 \text{ KN/m}^2$. La carga total correspondiente a cubierta más entrepiso, es incrementada mediante un factor de seguridad de 1,8, para representar una condición crítica de carga equivalente a estados de carga última. Para un total de $19,26 \text{ KN/m}^2$, se tomará 20 KN/m^2 .

Para las vías de las Calles 20 y 21, se determina la fuerza distribuida de manera conservadora de acuerdo con los siguientes datos: se toma la carga máxima legal para eje trídém de 12 llantas (24 t, se aproximará a 240 KN).

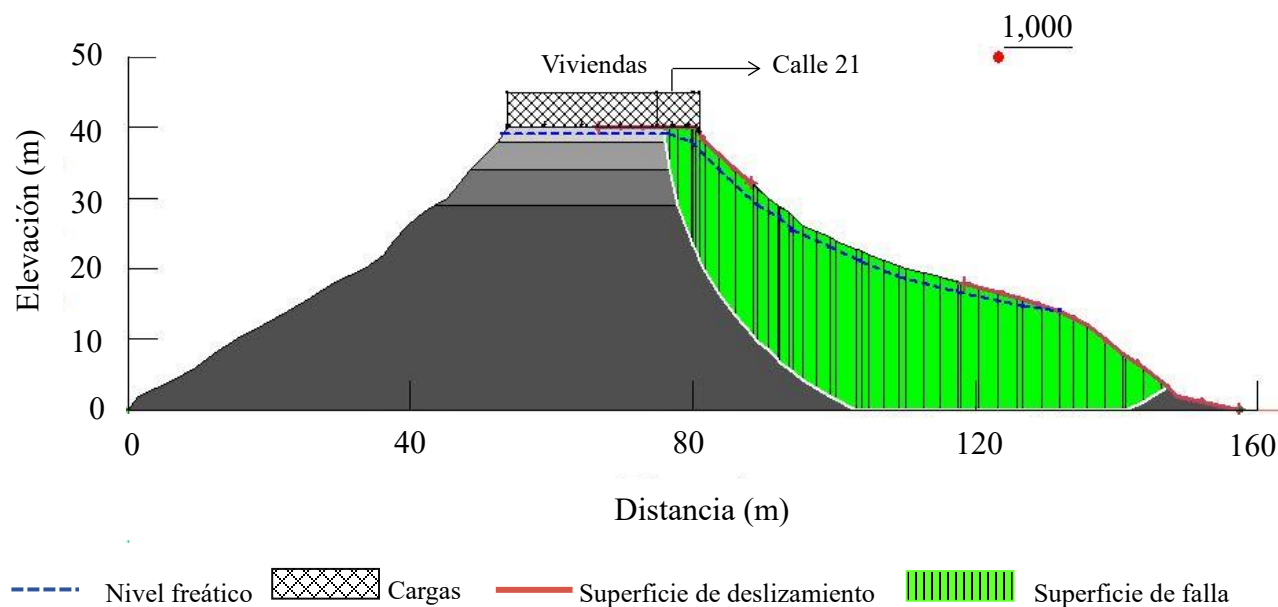
Esta carga se distribuye sobre el ancho estándar entre llantas externas del conjunto trídém, correspondiente a 8 pies ($\approx 2,4 \text{ m}$) según lo establecido por la *AASHTO LRFD Bridge Design Specifications* (American Association of State Highway and Transportation Officials [AASHTO], 2017). Este valor se multiplica por una longitud de influencia de 1 m, correspondiente a la profundidad fuera del plano en un modelo bidimensional en GeoStudio (SLOPE/W). De esta forma, se obtiene una carga superficial distribuida de 100 kN/m^2 .

5.3.8 Evaluación de la Estabilidad de los Perfiles Geológicos-Geotécnicos en Estado Actual en Condición Estática

5.3.8.1 Evaluación de la Estabilidad para el Perfil 1. En la siguiente figura se ilustra una gran superficie de falla crítica, la cual demuestra la necesidad de medidas de estabilización.

Figura 53

Perfil 1 evaluado por el Método de Janbu Generalizado en condición estática



Los factores de seguridad $< 1,25$ evidencian alta probabilidad de inestabilidad, mientras que los que están entre $1,25 - 1,5$ indican relativa estabilidad. Además, el nivel de amenaza media podría convertirse en alta sobre todo por la intervención antrópica producto principalmente de la expansión del asentamiento humano informal. Como se muestra a continuación:

Tabla 14

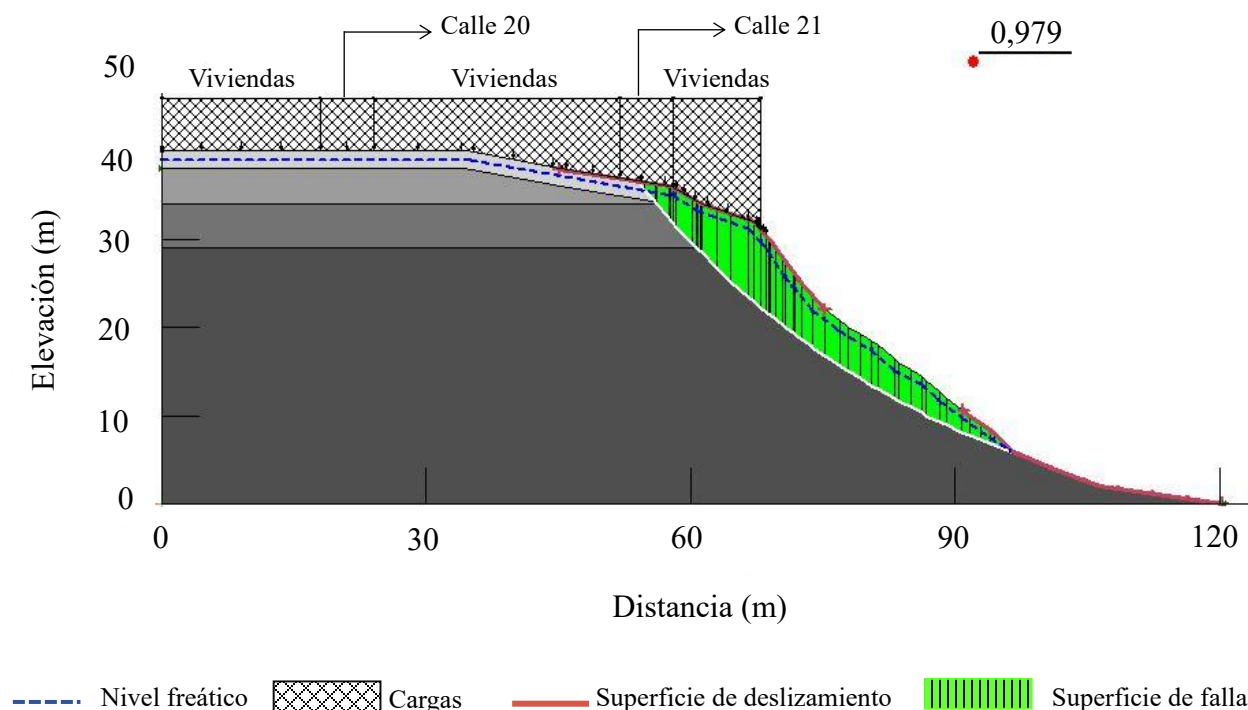
Factor de seguridad y nivel de amenaza para el Perfil 1 en condición estática

Método	F. S	Nivel de amenaza
Ordinario	1,183	Alta
Bishop	1,306	Media
Janbu Generalizado	1,000	Alta
Spenser	1,423	Media

5.3.8.2 Evaluación de la Estabilidad para el Perfil 2. En la Figura 54 se ilustra una superficie de falla arbitraria asociada a la situación más desfavorable de esta área de estudio.

Figura 54

Perfil 2 evaluado por el Método de Janbu Generalizado en condición estática



En la siguiente tabla los factores de seguridad indican amenaza alta y demuestran que es necesario implementar métodos de estabilización para mitigar la amenaza por remoción en masa.

Tabla 15

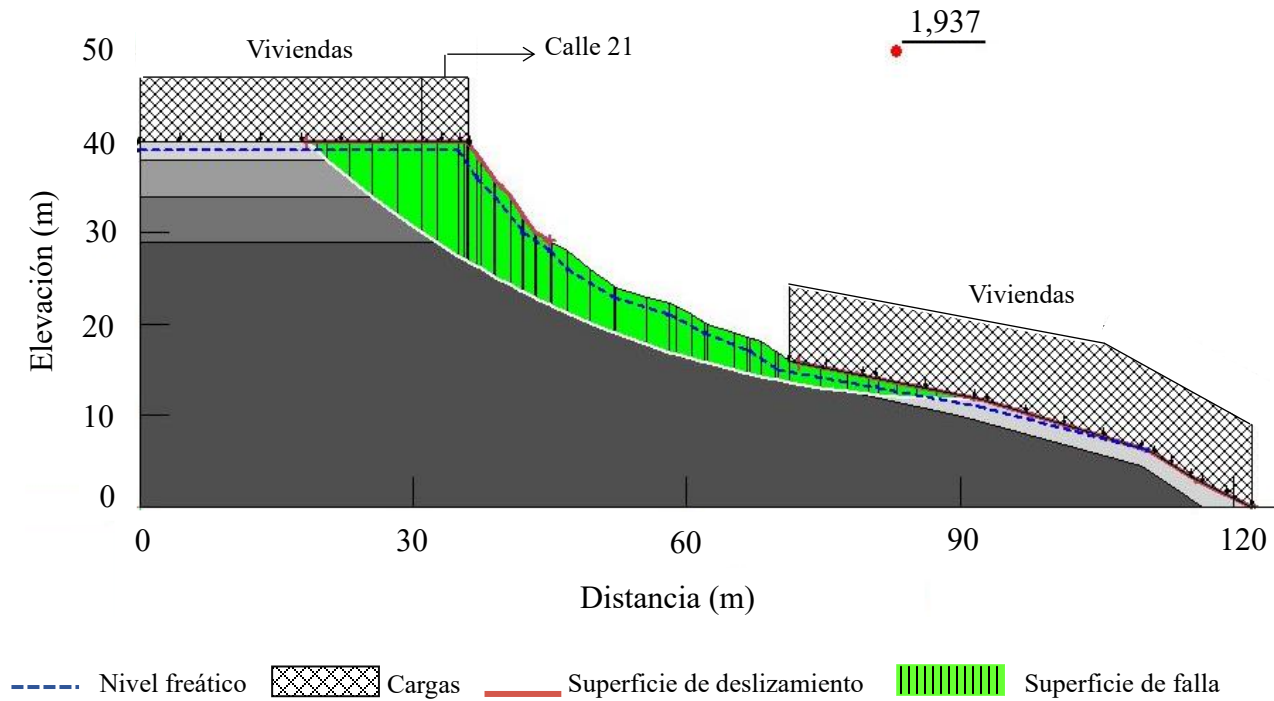
Factor de seguridad y nivel de amenaza para el Perfil 2 en condición estática

Método	F. S	Nivel de amenaza
Ordinario	0,933	Alta
Bishop	0,883	Alta
Janbu Generalizado	0,979	Alta
Spenser	0,953	Alta

5.3.8.3 Evaluación de la Estabilidad para el Perfil 3. En la siguiente figura, se demuestra una condición global estable en la condición estática modelada para esta zona de Antonio Nariño.

Figura 55

Perfil 3 evaluado por el Método de Janbu Generalizado en condición estática



A continuación, los factores de seguridad demuestran un nivel de amenaza medio y bajo, un poco en contraste con el mapa de remoción en masa, el cual considera criterios sísmicos.

Tabla 16

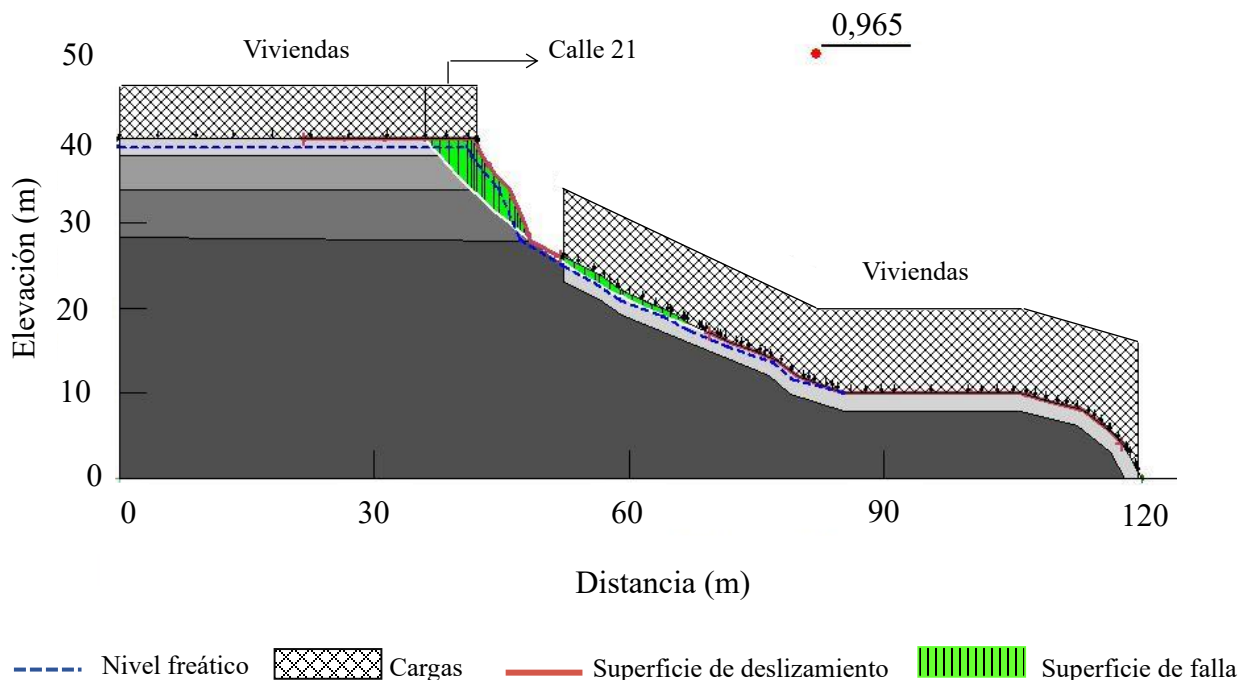
Factor de seguridad y nivel de amenaza para el Perfil 3 en condición estática

Método	F. S	Nivel de amenaza
Ordinario	1,369	Media
Bishop	1,678	Baja
Janbu Generalizado	1,937	Baja
Spenser	1,712	Baja

5.3.8.4 Evaluación de la Estabilidad para el Perfil 4. La Figura 56 presenta la superficie de falla más desfavorable, asociada con el contexto crítico del sector, incluyendo cargas de la vía y viviendas, las cuales también se ubican en la base del talud y se extienden pendiente arriba.

Figura 56

Perfil 4 evaluado por el Método de Janbu Generalizado en condición estática



El factor de seguridad es indicativo de un nivel de amenaza alto, de hecho, los cuatro métodos han demostrado esta tendencia de inestabilidad, como se evidencia en la siguiente tabla:

Tabla 17

Factor de seguridad y nivel de amenaza para el Perfil 4 en condición estática

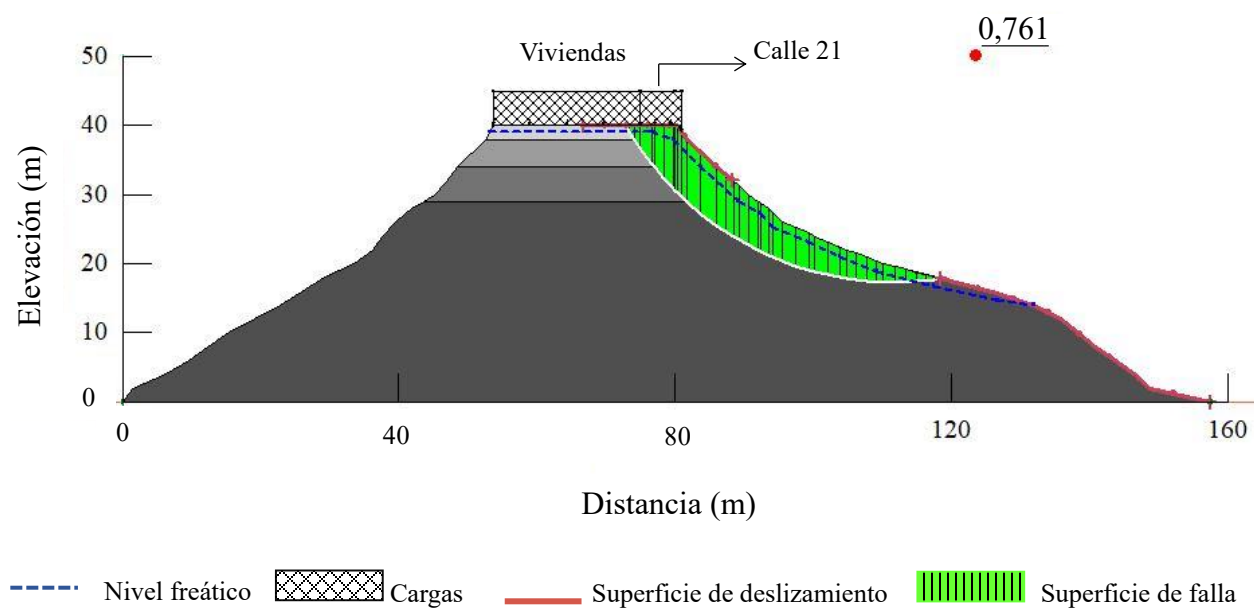
Método	F. S	Nivel de amenaza
Ordinario	0,940	Alta
Bishop	0,967	Alta
Janbu Generalizado	0,965	Alta
Spenser	0,963	Alta

5.3.9 Evaluación de la Estabilidad de los Perfiles Geológicos-Geotécnicos en Estado Actual en Condición Seudoestática

5.3.9.1 Evaluación de la Estabilidad para el Perfil 1. La figura 57 demuestra una condición inestable, asociada igualmente, con las propiedades mecánicas y los estratos del suelo.

Figura 57

Perfil 1 evaluado por el Método de Janbu Generalizado en condición seudoestática



Los cuatro métodos de equilibrio límite evidencian factores de seguridad < 1 , indicando inestabilidad y la necesidad de mitigar el riesgo por remoción en masa, como se muestra enseguida.

Tabla 18

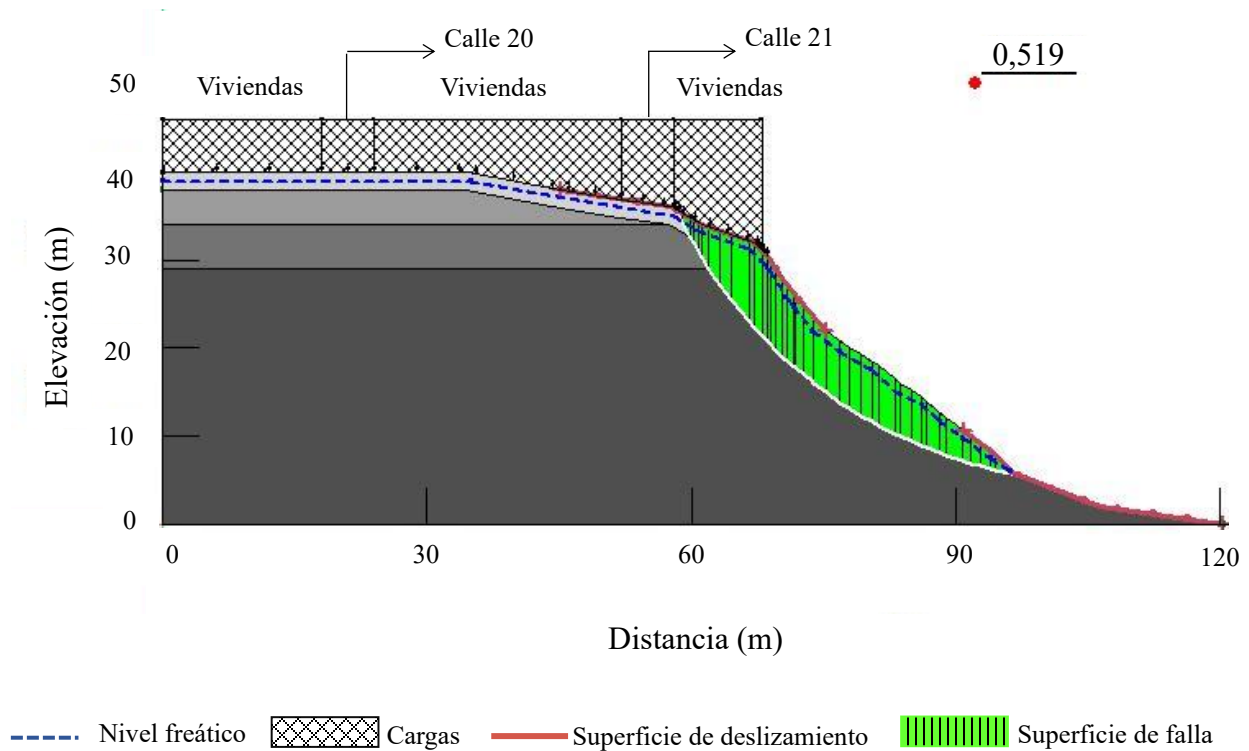
Factor de seguridad y nivel de amenaza para el Perfil 1 en condición seudoestática

Método	F. S	Nivel de amenaza
Ordinario	0,682	Alta
Bishop	0,828	Alta
Janbu Generalizado	0,761	Alta
Spenser	0,891	Alta

5.3.9.2 Evaluación de la Estabilidad para el Perfil 2. La Figura 58 muestra la superficie de falla para el escenario más crítico, con el nivel freático muy próximo al contorno del talud.

Figura 58

Perfil 2 evaluado por el Método de Janbu Generalizado en condición pseudoestática



De acuerdo con la evaluación del factor de seguridad, estos son indicativos de amenaza alta y es el perfil más desfavorable en condición pseudoestática, como se detalla a continuación:

Tabla 19

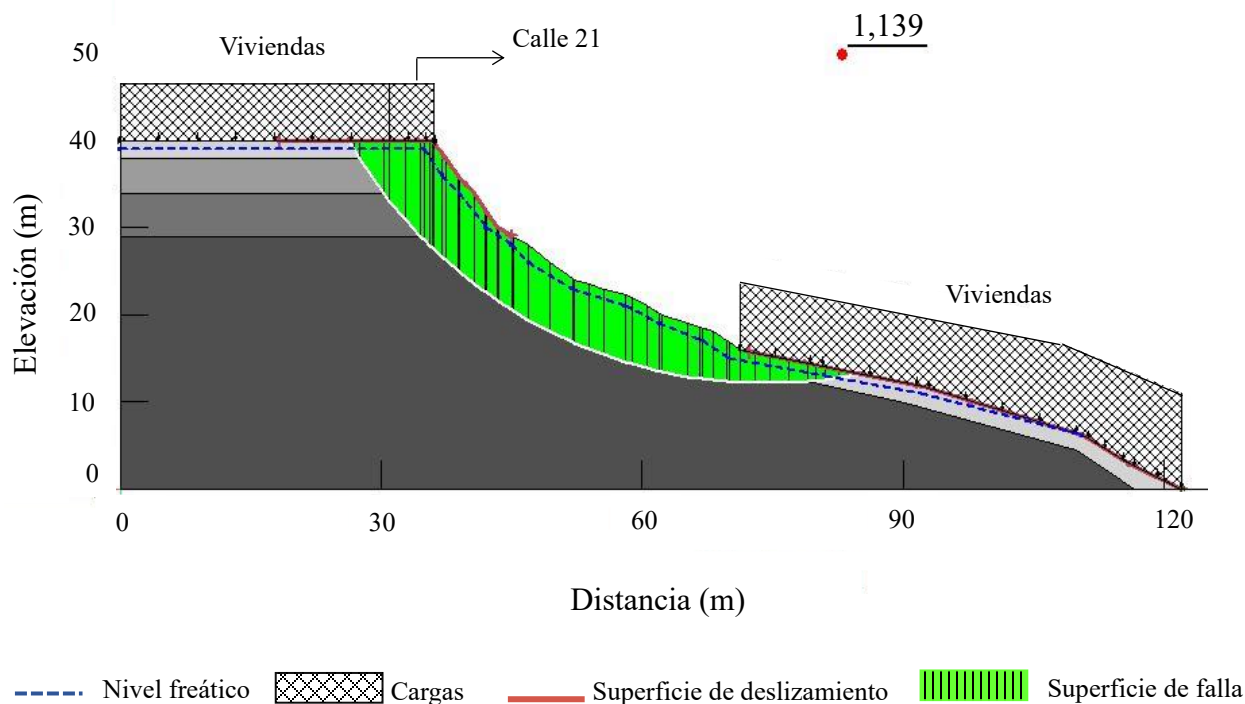
Factor de seguridad y nivel de amenaza para el Perfil 2 en condición pseudoestática

Método	F. S	Nivel de amenaza
Ordinario	0,563	Alta
Bishop	0,543	Alta
Janbu Generalizado	0,519	Alta
Spenser	0,665	Alta

5.3.9.3 Evaluación de la Estabilidad para el Perfil 3. La Figura 59 muestra relativa estabilidad, pero requiere mitigación para prevenir un aumento del riesgo por remoción en masa.

Figura 59

Perfil 3 evaluado por el Método de Janbu Generalizado en condición pseudoestática



La evaluación del factor de seguridad ha demostrado un nivel de amenaza medio y alto, en relación con el mapa de amenaza por remoción en masa, como se detalla enseguida.

Tabla 20

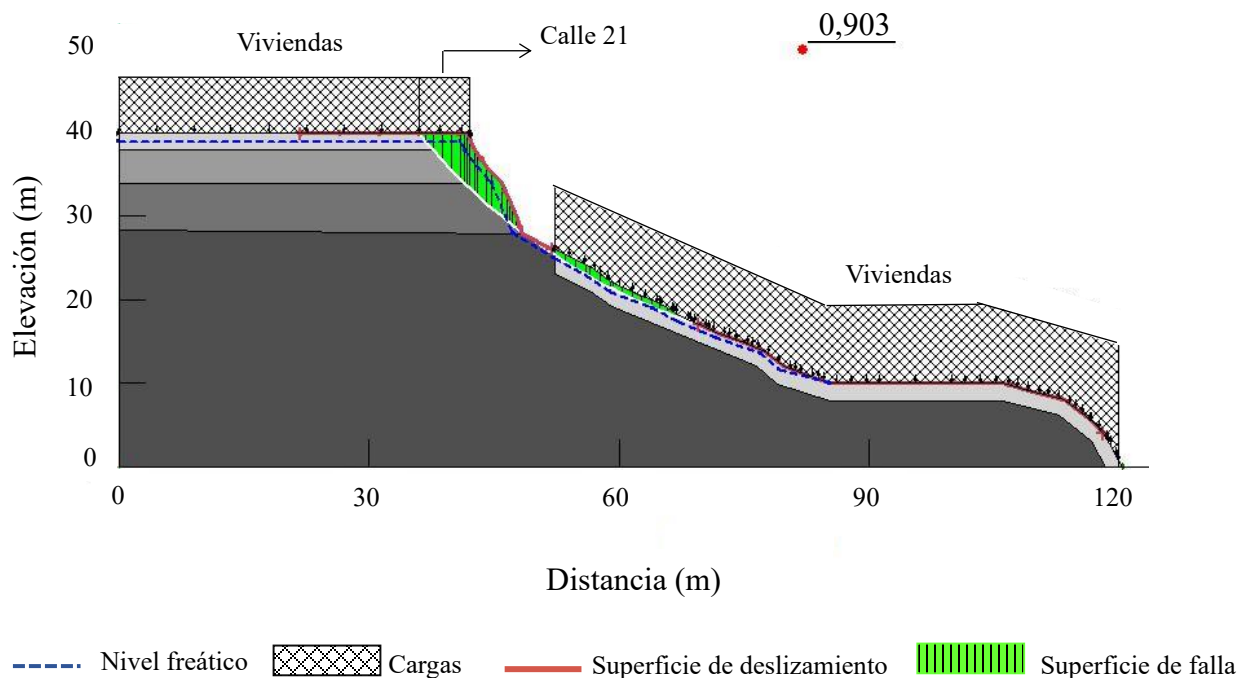
Factor de seguridad y nivel de amenaza para el Perfil 3 en condición pseudoestática

Método	F. S	Nivel de amenaza
Ordinario	0,810	Alta
Bishop	1,152	Media
Janbu Generalizado	1,139	Media
Spenser	1,140	Media

5.3.9.4 Evaluación de la Estabilidad para el Perfil 4. A continuación, se presenta la figura con la superficie de falla potencial, además, es el perfil en donde más se ha expandido el asentamiento humano informal que toma lugar desde la base del talud y expuesto a deslizamientos.

