

ESTUDIO TOPOGRÁFICO

**CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE MITIGACIÓN SOBRE LA RED VIAL
DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS EN MUNICIPIOS
DE LA PROVINCIA DE CENTRO, NORTE, GUTIERREZ, LENGUPA, RICAURTE,
NEIRA DEPARTAMENTO DE BOYACA**

TOPOGRAFÍA
San Mateo, Boyacá

TOPOGRAFÍA

**CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE MITIGACIÓN SOBRE LA RED VIAL
DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS EN
MUNICIPIOS DE LA PROVINCIA DE CENTRO, NORTE, GUTIERREZ,
LENGUPA, RICAURTE, NEIRA DEPARTAMENTO DE BOYACA**

Versión 1.0

Contratista:
N&S CONSTRUCTOL S.A.S
NIT. 901.306.834-9

SAN MATEO-BOYACÁ
SEPTIEMBRE
2023

Elaboró	Nombre del profesional	LUIS EDILBERTO GONZALES GALLO
	Firma	<i>Luis Edilberto Gonzalez Gallo</i>
	Profesión	Topógrafo
	Matricula Profesional	T.P. 01-15626 CPNT

Versión	Fecha
Versión 1.0	Septiembre de 2023

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
1. INTRODUCCIÓN	6
2. LOCALIZACIÓN DEL ESTUDIO	7
3. RECONOCIMIENTO DEL AREA DE ESTUDIO	9
4. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.....	10
4.1 EQUIPOS UTILIZADOS.....	10
4.2 PROCEDIMIENTO REALIZADO.....	12
5. CONCLUSIONES	13

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Localización general.....	7
Figura 2. División política del municipio de San Mateo	8
Figura 3. Localización vía de estudio-San Mateo	8
Figura 4. TOPCON GTS 246NW SERIAL V20160	10
Figura 5. Especificaciones GTS 246NW	12

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Coordenadas Topografía.....	13

TOPOGRAFÍA

CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE MITIGACIÓN SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS EN MUNICIPIOS DE LA PROVINCIA DE CENTRO, NORTE, GUTIERREZ, LENGUPA, RICAURTE, NEIRA DEPARTAMENTO DE BOYACA

MUNICIPIO DE SAN MATEO – BOYACÁ

1. INTRODUCCIÓN

El presente informe se realiza para establecer un documento que sirva de soporte para recopilar y organizar todas las actividades realizadas por la comisión de topografía durante el levantamiento de la vía principal del municipio de San Mateo, en el departamento de Boyacá.

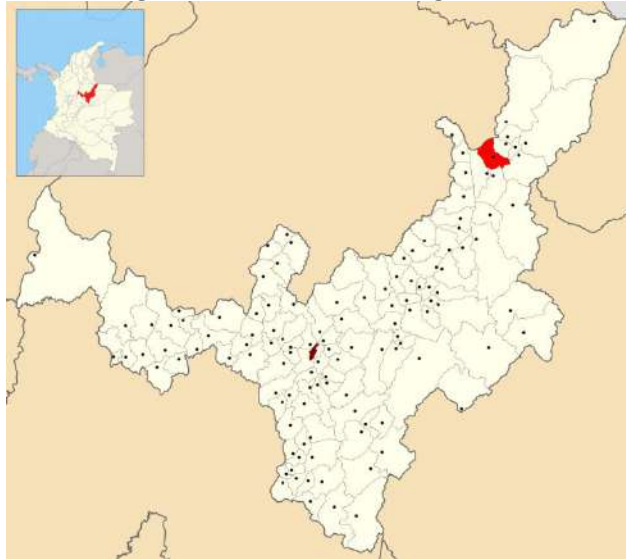
Documento que hace parte del cumplimiento para el proyecto “CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE MITIGACIÓN SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS EN MUNICIPIOS DE LA PROVINCIA DE CENTRO, NORTE, GUTIERREZ, LENGUPA, RICAURTE, NEIRA DEPARTAMENTO DE BOYACA.”

Para ello se presenta un análisis del estado actual del tramo vial según la topografía realizada incluyendo sus obras de drenaje, análisis soportado en información recolectada en campo por medio de GPS y registro fotográfico. A partir de las situaciones detectadas en el presente informe junto con el apoyo de los demás componentes, especialmente el de geotecnia, pavimentos, hidrológico y topográfico, se determinarán las condiciones óptimas para el objeto del proyecto.

2. LOCALIZACIÓN DEL ESTUDIO

El municipio de San Mateo se localiza en la Latitud Norte: 6°24'09"N Longitud Oeste: 72°33'18" O, a 2240 metros sobre el nivel del mar. Su temperatura media es de 18 °C. Se encuentra a 344 km de Bogotá y su superficie total es de 131 km².

Figura 1. Localización general



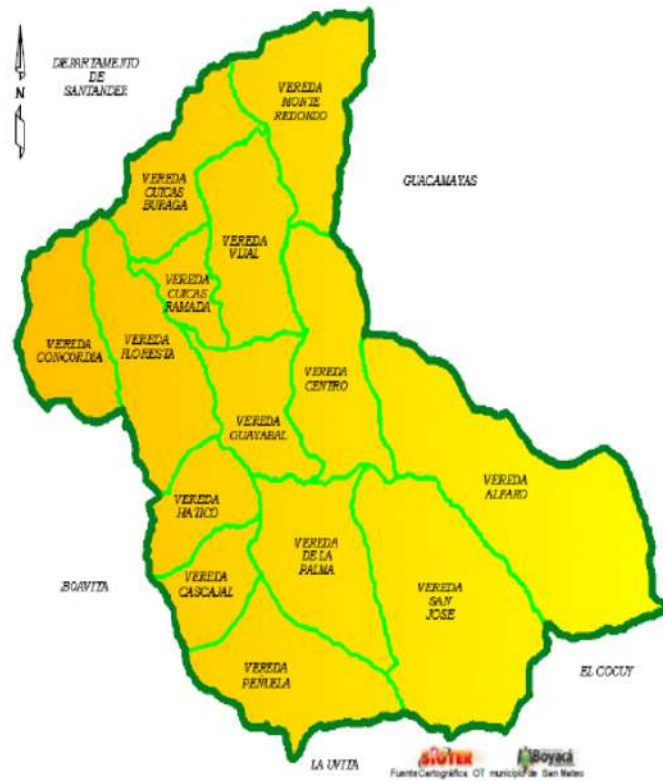
Fuente: Wikipedia-sitio web del municipio de San Mateo

los límites del municipio de San Mateo, Boyacá, son los siguientes:

- Norte: Departamento de Santander
- Sur: Municipios de El Cocuy y La Uvita
- Oriente: Municipio de Guacamayas
- Occidente: Municipio de Boavita

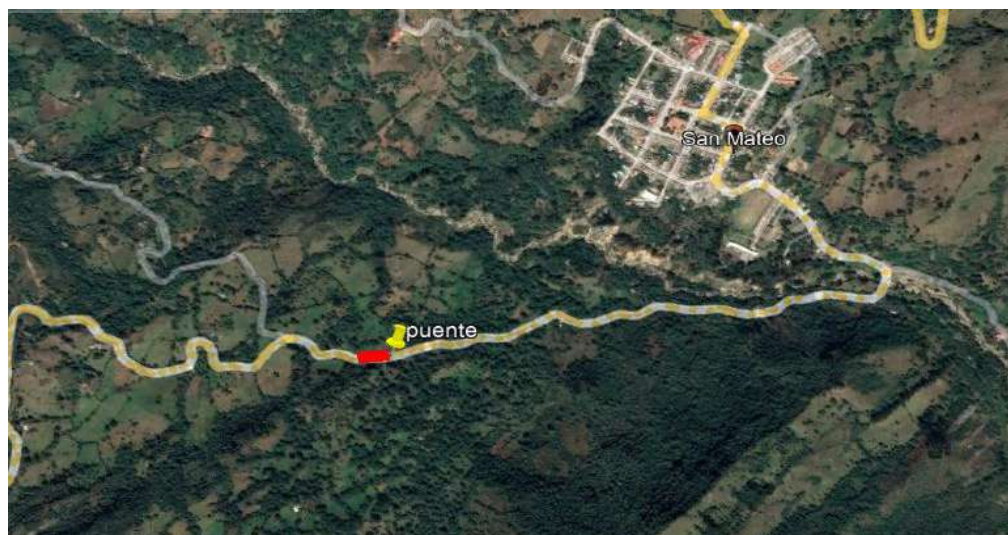
La población del municipio de San Mateo es de aproximadamente 3682 habitantes. La actividad económica principal es la agricultura, seguida de la ganadería y el turismo.

Figura 2. División política del municipio de San Mateo



Fuente: Oficina de planeación municipal de San Mateo, departamento de Boyacá

Figura 3. Localización vía de estudio-San Mateo



Fuente: Google Maps

3. RECONOCIMIENTO DEL AREA DE ESTUDIO

El reconocimiento del área de estudio se llevó a cabo en septiembre de 2023. Se realizó un recorrido por las vías principales del municipio de San Mateo para identificar los puntos de interés que serían objeto de levantamiento.

El reconocimiento se realiza analizando el tramo vial que será objeto de estudio de la presente consultoría, en el que se identifica el inicio y fin de cada tramo, las diferentes obras civiles construidas como lo son; pozos de alcantarillado, muros de contención, entradas a viviendas, cercas, etc. Y para este caso en específico en el municipio de San mateo. Además de esto, se identifican todos los puntos de importancia que deberán ser registrados con detalle en el levantamiento topográfico.

El personal necesario para realizar las labores de campo es:

- Ingeniero
- Topógrafo
- Cadeneros (dos personas)

4. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

4.1 EQUIPOS UTILIZADOS

Los equipos utilizados en el levantamiento topográfico son:

Figura 4. TOPCON GTS 246NW SERIAL V20160



Fuente: Google.

Figura 5. Especificaciones GTS 246NW

GTS 246NW	
Especificaciones Técnicas:	
TELESCOPIO	
Longitud	150 mm (5,9 pulgadas)
Objetivo	45 mm (1,77 pulgadas), EDM 50 mm (1,97 pulgadas)
Aumento	30x
Imagen	Directa
Campo de Visión	1"30'
Resolución de Poder	2,8"
Distancia mínima de Enfoque	1,3 m
MEDIDA DE LA DISTANCIA	
Gama de Medición	Mini prisma 1.000 m (3.300 pies) / - Un prisma de 3.000 metros (9.900 pies) / 3.500 m (11.500 pies) Tres prismas de 4.000 metros (13.200 pies) / 4.700 m (15.400 pies)
Medición de Precisión	$\pm (2\text{mm} + 2\text{ppm} \times D)$ mse
Medir el Tiempo	Modo fino de 1mm (0.005 pies) 1.2s (Inicial 4.0s) Modo fino de 0.2mm (0.001 pies) 2.8s (Inicial 5.0s) Grueso 1mm/10mm modo (0.005/0.02 pies) 0,7 s (Inicial 3.0s)
MEDICIÓN ANGULAR	
Método	Absoluta de Lectura
Sistema de Detección	H: un lado V: 1 lado
Lectura Mínima	1" / 5" (0.2mgon/1mgon)
Precisión	6" (1.8mgon)
Diámetro del Círculo	71 mm (2.8 pulgadas)
PANTALLA / TECLADO	
Mostrar	Gráficos LCD de 160 x 64 puntos con retro iluminación, 20 caracteres x 4 líneas
Teclado	Alfanumérico, 24 teclas
TILT CORRECCIÓN	
Sensor de Inclinación	Eje Dual
Método	Tipo Líquido
Gama de Compensación	$\pm 3^\circ$
Corrección de la Unidad	1" (0.1mgon)
OTROS	
Plomada	Plomada láser (diodo de láser rojo, longitud de onda 633nm, láser de Clase 2)
Memoria Interna	Max. 24.000 puntos
Interfaz	RS-232C / Bluetooth
Altura del Instrumento	176mm (6.93in).
Clase Láser	Clase I/1M (EDM), Clase 2 (puntero láser / plomada láser)
Nivel de Sensibilidad Circular	10" / 2 mm
Nivel de Sensibilidad de Placa	40" / 2mm
Dimensión	336 (H) x 184 (W) x 172 (L) mm (13,2 (alto) x 7,2 (W) x 6,8 (L) pulgadas)
Peso	Instrumento (con batería) 4,9 kg (10,8 lbs) Plástico para llevar el asunto 3,4kg (7,5 libras)
Protección de Polvo y Agua	IP66 (con BT-52QA instalado)
Temperatura de Funcionamiento	-20 ° C a +50 ° C (-4 ° F a 122 ° F)
Duración de la Batería	La distancia y el ángulo de medición alrededor de 10 horas / Cerca de 8.5 horas w / Bluetooth Ángulo de medición Sólo-Cerca de 45 horas

Fuente: Brochure GTS 246NW

4.2 PROCEDIMIENTO REALIZADO

- ✓ Se realizó el levantamiento topográfico con la ayuda de la estación total, en las vías principales y rurales del municipio de San Mateo que se delimitaron en la visitatécnica, se tomaron todos los datos necesarios (cercas, construcciones, bordes de vía, alcantarillas etc.), con el fin de determinar el modelo digital del terreno, su configuración topográfica, accidentes geográficos. Datos que sirvieron posteriormente para los planos.
- ✓ Se utilizan programas de software para procesar los datos recopilados y generar los planos y los informes topográficos
- ✓ Mediante el programa AutoCAD, se realizó el dibujo tanto de planta como de perfil, estos planos se encuentran en los anexos (planos topográficos).

5. CONCLUSIONES

Se realizó el levantamiento topográfico típico para el tramo en estudio, sin ningún inconveniente y todo dentro de lo normal.

Las coordenadas usadas fueron Magna sirgas origen Bogotá.

Tabla 1. Coordenadas Topografía

Origen	Coordenadas Elipsoidales	
	Latitud (N)	Longitud (W)
Bogotá-MAGNA	6°23'36.68"	72°33'30.88"

En los anexos se evidencian las carteras topográficas y el registro que se realizó en cuanto se refiere a los levantamientos topográficos, que son los soportes para cualquier inquietud.

ANEXO 1
REGISTRO FOTOGRÁFICO



ANEXO 2

CALIBRACIÓN DE EQUIPOS TOPOGRÁFICOS



Geosystem
INGENIERIA

NIT. 830.051.298-7

SERVICIO DE LABORATORIO
OPTICOMECAÁNICO Y ELECTRÓNICO
CERTIFICADO DE AJUSTE



CERTIFICADO No.
12744

INSPECCION EDM SOBRE LINEA BASE 320.162 M (DISTANCIOMETRO) CONDICIONES: TEMPERATURA 15 GRADOS. PRESION ATMOSFERICA 580 MMGG. CONSTANTE DEL PRISMA -30	A J U S T E	L U B R I C A C I O N	R E P A R A C I O N	R E P U E S T O S	L I M P I E Z A	A C C E P T A B I L I D A D
PRISMAS						X
NIVEL ESFERICO						X
BASTON						X
MEDIDA DISTANCIA						X
CONSTANTE DEL PPM	X					
CONSTANTE DEL PRISMA	X					

INSPECCION DEL SISTEMA DE MEDIDA ANGULAR, COLIMADOR MARCA SOUTH PRODUCT MODEL LP - 3B	A J U S T E	L U B R I C A C I O N	R E P A R A C I O N	R E P U E S T O S	L I M P I E Z A	A C C E P T A B I L I D A D
COMPENSADOR OPTICOMECAÁNICO						X
COMPENSADOR ELECTRONICO						X
CIERRE DE ANGULOS VERTICALES						X
CIERRE DE ANGULOS HORIZONTALES						X

CONTROLES Y VISUALIZACION ELECTRONICA	A J U S T E	L U B R I C A C I O N	R E P A R A C I O N	R E P U E S T O S	L I M P I E Z A	A C C E P T A B I L I D A D
TECLADO						X
DISPLAY						X
ACCESO MEMORIA						X
BATERIA						X
COMUNICACIÓN DISPOSITIVO EXTERNO						X

GEOSYSTEM INGENIERIA S.A.S. CERTIFICA QUE EL INSTRUMENTO SE ENTREGA EN OPTIMAS CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO Y QUE LOS ERRORES ENCONTRADOS AL INGRESO DEL EQUIPO, HAN SIDO CORREGIDOS DE ACUERDO CON LOS PARAMETROS DE TOLERANCIA ESTABLECIDOS POR EL FABRICANTE.



Jorge Armando
MANEJO TECNICO



Avenida Calle 53 No. 67 - 83 - PBX: (571) 745 2929 Cel: 312 480 1386 - Fax: Opción 5
contactenos@geosysteming.com - www.geosysteming.com - Bogotá - Colombia



NIT. 830.051.298-7
SERVICIO DE LABORATORIO
OPTICOMECAÁNICO Y ELECTRÓNICO
CERTIFICADO DE AJUSTE



CERTIFICADO No.

12744

INSTRUMENTO:	ESTACION TOTAL	FECHA DE REVISION	25 de enero de 2023
MARCA:	TOPCON	SUGERIMOS NUEVA REVISION	24 de julio de 2023
MODELO:	GTS-245HW	DEPARTAMENTO:	Arauca
PRECISION ANGULAR:	2"	CIUDAD:	Arauca
SERIAL No.	V20180	EMPRESA:	SAR CONSTRUCCIONES Y SUMINISTROS SAS
		NIT:	300804055-1

INSPECCION OPTICOMECANICA	C O R R E C T I O N	A J U S T E	L U B R I C A C I O N	M E M B R A C I O N	S E P U L S I O S	L I M P I E Z A	A F E R E N D I C T A O B S E R V A C I O N
TRIPODE							X
BASE NIVELANTE							X
NIVEL TUBULARES Y ESFERICOS							X
VERTICALIDAD							X
OPTICA GENERAL							X
EJE VERTICAL Y HORIZONTAL							X
FRENOS Y MOVIMIENTOS TANGENCIALES							X
PLOMADA OPTICA							X

POSICION 1 (VERTICAL D)
POSICION 1 (HORIZONTAL D)
POSICION 1 (VERTICAL I)
POSICION 1 (HORIZONTAL I)
ERROR OBSERVADO V
ERROR OBSERVADO H

88	17	51
0	0	0
273	42	39
178	58	58
		1
		2

POSICION 2 (VERTICAL D)
POSICION 2 (HORIZONTAL D)
POSICION 2 (VERTICAL I)
POSICION 2 (HORIZONTAL I)
ERROR OBSERVADO V
ERROR OBSERVADO H

91	36	34
0	0	0
289	23	34
180	0	1
		2
		1

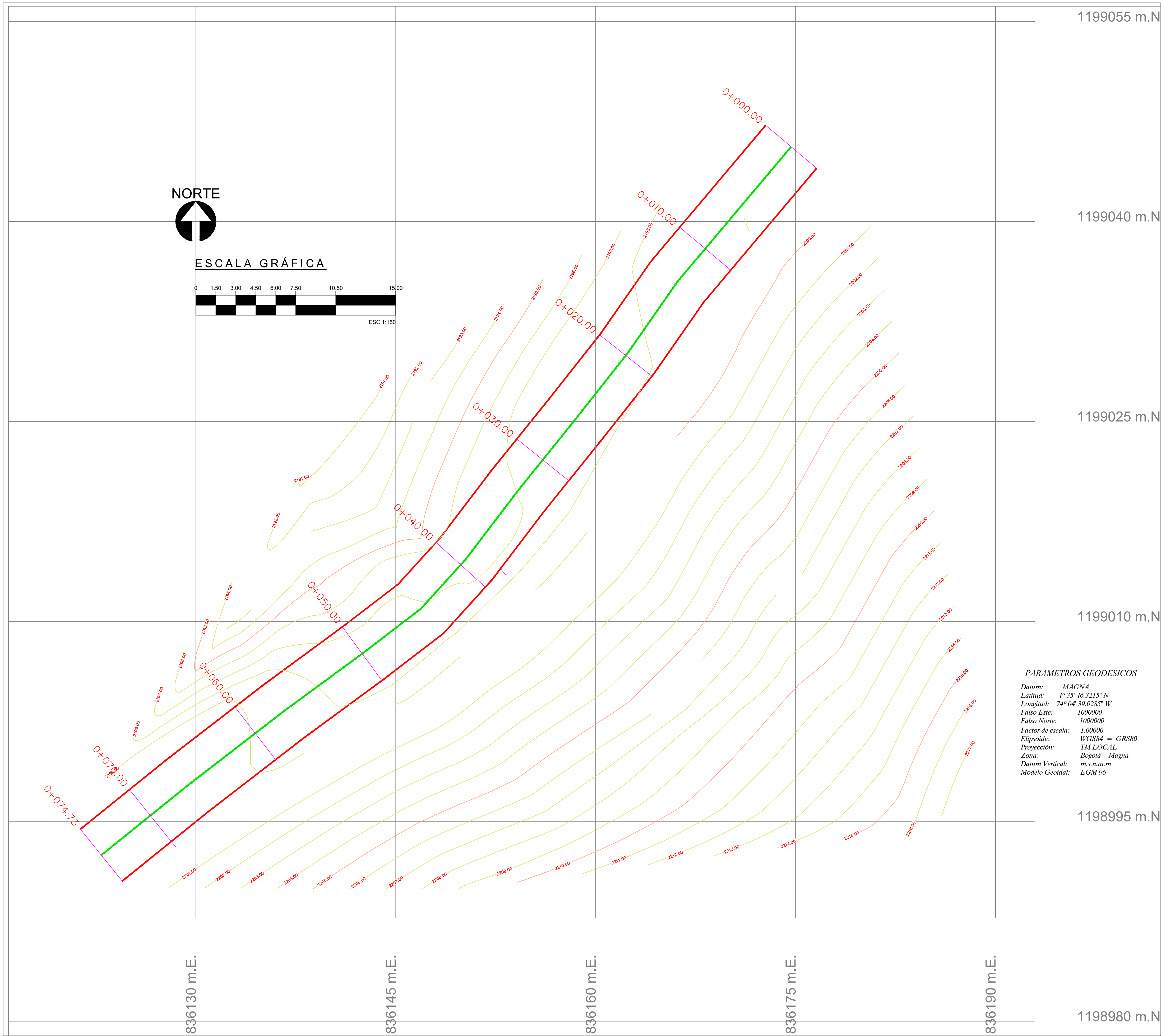


Avenida Calle 53 No. 67 - 83 - PBX: (571) 745 2929 Cel: 312 480 1386 - Fax: Opción 5
contactenos@geosysteming.com - www.geosysteming.com - Bogotá - Colombia

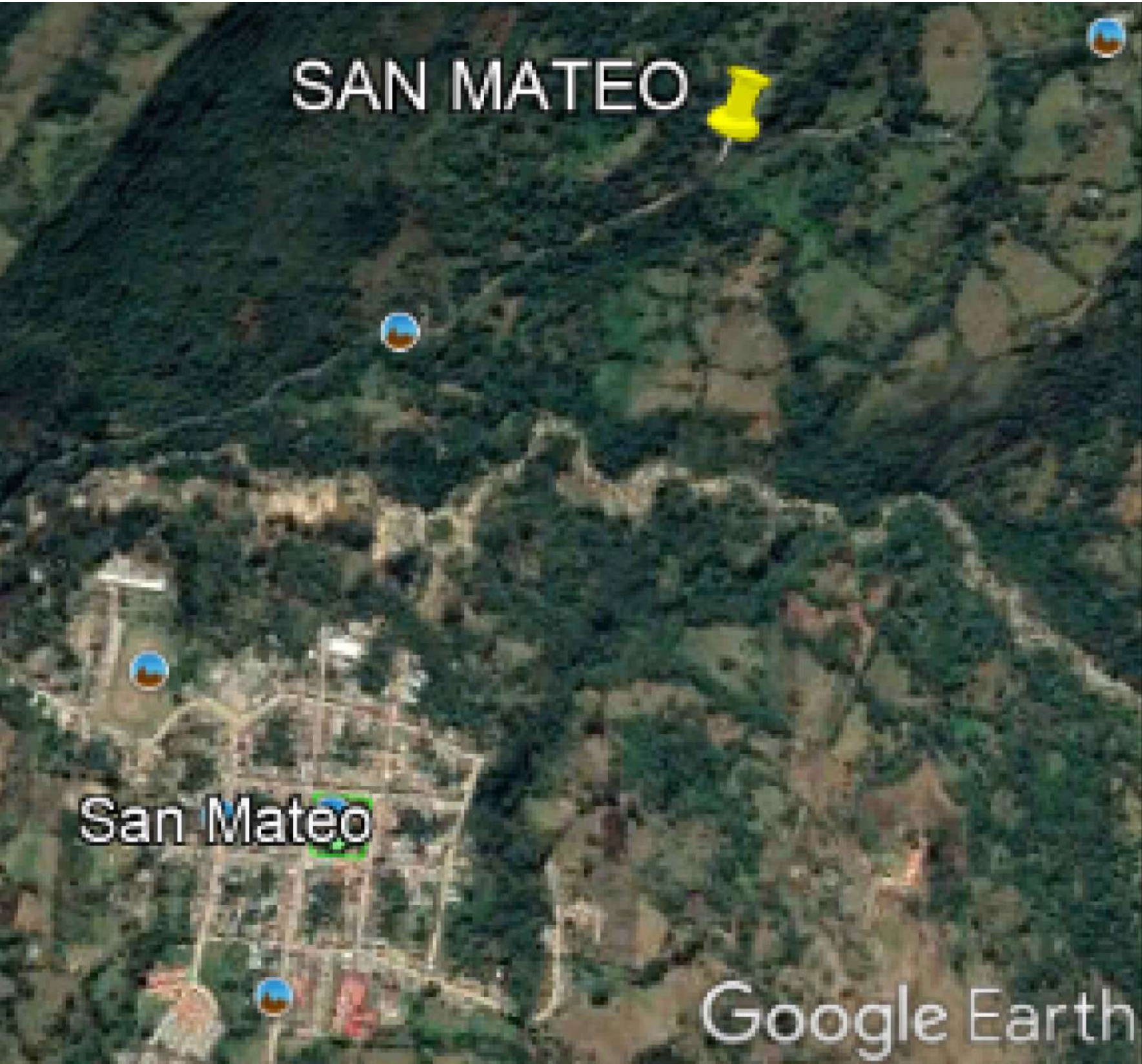
ANEXO 3

PLANOS TOPOGRÁFICOS EN FORMATO PDF Y DWG

ANEXO 4
CARTERA Y MEMORIA DEL LEVANTAMIENTO



PARAMETROS GEODESICOS
Datum: MAGNA
Latitud: 4° 35' 46.3215" N
Longitud: 74° 04' 39.0288" W
Falso Este: 1000000
Falso Norte: 1000000
Factor de escala: 1.00000
Elipsoide: WGS84 = GR80
Proyección: TM LOCAL
Zona: Bogotá - Magna
Datum Vertical: m.s.n.m.m
Modelo Geoidal: EGM 96





GOBERNACIÓN DE BOYACÁ

PROYECTO:

CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE MITIGACIÓN SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS EN MUNICIPIO DE LA PROVINCIA DE CENTRO, NORTE, GUTIERREZ, LENGUPA, RICAURTE, NEIRA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ.

CONTIENE:

LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO TRAMO SAN MATEO

LEVANTO:

Edilberto Gonzalez Gallo
Top. EDILBERTO GONZALEZ GALLO
L.P. 01-15626 CPNT

REVISÓ:



NYS CONSTRUCOL SAS
R/L SONIA MALENA MARIN SOTELO

APROBO:



CONSORCIO INTEREMERGENCIAS NORTE
R/L Ing. NANCY YASMIN QUIROGA

LOCALIZACIÓN:



CONVENCIONES

EJE PROYECTO

CARRETEABLE

ESTACION O P.K.

SECCION TERRENO

PERFIL TERRENO

CURVA DE NIVEL

DÍGITO :

Top. EDILBERTO GONZALEZ GALLO

ESCALA :

INDICADA

FECHA :

Septiembre de 2023

ARCHIVO DIGITAL :

SAN MATEO.DWG

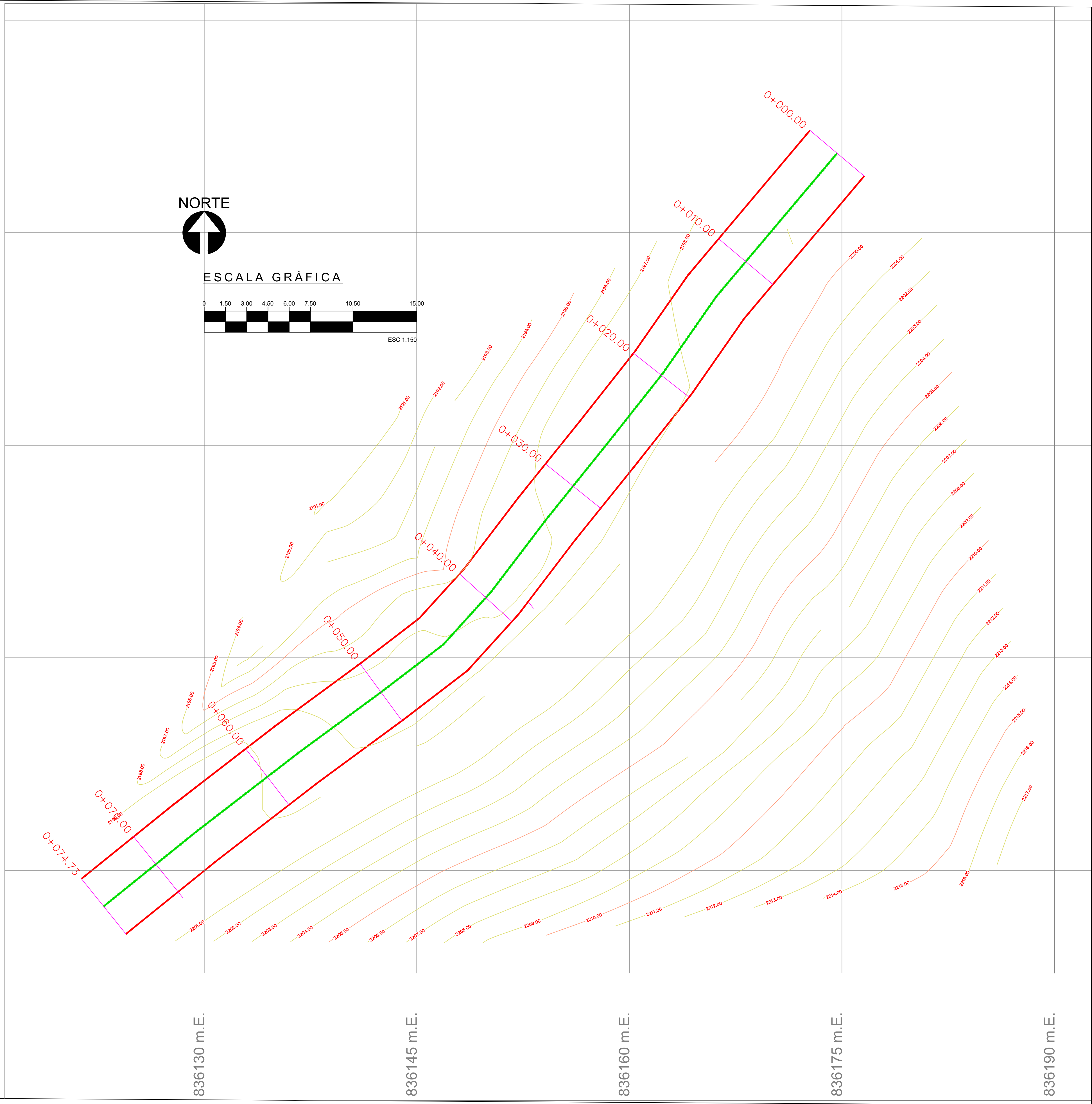
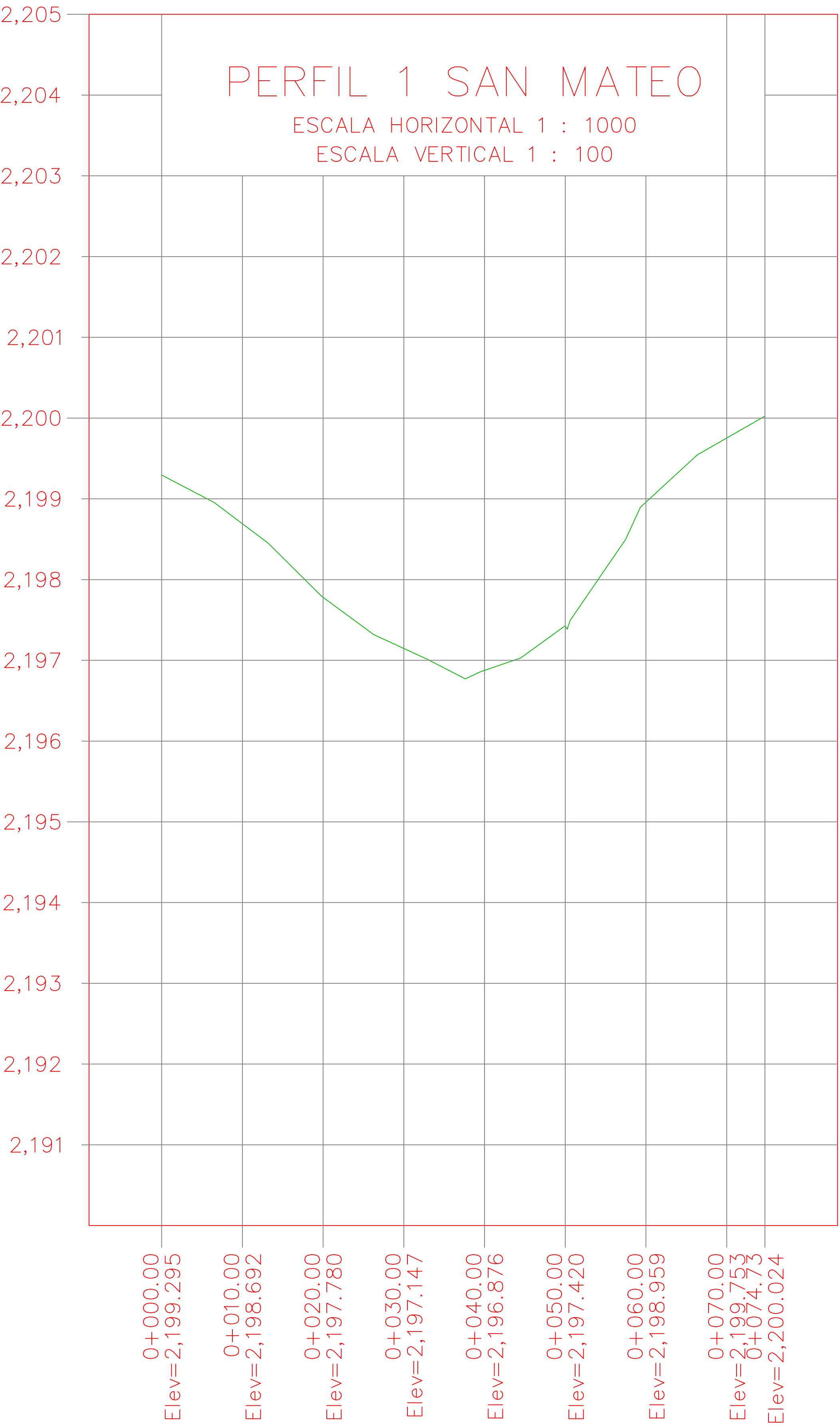
P
A
N
O

Nº DG

1

3

D
E





GOBERNACIÓN DE BOYACÁ

PROYECTO:

CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE MITIGACIÓN SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS EN MUNICIPIO DE LA PROVINCIA DE CENTRO, NORTE, GUTIERREZ, LENGUPA, RICAURTE, NEIRA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ.

CONTIENE:

PLANTA PERFIL TRAMO SAN MATEO

LEVANTO:

Edilberto Gonzalez Gallo
Top. EDILBERTO GONZALEZ GALLO
L.P. 01-15626 CPNT

REVISÓ:


NYS CONSTRUCOL SAS
R/L SONIA MALENA MARIN SOTELO

APROBO:


CONSORCIO INTEREMERGENCIAS NORTE
R/L Ing. NANCY YASMIN QUIROGA

LOCALIZACIÓN:



CONVENCIONES

EJE PROYECTO

CARRETEABLE

ESTACION O P.K.

SECCION TERRENO

PERFIL TERRENO

CURVA DE NIVEL

DIGITO:

Top. EDILBERTO GONZALEZ GALLO

ESCALA:

INDICADA

FECHA:

Septiembre de 2023

ARCHIVO DIGITAL:

SAN MATEO.DWG

P
L
A
N
O

Nº DG

2

3

D
E

PROYECTO:

CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE MITIGACIÓN SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS EN MUNICIPIO DE LA PROVINCIA DE CENTRO, NORTE, GUTIERREZ, LENGUPA, RICAURTE, NEIRA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ.

