ESTUDIO TOPOGRAFICO

FRENTE DE OBRA

MUNICIPIO DE MUZO – SECTOR LA CACO

CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE MITIGACION SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS PROVINCIA DE OCCIDENTE DEPARTAMENTO DE BOYACA

TOPOGRAFÍA

Muzo, Boyacá

TOPOGRAFÍA

CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE MITIGACION SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS PROVINCIA DE OCCIDENTE DEPARTAMENTO DE BOYACA

Versión 1.0

Contratista:

CONSTRUCTORA PAIS S.A.S

NIT. 901063647-3

MUZO–BOYACÁ

SEPTIEMBRE

2023

Elaboró	**Nombre del profesional**	YEISON GILBERTO SANCHEZ
	Firma	
	Profesión	Topógrafo
	Matricula Profesional	T.P. 01-13984 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 Muzo.....8
Figura 3. Localización vía de estudio-Muzo.....8
Figura 4. TOPCON GTS 246NW SERIAL V20160.....10
Figura 5. Especificaciones GTS 246NW.....12

LISTA DE TABLAS

pág.

Tabla 1. Coordenadas Topografía.....13

BOYACÁ GRANDE
GOBERNACION DE BOYACA
SECRETARIA CONTRATACION
TRAMITADO
JUANA VIVIANA CORTES TAMAYO
FECHA 25-01-2024

TOPOGRAFÍA

CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE MITIGACION SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS PROVINCIA DE OCCIDENTE DEPARTAMENTO DE BOYACA

MUNICIPIO DE MUZO – 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 Muzo, en el departamento de Boyacá.

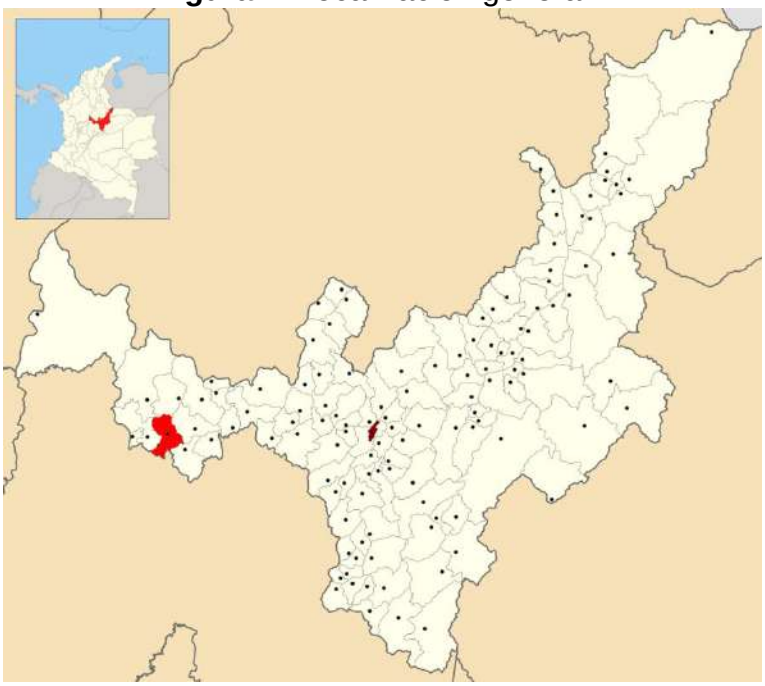
Documento que hace parte del cumplimiento para el proyecto “CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE MITIGACION SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS PROVINCIA DE OCCIDENTE DEPARTAMENTO DE BOYACA.”

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 Muzo se localiza en la Latitud Norte: 5°31´47"N, Longitud Oeste: 74°06´16" O, a 815 metros sobre el nivel del mar. Su temperatura media es de 26 °C, con una precipitación media anual de 3152 mm. Se encuentra a 190 km de Bogotá y su superficie total es de 147 km².

Figura 1. Localización general



Fuente: Wikipedia-sitio web del municipio de Muzo

los límites del municipio de Muzo, Boyacá, son los siguientes:

- Norte: Municipio de San Pablo de Borbur
- Sur: Departamento de Cundinamarca
- Oriente: Municipio de Maripi
- Occidente: Municipio de Quípama

La población del municipio de Muzo es de aproximadamente 9828 habitantes. La actividad económica principal es la minería y agricultura.

Figura 2. División política del municipio de Muzo



Fuente: Oficina de planeación del municipio de Muzo, departamento de Boyacá

Figura 3. Localización vía de estudio-Muzo



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 Muzo 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 cual 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 Muzo. Además de esto, se identifican todos los puntos de importancia que deberán ser registradoscon detalle en el levantamiento topográfico.

En el punto de interés se identifica erosión tipo cárcava en la cara del talud afectando los estribos de la estructura y erosionando sedimentos de la formación paja, generando perdida de banca en la vía y perdida en la conexión con el puente. En las siguientes imágenes se observa la erosión en la cara del talud y la separación vía puente de aproximadamente 1m.

El personal necesario para realizar las labores de campo es:

- Ingeniero
- Topógrafo
- Cadeneros (dos personas)

4. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

4.1 EQUIPOS UTILIZADOS

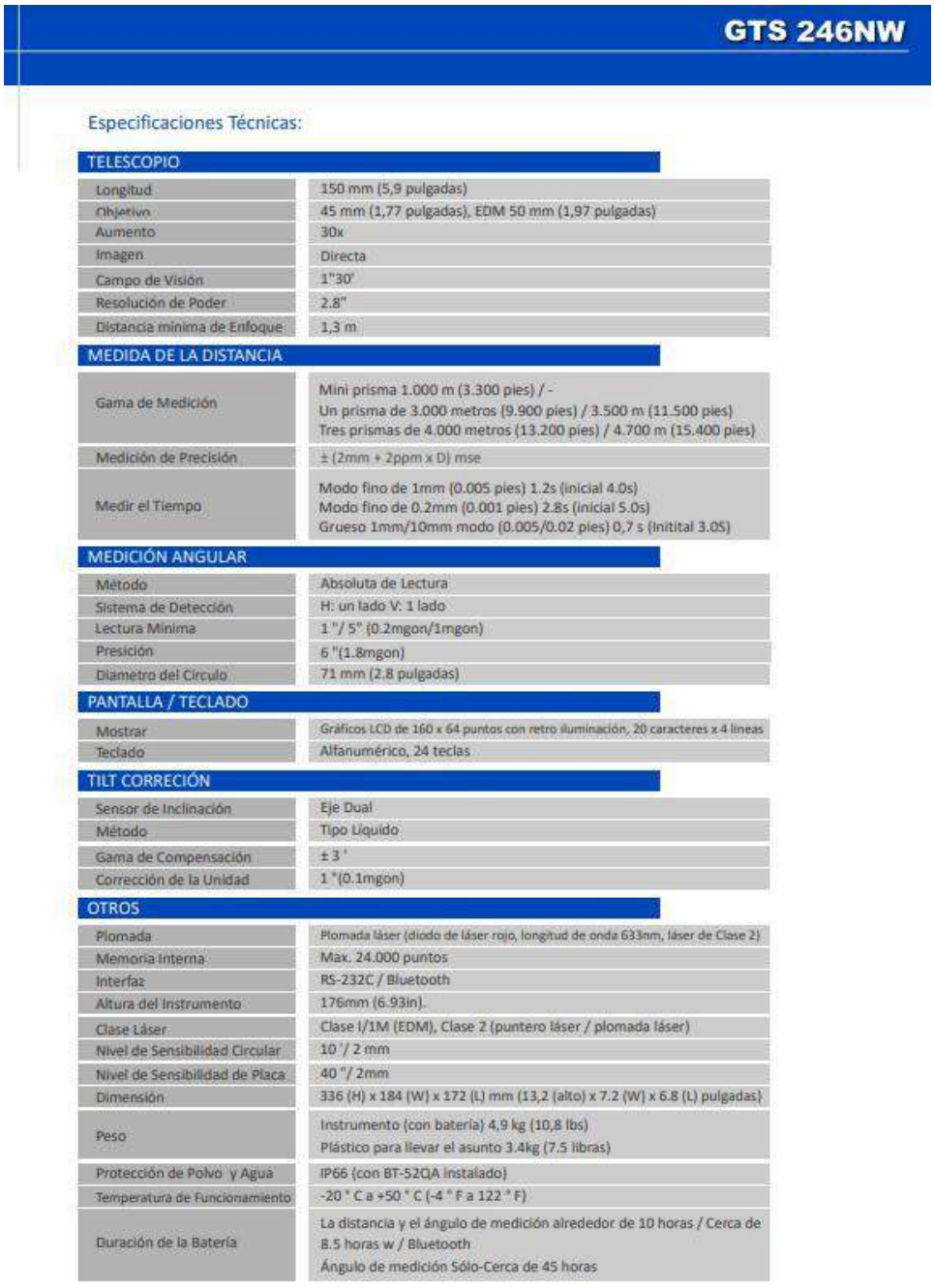
Los equipos utilizados en el levantamiento topográfico son:

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	± (2mm + 2ppm x 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 (Initital 3.0S)
MEDICIÓN ANGULAR	
Método	Absoluta de Lectura
Sistema de Detección	H: un lado V: 1 lado
Lectura Mínima	1 "/ 5" (0.2mgon/1mgon)
Presición	6 "(1.8mgon)
Diametro del Círculo	71 mm (2.8 pulgadas)
PANTALLA / TECLADO	
Mostrar	Gráficos LCD de 160 x 64 puntos con retro iluminación, 20 caracteres x 4 lineas
Teclado	Alfanumérico, 24 teclas
TILT CORRECIÓN	
Sensor de Inclinación	Eje Dual
Método	Tipo Liquido
Gama de Compensación	± 3 '
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 Muzo 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	5°35’47.24”	73°8’1.71”

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.

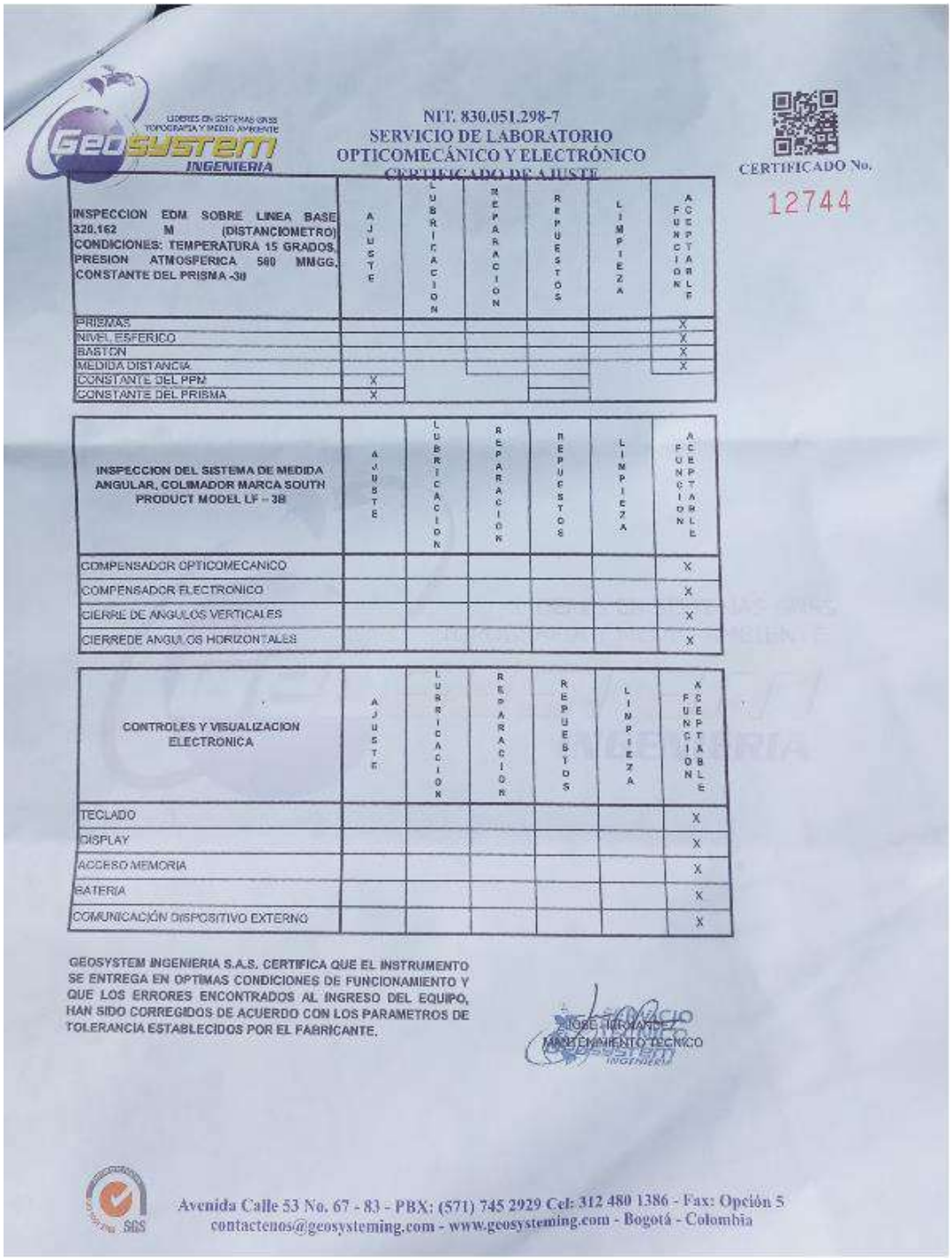
ANEXO 1

REGISTRO FOTOGRÁFICO



ANEXO 2

CALIBRACIÓN DE EQUIPOS TOPOGRÁFICOS



GeoSystem INGENIERIA

DISEÑOS EN SISTEMAS GNSS TOPOGRAFIA Y MEDIO AMBIENTE

NIT. 830.051.298-7

SERVICIO DE LABORATORIO OPTICOMECÁNICO 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	AJUSTE	LUBRICACION	REPARACION	REPUESTOS	LIMPIEZA	ACEPTABLE FUNCION
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 LF – 30	AJUSTE	LUBRICACION	REPARACION	REPUESTOS	LIMPIEZA	ACEPTABLE FUNCION
COMPENSADOR OPTICOMECANICO						X
COMPENSADOR ELECTRONICO						X
CIERRE DE ANGULOS VERTICALES						X
CIERREDE ANGULOS HORIZONTALES						X

CONTROLES Y VISUALIZACION ELECTRONICA	AJUSTE	LUBRICACION	REPARACION	REPUESTOS	LIMPIEZA	ACEPTABLE FUNCION
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.

JOSE IGNACIO
MANTENIMIENTO 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

LIDERES EN SISTEMAS GNSS TOPOGRAFIA Y MEDIO AMBIENTE

GeoSYSTEM INGENIERIA

NIT. 830.051.298-7

SERVICIO DE LABORATORIO OPTICOMECÁNICO Y ELECTRÓNICO

CERTIFICADO DE AJUSTE

CERTIFICADO No.

12744

INSPECCION EDM SOBRE LINEA BASE 320.162 M (DISTANCIOMETRO) CONDICIONES: TEMPERATURA 15 GRADOS, PRESION ATMOSFERICA 560 MMGG, CONSTANTE DEL PRISMA -30	AJUSTE	LUBRICACION	REPARACION	REPUESTOS	LIMPIEZA	FUNCION ACEPTABLE
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 LF – 3B	AJUSTE	LUBRICACION	REPARACION	REPUESTOS	LIMPIEZA	FUNCION ACEPTABLE
COMPENSADOR OPTICOMECANICO						X
COMPENSADOR ELECTRONICO						X
CIERRE DE ANGULOS VERTICALES						X
CIERREDE ANGULOS HORIZONTALES						X

CONTROLES Y VISUALIZACION ELECTRONICA	AJUSTE	LUBRICACION	REPARACION	REPUESTOS	LIMPIEZA	FUNCION ACEPTABLE
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.

JOSE HERNANDEZ
MANTENIMIENTO 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

ANEXO 3

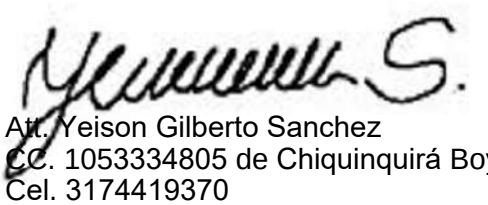
PLANOS TOPOGRÁFICOS EN FORMATO PDF Y DWG

ANEXO 4

CARTERA Y MEMORIA DE LEVANTAMIENTO

MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

Por medio de la presente me permito dejar en constancia la responsabilidad de los trabajos realizados en el municipio de Muzo, lo entregando un informe y los planos topográficos planta perfil y ubicación debidamente firmados, con sus respectivas carteras topográficas.



Att. Yeison Gilberto Sanchez
CC. 1053334805 de Chiquinquirá Boyacá
Cel. 3174419370
topografia.yeisonsanchez@gmail.com

TARJETA PROFECIONAL Y CERTIFICADO DE VIGENCIA





República de Colombia

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE TOPOGRAFÍA

Ley 70 / 79

CERTIFICADO DE VIGENCIA No: 282187/2022

EL DIRECTOR EJECUTIVO DEL CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE TOPOGRAF

HACE CONSTAR

Que el(la) Señor(a) **YEISON GILBERTO SANCHEZ SANCHEZ** , identificado(a) con cédula de ciuda **No. 1053334805** , se encuentra inscrito(a) en el Registro Único de Topógrafos RUTOPO del CPNT **TECNÓLOGO EN TOPOGRAFÍA** de la Institución de Educación Superior **SENA** , bajo la Li Profesional **No. 01-13984** con fecha de expedición del **15 de Noviembre de 2012.**

Que el(la) Señor(a) **YEISON GILBERTO SANCHEZ SANCHEZ**, tiene vigente su Licencia Profesiona **01-13984** y a la fecha **NO REGISTRA ANTECEDENTES DISCIPLINARIOS** , que lo (la) inhabilite ejercicio de su profesión.

Dada en Bogotá, D.C. a los **25 días del mes de Enero de 2022.**

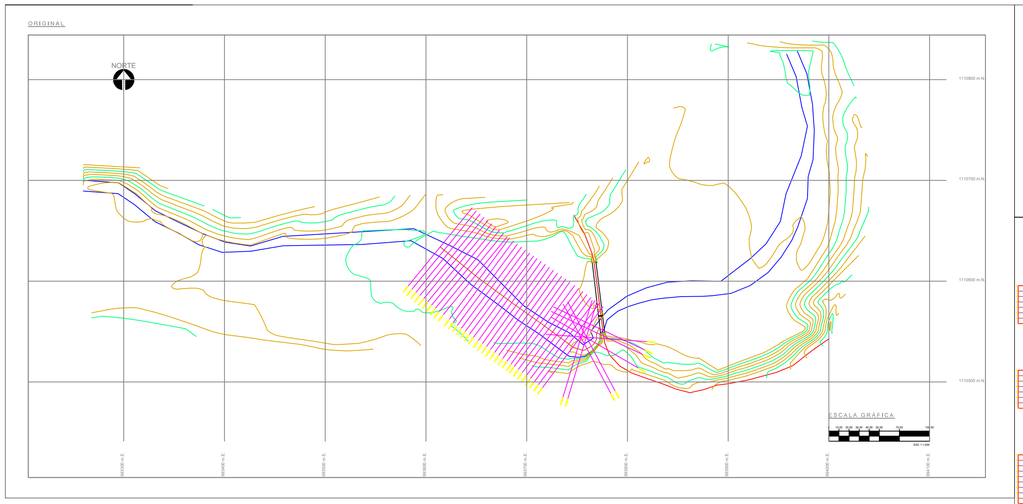
LUIS ALEJANDRO ZAFRA JARAMILLO
Director Ejecutivo

***Firma del profesional**

*La firma del profesional es requerida para comprobar la anuencia de su participación en procesos contractuales. La falta de la firma del profesional NO invalida certificado.

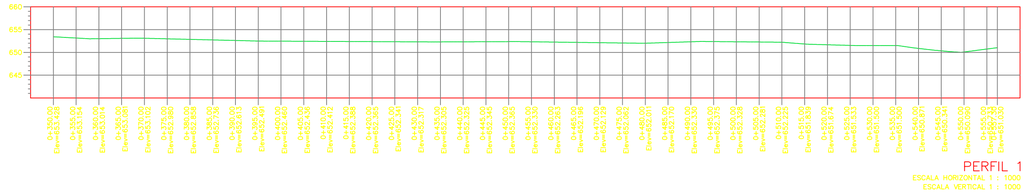
Notas 1- El anterior certificado no suple la Licencia Profesional para ejercer un cargo.
2- La validez del documento se puede verificar en la página web www.cpnt.gov.co a través del número de certificado de Vigencia.
3- Este certificado digital tiene plena validez de conformidad con lo establecido en el Art. 2 de la Ley 527 de 1999, decreto 1747 de 2000 y Art. 6 Paragrafo de la Ley 962 de 2005.

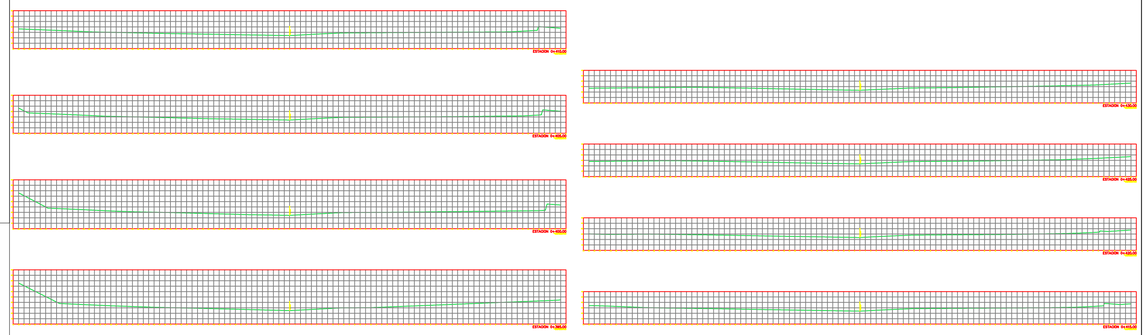
Calle 42 No. 8A- 69 Oficina 601 Teléfono: 288 14 90 - 245 1694 - Bogotá, D.C.
www.cpnt.gov.co - Email: info@cpnt.gov.co - presidencia@cpnt.gov.co

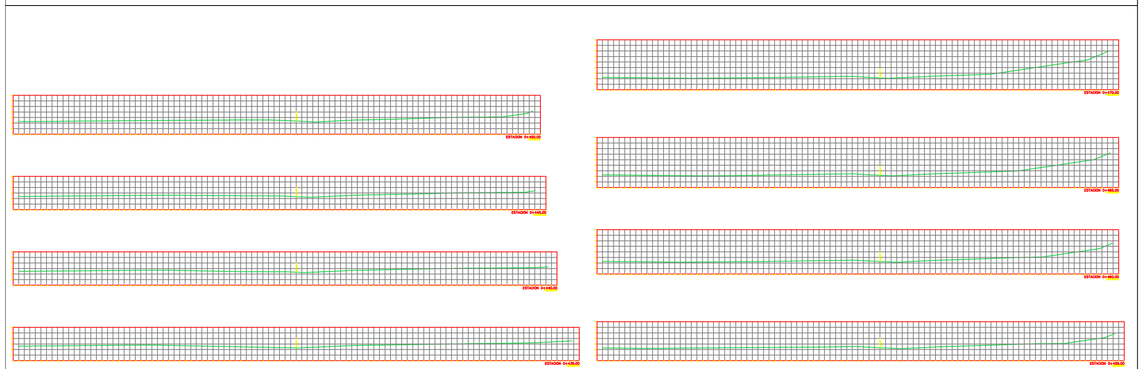


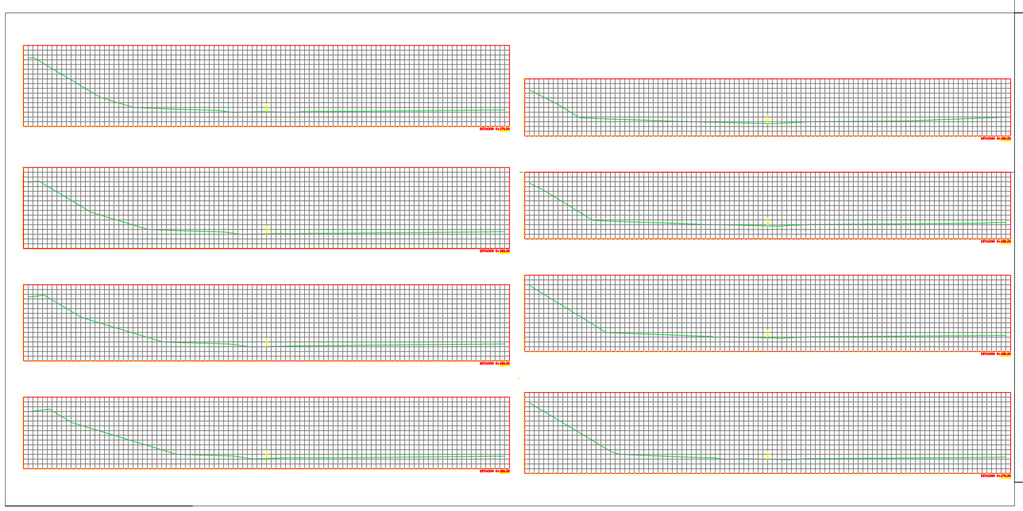
LOCALIZACIÓN SATELITAL

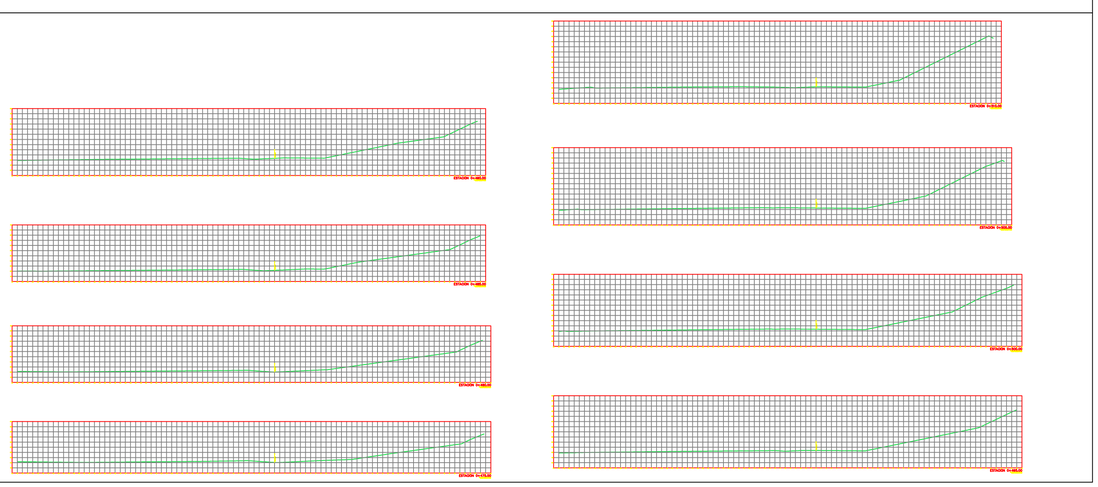












GOBERNACIÓN DE BOYACÁ

PROYECTO:

OBRA PUBLICA
N° DE CONTRATO 002-2023

CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE MITIGACIÓN SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS PROVINCIA DE OCCIDENTE DEPARTAMENTO DE BOYACÁ

CONTIENE:

PLANTA PERFIL Y SECCIONES TRANSVERSALES

LEVANTO:

Luis Edilberto González Gallo

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

REVISÓ:

CONSTRUCTORA PAIS S.A.S
R/L JOAN CARLOS VELASQUEZ

APROBO:

Jhonatan Meneses

CONSORCIO CARINGA
R/L Ing. JHONATAN MENESES

LOCALIZACIÓN:



CONVENCIONES

- *Via*
- *Curva indice*
- *Curva intermedia*
- *Arbol*
- *Red hidrica*
- *Estación P.K.*

DIGITO :

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

ESCALA :

INDICADA

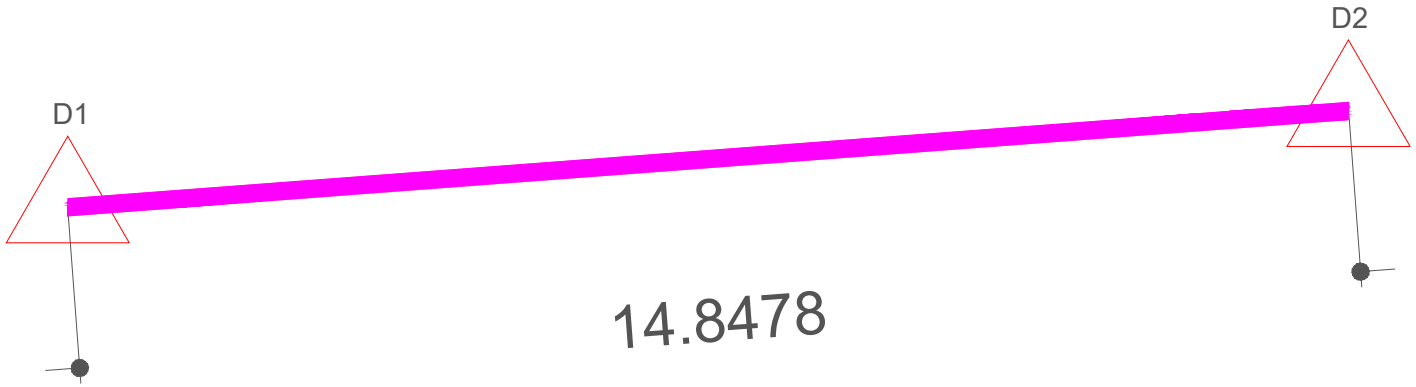
FECHA :

Septiembre de 2023

ARCHIVO DIGITAL :

PUENTE LA CACO - MUZO.DWG

PLANO N° DG 1 1 DE



DELTAS	COORDENADAS	
	X	Y
D1	993751.626	1110579.441
D2	993766.432	1110580.555
DISTANCIA	14.8478	

ESTUDIO HIDRAHULICO

FRENTE DE OBRA

MUNICIPIO DE MUZO – SECTOR LA CACO

REPÚBLICA DE COLOMBIA

DEPARTAMENTO DE BOYACÁ

CONTRATO DE OBRA PÚBLICA No. 002 DE 2023

CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE MITIGACIÓN SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS PROVINCIA DE OCCIDENTE DEPARTAMENTO DE BOYACÁ.