Figura 60

Perfil 4 evaluado por el Método de Janbu Generalizado en condición pseudoestática



En la siguiente tabla se presentan los factores de seguridad identificando un nivel de amenaza alto en el perfil con mayor intervención antrópica, lo que incide en la estabilidad de este.

Tabla 21

Factor de seguridad y nivel de amenaza para el Perfil 4 en condición pseudoestática

Método	F. S	Nivel de amenaza
Ordinario	0,851	Alta
Bishop	0,907	Alta
Janbu Generalizado	0,903	Alta
Spenser	0,904	Alta

5.3.10 Diseño de los Sistemas de Estabilización

El diseño para mitigar el riesgo por remoción en masa –realizado en su totalidad por el autor en base a literatura especializada y aprobado por la SURYT– comprende los siguientes métodos de estabilización: una pantalla de anclajes activos (incluidas zapatas y platinas), concreto lanzado, conformación del talud, micropilotes, un canal ubicado en la base del talud con tubería que transportará hasta la Quebrada Argelia y una serie de drenes horizontales o de penetración.

5.3.10.1 Pantalla de Anclajes Activos.

5.3.10.1.1 La Resistencia Admisible de Adherencia entre el Suelo y la Zona del Bulbo.

En base a los resultados de los métodos de caracterización geotécnica, el esfuerzo último de trabajo del bulbo q_s entre el suelo y la lechada, puede corresponder a dos valores: al valor promedio de soft silty clay de la columna de cohesive soil, de 500 KPa de acuerdo con la Tabla 3 o al valor promedio de arcillas de consistencia firme tal como se observa en la Tabla 4, correspondiente a 400 KPa. Se adoptó el valor de 400 KPa, ya que genera un valor mayor de L_b .

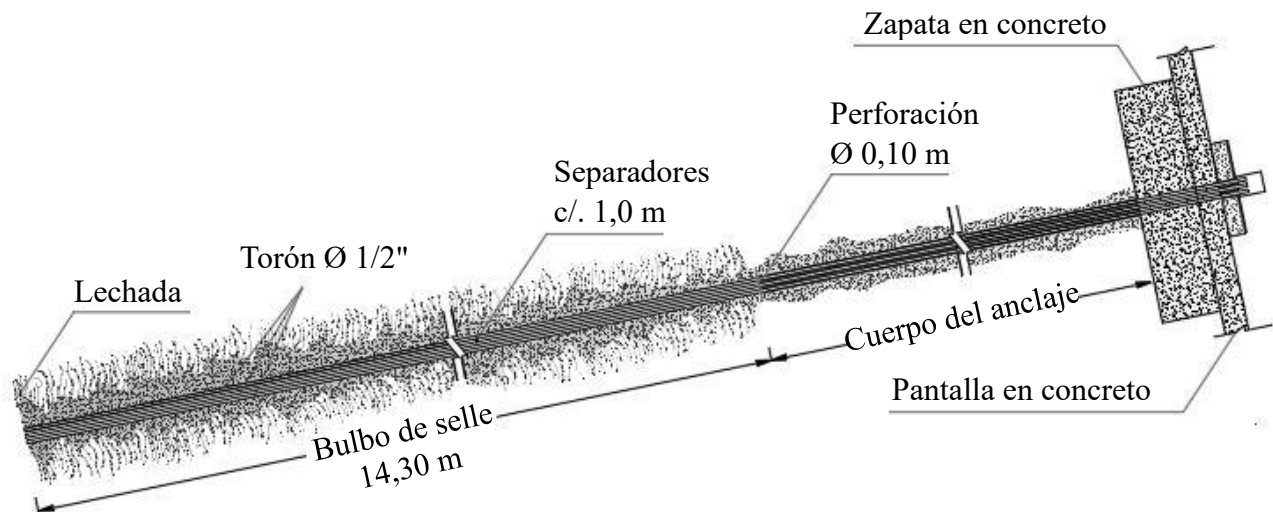
El esfuerzo de trabajo implementado en el diseño tiene un factor de seguridad de 2,0 ya que son anclajes permanentes, y un espaciamiento horizontal de 3,0 m. Por lo tanto, al aplicar la Ecuación (4) la resistencia admisible de la interfaz suelo-lechada a lo largo de la zona del bulbo es $q_{adm} = 66,667$ KPa.

5.3.10.1.2 La Capacidad de los Anclajes. Se propone un sistema de anclajes de 3 torones de 1/2", con carga última de 550,8 KN, se diseña con el 70% de esta capacidad, equivalente a 385,5 KN \approx 39,3 T. Se tomará 30 T para despejar la longitud del bulbo de selle.

5.3.10.1.3 La Longitud del Bulbo. Al aplicar la Ecuación (5), con \emptyset de perforación de 0,10 m y despejar para L_b , se obtiene un valor correspondiente a \approx 14,30 m. Por lo tanto, la longitud total del anclaje será 14,30 m + 1 m + la longitud libre. Como se ilustra en la siguiente figura:

Figura 61

Detalle del anclaje y longitud del bulbo Tipo C: inyectado a presión ≥ 290 psi



5.3.10.1.4 Las Zapatas para los Anclajes Activos.

Tabla 22

Propuesta de dimensiones de la zapata cuadrada

Dimensiones (cm)	
Zapata	Platina
Lado = 100	L = 40
Espesor = 25	

A continuación, se realiza la verificación por punzonamiento para la zapata:

$$P_u = 30\,000 \text{ kg.}$$

Al aplicar la Ecuación (6), se obtiene $q_u = 3,0 \text{ kg/cm}^2$.

$$F'_c = 210 \text{ kg/cm}^2.$$

$$\text{El peralte efectivo, } d = \text{espesor} - \text{recubrimiento} + \frac{\phi \text{ varilla (cm)}}{2} = 25 - 7,5 + \frac{1,9}{2} \approx 17 \text{ cm.}$$

$$\text{El recubrimiento inferior, } d' = 7,5 + \frac{1,9}{2} = 8,45 \text{ cm} \approx 8,5 \text{ cm.}$$

$$b_0 = 228 \text{ cm.}$$

$$A_{\text{punz}} = 3\,249 \text{ cm}^2.$$

Al aplicar la Ecuación (7), la fuerza que actúa fuera del área crítica correspondiente es:

$$V_{\text{upunz}} = 20\,253 \text{ kg.}$$

Posteriormente se utiliza la Ecuación (8) para determinar la resistencia al cortante por punzonamiento del concreto:

$$\Phi \cdot V_c = 44\,654 \text{ kg.}$$

Se verifica que la resistencia al punzonamiento del concreto supere la fuerza actuante:

$$44\,654 \text{ kg} > 20\,253 \text{ kg.}$$

Enseguida, se realiza la verificación por cortante para la zapata:

Al emplear la Ecuación (9) se obtiene la distancia desde el borde de la placa:

$$x = 20,5 \text{ cm.}$$

Para determinar la fuerza cortante última por medio de la Ecuación (10):

$$V_{\text{uflex}} = 6\,150 \text{ kg.}$$

Y determinar la resistencia al cortante unidireccional por medio de la Ecuación (11):

$$\Phi \cdot V_c = 9\,792,55 \text{ kg.}$$

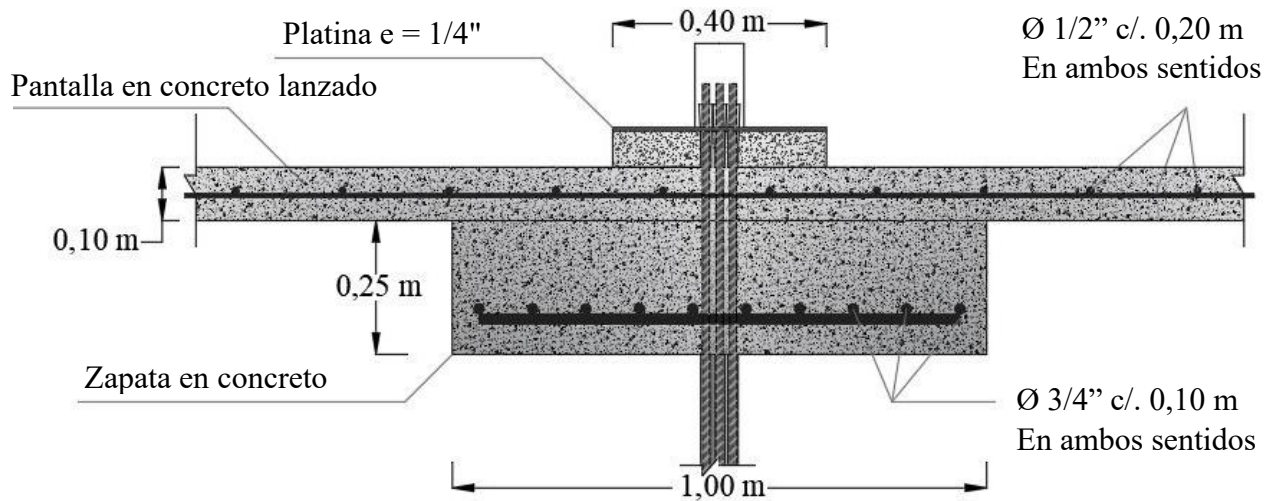
Se verifica que la resistencia al cortante del concreto sea superior a la fuerza actuante:

$$9\,792,55 \text{ kg} > 6\,150 \text{ kg.}$$

El diseño cumple con los requisitos de resistencia al punzonamiento y al cortante, garantizando su capacidad estructural frente a estas solicitaciones de acuerdo con el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica [AIS], 2010). La ilustración de la zapata se presenta en la siguiente figura:

Figura 62

Detalle de la zapata y pantalla en concreto lanzado

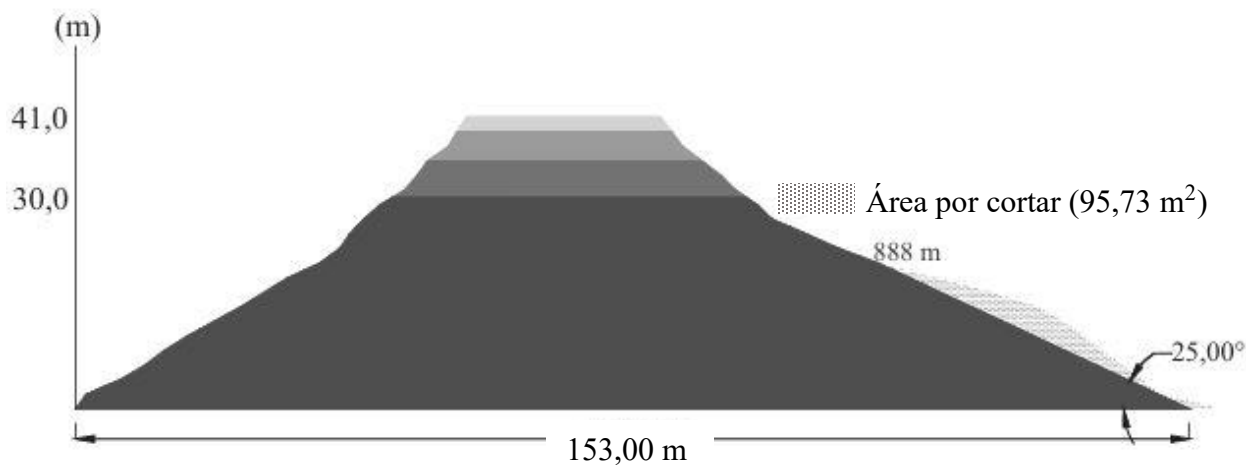


5.3.10.2 Conformación del Talud para el Perfil 1.

5.3.10.2.1 Modificación de la Pendiente. En la siguiente figura se ilustra el corte propuesto al talud con la intención de crear un perfilado y reducir las fuerzas que favorecen la inestabilidad.

Figura 63

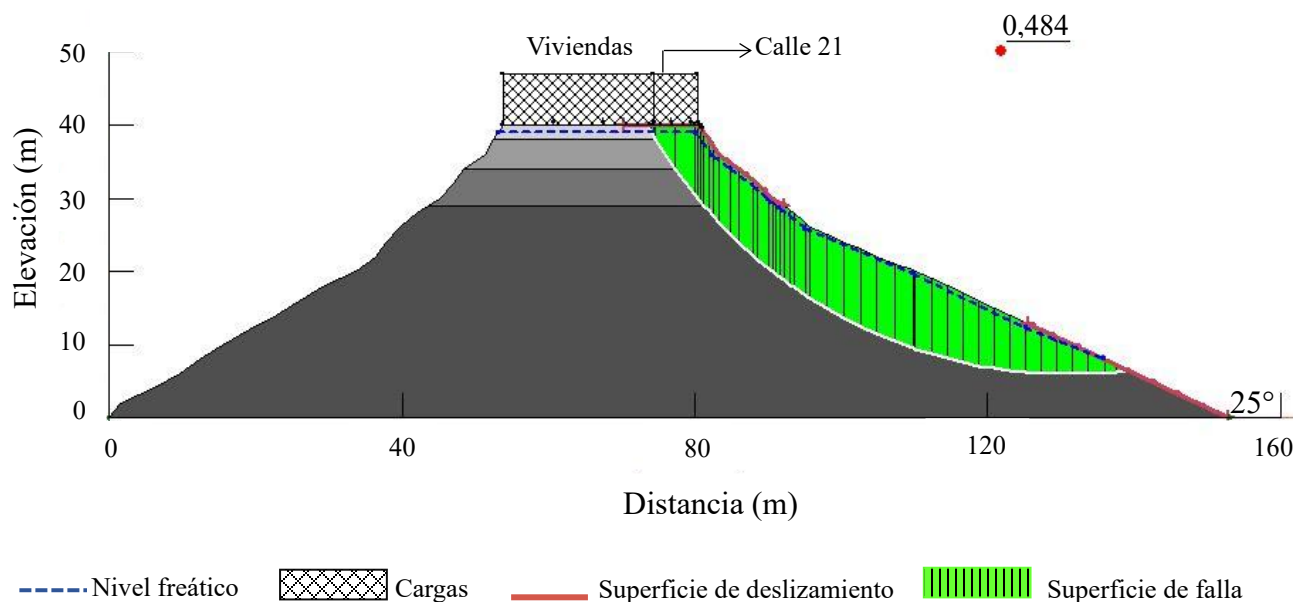
Perfil 1 con corte desde la cota 888 msnm. Pendiente de 25°



La Figura 64 demuestra la superficie de falla más desfavorable, y en mayor longitud hacia la base, en comparación con el perfil sin corte; indicando un factor de seguridad más crítico.

Figura 64

Evaluación de la estabilidad en condición pseudoestática para el perfil 1 con corte, mediante el Método de Janbu Generalizado



Los valores del factor de seguridad indican amenaza alta, y valores más bajos a los calculados inicialmente. Esto demuestra que aunque se modificó la geometría del talud, se redujó soporte de la parte media y es más vulnerable ante sismos, como se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 23

Factor de seguridad y nivel de amenaza para el Perfil 1 con corte, en condición pseudoestática

Método	F. S	Nivel de amenaza
Ordinario	0,389	Alta
Bishop	0,635	Alta
Janbu Generalizado	0,484	Alta
Spenser	0,788	Alta

Se implementarán micropilotes en la zona próxima a la corona. La longitud por encima de la superficie de falla se determinará con el Método de Janbu Generalizado y los valores α de la resistencia en el contacto suelo-micropilote se tomarán de la Tabla 5.

Asimismo, este método es elegido para no intervenir los anclajes activos de la obra del escarpe norte, ya que la implementación de estos elementos en la corona de la zona sur crearía un efecto de corte en el terreno. En seguida se presenta el dimensionamiento de los micropilotes.

5.3.10.3 Micropilotes para el Perfil 1. Estarán constituidos por tubería de acero perforada y permanente para permitir el paso de la lechada y que esté en contacto con el suelo, un espaciador y centralizador para las barras de \varnothing de 2,54 cm, y conformarán una estructura reticulada; las primeras nueve filas espaciadas cada 0,45 m y las restantes cada 0,75 m, de eje a eje.

Tabla 24

Resistencia última axial, longitud enterrada y longitud para el diseño de los micropilotes

Fila	α_{arriba}	L_{arriba} (m)	\varnothing (m)	P_{ult} (KN)	α_{abajo}	$F. S$	L_{abajo} (m)	Longitud total (m)	Longitud para diseño (m)
1	80	10,50	0,15	395,84	135	2,0	12,40	22,9	23,0
2	85	11,00	0,15	440,61	140	2,0	13,40	24,4	24,5
3	90	10,20	0,15	432,60	150	2,0	12,20	22,4	22,5
4	95	10,00	0,15	447,68	155	2,0	12,30	22,3	22,5
5	100	10,00	0,15	471,24	160	2,0	12,50	22,5	22,5
6	105	9,50	0,15	470,06	160	2,0	12,50	22,0	22,0
7	110	9,50	0,15	492,44	160	2,0	13,10	22,6	23,0
8	115	9,50	0,15	514,83	160	2,0	13,70	23,2	23,5
9	120	9,50	0,15	537,21	160	2,0	14,30	23,8	24,0
10	125	10,00	0,15	589,05	170	2,0	14,70	24,7	25,0
11	130	10,15	0,15	621,80	170	2,0	15,50	25,7	26,0
12	135	10,15	0,15	645,72	170	2,0	16,10	26,3	26,5
13	140	10,40	0,15	686,12	170	2,0	17,10	27,5	28,0
14	145	10,40	0,15	710,63	170	2,0	17,70	28,1	28,5
15	150	10,40	0,15	735,13	170	2,0	18,40	28,8	29,0
16	155	10,40	0,15	759,64	170	2,0	19,00	29,4	29,5
17	155	9,90	0,15	723,12	170	2,0	18,10	28,0	28,0
18	160	10,50	0,15	791,68	170	2,0	19,80	30,3	30,5

5.3.10.4 Obras de Drenaje y Subdrenaje. Se propone el diseño de un canal abierto de forma escalonada o en gradería, así como drenes horizontales o de penetración; los pasos para su creación se detallan a continuación.

5.3.10.4.1 Los Caudales de Escorrentía. Al aplicar la Ecuación (2), con intensidad $I = 99,5$ mm/h, coeficiente de escorrentía $C = 0,7$ (estaría cubierto por concreto lanzado) y una altura estimada de obra, se obtienen los caudales de escorrentía, como se muestra a continuación:

Tabla 25

Caudal de referencia asociado a cada perfil

Perfil N.º	Longitud asociada al perfil (m)	Altura de la obra (m)	Área de la obra por perfil (km ²)	Caudal (m ³ /s)	Caudal (l/s)
1	125,94	41,00	0,00516354	0,1000	100,00
2	156,34	26,50	0,00414301	0,0802	80,20
3	135,45	24,10	0,00326434	0,0632	63,20
4	89,29	16,40	0,00146436	0,0284	28,40

5.3.10.4.2 Los Radios Hidráulicos. El dimensionamiento de la sección del canal inicia aplicando la Ecuación (14) con coeficiente de Manning $n = 0,013$ (concreto vaciado en formaletas sin acabado), asumiendo una velocidad máxima de 2,5 m/s. Al despejar para el radio hidráulico, se determinan los resultados conforme con la siguiente tabla:

Tabla 26

Radios hidráulicos asociados a cada perfil

N.º de perfil	Cota inicial (msnm)	Cota final (msnm)	Longitud perimetral (m)	Pendiente S	Radio hidráulico (m)
1	908	867	125,94	0,32555	0,013888
2	909	882,5	156,34	0,16950	0,022604
3	920	895,9	135,45	0,17793	0,021800
4	924	907,6	89,29	0,18367	0,021289

5.3.10.4.3 Las Áreas Hidráulicas. Al aplicar la Ecuación (15), se obtienen las áreas hidráulicas asociadas a los cuatro perfiles, cuyos registros se presentan a continuación:

Tabla 27

Áreas hidráulicas asociadas a cada perfil

Perfil N.º	Área hidráulica (m ²)
1	0,04000
2	0,03208
3	0,02528
4	0,01136

5.3.10.4.4 Los Tirantes y Las Bases. Los tirantes se determinan con la Ecuación (16) y se muestran en la Tabla 28; al reemplazar el valor de estos, se obtienen las bases (ver Tabla 29).

Tabla 28

Tirantes asociados a cada perfil, Número de Froude F_r y Número de Reynolds R_e

Perfil N.º	Radio hidráulico (m)	Área hidráulica (m ²)	Tirante (m)	F_r	Régimen de flujo	v (m ² /s)	R_e
1	0,013888	0,04000	0,01402	6,74			28 933,3
2	0,022604	0,03208	0,02337	5,22	Supercrítico	$1,2 \cdot 10^{-6}$	47 091,7
3	0,021800	0,02528	0,02268	5,30			45 416,7
4	0,021289	0,01136	0,02332	5,23			44 352,1

Tabla 29

Valores de la base b para el canal asociados a cada perfil

Perfil N.º	Base para canal b (m)
1	2,8531
2	1,3727
3	1,1146
4	0,4871

5.3.10.4.5 La Propuesta del Canal. De acuerdo con la topografía, se toma como referencia el inicio del canal en el Perfil 4, y el transporte del fluido finalizaría en el Perfil 1, con intervalos de empalme por diferencia en cotas.

Debido a los cambios en la pendiente habrá secciones del canal donde la sección transversal aumentaría porque se acumula el caudal de las áreas asociadas a los perfiles, no obstante, la propuesta incluye, además, una serie de cajas colectoras, disipadoras de energía, ubicadas estratégicamente donde ocurren cambios más pronunciados en pendiente y en caudal. Estarán ubicadas de acuerdo con la información de la Tabla 30. Por lo tanto, se modifica el caudal acumulado, y se proponen las dimensiones de diseño, de acuerdo con la Tabla 31.

Tabla 30

Ubicación de las cajas colectoras

Caja colectora N.º	Ubicación
1	Final del área correspondiente al perfil 3
2	Final del área correspondiente al perfil 2
3	Final de la longitud perimetral del canal

Tabla 31

Caudal acumulado y dimensiones de diseño

Perfil N.º	Caudal (m ³ /s)	Caja colectora	Caudal acumulado (m ³ /s)	Área (m ²)	Diseño			
					Base (m)	Altura (m)	Área (m ²)	Caudal (m ³ /s)
4	0,0284	-	0,0284	0,01136	0,10	0,20	0,02	0,05
3	0,0632	1	0,0916	0,03664				
2	0,0802	2	0,0802	0,03208	0,20	0,20	0,04	0,100
1	0,1000	3	0,1000	0,04000				

Se realiza la verificación de la velocidad real del flujo, determinada a partir del caudal acumulado y el área hidráulica de diseño (ver Tabla 32), además, se calculan los diámetros de las tuberías a emplear presentados en la Tabla 33, y se ilustra la caja colectora en la Figura 65.

Tabla 32

Velocidad asociada al caudal acumulado y al área de diseño relacionada con cada perfil

Perfil N.º	Caudal acumulado (m ³ /s)	Área de diseño (m ²)	Velocidad (m/s)
4	0,0284	0,02	1,42
3	0,0916		2,29
2	0,0802	0,04	2,00
1	0,1000		2,50

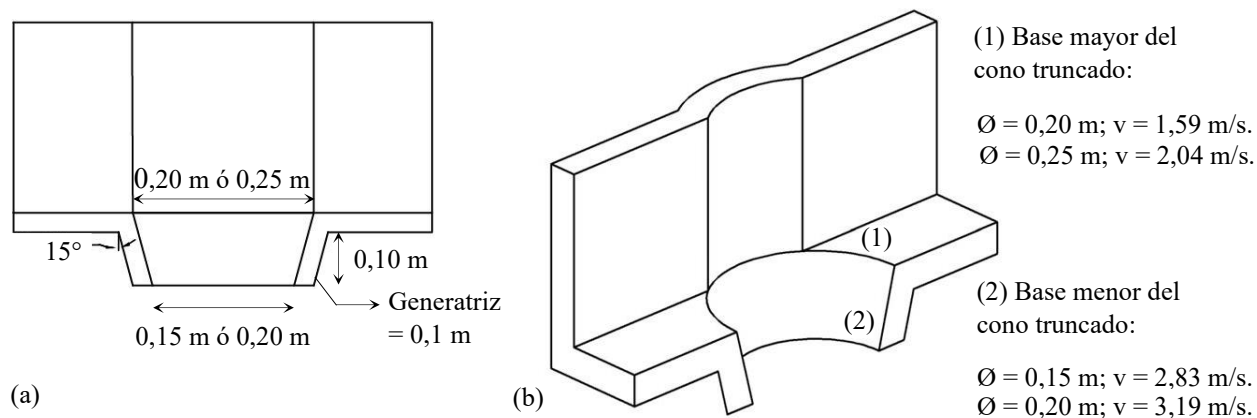
Tabla 33

Diámetro calculado y diámetro comercial para la elección de la tubería

Caja colectora	Caudal m ³ /s	Área (m ²)	Diámetro calculado (mm)	Diámetro comercial (mm)	Área, Ø comercial (m ²)	Velocidad real (m/s)
-	0,05	0,02	160,00	200	0,0314	1,59
1	0,10	0,04	226,00	250	0,0491	2,04
2	0,10	0,04	226,00	250	0,0491	2,04
3	0,10	0,04	226,00	250	0,0491	2,04

Figura 65

Caja colectora disipadora de energía; (a) corte frontal; (b) corte longitudinal



Para que el canal se adecue a la topografía, se debe tener en cuenta la diferencia de cotas del inicio y final del área asociada a cada perfil, por lo que se proponen bloques prefabricados para crear una estructura en gradería ya que el flujo es turbulento y así se previene sedimentación y

aumento de la velocidad y de la energía, como se detalla en las Figuras 66 y 67:

Figura 66

Isometría ilustrativa del bloque; (a) al iniciar el canal; (b) el de continuación

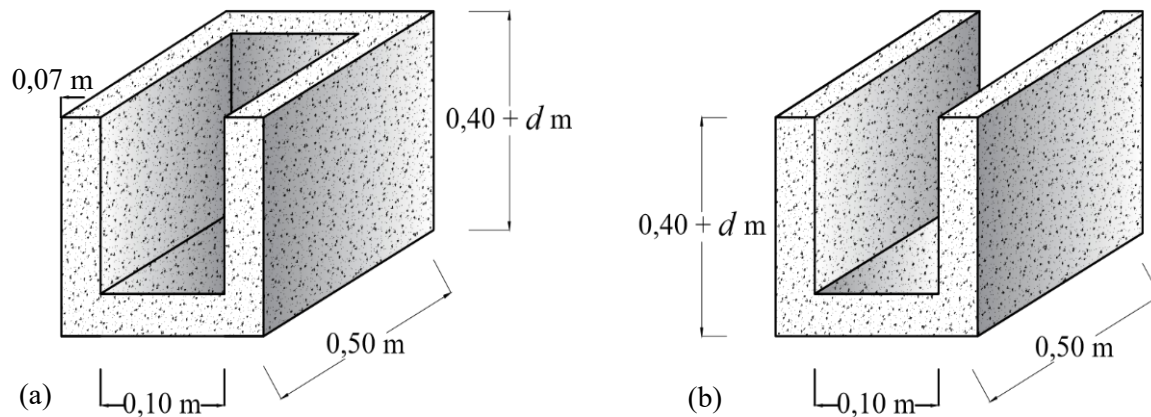
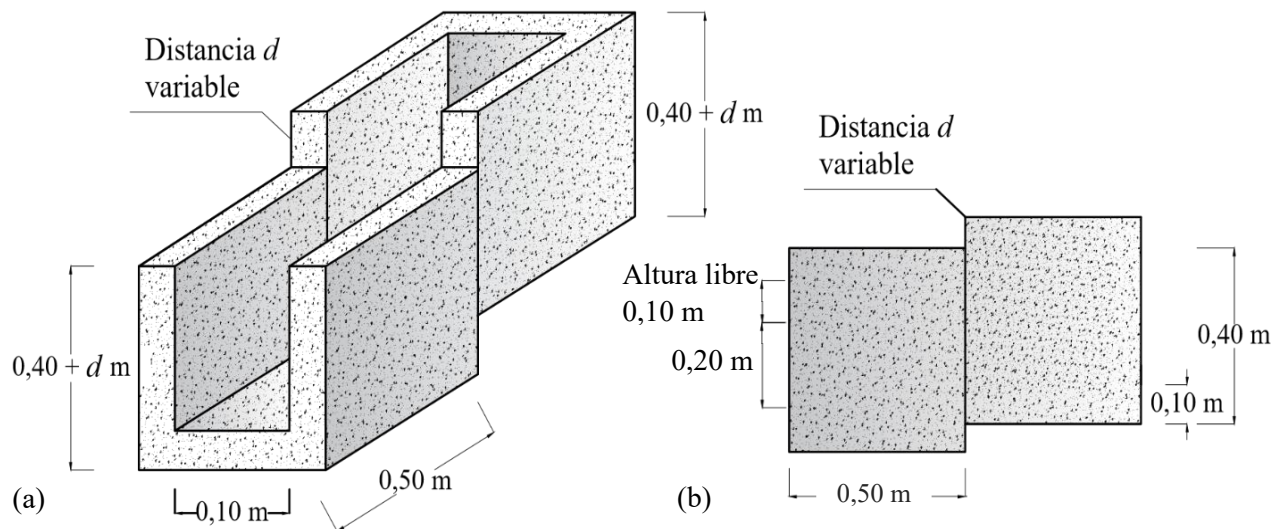


Figura 67

Isometría ilustrativa del canal en gradería; (a) al iniciar el Perfil 4; (b) vista lateral de este



Con el propósito de establecer la cantidad de bloques, es necesario determinar la distancia horizontal y la diferencia en altura de las cotas entre perfiles, como un triángulo rectángulo en el que la hipotenusa es la longitud asociada al perfil. Los bloques inician ubicados en la base y la distancia d se determina por medio de la siguiente ecuación empírica:

$$\text{cantidad de bloques en la horizontal} \cdot d = \text{diferencia en altura}$$

El número de bloques y la distancia d , se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 34

Cantidad de bloques y distancia d para la conformación del canal

Perfil N.º	Cota inicial (msnm)	Cota final (msnm)	Hipotenusa (m)	Diferencia en altura (m)	Distancia horizontal (m)	N.º de bloques	d (cm)
4	907,6	895,9	89,29	11,7	88,52	≈ 177	6,6
3	895,9	882,5	135,45	13,4	134,79	≈ 270	5,0
2	882,5	867	156,34	15,5	155,57	≈ 311	5,0
1	867	867	125,94	0,0	0,0	≈ 252	0,0

5.3.10.4.6 Los Drenes Horizontales o de Penetración. Estarán ubicados en la parte baja del talud, aproximadamente a 1 m de la última fila de anclajes. Estos elementos se deben construir con una longitud distinta para cada área correspondiente a los perfiles.

