



CONSULTORES EN INGENIERIA Y MEDIO
AMBIENTE C I AMBIENTAL
NIT 817.001.435-9
Calle 171 21a 62
Tel: (undefined) 3175030960 - Ext. undefined
Bogotá - Colombia
lucybori@ciambiental.com



Factura electrónica de venta
No. CI 849

Señores	ALCALDIA DE SANTIAGO DE CALI		
NIT	890.399.011-3	Teléfono	(000) 8000222195 - Ext. 000
Dirección	Av. 2 Nte. #10 - 70	Ciudad	Cali - Colombia

Fecha y hora Factura	
Generación	26/12/2023, 14:46
Expedición	26/12/2023, 14:46
Vencimiento	24/01/2024

Ítem	Cantidad	Descripción	Vr. Bruto
1	1.00	Cuarto y último pago del 20% UNA VEZ RECIBIDO Y APROBADO EL INFORME TÉCNICO DE ACUERDO CON EL CRONOGRAMA del CONTRATO No. 4147.010.26.1.757-2023. REALIZAR CONSULTORÍA PARA LLEVAR A ACABO ESTUDIOS Y DISEÑOS DE OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO, ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO Y ACCESIBILIDAD UNIVERSAL EN LAS COMUNAS 18 y 19 DEL DISTRITO ESPECIAL DE SANTIAGO DE CALI.	84,031,540.00

Fabricante Software y Proveedor tecnológico: Siigo SAS - Nit 830.048.145-8. Nombre Software: Siigo Nube. Firma electrónica ver en el XML.

Total items: 1

Valor en Letras:
Noventa y nueve millones novecientos noventa y siete mil quinientos treinta y dos pesos m/cte con sesenta cent.

Total Bruto	84,031,540.00
Iva 19%	15,965,992.60
Total a Pagar	99,997,532.60

Condiciones de Pago:
Crédito - Cuota No. 001 vence el 2024-01-24 por \$ 99,997,532.60

Observaciones:

Orden de compra: -

A esta factura de venta aplican las normas relativas a la letra de cambio (artículo 5 Ley 1231 de 2008). Con esta el Comprador declara haber recibido real y materialmente las mercancías o prestación de servicios descritos en este título - Valor. Número Autorización 18764058579410 aprobado en 20231024 prefijo CI desde el número 833 al 870 Vigencia: 12 Meses
Responsable de IVA - Actividad Económica 7112 Actividades de ingeniería y otras actividades conexas de consultoría técnica Tarifa 8.66*1000
CUFE: 5701a90ebfad3f1aa7f88a1754eac0b5a4b2beb763974fb3468aedf6aaa365715e43a701170e530313e6a9a6be384541

2. Concepto **02** Actualización

4. Número de formulario

14894520692



(415)7707212489984(8020) 000001489452069 2

5. Número de Identificación Tributaria (NIT)

6. DV

12. Dirección seccional

14. Buzón electrónico

8 1 7 0 0 1 4 3 5

9

Impuestos de Bogotá

IDENTIFICACIÓN

24. Tipo de contribuyente

Persona jurídica

25. Tipo de documento

1

28. Número de identificación

27. Fecha expedición

Lugar de expedición

28. País

29. Departamento

30. Ciudad/Municipio

31. Primer apellido

32. Segundo apellido

33. Primer nombre

34. Otros nombres

35. Razón social

CONSULTORES EN INGENIERIA Y MEDIO AMBIENTE C I AMBIENTAL S A S

36. Nombre comercial

37. Sigla

UBICACIÓN

38. País

COLOMBIA

1 6 9

39. Departamento

Bogotá D.C.

1 1

40. Ciudad/Municipio

Bogotá, D.C.

0 0 1

41. Dirección principal

CL 171 21 A 62

42. Correo electrónico

lucybori@ciambiental.com

43. Código postal

44. Teléfono 1

6 0 1 7 2 6 8 9 8 2

45. Teléfono 2

3 1 7 5 0 3 0 9 6 0

CLASIFICACIÓN

Actividad económica

Ocupación

Actividad principal

46. Código

47. Fecha inicio actividad

Actividad secundaria

48. Código

49. Fecha inicio actividad

Otras actividades

50. Código

1

2

51. Código

52. Número establecimientos

7 1 1 2

2 0 1 3 0 3 1 4

4 2 9 0

2 0 1 3 0 3 1 4

Responsabilidades, Calidades y Atributos

53. Código 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26
5 7 9 1 0 1 4 4 8 5 2 5 5

05- Impto. renta y compl. régimen ordinario 55- Informante de Beneficiarios Finales

07- Retención en la fuente a título de renta

09- Retención en la fuente en el impuesto

10- Obligado aduanero

14- Informante de exogena

48 - Impuesto sobre las ventas - IVA

52- Facturador electrónico

DOCUMENTO SIN CERTIFICADO

Obligaciones aduaneras

Exportadores

54. Código 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
2 2 2 3
11 12 13 14 15 16 17 18 19 20

55. Forma

56. Tipo

Servicio

1

2

3

3

1

57. Modo

58. CPC

IMPORTANTE: Sin perjuicio de las actualizaciones a que haya lugar, la inscripción en el Registro Único Tributario -RUT-, tendrá vigencia indefinida y en consecuencia no se exigirá su renovación

Para uso exclusivo de la DIAN

59. Anexos SI ☐ NO ☒

60. No. de Folios:

0

61. Fecha

2023 - 02 - 08 / 06 : 44: 02

La información suministrada a través del formulario oficial de inscripción, actualización, suspensión y cancelación del Registro Único Tributario (RUT), deberá ser exacta y veraz; en caso de constatar inexactitud en alguno de los datos suministrados se adelantarán los procedimientos administrativos sancionatorios o de suspensión, según el caso.

Parágrafo del artículo 1.6.1.2.20 del Decreto 1625 de 2016

Firma del solicitante:

Sin perjuicio de las verificaciones que la DIAN realice.

Firma autorizada:

984. Nombre BOHORQUEZ RIOS LUCY

985. Cargo Representante legal Certificado

REPUBLICA DE COLOMBIA
IDENTIFICACION PERSONAL
CEDULA DE CIUDADANIA

NUMERO 52.047.315
BOHORQUEZ RIOS

APELLIDOS

LUCY

NOMBRES

[Handwritten signature]
FIRMA



INDICE DERECHO

FECHA DE NACIMIENTO 15-MAR-1972

SARAVENA
(ARAUCA)

LUGAR DE NACIMIENTO

1.65

ESTATURA

A+

G.S. RH /

F

SEXO

30-JUL-1990 BOGOTA D.C.

FECHA Y LUGAR DE EXPEDICION

[Handwritten signature]
REGISTRADOR NACIONAL
CARLOS ARIEL SANCHEZ TORRES



A-1500100-00027723-F-0052047315-20080721

0001317638A 1

1690012073

CERTIFICACIÓN DE APORTES AL SISTEMA DE SEGURIDAD SOCIAL Y PARAFISCALES

PERSONA JURIDICA

Yo, **MARTHA ESPERANZA GOMEZ**, identificado con cédula de ciudadanía No. **51.564.672**, y con Tarjeta Profesional No. **16732-T** de la Junta Central de Contadores, en mi condición de Revisor Fiscal de **CONSULTORES EN INGENIERIA Y MEDIO AMBIENTE CI AMBIENTAL SAS**, identificada con NIT **817.001.435-9**, luego de examinar los estados financieros de la empresa de acuerdo con las normas de auditoría generalmente aceptadas en Colombia, certifico que durante los últimos seis (6) meses calendario legalmente exigibles, la empresa ha realizado el Pago de los Aportes al sistema de Seguridad Social y Parafiscales exigidos por la Ley y se encuentra al día y a paz y salvo por todo concepto relacionado con dichos aportes.

Lo anterior en cumplimiento de lo dispuesto en el Artículo 50 de la Ley 789 de 2002 y el Artículo 23 de la Ley 1150 de 2007.

Dada en Bogotá D.C. a los (11) días del mes de diciembre de 2023

Cordialmente,


MARTHA ESPERANZA GOMEZ MORENO
C.C. 51.564.672
Tarjeta Profesional No. 16732-T

REPÚBLICA DE COLOMBIA
IDENTIFICACIÓN PERSONAL
CÉDULA DE CIUDADANÍA

NÚMERO 51.564.672

GOMEZ MORENO

APELLIDOS

MARTHA ESPERANZA

NOMBRES


FIRMA



ÍNDICE DERECHO

FECHA DE NACIMIENTO 20-SEP-1956
BOGOTÁ D.C.
(CUNDINAMARCA)

LUGAR DE NACIMIENTO

1.56

O+

F

ESTATUHA

G.S. RH

SEXO

26-FEB-1979 BOGOTÁ D.C.

FECHA Y LUGAR DE EXPEDICIÓN

REGISTRADOR NACIONAL
JUAN CARLOS GALINDO VACHA



A-1500100 00905922-E-0051564672-20170517

0055443337A 1

9910001B44

República de Colombia
Ministerio de Educación Nacional
JUNTA CENTRAL DE CONTADORES
TARJETA PROFESIONAL
DE CONTADOR PUBLICO

16792-T

MARTHA ESPERANZA

GOMEZ MORENO

C.C. 51564672

RESOLUCION INSCRIPCION 043

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS



FECHA 29/01/87


Presidente

00024256

FIRMA DEL TITULAR

Esta tarjeta es el único documento que lo acredita como
CONTADOR PUBLICO de acuerdo con lo establecido en
la ley 43 de 1990.
Agradecemos a quien encuentre esta tarjeta devolverla
al Ministerio de Educación Nacional / Junta Central de
Contadores.

UNIDAD
ADMINISTRATIVA
ESPECIAL

**JUNTA CENTRAL
DE CONTADORES**



Certificado No:

E 0 1 A 0 0 9 9 0 C 7 E 5 4 2 A

LA REPUBLICA DE COLOMBIA

MINISTERIO DE COMERCIO, INDUSTRIA Y TURISMO

UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL

JUNTA CENTRAL DE CONTADORES

**CERTIFICA A:
QUIEN INTERESE**

Que el contador público **MARTHA ESPERANZA GOMEZ MORENO** identificado con CÉDULA DE CIUDADANÍA No 51564672 de BOGOTÁ, D.C. (BOGOTÁ D.C) Y Tarjeta Profesional No 16732-T SI tiene vigente su inscripción en la Junta Central de Contadores y desde la fecha de Inscripción.

NO REGISTRA ANTECEDENTES DISCIPLINARIOS *****

Dado en BOGOTÁ a los 11 días del mes de Octubre de 2023 con vigencia de (3) Meses, contados a partir de la fecha de su expedición.

DIRECTOR GENERAL

**ESTE CERTIFICADO DIGITAL TIENE PLENA VALIDEZ DE CONFORMIDAD CON LO
ESTABLECIDO EN EL ARTICULO 2 DE LA LEY 527 DE 1999, DECRETO UNICO
REGLAMENTARIO 1074 DE 2015 Y ARTICULO 6 PARAGRAFO 3 DE LA LEY 962 DEL 2005**

Para confirmar los datos y veracidad de este certificado, lo puede consultar en la página web
www.jcc.gov.co digitando el número del certificado

EL BANCO DE BOGOTA

INFORMA:

Que la empresa CONSULTORES EN INGENIERIA Y MEDIO AMBIENTE CI AMBI identificado(a) con NITPJ 8170014359 está vinculado(a) al BANCO DE BOGOTA a través de la CTA CORRIENTE No. 605435700 desde el 02 de mayo de 2023, este producto se encuentra Vigente.

Esta información es confidencial, no es una recomendación de negocio y se suministra sin responsabilidad del banco, se expide el 27 de noviembre de 2023, a solicitud del interesado, con destino a quien interese.

Atentamente,



Olga Yanira Otálora Guerrero

Gerencia de Soluciones para el Cliente

Banco de Bogotá

 ALCALDÍA DE SANTIAGO DE CALI GESTIÓN JURÍDICO ADMINISTRATIVA GESTION CONTRACTUAL	SISTEMAS DE GESTIÓN Y CONTROL INTEGRADOS (SISTEDA, SGC y MECI) INFORME DE SUPERVISIÓN DE CONTRATO	MAJA01.04.03.18.P02.F03	
		VERSIÓN	1
		FECHA DE ENTRADA EN VIGENCIA	01/oct/2019

1. TIPO DE INFORME	
INFORME PARCIAL ☐	INFORME FINAL ☒
Cuota Número <u>4</u>	
2. ASPECTOS GENERALES DE CONTRATO Y SU EJECUCIÓN	
Contrato de consultoría N°: 4147.010.26.1.757 - 2023	
Nombre del contratista: CONSULTORES EN INGENIERIA Y MEDIOAMBIENTE C I AMBIENTAL S.A.S. Representante Legal: LUCY BOHORQUEZ RIOS C.C. 52.047.315	
Documento de identificación del Contratista: NIT: No. 817001435-9	
Nombre (s) del supervisor (es): Edgar Ramírez Delgado Subsecretario de Mejoramiento Integral y Legalización	
Organismo: Secretaría de Vivienda Social y Hábitat	No. Teléfono: (2) 668 27 38
Objeto del contrato de consultoría N°: 4147.010.26.1.757-2023: REALIZAR CONSULTORÍA PARA LLEVAR A ACABO ESTUDIOS Y DISEÑOS DE OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO, ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO Y ACCESIBILIDAD UNIVERSAL EN LAS COMUNAS 18 y 19 DEL DISTRITO ESPECIAL DE SANTIAGO DE CALI.	
3. INFORME JURÍDICO	
Fecha de Inicio	Fecha Terminación
3 de noviembre de 2023	31 de diciembre de 2023
Modificación al contrato: NA	
Suspensión: NA	
Reanudación: NA	
Terminación anticipada: N/A	

 ALCALDIA DE SANTIAGO DE CALI GESTIÓN JURÍDICO ADMINISTRATIVA GESTION CONTRACTUAL	SISTEMAS DE GESTIÓN Y CONTROL INTEGRADOS (SISTEDA, SGC y MECI)		MAJA01.04.03.18.P02.F03	
			VERSIÓN	1
	INFORME DE SUPERVISIÓN DE CONTRATO		FECHA DE ENTRADA EN VIGENCIA	01/oct/2019

4. INFORME CONTABLE Y FINANCIERO

Valor inicial del contrato: CUATROCIENTOS NOVENTA Y NUEVE MILLONES NOVECIENTOS OCHENTA Y SIETE MIL SEISCIENTOS SESENTA Y TRES PESOS M/CTE (\$499.987.663)

Adición: N/A

Prórroga: N/A

Resumen contable y financiero:

De conformidad a la cláusula cuarta del contrato No. 4147.010.26.1.757-2023, los pagos serán en cuatro (4) cuotas así: una (1) cuota correspondiente al 20% del valor del contrato, una (1) cuota correspondiente al 30% del valor del contrato, una (1) cuota correspondiente al 30% del valor del contrato y una (1) última cuota correspondiente al 20% del valor del contrato.

El presente informe corresponde a la última cuota correspondiente al 20% del valor del contrato No. 4147.010.26.1.757-2022.

Valor Total del Contrato	Valor Cuota a Cancelar	Valor Acumulado Cancelado	Saldo por Cancelar
\$499.987.663	\$99.997.535	\$399.990.128	\$0

INFORMACIÓN DEL PAGO DE SEGURIDAD SOCIAL

PERSONA JURÍDICA:

FECHA DE CERTIFICACIÓN: 11 de diciembre de 2023

La certificación es expedida por la Revisora Fiscal de acuerdo a los requerimientos de Ley.

Martha Esperanza Gómez Moreno

C.C. 51.564.672

Tarjeta Profesional No. 16732-T

Revisora Fiscal

PERSONA NATURAL:

Datos Certificación o Planilla de Pago persona Natural: N/A

 <p>ALCALDÍA DE SANTIAGO DE CALI</p> <p>GESTIÓN JURÍDICO ADMINISTRATIVA GESTION CONTRACTUAL</p>	<p>SISTEMAS DE GESTIÓN Y CONTROL INTEGRADOS (SISTEDA, SGC y MECI)</p> <p>INFORME DE SUPERVISIÓN DE CONTRATO</p>	MAJA01.04.03.18.P02.F03	
		VERSIÓN	1
		FECHA DE ENTRADA EN VIGENCIA	01/oct/2019

No. Planilla: N/A
No. PIN, Autorización, Referencia, Pago Consolidado: N/A
Operador: N/A.
Fecha de Pago: N/A
Periodo de Pago de la Seguridad Social: N/A
Observaciones al informe contable y financiero: N/A.

5. INFORME TÉCNICO

El contratista realizó las siguientes actividades con base en las condiciones establecidas en el Contrato N°: 4147.010.26.1.757-2023, las cuales se describen a continuación:

1. Cumplir con el objeto del contrato.

A la fecha ha cumplido con el objeto del contrato de acuerdo a las actividades que se describen a continuación.

2. Desarrollar la Consultoría con el equipo de trabajo propuesto.

Desarrolló visita inicial para reconocimiento de los sectores de estudio con el equipo de trabajo propuesto y los líderes de las comunas 18 y 19.

Se reunió con el equipo de la Secretaría de Vivienda Social y Hábitat para la presentación inicial de la empresa.

Solicitó la información a la Secretaría de Vivienda Social y Hábitat con el fin de adelantar la recolección y análisis de información existente de la zona.

Consolidó y analizó la información técnica existente de la zona.

Identificó las unidades geotécnicas homogéneas donde se encuentran ubicados los sitios a diseñar.

Ejecutó levantamiento topográfico mediante una comisión topográfica con estación total, cubriendo la totalidad de los tramos identificados.

Elaboró los planos topográficos que contienen la representación de todos los objetos del polígono de estudio de coordenadas X-Y, con alturas derivadas de la red existente, a la escala y separación de curvas de nivel.

 ALCALDÍA DE SANTIAGO DE CALI GESTIÓN JURÍDICO ADMINISTRATIVA GESTIÓN CONTRACTUAL	SISTEMAS DE GESTIÓN Y CONTROL INTEGRADOS (SISTEDA, SGC y MECI)		MAJA01.04.03.18.P02.F03
	INFORME DE SUPERVISIÓN DE CONTRATO		VERSIÓN 1
			FECHA DE ENTRADA EN VIGENCIA 01/oct/2019

Realizó un plan de exploración del subsuelo, consistente en 30 metros lineales de sondeos manuales, complementado con la ejecución de 5 apiques.

Realizó el análisis hidrológico de la zona y calculó los hietogramas de diseño.

Efectuó la modelación hidráulica en 2D a partir del análisis hidrológico, calculando los caudales pico de los puntos de diseño.

Diseñó las estructuras hidráulicas requeridas, a partir de la modelación hidráulica.

Diseñó geotécnicamente los muros de contención, teniendo en cuenta los empujes del terreno, la capacidad portante y los diferentes coeficientes de diseño.

Diseñó estructuralmente las obras propuestas, definiendo materiales de construcción.

Elaboró el diseño de obras de mitigación en los dieciséis (16) puntos de la comuna 18 y ocho (puntos) de la comuna 19.

Anexó las cantidades y presupuesto de los diseños elaborados, así como las especificaciones técnicas.

10. Elaborar informes y anexar todos aquellos documentos y comprobantes que se requieren para efectuar cada uno de los pagos relacionados en el proceso.

Elaboró el Plan de Trabajo de las principales actividades del contrato y el cronograma que detalla las actividades del contrato y sus plazos de ejecución correspondiente al veinte por ciento (20%) de la ejecución de las actividades del contrato No. 4147.010.26.1.757- (Radicado 202341470100114122).

Elaboró el informe de avance No. 1 correspondiente al cincuenta por ciento (50%) de ejecución de las actividades del contrato No. 4147.010.26.1.757-2022 (Radicado 202341470100116562).

Elaboró el informe de avance No. 2 correspondiente al cincuenta por ciento (70%) de ejecución de las actividades del contrato No. 4147.010.26.1.757-2022 (Radicado 202341470100117462).

Elaboro el informe final donde se consolida el cien por ciento (100%) de ejecución de las actividades del contrato No. 4147.010.26.1.757-2022 (Radicado 202341470100117602).

 ALCALDIA DE SANTIAGO DE CALI GESTIÓN JURÍDICO ADMINISTRATIVA GESTION CONTRACTUAL	SISTEMAS DE GESTIÓN Y CONTROL INTEGRADOS (SISTEDA, SGC y MECI)		MAJA01.04.03.18.P02.F03	
	INFORME DE SUPERVISIÓN DE CONTRATO		VERSIÓN	1
			FECHA DE ENTRADA EN VIGENCIA	01/oct/2019

Registro fotográfico



Foto 1 y 2. visita inicial para reconocimiento de los sectores de estudio.



Foto 3 y 4. Actividades de exploración del subsuelo y levantamiento topográfico.

OBSERVACIONES AL INFORME TÉCNICO:

Por medio del oficio con radicado No. 202341470100117462, se realizan las siguientes observaciones:

Comuna 18

1. Presentar el diseño de los andenes en concreto de 3000 psi con malla electro soldada, para todos los puntos, excepto los puntos 6, 11 y 15.

Este documento es propiedad de la Administración Central del Municipio de Santiago de Cali. Prohibida su alteración o modificación por cualquier medio, sin previa autorización del Alcalde.

 ALCALDIA DE SANTIAGO DE CALI GESTIÓN JURÍDICO ADMINISTRATIVA GESTION CONTRACTUAL	SISTEMAS DE GESTIÓN Y CONTROL INTEGRADOS (SISTEDA, SGC y MECI)		MAJA01.04.03.18.P02.F03
	INFORME DE SUPERVISIÓN DE CONTRATO		VERSIÓN 1
			FECHA DE ENTRADA EN VIGENCIA 01/oct/2019

2. Especificar las dimensiones del geomanto del punto 4, el tipo de anclaje y demás especificaciones técnicas del mismo.
3. Indicar el manejo final del agua almacenada en las acuaceldas estipuladas en el diseño de los SUDS, lugar de desagüe o descarga al alcantarillado pluvial, sitios 6, 11, 15.
4. Para el sitio 12 se deben establecer los diseños de andenes, SUDS, además de la actividad de siembra, los cuales no se especifican en lo presentado para este punto.
5. Detallar los sistemas de drenaje que tendrán los muros de contención diseñados.
6. Definir el diámetro de roca a usar en las estructuras de gavión planteadas.

Comuna 19

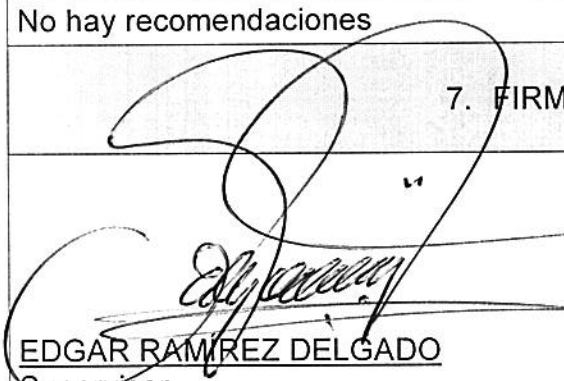
1. Especificar las dimensiones de las mallas de los puntos 1 y 2, el tipo de anclaje, drenaje y demás especificaciones técnicas de la misma.
2. Diseñar la estructura hidráulica escalonada que recibe las aguas lluvias de la alcantarilla que cruza la vía principal, en el punto 2.
4. Para el punto 3, se debe indicar el manejo final del agua almacenada en las acuaceldas estipuladas en el diseño de los SUDS, lugar de desagüe o descarga al alcantarillado, así como la descripción detallada del manto, dimensiones y tipos de anclaje.
5. Especificar los detalles de la malla de resistencia del punto 8, así como el diseño de los andenes contiguos al talud a intervenir.

A través del oficio con radicado No. 202341470100117992 el contratista atiende las observaciones indicadas y aporta la información requerida.

Por lo anterior, el contratista cumplió con el cien por ciento (100%) de ejecución de las actividades del contrato, entregó del documento final y los planos correspondientes en formatos digitales y en archivos PDF e impresos de los diseños.



 ALCALDÍA DE SANTIAGO DE CALI GESTIÓN JURÍDICO ADMINISTRATIVA GESTIÓN CONTRACTUAL	SISTEMAS DE GESTIÓN Y CONTROL INTEGRADOS (SISTEDA, SGC y MECI) INFORME DE SUPERVISIÓN DE CONTRATO	MAJA01.04.03.18.P02.F03	
		VERSIÓN	1
		FECHA DE ENTRADA EN VIGENCIA	01/oct/2019

6. RECOMENDACIONES PARA EL CONTRATISTA	
No hay recomendaciones	
7. FIRMAS RESPONSABLES	
 <u>EDGAR RAMÍREZ DELGADO</u> Supervisor	 <u>DAVID LÓPEZ GIRALDO</u> Apoyo a la Supervisión
Fecha de suscripción del informe de supervisión: 22 de diciembre de 2023.	

 ALCALDÍA DE SANTIAGO DE CALI GESTIÓN JURÍDICO ADMINISTRATIVA GESTIÓN CONTRACTUAL	MODELO INTEGRADO DE PLANEACIÓN Y GESTIÓN (MIPG)	MAJA01 04 03 P006 F002	
	ACTA DE LIQUIDACIÓN	VERSION	034

CONTRATO ☒ CARTA DE ACEPTACIÓN ☐ RESOLUCIÓN ☐ CONVENIO ☐

No. 4147.010.26.1.757 - 2023

1. DESCRIPCIÓN GENERAL (Indicar no aplica en las casillas que no correspondan al contrato (N/A))
 - (Las casillas marcadas con (*) solo diligenciar para contratos de obra Pública)

Nombre del Contratista	CONSULTORES EN INGENIERIA Y MEDIO AMBIENTE C I AMBIENTAL S.A.S.
Documento de identificación del contratista	817001435-9
Nombre del representante legal del contratista	LUCY BOHORQUEZ RIOS
Documento de identificación del representante legal del contratista	CC. No. 52.047.315 de Bogotá D.C
Nombre del Supervisor /Interventor	EDGAR RAMIREZ DELGADO
Documento de identificación del Supervisor / Interventor	CC. No. 16.607.016 de Cali Valle del Cauca
Integrantes y porcentajes de participación en unión temporal o consorcio	N/A
Objeto	REALIZAR CONSULTORIA PARA LLEVAR A ACABO ESTUDIOS Y DISEÑOS DE OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO. ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO Y ACCESIBILIDAD UNIVERSAL EN LAS COMUNAS 13 y 19 DEL DISTRITO ESPECIAL DE SANTIAGO DE CALI.
Tipo de contrato o convenio	Contrato de Consultoría
Certificado de Disponibilidad Presupuestal No.	3500201789 del 28 de junio de 2023
Certificado de Registro Presupuestal No.	4500309819 del 26 de octubre de 2023
Certificado(s) de Disponibilidad Presupuestal de la(s) adición(es) No. (cuando aplique)	N/A
Certificado(s) de Registro Presupuestal de la(s) adición(es) No. (cuando aplique)	N/A
(*) Localización (solo para contratos de obra)	N/A
(*) Tipo de construcción (solo para contratos de obra)	N/A

Este documento es propiedad de la Administración Central del Distrito de Santiago de Cali. Prohibida su copia, alteración o modificación por cualquier medio, sin previa autorización del Alcalde.

 ALCALDIA DE SANTIAGO DE CALI GESTIÓN JURÍDICO ADMINISTRATIVA GESTIÓN CONTRACTUAL	MODELO INTEGRADO DE PLANEACIÓN Y GESTIÓN (MIPG) ACTA DE LIQUIDACIÓN	MAJA01.04.03.P006.F002	
		VERSION	004

(*) Área cubierta construida (solo para contratos de obra)	N/A
(*) Área exterior construida (solo para contratos de obra)	N/A

2. VALORES Y ESTADO FINANCIERO *(Indicar cero (0) en las casillas que no apliquen)*

DESCRIPCIÓN	VALOR
Valor inicial	\$ 499.987.663
Valor de la(s) adición(es)	\$ 0
Valor total del contrato	\$ 499.987.663
Saldo a favor del contratista	\$ 0
Saldo a favor del municipio	\$ 0
Valor total ejecutado del contrato	\$ 499.987.663
Valor total ejecutado del contrato expresado en S.M.M.L.V. (incluida(s) la(s) adición(es) a la fecha de terminación del contrato)	431.023 S.M.M.L.V.

3. PLAZO DE EJECUCIÓN

3.1. INICIO DE EJECUCIÓN Y PRÓRROGAS

DESCRIPCIÓN	PLAZO hasta (dd/mmm/aaaa)	OBSERVACIONES
Plazo inicial de ejecución	31/12/2023	N/A
Prórroga No. 1 (cuando aplique)	N/A	N/A
Prórroga No. 2 (cuando aplique)	N/A	N/A
Prórroga No. 3 (cuando aplique)	N/A	N/A
Terminación anticipada (cuando aplique)		N/A
Plazo final	Desde (3/Nov/2023) hasta (31/Dic/2023)	N/A

3.2 ACTA DE SUSPENSIÓN Y REANUDACIÓN

DESCRIPCIÓN	FECHA DE SUSCRIPCIÓN (dd/mmm/aaaa)	TIEMPO (meses / días)	OBSERVACIONES
-------------	--	--------------------------	---------------

 ALCALDIA DE SANTIAGO DE CALI GESTIÓN JURÍDICO ADMINISTRATIVA GESTIÓN CONTRACTUAL	MODELO INTEGRADO DE PLANEACIÓN Y GESTIÓN (MIPG)	MAJA01.04.03.P006.F002	
	ACTA DE LIQUIDACIÓN	VERSIÓN	004

Acta de Suspensión	N/A	N/A	---
Acta de Reanudación	N/A	N/A	---
Tiempo total de suspensión		N/A	---

4. MODIFICACIONES Y ACLARACIONES CONTRACTUALES

NÚMERO	TIPO	DETALLE
N/A	N/A	N/A

5. ESTADO JURÍDICO

NOVEDAD	No. RESOLUCIÓN	FECHA DE EJECUTORIA	OBSERVACIONES
Multas	N/A	N/A	---
Incumplimiento	N/A	N/A	---
Caducidad	N/A	N/A	---

5.1. OTROS

NOVEDAD	FECHA (dd/mm/aaaa)	OBSERVACIONES
Transacciones	N/A	---
Cesiones	N/A	---
Conciliaciones	N/A	---
Compensaciones	N/A	---
Otros (cuáles)		---

Este documento es propiedad de la Administración Central del Distrito de Santiago de Cali. Prohibida su copia, alteración o modificación por cualquier medio, sin previa autorización del Alcalde.

 ALCALDÍA SANTIAGO DE CALI GESTIÓN JURÍDICO ADMINISTRATIVA GESTIÓN CONTRACTUAL	MODELO INTEGRADO DE PLANEACIÓN Y GESTIÓN (MIPG) ACTA DE LIQUIDACIÓN	MAJA01.04.03.P006.F002	
		VERSIÓN	004

5. VERIFICACIÓN OBLIGACIONES SISTEMA DE SEGURIDAD SOCIAL Y RECURSOS PARAFISCALES.

El Supervisor verificó el cumplimiento de las obligaciones del Contratista al Sistema General de Seguridad Social y Aportes Parafiscales, de acuerdo con lo establecido en el artículo 50 de la Ley 789 de 2002.

5.1. PERSONA NATURAL

Verificación de la planilla de aportes correspondiente.

OBLIGACIÓN	NÚMERO DE PLANILLA Y FECHA DE PAGO A LA TERMINACIÓN DEL CONTRATO
Sistema de Salud, Sistema de Pensiones y Riesgos Laborales	N/A

5.2 PERSONA JURÍDICA

Verificación de certificación expedida por el Revisor Fiscal de acuerdo con los requerimientos de ley o por el Representante legal a la fecha de terminación del contrato.

FECHA (dd/mm/aaaa)	NOMBRE	CARGO
11/12/2023	MARTHA ESPERANZA GOMEZ	Revisora Fiscal

7. GARANTÍAS

Nota: Una vez el supervisor verifique las pólizas y sus respectivos anexos se encuentren aprobados, se debe relacionar el último anexo y su aprobación.

AMPAROS	GARANTE	No. GARANTÍA	VIGENCIA		INSUFICIENCIA	Fecha de aprobación de garantías
			Desde (dd/mm/aaa a)	Hasta (dd/mm/aaa a)		

 ALCALDIA DE SANTIAGO DE CALI GESTIÓN JURÍDICO ADMINISTRATIVA GESTIÓN CONTRACTUAL	MAJA01.04.03.P006 F002	
	MODELO INTEGRADO DE PLANEACIÓN Y GESTIÓN (MIPG)	
ACTA DE LIQUIDACIÓN		VERSIÓN C04

Cumplimiento del Contrato	Compañía mundial de seguros S. A	100290773 Anexo No. 0	25/10/2023	30/06/2024	S 99.997.532.60	3/11/2023
Pago de salarios, prestaciones sociales legales e indemnizaciones laborales	Compañía mundial de seguros S. A	100290773 Anexo No. 0	25/10/2023	31/12/2026	S 39.999.013.04	3/11/2023
Calidad del servicio	Compañía mundial de seguros S. A	100290773 Anexo No. 0	25/10/2023	30/06/2024	S 99.997.532.60	3/11/2023
Responsabilidad civil extracontractual	Compañía mundial de seguros S. A	100071354 Anexo No. 3	25/10/2023	31/12/2023	S 232.000.000.00	3/11/2023

8. CAUSAS DE TERMINACIÓN ANTICIPADA

CAUSA	OBSERVACIONES
N/A	N/A

9. DOCUMENTOS PARA LIQUIDAR

Forma parte integral de la presente liquidación los siguientes documentos:

- Contrato de Consultoría No. 4147.010.26.1.757 - 2023.
- Informe final de supervisión del Contrato de Consultoría No. 4147.010.26.1.757 - 2023 de fecha 22/12/2023
- Certificación expedida por la Representante Legal del pago de los aportes al sistema de seguridad social y parafiscales de fecha 11/12/2023

Las partes manifiestan que aceptan la liquidación del Contrato de Consultoría No. 4147.010.26.1.757 - 2023, a partir de la fecha de suscripción de la presente acta y se liberan mutuamente de cualquier otra obligación que pueda derivarse del negocio jurídico en mención, declarándose a paz y salvo por todo concepto.

Este documento es propiedad de la Administración Central del Distrito de Santiago de Cali. Prohibida su copia, alteración o modificación por cualquier medio, sin previa autorización del Alcalde.

 MUNICIPALIDAD DE SANTIAGO DE CALI GESTIÓN JURÍDICO ADMINISTRATIVA GESTIÓN CONTRACTUAL	MODELO INTEGRADO DE PLANEACIÓN Y GESTIÓN (MIPG)	MAJA01.04.03.P006.F002	
	ACTA DE LIQUIDACIÓN	VERSIÓN	004

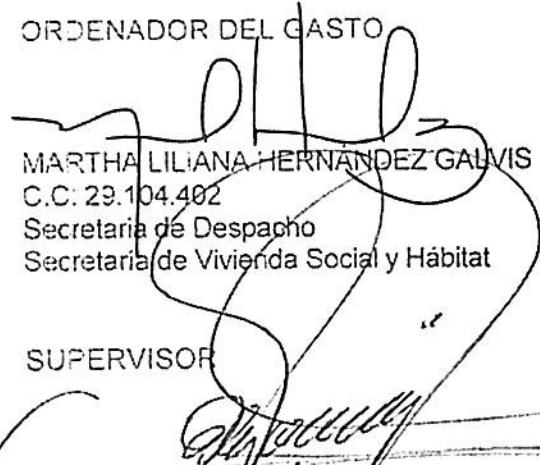
Por consiguiente, con la suscripción de la presenta acta quedan extinguidas todas las obligaciones surgidas entre SANTIAGO DE CALI DISTRITO ESPECIAL – Secretaria de Vivienda Social y Hábitat y el Contratista CONSULTORES EN INGENIERIA Y MEDIO AMBIENTE C I AMBIENTAL S.A.S, por concepto del Contrato de Consultoría No. 4147.010.26.1.757 – 2023.

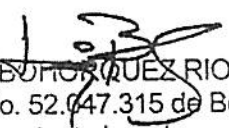
SALVEDADES: N/A.