CONTIENE:

SECCIONES TRANSVERSALES DEL TRAMO SAN MATEO

LEVANTO:

José Edilberto González Gallo

Top. EDILBERTO GONZALEZ GALLO L.P. 01-15626 CPNT

REVISÓ:

[Signature]

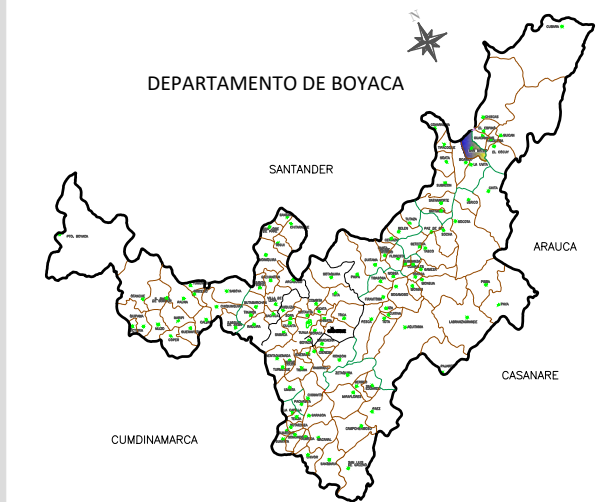
NYS CONSTRUCCOL SAS R/L SONIA MALENA MARIN SOTELO

APROBO:

[Signature]

CONSORCIO INTEREMERGENCIAS NORTE R/L Ing. NANCY YASMIN QUIROGA

LOCALIZACIÓN:



CONVENCIONES

- EJE PROYECTO
- CARRETEABLE
- ESTACION O P.K.
- SECCION TERRENO
- PERFIL TERRENO
- CURVA DE NIVEL

DÍGITO :

Top. EDILBERTO GONZALEZ GALLO

ESCALA :

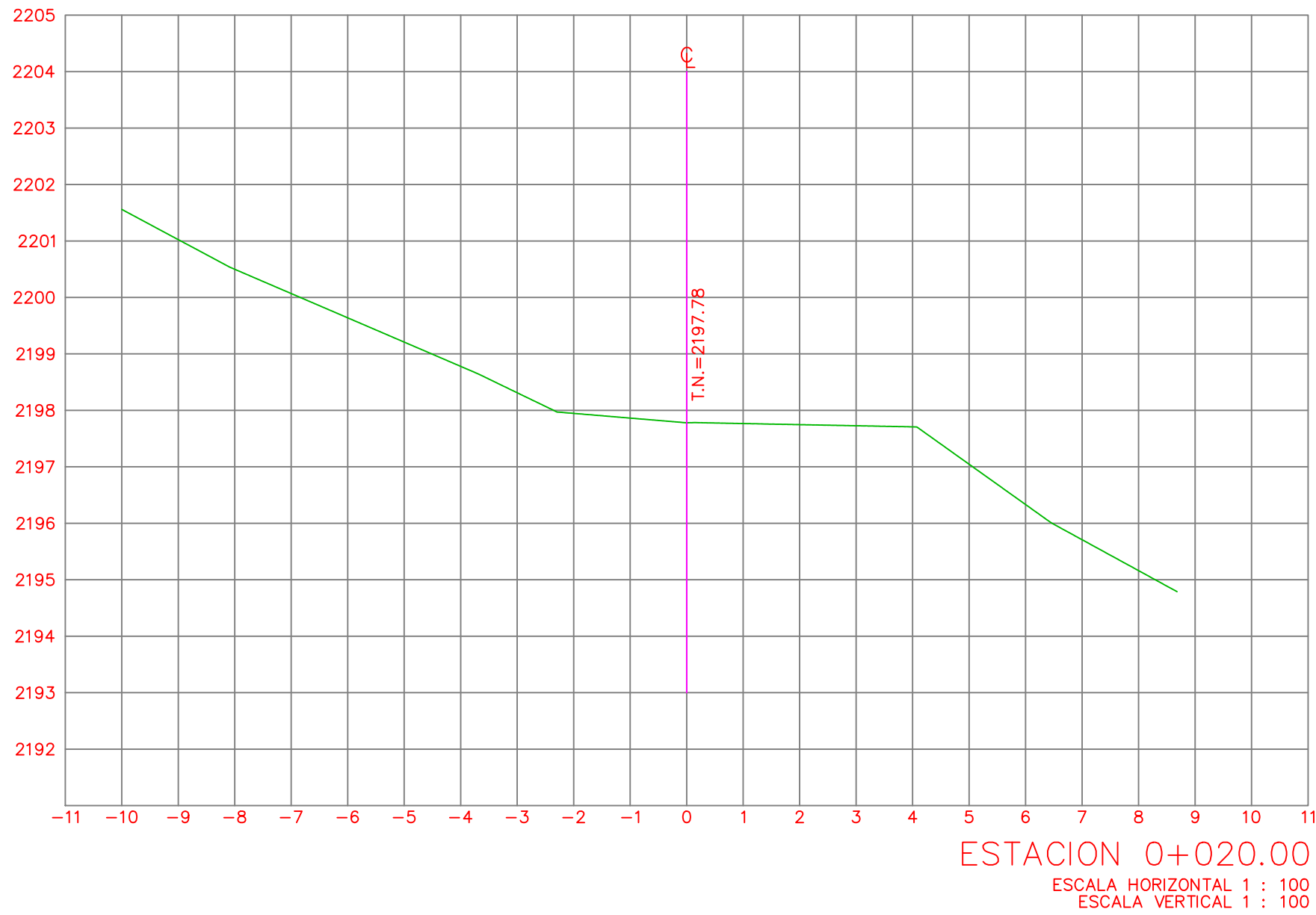
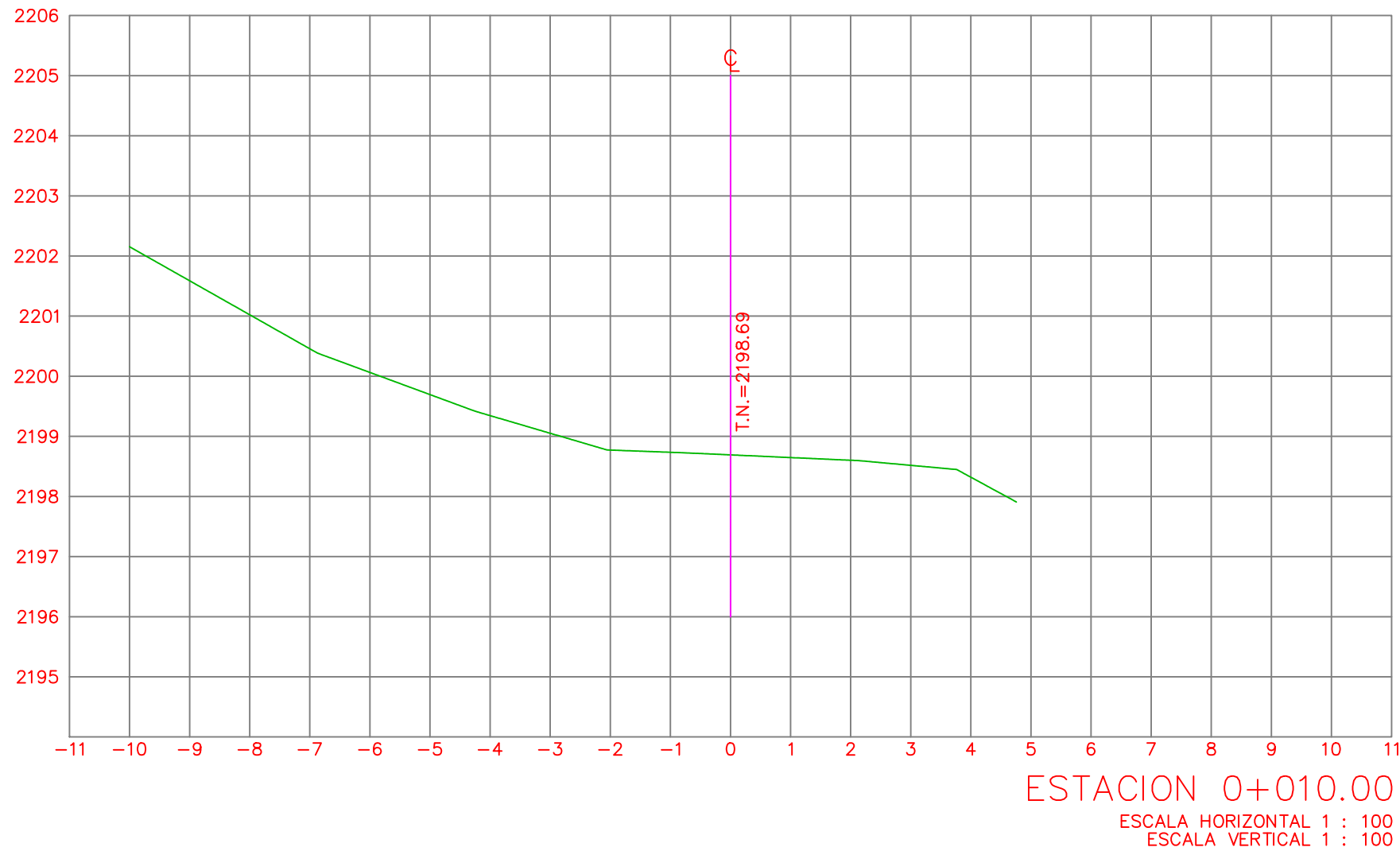
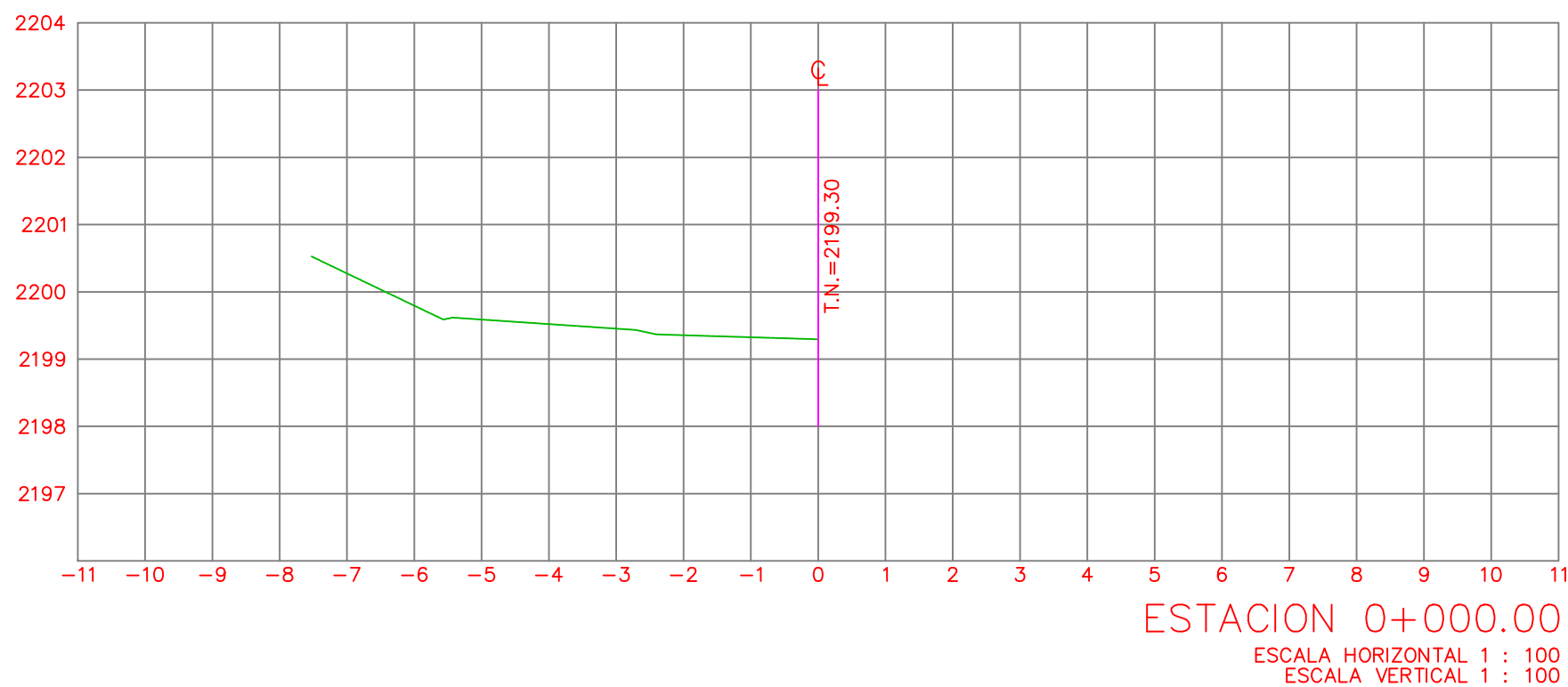
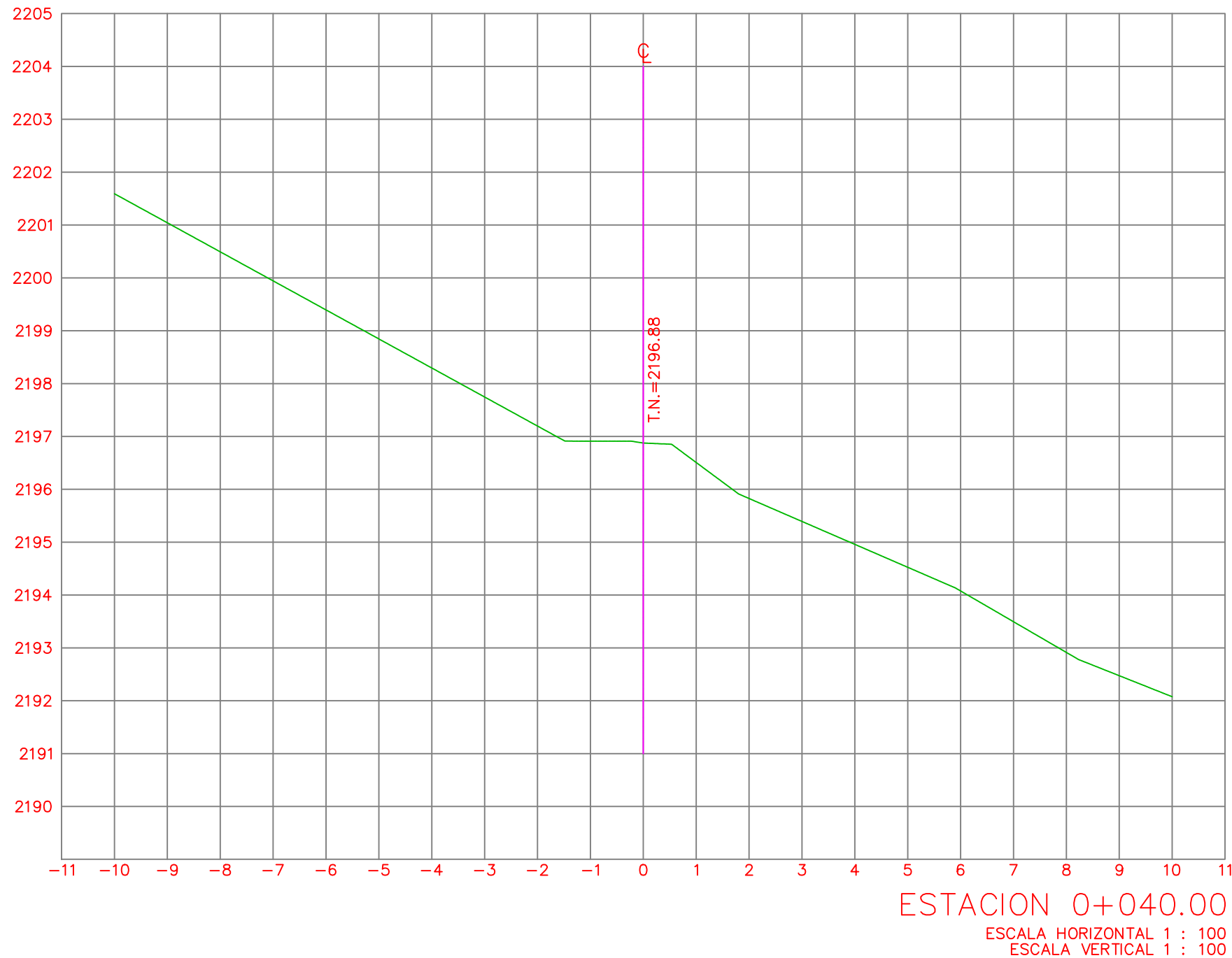
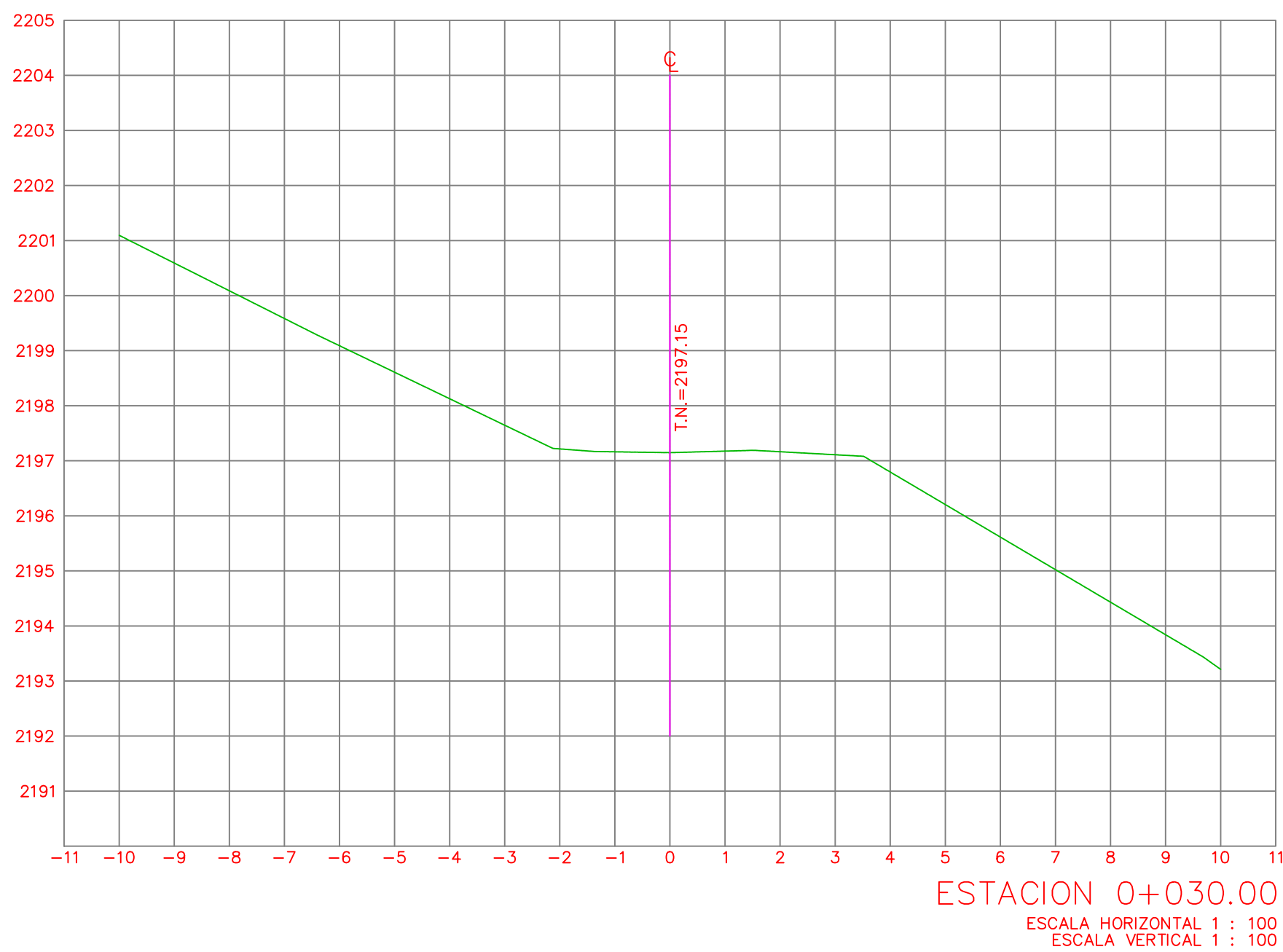
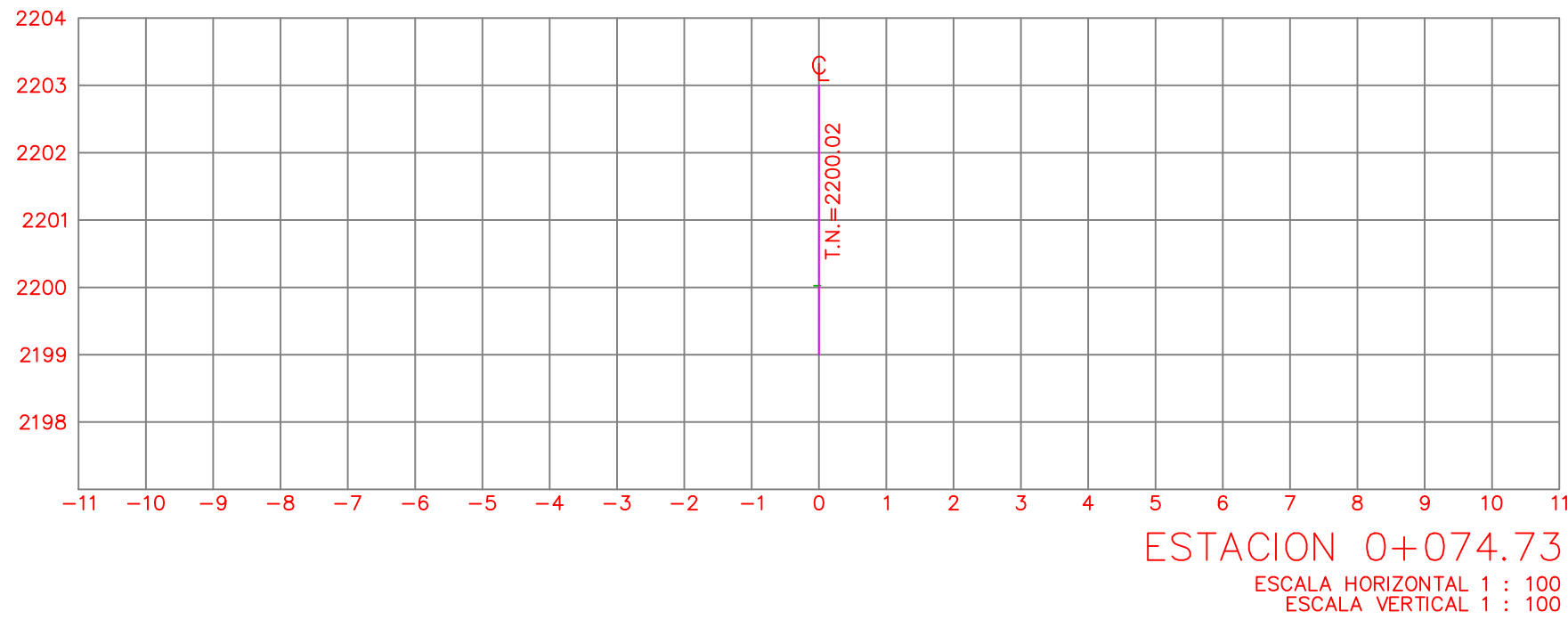
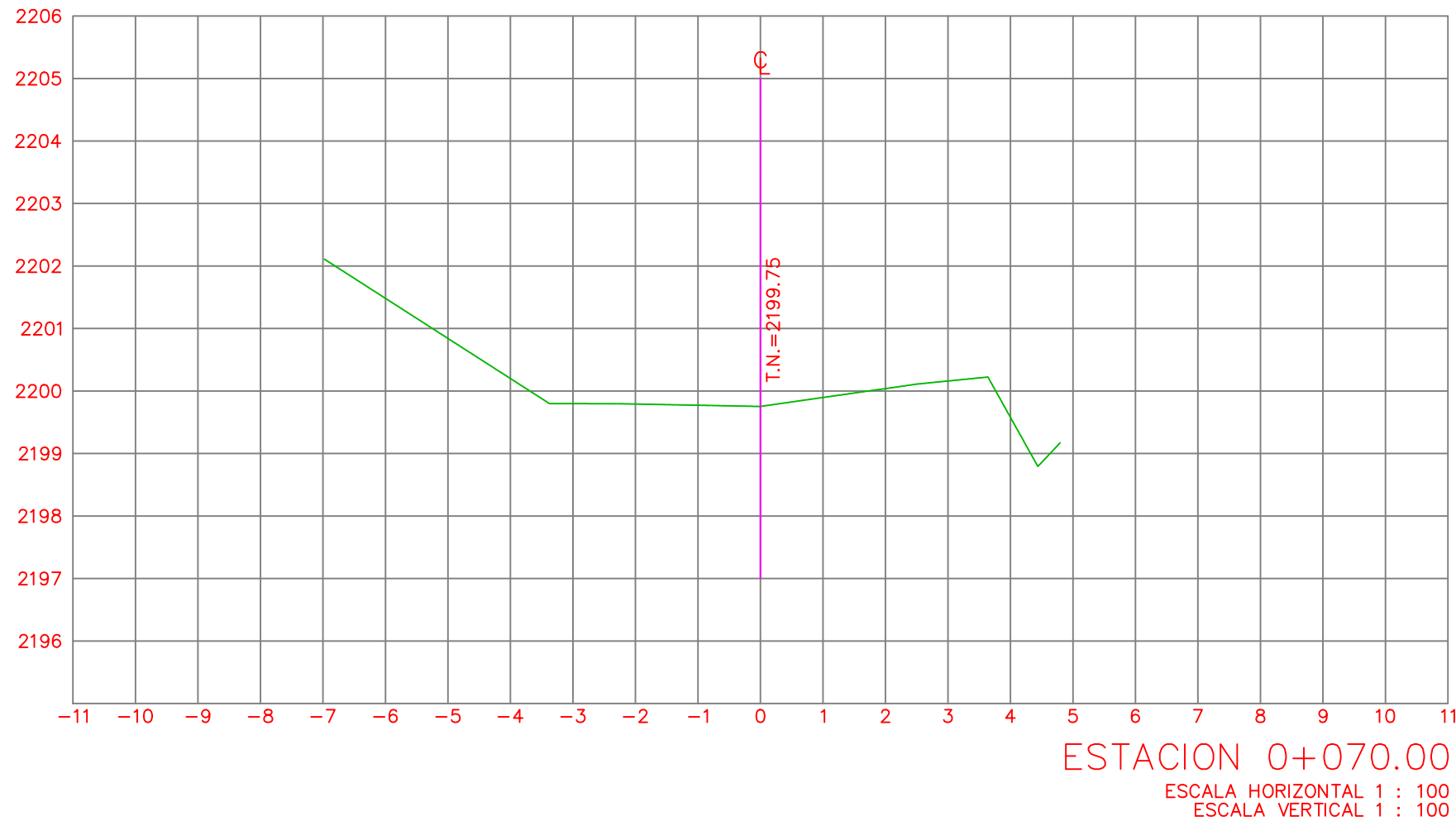
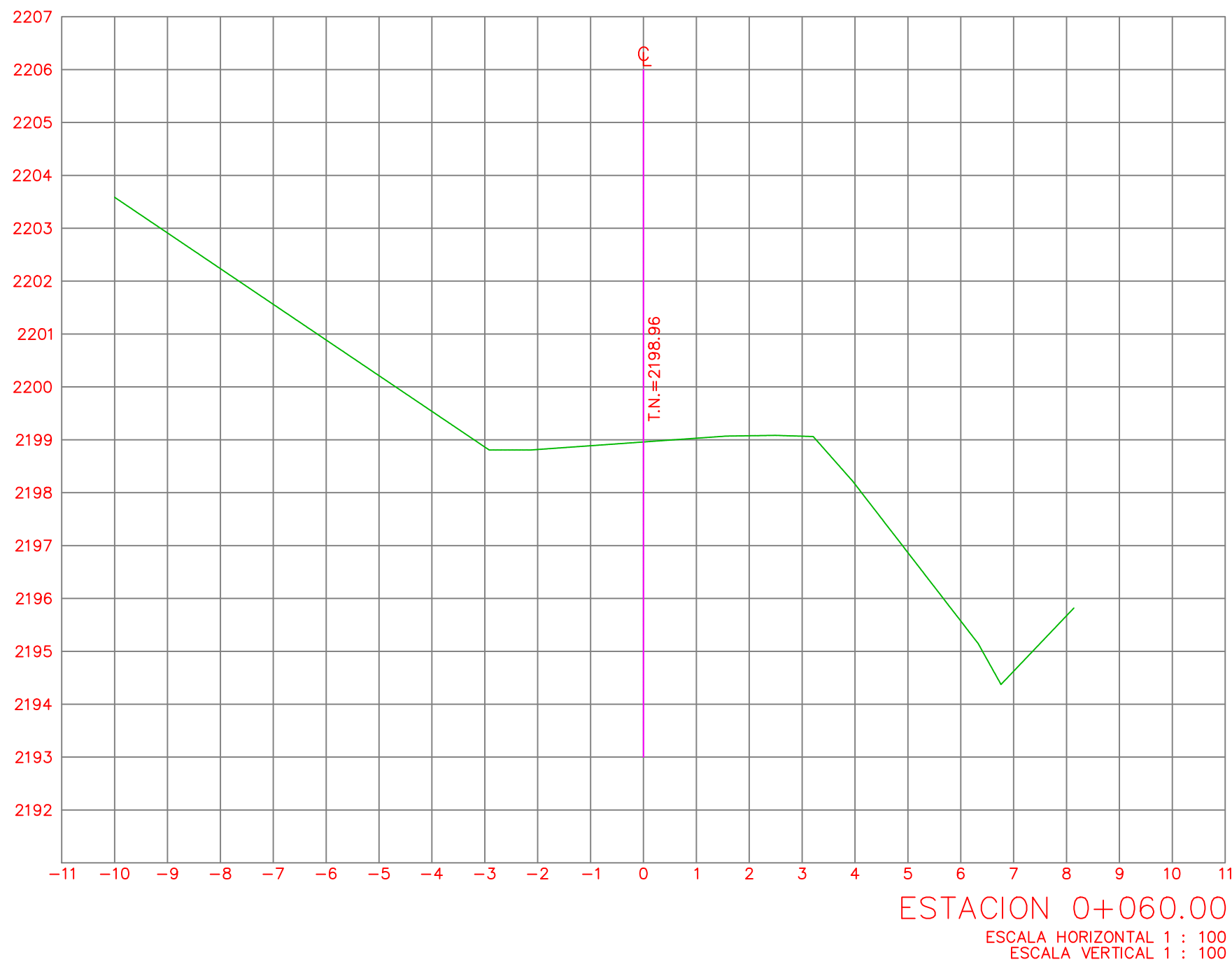
1 : 100

FECHA :

Septiembre de 2023

ARCHIVO DIGITAL :

SAN MATEO.DWG



SAN MATEO

D2

D1

6.23

CUADRO DE DELTAS						
LADO		RUMBO	DISTANCIA	V	C O O R D E N A D A S	
EST	PV				Y	X
				D1	1,199,053.658	836,175.492
D1	D2	S 34°55'10.87" W	6.230	D2	1,199,048.550	836,171.926
D2	D1	N 34°55'10.87" E	6.230	D1	1,199,053.658	836,175.492

MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

Tunja, septiembre 21 de 2023

Señores:

GOBERNACIÓN DE BOYACÁ

Departamento de Boyacá

Yo, **LUIS EDILBERTO GONZALEZ GALLO**, Topógrafo, con Matrícula Profesional N.º **01-15626 CPNT**, debidamente registrado del consejo profesional nacional de Topografía, presento el Estudio topográfico elaborado a continuación cumpliendo con los requerimientos de la **LEY 70 DE 1978**, para el contrato cuyo objeto es: **“CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE MITIGACIÓN SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS EN MUNICIPIOS DE LA PROVINCIA DE CENTRO, NORTE, GUTIERREZ, LENGUPA, RICAURTE, NEIRA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ”**, Declaro que asumo la responsabilidad por los perjuicios que causa de ellos puedan deducirse, exonerando a la Gobernación de Boyacá de cualquier responsabilidad.

Acepto y reconozco que la revisión efectuada por la Gobernación de Boyacá no constituye una aprobación al Estudio topográfico, sino una verificación del cumplimiento de la **LEY 70 DE 1978**, vigentes

Atentamente,

Luis Edilberto Gonzalez Gallo

LUIS EDILBERTO GONZALEZ GALLO

TOPÓGRAFO

M.P. 01-15626 CPNT



República de Colombia



CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE TOPOGRAFIA

Nombre: **LUIS EDILBERTO GONZALEZ GALLO**

Cédula: **1.052.313.255**

Licencia Profesional No:

01-15626

Resolución: **02-5627 - 28/05/2015**

TECNOLOGO EN TOPOGRAFIA

SENA



MARIA ADAR
Vicepresidente

Esta tarjeta forma parte integral de la Licencia Profesional
Junto con la Resolución aprobatoria.

Esta tarjeta es documento público y junto con el Certificado de Vigencia
acredita al titular para ejercer la profesión de TOPOGRAFO en la
República de Colombia de acuerdo con la Ley 70 de 1979 y el
Decreto Reglamentario 690 de 1981

Si esta tarjeta es encontrada, por favor, enviarla a la dirección
de la oficina del Consejo Profesional Nacional de Topografía

Calle 33 No. 7-27 Of. 201 Tel.: 2881490
<http://cpnt.org.co> Colombia

Para cualquier información comunicarse con el Consejo Profesional Nacional
de Topografía. Email: info@cpnt.org

ESTUDIO DE SUELOS Y RECOMENDACIONES DE CIMENTACIÓN



**INFORME DE ESTUDIO
GEOTÉCNICO ATENCIÓN DE
EMERGENCIA DE UN TRAMO DE
LA VIA SAN MATEO -LA UVITA
MUNICIPIO DE SAN MATEO
DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**

**LOCALIZACIÓN: MUNICIPIO DE SAN MATEO
DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**

**DIRIGIDO A: GOBERNACIÓN DEPARTAMENTAL DE
BOYACÁ**

GCI S.A.S.	ESTUDIO GEOTÉCNICO ATENCIÓN DE EMERGENCIA DE UN TRAMO DE LA VIA SAN MATEO -LA UVITA MUNICIPIO DE SAN MATEO DEPARTAMENTO DE BOYACÁ	Página 2 de 31	
		CODIGO 040-23	Fecha: Septiembre 2023

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1 GENERALIDADES	4
1.1 DEL PROYECTO.....	4
1.2 LOCALIZACIÓN GENERAL.....	5
1.2.1 Localización zona de estudio.....	6
1.3 GEOLOGÍA GENERAL ³	6
1.4 GEOLOGIA REGIONAL	9
1.4.1 Formación Areniscas de Socha (Pgars).....	9
1.4.2 Depósitos Coluviales (Q2c)	10
2 EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA	12
2.1 OBJETIVO Y ALCANCES DEL ESTUDIO.....	15
2.2 ENSAYOS REALIZADOS.....	15
2.3 ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR.....	17
2.4 PRESENCIA DE CUERPOS DE AGUA, VEGETACION Y PRECIPITACION 21	
2.4.1 Presencia de Cuerpos de agua.....	21
2.4.2 Distribución Temporal de la Precipitación	21
3 CARACTERÍSTICAS DEL SUBSUELO	21
3.1 PERFIL DEL SUBSUELO	21
4 ANÁLISIS DE RESULTADOS	22
4.1 HUMEDAD DEL MATERIAL.....	22
4.2 PLASTICIDAD DEL MATERIAL.....	23
4.3 RESISTENCIA DEL MATERIAL DEL SUELO DE FUNDACIÓN	24
4.4 ANÁLISIS DE SUELOS EXPANSIVOS.....	25
4.5 ANÁLISIS DE SUELOS COLAPSABLES	25
4.6 ABLANDAMIENTO CICLICO DE SUELOS FINOS.....	26
5 RECOMENDACIONES	28
6 ANEXOS – PERFILES DE CAMPO.....	29
7 ANEXOS ENSAYOS DE LABORATORIO	31

GCI S.A.S.	ESTUDIO GEOTÉCNICO ATENCIÓN DE EMERGENCIA DE UN TRAMO DE LA VIA SAN MATEO -LA UVITA MUNICIPIO DE SAN MATEO DEPARTAMENTO DE BOYACÁ	Página 3 de 31	
		CODIGO 040-23	Fecha: Septiembre 2023

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización general de la zona de estudio. Modificado Google Earth.	4
Figura 2 Localización general del municipio de San Mateo dentro de la geografía nacional.	6
Figura 3. Definición de cada uno de los bloques estructurales de acuerdo con el Ingeominas.	8
Figura 4. Vista general de la zona de estudio.	10
Figura 5. Ubicación geológica del sitio de estudio.	11
Figura 6. Localización general de los sondeos dentro de la zona de estudio.	13
Figura 7. Actividades de exploración mediante la utilización del barreno helicoidal, ensayos de campo de pruebas de penetración estándar SPT.	15
Figura 8. Ejemplo cálculo de N corregido por energía	18
Figura 9. Resistencia al corte no drenado estimado con el ensayo de SPT.	20
Figura 10 Variación de la humedad con la profundidad para los sondeos.	22
Figura 11. Variación del límite líquido con la profundidad de exploración.....	23
Figura 12 Variación de la resistencia con la profundidad para los sondeos 1 al 2 con base en los ensayos de resistencia realizados tanto en el campo como en el laboratorio	24
Figura 13. Criterio propuesto para la evaluación de susceptibilidad a la licuación de suelos finos. Fuente Bray J.D. Sancio R.B. Durgunoglu H.T. (2004).....	26
Figura 14. Evaluación de susceptibilidad a la licuación de suelos finos, por medio del criterio propuesto por Bray J.D. Sancio R.B. Durgunoglu H.T. (2004).	27

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Cantidad y tipo de ensayos programados.....	16
Tabla 2. Tabla resumen resultados de laboratorio	16
Tabla 3. Descripción estratos.	17
Tabla 4. Tabla resumen resultados de laboratorio (SPT).	19
Tabla 5. Clasificación de suelos expansivos. Tomado NSR-10	25
Tabla 6. Clasificación de suelos expansivos. Tomado NSR-10	25

GCI S.A.S.	ESTUDIO GEOTÉCNICO ATENCIÓN DE EMERGENCIA DE UN TRAMO DE LA VIA SAN MATEO -LA UVITA MUNICIPIO DE SAN MATEO DEPARTAMENTO DE BOYACÁ	Página 4 de 31	
		CODIGO 040-23	Fecha: Septiembre 2023

1 GENERALIDADES

1.1 DEL PROYECTO

La gobernación departamental de Boyacá está adelantando el proyecto para la atención de emergencia de un tramo de vía que conduce del municipio de San Mateo al municipio de San Mateo del municipio de San Mateo departamento de Boyacá. La longitud del tramo de atención es de 60 metros lineales aproximadamente Ver figura 1.



Figura 1. Localización general de la zona de estudio. Modificado Google Earth.

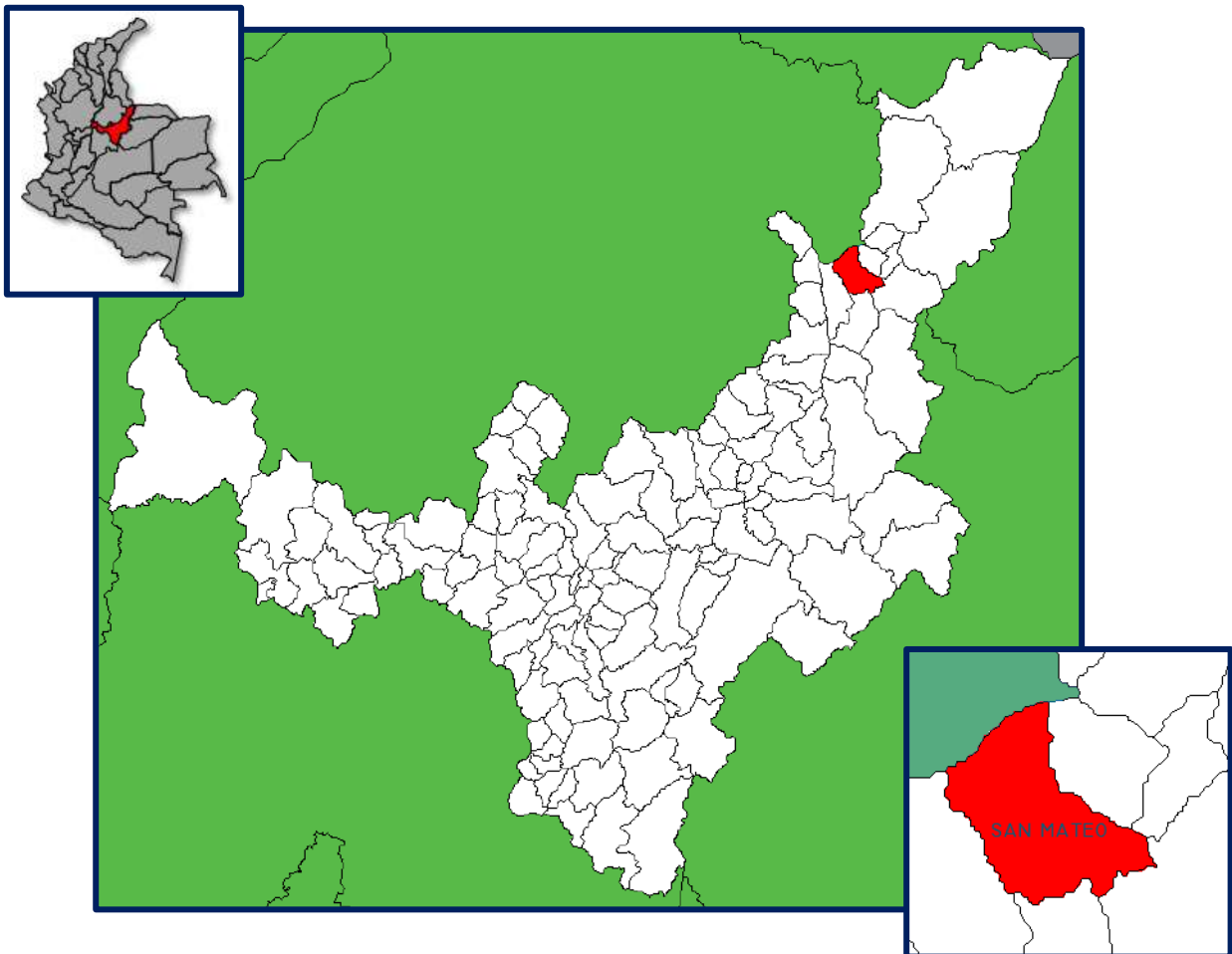
Revisada la información proporcionada por el cliente se tiene que el proyecta la atención de la emergencia por perdida de tránsito en un tramo de vía carretable.

GCI S.A.S.	ESTUDIO GEOTÉCNICO ATENCIÓN DE EMERGENCIA DE UN TRAMO DE LA VIA SAN MATEO -LA UVITA MUNICIPIO DE SAN MATEO DEPARTAMENTO DE BOYACÁ	Página 5 de 31	
		CODIGO 040-23	Fecha: Septiembre 2023

El sitio se encuentra al momento de ejecutar las perforaciones como un talud con pérdida de banca. El lote se caracteriza por presentar pendiente de 26°. Para conocer propiedades mecánicas e índices, parámetros de resistencia y de asentamientos del subsuelo bajo el área de la obra, el cliente ordenó el estudio de suelos y recomendaciones necesarias para el diseño de la cimentación de la obra a construir.

1.2 LOCALIZACIÓN GENERAL¹

En la figura 2 se puede apreciar la localización general del municipio de San Mateo dentro de la geografía nacional.



¹ Diccionario Geográfico de Colombia. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 1996

GCI S.A.S.	ESTUDIO GEOTÉCNICO ATENCIÓN DE EMERGENCIA DE UN TRAMO DE LA VIA SAN MATEO -LA UVITA MUNICIPIO DE SAN MATEO DEPARTAMENTO DE BOYACÁ	Página 6 de 31	
		CODIGO 040-23	Fecha: Septiembre 2023

Figura 2 Localización general del municipio de San Mateo dentro de la geografía nacional.

SAN MATEO: Es un municipio colombiano. Se halla ubicado en la ladera occidental de la cordillera oriental, en el extremo noreste del Departamento de Boyacá. Pertenece a la provincia del Norte. El municipio se encuentra a una altura de 2240 m s. n. m., con una temperatura media de 18 °C. Se caracteriza por presentar dos zonas con diferentes elevaciones y grados de transformación del paisaje: una de estas zonas, a orillas del río Chicamocha, es cálida y baja predominando la vegetación típica de bosque seco premontano; en la otra, una zona de páramo, predomina la vegetación típica de bosque de robledal. Esta configuración geológica hace que en la región se presenten variados microclimas y paisajes. Dista de Tunja, capital del departamento 208 km. Tiene una extensión de 132 km². Limita por el oriente con el municipio de Guacamayas, Panqueba y El Cocuy, por el occidente con Boavita, por el norte con Guacamayas y el departamento de Santander y por el sur con el municipio de La Uvita.²

1.2.1 Localización zona de estudio

El proyecto se localiza en el Municipio de San Mateo, sobre las coordenadas referidas al datum Magna Sirgas:

Coordenadas Magna Sirgas	Norte	Oeste
Elipsoidal	6°23'37,95''	72°33'30,3''
Gauss-Krueger	1199041,671	1168078,921

Estas coordenadas corresponden a la carta geológica de Soata que en nomenclatura propia del IGAC corresponde a la plancha número 152-II-A-10.

1.3 GEOLOGÍA GENERAL³

Para describir la estratigrafía del Departamento de Boyacá Ingeominas (2000) ha dividido el área departamental en cuatro cuencas sedimentarias que de occidente a oriente se designan así:

² FUENTE: Pagina web Ciudad de San Mateo. <http://www.sanmateo-boyaca.gov.co/>

GCI S.A.S.	ESTUDIO GEOTÉCNICO ATENCIÓN DE EMERGENCIA DE UN TRAMO DE LA VIA SAN MATEO -LA UVITA MUNICIPIO DE SAN MATEO DEPARTAMENTO DE BOYACÁ	Página 7 de 31	
		CODIGO 040-23	Fecha: Septiembre 2023

GCI Cuenca Valle Medio del Magdalena:

- Bloque Valle del Río Magdalena: Puerto Boyacá
- Bloque Vertiente Occidental de la Cordillera Oriental: Otanche

GCI Cuenca Cordillera Oriental

- Bloque Chiquinquirá – Arcabuco
- Bloque Tunja – Duitama
- Bloque Tota – Paz de Río
- Bloque Macizo de Floresta

GCI Cuenca Sierra Nevada del Cocuy

- Bloque Cocuy – Cubará – Margua

GCI Cuenca Piedemonte Llanero

- Bloque San Luís de Gaceno

La zona de estudio se encuentra en la Cuenca de la Cordillera Oriental, que corresponde a una serie de bloques diferencialmente levantados constituidos por rocas sedimentarias Mesozoicas. En esta Cuenca se distinguen cuatro bloques estratigráfica y tectónicamente diferentes, los cuales se mencionaban anteriormente: Bloque Chiquinquirá – Arcabuco, Bloque Tunja – Duitama, Bloque Tota – Paz de Río y Bloque Macizo de Floresta.