La pendiente horizontal deberá ser 6° en tubería PVC de 3 pulgadas, con diámetro de perforación de 4 pulgadas, y ranuras en sentido transversal de aproximadamente 0,3 mm de ancho con una densidad de 15 a 30 agujeros por metro de tubería.

La longitud del tubo no debe tener ranuras en los últimos 3 m más próximos al talud para prevenir que las raíces de especies arbustivas y arbóreas invadan el interior del conducto.

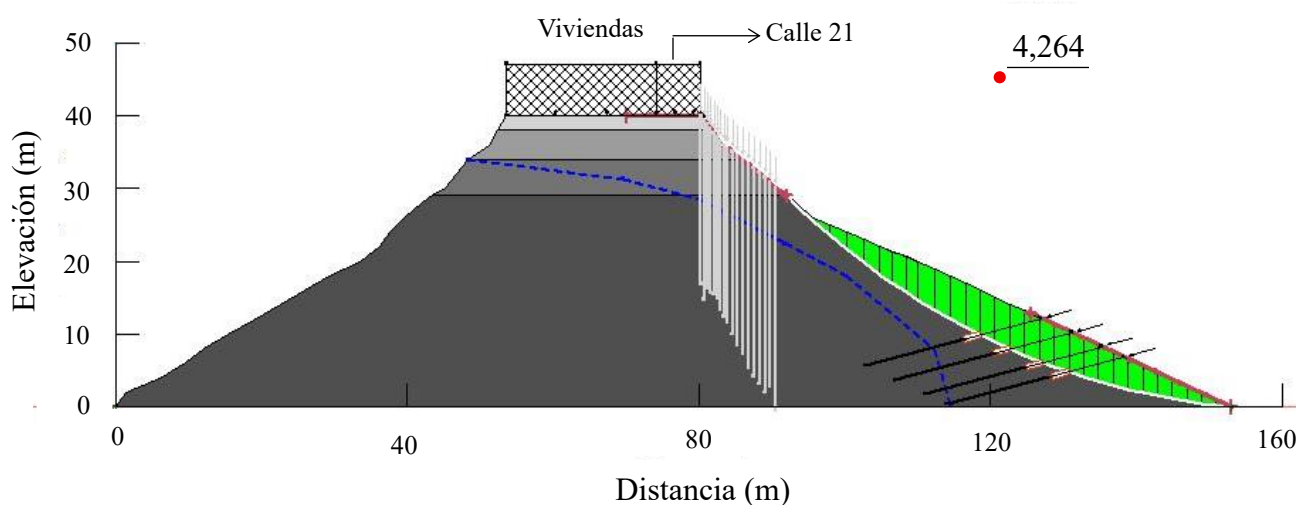
Asimismo, el espaciamiento entre drenes se propone máximo de 3 m, debido a la baja permeabilidad de los suelos y para no interferir con la distribución de los anclajes activos. Estas estructuras entregarán al canal proyectado en la base de la obra.

5.3.11 Análisis de la Estabilidad de los Perfiles Geológicos-Geotécnicos con Sistemas de Estabilización en Condición Estática

5.3.11.1 Perfil 1. La superficie de falla se disminuyó, a la par el nivel freático se ha abatido asumiendo el desempeño de los drenes horizontales, como se presenta en la consecutiva figura:

Figura 68

Perfil 1 evaluado mediante el Método de Janbu Generalizado con sistemas de estabilización en condición estática



Los resultados del factor de seguridad indican nivel de amenaza bajo, mayor a 1,5; además, los anclajes dispuestos en ese orden brindan estabilidad, como se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 35

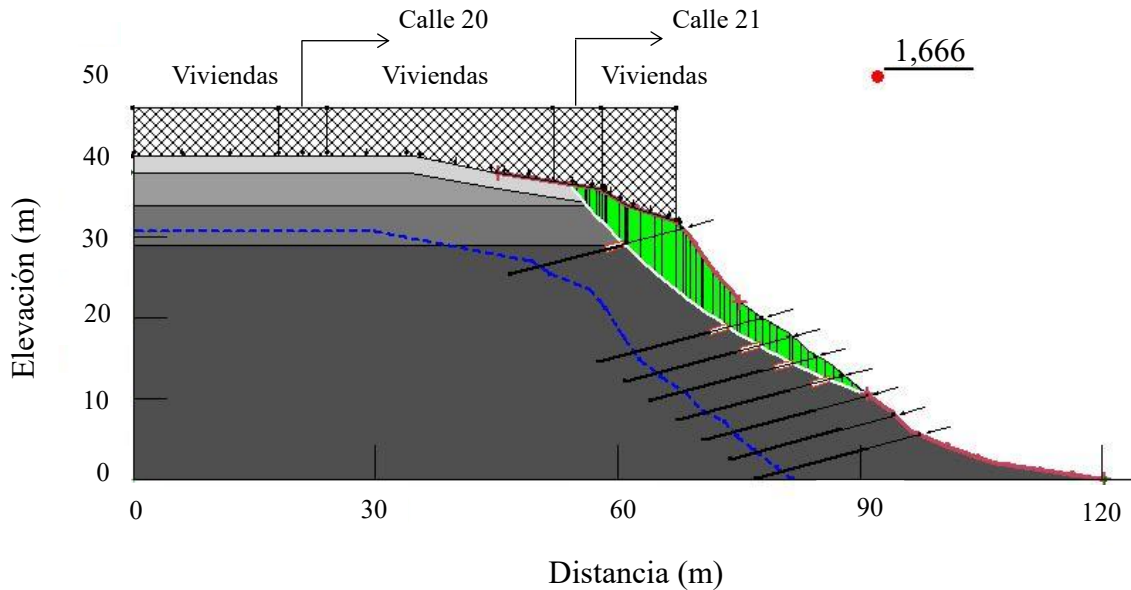
F. S y nivel de amenaza para el Perfil 1 en condición estática con sistemas de estabilización

Método	F. S	Nivel de amenaza
Ordinario	2,958	Baja
Bishop	3,852	Baja
Janbu Generalizado	4,264	Baja
Spenser	3,822	Baja

5.3.11.2 Perfil 2. La consecutiva figura presenta la ubicación de los anclajes activos en un orden apropiado para que cumplan la función de mitigar el riesgo por remoción en masa.

Figura 69

Perfil 2 evaluado mediante el Método de Janbu Generalizado con sistemas de estabilización en condición estática



El nivel de amenaza se considera bajo, lo que refleja factores de seguridad adecuados y cercanos al valor de 1,5 establecido como mínimo requerido por la normativa para la condición estática. A continuación, se describe con mayor detalle esta evaluación.

Tabla 36

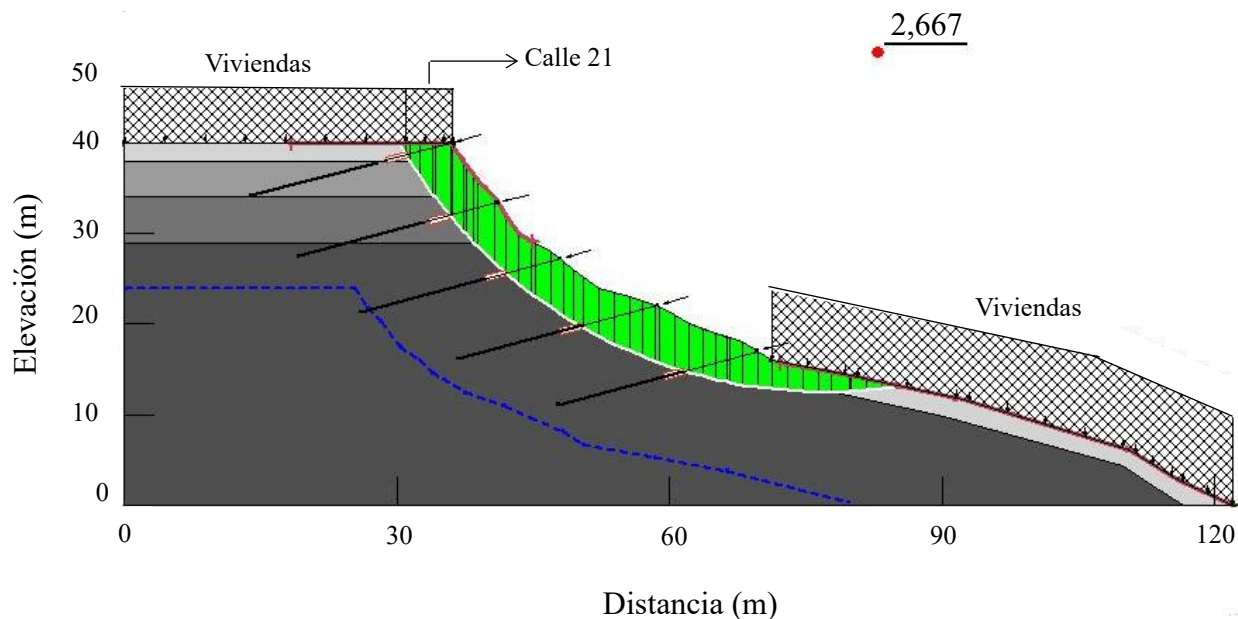
F. S y nivel de amenaza para el Perfil 2 en condición estática con sistemas de estabilización

Método	F. S	Nivel de amenaza
Ordinario	1,501	Baja
Bishop	1,538	Baja
Janbu Generalizado	1,666	Baja
Spenser	1,612	Baja

5.3.11.3 Perfil 3. En la siguiente figura se demuestra cómo los anclajes lograron crear mayor estabilidad ante eventos de remoción en masa sin modificación alguna de las solicitaciones.

Figura 70

Perfil 3 evaluado mediante el Método de Janbu Generalizado con sistemas de estabilización en condición estática



En la Tabla 37 se listan los valores del F. S; es evidente como el Método Ordinario se aleja un poco de los resultados de los demás, esto, debido principalmente a su fórmula.

Tabla 37

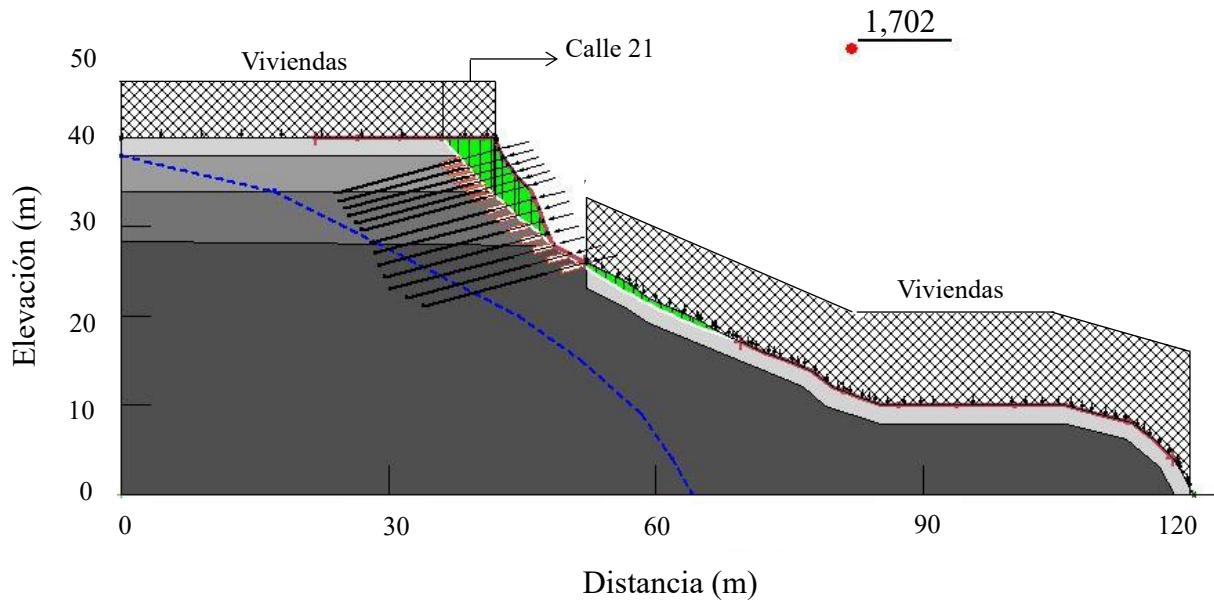
F. S y nivel de amenaza para el Perfil 3 en condición estática con sistemas de estabilización

Método	F. S	Nivel de amenaza
Ordinario	1,587	Baja
Bishop	2,132	Baja
Janbu Generalizado	2,667	Baja
Spenser	2,152	Baja

5.3.11.4 Perfil 4. En la figura a continuación, se representa la superficie de falla crítica, aunque en apariencia no parece haber cambiado mucho, sí indica un factor de seguridad apropiado.

Figura 71

Perfil 4 evaluado mediante el Método de Janbu Generalizado con sistemas de estabilización en condición estática



Se mantiene la tendencia de que el factor de seguridad no es demasiado mayor a 1,5, indica, además, que no se sobre diseñó. Los resultados se detallan en la consecutiva tabla:

Tabla 38

F. S y nivel de amenaza para el Perfil 4 en condición estática con sistemas de estabilización

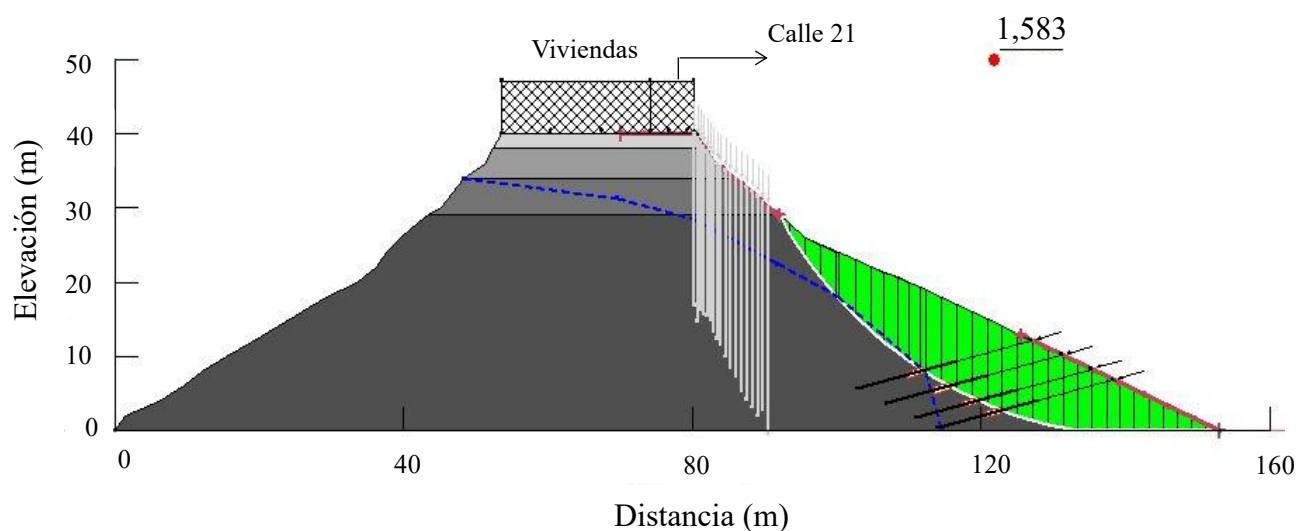
Método	F. S	Nivel de amenaza
Ordinario	1,503	Baja
Bishop	1,695	Baja
Janbu Generalizado	1,702	Baja
Spenser	1,606	Baja

5.3.12 Análisis de la Estabilidad de los Perfiles Geológicos-Geotécnicos con Sistemas de Estabilización en Condición Seudoestática.

5.3.12.1 Perfil 1. En la siguiente figura se aprecia una superficie de falla un poco más prominente respecto a su versión estática, no obstante, contempla los parámetros sísmicos.

Figura 72

Perfil 1 evaluado mediante el Método de Janbu Generalizado con sistemas de estabilización en condición seudoestática



Los F. S son indicativos de amenaza baja, y están por encima de 1,20. Sin embargo, resalta la diferencia en la aplicación de los métodos, de hecho, mejoran de acuerdo con su rigurosidad.

Tabla 39

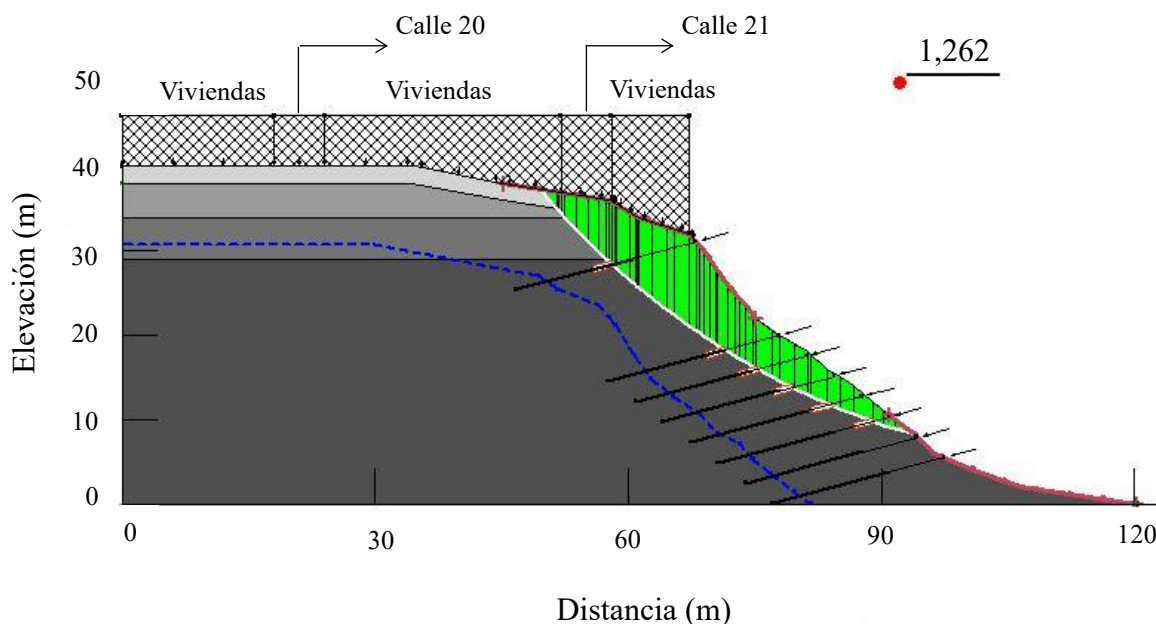
F. S y nivel de amenaza para el Perfil 1 en condición seudoestática con sistemas de estabilización

Método	F. S	Nivel de amenaza
Ordinario	1,337	Baja
Bishop	1,496	Baja
Janbu Generalizado	1,583	Baja
Spenser	1,812	Baja

5.3.12.2 Perfil 2. La figura a continuación, ilustra la superficie de falla crítica; aunque esta se sigue prolongando desde las viviendas, indica un F. S apropiado y un nivel freático controlado.

Figura 73

Perfil 2 evaluado mediante el Método de Janbu Generalizado con sistemas de estabilización en condición pseudoestática



En la siguiente tabla se puede apreciar como los F. S reflejan valores similares, estos no están muy alejados del valor de 1,20; por lo tanto, se evidencia que el diseño fue pertinente.

Tabla 40

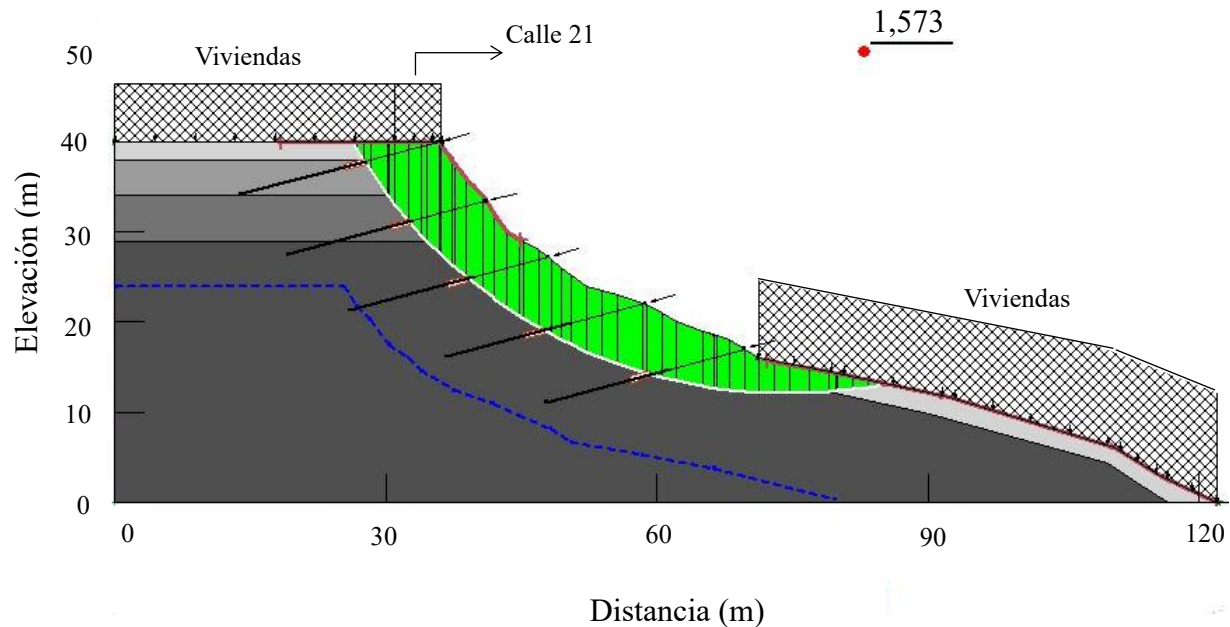
F. S y nivel de amenaza para el Perfil 2 en condición pseudoestática con sistemas de estabilización

Método	F. S	Nivel de amenaza
Ordinario	1,202	Baja
Bishop	1,253	Baja
Janbu Generalizado	1,262	Baja
Spenser	1,238	Baja

5.3.12.3 Perfil 3. La figura 74 ilustra una superficie de falla aproximadamente circular. Igualmente, los anclajes incrementaron la estabilidad frente a la amenaza por remoción en masa.

Figura 74

Perfil 3 evaluado mediante el Método de Janbu Generalizado con sistemas de estabilización en condición pseudoestática



La evaluación de los F. S demostró que el perfil era el menos desfavorable; los valores determinados están ligeramente por encima de 1,20, como se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 41

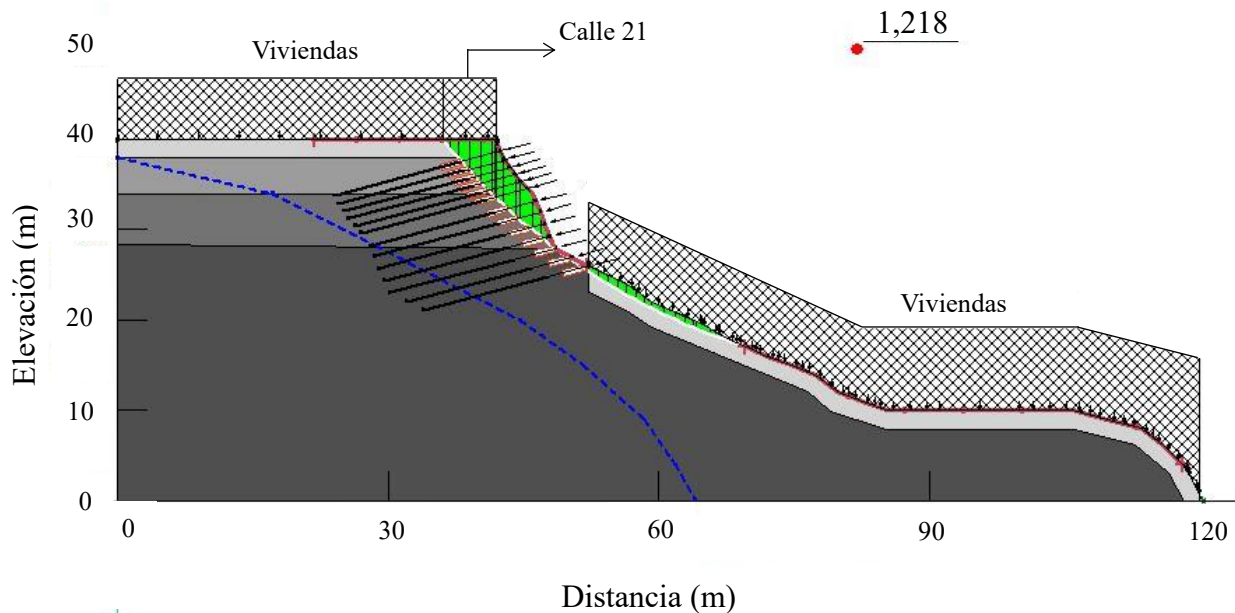
F. S y nivel de amenaza para el Perfil 3 en condición pseudoestática con sistemas de estabilización

Método	F. S	Nivel de amenaza
Ordinario	1,477	Baja
Bishop	1,607	Baja
Janbu Generalizado	1,573	Baja
Spenser	1,639	Baja

5.3.12.4 Perfil 4. La superficie de falla no presentó mucha variación en forma, esta se prolonga ligeramente hacia el inicio de las viviendas, como se ilustra en la consecutiva figura:

Figura 75

Perfil 4 evaluado mediante el Método de Janbu Generalizado con sistemas de estabilización en condición pseudoestática



Los valores del F. S de la siguiente tabla no presentan mucha variación entre sí, se confirmó que es uno de los perfiles más complejos para estabilizar. Además, el nivel freático influyó mucho.

Tabla 42

F. S y nivel de amenaza para el Perfil 4 en condición pseudoestática con sistemas de estabilización

Método	F. S	Nivel de amenaza
Ordinario	1,206	Baja
Bishop	1,214	Baja
Janbu Generalizado	1,218	Baja
Spenser	1,225	Baja

Para la descripción específica de los métodos de estabilización aplicados, así como su ilustración en cada perfil geológico-geotécnico, véanse los Apéndices 67 - 74. En seguida, el resumen de cantidades de elementos (Tabla 43) incluida el área de concreto lanzado para proteger los taludes de la erosión superficial, y en la Tabla 44 se presenta el presupuesto aproximado.

Tabla 43

Resumen de cantidades de elementos de los métodos de estabilización

Perfil N.º	Anclajes	Micropilotes	Drenes	Área de concreto lanzado (m ²)
1	168	5 038	42	5 163,54
2	417	-	52	4 143,01
3	226	-	45	3 264,34
4	387	-	30	1 464,36
Total	1 198	5 038	169	14 035,25

5.3.13 Presupuesto Aproximado

Tabla 44

Presupuesto aproximado de obra

Concepto	Valor parcial COP
Sección Primera: Preliminares	1 720 808 967,10
Sección Segunda: Excavación	3 778 438 599,40
Sección Tercera: Concretos	7 779 827 082,09
Sección Cuarta: Aceros	3 360 902 055,12
Sección Quinta: Perforaciones	24 714 026 659,50
Sección Sexta: Drenaje Superficial y Varios	362 725 373,40
Costos Directos	41 716 728 736,59
Administración	10 012 014 896,78
Imprevistos	417 167 287,37
Utilidades	2 085 836 436,83
A.I.U	12 515 018 620,98
I.V.A	396 308 923,00
Total	54 628 056 280,57

6. Discusión

En cuanto a la supervisión de las obras, los resultados evidencian retrasos, exactitud y avances en el cumplimiento de las actividades técnicas y obligaciones contractuales. En el proyecto de mitigación de la amenaza por inundación en el sector Centroabastos se presentaron problemas con el avance contractual, asociados, además, a especificaciones técnicas que no contemplaron las condiciones reales del entorno, así como a una limitada ejecución e intervención por parte del constructor e interventoría. Esta situación conduce a un cuestionamiento crítico: ¿La recurrencia en la suscripción de otros ítems, sumada la gestión previa a la construcción de las obras, puede derivar en un daño a los recursos públicos?