Para constancia de lo anterior, se firma en Santiago de Cali, a los días del mes de diciembre de 2023

ORDENADOR DEL GASTO

CONTRATISTA


MARTHA LILIANA HERNÁNDEZ GALVIS
 C.C. 29.104.402
 Secretaria de Despacho
 Secretaria de Vivienda Social y Hábitat


LUCY BUITRAGO RIOS
 C.C. No. 52.647.315 de Bogotá D.C
 Representante Legal
CONSULTORES EN INGENIERIA Y MEDIO AMBIENTE C I AMBIENTAL S.A.S
 NIT. No. 817001435-9

SUPERVISOR


EDGAR RAMÍREZ DELGADO
 Subsecretario de Mejoramiento Integral y Legalización
 Secretaria de Vivienda Social y Hábitat

Proyecto: David López Giraldo – Contratista
 Carolina Guzmán García – Contratista
 Revisó: Emma Viviana Albarracín – Contratista
 Oscar Guzmán Calvaque – Contratista
 Irigoy Catherine Rubiano Zamorano – Jefe UAG



**ALCALDÍA DE
SANTIAGO DE CALI**

SECRETARÍA DE VIVIENDA
SOCIAL Y HABITAT

SECRETARÍA DE VIVIENDA SOCIAL Y HÁBITAT

ALCALDÍA DE SANTIAGO DE CALI



CONSULTORES EN INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE - CI AMBIENTAL S.A.S.

"REALIZAR CONSULTORÍA PARA LLEVAR ACABO ESTUDIOS Y DISEÑOS DE OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO, ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO Y ACCESIBILIDAD UNIVERSAL EN LAS COMUNAS 18 Y 19 DEL DISTRITO ESPECIAL DE SANTIAGO DE CALI. EN LA CONTRUCCIÓN DE OBRAS EN ZONAS DE LADERA AFECTADAS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN SANTIAGO DE CALI."

INFORME FINAL

**DICIEMBRE 2023
BOGOTÁ, D.C. – COLOMBIA**

Bogotá D.C., 18 de diciembre de 2023

Señores:

Secretaría de Vivienda Social y Hábitat.

ATN. MARTHA LILIANA HERNÁNDEZ GALVIS

Secretaría de despacho

Santiago de Cali, Valle del Cauca

REFERENCIA: CONTRATO No. 4147.010.26.1.757-2023" REALIZAR CONSULTORÍA PARA LLEVAR A CABO ESTUDIOS Y DISEÑOS DE OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO, ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO Y ACCESIBILIDAD UNIVERSAL EN LAS COMUNAS 18 Y 19 DEL DISTRITO ESPECIAL DE SANTIAGO DE CALI" EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS EN ZONAS DE LADERA AFECTADAS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN SANTIAGO DE CALI.

ASUNTO: RADICACIÓN DE INFORME FINAL

Respetados señores:

En el marco de la ejecución del estudio de la referencia, CI Ambiental se permite radicar el informe final.

El documento está compuesto por:

- 1 Informe Final (documento físico y 2 CD's medio magnético).
- 2 Carpetas AZ de Anexo C. Diseños (documento físico).

Sin otro al respecto, agradecemos su atención.

Formalmente,


JESÚS RAFAEL GARCÍA NÚÑEZ
DIRECTOR DE CONSULTORIA

Consultores en Ingeniería y Medio Ambiente - CI Ambiental S.A.S.

NIT: 817.001.435-9

CI-2-308-23

Elaboró: MGCL; Revisó: JRGN


ALCALDÍA DE
SANTIAGO DE CALI
Municipio de Santiago de Cali
No. 2023-4147010-011760-2
Asunto: RADICACIÓN DE INFORME FINAL
Fecha Radicado 18/12/2023 02:45:57
Usuario Radicador: JANETH GUEVARA Folios:
Destino Subsecretaría de Mejoramiento Integral y Legalización
Remite (EMP) CI AMBIENTAL ID: 817001435-9
Visite Nuestra Página - <http://www.cali.gov.co>
Santiago de Cali (Valle del Cauca) Cam Torre Alcaldía, Línea 195





**ALCALDÍA DE
SANTIAGO DE CALI**

SECRETARÍA DE VIVIENDA
SOCIAL Y HABITAT

SECRETARIA DE VIVIENDA SOCIAL Y HÁBITAT

ALCALDÍA DE SANTIAGO DE CALI



CONSULTORES EN INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE - CI AMBIENTAL S.A.S.

"REALIZAR CONSULTORÍA PARA LLEVAR ACABO ESTUDIOS Y DISEÑOS DE OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO, ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO Y ACCESIBILIDAD UNIVERSAL EN LAS COMUNAS 18 Y 19 DEL DISTRITO ESPECIAL DE SANTIAGO DE CALI. EN LA CONTRUCCIÓN DE OBRAS EN ZONAS DE LADERA AFECTADAS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN SANTIAGO DE CALI."

INFORME FINAL

**DICIEMBRE 2023
BOGOTÁ, D.C. – COLOMBIA**

CONTENIDO

1	ALCANCES.....	12
2	ZONA DE ESTUDIO.....	13
3	Preliminares e Información Básica	16
3.1	Recolección de Información Secundaria.....	16
3.1.1	Realizar consultoría para llevar a cabo estudios detallados de amenazas, vulnerabilidad y riesgos por movimientos en masa en el sector de Brisas de los Cristales en la zona de la ladera en el distrito especial de Santiago de Cali (2022).....	16
3.1.2	Zonificación de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Movimientos en masa en polígonos priorizados Municipio de Cali – Valle del Cauca Escala 1:2000.....	16
4	Levantamiento Topográfico	19
4.1	Funcionamiento	20
4.2	Procedimiento.....	20
4.3	Radiación.....	20
4.4	Equipos y materiales	21
4.5	Procesamiento de la topografía	21
4.6	Datos recolectados.....	22
4.7	RESULTADOS	22
4.7.1	carteras procesadas.....	22
4.7.2	Convenciones utilizadas	25
4.7.3	Elaboración de planos	26
4.7.4	Planos de la comuna 18.....	26
5	Exploración Geológica y Geotécnica.....	28
5.1	Sondeos manuales a percusión	31
5.1.1	Equipos.....	31
5.1.2	Perforación	32
5.1.3	Ensayo de Penetración Estándar (SPT)	32
5.1.4	Parámetros de Resistencia	34
5.2	Exploración con tubo Shelby	37

5.3	Apiques.....	37
6	Caracterización Geotécnica.....	38
6.1	Ensayos de Laboratorio.....	38
6.1.1	Humedad Natural.....	39
6.1.2	Corte Directo.....	39
6.1.3	Granulometría por tamizado.....	40
6.1.4	Límites de consistencia.....	40
7	Hidrología.....	42
7.1	Hietogramas de Diseño.....	43
8	Modelación Hidráulica.....	52
8.1	Modelacion Hidraulica en 2D (RiverFlow2D).....	53
8.2	Generación de malla y determinación de elevaciones.....	53
8.3	Coeficiente de Manning.....	55
8.4	Infiltración.....	56
8.5	Lluvia críticas – Evapotranspiración.....	57
8.6	Condiciones de frontera y particularidades.....	58
9	Diseño de estructuras hidráulicas.....	59
10	Diseño geotécnico muros de contención.....	65
10.1	Empujes del terreno.....	66
10.2	Coeficientes de presión lateral de tierra.....	66
10.3	Coeficientes Sismicos.....	67
10.4	Capacidad Portante.....	67
10.5	Materiales De Construcción Muros de Contención.....	68
11	Diseños de obras de mitigación.....	68
11.1	Comuna 18.....	69
11.1.1	Sitio 1.....	69
11.1.2	Sitio 2.....	73
11.1.3	Sitio 3.....	75
11.1.4	Sitio 4.....	77

11.1.5	Sitio 5.....	79
11.1.6	Sitio 6.....	80
11.1.7	Sitio 7.....	81
11.1.8	Sitio 8.....	83
11.1.9	Sitio 9.....	85
11.1.10	Sitio 10.....	97
11.1.11	Sitio 11.....	101
11.1.12	Sitio 12.....	102
11.1.13	Sitio 13.....	120
11.1.14	Sitio 14.....	125
11.1.15	Sitio 15.....	130
11.1.16	Sitio 16.....	131
11.2	Comuna 19	137
11.2.1	Sitio 1.....	137
11.2.2	Sitio 2.....	139
11.2.3	Sitio 3.....	143
11.2.4	Sitio 4 y Sitio 5	146
11.2.5	Sitio 6.....	148
11.2.6	Sitio 7.....	150
11.2.7	Sitio 8.....	152
12	Diseño Estructural de Obras.....	154
12.1	Escaleras.....	154
12.1.1	Materiales de construcción	154
12.1.2	Diseño de Losas de las Escaleras	154
12.1.3	Diseño de losas de los Canales	155
13	CANTIDADES Y Presupuesto de Obra	156
14	Especificaciones técnicas.....	158
15	Conclusiones	158

FIGURAS

Figura 2.1 Puntos de interés de la comuna 18	14
Figura 2.2 Puntos de interés de la comuna 19	15
Figura 3.1 Exploración existente en la Comuna 18 Municipio Santiago de Cali.....	17
Figura 3.2 Exploración existente en la Comuna 19 Municipio Santiago de Cali.....	18
Figura 4.1 Levantamiento topográfico	19
Figura 4.2 Levantamiento Por Radiación.....	21
Figura 4.3 Software	22
Figura 4.4 Software	22
Figura 5.4.5 Tramo 1	27
Figura 5.4.6 Tramo 2	27
Figura 5.4.7 Tramo 3	28
Figura 5.1 Exploración Geotécnica en la Comuna 18	29
Figura 5.2 Exploración Geotécnica en la Comuna 19	30
Figura 5.3 Esquematización general del sondeo de penetración Estándar y equipos.	31
Figura 5.4 Toma muestra o cuchara partida.....	31
Figura 5.5 Registro de perforación de la C18-P-12 en Strater.	33
Figura 5.6 Muestras shelby obtenidas en la exploración	37
Figura 5.7 Ejecución de apiques Apique 13 de la Comuna 18	38
Figura 6.2 Envoltorio de Resistencia Obtenida del Ensayo de Corte Directo sobre LA Apique 8 – muestra3	40
Figura 6.3 Curva granulométrica de perforación C18-P-05 de la muestra 5.....	40
Figura 6.4 Ensayo de Límites Líquido y Plástico.....	41
Figura 6.5 Resultados obtenidos en la perforación C18-P12 de la muestra 1	41
Figura 7.1 Ubicación de estaciones pluviométricas.....	42
Figura 7.2 Curvas Intensidad - Duración - Frecuencia IDEAM, Estación Universidad del Valle	43
Figura 7.3 Hietograma de profundidades – Estación Universidad del Valle.	50
Figura 7.4 Hietograma de intensidades - Estación Universidad del Valle.	52
Figura 8.1 Malla de elementos finitos – Comuna 18	54
Figura 8.2 Malla de elementos finitos – Comuna 19	54

Figura 4.5 Infiltraciones Comuna 18.....	56
Figura 4.6 Infiltraciones Comuna 19.....	57
Figura 4.7 Hietograma de intensidades – Universidad del Valle	57
Figura 4.8 Condiciones de frontera Comuna 18 – Sitio 1y Comuna 19 – Sitio 4	58
Figura 5.1 Variables para el diseño de una rápida escalonada.....	59
Figura 5.2. Dimensionamiento Escalera 2 - Comuna 18.	63
Figura 5.3. Perfil escalera 2 - Comuna 18.	64
Figura 5.4. Dimensiones Rápida Escalonada - Escalera 2 - Comuna 18.	64
Figura 5.5. Dimensionamiento Escalera 2 - Comuna 19.	65
Figura 7.1 Panorama actual de las escaleras del sitio 1 de la Comuna 18.....	70
Figura 7.2 Perfil y vista en planta del diseño geométrico de la escalera	70
Figura 7.3 Perfil isométrico a escala 1:50 de la escalera del sitio 1 de la comuna 18.....	71
Figura 7.4 Perfil longitudinal del diseño del canal.....	71
Figura 7.5 Perfil en planta de la escalera del sitio 1 de la Comuna 18.....	72
Figura 7.6 Panorama actual del sector	73
Figura 7.7 Perfil longitudinal del canal 2	74
Figura 7.8 Isométrico con dimensiones del canal 2.....	74
Figura 7.9 Panorama actual de las escaleras del sitio 3 de la Comuna 18.....	75
Figura 7.10 Perfil y vista en planta del diseño geométrico de la escalera	76
Figura 7.11 Perfil isométrico	76
Figura 7.12 Panorama actual del sector	77
Figura 7.13 Evolución de la protección de los mantos para control de erosión con crecimiento de vegetación. Tomado de https://geomatrix.sfo2.digitaloceanspaces.com/web/terratrac.pdf	78
Figura 7.14 Manto verde para control de erosión y estabilidad. Punto 4, Comuna 18	78
Figura 7.15 Panorama actual del sitio 5 de la comuna 18	79
Figura 7.16 Perfil y vista en planta del diseño geométrico de la escalera	79
Figura 7.17 Panorama actual del sector	80
Figura 7.18 Perfil y vista en planta del diseño geométrico de la escalera	81
Figura 7.19 Panorama actual del sitio 7 de la comuna 18	82
Figura 7.20 Perfil y vista en planta del diseño geométrico de la escalera	82

Figura 7.21 Perfil Longitudinal de los canales	83
Figura 7.22 Diseño de SUDS sitio 7 Comuna 18.....	83
Figura 7.23 Panorama actual del sector	84
Figura 7.24 Perfil y vista en planta del diseño geométrico de la escalera	84
Figura 7.25 Perfil longitudinal del canal	85
Figura 7.26 Panorama actual del sector	86
Figura 7.27 Dimensiones muro Cantiléver Comuna 18, Punto 9 (H=4.8m)	87
Figura 7.28 Factor de seguridad por estabilidad global caso estático. Comuna 18, punto 9 H=4.8m	90
Figura 7.29 Factor de seguridad por estabilidad global caso pseudoestático. Comuna 18, punto 9 H=4.8m	90
Figura 7.30 Panorama actual del sitio 10 de comuna 18.....	98
Figura 7.31 Sección muro en gaviones, Comuna 18, Punto 10 (H=4m)	98
Figura 7.32 Zona de implantación gaviones comuna 18, punto 10 H=4m.....	99
Figura 7.33 Panorama actual del sitio 11	101
Figura 7.34 Diseño de SUDS	102
Figura 7.35 Panorama actual del sitio 12	102
Figura 7.36 Dimensiones muros Cantiléver Comuna 18, Punto 12 (H=2.60m y H=3.15m).....	103
Figura 7.37 Factor de seguridad por estabilidad global caso estático. Comuna 18, punto 9 H=3.15m ...	109
Figura 7.38 Factor de seguridad por estabilidad global caso pseudoestático. Comuna 18, punto 9 H=3.15m	109
Figura 7.39 Corte esquemático losas. Comuna 18, Punto 12	116
Figura 7.40 Perfil y vista en planta del diseño geométrico de la escalera	119
Figura 7.41 Perfil longitudinal del canal	120
Figura 7.42 Panorama actual de las escaleras del sitio 13.....	121
Figura 7.43 Panorama actual del muro en gaviones del sitio	121
Figura 7.44 Perfil Longitudinal y escalinata en planta	122
Figura 7.45 Perfil Longitudinal de canal	122
Figura 7.46 Sección muro en gaviones, Comuna 18, Punto 13 (H=2.5m)	123
Figura 7.47 Zona de implantación de los gaviones comuna 18, punto 13. H=2.5m	123
Figura 7.48 Panorama actual del sitio	125

Figura 7.49 Perfil y vista en planta del diseño geométrico de la escalera	126
Figura 7.50 Perfil longitudinal del canal	126
Figura 7.51 Sección muro en gaviones, Comuna 18, Punto 14. K+002	127
Figura 7.52 Sección muro en gaviones, Comuna 18, Punto 14. K+004	127
Figura 7.53 Zona de implantación muro en gavión, comuna 18 punto 15 H=3.5m	128
Figura 7.54 Panorama actual del sector	130
Figura 7.55 Diseño de SUDS	131
Figura 7.56 Perfil Isométrico	131
Figura 7.57 Panorama actual del sitio	132
Figura 7.58 Sección muro en gaviones, Comuna 18, Punto 16, k+005 (H=2m)	132
Figura 7.59 Sección muro en gaviones, Comuna 18, Punto 16, k+015 (H=1.5m)	133
Figura 7.60 Vista en planta comuna 18, punto 16	133
Figura 7.61 Perfil longitudinal comuna 18, punto 16	134
Figura 7.62. Talud inestable en la Comuna 19.....	138
Figura 7.63. Diseño de Malla de Alta resistencia. Estabilización Talud, comuna 19.	139
Figura 7.64. Ubicación en planta de Malla de Alta Resistencia.	139
Figura 7.65. Muro artesanal - Estado actual.....	140
Figura 7.66 Dimensionamiento de Malla de acero de alta Resistencia.	141
Figura 7.67 Ubicación en malla de Alta resistencia - Comuna 19.....	141
Figura 7.68 Perfil longitudinal y en planta de las escaleras del sitio 2.....	142
Figura 7.69 Perfil longitudinal de canal 2	142
Figura 7.70 Panorama actual del sector	143
Figura 7.71 Perfil longitudinal y en planta de las escaleras del sitio 3.....	144
Figura 7.72 Perfil longitudinal del canal 3	144
Figura 7.73 Diseño de SUDS	145
Figura 7.74 perfil isometrico del suds	145
Figura 7.75 Manto verde para control de erosión y estabilidad. Punto 3, Comuna 19	146
Figura 7.76 Panorama actual del sector 4 y 5.....	147
Figura 7.77 Perfil longitudinal y en planta de las escaleras del sitio 4 y 5	147

Figura 7.78 Perfil longitudinal del canal	148
Figura 7.79 Panorama actual del sector	149
Figura 7.80 Perfil longitudinal y en planta del sector 4 y 5.....	149
Figura 7.81 Perfil longitudinal del canal del sitio 6.....	150
Figura 7.82 Panorama actual del sector	151
Figura 7.83 Perfil longitudinal y planta del sitio 7	151
Figura 7.84 Perfil longitudinal del sitio 7	152
Figura 7.85. Estado deteriorado de las bolsas de tierra artesanales.	152
Figura 7.86. Dimensionamiento de Malla de alta Resistencia.	153
Figura 7.87 Implantación de malla de alta resistencia. Sector 8, Comuna 19.	153

TABLAS

Tabla 3.1 Parámetros de resistencia de acuerdo a su UGI	18
Tabla 3.2 Parámetros de resistencia de acuerdo a su UGI	19
Tabla 4.1. Datos Postprocesos	25
Tabla 4.2. Convenciones	26
Tabla 5.1 Particularidades de los sondeos manuales	32
Tabla 5.2 Parámetros de resistencia Sondeo CI8-P-09	35
Tabla 5.3 Parámetros de resistencia Sondeo CI8-P-12	35
Tabla 5.4 Parámetros de resistencia Sondeo CI8-P-05	35
Tabla 5.5 Parámetros de resistencia Sondeo CI8-P-14	36
Tabla 5.6 Parámetros de resistencia Sondeo CI9-P-01	36
Tabla 5.7 Características generales de apiques	37
Tabla 6.1 Ensayos ejecutados.....	38
Tabla 3.1 Intensidad de lluvia para un t= 4 horas.....	44
Tabla 3.2 Profundidades acumuladas de lluvias críticas (mm)	45
Tabla 3.3 Profundidades diferenciales de lluvias críticas	47
Tabla 3.4 Hietograma	49
Tabla 3.5 Intensidades de lluvias críticas.....	50

Tabla 4.1 Caudales picos – Comuna 18	58
Tabla 4.2 Caudales pico – Comuna 19	58
Tabla 7.1 Puntos generales de diseño de obras	68
Tabla 7.2 Parámetros geotécnicos y dimensiones del muro cantiléver Comuna 18, Punto 9 (H=4.8m) ...	87
Tabla 7.3 Empujes y momentos determinados para volcamiento, deslizamiento y capacidad portante, cantiléver Comuna 18, Punto 9 (H=4.8m) condición estática.....	88
Tabla 7.4 Empujes y momentos determinados para volcamiento, deslizamiento y capacidad portante, cantiléver Comuna 18, Punto 9 (H=4.8m) condición pseudoestática.....	89
Tabla 7.5 Diseño de muro 4.80 m	92
Tabla 7.6 Parámetros geotécnicos muro en gaviones, comuna 18 punto 10 (H=4m)	99
Tabla 7.7 Evaluación estática de deslizamiento, volcamiento y capacidad portante comuna 18, punto 10 H=4m.....	100
Tabla 7.8 Evaluación pseudoestática de deslizamiento, volcamiento y capacidad portante comuna 18, punto 10 H=4m	100
Tabla 7.9 Parámetros geotécnicos y dimensiones del muro cantiléver Comuna 18, Punto 12 (H=2.60m)	104
Tabla 7.10 Parámetros geotécnicos y dimensiones del muro cantiléver Comuna 18, Punto 12 (H=3.15m)	104
Tabla 7.11 Empujes y momentos determinados para volcamiento, deslizamiento y capacidad portante, cantiléver Comuna 18, Punto 12 (H=2.60m) condición estática.....	105
Tabla 7.12 Empujes y momentos determinados para volcamiento, deslizamiento y capacidad portante, cantiléver Comuna 18, Punto 12 (H=2.60m) condición pseudoestática.....	106
Tabla 7.13 Empujes y momentos determinados para volcamiento, deslizamiento y capacidad portante, cantiléver Comuna 18, Punto 12 (H=3.15m) condición estática.....	107
Tabla 7.14 Empujes y momentos determinados para volcamiento, deslizamiento y capacidad portante, cantiléver Comuna 18, Punto 12 (H=3.15m) condición pseudoestática.....	108
Tabla 7.15 Espesor mínimo de losa voladizo – NSR 10.....	116
Tabla 7.16 Chequeo de deflexiones y refuerzo mínimo a momento positivo	117
Tabla 7.17 Parámetros geotécnicos muro en gaviones, comuna 18 punto 13 (H=2.5)	124
Tabla 7.18 Evaluación estática de deslizamiento, volcamiento y capacidad portante comuna 18, punto 13 H=2.5m.....	124
Tabla 7.19 Evaluación pseudoestática de deslizamiento, volcamiento y capacidad portante comuna 18, punto 13 H=2.5m	125
Tabla 7.20 Parámetros geotécnicos muro en gaviones, comuna 18 punto 14 (H=3.5m)	128

Tabla 7.21 Evaluación estática de deslizamiento, volcamiento y capacidad portante comuna 18, punto 14 H=3.5m.....	129
Tabla 7.22 Evaluación pseudoestática de deslizamiento, volcamiento y capacidad portante comuna 18, punto 14 H=3.5m	129
Tabla 7.23 Parámetros geotécnicos muro en gaviones, comuna 18 punto 10, k+005 (H=2m).....	134
Tabla 7.24 Parámetros geotécnicos muro en gaviones, comuna 18 punto 16, k+015 (H=1.5m).....	135
Tabla 7.25 Evaluación estática de deslizamiento, volcamiento y capacidad portante comuna 18, punto 16 k+005	135
Tabla 7.26 Evaluación pseudoestática de deslizamiento, volcamiento y capacidad portante comuna 18, punto 16 k+005	136
Tabla 7.27 Evaluación estática de deslizamiento, volcamiento y capacidad portante comuna 18, punto 16 k+015	136
Tabla 7.28 Evaluación pseudoestática de deslizamiento, volcamiento y capacidad portante comuna 18, punto 16 k+015	137
Tabla 8.1 Diseño de loseta de 17.5cm.....	155
Tabla 8.2 Diseño de loseta de 10cm.....	155

“REALIZAR CONSULTORÍA PARA LLEVAR ACABO ESTUDIOS Y DISEÑOS DE OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO, ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO Y ACCESIBILIDAD UNIVERSAL EN LAS COMUNAS 18 Y 19 DEL DISTRITO ESPECIAL DE SANTIAGO DE CALI. EN LA CONTRUCCIÓN DE OBRAS EN ZONAS DE LADERA AFECTADAS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN SANTIAGO DE CALI.”

En el marco de las labores de diseño de obras de mitigación, que se desarrollan por el compromiso adquirido por CI Ambiental con la SECRETARÍA DE VIVIENDA SOCIAL Y HÁBITAT, por medio del proceso No. 4147.010.32.1.660-2023, CI AMBIENTAL S.A.S elabora este informe en el que se recuentan las principales particularidades que se destinan a la consecución del objetivo.

informe se recuentan las actividades que se han llevado a cabo, se mencionan sus pormenores y se entregan sus resultados.

En adelante, se mencionan los alcances del estudio, los procedimientos aplicados, las mayores relevancias que han encerrado las actividades de perforación geotécnica, laboratorio, topografía y fase de diseño.

1 ALCANCES

El contrato, teniendo como fundamento las especificaciones técnicas previstas para el proyecto, contempla las cantidades que se relacionan en este numeral.

- Levantamiento topográfico detallado de las zonas de interés.
- Desarrollar exploraciones geotécnicas con equipo de sondeos manuales a percusión, 30,0 metros lineales de sondeos manuales con avance por percusión distribuidos en 4 sondeos en la comuna 18, y un sondeo en la comuna 19, cuyas profundidades eran de mínimo 6.0 metros de longitud o hasta donde por norma nos de rechazo por cantidad de golpes (número de golpes superior a 50)
- Obtener muestras de los materiales geológicos perforados para su descripción visual y para la ejecución de ensayos geotécnicos de laboratorio que permitan obtener propiedades de clasificación, parámetros de resistencia y parámetros de deformabilidad.
- Identificar la profundidad del nivel de agua detectada en cada una de las exploraciones directas ejecutadas.
- Obras de estabilización y de reforzamiento de infraestructuras, las cuales deben ser prediseñadas sobre la cartografía a nivel de diseño, con las especificaciones técnicas y presupuestos de construcción.

Las cantidades de ensayos de laboratorio son como sigue:

- Humedad Natural: 24 Ensayos inicialmente contemplados.
- Granulometría por tamizado con lavado: 18 ensayos
- Límites de consistencia: 19 ensayos
- Corte directo - CD, parámetros pico y residual: 8 ensayos

2 ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio se ubica en la Figura 2.1 y en la Figura 2.2, conformado por los siguientes barrios en la comuna 18: Alto de polvorines, Alto Jordán, Arboleda y Pampas del Mirador; y en la comuna 19: Brisas de Cristales



Figura 2.1 Puntos de interés de la comuna 18



Figura 2.2 Puntos de interés de la comuna 19

3 PRELIMINARES E INFORMACIÓN BÁSICA

3.1 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

De acuerdo a las necesidades de la comunidad en la comuna 18 y comuna 19 del Municipio de Santiago de Cali, las entidades nacionales, departamentales y municipales han realizado estudios específicos para estas zonas. A continuación, se describen los más importantes que tienen como objetivo establecer la descripción de la problemática.

3.1.1 Realizar consultoría para llevar a cabo estudios detallados de amenazas, vulnerabilidad y riesgos por movimientos en masa en el sector de Brisas de los Cristales en la zona de la ladera en el distrito especial de Santiago de Cali (2022)

Este estudio fue desarrollado por la firma JAM INGENIERÍA, destacándose los siguientes aspectos:

- Levantamiento LIDAR de la zona de estudio.
- Geología y Geomorfología a escala detallada.
- Exploración del subsuelo de las diferentes unidades geológicas aflorantes en la zona de estudio.
- Caracterización geotécnica de las diferentes unidades de roca aflorantes en la zona de estudio.
- Análisis hidrológico e hidráulico de la zona de estudio.
- Generación del mapa de amenazas por fenómenos de remoción en masa.
- Evaluación de vulnerabilidad de las edificaciones presentes en la zona de estudio.
- Evaluación del nivel de riesgo a que se encuentran expuestos tanto las viviendas como la infraestructura del sector.
- Plan de medidas de intervención no estructurales en la zona de estudio.
- Anexo de datos crudos LiDar, los cuales son tomados de referencia para la verificación de los levantamientos topográficos.

3.1.2 Zonificación de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Movimientos en masa en polígonos priorizados Municipio de Cali – Valle del Cauca Escala 1:2000

Este informe presenta los diversos factores condicionantes que influyen en la evaluación de amenaza, que abarca unidades geológicas superficiales, elementos geomorfológicos, inventarios de procesos morfodinámicos, cobertura y uso de suelo. Además, se consideran los factores detonantes de Agua y precipitaciones, y modelo geológico-geotécnico, Estos elementos proporcionan la base para la evaluación de la amenaza.

En relación con la evaluación de la Vulnerabilidad, se realiza un análisis de las viviendas de la zona, la identificación, localización y caracterización de los elementos expuestos, el cálculo de la fragilidad, intensidad y por último la zonificación de la vulnerabilidad. Y así mismo, se realiza la evaluación del riesgo y, de acuerdo con su calificación, se proponen medidas de mitigación acompañadas de un análisis urbanístico y se modelan nuevamente la amenaza, vulnerabilidad y riesgo de manera que los tomadores de decisiones tengan elementos para evaluar si es beneficioso aplicar las medidas planteadas. De este informe se destaca lo siguiente:

- “Las Unidades Geotécnicas Homogéneas y sus correspondientes UGI establecidas en el área de estudio a escala 1:2000.” Pag 283 - 284
- “En la tabla 76 se presentan las propiedades geomecánicas, en especial peso unitario y resistencia al corte para condiciones pico, para cada una de las UGH previamente establecidas a partir de la caracterización geomecánica.” pag 290
- LiDar y archivos crudos del polígono sur de la Comuna 18

Los anteriores informes aportan información valiosa para la realización del presente estudio, desde columnas estratigráficas para los estudios que realizaron ensayos directos en indirectos del suelo, como clasificación y caracterización del suelo para las muestras a las cuales se le realizaron ensayos. Adicionalmente se utilizan los insumos de esos informes como puntos comparativos o puntos de partida para diseños y modelaciones necesarias para las necesidades del contrato presente.

En este sentido se consolidó la información de exploración ejecutada para la zona de estudio, a partir de los proyectos suministrados por la Alcaldía de Santiago de Cali y adicionalmente algún proyecto ejecutado por CI Ambiental S.A.S., a partir de los cuales se obtiene un panorama preliminar de zonas exploradas (Véase la Figura 3.1 y la Figura 3.2).

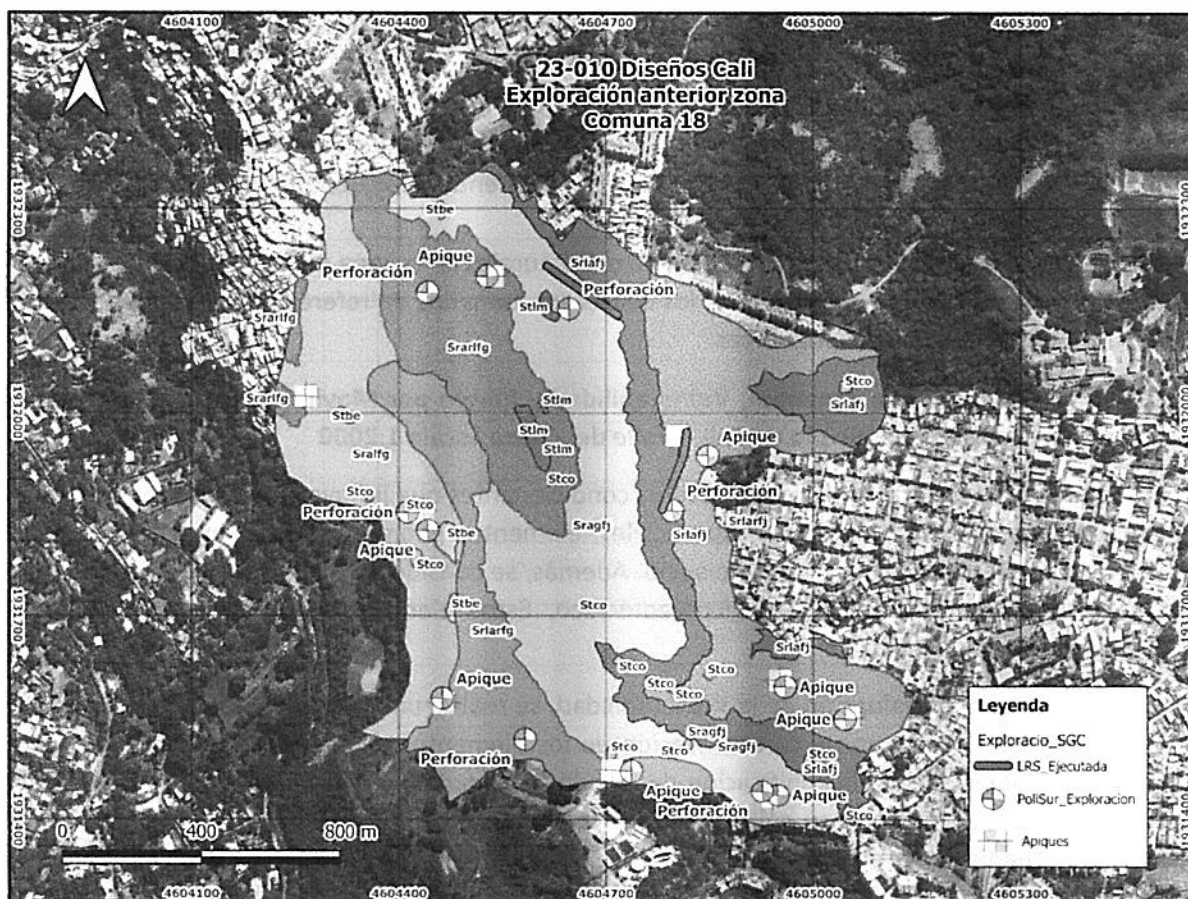


Figura 3.1 Exploración existente en la Comuna 18 Municipio Santiago de Cali

Tabla 3.1 Parámetros de resistencia de acuerdo a su UGI

Comuna 18												
PUNTO DE INTERES	UGI	UGH	PARAMETROS									
			P.U (gr/cm3)	desv (kg/cm3)	Cohesión Pico (kg/cm2)	desv (kg/cm2)	Angulo fricción pico	desv	cohesión (kg/cm2)	angulo de fricción	qu (Kg/cm2)	desv (Kg/cm2)
1	Suelo residual areno gravoso de la fm Jamundí	ZH9-10	1,91	0,24	0,38	0,31	29,75	9,4	0,04	35,31	0,65	-
2												
3												
4												
6												
10	Suelo residual limo arcilloso de la Fm. Guachinte	zh6-8	1,88	0,19	0,28	0,18	29,81	7,82	0,28	13,94	1,29	0,64
16												
7	Suelo residual limo arenoso de la Fm. Jamundí	ZH9-10	1,91	0,24	0,38	0,31	29,75	9,4	0,04	35,31	0,65	-
8												
9	Suelo residual arcillo limoso de la Fm. Guachinte	zh6-8	1,88	0,19	0,28	0,18	29,81	7,82	0,28	13,94	1,29	0,64
12												
15	Suelo residual limo arcilloso de la Fm. Jamundí	ZH9-10	1,91	0,24	0,38	0,31	29,75	9,4	0,04	35,31	0,65	-
13												
14	Fuera del estudio SGC											
11												

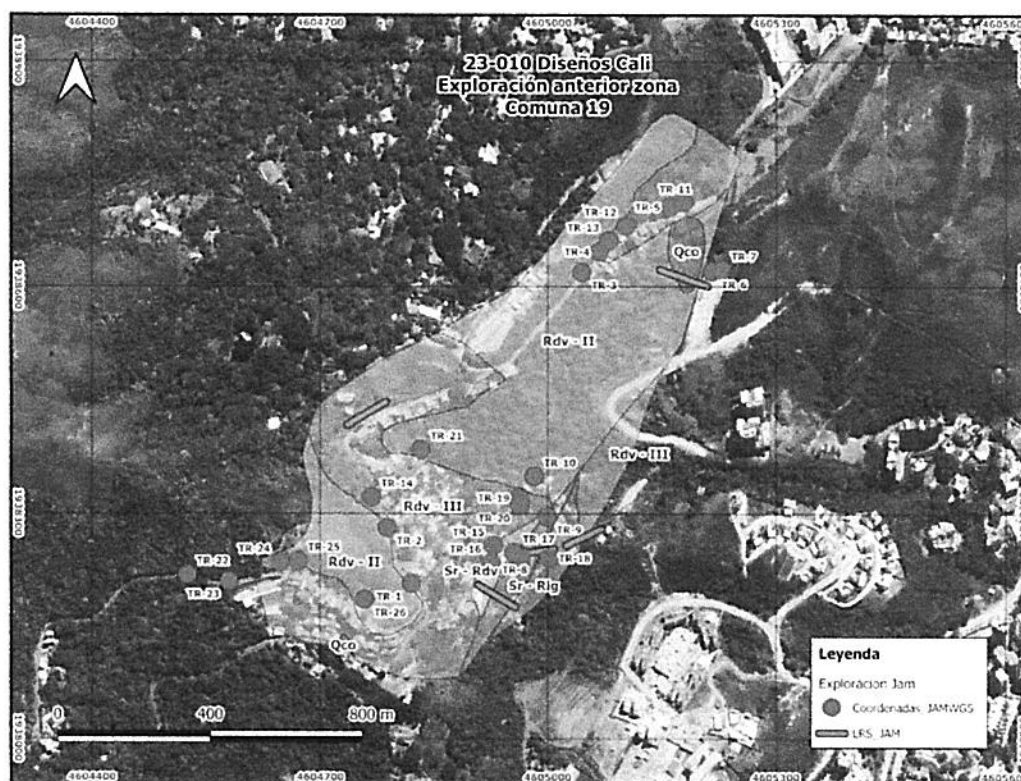


Figura 3.2 Exploración existente en la Comuna 19 Municipio Santiago de Cali

Tabla 3.2 Parámetros de resistencia de acuerdo a su UGI

Material	D ₅₀	Rig. dirección	GSI mín	GSI máx	γ _s (kN/m³)	Q _u (MPa) mín	Q _u (MPa) máx	Q _u (MPa) Diseño	Lectura Martillo	γ _t (T/m³)	φ _u (°)
Rdv-II Macizo rocoso			70	75	72,5	66	255	76,4	57	2,42	52
Rdv-II D1	51	295				28,0	100,0	62,0	49,0		49
Rdv-II D2	27	123				15,0	39,0	23,0	28,6		42
Rdv-II D3	90	194				15,0	66,0	44,3	40,5		46
Rdv-II D4	74	136				28,0	70,0	45,0	40,0		46
Rdv-II D5	49	049				15,0	39,0	23,0	28,6		42
Rdv-III Macizo rocoso			40	50	45	32	138	45	34	2,28	44
Rdv-III D1	51	295				1	19	4,6	13,6		32
Rdv-III D2	27	123				9,0	32,0	20,7	27,3		40
Rdv-III D3	90	194				1	19	4,6	13,6		32
Rdv-III D4	74	136				1	19	4,6	13,6		32
Rdv-III D5	49	049				1	19	4,6	13,6		32
Rig-III Macizo rocoso			35	60	47,5	10,5	62	37	34	2,13	32
Rig-III Estratificación	75	124				1	32	4,5	15,3		21
Rig-III D1	58	209				1	9	3,75	15,7		21
Rig-III D2	31	334				1	22	4,23	15		21
Rig-III D3	85	193				4	22	12,25	21,7		25

4 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Identificados las unidades geotécnicas homogéneas, donde se encuentran ubicadas los sitios a diseñar, se procedió al levantamiento topográfico con estación total de los sectores de interés. El levantamiento se ejecutó mediante una comisión de topografía, la cual cubrió la totalidad de los tramos identificados por la Alcaldía de Cali. A continuación, se presenta la metodología de trabajo para la ejecución de las actividades de campo. La Figura 4.1 evidencia el equipo utilizado en campo en la comuna 18 y comuna 19 de Santiago de Cali.