El sitio de estudio se encuentra localizado en el Bloque Tota – Paz de Río el cual se encuentra limitado por la Falla de Soapaga al occidente y las fallas de Santa María, Lengupá y Guaicáramo al oriente. Representa lo que se ha denominado como el cordón magistral de la cordillera oriental y es la zona más ampliamente tectonizada del departamento. La cobertura sedimentaria la constituyen rocas del Cretácico, del Paleogeno y del Neogeno y se encuentran fuertemente plegadas y fracturadas, por fallas normales e inversas de bajo ángulo y poco salto, las cuales no siguen un patrón o direccionamiento específico sino que se encuentran conformando un entramado en varias direcciones.

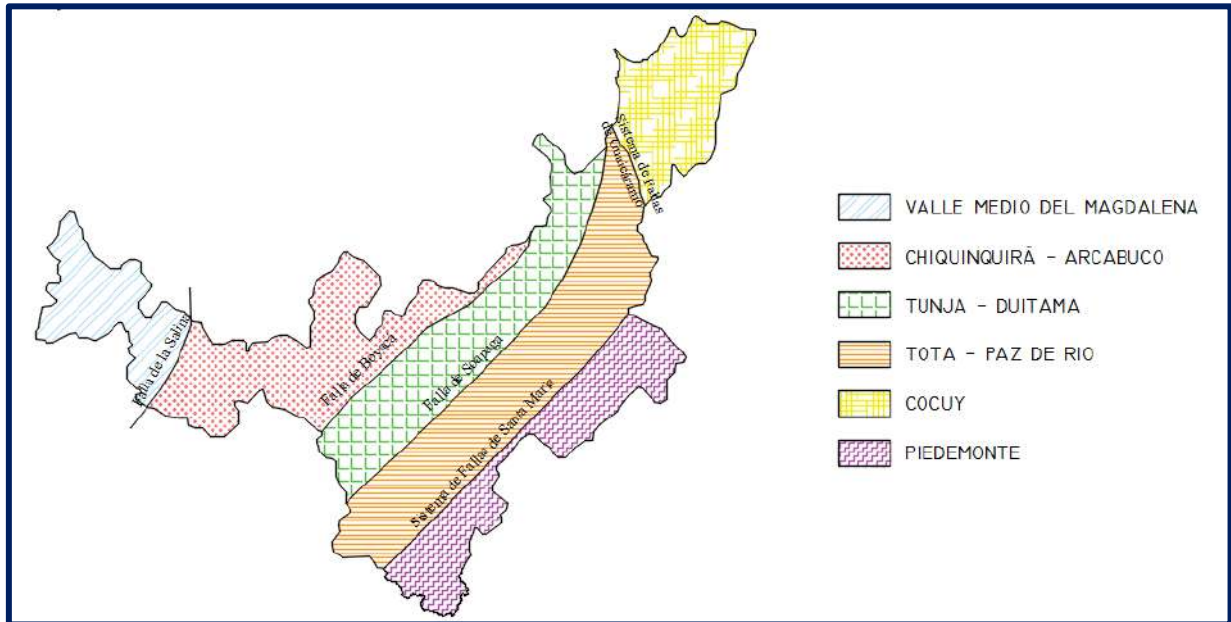


Figura 3. Definición de cada uno de los bloques estructurales de acuerdo con el Ingeominas.

La zona de estudio se encuentra en la Región de la cordillera oriental la cual se describe como, región montañosa de la Cordillera Oriental ocupa la mayor parte (65%) del área del departamento en dirección general sur occidente nororiente, caracterizada por una variedad de climas que abarca desde los templados suaves hasta los fríos intensos y el típico clima de páramo. En función de los diferentes relieves y las características climáticas que tiene la región, pueden distinguirse tres zonas importantes: el Macizo de Santander, la zona de la Serranía de Los Cobardes o y Arigués, que forma una barrera con elevaciones de hasta 3.000 m para separar el Valle del Magdalena al occidente del Valle del Suárez al oriente y zona de relieves glaciares y periglaciares que representen las partes más altas de los páramos con los más pintorescos y exóticos paisajes santandereanos.

A continuación, se realiza la descripción de las formaciones geológicas de la zona en estudio.

GCI S.A.S.	ESTUDIO GEOTÉCNICO ATENCIÓN DE EMERGENCIA DE UN TRAMO DE LA VIA SAN MATEO -LA UVITA MUNICIPIO DE SAN MATEO DEPARTAMENTO DE BOYACÁ	Página 9 de 31	
		CODIGO 040-23	Fecha: Septiembre 2023

1.4 GEOLOGIA REGIONAL ³

Para esta zona de encuentran diferenciados los siguientes tipos de formas

1.4.1 Formación Areniscas de Socha (Pgars)

Se utiliza en este trabajo el nombre de Formación Areniscas de Socha para designar a una gruesa secuencia de areniscas que reposa concordantemente sobre la Formación Guaduas, a la que inicialmente Alvarado & Sarmiento (1944) denominaron Socha Inferior, y consideraron, como localidad tipo, la sucesión litológica aflorante en Socha Viejo. Se plantea no utilizar el nombre inicialmente propuesto por Alvarado & Sarmiento, pues, según la Guía Estratigráfica Internacional (1994), los términos inferior, medio y superior no deben ser usados para subdivisiones formales de unidades litoestratigráficas.

Ya que el nombre planteado por Alvarado & Sarmiento (1994) se ha utilizado y reconocido en gran cantidad de trabajos previos, se propone en este trabajo emplear el nombre de Formación Areniscas de Socha, para evitar incluir nuevos nombres en esta unidad y en la unidad superior.

La Formación Areniscas de Socha aflora en la parte central del área estudiada. Su descripción se hace con base en la sección medida en la carretera Corrales – Paz de Río (D5), donde alcanza un espesor de 156 m. Está compuesta por una sucesión de capas de cuarzoarenitas de grano fino a medio, blancas, grises pardas y grises amarillentas, cemento silíceo, en capas delgadas a muy gruesas, con esporádicas intercalaciones de arcillolitas grises claras y rojizas, que forman sucesiones con espesores que varían entre 2,30 y 9,40 m. El contacto superior con la Formación Arcillas de Socha es concordante y transicional, y se ha marcado en el tope de una sucesión de cuarzoarenitas de grano medio.

Vander Hammen (1957), según estudios palinológicos, indica para la Formación Socha Inferior (Formación Areniscas de Socha), una edad paleocena temprana, intervalo de tiempo en el cual se considera ocurrió la acumulación de la parte superior de la Formación Guaduas y, probablemente, la parte inferior de la Formación Cacho. También establece su correspondencia palinológica con la parte inferior de la Formación Lisama, del Valle Medio del

FUENTE: GEOLOGÍA DE LAS PLANCHAS 170, VÉLEZ, 190 CHIQUINQUIRÁ, COLOMBIA Carlos E. Ulloa M. Erasmo Rodríguez M. INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGÍA Y MINERÍA INGEOMINAS, Bogotá, julio de 1979. Recuperado de <https://www.sgc.gov.co>

GCI S.A.S.	ESTUDIO GEOTÉCNICO ATENCIÓN DE EMERGENCIA DE UN TRAMO DE LA VIA SAN MATEO -LA UVITA MUNICIPIO DE SAN MATEO DEPARTAMENTO DE BOYACÁ	Página 10 de 31	
		CODIGO 040-23	Fecha: Septiembre 2023

Magdalena, y con la Formación Barco, de la cuenca de Maracaibo. En el área de Paz de Río, Sarmiento, en Osorno (1994), se basa en estudios palinológicos y le asigna una edad paleocena tardía.

1.4.2 Depósitos Coluviales (Q2c)

Con este término se incluyen los depósitos de talud y derrubios; están constituidos por acumulaciones de materiales de composición heterogénea y de tamaño variable, predominantemente bloques angulares.

En el contexto regional la zona de estudio se ubica sobre la Formación Areniscas de Socha (Pgars), ver Figura 5. Desde una perspectiva local se presentan Areniscas de grano grueso y algún conglomerado en la base; areniscas blancas de grano medio, con estratificación cruzada; arcillas y limos gris verdosos intercalados dentro de las areniscas, algún manto de hierro oolítico. La geomorfología de la zona se caracteriza por presentar una pendiente del 26%, la cual se puede observar en la figura 4.



Figura 4. Vista general de la zona de estudio.

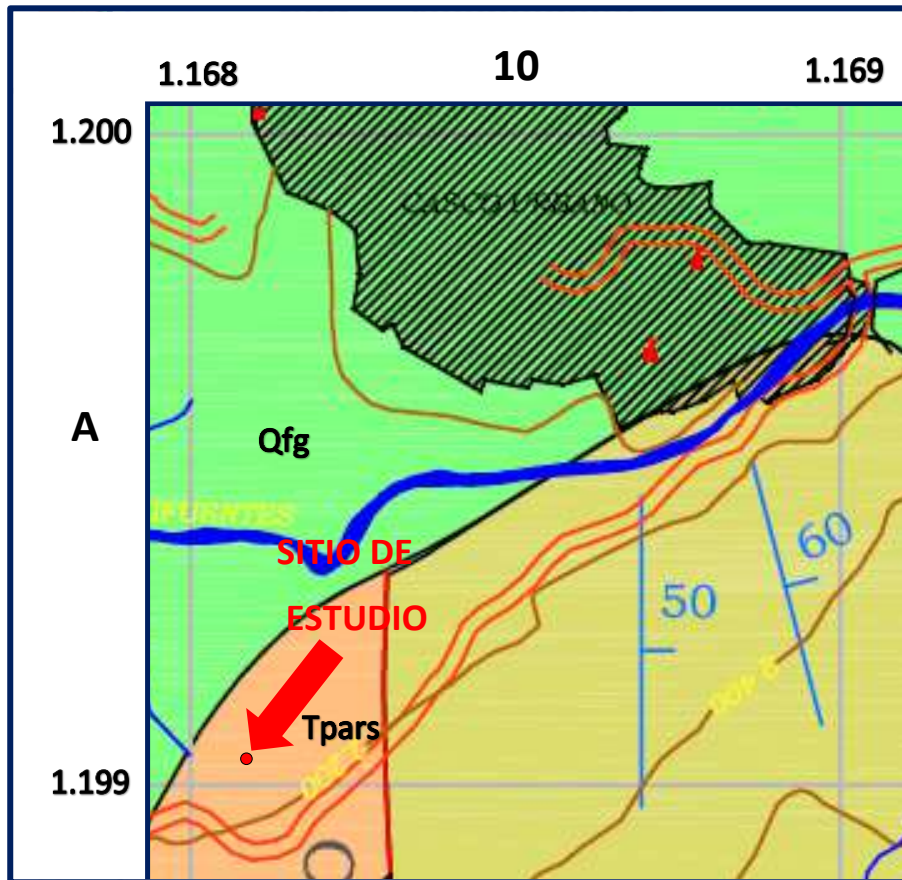


Figura 5. Ubicación geológica del sitio de estudio. ⁴

⁴ FUENTE: Servicio Geológico de Colombia. Estado de la Cartografía Geológica de Colombia 2015
Plancha 152. Escala 1:100.000. Recuperado de <https://www.sgc.gov.co>

GCI S.A.S.	ESTUDIO GEOTÉCNICO ATENCIÓN DE EMERGENCIA DE UN TRAMO DE LA VIA SAN MATEO -LA UVITA MUNICIPIO DE SAN MATEO DEPARTAMENTO DE BOYACÁ	Página 12 de 31	
		CODIGO 040-23	Fecha: Septiembre 2023

2 EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA

Para determinar las condiciones geotécnicas del subsuelo en el sitio del proyecto, se realizaron dos (02) sondeos de reconocimiento y muestreo entre 3.00 y 4.00 metros de profundidad aproximadamente, a los cuales se le tomaron muestras alteradas con cuchara partida (Ensayo SPT) y muestras inalteradas en tubo shelby, con el fin de determinar propiedades físicas y mecánicas del subsuelo, las condiciones de agua subterránea y las características geotécnicas para cada nivel de suelo explorado. De la misma manera se realizaron ensayos de resistencia en campo correspondientes a ensayos de penetración estándar SPT en donde por medio de correlaciones derivadas de la geotecnia se determinó la resistencia del material.

De acuerdo a la geología del sector la zona de estudio reposa sobre la la Formación Areniscas de Socha (Pgars) el cual está constituida por Areniscas de grano grueso y algún conglomerado en la base; areniscas blancas de grano medio, con estratificación cruzada; arcillas y limos gris verdosos intercalados dentro de las areniscas, algún manto de hierro oolítico.

Para llevar a cabo la realización de los ensayos de penetración estándar se utilizó un peso estándar del martillo de $63,5 \pm 1,00$ Kg y en cada golpe el martillo tiene una altura de caída de 762mm. Es de recordar que el número de golpes requeridos para los dos últimos intervalos se suman para dar el número de penetración estándar a la profundidad indicada de acuerdo con la norma ASTM D-1586 (INV E-111). En los formatos anexos al presente informe se presentan los parámetros de resistencia encontrados mediante la realización de los ensayos, en donde por medio de correlaciones derivadas de la geotecnia y con diversos autores se evaluaron dichos parámetros. Debido al peso de martillo que se utilizó para la realización de los ensayos de campo se realizaron las correspondientes correcciones.

En las siguientes fotografías se puede apreciar las actividades de exploración manual con la realización de los ensayos de campo correspondientes a pruebas de penetración estándar SPT con la utilización de la cuchara y la recuperación de muestras inalteradas con tubo shleby.

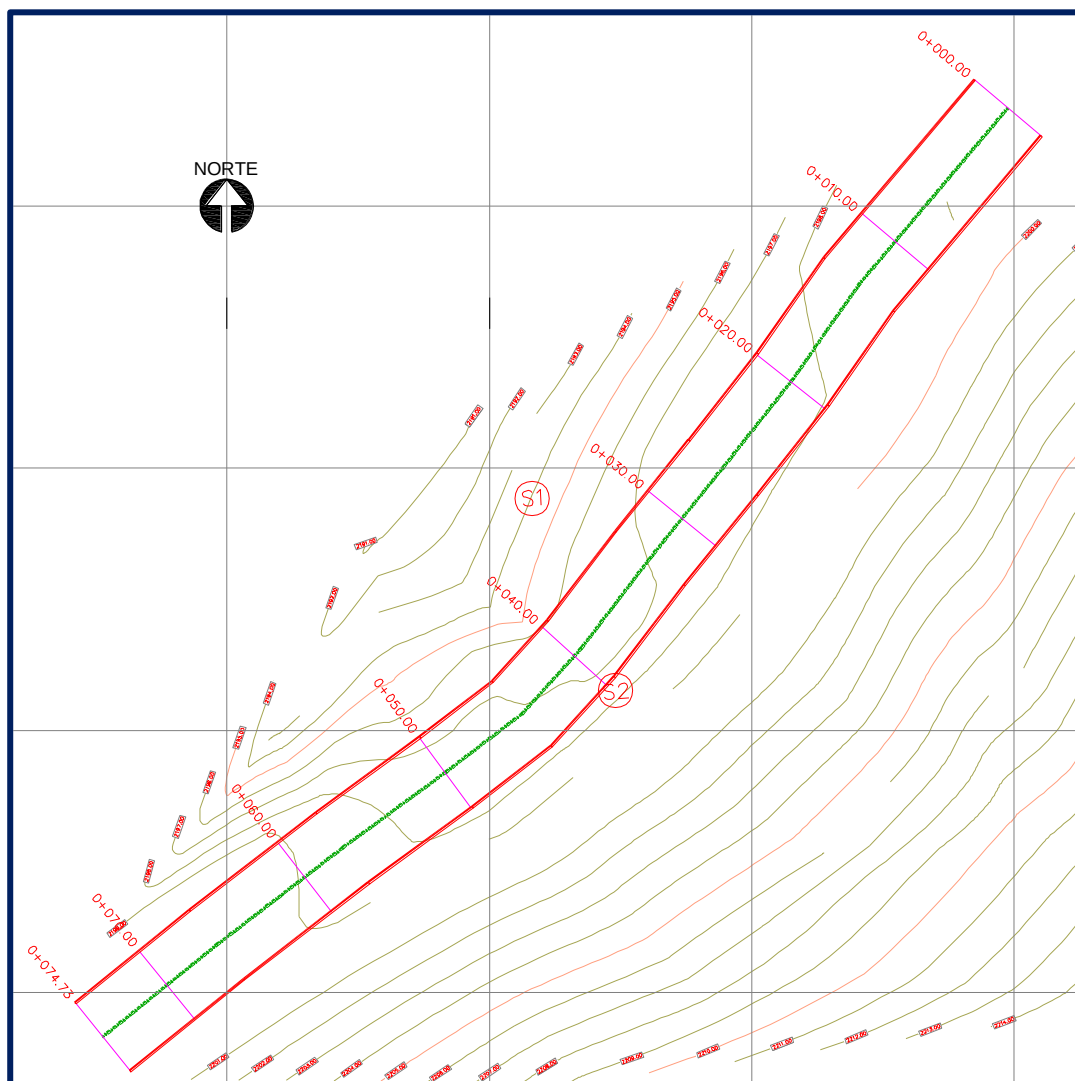


Figura 6. Localización general de los sondeos dentro de la zona de estudio.





GCI S.A.S.	ESTUDIO GEOTÉCNICO ATENCIÓN DE EMERGENCIA DE UN TRAMO DE LA VIA SAN MATEO -LA UVITA MUNICIPIO DE SAN MATEO DEPARTAMENTO DE BOYACÁ	Página 15 de 31	
		CODIGO 040-23	Fecha: Septiembre 2023



Figura 7. Actividades de exploración mediante la utilización del barreno helicoidal, ensayos de campo de pruebas de penetración estándar SPT.

2.1 OBJETIVO Y ALCANCES DEL ESTUDIO

El presente estudio tiene como propósito el reconocimiento de las condiciones geotécnicas, estratigráficas e hidrogeológicas presentes en la zona con las cuales servirán de base para la determinación de las características de capacidad portante y análisis de asentamientos para la obra proyectada. El alcance del estudio prevé análisis de estabilidad de taludes, la zona de estudio presenta pendientes del 26°. No se prevé ensayos de colapso y tipo REMI.

2.2 ENSAYOS REALIZADOS

La determinación de las características de cada uno de los estratos, incluye los siguientes ensayos:

-  Contenido de agua (Humedad) NTC – 1495
-  Análisis Granulométrico por lavado Tamiz No. 200 NTC –77

GCI S.A.S.	ESTUDIO GEOTÉCNICO ATENCIÓN DE EMERGENCIA DE UN TRAMO DE LA VIA SAN MATEO -LA UVITA MUNICIPIO DE SAN MATEO DEPARTAMENTO DE BOYACÁ	Página 16 de 31	
		CODIGO 040-23	Fecha: Septiembre 2023

- GCI** Determinación del Límite Líquido NTC – 4630 Método A
- GCI** Determinación del Límite Plástico e Índice de Plasticidad NTC-4630 Mét. A
- GCI** Compresión Inconfinada en muestras de suelos NTC – 1527.
- GCI** Ensayos de penetración estándar SPT ASTM D1586

La totalidad de las muestras obtenidas fueron identificadas en campo y laboratorio y sobre un número representativo de ellas se efectuaron los diferentes ensayos.

En la Tabla 1 se presenta el número y tipo de ensayos efectuados para cada sondeo realizado, y en los Anexos se registran los resultados de los ensayos de laboratorio.

Ensayo	S1	S2
Profundidad del sondeo (m)	4.00	3.00
Humedad natural	8	6
Límites de Atterberg	2	1
Lavado sobre el tamiz N°200	2	1
Ensayos de penetración estándar	6	4
Ensayos de Compresión Inconfinada	1	–

Tabla 1. Cantidad y tipo de ensayos programados

A continuación, se presenta la tabla resumen con los resultados de los ensayos realizados en campo y laboratorio.

Barreno N° Prof. (m)	Propiedades físicas y clasificación										
	Profundidad promedio del Estrato	Humedad natural (%)	Límite Líquido (%)	Límite plástico (%)	Índice de plasticidad (%)	Índice de liquidez	Humedad de equilibrio	Pasa 200 (<0.075mm)	% Arenas	% Gravas	Clasificación USC
S-1 (0,00-2,10)	1.05	19.56	36.70	26.91	9.8	-0.75	13	54.85	25.2	19.9	M L
S-1 (2,10-4,00)	3.05	15.22	37.00	25.80	11.2	-0.94	11	58.91	22.8	18.3	M L
S-2 (0,00-3,00)	1.50	17.99	45.45	34.24	11.2	-1.45	12	16.20	1.2	82.5	G M

Tabla 2. Tabla resumen resultados de laboratorio

Barreno N° Prof. (m)	DESCRIPCION DEL MATERIAL
S-1 (0,00-2,10)	Material compuesto por limo arenoso con grava de color café.
S-1 (2,10-4,00)	Material compuesto por limo arenoso con grava de color café.
S-2 (0,00-3,00)	Material compuesto por grava limosa de color café

Tabla 3. Descripción estratos.

2.3 ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR

En el ensayo de penetración estandar se entierra un tubo partido, aplicando golpes con un martillo de 63 Kg. que cae de una altura de 750 mm. El número de golpes requerido para enterrar el tubo 300 mm se denomina N de penetración estándar.

Con el número de golpes se puede estimar el valor del ángulo de fricción interna ϕ' para arenas (Peck, 1974). También se puede obtener la densidad relativa y con esa densidad relativa obtener el valor de ϕ' (Schmertmann, 1975).

El ensayo de penetración estándar se desarrolló inicialmente para determinar la resistencia de suelos no cohesivos y la mayoría de las correlaciones que existen en la literatura son útiles solamente para gravas y arenas.

Correcciones ensayo SPT

Para casi todas estas variantes hay factores de corrección a la energía teórica de referencia E_r y el valor de N de campo debe corregirse de la siguiente forma (Bowles, 1988):

$$N_{\text{corregido}} = N \times C_n \times e_1 \times e_2 \times e_3 \times e_4 = N_{50}$$

En la cual:

$$N_{\text{corregido}} = \text{valor de N corregido}$$

$$N = \text{valor de N de campo}$$

GCI S.A.S.	ESTUDIO GEOTÉCNICO ATENCIÓN DE EMERGENCIA DE UN TRAMO DE LA VIA SAN MATEO -LA UVITA MUNICIPIO DE SAN MATEO DEPARTAMENTO DE BOYACÁ	Página 18 de 31	
		CODIGO 040-23	Fecha: Septiembre 2023

C_n = factor de corrección por confinamiento efectivo $2/(1 + \sigma_v)$
 e_1 = factor por energía del martillo ($0.45 \leq h_1 \leq 1$)
 e_2 = factor por longitud de la varilla ($0.75 \leq h_2 \leq 1$)
 e_3 = factor por revestimiento interno de tomamuestras ($0.8 \leq h_3 \leq 1$)
 e_4 = factor por diámetro de la perforación (> 1 para $D > 5''$, $= 1.15$ para $D = 8''$)

Corrección por Energía (h_1)

Se considera que el valor de N es inversamente proporcional a la energía efectiva aplicada al martillo y entonces, para obtener un valor de N_{e1} a una energía dada " e_1 ", sabiendo su valor N_{e2} a otra energía " e_2 " se aplica sencillamente la relación:

$$N_{e\text{ corregido}} = N_{50} \times (e_2/e_1)$$

Sondeo 1 Prof. 1,50					
Condiciones del Ensayo			Propiedades del suelo		
Profundidad de inicio (m):	1,50		Peso unitario (T/m^3):	1,92	
Profundidad del Nivel Freático (m):	1,90		Nº de golpes		
Peso del Martillo (kg):	63,50		N1	26	
Peso del Cabezote (kg)	10,35		N2	37	
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48		N3	18	
Determinación de N corregido			Determinación de C y f		
SV (T/m^2)	2,88		Peck, Hanson, Thornburn f (°):	33,6	
CN	1,00		Hatanaka f (°):	38,3	
e_1	0,85		Uchida f (°):	44,3	
e_2	0,72		Promedio f (°):	38,8	
Longitud de Tubería (m)	4,50		Cu no drenada en arcillas (KN/m^2):	275,2	
Mr (kg)	26,01		Cu Stroud (KN/m^2):	242,0	
m	0,41		Cu Promedio (kg/cm^2):	2,6	
e_3	0,80		Cu Promedio (KN/m^2):	258,6	
e_4	1,00				
N de campo	55				
N 50	27				
N corregido	23				

Figura 8. Ejemplo cálculo de N corregido por energía

Los valores varían entre 5 a 64 golpes/pie entre profundidades de 1,00 a 4,00 metros explorados. A partir de este nivel se presentó rechazo en el ensayo de SPT.

En las tabla 4, se presenta un resumen de los parámetros obtenido con el ensayo de SPT, correspondiente al N de campo, N corregido por energía, resistencia al corte no drenada y la resistencia a la compresión inconfiada tomada como $2 \cdot Cu$.

GCI S.A.S.	ESTUDIO GEOTÉCNICO ATENCIÓN DE EMERGENCIA DE UN TRAMO DE LA VIA SAN MATEO -LA UVITA MUNICIPIO DE SAN MATEO DEPARTAMENTO DE BOYACÁ	Página 19 de 31	
		CODIGO 040-23	Fecha: Septiembre 2023

En la Figura 9, se presentan las variaciones de la resistencia al corte con la profundidad para cada una de las exploraciones realizadas. Se puede ver como se tienen condiciones de resistencia variable que aumenta inicialmente y disminuye a mayor profundidad y finalmente encontrando rechazo entre los 3.0 y 4.0 metros por la presencia de bloques de roca.

SONDEO	PROFUNDIDAD INICIAL	PROFUNDIDAD FINAL	N(SPT) CAMPO	Penetración normal corregida N(SPT)	ϕ	Cu(Kg/cm ²)	qu(Kg/cm ²)	Consistencia	Compacidad
1	1.50	2.00	55	23	34	2.42	4.84	Dura	Muy densa
	2.00	2.50	22	9	30	0.97	1.94	Firme	Compacta
	2.50	3.00	26	11	30	1.14	2.29	Muy firme	Compacta
	3.00	3.50	5	3	24	0.22	0.44	Blanda	Suelta
	3.50	4.00	36	16	32	1.58	3.17	Muy firme	Densa
2	1.00	1.50	11	4	26	0.48	0.97	Mediana	Compacta
	1.50	2.00	47	19	33	2.07	4.14	Dura	Densa
	2.00	2.50	42	18	32	1.85	3.70	Muy firme	Densa
	2.50	3.00	64	26	35	2.82	5.63	Dura	Muy densa

Tabla 4. Tabla resumen resultados de laboratorio (SPT).

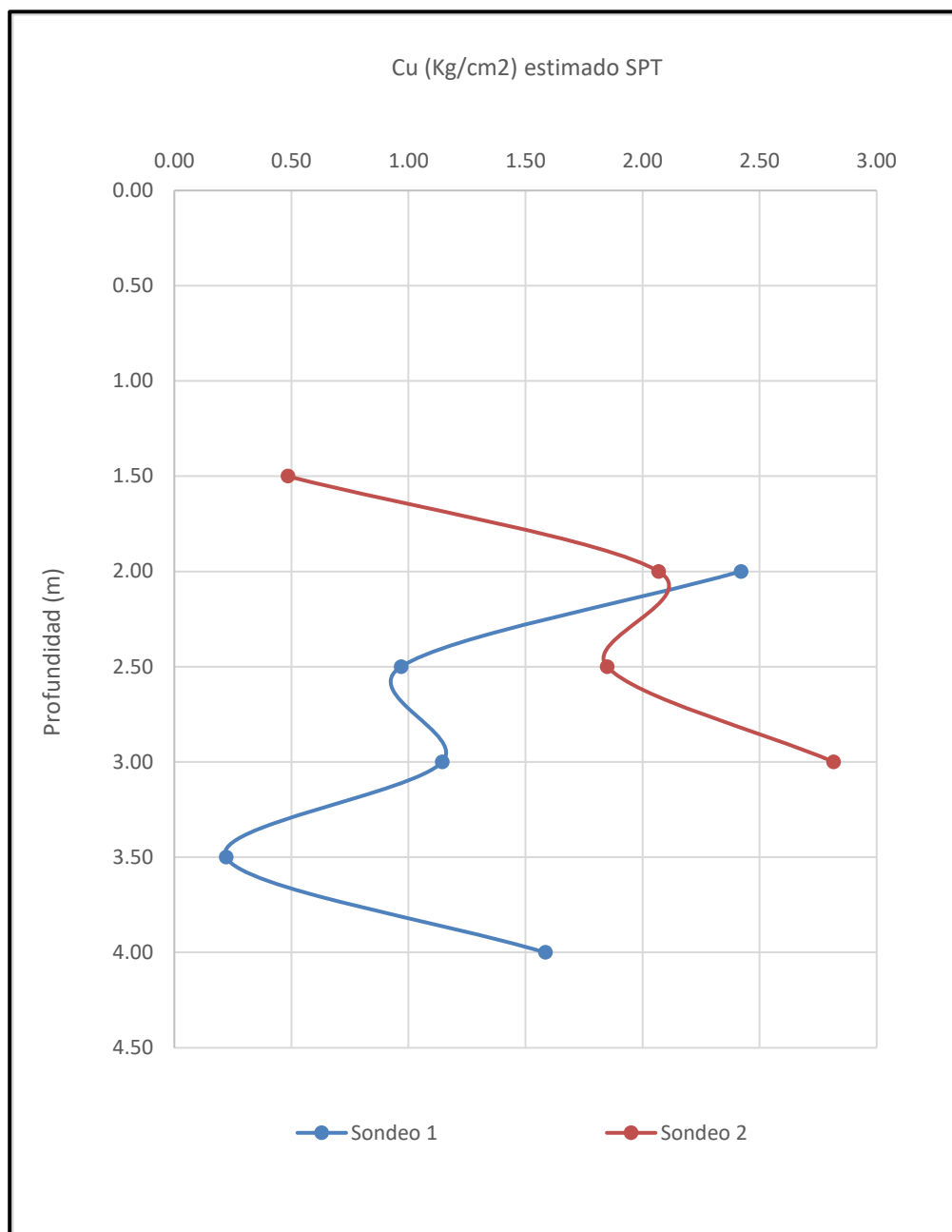


Figura 9. Resistencia al corte no drenado estimado con el ensayo de SPT.

GCI S.A.S.	ESTUDIO GEOTÉCNICO ATENCIÓN DE EMERGENCIA DE UN TRAMO DE LA VIA SAN MATEO -LA UVITA MUNICIPIO DE SAN MATEO DEPARTAMENTO DE BOYACÁ	Página 21 de 31	
		CODIGO 040-23	Fecha: Septiembre 2023

2.4 PRESENCIA DE CUERPOS DE AGUA, VEGETACION Y PRECIPITACION

2.4.1 Presencia de Cuerpos de agua

No se evidencia cuerpo de agua cercana al proyecto de la construcción de la obra de estabilización. Durante las perforaciones se presentó nivel freático a 1.90 metros en el sector del sondeo 1 y a 1.10 metros en el sector del sondeo 2. La zona de estudio se encuentra con una vegetación de árboles y pasto.

2.4.2 Distribución Temporal de la Precipitación

En razón a que el municipio no cuenta con estaciones climatológicas, el análisis correspondiente se efectuó mediante la extrapolación de la información disponible en el IDEAM para los municipios de Chita, Capitanejo, Boavita, la Uvita (Cusagüi) instalada recientemente y Guicán, sitios con características similares con la zona objeto de estudio.

En cuanto a precipitaciones finalmente se cuenta con la información referente a Guicán, donde se reportó un promedio de 1500.5 mm/año (Periodo 1974 – 1988), concentrado en dos épocas del año, abril y mayo en el primer semestre y septiembre a noviembre en el segundo, un periodo con promedios de 170.7 mm, 153.5 mm, 159,25 mm y 104.8 mm respectivamente. Por su parte los meses más secos son los de diciembre a marzo, especialmente enero y febrero cuyos promedios son de 17.9 mm y 39.6 mm respectivamente. La precipitación máxima observada fue de 304.1 mm en abril de 1982 con 28 días de lluvia, por su parte la mínima observada fue de 1.0 mm en el mes de febrero de 1977

3 CARACTERÍSTICAS DEL SUBSUELO

3.1 PERFIL DEL SUBSUELO

En los dos (02) sitios de investigación se encontraron la siguiente estratigrafía, empezando por la superficie.

GCI Subsuelo: Constituido por estratos organizados de la siguiente forma:

- ML/GL: Limo arenoso con grava y grava limosa de color café, estado solido, expansividad baja a media, plasticidad baja a media, con un Limite plástico de 25% a 34%, con un Limite liquido de 36 a 45%, y un indice de plasticidad de 9% a 11%, consistencia media a dura. Presenta porcentajes de arenas variable de 1 a 25%.

4 ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 HUMEDAD DEL MATERIAL

En la figura 10 se puede observar la variación de la humedad natural en función de la profundidad para cada una de las exploraciones realizadas. Se puede apreciar valores moderados a altos de humedad en los dos sectores explorados que disminuyen con la profundidad encontrando los mayores valores entre los 1.0 y 1.5 metros explorados encontrando valores entre 13% y 31%. Se esperan cambios volumétricos por infiltración de aguas, adicionalmente se evidencio la presencia de nivel freático una profundidad de 1.90 y 1.10 metros respectivamente.

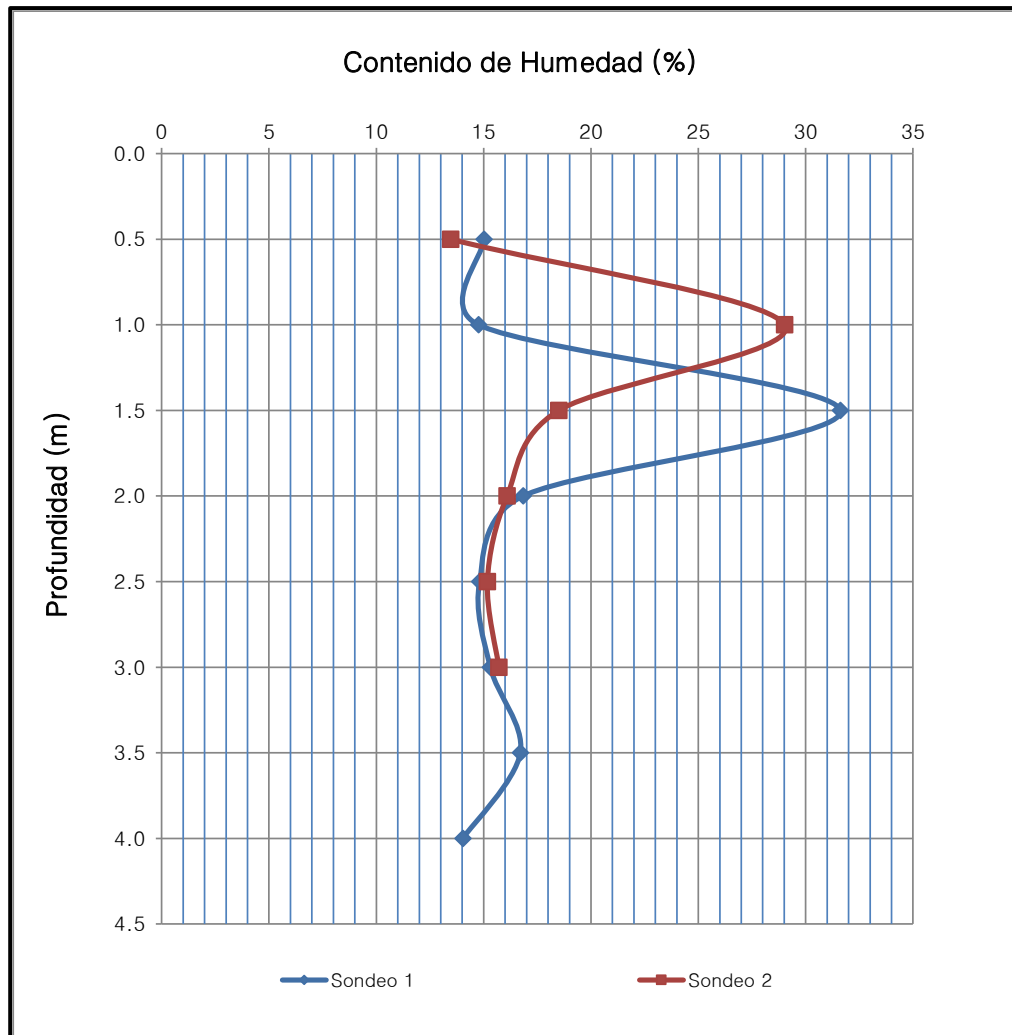


Figura 10 Variación de la humedad con la profundidad para los sondeos.

4.2 PLASTICIDAD DEL MATERIAL

Con base en los ensayos de clasificación realizados a las muestras seleccionadas los suelos corresponden principalmente a material de limo arenosos y grava limosa de moderada plasticidad, con límite líquido promedio entre 36% y 45%, dando condiciones de moderada expansión. En la figura 11 se observa la variación del límite líquido en función de la profundidad para las muestras evaluadas de cada uno de los sondeos realizados. De la misma manera se puede encontrar que los valores de humedad se presentan algunos valores por cerca al límite plástico presentando un comportamiento de tipo plástico por lo que se encuentran condiciones poco favorables de estabilidad ante la aplicación de cargas verticales.

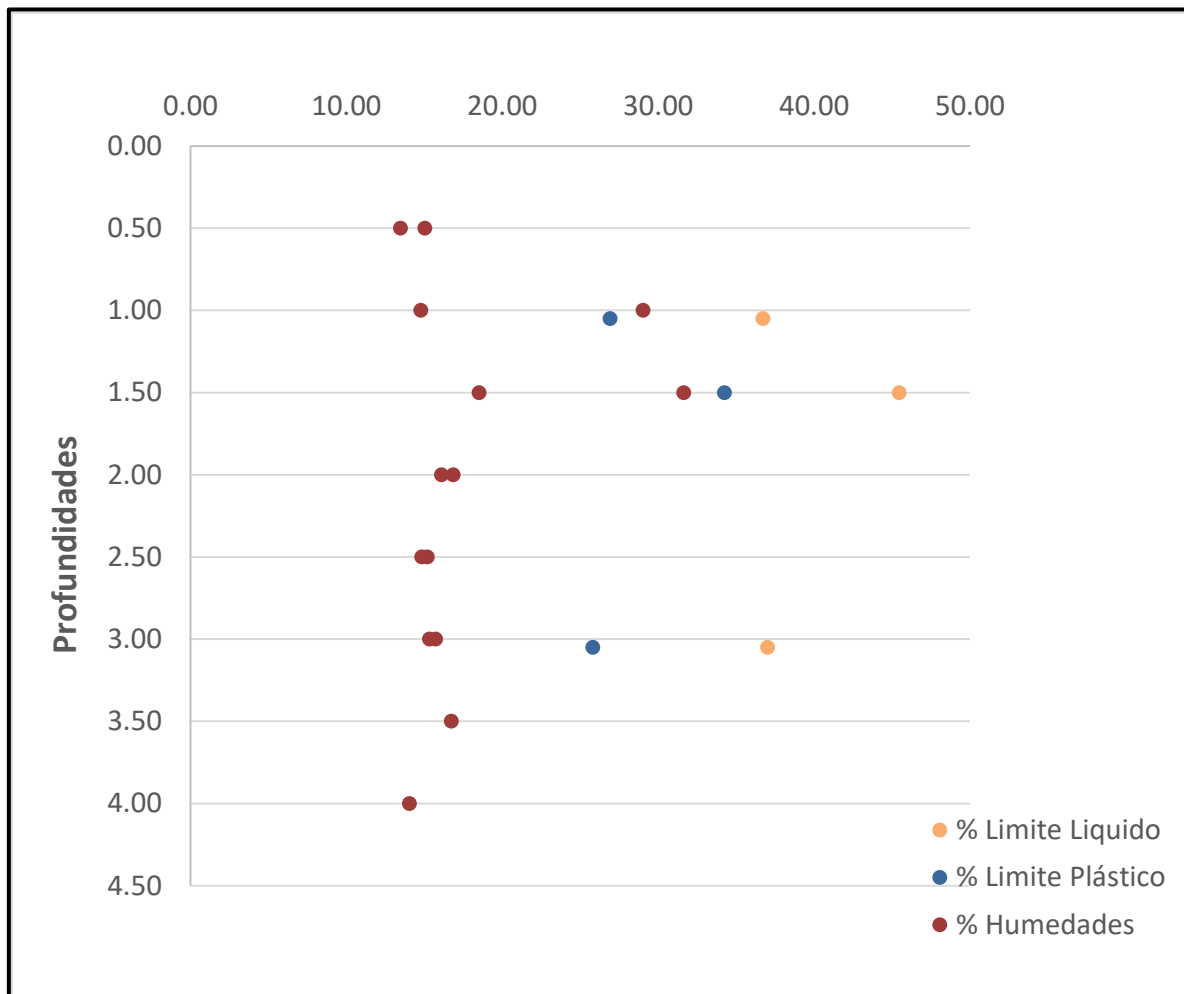


Figura 11. Variación del límite líquido con la profundidad de exploración

4.3 RESISTENCIA DEL MATERIAL DEL SUELO DE FUNDACIÓN

Para determinar los parámetros de resistencia se tuvieron en cuenta los valores obtenidos en las pruebas obtenidos de la penetración estándar mediante el SPT determinadas en campo. En la figura 12 se presentan las variaciones de la resistencia al corte con la profundidad para cada una de las exploraciones realizadas. Se puede ver como se tienen valores de resistencia mediana a dura inicialmente y disminuye en el sector del sondeo 1 en la parte baja del talud a condiciones blanda a mediana entre 3.0 y 3.5 metros explorados a partir de este punto se tienen condición dura y rechazo en el ensayo de SPT por la presencia de bloques de roca.