CONTRATISTA:

CONSTRUCTORA PAIS SAS

CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE MITIGACIÓN SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS PROVINCIA DE OCCIDENTE DEPARTAMENTO DE BOYACÁ. MUNICIPIO DE MUZO, SECTOR PUENTE SOBRE LA QUEBRADA LA CACO.

CONTIENE:

ESTUDIO DE HIDROLOGÍA, HIDRÁULICA Y SOCAVACIÓN

ELABORÓ:

VICTOR MANUEL CAMACHO REYES
I.C. Msc. M.P. 25202099234 CND

OCTUBRE - 2023

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN 6
1. GENERAL 7
1.1 Localización 7
1.2 Objetivo y alcance 7
1.3 Fuentes de información 7
1.4 Datos del sitio 8
2. ESTUDIO HIDROLÓGICO 10
2.1 Metodología 10
2.2 Características morfométricas cuenca Quebrada La Caco 10
2.2.1 Área 11
2.2.2 Longitud del Cauce Principal 12
2.2.3 Longitud directa del río principal 12
2.2.4 Factor de forma (Kf) 12
2.2.5 Índice de Compacidad (Kc) 13
2.2.6 Tiempo de Concentración 13
2.3 Climatología 16
2.3.1 Precipitación 18
2.3.2 Temperatura 18
2.3.3 Humedad Relativa 19
2.3.4 Nubosidad 20
2.4 Análisis Hidrológico de precipitaciones 21
2.4.1 Análisis de Precipitación Máxima 21
2.4.2 Determinación de Hietogramas de Precipitación 25
2.4.3 Análisis de Precipitación Efectiva 27
2.5 Análisis de caudales 32
2.5.1 Análisis de Caudales Mínimos 32
2.5.2 Análisis de Caudales Medios 33
2.5.3 Análisis de Caudales Máximos 33
2.5.4 Análisis de crecientes 33
2.5.5 Caudales de Diseño 37
2.5.6 Análisis de Sedimentos 37
3. ESTUDIOS HIDRÁULICOS 38
3.1 Geomorfología 38
3.2 Dinámica e hidráulica fluvial 38
3.3 Hidráulica general 38
3.3.1 Modelo de Análisis Hidráulico 39
4. ANÁLISIS DE SOCAVACIÓN 43
4.1 Socavación general 43
4.1.1 Socavación General Por Contracción 43
4.2 Socavación local en estribos 44
5. MEMORIAS DE CÁLCULO HIDRÁULICO 45
5.1 Implementación modelo de análisis hidráulico 45
5.1.1 Parámetros de resistencia al flujo: Evaluación del Coeficiente de MANNING 47

5.1.2 Datos de caudal 49
5.1.3 Condiciones de frontera 49
5.2 Evaluación del Modelo Hidráulico Puente Quebrada La Caco 50
5.3 Evaluación de Socavación 55
5.3.1 Socavación General Por Contracción y Local en Estribos 55
6. DISEÑO OBRAS DE PROTECCIÓN 61
6.1 Consideraciones de diseño 63
6.2 Dimensionamiento de la Obra de Protección 64
6.3 Evaluación obra de protección estribo derecho 66
6.3.1 Evaluación del Espesor de Revestimiento en Bolsacreto 66
6.4 Verificación Modelo Hidráulico Condición Cauce con Obra TR: 50 Años 68
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 78
8. BIBLIOGRAFÍA 80
ANEXOS 81

Lista de Figuras

Figura 2.1 Localización estaciones Meteorológicas IDEAM seleccionadas 17
Figura 2.2 Isoyetas de precipitación máximas en 24 horas - Tr = 100 años..... 23
Figura 2.3 Isoyetas de Precipitación Máxima Promedio anual en 24 horas, a nivel multianual 24
Figura 2.4 Clasificación geológica del suelo, Quebrada La Caco..... 30
Figura 2.5 Clasificación cobertura vegetal, Quebrada La Caco..... 31
Figura 2.6 Esquema Modelo Hidrológico Quebrada La Caco, HEC HMS 4.9 35
Figura 5.1 Modelo geométrico del cauce obtenido de la información topográfica 46
Figura 5.2 Esquema en planta del modelo de análisis hidráulico 47
Figura 5.3 Localización en planta puente sobre la Quebrada La Caco 58
Figura 5.4 Perfil puente aguas arriba 59
Figura 5.5 Perfil sobre el eje del Puente..... 59
Figura 5.6 Perfil puente aguas abajo..... 60
Figura 6.1 Sección Tipo, Obra de Protección..... 61
Figura 6.2 Localización Alineamiento Obra Protección Margen Derecha..... 62

Lista de Gráficas

Gráfica 2.1 Distribución anual de precipitaciones medias mensuales. 18
Gráfica 2.2 Temperatura media mensual multianual..... 19
Gráfica 2.3 Humedad relativa media mensual multianual 20
Gráfica 2.4 Nubosidad media mensual multianual 21
Gráfica 2.5 Curvas I-D-F Promedio cuenca Quebrada La Caco..... 25
Gráfica 2.6 Hietograma de precipitación, Quebrada La Caco, Tr = 100 años 26
Gráfica 2.7 Hietograma de precipitación, Quebrada La Caco, Afectado por F(a)..... 27
Gráfica 2.8 Hidrograma de Creciente, Tr = 100 años..... 36
Gráfica 5.1 Distribución de velocidad sección 220.20, Aguas Arriba del Puente..... 51
Gráfica 5.2 Distribución de velocidad sección 217.3 BR U, Puente Aguas Arriba..... 52
Gráfica 5.3 Distribución de velocidad sección 217.3 BR D, Puente Aguas Abajo 53
Gráfica 5.4 Distribución de velocidad sección 214.40, Aguas Abajo del Puente 54
Gráfica 5.5 Perfil longitudinal de flujo 54
Gráfica 5.6 Presentación esquemática resultados de socavación general por contracción 55
Gráfica 6.1 Distribución de velocidad, Sección RS = 561.405 BR D, puente aguas arriba 66
Gráfica 6.2 Distribución de velocidad sección 220.20, Aguas Arriba del Puente..... 69
Gráfica 6.3 Distribución de velocidad sección 217.3 BR U, Puente Aguas Ariba..... 70
Gráfica 6.4 Distribución de velocidad sección 217.3 BR D, Puente Aguas Abajo 71
Gráfica 6.5 Distribución de velocidad sección 214.40, Aguas Abajo del Puente 72
Gráfica 6.6 Perfil longitudinal de flujo 73
Gráfica 6.7 Presentación esquemática resultados de socavación general por contracción 74
Gráfica 6.8 Presentación esquemática resultados de socavación general por contracción 76

Lista de Imágenes

Imagen 2.1 Delimitación de la cuenca Quebrada La Caco 11

Lista de Tablas

Tabla 1.1 Información Secundaria 8
Tabla 2.1 Tiempo de Concentración 16
Tabla 2.2 Estaciones Meteorológicas 17
Tabla 2.3 Precipitaciones medias mensuales multianuales (mm) 18
Tabla 2.4 Temperatura máxima absoluta mensual multianual (ºC) 19
Tabla 2.5 Temperatura mínima absoluta mensual multianual (ºC) 19
Tabla 2.6 Humedad relativa media mensual multianual (%) 20
Tabla 2.7 Nubosidad media mensual multianual (Octas) 20
Tabla 2.8 Precipitaciones Máximas en 24 horas – Tr = 100 años 22
Tabla 2.9 Factor de Reducción Por Área 27
Tabla 2.10 Lluvia Antecedente 29
Tabla 2.11 Evaluación del Número de Curva CN(II) 32
Tabla 2.12 Caudales Máximos Evaluados 35
Tabla 5.1 Evaluación Coeficiente de Manning, método de Cowan 48

INTRODUCCIÓN

Los análisis de hidrología, hidráulica y socavación relacionados en el presente documento tienen como propósito brindar el soporte técnico de ingeniería para efectos de formular las acciones y obras de rehabilitación provisional y control de socavación en el estribo derecho del puente sobre la Quebrada La Caco, Municipio de Muzo, Departamento de Boyacá.

El desarrollo de los análisis hidrológicos e hidráulicos para la Quebrada La Caco, se fundamentaron en la información cartográfica del IGAC, información meteorológica y climatológica del IDEAM y el levantamiento topográfico del cauce en el sector de cruce. Por su parte, para efectos de evaluar el fenómeno de socavación, adicionalmente, se incorporaron al modelo de análisis hidráulico las características geométricas del puente y propiedades sedimentológicas de la corriente. Finalmente, con fundamento en los resultados obtenidos se recomendaron obras complementarias de protección a nivel de los estribos del puente, procurando la tipología de obra que más se adaptase a las condiciones particulares de la corriente superficial y el emplazamiento del ponteadero. El contenido de este documento presenta de manera secuencial los análisis técnicos requeridos para la evaluación hidráulica de la estructura, así como los resultados obtenidos.

1. GENERAL

El presente documento relaciona los fundamentos metodológicos y resultados de los estudios de hidrología, hidráulica y socavación para la construcción de obras de protección de un puente, sobre la Quebrada La Caco.

1.1 LOCALIZACIÓN

El área de influencia de los estudios comprende la cuenca hidrográfica definida por la corriente superficial de la Quebrada La Caco, hasta el sitio de ponteadero, el cual se ubica aproximadamente sobre las coordenadas planas 1.110.578 N, 993.775 E, con origen Magna Bogotá.

1.2 OBJETIVO Y ALCANCE

El objetivo principal de los estudios hidrológicos corresponde a la determinación de los caudales o volúmenes instantáneos que se espera ocurran en la Quebrada La Caco, sobre el sitio del puente, como resultado de eventos de carácter hidrológico proyectados a periodos de retorno específicos, los cuales constituyen un insumo básico para la realización del análisis hidráulico del cauce y evaluación del fenómeno de socavación.

Se establece como alcance de los estudios hidrológicos la aplicación de metodologías convencionalmente utilizadas para manejo de datos hidrológicos enfocados a la estimación de caudales en puntos específicos de las cuencas hidrográficas. En concordancia con los estudios e información existente, se establece que la metodología aplicable para la evaluación de caudales corresponde a la implementación de modelos lluvia-escorrentía. Con relación a los componentes de hidráulica y socavación los análisis se realizan tomando como representativo el evento de creciente con periodo de retorno de 100 años.

1.3 FUENTES DE INFORMACIÓN

Para efectos de realizar los análisis de hidrología, hidráulica y socavación se realiza compilación de la información secundaria correspondiente a Cartografía del IGAC y registros hidroclimatológicos en el archivo técnico del IDEAM. De forma similar se realiza recuperación de información de sensores remotos consistente en MDT ALOS PALSAR con resolución de 12.5 metros, Imágenes Landsat e imágenes de Google Earth. La

Tabla **1.1** relaciona la información secundaria más representativa utilizada para el proyecto.

Tabla 1.1 Información Secundaria

ítem	DESCRIPCIÓN	INFORMACIÓN	FUENTE
1	Cartografía escala 1:25000	Cartografía Básica Geoportal IGAC	Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).
2	Información hidrometeorológica	Estación Otanche (23125080) Estacion Borbur 2 (23120250) Estación Muzo (23120050) Estación Aeropuerto Furatena – Aut (23125140) Estación Yacopi – Aut (23065110)	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)
3	DEM ALOS PALSAR resolución 12.5 m	Ráster: AP_24945_FBD_F0090_RT1.dem	Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

1.4 DATOS DEL SITIO

Durante el desarrollo de los estudios se realizaron visitas de campo y levantamiento de información primaria en cada una de las disciplinas de la ingeniera que participaron en el proyecto, siendo de especial relevancia para los análisis de hidráulica y socavación la información concerniente al levantamiento topográfico y la correspondiente al estudio de suelos y geotecnia.

La Fotografía 1.1, ilustra las características del cauce de la Quebrada La Caco en el sector de ponteadero.



Fotografía 1.1 Cauce Quebrada La Caco en el sector de Ponteadero

2. ESTUDIO HIDROLÓGICO

La evaluación hidrológica de la cuenca drenante tiene como propósito determinar los caudales o descargas que pueden ser generados por eventos de precipitación para distintos periodos de retorno, siendo de interés los relacionados con estructuras hidráulicas tipo puente y obras complementarias de protección. Los caudales estimados mediante el estudio hidrológico, constituye un insumo en la evaluación de modelos de análisis hidráulico para caracterizar el comportamiento de la corriente superficial en el sector del puente.

2.1 METODOLOGÍA

El enfoque metodológico general para la elaboración de los estudios comprende la de revisión de información de referencia recuperada de estudios anteriores, el desarrollo de actividades específicas como delimitación del área de drenaje o cuenca hidrográfica conformada por la corriente superficial hasta el sitio de proyección de la obra de protección del puente, identificación de red de drenaje, recuperación y actualización de registros de información de variables hidroclimatológicas e información de cobertura del suelo entre otros. Posteriormente se desarrollan las estimaciones y análisis respectivos sobre aspectos fundamentales como morfometría de la cuenca, precipitaciones, caudales y sedimentos; los dos últimos requeridos para la evaluación hidráulica y de socavación.

Cabe mencionar que de acuerdo con el tamaño de la cuenca y la carencia de información hidrométrica la estimación de caudales se realiza mediante la implementación de modelos lluvia -escorrentía. La determinación de caudales mediante modelos lluvias-escorrentía, se realizará por el método racional para cuencas de hasta 2.5 km^2, mientras que para cuencas mayores se utilizará el modelo de tipo sintético *SCS UH Model*, implementado en el software HEC-HMS de la USACE.

2.2 CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS CUENCA QUEBRADA LA CACO

Para efectos de la evaluación morfométrica de la cuenca Quebrada La Caco hasta el sitio del puente, se realizó la localización geográfica sobre cartografía recuperada en el geoportal del IGAC con escala 1:25.000. Los procesos concernientes a delimitación de la cuenca y evaluación de la morfometría fueron asistidos mediante la utilización de un DEM ALOS PALSAR con resolución de 12.5 metros e imágenes de satélite de alta resolución. La Imagen 2.1, ilustra la delimitación de cuenca y la red de drenaje de la Quebrada La Caco hasta el sitio de interés. El plano adjunto *Delimitación_Cuenca_Quebrada_La_Caco* relaciona la delimitación de cuenca junto con la red de drenaje de la Quebrada La Caco y la representación del relieve a partir de curvas de nivel sobre cartografía IGAC escala 1:25.000.

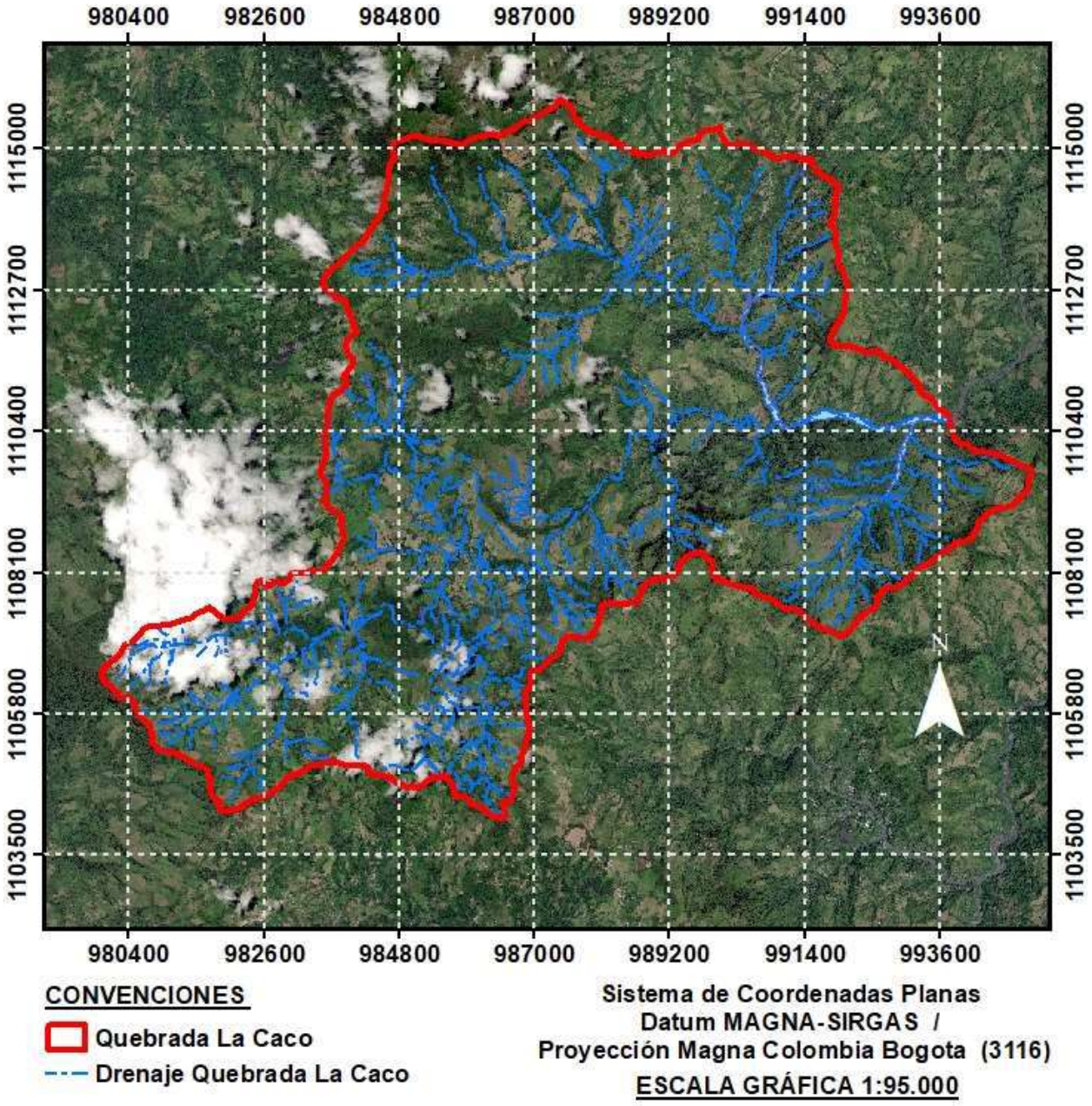


Imagen 2.1 Delimitación de la cuenca Quebrada La Caco

2.2.1 ÁREA

El área de la cuenca corresponde a las áreas que drenan la corriente principal y las tributarias, su valor es:

Quebrada La Caco: A = 86.93 Km^2.

2.2.2 LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL

Corresponde a la longitud medida desde el origen hasta el sitio definido para el análisis (se evalúa sobre el cauce más largo), su valor obtenido es:

Quebrada La Caco: L = 20.537 Km.

2.2.3 LONGITUD DIRECTA DEL RÍO PRINCIPAL

Corresponde a la distancia medida desde el punto más alejado hasta el sitio en estudio, y su valor es el de la suma de la longitud del cauce principal más un incremento, Δl, correspondiente a la distancia entre el extremo superior del cauce principal y la divisoria de aguas.

Quebrada La Caco: Δl = 0.030 Km, $\Rightarrow$ L_c = 20.537+ 0.030 = 20.57 Km.

2.2.4 FACTOR DE FORMA (KF)[1]

Es la relación entre el ancho medio y la longitud axial de la cuenca. La longitud axial de la cuenca se mide siguiendo el curso de agua más largo desde la desembocadura hasta la cabecera más distante de la cuenca. El ancho, B, se obtiene cuando se divide el área en la longitud axial de la cuenca.

$$B = {}^{A}/_{L_C} \qquad \textbf{2.1}$$

$$\mathrm{Kf} = {}^{B}/_{L_C} \qquad \textbf{2.2}$$

$$B = \frac{86.93}{20.57} = 4.23\ km \implies K_f = \frac{4.23}{20.57} = 0.206$$

Dónde:
B = Ancho medio de la cuenca, en Km.
L_c = Longitud de la cuenca, en Km.
A = Área de la cuenca, en km^2.

Una cuenca con un factor de forma (K_f) bajo esta menos sujeta a crecientes que otra del mismo tamaño, pero con mayor factor de forma.

[1] MONSALVE Sáenz German. Hidrología en la Ingeniería. Escuela Colombiana de Ingeniería. 1995. ISBN: 958-95742-1-1. p. 38.

2.2.5 ÍNDICE DE COMPACIDAD (KC)

Es la relación entre el perímetro P de la cuenca y el perímetro P_0 de un círculo de área ***A*** igual al área de la cuenca.

P = 52.274 Km.

$$P_o = 2\sqrt{\pi \times A} \quad \textbf{2.3}$$

$$K_c = {}^{P}/_{P_O} \quad \textbf{2.4}$$

$$P_0 = 2\sqrt{\pi \times 86.93} = 33.05\ km \quad \Longrightarrow \quad K_c = \frac{52.274}{33.05} = 1.58$$

Si la cuenca es bastante irregular mayor será el coeficiente de compacidad (K_c). Una cuenca circular, posee el mínimo coeficiente que equivale a uno. Un valor próximo a la unidad denota mayor tendencia.

2.2.6 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

Este es un valor de notable importancia en la cuenca y depende principalmente de las características fisiográficas, de la cobertura vegetal y del uso de la tierra.

Se define como el tiempo de viaje del agua que cae en la lluvia desde el sitio más alejado de la cuenca, con relación a la estación de salida de la corriente de drenaje. Para efectos de estimar el tiempo de concentración se aplican las formulaciones relacionas a continuación:

Ecuación de Kirpich:

$$T_C = 3.97\left(\frac{L}{\sqrt{S}}\right)^{0.77} \quad \textbf{2.5}$$

Dónde:

T_c = Tiempo de concentración, en Minutos.
L = Longitud del cauce principal, en km.
S = Pendiente del cauce principal, en m/m.

Ecuación de Ven Te Chow:

$$T_C = 16.38\left(\frac{L}{\sqrt{S}}\right)^{0.64} \quad \textbf{2.6}$$

Dónde:

T_c = Tiempo de concentración, en Minutos.
L = Longitud del cauce principal, en km.
S = Pendiente del cauce principal, en m/m.

Ecuación de Giandotti:

$$T_C = 60\left(\frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{\Delta H}}\right) \quad \textbf{2.7}$$

Dónde:

T_c = Tiempo de concentración, en Minutos.
A = Area de la cuenca, en km^2.
L = Longitud del cauce principal, en km.
ΔH = Diferencia entre la pendiente media de la cuenca y la divisoria de aguas de la salida, en metros

Ecuación del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Estados Unidos:

$$T_C = 16.8\left(\frac{L}{S^{0.25}}\right)^{0.76} \quad \textbf{2.8}$$

Dónde:

T_c = Tiempo de concentración, en Minutos.
L = Longitud del cauce principal, en km.
S = Pendiente del cauce principal, en m/m.

Ecuación de Témez:

$$T_C = 18\left(\frac{L}{S^{0.25}}\right)^{0.76} \quad \textbf{2.9}$$

Dónde:

T_c = Tiempo de concentración, en Minutos.
L = Longitud del cauce principal, en km.
S = Pendiente del cauce principal, en m/m.

Ecuación de Bransby-Williams:

$$T_C = 14.465 \frac{L}{A^{0.1}\, S^{0.2}} \qquad \textbf{2.10}$$

Dónde:

T_c = Tiempo de concentración, en Minutos.
L = Longitud del cauce principal, en km.
A = Area de la cuenca, en km^2.
S = Pendiente del cauce principal, en m/m.

Ecuación de Johnstone-Cross:

$$T_C = 3.258 \left(\frac{L}{S}\right)^{0.5} \qquad \textbf{2.11}$$

Dónde:

T_c = Tiempo de concentración, en Minutos.
L = Longitud del cauce principal, en km.
S = Pendiente del cauce principal, en m/m.

Ecuación de California Practice Culverts:

$$T_C = 56.89 \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0.385} \qquad \textbf{2.12}$$

Dónde:
T_c = Tiempo de concentración, en minutos.
L = Longitud máxima de flujo de escorrentía superficial, en km.
H = Diferencia de nivel entre la divisoria de aguas y la salida, en metros.

Ecuación de Ventura:

$$T_C = 60 \left(\frac{4\sqrt{A \times L}}{\sqrt{H}}\right) \qquad \textbf{2.13}$$

Dónde:
T_c = Tiempo de concentración, en minutos.
A = Area de la cuenca, en km^2.
L = Longitud máxima de flujo de escorrentía superficial, en km.
H = Diferencia de nivel entre la divisoria de aguas y la salida, en metros.

Ecuación de Pilgrim y McDermott:

$$T_C = 45.6A^{0.38} \qquad \textbf{2.14}$$

Dónde:

T_c = Tiempo de concentración, en minutos.

A = Area de la cuenca, en km^2.

Evaluando las anteriores expresiones para los datos de la cuenca se obtienen los resultados relacionados en la Tabla 2.1.

L = 20.537 km.

H = 1241.0 m

S = 0.0604 m/m

H_{mc} = 1240.20 m.s.n.m

ΔH = 589.20 m

A = 86.93 km^2

Tabla 2.1 Tiempo de Concentración

ECUACIÓN	Tc (minutos)
KIRPICH	119.86
VEN TE CHOW	278.19
GIANDOTTI	210.42
CUERPO DE INGENIEROS USA	284.71
TÉMEZ	305.05
BRANSBY-WILLIAMS	333.19
Johnstone-Cross	60.06
CALIFORNIA PRACTICE CULVERT	120.20
VENTURA	287.86
Pilgrim y McDermott	248.80
Promedio	224.83

Con relación a los resultados para el tiempo de concentración presentados en la Tabla 2.1, de acuerdo con las características de tamaño del área tributaria y pendiente del cauce, se estima que el obtenido mediante la ecuación de California Practice Culvert describe en forma satisfactoria el comportamiento de la cuenca y se adopta para el desarrollo del modelo lluvia – escorrentía.

2.3 CLIMATOLOGÍA

Las condiciones atmosféricas que intervienen en el estado físico del clima, en una zona dada, por un determinado tiempo, se conocen como elementos climáticos, entre los que sobresale el elemento de la precipitación.

Dentro de la evaluación climatológica para el área de la cuenca de la Quebrada La Caco se recuperó información en el archivo técnico del IDEAM para la estación relacionada en la Tabla 2.2. Los reportes del IDEAM se relacionan en el Anexo 1.