Figura 4.1 Levantamiento topográfico

4.1 FUNCIONAMIENTO

- Las lecturas de distancia se realizan mediante una onda electromagnética portadora (generalmente microondas o infrarrojos) con distintas frecuencias que rebota en un prisma ubicado en el punto a medir y regresa, tomando el instrumento el desfase entre las ondas. Algunas estaciones totales presentan la capacidad de medir "a sólido", lo que significa que no es necesario un prisma reflectante.
- Este instrumento permite la obtención de coordenadas de puntos respecto a un sistema local o arbitrario, como también a sistemas definidos y materializados. Para la obtención de estas coordenadas el instrumento realiza una serie de lecturas y cálculos sobre ellas y demás datos suministrados por el operador.
- Las lecturas que se obtienen con este instrumento son las de ángulos verticales, horizontales y distancias.
- Otra particularidad de este instrumento es la posibilidad de incorporarle datos como coordenadas de puntos, códigos, correcciones de presión y temperatura, etc.
- La precisión de las medidas es del orden de la diezmilésima de gonio en ángulos y de milímetros en distancias, pudiendo realizar medidas en puntos situados entre 2 y 5 kilómetros según el aparato y la cantidad de prismas usada.

4.2 PROCEDIMIENTO

- Se coloca los tres tornillos nivelantes a una misma altura.
- Se atornilla el instrumento sobre el plato del trípode, luego se clavará una de las tres patas del trípode en lo posible que estas tres patas formen un triángulo equilátero cuyo centro sea la estaca.
- Cogiendo con ambas manos las dos patas que no han sido clavadas y observando por la plomada óptica, se realiza la coincidencia del punto topográfico (estaca) con el centro de la plomada óptica, momento en el cual se colocará sobre el terreno las patas que se las tiene suspendidas.
- Se nivela el nivel circular subiendo o bajando las patas del trípode.
- Se nivela el nivel tubular usando los tornillos nivelantes del instrumento del siguiente modo:
- Se coloca el instrumento de tal manera que el eje del nivel tubular quede paralelo al eje que formaran dos tornillos nivelantes cualesquiera.
- Haciendo girar estos dos tornillos hacia adentro o afuera se nivelará el nivel tubular.
- Luego se gira la estación total 90° (a la derecha o a la izquierda) y se nivela nuevamente el nivel tubular con el tornillo que no se ha movido anteriormente.

4.3 RADIACIÓN

La radiación es un método Topográfico que permite determinar coordenadas (X, Y, Z) desde un punto fijo llamado polo de radiación. Para situar una serie de puntos A, B, C, se estaciona el instrumento en un punto O y desde él se visan direcciones OA, OB, OC, OD, tomando nota de las lecturas acimutales y cenitales, así como de las distancias a los puntos y de la altura de instrumento y de la señal utilizada para materializar el punto visado. Los datos previos que requiere el método son las coordenadas del punto de estación y el acimut (o las coordenadas, que permitirán deducirlo) de al menos una referencia. Si se ha de enlazar con trabajos topográficos anteriores, estos datos previos habrán de ser los

proporcionados antes de comenzar el trabajo, si los resultados para los que se ha decidido aplicar el método de radiación pueden estar en cualquier sistema, estos datos previos podrán ser arbitrarios.

La Figura 4.2 representa un bosquejo del proceso de la radiación.

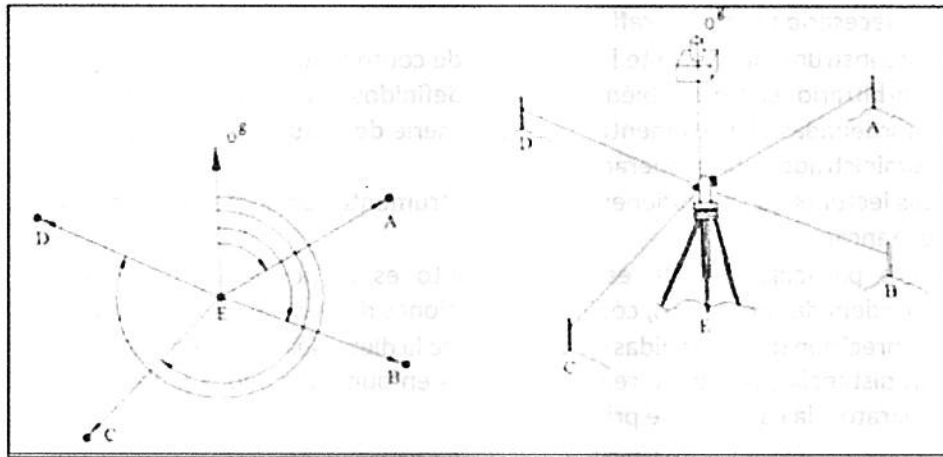


Figura 4.2 Levantamiento Por Radiación

4.4 EQUIPOS Y MATERIALES

El desarrollo de las actividades de campo requiere la implementación de las herramientas que se relacionan en lo que sigue:

- Estación Total
- Trípode
- Bastón
- Prisma
- Mini prisma
- Herramienta menor (pintura, puntillas, plomadas, entre otras)

4.5 PROCESAMIENTO DE LA TOPOGRAFÍA

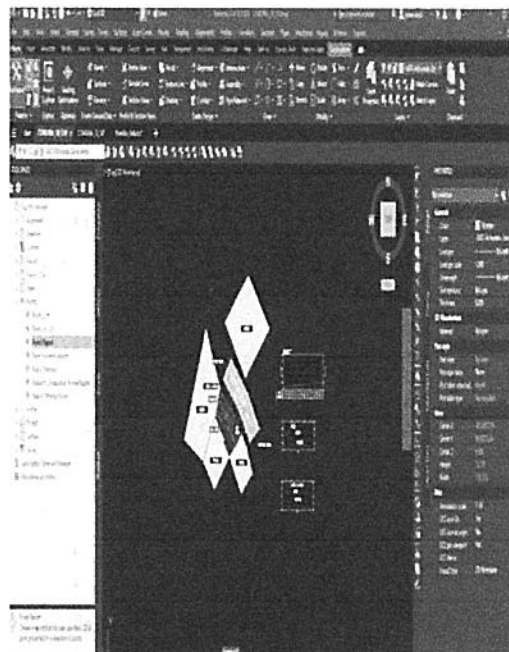
El procesamiento de los datos topográficos se realizó en forma paralela a los trabajos de campo a fin de representar fidedignamente el terreno, aclarando puntos críticos con el personal de campo y de oficina y complementando la información tomada en campo.

El software utilizado para el procesamiento topográfico es el siguiente:

- Topcon Link versión 7.5, desarrollado por Topcon Corporación., software de procesamiento, utilizado para descarga de datos de estación de marca TOPCON (véase la Figura 4.3).
- Civil 3D 2024, desarrollado por Autodesk Inc., software topográfico, utilizado para el procesamiento de la información topográfica (véase la Figura 4.3).

Punto	Descripción	Fuente	Elevación	Tipo	Control	Nota
0.40	950.103	10764.10	60.4	4201	None	
0.41	950.101	10764.10	60.47	8	None	
0.42	950.102	10764.10	60.47	16.90	None	
0.43	950.107	10764.10	60.50	104.00	None	
0.44	950.106	10764.10	60.4	104.00	None	
0.45	950.109	10764.10	60.47	8	None	
0.46	950.107	10764.10	60.47	8	None	
0.47	950.103	10764.10	60.47	8	None	
0.48	950.102	10764.10	60.47	8	None	
0.49	950.101	10764.10	60.47	8	None	
0.50	950.107	10764.10	60.47	8	None	
0.51	950.106	10764.10	60.47	8	None	
0.52	950.109	10764.10	60.47	8	None	
0.53	950.108	10764.10	60.47	8	None	
0.54	950.107	10764.10	60.47	8	None	
0.55	950.106	10764.10	60.47	8	None	
0.56	950.103	10764.10	60.47	8	None	
0.57	950.102	10764.10	60.47	8	None	
0.58	950.101	10764.10	60.47	8	None	
0.59	950.107	10764.10	60.47	8	None	
0.60	950.106	10764.10	60.47	8	None	
0.61	950.109	10764.10	60.47	8	None	
0.62	950.108	10764.10	60.47	8	None	
0.63	950.107	10764.10	60.47	8	None	
0.64	950.106	10764.10	60.47	8	None	
0.65	950.103	10764.10	60.47	8	None	
0.66	950.102	10764.10	60.47	8	None	
0.67	950.101	10764.10	60.47	8	None	
0.68	950.107	10764.10	60.47	8	None	
0.69	950.106	10764.10	60.47	8	None	
0.70	950.109	10764.10	60.47	8	None	
0.71	950.108	10764.10	60.47	8	None	
0.72	950.107	10764.10	60.47	8	None	
0.73	950.106	10764.10	60.47	8	None	
0.74	950.103	10764.10	60.47	8	None	
0.75	950.102	10764.10	60.47	8	None	
0.76	950.101	10764.10	60.47	8	None	
0.77	950.107	10764.10	60.47	8	None	
0.78	950.106	10764.10	60.47	8	None	
0.79	950.109	10764.10	60.47	8	None	
0.80	950.108	10764.10	60.47	8	None	
0.81	950.107	10764.10	60.47	8	None	
0.82	950.106	10764.10	60.47	8	None	
0.83	950.103	10764.10	60.47	8	None	
0.84	950.102	10764.10	60.47	8	None	
0.85	950.101	10764.10	60.47	8	None	
0.86	950.107	10764.10	60.47	8	None	
0.87	950.106	10764.10	60.47	8	None	
0.88	950.109	10764.10	60.47	8	None	
0.89	950.108	10764.10	60.47	8	None	
0.90	950.107	10764.10	60.47	8	None	
0.91	950.106	10764.10	60.47	8	None	
0.92	950.103	10764.10	60.47	8	None	
0.93	950.102	10764.10	60.47	8	None	
0.94	950.101	10764.10	60.47	8	None	
0.95	950.107	10764.10	60.47	8	None	
0.96	950.106	10764.10	60.47	8	None	
0.97	950.109	10764.10	60.47	8	None	
0.98	950.108	10764.10	60.47	8	None	
0.99	950.107	10764.10	60.47	8	None	
1.00	950.106	10764.10	60.47	8	None	

TOPCON LINK V 7.5



CIVIL 3D V 2024

Figura 4.3 Software

4.6 DATOS RECOLECTADOS

Los datos recolectados por el personal de campo de las comunas 18 y 19 de Santigo de Cali. Enviados a personal de oficina, en la comuna 18 de recolectaron barrios: Alto de polvorines, Alto Jordán, Arboleda y Pampas del Mirador fue un total de 16 archivos crudos y procesados en oficina, en la comuna 19 el barrio Brisas de Cristales fueron tomados 8 archivos de datos crudos y procesados en oficina. En total de archivos recolectados, procesados y entregados son de 24 archivos que corresponden a los 24 tramos propuestos en el proyecto (véase la Figura 4.4).

1 Documento de texto 5.80 KB	2 Documento de texto 9.50 KB	3 Documento de texto 14.6 KB
4 Documento de texto 5.21 KB	186 Documento de texto 5.97 KB	187 Documento de texto 15.0 KB
188 Documento de texto 9.00 KB	1810 Documento de texto 14.9 KB	1814 Documento de texto 5.27 KB

Figura 4.4 Software

4.7 RESULTADOS

4.7.1 carteras procesadas

partiendo de los datos crudos enviados con el personal de campo y debidamente analizados se realizó el procesamiento de ellos, con la ayuda del software de Topcon Link v 7.5 que nos ayuda a descargar y

procesar los datos, bríndale coordenadas de partida el software realiza el cálculo de los demás puntos, A continuación, se presenta una tabla con los datos ya procesados.

ID	NORTE	ESTE	ELEVACIÓN	DESCRIPCIÓN
429	1931721,219	4604579,937	1106,012	BV
430	1931716,061	4604585,431	1105,678	BV
431	1931710,982	4604589,324	1105,333	BV
432	1931708,997	4604585,882	1105,342	BV
433	1931708,959	4604585,842	1105,512	ANDEN
434	1931708,380	4604584,968	1105,576	PARA
435	1931710,255	4604583,284	1105,719	PARA
436	1931710,541	4604584,437	1105,686	POST
437	1931713,542	4604582,377	1105,697	BV
438	1931713,509	4604582,347	1105,85	ANDEN
439	1931718,113	4604577,281	1106,174	ANDEN
440	1931718,163	4604577,311	1106,024	BV
441	1931716,239	4604576,912	1106,328	MURO
442	1931713,045	4604580,813	1105,958	ESCALERA
443	1931712,583	4604580,271	1106,214	ESCALERA
444	1931713,036	4604580,984	1105,966	PT
445	1931712,477	4604582,363	1105,844	PT
446	1931711,392	4604583,279	1105,739	PT
447	1931710,454	4604583,475	1105,693	PT
448	1931715,428	4604577,710	1107,959	ESCALERA
449	1931715,991	4604577,032	1107,958	ESCALERA
450	1931715,208	4604576,317	1107,986	ESCALERA
451	1931714,521	4604577,125	1107,986	ESCALERA
452	1931713,932	4604577,283	1108,045	TN
453	1931712,937	4604578,631	1107,53	TN
454	1931712,461	4604579,690	1107,037	TN
455	1931715,468	4604577,810	1106,154	TN
456	1931713,939	4604579,736	1106,022	TN
457	1931712,665	4604575,896	1109,359	ESCALERA
458	1931713,344	4604574,998	1109,38	ESCALERA
459	1931712,824	4604574,636	1109,368	PARA
460	1931709,525	4604577,545	1109,384	PARA
461	1931708,515	4604577,921	1109,399	PUERTA
462	1931709,102	4604577,323	1109,456	PUERTA
463	1931707,016	4604579,326	1109,394	PARA
464	1931708,392	4604581,204	1109,313	PARA
466	1931708,708	4604581,526	1109,119	CR

Id	NORTE	ESTE	ELEVACIÓN	DESCRIPCIÓN
467	1931709,653	4604580,519	1108,99	CR
468	1931709,600	4604580,459	1109,282	ZDURA
469	1931710,905	4604578,942	1109,366	ZDURA
470	1931711,179	4604579,064	1109,272	CR
471	1931712,599	4604578,119	1109,01	AR
472	1931713,376	4604577,281	1108,827	CR
473	1931712,259	4604576,575	1109,059	TN
474	1931712,196	4604576,545	1109,383	ZDURA
475	1931712,774	4604576,107	1109,358	ZDURA
476	1931712,898	4604576,188	1108,879	TN
477	1931716,815	4604576,414	1106,372	PARA
1011	1931730,951	4604573,290	1106,761	DEL
1012	1931719,366	4604581,831	1106,053	DEL
1173	1931719,366	4604581,831	1106,053	DEL
1174	1931730,951	4604573,290	1106,761	DEL
1175	1931721,219	4604579,937	1106,012	BV
1176	1931716,061	4604585,431	1105,678	BV
1177	1931710,982	4604589,324	1105,333	BV
1178	1931708,997	4604585,882	1105,342	BV
1179	1931708,959	4604585,842	1105,512	ANDEN
1180	1931708,380	4604584,968	1105,576	PARA
1181	1931710,255	4604583,284	1105,719	PARA
1182	1931710,541	4604584,437	1105,686	POST
1183	1931713,542	4604582,377	1105,697	BV
1184	1931713,509	4604582,347	1105,85	ANDEN
1185	1931718,113	4604577,281	1106,174	ANDEN
1186	1931718,163	4604577,311	1106,024	BV
1187	1931716,239	4604576,912	1106,328	MURO
1188	1931713,045	4604580,813	1105,958	ESCALERA
1189	1931712,583	4604580,271	1106,214	ESCALERA
1190	1931713,036	4604580,984	1105,966	PT
1191	1931712,477	4604582,363	1105,844	PT
1192	1931711,392	4604583,279	1105,739	PT
1193	1931710,454	4604583,475	1105,693	PT
1194	1931715,428	4604577,710	1107,959	ESCALERA
1195	1931715,991	4604577,032	1107,958	ESCALERA
1196	1931715,208	4604576,317	1107,986	ESCALERA
1197	1931714,521	4604577,125	1107,986	ESCALERA
1198	1931713,932	4604577,283	1108,045	TN
1199	1931712,937	4604578,631	1107,53	TN

Id	NORTE	ESTE	ELEVACIÓN	DESCRIPCIÓN
1200	1931712,461	4604579,690	1107,037	TN
1201	1931715,468	4604577,810	1106,154	TN
1202	1931713,939	4604579,736	1106,022	TN
1203	1931712,665	4604575,896	1109,359	ESCALERA
1204	1931713,344	4604574,998	1109,38	ESCALERA
1205	1931712,824	4604574,636	1109,368	PARA
1206	1931709,525	4604577,545	1109,384	PARA
1207	1931708,515	4604577,921	1109,399	PUERTA
1208	1931709,102	4604577,323	1109,456	PUERTA
1209	1931707,016	4604579,326	1109,394	PARA
1210	1931708,392	4604581,204	1109,313	PARA
1211	1931708,398	4604581,194	1109,316	ZDURA
1212	1931708,708	4604581,526	1109,119	CR
1213	1931709,653	4604580,519	1108,99	CR
1214	1931709,600	4604580,459	1109,282	ZDURA
1215	1931710,905	4604578,942	1109,366	ZDURA
1216	1931711,179	4604579,064	1109,272	CR
1217	1931712,599	4604578,119	1109,01	AR
1218	1931713,376	4604577,281	1108,827	CR
1219	1931712,259	4604576,575	1109,059	TN
1220	1931712,196	4604576,545	1109,383	ZDURA
1221	1931712,774	4604576,107	1109,358	ZDURA
1222	1931712,898	4604576,188	1108,879	TN
1223	1931716,815	4604576,414	1106,372	PARA

Tabla 4.1. Datos Postprocesos

4.7.2 Convenciones utilizadas

Las conversiones utilizadas en el levantamiento de los tramos de las comunas 18 y 19 de Santiago de Cali fueron las siguientes.

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
ANDEN	ANDEN
AR	ARBOL
BV	BORDE VIA
CANAL	CANAL
CERR-CERRAMIENT	CERRAMIENTO
CJ	CAJA
CJ_ALC	CAJA ALCANTARILLADO
CR	CORONA TALUD
ESCALERA	ESCALERAS

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
GAS	TUBERIA DE GAS
GASCONTADOR	CONTADOR DE GAS
LUMI	LUMINARIA
MURO	MURO
PARA_PARAM	PARAMENTO
POST	POSTE
PT	PATA TALUD
PUERTA	PUERTA
RAMPA	RAMPA
REJA	REJA
TN	TERRENO
VERJA	VERJA
ZDURA	ZONA DURA

Tabla 4.2. Convenciones

4.7.3 Elaboración de planos

El plano topográfico del proyecto contiene la representación de todos los objetos del polígono de estudio en coordenadas X, Y, con alturas derivadas de la red existente, a la escala y separación de curvas de nivel, clasificados en layer (capas o niveles) independientes, con los bloques y convenciones establecidas y paramentos. La anterior información fue debidamente procesada obteniéndose las respectivas curvas de nivel.

Las salidas gráficas en formato digital corresponden a Planos en planta en formato *DWG que es la extensión del software de civil 3D donde se realizó la parte de diseño de los tramos de las comunas 18 y 19 de Santiago de Cali.

4.7.4 Planos de la comuna 18

En las figuras 5.5 a 5.7 se presentan ejemplos de la salida gráficas de los planos en tamaño plano (0,700 x 1,00). Para la salida gráfica definitiva se incluirá la foto mosaico respectivo. Estos ejemplos son el resultado del levantamiento topográfico de cada sector, las compilaciones de los resultados de esta actividad se encuentran organizados en el anexo D.

4.7.4.1 Tramo 1

Calle 2C Oeste entre Carrera 94b y Carrera 95

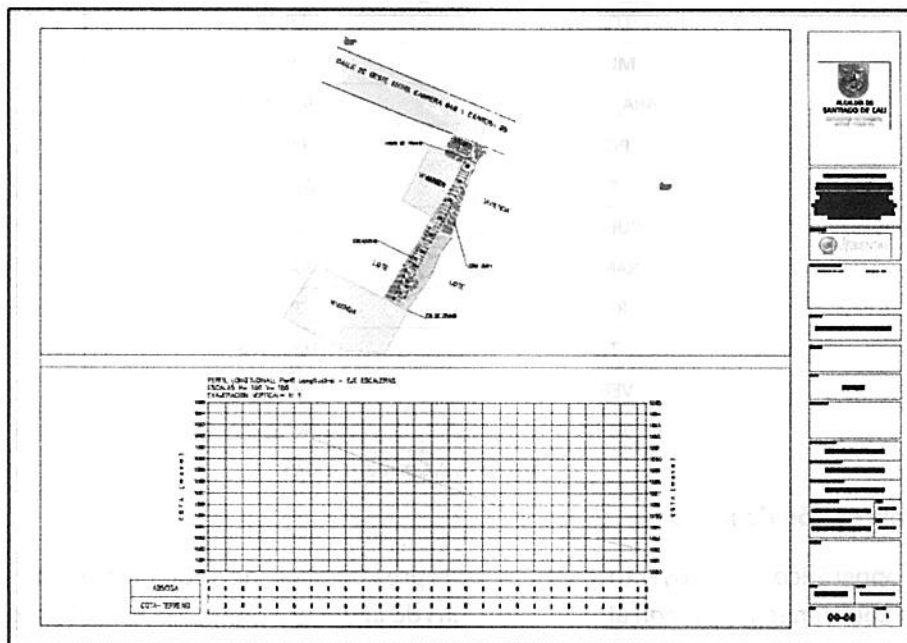


Figura 5.4.5 Tramo 1

4.7.4.2 Tramo 2

Calle 2B Oeste entre Carrera 93ª y Carrera 94 Oeste Alto Polvorines

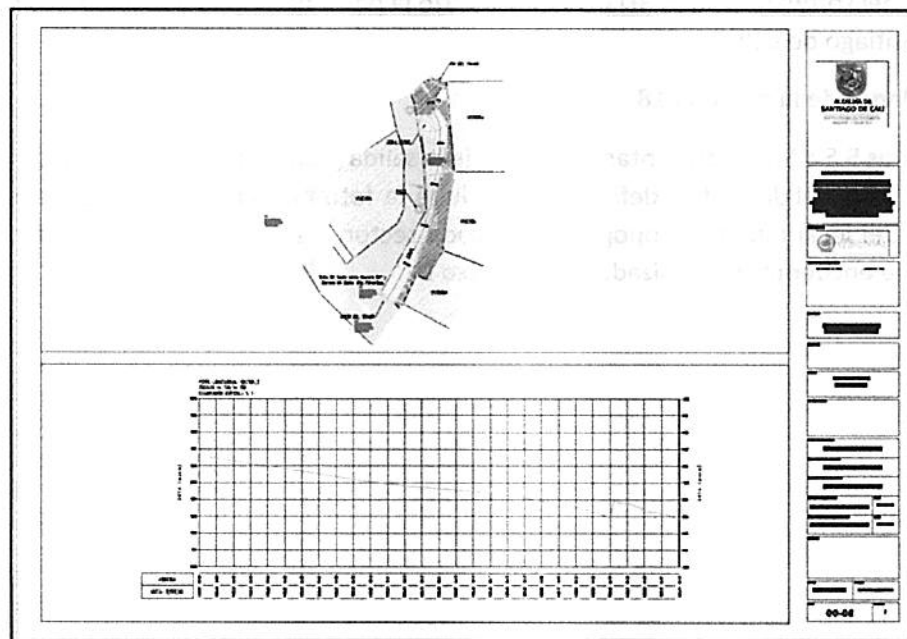


Figura 5.4.6 Tramo 2

4.7.4.3 Tramo 3

Calle 1 oeste entre carrera 95 Y carrera 96 Alto polvorines

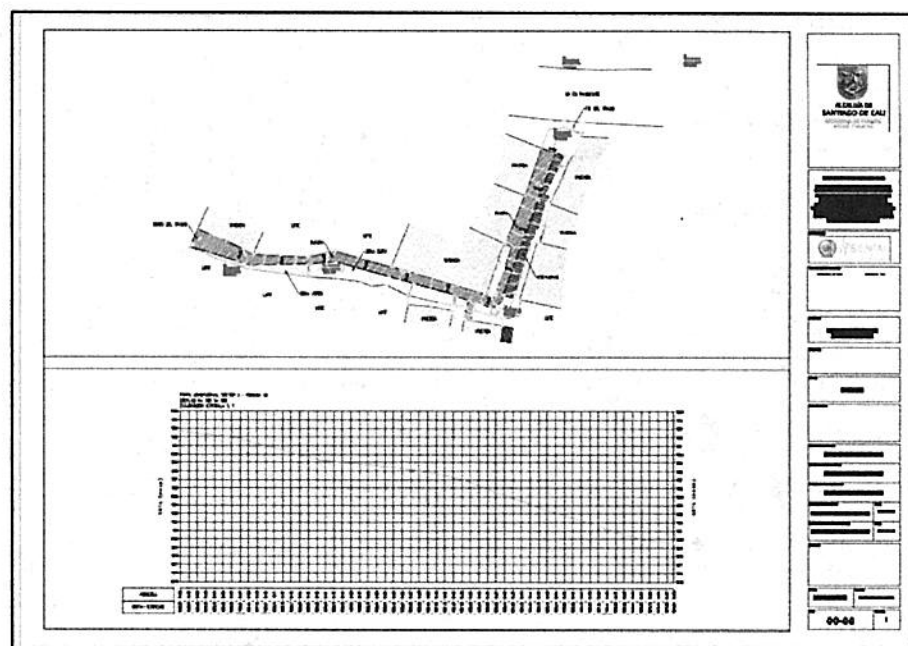


Figura 5.4.7 Tramo 3

5 EXPLORACIÓN GEOLÓGICA Y GEOTÉCNICA

Con el fin de complementar la información anterior, se realizó un plan de exploración del subsuelo, consistente en 30,0 metros lineales de sondeos manuales con avance por percusión distribuidos en 4 sondeos en la comuna 18, y un sondeo en la comuna 19, cuyas profundidades eran de mínimo 6.0 metros de longitud o hasta donde por norma nos de rechazo por cantidad de golpes (número de golpes superior a 50). La anterior información se complementó con la ejecución de 5 apiques en la comuna 19 y un apique en la comuna 18. Como consecuencia de esta actividad se obtuvieron muestras alteradas y la extracción de 5 muestras inalteradas con tubos shelby de diámetro de 4". La ubicación de la exploración se puede visualizar en las Figura 5.1 y en la Figura 5.2



Figura 5.1 Exploración Geotécnica en la Comuna 18

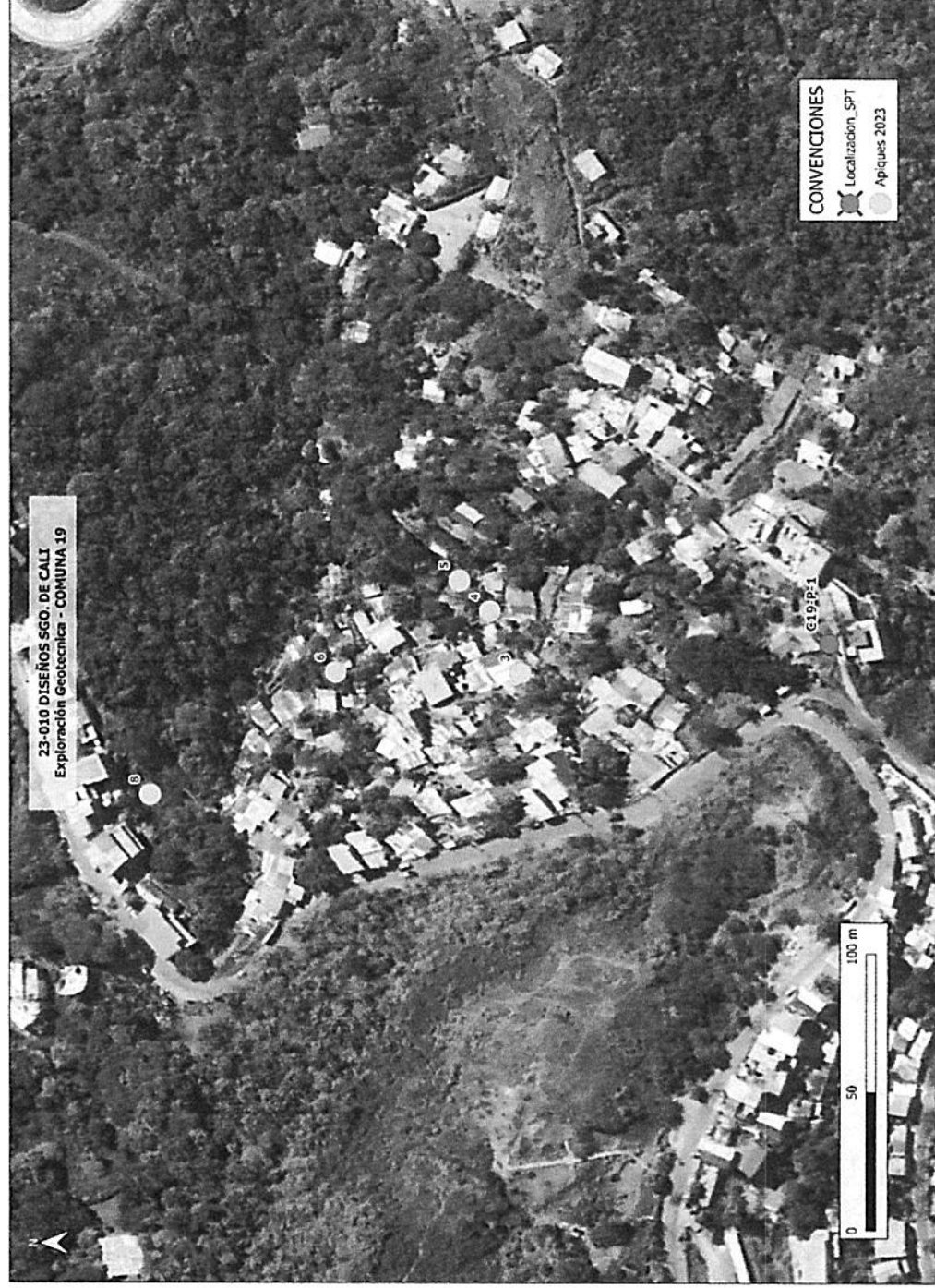


Figura 5.2 Exploración Geotécnica en la Comuna 19

5.1 SONDEOS MANUALES A PERCUSIÓN

Con esta prueba se pretende determinar la estratigrafía del suelo a partir de la aplicación del ensayo de penetración estándar (SPT, por sus siglas en inglés), que permite tanto obtener muestras alteradas para la descripción de los materiales de suelo, como abstraer información de resistencia de manera indirecta a partir del número de golpes requerido para que un muestreador penetre 30" en el material de suelo. En adelante, se detallan el equipo, el proceso y los parámetros de resistencia obtenidos con la implementación del método (Figura 5.3 y Figura 5.4.)

5.1.1 Equipos

- Pesa de 63.5 Kg con una altura de caída de 0.762 m
- Flexómetro
- Trípode de carga
- Toma muestra o cuchara partida

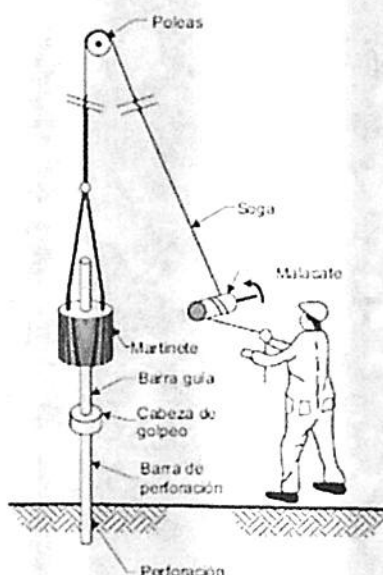


Figura 5.3 Esquemización general del sondeo de penetración Estándar y equipos.

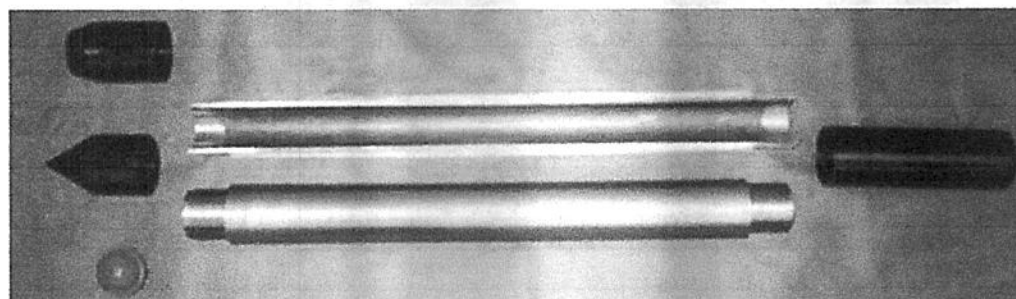


Figura 5.4 Toma muestra o cuchara partida

5.1.2 Perforación

Los 30 m de perforados por este método son distribuidos en cinco (5) sondeos identificados de la siguiente manera:

- C18-P-05
- C18-P-09
- C18-P-12
- C18-P-14
- C19-P-01

Algunas características particulares pueden ser observadas en la Tabla 5.1.