Respecto a la caracterización de amenazas naturales fue evidente cómo la actividad antrópica contribuye al desarrollo de fenómenos asociados al riesgo. Sin embargo, resulta contradictorio que existan leyes que respaldan indirectamente a comunidades asentadas en zonas no aptas para el desarrollo de proyectos civiles, pues las disposiciones legales, aunque buscan proteger a la población, en ocasiones perpetúan la vulnerabilidad. Así surge la inquietud de si las políticas actuales logran realmente equilibrar la protección social con la gestión integral del riesgo.

En lo que concierne al diseño de obra para mitigar el alto nivel de amenaza por remoción en masa, los sistemas de estabilización aplicados fueron acorde a la normativa y a la realidad del entorno, no obstante, se presentaron una serie de limitaciones. Dentro de estas destacan:

- La posible variación en el tiempo de los parámetros geomecánicos, puesto que, además, el área de estudio es relativamente grande.
- No se pudo tener acceso a la zona del asentamiento humano en la base del talud, para documentar las condiciones de vida, así como el estado y la caracterización de la Quebrada Argelia.

7. Conclusiones

La supervisión de las obras de mitigación de amenazas naturales permitió no solo una gestión integral del cumplimiento de las actividades técnicas y las obligaciones contractuales, lo cual se evidenció y documentó mediante la producción y revisión del dibujo técnico, como reflejo de la comprensión de los procesos constructivos. Asimismo, fue evidente la consolidación del diseño de la obra de limoncito durante la construcción y se verificó la contribución de profesionales de distintas disciplinas en el desarrollo del proyecto a través de los programas que lo integraron.

Sin embargo, contrasta la gestión previa a la construcción de las obras, porque no se consideraron las decisiones respecto a cambios y correcciones en las etapas de factibilidad y diseño; esto derivó en la necesidad de suscribir otros ítems hacia la mitad del primer plazo contractual, por ajustes en cantidades, inclusión de ítems no previstos y adición en valor y en plazo.

En la obra de Limoncito no se presentó atraso, no obstante, en el mes en que se firmaron estos instrumentos se detuvo la tendencia de adelanto, y en los periodos posteriores se retomó. Por el contrario, en el caso de la de Centroabastos no fue posible evitar el rezago ni plantear soluciones a los problemas existentes, ya que no se contemplaron alternativas para construir apropiadamente el jarillón provisional, ni se contaba con información sobre el dentellón de la antigua estructura.

Claramente, el costo de cambios y correcciones fue mayor por haberse realizado en fases avanzadas de los proyectos. Esta situación subraya que realizar ajustes durante la etapa de construcción conlleva sobrecostos, especialmente cuando no se da respuesta a las dificultades, lo que se traduce directamente en un desperdicio de recursos, retrasos en la entrega de las obras y una afectación directa a las comunidades que permanecen expuestas durante más tiempo.

Las amenazas naturales no solo se relacionan con factores geológicos, geomorfológicos o geotécnicos, sino que también están directamente asociadas a la actividad humana.

El ser humano modifica e interviene ambientalmente las zonas donde se desarrolla, y su acción, en la mayoría de los casos, exagera los fenómenos asociados a los distintos tipos de riesgo.

De hecho, cada caso analizado, evaluado y documentado en este proyecto de grado relacionado con la caracterización de amenazas naturales a través de las visitas técnicas, confirmó esta realidad. Todos estuvieron, en gran medida, asociados al impacto de inapropiada acción antrópica. Por lo tanto, se reconoce esta influencia como un patrón recurrente que necesita ser abordado desde la perspectiva de la educación, partiendo de los primeros años de vida.

El diseño preliminar de la obra fue desarrollado con el propósito de mejorar la calidad de vida de los habitantes del barrio Antonio Nariño y mitigar el alto nivel de amenaza por remoción en masa. Este trabajo se sustentó en un estudio de componentes como la geología, geomorfología, hidrología, geotecnia, y la interacción entre la actividad humana y el entorno. La evaluación integral en condiciones estática y seudoestática fue fundamental para aplicar sistemas de estabilización de taludes, sentando las bases para una futura intervención efectiva.

8. Recomendaciones

Las decisiones sobre hacer cambios y correcciones deben tomarse en las etapas de factibilidad y diseño, puesto que, la mayoría de los contratos de obra han tenido suscritos otrosíes durante la etapa de construcción.

Se recomienda profundizar en el impacto ambiental de la deforestación, así como en la compensación efectiva y su seguimiento, además, de acuerdo con la supervisión, se evidenció la ausencia de reubicación de fauna, justificándose en la "no detección de individuos susceptibles de afectación". Esto resalta la necesidad de metodologías más claras para la identificación y protección de estas especies en el marco del Programa de Manejo de la Vegetación, la Flora y el Paisaje.

Referencias Bibliográficas

- AENOR. (2015). *UNE-EN 1537:2013+A1:2015. Ejecución de obras geotécnicas especiales. Anclajes.*
- Alexander, D. E. (2012). Disaster risk reduction: An alternative viewpoint. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 2, 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2012.10.002>.
- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). (2017). *AASHTO LRFD Bridge Design Specifications* (8th ed.). AASHTO.
- Anderson, R. S., & Anderson, S. P. (2011). *Geomorphology: The Mechanics and Chemistry of Landscapes.*
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS). (2010). *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10.* AIS.
- ASTM International. (2022). *ASTM D1941: Standard test method for open channel flow measurement of water with the Parshall flume.* <https://www.astm.org/Standards/D1941.htm>.
- ASTM International. (2023). *ASTM A416/A416M: Standard specification for steel strand, uncoated seven-wire for prestressed concrete.* <https://www.astm.org/Standards/A416.htm>
- Baudrit Carrillo, D. (2000). *Derecho Civil IV, Volumen I: Teoría General del Contrato* (3.^a ed.). Ed. Jurídica DIKE.
- Briceño, S. (2015). Looking back and beyond Sendai: 25 years of international policy experience on disaster risk reduction. *International Journal of Disaster Risk Science*, 6(1), 1–7. <https://doi.org/10.1007/s13753-015-0040-y>.

- Cannon, T., & Müller-Mahn, D. (2010). Vulnerability, resilience and development discourses in context of climate change. *Natural Hazards*, 55(3), 621–635. <https://doi.org/10.1007/s11069-010-9499-4>.
- Cardona, O. D., Hurtado, J. E., Duque, G., Moreno, A., Chardon, A. C., Velásquez, L. S., & Prieto, S. D. (2012). *Determinación de riesgos de desastres: Un enfoque holístico*. Universidad Nacional de Colombia; Instituto de Estudios Ambientales (IDEA).
- Centre for Research on the Epidemiology of Disasters. (2023). *EM-DAT: The International Disaster Database*. Université Catholique de Louvain. <https://www.emdat.be>.
- Chaudhry, M. H. (2008). *Open-channel flow*. Springer.
- Congreso de Colombia. (1993a). *Ley 80 de 1993: Por la cual se expide el Estatuto General de Contratación de la Administración Pública*. Diario Oficial No. 41.094.
- Congreso de Colombia. (2011). *Ley 1474 de 2011: Por la cual se dictan normas orientadas a fortalecer los mecanismos de prevención, investigación y sanción de actos de corrupción y la efectividad del control de la gestión pública*. Diario Oficial No. 48.156.
- Congreso de Colombia. (2012). *Ley 1523 de 2012: Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones*. Diario Oficial No. 48.429.
- Congreso de Colombia. (2013). *Ley 1682 de 2013: Por la cual se adoptan medidas y disposiciones para los proyectos de infraestructura de transporte y se dictan otras disposiciones*. Diario Oficial No. 49.009.
- Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB). (2009). *Resolución 1294 de 2009: Por medio de la cual se adopta el Manual de Normas Técnicas*

para el Control de Erosión y para la Realización de Estudios Geológicos, Geotécnicos e Hidrológicos en el Área de Jurisdicción de la CDMB.

Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB). (2022).

Hidrología Quebrada Argelia [Informe técnico].

Das, B. M. (2016). *Principles of geotechnical engineering* (9th ed.). Cengage Learning.

Ferradas, C., & Yamazaki, F. (2003). Natural disaster risk assessment and management. *Journal of Natural Disaster Science*, 25(2), 57–65.

French, R. H. (1985). *Open-channel hydraulics*. McGraw-Hill.

Gavassa Villamizar, E. Q. (2015). *CDMB. 50 años 1965-2015*. CDMB.

Gómez Soberón, J. M., Corral-Higuera, R., Arredondo-Rea, S. P., Gómez-Soberón, M. C., Gómez-

Soberón, L. A., & Esteban-Díaz, M. Á. (2011). Sostenibilidad en la edificación:

Comparación de dos sistemas constructivos y rendimiento de los recursos. *II Congreso*

Internacional de Cambios Climáticos, VIII Convención Internacional sobre Medio

Ambiente y Desarrollo, La Habana, Cuba, 4–8 de julio de 2011.

<https://www.researchgate.net/publication/277090357>.

Hsu, W. K., Tseng, C. P., & Chiang, W. L. (2012). Risk and uncertainty analysis in the planning stages of a risk decision-making process. *Natural Hazards*, 61(4), 1355–1365.

<https://doi.org/10.1007/s11069-011-0032-1>.

Huggett, R. J. (2011). *Fundamentals of Geomorphology*.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2022). *Estudio nacional*

de la degradación de suelos por erosión en Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo

Sostenible.

Kelman, I. (2011). *Disaster diplomacy: How disasters affect peace and conflict*. Routledge.

- Mansilla, E. (2018). *Gestión integral del riesgo de desastres: Enfoque práctico para proyectos de infraestructura*. Editorial Universidad de Chile.
- Margalef, R. (2018). *Ecología* (ed. actual.). Barcelona, España: Ediciones Omega.
- Marulanda, M. C., Cardona, O. D., & Barbat, A. H. (2010). Revealing the socioeconomic impact of small disasters in Colombia using the DesInventar database. *Disaster Prevention and Management, 19*(4), 498–513.
- McEnroe, B. M. (1992). The Rational Method: An empirical formula for estimating peak runoff rates. *Journal of Hydrology, 133*(1-2), 1-13.
- Mileti, D. S., & Sorensen, J. H. (2010). *Programs that encourage the adoption of precautions against natural hazards: review and evaluation*. En N. D. Weinstein (Ed.), *Taking Care*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511527760.013>.
- Morgenstern, N. R. (2022). Slope risk management in light of uncertainty and environmental change. *Canadian Geotechnical Journal, 59*(6), 1–15. <https://doi.org/10.1139/cgj-2022-0626>.
- Neville, A. M. (2012). *Properties of concrete* (5th ed.). Pearson Education Limited.
- Odum, E. P. (2004). *Fundamentals of ecology* (5^a ed.). Brooks/Cole.
- Olshansky, R. B. (2021). *Planning for disaster recovery: Emerging research and professional practice*. Routledge.
- Restrepo, J. D. (2013). *Supervisión técnica de obras civiles: fundamentos y procedimientos*. Universidad Nacional de Colombia.
- Rodríguez, J. M., Yepes, V., & Pellicer, E. (2015). Evaluación de sostenibilidad en el diseño de proyectos de infraestructura en zonas de riesgo. *Revista de la Construcción, 14*(3), 34–45.

- Rodríguez Tamayo, M. F. (2015). *Los contratos estatales en Colombia* (2.^a ed.). Bogotá: Lijursanchez.
- Sabatini, P. J., Pass, D. G., & Bachus, R. C. (1999). *Geotechnical Engineering Circular No. 4: Ground anchors and anchored systems* (FHWA-IF-99-015). U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration. <https://www.fhwa.dot.gov/engineering/geotech/pubs/if99015.pdf>.
- Suárez Díaz, J. (1998). *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales*. Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos.
- Suárez Díaz, J. (2009). *Deslizamientos. Tomo I: Análisis Geotécnico*. Ediciones UIS. <https://www.erosion.com.co/deslizamientos-tomo-i-analisis-geotecnico/>
- Suárez Díaz, J. (2012). *Deslizamientos. Tomo II: Técnicas de Remediación*. Ediciones UIS.
- Terzaghi, K., Peck, R. B., & Mesri, G. (1996). *Soil mechanics in engineering practice* (3rd ed.). John Wiley & Sons.
- United Nations Office for Disaster Risk Reduction. (2022). *Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction 2022: Our world at risk—Transforming governance for a resilient future*. <https://www.undrr.org/gar2022>.
- Villagrán de León, J. C. (2012). *Indicadores de Riesgo de Desastres y de Gestión del Riesgo: Programa para América Latina y el Caribe*. CEPAL.
- Villamil Rojas, R. (2013). *Jarillones: Aspectos generales para el control de inundaciones de los ríos San Jorge y Sinú, en el departamento de Córdoba* [Trabajo de especialización, Universidad del Sinú Elías Bechara Zainúm]
- Villavicencio, C. (2011). *Ingeniería de taludes en obras viales* (1.^a ed.). Instituto Nacional de Vías – INVIAS.

Apéndices

Apéndice 1. Resumen de Pólizas y Gestión Contractual – Obra N.º 1

El proyecto comprendió pólizas de seguro por responsabilidad civil extracontractual derivada del cumplimiento, estabilidad y calidad de la obra, buen manejo y correcta inversión del anticipo, y cumplimiento ante entidad estatal.

El contrato de obra N.º 210-15352-6 comprendió seis actas, siendo la primera de inicio del contrato, seguida de la entrega de anticipo por 40 % valor del contrato (antes del Otrosí), tres de recibo y pago parcial y el acta de recibo definitivo, obra finalizada y aceptada.

El contrato de interventoría N.º 210-15417-4 comprendió cuatro actas, la primera de inicio del contrato, dos de recibo y pago parcial y finalmente la de recibo y último pago.

Durante el desarrollo de la obra, se llevaron a cabo programas enfocados en complementar la calidad de la ejecución de las actividades técnicas y contractuales, como fueron: Programa Socioambiental, relacionado con el manejo de residuos sólidos, emisiones atmosféricas, almacenamiento adecuado de materiales de construcción, protección del suelo y cuerpos de agua, señalización, adecuación de campamentos, y gestión social.

El Programa de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) y el Programa de Manejo de Vegetación, la Flora y el Paisaje, en el cual se registró la compensación de 28 árboles por 40 especies equivalentes a las tratadas y sembradas en áreas ecológicamente análogas a las intervenidas en el proyecto.

Para ejecutar las actividades técnicas, se elaboraron 17 actas de vecindad; 13 correspondieron al barrio Albania y cuatro al barrio Limoncito.

Apéndice 2. Tabla de Actividades Técnicas – Obra N.º 1, Sección Primera: Preliminares

La siguiente tabla demuestra la variación en las cantidades relacionadas con las actividades técnicas comprendidas en la Sección Primera: Preliminares, especificadas en el contrato y en la suscripción del Otrosí N.º 1, reflejando los ajustes realizados durante la ejecución del proyecto según las necesidades constructivas identificadas en obra.

Sección Primera: Preliminares		
Datos contractuales		
Contrato	Cantidad	Valor COP
Replanteo, levantamientos, medición de obra (mes)		
Inicial	2,00	23 332 538,00
Otrosí N.º1	1,00	11 666 269,00
Total	3,00	34 998 807,00
Valla tipo 1a (5,0 m · 2,80 m)		
Inicial	1,00	2 683 276,00
Desmonte y limpieza (m ²)		
Inicial	480,00	2 636 160,00
Otrosí N.º1	245,00	1 345 540,00
Total	725,00	3 981 700,00
Retiro de basuras y escombros (m ³)		
Inicial	240,00	20 933 280,00
Otrosí N.º1	107,00	9 332 754,00
Totales	347,00	30 266 034,00
Perfilado a mano descolgado del talud (m ³)		
Inicial	192,00	36 904 512,00
Otrosí N.º1	99,50	19 124 994,50
Totales	291,50	56 029 506,50
Subtotal		127 959 323,50

Apéndice 3. Actividades iniciales de la Obra N.º 1; (a) Valla Informativa de la Obra; (b) Especies Arbóreas a Intervenir; (c) Descapote y Limpieza; (d) Perfilado a Mano del Talud

Para iniciar las actividades de obra fue necesario instalar la valla informativa del proyecto (a) por la vía Bucaramanga – Cúcuta y realizar el inventario de especies arbóreas que serían intervenidas (siete en total) identificadas por un ingeniero forestal, entre ellas la palma real (a).

Posteriormente se dio paso a las actividades comprendidas en la Sección Primera, tales como el descapote (c) y el perfilado del talud (d), garantizando el cumplimiento de los procedimientos técnicos y ambientales establecidos, como se detalla en la siguiente figura compuesta:



(a)



(b)



(c)



(d)

Apéndice 4. Tabla de Cumplimiento de Actividades Técnicas – Obra N.º 1, Sección Primera:**Preliminares**

El cumplimiento de la Sección Primera: Preliminares incluyó actividades ejecutadas al 100% del porcentaje ejecutado acumulado (% E. A.), mientras que otras finalizaron con un valor inferior, aunque suficiente para garantizar el desarrollo de las actividades técnicas y la ejecución de las obligaciones contractuales, como se presenta a continuación:

Sección Primera: Preliminares			
Cumplimiento			
Periodo de ejecución	C. E. P	Valor ejecutado	% E. A
Replanteo, levantamientos, medición de obra (mes)			
12 de agosto al 11 de septiembre de 2024	1,00	11 666 269,00	50%
12 de noviembre al 11 de diciembre de 2024	1,00	11 666 269,00	66,67%
12 de diciembre de 2024 al 11 de enero de 2025	0,50	5 833 134,50	83,33%
12 de enero al 28 de febrero de 2025	0,50	5 833 134,50	100%
Total	3,00	34 998 807,00	100%
Valla tipo 1a (5,0 m · 2,80 m)			
12 de agosto al 11 de septiembre de 2024	1,00	2 683 276,00	100%
Total	1,00	2 683 276,00	100%
Desmonte y limpieza (m ²)			
12 de agosto al 11 de septiembre de 2024	480,00	2 636 160,00	100%
12 de noviembre al 11 de diciembre de 2024	245,00	1 345 540,00	100%
Total	725,00	3 981 700,00	100%
Retiro de basuras y escombros (m ³)			
12 de agosto al 11 de septiembre de 2024	190,00	16 572 180,00	79,17%
12 de septiembre al 11 de octubre de 2024	49,60	4 326 211,20	99,83%
12 de noviembre al 11 de diciembre de 2024	107,00	9 332 754,00	99,88%
Total	346,58	30 231 145,20	99,88%
Perfilado a mano descolgado del talud (m ³)			
12 de agosto al 11 de septiembre de 2024	79,00	15 184 669,00	41,15%
12 de septiembre al 11 de octubre de 2024	112,81	21 681 400,80	99,90%
12 de noviembre al 11 de diciembre de 2024	99,50	19 124 994,50	99,93%
Total	291,31	55 991 064,30	99,93%
Subtotal		127 885 992,50	

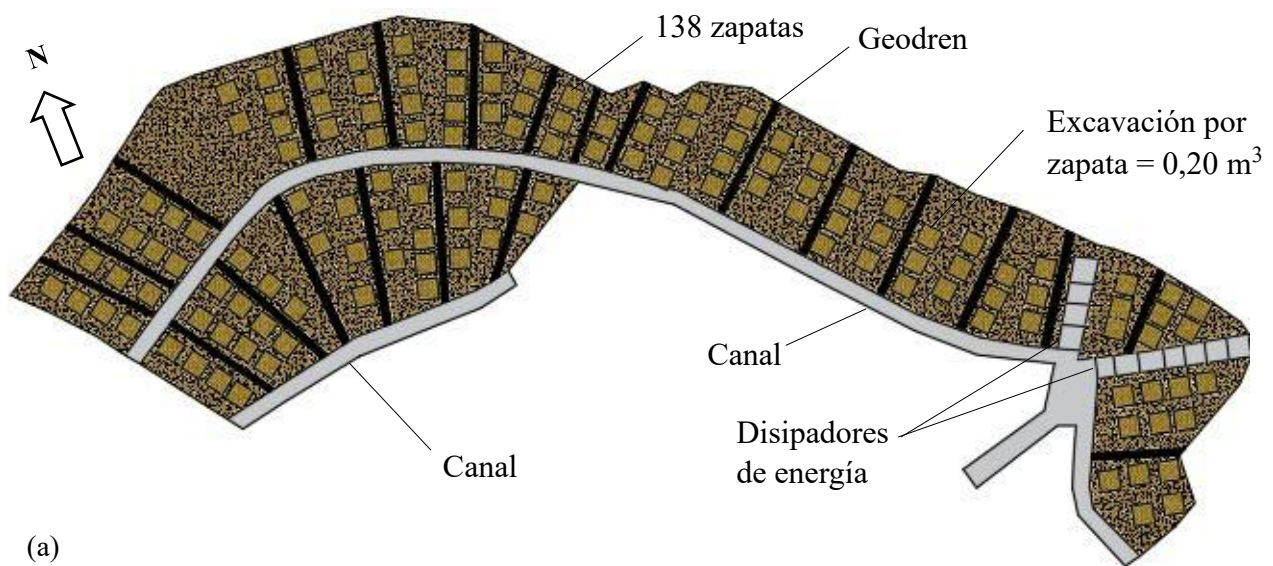
Apéndice 5. Tabla de Actividades Técnicas – Obra N.º 1, Sección Segunda: Excavación

Debido a que la suscripción del Otrosí N.º 1 incrementó el área de la obra, todas las actividades técnicas asociadas con la Sección Segunda: Excavación se aumentaron, reflejando una ampliación en el alcance de los trabajos y en la cantidad de material a remover, como se detalla a continuación:

Sección Segunda: Excavación		
Datos contractuales		
Contrato	Cantidad	Valor COP
Excavación en material granular a cualquier profundidad (m ³)		
Inicial	768,00	38 610 432,00
Otrosí N.º1	332,70	16 726 159,80
Total	1 100,70	55 336 591,80
Excavación en suelo rocoso a cualquier profundidad (m ³)		
Inicial	192,00	17 631 744,00
Otrosí N.º1	80,60	7 401 659,20
Total	272,60	25 033 403,20
Excavación a mano con acarreo libre descolgado para zapata (m ³)		
Inicial	18,00	4 596 534,00
Otrosí N.º1	9,60	2 451 484,80
Total	27,60	7 048 018,80
Sobrecarreos para acarreo totales mayores de 1000,00 m (m ³ – km)		
Inicial	15 779,40	63 370 070,40
Otrosí N.º1	8 604,57	34 555 953,12
Total	24 383,97	97 926 023,52
Subtotal		185 344 037,32

Apéndice 6. Figura de Excavación de la Obra – Obra N.º 1; (a) Plano; (b) Excavación en Material Granular; (c) Excavación para Zapatas

En la siguiente figura compuesta, se observa el plano de la excavación de la obra (a) relacionado con el área total del proyecto; a la par, el esquema de la excavación de las 138 zapatas y la instalación de geodrenes, así como las estructuras hidráulicas. Además, por medio de maquinaria como la retroexcavadora se logró realizar la excavación en material granular (b), no obstante, para la zapata (c) se utilizaron herramientas manuales.



(a)



(b)



(c)

Apéndice 7. Tabla de Cumplimiento de Actividades Técnicas – Obra N.º 1, Sección Segunda:**Excavación**

La Sección Segunda: Excavación es la que contiene las actividades que culminaron con un % E. A distinto al 100%, debido a que se proyectó un porcentaje de volumen de excavación mayor al ejecutado, como se presenta enseguida:

Sección Segunda: Excavación			
Cumplimiento			
Periodo de ejecución	C. E. P	Valor COP	% E. A
Excavación en material granular a cualquier profundidad (m ³)			
12 de agosto al 11 de septiembre de 2024	767,62	38 591 830,62	99,95%
12 de noviembre al 11 de diciembre de 2024	332,70	16 726 159,80	99,97%
Total	1 100,32	55 317 990,42	99,97%
Excavación en suelo rocoso a cualquier profundidad (m ³)			
12 de septiembre al 11 de octubre de 2024	191,54	17 588 582,96	99,76%
12 de noviembre al 11 de diciembre de 2024	80,60	7 401 659,20	99,83%
Total	272,14	24 990 242,16	99,83%
Excavación a mano con acarreo libre descolgado para zapata (m ³)			
12 de noviembre al 11 de diciembre de 2024	18,00	4 596 534,00	65,22%
12 de diciembre de 2024 al 11 de enero de 2025	9,60	2 451 484,80	100,00%
Total	27,60	7 048 018,80	100,00%
Sobrecarros para acarros totales mayores de 1000,00 m (m ³ – km)			
12 de septiembre al 11 de octubre de 2024	12 972,78	52 099 367,20	82,21%
12 de noviembre al 11 de diciembre de 2024	11 233,37	45 113 213,92	99,27%
12 de diciembre de 2024 al 11 de enero de 2025	162,24	651 555,84	99,94%
Total	24 368,39	97 864 136,96	99,94%
Subtotal		185 220 388,34	

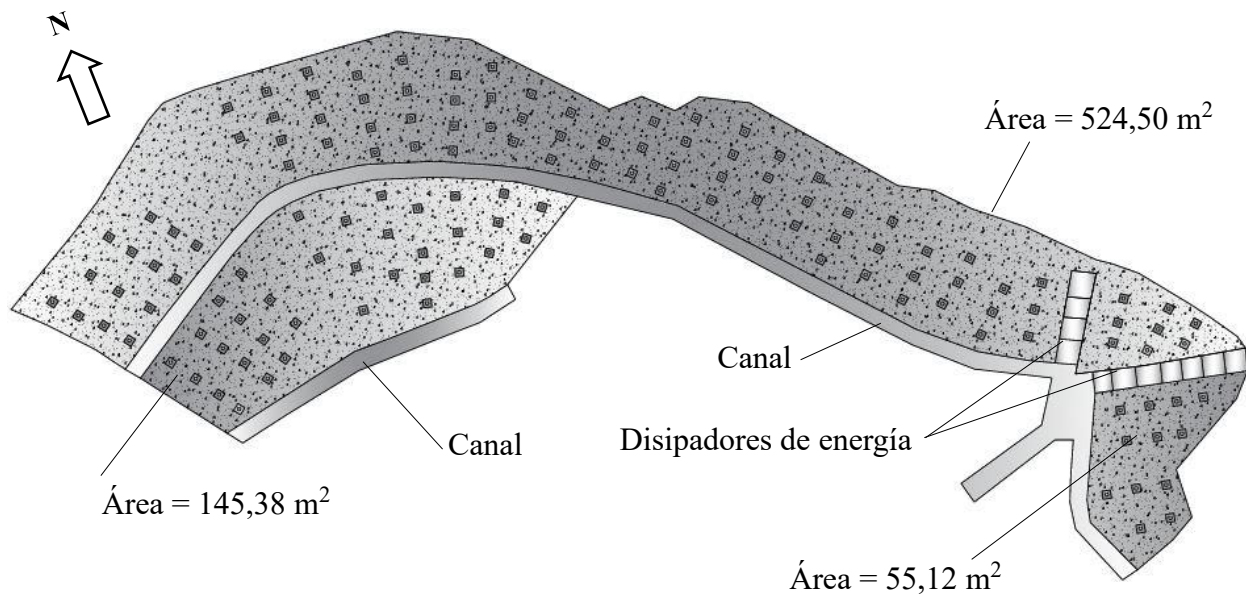
Apéndice 8. Tabla de Actividades Técnicas – Obra N.º 1, Sección Tercera: Concreto

De acuerdo con la suscripción del Otrosí N.º 1 todas las actividades técnicas de esta sección tuvieron incremento y se relacionan con el concreto para las zapatas, el revestimiento y la inyección de la lechada para la instalación de los anclajes activos, evidenciando un mayor alcance en las cantidades de obra a ejecutar.