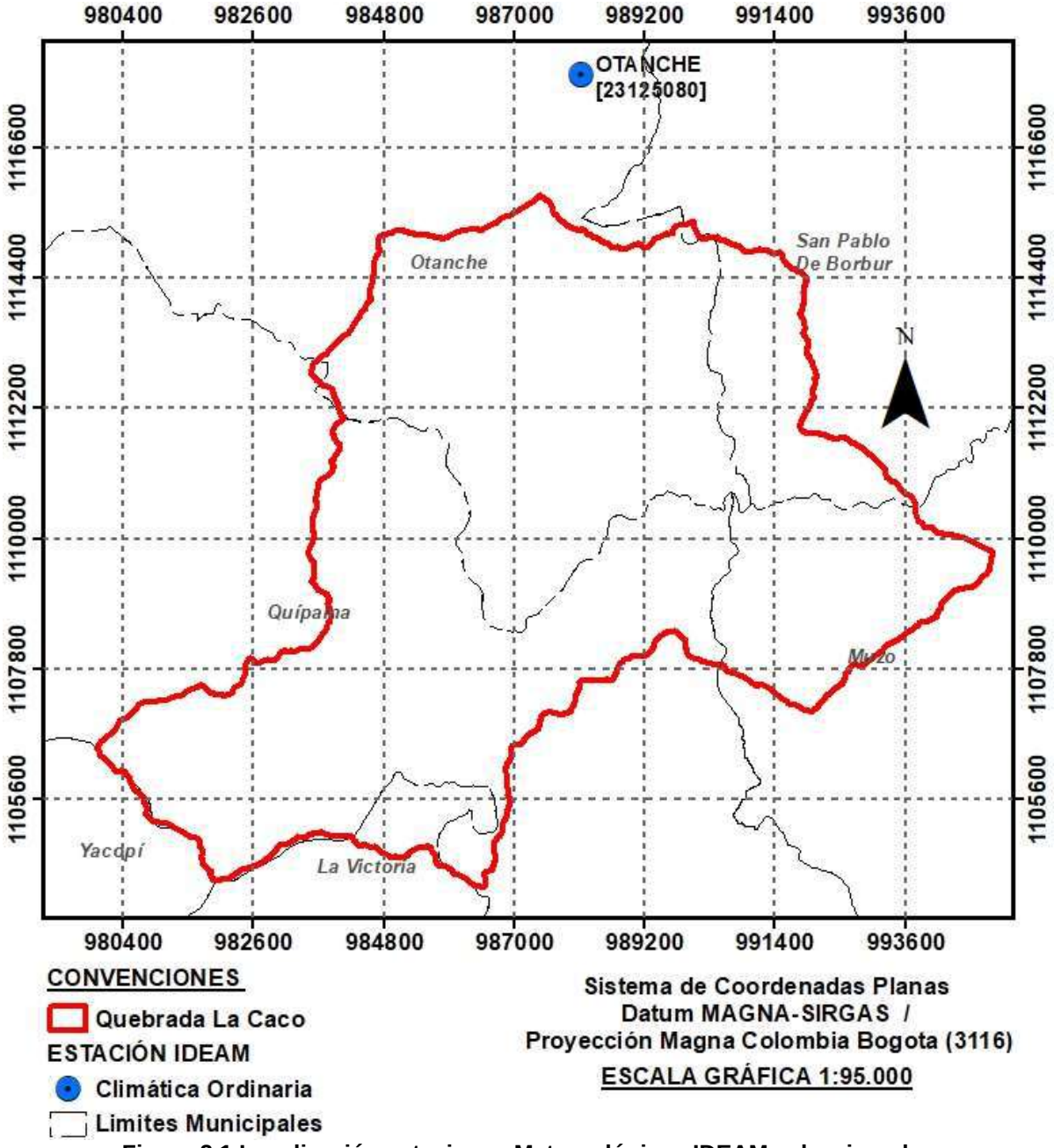


Figura 2.1 Localización estaciones Meteorológicas IDEAM seleccionadas

Tabla 2.2 Estaciones Meteorológicas

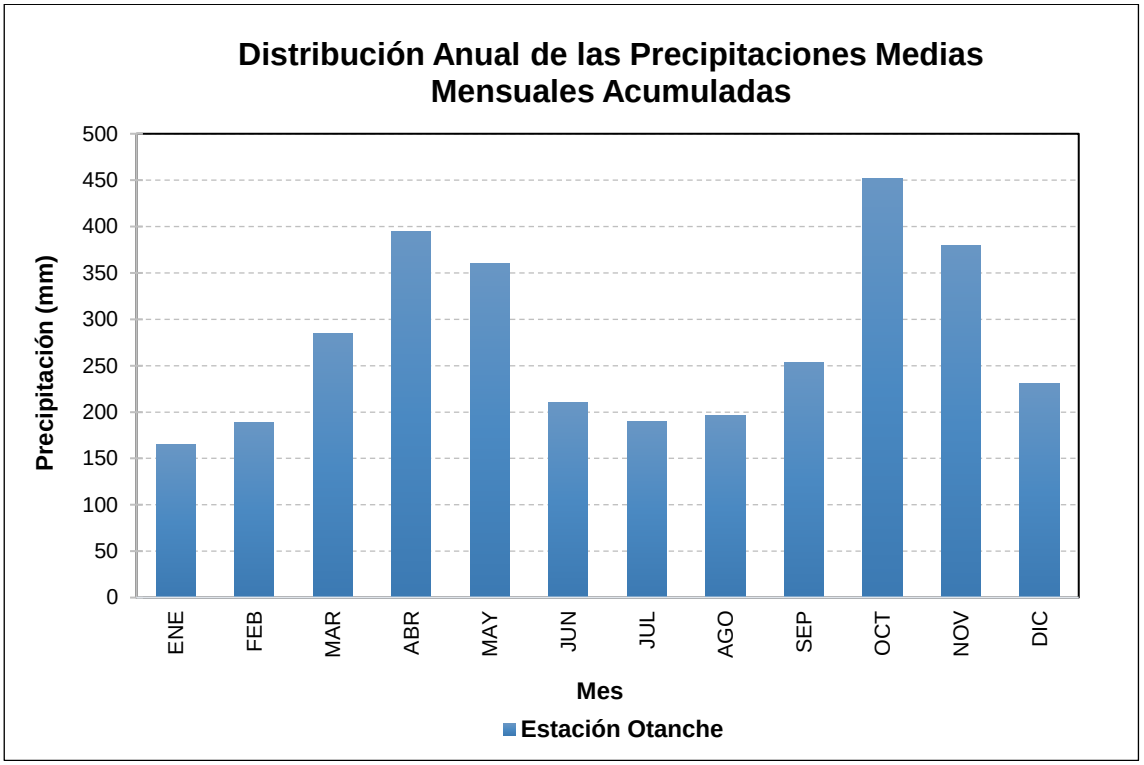
Estación	Código	Tipo	Coordenadas Geográficas		Elevación m.s.n.m.[3]
			Latitud	Longitud	
Otanche	23125080	CO	5.661	-74.184	1100

2.3.1 PRECIPITACIÓN

El área que comprende la cuenca de la Quebrada La Caco, en lo relacionado con fenómenos de precipitación define un comportamiento de régimen bimodal de acuerdo con los registros de la estación Otanche (Cod. 23125080). La Gráfica 2.1, ilustra la distribución anual de las precipitaciones medias mensuales acumuladas, para la estación meteorológica seleccionada.

Tabla 2.3 Precipitaciones medias mensuales multianuales (mm)

ESTACIÓN	Altitud (msnm)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Vr. Anual
Otanche	1100	165.45	188.90	284.28	394.99	360.07	210.03	189.69	196.81	253.45	451.99	379.45	230.85	3305.96

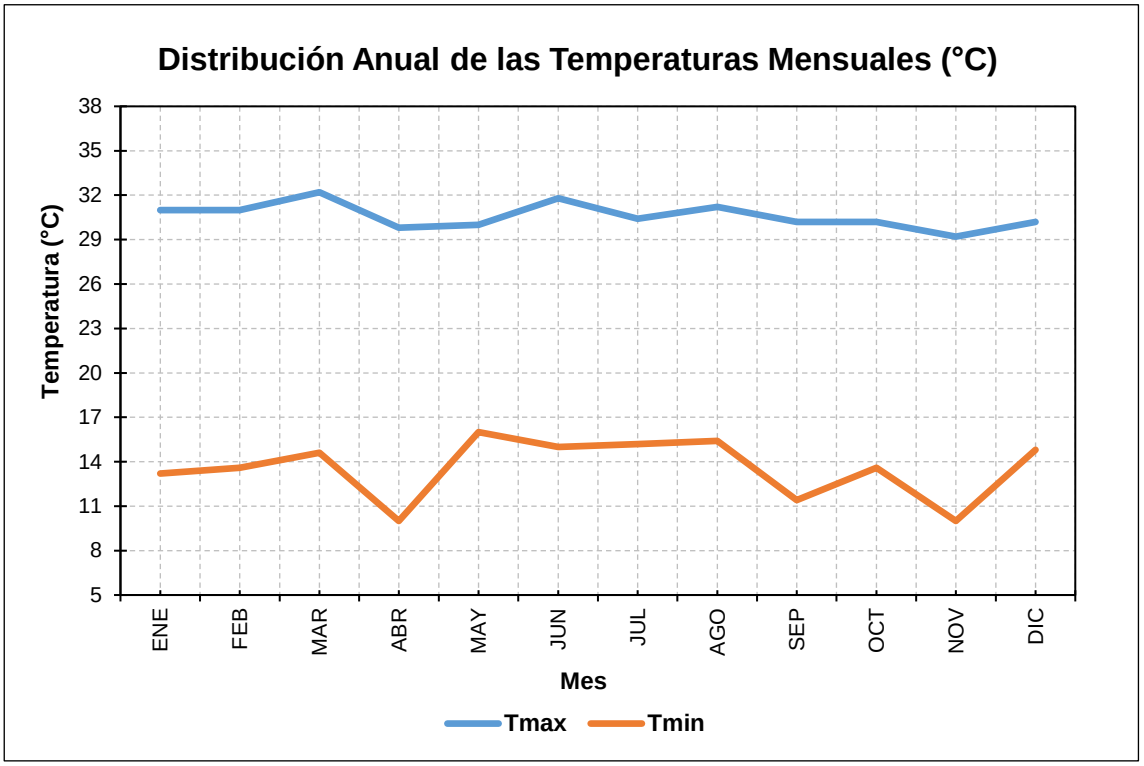


Gráfica 2.1 Distribución anual de precipitaciones medias mensuales.

2.3.2 TEMPERATURA

La temperatura es una variable climatológica que se encuentra afectada de manera directa por la elevación sobre el nivel del mar, sufriendo ligeros cambios a través del ciclo anual, que se deben a la presencia de mayor o menor nubosidad y precipitaciones. En consideración a lo anterior, la estación Otanche (cód. 23125080), se adoptan como representativas para describir la variable en el sitio del puente, puesto que se encuentran cercana en cuanto al rango altitudinal se refiere.

Las tablas Tabla 2.4 y Tabla 2.5, relacionan las magnitudes registradas para las temperaturas máximas y mínimas absolutas, a nivel mensual multianual.



Gráfica 2.2 Temperatura media mensual multianual

Tabla 2.4 Temperatura máxima absoluta mensual multianual (ºC)

ESTACIÓN	Altitud (msnm)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Vr. Anual
Otanche	1100	31	31	32.2	29.8	30	31.8	30.4	31.2	30.2	30.2	29.2	30.2	30.6

Tabla 2.5 Temperatura mínima absoluta mensual multianual (ºC)

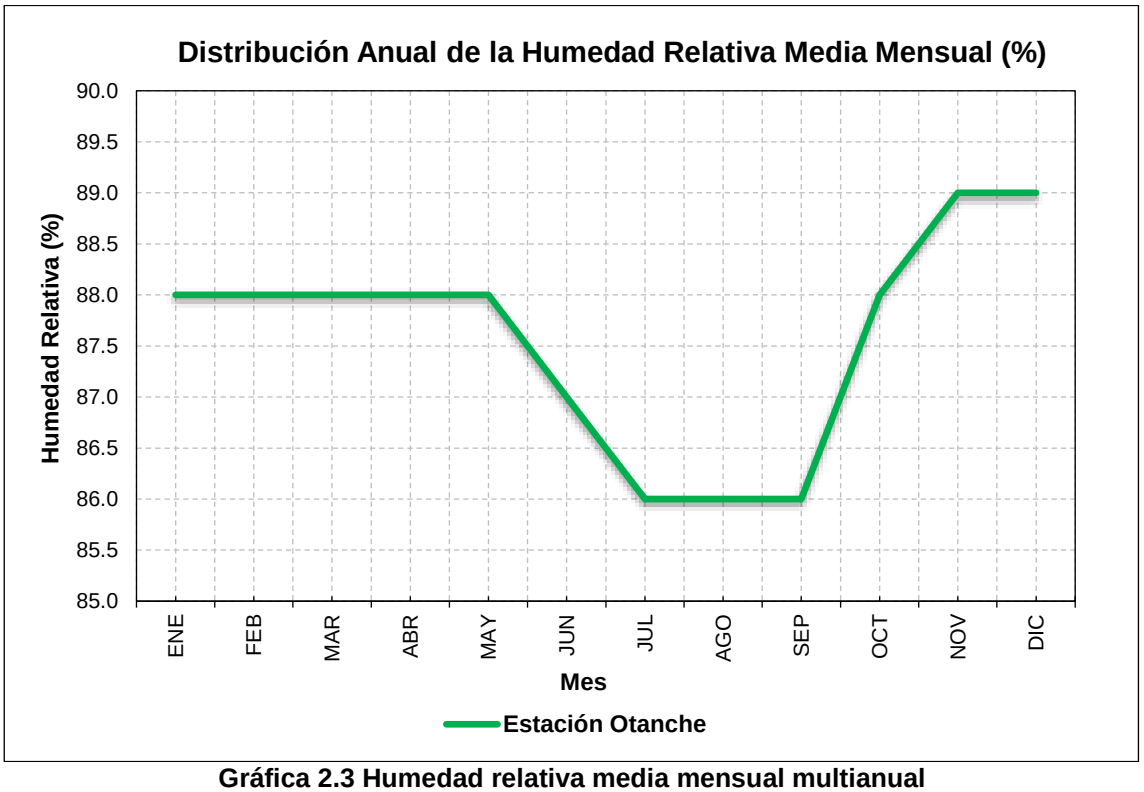
ESTACIÓN	Altitud (msnm)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Vr. Anual
Otanche	1100	13.2	13.6	14.6	10	16	15	15.2	15.4	11.4	13.6	10	14.8	13.57

2.3.3 HUMEDAD RELATIVA

La humedad relativa representa la cantidad de agua respecto a la máxima capacidad que puede contener una masa de aire antes de producirse condensación. La humedad relativa media multianual para el área de estudio, de acuerdo con los registros de la estación Otanche, es del 88 %.

Tabla 2.6 Humedad relativa media mensual multianual (%)

ESTACIÓN	Altitud (msnm)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Vr. Anual
Otanche	1100	88	88	88	88	88	87	86	86	86	88	89	89	88



Gráfica 2.3 Humedad relativa media mensual multianual

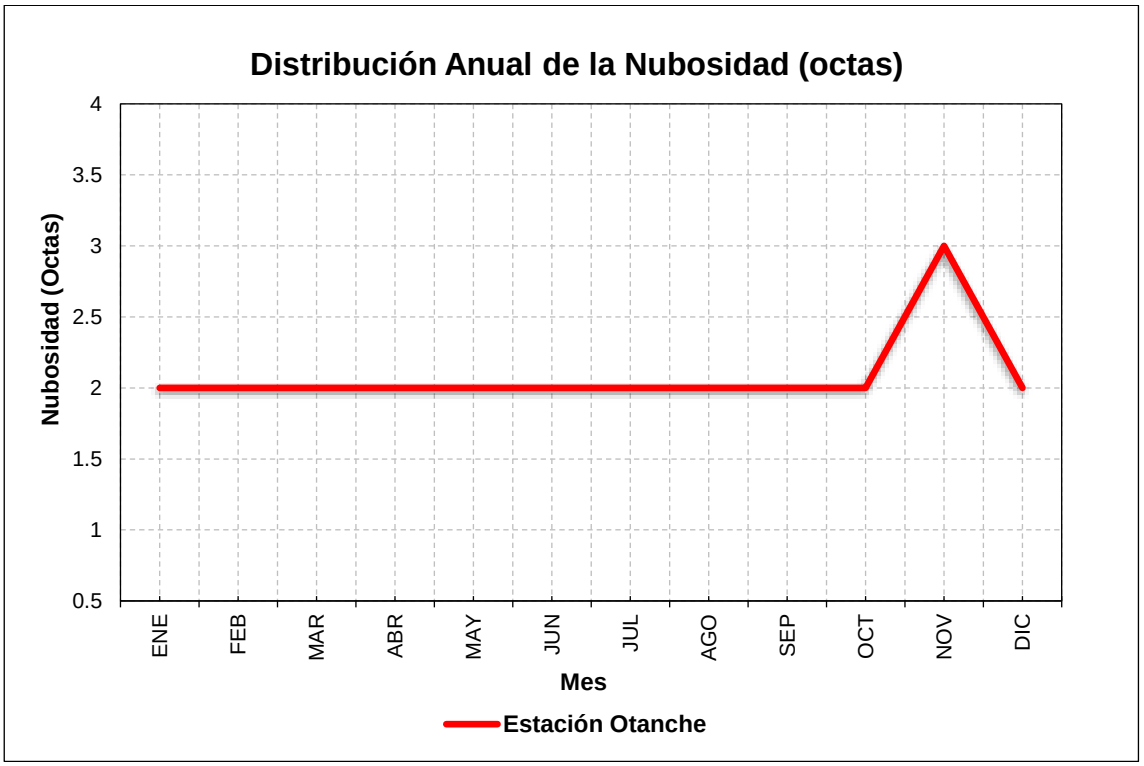
La Gráfica 2.3, permite identificar que lo valores mínimos de humedad relativa se presentan en los meses de mayo a septiembre y los máximos de octubre a abril.

2.3.4 NUBOSIDAD

La nubosidad se mide en número de octas, lo cual se deriva de dividir la bóveda celeste en ocho partes y determinar cuántas partes se encuentran cubiertas por nubes al momento de realizar la medición. En promedio, a través del ciclo anual los registros de la estación Otanche, presentan mayores valores de nubosidad, especialmente en la época de bajas precipitaciones.

Tabla 2.7 Nubosidad media mensual multianual (Octas)

ESTACIÓN	Altitud (msnm)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Vr. Anual
Otanche	1100	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2



Gráfica 2.4 Nubosidad media mensual multianual

2.4 ANÁLISIS HIDROLÓGICO DE PRECIPITACIONES

Desde el punto de vista hidrológico los volúmenes o caudales generados en una cuenca hidrográfica constituyen la respuesta a los fenómenos de precipitación sobre el área de esta. En consecuencia, los análisis hidrológicos de precipitaciones están enfocados a generar la información requerida en la implementación de modelos lluvia – escorrentía, cuyo objeto es la estimación de los caudales máximos concentrados sobre la corriente superficial en el sitio de ponteadero.

2.4.1 ANÁLISIS DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA

Los Análisis de precipitación máxima tienen por objeto la evaluación de eventos extremos que permitan, para un determinado periodo de retorno, estimar caudales de diseño mediante la aplicación de modelos Lluvia – Escorrentía. Dentro de los análisis de precipitaciones máximas se contempla el tratamiento de las series precipitación máxima en 24 horas, de las estaciones relacionadas en la Tabla 2.2, a partir de las cuales se realizan análisis de frecuencia mediante la herramienta de software Hyfran Plus 2.2., con el propósito de estimar las magnitudes de precipitación esperadas a distintos periodos de retorno, las cuales se adoptan como el correspondiente limite probable de precipitación en 24 horas en los modelos lluvia-escorrentía. La Tabla 2.8, relaciona las magnitudes de precipitación máxima en 24 horas, en cada una de las estaciones, proyectadas para el

periodo de retorno de 100 años; los resultados en extenso del análisis de frecuencia se relacionan en el Anexo 2. De manera ilustrativa la Figura 2.2, presenta el mapa de isoyetas elaborado para las precipitaciones máximas en 24 horas proyectadas al periodo de retorno de 100 años.

Tabla 2.8 Precipitaciones Máximas en 24 horas – Tr = 100 años

Estación Meteorológica		Distribución empleada	P. Max. 24 horas (mm)
Nombre	Código		Tr = 50 años
Aeropuerto Furatena Aut	23125140	Gumbel (Método of Weighted Moments)	151.00
Muzo	23120050	Gumbel (Maximum Likelihood)	151.25
Otanche	23125080	Gumbel (Método of Weighted Moments)	182.87
Yacopi Aut	23065110	Gumbel (Method of Moments)	140.75
Borbur 2	23120250	Gumbel (Method of Moments)	159.18

Dentro de los análisis de precipitaciones máximas de acuerdo con el área de la cuenca y el tiempo de concentración evaluado, se determinó la obtención de los datos de precipitación para el modelo lluvia-escorrentía, mediante relaciones I-D-F, las cuales se construyen a partir de los registros de precipitaciones máximas en 24 horas empleando el Método Simplificado[2] que se relaciona en el Manual de Drenaje de Carreteras 2009.

Las relaciones I-D-F presentadas obedecen a la siguiente expresión:

$$i = \frac{a \times T^b \times M^d}{(t/60)^c} \qquad \textbf{2.15}$$

Dónde:

i : Intensidad de precipitación, en milímetros hora (mm/h).
T : Periodo de retorno, en años.
M : Precipitación Máxima Promedio anual en 24 horas, a nivel multianual.
a, b, c, d : Parámetros de ajuste de regresión.

La Figura 2.3, ilustra mediante isoyetas la distribución de la Precipitación Máxima Promedio anual en 24 horas, a nivel multianual, sobre el área de la cuenca de la Quebrada La Caco.

[2] INSTITUTO NACIONAL DE VIAS., MANUAL DE DRENAJE DE CARRETERAS., Numeral 2.6.6.3

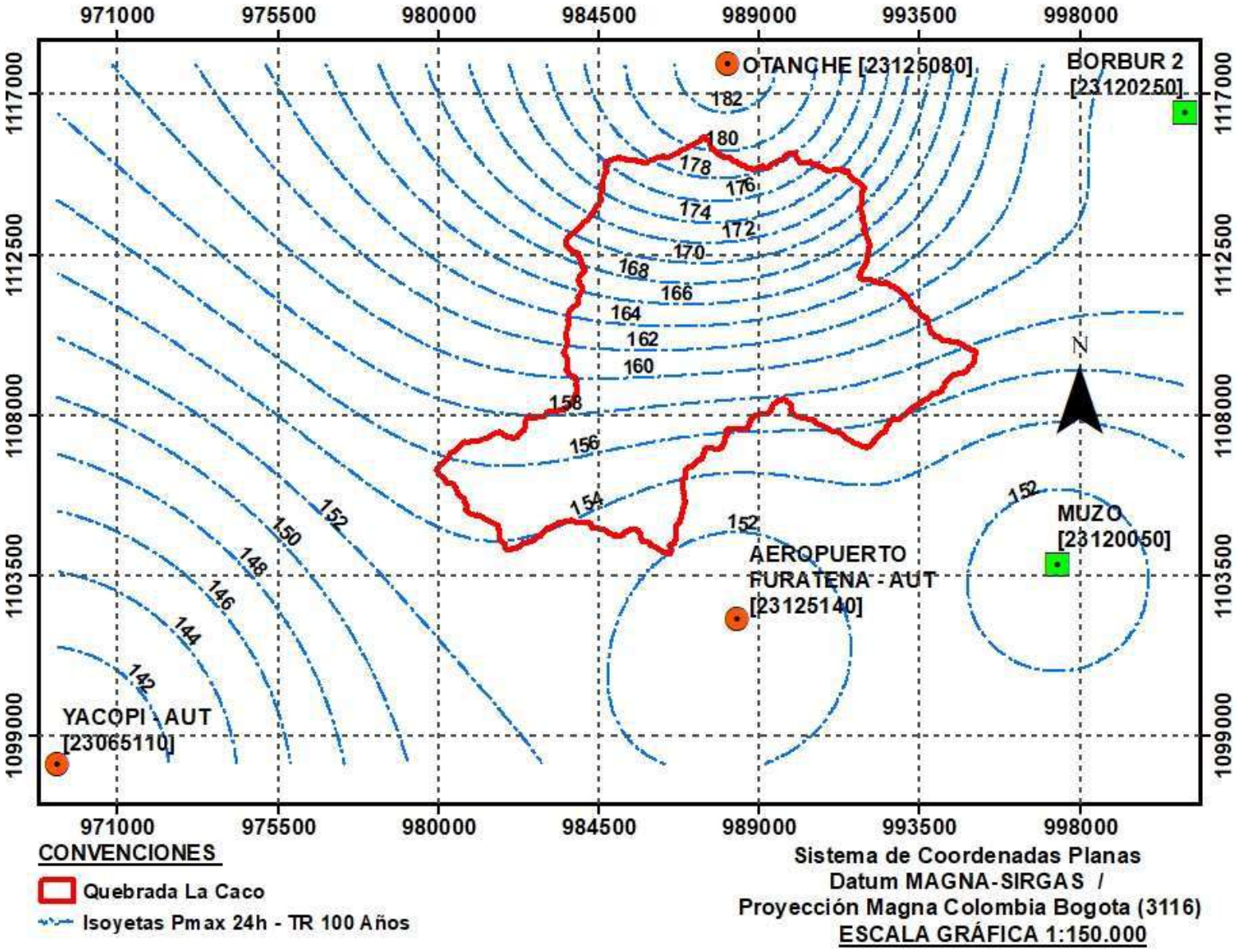


Figura 2.2 Isoyetas de precipitación máximas en 24 horas - Tr = 100 años

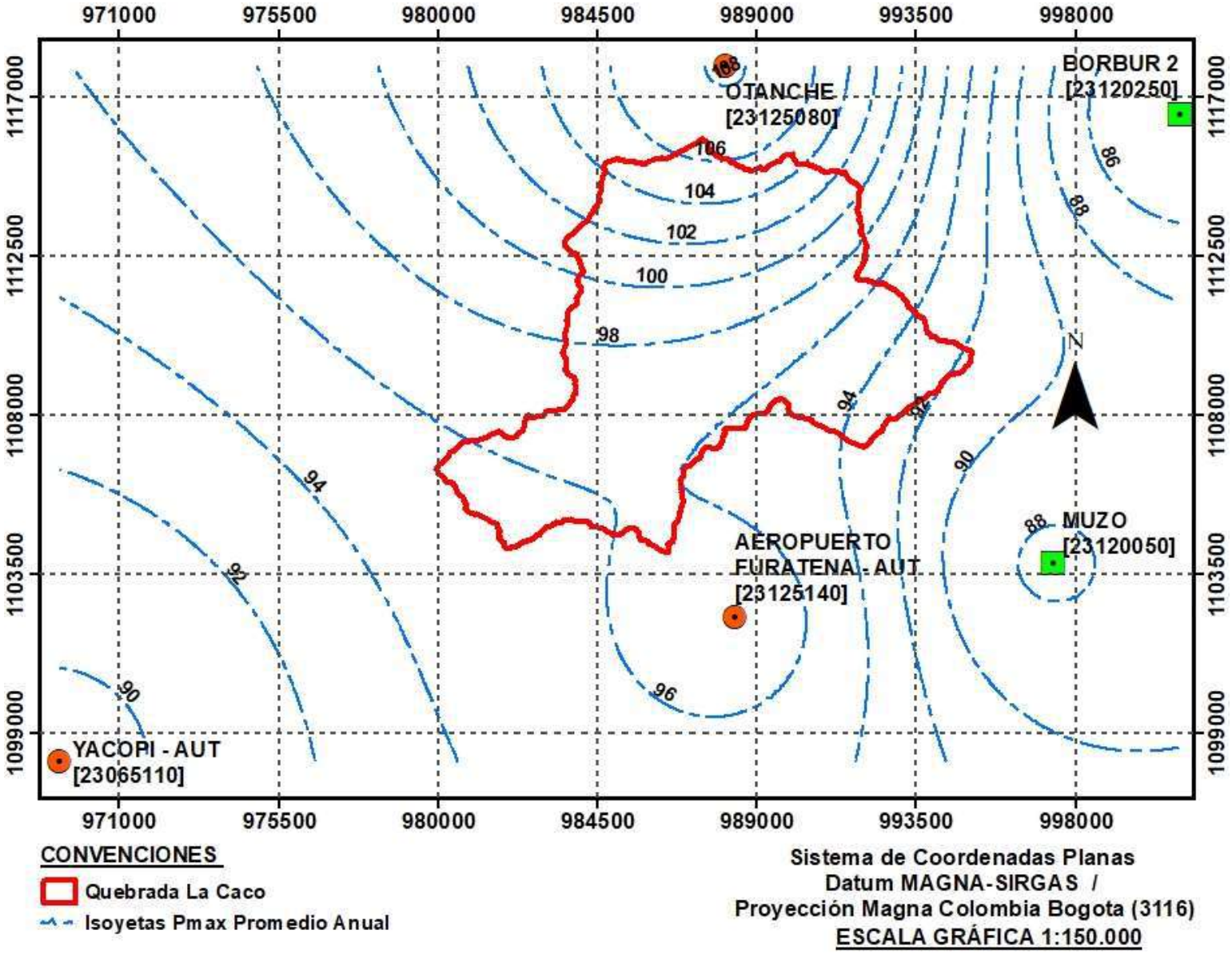
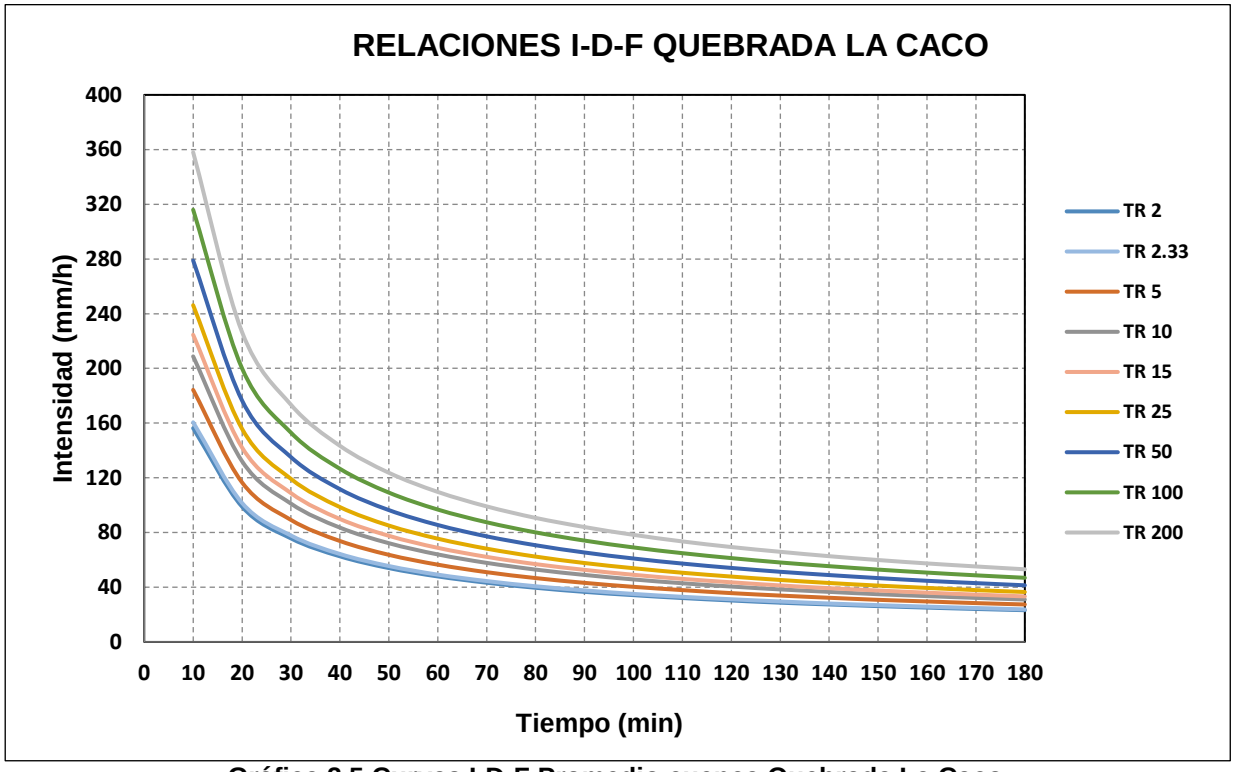


Figura 2.3 Isoyetas de Precipitación Máxima Promedio anual en 24 horas, a nivel multianual

Realizanda la extracción de la interpolación ráster para la precipitación máxima promedio anual sobre el área de la cuenca de la Quebrada La Caco se obtiene el valor de, **M = 98.06 mm**, la cual, junto con los parámetros para la región Andina permite obtener la expresión para la IDF relacionada a continuación.

$$i = \frac{5.53 \times T^{0.18} \times 98.06^{0.83}}{\left({}^{t}/_{60}\right)^{0.66}}$$

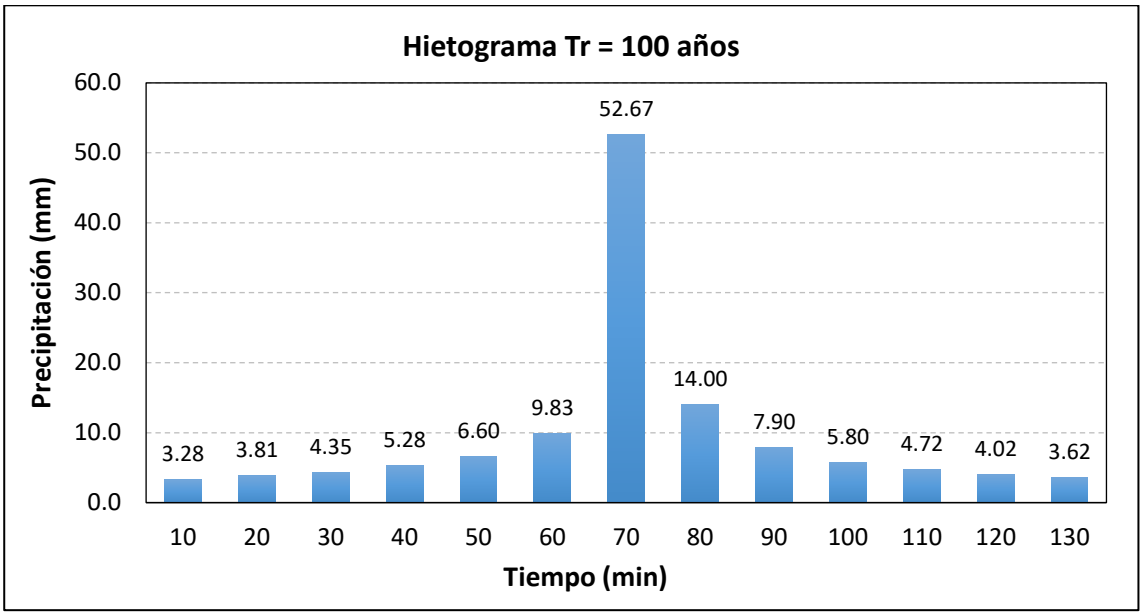
Las relaciones IDF obtenidas para el área de la cuenca de la Quebrada La Caco se presentan de manera ilustrativa en la Gráfica 2.5, y en el Anexo 2 de forma detallada.