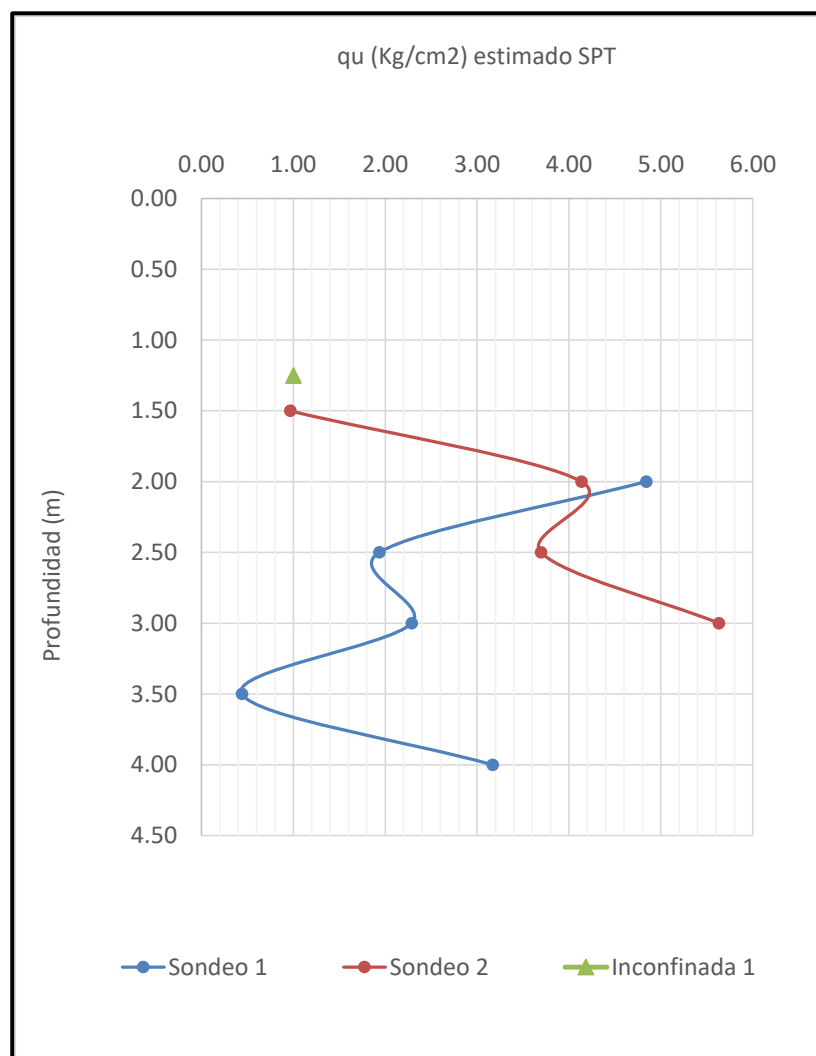


Figura 12 Variación de la resistencia con la profundidad para los sondeos 1 al 2 con base en los ensayos de resistencia realizados tanto en el campo como en el laboratorio

4.4 ANÁLISIS DE SUELOS EXPANSIVOS

De acuerdo a la NSR-10, se considera la tabla 5, para clasificar de forma cualitativa el grado de expansión de los suelos.

Potencial de expansión	Expansión (%) medida en consolidómetro bajo presión vertical de 0.07 kgf/cm ²	Límite líquido LL, en (%)	Límite de contracción en (%)	Índice de plasticidad, IP, en (%)	Porcentaje de partículas menores de una micra (μ)	Expansión libre EL en (%), medida en probeta
Muy alto	> 30	> 63	< 10	> 32	> 37	> 100
Alto	20 – 30	50 – 63	6 – 12	23 – 45	18 – 37	> 100
Medio	10 – 20	39 – 50	8 – 18	12 – 34	12 – 27	50 100
Bajo	< 10	< 39	> 13	< 20	< 17	< 50

Tabla 5. Clasificación de suelos expansivos. Tomado NSR-10

De acuerdo a los valores obtenidos de límite líquido (LL) e índice de plasticidad (IP), se tiene valores que oscilan de 36% a 45% y de 9% a 11%, respectivamente, catalogando al suelo con un potencial de expansión bajo a medio; por lo cual no se requieren obras de mitigación para este tipo de suelo.

4.5 ANÁLISIS DE SUELOS COLAPSABLES

Se identifica la colapsabilidad de estos depósitos, cuando el volumen de vacíos iguala la cantidad de agua en el punto del límite líquido. Para mayor cantidad de agua o menor volumen de vacíos el depósito es inestable. La evaluación se puede hacer mediante la siguiente formulación:

$$\gamma_d \text{ crit} = \frac{1}{\left(\frac{1}{G_s}\right) + LL}$$

$$\frac{\gamma_d}{\gamma_{crit}} > 1 \text{ Estable} \quad \frac{\gamma_d}{\gamma_{crit}} \leq 1 \text{ Inestable}$$

	Profundidad (m)							
Sondeo	Inicial	Final	Prof. Promedio	γ húm (g/cm ³)	γ _d (g/cm ³)	LL(%)	γ _d critico (g/cm ³)	Índice de Colapsabilidad
1	1,0	1,5	1,25	1,92	1,62	37	1,15	1,40

Tabla 6. Clasificación de suelos expansivos. Tomado NSR-10

El suelo no presenta susceptibilidad a suelos colapsables. A demás es de anotar que los suelos del sector no presentan estructura cementada. Por otra parte, el índice de liquidez presenta valores negativos lo cual indica que la

GCI S.A.S.	ESTUDIO GEOTÉCNICO ATENCIÓN DE EMERGENCIA DE UN TRAMO DE LA VIA SAN MATEO -LA UVITA MUNICIPIO DE SAN MATEO DEPARTAMENTO DE BOYACÁ	Página 26 de 31	
		CODIGO 040-23	Fecha: Septiembre 2023

humedad es menor al límite plástico y por ende el suelo presenta un estado sólido, por lo que no hay problema que se presenten suelos colapsables.

4.6 ABLANDAMIENTO CICLICO DE SUELOS FINOS

De acuerdo a la NSR –10 en su título H son suelos susceptibles a la licuación aquellos limos, limos arcillosos y arcillas limosas de baja plasticidad y con la humedad natural cercana al límite líquido. Para evaluar si los suelos finos presentes en la zona de estudio presentan ablandamiento cíclico o no, se realizó el análisis sugerido por Bray, Sancio & Durgunoglu (2004), donde se concluye que los suelos no presentan susceptibilidad a la licuación, ver **Figura 14**.

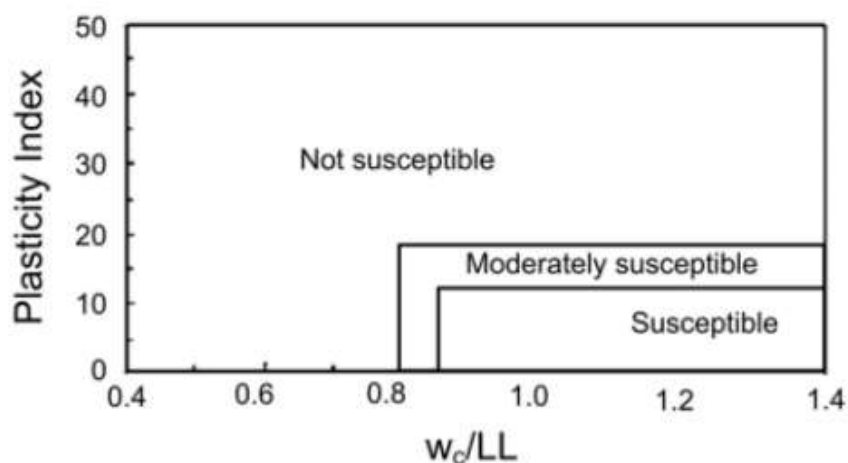


Figura 13. Criterio propuesto para la evaluación de susceptibilidad a la licuación de suelos finos. Fuente Bray J.D. Sancio R.B. Durgunoglu H.T. (2004)

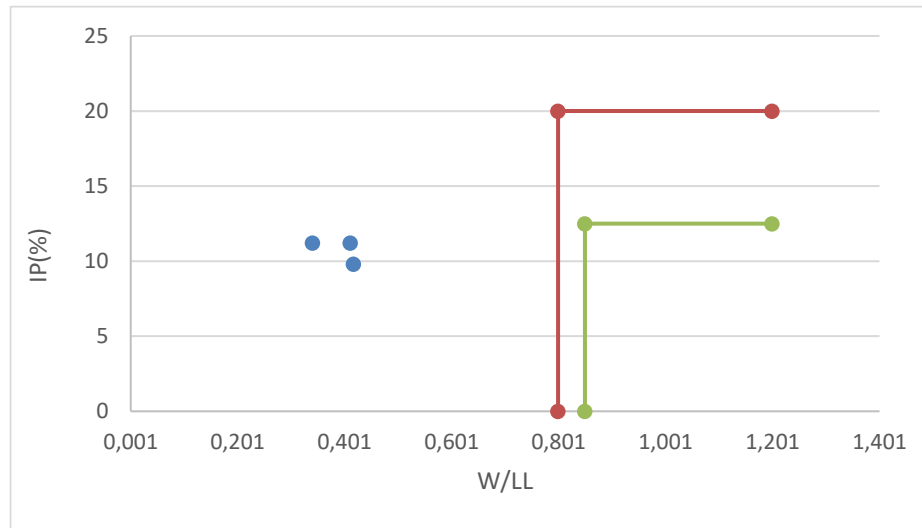


Figura 14. Evaluación de susceptibilidad a la licuación de suelos finos, por medio del criterio propuesto por Bray J.D. Sancio R.B. Durgunoglu H.T. (2004).

GCI S.A.S.	ESTUDIO GEOTÉCNICO ATENCIÓN DE EMERGENCIA DE UN TRAMO DE LA VIA SAN MATEO -LA UVITA MUNICIPIO DE SAN MATEO DEPARTAMENTO DE BOYACÁ	Página 28 de 31	
		CODIGO 040-23	Fecha: Septiembre 2023

5 RECOMENDACIONES

Por las condiciones del terreno en donde se encuentra material removido por un probable fenómeno de remoción en masa, es necesario realizar ensayos de línea Sísmica tipo REMI, estudio hidrogeológico, topografía más detallada y sondeos profundos para realizar un análisis de estabilidad de los taludes con las posibles soluciones para el paso de movilidad vehicular por la vía.

Para dar tránsito de forma temporal se recomienda realizar las siguientes actividades:

- GCI** la construcción de un filtro tipo francés contra el talud existente
- GCI** Mejoramiento del tramo carretable con material de pedraplén con un espesor promedio de 0.40 metros
- GCI** Instalación sobre el pedraplén de material de afirmado con un espesor de 0.30 metros compactado como mínimo al 95% con respecto al Proctor modificado.
- GCI** Construcción de una zanja de coronación en la parte alta del talud siguiendo una curva de nivel y con una pendiente de 6% para que sea auto limpiante y mitigue la colmatación.



ING. JIMMY VERGARA SILVA

M.P 15202 – 130100BYC

ING CIVIL ESP EN GEOTECNIA VIAL Y DE PAVIMENTOS

GCI S.A.S.	ESTUDIO GEOTÉCNICO ATENCIÓN DE EMERGENCIA DE UN TRAMO DE LA VIA SAN MATEO -LA UVITA MUNICIPIO DE SAN MATEO DEPARTAMENTO DE BOYACÁ	Página 29 de 31	
		CODIGO 040-23	Fecha: Septiembre 2023

6 ANEXOS – PERFILES DE CAMPO

PERFIL ESTRATIGRÁFICO - SONDEO 01

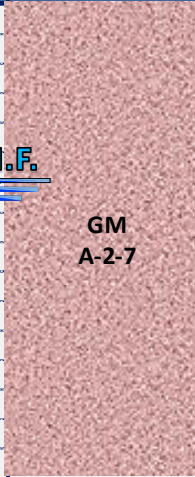
ESTUDIO GEOTÉCNICO ATENCIÓN DE EMERGENCIA DE UN TRAMO DE LA VIA SAN MATEO -LA UVITA
MUNICIPIO DE SAN MATEO DEPARTAMENTO DE BOYACÁ

DESCRIPCION DEL SUELO	Prof. (m)	Perfil de Resistencia					PERFIL
		Clasificación					SUCS
		Wn	LL	LP	IP	PASA Nº 200	
(0,00–2,10) Estrato compuesto por limo arenoso con grava de color café. Material de consistencia media a dura con potencial de expansión bajo y contenido de humedad moderado	0.0						ML A-4
	0.2						
	0.4						
	0.6	15.02					
	0.8						
	1.0	14.77					
	1.2		36.70	26.91	9.80	54.85	
	1.4						
	1.6	31.62					
	1.8						
(2,10–4,00) Estrato compuesto por limo arenoso con grava de color café. Material de consistencia media a dura con potencial de expansión bajo y contenido de humedad moderado	2.0	16.84					ML A-6
	2.2						
	2.4						
	2.6	14.82					
	2.8						
	3.0	15.31					
	3.2						
	3.4		37.00	25.80	11.21	58.91	
	3.6	16.71					
	3.8						
4.0	14.03						
Observaciones : Se presentó Nivel Freatico a 1,90 m							

GCI S.A.S.	ESTUDIO GEOTÉCNICO ATENCIÓN DE EMERGENCIA DE UN TRAMO DE LA VIA SAN MATEO -LA UVITA MUNICIPIO DE SAN MATEO DEPARTAMENTO DE BOYACÁ	Página 30 de 31	
		CODIGO 040-23	Fecha: Septiembre 2023

PERFIL ESTRATIGRÁFICO - SONDEO 02

ESTUDIO GEOTÉCNICO ATENCIÓN DE EMERGENCIA DE UN TRAMO DE LA VIA SAN MATEO -LA UVITA
MUNICIPIO DE SAN MATEO DEPARTAMENTO DE BOYACÁ

DESCRIPCION DEL SUELO	Prof. (m)	Perfil de Resistencia					PERFIL
		Clasificación					SUCS
		Wn	LL	LP	IP	PASA Nº 200	
(0,00–3,00) Estrato compuesto por grava limosa de color café. Material de consistencia media a dura con potencial de expansión medio y contenido de humedad moderado	0.0						 N.F.  GM A-2-7
	0.2						
	0.4						
	0.6	13.46					
	0.8						
	1.0	29.01					
	1.2						
	1.4						
	1.6	18.50					
	1.8		45.45	34.24	11.21	16.20	
	2.0	16.09					
	2.2						
	2.4						
	2.6	15.17					
	2.8						
	3.0	15.71					

Observaciones :	Se presentó Nivel Freatico a 1,10 m
-----------------	-------------------------------------

GCI S.A.S.	ESTUDIO GEOTÉCNICO ATENCIÓN DE EMERGENCIA DE UN TRAMO DE LA VIA SAN MATEO -LA UVITA MUNICIPIO DE SAN MATEO DEPARTAMENTO DE BOYACÁ	Página 31 de 31	
		CODIGO 040-23	Fecha: Septiembre 2023

7 ANEXOS ENSAYOS DE LABORATORIO

Página 1 de 12	ENSAYO
NORMA NTC - 1495	ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD

PROYECTO:	GEOTÉCNICO ESTABILIZACION DE BANCA DE LA VIA SAN MATEO -LA UVITA MUNICIPIO DE SAN MATEO DEPARTAMENTO DE BOYACÁ		
MUNICIPIO:	SAN MATEO - BOYACÁ	FECHA DE ENSAYO	8/09/2023
DIRIGIDO A :	GOBERNACIÓN DEPARTAMENTAL DE BOYACÁ		

SONDEO 1

PROF. (m)	No Cápsula	W Cáp.(g)	W Cáp. + Mh (g)	W Cáp. + Ms (g)	HUMEDAD (%)
0,00-0,50	63	5,45	82,10	72,09	15,02
0,50-1,00	57	5,62	79,15	69,69	14,77
1,00-1,50	317	5,66	77,36	60,14	31,62
1,50-2,00	11A	5,35	86,62	74,91	16,84
2,00-2,50	306	5,85	76,83	67,67	14,82
2,50-3,00	53	5,00	82,30	72,04	15,31
3,00-3,50	18	5,46	94,66	81,89	16,71
3,50-4,00	77	5,33	73,26	64,90	14,03

SONDEO 2

PROF. (m)	No Cápsula	W Cáp.(g)	W Cáp. + Mh (g)	W Cáp. + Ms (g)	HUMEDAD (%)
0,00-0,50	78	5,58	80,76	71,84	13,46
0,50-1,00	92	5,79	81,64	64,58	29,01
1,00-1,50	849	5,60	105,45	89,86	18,50
1,50-2,00	24	5,91	82,34	71,75	16,09
2,00-2,50	55	5,67	88,59	77,67	15,17
2,50-3,00	42	5,26	76,26	66,62	15,71



ING. JIMMY VERGARA SILVA
MP 15202-130100 BYC

Página 2 de 12	ENSAYO
NORMA NTC – 77	MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ANÁLISIS POR TAMIZADO DE LOS AGREGADOS FINOS Y GRUESOS

PROYECTO:	GEOTÉCNICO ESTABILIZACION DE BANCA DE LA VIA SAN MATEO -LA UVITA MUNICIPIO DE SAN MATEO DEPARTAMENTO DE BOYACÁ		
MUNICIPIO:	SAN MATEO - BOYACÁ	FECHA DE ENSAYO	8/09/2023
DIRIGIDO A :	GOBERNACIÓN DEPARTAMENTAL DE BOYACÁ		

SONDEO

1

PROF. (m)	ANTES DE LAVADO			DESPUES DE LAVADO	
	No Platón	W Platón (g)	Wplatón + M.S.L (g)	W Platón + M.D.L. (g)	% Pasa #200
0,00-2,10	8	42,29	230,92	127,45	54,85
2,10-4,00	82	53,12	326,50	165,45	58,91

SONDEO

2

PROF. (m)	ANTES DE LAVADO			DESPUES DE LAVADO	
	No Platón	W Platón (g)	Wplatón + M.S.L (g)	W Platón + M.D.L. (g)	% Pasa #200
0,00-3,00	7	48,50	384,84	330,34	16,20



ING. JIMMY VERGARA SILVA
MP 15202-130100 BYC

NORMA
NTC – 4630

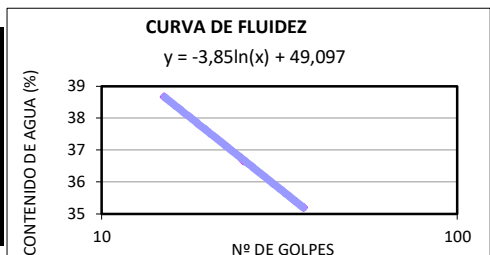
ENSAYO
MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, DEL LÍMITE PLÁSTICO Y DEL ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS COHESIVOS

PROYECTO:	GEOTÉCNICO ESTABILIZACION DE BANCA DE LA VIA SAN MATEO -LA UVITA MUNICIPIO DE SAN MATEO DEPARTAMENTO DE BOYACÁ		
MUNICIPIO:	SAN MATEO - BOYACÁ	SONDEO	1
DIRIGIDO A :	GOBERNACIÓN DEPARTAMENTAL DE BOYACÁ	PROFUNDIDAD	0,00-2,10
FECHA:	8/09/2023	MUESTRA	2

DESCRIPCIÓN: Material compuesto por limo arenoso con grava de color café.

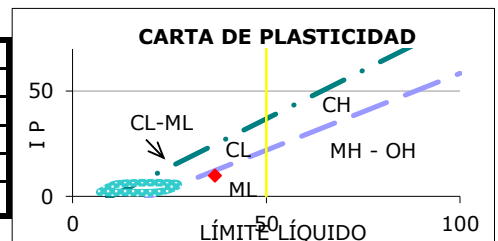
LÍMITE LÍQUIDO

DETERMINACIÓN Nº	1	2	3
NÚMERO DE GOLPES	37	25	15
RECIPIENTE Nº	52	18	16
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	31,98	31,88	32,84
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	27,85	26,51	27,03
PESO RECIPIENTE (g)	16,12	11,87	12,01
CONTENIDO DE AGUA (%)	35,21	36,68	38,68



LÍMITE PLÁSTICO

DETERMINACIÓN Nº	1	2
RECIPIENTE Nº	21	31
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	11,69	13,43
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	10,65	12,02
PESO RECIPIENTE (g)	6,70	6,89
CONTENIDO DE AGUA (%)	26,33	27,49



LÍMITE LÍQUIDO:	<u>36,70</u>	% PASA 200	<u>54,85</u>
LÍMITE PLÁSTICO:	<u>26,91</u>	% ARENAS	<u>25,24</u>
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	<u>9,80</u>	% GRAVAS	<u>19,91</u>
ÍNDICE DE LIQUIDEZ:	<u>-0,75</u>		

CLASIFICACIÓN

SUCS		AASHTO	
<u>ML</u>	Limo Arenoso con Grava	<u>A-4 (4)</u>	Principalmente Suelos Limosos
		ÍNDICE DE GRUPO	<u>4</u>



ING. JIMMY VERGARA SILVA
MP 15202-130100 BYC

NORMA
NTC – 4630

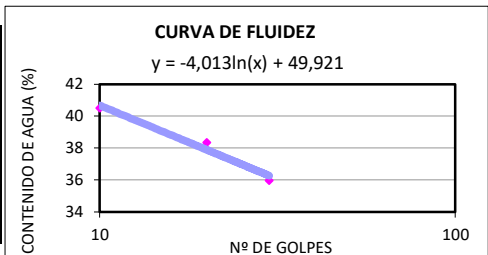
ENSAYO
MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, DEL LÍMITE PLÁSTICO Y DEL ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS COHESIVOS

PROYECTO:	GEOTÉCNICO ESTABILIZACION DE BANCA DE LA VIA SAN MATEO -LA UVITA MUNICIPIO DE SAN MATEO DEPARTAMENTO DE BOYACÁ		
MUNICIPIO:	SAN MATEO - BOYACÁ	SONDEO	1
DIRIGIDO A :	GOBERNACIÓN DEPARTAMENTAL DE BOYACÁ	PROFUNDIDAD	2,10-4,00
FECHA:	8/09/2023	MUESTRA	15

DESCRIPCIÓN: Material compuesto por limo arenoso con grava de color café.

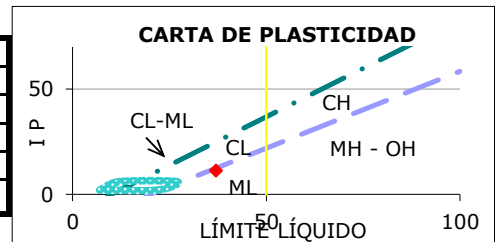
LÍMITE LÍQUIDO

DETERMINACIÓN Nº	1	2	3
NÚMERO DE GOLPES	30	20	10
RECIPIENTE Nº	12	55	67
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	36,20	33,92	30,71
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	30,02	28,03	25,46
PESO RECIPIENTE (g)	12,84	12,66	12,51
CONTENIDO DE AGUA (%)	35,98	38,36	40,51



LÍMITE PLÁSTICO

DETERMINACIÓN Nº	1	2
RECIPIENTE Nº	81	55
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	13,66	12,86
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	12,11	11,54
PESO RECIPIENTE (g)	6,00	6,51
CONTENIDO DE AGUA (%)	25,27	26,32



LÍMITE LÍQUIDO:	<u>37,00</u>	% PASA 200	<u>58,91</u>
LÍMITE PLÁSTICO:	<u>25,80</u>	% ARENAS	<u>22,80</u>
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	<u>11,21</u>	% GRAVAS	<u>18,29</u>
ÍNDICE DE LIQUIDEZ:	<u>-0,94</u>		

CLASIFICACIÓN

SUCS		AASHTO	
<u>ML</u>	Limo Arenoso con Grava	<u>A-6 (5)</u>	Principalmente Suelos Arcillosos.
		ÍNDICE DE GRUPO	<u>5</u>



ING. JIMMY VERGARA SILVA
MP 15202-130100 BYC

NORMA
NTC – 4630

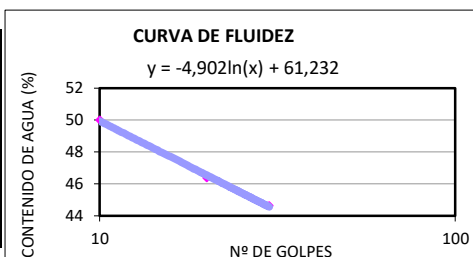
ENSAYO
MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, DEL LÍMITE PLÁSTICO Y DEL ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS COHESIVOS

PROYECTO:	GEOTÉCNICO ESTABILIZACION DE BANCA DE LA VIA SAN MATEO -LA UVITA MUNICIPIO DE SAN MATEO DEPARTAMENTO DE BOYACÁ		
MUNICIPIO:	SAN MATEO - BOYACÁ	SONDEO	2
DIRIGIDO A :	GOBERNACIÓN DEPARTAMENTAL DE BOYACÁ	PROFUNDIDAD	0,00-3,00
FECHA:	8/09/2023	MUESTRA	1

DESCRIPCIÓN: Material compuesto por grava limosa de color café

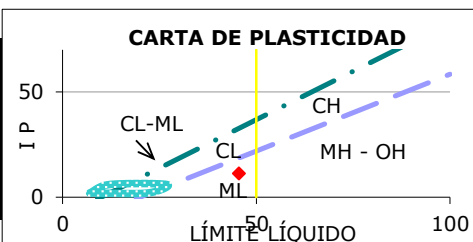
LÍMITE LÍQUIDO

DETERMINACIÓN Nº	1	2	3
NÚMERO DE GOLPES	30	20	10
RECIPIENTE Nº	56	79	57
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	28,89	31,32	32,35
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	24,38	25,13	25,25
PESO RECIPIENTE (g)	14,28	11,79	11,05
CONTENIDO DE AGUA (%)	44,65	46,40	50,00



LÍMITE PLÁSTICO

DETERMINACIÓN Nº	1	2
RECIPIENTE Nº	93	15
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	14,38	12,25
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	12,44	10,94
PESO RECIPIENTE (g)	6,78	7,11
CONTENIDO DE AGUA (%)	34,28	34,20



LÍMITE LÍQUIDO:	<u>45,45</u>	% PASA 200	<u>16,20</u>
LÍMITE PLÁSTICO:	<u>34,24</u>	% ARENAS	<u>1,25</u>
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	<u>11,21</u>	% GRAVAS	<u>82,55</u>
ÍNDICE DE LIQUIDEZ:	<u>-1,45</u>		

CLASIFICACIÓN

SUCS		AASHTO	
<u>GM</u>	Grava Limosa	<u>A-2-7 (0)</u>	Grava y Arena Limosa y Arcillosa
		ÍNDICE DE GRUPO	<u>-4</u>



ING. JIMMY VERGARA SILVA
MP 15202-130100 BYC

Página 6 de 12	ENSAYO
NORMA ASTM - D1586	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA PRUEBA DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT) Y MUESTREO DE SUELOS CON TUBO PARTIDO

PROYECTO:		GEOTÉCNICO ESTABILIZACION DE BANCA DE LA VIA SAN MATEO -LA UVITA MUNICIPIO DE SAN MATEO DEPARTAMENTO DE BOYACÁ		
MUNICIPIO:		SAN MATEO - BOYACÁ	FECHA DE ENSAYO	8/09/2023
DIRIGIDO A :		GOBERNACIÓN DEPARTAMENTAL DE BOYACÁ		
Sondeo 1 Prof. 1,50				
Condiciones del Ensayo		Propiedades del suelo		
Profundidad de inicio (m):	1,50	Peso unitario (T/m³):	1,92	
Profundidad del Nivel Freático (m):	1,90	Nº de golpes		
Peso del Martillo (kg):	63,50	N1	26	
Peso del Cabezote (kg)	10,35	N2	37	
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48	N3	18	
Determinación de N corregido		Determinación de C y f		
sv' (T/m²)	2,88	Peck, Hanson, Thornburn f (º):	33,6	
CN	1,00	Hatanaka f (º):	38,3	
e1	0,85	Uchida f (º):	44,3	
e2	0,72	Promedio f (º):	38,8	
Longitud de Tubería (m)	4,50	Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	275,2	
Mr (kg)	26,01	Cu Stroud (KN/m²):	242,0	
m	0,41	Cu Promedio (kg/cm²):	2,6	
e3	0,80	Cu Promedio (KN/m²):	258,6	
e4	1,00			
N de campo	55			
N 50	27			
N corregido	23			
Sondeo 1 Prof. 2,00				
Condiciones del Ensayo		Propiedades del suelo		
Profundidad de inicio (m):	2,00	Peso unitario (T/m³):	1,92	
Profundidad del Nivel Freático (m):	1,90	Nº de golpes		
Peso del Martillo (kg):	63,50	N1	36	
Peso del Cabezote (kg)	10,35	N2	17	
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48	N3	5	
Determinación de N corregido		Determinación de C y f		
sv' (T/m²)	3,74	Peck, Hanson, Thornburn f (º):	29,8	
CN	1,00	Hatanaka f (º):	30,6	
e1	0,85	Uchida f (º):	36,6	
e2	0,72	Promedio f (º):	32,4	
Longitud de Tubería (m)	4,50	Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	144,1	
Mr (kg)	26,01	Cu Stroud (KN/m²):	96,8	
m	0,41	Cu Promedio (kg/cm²):	1,20	
e3	0,80	Cu Promedio (KN/m²):	120,5	
e4	1,00			
N de campo	22			
N 50	11			
N corregido	9			

Página 7 de 12	ENSAYO
NORMA ASTM - D1586	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA PRUEBA DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT) Y MUESTREO DE SUELOS CON TUBO PARTIDO

PROYECTO:		GEOTÉCNICO ESTABILIZACION DE BANCA DE LA VIA SAN MATEO -LA UVITA MUNICIPIO DE SAN MATEO DEPARTAMENTO DE BOYACÁ		
MUNICIPIO:		SAN MATEO - BOYACÁ	FECHA DE ENSAYO	8/09/2023
DIRIGIDO A :		GOBERNACIÓN DEPARTAMENTAL DE BOYACÁ		
Sondeo 1 Prof. 2,50				
Condiciones del Ensayo		Propiedades del suelo		
Profundidad de inicio (m):	2,50	Peso unitario (T/m³):	1,92	
Profundidad del Nivel Freático (m):	1,90	Nº de golpes		
Peso del Martillo (kg):	63,50	N1	5	
Peso del Cabezote (kg)	10,35	N2	21	
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48	N3	5	
Determinación de N corregido		Determinación de C y f		
sv' (T/m²)	4,20	Peck, Hanson, Thornburn f (º):	30,3	
CN	1,00	Hatanaka f (º):	31,8	
e1	0,85	Uchida f (º):	37,8	
e2	0,72	Promedio f (º):	33,3	
Longitud de Tubería (m)	4,50	Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	162,6	
Mr (kg)	26,01	Cu Stroud (KN/m²):	114,4	
m	0,41	Cu Promedio (kg/cm²):	1,4	
e3	0,80	Cu Promedio (KN/m²):	138,5	
e4	1,00			
N de campo	26			
N 50	13			
N corregido	11			
Sondeo 1 Prof. 3,00				
Condiciones del Ensayo		Propiedades del suelo		
Profundidad de inicio (m):	3,00	Peso unitario (T/m³):	1,92	
Profundidad del Nivel Freático (m):	1,90	Nº de golpes		
Peso del Martillo (kg):	63,50	N1	5	
Peso del Cabezote (kg)	10,35	N2	2	
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48	N3	3	
Determinación de N corregido		Determinación de C y f		
sv' (T/m²)	4,66	Peck, Hanson, Thornburn f (º):	27,9	
CN	1,00	Hatanaka f (º):	24,1	
e1	0,85	Uchida f (º):	30,1	
e2	0,72	Promedio f (º):	27,4	
Longitud de Tubería (m)	6,00	Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	56,6	
Mr (kg)	31,23	Cu Stroud (KN/m²):	22,0	
m	0,49	Cu Promedio (kg/cm²):	0,4	
e3	0,85	Cu Promedio (KN/m²):	39,3	
e4	1,00			
N de campo	5			
N 50	3			
N corregido	3			

Página 8 de 12	ENSAYO
NORMA ASTM – D1586	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA PRUEBA DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT) Y MUESTREO DE SUELOS CON TUBO PARTIDO

PROYECTO:		GEOTÉCNICO ESTABILIZACION DE BANCA DE LA VIA SAN MATEO -LA UVITA MUNICIPIO DE SAN MATEO DEPARTAMENTO DE BOYACÁ		
MUNICIPIO:		SAN MATEO - BOYACÁ	FECHA DE ENSAYO	8/09/2023
DIRIGIDO A :		GOBERNACIÓN DEPARTAMENTAL DE BOYACÁ		
Sondeo 1 Prof. 3,50				
Condiciones del Ensayo		Propiedades del suelo		
Profundidad de inicio (m):	3,50	Peso unitario (T/m³):	1,92	
Profundidad del Nivel Freático (m):	1,90	Nº de golpes		
Peso del Martillo (kg):	63,50	N1	10	
Peso del Cabezote (kg)	10,35	N2	10	
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48	N3	26	
Determinación de N corregido		Determinación de C y f		
sv' (T/m²)	5,12	Peck, Hanson, Thornburn f (°):	31,8	
CN	1,00	Hatanaka f (°):	34,9	
e1	0,85	Uchida f (°):	40,9	
e2	0,72	Promedio f (°):	35,9	
Longitud de Tubería (m)	6,00	Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	213,6	
Mr (kg)	31,23	Cu Stroud (KN/m²):	158,4	
m	0,49	Cu Promedio (kg/cm²):	1,9	
e3	0,85	Cu Promedio (KN/m²):	186,0	
e4	1,00			
N de campo	36			
N 50	19			
N corregido	16			

Página 9 de 12	ENSAYO
NORMA ASTM - D1586	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA PRUEBA DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT) Y MUESTREO DE SUELOS CON TUBO PARTIDO

		GEOTÉCNICO ESTABILIZACION DE BANCA DE LA VIA SAN MATEO -LA UVITA MUNICIPIO DE SAN MATEO DEPARTAMENTO DE BOYACÁ	
PROYECTO:			
MUNICIPIO:	SAN MATEO - BOYACÁ	FECHA DE ENSAYO	8/09/2023
DIRIGIDO A :	GOBERNACIÓN DEPARTAMENTAL DE BOYACÁ		
Sondeo 2 Prof. 1,00			
Condiciones del Ensayo		Propiedades del suelo	
Profundidad de inicio (m):	1,00	Peso unitario (T/m³):	1,80
Profundidad del Nivel Freático (m):	1,10	Nº de golpes	
Peso del Martillo (kg):	63,50	N1	2
Peso del Cabezote (kg)	10,35	N2	5
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48	N3	6
Determinación de N corregido		Determinación de C y f	
sv' (T/m²)	1,80	Peck, Hanson, Thornburn f (º):	28,4
CN	1,00	Hatanaka f (º):	26,2
e1	0,85	Uchida f (º):	32,2
e2	0,72	Promedio f (º):	28,9
Longitud de Tubería (m)	3,00	Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	81,7
Mr (kg)	20,79	Cu Stroud (KN/m²):	48,4
m	0,33	Cu Promedio (kg/cm²):	0,7
e3	0,73	Cu Promedio (KN/m²):	65,1
e4	1,00		
N de campo	11		
N 50	5		
N corregido	4		
Sondeo 2 Prof. 1,50			
Condiciones del Ensayo		Propiedades del suelo	
Profundidad de inicio (m):	1,50	Peso unitario (T/m³):	1,80
Profundidad del Nivel Freático (m):	1,10	Nº de golpes	
Peso del Martillo (kg):	63,50	N1	14
Peso del Cabezote (kg)	10,35	N2	21
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48	N3	26
Determinación de N corregido		Determinación de C y f	
sv' (T/m²)	2,30	Peck, Hanson, Thornburn f (º):	32,7
CN	1,00	Hatanaka f (º):	36,7
e1	0,85	Uchida f (º):	42,7
e2	0,72	Promedio f (º):	37,4
Longitud de Tubería (m)	4,50	Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	245,2
Mr (kg)	26,01	Cu Stroud (KN/m²):	206,8
m	0,41	Cu Promedio (kg/cm²):	2,26
e3	0,80	Cu Promedio (KN/m²):	226,0
e4	1,00		
N de campo	47		
N 50	23		
N corregido	19		

Página 10 de 12	ENSAYO
NORMA ASTM - D1586	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA PRUEBA DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT) Y MUESTREO DE SUELOS CON TUBO PARTIDO

PROYECTO:		GEOTÉCNICO ESTABILIZACION DE BANCA DE LA VIA SAN MATEO -LA UVITA MUNICIPIO DE SAN MATEO DEPARTAMENTO DE BOYACÁ		
MUNICIPIO:		SAN MATEO - BOYACÁ	FECHA DE ENSAYO	8/09/2023
DIRIGIDO A :		GOBERNACIÓN DEPARTAMENTAL DE BOYACÁ		
Sondeo 2 Prof. 2,00				
Condiciones del Ensayo		Propiedades del suelo		
Profundidad de inicio (m):	2,00	Peso unitario (T/m³):	1,80	
Profundidad del Nivel Freático (m):	1,10	Nº de golpes		
Peso del Martillo (kg):	63,50	N1	21	
Peso del Cabezote (kg)	10,35	N2	21	
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48	N3	21	
Determinación de N corregido		Determinación de C y f		
sv' (T/m²)	2,70	Peck, Hanson, Thornburn f (º):	32,2	
CN	1,00	Hatanaka f (º):	35,8	
e1	0,85	Uchida f (º):	41,8	
e2	0,72	Promedio f (º):	36,6	
Longitud de Tubería (m)	4,50	Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	229,6	
Mr (kg)	26,01	Cu Stroud (KN/m²):	184,8	
m	0,41	Cu Promedio (kg/cm²):	2,1	
e3	0,80	Cu Promedio (KN/m²):	207,2	
e4	1,00			
N de campo	42			
N 50	21			
N corregido	18			
Sondeo 2 Prof. 2,50				
Condiciones del Ensayo		Propiedades del suelo		
Profundidad de inicio (m):	2,50	Peso unitario (T/m³):	1,80	
Profundidad del Nivel Freático (m):	1,10	Nº de golpes		
Peso del Martillo (kg):	63,50	N1	28	
Peso del Cabezote (kg)	10,35	N2	32	
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48	N3	32	
Determinación de N corregido		Determinación de C y f		
sv' (T/m²)	3,10	Peck, Hanson, Thornburn f (º):	34,6	
CN	1,00	Hatanaka f (º):	39,9	
e1	0,85	Uchida f (º):	45,9	
e2	0,72	Promedio f (º):	40,1	
Longitud de Tubería (m)	4,50	Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	303,9	
Mr (kg)	26,01	Cu Stroud (KN/m²):	281,6	
m	0,41	Cu Promedio (kg/cm²):	2,9	
e3	0,80	Cu Promedio (KN/m²):	292,8	
e4	1,00			
N de campo	64			
N 50	31			
N corregido	26			

Página 11 de 12	ENSAYO
NORMA NTC – 1527	METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESION INCOFINADA DE SUELOS COHESIVOS

PROYECTO:	GEOTÉCNICO ESTABILIZACION DE BANCA DE LA VIA SAN MATEO -LA UVITA MUNICIPIO DE SAN MATEO DEPARTAMENTO DE BOYACÁ		
MUNICIPIO:	SAN MATEO - BOYACÁ	SONDEO	1
DIRIGIDO A :	GOBERNACIÓN DEPARTAMENTAL DE BOYACÁ	PROFUNDIDAD	1,00-1,50
FECHA DE ENSAYO:	8/09/2023	MUESTRA	4

DESCRIPCIÓN: Material compuesto por limo arenoso con grava de color café.