Sección Tercera: Concreto		
Datos contractuales		
Contrato	Cantidad	Valor COP
Suministro y colocación de concreto de 3 000 psi para zapatas (m ³)		
Inicial	18,00	19 748 884,00
Otrosí N.º1	9,60	10 532 676,80
Total	27,60	30 281 560,80
Suministro y colocación de concreto lanzado e = 10 cm (m ²)		
Inicial	480,00	183 810 240,00
Otrosí N.º1	245,00	88 819 810,00
Totales	725,00	272 630 050,00
Inyección de lechada para anclajes (m ³)		
Inicial	45,00	52 432 470,00
Otrosí N.º1	24,00	27 963 984,00
Totales	69,00	80 396 454,00
Subtotal		388 308 064,80

Apéndice 9. Ilustración del Área de la Obra de Concreto Lanzado, Anclajes Activos y Estructuras Hidráulicas – Obra N.º 1

En la siguiente figura se aclara que el área inicialmente era de 480 m², mayormente incluida en la que se incrementó a 524,50 m². Sin embargo, el Otrosí N.º 1 terminó de añadir 55,12 m² (adyacente a los disipadores de energía) y los 145,38 m².



Apéndice 10. Tabla de Cumplimiento de Actividades Técnicas – Obra N.º 1, Sección Tercera:**Concreto**

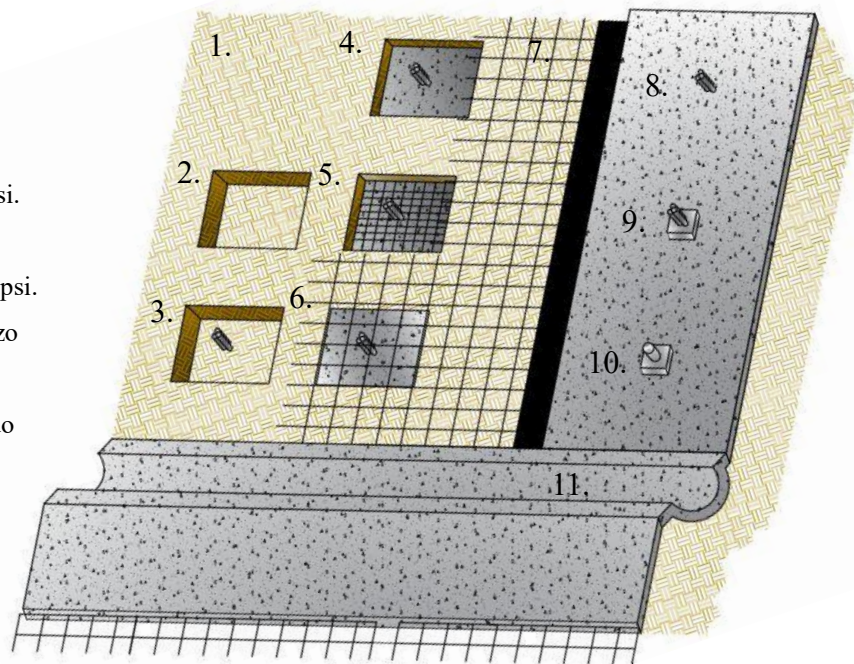
De acuerdo con la tabla se puede observar como las actividades técnicas habían culminado su cumplimiento antes de firmar el Otrosí N.º1, y éstas se incrementaron con la adición del documento, reflejando los ajustes necesarios para atender las nuevas condiciones y requerimientos del proyecto.

Sección Tercera: Concreto			
Cumplimiento			
Periodo de ejecución	C.E.P	Valor COP	% E. A
Suministro y colocación de concreto de 3 000 psi para zapatas (m³)			
12 de diciembre de 2024 al 11 de enero de 2025	18,00	19 748 844,00	65,22%
12 de enero al 28 de febrero de 2025	9,60	10 532 716,80	100,00%
Total	27,60	30 281 560,80	100,00%
Suministro y colocación de concreto lanzado e = 10 cm (m²)			
12 de diciembre de 2024 al 11 de enero de 2025	524,50	200 850 981,00	72,34%
12 de enero al 28 de febrero de 2025	200,50	76 779 069,00	100,00%
Total	725,00	277 630 050,00	100,00%
Inyección de lechada para anclajes (m³)			
12 de septiembre al 11 de octubre de 2024	25,50	29 711 733,00	56,67%
12 de octubre al 11 de noviembre de 2024	19,50	22 720 737,00	100,00%
12 de noviembre al 11 de diciembre de 2024	8,50	9 903 911,00	77,54%
12 de diciembre de 2024 al 11 de enero de 2025	15,50	18 060 073,00	100,00%
Total	69,00	80 396 454,00	100,00%
Subtotal		388 308 064,80	

Apéndice 11. Figura del Detalle del Proceso Constructivo de la Obra de Concreto Lanzado y Anclajes Activos

A continuación, se muestra el proceso optimizado de la construcción del proyecto. Se observan detalles constructivos como la instalación de la malla electrosoldada entre el terreno perfilado y el concreto lanzado, así como, la puesta de la platina y la colocación de la pópora con el kit de cuñas para el correcto funcionamiento de los anclajes activos, evidenciando la secuencia adecuada de ejecución en obra.

1. Perfilado a mano.
2. Excavación para zapatas.
3. Instalación, lechada y tensionamiento del anclaje.
4. Puesta de concreto de 3 000 psi.
5. Colocación de la rejilla.
6. Llenado de concreto de 3 000 psi.
7. Ubicación del acero de refuerzo (malla electrosoldada)
8. Suministro de concreto lanzado de 3 000 psi.
9. Puesta de la platina.
10. Colocación de la pópora con kit de cuñas.
11. Canal.



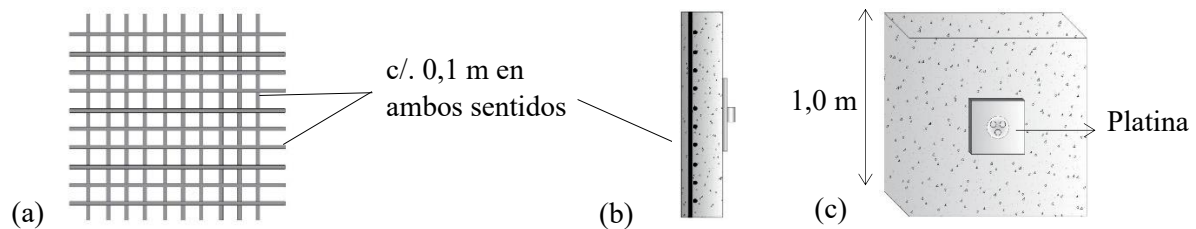
Apéndice 12. Tabla de Actividades Técnicas – Obra N.º 1, Sección Cuarta: Aceros

La Sección Cuarta: Aceros, comprende lo relacionado con todas las partes de la obra que requieren refuerzo de este material, como la zapata, los anclajes activos y la malla electrosoldada. Además, tuvieron incremento con la adición del Otrosí N.º 1, reflejando la necesidad de fortalecer los elementos estructurales y garantizar la estabilidad del sistema constructivo, como se detalla enseguida:

Sección Cuarta: Aceros		
Datos contractuales		
Contrato	Cantidad	Valor COP
Suministro y colocación acero de refuerzo fy 4 200 kg/cm ² (kg)		
Inicial	3 629,00	44 215 736,00
Otrosí N.º1	1 936,00	23 588 224,00
Total	5 565,00	67 803 960,00
Suministro y colocación de anclajes 3 cables $\varnothing = 1/2''$ (und)		
Inicial	90,00	80 042 310,00
Otrosí N.º1	48,00	42 689 232,00
Totales	138,00	122 731 542,00
Tensionamiento de anclajes (und)		
Inicial	90,00	5 188 050,00
Otrosí N.º1	48,00	2 766 960,00
Totales	138,00	7 955 010,00
Malla electrosoldada 4 mm y abertura de 0,15 m · 0,15 m (m ²)		
Inicial	480,00	17 886 240,00
Otrosí N.º1	245,00	9 129 435,00
Totales	725,00	27 015 675,00
suministro e instalación de platina de 200 mm · 200 mm · 12mm (und)		
Inicial	90,00	7 488 270,00
Otrosí N.º1	48,00	3 993 744,00
Totales	138,00	11 482 014,00
Suministro e instalación de pópora tres agujeros cónicos cuña de $\varnothing = 1/2''$ (und)		
Inicial	90,00	14 324 220,00
Otrosí N.º1	48,00	7 639 584,00
Totales	138,00	21 963 804,00
Suministro e instalación de kit de cuñas de $\varnothing = 1/2''$ para anclaje (und)		
Inicial	90,00	8 750 160,00
Otrosí N.º1	48,00	4 666 752,00
Totales	138,00	13 416 912,00
Subtotal		272 368 917,00

Apéndice 13. Figura del Detalle Constructivo de la Zapata del Anclaje para la Obra N.º 1;
(a) Malla Electrosoldada; (b) Vista de Perfil; (c) Isométrico

En la siguiente figura compuesta se observa la composición de la zapata de 1 m x 1 m, con platina de 200 mm y barras de $\varnothing 3/4"$, tales como la disposición de la malla electrosoldada y su espaciado c/ 0.1 m en ambos sentidos, evidenciando el refuerzo estructural empleado para garantizar la estabilidad del anclaje.



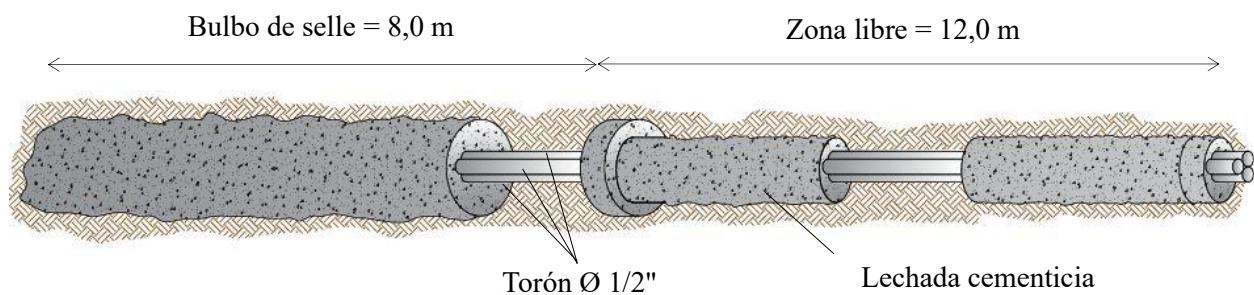
Apéndice 14. Tabla de Cumplimiento de Actividades Técnicas – Obra N.º 1, Sección Cuarta:**Aceros**

Las actividades técnicas de la sección alcanzaron un % E. A del 100 %, excepto la correspondiente al acero de refuerzo (malla electrosoldada), que debido a sus dimensiones (5,96 × 2,33 m) registró un valor final del 99,98 %.

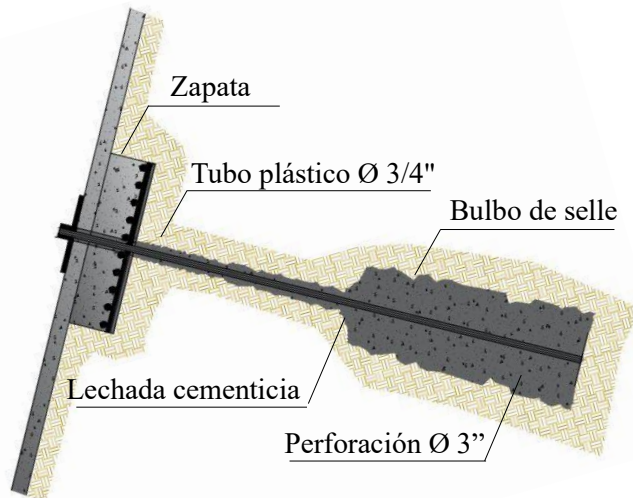
Sección Cuarta: Aceros			
Cumplimiento			
Periodo de ejecución	C. E. P	Valor COP	% E. A
Suministro y colocación acero de refuerzo fy 4 200 kg/cm² (kg)			
12 de diciembre de 2024 al 11 de enero de 2024	3 628,80	44 213 299,20	65,21%
12 de diciembre de 2024 al 1 de noviembre de 2024	1 935,36	23 580 426,24	99,98%
Total	5 564,16	67 793 725,44	99,98%
Suministro y colocación de anclajes 3 cables $\sigma = 1/2''$ longitud = 20 m (und)			
12 de septiembre de 2024 al 11 de octubre de 2024	51,00	45 357 309,00	56,67%
12 de octubre de 2024 al 11 de noviembre de 2024	39,00	34 685 001,00	100,00%
12 de noviembre de 2024 al 11 de diciembre de 2024	17,00	15 119 103,00	77,54%
12 de diciembre de 2024 al 1 de enero de 2025	31,00	27 570 129,00	100,00%
Total	138,00	122 731 542,00	100,00%
Tensionamiento de anclajes (und)			
12 de diciembre de 2024 al 11 de enero de 2025	90,00	5 188 050,00	65,22%
12 de enero de 2025 al 28 de febrero de 2025	48,00	2 766 960,00	100,00%
Total	138,00	7 955 010,00	100,00%
Malla electrosoldada 4 mm y abertura de 0,15 m · 0,15 m (m²)			
12 de diciembre de 2024 al 11 de enero de 2025	524,50	19 544 443,50	72,34%
12 de enero de 2025 al 28 de febrero de 2025	200,50	7 471 231,50	100,00%
Total	725,00	27 015 675,00	100,00%
suministro e instalación de platina de 200 mm · 200 mm · 12mm (und)			
12 de diciembre de 2024 al 11 de enero de 2025	90,00	7 488 270,00	65,22%
12 de enero de 2025 al 28 de febrero de 2025	48,00	3 993 744,00	100,00%
Total	138,00	11 482 014,00	100,00%
Suministro e instalación de pópora tres agujeros cónicos cuña de $\sigma = 1/2''$ (und)			
12 de diciembre de 2024 al 11 de enero de 2025	90,00	14 324 220,00	65,22%
12 de enero de 2025 al 28 de febrero de 2025	48,00	7 639 584,00	100,00%
Total	138,00	21 963 804,00	100,00%
Suministro e instalación de kit de cuñas de $\sigma = 1/2''$ para anclaje (und)			
12 de diciembre de 2024 al 11 de enero de 2025	90,00	8 750 160,00	65,22%
12 de enero de 2025 al 28 de febrero de 2025	48,00	4 666 752,00	100,00%
Total	138,00	13 416 912,00	100,00%
Subtotal		272 358 682,44	

Apéndice 15. Figura del Anclaje Activo en la Obra N.º 1; (a) de Manera Longitudinal; (b) Detalle Constructivo; (c) Inyección de Lechada

Los anclajes activos del proyecto tuvieron una longitud del bulbo de selle de 8,0 m y zona libre de 12,0 m; se compusieron de torones de $\text{Ø } 1/2''$ como se observa en la siguiente figura compuesta, donde se ilustran los elementos que conforman el sistema de anclaje, tales como la zapata y la lechada cementicia, para garantizar la estabilidad del talud.



(a)



(b)



(c)

Apéndice 16. Tabla de Actividades Técnicas – Obra N.º 1, Sección Quinta: Perforaciones**Horizontales**

Todas las cantidades asociadas a la sección tuvieron un aumento por la suscripción del Otrosí N.º 1, reflejando la ampliación del alcance de obra y el ajuste en las actividades técnicas necesarias para su correcta ejecución, como se presenta a continuación:

Sección Quinta: Perforaciones Horizontales		
Datos contractuales		
Contrato	Cantidad	Valor COP
Sistema de abatimiento-perforación horizontal para niveles freáticos para drenes de 0,0 m a 15 m (ml)		
Inicial	120,00	54 738 240,00
Otrosí N.º1	30,00	13 684 560,00
Total	150,00	68 422 800,00
Sistema de abatimiento-perforación horizontal para niveles freáticos para drenes mayores a 15 m (ml)		
Inicial	40,00	20 356 960,00
Otrosí N.º1	10,00	5 089 240,00
Totales	50,00	25 446 200,00
Ejecución de perforaciones horizontales para anclajes de 0,0 a 15 m (en material granular) (ml)		
Inicial	1 350,00	595 243 350,00
Otrosí N.º1	720,00	317 463 120,00
Totales	2 070,00	912 706 470,00
Ejecución de perforaciones horizontales para anclajes mayores a 15 m (en material granular) (ml)		
Inicial	450,00	210 720 600,00
Otrosí N.º1	240,00	112 384 320,00
Totales	690,00	323 104 920,00
Encamisado en perforaciones horizontales, anclajes y drenes (ml)		
Inicial	1 960	410 292 680,00
Otrosí N.º1	1 000	209 333 000,00
Totales	2 960	619 625 680,00
Subtotal		1 949 306 070,00

Apéndice 17. Tabla de Cumplimiento de Actividades Técnicas – Obra N.º 1, Sección Quinta:**Perforaciones Horizontales**

Las actividades técnicas contractuales de esta sección, tuvieron un % E. A de 100%, además, habían culminado en este porcentaje antes de suscribir el Otrosí N.º 1, se detalla el cumplimiento total de los trabajos programados en la etapa previa. Como se presenta a continuación:

Sección Quinta: Perforaciones Horizontales			
Cumplimiento			
Periodo de ejecución	C. E. P	Valor COP	% E. A
Sistema de abatimiento-perforación horizontal para niveles freáticos para drenes de 0,0 m a 15 m (ml)			
12 de octubre de 2024 al 11 de noviembre de 2024	120,00	54 738 240,00	100,00%
12 de diciembre de 2024 al 11 de enero de 2025	30,00	13 684 560,00	100,00%
Total	150,00	68 422 800,00	100,00%
Sistema de abatimiento-perforación horizontal para niveles freáticos para drenes mayores a 15 m (ml)			
12 de octubre de 2024 al 11 de noviembre de 2024	40,00	20 356 960,00	100,00%
12 de diciembre de 2024 al 11 de enero de 2025	10,00	5 089 240,00	100,00%
Total	50,00	25 446 200,00	100,00%
Ejecución de perforaciones horizontales para anclajes de 0,0 a 15 m (en material granular) (ml)			
12 de septiembre de 2024 al 11 de octubre de 2024	765,00	337 304 565,00	56,67%
12 de octubre de 2024 al 11 de noviembre de 2024	585,00	257 938 785,00	100,00%
12 de noviembre de 2024 al 11 de diciembre de 2024	255,00	112 434 855,00	77,54%
12 de diciembre de 2024 al 11 de enero de 2025	465,00	205 028 265,00	100,00%
Total	2 070,00	912 706 470,00	100,00%
Ejecución de perforaciones horizontales para anclajes mayores a 15 m (en material granular) (ml)			
12 de septiembre de 2024 al 11 de octubre de 2024	255,00	119 408 340,00	56,67%
12 de octubre de 2024 al 11 de noviembre de 2024	195,00	91 312 260,00	100,00%
12 de noviembre de 2024 al 11 de diciembre de 2024	85,00	39 802 780,00	77,54%
12 de diciembre de 2024 al 11 de enero de 2025	155,00	72 581 540,00	100,00%
Total	690,00	323 104 920,00	100,00%
Encamisado en perforaciones horizontales, anclajes y drenes (ml)			
12 de septiembre de 2024 al 11 de octubre de 2024	1 020,00	213 519 660,00	52,04%
12 de octubre de 2024 al 11 de noviembre de 2024	940,00	196 773 020,00	100,00%
12 de noviembre de 2024 al 11 de diciembre de 2024	340,00	71 173 220,00	77,70%
12 de diciembre de 2024 al 11 de enero de 2025	660,00	138 159 780,00	100,00%
Total	2 960,00	619 625 680,00	100,00%
Subtotal		1 949 306 070,00	

Apéndice 18. Tabla de Actividades Técnicas – Obra N.º 1, Sección Sexta: Varios

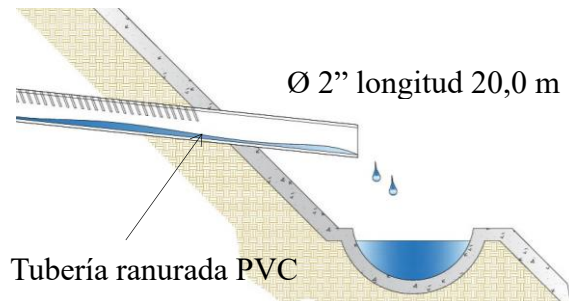
Enseguida se presentan las actividades que componen esta sección, además, incluyó la adición de ítems no previstos que fueron la estructura de disipación de energía y el suministro e instalación de la tubería PVC 8”.

Sección Sexta: Varios		
Datos contractuales		
Contrato	Cantidad	Valor COP
Caja de inspección en concreto de 3 000 psi de 0,40 m · 0,40 m · 0,40 m (und)		
Inicial	8,00	4 415 160,00
Otrosí N.º1	6,00	3 311 370,00
Total	2,00	1 103 790,00
Canaleta (ancho = 1 m, espesor= 10 cm) (ml)		
Inicial	66,00	8 947 488,00
Otrosí N.º1	15,00	2 033 520,00
Total	81,00	10 981 008,00
Cerramiento en malla eslabonada y poste de concreto a 2,0 m (ml)		
Inicial	60,00	15 806 700,00
Otrosí N.º1	10,00	2 634 450,00
Total	70,00	18 441 150,00
Sistema de abatimiento para líneas hidráulicas de infiltración interna y protección del trasdós de la estructura estabilizadora (ml)		
Inicial	165,00	12 491 490,00
Otrosí N.º1	22,56	1 707 927,36
Totales	187,56	14 199 417,36
Estructura de disipación de energía (ml)		
Otrosí N.º1	21,00	13 388 592,00
Total	21,00	13 388 592,00
Suministro e instalación de tubería PVC 8” (ml)		
Otrosí N.º1	36,00	3 025 656,00
Total	36,00	3 025 656,00
Subtotal		61 139 613,36

Apéndice 19. Detalles de las Estructuras hidráulicas de la Obra N.º 1; (a) Entrega de los Drenes Horizontales o de Penetración; (b) Instalación de Drenes; (c) Caja de Inspección; (d) Sección de la Canaleta

En la siguiente figura compuesta se detallan secciones transversales como el de la tubería ranurada para los drenes horizontales (a), igualmente, estos elementos, en su instalación tuvieron un encamisado para mejorar sus funciones de control de nivel freático (b).

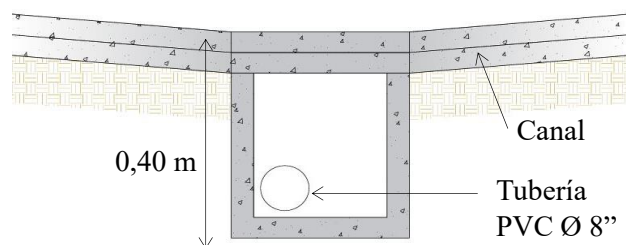
Por otra parte, las cajas de altura 40 cm (c), tuvieron una disminución en su cantidad (inicialmente eran seis, y con el Otrosí N.º 1 la cantidad resultante fueron dos). A la par, la canaleta (d) tuvo una modificación, ya que su diseño inicial era de sección transversal rectangular, de altura igual a 60 cm; no obstante, interventoría indicó que debido a las pendientes y porque se modificó la información del caudal de diseño, este elemento constructivo cambio en geometría y capacidad.



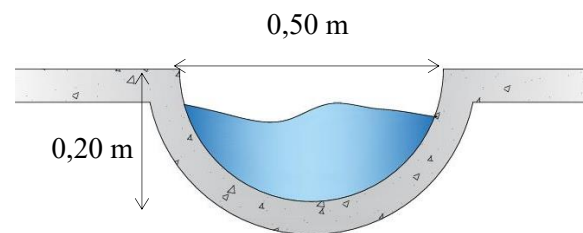
(a)



(b)



(c)



(d)

Apéndice 20. El Disipador de Energía de la Obra N.º 1; (a) Zona del Talud antes de Suscribir el Otrosí N.º1; (b) Disipadores Durante la Construcción; (c) Sección Transversal del Tipo 1 y Tipo 2

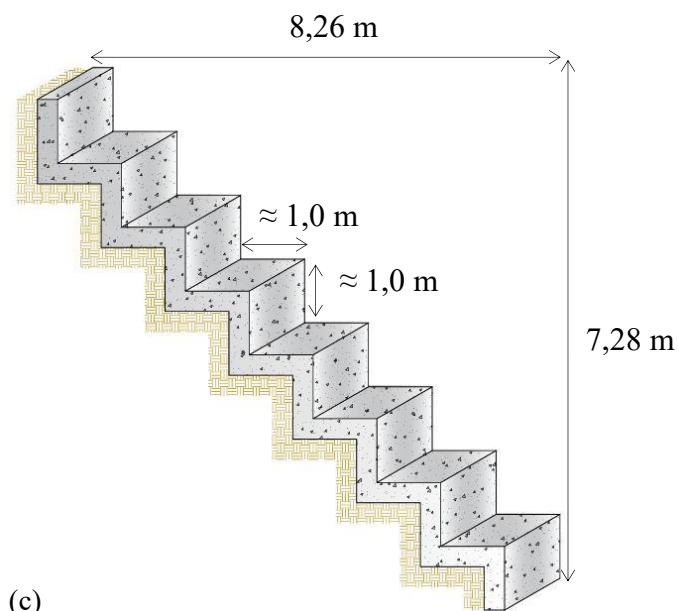
La necesidad de incluir los disipadores de energía se hizo oficial con la suscripción del Otrosí N.º1 (a), en este se especifica, además, que existen dos tipos, cuya diferencia radica en la longitud total de cada uno, siendo el tipo uno el de mayor dimensión. Ambas estructuras se relacionan con el sistema de alcantarillado de la obra. A continuación, la figura compuesta:



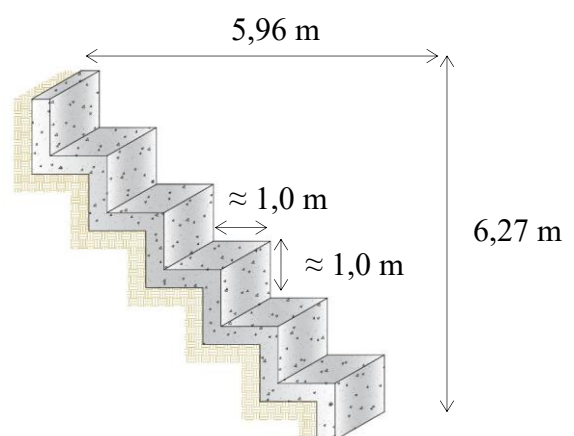
(a)



(b)



(c)



Apéndice 21. Tabla de Cumplimiento de Actividades Técnicas – Obra N.º 1, Sección Sexta:**Varios**

Todas las actividades tuvieron un % E. A de 100%, a excepción de la canaleta, que con el 91,36% fue suficiente para cumplir su función, como se detalla a continuación:




Sección Sexta: Varios			
Cumplimiento			
Periodo de ejecución	C. E. P	Valor COP	% E. A
Caja de inspección en concreto de 3 000 psi de 0,40 m · 0,40 m · 0,40 m (und)			
12 de diciembre de 2024 al 11 de enero de 2025	2,00	1 103 790,00	100,00%
Total	2,00	1 103 790,00	100,00%
Canaleta (ancho = 1 m, e = 10 cm) (ml)			
12 de diciembre de 2024 al 11 de enero de 2025	50,00	6 778 400,00	61,73%
12 de enero de 2025 al 28 de febrero de 2025	24,00	3 253 632,00	91,36%
Total	74,00	10 032 032,00	91,36%
Cerramiento en malla eslabonada y poste de concreto a 2,0 m (ml)			
12 de enero de 2025 al 28 de febrero de 2025	70,00	18 441 150,00	100,00%
Total	70,00	18 441 150,00	100,00%
Sistema de abatimiento para líneas hidráulicas de infiltración interna y protección del trasdós de la estructura estabilizadora (ml)			
2 de diciembre de 2024 al 11 de enero de 2025	133,00	10 068 898,00	70,91%
12 de enero de 2025 al 28 de febrero de 2025	54,56	4 130 519,36	100,00%
Total	187,56	14 199 417,36	100,00%
Estructura de disipación de energía (ml)			
12 de enero de 2025 al 28 de febrero de 2025	21,00	13 388 592,00	100,00%
Total	21,00	13 388 592,00	100,00%
Suministro e instalación de tubería PVC 8" (ml)			
12 de diciembre de 2024 al 11 de enero de 2025	36,00	3 025 656,00	100,00%
Total	36,00	3 025 656,00	100,00%
Subtotal		60 190 637,36	

Apéndice 22. Estado Avanzado de la Obra N.º 1

La siguiente imagen compuesta corresponde a una visita realizada el 12 de febrero de 2025; para entonces, el proyecto se encontraba en su etapa final, tanto en el costado derecho (a) como en el izquierdo (b).