Gráfica 2.5 Curvas I-D-F Promedio cuenca Quebrada La Caco.

2.4.2 DETERMINACIÓN DE HIETOGRAMAS DE PRECIPITACIÓN

La evaluación de caudales mediante modelos lluvia escorrentía se realiza con fundamento en métodos de hidrogramas unitarios, para los cuales se obtienen los hietogramas de precipitación mediante el método de bloque alterno, a partir de las relaciones IDF. La Gráfica 2.6 presenta el hietograma de precipitación para el periodo de retorno de 100 años de la Quebrada La Caco, los hietogramas de precipitación para otros periodos de retorno se relacionan en el Anexo 3.



Gráfica 2.6 Hietograma de precipitación, Quebrada La Caco, Tr = 100 años

Para efectos de estimar el factor de reducción por área se aplican las formulaciones relacionas a continuación:

Ecuación de Fhrüling:

$$F(a) = 1.0 - 0.0054 \times A^{0.25} \quad \textbf{2.16}$$

Dónde:

A = Área de la cuenca, en m^2.

Ecuación por la Institution of Civil Engineers

$$F(a) = 1.0 - 0.0268 \times T_c^{-0.261} \times A^{0.387} \quad \textbf{2.17}$$

Dónde:

T_c = Tiempo de concentración, en Horas.
A = Área de la cuenca, en km^2.

Ecuación Según Datos en Norteamérica:

$$F(a) = 1.0 - 0.05 \times T_c^{0.361} \times A^{0.264} \quad \textbf{2.18}$$

Dónde:

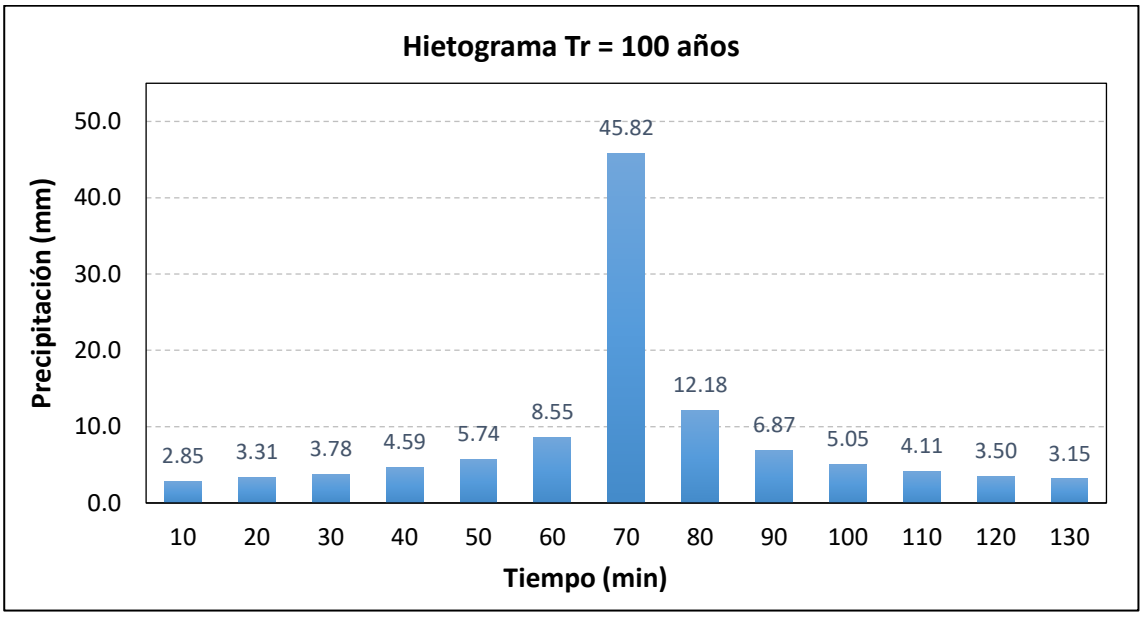
T_c = Tiempo de concentración, en Horas.

A = Area de la cuenca, en km^2.

Evaluando las anteriores expresiones para los datos de la cuenca Quebrada La Caco se obtienen los resultados relacionados en la Tabla 2.9 y se adopta el obtenido mediante la ecuación de Institution of Civil Engineers.

Tabla 2.9 Factor de Reducción Por Área

CUENCA	Area (km^2)	Tc (horas)	Frühling	Institution of Civil Engineers	Datos Norteamérica	Factor de reducción
Quebrada La Caco	86.93	2.00	0.48	0.87	0.79	0.87



Gráfica 2.7 Hietograma de precipitación, Quebrada La Caco, Afectado por F(a)

2.4.3 ANÁLISIS DE PRECIPITACIÓN EFECTIVA

La cuenca de la Quebrada La Caco, hasta el sitio del puente, acumula un área superior a los 2.5 km^2, por consiguiente, la evaluación de caudales se desarrolla a partir de modelos Lluvia-Escorrentía mediante la metodología de hidrogramas unitarios sintéticos. Los Hietogramas de precipitación se obtienen a partir del método de bloque alterno, según se relaciona en el Anexo 3.

El procedimiento utilizado para la evaluación de precipitación máxima efectiva se basa en el método de Numero de Curva CN para abstracciones de lluvia propuesto por el Soil Conservation Service – SCS, este método supone que la precipitación total sobre el suelo es igual a la suma de la fracción de agua infiltrada o abstraída antes de producirse el exceso de lluvia, *Abstracción Inicial* I_a, la abstracción producida a partir de ese momento, *Abstracción Continuada* F_a y el exceso de lluvia o *Volumen de Escorrentía Q.* La expresión general para el volumen de escorrentía es:

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} \; ; P > I_a \qquad \textbf{2.19}$$

Mediante el análisis de datos experimentales se obtuvo: $I_a = 0.2S$, por lo tanto,

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \; ; P > 0.2S \qquad \textbf{2.20}$$

Dónde:

Q: Escorrentía directa, en mm.
P: Precipitación máxima considerada, en mm
S: Retención potencial, en mm.
La retención potencial se calcula como:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \qquad \textbf{2.21}$$

Donde CN es el número de curva que expresa la relación entre la lluvia caída sobre la cuenca y la escorrentía a la salida de esta.

La Abstracción Continuada, F_a, se puede evaluar mediante:

$$F_a = \frac{S(P - I_a)}{P - I_a + S} \; ; P > I_a \qquad \textbf{2.22}$$

La capacidad de abstracción de un suelo y por lo tanto de generación de escorrentía, según el método del SCS está controlada por tres factores, siendo estos:

- Contenido Inicial de Humedad, estimado en base a la lluvia caída en los 5 días antes de la tormenta de diseño

- Tipo de suelo; según la capacidad de infiltración.

- Tipo de uso del terreno.

En la evaluación de la precipitación efectiva se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

La condición de humedad antecedente considera el rango de variación que se indica en la Tabla 2.10, de acuerdo con la cantidad de lluvia acumulada en los cinco días anteriores a la ocurrencia de la lluvia máxima.

Tabla 2.10 Lluvia Antecedente

CONDICIÓN ANTECEDENTE	LLUVIA ANTERIOR (mm)	
	INVIERNO	VERANO
I	- 35.6	- 12.7
II	35.6 - 55.3	12.7 - 27.9
III	55.3 -	27.9 -

Teniendo en cuenta en tamaño de la cuenca y la permanecía de las precipitaciones con relación al ciclo anual, se ha estimado para este proyecto una condición de humedad antecedente *III* o lluvia acumulada durante los cinco días anteriores al evento: 55.3 mm. De acuerdo con la Geología del sector se establece una clasificación del suelo (SCS), dentro del grupo hidrológico C. La Figura 2.4, ilustra la clasificación geológica del suelo, en el área de la cuenca de la Quebrada La Caco. Los suelos con presencia de arcillas se aproximan al tipo de suelo hidrológico C, mientras que los suelos con material de tipo granular se aproximan al suelo hidrológico tipo B.

La cobertura y uso del suelo se obtuvo con apoyo del mapa de Usos del suelo y coberturas vegetales según la metodología Corine Land Cover, desarrollado por el IDEAM, a partir del cual se realizó recuperación de información y agrupación de esta en clases especificas teniendo como elemento de contraste información de imágenes de satélite más recientes a la época de producción y publicación del mapa del IDEAM. La Figura 2.5, relaciona la clasificación de coberturas vegetales para la cuenca de la Quebrada La Caco.

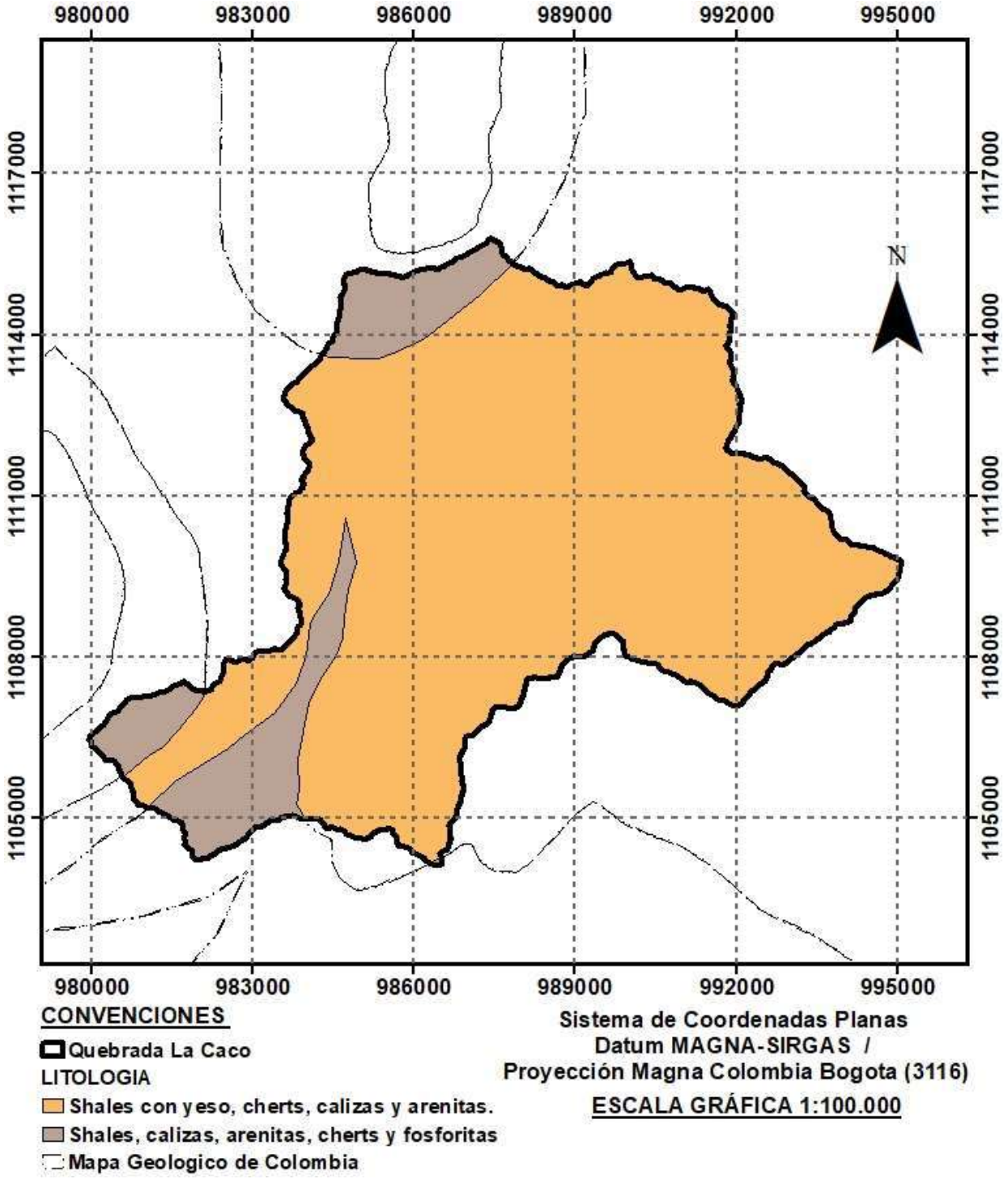


Figura 2.4 Clasificación geológica del suelo, Quebrada La Caco

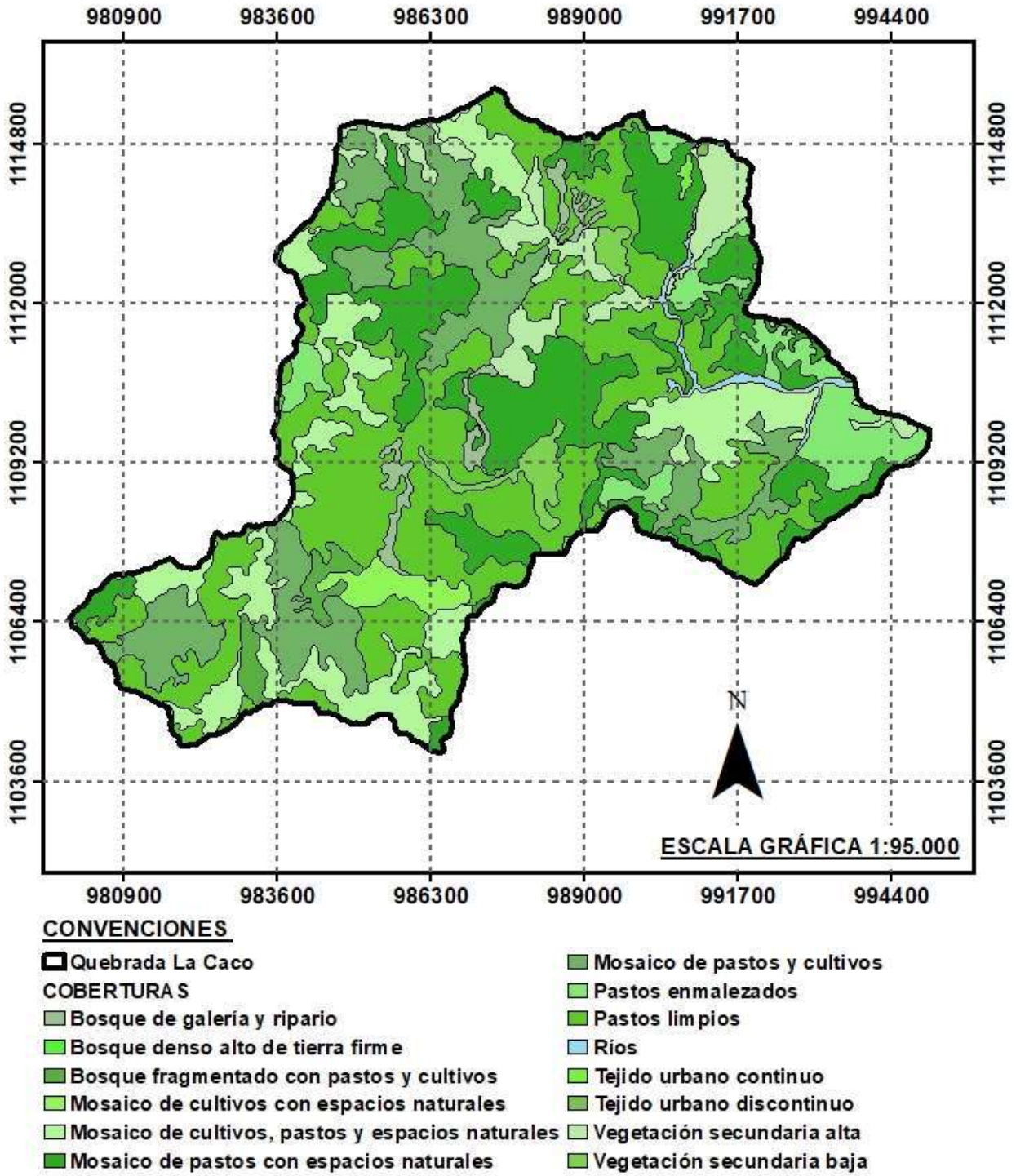


Figura 2.5 Clasificación cobertura vegetal, Quebrada La Caco

De acuerdo con la distribución, tipo de cobertura y uso del suelo, apoyados en material de cartografía e Imágenes del Satélite Landsat 8 TM, se realiza la evaluación del Número de Curva CN(II) para el área de drenaje. Los resultados de la evaluación del Número de Curva CN(II), se relacionan en la Tabla 2.11.

Tabla 2.11 Evaluación del Número de Curva CN(II)

QUEBRADA LA CACO	SUELO HIDROLÓGICO		
USO DEL SUELO Y COBERTURA	C		
	% ÁREA	CN	Producto
Vegetación Densa	37.43%	70	26.20
Vegetación Normal	13.15%	77	10.13
Pastizal o Arbustos	28.44%	78	22.18
Pasto Mejorado / Cultivo	15.13%	82	12.40
Sin Cobertura	5.85%	91	5.33
Σ	100.00%		76.24
CN(II) PONDERADO			**76.24**

El número de curva CN (III), se obtiene a partir del número de curva CN (II), mediante la siguiente ecuación:

$$CN(III) = \frac{23CN(II)}{10 + 0.13CN(II)} \qquad \textbf{2.23}$$

$$CN(III) = \frac{23 \times 76.24}{10 + 0.13 \times 76.24} = 88.07$$

La evaluación de la precipitación efectiva, por el método Número de Curva - SCS, tomando el hietograma de lluvia sintético, corresponde a un proceso que desarrolla internamente el modelo HEC-HMS 4.10, habiendo proporcionado el valor del CN.

2.5 ANÁLISIS DE CAUDALES

La cuenca de la Quebrada La Caco, corresponde a una corriente superficial que tiene su origen en el departamento de Boyacá, con elevaciones inferiores a los 1900 m.s.n.m.

2.5.1 ANÁLISIS DE CAUDALES MÍNIMOS

La cuenca de la Quebrada La Caco, delimitada hasta el sitio del Puente, conforma un área de drenaje de 86.93 km^2. En la región es usual que cuencas de magnitud menor no estén instrumentadas con estaciones hidrométricas que permitan una estimación directa de caudales mínimos. De acuerdo con el rendimiento hídrico evaluado por medio del sistema de información ambiental de Colombia (SIAC), de 15.38 Lps/km^2, se estima un caudal mínimo de 1.34 m^3/s, para la Quebrada La Caco en el sitio de análisis.

2.5.2 ANÁLISIS DE CAUDALES MEDIOS

El análisis de caudales medios se realiza con el objeto de obtener un caudal base de referencia para ser considerado en la implantación del modelo lluvia-escorrentía. La determinación de caudal medio se realiza adoptando el rendimiento hídrico evaluado por medio del SIAC, de 43.86 Lps/km^2. El caudal medio estimado para la Quebrada La Caco es de 3.81 m^3/s.

2.5.3 ANÁLISIS DE CAUDALES MÁXIMOS

Para efectos de estimar el caudal máximo correspondiente a los distintos periodos de retorno, se adoptaron métodos hidrológicos consistentes en el empleo de Hidrogramas Unitarios Sintéticos, específicamente el *SCS UH Model*[3].

2.5.4 ANÁLISIS DE CRECIENTES

La estimación de lo hidrogramas de creciente se realizó empleando el modelo de tipo sintético propuesto por The Soil Conservation Service, más conocido como *SCS UH Model*. Este modelo involucra las características fisiográficas de la cuenca y la precipitación máxima para la cual ocurrirá el caudal en un período de retorno específico.

Cuando la precipitación efectiva cambia en magnitud para los diferentes intervalos de tiempo (intervalos de igual duración), que conforman la duración total de la lluvia, se hace necesario realizar una convolución para determinar el hidrograma compuesto. En este caso los caudales para los distintos periodos de retorno se evaluaron mediante el programa de modelación hidrológica HEC-HMS 4.10, el cual tiene implementado el SCS *UH Model*.

La evaluación de los respectivos hidrogramas se realiza mediante el modelo de tipo sintético *SCS UH Model*. Este modelo involucra las características fisiográficas de la cuenca y la precipitación máxima para la cual ocurrirá el caudal en un período de retorno específico.

El caudal máximo del SCS *UH Model,* se calcula mediante la ecuación:

$$U_p = \frac{C \times P_e \times A}{T_p} \qquad \textbf{2.24}$$

Dónde:

U_p = Es el Caudal máximo, en m^3/s
A = Es el área de la cuenca hasta el sitio de interés, en Km^2.

[3] US ARMY CORPS OF ENGINEERS, HYDROLOGIC ENGINEERING CENTER; HEC-HMS, Technical Reference Manual.; March 2000

P_e = Es la precipitación efectiva evaluada de acuerdo con la metodología del CN, en mm.

C = Constante de conversión.

T_p =Tiempo al pico del UH SCS, es el tiempo que transcurre desde el inicio de la Creciente hasta la ocurrencia del caudal máximo instantáneo, en horas.

El tiempo al pico del hidrograma se evalúa mediante la expresión:

$$T_p = \frac{\Delta t}{2} + t_{lag} \qquad \textbf{2.25}$$

Dónde:

Δt = Es la duración efectiva de la lluvia.

t_{lag} = Tiempo de retardo.

En cuencas no instrumentadas el SCS sugiere calcular el tiempo de retardo del hidrograma unitario, relativo al tiempo de concentración, como $t_{lag} = 0.6T_c$.

Dentro del análisis de crecientes se realizó la evaluación de caudales máximos para periodos de retorno de 2.33, 5, 10, 15, 25, 50 y 100 años respectivamente. Los resultados del análisis de crecientes se presentan en la Tabla 2.12, en la Gráfica 2.8 se presenta el hidrograma de creciente, para un periodo de retorno de 100 años. Un complemento a los resultados expuestos se relaciona en el Anexo 4.

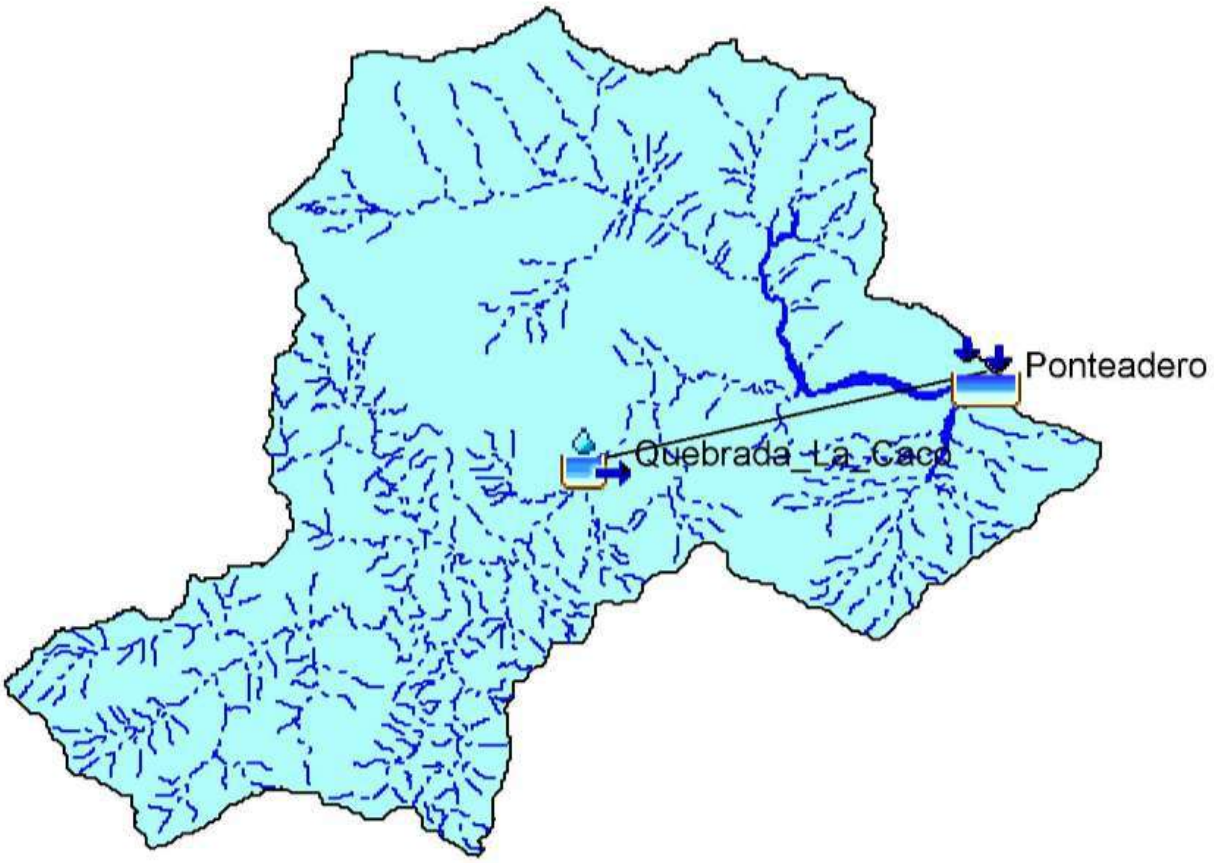
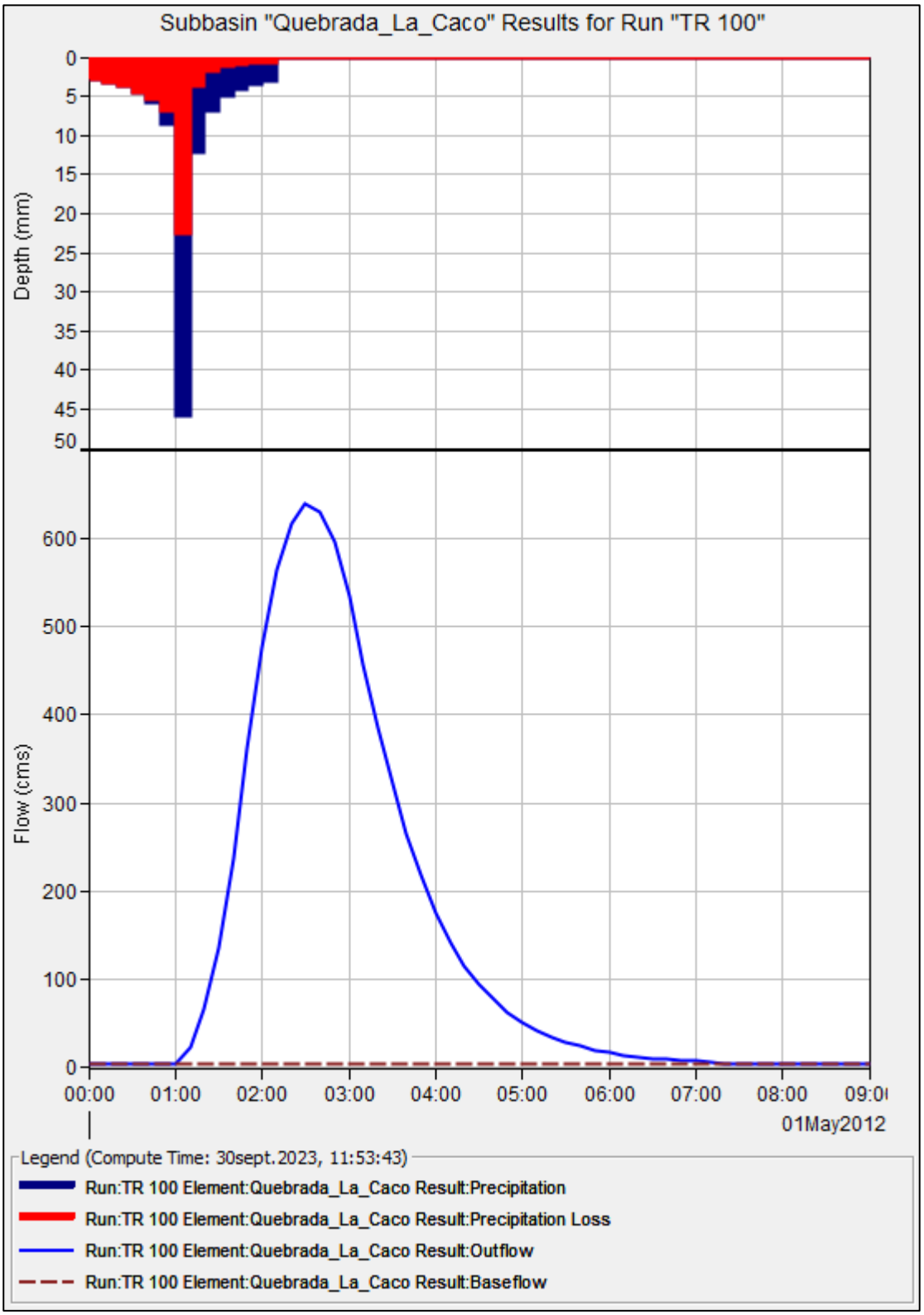


Figura 2.6 Esquema Modelo Hidrológico Quebrada La Caco, HEC HMS 4.9

Tabla 2.12 Caudales Máximos Evaluados

Tr Años	Quebrada La Caco (m^3/s)
2	158.51
2.33	170.12
5	229.72
10	295.98
15	341.93
25	408.39
50	514.28
100	638.88



Gráfica 2.8 Hidrograma de Creciente, Tr = 100 años

2.5.5 CAUDALES DE DISEÑO

Teniendo en cuenta que la estructura objeto de análisis corresponde al Puente vehicular sobre la Quebrada La Caco, se realiza la evaluación hidráulica de la condición preexistente considerando el periodo de retorno de 100 años, sin embargo, al ser el propósito del proyecto el desarrollo de obras de mitigación para efectos de restablecer la funcionalidad de estructuras de la red vial departamental afectadas por la temporada de lluvias, en el marco del plan de acción para atención de la emergencia, se adopta en la evaluación de las obras complementarias de protección el periodo de retorno de 50 años, el cual conduce a una opción costo-efectiva más consecuente con la naturaleza de las posibles intervenciones.