Tabla 5.1 Particularidades de los sondeos manuales

ID SONDEOS	COORDENADAS MAGNAS SIRGAS ORIGEN NACIONAL		PROFUNDIDAD (m)	NIVEL FREÁTICO
	ESTE (m)	NORTE (m)		
C18-P-05	4604987,45	1931817,32	6,00	No se percibe
C18-P-09	4604727,01	1932091,5	6,00	No se percibe
C18-P-12	4604558,18	1931954,62	6,00	No se percibe
C18-P-14	4604902,16	1931615,71	6,00	No se percibe
C19-P-01	4604860,69	1938164,47	6,00	No se percibe

5.1.3 Ensayo de Penetración Estándar (SPT)

Es una prueba y método de avance de perforación, que consiste en hincar en el suelo un toma muestra (cuchara partida hueca y cilíndrica) de 0.3048 m de largo, y de 0.051 m y 0.035 m de diámetro exterior e interior, mientras se registra el número de golpes que se requiere para avanzar (véanse la Figura 5.3 y la Figura 5.4). Con la exploración, además, se obtienen las muestras alteradas que la cuchara partida almacena en su interior. Es conveniente detallar el procedimiento de ejecución del ensayo:

1. La energía de hincado se genera al elevar el martinete de 140 libras (63.5 kg) hasta una altura de 30" (762 mm) sobre la cabeza de golpeo, desde donde se permite la caída libre. El contacto entre estos componentes permite la transmisión de la energía a la barra de perforación y, en consecuencia, a la cuchara partida dispuesta en el frente de perforación.
2. Este proceso se repite secuencialmente, mientras se registra el número de golpes requerido para penetrar 18", divididas en tres grupos: la cantidad requerida para avanzar 6" (~15 cm).
3. Una vez finalizada la hinca, se extrae la muestra, con la apertura longitudinal de la cuchara, para proceder con su descripción y protección: se envuelve en aluminio y vinipel, y se etiqueta indicando fecha, Nº de sondeo, Nº de muestra, profundidad y la identificación del proyecto.

El procesamiento de la información obtenida, contempla el número de golpes requerido para penetrar las 12" finales (N) en cada prueba. Los resultados del ensayo para los sondeos realizados brindan una valiosa información sobre la resistencia y las características del suelo en la zona de estudio. Los datos

obtenidos permiten una mejor comprensión de las condiciones geotécnicas, y son fundamentales para el diseño y la planificación de proyectos de construcción, ya que la capacidad del suelo para soportar cargas es un factor clave en la seguridad y estabilidad de las estructuras.

Los registros de perforación pueden ser visualizados en el Anexo A, en donde se mencionan características de la muestra como: el ID, la profundidad y la recuperación de cada avance, el número de golpes, descripción de suelos. Las descripciones de los estratos generalmente incluyen el tipo de material, el tamaño y forma de la partícula, su color, el espesor de cada material identificado y las condiciones de humedad, entre otras. Como ejemplo, la Figura 5.5 se exhibe el perfil estratigráfico de la perforación C18-P-12, transcrita al Software Strater. a manera de ejemplo los registros del sondeo C18-P-09, el resto de los reportes se agrupa en el Anexo A.2 Sondeos.



CONTRATO No 4147-010-26-1-757-2023
"REALIZAR CONSULTORIA PARA LLEVAR A CABO ESTUDIOS Y DISEÑOS DE OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO, ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO Y ACCESIBILIDAD UNIVERSAL EN LAS COMUNAS 18 Y 19 DEL DISTRITO ESPECIAL DE SANTIAGO DE CALI EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS EN ZONAS DE LADERA AFECTADAS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN SANTIAGO DE CALI."

PERFORACIÓN: C18-P-12

FECHA: 11/23/2023

1 de 1

Prof. (m)	Litología	Descripción	Muestra	Recup. (%)	Tipo	SPT
0		RELLENO de limo arcillo arenoso de color café con trazas amarillas. La arena es fina y media. Contiene Desechos de Construcción. HN superior al LP.	-	-	☒	-
0.5			M1	80	☒	2 - 4 - 3
1		LIMO arcilloso de color café amarillento con trazas grises. Trazas de arena fina y media. Contiene Grumos Meteorizados. HN superior al LP.	-	-	☒	-
1.5			M2	60	☒	-
2			-	-	☒	8 - 7 - 8
2.5			M3	80	☒	10 - 10 - 9
3		LIMO arcillo arenoso de color amarillo con trazas café. La arena es fina y media. Contiene algunos Grumos Meteorizados. HN superior al LP.	-	-	☒	-
3.5			M4	80	☒	8 - 9 - 11
4			-	-	☒	-
4.5			M5	80	☒	12 - 12 - 13
5			-	-	☒	-
5.5			M6	80	☒	15 - 12 - 17
6						

LOCALIZACIÓN

Coordenadas (m):

Este: 4604558.18 m

Norte: 1931954.62 m

Ubicación: COMUNA 18 - D.E. SANTIAGO DE CALI

CONVENCIONES

▼ Nivel Freático

Tipo de Muestra

☒ Alterada

☒ Inalterada

Figura 5.5 Registro de perforación de la C18-P-12 en Strater.

5.1.4 Parámetros de Resistencia

Para la estimación de parámetros efectivos de resistencia a partir de los resultados del SPT, se opta por la metodología descrita por (Gonzalez G., 1999), que presenta una evaluación más precisa de la resistencia del suelo, a partir del número de golpes corregido. La corrección se realiza para tener en cuenta el efecto del tamaño y la forma de la tubería utilizada, y para compensar la energía del sistema y la longitud de las barras. Además, en el cálculo de C_n se tuvo en consideración varios autores para finalmente seleccionar la ecuación propuesta por Skempton, que se presenta a continuación:

$$C_n = \frac{2}{1 + R_s} \quad \text{Ecuación 5.1 } C_n \text{ propuesto por Skempton}$$

El valor de ϕ también fue considerado según varios autores, y el valor escogido hace referencia al ϕ mínimo de entre todas las opciones evaluadas. En la Ecuación 5.2 a la Ecuación 5.4 se detalla la lista de opciones para el cálculo del ϕ .

$$\varphi = 27.1 + 0.3 * N_{60} - 0.00054 * N_{60}^2 \quad \text{Ecuación 5.2 } \phi \text{ de Peck R. B. \& Thorburn, 1974)}$$

$$\varphi = \tan^{-1}\left(\frac{N_{60}}{12.2 + 20.3 * R_s}\right) \quad \text{Ecuación 5.3 } \phi \text{ de Schmertmann, 1975)}$$

$$\varphi = \sqrt{20 * N_{60}} + 15 \quad \text{Ecuación 5.4 } \phi \text{ de Ohsaki, 1962}$$

En las tablas 5.2 a 5.7 se presentan los resultados del número de golpes corregidos (N_{corr}), a partir de los cuales se obtiene los ángulos de fricción que serán utilizados posteriormente en los análisis de estabilidad.

Tabla 5.2 Parámetros de resistencia Sondeo C18-P-09

MUESTRA	Zi (m)	Zf (m)	Z (m)	N	ΣV KPa	CN SKEMPTON NC	(N1)REF	ϕ MIN	T
M1	0,00	0,50	0,80	4,00	8,7143325	1,83968383	4,13928863	24,0986687	3,89786631
M2	1,50	2,00	1,80	0,00	19,4673414	1,67409769	0	0	0
M3	2,50	3,00	2,8	10,00	28,4760104	1,55671085	8,75649856	28,2336681	15,2902535
M4	3,50	4,00	3,8	12,00	30,337866	1,53447349	10,357696	29,3928427	17,0895163
M5	4,50	5,00	4,8	12,00	32,2715656	1,51204077	11,5671119	30,2099388	18,7899947
M6	5,50	6,00	5,8	13,00	34,2638748	1,48960396	12,3450928	30,713111	20,3550063

Tabla 5.3 Parámetros de resistencia Sondeo C18-P-12

MUESTRA	Zi (m)	Zf (m)	Z (m)	N	ΣV KPa	CN SKEMPTON NC	(N1)REF	ϕ MIN	T
M1	0,00	0,50	0,80	7,00	8,88448929	1,83680891	7,23243508	27,0269989	4,5321481
M2	1,50	2,00	1,80	0,00	19,7452642	1,67021219	0	0	0
M3	2,50	3,00	2,8	19,00	32,8861401	1,50504785	16,0851989	31,7858435	20,3790234
M4	3,50	4,00	3,8	20,00	45,3501701	1,37598738	15,479858	31,6145594	27,9154987
M5	4,50	5,00	4,8	25,00	58,1431699	1,26467681	20,1557867	32,9273579	37,6538973
M6	5,50	6,00	5,8	29,00	71,3502179	1,16720015	43,1572255	39,0413928	57,8636649

Tabla 5.4 Parámetros de resistencia Sondeo C18-P-05

MUESTRA	Zi (m)	Zf (m)	Z (m)	N	ΣV KPa	CN SKEMPTON NC	(N1)REF	ϕ MIN	T
M1	0,00	0,50	0,80	15,00	9,33824074	1,82918619	15,4337585	31,6014991	5,74526083
M2	1,50	2,00	1,80	0,00	20,4863916	1,6599385	0	0	0
M3	2,50	3,00	2,8	19,00	33,4382044	1,49882113	32,0373016	36,1569406	24,4344964
M4	3,50	4,00	3,8	21,00	45,9608439	1,3702305	64,7433911	44,2594957	44,78792
M5	4,50	5,00	4,8	22,00	58,613937	1,26092324	106,106691	52,8523472	77,3676865
M6	5,50	6,00	5,8	24,00	71,4201713	1,16672384	142,806998	58,9294265	118,532168

Tabla 5.5 Parámetros de resistencia Sondeo C18-P-14

MUESTRA	Zi (m)	Zf (m)	Z (m)	N	$\Sigma'v$ KPa	CN SKEMPTON NC	(N1) REF	ϕ MIN	T
M1	0,00	0,50	0,80	4,00	8,7143325	1,83968383	4,13928863	24,0986687	3,89786631
M2	1,50	2,00	1,80	7,00	19,8776084	1,66836829	6,56920013	26,4622861	9,89427874
M3	2,50	3,00	2,8	8,00	31,2072598	1,5243059	6,85937654	26,7127081	15,7042901
M4	3,50	4,00	3,8	16,00	43,0417096	1,39819358	12,5837422	30,7896134	25,6474342
M5	4,50	5,00	4,8	20,00	55,3979737	1,28701807	32,8189608	36,3640628	40,7892996
M6	5,50	6,00	5,8	32,00	68,6012404	1,18623089	96,7964409	51,0793747	84,9558532

Tabla 5.6 Parámetros de resistencia Sondeo C19-P-01

MUESTRA	Zi (m)	Zf (m)	Z (m)	N	$\Sigma'v$ KPa	CN SKEMPTON NC	(N1) REF	ϕ MIN	T
M1	0,00	0,50	0,80	10,00	9,05464609	1,83394296	10,3159291	29,3637942	5,09449516
M2	1,50	2,00	1,80	0,00	20,023187	1,66634469	0	0	0
M3	2,50	3,00	2,8	19,00	33,353126	1,49977737	16,0288706	31,7699218	20,6555819
M4	3,50	4,00	3,8	46,00	47,3410046	1,35739539	35,1226056	36,9706391	35,6359851
M5	4,50	5,00	4,8	85,00	64,5845498	1,21518089	65,8476146	44,5128939	63,4956363
M6	5,50	6,00	5,8	0,00	78,2472399	1,12203701	0	0	0

5.2 EXPLORACIÓN CON TUBO SHELBY

Se extraen 4 muestras inalteradas con tubos shelby a una profundidad de 1,50 a 2,00 metros distribuidas en los sondeos C18-P-09, C18-P-12, C18-P-05 y C19-P-01 (véase la Figura 5.6). En el sondeo C18-P-14, no fue posible recuperar muestra shelby, debido a que el material se encontraba muy suelto y conformado por arenas y gravas.



Figura 5.6 Muestras shelby obtenidas en la exploración

5.3 APIQUES

Se realizan seis (6) apiques identificados de Apique 03 al Apique 06, Apique 07 y Apique 13 (véase la Tabla 5.7) en los que se alcanzan profundidades que oscilan entre 1,20 y 1,60 metros, esto con el fin de caracterizar los materiales en su extensión y profundidad. Luego de realizada la excavación, se procede a la descripción geotécnica detallada del perfil estratigráfico encontrado, y a la toma del registro fotográfico. Se obtiene bloques de muestras inalteradas para ensayar en laboratorios con el fin de caracterizar el suelo. Su ubicación es visible en la Figura 5.1 y en la Figura 5.2.

Tabla 5.7 Características generales de apiques

ID APIQUES	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
	ESTE (m)	NORTE (m)
Apique 03	4604849	1938275
Apique 04	4604872	1938286
Apique 05	4604883	1938297
Apique 06	4604850	1938341
Apique 08	4604805	1938408
Apique 13	4604851	1931597

Finalmente, el material extraído es regresado a la excavación y el sitio es readecuado, procurando mantener las condiciones iniciales (véase la Figura 5.7). en la figura 5.7 se presenta un ejemplo del registro de un apique.



Figura 5.7 Ejecución de apiques Apique 13 de la Comuna 18

6 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA

6.1 ENSAYOS DE LABORATORIO

El plan de ensayos de laboratorio fue definido para lograr una caracterización físico-mecánica de los materiales encontrados durante la exploración y, además, estuvo orientado de acuerdo a las necesidades asociadas a los análisis geotécnicos a realizar. A continuación, se describen los ensayos realizados (Tabla 6.1). La compilación de los resultados se encuentra en el anexo B.

Tabla 6.1 Ensayos ejecutados

ENSAYO	CANTIDAD ENSAYADA
Humedad	24
Límite de Attemberg	19
Granulometría	18

ENSAYO	CANTIDAD ENSAYADA
Corte Directo	8

6.1.1 Humedad Natural

El procedimiento para encontrar el contenido de agua presente en una muestra de suelo consiste en tomar una muestra del material, tomar el peso inicial (en condiciones de humedad natural) y se deja en proceso de secado a 110 °C por 24 horas hasta obtener un peso estable (peso seco), el cual se registra. Mediante la relación entre la diferencia de pesos (húmedo-seco) y el peso húmedo, se encuentra el valor en porcentaje de la humedad de la muestra, expresado en la siguiente ecuación:

$$w(\%) = \frac{Peso_{Humedo} - Peso_{seco}}{Peso_{humedo}}$$

Tabla 6.2 Contenido de Agua (%)

ID	Wn(%)
AP3 -M2	21
AP5 - M3	29
AP8 -M3	61
AP13-M2	43

6.1.2 Corte Directo

Con el ánimo de estimar los parámetros de resistencia al corte (cohesión y ángulo de fricción) de los materiales recuperados en la exploración directa ejecutada en el área de estudio, algunas de las pruebas que se realizaron son los ensayos de corte directo. El ensayo se efectúa bajo condiciones drenadas permitiendo obtener la envolvente de resistencia de los materiales y, por ende, los parámetros que permitan definir su comportamiento frente a los esfuerzos. El ensayo se realiza para tres niveles de esfuerzos, cada uno a través de tres etapas: saturación, consolidación y falla. A manera de ejemplo, en la Figura 6.1 se puede apreciar la función que representa el comportamiento del material en uno de los cortes realizados.

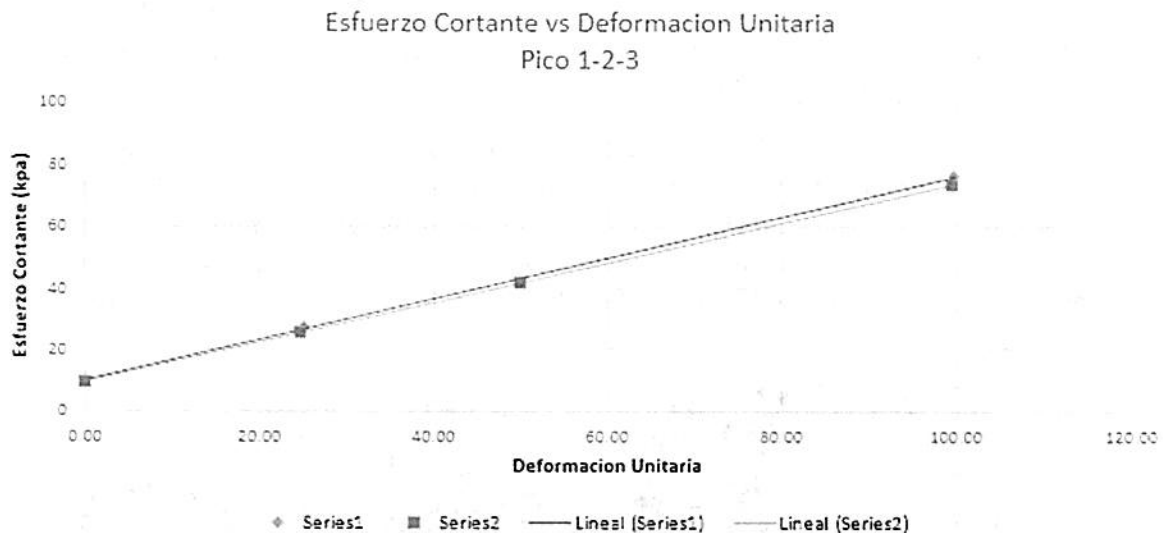


Figura 6.1 Envolvente de Resistencia Obtenida del Ensayo de Corte Directo sobre LA Apique 8 – muestra3

6.1.3 Granulometría por tamizado

Como parte del proceso de clasificación del suelo, se debe realizar la medición del tamaño de los materiales presentes en él. La granulometría por tamizado consiste en realizar la separación de las partículas de suelo en intervalos de tamaños de partícula, para registrar el peso de cada uno, y establecer su participación en términos de proporcionalidad, agrupando los tamaños en tres grupos: gravas, arenas y finos. En función de la participación que cada uno tenga, se dará una clasificación al material, de acuerdo a lo expuesto por el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). La Figura 6.2 esboza a manera de ejemplo, el resultado obtenido de la perforación C18-P-05 de la muestra 5.

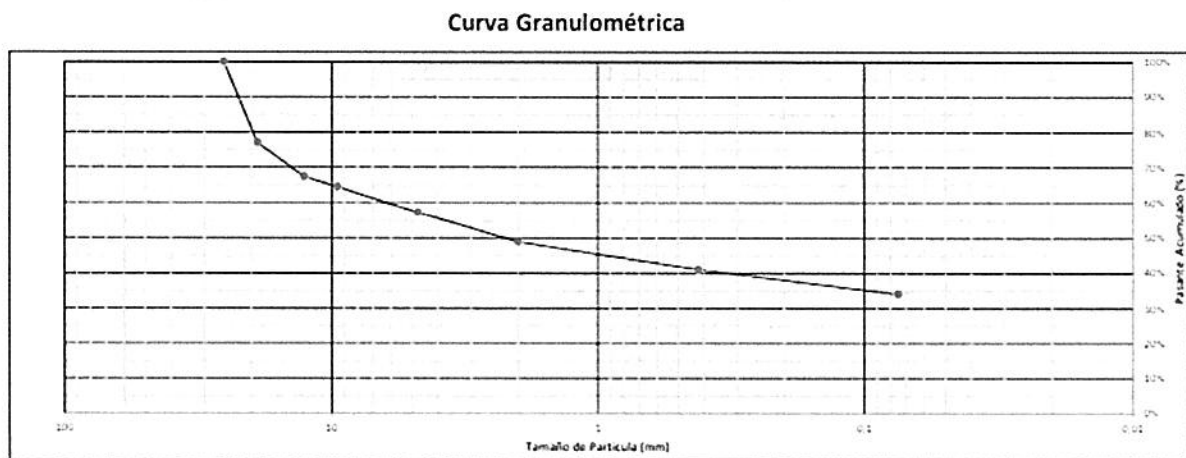


Figura 6.2 Curva granulométrica de perforación C18-P-05 de la muestra 5.

6.1.4 Límites de consistencia

Cuando se habla de suelos con cantidades apreciables de material fino, es conveniente hablar del efecto que tiene el contenido de agua en estos, respecto al comportamiento físico-mecánico. Un

contenido mínimo de agua por lo general indicaría un suelo muy duro, y a medida que aumenta la proporción de agua en el material, pasaría por diferentes estados de consistencia que varían entre sólido, semi-sólido, plástico y líquido.

El ensayo de límite plástico define el umbral de contenido de agua para que un suelo se encuentre entre una consistencia semi-sólida y plástica. Por su parte, el ensayo de límite líquido nos permite determinar el contenido de humedad en que un suelo pasa de tener un comportamiento plástico a uno líquido. Estos valores son de gran importancia para poder clasificar los suelos, permitiendo inferir su comportamiento ante cambios del contenido de humedad, lo que usualmente se asocia a su plasticidad (véase la Figura 6.3).

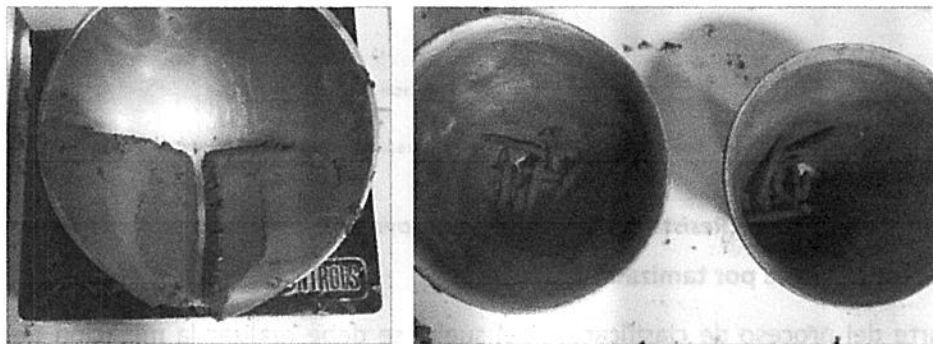


Figura 6.3 Ensayo de Límites Líquido y Plástico

Los resultados de límite líquido (LL) y límite plástico (LP), permiten además definir el Índice de Plasticidad (IP), el cual indica el margen de contenido de agua en que la fracción fina del suelo se mantiene plástica. Estos resultados vistos dentro del plano cartesiano en una gráfica de Límite Líquido contra Índice de Plasticidad (Carta de Plasticidad de Casagrande), nos permite diferenciar entre materiales arcillosos y materiales limosos por medio de su comportamiento. Véase la Figura 6.4.

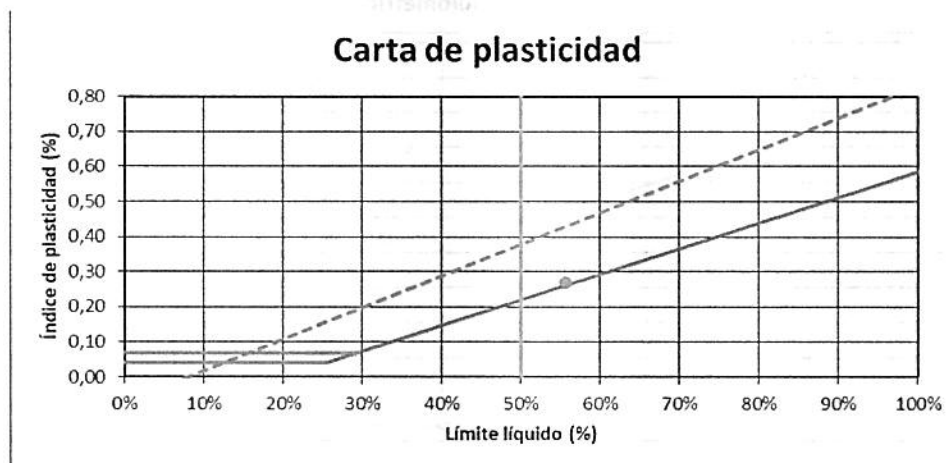


Figura 6.4 Resultados obtenidos en la perforación C18-P12 de la muestra 1

7 HIDROLOGIA

Este capítulo abarca la representación y modelación de las condiciones hidrológicas e hidráulicas en las comunas 18 y 19 de la ciudad de Cali, a partir de la información secundaria obtenida por las entidades del SGC (Servicio Geológico colombiano) y el IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.), con el fin de obtener parámetros hidráulicos (caudales picos) en los puntos de interés para las comunas 18 y 19 en Cali, y de esta manera brindar soluciones y/o obras que mitiguen los distintos problemas de desbordamientos de agua en las escaleras.

Generalmente las lluvias se consideran uno de los aspectos más influyentes en cualquier ámbito natural al punto de definirlos como factor detonante, bien sea por causa de un volumen acumulado en largos periodos de tiempo o por su intensidad, comúnmente asociada a cortas duraciones, para este estudio en particular este factor detonante se ve muy asociado a posibles escorrentías superficiales el cual pueden ocasionar afectaciones sobre las distintas zonas definidas en la visita a campo.

En este orden de ideas, el análisis de las lluvias de corta duración se debe recurrir a la obtención de las denominadas Curvas IDF (Intensidad – Duración – Frecuencia), las cuales son de uso fundamental en los diseños de obras hidráulicas. La principal limitante en su construcción radica en la existencia de registros continuos de lluvia en el tiempo los cuales son generados por estaciones de tipo pluviográfico (PG), y que demandan grandes recursos en operación y procesamiento, razón por la cual su número en una red es limitado.

Como se mencionó anteriormente, las curvas IDF se obtienen a partir de registros pluviográficos donde cada evento de lluvia entra a formar parte de la historia de registro de la estación y es por ello que las curvas ya construidas pueden variar en el tiempo, más aún si eventos extraordinarios de lluvia son registrados.

En el marco regional del análisis inicialmente efectuado, se puede apreciar dos estaciones pluviométricas, sin embargo, la que recopila mayor información es la estación de la Universidad del Valle, por tal razón se empleara para los diseños hidráulicos dicha estación anteriormente mencionada. (véase la Figura 7.1)



Figura 7.1 Ubicación de estaciones pluviométricas

La información utilizada para la estación Universidad del Valle corresponde a los periodos de 2016 a la fecha actual, sin embargo, teniendo en cuenta que:

- Los tiempos registrados son de 15, 30, 60, 120 y 360 minutos en las curvas IDF por parte del IDEAM, y a partir de esta información preliminar se define una ecuación para la intensidad $I = \frac{C_1}{(D+X_0)^{C_2}}$, donde D es la duración de la lluvia en minutos y C_1, X_0, C_2 corresponden a parámetros de la ecuación de ajuste. Realizando el retro cálculo de las diferentes intensidades con base en los parámetros de entrada, se obtiene un incremento en las precipitaciones en función de las duraciones y de los distintos periodos de retorno.

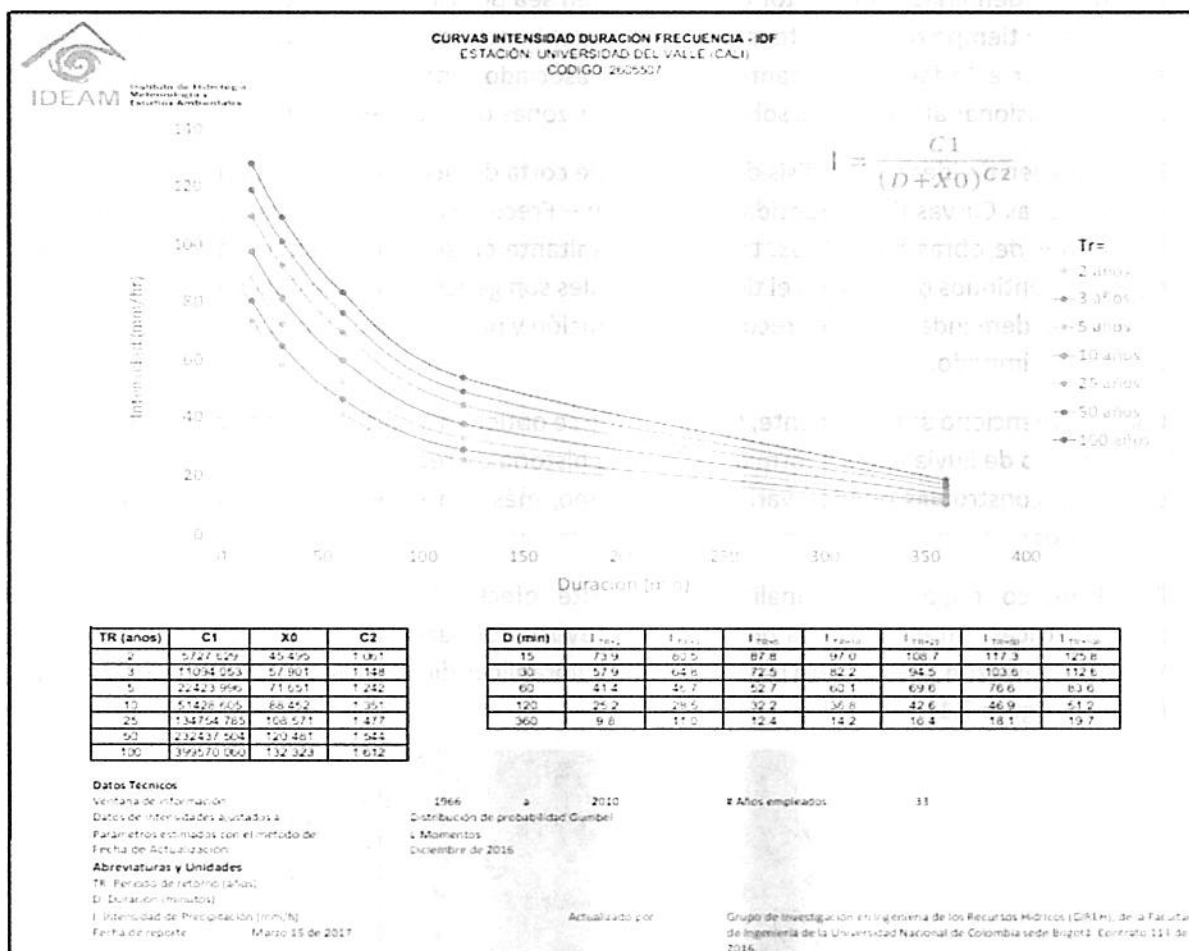


Figura 7.2 Curvas Intensidad - Duración - Frecuencia IDEAM, Estación Universidad del Valle

7.1 HIETOGRAMAS DE DISEÑO

A partir de la parametrización definitiva para la estación Universidad del Valle, se procede a diseñar los hietogramas de diseño. Para el cálculo es de gran importancia tener en cuenta tanto la información previamente calculada de las IDF como el método de bloques alternos (Chow et al. 1994). Este método

ajusta y genera un hietograma de una tormenta de diseño que permita incorporar lluvias críticas de múltiples duraciones para un periodo de retorno dado.

Inicialmente es necesario definir la duración máxima de lluvia y la duración de cada bloque de lluvia. Se estima que, al ser una cuenca urbana, un tamaño de bloque adecuado sería de 5 minutos, que podría ser suficiente para que se generen lluvias críticas capaces de inundar cuencas de periodo de concentración pequeños, y por otra parte un hietograma de duración de 4 horas, el cual también es recomendado para una zona urbana. Las intensidades calculadas para los distintos periodos de retorno se muestran a continuación en la Tabla 7.1.

Tabla 7.1 Intensidad de lluvia para un $t = 4$ horas

INTENSIDAD LLUVIAS CRITICAS (mm/h)							
Dr (min)	I Tr 2	I Tr 3	I Tr 5	I Tr 10	I Tr 25	I Tr 50	I Tr 100
5	89,295	95,550	102,363	111,928	124,141	133,691	143,071
10	80,783	87,518	94,636	104,318	116,487	125,864	135,056
15	73,717	80,663	87,902	97,565	109,593	118,764	127,744
20	67,761	74,748	81,986	91,537	103,357	112,301	121,053
25	62,673	69,596	76,751	86,130	97,694	106,398	114,912
30	58,278	65,071	72,091	81,255	92,532	100,989	109,260
35	54,445	61,066	67,917	76,841	87,813	96,019	104,045
40	51,072	57,500	64,160	72,828	83,483	91,439	99,222
45	48,084	54,304	60,763	69,166	79,500	87,209	94,751
50	45,417	51,425	57,677	65,813	75,825	83,291	90,598
55	43,023	48,819	54,862	62,733	72,427	79,655	86,731
60	40,863	46,450	52,286	59,895	69,276	76,274	83,126
65	38,903	44,287	49,921	57,274	66,349	73,123	79,757
70	37,119	42,306	47,742	54,846	63,624	70,180	76,603
75	35,487	40,484	45,729	52,591	61,081	67,428	73,647
80	33,989	38,803	43,863	50,493	58,704	64,849	70,872
85	32,608	37,249	42,131	48,537	56,478	62,429	68,262
90	31,333	35,807	40,519	46,709	54,390	60,154	65,804
95	30,151	34,466	39,015	44,997	52,429	58,013	63,487
100	29,053	33,216	37,608	43,392	50,583	55,994	61,299
105	28,030	32,048	36,291	41,884	48,844	54,088	59,230
110	27,075	30,955	35,054	40,464	47,203	52,287	57,273
115	26,181	29,929	33,892	39,127	45,652	50,583	55,418
120	25,342	28,966	32,797	37,864	44,185	48,969	53,658
125	24,554	28,059	31,765	36,671	42,795	47,437	51,988
130	23,813	27,203	30,789	35,541	41,477	45,983	50,400
135	23,113	26,395	29,867	34,471	40,225	44,601	48,889
140	22,453	25,631	28,993	33,456	39,036	43,286	47,450
145	21,828	24,907	28,164	32,492	37,904	42,034	46,079
150	21,236	24,221	27,377	31,574	36,827	40,840	44,770

INTENSIDAD LLUVIAS CRITICAS (mm/h)							
Dr (min)	I Tr 2	I Tr 3	I Tr 5	I Tr 10	I Tr 25	I Tr 50	I Tr 100
155	20,675	23,569	26,629	30,702	35,800	39,701	43,521
160	20,142	22,949	25,917	29,870	34,820	38,614	42,327
165	19,634	22,359	25,239	29,076	33,884	37,575	41,186
170	19,151	21,797	24,592	28,319	32,989	36,581	40,093
175	18,691	21,261	23,974	27,595	32,134	35,629	39,047
180	18,251	20,749	23,384	26,903	31,315	34,718	38,044
185	17,832	20,259	22,820	26,241	30,530	33,845	37,083
190	17,430	19,791	22,279	25,606	29,778	33,007	36,160
195	17,046	19,342	21,762	24,998	29,057	32,203	35,274
200	16,678	18,912	21,265	24,414	28,364	31,430	34,422
205	16,325	18,500	20,789	23,854	27,698	30,688	33,603
210	15,986	18,104	20,332	23,316	27,059	29,974	32,816
215	15,661	17,724	19,892	22,798	26,444	29,287	32,058
220	15,348	17,358	19,469	22,300	25,851	28,626	31,327
225	15,047	17,006	19,063	21,821	25,281	27,988	30,624
230	14,758	16,668	18,671	21,360	24,732	27,374	29,945
235	14,479	16,342	18,294	20,915	24,202	26,782	29,291
240	14,210	16,027	17,930	20,486	23,691	26,211	28,660
360	9,793	10,867	11,964	13,450	15,304	16,819	18,268

Con base en las máximas intensidades de lluvia para los distintos periodos de retorno es posible determinar la máxima altura de lámina en función de las distintas duraciones definidas previamente. Los valores de las profundidades se muestran a la Tabla 7.2.