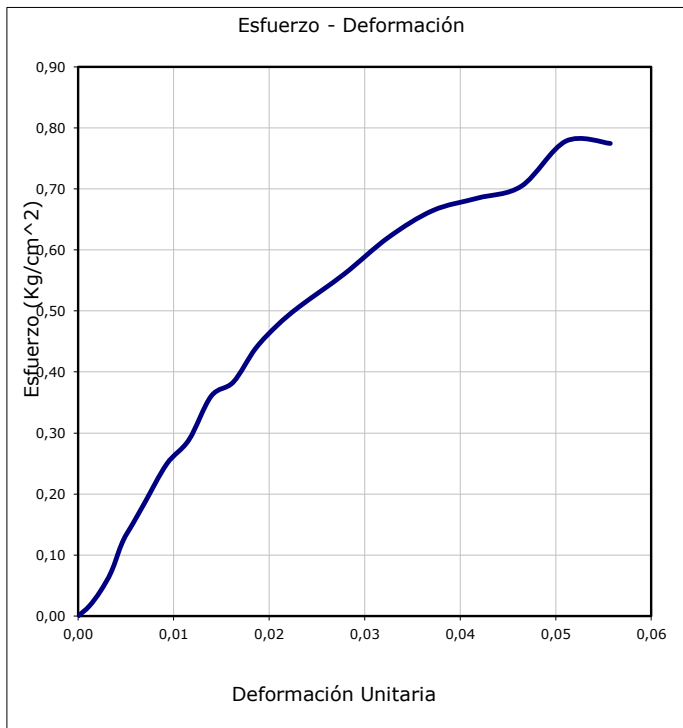
HUMEDAD NATURAL

RECIPIENTE Nº	22
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	53,26
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	45,87
PESO RECIPIENTE (g)	6,31
CONTENIDO DE AGUA (%)	18,69

DATOS DE LA MUESTRA

Promedio de Diametros (cm)	5,40
Promedio de Alturas (cm)	10,94
PESO (g)	481,06
AREA	22,90
VOLUMEN	250,55
γ húm (g/cm ³)	1,92
γ seco (g/cm ³)	1,62

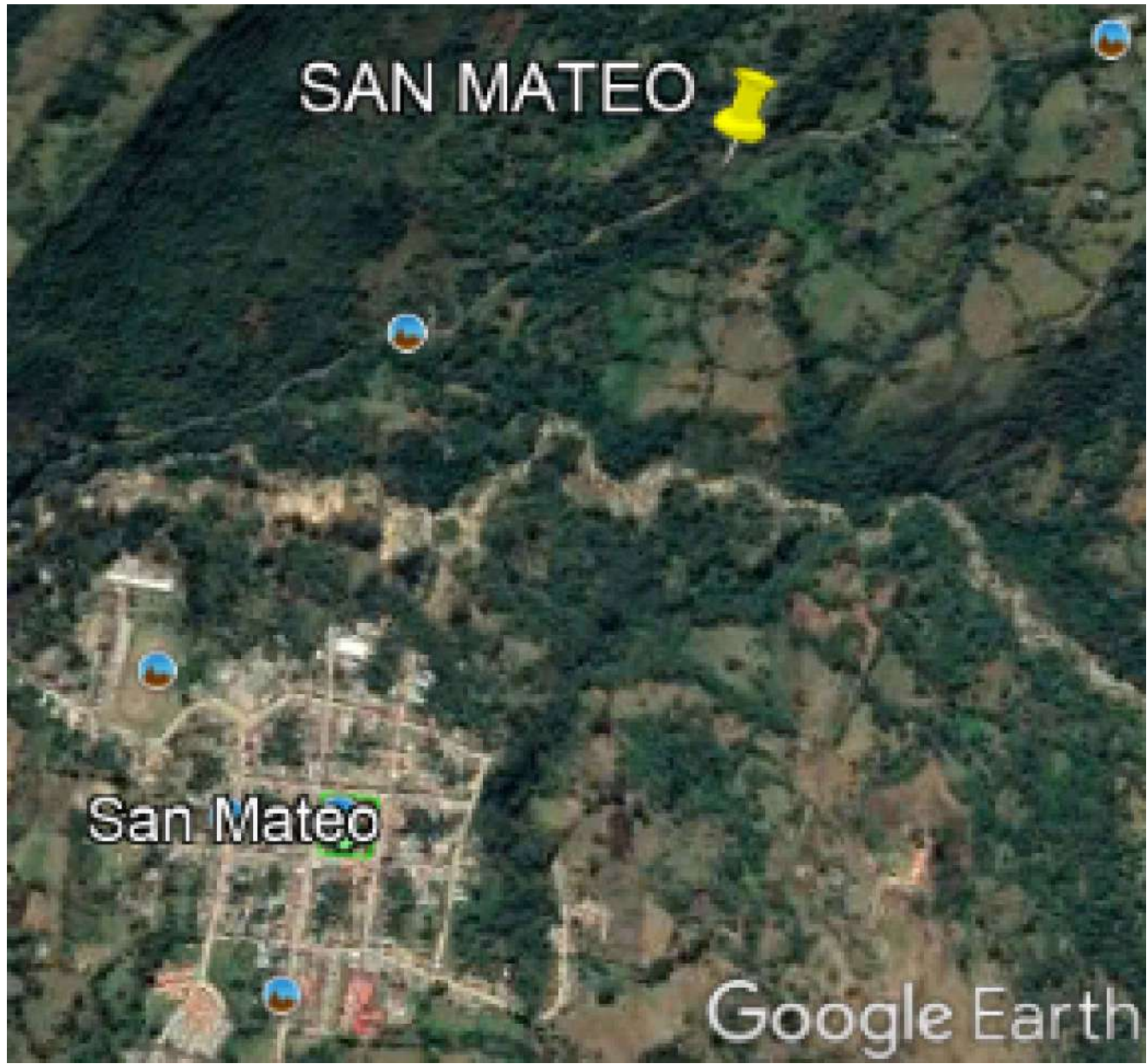
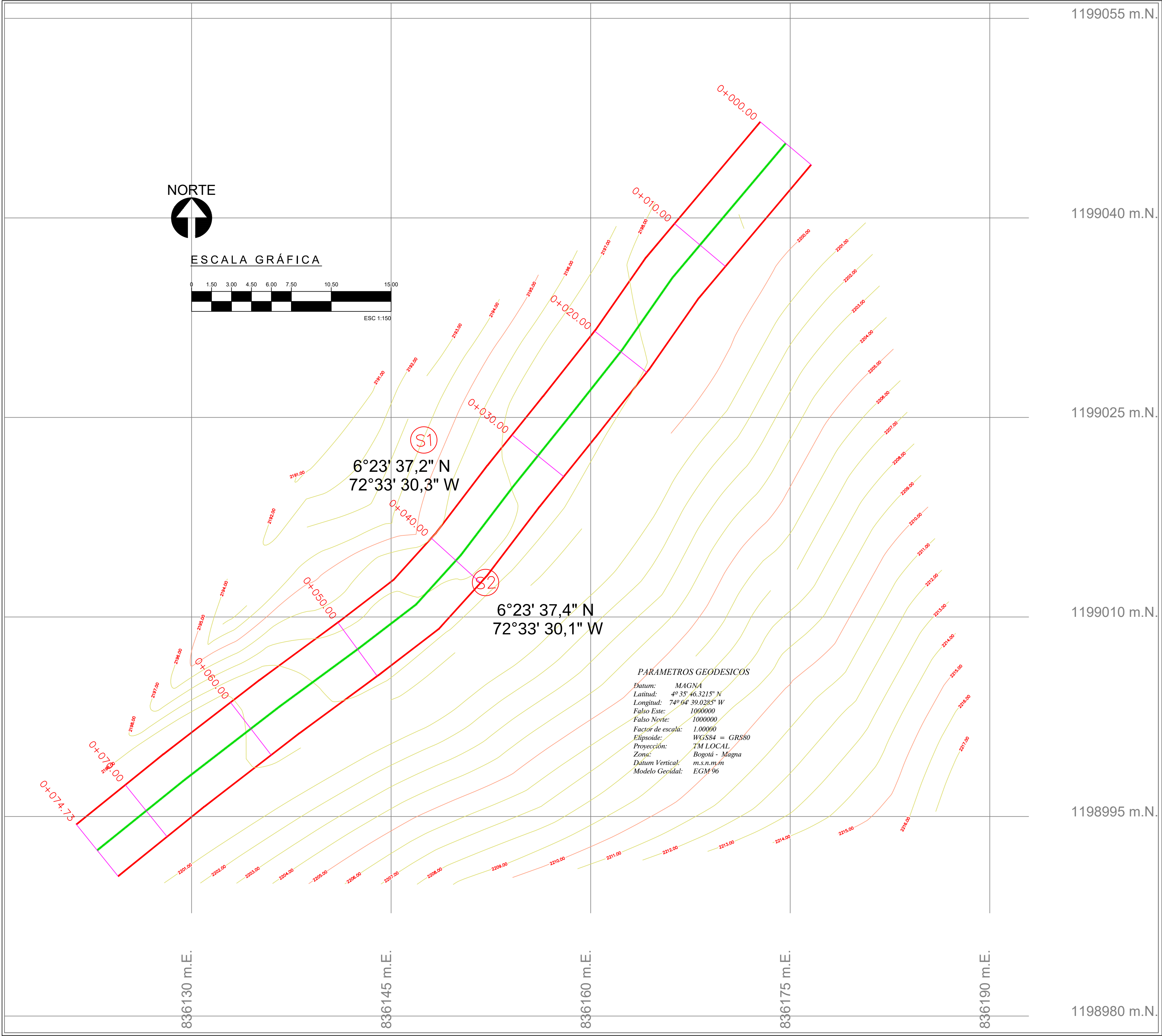
Lectura del deformímetro (pulg-3)	Deformímetro de carga (unidades)	Deformación (cm)	Deformación Unitaria	Area Corregida (cm ²)	Carga (Kg)	Esfuerzo σ (kg/cm ²)
0	0,0	0,000	0,000	22,902	0,000	0,000
5	0,4	0,013	0,001	22,929	0,372	0,016
10	0,9	0,025	0,002	22,956	0,930	0,041
15	1,7	0,038	0,003	22,982	1,674	0,073
20	2,8	0,051	0,005	23,009	2,790	0,121
25	3,5	0,064	0,006	23,036	3,534	0,153
30	4,3	0,076	0,007	23,063	4,278	0,185
40	5,8	0,102	0,009	23,117	5,766	0,249
50	6,7	0,127	0,012	23,171	6,696	0,289
60	8,4	0,152	0,014	23,226	8,370	0,360
70	8,9	0,178	0,016	23,281	8,928	0,383
80	10,2	0,203	0,019	23,336	10,230	0,438
90	11,2	0,229	0,021	23,391	11,160	0,477
100	11,9	0,254	0,023	23,447	11,904	0,508
120	13,2	0,305	0,028	23,559	13,206	0,561
140	14,7	0,356	0,033	23,672	14,694	0,621
160	15,8	0,406	0,037	23,786	15,810	0,665
180	16,4	0,457	0,042	23,901	16,368	0,685
200	16,9	0,508	0,046	24,018	16,926	0,705
220	18,8	0,559	0,051	24,135	18,786	0,778
240	18,8	0,610	0,056	24,254	18,786	0,775



TIPO DE MUESTRA	<u>Inalterada</u>
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA (q_u) (Kg/cm ²):	<u>0.78</u>
COHESIÓN (Kg/cm ²)	<u>0.39</u>
RELACIÓN ALTURA/DIÁMETRO	<u>2.0</u>
CONSISTENCIA	<u>mediana</u>
MODULO DE ELASTICIDAD NO CONFINADO (Kg/cm ²):	<u>26.9</u>



ING. JIMMY VERGARA SILVA
MP 15202-130100 BYC





GOBERNACIÓN DE BOYACÁ

PROYECTO:

CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE MITIGACIÓN SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS EN MUNICIPIO DE LA PROVINCIA DE CENTRO, NORTE, GUTIERREZ, LENGUPA, RICAURTE, NEIRA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ.

CONTIENE:

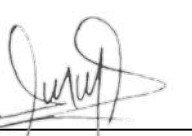
LOCALIZACIÓN SONDEOS TRAMO SAN MATEO

LEVANTO:



Ing. Jimmy Vergara Silva
M.P 15202130100 BYC

REVISÓ:



NYS CONSTRUCCOL SAS
R/L SONIA MALENA MARIN SOTELO

APROBO:



CONSORCIO INTEREMERGENCIAS NORTE
R/L Ing. NANCY YASMIN QUIROGA

LOCALIZACIÓN:



CONVENCIONES

EJE PROYECTO ———

CARRETEABLE ———

ESTACION O P.K. ———

SECCION TERRENO ———

PERFIL TERRENO ———

CURVA DE NIVEL ———

DIGITO :

CAHC INGENIERIA

ESCALA :

INDICADA

FECHA :

Septiembre de 2023

ARCHIVO DIGITAL :

PUNTOS_SAN_MATEO.DWG

PLANO

Nº DG 1

DE 1

MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

Tunja, septiembre 21 de 2023

Señores:

GOBERNACIÓN DE BOYACÁ

Departamento de Boyacá

Yo, **JIMMY VERGARA SILVA**, Ingeniero Civil, Especialista en Geotecnia Vial y de pavimentos con Matrícula Profesional N.º **15202-130100 BYC**, debidamente registrado del consejo profesional nacional de Ingeniería, presento el estudio Geotécnico elaborado a continuación cumpliendo con los requerimientos de la **NORMA COLOMBIANA DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE DE 2010**, para el contrato cuyo objeto es: “**CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE MITIGACIÓN SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS EN MUNICIPIOS DE LA PROVINCIA DE CENTRO, NORTE, GUTIERREZ, LENGUPA, RICAURTE, NEIRA DEPARTAMENTO DE BOYACA** ”, Declaro que asumo la responsabilidad por los perjuicios que causa de ellos puedan deducirse, exonerando a la Gobernación de Boyacá de cualquier responsabilidad.

Acepto y reconozco que la revisión efectuada por la Gobernación de Boyacá no constituye una aprobación al estudio geotécnico, sino una verificación del cumplimiento de las **NORMA COLOMBIANA DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE DE 2010**, vigentes

Atentamente,



JIMMY VERGARA SILVA

ING ESPECIALISTA EN GEOTECNIA VIAL Y DE PAVIMENTOS

M.P. 15202130100 BYC

REPUBLICA DE COLOMBIA

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERIA
COPNIA



MATRICULA PROFESIONAL No.

15202130100BYC

INGENIERO CIVIL

DE FECHA **20/04/2006**

JIMMY

VERGARA SILVA

C.C. 74321878

**UNIVERSIDAD PEDAGOGICA
Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA**

PRESIDENTE DEL CONSEJO



**CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA
COPNIA**

EL DIRECTOR GENERAL

CERTIFICA:

1. Que JIMMY VERGARA SILVA, identificado(a) con Cedula de Ciudadanía 74321878, se encuentra inscrito(a) en el Registro Profesional Nacional que lleva esta entidad, en la profesión de INGENIERIA CIVIL con MATRICULA PROFESIONAL 15202-130100 desde el 20 de Abril de 2006, otorgado(a) mediante Resolución Nacional 161.
2. Que el(la) MATRICULA PROFESIONAL es la autorización que expide el Estado para que el titular ejerza su profesión en todo el territorio de la República de Colombia, de conformidad con lo dispuesto en la Ley 842 de 2003.
3. Que el(la) referido(a) MATRICULA PROFESIONAL se encuentra **VIGENTE**
4. Que el profesional no tiene antecedentes disciplinarios ético-profesionales.
5. Que la presente certificación se expide en Bogotá, D.C., a los cinco (05) días del mes de Noviembre del año dos mil veintidos (2022).

Rubén Darío Ochoa Arbeláez

Firmal del titular (*)

(*)Con el fin de verificar que el titular autoriza su participación en procesos estatales de selección de contratistas. La falta de firma del titular no invalida el Certificado
El presente es un documento público expedido electrónicamente con firma digital que garantiza su plena validez jurídica y probatoria según lo establecido en la Ley 527 de 1999. Para verificar la firma digital, consulte las propiedades del documento original en formato .pdf.
Para verificar la integridad e inalterabilidad del presente documento consulte en el sitio web https://tramites.copnia.gov.co/Copnia_Microsite/CertificateOfGoodStanding/CertificateOfGoodStandingStart indicado el número del certificado que se encuentra en la esquina superior derecha de este documento.

República de Colombia



LA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

Autorizada por el Ministerio de Educación Nacional
Teniendo en cuenta que

Jimmy Vergara Silva

C.C. N°. 74.321.878 de Socha

Aprobó los estudios programados y cumplió con las exigencias
legales y reglamentarias, le confiere el Título de

**Especialista en Geotecnia Vial y
Pavimentos**

En constancia se firma y sella en Tunja
a los 19 días del mes de octubre de 2018

El Rector General

El Rector Seccional

El Decano de Facultad

El Secretario Seccional

Registro interno No. 835.330.19-10-2018

Folio 20 Libro 18



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA
T U N J A

ACTA DE GRADO 330.122

En la ciudad de Tunja, República de Colombia el día 19 de Octubre de 2018, la Universidad Santo Tomás en nombre de la República de Colombia y con autorización del Ministerio de Educación Nacional según Decreto Ejecutivo No. 1772 del 11 de julio de 1966, bajo la Presidencia del Padre JORGE FERDINANDO RODRIGUEZ RUIZ O.P., Rector Seccional y actuando como Secretario el Abogado HERMAN JOSE ARANDA CAMACHO, celebró sesión solemne y pública con el objeto de otorgar el título a los estudiantes aspirantes al grado.

Comprobado el cumplimiento de todos los requisitos legales y los establecidos en el Reglamento General de la Universidad, confirió el Título de:

ESPECIALISTA EN GEOTECNIA VIAL Y PAVIMENTOS

Código SNIES: 20809

A: JIMMY VERGARA SILVA

C.C. 74.321.878 de Socha

El graduando emitió el Juramento de rigor por el que se comprometió a ejercer la profesión con responsabilidad y honradez, de conformidad con la Constitución, las leyes de la República de Colombia, poner todo empeño en el desarrollo del País y de sus instituciones, brindar generoso apoyo a los programas de justicia social y dignificación de la persona humana y llevar siempre en alto el nombre y los principios de la Universidad Santo Tomás. Seguidamente el presidente de la ceremonia de graduación procedió a la entrega del Diploma que lo acredita para el ejercicio de su profesión de conformidad con la legislación vigente.

Para constancia se expide y firma la presente Acta, válida para todos los efectos legales correspondientes.

Fdo. Jorge Ferdinando Rodríguez Ruiz O.P. (Hay un sello)

Fdo. Herman Jose Aranda Camacho (Hay un sello)

Es fiel copia tomada del original, expedida en la ciudad de Tunja, el día 19 de octubre del año 2018.

El Secretario General Seccional,


HERMAN JOSE ARANDA CAMACHO

Vigilada Min-educación.



TUNJA • Calle 19 No. 11-64/Línea gratuita nacional: 01 8000 932 340/ PBX: (+578) 744 0404
www.ustatunja.edu.co/coord.admisiones@ustatunja.edu.co



DISEÑO HIDRÁULICO

**ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA EL PROYECTO
“CONSTRUCCION DE OBRAS DE MITIGACION SOBRE LA RED VIAL
DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS EN
MUNICIPIOS DE LA PROVINCIA DE CENTRO, NORTE, GUTIERREZ,
LENGUPA, RICAURTE, NEIRA DEPARTAMENTO DE BOYACA”**

MUNICIPIO DE SAN MATEO


**ELABORADO POR
ING. JEISSON ARNULFO SIERRA LEÓN
M.P. 15237-437151 BYC
M.P. 15238-437150 BYC
INGENIERO SANITARIO
INGENIERO AMBIENTAL**


**APROBADO POR
IVAN FERLEY CAÑON PÁEZ
ING ESPECIALISTA EN GESTIÓN AMBIENTAL
M.P. 15236-098708**

SEPTIEMBRE, 2023

CONTROL DE CAMBIOS

VERSIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN DEL CAMBIO
1	19/09/2023	Creación del documento

Título del documento:	ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA EL PROYECTO “CONSTRUCCION DE OBRAS DE MITIGACION SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS EN MUNICIPIOS DE LA PROVINCIA DE CENTRO, NORTE, GUTIERREZ, LENGUPA, RICAURTE, NEIRA DEPARTAMENTO DE BOYACA” <u>MUNICIPIO DE SAN MATEO</u>	
Número de revisión:	1	
Elaboró:	Nombre:	JEISSON ARNULFO SIERRA LEÓN
	Cédula:	1057597804
	Matrícula profesional:	15238-437150 BYC 15237-437151 BYC
	Fecha:	19/09/ 2023
	Serie:	CT023_02

INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	7
2. JUSTIFICACIÓN	7
3. NORMATIVIDAD.....	8
4. OBJETIVOS	8
4.1. Objetivos generales	8
4.2. Objetivos específicos	8
5. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO	8
6. ESTUDIO HIDROLÓGICO	11
6.1. Recopilación y análisis de información	11
6.2. Temperatura	12
6.3. Relieve	13
6.4. Precipitación	13
6.5. Curva IDF.....	15
7. ESTUDIO HIDRÁULICO	19
7.1. Descripción general	19
7.1.1. Intensidad de precipitación	21
7.1.2. Coeficiente de escorrentía	22
7.2. Diseño de drenaje subsuperficial	23
7.2.1. Estimación del caudal	23
7.2.2. Sistema de evacuación de líquidos.....	27
7.2.3. Determinación de la sección transversal del subdrén.....	28
7.2.4. Criterio de retención (TAA)	29

7.2.5.	Criterio de permeabilidad	30
7.2.6.	Criterio de colmatación	31
7.2.7.	Criterio de supervivencia	31
7.2.8.	Criterio de permitividad	32
7.3.	Diseño zanja de coronación	35
7.3.1.	Determinación de caudal	35
7.4.	Diseño de alcantarilla	41
7.4.1.	Determinación de caudal de diseño	42
7.4.2.	Zona de intervención N°1	42
8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	44
9.	ANEXOS	45
10.	REFERENCIAS	46

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Zona de intervención, municipio de San Mateo	10
Figura 2.	Ubicación estación BOAVITA Código 24035330	12
Figura 3.	Gráfico de elevaciones municipio de San Mateo Boyacá.....	13
Figura 4.	Diagrama de precipitaciones máximas, medias y mínimas en 24 horas por mes históricas estación BOAVITA	14
Figura 5.	Precipitación Media Anual San Mateo Boyacá.....	14
Figura 7.	Regiones en Colombia para definición de parámetros.....	16
Figura 8.	Curva IDF estación BOAVITA Código 24035330	18
Figura 8.	Registro fotográfico zona de intervención	19
Figura 9.	Nomograma para el cálculo del diámetro de tubería a usar	27
Figura 10.	Pendiente Vs velocidad, según el tamaño del agregado.....	28

Figura 11. Especificaciones técnicas de geotextiles no tejidos	32
Figura 12. Sección de filtro proyectado para los tramos N°1 y 2.....	34
Figura 13. Sección de zanja de coronación adoptada.....	36
Figura 14. Identificación zanjas de coronación.....	37
Figura 15. Condiciones hidráulicas de flujo tramo N°1 zanja de coronación.....	38
Figura 16. Condiciones hidráulicas de flujo tramo N°2 zanja de coronación.....	39
Figura 17. Condiciones hidráulicas de flujo tramo N°3 zanja de coronación.....	40
Figura 18. Detalle de zanja de coronación	41
Figura 19. Perfil hidráulico alcantarilla proyectada	43
Figura 20. Relación de la altura de ingreso y salida de la estructura en base al caudal.....	43

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Distribución del municipio de San Mateo por extensión territorial y área de residencia	9
Tabla 2. Valores de los coeficientes calculo IDF para Colombia.....	15
Tabla 3. Precipitación máxima mensual en 24 horas histórica estación BOAVITA Código 24035330	16
Tabla 4. Precipitación máxima anual histórica en 24 horas estación BOAVITA Código 24035330	17
Tabla 5. Datos curva IDF estación BOAVITA Código 24035330.....	17
Tabla 6. Periodos de retorno de diseño en obras de drenaje vial	21
Tabla 7. Valores del coeficiente de escorrentía.....	22
Tabla 8. Valores de permeabilidad de los principales tipos de suelos	23
Tabla 9. Valores recomendados para F_i	24
Tabla 10. Valores recomendados para F_R	24

Tabla 11. Selección de diámetro óptimo para tramos de filtro.....	27
Tabla 12. Velocidad de flujo en filtros.....	28
Tabla 13. Factores de reducción para geotextiles en aplicaciones de drenajes ...	33
Tabla 14. Condiciones de flujo alcantarilla proyectada PVC D=36 in.....	44



1. INTRODUCCIÓN

Las altas precipitaciones ocurridas en los últimos meses del año 2022 y los primeros meses del año 2023 generados por el fenómeno de la niña¹ ocasionaron diversos daños en la malla vial del departamento de Boyacá, las altas precipitaciones generaron crecientes en niveles de ríos y desprendimiento de taludes por humidificación de laderas, que afectaron la estabilidad de obras viales, puentes, alcantarillas y demás obras que facilitan el acceso a diferentes poblaciones del departamento, es por esto que la gobernación generó el contrato de obra cuyo objeto describe el título del presente documento, en el cual, se realiza la determinación de las condiciones hidrológicas e hidráulicas para las obras que se desarrollarán en el municipio de San Mateo.

El diseño hidráulico para obras de mitigación sobre la red vial afectada por la temporada de lluvias es una parte crucial del proceso de construcción. Este tipo de obras se enfocan en minimizar los impactos negativos de las lluvias en las carreteras, como inundaciones, erosión del suelo y daños a la infraestructura vial.

En este documento, se realizará la determinación de las variables hidrológicas e hidráulicas que repercuten en las condiciones de drenaje de la vía que comunica el municipio de San Mateo con La Uvita en el departamento de Boyacá, donde se requiere la construcción de un filtro francés, zanja de coronación y una alcantarilla para la estabilización del corredor vial.

2. JUSTIFICACIÓN

La proyección hidráulica de las estructuras de drenaje es esencial para asegurar la integridad y la funcionalidad de la infraestructura vial, así como para garantizar la seguridad de los usuarios de la carretera y la conservación del medio ambiente. Las inundaciones y el estancamiento del agua en una vía pueden provocar daños significativos en la superficie de la carretera, lo que conduce a la degradación prematura y a un aumento en los costos de mantenimiento. La construcción de unas estructuras de drenaje adecuadas permitirá un drenaje eficiente de las aguas pluviales y minimizará el riesgo de daños en la carretera, así mismo, el diseño y la construcción adecuado de estas estructuras aseguran que las aguas pluviales captadas sean manejadas de manera responsable y se evite la erosión del suelo circundante y daños a taludes asociados a la banca vial. Esto contribuye a la preservación de los recursos naturales y a la prevención de la contaminación del agua, lo que es fundamental para el cumplimiento de las regulaciones ambientales.

¹ <https://n9.cl/3d7xt>

3. NORMATIVIDAD

El documento se basa en la resolución 024 de 2011 por la cual se adopta el Manual de Drenaje para Carreteras como norma técnica para los proyectos de la Red Vial Nacional, elaborado por el Instituto Nacional de Vías – INVIAS (Ministerio de Transporte, 2009).

4. OBJETIVOS

El presente documento engloba el estudio hidrológico e hidráulico para el proyecto cuyo objeto es la construcción de obras de mitigación sobre la red vial departamental afectada por temporada de lluvias en municipios de la provincia de Centro, Norte, Gutiérrez, Lengupá, Ricaurte, Neira departamento de Boyacá, en el municipio de San Mateo los objetivos serán:

4.1. Objetivos generales

- Realizar el estudio hidrológico asociado a la zona de estudio.
- Realizar el estudio hidráulico a las estructuras que se requerirán para el manejo de aguas superficiales y subsuperficiales de en el municipio de San Mateo.

4.2. Objetivos específicos

- Recopilar y organizar información meteorológica para determinación de condiciones climáticas de la zona de intervención.
- Desarrollar curva IDF para determinación de intensidad pluviométrica de la zona de estudio.
- Realizar la determinación de cuencas aportantes a estructuras de drenaje superficial y taludes asociados a drenajes longitudinales subsuperficiales.
- Realizar la determinación de caudales en base a las condiciones propias del terreno, topografía, tipo de suelos, áreas aportantes y condiciones climáticas propias.
- Realizar el análisis y diseño de las estructuras para el manejo de aguas superficiales y subsuperficiales según requerimientos del estudio.

5. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El municipio de San Mateo está localizado en la Cordillera Oriental, hacia el extremo nor-oriental del Departamento de Boyacá, formando parte de la Provincia de Norte y del Anillo Turístico de los Nevados; su cabecera según el marco geocéntrico nacional de referencia MAGNA-SIRGAS se encuentra en las coordenadas Norte 2265447.695 Este



5049123.301. Territorialmente limita por el Norte con el municipio de Macaravita del Departamento de Santander, por el oriente con los municipios de Guacamayas, Panqueba y El Cocuy, por el sur con La Uvita y por el occidente con Boavita. San Mateo dista 392 Km. de Bogotá (Capital de Colombia) y 208 Km. de Tunja (Capital de Boyacá); posee una extensión de 132 Km, su altitud es de 2.500 m.s.n.m, la temperatura promedio de 18°C.

Tabla 1. Distribución del municipio de San Mateo por extensión territorial y área de residencia

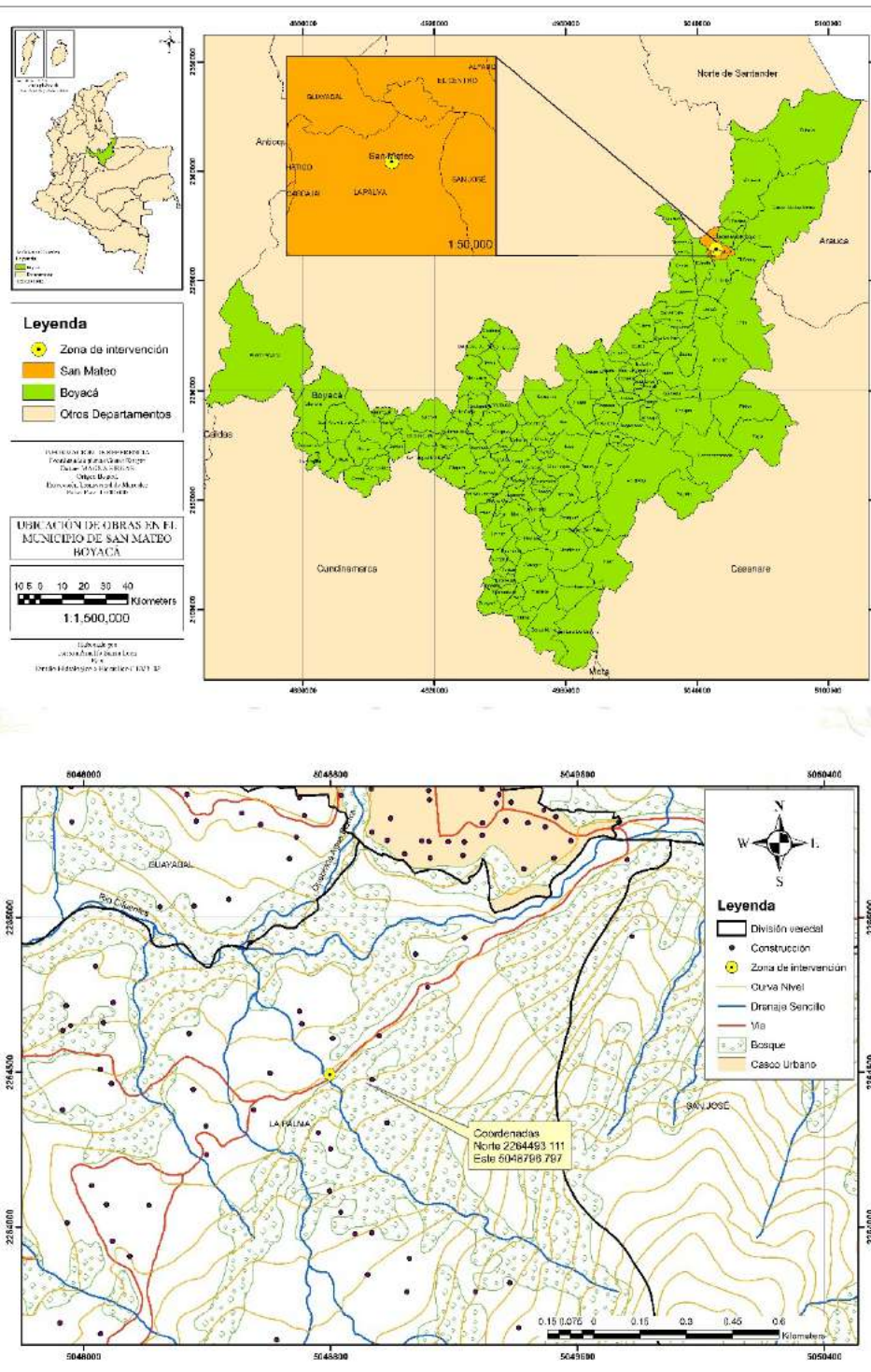
Municipio	Extensión urbana		Extensión rural		Extensión total	
	Extensión	Porcentaje	Extensión	Porcentaje	Extensión	Porcentaje
San Mateo	0.3618	0.30%	121.4962	99.70%	121.858	100%

Fuente: Cartografía Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC.

El Municipio de San Mateo está conformado por las siguientes veredas: Geopolíticamente hablando, San Mateo está conformado en la zona rural por 14 veredas: Monterredondo, Vijal, Cuicas Ramada, Cuicas Buraga, Guayabal, Concordia, Floresta, Hatoco, Cascajal, Peñuela, La Palma, San José, Alfaro y Caliche. El Centro y el sector urbano integrado por 11 barrios como son: Los Sauces, Villa Laura, Villa Angélica, Santander, Kennedy, La Paz, El Campanario, El Comercio, Las Flores, Camilo Torres y San Rafael.

El desarrollo del proyecto de “CONSTRUCCION DE OBRAS DE MITIGACION SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS EN MUNICIPIOS DE LA PROVINCIA DE CENTRO, NORTE, GUTIERREZ, LENGUPA, RICAURTE, NEIRA DEPARTAMENTO DE BOYACA” en el municipio de San Mateo, se desarrolla sobre la vía que comunica el municipio de San Mateo con La Uvita en el departamento de Boyacá, las estructuras proyectadas servirán para la estabilización del talud asociado al corredor vial al realizar manejo de aguas de infiltración, por lo que se considera una medida de mitigación temporal a la emergencia presentada.

Figura 1. Zona de intervención, municipio de San Mateo



Fuente: Autor con base en datos del IGAC, 2023.

Las coordenadas geográficas con referencia MAGNA-SIRGAS de la zona de intervención directa corresponde a Norte 2264493.111 Este 5048796.797.

6. ESTUDIO HIDROLÓGICO

6.1. Recopilación y análisis de información

La información recopilada para el desarrollo del presente estudio es tomada del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), Planes de Ordenamiento Territorial (POT), Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y otros entes no gubernamentales de análisis climatológico satelital.

Se realiza inicialmente una consulta de estaciones existentes en el municipio de San Mateo con la suficiente información para sustentar la conformación de curvas de Intensidad Duración Frecuencia (IDF) fundamental para el desarrollo de los cálculos en redes para manejo de aguas lluvias, encontrando el siguiente resultado:

Estación EL COCUI (24030260)

- Categoría Pluviométrica tecnología convencional
- Ubicación: Norte 2266129.880 Este 5061301.548 Altitud 2749m
- Municipio El Cocuy Boyacá
- Estado: Activa
- **ACTIVA CON DATOS PLUVIOMÉTRICOS**

Estación BOAVITA (24035330)

- Categoría Pluviométrica tecnología convencional
- Ubicación: Norte 2257358.244 Este 5046182.526 Altitud 2150m
- Municipio Boavita Boyacá
- Estado: Activa
- Fecha de instalación: enero 15, 1934
- **ACTIVA CON DATOS PLUVIOMÉTRICOS**

Teniendo en cuenta que el municipio no cuenta con una estación con datos apropiados para la conformación de la curva IDF se opta por el uso de la estación BOAVITA, ya que cuenta con los datos necesarios para la conformación de la curva IDF, así mismo, las condiciones climatológicas, cercanía y condiciones topográficas del municipio de San Mateo y la zona de intervención directa permiten el uso de dicha estación y que su información sea representativa.

Figura 2. Ubicación estación BOAVITA Código 24035330



Fuente: Autor con base en datos del IDEAM, 2023.

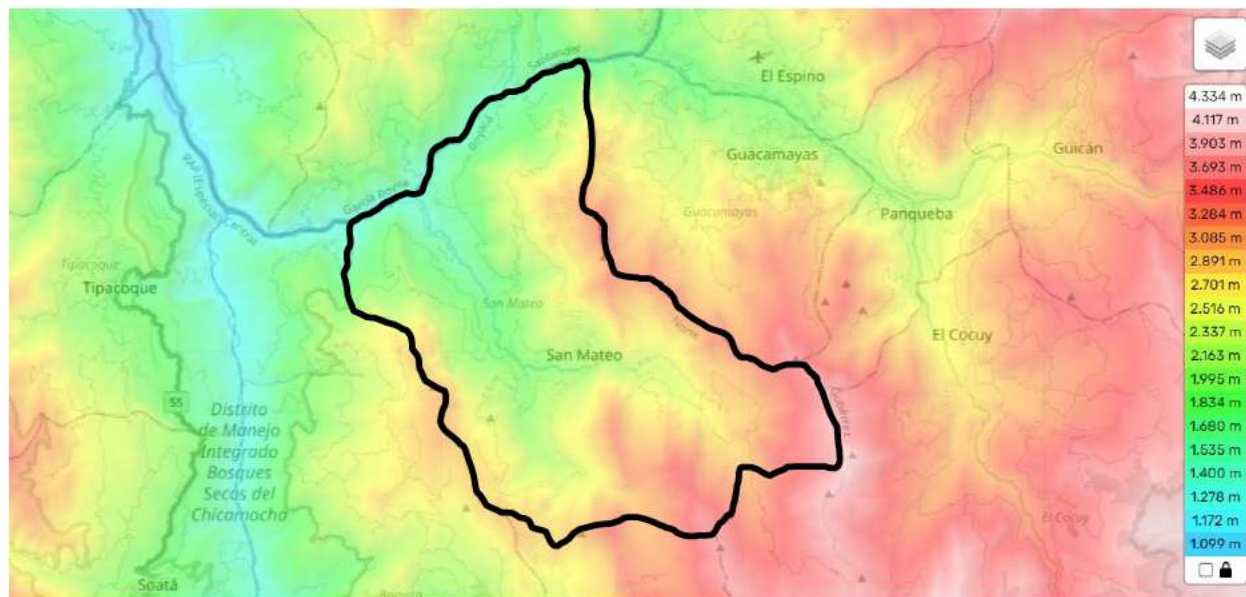
Los datos brutos de la estación BOAVITA se adjuntan en el anexo H-1.

6.2. Temperatura

Los promedios de máximas se presentan en febrero y marzo llegando a 21.4°C y 21.1°C respectivamente y los de mínimas se presentan en enero y febrero con 1.1°C y 1.2°C. La temperatura promedio es de 12°C. En la parte más baja del municipio, la temperatura máxima registrada fue de 38.8 °C en septiembre de 1987 y de 37.6°C en febrero y marzo de 1979 con un promedio de 35.4° C; las mínimas descendieron a 10.4 °C en febrero de 1982 con un promedio de 16 °C. La temperatura promedio para el periodo fue de 25.3°C. La parte que limita con Boavita por su parte presenta una temperatura con variaciones marcadas con promedio de 26.8°C En cuanto a mínimas el promedio fue de 9.9°C. Finalmente, la temperatura con límites con el municipio de Güicán, en la Sierra Nevada de El Cocuy, estación, la temperatura máxima registrada fue de 22.8°C en octubre de 1987 con un promedio de 12.9°C; por su parte la mínima llegó a - 9.8°C en enero de 1979 con un promedio general de 12.9°C.

6.3. Relieve

Figura 3. Gráfico de elevaciones municipio de San Mateo Boyacá

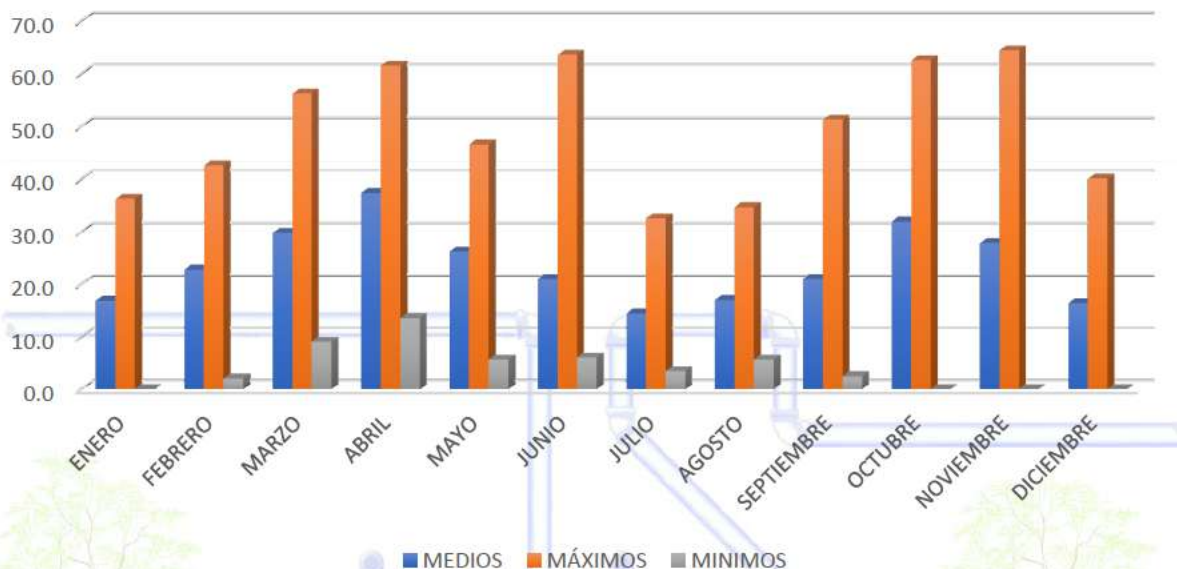


La topografía del municipio posee importantes variaciones por lo que la topografía del municipio es altamente quebrada, se presenta una altitud máxima de 4334 msnm, mientras que la mínima corresponde a 1099 msnm, existiendo una diferencia de 3235 m en una longitud aproximada de 11 Km, por lo que en general se presenta un paisaje de alta montaña.

6.4. Precipitación

La precipitación promedio asciende a 1.309.8 mm /año, con dos épocas de marcada pluviosidad al año que son: septiembre a noviembre con promedios de 119.5 mm, 185.9 mm y 133.6 mm en cada mes. Marzo y mayo con promedios de 212 mm y 206.6 mm. Las sequías se presentan igualmente en dos periodos: diciembre a febrero con mínima promedio en enero (28 mm), diciembre (61.1 mm) y febrero (28 mm) y entre junio (84 mm en promedio), julio (66.2 mm) y agosto (78.2 mm).

Figura 4. Diagrama de precipitaciones máximas, medias y mínimas en 24 horas por mes históricas estación BOAVITA



La Precipitación Media Anual (PMA) según la base de datos del IDEAM, con datos desde 1981 – 2010, es de un rango entre 1000 – 1500 mm.

Figura 5. Precipitación Media Anual San Mateo Boyacá



Fuente: Datosabiertos.gov.co, 2023.

6.5. Curva IDF

Las curvas son el soporte en el desarrollo de proyectos de diseño hidráulico. El análisis de los datos depende de la frecuencia y el periodo de retorno de las lluvias en la estación. Para obtener las curvas I-D-F se requiere de los registros continuos de precipitación medidos en pluviógrafos, la caracterización de las precipitaciones se realiza en la intensidad de las precipitaciones, que equivalen a la cantidad de lluvia caída en función del tiempo, expresada en mm/hora.

Las curvas de Intensidad- Duración- Frecuencia I-D-F se elaboraron a partir de los registros de precipitaciones máximas en 24 horas (día pluviométrico) empleando el método simplificado enunciado en el Manual de Drenaje para Carreteras del INVIAS (Ministerio de Transporte, 2009).