2.5.6 ANÁLISIS DE SEDIMENTOS

El análisis de sedimentos consintió en realizar una caracterización de los diámetros de partículas del fondo de la Corriente. Se determinó que el material de fondo predominante es de tipo granular con diversidad de tamaños. Desde el punto de vista sedimentológico se estima para el material en suspensión la presencia de partículas hasta 2 milímetros y como sedimento de fondo una variación generalizada que contempla partículas superiores a 2 milímetros. Teniendo en cuenta que el transporte de sedimentos en corrientes de agua superficial está compuesto por una parte correspondiente al transporte en supresión y otra al transporte de fondo, la fracción de granulometría más fina se integra al transporte en suspensión mientras que la fracción granulométrica de mayor tamaño conforma el transporte de fondo, es así que para el caso particular se ha estimado el transporte en suspensión para partículas de hasta 2 milímetros, mientras tamaños mayores conforman la fracción de transporte de fondo. El Anexo 6 relaciona los resultados de clasificación granulométrica para material del lecho de la Quebrada La Caco.

3. ESTUDIOS HIDRÁULICOS

Los estudios hidráulicos comprenden la evaluación de las características locales de dinámica fluvial y la aplicación de modelos de simulación y calculo requeridos para determinar el comportamiento de parámetros hidráulicos en el tramo de corriente analizado.

3.1 GEOMORFOLOGÍA

Uno de los factores que más afecta la morfología fluvial es la geología y en especial la litología, la estructura y la tectónica.

La cantidad y características de los sedimentos dependen principalmente de la geología; especialmente de la litología, estructura y meteorización (Suarez, 2001).

El sitio de ponteadero se localiza sobre una cuenca hidrográfica en una zona de montaña. Dadas las condiciones de una cuenca el cauce desarrolla una pendiente longitudinal de magnitud tal que le permite mantener un régimen de flujo torrencial.

3.2 DINÁMICA E HIDRÁULICA FLUVIAL

El sitio de ponteadero sobre la Quebrada La Caco, al estar ubicado en una cuenca de zona de montaña, donde predomina un régimen de flujo de naturaleza torrencial, lo cual le permite desarrollar una significativa capacidad de transporte de volúmenes líquidos y de sedimentos. Geométricamente la sección hidráulica del cauce en el sitio de ubicación del puente se encuentra definida y tiene la capacidad para transportar los volúmenes líquidos y sólidos que se puedan generar en crecientes ordinarias.

3.3 HIDRÁULICA GENERAL

El análisis y modelación hidráulica para la Quebrada La Caco, tiene como propósito determinar la magnitud de las variables hidráulicas que permiten caracterizar o describir el flujo, bajo las condiciones generadas por las crecientes proyectadas a distintos periodos de retorno.

Teniendo en cuenta que, el cauce de la Quebrada La Caco está claramente definido y el flujo en esencialmente unidimensional, se adopta para propósitos de evaluación hidráulica el Modelo y software de análisis hidráulico HEC-RAS 6.1 (*Hydrologic Engineering Center-River Análisis System*).

3.3.1 MODELO DE ANÁLISIS HIDRÁULICO

La modelación hidráulica de la corriente para el tramo de interés, se realizó mediante el Modelo y software de análisis hidráulico HEC-RAS 6.1 (*Hydrologic Engineering Center-River Análisis System*), desarrollado y publicado por US Army Corps of Engineers, el cual corresponde a una actualización o nueva generación de los modelos HEC-2 y HEC-6. El software HEC-RAS 6.1 se fundamenta en esquemas de resolución 1D y 2D de las ecuaciones de Barré de Saint-Venant, con capacidad de modelar hidráulicamente flujos subcríticos, supercríticos y mixtos.

3.3.1.1 Ecuaciones Gobernantes Modelo de Análisis Hidráulico

En corrientes superficiales donde existe un cauce definido, su representación puede obtenerse con buena aproximación a partir de un modelo de resolución unidimensional de las ecuaciones de Barré de Saint-Venant. En forma general las ecuaciones de conservación de masa y de momentum en un modelo de unidimensional se expresan, según se relaciona a continuación.

Ecuación de conservación de masa (Continuidad):

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q_l = 0 \qquad \textbf{3.1}$$

Ecuación de Momentum.

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + V\frac{\partial Q}{\partial x} + gA\left(\frac{\partial z}{\partial x} + S_f\right) = 0 \qquad \textbf{3.2}$$

Donde A corresponde al área de sección transversal; Q al caudal total; t el tiempo; x la dirección principal de flujo (dirección longitudinal del canal); q_l caudal unitario lateral; V velocidad media en la dirección principal de flujo; g aceleración de la gravedad; z elevación de la superficie del flujo; S_f pendiente de fricción.

La evaluación de las pérdidas de energía por fricción en el modelo HEC-RAS 6.1 se realizan mediante el uso de la fórmula de Manning, siendo su representación matemática en sistema internacional de unidades la siguiente:

$$Q = \frac{1}{n} A \times R^{2/3} \times S_f^{1/2} \qquad \textbf{3.3}$$

Donde Q corresponde al caudal total; A al área de sección transversal; n el coeficiente de rugosidad de Gauckler-Manning; R el radio hidráulico $(R = A/P)$; P el perímetro mojado; S_f pendiente de fricción.

Las corrientes superficiales de cauce natural, normalmente desarrollan secciones compuestas donde se identifica un canal central y dos zonas denominadas llanuras de inundación ubicadas una a izquierda y otra a derecha del canal principal. Dependiendo del grado de confinamiento de la corriente y la magnitud del caudal transportado estas zonas adyacentes pueden ser o no ocupadas por el flujo. Durante un evento de creciente, en la etapa inicial el flujo suele estar confinado al canal central, posteriormente en la medida que se incrementa el caudal transportado y se alcanzan niveles de desbordamiento sobre la llanura de inundación, esta funciona como una zona de almacenamiento. Una vez la capacidad de almacenamiento de la llanura de inundación es ocupada se genera una condición de flujo hacia aguas abajo. Luego en la etapa de recesión de la creciente, al disminuir el caudal transportado y por consiguiente los niveles de flujo el caudal vuelve a concentrarse sobre el canal central. El modelo HEC-RAS 6.1, para efectos evaluar el comportamiento del flujo tanto en el canal central como en la llanura de inundación distribuye la descarga de acuerdo con la función de transporte, K, siendo esta:

$$K = \frac{A^{5/3}}{nP^{2/3}} \quad \textbf{3.4}$$

En consecuencia, se definen las siguientes relaciones:

$$Q_c = \Phi Q \quad \textbf{3.5}$$

$$\Phi = \frac{K_c}{K_c + K_f} \quad \textbf{3.6}$$

Con fundamento en los anteriores supuestos, la solución completa de las ecuaciones de Barré de Saint-Venant, para una condición de flujo unidimensional puede ser expresada como se relaciona en seguida.

Ecuación de conservación de masa (Continuidad):

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial(\Phi Q)}{\partial x_c} + \frac{\partial[(1-\Phi)Q]}{\partial x_f} = 0 \quad \textbf{3.7}$$

Ecuación de Momentum.

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial\left(\frac{\Phi^2 Q^2}{A_c}\right)}{\partial x_c} + \frac{\partial\left[\frac{(1-\Phi)^2 Q^2}{A_f}\right]}{\partial x_f} + gA_c\left(\frac{\partial Z}{\partial x_c} + S_{fc}\right) + gA_f\left(\frac{\partial z}{\partial x_f} + S_{ff}\right) = 0 \quad \textbf{3.8}$$

Siendo:

$$S_{fc} = \frac{\Phi^2 Q^2 n_c^2}{R_c^{4/3} A_c^2} \quad \textbf{3.9}$$

$$S_{ff} = \frac{(1-\Phi)^2 Q^2 n_f^2}{R_f^{4/3} A_f^2} \quad \textbf{3.10}$$

Donde la variable Φ corresponde al porcentaje de distribución del flujo entre el canal y la llanura de inundación, de acuerdo a los coeficientes de transporte K_c y $K_{f;}$ los subíndices c y f indican la correspondencia al canal y a la llanura de inundación respectivamente.

Las ecuaciones gobernantes del modelo de análisis hidráulico relacionadas anteriormente, para su resolución en HEC-RAS 6.1, se aproximan mediante un esquema implícito de diferencias finitas y son solucionadas numéricamente utilizando un proceso iterativo fundamentado en técnicas de Newton-Raphson.

El cómputo de las variables hidráulicas velocidad y profundidad, así como el correspondiente perfil de flujo se realiza mediante la resolución de la ecuación de energía entre secciones consecutivas utilizando el método iterativo del paso estándar. A continuación, se relaciona la representación matemática de la ecuación de energía.

$$Z_2 + Y_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Z_1 + Y_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e \quad \textbf{3.11}$$

Donde los subíndices 1 y 2 hacen referencia a las secciones aguas abajo y aguas arriba, respectivamente; Z corresponde a la elevación del fondo del cauce en el canal central; Y a la profundidad de flujo; V a la velocidad media; α al coeficiente de Coriolis; g a la aceleración de la gravedad; h_e a las pérdidas de energía.

La pérdida de energía por fricción y contracción o expansión, entre dos secciones consecutivas, se evalúa mediante:

$$h_e = L\overline{S}_f + C\left|\frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g}\right| \quad \textbf{3.12}$$

Donde L es la longitud promedio ponderada del cauce; $\overline{S}_f$ la pendiente de fricción; C el coeficiente de pedidas por contracción o expansión.

La longitud promedio ponderada del cauce se evalúa como:

$$L = \frac{L_{lob}\overline{Q}_{lob} + L_{ch}\overline{Q}_{ch} + L_{rob}\overline{Q}_{rob}}{\overline{Q}_{lob} + \overline{Q}_{ch} + \overline{Q}_{rob}} \quad \textbf{3.13}$$

Donde los subíndices *lob, ch, rob* hacen referencia a la llanura de inundación izquierda, el canal central y la llanura de inundación derecha, respectivamente.

3.3.1.2 Requisitos de datos básicos

La implementación de modelos de análisis hidráulico en HEC-RAS, demanda ciertos requisitos básicos de información, que deben ser previamente considerados y preparados por el modelador. Dicha información depende del tipo de simulación a realizar, es decir, si corresponde a una condición de flujo permanente donde se transita un conjunto de datos de flujo discretos o si concierne a una simulación para flujo no permanente donde se transita un hidrograma a través del sistema. Indistintamente del tipo de simulación se debe tener tanto la información de carácter geométrico que define el cauce como los coeficientes de resistencia al flujo.

La elaboración modelos de flujo permanente requiere de la información correspondiente a las condiciones de frontera y el conjunto de datos de caudal a transitar. En flujo permanente es una práctica recomendable realizar una identificación preliminar del régimen presente, es decir, si predomina flujo subcrítico o supercrítico, con lo cual se determina la ubicación del control hidráulico y por consiguiente la frontera representativa para el modelo, sin embargo, HEC-RAS permite definir de manera simultánea condiciones de frontera tanto aguas arriba como aguas abajo, que además es requisito para el análisis de flujo mixto. Las condiciones de frontera permitidas para flujo permanente son: elevación conocida de la superficie de agua asociada a un caudal; profundidad critica; profundidad normal (asociada a la pendiente de la línea de energía y ecuación de Manning); curva de calibración.

Implementar modelos para flujo no permanente demanda de información correspondiente a condiciones de frontera y condiciones iniciales. Las condiciones de frontera deben ser establecidas en todos los extremos abiertos del sistema de cauces que conforman el modelo, es decir, tanto aguas arriba como aguas abajo.

4. ANÁLISIS DE SOCAVACIÓN

La estructura objeto de los análisis hidráulicos corresponde a un puente vehicular el cual se ha integrado al modelo de simulación para determinar su incidencia en el comportamiento hidráulico de la corriente y evaluar los efectos de socavación general y local en pilas y/o estribos, derivados de la intervención del cauce.

4.1 SOCAVACIÓN GENERAL

El incremento de caudal y energía del flujo en eventos de creciente tiende a modificar en profundidad, lateralmente o en ambas direcciones la geometría del cauce para habilitar el área hidráulica que le permita conducir esos máximos volúmenes.

Existen diversas metodologías para evaluar la socavación general, particularmente la Herramienta HEC-RAS 6.1. Permite evaluar la socavación general por contracción, es decir, la socavación inducida por la implantación de la estructura y su intervención en el área hidráulica natural de la corriente.

4.1.1 SOCAVACIÓN GENERAL POR CONTRACCIÓN

La evaluación de socavación general por contracción se realiza para la hipótesis "*live-bed*", es decir, que el flujo incidente se supone transporta carga de sedimento. El presente análisis constituye primordialmente un indicativo de la capacidad erosiva del régimen de flujo, puesto que la reducción de la capacidad hidráulica del cauce es menor, dada la ubicación de las unidades de infraestructura del Puente.

El modelo adoptado para el análisis de socavación general por contracción corresponde al método de Laursen modificado, publicado en el Boletín HEC-18.

$$\frac{y_2}{y_1} = \left(\frac{Q_2}{Q_1}\right)^{6/7} \left(\frac{W_1}{W_2}\right)^{k_1} \quad \textbf{4.1}$$

$$y_s = y_2 - y_0 \quad \textbf{4.2}$$

Dónde:

Q_1 = Caudal en la sección aguas arriba, en m^3/s.
Q_2 = Caudal en la sección contraída, en m^3/s.
W_1 = Ancho de la sección aguas arriba, en m.
W_2 = Ancho de la sección contraía, menos el ancho de las pilas, en m.
y_0 = profundidad promedio de la sección antes de la socavación.

y_1 = profundidad promedio de la sección aguas arriba.
y_2 = profundidad promedio de equilibrio en la sección socavada.
k_1 = coeficiente que depende del modo de transporte de sedimentos.
y_s = profundidad de socavación.

4.2 SOCAVACIÓN LOCAL EN ESTRIBOS

El efecto de socavación local, en este caso, corresponde al generado alrededor de estructuras tales como estribos de puente, el modelo de análisis a utilizar corresponde a la ecuación desarrollada por el Dr. David Froehlich., la cual se presenta a continuación:

$$y_s = 2.27 K_1 K_2 (L')^{0.43} y_a^{0.57} F_r^{0.61} + y_a \qquad \textbf{4.3}$$

Dónde:

y_s = profundidad de socavación, en m.

K_1 = factor de corrección por forma del estribo.

K_2 = factor de corrección por ángulo de incidencia (θ) del flujo con el estribo.
= $\theta^{0.13}$
θ = 90° cuando el flujo es perpendicular a los estribos.
θ < 90° para puntos del estribo aguas abajo.
θ > 90° para puntos del estribo aguas arriba.

L’ = Longitud del estribo proyectada normal al flujo.

y_a = profundidad de flujo promedio en la llanura de inundación para una sección cercana.

F_r = Numero de Froude para el flujo de la llanura de inundación en una sección cercana, $F_r = V_e / \sqrt{g \times y_a}$

Q_e = flujo obstruido por los estribos y el terraplén de aproximación en una sección cercana, en m^3/s.

A_e = Área de flujo obstruida por los estribos y el terraplén de aproximación en una sección cercana, en m^2.

V_e = Q_e/A_e , en m/s.

5. MEMORIAS DE CÁLCULO HIDRÁULICO

Las memorias de cálculo hidráulico tienen por objeto relacionar la aplicación de los modelos hidráulicos en los análisis correspondientes a este proyecto.

El desarrollo de la evaluación hidráulica para el tramo de la Quebrada La Caco en el sector de ponteadero comprende la implementación del modelo de análisis hidráulico mediante a la herramienta de software especializado HEC-RAS 6.1. y la correspondiente estimación de las variables hidráulicas que caracterizan el flujo, considerando los eventos de creciente para los periodos de retorno relacionados en el estudio hidrológico.

5.1 IMPLEMENTACIÓN MODELO DE ANÁLISIS HIDRÁULICO

Según se relacionó previamente, el modelo de análisis hidráulico seleccionado corresponde al software HEC-RAS 6.1, que constituye una herramienta especializada para este tipo de análisis, siendo su utilización ampliamente documentada y aceptadas en distintas partes del mundo dado la certidumbre de los resultados.

La implementación de modelos de análisis hidráulico en HEC-RAS, demanda ciertos requisitos básicos de información, que deben ser previamente considerados y preparados por el modelador. Indistintamente del tipo de simulación se debe tener tanto la información de carácter geométrico que define el cauce como los coeficientes de resistencia al flujo.

Teniendo en consideración que, de acuerdo con el tipo de cauce y estructura a evaluar, la creciente a considerar corresponde a la evaluada para el periodo de retorno de 100 años, donde se espera una ocupación generalizada de la sección hidráulica del cauce, la dirección de flujo predominante se desarrolla en sentido longitudinal, por consiguiente, un modelo unidimensional de flujo permanente se considera satisfactorio para estimar las variables hidráulicas que caracterizan el flujo.

La elaboración de modelos de flujo permanente requiere de la información correspondiente a las condiciones de frontera y el conjunto de datos de caudal a transitar. Las condiciones de frontera permitidas para flujo permanente son: elevación conocida de la superficie de agua asociada a un caudal; profundidad critica; profundidad normal (asociada a la pendiente de la línea de energía y ecuación de Manning); curva de calibración. La Figura 5.1, muestra esquemáticamente el modelo geométrico del cauce natural elaborado a partir de la información topográfica

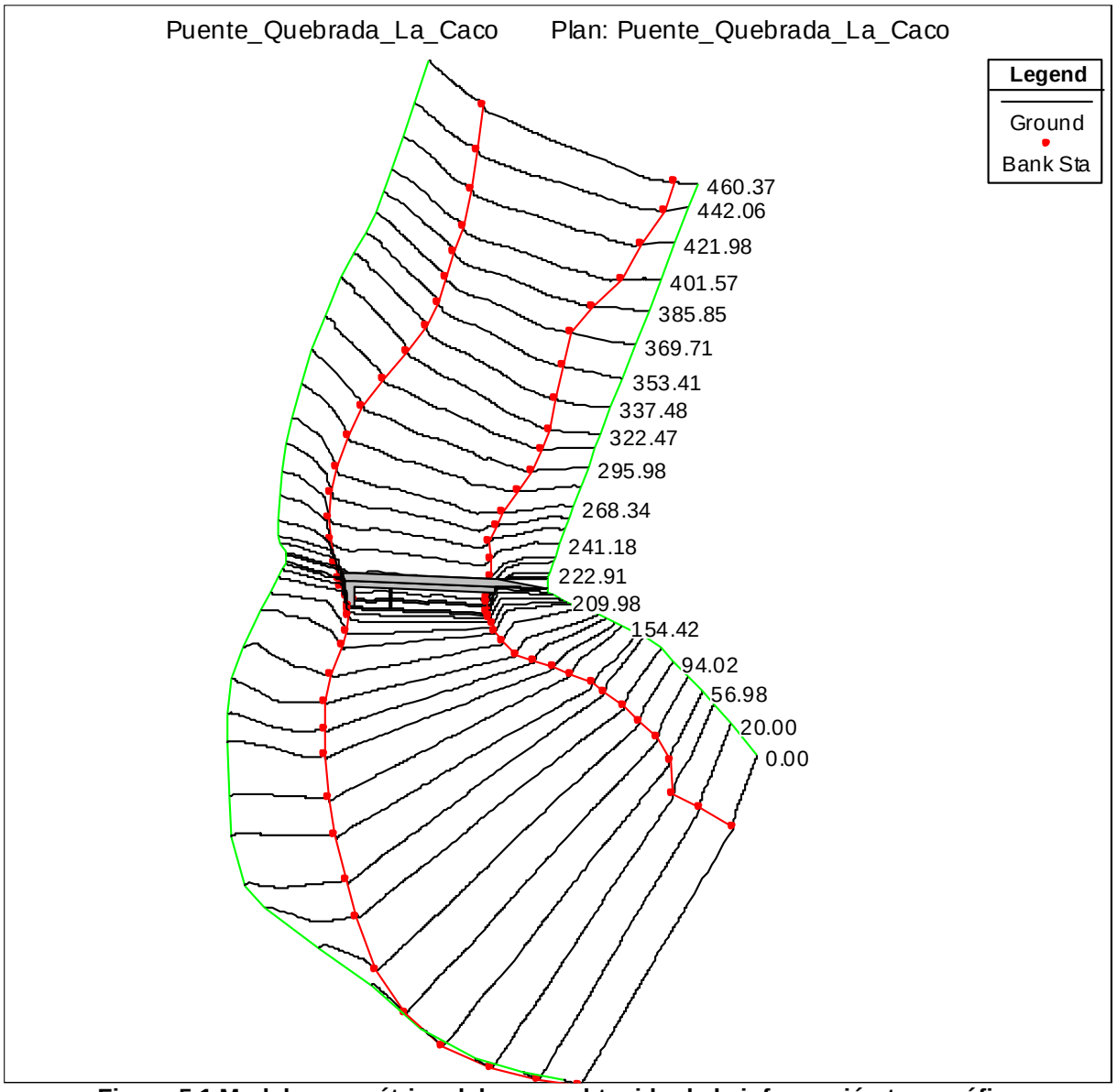


Figura 5.1 Modelo geométrico del cauce obtenido de la información topográfica

La Figura 5.2, presenta la disposición en planta del modelo de análisis hidráulico implementado en HEC-RAS 6.1. El modelo está compuesto por 42 secciones transversales, sobre las que se ha definido tanto la zona de canal central como las márgenes izquierda y derecha.

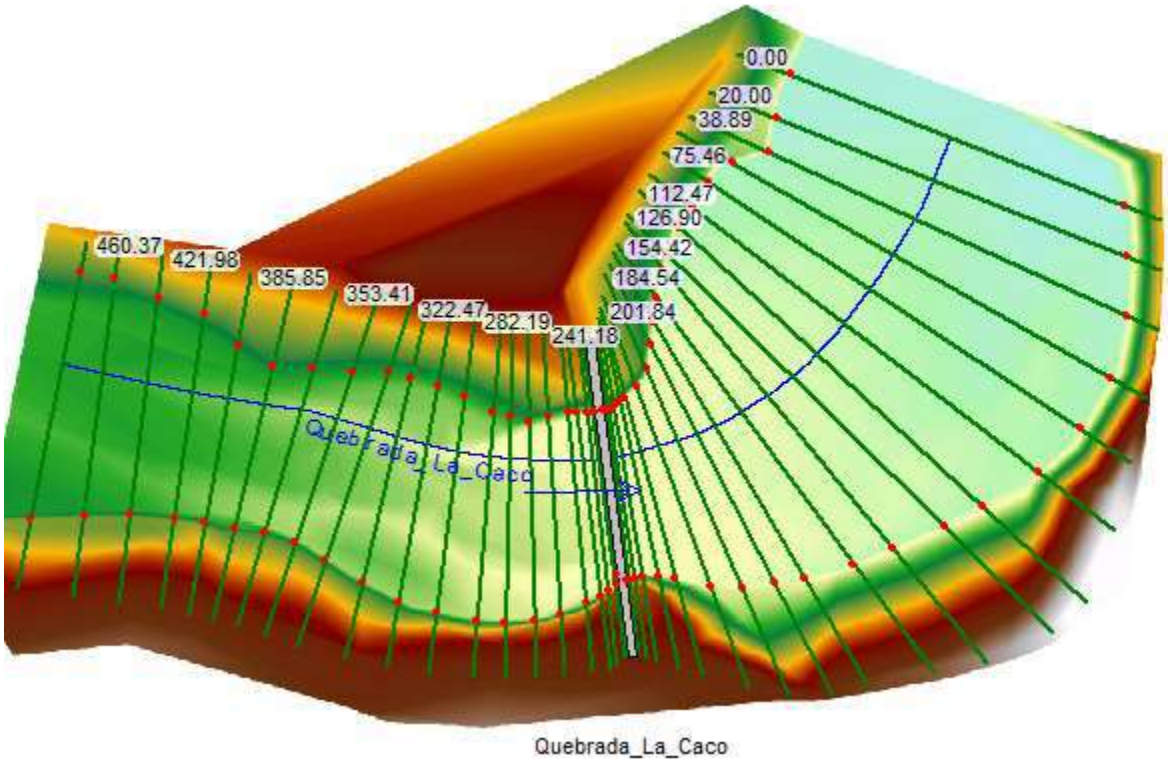


Figura 5.2 Esquema en planta del modelo de análisis hidráulico

5.1.1 PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL FLUJO: EVALUACIÓN DEL COEFICIENTE DE MANNING

La evaluación de las corrientes superficiales mediante el programa HEC-RAS 6.1 utiliza la ecuación de Manning para el cálculo de la resistencia al flujo, por lo tanto, se requiere definir el coeficiente de rugosidad de Manning tanto para el canal principal como para las bancas o llanura de inundación. El coeficiente de Manning básicamente se encuentra determinado por el tipo de material que conforma la sección hidráulica y características de sección como son: grado de irregularidad del cauce, variaciones de la sección transversal, efecto de obstrucciones, presencia de vegetación y el efecto derivado de la presencia de meandros.

Con el propósito de involucrar el efecto de los distintos factores que inciden en el coeficiente de Manning (Cowan, 1956), propuso una metodología basada la siguiente ecuación:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) \times m_5 \qquad \textbf{5.1}$$

Donde n_0 está determinado por el material del cauce que conforma el perímetro mojado, (n_1, n_2, n_3, n_4) están determinadas por las condiciones del canal y m corresponde al factor de influencia de meandros.

La Tabla 5.1, relaciona la evaluación del coeficiente de Manning, mediante una adaptación de la tabla de valores característicos relacionados en (Chow, Hidráulica de Canales Abiertos, 1998). La evaluación se realiza para las condiciones del canal y para las bancas se incrementa en 0.007 por efectos de vegetación.

Tabla 5.1 Evaluación Coeficiente de Manning, método de Cowan.

Condiciones del canal		Valores		Valor Adoptado	
Material Involucrado	Tierra	*no*	0.020	0.028	Grava Gruesa
	Corte en Roca		0.025		
	Grava Fina		0.024		
	Grava Gruesa		0.028		
Grado de Irregularidad	Suave	*n1*	0.000	0.005	Menor
	Menor		0.005		
	Moderado		0.010		
	Severo		0.020		
Variaciones de la Sección Transversal	Gradual	*n2*	0.000	0.000	Gradual
	Ocasionalmente Alterno		0.005		
	Frecuentemente Alterno		0.010-0.015		
Efecto Relativo de las Obstrucciones	Insignificante	*n3*	0.000	0.000	Insignificante
	Menor		0.010-0.015		
	Apreciable		0.020-0.030		
	Severo		0.040-0.060		
Vegetación	Sin vegetacion	*n4*	0.000	0.005	Baja
	Baja		0.005-0.010		
	Media		0.010-0.025		
	Alta		0.025-0.050		
	Muy Alta		0.050-0.100		
Grado de los Efectos por Meandros	Menor	*m5*	1.00	1	Menor
	Apreciable		1.15		
	Severo		1.30		
		n	Canal	0.038	
			Bancas	0.045	

Los coeficientes de rugosidad de Manning, estimados tanto para el cauce como para las bancas de la Quebrada La Caco son:

Coeficiente de Manning canal principal : $\boldsymbol{n = 0.038}$
Coeficiente de Manning llanura de inundación o bancas $\boldsymbol{n = 0.045}$

5.1.2 DATOS DE CAUDAL

La determinación de las variables hidráulicas que caracterizan el flujo, para el cauce de la Quebrada La Caco, se realiza con el propósito de evaluar condiciones de galibo y el comportamiento de las unidades de subestructuras (estribos), frente a la acción del flujo en eventos de creciente para con fundamento en ello dimensionar la estructura. Se determina que para este propósito el análisis hidráulico en condiciones de flujo permanente considerando caudales máximos proyectados en los distintos periodos de retorno es satisfactorio. El Cuadro 5.1, relaciona los caudales (m^3/s), proyectados a distintos periodos de retorno, utilizados en la elaboración del modelo de análisis hidráulico.