Tabla 7.2 Profundidades acumuladas de lluvias críticas (mm)

PROFUNDIDADES ACUMULADAS DE LLUVIAS CRITICAS (mm)						
Dr (min)	Tr 2a	Tr 5a	Tr 10a	Tr 25a	Tr 50a	Tr 100a
5	7,44	8,53	9,33	10,35	11,14	11,92
10	13,46	15,77	17,39	19,41	20,98	22,51
15	18,43	21,98	24,39	27,40	29,69	31,94
20	22,59	27,33	30,51	34,45	37,43	40,35
25	26,11	31,98	35,89	40,71	44,33	47,88
30	29,14	36,05	40,63	46,27	50,49	54,63
35	31,76	39,62	44,82	51,22	56,01	60,69
40	34,05	42,77	48,55	55,66	60,96	66,15
45	36,06	45,57	51,87	59,62	65,41	71,06
50	37,85	48,06	54,84	63,19	69,41	75,50
55	39,44	50,29	57,50	66,39	73,02	79,50
60	40,86	52,29	59,90	69,28	76,27	83,13
65	42,15	54,08	62,05	71,88	79,22	86,40

PROFUNDIDADES ACUMULADAS DE LLUVIAS CRÍTICAS (mm)						
Dr (min)	Tr 2a	Tr 5a	Tr 10a	Tr 25a	Tr 50a	Tr 100a
70	43,31	55,70	63,99	74,23	81,88	89,37
75	44,36	57,16	65,74	76,35	84,29	92,06
80	45,32	58,48	67,32	78,27	86,47	94,50
85	46,20	59,69	68,76	80,01	88,44	96,70
90	47,00	60,78	70,06	81,59	90,23	98,71
95	47,74	61,77	71,25	83,01	91,85	100,52
100	48,42	62,68	72,32	84,31	93,32	102,16
105	49,05	63,51	73,30	85,48	94,65	103,65
110	49,64	64,27	74,18	86,54	95,86	105,00
115	50,18	64,96	74,99	87,50	96,95	106,22
120	50,68	65,59	75,73	88,37	97,94	107,32
125	51,15	66,18	76,40	89,16	98,83	108,31
130	51,59	66,71	77,01	89,87	99,63	109,20
135	52,01	67,20	77,56	90,51	100,35	110,00
140	52,39	67,65	78,06	91,08	101,00	110,72
145	52,75	68,06	78,52	91,60	101,58	111,36
150	53,09	68,44	78,94	92,07	102,10	111,93
155	53,41	68,79	79,31	92,48	102,56	112,43
160	53,71	69,11	79,65	92,85	102,97	112,87
165	53,99	69,41	79,96	93,18	103,33	113,26
170	54,26	69,68	80,24	93,47	103,65	113,60
175	54,51	69,93	80,49	93,72	103,92	113,89
180	54,75	70,15	80,71	93,94	104,15	114,13
185	54,98	70,36	80,91	94,14	104,35	114,34
190	55,20	70,55	81,09	94,30	104,52	114,51
195	55,40	70,73	81,24	94,43	104,66	114,64
200	55,59	70,88	81,38	94,55	104,77	114,74
205	55,78	71,03	81,50	94,64	104,85	114,81
210	55,95	71,16	81,61	94,71	104,91	114,86
215	56,12	71,28	81,69	94,76	104,95	114,87
220	56,28	71,39	81,77	94,79	104,96	114,87
225	56,43	71,49	81,83	94,80	104,96	114,84
230	56,57	71,57	81,88	94,80	104,96	114,79
235	56,71	71,65	81,92	94,79	104,96	114,72
240	56,84	71,72	81,94	94,76	104,96	114,64

Continuando con el método de bloques alternos, se prosigue a calcular los valores diferenciales de precipitación ($P_i - P_{i-1}$), para cada bloque. (véase la Tabla 7.3)

Tabla 7.3 Profundidades diferenciales de lluvias críticas

PROFUNDIDADES DIFERENCIAL DE LLUVIAS CRITICAS (mm)						
DR (MIN)	Tr 2A	Tr 5A	Tr 10A	Tr 25A	Tr 50A	Tr 100A
5	7,441	8,530	9,327	10,345	11,141	11,923
10	6,023	7,242	8,059	9,069	9,836	10,587
15	4,965	6,203	7,005	7,984	8,714	9,427
20	4,158	5,353	6,121	7,054	7,743	8,415
25	3,527	4,651	5,375	6,253	6,899	7,529
30	3,025	4,066	4,740	5,560	6,162	6,750
35	2,620	3,573	4,196	4,958	5,516	6,063
40	2,289	3,155	3,728	4,431	4,948	5,455
45	2,014	2,798	3,323	3,969	4,447	4,915
50	1,785	2,492	2,970	3,563	4,003	4,435
55	1,590	2,227	2,661	3,204	3,608	4,006
60	1,425	1,996	2,390	2,885	3,257	3,622
65	1,283	1,795	2,151	2,602	2,942	3,277
70	1,160	1,618	1,940	2,349	2,661	2,968
75	1,053	1,462	1,753	2,123	2,408	2,689
80	0,960	1,324	1,585	1,921	2,181	2,437
85	0,877	1,202	1,436	1,739	1,975	2,209
90	0,804	1,092	1,302	1,575	1,790	2,002
95	0,740	0,995	1,182	1,427	1,622	1,814
100	0,682	0,907	1,074	1,293	1,470	1,644
105	0,631	0,828	0,977	1,172	1,332	1,489
110	0,584	0,757	0,888	1,061	1,206	1,347
115	0,543	0,693	0,808	0,961	1,091	1,218
120	0,505	0,635	0,735	0,870	0,986	1,099
125	0,471	0,582	0,669	0,787	0,890	0,991
130	0,439	0,534	0,609	0,710	0,803	0,892

PROFUNDIDADES DIFERENCIAL DE LLUVIAS CRITICAS (mm)						
Dr (MIN)	Tr 2A	Tr 5A	Tr 10A	Tr 25A	Tr 50A	Tr 100A
135	0,411	0,490	0,554	0,641	0,722	0,801
140	0,385	0,450	0,503	0,577	0,649	0,717
145	0,361	0,413	0,457	0,518	0,581	0,640
150	0,339	0,380	0,415	0,465	0,519	0,569
155	0,319	0,349	0,376	0,415	0,461	0,504
160	0,301	0,320	0,340	0,370	0,409	0,444
165	0,284	0,294	0,308	0,328	0,360	0,388
170	0,268	0,270	0,277	0,289	0,315	0,337
175	0,253	0,248	0,249	0,254	0,274	0,290
180	0,239	0,227	0,223	0,221	0,235	0,246
185	0,227	0,208	0,199	0,191	0,200	0,205
190	0,215	0,191	0,177	0,162	0,167	0,168
195	0,204	0,174	0,157	0,136	0,137	0,133
200	0,193	0,159	0,138	0,112	0,109	0,101
205	0,184	0,145	0,120	0,090	0,083	0,071
210	0,175	0,132	0,104	0,069	0,059	0,044
215	0,166	0,119	0,089	0,050	0,036	0,018
220	0,158	0,108	0,074	0,032	0,015	0,006
225	0,151	0,097	0,061	0,016	0,000	0,000
230	0,144	0,087	0,049	0,000	0,000	0,000
235	0,137	0,078	0,038	0,000	0,000	0,000
240	0,131	0,069	0,027	0,000	0,000	0,000

Una vez obteniendo los valores diferenciales de precipitación, se reorganizan a partir del centro del hietograma. De esta forma, concluyendo con el hietograma de profundidades para la estación Universidad del Valle, como se presenta en la Tabla 7.4 y Figura 7.3

Tabla 7.4 Hietograma

HIETOGRAMA DE PROFUNDIDADES (mm)						
Dr (MIN)	Tr 2A	Tr 5A	Tr 10A	Tr 25A	Tr 50A	Tr 100A
5	0,137	0,078	0,038	0,014	0,000	0,067
10	0,151	0,097	0,061	0,016	0,000	0,028
15	0,166	0,119	0,089	0,050	0,036	0,018
20	0,184	0,145	0,120	0,090	0,083	0,071
25	0,204	0,174	0,157	0,136	0,137	0,133
30	0,227	0,208	0,199	0,191	0,200	0,205
35	0,253	0,248	0,249	0,254	0,274	0,290
40	0,284	0,294	0,308	0,328	0,360	0,388
45	0,319	0,349	0,376	0,415	0,461	0,504
50	0,361	0,413	0,457	0,518	0,581	0,640
55	0,411	0,490	0,554	0,641	0,722	0,801
60	0,471	0,582	0,669	0,787	0,890	0,991
65	0,543	0,693	0,808	0,961	1,091	1,218
70	0,631	0,828	0,977	1,172	1,332	1,489
75	0,740	0,995	1,182	1,427	1,622	1,814
80	0,877	1,202	1,436	1,739	1,975	2,209
85	1,053	1,462	1,753	2,123	2,408	2,689
90	1,283	1,795	2,151	2,602	2,942	3,277
95	1,590	2,227	2,661	3,204	3,608	4,006
100	2,014	2,798	3,323	3,969	4,447	4,915
105	2,620	3,573	4,196	4,958	5,516	6,063
110	3,527	4,651	5,375	6,253	6,899	7,529
115	4,965	6,203	7,005	7,984	8,714	9,427
120	7,441	8,530	9,327	10,345	11,141	11,923
125	6,023	7,242	8,059	9,069	9,836	10,587
130	4,158	5,353	6,121	7,054	7,743	8,415
135	3,025	4,066	4,740	5,560	6,162	6,750
140	2,289	3,155	3,728	4,431	4,948	5,455
145	1,785	2,492	2,970	3,563	4,003	4,435
150	1,425	1,996	2,390	2,885	3,257	3,622
155	1,160	1,618	1,940	2,349	2,661	2,968
160	0,960	1,324	1,585	1,921	2,181	2,437
165	0,804	1,092	1,302	1,575	1,790	2,002
170	0,682	0,907	1,074	1,293	1,470	1,644
175	0,584	0,757	0,888	1,061	1,206	1,347
180	0,505	0,635	0,735	0,870	0,986	1,099
185	0,439	0,534	0,609	0,710	0,803	0,892
190	0,385	0,450	0,503	0,577	0,649	0,717

HIETOGRAMA DE PROFUNDIDADES (mm)						
DR (MIN)	Tr 2A	Tr 5A	Tr 10A	Tr 25A	Tr 50A	Tr 100A
195	0,339	0,380	0,415	0,465	0,519	0,569
200	0,301	0,320	0,340	0,370	0,409	0,444
205	0,268	0,270	0,277	0,289	0,315	0,337
210	0,239	0,227	0,223	0,221	0,235	0,246
215	0,215	0,191	0,177	0,162	0,167	0,168
220	0,193	0,159	0,138	0,112	0,109	0,101
225	0,175	0,132	0,104	0,069	0,059	0,044
230	0,158	0,108	0,074	0,032	0,015	0,006
235	0,144	0,087	0,049	0,000	0,000	0,000
240	0,131	0,069	0,027	0,000	0,000	0,000

Hietograma de profundidades Estación Universidad del Valle

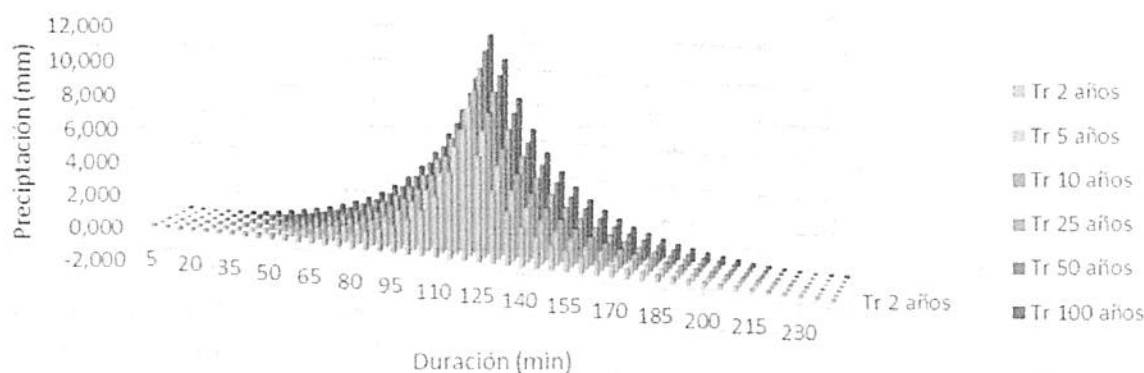


Figura 7.3 Hietograma de profundidades – Estación Universidad del Valle.

Con base, en las profundidades obtenidas, es posible determinar las intensidades para cada uno de los bloques, asumiendo que lo precipitado en cada bloque corresponde a un periodo de 5 minutos, por lo

cual se puede calcular la intensidad como $i = \frac{P \text{ (mm)} + 60 \left(\frac{\text{min}}{\text{hr}} \right)}{5 \text{ min}}$, como se muestra en la Tabla 7.5.

Tabla 7.5 Intensidades de lluvias críticas

INTENSIDADES LLUVIAS CRÍTICAS (mm/h)						
DR (MIN)	Tr 2A	Tr 5A	Tr 10A	Tr 25A	Tr 50A	Tr 100A
5	1,65	0,94	0,45	0,17	0,00	0,81
10	1,81	1,17	0,73	0,19	0,00	0,34
15	2,00	1,43	1,06	0,60	0,44	0,21
20	2,21	1,74	1,44	1,08	0,99	0,85

INTENSIDADES LLUVIAS CRITICAS (mm/h)						
Dr (MIN)	Tr 2A	Tr 5A	Tr 10A	Tr 25A	Tr 50A	Tr 100A
25	2,44	2,09	1,88	1,64	1,64	1,60
30	2,72	2,50	2,39	2,29	2,40	2,46
35	3,04	2,97	2,99	3,05	3,28	3,47
40	3,40	3,53	3,69	3,94	4,32	4,66
45	3,83	4,19	4,51	4,98	5,54	6,05
50	4,33	4,96	5,49	6,22	6,97	7,68
55	4,93	5,88	6,65	7,69	8,67	9,61
60	5,65	6,98	8,03	9,44	10,68	11,89
65	6,51	8,32	9,70	11,53	13,09	14,61
70	7,57	9,94	11,72	14,06	15,98	17,86
75	8,88	11,94	14,19	17,12	19,47	21,77
80	10,53	14,42	17,23	20,87	23,71	26,50
85	12,64	17,54	21,03	25,48	28,90	32,26
90	15,39	21,53	25,82	31,22	35,31	39,33
95	19,08	26,72	31,93	38,44	43,30	48,07
100	24,17	33,58	39,87	47,63	53,36	58,98
105	31,44	42,88	50,36	59,49	66,20	72,76
110	42,32	55,81	64,50	75,04	82,78	90,35
115	59,59	74,43	84,06	95,81	104,57	113,12
120	89,30	102,36	111,93	124,14	133,69	143,07
125	72,27	86,91	96,71	108,83	118,04	127,04
130	49,89	64,24	73,46	84,65	92,91	100,98
135	36,30	48,79	56,88	66,73	73,94	81,00
140	27,47	37,86	44,74	53,18	59,38	65,46
145	21,42	29,90	35,64	42,75	48,03	53,22
150	17,10	23,95	28,68	34,62	39,08	43,46
155	13,92	19,41	23,28	28,19	31,93	35,61
160	11,51	15,89	19,03	23,05	26,17	29,24
165	9,65	13,11	15,63	18,90	21,48	24,02
170	8,19	10,89	12,89	15,51	17,64	19,73
175	7,01	9,09	10,66	12,74	14,47	16,16
180	6,06	7,62	8,83	10,44	11,83	13,19
185	5,27	6,41	7,31	8,52	9,63	10,70
190	4,62	5,40	6,04	6,92	7,78	8,60
195	4,07	4,56	4,98	5,58	6,22	6,83
200	3,61	3,85	4,09	4,44	4,90	5,32
205	3,21	3,24	3,33	3,47	3,78	4,04
210	2,87	2,73	2,68	2,65	2,82	2,95
215	2,58	2,29	2,13	1,95	2,01	2,01

INTENSIDADES LLUVIAS CRÍTICAS (mm/h)						
DR (MIN)	Tr 2A	Tr 5A	Tr 10A	Tr 25A	Tr 50A	Tr 100A
220	2,32	1,91	1,65	1,35	1,31	1,21
225	2,10	1,58	1,25	0,83	0,70	0,52
230	1,90	1,29	0,89	0,39	0,19	0,00
235	1,73	1,05	0,59	0,00	0,00	0,00
240	1,57	0,83	0,32	0,00	0,00	0,00

Hietograma de intensidades Estación Universidad del Valle

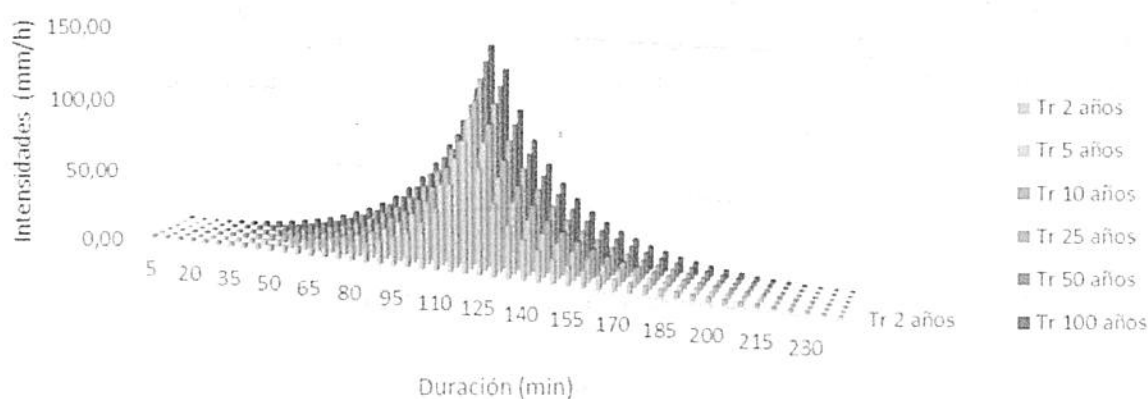


Figura 7.4 Hietograma de intensidades - Estación Universidad del Valle.

A partir de los hietogramas de intensidad y profundidades para la estación Universidad del Valle se observa que los valores más altos de precipitación se concentran entre los 50 a 200 minutos, esto indica que efectivamente el rango el cual las tormentas eléctricas puede tener un lapso de duración es de alrededor de 4 horas.

8 MODELACIÓN HIDRÁULICA

Para la modelación hidráulica que a continuación se expone, se revisaron las condiciones de contorno en la zona de estudio, la información disponible y las condiciones iniciales e hipótesis a considerar para cada una de las opciones posibles.

En cuanto a la información disponible, se cuenta con información topográfica a detalle de la zona de estudio y un modelo de elevación del terreno para la zona. Adicional a esto, en el capítulo hidrológico se obtuvo la información del régimen de precipitaciones en Cali, mediante las curvas IDF.

De las anteriores condiciones se determinan las siguientes consideraciones iniciales para el modelo:

- El modelo hidráulico se plantea a realizar en un software de modelación de dos dimensiones, como lo es el RiverFlow2D de la casa Hydronia.
- La zona a modelar será la comuna completa.

Se contempló llevar a cabo una modelación en dos dimensiones (bajo la plataforma RiverFlow2D®), el cual permite modelar el flujo con dos componentes de movimiento, lo que indica que permite el análisis del flujo saliente.

8.1 MODELACION HIDRAULICA EN 2D (RIVERFLOW2D)

RiverFlow2D® es un software de modelación hidráulica, que utiliza el método de elementos finitos, y mediante un poderoso motor numérico permite determinar el comportamiento de un flujo aplicando las ecuaciones diferenciales de Navier-Stokes (conservación de masa y momento), conocida como ecuaciones promediadas de Navier-Stokes como se muestra en las siguientes ecuaciones (Hydronia, 2018):

$$\frac{\partial U}{\partial t} + \frac{\partial F(U)}{\partial x} + \frac{\partial G(U)}{\partial y} = S(U, x, y)$$

Donde el vector de variables observadas con respecto a la altura h promedio es:

$$U = (h, q_x, q_y)^T; q_x = uh; q_y = vh$$

Los vectores de flujo son dados por las siguientes expresiones:

$$F = \left(q_x, \frac{q_y^2}{h} + \frac{1}{2}gh^2, \frac{q_x q_y}{h} \right)^T; G = \left(q_y, \frac{q_x q_y}{h}, \frac{q_y^2}{h} + \frac{1}{2}gh^2 \right)^T$$

El modelo funciona generando una matriz de elementos a partir de un modelo de elevaciones, asignándoles además propiedades a los mismos, acorde a los parámetros de entrada ingresados, como el coeficiente de Manning, coeficiente de infiltración, precipitación, entre otros.

Como datos de entrada para el montaje de este modelo, se necesitó la información listada a continuación:

- Generación de mallas y determinación de elevaciones.
- Coeficiente de Manning.
- Datos de infiltración.
- Lluvias críticas y evapotranspiración.
- Condiciones de frontera

8.2 GENERACIÓN DE MALLA Y DETERMINACIÓN DE ELEVACIONES

La malla de elementos finitos utilizada para la zona de estudio se modeló mediante una red de triángulos irregulares (TIN) de tamaño de 2m de celda. La malla de elementos finitos consistió en un

total de 62.999 nodos y 123.615 celdas triangulares, cada una con sus respectivos valores de elevación. Los valores de elevación se tomaron a partir del DTM para el proyecto (LIDAR). El esquema de la malla de elementos finitos se presenta en la Figura 8.1 y la Figura 8.2.



Figura 8.1 Malla de elementos finitos – Comuna 18

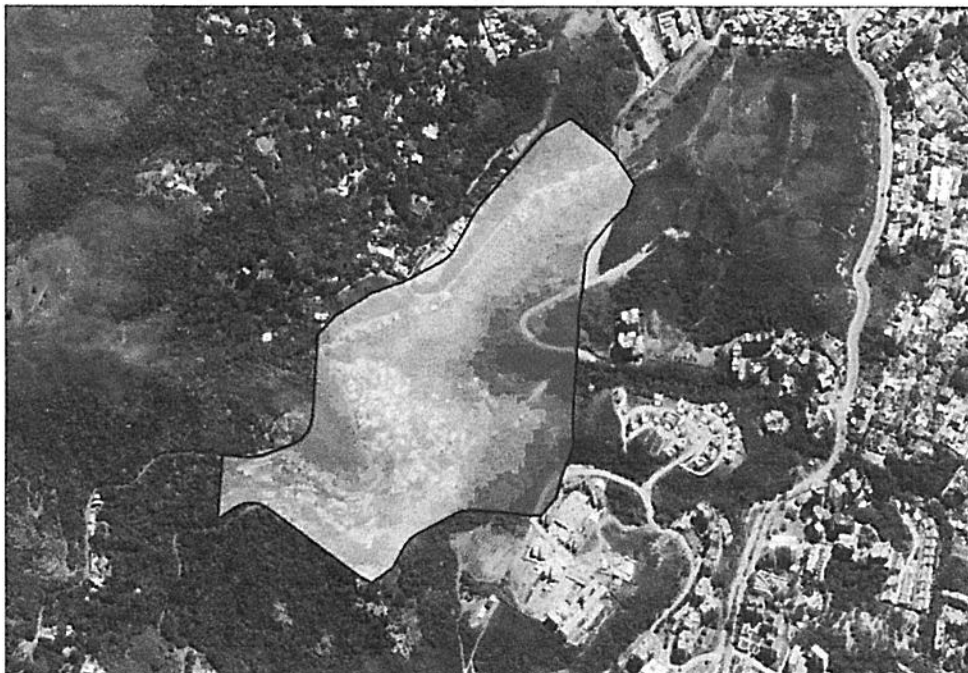


Figura 8.2 Malla de elementos finitos – Comuna 19

8.3 COEFICIENTE DE MANNING

Los coeficientes de Manning para la zona de estudio fueron obtenidos de valores típicos propuestos por Chow (Chow et al., 1994). Para la asignación de estos coeficientes se consideraron las diferentes coberturas de suelo que yacen sobre el lote y de esta manera se les asignó su respectivo coeficiente de rugosidad de Manning (Figura 8.3 y en la Figura 8.4).

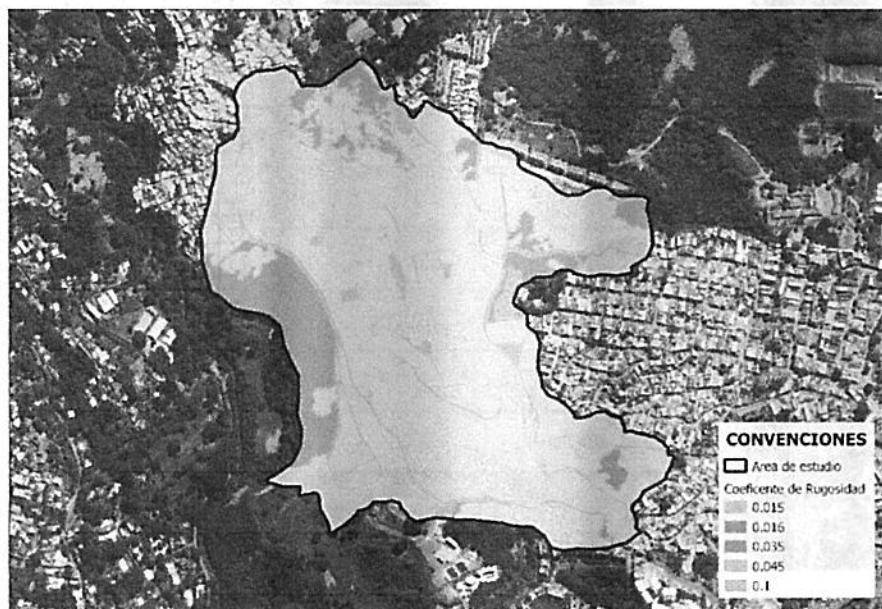


Figura 8.3 Coeficiente de Manning Comuna 18

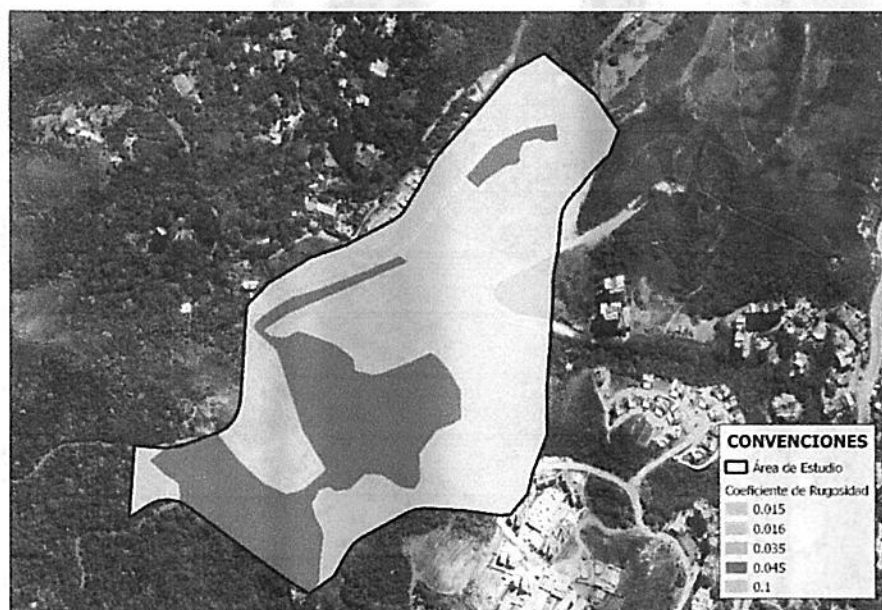


Figura 8.4 Coeficiente de Manning Comuna 19

8.4 INFILTRACIÓN

El modelo de infiltración usado para el modelo correspondió al del Número de Curva del SCS (Soil Conservation Service de E.E.U.U). Este modelo asigna valores de CN (curve number) a cada cobertura, donde un valor de CN=100 indica que la cobertura es completamente impermeable y todo lo precipitado escurre, y por el contrario un CN=1 indica que todo lo precipitado infiltra por completo en el suelo.

Para la verificación de condición de la infiltración de los suelos, de forma análoga a lo realizado para la rugosidad, se tomaron valores típicos de infiltración (CN) de la bibliografía (Chow et al. 1994). En cuanto a las condiciones de lluvia antecedente, teniendo en cuenta los datos reportados de hidrología se opta por tomar un nivel antecedente III (Véase la Figura 8.5 y en la Figura 8.6).

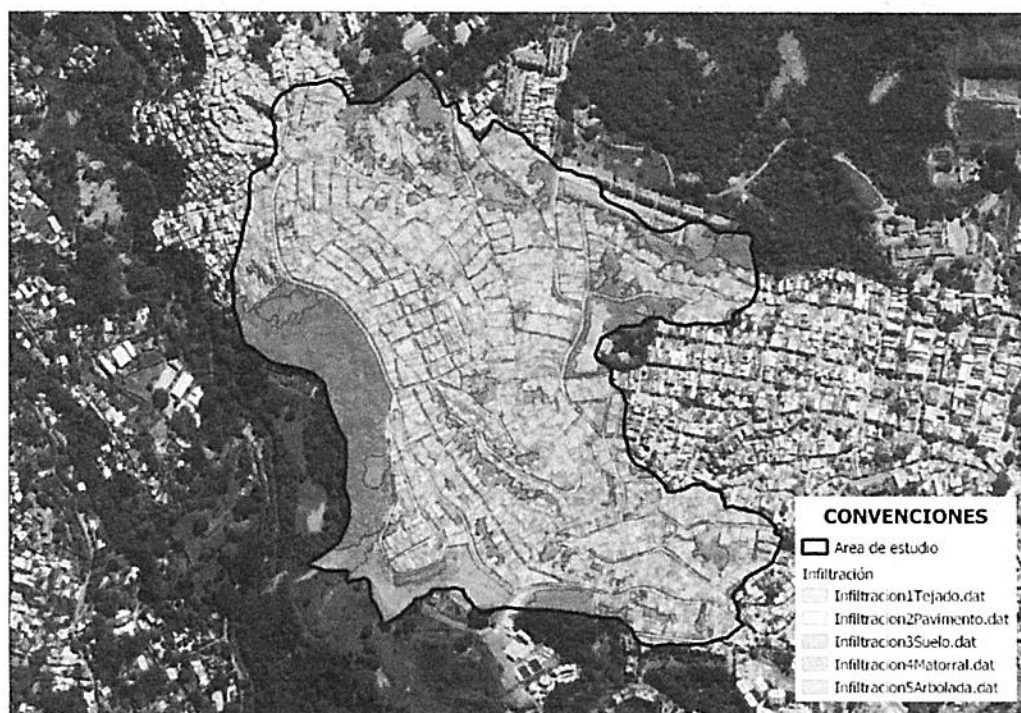


Figura 8.5 Infiltraciones Comuna 18

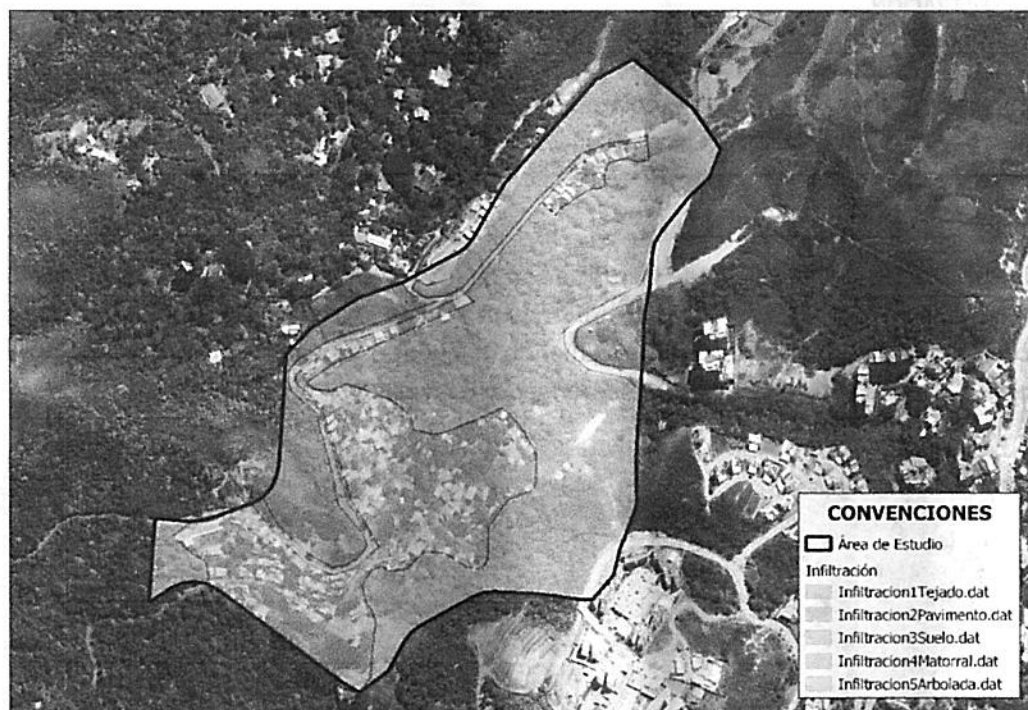


Figura 8.6 Infiltraciones Comuna 19

8.5 LLUVIA CRÍTICAS – EVAPOTRANSPIRACIÓN

Para considerar el efecto de las lluvias en el modelo, se usará para el polígono los hietogramas obtenidos para la estación de Universidad del Valle, previamente caracterizado en el capítulo de hidrología. A continuación, se presenta el Hietograma en la Figura 8.7.



Figura 8.7 Hietograma de intensidades – Universidad del Valle

8.6 CONDICIONES DE FRONTERA Y PARTICULARIDADES

Para las condiciones de frontera se consideraron los distintos elementos de calibración del modelo con base en la metodología del IDEAM. Por ende, se tuvo en cuenta la siguiente condición de frontera:

- Salida libre

Las anteriores condiciones de contorno definen de manera adecuada los escenarios que se pueden presentar en la zona de estudio. Para la evaluación y cálculo de los distintos caudales picos se definieron secciones transversales perpendiculares al movimiento del flujo en las distintas zonas de interés.

El proceso consistió en simular la lluvia de cinco horas de duración, y se ubicaron secciones de control, a la entrada de las escaleras, tal como se ilustra en la Figura 8.8. Con el modelo fue posible predecir el caudal máximo que se espera pase por esta sección de control. Así las cosas, los caudales obtenidos para período de retorno de 25 años, se ilustra en la Tabla 8.1 y en la Tabla 8.2. La anterior tabla fue la base para el diseño de los respectivos cunetas y canales.

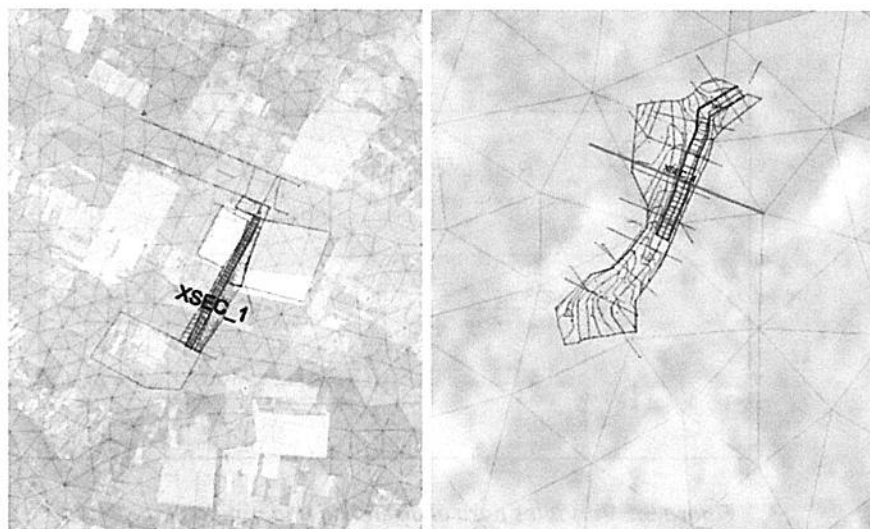


Figura 8.8 Condiciones de frontera Comuna 18 – Sitio 1y Comuna 19 – Sitio 4

Tabla 8.1 Caudales picos – Comuna 18

CAUDALES PICOS - COMUNA 18										
	Sección 1	Sección 2	Sección 3	Sección 10	Sección 4	Sección 5	Sección 6	Sección 7	Sección 8	Sección 9
Sitio de Interes	1	2	3	5	6	7	8	12	13	14
Q (m3/s)	0,013	1,270	0,059	0,007	0,005	0,007	0,023	0,042	0,0877	0,0969

Tabla 8.2 Caudales pico – Comuna 19

CAUDALES PICOS - COMUNA 19							
	Sección 1	Sección 2	Sección 3	Sección 4	Sección 5	Sección 6	Sección 7
Sitio de Interes	1	2	3	4 y 5	6	7	8
Q (m3/s)	0,0015	0,0105	0,0497	0,2842	0,0667	0,0110	0,0264

9 Diseño de estructuras hidráulicas

En la sección anterior se obtuvieron los caudales pico a la entrada de las diferentes estructuras del proyecto. A partir de estos valores se procede a diseñar las estructuras disipadoras de energía, que surgen como consecuencia de la fuerte pendiente del terreno. Un ejemplo típico de una rápida escalonada, así como los parámetros que influyen en su diseño se ilustran en la Figura 9.1.

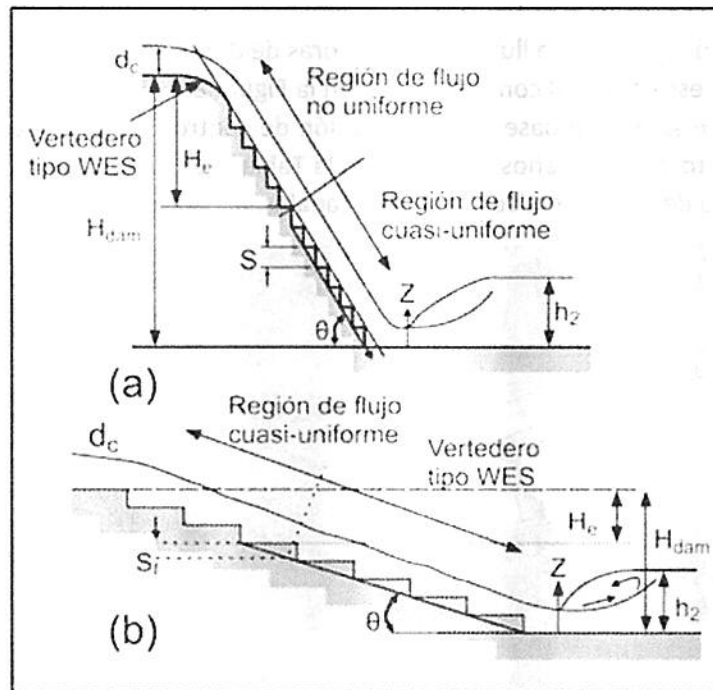


Figura 9.1 Variables para el diseño de una rápida escalonada

Para efectos del diseño se tuvieron en cuentas las siguientes variables:

- Topografía
- Geología

El diseño consiste en definir la velocidad (V_w) y la profundidad del flujo (d_w) en la estructura, la energía final de la estructura (E_{res}) y el incremento de la profundidad del flujo por efecto del aire ($\gamma 0.9$) para determinar la altura de muros de la estructura (H_w).