La expresión está dada por:

$$i = \frac{a * T^b * M^d}{\left(\frac{t}{60}\right)^c}$$

Donde:

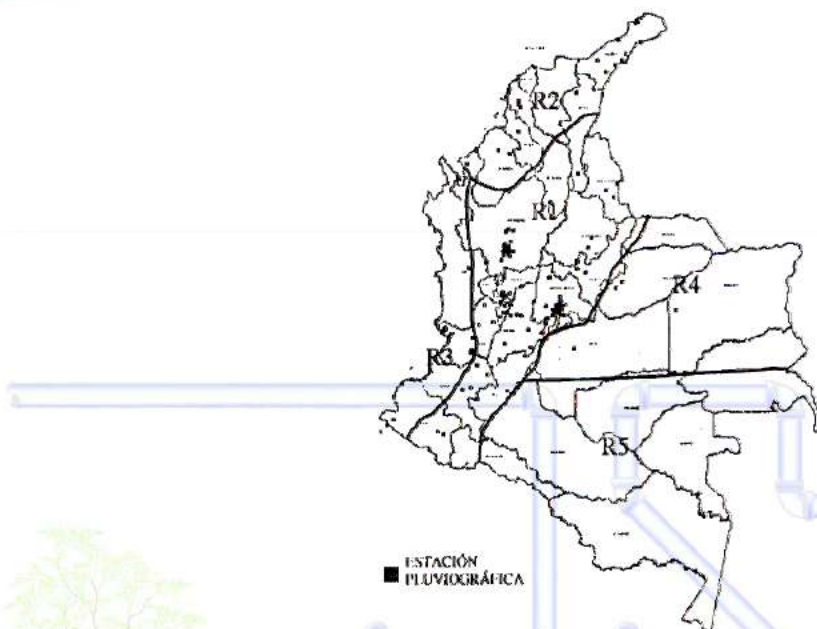
- i = Intensidad de precipitación, en milímetros por hora (mm/h)
- T = Periodo de retorno, en años
- M = Precipitación máxima promedio anual en 24 h a nivel multianual
- t = Duración de la lluvia, en minutos (min)
- a, b, c, d = Parámetros de ajuste de la regresión

Tabla 2. Valores de los coeficientes calculo IDF para Colombia

REGIÓN	a	b	c	d
Andina (R1)	0.94	0.18	0.66	0.83
Caribe (R2)	24.85	0.22	0.50	0.10
Pacífico (R3)	13.92	0.19	0.58	0.20
Orinoquía (R4)	5.53	0.17	0.63	0.42

Fuente: Manual para Drenaje de Carreteras INVIAS, 2009.

Figura 6. Regiones en Colombia para definición de parámetros



Fuente: Manual para Drenaje de Carreteras INVIAS, 2009.

Tabla 3. Precipitación máxima mensual en 24 horas histórica estación BOAVITA
Código 24035330

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DICE	VR AN
1995	12.4	11	56.2	43.4	25.9	22	18.3	11.8	24.2	34.5	27.8	27	56.20
1996	18	26.5	32.4	37.5	18.5	34	13.5	34.6	7.6	62.5	34.5	7.2	62.50
1997	19.2	11.3	42	19.5	31.5	23.4	4.4	5.6	50.5	23.8	64.4	7.5	64.40
1998	27.5	35.6	35.8	34	34	7.5	13.8	23.8	21.5	27.2	21	0	35.80
1999	33.3	33.3	22.8	31.6	18.2	8	17.2	19.4	24.6	57.6	25.4	40	57.60
2000	9	17.2	16.8	13.5	15.8	32.2	19.6	16.4	51.2	41.8	13.4	22	51.20
2001	26.6	23.8	13.5	15	27.5	38	17.8	15	22.5	50.5	12.5	25.8	50.50
2002	11.5	13.4	38.4	29.5	12.4	23.5	8	7	18.2	45.6	20	16.5	45.60
2003	0	28.4	34.5	57	11.5	21	14	5.8	26	31	29.5	28.5	57.00
2004	24.5	19	34.4	41.5	22	7	8.5	9	20.94	22.5	37.8	5	41.50
2005	21	41	9	61.5	45	35.4	32.5	11	13	27	26	18.5	61.50
2006	18.5	22.71	29	47	39	18	11	19	7	20.5	32	29.5	47.00
2007	19	11	15	22.6	13.5	6.2	27.5	19.2	14.5	28.5	38	17.5	38.00
2008	36.2	29.5	21	41.5	21.5	21	18.6	23	31	12	51	7.2	51.00
2009	8.5	14	21	40	41	19.5	10	11.5	23.5	20	35.5	7	41.00
2010	26	19	25	49.6	35	20	18.2	32.5	32	27.6	23.5	18.5	49.60
2011	7.8	19	19.5	35.5	25.9	26.3	23	19.1	15.4	24.2	35.5	25.5	35.50

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DICE	VR AN
2012	25	2	38.5	45.1	15.5	10	13	21	9	23.8	34.4	16	45.10
2013	34.5	26.5	32	36	39	8.5	8.5	22	15.4	12	24.5	19	39.00
2014	28.5	25.5	31	51	20	6	3.4	21	9.2	25	31.6	27.5	51.00
2015	9	13	36	33.4	5.6	7.5	10	12	14.5	42	18.5	9	42.00
2016	11.5	9.2	14.4	47	46.5	11	7.2	12.1	11.5	38.5	35	23.2	47.00
2017	12	14.7	28	47	22.8	21.5	9.5	19	17.2	18	23.5	25.5	47.00
2018	15.5	35	35.5	35	33.5	16	11.6	6.5	19.2	34.4	28	3.5	35.50
2019	4.2	42.5	32.5	41	35.7	22.5	6	13	29	46.5	21.5	8.5	46.50
2020	5.4	32.5	14.5	35	11.5	33.5	11.8	19.6	29.5	38.5	28.2	10.5	38.50
2021	8.2	34	52	41	22	26.4	16.4	23.6	20.8	55.5	13.5	13.5	55.50
2022	3	23.5	46.5	24	25	63.5	16.5	19.5	26	33.5	19	13.5	63.50
2023	11.4	24.5	35.4	25.5	44	17.5	27	18.2	/	/	/	/	/

Fuente: Autor con base en datos del IDEAM, 2023.

Tabla 4. Precipitación máxima anual histórica en 24 horas estación BOAVITA Código 24035330

Año	Precipitación (mm)	Año	Precipitación (mm)	Año	Precipitación (mm)
1995	56.20	2005	61.50	2015	42.00
1996	62.50	2006	47.00	2016	47.00
1997	64.40	2007	38.00	2017	47.00
1998	35.80	2008	51.00	2018	35.50
1999	57.60	2009	41.00	2019	46.50
2000	51.20	2010	49.60	2020	38.50
2001	50.50	2011	35.50	2021	55.50
2002	45.60	2012	45.10	2022	63.50
2003	57.00	2013	39.00	/	/
2004	41.50	2014	51.00	/	/

Fuente: Autor con base en datos del IDEAM, 2023.

Tabla 5. Datos curva IDF estación BOAVITA Código 24035330

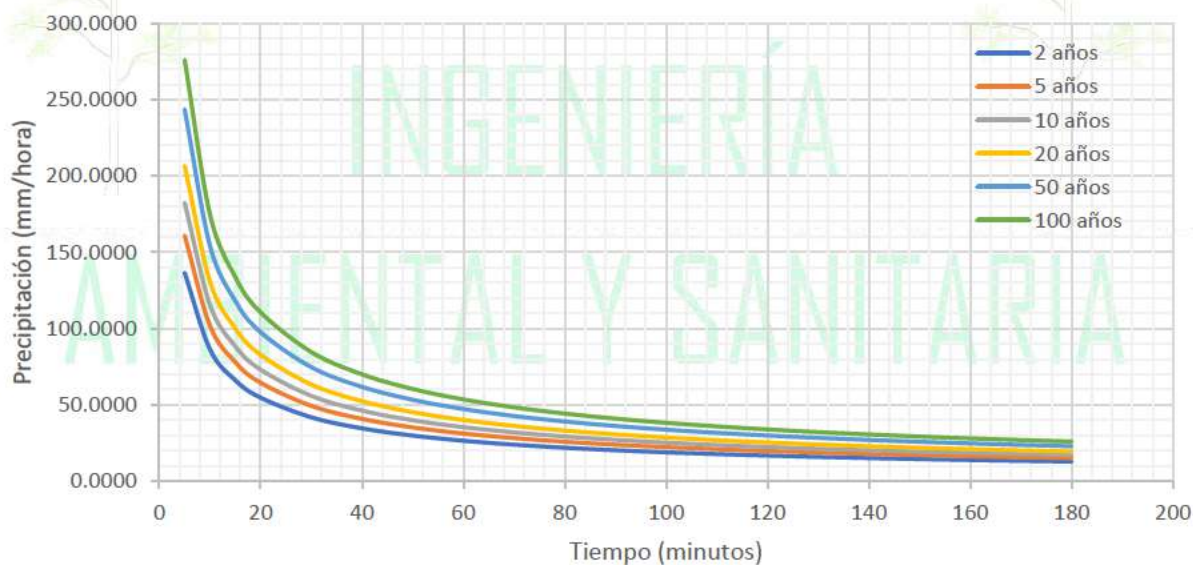
Tiempo	Periodo de retorno (años)					
	2	5	10	20	50	100
5	136.5106	160.9887	182.3816	206.6171	243.6663	276.0457
10	86.3946	101.8863	115.4253	130.7635	154.2111	174.7033
15	66.1099	77.9642	88.3244	100.0613	118.0037	133.6844
20	54.6773	64.4816	73.0502	82.7574	97.5969	110.5659
30	41.8395	49.3419	55.8986	63.3266	74.6820	84.6060



Tiempo	Periodo de retorno (años)					
	2	5	10	20	50	100
40	34.6040	40.8090	46.2319	52.3753	61.7669	69.9748
50	29.8653	35.2205	39.9007	45.2029	53.3084	60.3922
60	26.4793	31.2274	35.3770	40.0781	47.2646	53.5453
70	23.9178	28.2066	31.9548	36.2011	42.6924	48.3656
80	21.9002	25.8271	29.2592	33.1472	39.0910	44.2855
90	20.2622	23.8955	27.0708	30.6681	36.1673	40.9733
100	18.9011	22.2903	25.2523	28.6079	33.7377	38.2209
110	17.7487	20.9313	23.7128	26.8638	31.6808	35.8907
120	16.7582	19.7631	22.3894	25.3645	29.9127	33.8877
130	15.8959	18.7462	21.2373	24.0594	28.3735	32.1439
140	15.1371	17.8514	20.2235	22.9109	27.0191	30.6095
150	14.4633	17.0567	19.3233	21.8910	25.8164	29.2470
160	13.8601	16.3454	18.5175	20.9782	24.7398	28.0273
170	13.3165	15.7043	17.7912	20.1553	23.7695	26.9280
180	12.8235	15.1229	17.1325	19.4092	22.8895	25.9311

Fuente: Autor con base en datos del IDEAM, 2023.

Figura 7. Curva IDF estación BOAVITA Código 24035330



Fuente: Autor con base en datos del IDEAM, 2023.

El desarrollo de cálculos para determinación de la curva IDF se adjunta en el anexo H-2.

7. ESTUDIO HIDRÁULICO

7.1. Descripción general

En la zona de intervención se presenta un daño generalizado al talud, el cual posee un desprendimiento de material y movimiento de masas que afectan el corredor vial como se identifica en las siguientes imágenes.

Figura 8. Registro fotográfico zona de intervención





Fuente: Autor, 2023.

De acuerdo con el estudio geotécnico según las condiciones del terreno en donde se encuentra material removido por un probable fenómeno de remoción en masa, es necesario realizar ensayos de línea Sísmica tipo REMI, estudio hidrogeológico, topografía más detallada y sondeos profundos para realizar un análisis de estabilidad de los taludes con las posibles soluciones para el paso de movilidad vehicular por la vía, así mismo, se recomienda realizar una obra de mitigación temporal, por lo que resulta adecuado según levantamientos realizados en obra y recomendaciones del estudio geotécnico la



proyección de un filtro que reduzca el contenido de humedad subsuperficial proveniente del talud y que genera una descompensación en la estabilidad de la rasante.

Así mismo, con el objetivo de reducir el daño ocasionado por la cantidad de agua proveniente del talud asociado a la vía, se recomienda la construcción de una zanja de coronación.

Finalmente, con el objetivo de evacuar las aguas provenientes del filtro, zanja de coronación y cunetas asociadas y que deberán rehabilitarse junto con la rasante de la vía, se deberá proyectar una estructura de drenaje tipo alcantarilla.

7.1.1. Intensidad de precipitación

Periodo de retorno

De acuerdo con el Manual de Drenaje para Carreteras del INVIAS (Ministerio de Transporte, 2009), el drenaje subsuperficial deberá manejar un periodo de retorno de dos (2) años, las zanjas de coronación un periodo de diez (10) años y para las alcantarillas con diámetro de 0.90m diez (10) años, como se especifica en la siguiente tabla.

Tabla 6. Periodos de retorno de diseño en obras de drenaje vial

TIPO DE OBRA	PERIODO DE RETORNO (AÑOS) ¹
Cunetas	5
Zanjas de Coronación ²	10
Estructuras de Caída ²	10
Alcantarillas de 0.90 m de diámetro	10
Alcantarillas mayores a 0.90 m de diámetro	20
Puentes menores (luz menor a 10 m)	25
Puentes de luz mayor o igual a 10 m y menor a 50 m	50
Puentes de luz mayor o igual a 50 m	100
Drenaje subsuperficial	2

Notas: ¹ El periodo de retorno de diseño de las obras podrá variarse, a juicio del ingeniero Consultor, para casos especiales, debidamente justificados.

² En caso de que los taludes de corte de la vía sean inestables se podrá incrementar este periodo de retorno, a juicio del ingeniero Consultor.

Fuente: Tabla 2.8. del manual de drenaje para carreteras del INVIAS, 2009.



Duración de la lluvia

Para la obtención de la intensidad de diseño es necesario conocer la duración de la lluvia asociada, para ello, el método racional supone que la duración de la lluvia será igual al tiempo de concentración en la cuenca, este tiempo corresponde a la duración que tarda una gota de agua en recorrer el trayecto desde el punto más alejado de ella hasta el punto de consideración (punto de definición de la cuenca).

El tiempo de concentración se fija en un valor de 15 minutos

La intensidad corresponderá entonces al valor cruzado entre un periodo de retorno de 2 y 10 años con una duración de 15 minutos, resultando en un valor de **66.1099mm/hora** para el diseño de drenaje subsuperficial y de **88.3244mm/hora** para el diseño de zanjas de coronación y alcantarilla.

7.1.2. Coeficiente de escorrentía

En la siguiente tabla se muestran los valores típicos del coeficiente de escorrentía sugeridos por el Instituto Nacional de Vías INVIAS, donde se relaciona la vegetación y topografía con la textura y uso del suelo en áreas rurales. De acuerdo con las características de cada cuenca aportante a las estructuras proyectadas se define un valor (Ministerio de Transporte, 2009).

Tabla 7. Valores del coeficiente de escorrentía

VEGETACIÓN Y TOPOGRAFÍA Y	TEXTURA DEL SUELO		
	FRANCO ARENOSO	FRANCO LIMO ARCILLOSO	ARCILLOSO
BOSQUES			
Plano:	0.10	0.30	0.40
Ondulado:	0.25	0.35	0.50
Montañoso:	0.30	0.50	0.60
PASTOS			
Plano:	0.10	0.30	0.40
Ondulado:	0.16	0.36	0.55
Montañoso:	0.22	0.42	0.60
TIERRAS CULTIVADAS			
Plano:	0.30	0.50	0.60
Ondulado:	0.40	0.60	0.70
Montañoso:	0.52	0.72	0.82
Nota: Plano (pendiente 0 - 5%); Ondulado (pendiente 5 - 10%); Montañoso (pendiente 10 - 30%). Para valores mayores al 30 %, a falta de datos, utilizar los valores para pendientes entre el 10 y el 30 %.			

Fuente: Manual de drenaje para Carreteras, INVIAS. 2009.



7.2. Diseño de drenaje subsuperficial

De acuerdo con las condiciones del subsuelo descritas en el estudio geotécnico con exploraciones a donde se proyecta la intervención, se encuentra un perfil con estrato compuesto por grava limosa (GM) con presencia de nivel freático a 1.10m.

Sabiendo que el tipo de suelo presente en los sondeos realizados en la zona de intervención, de acuerdo con estudio de suelos corresponde a grava limosa (GM) según la clasificación SUCS, el coeficiente de permeabilidad corresponderá a lo presentado en la siguiente tabla (Sowers & F., 1972).

Tabla 8. Valores de permeabilidad de los principales tipos de suelos

Suelo	Descripción	Clasificación USCS	Permeabilidad (m/s)
Gravas	Bien gradadas	GW	10^{-3} a 10^{-1}
	Bien seleccionadas	GP	10^{-2} a 10
	Limosas	GM	10^{-7} a 10^{-5}
	Arcillosas	GC	10^{-8} a 10^{-6}
Arenas	Bien gradadas	SW	10^{-5} a 10^{-3}
	Bien seleccionadas	SP	10^{-4} a 10^{-2}
	Limosas	SM	10^{-7} a 10^{-5}
	Arcillosas	SC	10^{-8} a 10^{-6}
Limos	Baja plasticidad	ML	10^{-9} a 10^{-7}
	Alta plasticidad	MH	10^{-9} a 10^{-7}
Arcillas	Baja plasticidad	CL	10^{-9} a 10^{-7}
	Alta plasticidad	CH	10^{-10} a 10^{-8}

Fuente: Sowers, 1972.

Se realiza el cálculo manual de las condiciones de drenaje y posteriormente se usa el software Geosoft® de PAVCO para la verificación del sistema de evacuación subsuperficial óptimo para el mejoramiento de la vía afectada.

7.2.1. Estimación del caudal

Caudal por infiltración

Parte del agua lluvia que cae directamente en la carpeta de pavimento, tanto rígida como flexible, para el caso, destapado, se infiltra en la estructura debido a la permeabilidad de las mismas. El cálculo de este caudal de infiltración se efectúa de la siguiente manera.

$$Q_{inf} = l_R * B * L * F_i * F_R$$

Donde



Q_{inf} = Caudal de infiltración

I_R = Precipitación máxima horaria de frecuencia anual, registrada en la zona del proyecto (m/s).

B = Para subdrenes longitudinales, B es la semibanca de la carretera (ancho de la vía/2). Para el caso de subdrenajes transversales, B es la distancia entre subdrenajes (m).

L = Longitud del tramo de drenaje hasta la descarga (m).

F_i = Factor de infiltración.

F_R = Factor de retención de la base, refleja el hecho de que las bases dado su tiempo de servicio disminuyen su permeabilidad.

Tabla 9. Valores recomendados para F_i

Tipo de Carpeta	F_i
Carpetas asfálticas muy bien conservadas	0.3
Carpetas asfálticas normalmente conservadas	0.4
Carpetas asfálticas pobremente conservadas	0.5
Carpetas de concreto de cemento Portland	0.67
Campos deportivos o terreno natural	0.7 – 0.8

Fuente: Diseño de infraestructura con geosintéticos.

Tabla 10. Valores recomendados para F_R

Tipo de Carpeta	F_R
Bases bien gradadas, en servicio 5 años o más	1/4
Bases bien gradadas, en servicio menos de 5 años	1/3
Bases de gradación abierta, en servicio 5 años o más	1/3
Bases de gradación abierta, en servicio menos de 5 años	1/2

Fuente: Diseño de infraestructura con geosintéticos.

El tipo de terreno corresponde a un terreno natural, por lo que el factor de infiltración corresponde a 0.7, el valor de F_R se fija en 1/3, de esta manera:

- 66.1099mm/h – 0.0000183639m/s



$$Q_{inf} = l_R * B * L * F_i * F_R$$

$$Q_{inf-Tramo\ 1} = 0.0000183639 * 35 * 30 * 0.7 * 0.33$$

$$Q_{inf} = 0.00445416\ m^3/s$$

$$Q_{inf} = 4.454\ L/s$$

$$Q_{inf-Tramo\ 2} = 0.0000183639 * 35 * 30 * 0.7 * 0.33$$

$$Q_{inf} = 0.004454\ m^3/s$$

$$Q_{inf} = 4.454\ L/s$$

Caudal por abatimiento del nivel freático

El cálculo de este caudal se basa en los siguientes parámetros:

$$Q_{NF} = k * i * A_a$$

$$i = \frac{N_d - N_f}{B}$$

$$A_a = (N_d - N_f) * L$$

Donde:

K= Es el coeficiente de permeabilidad del suelo adyacente (m/s)

i = Es el gradiente hidráulico

N_d = Cota inferior del subdrén (m)

N_f = Cota superior del nivel freático (m)

A_a = Es el área efectiva para el caso de abatimiento del nivel freático (m²)

B= Para subdrenajes longitudinales, B es la semibanca de la vía. Para el caso de subdrenajes transversales, B es la distancia entre subdrenajes (m)

L = Longitud del tramo de drenaje (m)

Tramo N°1

De acuerdo con el estudio geotécnico, se identifica que el sondeo N°2 propone las condiciones para el drenaje subsuperficial del filtro N°1, por lo tanto:

- $K = 10^{-6} \text{ m/s}$
- $N_d = 1.20$
- $N_f = 1.10$
- $B = 35\text{m}$
- $L = 30\text{m}$

$$i = \frac{1.20 - 1.10}{35} = 0.002857$$

$$A_a = (1.20 - 1.10) * 30 = 3.0$$

$$Q_{NF} = 10^{-6} * 0.002857 * 3.0 = 0.00000008571 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{NF} = 0.00008571 \text{ L/s}$$

Tramo N°2

De acuerdo con el estudio geotécnico, se identifica que el sondeo N°2 propone las condiciones para el drenaje subsuperficial del filtro N°2, por lo tanto:

- $K = 10^{-6} \text{ m/s}$
- $N_d = 1.20$
- $N_f = 1.10$
- $B = 35\text{m}$
- $L = 30\text{m}$

$$i = (1.20 - 1.10)/35 = 0.002857$$

$$A_a = (1.20 - 1.10) * 30 = 3.0$$

$$Q_{NF} = 10^{(-6)} * 0.002857 * 3.0 = 0.00000008571 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{NF} = 0.00008571 \text{ L/s}$$

De esta manera, el caudal total de diseño para cada tramo corresponde a:

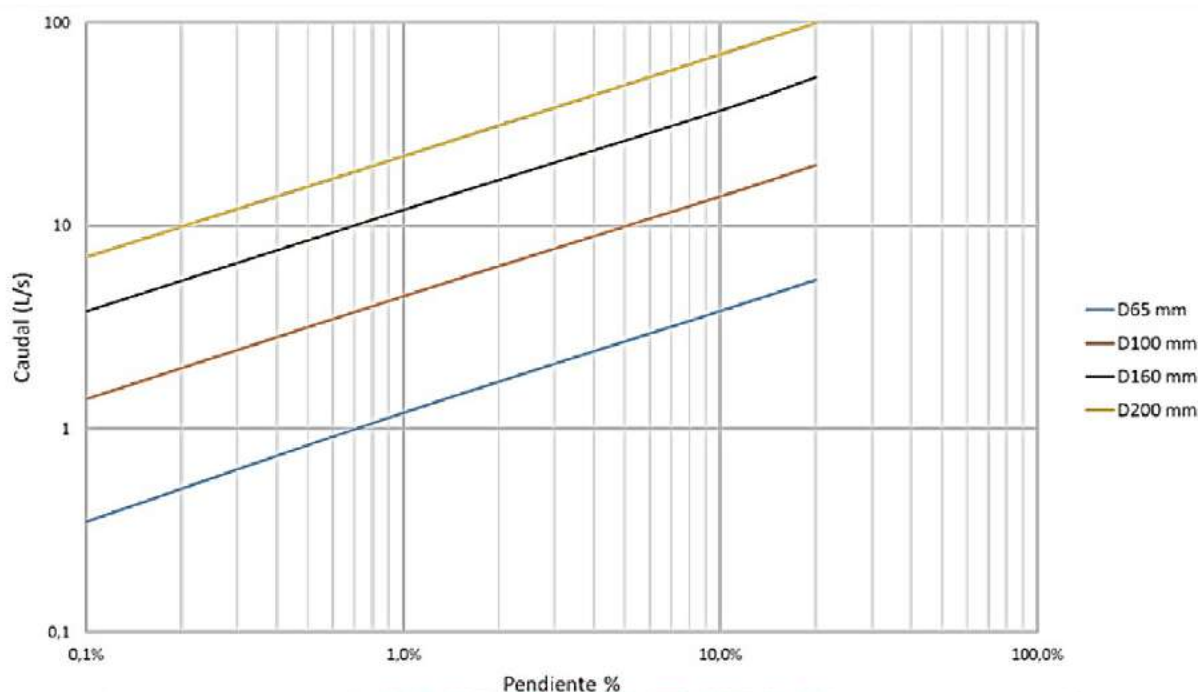
- Tramo N°1 = $4.454 \text{ L/s} + 0.00008571 \text{ L/s} = 4.454 \text{ L/s}$
- Tramo N°2 = $4.454 \text{ L/s} + 0.00008571 \text{ L/s} = 4.454 \text{ L/s}$



7.2.2. Sistema de evacuación de líquidos

Para estimar el caudal máximo que puede transportar el tubo se usa un monograma con base en la ecuación de Prandtl Colebrook, en donde conociendo la pendiente y el caudal de diseño se puede establecer el diámetro de la tubería a usar.

Figura 9. Nomograma para el cálculo del diámetro de tubería a usar



Fuente: Diseño de infraestructura con geosintéticos.

Para el caso de diseño, se presenta la siguiente relación:

Tabla 11. Selección de diámetro óptimo para tramos de filtro

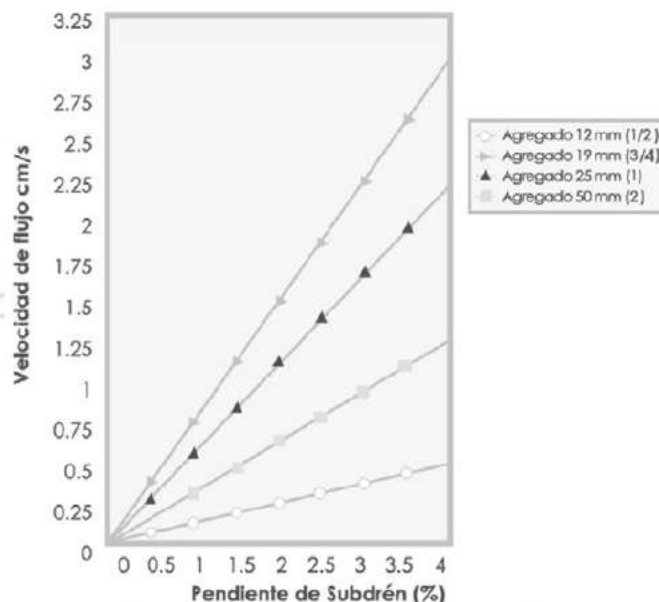
TRAMO	PENDIENTE	CAUDAL (L/s)	DIÁMETRO ÓPTIMO
1	3.333%	4.454	4"
2	5.386%	4.454	4"

Fuente: Autor, 2023.



7.2.3. Determinación de la sección transversal del subdrén

Figura 10. Pendiente Vs velocidad, según el tamaño del agregado



Fuente: Diseño de infraestructura con geosintéticos.

De acuerdo con el gráfico anterior, se determina la velocidad en base a la pendiente de cada tramo proyectado, de esta manera:

Tabla 12. Velocidad de flujo en filtros

TRAMO	PENDIENTE	TAMAÑO DE GRAVA	VELOCIDAD DE FLUJO (cm/s)
1	3.333%	1"	1.75
2	5.386%	1"	2.50

Fuente: Autor, 2023.

Utilizando como material drenante grava con tamaño uniforme de 25mm (1"), la velocidad estimada corresponde a 1.75 cm/s y 2.5 cm/s, para los tramos 1 y 2 respectivamente

Con la velocidad determinada y utilizando la ecuación de Darcy, se calcula el área de la sección transversal requerida para el subdrén usando un gradiente hidráulico de 1,0.

$$A = \frac{QT}{V * i}$$

$$A_{TRAMO\ 1} = \frac{0.004454}{0.0175 * 1} = 0.2545m^2$$

Considerando una altura óptima para interceptación de nivel freático de 1.20m y sabiendo que un ancho de 0.2120m cumpliría con los requerimientos de área del filtro, por motivos constructivos se adopta un ancho de 0.35m.

$$A_{TRAMO\ 2} = \frac{0.004454}{0.025 * 1} = 0.17816m^2$$

Considerando una altura óptima para interceptación de nivel freático de 1.20m y sabiendo que un ancho de 0.1484m cumpliría con los requerimientos de área del filtro, por motivos constructivos se adopta un ancho de 0.35m.

7.2.4. Criterio de retención (TAA)

Este criterio asegura que las aberturas sean lo suficientemente pequeñas para evitar la migración del suelo hacia el medio drenante o hacia donde se dirige el flujo.

De acuerdo con lo establecido en "Geotextiles Engineering Manual" de la Federal Highway Administration (FHWA) y basados en los criterios de retención de Christopher y Holtz (1989), Carroll (1983), un Geotextil debe cumplir con la siguiente condición:

$$TAA < D_{85} * B$$

Donde

TAA= Tamaño de abertura aparente, dato suministrado por el fabricante. Corresponde a la abertura de los espacios libres (en milímetros). Se obtiene tamizando unas esferas de vidrio de diámetros conocidos, cuando el 5% de un tamaño determinado de esferas pasa a través del Geotextil, se define el TAA. Ensayo ASTM D4751.

D85= Tamaño de partículas (en milímetros) que corresponde al 85% del suelo que pasa al ser tamizado. Este dato se obtiene de la curva granulométrica del suelo en consideración.

B= Coeficiente que varía entre 1 y 3. Depende del tipo de suelo a filtrar, de las condiciones de flujo y del tipo del Geotextil.

Para arenas, arenas gravosas, arenas limosas y arenas arcillosas (con menos del 50% pasa tamiz #200), B es función del coeficiente de uniformidad Cu, donde $Cu = D_{60}/D_{10}$, de la siguiente manera:



$$\begin{aligned}
 C_u \leq 2 \text{ ó } C_u \geq 8 &\rightarrow B = 1 \\
 2 < C_u \leq 4 &\rightarrow B = 0.5 \times C_u \\
 4 < C_u < 8 &\rightarrow B = 8 / C_u
 \end{aligned}$$

Para suelos arenosos mal gradados: B entre 1.5 y 2

Para suelos finos (más del 50% pasa tamiz #200) B es función del tipo de Geotextil.

$$\begin{aligned}
 \text{Para Tejidos: } B &= 1 &\rightarrow TAA \leq D_{85} \\
 \text{Para No Tejidos: } B &= 1.8 &\rightarrow TAA \leq 1.8 * D_{85}
 \end{aligned}$$

Según Christopher y Holtz, para suelos cohesivos con un índice de plasticidad mayor a 7, el valor del Tamaño de Abertura Aparente debe ser de:

$$TAA < 0.30 \text{ m}$$

De esta manera, de acuerdo con el estudio de suelos.

$$TAA < D_{85} * B$$

$$B = 1.8; \text{ Para geotextiles No Tejidos}$$

$$D_{85} = 0.085$$

$$TAA < 0.153 \text{ mm}$$

7.2.5. Criterio de permeabilidad

Este criterio considera que el coeficiente de permeabilidad es la propiedad hidráulica por medio de la cual, el Geotextil permite un adecuado paso de flujo perpendicular al plano del mismo, considerando su habilidad para esto. Para revisar la permeabilidad del Geotextil se debe tener en cuenta lo siguiente:

Para condiciones de flujo estable o flujo laminar y suelos no dispersivos, con porcentajes de finos no mayores al 50%, y de acuerdo con el criterio de Schober y Teindl (1979); Water (1980); Carroll (1983); Christopher y Holtz (1985) y otros:

$$k_g > k_s$$

Donde

k_g = Permeabilidad del geotextil

k_s = Permeabilidad del suelo

Para condiciones de flujo crítico, altos gradientes hidráulicos y buscando un correcto desempeño a largo plazo reduciendo los riesgos de colmatación se recomienda usar el criterio de Carroll (1983); Chistopher y Holtz (1985):

Tramo 1 y 2

$$k_g > 10 * k_s$$

$$k_s = 10 * 10^{-6} m/s$$

$$k_s > 10 * 10^{-5} m/s$$

7.2.6. Criterio de colmatación

Este criterio considera que existe la posibilidad de taparse algunos de sus vacíos debido a incrustación de partículas de suelo, con una incidencia en la reducción de la permeabilidad, por lo tanto, el Geotextil debe tener un porcentaje mínimo de espacios vacíos o una alta porosidad.

Los Geotextiles con una mayor resistencia a la colmatación, son los Geotextiles No Tejidos punzonados por agujas, en los cuales la probabilidad a que se taponen gran parte de sus orificios es muy baja debido al espesor que poseen y a los altos valores de porosidad que presentan. Los Geotextiles No Tejidos unidos por temperaturas o calandrados, son mucho más delgados y rígidos, razón por la cual se parecen en su comportamiento a los Geotextiles Tejidos, Leuttich (1993).

Los Geotextiles Tejidos tienen baja porosidad y el riesgo de colmatación muy alto, con la consecuencia de una pérdida súbita en la permeabilidad; razón por la cual no se recomienda usarlos como filtros en sistemas de drenaje. De acuerdo con el criterio de Chistopher y Holtz, 1985; R. Koemer, 1990, los Geotextiles usados como medios filtrantes deben tener una porosidad > 50%. Razón por la cual no se deben usar Geotextiles Tejidos en sistemas de subdrenaje (Wavin, 2014).

7.2.7. Criterio de supervivencia

Cuando se presentan condiciones severas de instalación con esfuerzos de contacto altos, se evaluarán todas las características mecánicas que tienen los posibles Geotextiles a usar frente las especificaciones según el artículo de la norma AASHTO M288-05.



Figura 11. Especificaciones técnicas de geotextiles no tejidos

PROPIEDADES MECÁNICAS	NORMA	UNIDAD	NT1600	NT1800	NT2000	NT2500	NT3000	NT4000	NT5000	NT6000	NT7000	REPAV 400	REPAV 450
Método Grab													
Resistencia a la Tensión	ASTM D4632	N (lb)	400 (90)	470 (106)	500 (113)	700 (158)	720 (162)	980 (221)	1165 (262)	1310 (293)	1530 (345)	470 (106)	550 (124)
Elongación		%	>50	>50	>50	>50	>50	>50	>50	>50	>50	>50	>50
Método CBR													
Resistencia al Punzonamiento	ASTM D6241	kN (lb)	1.1 (247)	1.3 (292)	1.5 (337)	1.9 (427)	2.1 (472)	2.3 (520)	3.3 (742)	4.0 (900)	4.6 (1034)	N.A.	N.A.
Resistencia al Rasgado Trapezoidal	ASTM D4533	N (lb)	164 (37)	190 (43)	210 (47)	260 (58)	295 (66)	350 (78)	400 (90)	470 (106)	570 (128)	180 (40)	230 (52)
PROPIEDADES HIDRÁULICAS	NORMA	UNIDAD	NT1600	NT1800	NT2000	NT2500	NT3000	NT4000	NT5000	NT6000	NT7000	REPAV 400	REPAV 450
Tamaño de Abertura Aparente	ASTM D4751	mm (tamiz)	0.212 (70)	0.180 (80)	0.180 (80)	0.150 (100)	0.150 (100)	0.106 (140)	0.125 (120)	0.106 (140)	0.090 (170)	N.A.	N.A.
Permeabilidad	ASTM D4491	cm/s	27×10^{-2}	29×10^{-2}	25×10^{-2}	24×10^{-2}	27×10^{-2}	20×10^{-2}	22×10^{-2}	17×10^{-2}	12×10^{-2}	N.A.	N.A.
Permitividad	ASTM D4191	s ⁻¹	2.1	2.1	1.7	1.7	1.5	1.0	1.0	0.6	0.4	N.A.	N.A.
Tasa de Flujo	ASTM D4491	l/min/m ²	5300	6120	4750	4800	4400	2930	2700	1920	1200	N.A.	N.A.
Retención de Asfalto	ASTM D6140	l/m ²	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0.5	1.0
PROPIEDADES FÍSICAS	NORMA	UNIDAD	NT1600	NT1800	NT2000	NT2500	NT3000	NT4000	NT5000	NT6000	NT7000	REPAV 400	REPAV 450
Espesor	ASTM D5199	mm	1.3	1.4	1.5	1.7	1.8	2.0	2.2	2.8	2.9	1.3	1.5
Resistencia UV @ 500 hr	ASTM D4355	%	>70	>70	>70	>70	>70	>70	>70	>70	>70	>70	>70
Punto de Fusión	ASTM D276	°C	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	150	150
Rolls Ancho	Medido	m	3.5 • 3.8 • 4.0	3.5 • 3.8 • 4.0	3.5 • 3.8 • 4.0	3.5 • 3.8 • 4.0	3.5 • 3.8 • 4.0	3.5 • 3.8 • 4.0	3.5 • 3.8 • 4.0	3.5 • 3.8 • 4.0	3.5 • 3.8 • 4.0	3.5	3.8
Rolls Largo	Medido	m	160	160	130	120	120	130	120	100	80	160	150
Rolls Área	Calculado	m ²	560 • 608 • 640	525 • 570 • 600	455 • 494 • 520	420 • 458 • 480	420 • 458 • 480	455 • 494 • 520	420 • 458 • 480	350 • 380 • 400	280 • 304 • 320	564	570
FUNCIÓN DEL GEOTEXTIL			NT1600	NT1800	NT2000	NT2500	NT3000	NT4000	NT5000	NT6000	NT7000	REPAV 400	REPAV 450
Filtración			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
Drenaje			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
Protección			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
Separación						✓	✓	✓	✓	✓	✓		
Estabilización								✓	✓	✓	✓		
Repavimentación												✓	✓

Fuente: Diseño de infraestructura con geosintéticos.

Con base en los criterios anteriores y comparando las especificaciones de los Geotextiles de la figura anterior, los Geotextiles que cumplen estos criterios son: NT2500, NT3000, NT4000, NT5000, NT6000 y NT7000. Se selecciona el Geotextil NT2500 por ser técnica y económicamente más conveniente.

7.2.8. Criterio de permitividad

Se desarrolla el cálculo de la permitividad requerida por el geotextil como medio filtrante.

Tramo N°1

$$\varphi_{req} = \frac{Q}{\Delta h * H * L}$$

$$\varphi_{req} = \frac{0.004454 \text{ m}^3/\text{s}}{0.35 * 1.20 * 30}$$

$$\varphi_{req} = 3.5349 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$$

Tramo N°2

$$\varphi_{req} = \frac{0.004454 \text{ m}^3/\text{s}}{0.35 * 1.20 * 30}$$

$$\varphi_{req} = 3.5349 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$$

Una vez calculada la permitividad requerida por el sistema, se contrasta con la permitividad admisible del Geotextil NT2500, el cual cuenta con una $\psi_{ult} = 1.7 \text{ s}^{-1}$, donde:

ψ_{adm} = Permitividad admisible.

ψ_{ult} = Permitividad última, entregada por el fabricante.

FRSCB = Factor de reducción por colmatación y taponamiento.

FRCR = Factor de reducción por creep o fluencia.

FRIN = Factor de reducción por intrusión.

FRCC = Factor de reducción por colmatación química.

FRBC = Factor de reducción por colmatación biológica.

Tabla 13. Factores de reducción para geotextiles en aplicaciones de drenajes

Área	Colmatación FRSCB	Reducción de vacíos por creep FRCR	Intrusión en los vacíos FRIN	Colmatación química FRCC	Colmatación biológica FRBC
Filtros en el espaldón muros de contención	2.0 a 4.0	1.0 a 2.0	1.0 a 1.2	1.0 a 1.2	1.0 a 1.3
Sistemas de subdrenaje	2.0 a 10	1.0 a 1.5	1.0 a 1.2	1.2 a 1.5	2.0 a 4.0**
Filtros de control de erosión	2.0 a 10	1.0 a 1.5	1.0 a 1.2	1.0 a 1.2	2.0 a 4.0
Filtros en rellenos sanitarios	2.0 a 10	1.5 a 2.0	1.0 a 1.2	1.2 a 1.5	2.0 a 5.0**
Drenaje por gravedad	2.0 a 4.0	2.0 a 3.0	1.0 a 1.2	1.2 a 1.5	1.2 a 1.5
Drenaje a presión	2.0 a 3.0	2.0 a 3.0	1.0 a 1.2	1.1 a 1.3	1.1 a 1.3

*Si bloques de concreto o rip rap cubren la superficie de los Geotextiles, use los valores superiores o incluya un factor de reducción adicional.

**Los valores pueden ser particularmente más altos por alta alcalinidad del agua subterránea.

***Los valores pueden ser más altos por un extremadamente alto contenido de microorganismos y/o crecimiento de organismos y raíces de plantas o vegetación.