Cuadro 5.1 Datos de caudal para distintos periodos de retorno

Flow Change Location				Profile Names and Flow Rates							
	River	Reach	RS	TR 2	TR 2.33	TR 5	TR 10	TR 15	TR 25	TR 50	TR 100
1	Quebrada_La_Cac	Quebrada_La_Cac	460.37	158.51	170.12	229.72	295.98	341.93	408.39	514.28	638.88

5.1.3 CONDICIONES DE FRONTERA

Usualmente para establecer las condiciones de frontera, en primera instancia, se adopta como pendiente longitudinal del cauce evaluada entre las secciones de los extremos aguas arriba y aguas abajo del tamo objeto de modelación, sin embargo, en corrientes de montaña donde los cauce presentan cambios fuertes de pendiente en tramos cortos para obtener una aproximación más cercana a la pendiente de fricción es recomendable evalúar la pendiente de fondo a partir del perfil del modelo hidráulico considerando las tres secciones próximas a la frontera, obteniéndose: aguas arriba, $S_0 \cong 0.003\, m/m$ y aguas abajo $S_0 \cong 0.008\, m/m$. En este tipo de cauces lo usual es que el número de Froude sea cercano a 1.0, para una condición natural, es decir, sin intervenciones que puedan modificar la hidráulica de la corriente. De acuerdo con lo anterior, es evidente que el flujo desarrollado por la corriente superficial se ha de mantener en una condición próxima a la crítica, por consiguiente, es necesario establecer condiciones de frontera para flujo mixto. Realizado un proceso de cálculo iterativo para flujo mixto a partir de los datos de pendiente local del cauce se obtiene el ajuste de la pendiente de fricción, siendo adoptados los valores relacionados en el Cuadro 5.2.

Cuadro 5.2 Condiciones de frontera modelo hidráulico

Selected Boundary Condition Locations and Types				
River	Reach	Profile	Upstream	Downstream
Quebrada_La_Cac	Quebrada_La_Cac	all	Normal Depth S = 0.0023	Normal Depth S = 0.01

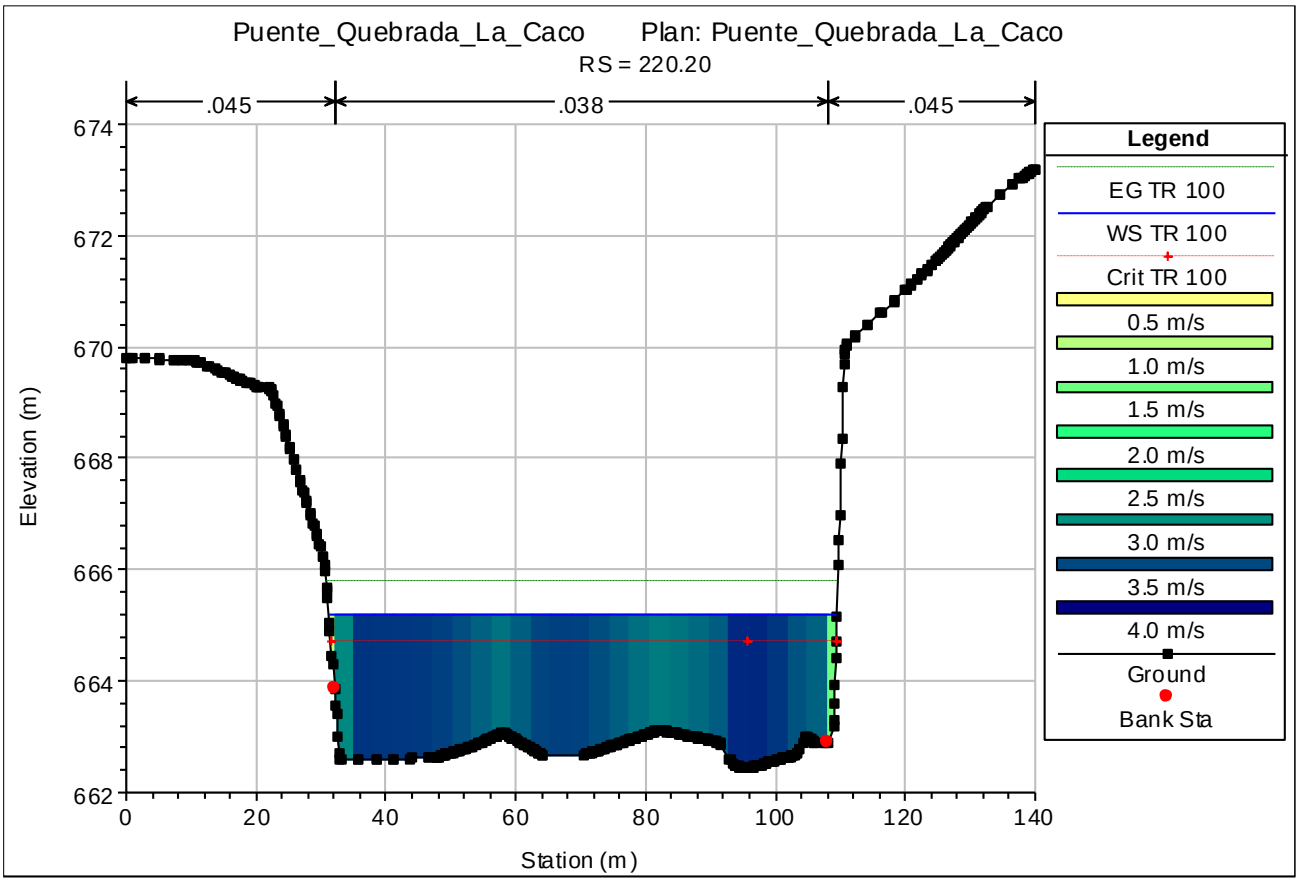
5.2 EVALUACIÓN DEL MODELO HIDRÁULICO PUENTE QUEBRADA LA CACO

Definido un modelo geométrico del cauce (a partir de secciones transversales), asignados los coeficientes de Manning tanto para el canal principal como para los bancos, habiendo suministrado datos de caudal y establecidas las condiciones de frontera apropiadas aguas arriba y aguas abajo del tramo en estudio, el programa HEC-RAS 6.1, permite desarrollar la modelación.

Determinada la gran similitud de los resultados para la modelación en condiciones de flujo uniforme y flujo no permanente, se adopta para efectos diseño las modelaciones bajo flujo uniforme, puesto que constituyen una carga computacional mucho menor y permiten la rápida evaluación de distintos escenarios con muy buen nivel de aproximación. A continuación, se presentan resultados de la modelación en flujo uniforme para el periodo de retorno de 100 años, en algunas secciones específicas, las cuales constituyen sitios representativos para el análisis de las variables que determinan el flujo y sus correspondientes efectos sobre la morfología del cauce.

Cuadro 5.3 Parámetros hidráulicos sección 220.20, Aguas Arriba del Puente

Plan: Puente_Quebr Quebrada_La_Caco Quebrada_La_Caco RS: 220.20 Profile: TR 100					
E.G. Elev (m)	665.80	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.60	Wt. n-Val.	0.045	0.038	0.045
W.S. Elev (m)	665.20	Reach Len. (m)	1.01	1.00	1.05
Crit W.S. (m)	664.71	Flow Area (m2)	0.61	183.76	2.65
E.G. Slope (m/m)	0.005372	Area (m2)	0.61	183.76	2.65
Q Total (m3/s)	638.88	Flow (m3/s)	0.51	634.44	3.92
Top Width (m)	78.34	Top Width (m)	0.89	75.94	1.51
Vel Total (m/s)	3.42	Avg. Vel. (m/s)	0.85	3.45	1.48
Max Chl Dpth (m)	2.77	Hydr. Depth (m)	0.68	2.42	1.76
Conv. Total (m3/s)	8716.5	Conv. (m3/s)	7.0	8656.0	53.5
Length Wtd. (m)	1.00	Wetted Per. (m)	1.62	76.73	3.06
Min Ch El (m)	662.43	Shear (N/m2)	19.69	126.16	45.62
Alpha	1.02	Stream Power (N/m s)	16.64	435.58	67.50
Frctn Loss (m)	0.01	Cum Volume (1000 m3)	0.07	39.62	0.39
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	0.16	33.93	0.95

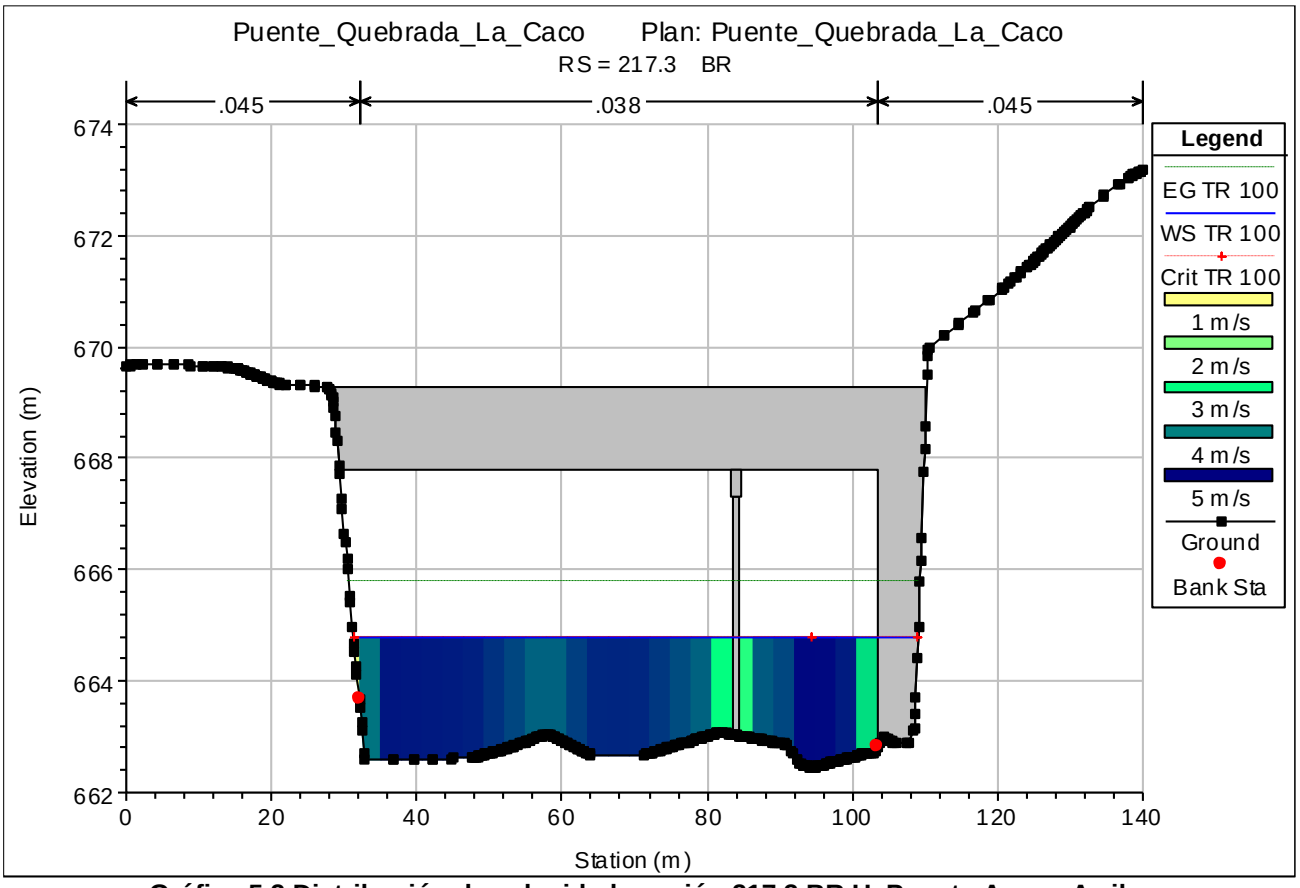


Gráfica 5.1 Distribución de velocidad sección 220.20, Aguas Arriba del Puente

Cuadro 5.4 Parámetros hidráulicos sección 217.3 BR U, Puente Aguas Arriba

Plan: Puente_Quebr Quebrada_La_Caco Quebrada_La_Caco RS: 217.3 BR U Profile: TR 100

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	665.80	Wt. n-Val.	0.045	0.038	
Vel Head (m)	1.01	Reach Len. (m)	3.79	3.79	3.79
W.S. Elev (m)	664.79	Flow Area (m2)	0.43	143.58	
Crit W.S. (m)	664.79	Area (m2)	0.43	143.58	
E.G. Slope (m/m)	0.012354	Flow (m3/s)	0.49	638.39	
Q Total (m3/s)	638.88	Top Width (m)	0.77	70.42	
Top Width (m)	71.19	Avg. Vel. (m/s)	1.15	4.45	
Vel Total (m/s)	4.44	Hydr. Depth (m)	0.55	2.04	
Max Chl Dpth (m)	2.34	Conv. (m3/s)	4.4	5743.6	
Conv. Total (m3/s)	5748.0	Wetted Per. (m)	1.35	76.61	
Length Wtd. (m)	3.79	Shear (N/m2)	38.50	227.06	
Min Ch El (m)	662.45	Stream Power (N/m s)	44.29	1009.55	
Alpha	1.00	Cum Volume (1000 m3)	0.06	39.44	0.38
Frctn Loss (m)		Cum SA (1000 m2)	0.16	33.86	0.94
C & E Loss (m)					

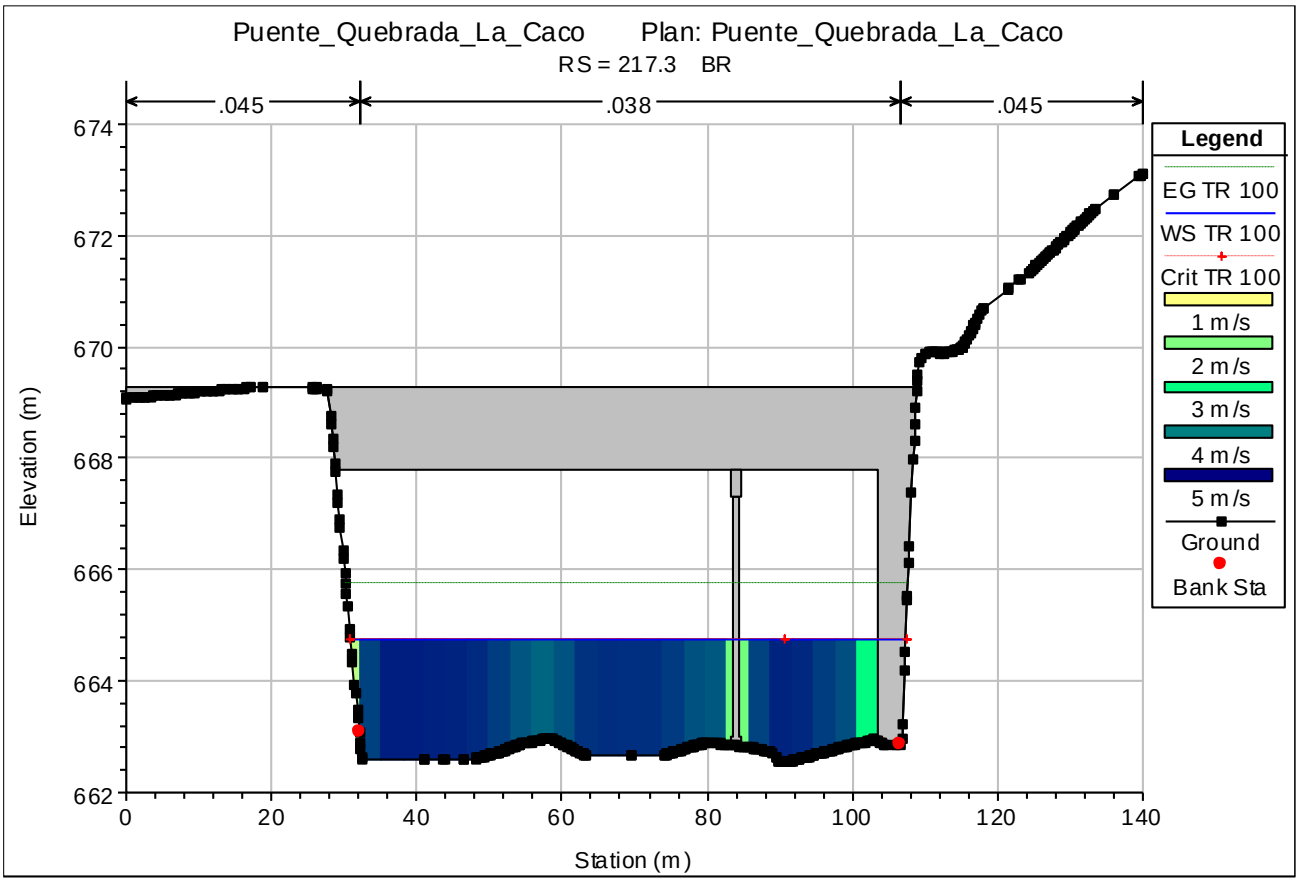


Gráfica 5.2 Distribución de velocidad sección 217.3 BR U, Puente Aguas Arriba

Cuadro 5.5 Parámetros hidráulicos sección 217.3 BR D, Puente Aguas Abajo

Plan: Puente_Quebr Quebrada_La_Caco Quebrada_La_Caco RS: 217.3 BR D Profile: TR 100

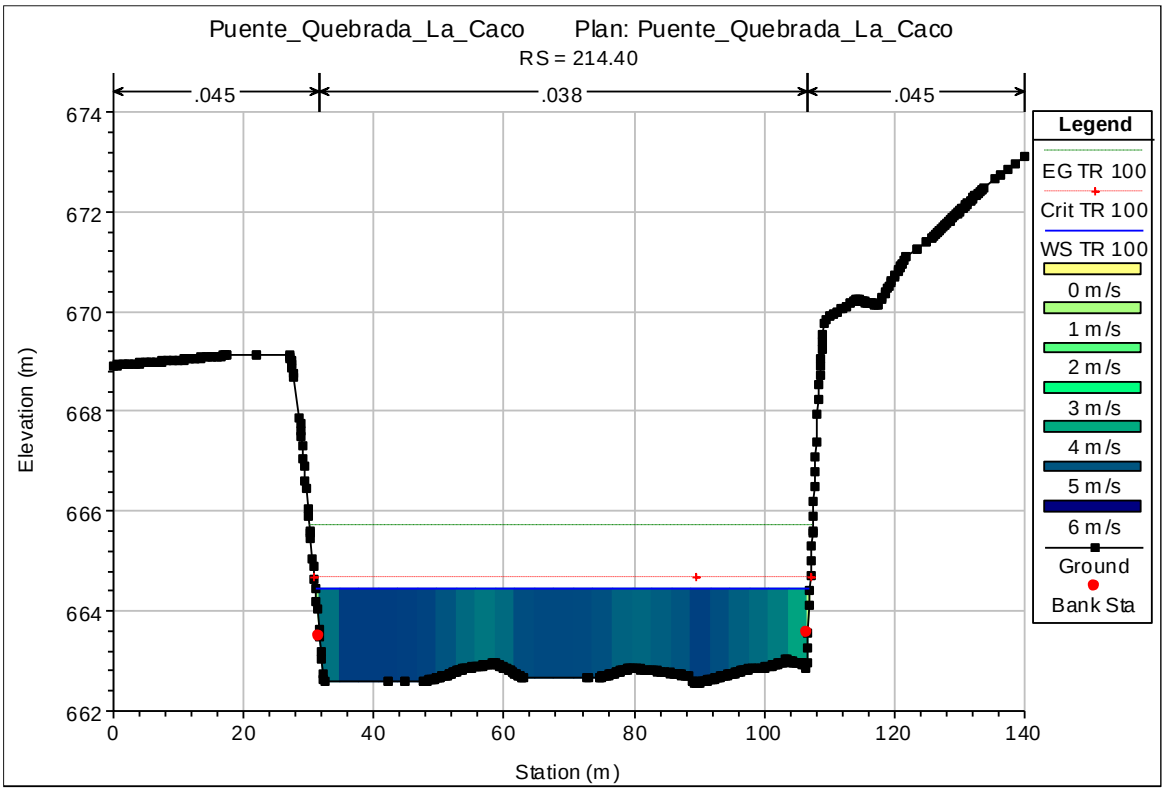
E.G. Elev (m)	665.77	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	1.00	Wt. n-Val.	0.045	0.038	
W.S. Elev (m)	664.76	Reach Len. (m)	0.01	0.01	0.01
Crit W.S. (m)	664.76	Flow Area (m2)	1.02	143.53	
E.G. Slope (m/m)	0.012287	Area (m2)	1.02	143.53	
Q Total (m3/s)	638.88	Flow (m3/s)	1.56	637.32	
Top Width (m)	71.60	Top Width (m)	1.20	70.40	
Vel Total (m/s)	4.42	Avg. Vel. (m/s)	1.53	4.44	
Max Chl Dpth (m)	2.22	Hydr. Depth (m)	0.85	2.04	
Conv. Total (m3/s)	5763.7	Conv. (m3/s)	14.1	5749.7	
Length Wtd. (m)	0.01	Wetted Per. (m)	2.08	76.42	
Min Ch El (m)	662.54	Shear (N/m2)	58.95	226.30	
Alpha	1.01	Stream Power (N/m s)	90.16	1004.84	
Frctn Loss (m)		Cum Volume (1000 m3)	0.06	38.90	0.38
C & E Loss (m)		Cum SA (1000 m2)	0.16	33.59	0.94



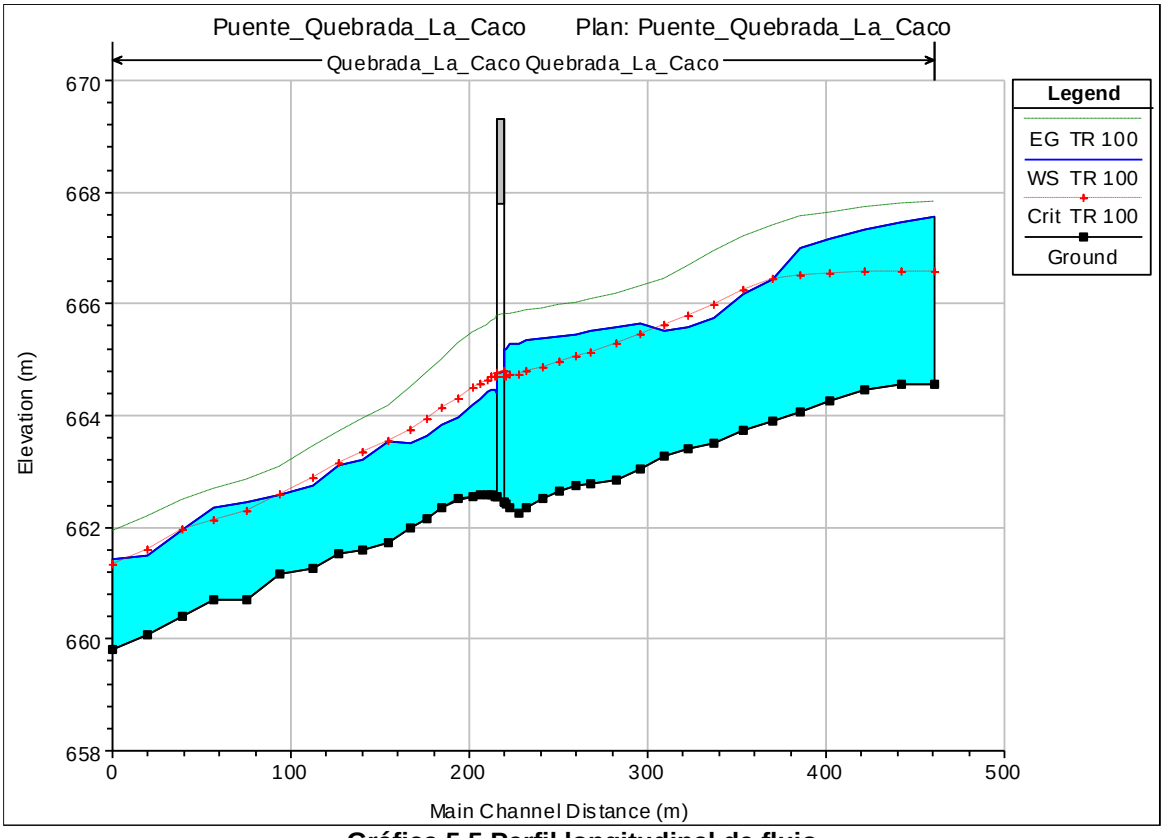
Gráfica 5.3 Distribución de velocidad sección 217.3 BR D, Puente Aguas Abajo

Cuadro 5.6 Parámetros hidráulicos sección 214.40, Aguas Abajo del Puente

Plan: Puente_Quebr	Quebrada_La_Caco	Quebrada_La_Caco RS: 214.40	Profile: TR 100		
E.G. Elev (m)	665.70	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	1.26	Wt. n-Val.	0.045	0.038	0.045
W.S. Elev (m)	664.45	Reach Len. (m)	1.41	1.72	2.56
Crit W.S. (m)	664.69	Flow Area (m2)	0.33	128.47	0.14
E.G. Slope (m/m)	0.017709	Area (m2)	0.33	128.47	0.14
Q Total (m3/s)	638.88	Flow (m3/s)	0.42	638.35	0.11
Top Width (m)	75.99	Top Width (m)	0.68	75.00	0.31
Vel Total (m/s)	4.95	Avg. Vel. (m/s)	1.26	4.97	0.82
Max Chl Dpth (m)	1.89	Hydr. Depth (m)	0.49	1.71	0.45
Conv. Total (m3/s)	4801.0	Conv. (m3/s)	3.1	4797.0	0.9
Length Wtd. (m)	1.72	Wetted Per. (m)	1.19	76.01	0.95
Min Ch El (m)	662.56	Shear (N/m2)	48.38	293.51	25.31
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	61.02	1458.43	20.73
Frctn Loss (m)	0.02	Cum Volume (1000 m3)	0.06	38.77	0.38
C & E Loss (m)	0.09	Cum SA (1000 m2)	0.16	33.52	0.94



Gráfica 5.4 Distribución de velocidad sección 214.40, Aguas Abajo del Puente



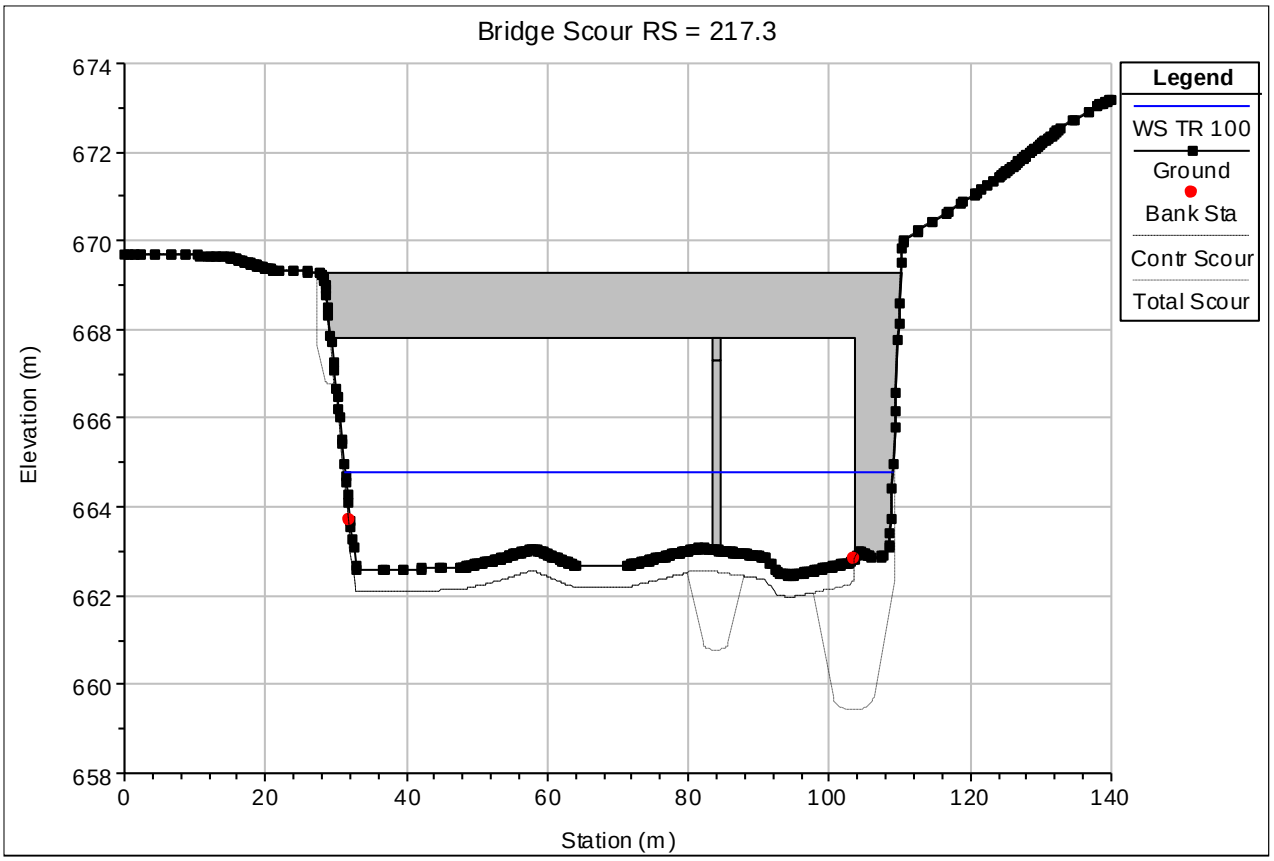
Gráfica 5.5 Perfil longitudinal de flujo

5.3 EVALUACIÓN DE SOCAVACIÓN

A partir de las magnitudes obtenidas para las variables que caracterizan el flujo mediante el modelo hidráulico y especificando las características de forma para los apoyos del puente, junto con el tamaño de partícula característico para el material de fondo, se evalúan los efectos de socavación general, general por contracción, derivados de la intervención del cauce.

5.3.1 SOCAVACIÓN GENERAL POR CONTRACCIÓN Y LOCAL EN ESTRIBOS

Empleando la rutina de diseño hidráulico del Modelo HEC-RAS 6.1, se evalúa tanto la socavación general por contracción como la socavación local en estribos. La Gráfica 5.6 presenta esquemáticamente los resultados del análisis de socavación y el
Cuadro **5.7** relaciona el resumen de resultados.