A partir de los insumos anteriormente nombrados, es necesario ingresar unos parámetros de entrada, tales como:

- Caudal Diseño

$$Q = \frac{v}{t}$$

$$Q = \text{Caudal de diseño } \left(\frac{m^3}{s} \right)$$

$$V = \text{Volumen } m^3$$

$$t = \text{Tiempo (segundos)}$$

- **Ancho de estructura**

$$B = \text{Ancho del canal (m)}$$

- **Altura de total de caída**

$$H_{dam} = \text{Altura total caída (m)}$$

- **Ángulo del Canal**

$$\theta = \text{Grados } ^\circ$$

- **Altura crítica:**

$$Y_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

$$Y_c = \text{Altura critica (m)}$$

$$q = \text{Caudal Unitario } \left(\frac{m^2}{s} \right)$$

$$G = \text{Gravedad especifica } \left(\frac{m}{s^2} \right)$$

Posteriormente, se calcula la altura total relativa $\frac{H_{dam}}{Y_c}$, y se asume una altura de escalón (S) de manera que se forme una condición de flujo tipo rasante. Para esto se debe cumplir la siguiente condición definida por Ohtsu (referencia):

$$0.1 \leq \frac{S}{Y_c} \leq \left(\frac{S}{Y_c} \right) s$$

$$\left(\frac{S}{Y_c} \right) s \leq \frac{7}{6} (\tan \theta)^{1/6}$$

$$5.7^\circ \text{ a } 55^\circ$$

Las condiciones de flujo cambian en función del ángulo θ y de la altura relativa del escalon S/Y_c , por lo que el flujo rasante se puede clasificar como:

Tipo A cuando $\theta > 19 \text{ grados}$

Tipo B cuando $5.7 < \theta \leq 19 \text{ grados}$

En este orden de ideas, el flujo rasante es altamente turbulento, pero lo que se busca es que el flujo pueda llegar a ser cuasi – uniforme, es decir, su comportamiento a través de la estructura hidráulica

no presenta mayores variaciones en la profundidad, concentración y velocidad. La altura necesaria del canal para que se alcance el flujo cuasi – uniforme (He) está dada por la siguiente ecuación:

$$\frac{dw}{Yc} = \left(\frac{f}{8 * \sin \theta} \right)^{1/3}$$

En donde f es el factor de fricción y se determina a partir de las siguientes condiciones:

$$f = f_{max} - A * \left(0.5 - \frac{S}{Yc} \right)^2 \text{ para } 0.1 \leq S/Yc < 0.5$$

$$f = f_{max} \text{ para } 0.5 \leq \frac{S}{Yc} \leq \left(\frac{S}{Yc} \right)_s$$

Para $5.7 < \theta \leq 19$ grados:

$$A = -1.7 \times 10^{-3} * \theta^2 + 6.4 \times 10^{-2} * \theta - 1.5 \times 10^{-2}$$

$$f_{max} = -4.2 \times 10^{-4} * \theta^2 + 1.6 \times 10^{-2} * \theta - 3.2 \times 10^{-2}$$

Para $\theta > 19$ grados

$$A = 0.452$$

$$f_{max} = 2.32 \times 10^{-5} * \theta^2 - 2.75 \times 10^{-3} * \theta + 2.31 \times 10^{-1}$$

Para el flujo cuasi – uniforme, la energía residual (Eres) en el extremo inferior de la estructura se determinar cómo:

Para flujo Tipo A

$$\left(\frac{Eres}{Yc} \right) u = \frac{dw}{Yc} \cos \theta + \frac{1}{2} \left(\frac{Yc}{dw} \right)^2 = \left(\frac{f}{8 * \sin \theta} \right)^{1/3} \cos \theta + \frac{1}{2} \left(\frac{f}{8 * \sin \theta} \right)^{-2/3}$$

Para Flujo Tipo B

$$\left(\frac{Eres}{Yc} \right) u = \frac{dw}{Yc} + \frac{1}{2} \left(\frac{Yc}{dw} \right)^2 = \left(\frac{f}{8 * \sin \theta} \right)^{1/3} + \frac{1}{2} \left(\frac{f}{8 * \sin \theta} \right)^{-2/3}$$

Finalmente. Para el flujo cuasi-uniforme la altura de los muros del canal, Hw está dada por:

$$Hw = 1.4 * y_{0.9}$$

Siendo $y_{0.9}$ la profundidad del flujo para una concentración de aire de 0.9. Este valor de $y_{0.9}$ se calcula como:

$$y_{0.9} = \frac{dw}{1 - C_{mean}}$$

$$C_{mean} = D - 0.3 * \exp(-5 * (\frac{S}{Y_c})^2 - 4 * (\frac{S}{Y_c}))$$

Donde

$D = 0.300$ para $5.7 < \theta \leq 19$ grados

$D = -20 \times 10^{-4} * \theta^2 + 2.14 \times 10^{-2} * \theta - 3.57 \times 10^{-2}$ Para $\theta > 19$ grados

La variable C_{mean} es la concentración media del aire.

Para finalizar la descripción del funcionamiento hidráulico de la estructura hidráulica, se definen características del resalto hidráulico que se produce en el extremo inferior de las escaleras definiendo la altura conjugada (Y_2) y la longitud de desarrollo del resalto, con las siguientes expresiones

$$Y_2 = \frac{Y_1}{2} \left(-1 + \left(1 + 8 * \frac{q^2}{G + Y_1^3} \right)^{\frac{1}{2}} \right)$$

$$\frac{L}{Y_1} = 220 * \tan^{-1} \left(\frac{F_1 - 1}{22} \right)$$

$Y_2 =$ Altura conjugada (m)

$L =$ Longitud de Desarrollo del resalto (m)

$Y_1 =$ Altura inicio del resalto (m)

$Y_2 =$ Froude al inicio del resalto

A continuación, se presenta el diseño de una de las estructuras de Comuna 18 y Comuna 19 respectivamente. Los restantes análisis se encuentran consignados en el Anexo C en la carpeta de memoria de cálculos correspondiente a cada comuna en memoria de cálculos.

Datos de Entrada		
Ancho de Canal (B)	1.5	m
Caída Total (Hdam)	4	m
Angulo de canal con la horizontal (ϕ)	9	grados
Caudal de Diseño (Qw)	1.27	m ³ /s
Altura Escalon asumida (S)	0.3	m
		TIPO B
Profundidad Crítica, dc	0.42	m
Gravedad, g	9.81	m/s ²
(S/dc)s = -Ecuación 4.55:	0.86	
S/dc	0.72	
Verificando Ecuación 4.54	OK	
Altura total relativa (Hdam/dc)	9.56771035	
He (m) = - Ecuación 4.57	3.09	OK
		-1.21E-05
		1.60E-03
		-7.13E-02
5. Cálculo del Factor de Fricción		
Factor de fricción máximo: fmax	0.210	4.20E-04
Coeficiente A:	5.88E-01	1.60E-02
Factor de fricción: f	0.210	3.20E-02
		2.32E-05
		-2.75E-03
		2.31E-01
		-1.50E-01
8. Cálculo de la Energía Residual		
(Eres/dc)u:	2.195	
Eres:	0.918	m
7. Altura representativa		
Flujo cuasi-uniforme: dw	0.231	m
6. Velocidad de flujo		
Flujo cuasi-uniforme: Vw	3.672	
9. Altura de los muros del canal		
D:	0.300	m
Cmean:	0.299	
y0,9:	0.329	m
Altura de muros del canal: Hw	0.460	m
		-2.00E-04
		-2.00E-04
		2.14E-02
		-3.57E-02
10. Características del Resalto Hidráulico		
Y1:	0.231	m
Fr1:	2.441	m
Y2:	0.689	m
L:	3.017	m

Figura 9.2. Dimensionamiento Escalera 2 - Comuna 18.

A partir de los resultados del resalto hidráulico definidas en la Figura 9.2 se especificaron las dimensiones más óptimas y eficientes de las rápidas escalonadas, teniendo en cuenta, las condiciones actuales donde deben de ser implementadas. A continuación, se definen los diseños geométricos de los canales.

- Huella
- Contra Huella

- Altura de Total de Muros.

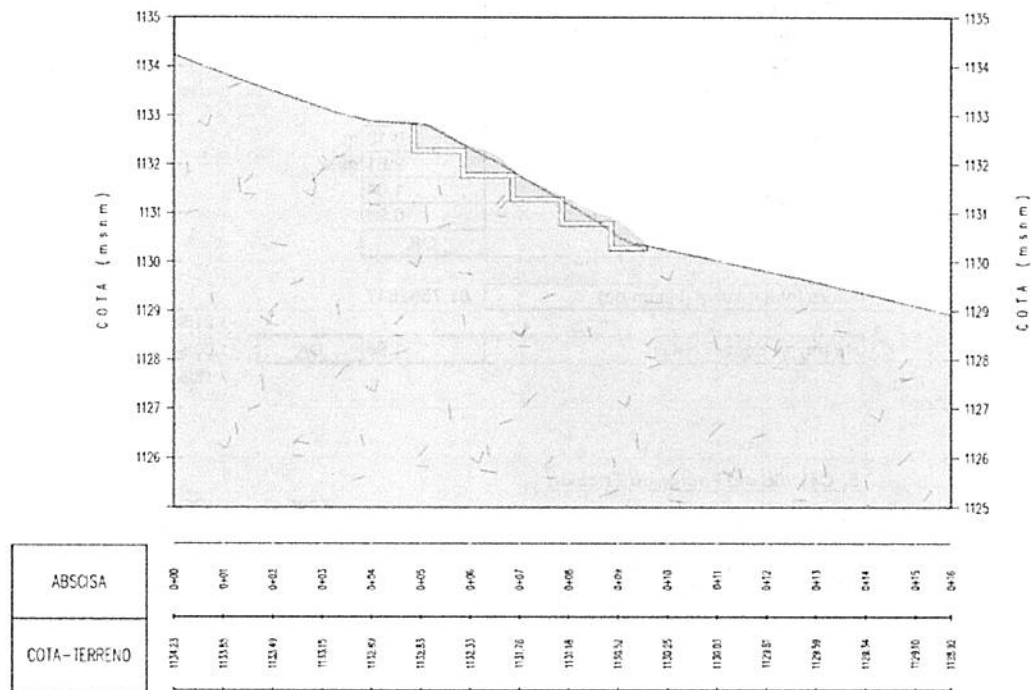


Figura 9.3. Perfil escalera 2 - Comuna 18.

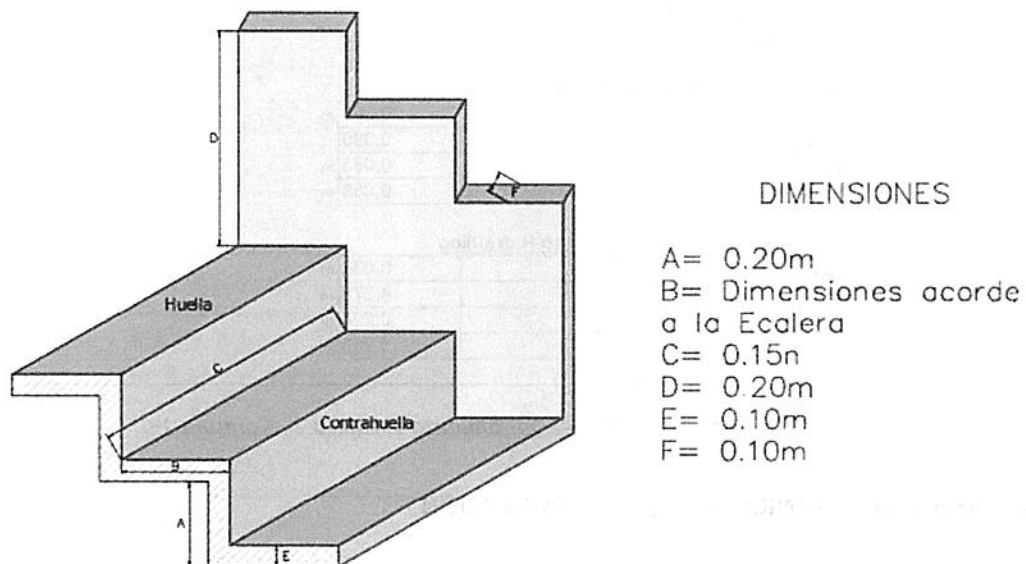


Figura 9.4. Dimensiones Rápida Escalonada - Escalera 2 - Comuna 18.

Datos de Entrada			
Ancho de Canal (B)	0.1	m	
Caída Total (Hdam)	8.5	m	
Angulo de canal con la horizontal (ϕ)	27	grados	TIPO A
Caudal de Diseño (Qw)	0.0105	m ³ /s	
Altura Escalon asumida (S)	0.1	m	
Profundidad Crítica, dc	0.10	m	
Gravedad, g	9.81	m/s ²	
(S/dc)s = -Ecuación 4.55:	1.04		
S/dc	0.96		
Verificando Ecuación 4.54	OK		
Altura total relativa (Hdam/dc)	81.7552647		-1.21E-05
He (m) = - Ecuación 4.57	1.96	OK	1.60E-03 -7.13E-02
5. Cálculo del Factor de Fricción			
Factor de fricción máximo: fmax	0.174		4.20E-04 2.32E-05 1.70E-03
Coefficiente A:	0.452		1.60E-02 -2.75E-03 6.40E-02
Factor de fricción: f	0.174		3.20E-02 2.31E-01 -1.50E-01
8. Cálculo de la Energía Residual			
(Eres/dc)u:	4.119		
Eres:	0.428	m	
7. Altura representativa			
Flujo cuasi-uniforme: dw	0.038	m	
6. Velocidad de flujo			
Flujo cuasi-uniforme: Vw	2.782		
9. Altura de los muros del canal			
D:	0.396	m	-2.00E-04
Cmean:	0.396		-2.00E-04
y0,9:	0.063	m	2.14E-02
Altura de muros del canal: Hw	0.088	m	-3.57E-02
10. Características del Resalto Hidráulico			
Y1:	0.038	m	
Fr1:	4.573	m	
Y2:	0.226	m	
L:	1.215	m	

Figura 9.5. Dimensionamiento Escalera 2 - Comuna 19.

10 DISEÑO GEOTÉCNICO MUROS DE CONTENCIÓN

El diseño de los muros de contención de tierra se realizó con base en el método de Coulomb, y se hizo referencia a Das (2012). Se hicieron las verificaciones de seguridad por deslizamiento, volcamiento, capacidad portante y excentricidad a manera de pre-dimensionamiento, tanto para el caso estático como para el caso pseudoestático, para el posterior diseño estructural. Para la determinación de los

empujes pseudoestáticos se hizo referencia al método de Mononobe-Okabe, el cual se basa en las consideraciones de Coulomb.

10.1 EMPUJES DEL TERRENO

Se consideran los empujes activos, es decir, aquellos que ejerce el terreno trasdós sobre el muro, y los empujes pasivos, es decir aquellos que ejerce el terreno como reacción al desplazamiento del muro.

El empuje activo se determinó como:

$$E_a = \frac{1}{2} \gamma_T H^2 k_A + q_t$$

Donde H es la altura total del muro, k_A es el coeficiente de empuje activo del terreno y q_t es la sobrecarga que se pueda presentar sobre los muros. Esta sobrecarga se determina mediante la siguiente ecuación:

$$q_t = W * H * k_A$$

El empuje pasivo se determinó como:

$$E_p = \frac{1}{2} \gamma_T H^2 k_P$$

Donde k_P es el coeficiente de empuje pasivo del terreno

10.2 COEFICIENTES DE PRESIÓN LATERAL DE TIERRA

Los coeficientes de presión lateral de tierra se determinaron mediante las siguientes ecuaciones para todos los casos.

$$k_A = \frac{\sin^2(\theta + \varphi')}{\sin^2 \theta \sin(\theta - \delta) \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi' + \delta) * \sin(\varphi' - \beta)}{\sin(\theta - \delta) * \sin(\beta + \theta)}} \right)^2}$$

$$k_P = \frac{\sin^2(\theta - \varphi')}{\sin^2 \theta \sin(\theta + \delta) \left(1 - \sqrt{\frac{\sin(\varphi' + \delta) * \sin(\varphi' + \beta)}{\sin(\theta + \delta) * \sin(\beta + \theta)}} \right)^2}$$

Donde θ es la inclinación del muro respecto a la vertical, φ' es el ángulo de fricción del terreno, δ es el ángulo de fricción el terreno y el muro y β es la inclinación del terreno trasdós. Para la determinación del ángulo de fricción muro-terreno se hizo la siguiente consideración:

$$\delta = \frac{3}{4} \varphi'$$

10.3 COEFICIENTES SISMICOS

Para la determinación de los empujes debidos al sismo se define k_h y k_v de la siguiente forma:

$$k_h = \frac{\text{Componente horizontal de la aceleración del sismo}}{\text{aceleración debida a la gravedad}}$$

Para ello se tomó como referencia el valor dado para la ciudad de Cali en el Título A del Reglamento Sismo Resistente Colombiano, con un valor de 0.25G. Así:

$$k_h = 0.25$$

A partir de este valor se considera que k_v es:

$$k_v = \frac{1}{3} k_h$$

A partir de ello se determina el ángulo θ' del método de Mononobe-Okabe cómo:

$$\theta' = \tan^{-1} \left(\frac{k_h}{1 - k_v} \right)$$

Este ángulo permite definir el coeficiente de presión activa de tierra para el caso pseudoestático K_{ae} cómo a continuación:

$$K_{AE} = \frac{\sin^2(\varphi' + \theta - \theta')}{\cos(\theta') \sin^2 \theta \sin(\theta - \theta' - \delta) \left(1 - \sqrt{\frac{\sin(\varphi' + \delta) \sin(\varphi' - \theta' - \beta)}{\sin(\theta - \theta' - \delta) \sin(\beta + \theta)}} \right)^2}$$

10.4 CAPACIDAD PORTANTE

La capacidad portante del suelo es una propiedad geotécnica fundamental que se refiere a la capacidad de un suelo para soportar cargas aplicadas sin experimentar un hundimiento excesivo o una falla. Es un parámetro esencial en el diseño de cimentaciones y estructuras, ya que proporciona información sobre la capacidad del suelo para resistir las fuerzas transmitidas por una carga.

El cálculo de la capacidad portante del suelo implica evaluar la resistencia del suelo a las cargas aplicadas y determinar la carga máxima que puede soportar sin experimentar un asentamiento excesivo o una falla. Hay varios métodos para calcular la capacidad portante del suelo, y la elección del método depende de la naturaleza del suelo y las condiciones del sitio. se tuvo en consideración varios autores para finalmente seleccionar la ecuación propuesta por Terzaghi, que se presenta a continuación:

$$q_c = c N_c + \sigma'_{vc} N_q + 0,5 \gamma'_v B N_\gamma$$

Donde:

- q_c : Capacidad Portante adicional por unidad de área
- c : Cohesión del suelo

- σ'_{vc} : Presión vertical efectiva en el nivel de la cimentación
- γ'_v : Peso unitario del suelo
- N_c, N_q, N_γ : Factores de capacidad portante que dependen del tipo de cimentación

10.5 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN MUROS DE CONTENCIÓN

Las especificaciones de los materiales de construcción para el proyecto son

- **Concretos**

De limpieza: $f'_c = 140 \text{ kg/cm}^2$ (14 MPa)

Losas: $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ (21.0MPa)

Muros $f'_c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ (21.0 MPa)

- **Acero de Refuerzo**

3/8" y mayores $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ (420 MPa) NTC-2289

1/4" y menores $f_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$ (240 MPa) NTC-2289

Cualquier modificación en las dimensiones y/o especificaciones de los elementos deberá consultarse para estudiar su incidencia en el diseño

11 DISEÑOS DE OBRAS DE MITIGACIÓN

Este proceso de diseño se inicia con un análisis exhaustivo de los datos recopilados durante la evaluación preliminar del área, que incluyen información sobre la topografía, patrones de flujo de agua y características geotécnicas del suelo. La selección de los elementos de mitigación, como las escaleras y los canales, se basa en la comprensión detallada de los riesgos asociados, como inundaciones, erosiones y deslizamientos. La Tabla 11.1 muestra los puntos específicos para los diseños de obras y en la Figura 2.1 y en la Figura 2.2 se detalla su localización.

Tabla 11.1 Puntos generales de diseño de obras

PUNTO	ESTE_ON	NORTE_ON	DIRECCIÓN
Comuna 18			
1	4604733,27	1931644,34	Calle 2C Oeste entre Carrera 94b y Carrera 95
2	4604715,08	1931539,71	Calle 2B Oeste entre Carrera 93ª y Carrera 94 Oeste Alto Polvorines
3	4604977,17	1931471,19	Calle 1 oeste entre carrera 95 Y carrera 96 Alto polvorines
4	4604536,02	1931798,61	Carrera 96 entre Calle 2B Oeste – Alto Polvorines
5	4604987,45	1931817,32	Carrera 94-2 Con calle 1B oeste Alto Jordán
6	4604614,01	1931616,64	Calle 94ª entre Calle 3C Oeste y calle 4 oeste – Alto Polvorines
7	4604541,94	1931622,08	Carrera 94ª-1 entre Calle 4oeste y Calle 4A, alto Jordán

PUNTO	ESTE_ON	NORTE_ON	DIRECCIÓN
8	4604549,77	1931693,83	Carrera 94-2 entre Calle 3c oeste y Calle 4 oeste , Alto Polvorines
9	4604727,01	1932091,5	Calle 2b-1 Oeste Con carrera 93 Bis, Alto Jordán
10	4604589,22	1931711,94	Calle 3C OESTE CON CARRERA 94 , Alto Polvorines
11	4604897,52	1931867,28	Carrera 94-1 Oeste entre Calle 2Bis Oeste y Cale 2ª oeste
12	4604558,18	1931954,62	Calle 3 Bis oeste entre carrera 92 y carrera 93B, Arboleda
13	4604851,36	1931597,33	Calle 2 con 94C Oeste, Alto Polvorines
14	4604902,16	1931615,71	Carrera 94C Oeste entre calle 2 oeste y calle 2C oeste, Alto Jordán
15	4604381,73	1931986,15	Calle 4 Oeste entre carrera 90 Bis y carrera 93B
16	4604666,41	1931858,17	Carrera 93E con Calle 2D oeste, Pampas Del Mirador
Comuna 19			
1	4604860,69	1938164,47	Brisas de los Cristales
2	4604816,52	1938253,2	Brisas de los Cristales
3	4604849,97	1938275,21	Brisas de los Cristales
4	4604872,27	1938286,2	Brisas de los Cristales
5	4604883,43	1938297,23	Brisas de los Cristales
6	4604850,22	1938341,64	Brisas de los Cristales
7	4604805,97	1938408,22	Brisas de los Cristales
8	4604805,97	1938408,22	Brisas de los Cristales

11.1 COMUNA 18

11.1.1 Sitio 1

En la Figura 11.1, se presenta una panorámica del sitio de interés. Como se observa, los escalones existentes son irregulares y adicionalmente, no presentan un adecuado sistema de drenaje. En este orden de ideas, se presenta a continuación el diseño detallado de la escalera que cumple los requerimientos de la norma NTC 6047. En el diseño se tuvo el cuidado, de generar la mínima afectación al terreno y la geometría se adaptó a la configuración de este. Teniendo presente lo anterior y a manera de ejemplo, en la Figura 11.1, se ilustra la planta y perfil de la escalera, la Figura 11.2 expone el perfil isométrico de la escalera finalmente diseñada, el cual muestra con claridad la configuración de sus elementos principales: peldaños, contrahuellas, descansos y barandas de seguridad. En la Figura 11.5 se evidencia una vista general en planta del sitio en interés.

Las barandas de seguridad cumplen con las especificaciones técnicas de distanciamiento, con una altura mínima de 90 cm. Las barandas están fabricadas en tubería galvanizada de 2 pulgadas, con un acabado pulido que brinda una apariencia moderna y elegante.

El canal de la escalera está ubicado en la parte inferior de los peldaños, y sirve para evacuar el agua de lluvia. En la Figura 11.4 se presenta el perfil longitudinal del diseño del canal.

Los detalles y demás reportes se agrupan en el **Anexo C Diseños** . Los detalles se encuentran consignados en el plano C18-S1-01 al C18-S1-04.



Figura 11.1 Panorama actual de las escaleras del sitio 1 de la Comuna 18

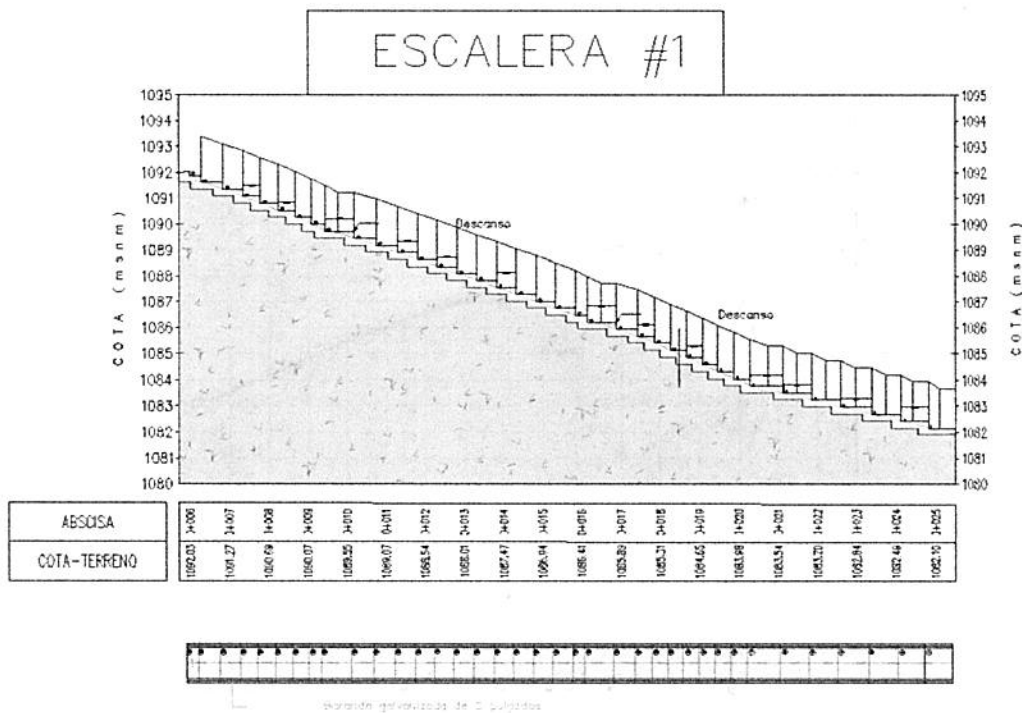


Figura 11.2 Perfil y vista en planta del diseño geométrico de la escalera

ISOMETRICO
ESCALA :1/50

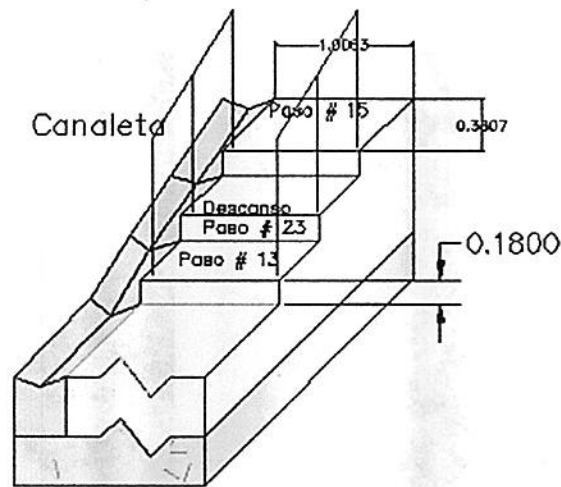


Figura 11.3 Perfil isométrico a escala 1:50 de la escalera del sitio 1 de la comuna 18

CANAL #1

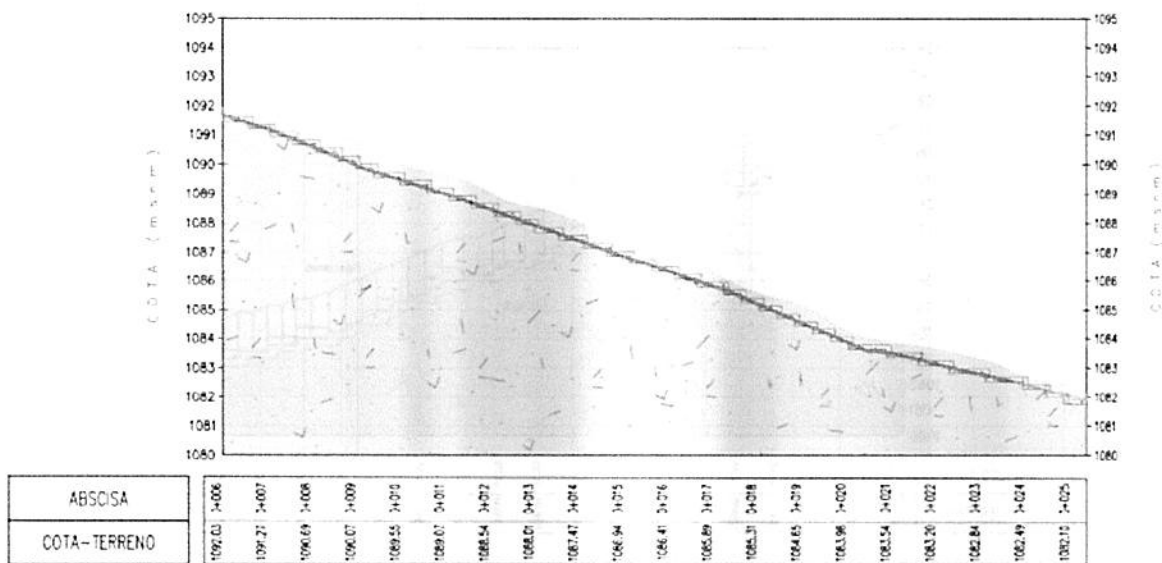


Figura 11.4 Perfil longitudinal del diseño del canal

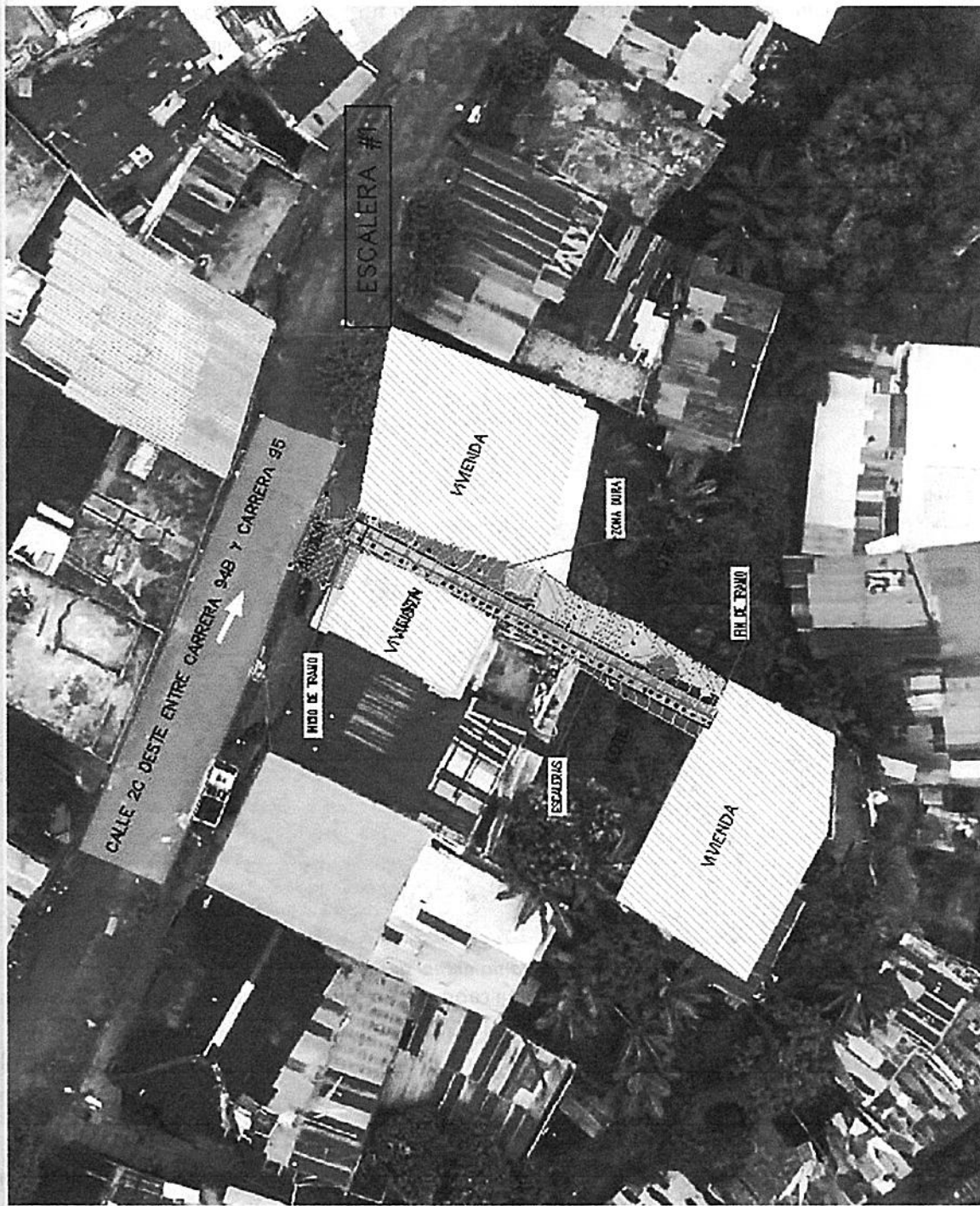


Figura 11.5 Perfil en planta de la escalera del sitio 1 de la Comuna 18

11.1.2 Sitio 2

En este punto se evidencia erosión en la estructura hidráulica existente, lo que permite el asentamiento del canal, adicionalmente, la capacidad hidráulica y sección no es la óptima para el flujo de agua de escorrentía del sector (véase la Figura 11.6). Esta situación plantea un riesgo significativo de afectación para las personas y las viviendas cercanas, especialmente si el deterioro se continúa acrecentando.



Figura 11.6 Panorama actual del sector

Ante este escenario, la consultoría propone llevar a cabo un rediseño integral de la estructura existente. Este rediseño se basará en parámetros apropiados, los cuales serán determinados mediante un riguroso análisis de modelación hidrológica e hidráulica. El objetivo es optimizar la capacidad hidráulica de la estructura y mejorar la sección del canal, asegurando así un flujo de agua eficiente y mitigando los riesgos asociados.

Este enfoque no solo busca abordar las condiciones actuales de erosión y capacidad insuficiente, sino que también se anticipa a posibles aumentos futuros en la escorrentía y otros factores que podrían afectar la integridad de la estructura hidráulica. El rediseño propuesto se realizará con un enfoque proactivo para garantizar la seguridad y la estabilidad a largo plazo de la infraestructura hídrica, reduciendo al mínimo los riesgos potenciales para la comunidad circundante (Véase la Figura 11.7 a la

Figura 11.8). El detalle de esta estructura se encuentra consignado en el plano C18-S2-01 en el Anexo C.