Apéndice 23. Resistencia de Mortero de Cemento Hidráulico para la Obra N.º 1

		FORMATO DE GESTIÓN DE LABORATORIO INFORME DE ENSAYO DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DE MORTEROS DE CEMENTO HIDRÁULICO A LA COMPRESIÓN, USANDO CUBOS DE 50 MM O 2 PULGADAS DE LADO. NTC 220-2022										CÓDIGO	FT-GL-043			
												FECHA	23/04/2024			
												VERSION	3			
												Página 1				
LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETOS HIDROSUELOS DE COLOMBIA S.A.S CENTRO INDUSTRIAL Y LOGISTICO SAN JORGE KM 7 + 400 M ANILLO VIAL PALENQUE - FLORIDABLANCA N° 22-31. BODEGA 16 - PISO 1, GIRON, SANTANDER, COLOMBIA.																
FECHA DE INFORME	N° DE INFORME	FECHA DE INGRESO DE LA MUESTRA	N° DE ORDEN DE SERVICIO	FREENTE DE OBRA					INFORMACION DEL CUENTE							
16/12/2024	1	18/11/2024	195-24	LIMONCITO					CONSORCIO ESTABILIZACION LIMONCITO ceestabilizacionlimoncito@gmail.com							
N° ID DEL CUBO	FECHA DE TOMA	FECHA DE ENSAYO	EDAD	IDENTIFICACION DEL CUBO	LARGO	ANCHO	ÁREA	ALTURA	PESO	DENSIDAD	CARGA MÁXIMA	RESISTENCIA ESPECIFICADA	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN		% RESISTENCIA	
					(mm)	(mm)	(mm²)	(mm)	(g)	(g/mm³)	(N)	(Mpa)	(Psi)	(kg/cm²)	ESPECIFICADA	
1	12/11/2024	19/11/2024	7	LLENADO	52.9	52.1	2755	50.0	240.8	1,747	61650	20.7	22.4	3246	228.2	108%
1,1	12/11/2024	26/11/2024	14		52.1	52.1	2714	51.3	240.6	1,728	62080	20.7	22.9	3318	233.3	111%
1,2	12/11/2024	10/12/2024	28		52.5	52.1	2734	51.0	256.7	1,843	63340	20.7	23.2	3361	236.3	112%
2	13/11/2024	20/11/2024	7	LLENADO	52.1	49.2	2561	52.1	230.5	1,726	33110	20.7	12.9	1875	131.8	62%
2,1	13/11/2024	27/11/2024	14		50.7	50.4	2554	52.2	235.0	1,764	45220	20.7	17.7	2568	180.5	86%
2,2	13/11/2024	11/12/2024	28		52.6	49.6	2610	52.3	238.8	1,750	61680	20.7	23.6	3428	241.0	114%
3	14/11/2024	28/11/2024	14	INYECCIÓN	53.4	47.2	2520	52.1	239.2	1,823	59200	20.7	23.5	3413	239.9	114%
3,1	14/11/2024	12/12/2024	28		48.4	53.4	2586	52.2	247.8	1,835	73140	20.7	28.3	4101	288.4	137%
OBSERVACIONES																
- ESTE ENSAYO FUE REALIZADO EN LAS INTALACIONES DEL LABORATORIO.																
- LOS RESULTADOS DE ESTE INFORME CORRESPONDEN ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LAS MUESTRAS ENSAYADAS.																
LOS DATOS DE FECHA DE TOMA, INFORMACIÓN DEL CONCRETO, ELEMENTO Y RESISTENCIA ESPERADA CORRESPONDEN A INFORMACIÓN SUMINISTRADA POR EL CUENTE. CUALQUIER OTRO DATO SUMINISTRADO POR ESTE SE INCLUIRÁ Y SE IDENTIFICARÁ EN EL INFORME CON EL CARÁCTER (*). HIDROSUELOS DE COLOMBIA S.A.S. NO SE RESPONSABILIZA POR LA INFORMACIÓN SUMINISTRADA POR EL CUENTE INCLUIDA EN ESTE INFORME Y QUE PUEDA AFECTAR LA VALIDEZ DE LOS RESULTADOS.																
REVISÓ							APROBÓ									
																
NOMBRE			WILLIAM EDUARDO CORTES				NOMBRE:			MARTHA LILIANA BAYONA-GUTIÉRIZ						
CARGO			COORDINADOR DE LABORATORIO				CARGO:			GERENTE						
Queda totalmente prohibida la reproducción parcial de este informe sin la previa autorización de HIDROSUELOS DE COLOMBIA SAS. Este documento es válido cuando lleve la firma de quien lo revisó y lo aprobó.																
FIN DEL INFORME																

Nota. Proporcionado por interventoría.

Apéndice 24. Control de Calidad a las Mallas Electrosoldadas para la Obra N.º 1

	GESTIÓN INTEGRAL		CÓDIGO: GI-R-150	
	FORMATO		VERSIÓN: 05	
	DECLARACIÓN DE CONFORMIDAD DE PRODUCTO		FECHA: 2023-12-08	

RECEPCIÓN MUESTRA	FECHA ENSAYO	FECHA DE IMPRESIÓN	REFERENCIA DEL PRODUCTO	ÍTEM	No. ENSAYO
2024-01-22	2024-01-29	2024-01-29	MALLA ELECTRO XX-084 (4.0 x 4.0mm)15X15	254	MTF-0535

INFORMACIÓN GENERAL	
CLIENTE	GYJ FERRETERIAS S.A.
CIUDAD	Girón
No. FACTURA	85845
ORDEN DE PRODUCCIÓN	121401
COLADA	3086562 3086265
GRADO DE CALIDAD	5.50 1006
DIÁMETRO (mm)	4.00

Características de la malla (NTC 5806)	Min.	Máx.	Resultado	¿Cumple?
Dimensión longitudinal (m)	5,94	6,06	5,96	Cumple
Dimensión transversal (m)	2,33	2,37	2,33	Cumple
Separación longitudinal (cm)	14,4	15,6	15,0	Cumple
Separación transversal (cm)	14,4	15,6	15,0	Cumple
Pelos longitudinales (mm)	62,0	88,0	75,0	Cumple
Pelos transversales (mm)	37,0	63,0	50,0	Cumple
Cuántia principal (cm ² /ml)	0,84	No aplica	0,88	Cumple
Número de Varillas Longitudinales	16	17	16	Cumple
Número de Varillas Transversales	40	41	40	Cumple

Características del grafil (NTC 5806)	Min.	Máx.	Resultado	¿Cumple?
Masa unitaria (gr/m)	93,06	104,94	94,15	Cumple
Espaciamiento de resaltes (mm)	4,62	7,24	5,15	Cumple
Altura promedio resaltes (mm)	0,16	No aplica	0,22	Cumple
Ángulo del resalte (°)	45	70	50	Cumple

Propiedades Mecánicas de la Malla (NTC 5806)	Min.	Máx.	Resultado	¿Cumple?
Límite de fluencia (kgf/mm ²)	49,46	No aplica	60,04	Cumple
Resistencia a tracción (kgf/mm ²)	56,08	No aplica	61,72	Cumple
Esfuerzo cortante (N)	3.599	No aplica	58.212	Cumple

¡Importante! Certificamos que este material ha sido producido, inspeccionado y probado de acuerdo a la norma NTC 5806:2019 y con el reglamento técnico aplicable a alambre de acero liso, grafilado y mallas electrosoldadas resolución 0277 de Febrero de 2015. La información de las propiedades mecánicas y dimensionales contenida en el presente reporte son valores promedio obtenidos de una muestra del lote especificado en este documento, los muestreos son realizados de acuerdo a lo establecido en el plan de calidad interno de Alambres y Mallas S.A. - ALMASA, cumpliendo con la norma antes mencionada y siguiendo los lineamientos descritos en la NTC 3353:2006

Pedro de Jesús Rodríguez Chalarca Elaboró	Pablo Cesar Tibocha Murcia Aprobó						
Sector Parque Ind. Malambo SA. PIMSA Km 3							

Nota. Proporcionado por interventoría.

Apéndice 25. Control de Calidad de Resistencia a la Compresión de Cilindros de Concreto para Obra N.º 1

FORMATO DE GESTIÓN DE LABORATORIO															CÓDIGO								
INFORME DE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO															FF-GL-044								
LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETOS HIDROSUELOS DE COLOMBIA S.A.S															FECHA								
CENTRO INDUSTRIAL Y LOGÍSTICO SAN JORGE KM 7 + 400 M ANILLO VIAL PALENQUE, DIAGONAL FLORIDABLANCA N° 22-31, BODEGA 16 - PISO 1, GIRON, SANTANDER, COLOMBIA.															15/10/2024								
INFORMACIÓN DEL CLIENTE															VERSIÓN								
CONSORCIO ESTABILIZACIÓN LIMONCTO															5								
LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETOS HIDROSUELOS DE COLOMBIA S.A.S															Página 1								
FECHA DE INFORME		N° DE INFORME		FECHA DE INGRESO DE LA MUESTRA		N° DE ORDEN DE SERVICIO		FRENTE DE OBRA				INFORMACIÓN DEL CLIENTE											
17/01/2025		1		15/12/2024		151-24		LIMONCTO				CONSORCIO ESTABILIZACIÓN LIMONCTO info@estabilizacionlimoncto.com											
N° ID DEL CILINDRO	FECHA DE TOMA	FECHA DE ENSAYO	EDAD (DÍAS)	ELEMENTO	DIÁMETRO (mm)			LONGITUD (mm)				ÁREA (mm²)	RELACION LONGITUD/DIÁMETRO	FACTOR DE CORRECCIÓN	DEFECTOS EN EL ESPESIMEN	PESO (g)	DENSIDAD (kg/m³)	CARGA MÁXIMA (kN)	RESISTENCIA ESPERADA POR EL CLIENTE		RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN		PATRON DE FRACTURA
					Diámetro 1	Diámetro 2	Promedio	longitud 1	longitud 2	longitud 3	Promedio								f _{ck}	f _{td}	f _{cm}	f _{cm}	
1	16/12/2024	23/12/2024	7	LANZADO	153.82	151.04	152.43	301	302	301	301	18240	2.0	1.00	NO PRESENTA	12299	2240	499.84	27.5	27.3	278	3957	4
1.1	16/12/2024	23/12/2024	7		150.84	149.52	150.08	296	292	297	295	17690	2.0	1.00	NO PRESENTA	11810	2260	435.96	27.5	24.5	250	3560	3
1.2	16/12/2024	20/12/2024	14		152.14	150.58	151.36	300	295	294	296	17992	2.0	1.00	NO PRESENTA	11968	2240	511.73	27.5	26.3	289	4106	3
1.3	16/12/2024	20/12/2024	14		152.74	154.04	153.89	301	302	301	301	18680	2.0	1.00	NO PRESENTA	11824	2110	507.14	27.5	27.2	277	3930	4
1.4	16/12/2024	14/01/2025	28		152.89	151.96	152.33	298	295	297	296	18224	1.9	0.99	NO PRESENTA	12318	2280	588.73	27.5	32.0	327	4648	4
1.5	16/12/2024	14/01/2025	28	152.38	150.20	151.29	299	298	299	299	17977	2.0	1.00	NO PRESENTA	12037	2240	558.88	27.5	31.0	316	4491	4	
2	17/12/2024	24/12/2024	7	LANZADO	151.26	152.45	151.86	304	304	303	304	18112	2.0	1.00	NO PRESENTA	12330	2240	429.26	27.5	23.6	241	3424	4
2.1	17/12/2024	24/12/2024	7		154.06	154.60	154.36	305	305	305	305	18714	2.0	1.00	NO PRESENTA	12726	2230	426.36	27.5	22.7	231	3291	4
2.2	17/12/2024	31/12/2024	14		148.78	150.76	149.77	299	298	298	298	17611	2.0	1.00	NO PRESENTA	11877	2260	487.52	27.5	27.6	281	3996	4
2.3	17/12/2024	31/12/2024	14		151.04	156.64	155.34	298	297	298	296	18952	1.9	0.99	NO PRESENTA	11675	2100	481.69	27.5	24.2	246	3505	4
2.4	17/12/2024	15/01/2025	28		152.88	152.70	152.79	298	300	300	300	18335	2.0	1.00	NO PRESENTA	12426	2260	590.91	27.5	27.2	277	3947	4
2.5	17/12/2024	15/01/2025	28	151.66	150.08	150.87	299	300	300	300	17977	2.0	1.00	NO PRESENTA	12181	2270	457.16	27.5	25.5	260	3694	4	
<p>Tipo 1: Como razonablemente bien formadas en ambos extremos.</p> <p>Tipo 2: Como bien formadas en un extremo pero no en el otro. Grietas verticales que llegan a los extremos.</p> <p>Tipo 3: Agrietamiento vertical aluminar que alcanza ambos extremos. No hay conos bien formados.</p> <p>Tipo 4: Fractura diagonal de grietas a través de los extremos. Se debe golpear con martillo para distinguirlo del tipo 1.</p> <p>Tipo 5: Fracturas en los espesímetros en cilindros sin rebatir.</p> <p>Tipo 6: Similar al tipo 3, pero las grietas tienden a unirse en la superficie del cilindro.</p>																							
OBSERVACIONES																							
- ESTE ENSAYO FUE REALIZADO EN LAS INSTALACIONES DEL LABORATORIO.																							
- INFORMACIÓN DEL CONCRETO: EL CLIENTE NO SUMINISTRO ESTA INFORMACIÓN.																							
- LOS RESULTADOS DE ESTE INFORME CORRESPONDEN ÚNICAMENTE A LAS MUESTRAS ENSAYADAS.																							
- LOS DATOS DE FECHA DE TOMA, INFORMACIÓN DEL CONCRETO, ELEMENTO Y RESISTENCIA ESPERADA CORRESPONDEN A INFORMACIÓN SUMINISTRADA POR EL CLIENTE. CUALQUIER OTRO DATO SUMINISTRADO POR ESTE SE INCLUIRÁ Y SE IDENTIFICARÁ EN EL INFORME CON EL CARÁCTER (*). HIDROSUELOS DE COLOMBIA S.A.S. NO SE RESPONSABILIZA POR LA INFORMACIÓN SUMINISTRADA POR EL CLIENTE INCLUIDA EN ESTE INFORME Y QUE PUEDA AFECTAR LA VALIDEZ DE LOS RESULTADOS.																							
REVISÓ												APROBÓ											
 WILLIAM EDUARDO CORTES COORDINADOR DE LABORATORIO												 MARTHA LOHANA BRIZUELA ORTIZ GERENTE											
Cuando realmente prevalece la reproducción parcial de este informe en la propia autorización de HIDROSUELOS DE COLOMBIA S.A.S. Este documento es válido cuando lleva la firma de quien lo revisó y lo aprobó. FIN DEL INFORME																							

Nota. Proporcionado por interventoría.

Apéndice 26. Resumen de Pólizas y Gestión Contractual – Obra N.º 2

El proyecto comprendió pólizas de seguro por responsabilidad civil extracontractual derivada del cumplimiento, estabilidad y calidad de la obra, buen manejo y correcta inversión del anticipo, y cumplimiento ante entidad estatal.

Hasta el quinto periodo el contrato de obra N.º 210-15410-6 comprendió cuatro actas, la primera de inicio del contrato, seguida de la entrega de anticipo por 40 % valor del contrato (antes del Otrosí), y dos de recibo y pago parcial.

Se llevaron a cabo programas enfocados en complementar la calidad de la ejecución de las actividades técnicas y contractuales, como fueron: el Programa Socioambiental, el Programa de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) y el Programa de Manejo de Vegetación, la Flora y el Paisaje.

Apéndice 27. Tabla de Actividades Técnicas – Obra N.º 2, Sección Primera: Preliminares

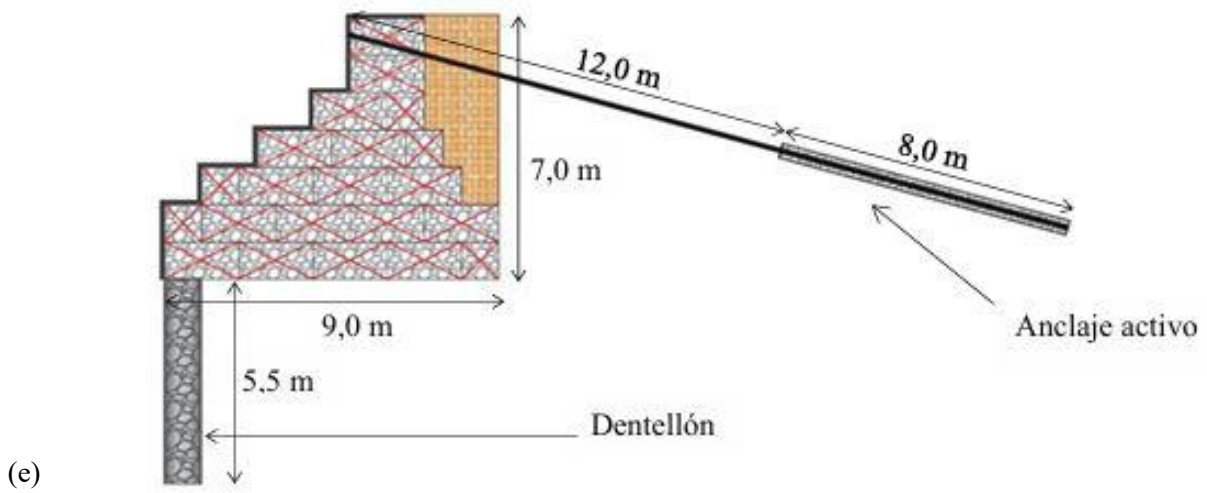
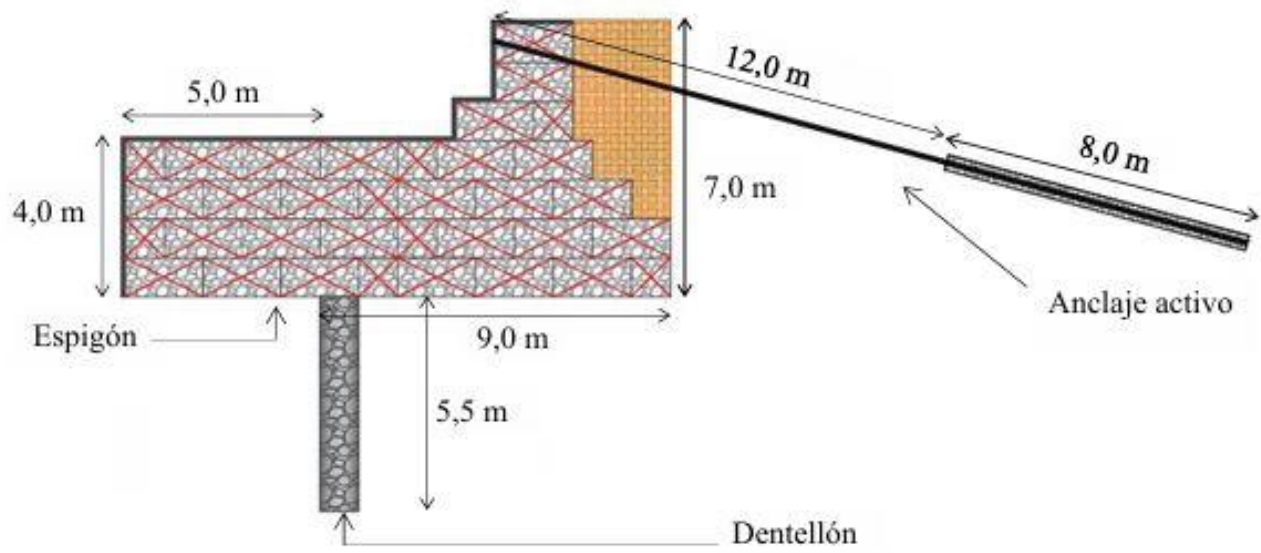
En la Sección Primera, todas las actividades tuvieron un incremento por la adición del Otrosí N.º 1, excepto la valla informativa, como se detalla en la siguiente tabla:

Sección Primera: Preliminares		
Datos contractuales		
Contrato	Cantidad	Valor COP
Replanteo, levantamientos, medición de obra (mes)		
Inicial	6,00	69 927 330,00
Otrosí N.º1	6,00	69 927 330,00
Total	12,00	139 854 660,00
Valla tipo 1a (5,0 m · 2,80 m)		
Inicial	1,00	2 680 582,00
Desmante y limpieza (m ²)		
Inicial	1 240,00	6 802 640,00
Otrosí N.º1	3 603,00	19 766 058,00
Total	4 843,00	26 568 698,00
Retiro de basuras y escombros (m ³)		
Inicial	930,00	81 034 620,00
Otrosí N.º1	1 610,50	140 329 307,00
Totales	2 540,50	221 363 927,00
Subtotal		390 467 867,00

Apéndice 28. Etapas Iniciales de la Obra N.º 2; (a) Sector a Intervenir; (b) Valla Informativa; (c) Replanteo; (d) Desmonte y Limpieza; (e) Secciones Transversales

El sector para intervenir en el proyecto presentaba densa presencia de especies vegetales, además había tramos en donde parecía que no se hubiera construido la primera obra, debido a la socavación producto de la dinámica del Río de Oro (a). Igualmente, antes de iniciar las actividades técnicas y obligaciones contractuales, fue necesario la instalación de la valla informativa (b) y posteriormente la identificación de las especies arbóreas a intervenir (13 en total) por parte de un ingeniero forestal, que serán compensadas en relación 1:3, en el mismo sector Centroabastos. Consecutivamente comenzó la ejecución de las actividades como el replanteo (c) y desmonte y limpieza (d). La obra se compone principalmente por gaviones con malla galvanizada, el dentellón, anclajes activos y tramos con espigón (e) como se refleja en la siguiente figura compuesta:





Apéndice 29. Tabla de Cumplimiento de Actividades Técnicas – Obra N.º 2, Sección Primera:**Preliminares**

En esta sección se presenta la actividad que estuvo en constante ejecución durante la obra, que fue el replanteo, levantamientos, medición de obra; con desarrollo desde el primero al quinto periodo, como se presenta a continuación:

Sección Primera: Preliminares			
Cumplimiento			
Periodo de ejecución	C. E. P	Valor ejecutado	% E. A
Replanteo, levantamientos, medición de obra (mes)			
6 de septiembre de 2024 al 5 de octubre de 2024	1,00	11 654 555,00	16,67%
6 de octubre de 2024 al 05 de noviembre de 2024	1,00	11 654 555,00	33,33%
6 de noviembre de 2024 al 05 de diciembre de 2024	1,00	11 654 555,00	25,00%
6 de diciembre de 2024 al 31 de diciembre de 2024	1,00	11 654 555,00	33,33%
1 de enero de 2025 al 31 de enero de 2025	1,00	11 654 555,00	41,67%
Total	5,00	58 272 775,00	41,67%
Valla tipo 1a (5,0 m · 2,80 m)			
6 de septiembre de 2024 al 5 de octubre de 2024	1,00	2 680 582,00	100,00%
Total	1,00	2 680 582,00	100,00%
Desmante y limpieza (m²)			
6 de septiembre de 2024 al 5 de octubre de 2024	962,00	5 277 532,00	77,58%
6 de octubre de 2024 al 05 de noviembre de 2024	278,00	1 525 108,00	100,00%
6 de noviembre de 2024 al 05 de diciembre de 2024	1 743,00	9 562 098,00	61,59%
Total	2 983,00	16 364 738,00	61,59%
Retiro de basuras y escombros (m³)			
6 de septiembre de 2024 al 5 de octubre de 2024	388,00	33 807 992,00	41,72%
6 de octubre de 2024 al 05 de noviembre de 2024	512,00	44 612 608,00	96,77%
6 de noviembre de 2024 al 05 de diciembre de 2024	591,50	51 539 761,00	58,71%
Total	1 491,50	129 960 361,00	58,71%
Subtotal		207 278 456,00	

Apéndice 30. Tabla de Actividades Técnicas – Obra N.º 2, Sección Segunda: Excavación

Debido a la suscripción del Otrosí N.º1, todas las actividades de la sección presentaron un incremento ya que el área del proyecto fue ampliada. Asimismo, entre los dos tipos de excavación, el que registró mayor aumento fue la excavación en roca bajo agua, por ser proyectada con mayor ejecución según las condiciones de la zona, como se detalla en la siguiente tabla:

Sección Segunda: Excavación		
Datos contractuales		
Contrato	Cantidad	Valor COP
Excavación mecánica bajo agua (m ³)		
Inicial	5 115,00	360 755 835,00
Otrosí N.º1	2 657,35	187 420 238,20
Total	7 772,35	548 176 073,15
Excavación en roca bajo agua (m ³)		
Inicial	3 100,00	365 815 500,00
Otrosí N.º1	8 558,53	1 009 949 333,00
Total	11 658,53	1 375 764 832,65
Sobrecarros para acarros totales mayores de 1 000 m (m ³ – km)		
Inicial	67 797,00	272 001 564,00
Otrosí N.º1	97 754,10	392 189 449,20
Total	165 551,10	664,191,013.20
Conformación del jarillón provisional con material del río (m ³)		
Inicial	12 400,00	870 269 200,00
Otrosí N.º1	2 440,00	171 246 520,00
Totales	14 840,00	1 041 515 720,00
Subtotal		3 629 647 639,00

Apéndice 31. Tabla de Cumplimiento de Actividades Técnicas – Obra N.º 2, Sección Segunda:**Excavación**

Las actividades de la sección tuvieron un desempeño inferior al programado. En consecuencia, se presentaron dificultades en el avance contractual debido a la conformación del jarillón provisional y al hallazgo del dentellón de la antigua estructura, así como a su correspondiente demolición. Cabe señalar que, aunque en el presupuesto asociado con esta actividad figuraba un martillo demoledor, durante los primeros cinco periodos dicha maquinaria no fue solicitada. Según el residente de interventoría, su uso se programaría para periodos posteriores. A continuación, se presenta el % E. A de las actividades técnicas.

Sección Segunda: Excavación			
Cumplimiento			
Periodo de ejecución	C. E. P	Valor ejecutado	% E. A
Excavación mecánica bajo agua (m³)			
6 de noviembre de 2024 al 5 de diciembre de 2024	2 541,78	179 269 201,62	32,70%
6 de diciembre de 2024 al 31 de diciembre de 2024	170,98	12 059 048,42	34,90%
1 de enero de 2025 al 31 de enero de 2025	376,27	26 537 946,83	39,74%
Total	3 089,03	217 866 196,87	39,74%
Excavación en roca bajo agua (m³)			
6 de noviembre de 2024 al 5 de diciembre de 2024	3 812,67	449 914 123,35	32,70%
6 de diciembre de 2024 al 31 de diciembre de 2024	345,98	40 827 369,90	35,67%
1 de enero de 2025 al 31 de enero de 2025	474,50	56 040 574,5	39,74%
Total	4 633,15	546 782 067,75	39,74%
Sobrecarros para acarros totales mayores de 1 000 m (m³ – km)			
6 de noviembre de 2024 al 5 de diciembre de 2024	49 564,71	198 853 616,52	29,94%
6 de diciembre de 2024 al 31 de diciembre de 2024	4 447,48	17 843 289,76	32,63%
1 de enero de 2025 al 31 de enero de 2025	7 208,99	28 922 467,88	36,98%
Total	61221.18	245 619 374,16	36,98%
Conformación del jarillón provisional con material del río (m³)			
6 de octubre de 2024 al 5 de noviembre de 2024	1 260,00	88 430 580,00	10,16%
6 de noviembre de 2024 al 5 de diciembre de 2024	1 680,00	117 907 440,00	19,81%
Total	2 940,00	206 338 020,00	19,81%
Subtotal		1 216 605 658,78	

Apéndice 32. Tabla de Actividades Técnicas – Obra N.º 2, Sección Tercera: Concreto

Los tres tipos de concreto se presentan asociados en las actividades técnicas comprendidas en la Sección Tercera, estas tuvieron un incremento por la suscripción del Otrosí N.º 1, excepto el llenado de inyección con lechada cementicia para anclajes, como se refleja enseguida:

Sección Tercera: Concretos		
Datos contractuales		
Contrato	Cantidad	Valor COP
Suministro y colocación de concreto ciclópeo 40% rajón de piedra y 60% concreto de 3 000 psi con emplazamiento mayor a 5 m y niveles freáticos altos (m ³)		
Inicial	3 410,00	2 755 818 780,00
Otrosí N.º1	1 353,00	1 093 437 774,00
Total	4 763,00	3 849 256 554,00
Suministro y colocación de concreto de 3 000 psi (m ³)		
Inicial	568,00	731 992 960,00
Otrosí N.º1	357,10	460 201 912,00
Total	925 10	1 192 194 872,00
Llenado de inyección con lechada cementicia para anclajes (m ³)		
Inicial	100,00	116 399 600,00
Otrosí N.º1	52,50	61 109 790,00
Total	47,50	55 289 810,00
Suministro y colocación de concreto de 2 000 psi para solado e = 10 cm (m ²)		
Inicial	308,00	29 762 040,00
Otrosí N.º1	3 933,00	380 045 790,00
Total	4 241,00	409 807 830,00
Subtotal		5 506 549 066,00

Apéndice 33. Figura Alusiva a los Tres Tipos de Concreto Utilizados en la Obra N.º 2; (a) Ciclópeo de 3 000 psi; (b) de 3 000 psi; (c) de 2 000 psi

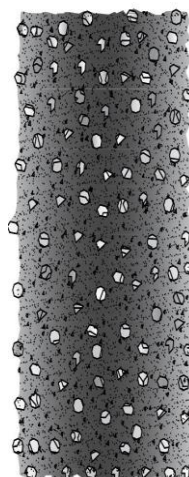
El concreto ciclópeo empleado para la construcción del dentellón, se compone de 40% rajón de piedra y 60% concreto de 3 000 psi. Por otra parte, el concreto de 3 000 psi se utiliza para actividades como el revestimiento de los muros gaviones, y el de 2 000 psi para el solado.