Gráfica 5.6 Presentación esquemática resultados de socavación general por contracción

La evaluación de socavación realizada empleando el módulo de diseño hidráulico de HEC-RAS 6.1, para un periodo de retorno de 100 años relaciona una magnitud de efecto combinado de 2.29 metros sobre la Pila, 1.05 metros sobre el estribo izquierdo y 3.41 metros sobre el estribo derecho.

Cuadro 5.7 Evaluación de Socavación modelo HEC-RAS 6.1

Contraction Scour				
		Left	Channel	Right
Input Data				
	Average Depth (m):	0.68	2.42	1.76
	Approach Velocity (m/s):	0.85	3.45	1.48
	Br Average Depth (m):	0.55	2.04	
	BR Opening Flow (m3/s):	0.49	638.39	
	BR Top WD (m):	0.77	70.42	
	Grain Size D50 (mm):	22.00	22.00	22.00
	Approach Flow (m3/s):	0.51	634.44	3.92
	Approach Top WD (m):	0.89	75.94	1.51
	K1 Coefficient:	0.590	0.640	0.590
Results				
	Scour Depth Ys (m):	0.17	0.51	
	Critical Velocity (m/s):			
	Equation:	Live	Live	

Pier Scour		
	All piers have the same scour depth	
Input Data		
	Pier Shape:	Round nose
	Pier Width (m):	1.00
	Grain Size D50 (mm):	22.00000
	Depth Upstream (m):	2.15
	Velocity Upstream (m/s):	3.29
	Projected Width (m):	1.50
	Pier shape Coeff:	1.00
Results		
	Scour Depth Ys (m):	1.77
	Froude #:	0.72
	Equation:	Froehlich's equation

Abutment Scour

		Left	Right
Input Data			
	Station at Toe (m):	29.32	103.50
	Toe Sta at appr (m):	29.32	107.99
	Abutment Length (m):	0.13	1.54
	Depth at Toe (m):	-2.62	2.36
	K1 Shape Coef:	0.55 - Spill-through abutment	
	Degree of Skew (degrees):	90.00	90.00
	K2 Skew Coef:	1.00	1.00
	Projected Length L' (m):	0.13	1.54
	Avg Depth Obstructed Ya (m):	0.68	1.77
	Flow Obstructed Qe (m3/s):	0.07	4.15
	Area Obstructed Ae (m2):	0.09	2.72
Results			
	Scour Depth Ys (m):	0.88	2.90
	Qe/Ae = Ve:	0.78	1.53
	Froude #:	0.30	0.37
	Equation:	Froehlich	Froehlich

Combined Scour Depths

	Pier Scour + Contraction Scour (m):		
		Channel:	2.29
	Left abutment scour + contraction scour (m):	1.05	
	Right abutment scour + contraction scour (m):	3.41	

Para efectos de representar la ubicación relativa de las unidades de subestructura del puente con respecto al área de flujo dominante y relacionar el correspondiente estimativo de socavación en las secciones aguas arriba, eje y aguas abajo del puente se realizó el desarrollo de estas según los ejes que definen su ubicación en planta (Figura 5.3). El desarrollo de las secciones y proyección de la estructura del puente se relacionan así: sección Puente aguas arriba (Figura 5.4); sección eje del Puente (Figura 5.3); sección Puente aguas abajo (Figura 5.6).

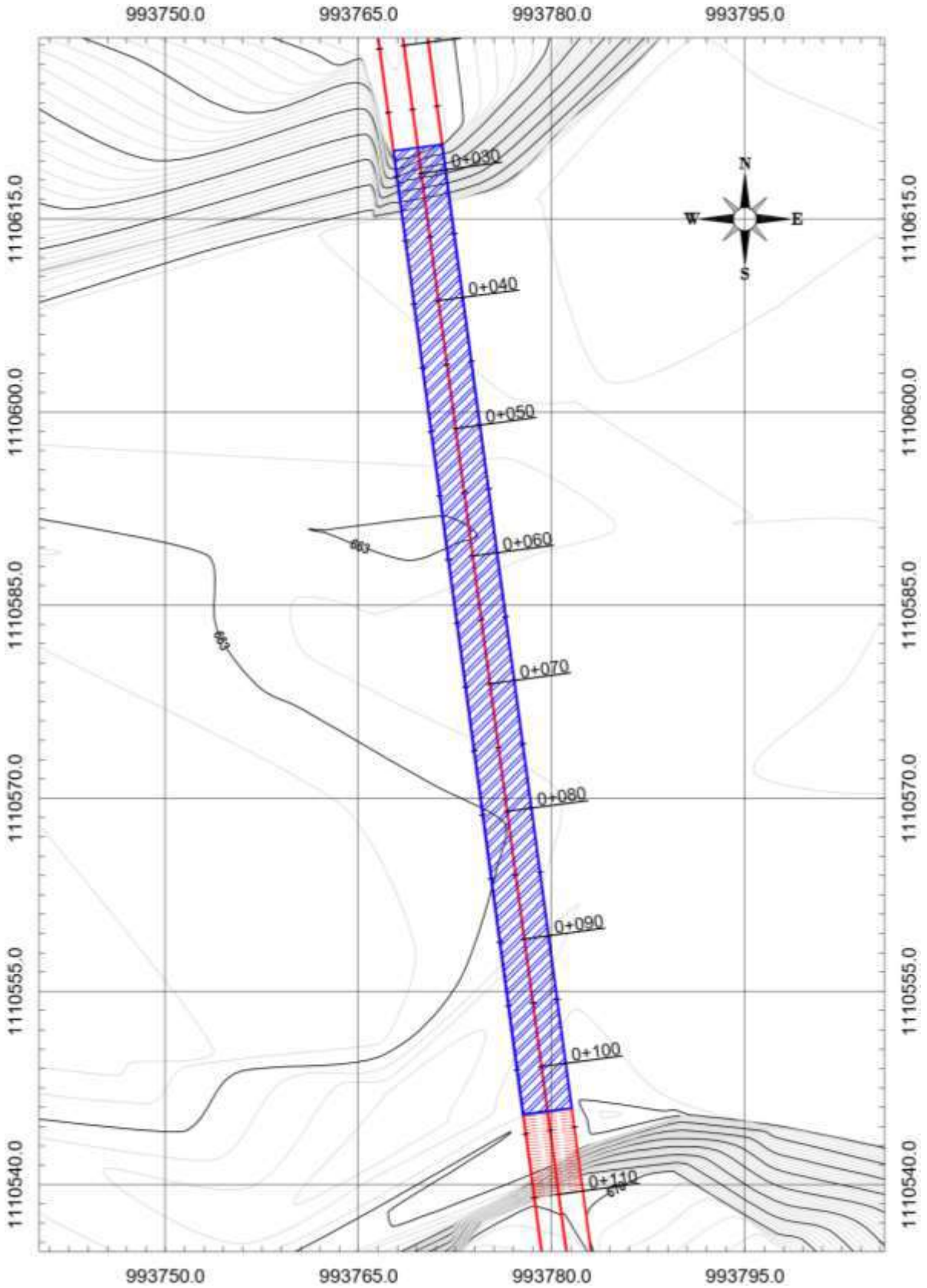


Figura 5.3 Localización en planta puente sobre la Quebrada La Caco

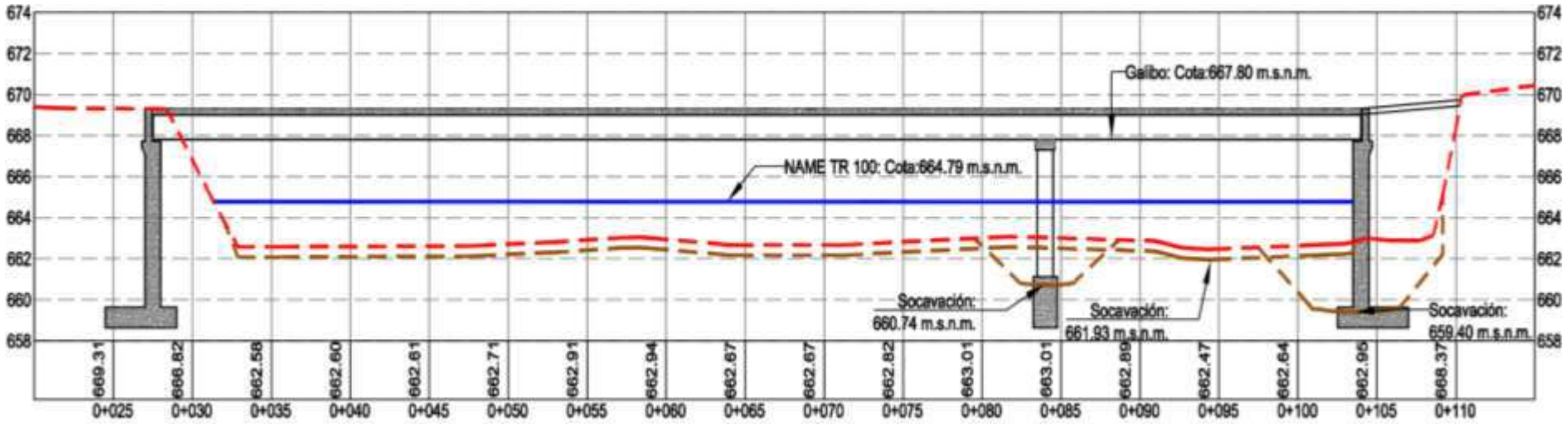


Figura 5.4 Perfil puente aguas arriba

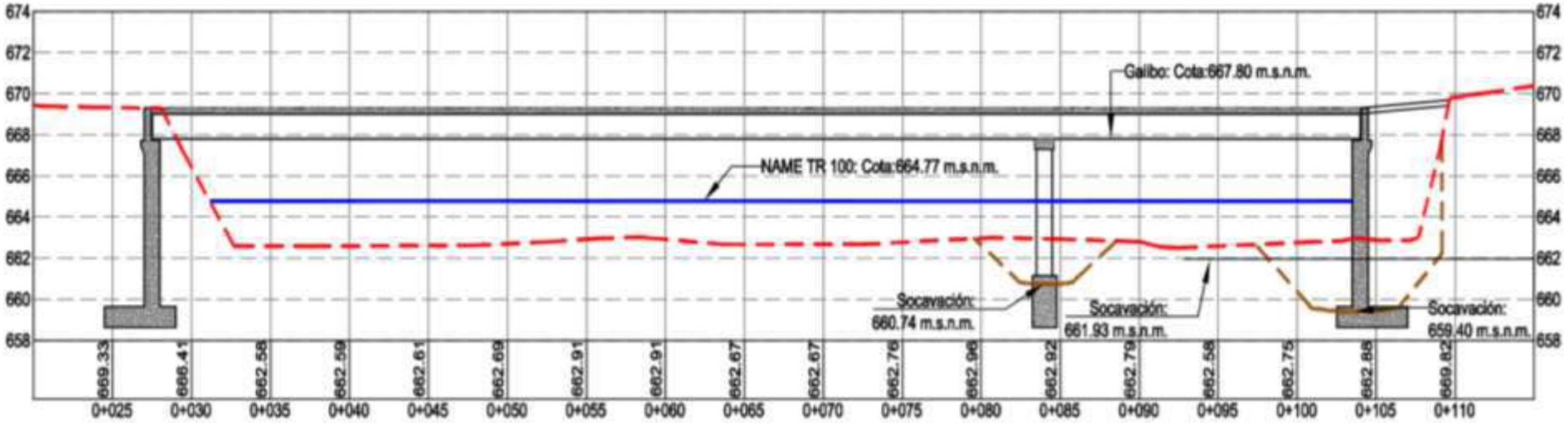


Figura 5.5 Perfil sobre el eje del Puente

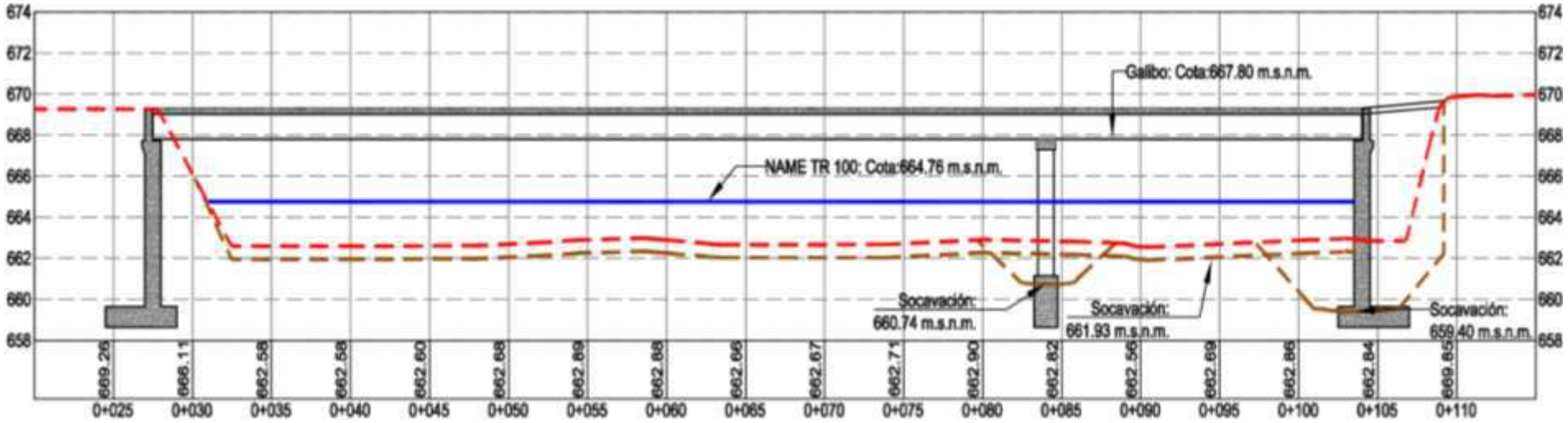


Figura 5.6 Perfil puente aguas abajo

6. DISEÑO OBRAS DE PROTECCIÓN

Bajo la premisa de controlar los fenómenos de socavación sobre las unidades de infraestructura del puente y la afectación de los taludes expuestos a la acción erosiva del flujo se proyectan obras de protección tipo revestimiento, las cuales de acuerdo con la accesibilidad a materiales y las condiciones hidráulicas del flujo en la corriente de agua superficial, se han concebido mediante la disposición de mantos de bolsacreto, se proyecta intervenir 80 metros lineales de protección del talud. La Figura 6.1 y Figura 6.2, ilustra esquemáticamente la sección tipo de la obra de protección proyectada y su disposición en planta. La obra de protección proyectada, en su conjunto, contempla reconformación parcial del talud para recuperar parcialmente la margen socavada y mejorar las condiciones de encole del puente, lo cual se complementa con el revestimiento en bolsacreto para controlar la acción erosiva del flujo.

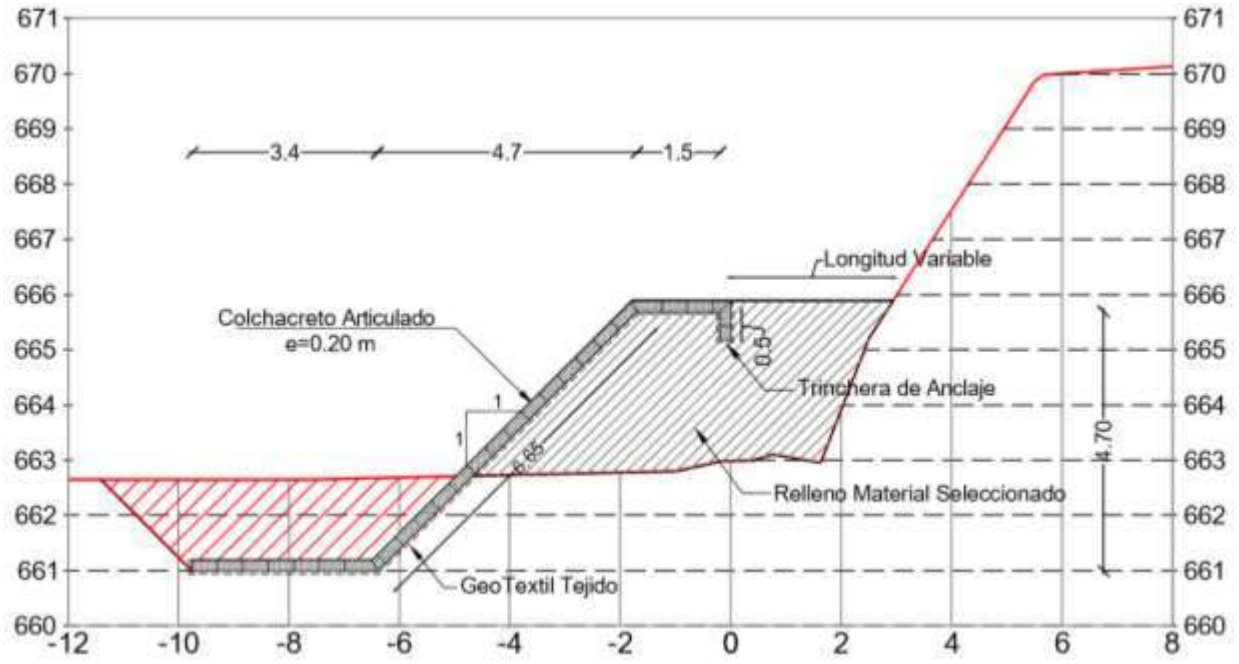


Figura 6.1 Sección Tipo, Obra de Protección

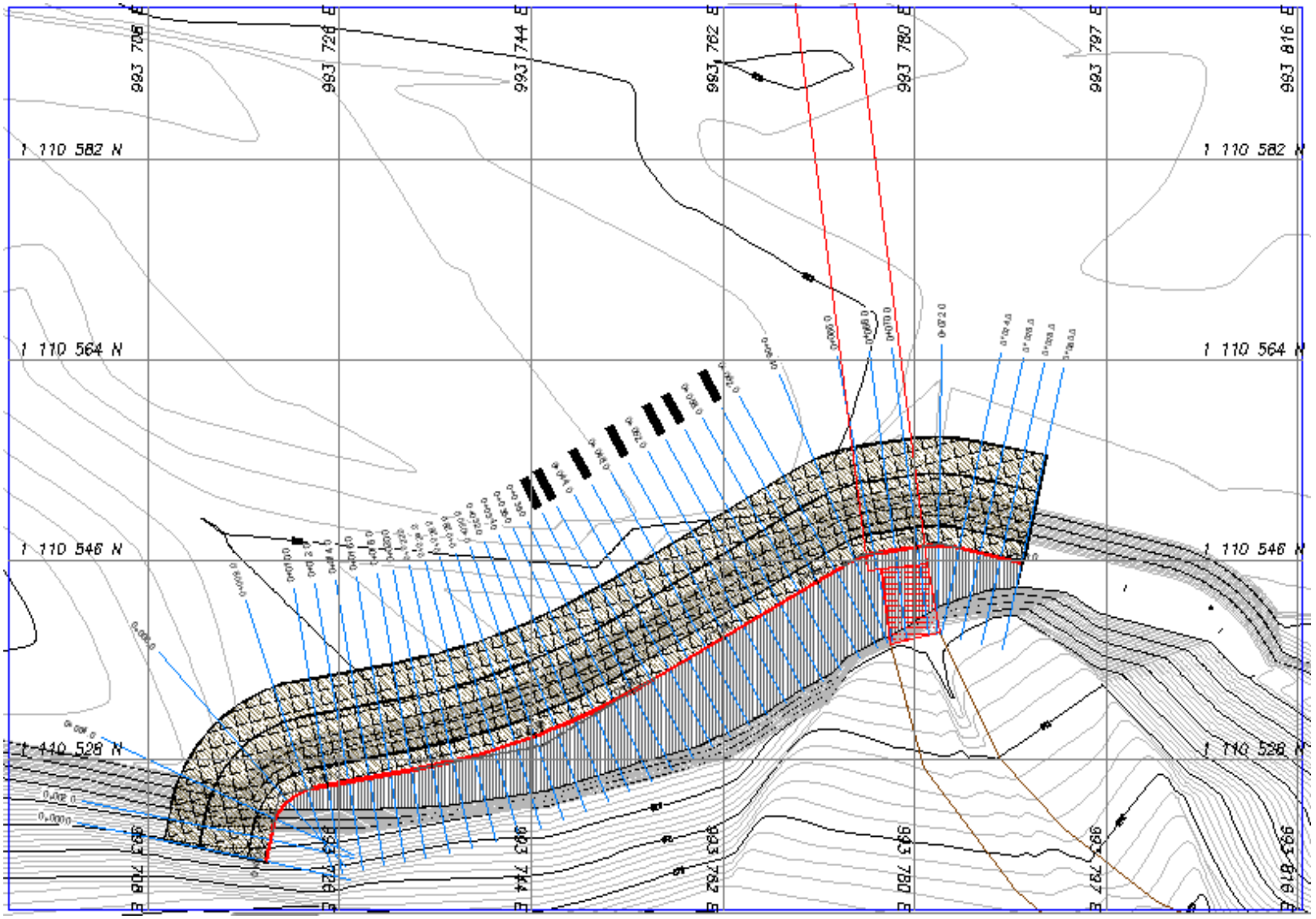


Figura 6.2 Localización Alineamiento Obra Protección Margen Derecha

6.1 CONSIDERACIONES DE DISEÑO

Las obras de protección tipo recubrimiento, dispuestas sobre márgenes conformadas por materiales susceptibles de erosión fluvial, tienen por objeto establecer en contacto con el flujo una superficie competente para resistir los esfuerzos tangenciales que conducen a los procesos socavación y migración lateral, controlando así dichos fenómenos.

El comportamiento de una estructura de revestimiento depende de las características propias y del suelo de cimentación. Los revestimientos pueden ser de naturaleza rígida o flexible y ser permeables o impermeables. Los revestimientos flexibles permiten cierto grado de movimiento o deformación debido al asentamiento del suelo del talud, manteniéndose el contacto permanente y continuo de la cimentación, por su parte, los revestimientos rígidos no permiten movimientos a excepción del asentamiento uniforme de toda la estructura.

El diseño del recubrimiento debe tener en consideración el diseño del talud para dar cumplimiento a los requerimientos de estabilidad geotécnica, los materiales para la construcción del revestimiento, el tamaño y características de los elementos individuales, mecanismos para protección contra la erosión de la cimentación, las protecciones del pie y los sistemas de anclaje.

Dentro de las distintas opciones de revestimientos se tiene el enrocado o Riprap, conformados por bloques o cantos de roca de diferentes tamaños con formas irregulares colocados sobre el talud, sin ningún elemento de confinamiento, la estabilidad del conjunto se proporciona por el peso de los bloques individuales y el entrelace entre ellos. En este tipo de recubrimientos mediante enrocado o Riprap, la pendiente máxima normalmente aceptada para su colocación es 2H: 1V, en el caso de utilizar grandes bloques semirectangulares se permiten pendientes hasta 1.5H:1V. Para pendientes 1H: 1V, e incluso mayores el enrocado requiere de algún tipo de confinamiento o elemento que incremente el entrelazamiento de los bloques individuales.

Dentro de los revestimientos de material de roca confinado se tiene el Colchón de Enrocado (colchón reno), y lo gaviones que consiste en cestas o contenedores en malla sintética o de acero, que son rellenados por bloques o cantos de roca, por su parte análogo a los colchones de enrocado se tienen las formaletas textiles para concreto las cuales se utilizan en la conformar los revestimientos de Bolsacreto, siendo esta ultima la opción adoptada para el presente caso. A continuación, se mencionan algunos aspectos a considerar en el diseño de este tipo de revestimientos.

- *Las formaletas Textiles Bolsacreto se deben llenar con concreto hidráulico de agregado fino de alta resistencia, el cual se prepara mezclando cemento Portland, arena y agua. Esta mezcla debe tener una consistencia adecuada para bombearla con facilidad dentro de la formaleta textil.*

- *Se recomienda un borde libre por encima del nivel de aguas máximo definido para el proyecto, de al menos 0.60 m y un tramo de protección horizontal en la corona de mínimo 1.00 m para controlar la acción del oleaje.*

- *Independiente que por estabilidad al deslizamiento no se requiera de anclaje superior, se recomienda confinar el externo superior del revestimiento mediante una trinchera de anclaje para proporcionar mayor integridad estructural y estabilidad.*

- *A manera de cimentación, se recomienda extender horizontalmente el extremo inferior del revestimiento en una longitud de al menos 2 metros y a una profundidad igual o superior al nivel de socavación general estimada. De otra parte, puede ser considerado el uso complementario de elementos de lastre en el confinamiento de la cimentación.*

6.2 DIMENSIONAMIENTO DE LA OBRA DE PROTECCIÓN

El diseño de revestimientos considera aspectos la determinación del espesor, que es función de los esfuerzos tangenciales inducidos por el flujo, los cuales a su vez son dependientes de la velocidad. Igualmente intervienen factores como la profundidad de flujo y pendiente del talud sobre el cual se dispone el revestimiento.

Siendo la determinación del espesor requerido uno de los aspectos básicos del diseño de revestimientos, se adopta para tal propósito la formulación desarrollada por (Pilarczyk, 1998), la cual se constituye en una herramienta ampliamente utilizada por su versatilidad de aplicación tanto a elementos individuales como para revestimientos confinados o continuos. A continuación, se presenta la formulación de (Pilarczyk, 1998).

$$\Delta \times D = 0.035 \times \frac{\Phi}{\Psi} \times \frac{K_T \times K_h}{K_m} \times \frac{u_{cr}^2}{2g} \qquad \textbf{6.1}$$

Siendo:

$$\Delta = \frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w} \qquad \textbf{6.2}$$

Según sea el caso K_h, se evalúa mediante:

$$K_h = \frac{2}{\left[\log\left(\frac{12h}{k_s}\right)\right]^2} \qquad \text{Para perfil logarítmico de velocidad} \qquad \textbf{6.3}$$

$$K_h = \left(\frac{h}{k_s}\right)^{-0.2} \qquad \text{Para perfil no desarrollado} \qquad \textbf{6.4}$$

$K_h = 1$ Flujo completamente desarrollado. $\frac{h}{k_s} < 5$

Para revestimiento mediante enrocado de elementos individuales $k_s = 2D_{50}$, para revestimientos de elementos confinados o bolsas se toma igual al espesor del recubrimiento y para revestimientos de superficies lisas k_s es aproximadamente 0.05 metros.

$$K_m = \sqrt{1 - \left(\frac{\sin \propto}{\sin \theta}\right)^2} \quad \textbf{6.5}$$

Para sistemas rígidos anclados y rellenos de mortero, tapates de bloque unidos por cables y gaviones caja.

$$K_m = \cos \propto_b \quad \textbf{6.6}$$

Donde:

D = espesor del revestimiento, en metros (se asimila a D_{50} para enrocados de bloques individuales).
Φ = parámetro de estabilidad (Tabla 11.3)[4]
Ψ = Parámetro critico de Shields (Tabla 11.4)[2]
K_T = Parámetro de turbulencia (Tabla 11.5)[2]
K_h = Parámetro de profundidad
K_m = Parámetro de pendiente del talud
g = Aceleración de la gravedad (9.81 m/s).
u_{cr} = Velocidad promedio (m/s).
ρ_s = densidad del material del revestimiento
ρ_w = densidad del agua
h = profundidad del flujo, m.
k_s = rugosidad equivalente en metros.
α = pendiente del talud en la ribera.
θ = ángulo de fracción del material del revestimiento (Tabla 11.6)[2].

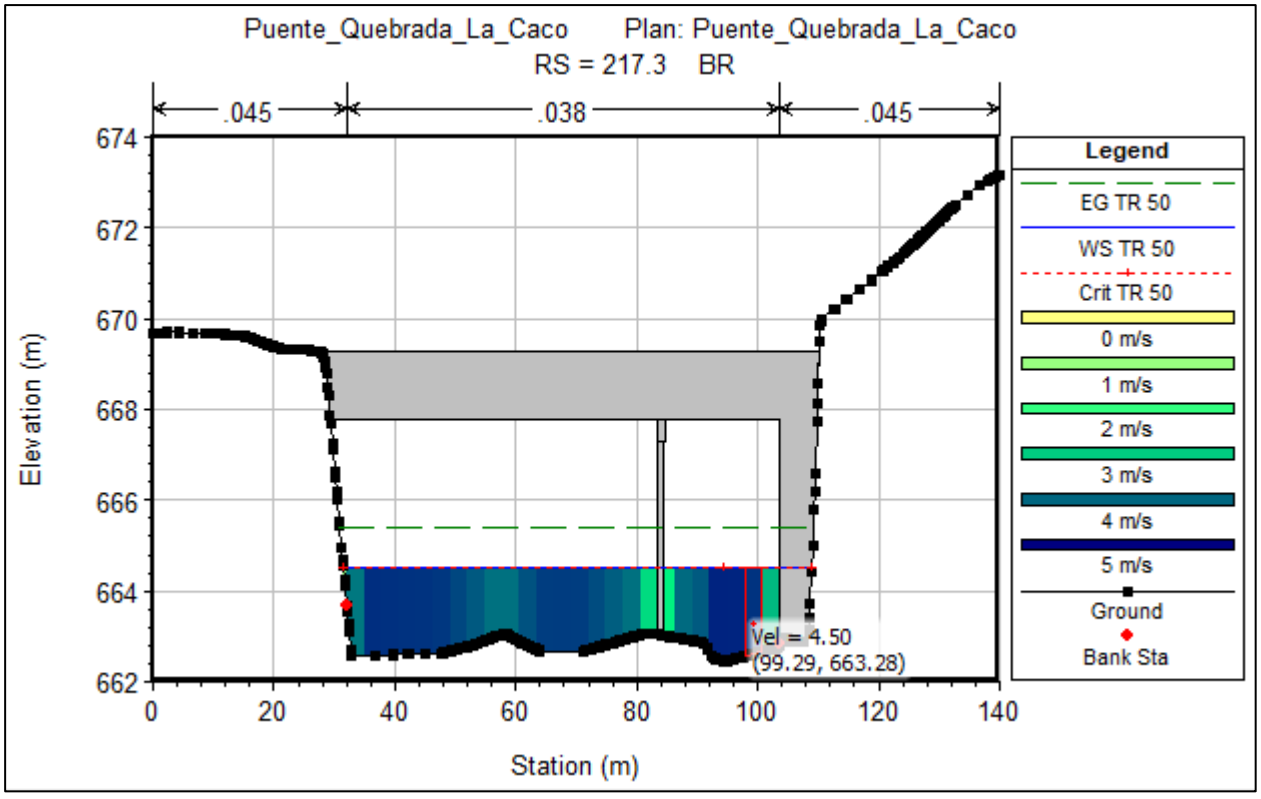
Como se puede observar la expresión desarrollada por ***Pilarczyk*** (1998), presenta dependencia del D_{50} para definir el parámetro de profundidad, por consiguiente, su aplicación obedece a un proceso iterativo.