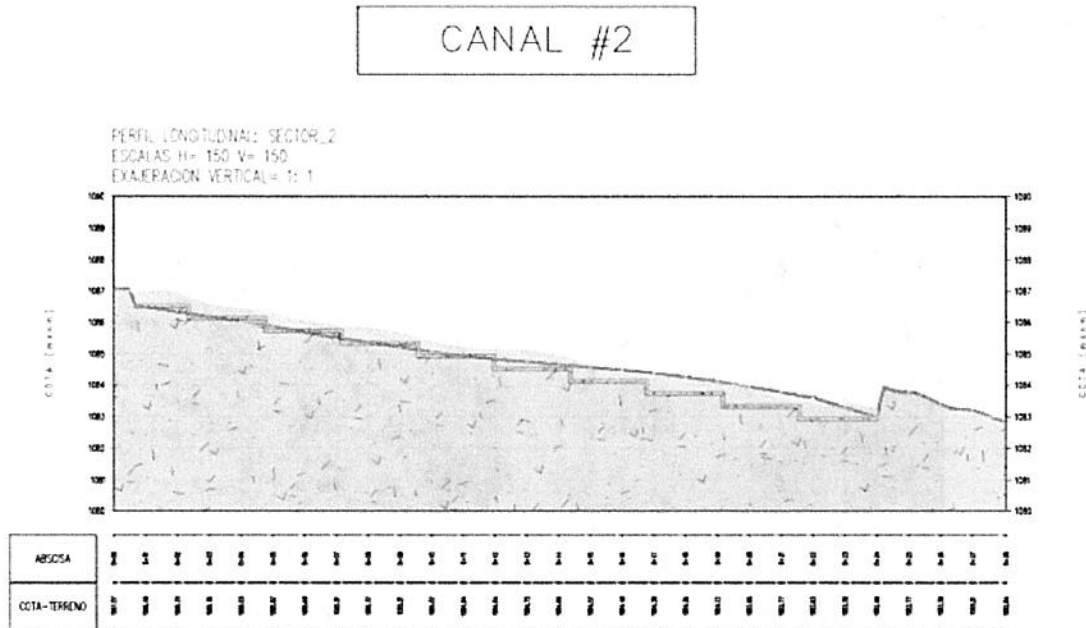
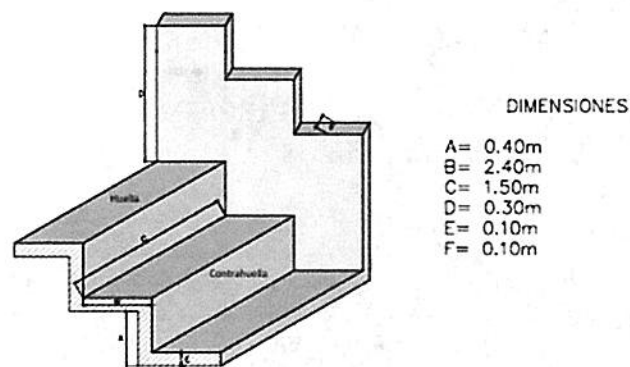


Figura 11.7 Perfil longitudinal del canal 2



ISOMETROCO DE CANAL
ESCALA :1/25

Figura 11.8 Isométrico con dimensiones del canal 2

11.1.3 Sitio 3

En la Figura 11.9, se presenta una panorámica del sitio de interés. Como se observa, los escalones existentes son irregulares. Para cumplir los requerimientos técnicos de la norma NTC 6047, se presenta a continuación el diseño detallado de la escalera. Los diseños detallados se presentan en el plano C18-S3-01 al C18-S3-04. del Anexo C



Figura 11.9 Panorama actual de las escaleras del sitio 3 de la Comuna 18

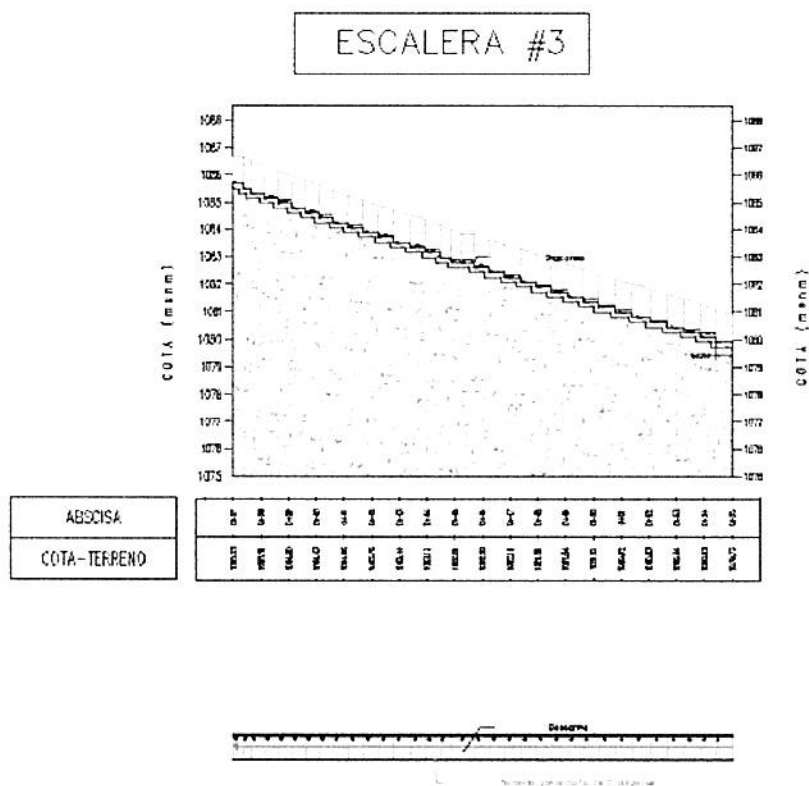


Figura 11.10 Perfil y vista en planta del diseño geométrico de la escalera

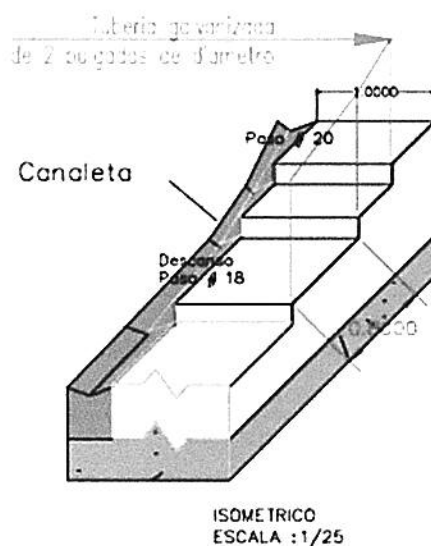


Figura 11.11 Perfil isométrico

11.1.4 Sitio 4

En el sitio ubicado en la carrera 96 entre calle 2B Oeste en el barrio Alto Polvorines, se evidencia la presencia de un talud inestable con señales de deslizamientos, el cual está parcialmente cubierto por vegetación en ciertas áreas. Esta situación sugiere que no ha habido deslizamientos recientes en la zona como se visualiza en la Figura 11.12. Esta consultoría propone para garantizar una mejor resistencia la aplicación de un geomanto para control de erosión y el cultivo de vegetación.



Figura 11.12 Panorama actual del sector

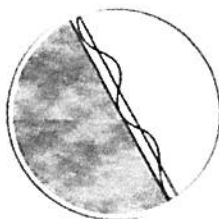
11.1.4.1 Geomanto verde para control de erosión

Con el objetivo de disminuir la erosión o una eventual socavación en la base de la vía se plantea la utilización de un manto para control de erosión en geosintéticos, dada su adaptabilidad y ventajas en paisajismo. Un ejemplo de manto para este punto podría ser el **Terratrak TRM-15** de Geomatrix, el cual ofrece las siguientes ventajas:

- Control de erosión en taludes
- Control de caída de detritos
- Fachada de muros

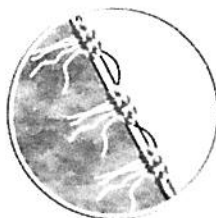
Adicional a ello, permite el crecimiento de vegetación madura, esto aumenta tanto la absorción de agua como una eventual resistencia al corte por las raíces de la vegetación.

EVOLUCIÓN DE LA PROTECCIÓN



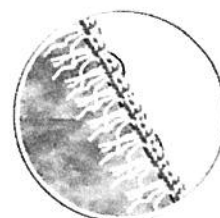
SIN VEGETACIÓN

Aporta protección inmediata en escenarios desprovistos de vegetación.



ESTABLECIMIENTO DE VEGETACIÓN

Protección y alojamiento del suelo orgánico, semillas y nueva vegetación.



VEGETACIÓN MADURA

Refuerzo de la vegetación madura en las raíces y altos.

Figura 11.13 Evolución de la protección de los mantos para control de erosión con crecimiento de vegetación.

Tomado de <https://geomatrix.sfo2.digitaloceanspaces.com/web/terratrac.pdf>

Las especificaciones técnicas de este tipo de manto, que sirve de ejemplo o recomendación, se pueden encontrar en las especificaciones técnicas del anexo E – Especificaciones Técnicas, Manto Verde.

El área es de 11.68 m², su implantación se observa en la siguiente imagen.

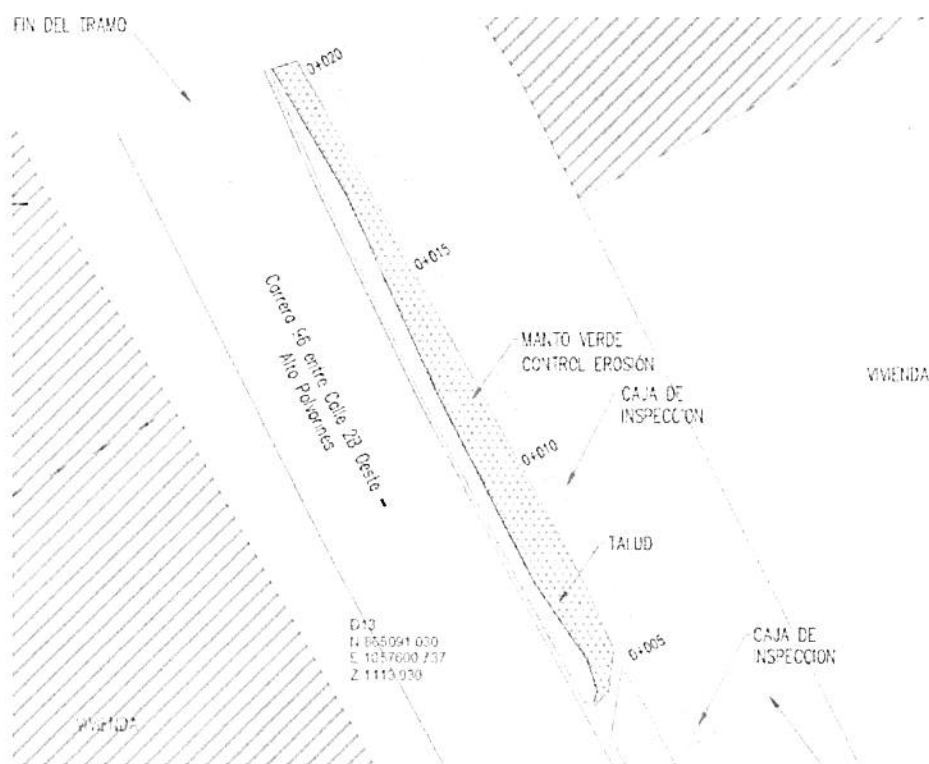


Figura 11.14 Manto verde para control de erosión y estabilidad. Punto 4, Comuna 18

11.1.5 Sitio 5

En el sitio ubicado en la carrera 94-2 con calle 1B oeste en el barrio Alto Jordán, se observan escaleras y pasaje peatonales desgastados, sin protección e inexistentes estructuras para el manejo de aguas lluvias, lo que puede desgastar aún más la estructura y generar riesgos a los transeúntes (véase la Figura 11.15). Teniendo presente lo anterior y a manera de ejemplo, en la Figura 11.16, se ilustra la planta y perfil de la escalera una vez planteada el rediseño geométrico. Los detalles de los planos se ilustran en el Anexo C (C18-S5-01 al C18-S5-03).



Figura 11.15 Panorama actual del sitio 5 de la comuna 18

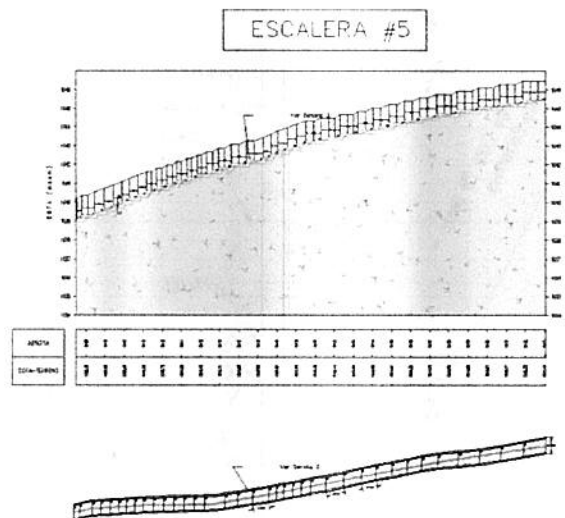


Figura 11.16 Perfil y vista en planta del diseño geométrico de la escalera

11.1.6 Sitio 6

En la Figura 11.17 se muestra una vista general del lugar de interés, donde se aprecia que los escalones actuales son irregulares. En este contexto, se presenta a continuación el diseño detallado de una escalera que cumple con los requisitos establecidos por la norma NTC 6047. Durante el proceso de diseño, se ha tenido especial cuidado en minimizar el impacto en el terreno, adaptando la geometría a la configuración del mismo. Considerando lo anterior, en la Figura 11.18 se exhibe un diseño de las escaleras conforme a los parámetros establecidos, sin afectar las viviendas circundantes. Los detalles y demás reportes se agrupan en el **Anexo C Diseños (C18-S6-01 al C18-S6-04)**.



Figura 11.17 Panorama actual del sector

ESCALERA #6

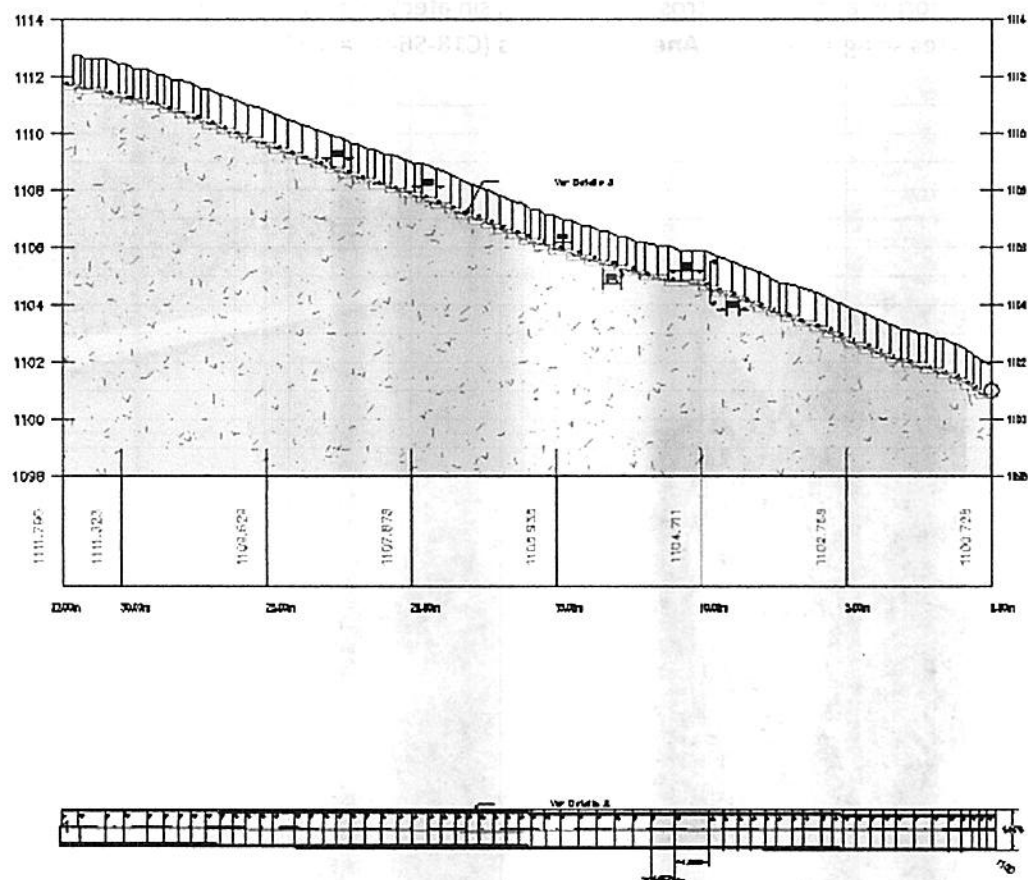


Figura 11.18 Perfil y vista en planta del diseño geométrico de la escalera

11.1.7 Sitio 7

En el sitio ubicado en la carrera 94a-1 entre calle 4 oeste y calle 4ª, se observan escaleras y pasaje peatonales desgastados, con ausencia de estructuras para manejo de aguas lluvias, lo que puede erosionar y desgastar aún más la estructura y generar riesgos a los transeúntes. (véase la Figura 11.19).

Ante esta problemática, CI Ambiental diseña una escalera con un sistema de canales para dar el manejo de aguas de escorrentía y adicionalmente la elaboración de un Sistema Urbano de Drenaje Sostenible (SUDS). Estos sistemas son diseñados y utilizados en entornos urbanos para gestionar de manera sostenible el agua de lluvia y minimizar los problemas asociados con el drenaje pluvial convencional.

Con la elaboración de un SUDS se busca reducir la escorrentía superficial y promover la infiltración del agua de lluvia en el suelo. Esto ayuda a recargar acuíferos y mantener los niveles de agua subterránea.

Adicional a esto, los SUDS ayudan a prevenir inundaciones al controlar y gestionar el flujo de agua de lluvia, evitando picos repentinos y sobrecargas en los sistemas de drenaje. Los respectivos planos de diseño se encuentran consignados en el Anexo C (C18-S7-01 al C18-S7-04)



Figura 11.19 Panorama actual del sitio 7 de la comuna 18

ESCALERA #7

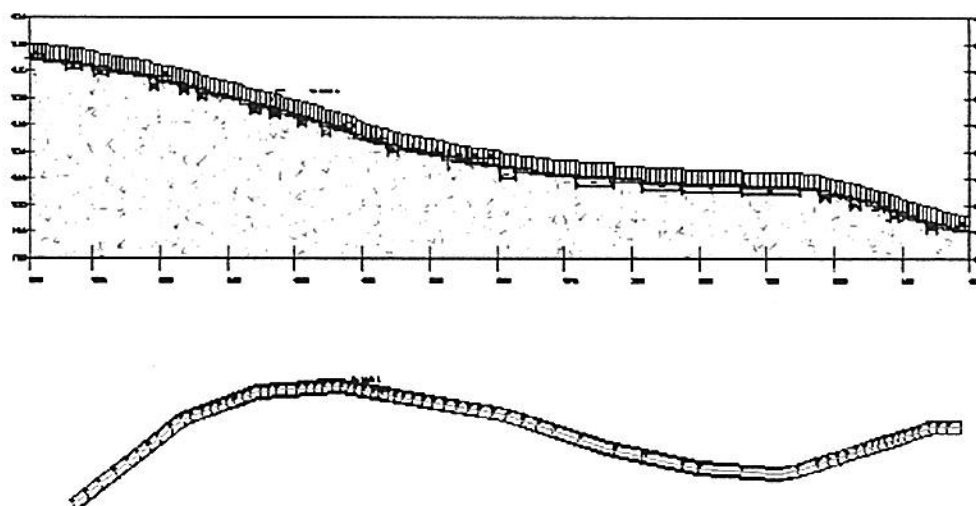


Figura 11.20 Perfil y vista en planta del diseño geométrico de la escalera

CANAL #7

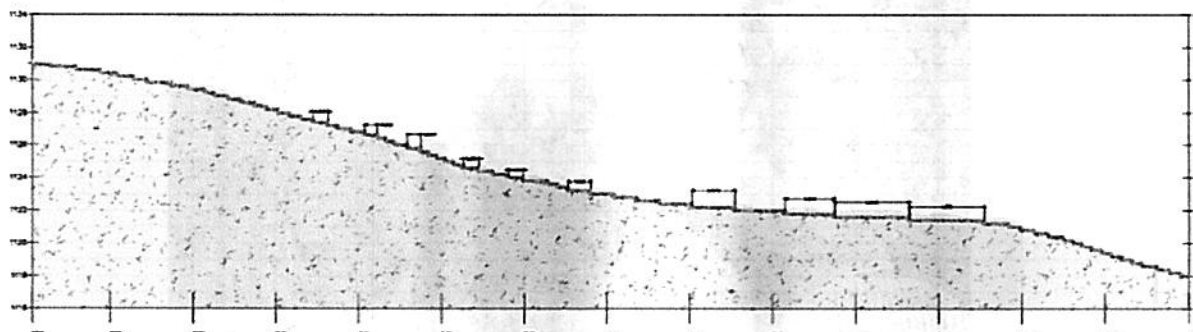


Figura 11.21 Perfil Longitudinal de los canales

CÁLCULOS INICIALES

	CANTIDAD	UNIDAD
Volumen tanque requerido	21.5	[m3]
Largo	35.0	[m]
Ancho	2.0	[m]
Alto	0.78	[m]
Área de almacenamiento	70.0	[m2]
Número de Capas AQUACELL que tendrá el tanque	2	[und]
Volumen Bruto	54.6	[m3]
Cantidad de unidades Celda AQUACELL	273	[und]
Volumen neto de agua almacenado	50.5	[m3]
Geomembrana 30 mils		[m2]
Geotextil NT 2500	258.0	[m2]

ESQUEMA CELDA Y TANQUE

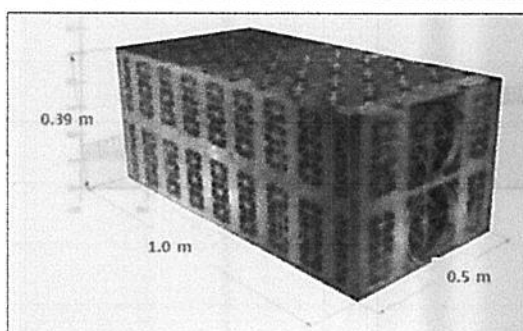
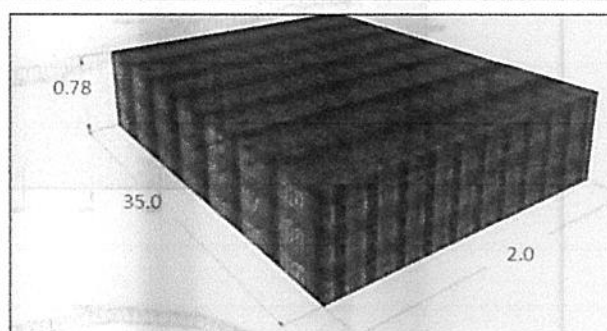


Figura 11.22 Diseño de SUDS sitio 7 Comuna 18

11.1.8 Sitio 8

En este sector se evidencia la ausencia de una escalera y de una estructura hidráulica para el manejo de agua lluvias, lo que puede erosionar y desgastar aún más la estructura y generar riesgos en el sitio.

Ante este escenario, la consultoría propone llevar a cabo un diseño integral de una escalinata cumpliendo las normativas técnicas colombianas y adaptadas al terreno. En la Figura 11.23, se ilustra

el detalle del estado actual del corredor, mientras que en las Figura 11.24 y la Figura 11.25 se presentan el detalle de la escalera y el canal requerido para el manejo del agua lluvia.



Figura 11.23 Panorama actual del sector

ESCALERA #8

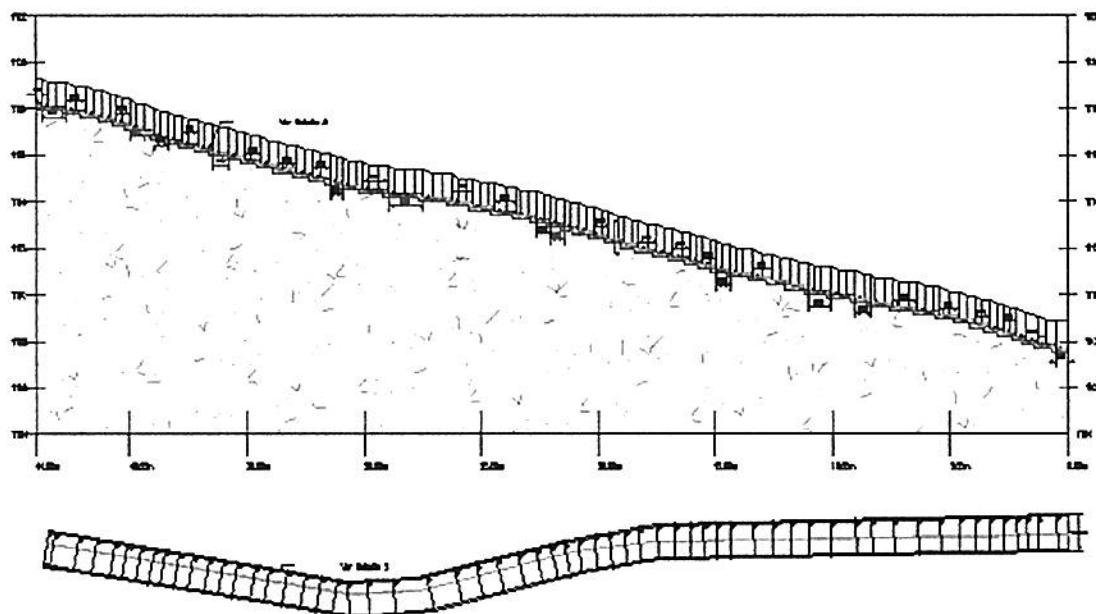


Figura 11.24 Perfil y vista en planta del diseño geométrico de la escalera

CANAL #8

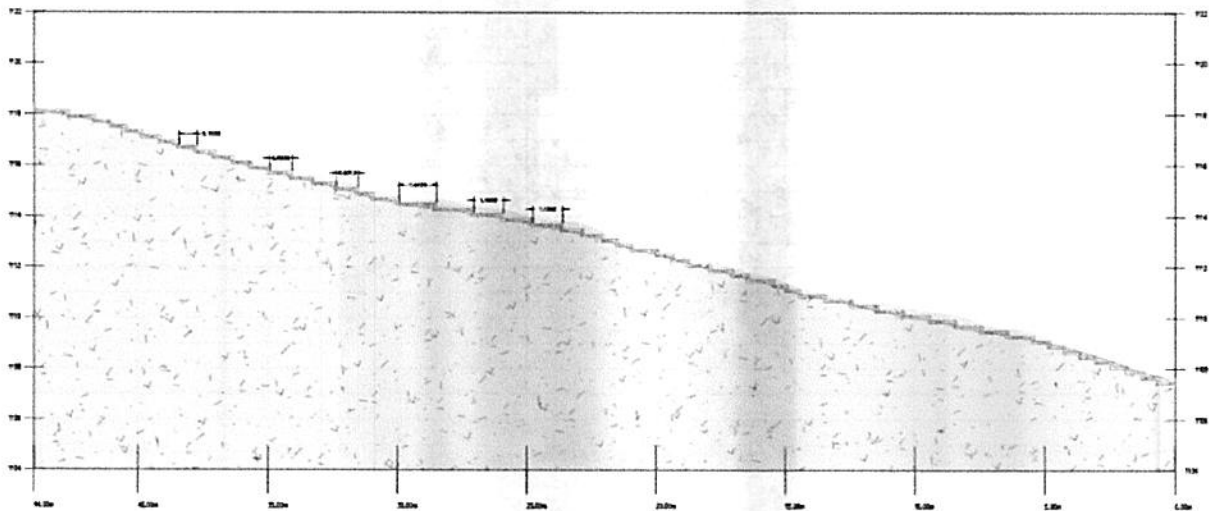


Figura 11.25 Perfil longitudinal del canal

Los detalles de diseño de las escaleras y canal están consignados en el anexo C del presente informe en el plano (C19-S8-01 al C19-S8-04).

11.1.9 Sitio 9

En el sitio ubicado en la calle 2B -1 Oeste con cra 93 Bis, se evidencia la presencia de un talud inestable con señales de deslizamientos, el cual está parcialmente cubierto por vegetación en ciertas áreas. Esta situación sugiere que no ha habido deslizamientos recientes en la zona. Esta consultoría propone el diseño de un muro de contención tipo Cantiléver (véase la Figura 11.26).

Un muro cantiléver es un tipo de estructura de retención que se utiliza comúnmente en ingeniería civil y construcción para contener suelos y proporcionar estabilidad en terrenos con cambios de elevación. La finalidad principal de un muro cantiléver y sus beneficios incluyen:

- **Retención de Suelos:** La función principal de un muro cantiléver es contener y soportar el suelo detrás de él. Es especialmente útil en áreas donde se requiere nivelar o crear plataformas en terrenos con pendientes pronunciadas.
- **Estabilidad:** El diseño en voladizo del muro cantiléver, donde una porción del mismo se extiende hacia fuera desde la base, proporciona estabilidad adicional. La masa de suelo sobre la base del muro y la parte extendida trabajan en conjunto para contrarrestar las fuerzas laterales del suelo.
- **Ahorro de Espacio:** En comparación con otros tipos de muros de retención, el muro cantiléver puede ser más delgado y aun así proporcionar la resistencia necesaria. Esto ayuda a ahorrar espacio en proyectos donde la eficiencia del espacio es crucial.

- **Diseño Eficiente:** El diseño del muro cantiléver permite utilizar menos material y, por lo tanto, puede ser más económico en comparación con algunos otros tipos de muros de retención.
- **Flexibilidad en la Construcción:** Puede adaptarse para adaptarse a diferentes situaciones topográficas y condiciones del suelo. Esto proporciona flexibilidad en la planificación y construcción, permitiendo que el muro se ajuste a las necesidades específicas del sitio.
- **Estética:** Dependiendo del diseño y los materiales utilizados, los muros cantiléver pueden tener un aspecto más estético en comparación con algunas otras soluciones de retención de suelos, lo que es importante en entornos urbanos o áreas donde la estética es relevante.



Figura 11.26 Panorama actual del sector

11.1.9.1 Muro de contención

El esquema del muro se presentan en la Figura 11.27 Dimensiones muro Cantiléver Comuna 18, Punto 9 (H=4.8m) Figura 11.27 y los parámetros geotécnicos junto con las dimensiones se presentan en la Tabla 11.3. Los parámetros se determinaron de acuerdo a la información de referencia, la topografía realizada y a la exploración del subsuelo hecha en campo. Para este caso cabe mencionar que, como se observa en el plano perfil muro 9 del anexo C (C18-S9-01 al C18-S9-02) se tiene un terreno de relleno con un ángulo de talud α igual a 17° en la sección más inclinada y otros detalles complementarios como geomantos, cortes, rellenos, etc.

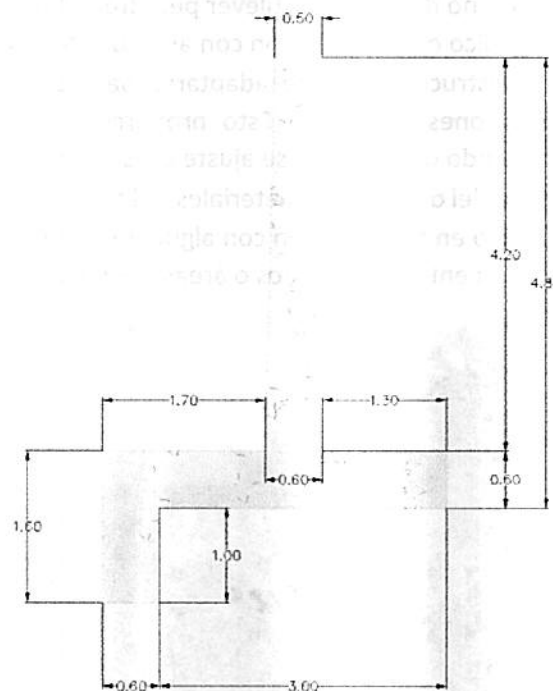


Figura 11.27 Dimensiones muro Cantiléver Comuna 18, Punto 9 (H=4.8m)

Tabla 11.2 Parámetros geotécnicos y dimensiones del muro cantiléver Comuna 18, Punto 9 (H=4.8m)

DATOS PARA EVALUACIÓN ESTATICA			
Peso Unitario suelo soporte (gamma 1)	17.00		KN/m ³
Angulo de fricción suelo de soporte (phi1)	29.00		°
Cohesión suelo de soporte (c1)	37.23		KN/m ²
Peso Unitario suelo trasdós (gamma 1)	18.00		KN/m ³
Angulo de fricción suelo de trasdós (phi1)	30.00		°
Cohesión suelo de trasdós (c1)	0.00		KN/m ²
Peso Unitario concreto (gamma c)	23.00		KN/m ³
ALTURA TOTAL DEL MURO H	4.80		m
Altura cuerpo del muro	4.40		m
Ancho superior del muro	0.50		m
Ancho inferior del muro	0.63		m
ALTURA TACÓN Ht	0.80		m
Ancho de tacón	0.40		m
Distancia tacón a punta del pie de la zapata	2.00		m
Ancho de zapata B	3.84		m
Espesor de zapata	0.40		m
Ancho del pie	0.96		m
Ancho del talón	2.25		m
Profundidad apoyo zapata	0.00		m
Kh	0.167		-
Kv	0.167		-
θ'	11.31	0.20	° / rad
β	90.00	1.57	° / rad
K ACTIVO	0.39		-
K PASIVO	14.72		-
Kae ACTIVO PARA SISMO	0.77		-
ANGULO DE FRICCIÓN MURO-SUELO δ	17.50	0.31	° / rad
ANGULO DE FRICCIÓN ZAPATA-SUELO δ	16.92	0.30	° / rad
COHESION ZAPATA-SUELO	21.72		KN/m ²
angulo del talud α	17.00	0.30	° / rad

Los empujes determinados se encuentran en la Tabla 11.3 y se calcularon de acuerdo a las ecuaciones del Título 10 del presente informe. Los factores de seguridad contra volcamiento y contra deslizamiento se encuentran en el diseño estructural del muro presentado en el capítulo 6

Tabla 11.3 Empujes y momentos determinados para volcamiento, deslizamiento y capacidad portante, cantiléver Comuna 18, Punto 9 (H=4.8m) condición estática.

VOLCAMIENTO				
FUERZAS VOLCANTES		FUERZAS ESTABILIZADORAS		
		AREA RECTANG. MURO	2.20	m2
		P-RECT.MURO	50.60	kN/m
		BRAZO	1.34	m
		AREA TRIANG. MURO	0.29	m2
		P-TRIAN.MURO	6.58	kN/m
		BRAZO	1.05	m
		AREA TACÓN	0.32	m2
		P-TACÓN	7.36	kN/m
		BRAZO	2.20	m
		AREA ZAPATA	1.54	m2
		P-ZAPATA	35.33	kN/m
		BRAZO	1.92	m
		AREA RELLENO	10.67	m2
		P-RELLENO	181.46	kN/m
		BRAZO	2.72	m
P-activa	76.64	kN/m	P-pasiva pie	80.10 kN/m
BRAZO	1.60	m	Brazo	0.27 m
total mometos deses	122.63	kN-m	TOTAL MOMENTOS EST.	672.72 kN-m

DESLIZAMIENTO EN LA BASE				
FUERZAS DESLIZANTES		FUERZAS ESTABILIZADORAS		
P-activa	76.64	kN/m	P FRICCION SUELO-ESTRUC	166.72 kN/m
			P-pasiva pie	80.10 kN/m
total FUERZAS desest	76.64	kN/m	total FUERZAS est.	246.82 kN/m

CAPACIDAD PORTANTE				
e (m)	0.041	qmin	58.210	kPa
B/6 (m)	0.640	qmax	66.079	kPa
e/B	0.011	qu	523.832	kPa
e/B<1/6	VERDADERO	FS	7.927	

Tabla 11.4 Empujes y momentos determinados para volcamiento, deslizamiento y capacidad portante, cantiléver Comuna 18, Punto 9 (H=4.8m) condición pseudoestática.