La principal diferencia entre el concreto de 2 000 psi y el de 3 000 psi es la siguiente: el primero presenta una resistencia menor a la compresión en comparación, por lo que se utiliza principalmente en elementos no estructurales como andenes, pisos o rellenos. En cambio, el segundo, al tener una mayor proporción de cemento y menor relación agua-cemento, ofrece mayor capacidad portante y durabilidad, siendo adecuado para elementos estructurales. En la siguiente figura compuesta se representan los tipos de concreto utilizados en el proyecto:



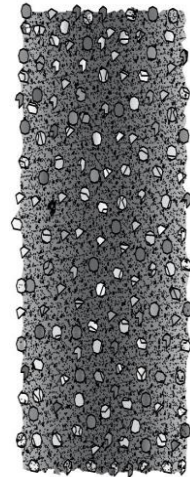
1. 40 % rajón.
2. Cemento hidráulico: 350 kg.
3. Arena: 700 kg.
4. Grava: 1 050 kg.
5. Agua: 175 L.

(a)



1. Cemento hidráulico: 350 kg.
2. Arena: 700 kg.
3. Grava: 1 050 kg.
4. Agua: 175 L.

(b)



1. Cemento hidráulico: 250 kg.
2. Arena: 750 kg.
3. Grava: 1 100 kg.
4. Agua: 200 L.

(c)

Apéndice 34. Tabla de Cumplimiento de Actividades Técnicas – Obra N.º 2, Sección Tercera:**Concreto**

La ejecución de las actividades técnicas de esta sección está condicionada por el cumplimiento de la Sección Segunda: Excavación, por lo tanto, el % E. A representa un contraste con el programado para el quinto periodo, como se presenta enseguida:

Sección Tercera: Concreto			
Cumplimiento			
Periodo de ejecución	C. E. P	Valor ejecutado	% E. A
Suministro y colocación de concreto ciclópeo 40% rajón de piedra y 60% concreto de 3 000 psi con emplazamiento mayor a 5 m y niveles freáticos altos (m ³)			
6 de noviembre de 2024 al 5 de diciembre de 2024	165,00	133 346 070,00	3,46%
6 de diciembre de 2024 al 31 de diciembre de 2024	165,00	133 346 070,00	6,93%
1 de enero de 2025 al 31 de enero de 2025	275,00	222 243 450,00	12,70%
Total	605,00	488 935 590,00	12,70%
Suministro y colocación de concreto de 3 000 psi (m ³)			
1 de enero de 2025 al 31 de enero de 2025	42,00	54 126 240,00	4,54%
Total	42,00	54 126 240,00	4,54%
Suministro y colocación de concreto de 2 000 psi para solado e = 10 cm (m ²)			
6 de diciembre de 2024 al 31 de diciembre de 2024	367,88	35 548 244,40	8,67%
1 de enero de 2025 al 31 de enero de 2025	732,12	70 744 755,60	25,94%
Total	1 100	106 293 000,00	25,94%
Subtotal		649 354 830,00	

Apéndice 35. Tabla de Actividades Técnicas – Obra N.º 2, Sección Cuarta: Aceros

Todas las actividades técnicas de esta sección disminuyeron como se especificó en la suscripción del Otrosí N.º 1, debido a que inicialmente se había proyectado una mayor franja de anclajes, no obstante, de acuerdo con interventoría, fue necesario ajustar las cantidades.

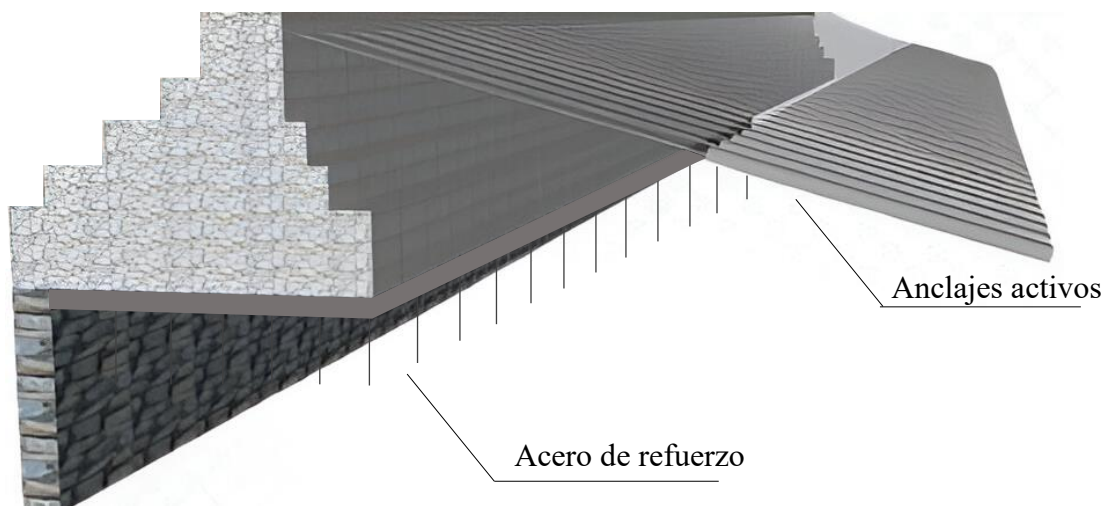
Sin embargo, la actividad del suministro y colocación del acero de refuerzo, aumentó, debido a que el área se incrementó y se utiliza entre el solado y el suelo. A continuación, se presenta en detalle el registro:

Sección Cuarta: Aceros		
Datos contractuales		
Contrato	Cantidad	Valor COP
Suministro y colocación acero de refuerzo fy 4 200 kg/cm ² (kg)		
Inicial	4 812,00	58 571 664,00
Otrosí N.º1	1 899,50	23 120 714,00
Total	6 711,50	81 692 378,00
Suministro e instalación de 3 cables Ø = 1/2" de L = 20m (und)		
Inicial	200,00	177 693 200,00
Otrosí N.º1	105,00	93 288 930,00
Total	95,00	84 404 270,00
Tensionamiento de anclajes (und)		
Inicial	200,00	11 517 600,00
Otrosí N.º1	105,00	6 046 740,00
Total	95,00	5 470 860,00
Suministro e instalación de platina de 200 mm · 200 mm · 12 mm con tres agujeros (und)		
Inicial	200,00	16 623 800,00
Otrosí N.º1	105,00	8 727 495,00
Total	95,00	7 896 305,00
Suministro e instalación de pópora de 3 agujeros cónicos para cuña de Ø = 1/2" (und)		
Inicial	200,00	31 799 600,00
Otrosí N.º1	105,00	16 694 790,00
Total	95,00	15 104 810,00
Suministro e instalación de kit de cuñas de Ø = 1/2" para anclaje (und)		
Inicial	200,00	19 425 200,00
Otrosí N.º1	105,00	10 198 230,00
Total	95,00	9 226 970,00
Subtotal		203 795 593,00

Apéndice 36. Figura en 3D desde la Vista Posterior de la Obra N.º 2

En esta figura se aprecia la composición de los gaviones conformados por cajas de $1\text{ m} \times 1\text{ m}$, así como los anclajes activos con su respectiva longitud del bulbo de selle, ubicados en la franja superior, y el acero de refuerzo en la base de los muros.

Se observa, además, el espacio posterior destinado al relleno estructural, el cual estará en contacto con un geotextil que actúa como elemento de separación. La vista tridimensional permite identificar la disposición de los elementos de refuerzo y el anclaje del sistema, así como la integración entre los componentes estructurales y el material de contención.



Apéndice 37. Tabla de Cumplimiento de Actividades Técnicas – Obra N.º 2, Sección Cuarta:**Aceros**

Hasta el quinto periodo, la única actividad con cumplimiento fue el suministro y la colocación del acero de refuerzo. Según la programación, su finalización está prevista para finales de julio de 2025; no obstante, presenta un atraso debido al rezago de la Sección Segunda. A continuación, se presenta en detalle el porcentaje ejecutado acumulado de la actividad.

Sección Cuarta: Aceros			
Cumplimiento			
Periodo de ejecución	C. E. P	Valor ejecutado	% E. A
Suministro y colocación acero de refuerzo fy 4 200 kg/cm ² (kg)			
6 de diciembre de 2024 al 31 de diciembre de 2024	232,50	2 829 990,00	3,46%
1 de enero de 2025 al 31 de enero de 2025	620,00	7 546 640,00	12,70%
Total	852,50	10 376 630,00	12,70%
Subtotal		10 376 630,00	

Apéndice 38. Tabla de Actividades Técnicas – Obra N.º 2, Sección Quinta: Perforaciones**Horizontales**

Las actividades asociadas presentaron un ajuste en las cantidades de obra; de hecho, se evidenció una disminución de estas conforme a lo establecido en el Otrosí N.º1. Su ejecución se encuentra programada para el inicio del tercer trimestre de 2025. Enseguida el registro de los datos contractuales:

Sección Quinta: Perforaciones Horizontales		
Datos contractuales		
Contrato	Cantidad	Valor COP
Ejecución perforación horizontal en taludes con pendientes mayores a 1:1 con equipo de perforación descolgado para anclajes de 0,00 m a 15,00 m		
Inicial	3 000,00	1 321 437 000,00
Otrosí N.º1	1 575,00	693 754 425,00
Total	1 425,00	627 682 575,00
Ejecución de perforaciones horizontales en taludes con pendientes mayores a 1:1 con equipo de perforación descolgado para anclajes mayores a 15,00 m		
Inicial	1 000,00	467 798 000,00
Otrosí N.º1	525,00	245 593 950,00
Total	475,00	222 204 050,00
Jacket de respaldo para revestimiento de perforación horizontal en anclajes y drenes de penetración		
Inicial	4 000,00	836 492 000,00
Otrosí N.º1	2 100,00	439 158 300,00
Total	1 900,00	397 333 700,00
Subtotal		1 247 220 325,00

Apéndice 39. Tabla de Actividades Técnicas – Obra N.º 2, Sección Sexta: Varios

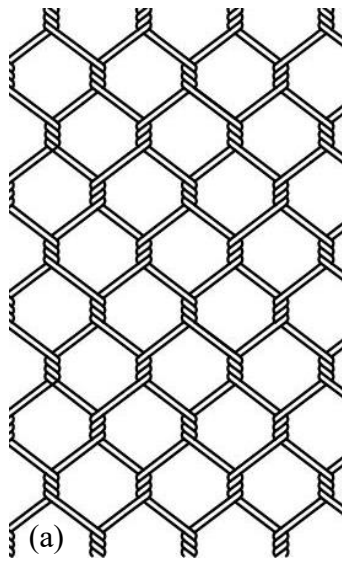
En la siguiente tabla se evidencia que, de acuerdo con el Otrosí N.º1, algunas actividades presentaron incremento en sus cantidades, como la estructura de disipación de energía; otras, en cambio, disminuyeron, como la demolición mecánica de concreto, y se incorporaron nuevas actividades, entre ellas el geotextil no tejido y el relleno estructural.

Sección Sexta: Varios		
Datos contractuales		
Contrato	Cantidad	Valor COP
Estructura de disipación de energía (m)		
Inicial	20,00	12,774,260,00
Otrosí N.º1	200,00	127 742 600,00
Total	220,00	140 516 860,00
Gaviones con malla electrosoldada, de cuerpo 2,0 m · 1,0 m · 1,0 m (m ³)		
Inicial	8 960	3 578 382 080,00
Otrosí N.º1	7 963	3 180 207 199,00
Total	16 923	6 758 589 279,00
Estructura estabilizante en muro flexible en gaviones con anclaje activo y recubrimiento en concreto reforzado (e = 10 cm) de sección 2 m · 1 m · 1 m. incluye zapata de concreto reforzado del anclaje. (no incluye perforación, ni anclaje) (und)		
Inicial	200,00	324 183 600,00
Otrosí N.º1	105,00	170 196 390,00
Total	95,00	153 987 210,00
Demolición mecánica de concreto hasta e = 10 cm. No incluye cargue ni retiro (m ²)		
Inicial	3 100,00	94 305 100,00
Otrosí N.º1	1 910,00	58 104 110,00
Total	1 190,00	36 200 990,00
Suministro e instalación de tubería sanitaria de 2" - pasamuros (ml)		
Inicial	248,00	3 625 264,00
Otrosí N.º1	98,40	1 438 411,20
Total	346,40	5 063 675,20
Geotextil tipo nt-2 500 no tejido o similar (m ²)		
Otrosí N.º1	2 462,00	51 702 000,00
Total	2 462,00	51 702 000,00
Relleno estructural (m ³)		
Otrosí N.º1	3 835,50	429 576 245,35
Total	3 835,50	429 576 245,35
Demolición Mecánica de estructura existente, incluye disposición (m ³)		
Otrosí N.º1	2 646,00	414 363 600,00
Total	2 646,00	414 363 600,00
Subtotal		7 989 999 860,00

Apéndice 40. Figura de Ejecución de Actividades Técnicas de la Sección Sexta – Obra N.º 2

Ciertas actividades de la Sección Sexta presentaron avance hasta el quinto periodo, entre ellas la conformación de gaviones y la instalación del geotextil no tejido.

En la figura compuesta se observa en (a) el detalle de la malla galvanizada que conforma las celdas de los gaviones, empleada para garantizar la estabilidad y confinamiento del material; en (b) el proceso de armado y llenado de las cajas con piedra bolo seleccionada, verificando su adecuada compactación y alineación; y en (c) la disposición del geotextil no tejido en el paramento posterior del muro, el cual actúa como elemento de separación entre el relleno estructural y los gaviones, contribuyendo al drenaje y al control de la erosión.



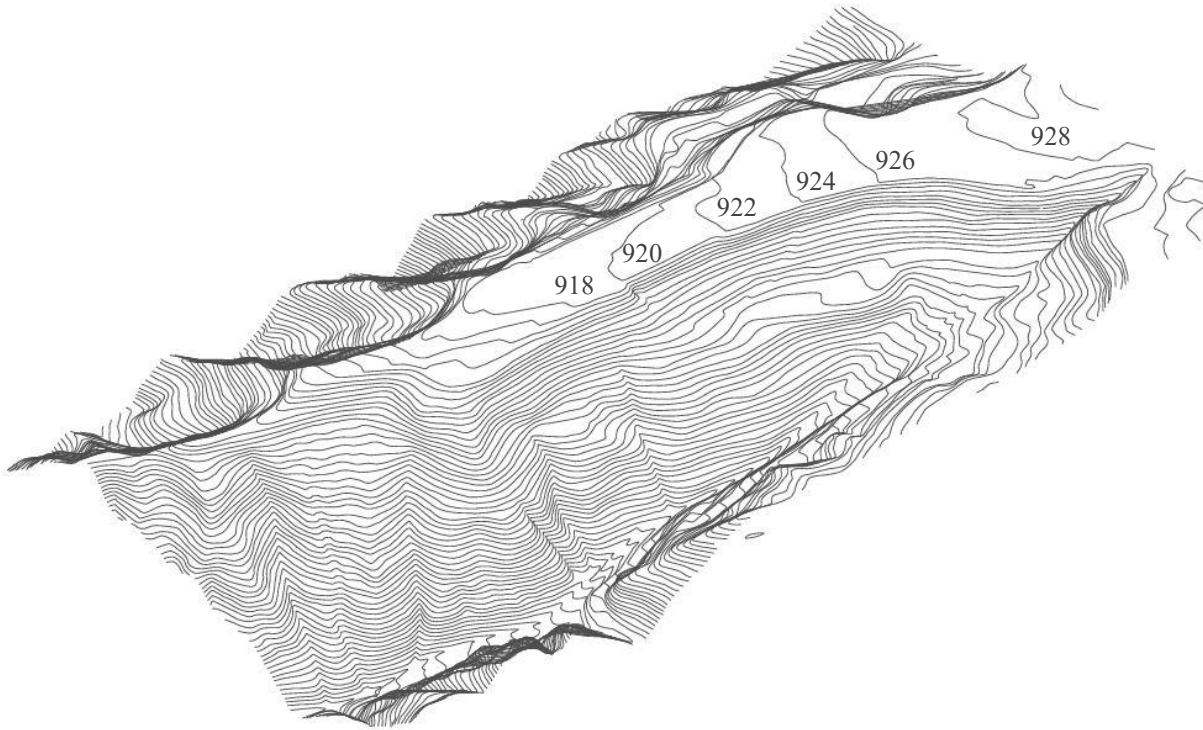
Apéndice 41. Tabla de Cumplimiento de Actividades Técnicas – Obra N.º 2, Sección Sexta:**Varios**

El cumplimiento de las actividades técnicas de la Sección Sexta refleja avances parciales en la ejecución. Los gaviones con malla electrosoldada alcanzaron un 27,95 % E. A, evidenciando un progreso gradual conforme al cronograma. El suministro e instalación de tubería sanitaria (“lloraderos”) presentó un 3,46 % E. A, correspondiente a la fase inicial de los pasamuros.

En cuanto al geotextil tipo NT-2 no tejido, registró un 26,81 % E. A, representando un avance significativo en la protección posterior del muro. Finalmente, la demolición mecánica de la estructura existente se completó en su totalidad, con un 100 % E. A, permitiendo continuar con las obras de conformación de los nuevos elementos estructurales.

Sección Sexta: Varios			
Cumplimiento			
Periodo de ejecución	C. E. P	Valor ejecutado	% E. A
Gaviones con malla electrosoldada, de cuerpo 2,0 m · 1,0 m · 1,0 m (m ³)			
6 de diciembre de 2024 al 31 de diciembre de 2024	1 495,09	597 098 578,57	8,83%
1 de enero de 2025 al 31 de enero de 2025	3 234,91	1 291 935 711,43	27,95%
Total	4 730,00	1 889 034 290,00	27,95%
Suministro e instalación de tubería sanitaria de 2" - pasamuros (ml)			
1 de enero de 2025 al 31 de enero de 2025	12,00	175 416,00	3,46%
Total	12,00	175 416,00	3,46%
Geotextil tipo nt-2 500 no tejido o similar (m ²)			
6 de diciembre de 2024 al 31 de diciembre de 2024	440,00	9 240 000,00	17,87%
1 de enero de 2025 al 31 de enero de 2025	220,00	4 620 000,00	26,81%
Total	660,00	13 860 000,00	26,81%
Demolición mecánica de estructura existente, incluye disposición (m ³)			
6 de noviembre de 2024 al 5 de diciembre de 2024	2 646,00	414 363 600,00	100,00%
Total	2 646,00	414 363 600,00	100,00%
Subtotal		2 317 433 306,00	

Apéndice 42. Modelo en 3D del Barrio Antonio Nariño



Apéndice 43. Información de la Zonificación de la Amenaza por Remoción en Masa para el Barrio Antonio Nariño

Amenaza Media. Incluye zonas constituidas por secuencias de rocas sedimentarias de edades del jurásico al cretácico, rocas ígneas y metamórficas como el Neis de Bucaramanga, Ortoneis y el Granito de Pescadero. Procesos morfodinámicos incluyen movimientos en masa de tipo deslizamientos traslacionales, rotacionales, flujos de detritos, caída de rocas, reptación, y erosión en forma de surcos y cárcavas.

Amenaza Alta. Comprende zonas altamente afectadas por procesos morfodinámicos, donde las condiciones geológicas (areniscas, conglomerados, shales, lodolitas, granitos, neis y esquistos), geomorfológicas (geformas de ambientes estructural, denudacional y glacial), suelos y coberturas, favorecen la inestabilidad de las áreas de taludes y laderas.

Apéndice 44. Topografía y Clasificación de la Cobertura Vegetal para el Barrio Antonio Nariño

Topografía: el barrio Antonio Nariño presenta una pendiente media de entre 10% y 15% en dirección occidente hasta llegar al cambio fuerte donde inicia el escarpe con pendientes iguales o superiores al 30%, aproximadamente sobre la Carrera 7 donde se evidencian más procesos erosivos.

La temperatura media es de 24,3° en la parte sur más cerca de Girón. La vegetación comprende especies arbustivas de poca altura y arbóreas silvestres. La clasificación de la cobertura vegetal es la siguiente:

Tejido Urbano Continuo. Áreas con densidad de construcciones e infraestructura, edificios, calles y espacios pavimentados predominan con bajo porcentaje de zonas verdes.

Arbustal Abierto. Áreas donde el suelo está parcialmente expuesto y con erosión, con presencia de herbáceas o pastos entre los arbustos dispersos, con cobertura entre 10% y 40%.

Apéndice 45. Información Geológica para el Barrio Antonio Nariño

De acuerdo con la Zonificación Sismogeotécnica indicativa del Área Metropolitana de la ciudad de Bucaramanga, el barrio Antonio Nariño se localiza sobre depósitos pertenecientes a la Formación Bucaramanga que conforma el llamado Abanico de Bucaramanga. En sentido superior a inferior son los siguientes:

Miembro Gravoso (Sft2). Espesor de 8 a 30 m, corresponde a depósitos con grado de meteorización medio a alto, conformado por niveles gravosos, gravo-arenosos y gravo-lodosos, de color pardo rojizo y ocre, comúnmente matriz-soportado y localmente clasto-soportado. Presenta cantos de tamaño guijarro y bloque, subangulares a subredondeados, compuestos por fragmentos de rocas ígneas y metamórficas del Macizo de Santander, así como areniscas cuarzosas, areniscas limosas y limolitas derivadas de las formaciones Jordán y Girón. Matriz compuesta por arena de grano medio, arcillosa y limosa de color rojo y amarillo, de composición cuarzo-feldespática micácea, de consistencia media y baja cohesión. Ambiente de sedimentación aluvial dominado por flujos de escombros. Esta unidad se expresa morfológicamente como escarpes y colinas suaves con drenaje dendrítico. La parte superior del depósito se caracteriza por su escasa compactación y buena permeabilidad.

Miembro Finos (Sf1). Espesor promedio 15 m, capa lenticular horizontal extensa, relativamente continua, conformada por alternancia de capas de arcilla limosa de color gris y verde, arena limosa y limo arenoso de color pardo amarillento. Niveles de geometría tabular a lenticular, con estratificación: plano paralela, inclinada u ondulosa. La unidad se subdivide en dos conjuntos:

Conjunto Arcilloso (Base). Deposito arcillo-limoso masivo, de colores grises a verdes, con estratificación plano-paralela y espesor variable.

Conjunto Arenoso (Tope). Alternancia de niveles areno-limosos con capas limo-arenosas arcósicas, de colores amarillento a pardo amarillento y gris verdoso. Ambiente sedimentario aluvial en área intercanal de baja energía. Es una unidad de baja permeabilidad, expresado topográficamente como escarpes de erosión.

Miembro Órganos (Sft3). Espesor máximo 180 m, secuencia monótona de gravas de guijarros y bloques polimícticos, y arenas conglomeráticas, clasto-soportadas y matriz-soportadas, con matriz arcillosa de color pardo amarillento, con alternancia de capas y lentes de limos arenosos, con variaciones laterales y verticales en composición y textura. Los cantos redondeados a subredondeados, están constituidos principalmente por fragmentos de areniscas silíceas de grano medio, y, en menor proporción, rocas ígneas plutónicas félsicas, neis micáceo, arenisca lodosa de grano fino rojizas, micas, cuarzo lechoso, liditas y chert. El ambiente sedimentario corresponde a la parte proximal y media del Abanico de Bucaramanga, con alternancia de depósitos de flujos de escombros, flujos torrenciales y de canal. El depósito se caracteriza por ser fácilmente erodable.

Suelos Coluviales Recientes (Sco1). Asociados a depósitos de ladera o a movimientos en masa que presentan actividad o han mostrado desplazamiento en épocas recientes. Son inconsolidados, permeables, con fragmentos poco alterados, susceptibles a la erosión.

Apéndice 46. Información Geomorfológica para el Barrio Antonio Nariño

Escarpe de Erosión Menor (Deeme). Ladera abrupta o a desplome de longitud corta a larga, de forma cóncavo convexa y eventualmente recta, con pendiente escarpada a muy escarpada, originado por socavación fluvial lateral o por procesos de erosión y movimientos en masa remontantes a lo largo de un drenaje. Se puede observar en franjas alargadas asociadas a los cauces de quebradas de poca longitud que están disectando las rocas.

Mesa de Abanico (Dmab). Superficie aterrazada, plana o suavemente inclinada, limitada por laderas irregulares con pendientes altas. Su génesis es relacionada con el modelado producto de la acción de procesos de tipo denudativo y erosivo que actúan en los abanicos.

Ladera Erosiva (Dle). Superficies de pendientes muy inclinadas a escarpadas, de longitudes moderadas a extremadamente largas, de formas planas, cóncavas y convexas, patrón de drenaje dendrítico a subparalelo. Presenta erosión como cárcavas y tiene amplia distribución en la zona de estudio donde forma franjas alargadas que generalmente limitan con laderas y taludes de contrapendiente donde los procesos erosivos han dado origen a patrones de drenaje subparalelo de corta longitud.

Apéndice 47. Geología Estructural

El departamento de Santander se caracteriza por presentar tres estilos estructurales: uno de fallamiento en bloques en la región oriental, otro de fallamiento inverso y plegamiento en la región central, y un tercero representado por el Graben del Magdalena en la región occidental. Estas regiones son delimitadas por los rasgos tectónicos de los siguientes sistemas de fallas:

Bucaramanga-Santa Marta. Se localiza al oriente, con ancho de 1 a 1,5 km. El patrón geomorfológico y estructural evidencia rumbo nor-noroeste con desplazamiento sinistral y un acortamiento horizontal, acompañado por el levantamiento consecuencia de la convergencia con el sistema de fallas de Suárez. Tiene gran influencia en la deformación cortical y en el relieve montañoso del Área Metropolitana de Bucaramanga.

Suárez. Se localiza en el centro-norte con rumbo dominante noroeste-sureste, se extiende desde el área de Barbosa, Santander hasta el sur de Bucaramanga. Absorbe parte de la compresión derivada de la convergencia entre las placas de Nazca y Suramérica, deformando el borde occidental del Macizo de Santander y controlando la morfología de la Cordillera Oriental en esta región.

La Salina. Se localiza al occidente y delimita el bloque estructural de Santander, evidencia rumbo norte-sur a nor-noroeste. Su actividad está vinculada a la convergencia entre las placas de Nazca y Suramérica, generando deformación en unidades paleozoicas y mesozoicas (Formaciones Girón, Los Santos), así como el desarrollo del relieve escarpado al occidente del área metropolitana.

Apéndice 48. Tabla de Datos de Intensidades Máximas de Precipitación en mm/hora, Estación CDMB

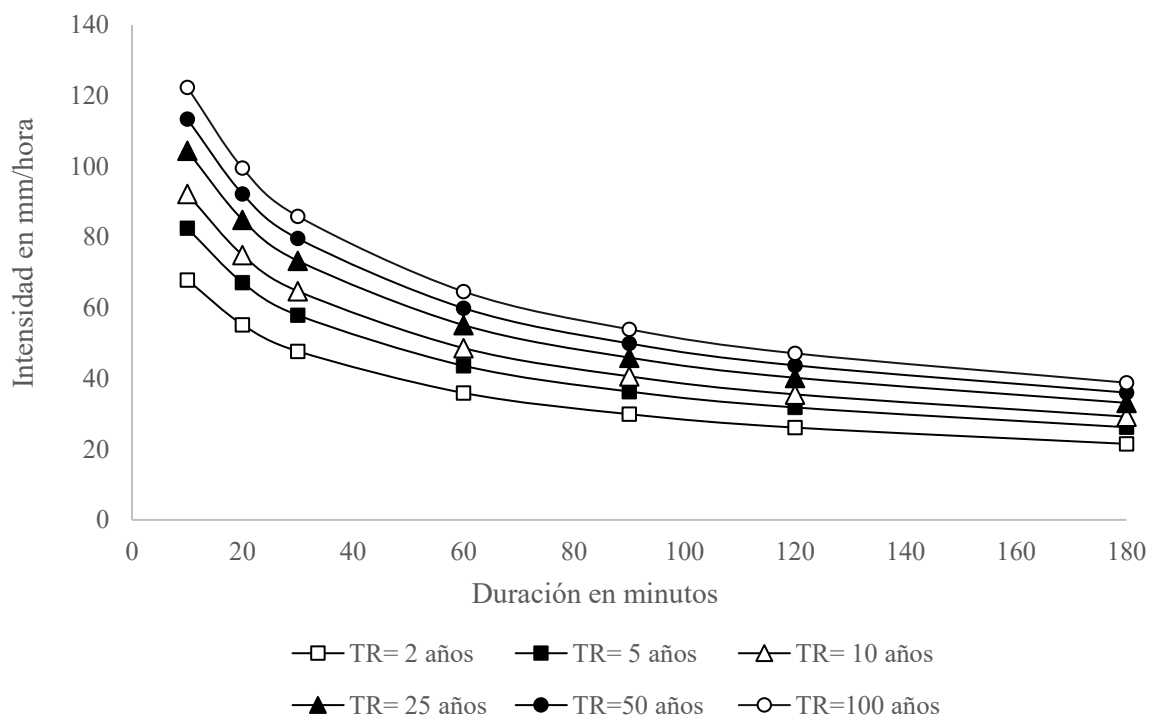
Los valores obtenidos en la actual tabla evidencian intensidades máximas considerables para periodos cortos, lo que sugiere una alta susceptibilidad del área de estudio a generar gran cantidad de escorrentía superficial durante eventos intensos de lluvia.