Fuente: Diseño de infraestructura con geosintéticos.

$$\varphi_{adm} = \frac{\varphi_{ult}}{FR_{SCB} * FR_{CR} * FR_{IN} * FR_{CC} * FR_{BC}}$$

$$\varphi_{adm} = \frac{1.7 \text{ s}^{-1}}{2.0 * 1.1 * 1.1 * 1.2 * 2.0}$$

$$\varphi_{adm} = 0.29 \text{ s}^{-1}$$

Conforme lo anterior, se calcula el factor de seguridad global.

$$FS_g = \frac{\varphi_{adm}}{\varphi_{req}}$$

$$FS_g = \frac{0.29 \text{ s}^{-1}}{3.5349 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}} = 820.386$$

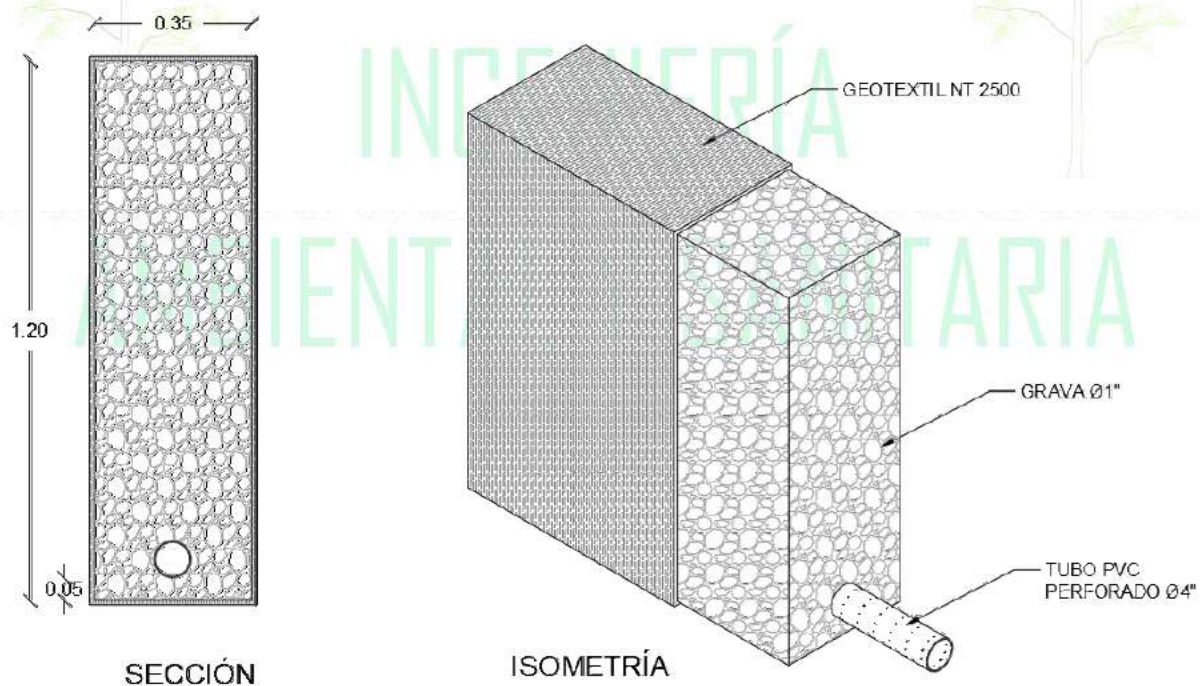
$$FS_g > 1.0 \text{ cumple}$$

Por lo que el geotextil NT 2500 es apto como medio filtrante en el sistema.

En conclusión, se proyecta un filtro francés en el costado contra el talud, el cual tendrá una sección de 0.35 metros de ancho por 1.20m de alto, estará conformado por gravilla con diámetro promedio de una (1) pulgada, estará protegido por geotextil NT2500, la tubería de drenaje será en PVC perforada de cuatro (4) pulgadas de diámetro.

Se usa el software Geosoft ® de PAVCO para la verificación del sistema de drenaje subsuperficial, el reporte de los modelos se adjunta en el anexo H-2.

Figura 12. Sección de filtro proyectado para los tramos N°1 y 2



Fuente: Autor, 2023.



7.3. Diseño zanja de coronación

Las zanjas de coronación son utilizadas para interceptar las aguas lluvias, evitando su paso por el talud. El manual de drenaje para carreteras del INVIAS (Ministerio de Transporte, 2009) recomienda que las zanjas de coronación sean totalmente impermeabilizadas para evitar infiltraciones que puedan afectar el talud de la vía y que la impermeabilización se complemente con un correcto mantenimiento en el que, cuando menos cada dos años, se reparen las fisuras y las grietas que se presenten.

Las zanjas de coronación pueden ser trapezoidales o rectangulares. Al igual que en las cunetas, el caudal y las dimensiones se estiman con el método racional y la expresión de Manning para una sección y un revestimiento seleccionados y una topografía dada.

El área aferente a la zanja de coronación incluye la hoya que por topografía drena directamente a la misma. Esta área es medida sobre la cartografía o fotografías aéreas disponibles, o determinada a partir de la observación de las características topográficas de la zona. Esta última metodología es usada principalmente en zonas planas, donde la precisión de la cartografía no es suficiente (Ministerio de Transporte, 2009).

7.3.1. Determinación de caudal

El caudal de acuerdo con recomendaciones del INVIAS se determina mediante el método racional, de acuerdo con topografía y levantamientos en obra se estima un distanciamiento promedio de 35.0 metros desde la corona del talud hasta la ubicación propuesta de la zanja de coronación, adicionalmente se incluye una longitud de 50m de talud aportante de la vía ubicada en la parte superior donde no hay manejo de aguas adecuado, al proyectar una longitud de 85 metros se establece un área de 5100 m² o 0.510 hectáreas.

La intensidad de precipitación corresponde a **88.3244mm/hora** según lo descrito en el subtítulo 7.1.1 del presente documento.

Teniendo en cuenta el tipo de suelo y la topografía predominante de acuerdo con lo descrito en el subtítulo 7.1.2 del presente documento, corresponde un valor de coeficiente de escorrentía de 0,45.

De esta manera, el caudal de diseño para la zanja de coronación corresponde a:

$$Q_z = 0,278 C i A$$

$$Q_z = 0,278 * 0,45 * 88.3244 * 0,0051$$

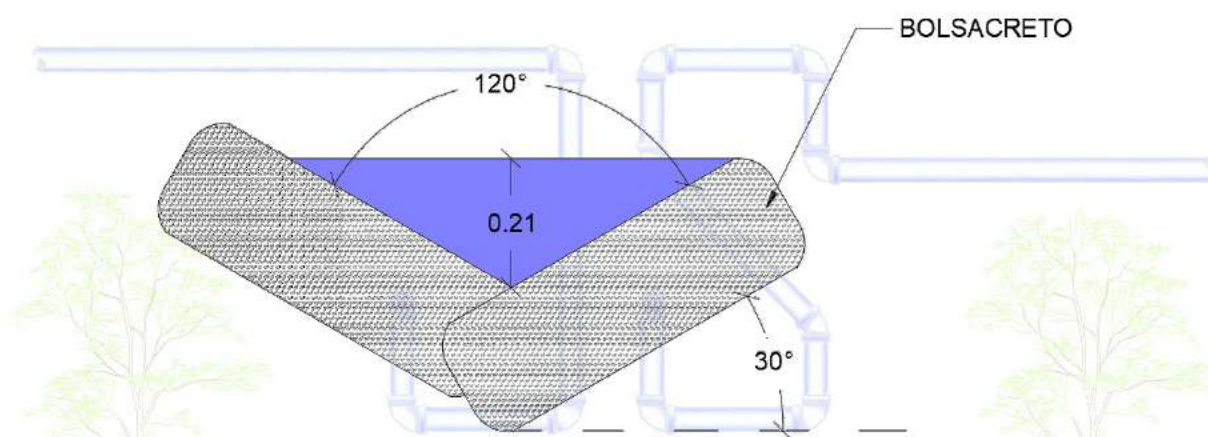
$$Q_z = 0.05635 \text{ m}^3/\text{s}$$



De acuerdo con la topografía y punto de drenaje, se identifican dos tramos de zanja coronación cuyo diseño será realizado con la totalidad del caudal estimado variando únicamente cotas de implantación y por lo tanto las pendientes de evacuación, a continuación, se realiza el diseño de la zanja de coronación, implementando el software HCANALES para este fin.

Se adopta una sección triangular con altura libre mínima de 0.20m y taludes laterales 1V:1.333H.

Figura 13. Sección de zanja de coronación adoptada

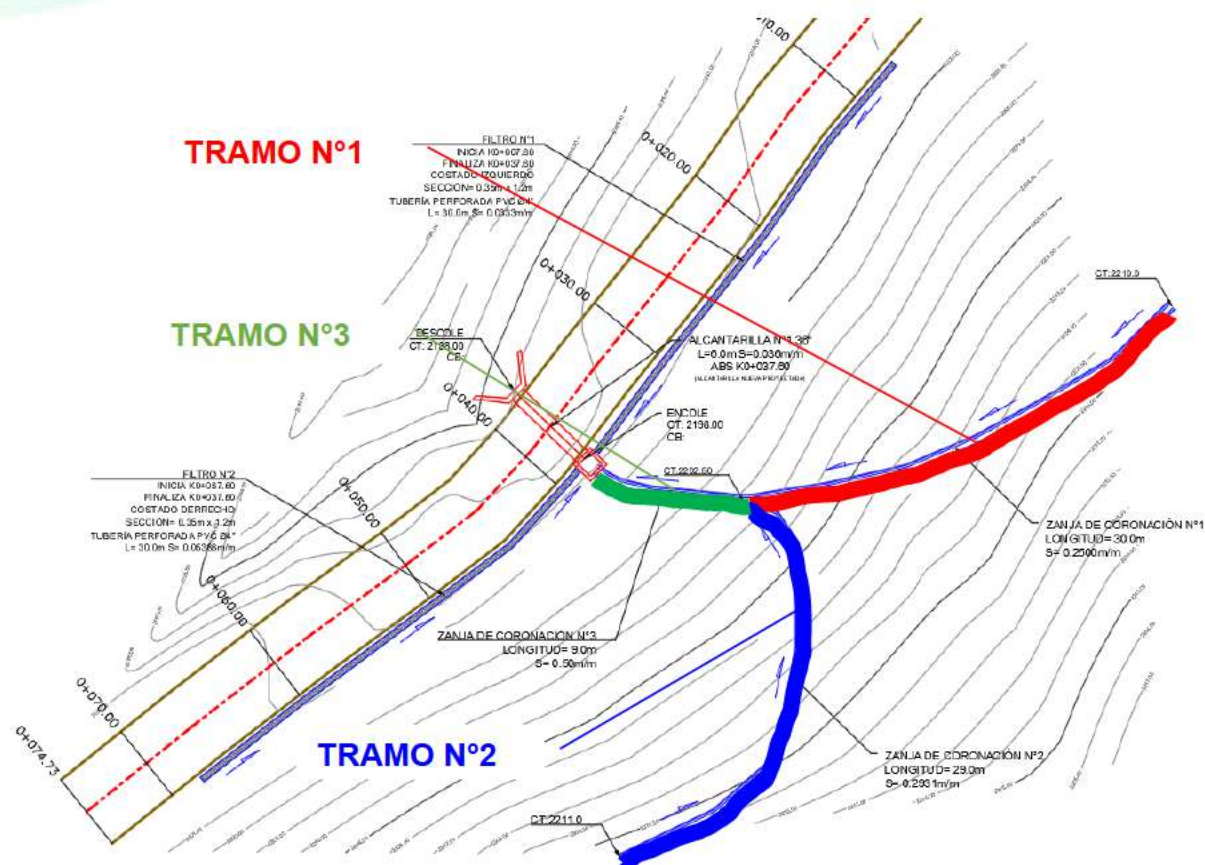


Fuente: Autor, 2023.

INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA



Figura 14. Identificación zanjas de coronación



Fuente: Autor, 2023.

Tramo N°1

$$S = \frac{2210.0 - 2202.50}{30.0} = 0.250 \text{ m/m}$$



Figura 15. Condiciones hidráulicas de flujo tramo N°1 zanja de coronación

Lugar:	ZANJA DE CORONACIÓN	Proyecto:	SAN MATEO
Tramo:	1	Revestimiento:	BOLSA CRETO

Datos:			
Caudal (Q):	0.05635	m ³ /s	
Ancho de solera (b):	0	m	
Talud (Z):	1.333		
Rugosidad (n):	0.020		
Pendiente (S):	0.250	m/m	

Resultados:					
Tirante normal (y):	0.1148	m	Perímetro (p):	0.3827	m
Área hidráulica (A):	0.0176	m ²	Radio hidráulico (R):	0.0459	m
Espejo de agua (T):	0.3061	m	Velocidad (v):	3.2061	m/s
Número de Froude (F):	4.2721		Energía específica (E):	0.6387	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico				

Fuente: Autor, 2023.

Tramo N°2

$$S = \frac{2211.0 - 2202.50}{29.0} = 0.2931 \text{ m/m}$$



Figura 16. Condiciones hidráulicas de flujo tramo N°2 zanja de coronación

Lugar:	ZANJA DE CORONACIÓN	Proyecto:	SAN MATEO
Tramo:	2	Revestimiento:	BOLSACRETO

Datos:

Caudal (Q):	0.05635	m ³ /s
Ancho de solera (b):	0	m
Talud (Z):	1.333	
Rugosidad (n):	0.020	
Pendiente (S):	0.2931	m/m

Resultados:

Tirante normal (y):	0.1115	m	Perímetro (p):	0.3714	m
Area hidráulica (A):	0.0166	m ²	Radio hidráulico (R):	0.0446	m
Espejo de agua (T):	0.2971	m	Velocidad (v):	3.4032	m/s
Número de Froude (F):	4.6028		Energía específica (E):	0.7017	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico				

Fuente: Autor, 2023.

Tramo N°3

$$S = \frac{2202.50 - 2198.00}{9.0} = 0.50 \text{ m/m}$$



Figura 17. Condiciones hidráulicas de flujo tramo N°3 zanja de coronación

Lugar:	ZANJA DE CORONACIÓN	Proyecto:	SAN MATEO
Tramo:	3	Revestimiento:	BOLSA CRETO

Datos:			
Caudal (Q):	0.05635	m ³ /s	
Ancho de solera (b):	0	m	
Talud (Z):	1.333		
Rugosidad (n):	0.020		
Pendiente (S):	0.50	m/m	

Resultados:			
Tirante normal (y):	0.1008	m	
Área hidráulica (A):	0.0136	m ²	
Espejo de agua (T):	0.2688	m	
Número de Froude (F):	5.9122		
Tipo de flujo:	Supercrítico		
Perímetro (p):	0.3361	m	
Radio hidráulico (R):	0.0403	m	
Velocidad (v):	4.1578	m/s	
Energía específica (E):	0.9820	m-Kg/Kg	

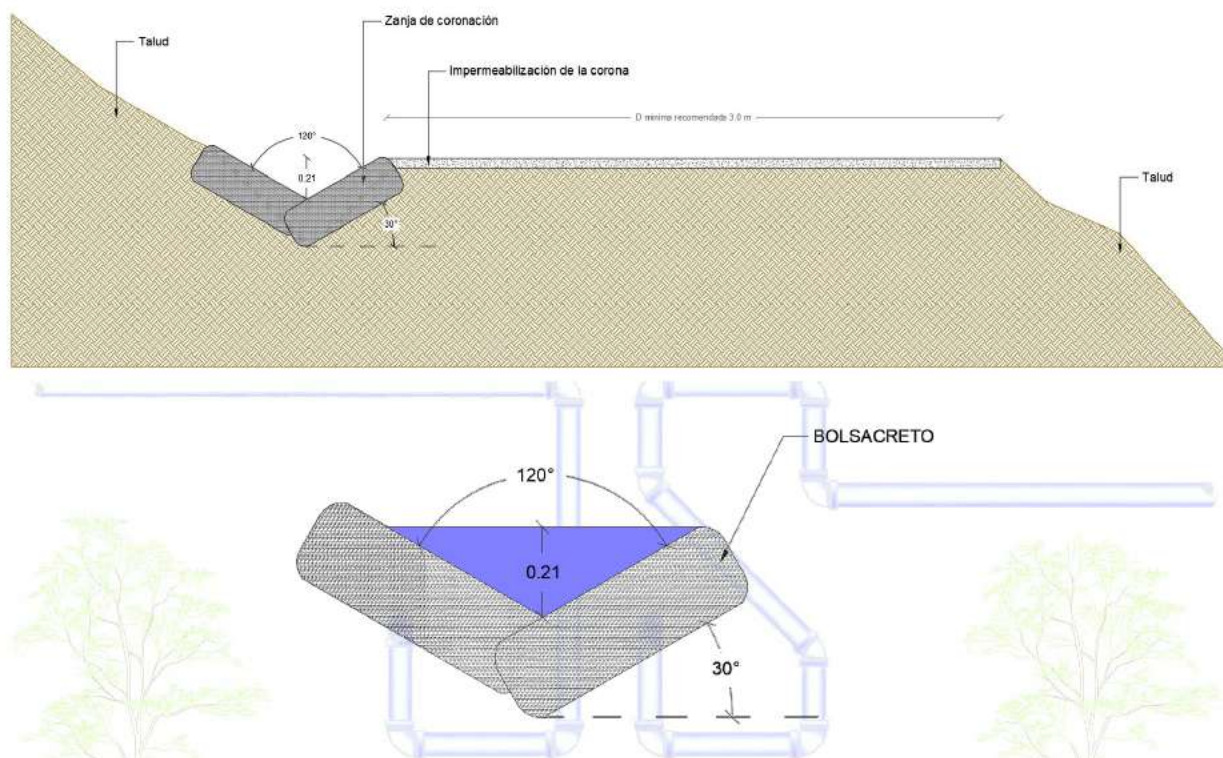
Fuente: Autor, 2023.

La profundidad media del flujo no rebasa la altura máxima de zanja de coronación (0.20m), ni la velocidad media favorece procesos de sedimentación (0.60m/s) o de erosión (6.0 m/s para concretos 175 kg/cm²) en ninguno de los tramos proyectados, por lo tanto, el diseño se considera adecuado, sin requerir estructura de dissipación en el tramo de descarga N°3.

La separación mínima recomendada para las zanjas de coronación es de tres metros (3.0m) desde el borde de la corona del talud para evitar que se convierta en activadora de un deslizamiento en cortes recientes o en una nueva superficie de falla en deslizamientos activos como es el caso del estudio, por lo tanto, el autor recomienda dicha estabilización del talud como se representa gráficamente en la siguiente figura.



Figura 18. Detalle de zanja de coronación



Fuente: Autor, 2023.

7.4. Diseño de alcantarilla

El flujo en una alcantarilla es usualmente no uniforme, presentando zonas con flujo gradualmente variado y zonas con flujo rápidamente variado, por lo que su análisis teórico es complejo y se ha desarrollado con ayuda de experimentación en laboratorio. De acuerdo al punto donde se encuentre la sección de control en la alcantarilla, el flujo puede ser con control a la entrada o con control a la salida y dependiendo de la sumergencia o no de los extremos del conducto y la condición de flujo (a tubo lleno o parcialmente lleno), se presentan diferentes tipos de flujo, los cuales han sido clasificados por diferentes autores como Bodhaine. El documento o procedimiento para dimensionamiento y modelación hidráulica de alcantarillas con más amplia difusión y aceptación a nivel internacional la incorpora el programa HY8.

Teniendo presente lo anterior, la modelación se desarrollará con el uso del software HY-8 con base a las condiciones topográficas existentes en la zona de intervención.

Por principio, las alcantarillas deben ser diseñadas con un nivel de agua a la entrada inferior a 1.20 veces la altura de la alcantarilla, pues se debe evitar el contacto de la estructura de pavimento con el agua, así como la afectación de las propiedades aguas arriba, además de proveerse un margen para el paso de material flotante y basuras.



Así, en general y salvo las condiciones anotadas para alcantarillas a presión, no es permitido el funcionamiento de las alcantarillas como orificio, evitando totalmente los desbordamientos sobre la vía (Ministerio de Transporte, 2009).

7.4.1. Determinación de caudal de diseño

El caudal de diseño de la estructura corresponderá a la suma del caudal captado por la zanja de coronación, más el caudal de los filtros aportantes, más el área aportante del talud asociado posterior al corte por la zanja de coronación, además del área de la vía ya que el caudal de cunetas asociadas será drenado por la estructura proyectada.

Teniendo en cuenta que la longitud asociada de talud corresponde a 35 metros y el ancho de vía corresponde en promedio a 5.50m y sabiendo que el coeficiente de escorrentía para talud ya descrito anteriormente corresponde a 0.45 y para la vía se adopta un valor de 0.70, el caudal de diseño corresponderá a:

$$Q_{Talud} = 0,278 * 0.45 * 88.3244 * 0.0021 = 0.02320 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{Vía} = 0,278 * 0.70 * 88.3244 * 0,000330 = 0.005670 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{Alc} = 0.004454 + 0.004454 + 0.02320 + 0.005670 = 0.02888 \text{ m}^3/\text{s}$$

7.4.2. Zona de intervención N°1

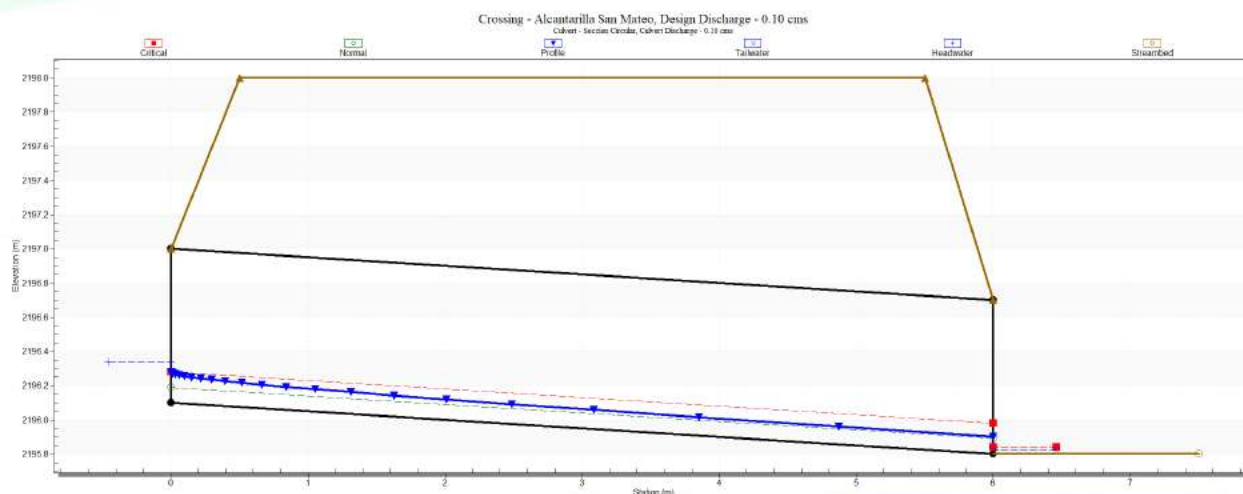
Los datos de entrada para la zona de intervención N°1 corresponden a:

- Caudal de diseño: 0.100 m³/s (Adoptado > 0.02888 m³/s)
- Cota rasante o terreno: 2198.0 msnm
- Cota batea ingreso: 2196.10 msnm
- Cota batea salida: 2195.80 msnm
- Pendiente longitudinal de la estructura: 5,0%
- Longitud: 6,0m

Se realiza la modelación de la estructura con el diámetro mínimo estipulado por el INVIAS para alcantarillas, usando conducto en PVC de 0.90m.

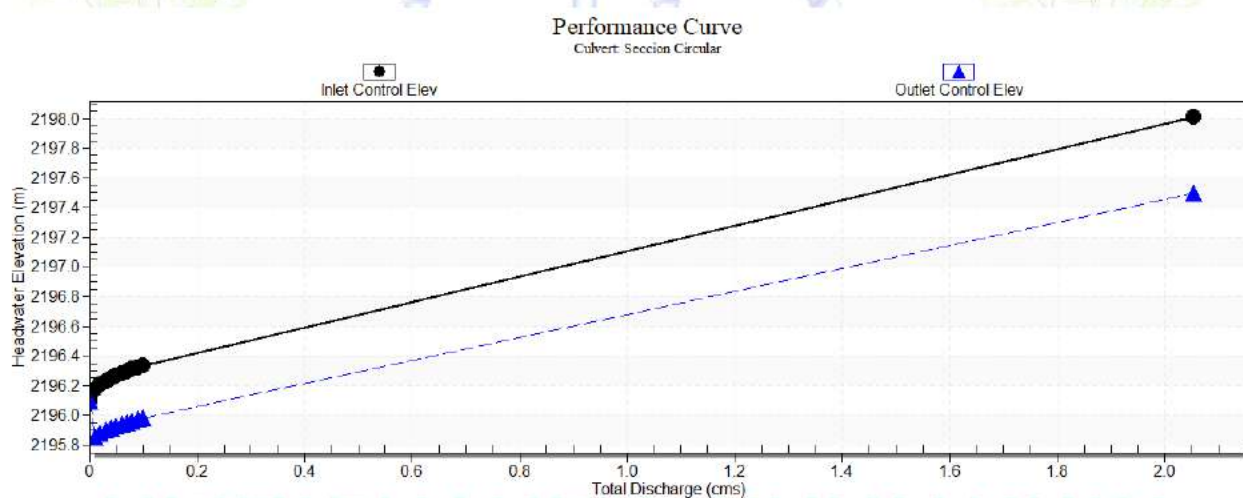


Figura 19. Perfil hidráulico alcantarilla proyectada



Fuente: Autor con base en HY-8, 2023.

Figura 20. Relación de la altura de ingreso y salida de la estructura en base al caudal



Fuente: Autor con base en HY-8, 2023.

Con el caudal máximo se espera una altura o carga de ingreso de 0.24m, la velocidad en el conducto corresponde a 1.23m/s, mientras que en la salida corresponde a 2.52m/s.

Las condiciones de flujo se describen en la siguiente tabla.



Tabla 14. Condiciones de flujo alcantarilla proyectada PVC D=36 in

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	2196.10	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.01	0.01	2196.17	0.07	0.0*	1-S2n	0.03	0.06	0.03	0.01	1.59	0.49
0.02	0.02	2196.20	0.10	0.0*	1-S2n	0.04	0.08	0.04	0.01	1.76	0.65
0.03	0.03	2196.23	0.13	0.0*	1-S2n	0.05	0.10	0.05	0.01	1.95	0.76
0.04	0.04	2196.25	0.15	0.0*	1-S2n	0.06	0.11	0.06	0.01	2.10	0.85
0.05	0.05	2196.26	0.16	0.0*	1-S2n	0.06	0.13	0.07	0.01	2.22	0.94
0.06	0.06	2196.28	0.18	0.0*	1-S2n	0.07	0.14	0.08	0.01	2.29	1.01
0.07	0.07	2196.30	0.20	0.0*	1-S2n	0.08	0.15	0.08	0.02	2.36	1.07
0.08	0.08	2196.31	0.21	0.0*	1-S2n	0.08	0.16	0.09	0.02	2.42	1.13
0.09	0.09	2196.32	0.22	0.0*	1-S2n	0.08	0.17	0.10	0.02	2.48	1.18
0.10	0.10	2196.34	0.24	0.0*	1-S2n	0.09	0.18	0.10	0.02	2.52	1.23

Fuente: Autor con base en HY-8, 2023.

La carga máxima de ingreso corresponde a 0.24m, el límite de carga al ingreso según el INVIAS para la sección de tubería proyectada corresponde a 1.08m, en este sentido se considera adecuada su proyección.

Teniendo en cuenta las condiciones del suelo existente en la zona de intervención, deberá evaluarse la posibilidad de la no construcción del cabezal de descarga de la alcantarilla ya que no existe un medio de soporte óptimo que resista la carga que supondría la construcción de esta estructura, por lo que se recomienda así mismo, la ubicación de un empedrado o mejoramiento con concreto ciclópeo en la zona de descarga para evitar la socavación del terreno natural.

En el anexo H-3 se adjunta la modelación y reporte de la sección proyectada.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Debido a la ausencia de información y estaciones en el municipio de San Mateo, se opta por el uso de una estación cercana con datos representativos, por lo que se optó por el uso de los datos de la estación BOAVITA de código 24035330 de propiedad del IDEAM, ya que esta se encuentra cercana a la zona de intervención directa, además, posee similitudes en altitud, climatología y topografía con el municipio de San Mateo, considerándose una data fiable para la conformación de curva IDF.
- El periodo de retorno para el diseño de las estructuras corresponde a 10 años para alcantarillas y zanjias de coronación mientras que para drenaje subsuperficial de 2 años según requerimientos del INVIAS.
- Se proyecta una longitud total de 60 metros de filtro francés en el costado contra el talud de la vía de intervención, el filtro tendrá una sección de 0.35m de ancho por 1.20 m de alto, estará conformado por gravilla de una pulgada de diámetro,



drenará con una tubería en PVC de cuatro (4) pulgadas de diámetro y, por último, estará protegido con geotextil NT2500.

- Se proyecta la construcción de 68m de zanja de coronación con una sección triangular con altura mínima de 0.20m y taludes laterales 1V:1.333H, en bolsacreto procurando siempre conformar un manto impermeable.
- Se recomienda tener en cuenta la separación mínima recomendada para las zanjas de coronación de tres metros (3.0m) desde el borde de la corona del talud, de esta manera evitar que se convierta en activadora de un deslizamiento en cortes recientes o en una nueva superficie de falla en deslizamientos activos como es el caso del estudio.
- Se proyecta la construcción de una alcantarilla nueva en diámetro de 36 pulgadas, con pendiente longitudinal de 5.0% y longitud de 6.0m, la cual, tendrá la función de evacuar aguas lluvias provenientes del talud, de la zanja de coronación, del drenaje subsuperficial y de la vía, de acuerdo con las modelaciones realizadas el diámetro establecido cumple con la función propuesta, guardando velocidades que favorecen el arrastre de material sedimentable sin erosionar o afectar el conducto de construcción de la alcantarilla, además, no se supera la carga máxima establecida por el INVIAS manteniéndose por debajo de 1.08m, resultado adecuada su proyección.
- Teniendo en cuenta las limitaciones del terreno natural donde se proyecta la construcción de la alcantarilla deberá evaluarse la posibilidad de la no construcción del cabezal de descarga de la alcantarilla ya que no existe un medio de soporte óptimo que resista la carga que supondría la construcción de esta estructura, por lo que se recomienda así mismo, la ubicación de un empedrado o mejoramiento con concreto ciclópeo en la zona de descarga para evitar la socavación del terreno natural.
- La sección de alcantarilla se realiza con base en los planos tipos del INVIAS.
- En el diseño estructural de la alcantarilla se deberá tener en cuenta los requerimientos de recubrimiento normativamente estipulados, por lo que las cotas de implantación del presente estudio podrían variar, por lo tanto, se recomienda guiarse de las secciones requeridas para las secciones proyectadas y no de las cotas descritas con fines técnicos para desarrollo de modelaciones.

9. ANEXOS

Anexo H-1. Datos brutos estación BOAVITA 24035330

Anexo H-2. IDF estación BOAVITA 24035330

Anexo H-3. Modelación y reporte filtros

Anexo H-4. Modelación y reporte alcantarilla



10. REFERENCIAS

Chow, V. T., Maidment, D., & Mays, L. (1994). *Hidrología Aplicada*. Bogotá: McGraw-Hill.

EOT . (30 de 03 de 2000). Esquema de Ordenamiento Territorial Municipal de San Mateo. San Mateo, Boyacá, Colombia.

Ministerio de Transporte. (30 de Marzo de 2009). Manual de Drenaje para Carreteras. Bogotá D.C., Colombia.

PAVCO. (s.f.). Manual Técnico Tubosistemas para Alcantarillado NOVAFORT NOVALOC. Mexichem.

Schumm. (1952). A tentative classification of alluvial river channels. *Geol. Survey Circular*, 477.

Sowers, G. B., & F., S. G. (1972). *Introducción a la mecánica de suelos y cimentaciones*. México D.F.: Limusa Wiley.

Wavin. (2014). *Diseño de Infraestructura con Geosintéticos*. Bogotá D.C.: Amanco.

ING. JEISSON ARNULFO SIERRA LEÓN

Ingeniero Sanitario M.P. 15237-437151 BYC

Ingeniero Ambiental M.P. 15238-437150 BYC

CT023_02

MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

Yo, JEISSON ARNULFO SIERRA LEÓN, identificado con cédula de ciudadanía No. 1'057.597.804, Ingeniero Ambiental con Matricula Profesional No. 15238-437150 e Ingeniero Sanitario con Matricula Profesional No. 15237-437151 del Consejo Profesional Nacional de Ingeniería (COPNIA).

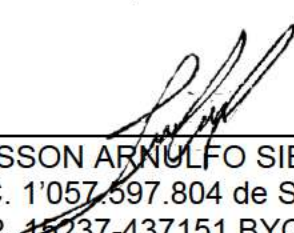
CERTIFICO:

Que realicé el memorial de cálculo de los estudios hidráulicos para el proyecto **“CONSTRUCCION DE OBRAS DE MITIGACION SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS EN MUNICIPIOS DE LA PROVINCIA DE CENTRO, NORTE, GUTIERREZ, LENGUPA, RICAURTE, NEIRA DEPARTAMENTO DE BOYACA”** en la obra desarrollada en el municipio de **San Mateo**.

Declaro que todos los estudios están realizados cumpliendo con las recomendaciones del Instituto Nacional de Vías (INVIAS) y de acuerdo a la necesidad del proyecto en particular, exoneró a los demás particulares por los daños y perjuicios que de estos estudios pudieran derivarse.

Aclaro que me responsabilizo por los estudios y cálculos, siempre y cuando en las obras de **“CONSTRUCCION DE OBRAS DE MITIGACION SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS EN MUNICIPIOS DE LA PROVINCIA DE CENTRO, NORTE, GUTIERREZ, LENGUPA, RICAURTE, NEIRA DEPARTAMENTO DE BOYACA”** en la obra desarrollada en el municipio de **San Mateo**, se sigan textual y cabalmente los planos y las directrices técnicas realizadas por el suscrito.

Atentamente,



JEISSON ARNULFO SIERRA LEÓN
C.C. 1'057.597.804 de Sogamoso, Boyacá
M.P. 15237-437151 BYC
M.P. 15238-437150 BYC

CT023_02



REPÚBLICA DE COLOMBIA
COPNIA
Consejo Profesional Nacional de Ingeniería

15237-437151 BYC
Fecha de Expedición 21/10/2019

Matrícula Profesional

Nombre:

JEISSON ARNULFO

SIERRA LEÓN

Identificación:

C.C. 1057597804

Profesión:

INGENIERO SANITARIO

Institución:

UNIVERSIDAD DE BOYACA



CT023_2

190287/0319

Este es un documento público expedido en virtud de la Ley 842 de 2003, que autoriza al titular a ejercer como Ingeniero en el Territorio Nacional.

**"CONSTRUCCION DE OBRAS DE MITIGACION
SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL**

**AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS EN
MUNICIPIOS DE LA PROVINCIA DE CENTRO,**

NORTE, GUTIERREZ, LENGUPA, RICAURTE,

**NEIRA DEPARTAMENTO DE BOYACA" en la obra
desarrollada en el municipio de San Mateo**

DIRECTOR GENERAL

CT023_2

En caso de extravío debe ser remitida al COPNIA. Calle 78 No. 9-57 primer piso
Línea Nacional: 01 8000 116590

REPUBLICA DE COLOMBIA
IDENTIFICACION PERSONAL
CEDULA DE CIUDADANIA

NUMERO **1.057.597.804**

SIERRA LEON

APELLIDOS **JEISSON ARNULFO**

NOMBRES **POPIOS DE LA PROVINCIA DE GUAYARA NORTE, GUTIERREZ, LENGUPA, RICAURTE, NEIRA DEPARTAMENTO DE BOYACA**

FIRMA

CT023_2

FECHA DE NACIMIENTO **30-MAR-1995**

CHIQUINQUIRA
(BOYACA)

LUGAR DE NACIMIENTO **1.75** **O+** **M**

ESTATURA G.S. RH SEXO

10-MAY-2013 SOGAMOSO

FECHA Y LUGAR DE EXPIRACION

INDICE DERECHO

CONSTRUCCION DE OBRAS DE MITIGACION SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE Lluvias EN MUNICIPIOS DE LA PROVINCIA DE GUAYARA NORTE, GUTIERREZ, LENGUPA, RICAURTE, NEIRA DEPARTAMENTO DE BOYACA

REGISTRADOR NACIONAL CARLOS ARIEL SANCHEZ TORRES

P-0727700-00458447-M-1057597804-20130820 0034476499A 1 40276756

REPUBLICA NACIONAL DEL ESTADO CIVIL



GOBERNACIÓN DE BOYACÁ

PROYECTO:
CONSTRUCCION DE OBRAS DE MITIGACION SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS EN MUNICIPIOS DE LA PROVINCIA DE CENTRO, NORTE, GUTIERREZ, LENGUA, RICAURTE, NEIRA DEPARTAMENTO DE BOYACA

MUNICIPIO DE SAN MATEO

CONTIENE:
- PLANTA ESTRUCTURAS DE DRENAJE.

DISEÑO:
Ing. JEISSON ARNALFO SIERRA LEÓN
APROBÓ:
IVAN FERRER CANÓN PEZ

REVISÓ:
N&S CONSTRUCTOL S.A.S
R.L. Ing. SONIA MALENA MARIN

APROBÓ:
CONSORCIO INTEREMERGENCIAS NORTE
R.L. Ing. NANCY YASMIN QUIROGA



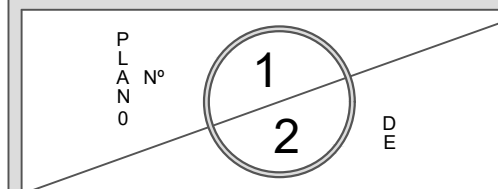
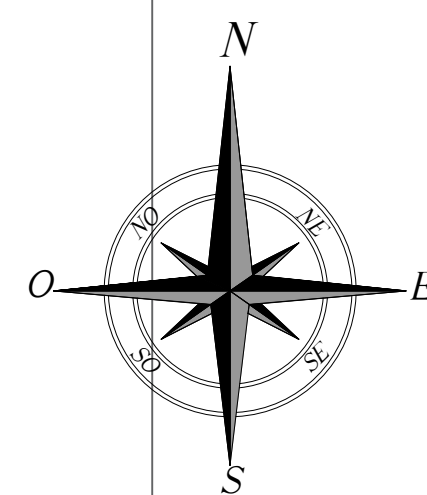
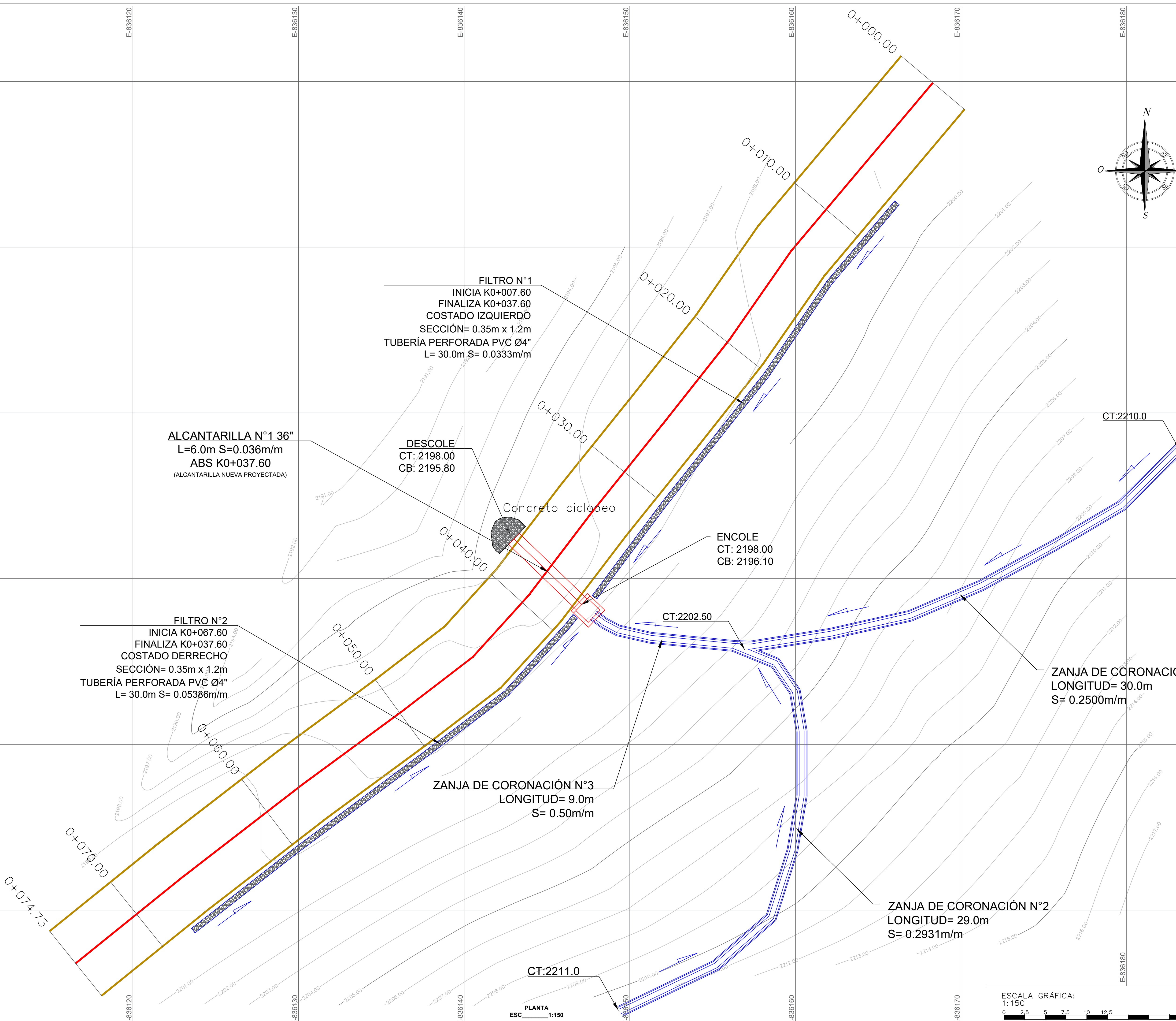
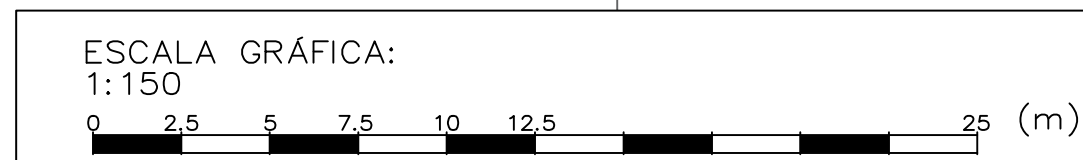
CONVENCIONES
- VÍAS
- CURVAS DE NIVEL
- ZANJA DE CORONACIÓN
- ALCANTARILLA PROYECTADA
- FILTRO PROYECTADO
- DIRECCIÓN DE FLUJO

DÍGITO:
Ing. JEISSON ARNALFO SIERRA LEÓN
Contacto: +57 3212620720
ing.jeissile@gmail.com