VOLCAMIENTO				
FUERZAS VOLCANTES			FUERZAS ESTABILIZADORAS	
P-ae sísmico	22.94	kN/m	AREA RECTANG. MURO	0.92 m ²
BRAZO	0.87	m	P-RECT.MURO	21.16 kN/m
			BRAZO	0.70 m
			AREA TRIANG. MURO	0.00 m ²
			P-TRIAN.MURO	0.00 kN/m
			BRAZO	0.50 m
			AREA TACÓN	0.16 m ²
			P-TACÓN	3.68 kN/m
			BRAZO	1.80 m
			AREA ZAPATA	0.80 m ²
			P-ZAPATA	18.40 kN/m
			BRAZO	1.00 m
			AREA RELLENO	2.53 m ²
			P-RELLENO	46.65 kN/m
			BRAZO	1.45 m
			P-pasiva pie	8.11 kN/m
			Brazo	0.13 m
total mometos desest.	19.88	kN-m	TOTAL MOMENTOS EST.	108.56 kN-m

DESLIZAMIENTO EN LA BASE				
FUERZAS DESLIZANTES			FUERZAS ESTABILIZADORAS	
P-ae sísmico	22.94	kN/m	P FRICCIÓN SUELO-ESTRUC	59.05 kN/m
			P-pasiva pie	8.11 kN/m
total FUERZAS desest.	22.94	kN/m	total FUERZAS est.	67.15 kN/m

CAPACIDAD PORTANTE				
e (m)	0.025	q _{min}	31.314	kPa
B/4 (m)	0.500	q _{max}	36.499	kPa
e/B	0.013	q _u	357.102	kPa
e/B<1/4	VERDADERO	FS	9.784	

11.1.9.2 Estabilidad Global

Para la estabilidad global de este muro se recurrió al software Slides, construyendo un modelo a partir de los parámetros dados en la Tabla 11.2. Los resultados en la evaluación estática son los siguientes:

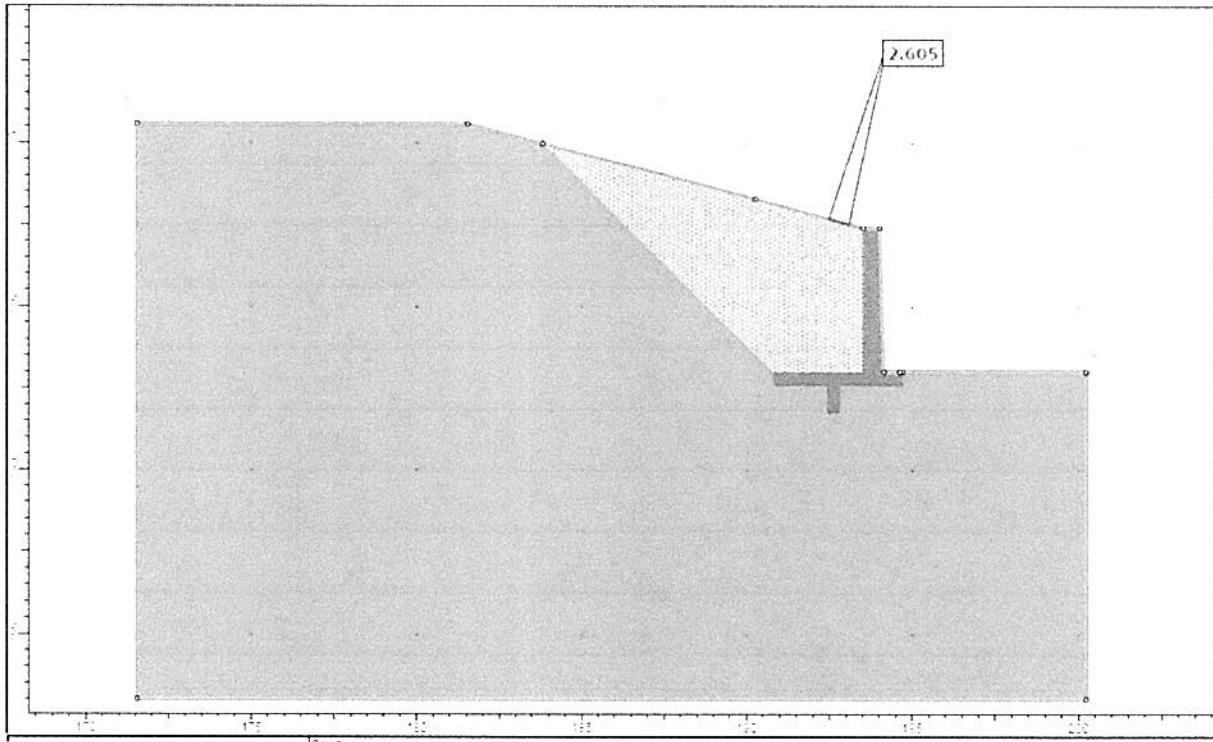


Figura 11.28 Factor de seguridad por estabilidad global caso estático. Comuna 18, punto 9 H=4.8m

Los resultados de la modelación que incluyen los efectos sísmicos son los siguientes:

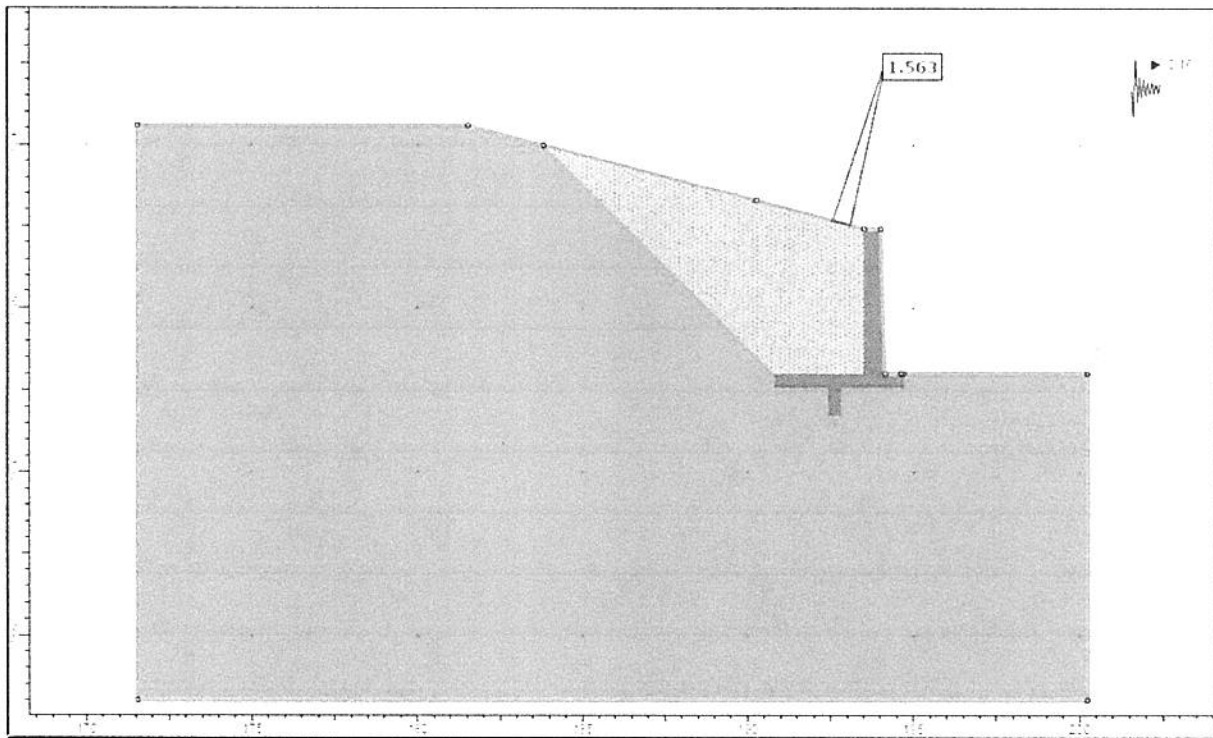


Figura 11.29 Factor de seguridad por estabilidad global caso pseudoestático. Comuna 18, punto 9 H=4.8m

11.1.9.3 Diseño estructural muro de contención $H=4.8m$

El diseño de muro se realiza en hojas de cálculo independientes, donde se chequea el refuerzo y factores de seguridad según le CCP-14.

Tabla 11.5 Diseño de muro 4.80 m

DATOS DE GEOMETRIA	
H Voladizo (H1):	4.20 m
L Talón (B1+B2):	2.40 m
L pie (B3)	1.20 m
H zarpa (H2):	0.60 m
e muro superior:	0.50 m
e muro inferior:	0.60 m
L Ancho:	1.00 m
H Total:	4.80 m
H relleno sobre pie	0.60 m

LLAVE O DIENTE	
B5	0.60 m
B6	0.60 m
H3	1.00 m
Area	0.60 m2

PROPIEDADES	
yrelleno:	18.0 KN/m3
ysuelo:	29.0 KN/m3
yconcreto:	24.0 KN/m3
Ka:	0.37
P:	32.0 KN/m2
σ_{adm} :	503.0 KN/m2
Fy :	420.0 MPa
f'c :	28.0 MPa
W:	10.8 KN/m2
Kp:	2.70
Kae	0.68
Aa	0.30
ϕ	30°
β	0°
Kh	0.17

1. CHEQUEO A VOLCAMIENTO

1.1 ESTATICO

Item	Peso (KN)	Brazo (m)	M (KN-m)
Fuerzas estabilizadoras			
Peso vasiago	55.44	1.50	83.16
Peso zarpa:	51.84	1.80	93.31
Diente:	14.40	3.30	47.52
Terreno:	139.86	2.68	374.13
Terreno superior:	0.00	2.97	0.00
Sobrecarga	20.52	2.65	54.38
TOTAL	282.06		652.50
Fuerzas de empujes			
Empuje terreno:	76.72	1.60	122.76
Empuje sobrecarga:	19.18	2.40	46.03
Empuje pasivo:	62.27	1.07	66.45
TOTAL	158.17		168.79

$$f.s. = \frac{M_e}{M_p} = \frac{3.87}{158.17} = 0.0245$$

3.87	CUMPLE
------	--------

1.2 CONDICION SISMICA

Item	Peso (KN)	Brzo (m)	M (KN-m)	W-Aa/2	HI	MI
Fuerzas estabilizadoras						
Peso vastago	55.44	1.50	83.16	8.32	2.10	17.46
Peso zarpa:	51.84	1.80	93.31	7.78	0.30	2.33
Diente:	14.40	3.30	47.52	2.16	0.00	0.00
Terreno:	139.96	2.68	374.13	20.98	2.40	50.35
Terreno superior:	0.00	2.97	0.00	0.00	4.80	0.00
TOTAL	261.54	Mr	598.12	39.23	MI	70.15
Fuerzas de empujes						
Empuje sismico:	141.00					
Empuje terreno:	76.72	1.60	122.76			
At=Es-Et	64.28	3.20	205.71			
TOTAL		Mae	328.47			

$$f.s. = \frac{M_r}{M_{ae} + M_i} \times 1.33$$

2.00	CUMPLE
------	--------

2. CHEQUEO A DESLIZAMIENTO

2.1 ESTATICO

$$f.s. = \frac{W \tan(\phi) + E_p}{E}$$

2.35	CUMPLE
------	--------

2.2 CONDICION SISMICA

$$f.s. = \frac{W \cdot \tan(\phi) + E_p}{(E_{ae} + F)} \times 1.33$$

1.58	CUMPLE
------	--------

3. PRESIONES SOBRE EL TERRENO

3.1 ESTATICO

STMo	483.70 KN-m	
SFV	282.06 KN	
Rs	1.71 m	
Ex	0.09 m	
Qmax	89.5 KN/m2	CUMPLE
Qmin	67.2 KN/m2	CUMPLE

3.2 CONDICION SISMICA

$$R_s = \frac{M_r - (M_{ae} + M_i) / 1.33}{W_s}$$

M _r	598.12 KN-m
W _s	261.54 KN
M _{ae}	328.47 KN-m
M _i	70.15 KN-m
R _s	1.14 m
Ex	0.65 m
σ _{max}	152.4 KN/m ²
σ _{min}	-7.1 KN/m ²
	CUMPLE
	CUMPLE

B/6: 0.60 m

Si la resultante está fuera del tercio medio corregir según A.3.12.1 Grupo VII

$$\sigma_{cor} = \frac{W_s}{R_s \cdot 3} = 2$$

σ _{maxcor}	152.8 KN/m ²	CUMPLE
σ _{mincor}	0.0 KN/m ²	CUMPLE

B/4: 0.90 m

4. DISEÑO DEL MURO

COMBINACIONES DE DISEÑO

- A-1 1.3(D+1.67L+1.3E)
- A-2 1.3(0.75D+1.67L+1.3E)
- A-3 1.0(D+L+1.0EQ)
- A-4 1.0(0.75D+L+1.0EQ)

4.1 DISEÑO DEL VASTAGO

4.1.1 CORTANTE

Empuje terreno:	58.74 KN
Empuje sobrecarga:	16.78 KN
Empuje de diseño	135.71 KN
Q _{act}	256.1 KN/m ²
Q _{con}	753.8 KN/m ²
	CUMPLE

4.1.3 ARMADURA TRANSVERSAL

p _{min}	0.0020
As	1060.00 mm ²
N° Barra	5
Cantidad	5.33
Sep	19 cm

4.1.2 FLEXIÓN VERTICAL

Armadura longitudinal	
M _{act}	117.48 KN-m
M _d	183.43 KN-m
d	0.53 m
K	653.0 KN/m ²
ρ	0.00175
As	930.01 mm ²
N° Barra	4
Cantidad	7.21
Sep	14 cm
p _{min}	0.0018
As	954.00 mm ²
N° Barra	5
Cantidad	5
Sep para As _{min}	21 cm

4.1.4 CONDICIÓN SISMICA

Empuje sismico	107.96 KN	
Empuje de diseño	107.96 KN	
β_{act}	203.7 KN/m ²	
β_{con}	753.8 KN/m ²	CUMPLE

4.1.6 ARMADURA TRANSVERSAL

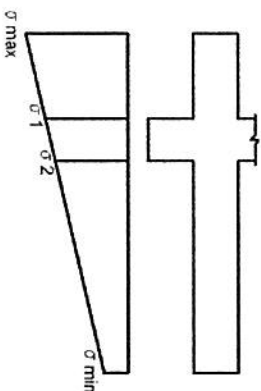
ρ_{min}	0.0020	
As	1060.00 mm ²	
N° Barra	5	
Cantidad	5.33	
Sep	19 cm	

4.1.5 FLEXIÓN VERTICAL

Armadura longitudinal

Mact	220.04 KN-m	
Md	220.04 KN-m	
d	0.53 m	
K	783.3 KN/m ²	
P	0.00211	
As	1119.26 mm ²	
N° Barra	6	
Cantidad	4	
Sep	25 cm	
ρ_{min}	0.0018	
As	964.00 mm ²	
N° Barra	5	
Cantidad	5	
Sep	21 cm	

4.2 DISEÑO ZARPA



4.2.1. CORTANTE

ρ_{max}	89.5 KN/m ²	
σ_1	82.1 KN/m ²	
Rev	102.91 KN	
Rev'd	173.92 KN	
β_{act}	328.1 KN/m ²	
β_{con}	753.8 KN/m ²	CUMPLE

Talón

σ_2	78.4 KN/m ²	
σ_{min}	67.2 KN/m ²	
Rev	29.35 KN	
Rev'd	49.60 KN	
β_{act}	90.2 KN/m ²	
β_{con}	753.8 KN/m ²	CUMPLE

4.2.2 FLEXIÓN VERTICAL

Armadura longitudinal talón

Mact	42.38 KN-m	
Md	71.62 KN-m	
d	0.53 m	
K	255.0 KN/m ²	
P	0.0007	
As	359.64 mm ²	
N° Barra	4	
Cantidad	2.79	
Sep	36 cm	
ρ_{min}	0.0020	
As	1060.00 mm ²	
N° Barra	5	
Cantidad	5.33	
Sep	19 cm	

Armadura longitudinal pie

Mact	52.27 KN-m	
Md	88.33 KN-m	
d	0.53 m	
K	314.5 KN/m ²	
P	0.0008	
As	444.20 mm ²	
N° Barra	5	
Cantidad	2.23	
Sep	45 cm	
ρ_{min}	0.0020	
As	1060.00 mm ²	
N° Barra	5	
Cantidad	5.33	
Sep	19 cm	

4.2.3 ARMADURA TRANSVERSAL

ρ_{min}	0.0020	
As	1060.00 mm ²	
N° Barra	5	
Cantidad	5.33	
Sep	19 cm	

4.2.4 CONDICIÓN SISMICA

Pie	
σ_{max}	152.4 KN/m ²
σ_1	99.2 KN/m ²
Rsv	151.02 KN
δ_{act}	284.9 KN/m ²
δ_{con}	753.8 KN/m ²
CUMPLE	

Talón	
σ_2	72.7 KN/m ²
σ_{min}	-7.1 KN/m ²
Rsv	80.91 KN
δ_{act}	147.1 KN/m ²
δ_{con}	753.8 KN/m ²
CUMPLE	

4.2.5 FLEXIÓN VERTICAL

Armadura longitudinal talón	
Mact	107.32 KN-m
Md	107.32 KN-m
d	0.53 m
K	382.1 KN/m ²
p	0.0010
As	540.59 mm ²
N° Barra	5
Cantidad	2.72
Sep	37 cm
ρ_{min}	0.0020
As	1060.00 mm ²
N° Barra	5
Cantidad	5.33
Sep	19 cm

Armadura longitudinal pie	
Mact	86.63 KN-m
Md	86.63 KN-m
d	0.53 m
K	308.4 KN/m ²
p	0.0008
As	435.57 mm ²
N° Barra	5
Cantidad	2.19
Sep	46 cm
ρ_{min}	0.0020
As	1060.00 mm ²
N° Barra	5
Cantidad	5.33
Sep	19 cm

4.2.6 ARMADURA TRANSVERSAL

ρ_{min}	0.0020
As	1060.00 mm ²
N° Barra	5
Cantidad	5.33
Sep	19 cm

Los detalles de diseño tanto de los muros como de las escaleras con sus canales lo encontrarán en el anexo C (C18-S9-01 al C18-S9-02)

11.1.10 Sitio 10

En el sitio ubicado en la calle 3C OESTE con Cra 94, se evidencia la presencia de un talud inestable con señales de deslizamientos, el cual está parcialmente cubierto por vegetación en ciertas áreas. Esta situación sugiere que no ha habido deslizamientos recientes en la zona. Esta consultoría propone el diseño de un muro de contención tipo Gaviones. Los detalles y demás reportes se agrupan en el Anexo C Diseños. Los detalles se encuentran consignados en el plano C18-S10-01 al C18-S10-02

Un muro en gaviones es una estructura de retención construida utilizando cestas o mallas metálicas llenas de piedras u otros materiales pétreos. La finalidad de un muro en gaviones y sus beneficios incluyen:

- **Erosión y Control de Sedimentos:** Los gaviones son efectivos para controlar la erosión del suelo y la pérdida de sedimentos. La estructura permite el paso del agua mientras retiene las partículas de suelo, contribuyendo así a la estabilización de taludes y riberas.
- **Control de Inundaciones:** Los muros en gaviones se utilizan comúnmente en áreas propensas a inundaciones para contener y dirigir el flujo de agua. La permeabilidad de los gaviones permite que el agua pase a través de la estructura, reduciendo la presión hidrostática y minimizando el riesgo de inundaciones.
- **Estabilización de Taludes:** Son eficaces para estabilizar taludes y pendientes, ya que proporcionan resistencia a las fuerzas laterales del suelo. Esto es particularmente útil en áreas montañosas o con terrenos inclinados.
- **Flexibilidad y Adaptabilidad:** Los gaviones son flexibles y pueden adaptarse a las irregularidades del terreno. Esto los hace adecuados para diferentes formas y tamaños de muros de contención, lo que facilita su aplicación en diversos entornos.
- **Durabilidad:** Los gaviones están contruidos con materiales duraderos como mallas metálicas y piedras, lo que les confiere resistencia y longevidad. Pueden soportar condiciones climáticas adversas y ofrecer una solución de retención a largo plazo.
- **Permeabilidad:** La estructura permeable de los gaviones permite que el agua fluya a través de ellos, lo que ayuda a reducir la presión hidrostática detrás del muro y evita la acumulación de agua que podría comprometer la estabilidad.
- **Costo-Efectividad:** En muchos casos, los gaviones son más económicos en comparación con otras soluciones de retención de suelos. Además, su construcción suele ser más rápida y sencilla.
- **Estética Natural:** La combinación de piedras y mallas metálicas puede tener un aspecto estético natural que se integra bien con el entorno, proporcionando una solución funcional y visualmente agradable.



Figura 11.30 Panorama actual del sitio 10 de comuna 18

11.1.10.1 Muro en gaviones

La sección del muro se presentan en la Figura 11.31. La Figura 11.27 Dimensiones muro Cantiléver Comuna 18, Punto 9 ($H=4.8\text{m}$) y los parámetros geotécnicos junto con las dimensiones se presentan en la Tabla 11.6. Los parámetros se determinaron de acuerdo a la información de referencia, la topografía realizada y a la exploración del subsuelo hecha en campo. La composición del muro es de 2 columnas de gaviones de $1\text{m} \times 1\text{m}$, la primera de 4 y la segunda de 3 gaviones.

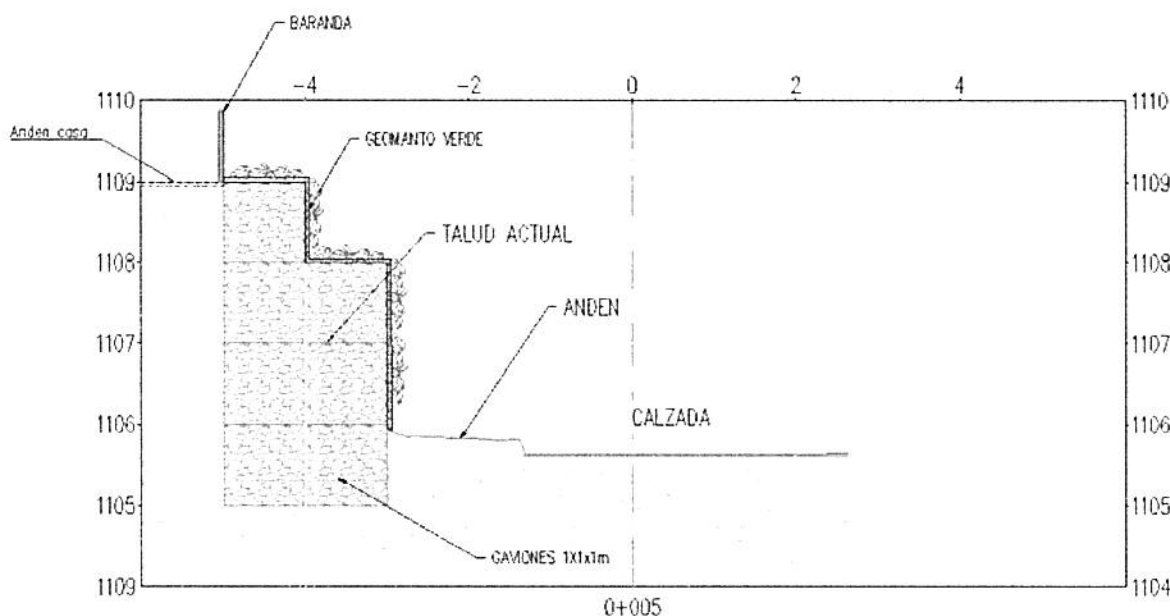


Figura 11.31 Sección muro en gaviones, Comuna 18, Punto 10 ($H=4\text{m}$)

En la siguiente imagen se observa la implantación de los gaviones en el punto de interés.

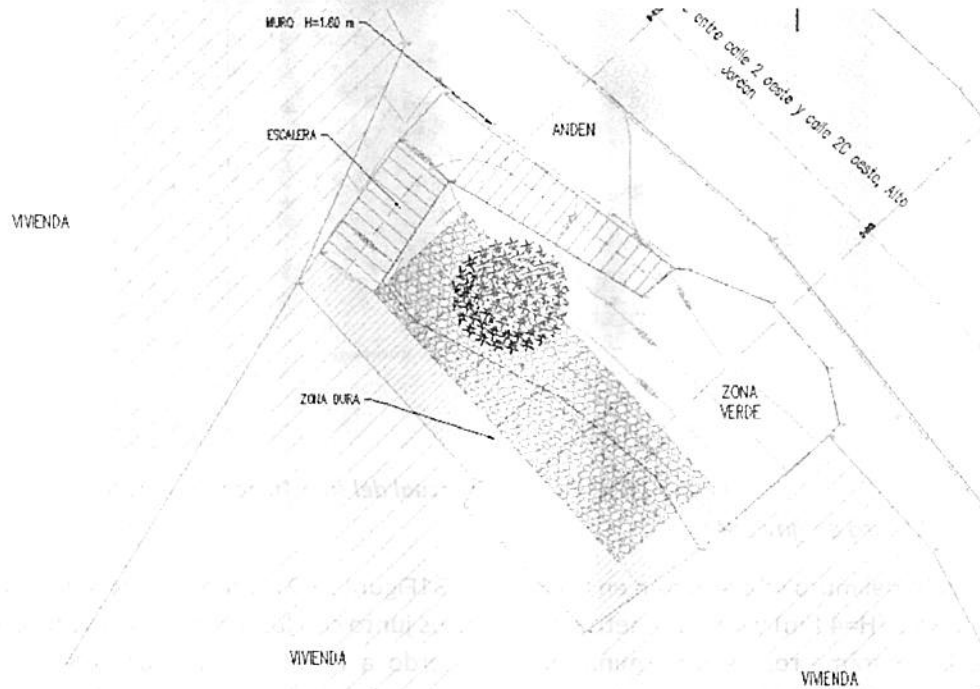


Figura 11.32 Zona de implantación gaviones comuna 18, punto 10 H=4m

Tabla 11.6 Parámetros geotécnicos muro en gaviones, comuna 18 punto 10 (H=4m)

EVALUACIÓN DE ESTABILIDAD DE MURO EN GAVIONES COMUNA 18, PUNTO 10 CALI, H=4m				
Datos de entrada				
yt	1.91			Ton/m ³
H	3.00			m
h	1.00			m
B	2.00			m
φ	29.75	0.52		°/rad
C	3.80			ton/m ²
θ	90.00	1.57		°/rad
β	0.00	0.00		°/rad
Wcasa	1.60			Ton/m ²
δ	22.31	0.39		°/rad
α	1.44			Ton/m
Empujes		Fuerzas resistentes		
Ka	0.299	ygavion	2	Ton/m ³
Kp	6.667	W Gaviones columna 2	6	Ton
Ea	4.007	W Gaviones columna 1	8	Ton
Ep	6.367			

A partir de estos parámetros se realizan las verificaciones de deslizamiento, volcamiento y capacidad portante, además de la excentricidad del muro para el caso estático y el pseudoestático, como se muestra en las Tabla 11.7 y Tabla 11.8.

Tabla 11.7 Evaluación estática de deslizamiento, volcamiento y capacidad portante comuna 18, punto 10 H=4m

Evaluación estática						
Reacciones						
Ev	1.52	Ton/m				
Rv	15.52	Ton/m				
Eh	3.71	Ton/m				
Ff	8.87	Ton/m				
Ff2	14.57	Ton/m				

Deslizamiento		Con cohesión	Volcamiento			
FS	4.11		Fuerza	Valor	Brazo	Momento
FS	5.65		W1	6.00	0.50	3.00 Ton*m
			W2	8.00	1.50	12.00 Ton*m
			Ev	1.52	2.00	3.04 Ton*m
			Ep	6.37	0.33	2.12 Ton*m
			Eh	3.71	1.33	4.94 Ton*m
			Fsv			4.08
			e/B			0.01

Capacidad portante		
qu	153.52	Ton/m ²
qadm	51.17	Ton/m ²
e	0.02	m
σ _{máx}	8.21	Ton/m ²
FScp		18.70

Tabla 11.8 Evaluación pseudoestática de deslizamiento, volcamiento y capacidad portante comuna 18, punto 10 H=4m

Evaluación Pseudoestática						
Deslizamiento			Volcamiento			
kv	0.06	NSR-10	Fuerza	Valor	Brazo	Momento
kh	0.17	NSR-10	W1	6.00	0.50	3.00 Ton*m
ψ	0.17	rad	W2	8.00	1.50	12.00 Ton*m
K _{ae}	0.44		Ev	1.89	2.00	3.78 Ton*m
K _{pe}	6.67		Ep	6.01	0.60	3.61 Ton*m
E _a	4.98		Eh	4.61	2.40	11.06 Ton*m
Ep	6.01					Fsv 2.02
Ev	1.89					e/B 0.14
Rv	15.89					
Eh	4.61					
Ff	9.08					
FS	3.35					
Ff2	14.78	Con cohesión				
FS	4.59					

Capacidad portante		
qu	153.52	Ton/m ²
qadm	51.17	Ton/m ²
e	0.29	m
σ _{máx}	14.78	Ton/m ²
FScp		10.38

11.1.11 Sitio 11

Los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) representan una innovadora aproximación al manejo del agua pluvial en entornos urbanos, destacándose por su enfoque ecológico y eficiencia. Estos sistemas, diseñados para gestionar de manera sostenible el agua de lluvia, ofrecen numerosas ventajas. En primer lugar, contribuyen a prevenir inundaciones al reducir la escorrentía superficial y regular el flujo de agua. Además, fomentan la recarga de acuíferos al promover la infiltración del agua en el suelo. La mejora de la calidad del agua es otra de sus ventajas, ya que integran elementos como zonas verdes y filtros naturales que reducen la presencia de contaminantes. Los SUDS también minimizan la necesidad de infraestructuras costosas, al tiempo que se adaptan de manera flexible a diversas condiciones topográficas y climáticas. Su diseño sostenible favorece la creación de entornos urbanos más amigables, incorporando características estéticas y funcionales como estanques y áreas verdes. Además, estos sistemas se alinean con prácticas medioambientales al enfrentar los retos del cambio climático, siendo resilientes frente a eventos climáticos extremos. A continuación, en la Figura 11.34 se presenta el diseño del suds en el sitio 11 de la comuna 18. Los detalles y demás reportes se agrupan en el Anexo C Diseños (C18-S11-01).



Figura 11.33 Panorama actual del sitio 11

CÁLCULOS INICIALES

	CANTIDAD	UNIDAD
Volumen tanque requerido	22.3	[m ³]
Largo	40.0	[m]
Ancho	3.0	[m]
Alto	0.78	[m]
Área de almacenamiento	120.0	[m ²]
Número de Capas AQUACELL que tendrá el tanque	2	[und]
Volumen Bruto	93.6	[m ³]
Cantidad de unidades Celda AQUACELL	468	[und]
Volumen neto de agua almacenado	86.6	[m ³]
Geomembrana 30 mills		[m ²]
Geotextil NT 2500	400.0	[m ²]

ESQUEMA CELDA Y TANQUE

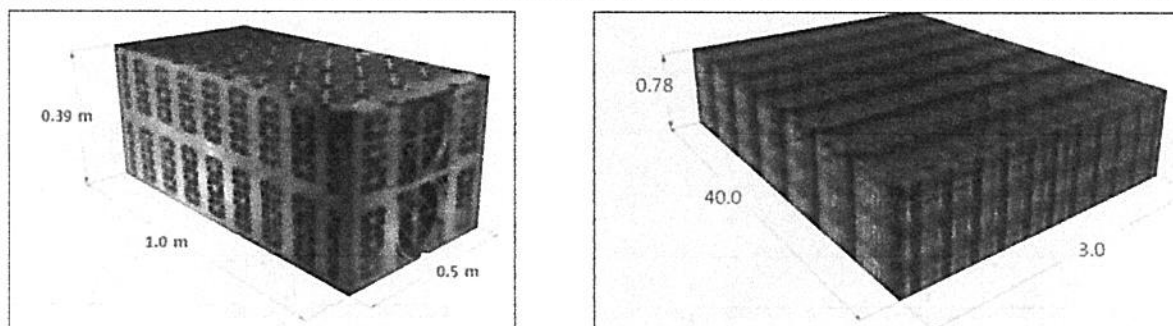


Figura 11.34 Diseño de SUDS

11.1.12 Sitio 12

En el sitio ubicado en la calle 3Bis oeste entre carrera 92 y 93 B, se evidencia la presencia de un talud inestable con señales de deslizamientos, el cual está parcialmente cubierto por vegetación en ciertas áreas. Esta situación sugiere que no ha habido deslizamientos recientes en la zona. Esta consultoría propone el diseño de un muro de contención tipo Cantiléver y adicionalmente se hace un diseño a las escaleras ya existente ya que no cumplen con distancias apropiadas y están desniveladas y/o dañadas con su sistema de canaletas. Los diseños se agrupan en el anexo C (C18-S12-01 al C18-S12-06).

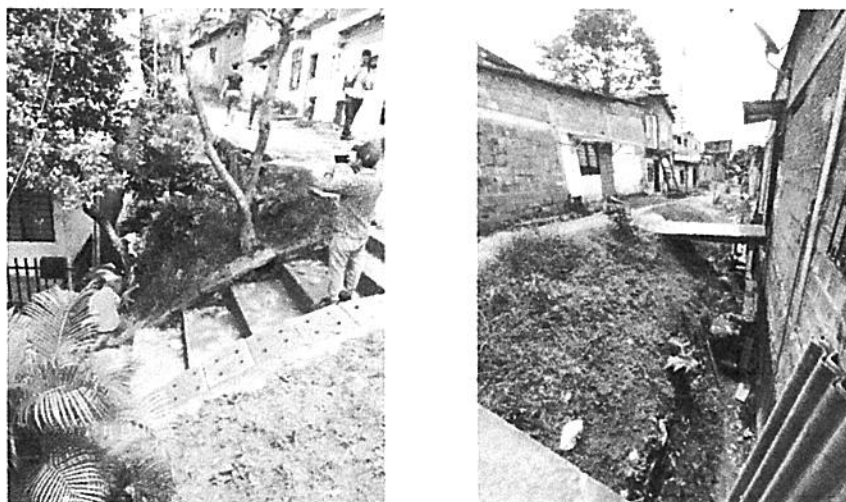


Figura 11.35 Panorama actual del sitio 12

11.1.12.1 Muros de contención

En este punto se presentan dos cantilévér, el primero de la abscisa K+000 hasta K+015 aproximadamente (ver anexo C) con una altura total de $H=2.60\text{m}$ y el segundo de la abscisa K+018 hasta K+032 con una altura total de $H=2.60\text{m}$, aproximadamente. El esquema de los muros se presenta en la Figura 11.36. Las dimensiones de los muros se presentan en la Tabla 11.9 y Tabla 11.10, respectivamente. Los parámetros se determinaron de acuerdo a la información de referencia, la topografía realizada y a la exploración del subsuelo hecha en campo. Para este caso cabe mencionar que, como se observa en el plano perfil muro 12 del anexo C se tiene un terreno de relleno con un ángulo de talud α igual a 0° para ambos casos y otros detalles complementarios como geomantos, cortes, rellenos, etc.

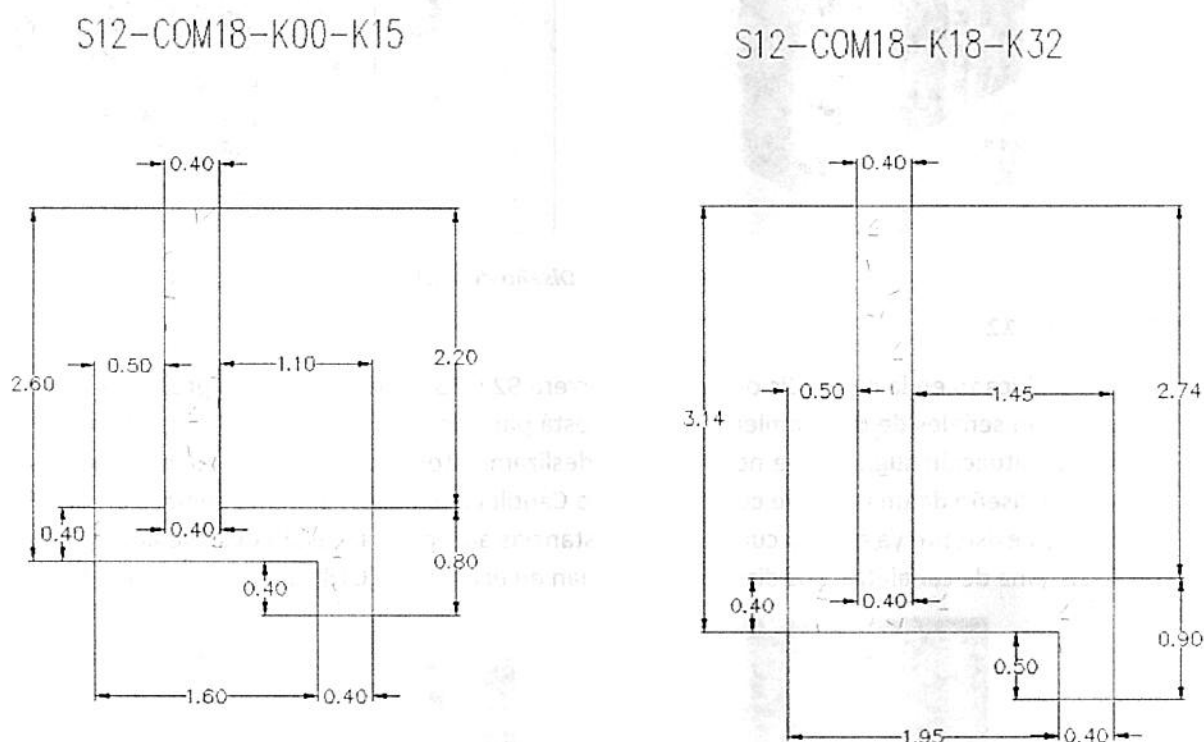


Figura 11.36 Dimensiones muros Cantilévér Comuna 18, Punto 12 ($H=2.60\text{m}$ y $H=3.15\text{m}$)