Periodo de retorno TR (años)	Intensidades máximas en mm/hora para duraciones entre 10 y 180 minutos						
	10	20	30	60	90	120	180
2	67,9	55,2	47,7	35,9	29,9	26,1	21,5
5	82,5	67,1	57,9	43,6	36,3	31,8	26,2
10	92,2	74,9	64,7	48,6	40,6	35,5	29,2
25	104,4	84,9	73,3	55,1	45,9	40,2	33,1
50	113,4	92,2	79,6	59,9	49,9	43,7	36,0
100	122,4	99,5	85,9	64,6	53,9	47,1	38,8

Apéndice 49. Curvas Intensidad–Duración–Frecuencia (IDF)

Las curvas IDF reflejan la relación entre la intensidad, duración y frecuencia de las precipitaciones. A partir de ellas es posible estimar las lluvias de diseño y determinar los caudales de escorrentía empleados en el dimensionamiento de las obras de drenaje.

Las diferencias entre las curvas se deben al periodo de retorno TR . A medida que aumenta el TR , se asocian precipitaciones de mayor intensidad para una misma duración, ya que corresponden a lluvias menos frecuentes, pero más severas, utilizadas en el diseño de obras con mayores niveles de seguridad hidráulica, como se evidencia a continuación:



Apéndice 50. Figura de la Microcuenca de la Quebrada Argelia, Sector Sur del Barrio Antonio Nariño

La presente figura ilustra la configuración morfológica de la microcuenca, permitiendo visualizar la red de drenaje, las divisorias topográficas y las zonas de mayor pendiente. A través de esta representación se aprecia la direccionalidad del flujo hacia el cauce principal donde desemboca (Río de Oro) y la concentración de escorrentía en los sectores bajos, información esencial para orientar las obras de canalización y control del drenaje superficial.



- Divisoria topográfica
- Área de captación
- Red de drenaje
- Cursos de agua

Nota. Elaboración a partir de imágenes de Google Earth.

Apéndice 51. Tabla de Parámetros Morfológicos de la Microcuenca de la Quebrada Argelia

La siguiente tabla presenta los parámetros morfométricos de la microcuenca de la Quebrada Argelia. los cuales la describen de tamaño reducido y forma alargada, con una respuesta hidrológica rápida frente a eventos de precipitación. Esta configuración tiende a limitar la capacidad de retención del flujo superficial y favorece la concentración del escurrimiento en tiempos cortos, incrementando el potencial de erosión y la saturación del suelo.

Datos	Unidad	Parámetro morfológico
Área	km ²	0,92
Cota superior	msnm	932
Cota inferior	msnm	635
Longitud del cauce	km	2,75
Pendiente del cauce principal	m/m	0,108

Nota. Adaptado de *Hidrología Quebrada Argelia* [Informe técnico], CDMB, 2022.

Apéndice 52. Tabla de Métodos de Caracterización Geotécnica del Suelo del Sector Sur del Barrio Antonio Nariño

La siguiente tabla compila los métodos de caracterización geotécnica empleados en el sector sur del barrio Antonio Nariño, entre ellos el ensayo de penetración estándar (SPT). Los resultados obtenidos permitieron definir la estratigrafía del terreno y asociarla en relación con las unidades geológicas correspondientes. Además, fueron de utilidad para establecer los parámetros geomecánicos implementados en la evaluación de la estabilidad de taludes y en el diseño de los métodos de estabilización.

Método	Coordenadas MAGNA SIRGAS (EPSG 3116 UTM)		Cota msnm	Referencia
	Este	Norte		
SPT	1 048 722,94	787 779,07	922	Entre las carreras 4 y 5, sobre la calle 21.
Apique MASW	1 048 703,00	787 774,07	920	
Geófono N.º 1	1 048 836,70	787 748,07	926	
Geófono N.º 12	1 048 632,66	787 772,18	918	

Nota. Información técnica suministrada por la SURYT.

Apéndice 53. Tabla de Parámetros Geomecánicos de las Unidades del Sector Sur del Barrio**Antonio Nariño**

En la siguiente tabla se presentan los parámetros geomecánicos, los cuales corresponden a ensayos de corte directo consolidados drenados, obtenidos a partir de las muestras de un apique.

Unidad	Peso específico KN/m³	Cohesión KPa	Ángulo de fricción °	Espesor aproximado (m)
St1a	17	0	32	2,0
Sft2	21	9	40	4,0
Sf11	20	40	35	5,0
Sft3	21	30	48	30,0
Sco1	17	10	15	3,0

Nota. Información técnica suministrada por la SURYT.

Apéndice 54. Resultados de los Métodos de Caracterización Geotécnica del Suelo

Entre 0,00 y 2,50 m de profundidad, se encuentra un suelo transportado de origen antrópico levemente heterogéneo, compuesto por limo, arcilla e inclusiones de material de construcción. Presenta una humedad que varía entre 10,26% y 14,45%. El promedio del límite líquido es 29,21%, el del límite plástico es 16,20% como resultado, el índice de plasticidad es 13,01%. Este intervalo contiene una proporción significativa de suelos finos (58,70%), y clasifica como arcilla de baja plasticidad (*CL*).

Desde 2,50 m hasta 7,50 m, es suelo transportado de origen aluvial areno-lodoso de color marrón amarillento moderado, compuesto por arena fina a media, ocasionalmente con presencia de grava fina. El segmento luce homogéneo con humedad entre 11,87% y 18,10 %. El promedio del límite líquido es 36,41%, el del límite plástico es 21,76%; como resultado el índice de plasticidad es 14,65%. El porcentaje de finos es aún considerable (53,20%), el suelo conserva características cohesivas y compacidad dura. Clasifica como arcilla de baja plasticidad (*CL*).

A partir de los 7,50 m hasta 10 m, el segmento luce homogéneo, representa suelo transportado de origen aluvial, de color naranja amarillento compuesto por arena fina a media y una importante fracción de limo, ocasionalmente presenta grava gruesa a guijarros sub-redondeados proveniente de arenisca cuarzosa. la humedad varía entre 12,62% y 17,51%. El promedio del límite líquido de 26,8 % y el límite plástico de 19,28%; como resultado el índice de plasticidad es 7,52%. El porcentaje de finos disminuye a 36,90 %. De compacidad dura. Clasifica como arena arcillosa (*SC*).

De acuerdo con el ensayo MASW, una primera capa corresponde a valores de velocidad de onda de corte \bar{V}_s entre 505 m/s y 596 m/s hasta los 13,2 metros de profundidad. A profundidades mayores, se detectaron depósitos con valores de velocidad de onda de corte \bar{V}_s que varían entre

449 m/s y 621 m/s. Mediante este ensayo, se pudo obtener valores promedio de velocidad de onda de corte, que oscila entre los 449 m/s y los 621 m/s, lo cual corresponde al perfil del suelo Tipo C, según el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10).

Apéndice 55. Tabla de Clasificación del Perfil del Suelo del Escarpe Sur de Antonio Nariño

Tipo de perfil	Descripción	Definición
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante.	$760 \text{ m/s} > \bar{V}_s \geq 360 \text{ m/s}$

Nota. adaptado de la tabla A.2.4-1 del *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente*

NSR-10 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica [AIS], 2010).

Apéndice 56. Tabla de Definición de Coeficientes Sísmicos y Zonificación de la Amenaza Sísmica para el Municipio de Bucaramanga

Departamento de Santander					
Municipio	A_a	A_v	Zona de amenaza sísmica	A_c	A_d
Bucaramanga	0,25	0,25	Alta	0,15	0,09

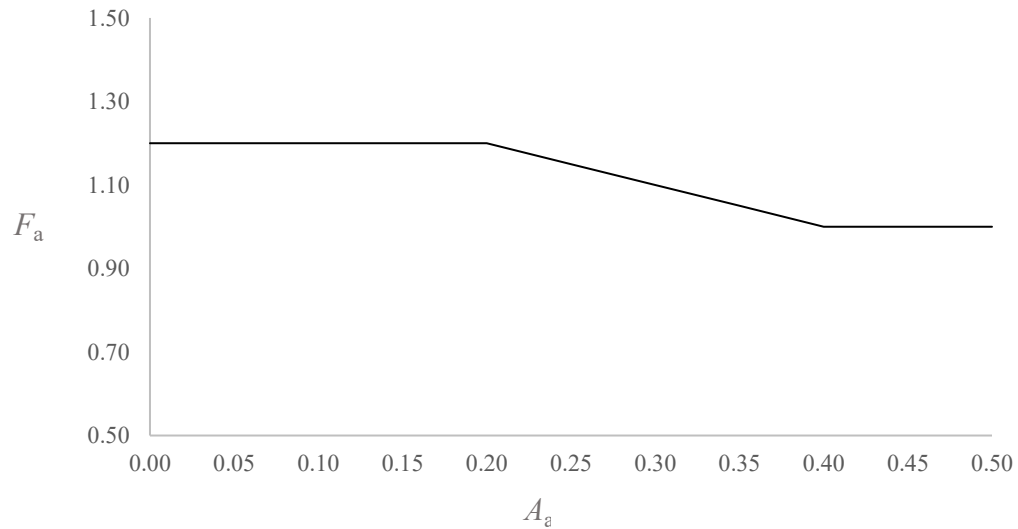
Nota. Adaptado del apéndice A-4-Valores de A_a , A_v , A_c y A_d y definición de la zona de amenaza sísmica de los municipios colombianos del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica [AIS], 2010).

Apéndice 57. Tabla de Valores del Coeficiente de Amplificación F_a de Periodos Cortos del Espectro

Tipo de perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos						
	A_a						
	$\leq 0,1$	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	$\geq 0,5$
C	1,2	1,2	1,15	1,1	1,05	1,0	1,0

Nota. Adaptado de la tabla A.2.4-3 del *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10* (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica [AIS], 2010), con interpolaciones realizadas por el autor.

Apéndice 58. Gráfico del Coeficiente de Amplificación F_a del Suelo Tipo C de Períodos Cortos del Espectro



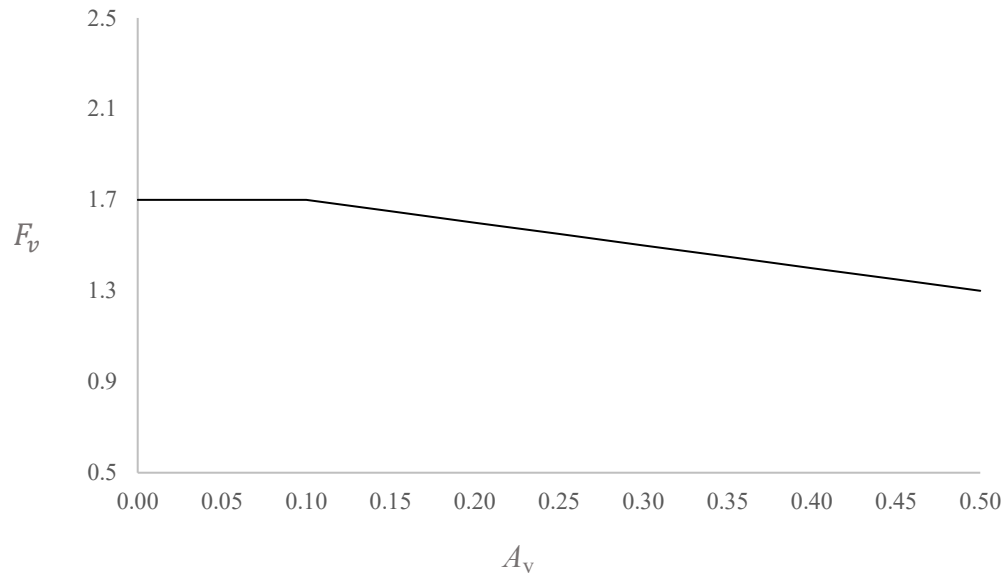
Nota. Se conserva el punto decimal para mantener la coherencia con la Figura A.2.4-1 del *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10* (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica [AIS], 2010).

Apéndice 59. Tabla de Valores del Coeficiente de Amplificación F_v , de Periodos Intermedios del Espectro

Tipo de perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos						
	A_v						
	$\leq 0,1$	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	$\geq 0,5$
C	1,7	1,6	1,55	1,5	1,45	1,4	1,3

Nota. adaptado de la tabla A.2.4-4 del *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10* (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica [AIS], 2010) con interpolaciones realizadas por el autor.

Apéndice 60. Coeficiente de Amplificación F_v del Suelo Tipo C de Períodos Intermedios del Espectro

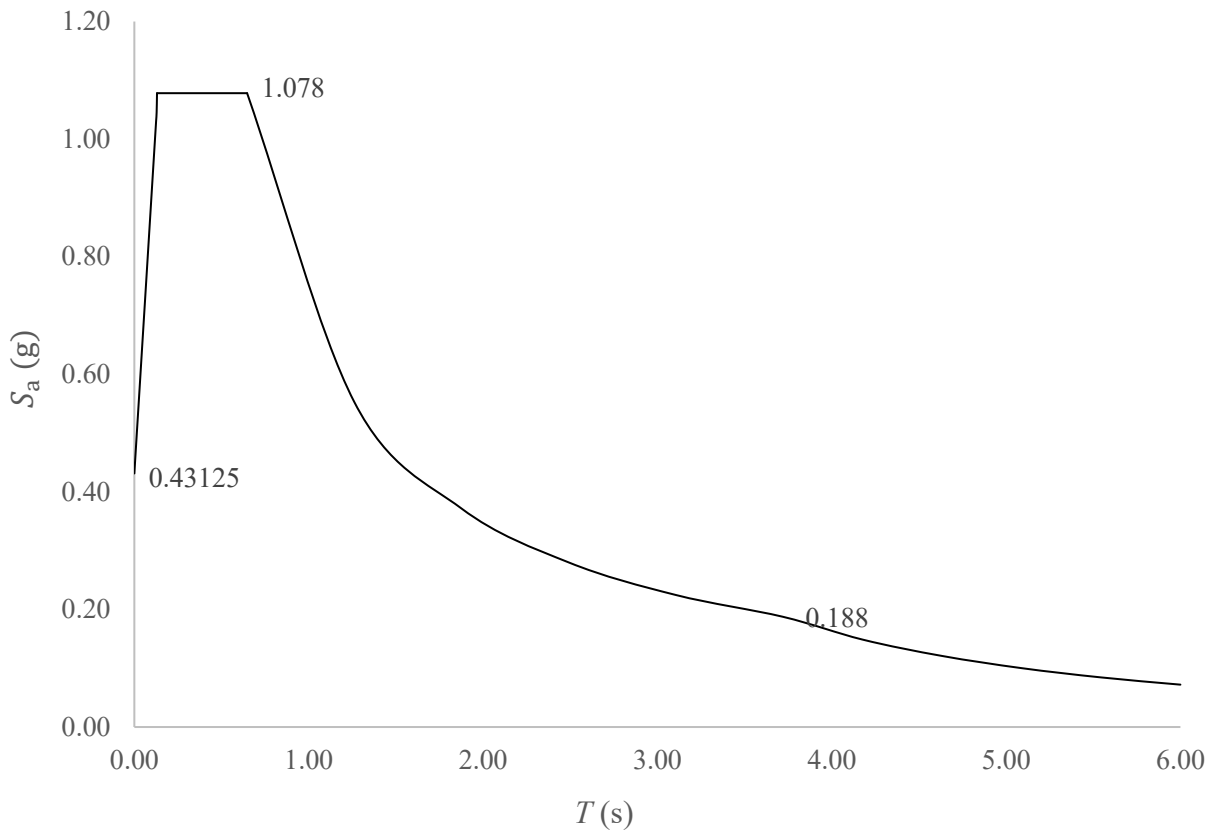


Nota. Se conserva el punto decimal para mantener la coherencia con la Figura A.2.4-2 del *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10* (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica [AIS], 2010).

Apéndice 61. Tabla de Datos para el Espectro Elástico de Aceleraciones de Diseño para Suelo**Tipo C**

T(s)	0,00	0,06	0,09	0,135	0,65	1,26	2,49	3,72	5,09	6,00
S_a(g)	0,43125	0,719	0,863	1,078	1,078	0,553	0,280	0,188	0,100	0,072

**Apéndice 62. Espectro Elástico de Aceleraciones de Diseño como Fracción de la Gravedad (g)
para Suelo Tipo C**



Nota. Se conserva el punto decimal para mantener la coherencia con la Figura A.2.6-1 del *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10* (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica [AIS], 2010).

Apéndice 63. Tabla de Cargas para Viviendas en la Corona y Pie del Talud de la Zona Sur del Barrio Antonio Nariño

Carga	Cubierta tipo liviana (KN/m²)	Entrepiso (KN/m²)
Viva (<i>L</i>)	0,0	5,0
Viva sobre la cubierta (<i>L_r</i>)	0,5	0,0
Muerta (<i>D</i>)	0,05	4,6
Debida al granizo (<i>G</i>)	1,0	0,0
De viento (<i>W</i>)	0,4	0,0
De empozamiento de agua (<i>L_e</i>)	0,0	0,0

Apéndice 64. Tabla de Combinaciones de Carga de Servicio para la Corona y Pie del Talud de la Zona Sur del Barrio Antonio Nariño

Combinación	Para cubierta tipo liviana (KN/m ²)	Para entrepiso (KN/m ²)
$D + L$	0,05	9,60
$D + (L_r \text{ ó } G \text{ ó } L_e)$	1,05	4,60
$D + W$	0,45	4,60
$D + 0,75 \cdot W + 0,75 \cdot (L_r \text{ ó } G \text{ ó } L_e) + 0,75 \cdot L$	1,10	8,35

Nota. Elaboración basada en las combinaciones de carga para ser utilizadas con el método de esfuerzos de trabajo o en las verificaciones del estado límite de servicio, tomadas y modificadas del Título B-Cargas, del *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10* (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica [AIS], 2010).

Apéndice 65. Tabla de Combinaciones de Carga de Servicio

Combinación	Para cubierta tipo liviana (KN/m²)	Para entrepiso (KN/m²)
$D + L$	0,05	9,60
$D + (L_r \text{ ó } G \text{ ó } L_e)$	1,05	4,60
$D + W$	0,45	4,60
$D + 0,75 \cdot W + 0,75 \cdot (L_r \text{ ó } G \text{ ó } L_e) + 0,75 \cdot L$	1,10	8,35

Nota. Elaboración basada en las combinaciones de carga para ser utilizadas con el método de esfuerzos de trabajo o en las verificaciones del estado límite de servicio, tomadas y modificadas del Título B-Cargas, del *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10* (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica [AIS], 2010).

Apéndice 66. Tabla de Clasificación del Nivel de Amenaza de Acuerdo con el Valor del F. S Asociado a la Condición Estática y Seudoestática

Condición	Nivel de amenaza	F. S
Estática	Baja	$> 1,5$
	Media	$1,25 - 1,5$
	Alta	$< 1,25$
Seudoestática	Baja	$> 1,20$
	Media	$1,0 - 1,20$
	Alta	$< 1,0$

Nota. Elaboración basada en criterios del Capítulo 7 (“Requisitos generales para el manejo de proyectos de desarrollo”) de la *Resolución 1294 de la CDMB* (CDMB, 2009).

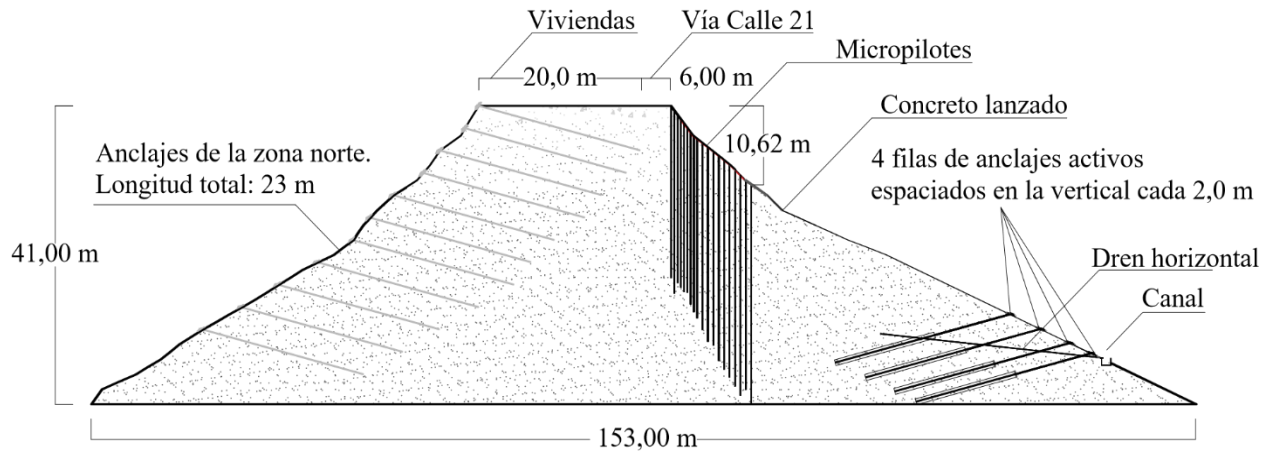
Apéndice 67. Descripción de los Métodos de Estabilización para el Perfil 1

18 filas de micropilotes de diámetro de 0,15 m, de tipo compuesto suelo-pilotes dispuestos en la zona próxima a la corona del talud. Cada uno cuenta con tres varillas de refuerzo de diámetro de 2,54 cm, centralizador plástico, tubería metálica perforada, la cual permitirá la salida de la lechada y permanecerá en el terreno como elemento perdido.

Para la separación fuera del plano, las primeras 9 hileras están espaciadas cada 0,45 m y las restantes cada 0,75 m. Igualmente se plantea 4 filas de anclajes activos con zapatas, ubicados aproximadamente en la base del talud, con separación fuera del plano de 3 m. Longitud libre de 9,7 m, y longitud total de 25 m.

Contará con un canal, cuya extensión será de 125,94 m, drenes horizontales de 30 m de longitud, separados cada 3 m, iniciando a 1,5 m del primer anclaje y una caja colectora disipadora de energía ubicada al final. Así mismo, tendrá concreto lanzado en toda el área correspondiente = 5 163,54 m².

Apéndice 68. Ilustración de los Métodos de Estabilización para el Perfil 1

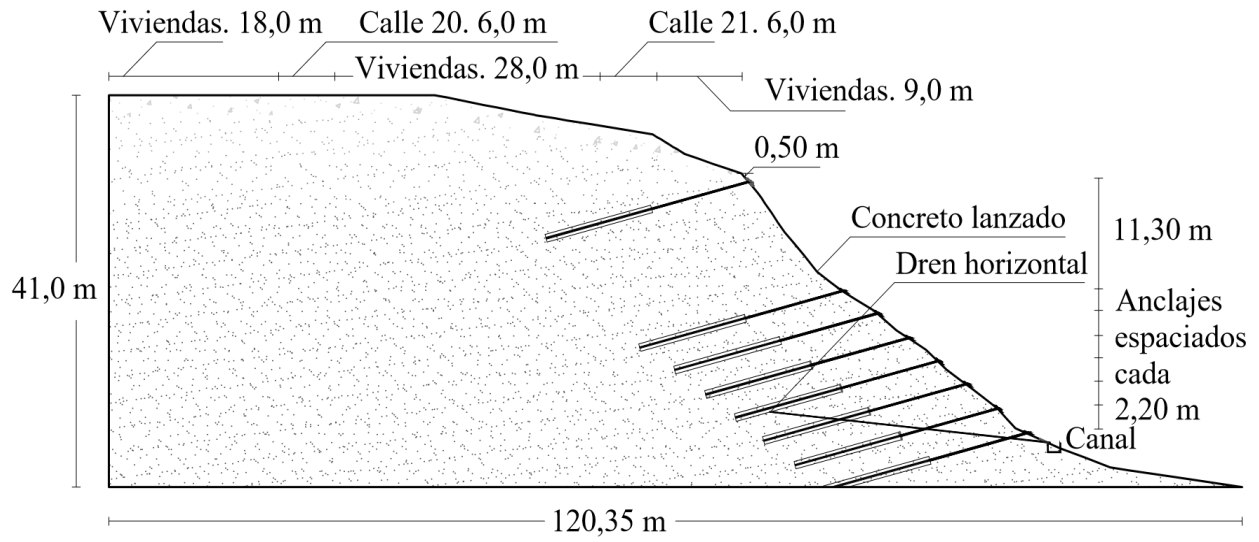


Apéndice 69. Descripción de los Métodos de Estabilización para el Perfil 2

8 filas de anclajes activos con zapatas, ubicados uno próximo a la corona y los demás desde aproximadamente la mitad de la pendiente hasta la base del talud, con separación fuera del plano de 3 m. La longitud libre del anclaje de la corona es de 6,7 m, los demás tienen 5,7 m; las longitudes totales son de 22 m y 21 m.

Contará con un canal de 156,34 m, drenes horizontales de 30 m de longitud separados cada 3 m, iniciando a 1,5 m del primer anclaje y una caja colectora disipadora de energía ubicada al final, y tendrá 4 143,01 m² de concreto lanzado.

Apéndice 70. Ilustración de los Métodos de Estabilización para el Perfil 2

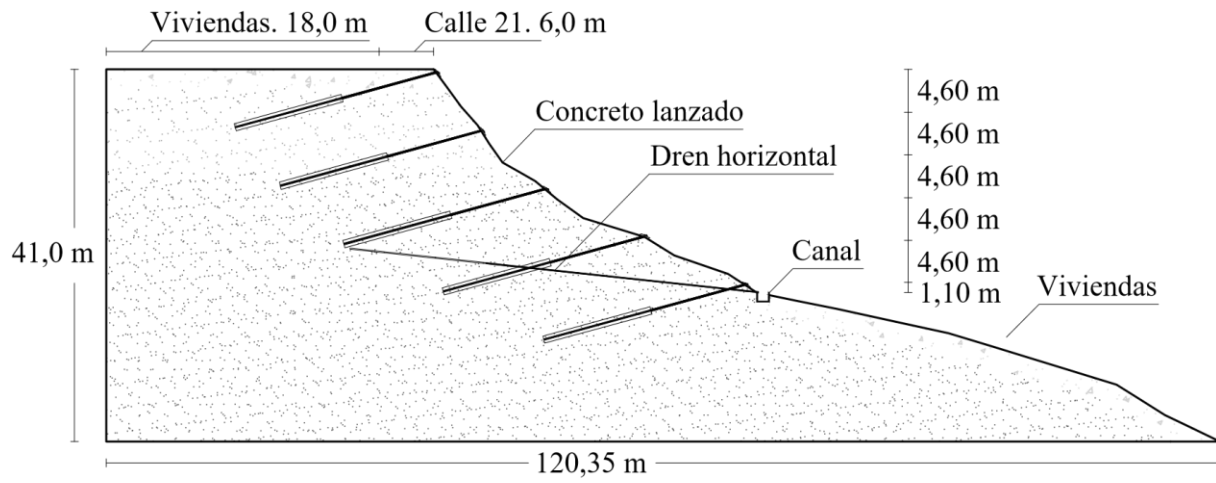


Apéndice 71. Ilustración de los Métodos de Estabilización para el Perfil 3

5 filas de anclajes activos con respectivas zapatas, con separación fuera del plano de 3 m. Longitud libre de 7,4 m, y longitud total de 22,7 m, ubicados desde la corona hasta aproximadamente el inicio del asentamiento humano.

Contará con un canal, con extensión de 135,45 m, drenes horizontales de 35 m de longitud, separados cada 3 m, iniciando a 1,5 m del primer anclaje y una caja colectora disipadora de energía. Además, tendrá 3 264,345 m² de concreto lanzado.

Apéndice 72. Ilustración de los Métodos de Estabilización para el Perfil 3



Apéndice 73. Descripción de los Métodos de Estabilización para el Perfil 4

1 464,356 m² de concreto lanzado y 13 filas de anclajes activos con zapatas, con separación fuera del plano de 3 m. Longitud libre de 7,4 m, y total de 22,7 m; ubicados desde la corona hasta aproximadamente el inicio del asentamiento. Contará con un canal de 89,29 m y drenes de 30 m, separados cada 3 m, iniciando a 1,5 m del primer anclaje.

Apéndice 74. Ilustración de los Métodos de Estabilización para el Perfil 4