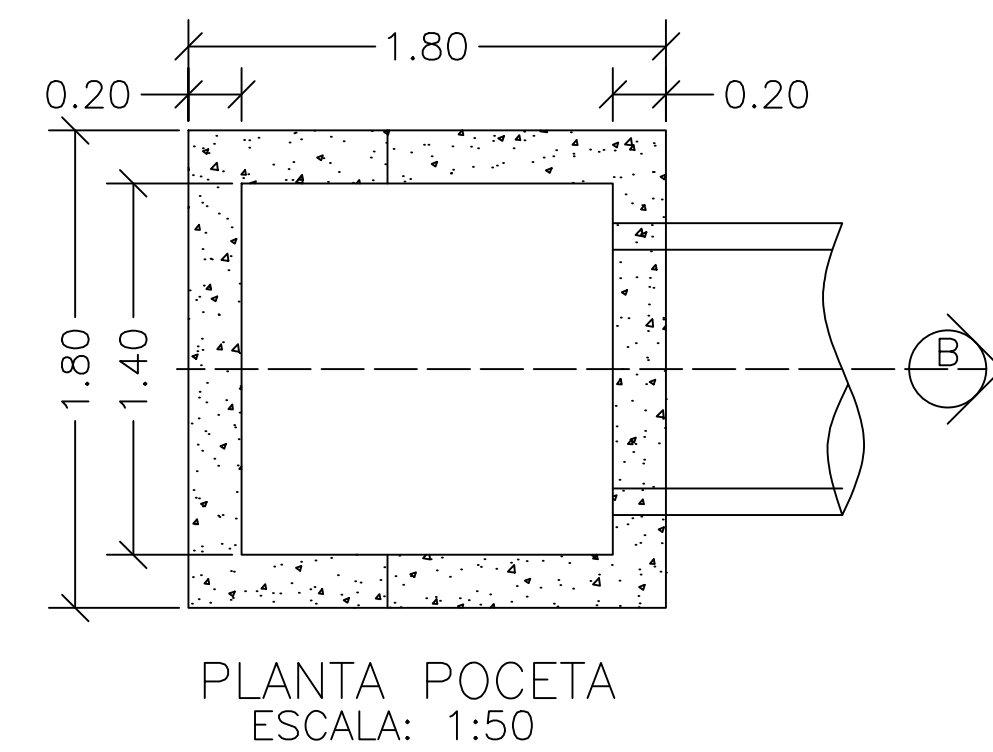
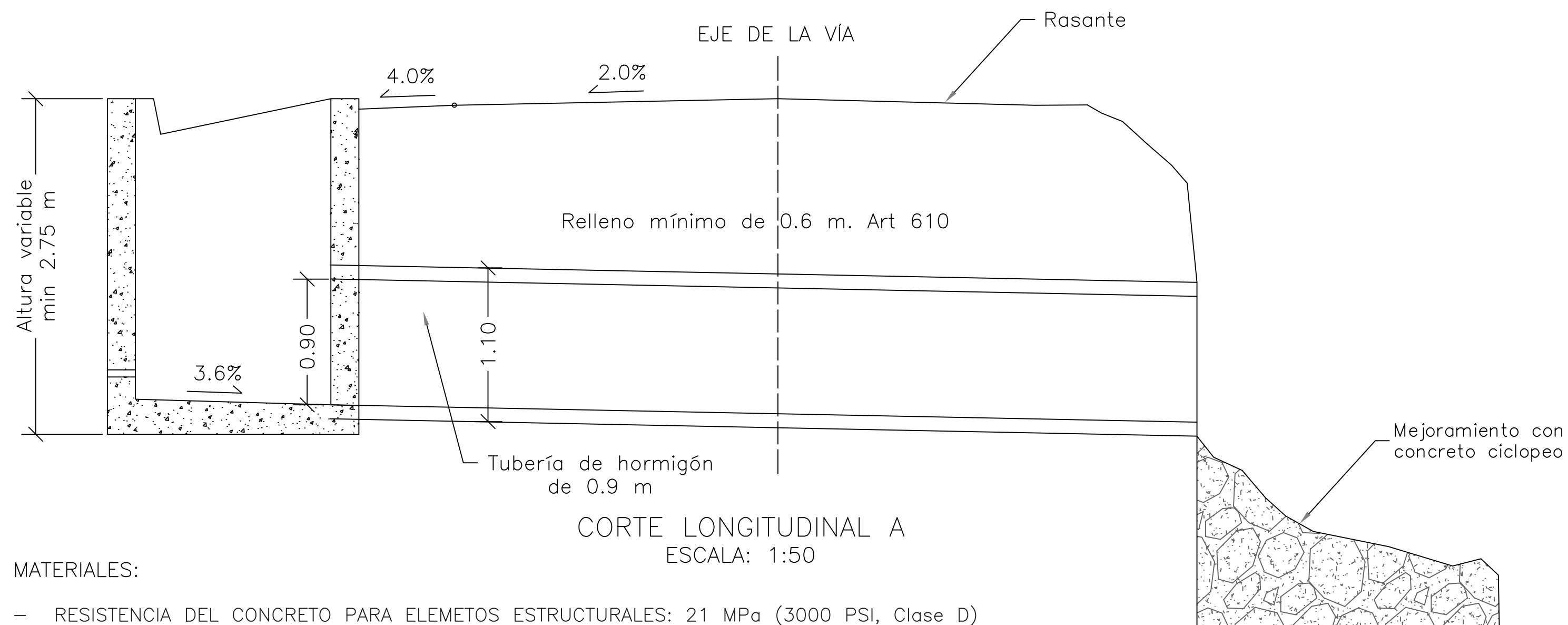
ESCALA:
INDICADA

FECHA:
SEPTIEMBRE DE 2023

ARCHIVO DIGITAL:
CT023_02_01

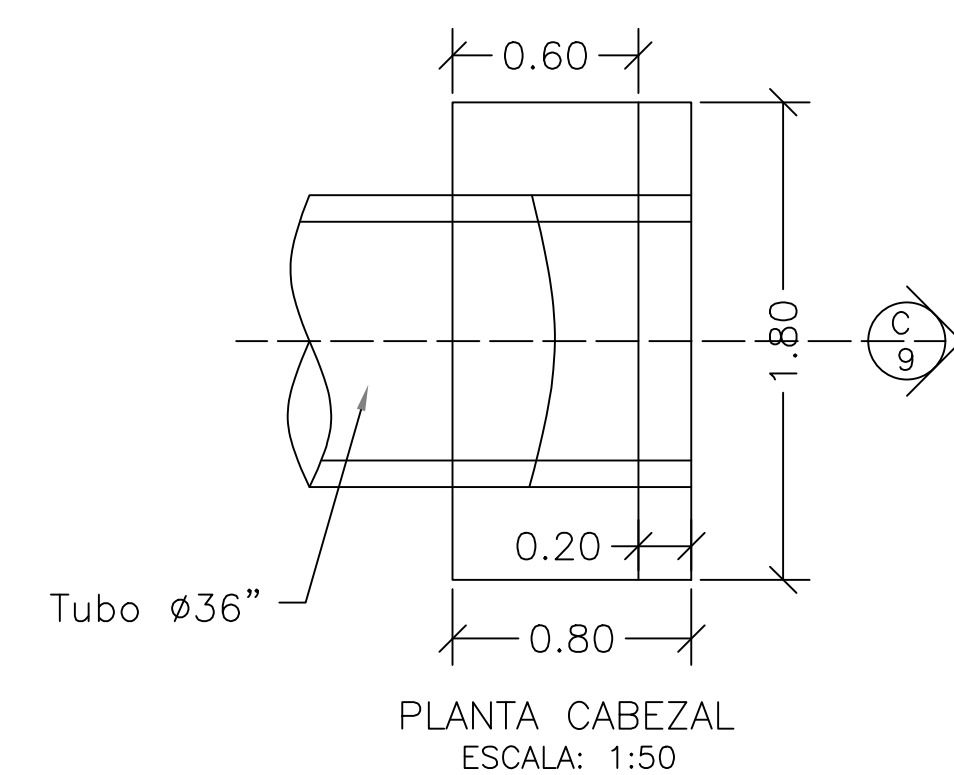


PLANTA
ESC 1:150

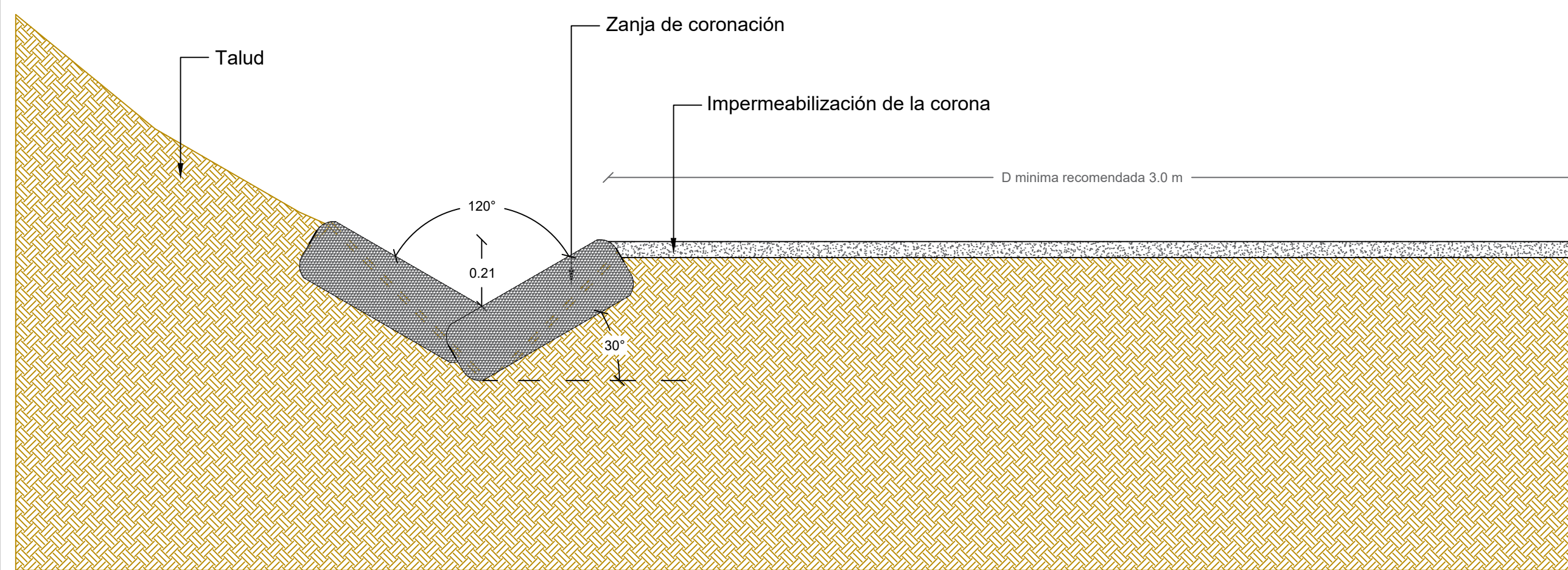


- RESISTENCIA DEL CONCRETO PARA ELEMETOS ESTRUCTURALES: 21 MPa (3000 PSI, Clase D)
- RESISTENCIA DEL ACERO CORRUGADO $F_y=420$ MPa (60000 PSI)
- CONCRETO PARA SOLADO $f'_c=14$ MPa (2000 PSI).

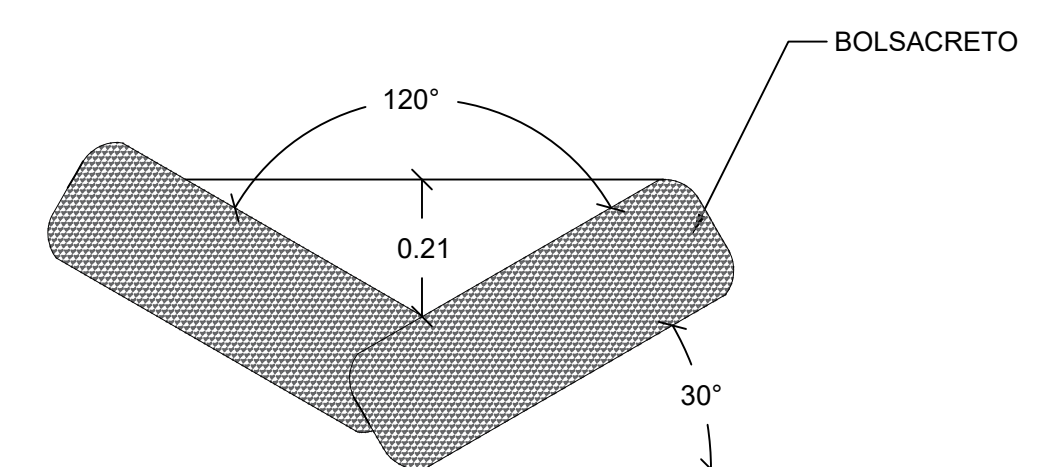
1. LOS GUARDARRUEDAS DEBEN SER VACIADOS MONOLÍTICAMENTE CON LOS MUROS
2. CUANDO EL SUELO DE FUNDACIÓN DE LA TUBERÍA SEA INADECUADO, DEBE REMOVERSE HASTA UNA PROFUNDIDAD CONVENIENTE Y REEMPLAZARSE POR MATERIAL ADECUADO BIEN COMPACTADO O POR CONCRETO CICLÓPEO
3. PARA DRENAR LAS AGUAS DE INFILTRACIÓN CERCANAS A LAS POCETAS, SE DEJARÁN LAGRIMALES EN LAS PAREDES DE ESTAS
4. EL ÁNGULO DE LA ALETA DEBE AJUSTARSE A LAS CONDICIONES DEL TERRENO.
5. RECUBRIMIENTO MÍNIMO: 0.075 m.
6. CUANDO SE UTILICE TUBERÍA PLÁSTICA, ESTA DEBERÁ CUMPLIR LAS EXIGENCIAS DE LA ESPECIFICACIÓN INV-663-13 Y EN SU INSTALACIÓN SE DEBERÁN SEGUIR TODAS LAS RECOMENDACIONES DEL FABRICANTE. EN PARTICULAR SE DEBERÁ TENER UNA DISTANCIA MÍNIMA DE 1.0 M ENTRE LA CLAVE DE LA TUBERÍA Y LA SARANTE DE LA VÍA. OTRA CONDICIÓN DEBERÁ SER REVISADA EN OBRA
7. SI LA ALTURA DEBIDO A LAS CONDICIONES DEL PROYECTO SUPERA LA PRESENTADA EN LOS DETALLES DE PLANOS SE DEBERÁ REALIZAR UN DISEÑO ESTRUCTURAL TENIENDO EN CUENTA LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS Y GEOTÉCNICAS DEL PROYECTO.



ESC _____ S.E.



DETALLE CONSTRUCTIVO ZANJA DE CORONACIÓN
ESC _____ S.E.



REPORTE DE SUBDRENAJE CON GEOTEXTIL Y MATERIAL GRANULAR

DATOS DEL PROYECTO

Nombre del proyecto	Drenaje subsuperficial San Mateo
Nombre de la empresa	Ing. Jeisson Sierra
Localización	San Mateo Boyacá, Colombia

Observaciones

Tramo 1

PARÁMETROS DE ENTRADA

Precipitación máxima horaria de frecuencia anual	I_R	66.1099 mm/h
Ancho de la semibanca de la vía	B	35.0 m
Longitud del tramo de drenaje	L	30.0 m
Factor de infiltración	F_i	0.7
Factor de retención de la base	F_r	0.33
Suelo de sitio		Otros
Tipo de suelo de subrasante		Arenas, arenas gravosas, arenas limosas y arenas arcillosas (menos del 50%, pasa tamiz #200)
Permeabilidad del suelo en contacto con el subdrén	K	1.0E-6 m/s
Cota inferior del subdrén	N_d	1.2 m
Cota superior del nivel freático	N_f	1.1 m

Referencia Geotextil	NT2500
Ancho del filtro	0.35 m
Pendiente del filtro	3.333 %
Incluir tubería de drenaje	Si
Cumplir norma AASHTO M288-05	Si
Tamaño de las partículas del agregado	1.0 pulgadas
Permeabilidad del suelo en contacto con el subdrén K	1.0E-6 cm/s
Criterio de retención	Usar criterio recomendado
TAA <	0.3 mm
Factor de reducción por colmatación Geotextil	2.0
Factor de reducción por creep o fluencia Geotextil	2.0
Factor de reducción por intrusión Geotextil	1.2
Factor de reducción por colmatación química Geotextil	1.2
Factor de reducción por colmatación biológica Geotextil	1.2

PARÁMETROS CALCULADOS Y RESULTADOS

Criterio de retención

TAA <	0.3 mm
Observación	CUMPLE

Criterio de permeabilidad $K(g) > K(s)$

Observación	CUMPLE
-------------	--------

Tubería de drenaje

Diámetro de la tubería	0.0 mm
Caudal que es capaz de transportar la tubería	7.97 L/s
Observación	CUMPLE

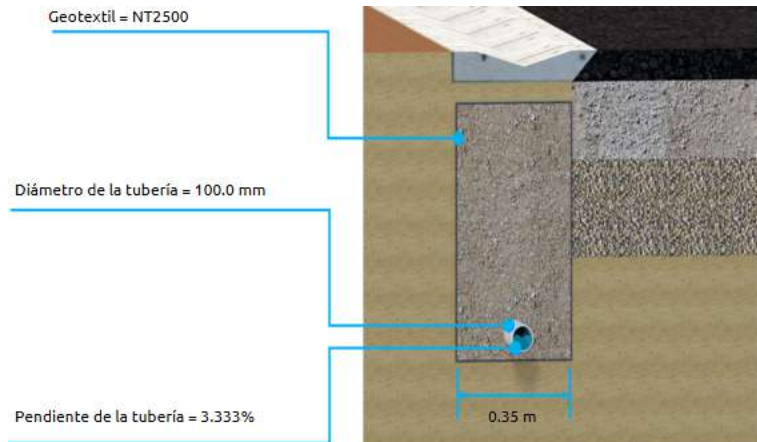
Evaluación según la permitividad del sistema

Permitividad admisible [1/s]	0.24594907
Permitividad requerida [1/s]	0.00030607
Factor de seguridad global > 3.0	CUMPLE

Criterio de Supervivencia

Propiedad	Norma de Ensayo	Geotextil	Observación
Resistencia a la tensión Grab	ASTM D 4632	NT2500	CUMPLE
Resistencia a la penetración con pistón de 50 mm	ASTM D 4533	NT2500	CUMPLE
Resistencia al rasgado trapezoidal	ASTM D 6241	NT2500	CUMPLE

The logo for Wavin, featuring the word "wavin" in a bold, lowercase, sans-serif font. The letters are light blue and are enclosed within a larger, rounded rectangular frame of the same color. The frame has a thick border and rounded corners, giving it a modern, industrial feel.



Para consultas y soporte técnico: ingenieriageosinteticos@wavin.com

Nota: Los valores de los geosintéticos corresponden a valores mínimos promedio por rollo (VMPR) ó (MARV) por su nombre en inglés.

ADVERTENCIA

Esta herramienta de cálculo es un complemento al Manual de Diseño. El usuario debe conocer las ecuaciones, su aplicabilidad y limitaciones. Esta herramienta de cálculo no debe ser usada en reemplazo de un ingeniero diseñador.

La información contenida aquí no puede ser garantizada ya que las condiciones del usuario están mas allá de nuestro control. El usuario de esta herramienta asume todos los riesgos asociados con su uso.

A pesar de que todos los esfuerzos han sido hechos para verificar su funcionamiento y resultados, GEOSINTÉTICOS PAVCO WAVIN no se hace responsable por cualquier error en los cálculos obtenidos con esta herramienta. Datos asumidos o valores entrados erróneos pueden dar soluciones incorrectas.

REPORTE DE SUBDRENAJE CON GEOTEXTIL Y MATERIAL GRANULAR

DATOS DEL PROYECTO

Nombre del proyecto	Drenaje subsuperficial San Mateo
Nombre de la empresa	Ing. Jeisson Sierra
Localización	San Mateo Boyacá, Colombia

Observaciones

Tramo 2

PARÁMETROS DE ENTRADA

Precipitación máxima horaria de frecuencia anual	I_R	66.1099 mm/h
Ancho de la semibanca de la vía	B	35.0 m
Longitud del tramo de drenaje	L	30.0 m
Factor de infiltración	F_i	0.7
Factor de retención de la base	F_r	0.33
Suelo de sitio		Otros
Tipo de suelo de subrasante		Arenas, arenas gravosas, arenas limosas y arenas arcillosas (menos del 50%, pasa tamiz #200)
Permeabilidad del suelo en contacto con el subdrén	K	1.0E-6 m/s
Cota inferior del subdrén	N_d	1.2 m
Cota superior del nivel freático	N_f	1.1 m

Referencia Geotextil	NT2500
Ancho del filtro	0.35 m
Pendiente del filtro	5.386 %
Incluir tubería de drenaje	Si
Cumplir norma AASHTO M288-05	Si
Tamaño de las partículas del agregado	1.0 pulgadas
Permeabilidad del suelo en contacto con el subdrén K	1.0E-6 cm/s
Criterio de retención	Usar criterio recomendado
TAA <	0.3 mm
Factor de reducción por colmatación Geotextil	2.0
Factor de reducción por creep o fluencia Geotextil	2.0
Factor de reducción por intrusión Geotextil	1.2
Factor de reducción por colmatación química Geotextil	1.2
Factor de reducción por colmatación biológica Geotextil	1.2

PARÁMETROS CALCULADOS Y RESULTADOS

Criterio de retención

TAA <	0.3 mm
Observación	CUMPLE

Criterio de permeabilidad $K(g) > K(s)$

Observación	CUMPLE
-------------	--------

Tubería de drenaje

Diámetro de la tubería	0.0 mm
Caudal que es capaz de transportar la tubería	10.13 L/s
Observación	CUMPLE

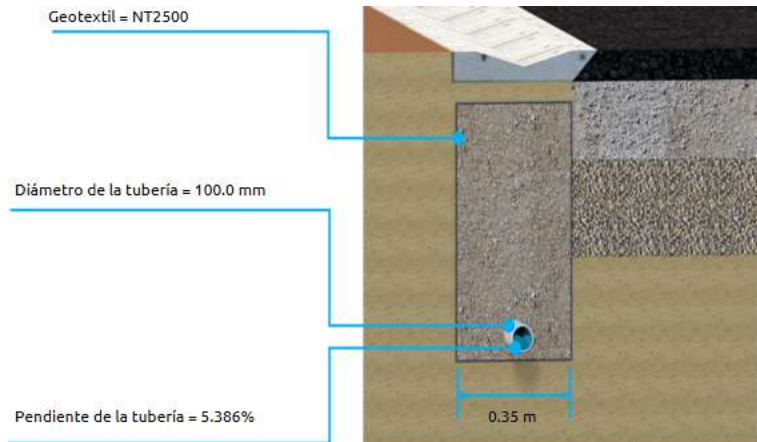
Evaluación según la permitividad del sistema

Permitividad admisible [1/s]	0.24594907
Permitividad requerida [1/s]	0.00059989
Factor de seguridad global > 3.0	CUMPLE

Criterio de Supervivencia

Propiedad	Norma de Ensayo	Geotextil	Observación
Resistencia a la tensión Grab	ASTM D 4632	NT2500	CUMPLE
Resistencia a la penetración con pistón de 50 mm	ASTM D 4533	NT2500	CUMPLE
Resistencia al rasgado trapezoidal	ASTM D 6241	NT2500	CUMPLE

The logo for Wavin, featuring the word "wavin" in a bold, lowercase, sans-serif font. The letters are light blue and are enclosed within a larger, rounded rectangular frame of the same color. The frame has a thick border and rounded corners, giving it a modern, industrial feel.



Para consultas y soporte técnico: ingenieriageosinteticos@wavin.com

Nota: Los valores de los geosintéticos corresponden a valores mínimos promedio por rollo (VMPR) ó (MARV) por su nombre en inglés.

ADVERTENCIA

Esta herramienta de cálculo es un complemento al Manual de Diseño. El usuario debe conocer las ecuaciones, su aplicabilidad y limitaciones. Esta herramienta de cálculo no debe ser usada en reemplazo de un ingeniero diseñador.

La información contenida aquí no puede ser garantizada ya que las condiciones del usuario están mas allá de nuestro control. El usuario de esta herramienta asume todos los riesgos asociados con su uso.

A pesar de que todos los esfuerzos han sido hechos para verificar su funcionamiento y resultados, GEOSINTÉTICOS PAVCO WAVIN no se hace responsable por cualquier error en los cálculos obtenidos con esta herramienta. Datos asumidos o valores entrados erróneos pueden dar soluciones incorrectas.

HY-8 Culvert Analysis Report

ANEXO H-4

Project Data

Project Title: CONSTRUCCION DE OBRAS DE MITIGACION SOBRE LA RED
VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS EN
MUNICIPIOS DE LA PROVINCIA DE CENTRO, NORTE, GUTIERREZ,
LENGUPA, RICAURTE, NEIRA DEPARTAMENTO DE BOYACA

MUNICIPIO DE SAN MATEO

Designer: Ing. Jeisson Arnulfo Sierra León

Project Date: Tuesday, September 19, 2023

Project Units: SI Units (Metric)

Outlet Control Option: Profiles

Exit Loss Option: Standard Method

1. Crossing Data: Alcantarilla San Mateo

Crossing Notes:

1.1. Crossing Discharge Data

Discharge Selection Method: Specify Minimum, Design, and Maximum Flow

Minimum Flow: 0.00 cms

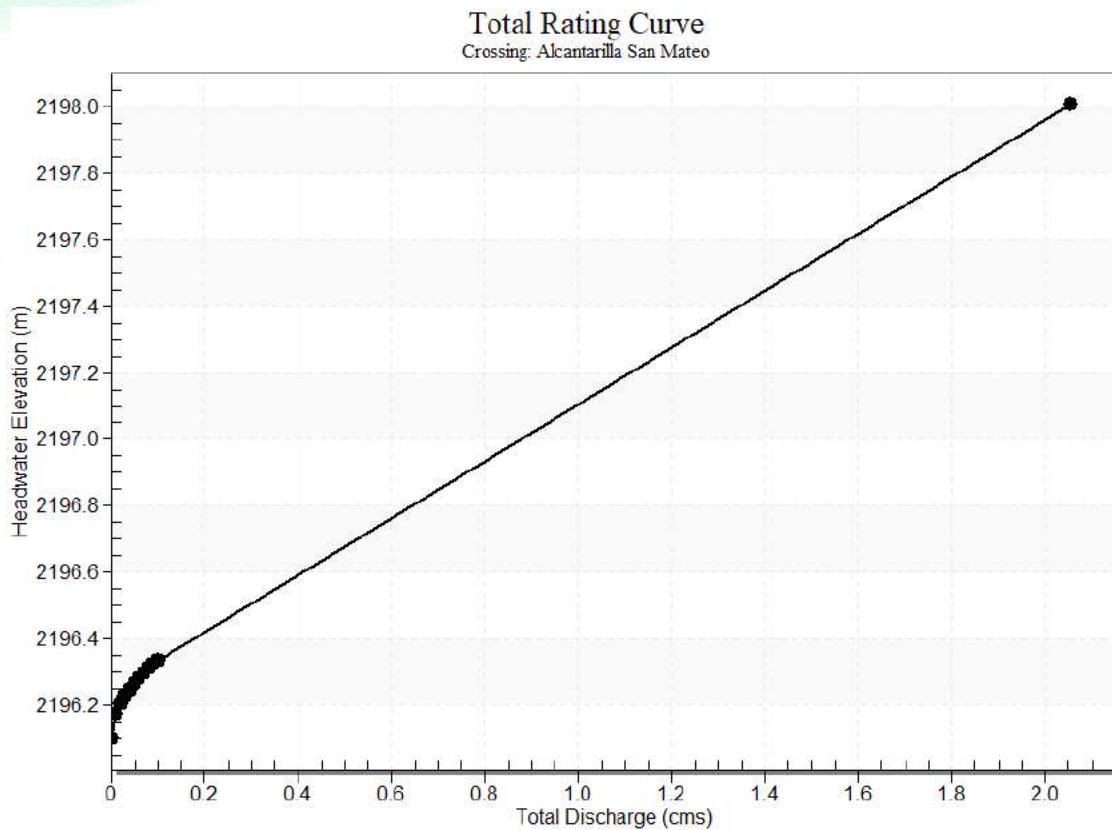
Design Flow: 0.10 cms

Maximum Flow: 0.10 cms

1.1.1. Table 1 - Summary of Culvert Flows at Crossing: Alcantarilla San Mateo

Headwater Elevation (m)	Total Discharge (cms)	Seccion Circular Discharge (cms)	Roadway Discharge (cms)	Iterations
2196.10	0.00	0.00	0.00	1
2196.17	0.01	0.01	0.00	1
2196.20	0.02	0.02	0.00	1
2196.23	0.03	0.03	0.00	1
2196.25	0.04	0.04	0.00	1
2196.26	0.05	0.05	0.00	1
2196.28	0.06	0.06	0.00	1
2196.30	0.07	0.07	0.00	1
2196.31	0.08	0.08	0.00	1
2196.32	0.09	0.09	0.00	1
2196.34	0.10	0.10	0.00	1
2198.00	2.03	2.03	0.00	Overtopping

1.1.2. Rating Curve Plot for Crossing: Alcantarilla San Mateo



2. Culvert Data: Seccion Circular

Culvert Notes:

2.1.1. Table 2 - Culvert Summary Table: Seccion Circular

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth (m)	Outlet Control Depth (m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00 cms	0.00 cms	2196.10	0.00	0.00	0-NF	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00
0.01 cms	0.01 cms	2196.17	0.07	0.0*	1-S2n	0.03	0.06	0.03	0.01	1.59	0.49
0.02 cms	0.02 cms	2196.20	0.10	0.0*	1-S2	0.04	0.08	0.04	0.01	1.76	0.65

0.03 cms	0.03 cms	2196.2 3	0.13	0.0*	n 1- S2 n	0.05	0.10	0.0 5	0.01	1.95	0.76
0.04 cms	0.04 cms	2196.2 5	0.15	0.0*	n 1- S2 n	0.06	0.11	0.0 6	0.01	2.10	0.85
0.05 cms	0.05 cms	2196.2 6	0.16	0.0*	n 1- S2 n	0.06	0.13	0.0 7	0.01	2.22	0.94
0.06 cms	0.06 cms	2196.2 8	0.18	0.0*	n 1- S2 n	0.07	0.14	0.0 8	0.01	2.29	1.01
0.07 cms	0.07 cms	2196.3 0	0.20	0.0*	n 1- S2 n	0.08	0.15	0.0 8	0.02	2.36	1.07
0.08 cms	0.08 cms	2196.3 1	0.21	0.0*	n 1- S2 n	0.08	0.16	0.0 9	0.02	2.42	1.13
0.09 cms	0.09 cms	2196.3 2	0.22	0.0*	n 1- S2 n	0.08	0.17	0.1 0	0.02	2.48	1.18
0.10 cms	0.10 cms	2196.3 4	0.24	0.0*	n 1- S2 n	0.09	0.18	0.1 0	0.02	2.52	1.23

* Full Flow Headwater elevation is below inlet invert.

2.2. Culvert Barrel Data

Culvert Barrel Type Straight Culvert

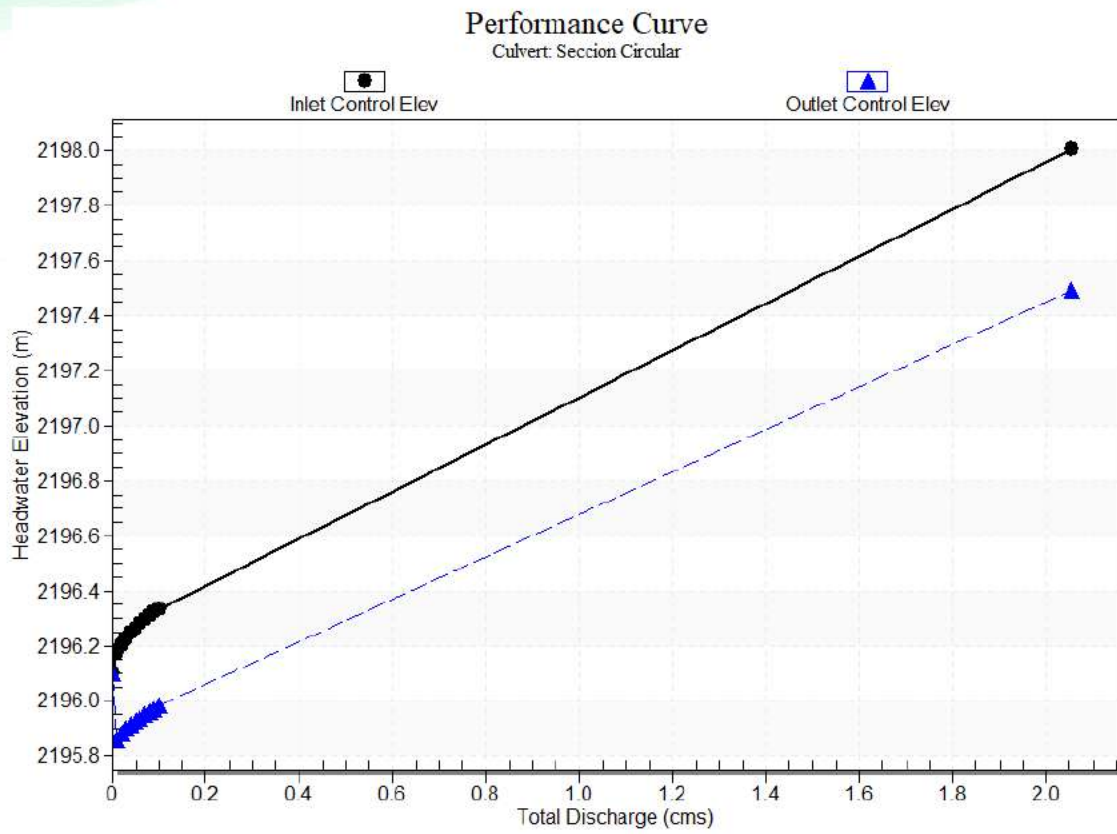
Inlet Elevation (invert): 2196.10 m,

Outlet Elevation (invert): 2195.80 m

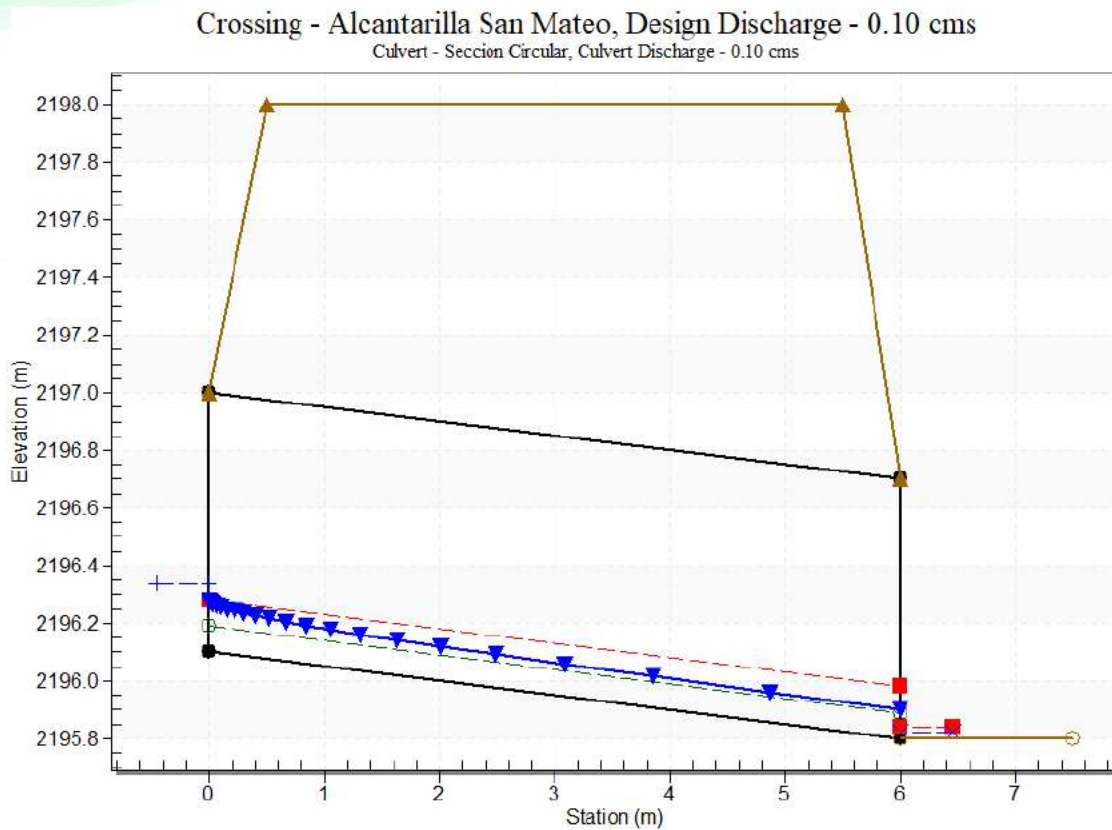
Culvert Length: 6.01 m,

Culvert Slope: 0.0500

2.2.1. Culvert Performance Curve Plot: Seccion Circular



2.2.2. Water Surface Profile Plot for Culvert: Seccion Circular



2.3. Site Data - Seccion Circular

Site Data Option: Culvert Invert Data

Inlet Station: 0.00 m

Inlet Elevation: 2196.10 m

Outlet Station: 6.00 m

Outlet Elevation: 2195.80 m

Number of Barrels: 1

2.4. Culvert Data Summary - Seccion Circular

Barrel Shape: Circular

Barrel Diameter: 900.00 mm

Barrel Material: PVC

Embedment: 0.00 mm

Barrel Manning's n: 0.0110

Culvert Type: Straight

Inlet Configuration: Square Edge with Headwall

Inlet Depression: None

2.5. Tailwater Data for Crossing: Alcantarilla San Mateo

2.5.1. Table 3 - Downstream Channel Rating Curve (Crossing: Alcantarilla San Mateo)

Flow (cms)	Water Surface Elev (m)	Velocity (m/s)	Depth (m)	Shear (Pa)	Froude Number
0.00	2195.80	0.00	0.00	0.00	0.00
0.01	2195.81	0.01	0.49	12.44	2.21
0.02	2195.81	0.01	0.65	18.88	2.36
0.03	2195.81	0.01	0.76	24.15	2.45
0.04	2195.81	0.01	0.85	28.69	2.52
0.05	2195.81	0.01	0.94	32.75	2.58
0.06	2195.81	0.01	1.01	36.56	2.63
0.07	2195.82	0.02	1.07	40.14	2.66
0.08	2195.82	0.02	1.13	43.49	2.70
0.09	2195.82	0.02	1.18	46.71	2.73
0.10	2195.82	0.02	1.23	49.69	2.76

2.6. Tailwater Channel Data - Alcantarilla San Mateo

Tailwater Channel Option: Rectangular Channel

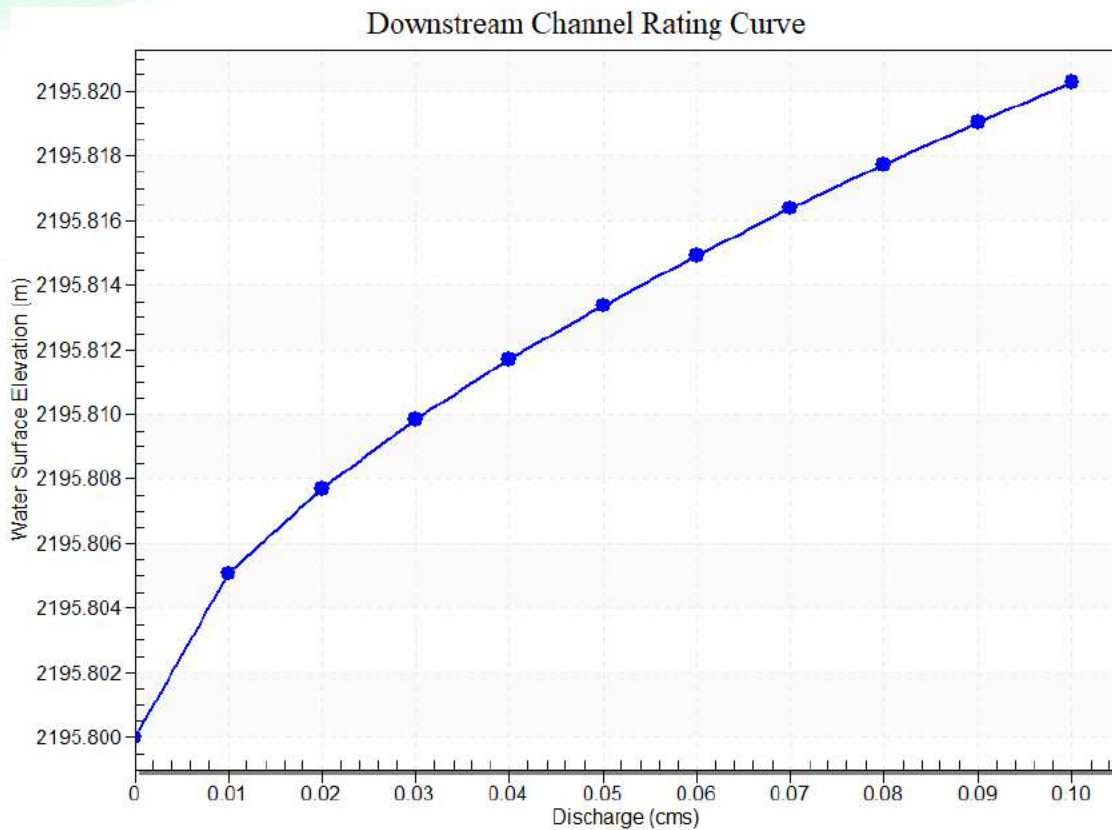
Bottom Width: 4.00 m

Channel Slope: 0.2500

Channel Manning's n: 0.0300

Channel Invert Elevation: 2195.80 m

2.6.1. Tailwater Rating Curve Plot for Crossing: Alcantarilla San Mateo



2.7. Roadway Data for Crossing: Alcantarilla San Mateo

Roadway Profile Shape: Constant Roadway Elevation

Crest Length: 20.00 m

Crest Elevation: 2198.00 m

Roadway Surface: Gravel

Roadway Top Width: 5.00 m