[4] SUAREZ DIAZ JAIME Control de Erosión en Zonas Tropicales. Universidad Industrial de Santander. 2001. ISBN: 958-33-2734-4. p.412.

6.3 EVALUACIÓN OBRA DE PROTECCIÓN ESTRIBO DERECHO

La evaluación del espesor del revestimiento involucra la determinación de variables hidráulicas del flujo, características físicas del material de revestimiento y características geométricas del talud, entre otros aspectos. La determinación de la profundidad y velocidad de flujo se realiza mediante consulta de los resultados del modelo hidráulico implementado con la herramienta Hec-Ras 6.1. La consulta de variables hidráulicas profundidad y velocidad, previo pre-dimensionamiento del revestimiento, en función de la profundidad del cauce y los estimativos de socavación, se realiza para el sitio de cambio de material y para el extremo inferior del recubrimiento por corresponder a las zonas más solicitadas por el flujo.

La evaluación de la obra de para el estribo derecho se realizó con fundamento en las variables hidráulicas recuperadas para la sección RS=217.3 BR U, la cual se ilustra en la Gráfica 6.1



Gráfica 6.1 Distribución de velocidad, Sección RS = 561.405 BR D, puente aguas arriba

6.3.1 EVALUACIÓN DEL ESPESOR DE REVESTIMIENTO EN BOLSACRETO

La evaluación de revestimientos tipo Bolsacreto Articulado se desarrolla como un proceso de comprobación de diseño, para tal efecto se proyecta un dimensionamiento a nivel de prediseño. De acuerdo con la literatura se tiene como guía que espesores de

revestimiento de 0.20 metros corresponden con velocidades admisibles cercanas a los 4.5 m/s.

La evaluación del espesor del revestimiento requiere tener definidas las características o propiedades del material del revestimiento, la condición geométrica del talud y las variables hidráulicas que caracterizan el flujo. A continuación, se relacionan los valores de los parámetros o propiedades y las variables requeridas para la aplicación de la formulación para evaluar el espesor del revestimiento.

$\rho_s = 2400\ kg/m^3$
$\rho_w = 1000\ kg/m^3$

Inclinación del talud: $\alpha = 45°$

Variables Hidráulicas:
$u_{cr} = 4.50\ m/s$
$h = 2.15\ m$

Aplicando la expresión desarrollada por (Pilarczyk, 1998), para un espesor de revestimiento predimensionado de 0.20 metros, se tiene:

$$\Delta = \frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w} \qquad \Rightarrow \qquad \Delta = \frac{2400 - 1000}{1000} = 1.4$$

Parámetro de profundidad:

Φ = 0.5 (mantos de bloques, gaviones, geobolsas y geomantos)

Parámetro de profundidad, K_h:

Considerando el perfil de velocidad logarítmico desarrollado, se tiene:

$$K_h = \frac{2}{\left(\log\left(\frac{12h}{k_s}\right)\right)^2}$$

$$K_h = \frac{2}{\left(\log\left(\frac{12 \times 2.15}{0.20}\right)\right)^2} \cong 0.449$$

Se adopta el factor de turbulencia K_T = 1.5

Parámetro de pendiente del talud, K_m. La evaluación de dicho parámetro involucra el ángulo de inclinación del talud y el ángulo de fricción interna del material del recubrimiento.

De acuerdo con lo relacionado en por (Suarez, 2001), en la Tabla 11.6, para revestimientos de concreto o bloques unidos por cables el ángulo de fricción interna es, $\theta = 90$

Relación de pendiente del talud: 1H: 1V

$$K_m = \sqrt{1 - \left(\frac{\sin \alpha}{\sin \theta}\right)^2} \qquad \Rightarrow \qquad K_m = \sqrt{1 - \left(\frac{\sin 45}{\sin 90}\right)^2} = 0.707$$

Espesor del revestimiento:

$$\Delta \times D = 0.035 \times \frac{\Phi}{\Psi} \times \frac{K_T \times K_h}{K_m} \times \frac{u_{cr}^2}{2g}$$

$$1.4 \times D = 0.035 \times \frac{0.5}{0.07} \times \frac{1.5 \times 0.449}{0.707} \times \frac{4.5^2}{2 \times 9.81}$$

$$D = \frac{0.035}{1.4} \times \frac{0.5}{0.07} \times \frac{1.5 \times 0.449}{0.707} \times \frac{4.5^2}{2 \times 9.81} \cong 0.176\, m$$

El espesor de revestimiento requerido es inferior al proyectado, cumple para espesor de 0.20 metros

6.4 VERIFICACIÓN MODELO HIDRÁULICO CONDICIÓN CAUCE CON OBRA TR: 50 AÑOS

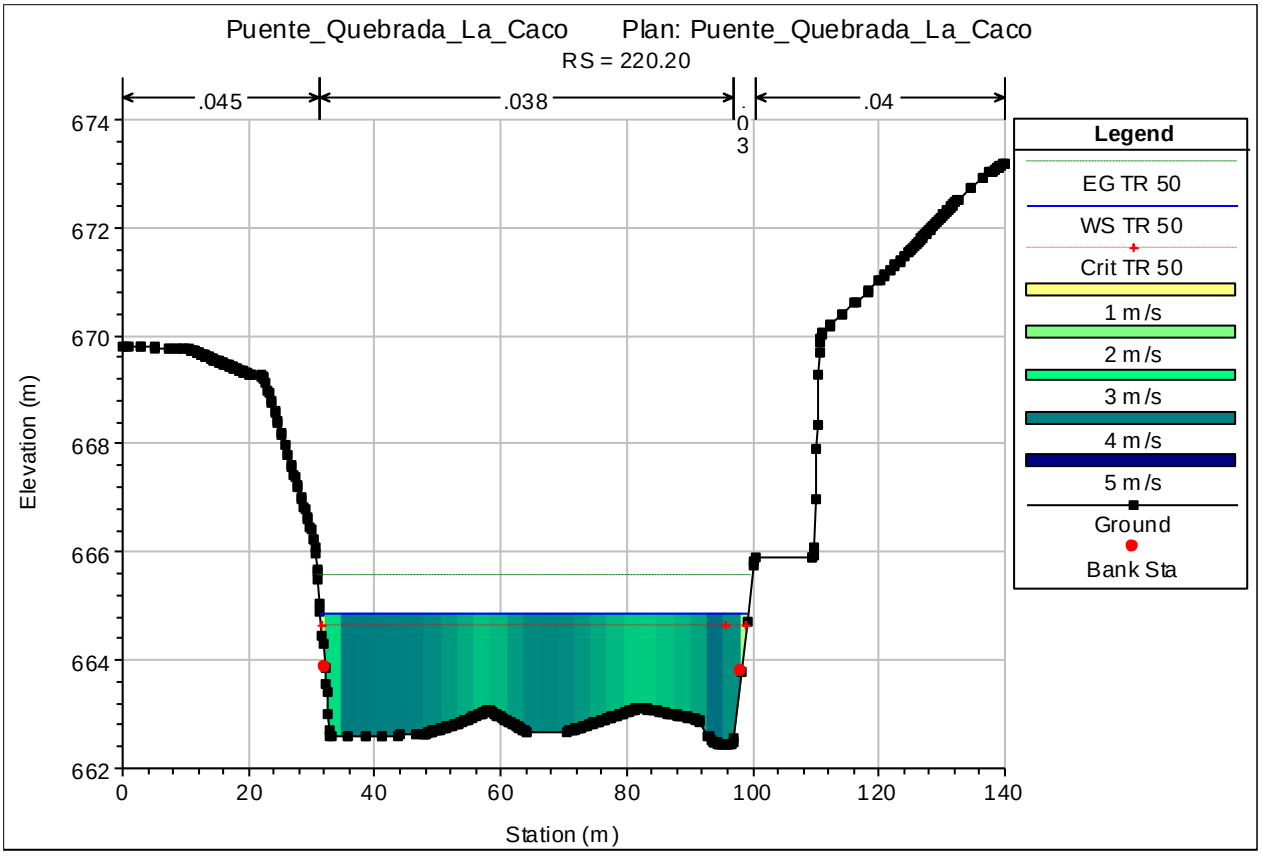
Con el propósito de verificar el comportamiento de las variables hidráulicas y la funcionalidad de la obra proyectada, se realizó la modelación hidráulica considerando la geometría del cauce con obra.

De acuerdo con los resultados de la evaluación hidráulica, obtenidos para la creciente de diseño de periodo de retorno de 50 años, se puede establecer el tránsito de la creciente sucede de manera controlada y el flujo se mantiene confinado al cauce en el tramo de intervención proyectado.

Cuadro 6.1 Parámetros hidráulicos sección 220.20, Aguas Arriba del Puente

Plan: Puente_Quebr Quebrada_La_Caco Quebrada_La_Caco RS: 220.20 Profile: TR 50

E.G. Elev (m)	665.58	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.72	Wt. n-Val.	0.038	0.038	0.030
W.S. Elev (m)	664.85	Reach Len. (m)	1.01	1.00	1.05
Crit W.S. (m)	664.64	Flow Area (m2)	0.34	135.96	0.58
E.G. Slope (m/m)	0.007969	Area (m2)	0.34	135.96	0.58
Q Total (m3/s)	514.28	Flow (m3/s)	0.34	513.03	0.91
Top Width (m)	67.79	Top Width (m)	0.67	66.05	1.08
Vel Total (m/s)	3.76	Avg. Vel. (m/s)	1.00	3.77	1.56
Max Chl Dpth (m)	2.42	Hydr. Depth (m)	0.51	2.06	0.54
Conv. Total (m3/s)	5760.9	Conv. (m3/s)	3.8	5746.9	10.2
Length Wtd. (m)	1.00	Wetted Per. (m)	1.21	67.33	1.53
Min Ch El (m)	662.43	Shear (N/m2)	21.80	157.81	29.74
Alpha	1.01	Stream Power (N/m s)	21.87	595.49	46.46
Frctn Loss (m)	0.01	Cum Volume (1000 m3)	0.03	34.57	0.11
C & E Loss (m)	0.01	Cum SA (1000 m2)	0.11	34.06	0.44

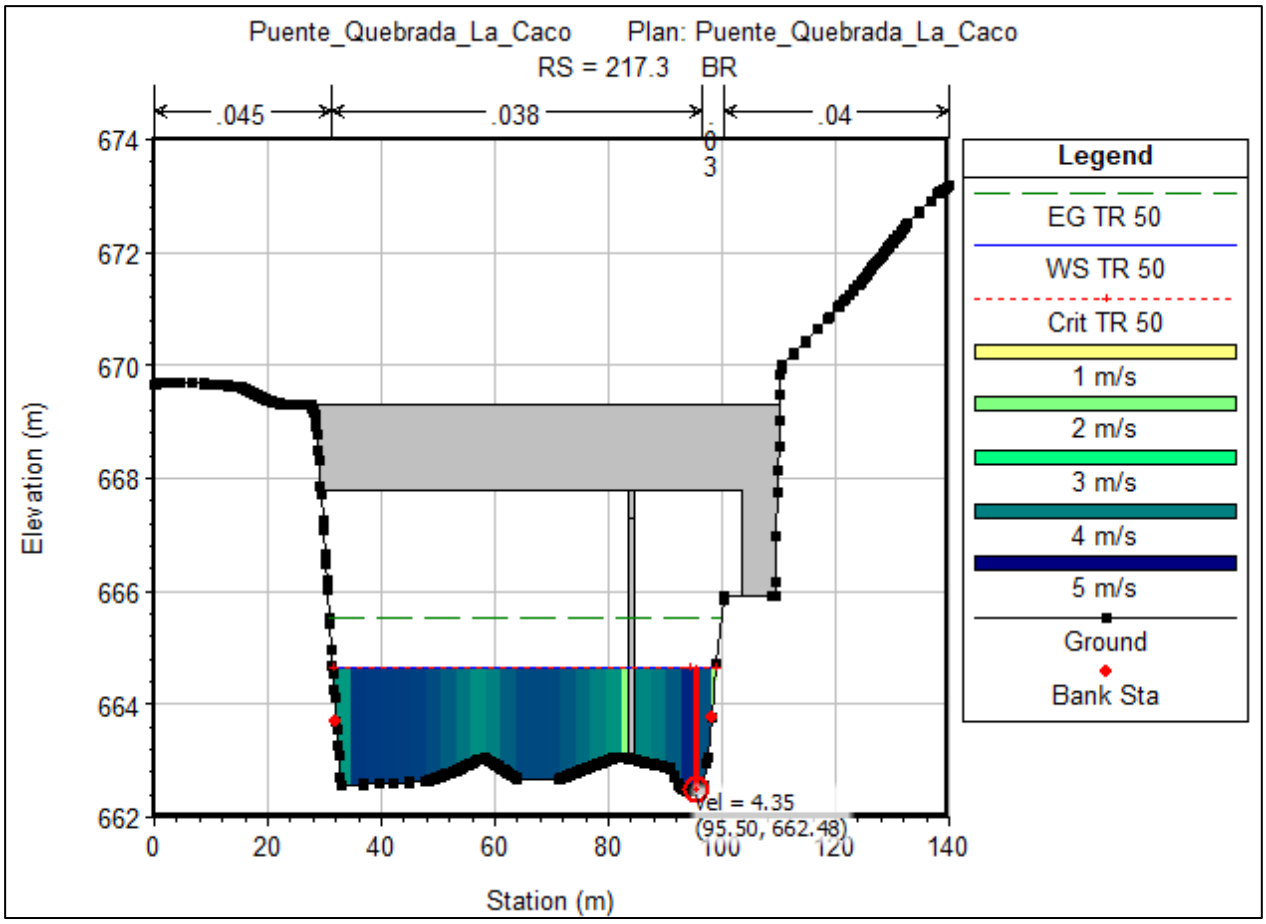


Gráfica 6.2 Distribución de velocidad sección 220.20, Aguas Arriba del Puente

Cuadro 6.2 Parámetros hidráulicos sección 217.3 BR U, Puente Aguas Arriba

Plan: Puente_Quebr Quebrada_La_Caco Quebrada_La_Caco RS: 217.3 BR U Profile: TR 50

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	665.55	Wt. n-Val.	0.038	0.038	0.030
Vel Head (m)	0.91	Reach Len. (m)	3.79	3.79	3.79
W.S. Elev (m)	664.64	Flow Area (m2)	0.32	121.39	0.38
Crit W.S. (m)	664.64	Area (m2)	0.32	121.39	0.38
E.G. Slope (m/m)	0.012120	Flow (m3/s)	0.39	513.26	0.63
Q Total (m3/s)	514.28	Top Width (m)	0.66	65.06	0.87
Top Width (m)	66.59	Avg. Vel. (m/s)	1.22	4.23	1.67
Vel Total (m/s)	4.21	Hydr. Depth (m)	0.48	1.87	0.44
Max Chl Dpth (m)	2.19	Conv. (m3/s)	3.5	4662.1	5.8
Conv. Total (m3/s)	4671.3	Wetted Per. (m)	1.16	69.46	1.23
Length Wtd. (m)	3.79	Shear (N/m2)	32.53	207.74	36.57
Min Ch El (m)	662.45	Stream Power (N/m s)	39.73	878.34	61.15
Alpha	1.01	Cum Volume (1000 m3)	0.03	34.44	0.11
Frctn Loss (m)		Cum SA (1000 m2)	0.11	33.99	0.44
C & E Loss (m)					

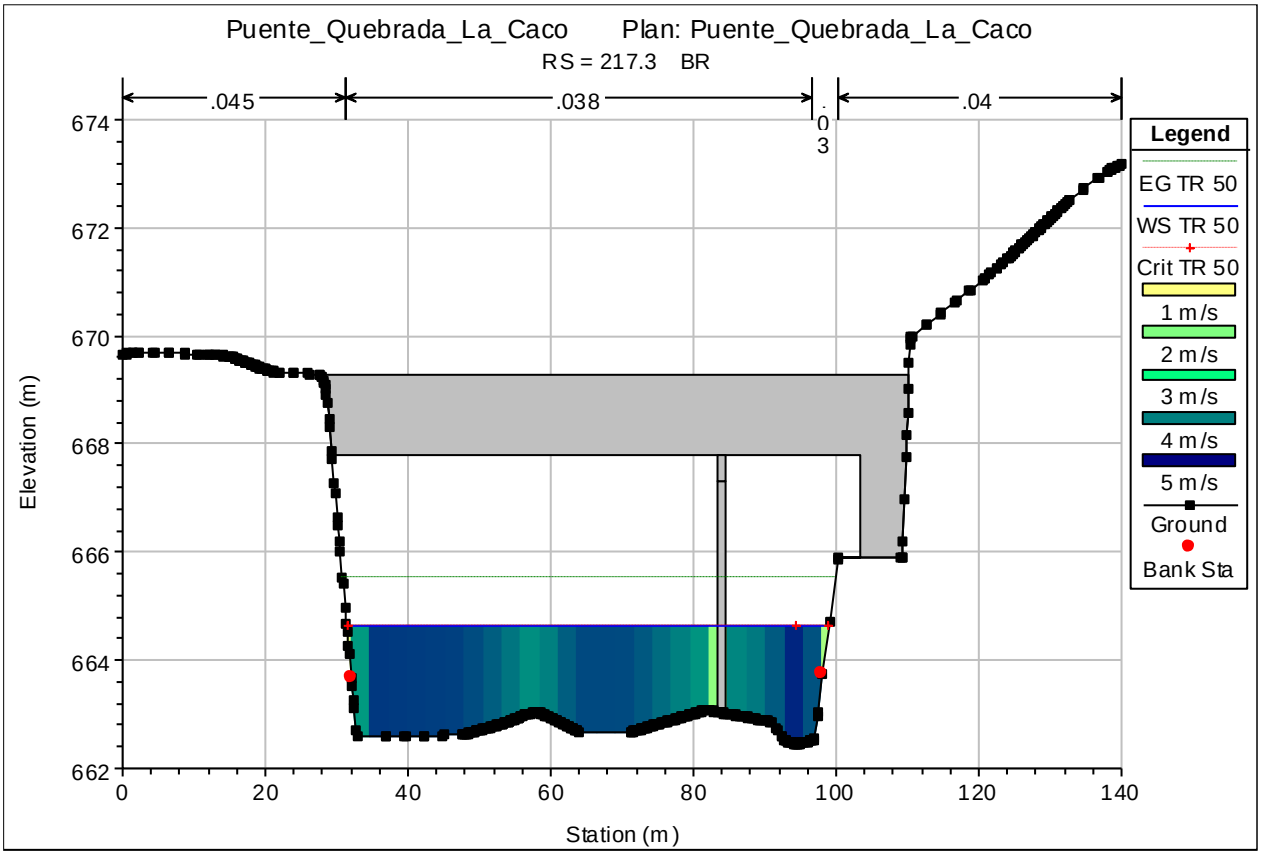


Gráfica 6.3 Distribución de velocidad sección 217.3 BR U, Puente Aguas Ariba

Cuadro 6.3 Parámetros hidráulicos sección 217.3 BR D, Puente Aguas Arriba

Plan: Puente_Quebr Quebrada_La_Caco Quebrada_La_Caco RS: 217.3 BR D Profile: TR 50

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	665.49	Wt. n-Val.	0.038	0.038	0.030
Vel Head (m)	0.91	Reach Len. (m)	0.01	0.01	0.01
W.S. Elev (m)	664.58	Flow Area (m2)	0.42	121.24	0.48
Crit W.S. (m)	664.58	Area (m2)	0.42	121.24	0.48
E.G. Slope (m/m)	0.012216	Flow (m3/s)	0.62	512.79	0.87
Q Total (m3/s)	514.28	Top Width (m)	0.76	65.21	0.97
Top Width (m)	66.95	Avg. Vel. (m/s)	1.48	4.23	1.82
Vel Total (m/s)	4.21	Hydr. Depth (m)	0.55	1.86	0.49
Max Chl Dpth (m)	2.04	Conv. (m3/s)	5.6	4639.5	7.9
Conv. Total (m3/s)	4653.0	Wetted Per. (m)	1.33	69.56	1.38
Length Wtd. (m)	0.01	Shear (N/m2)	37.59	208.78	41.49
Min Ch El (m)	662.54	Stream Power (N/m s)	55.67	883.08	75.37
Alpha	1.01	Cum Volume (1000 m3)	0.03	33.98	0.11
Frctn Loss (m)		Cum SA (1000 m2)	0.11	33.75	0.44
C & E Loss (m)					

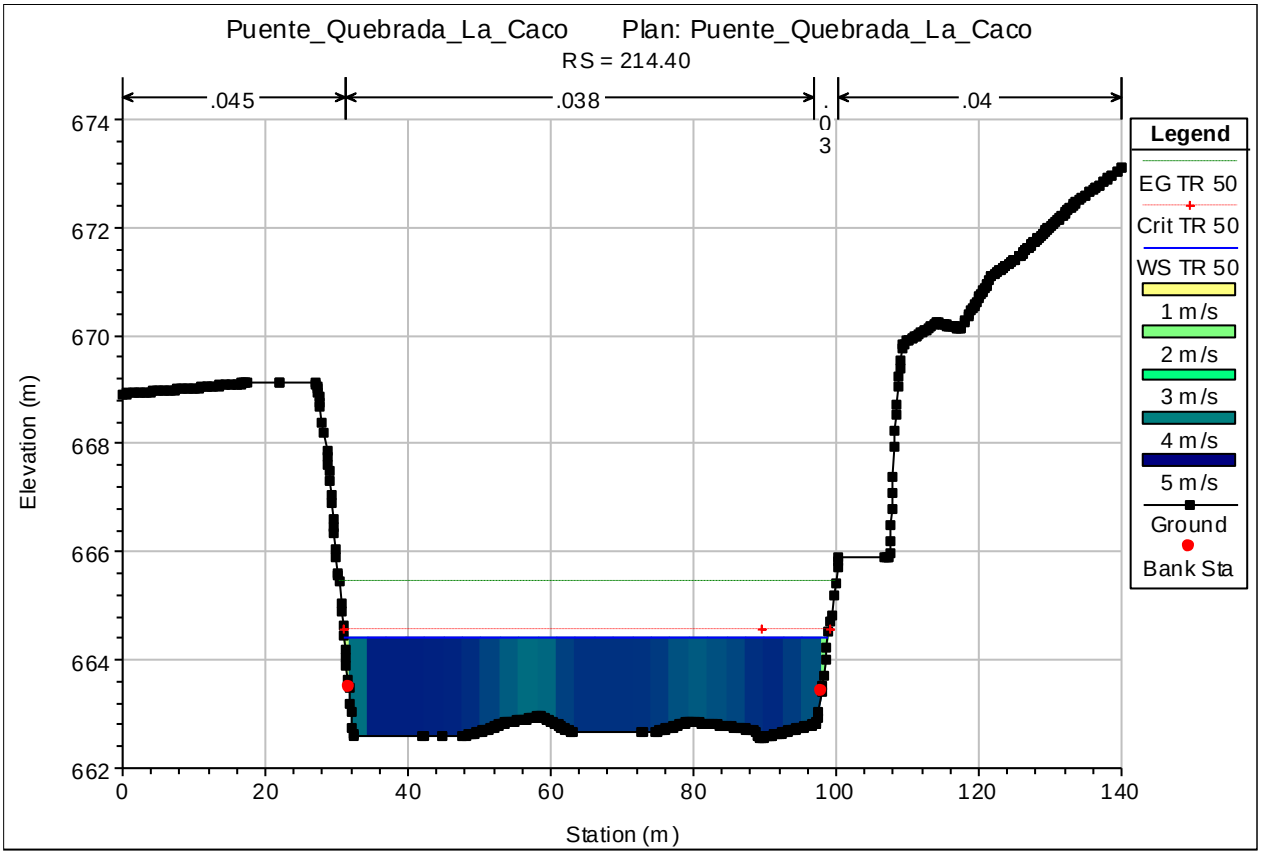


Gráfica 6.4 Distribución de velocidad sección 217.3 BR D, Puente Aguas Abajo

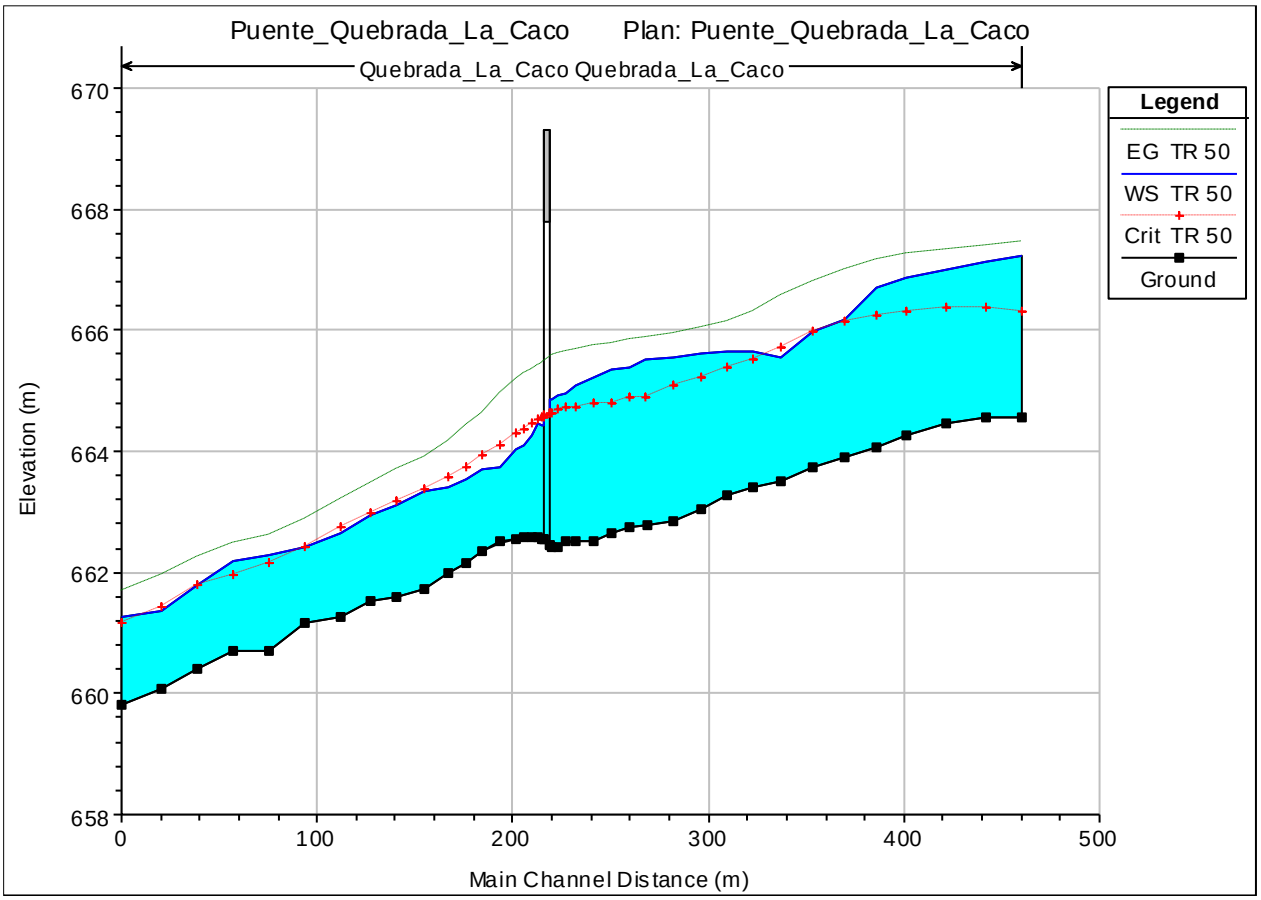
Cuadro 6.4 Parámetros hidráulicos sección 214.40, Aguas Abajo del Puente

Plan: Puente_Quebr Quebrada_La_Caco Quebrada_La_Caco RS: 214.40 Profile: TR 50

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	665.46				
Vel Head (m)	1.04	Wt. n-Val.	0.038	0.038	0.030
W.S. Elev (m)	664.42	Reach Len. (m)	1.41	1.72	2.56
Crit W.S. (m)	664.55	Flow Area (m2)	0.32	113.38	0.50
E.G. Slope (m/m)	0.014537	Area (m2)	0.32	113.38	0.50
Q Total (m3/s)	514.28	Flow (m3/s)	0.47	512.80	1.01
Top Width (m)	67.87	Top Width (m)	0.67	66.20	1.00
Vel Total (m/s)	4.50	Avg. Vel. (m/s)	1.47	4.52	2.02
Max Chl Dpth (m)	1.86	Hydr. Depth (m)	0.47	1.71	0.50
Conv. Total (m3/s)	4265.5	Conv. (m3/s)	3.9	4253.2	8.4
Length Wtd. (m)	1.72	Wetted Per. (m)	1.16	66.97	1.41
Min Ch El (m)	662.56	Shear (N/m2)	38.72	241.36	50.75
Alpha	1.01	Stream Power (N/m s)	57.04	1091.61	102.44
Frctn Loss (m)	0.02	Cum Volume (1000 m3)	0.03	33.86	0.11
C & E Loss (m)	0.02	Cum SA (1000 m2)	0.11	33.68	0.44

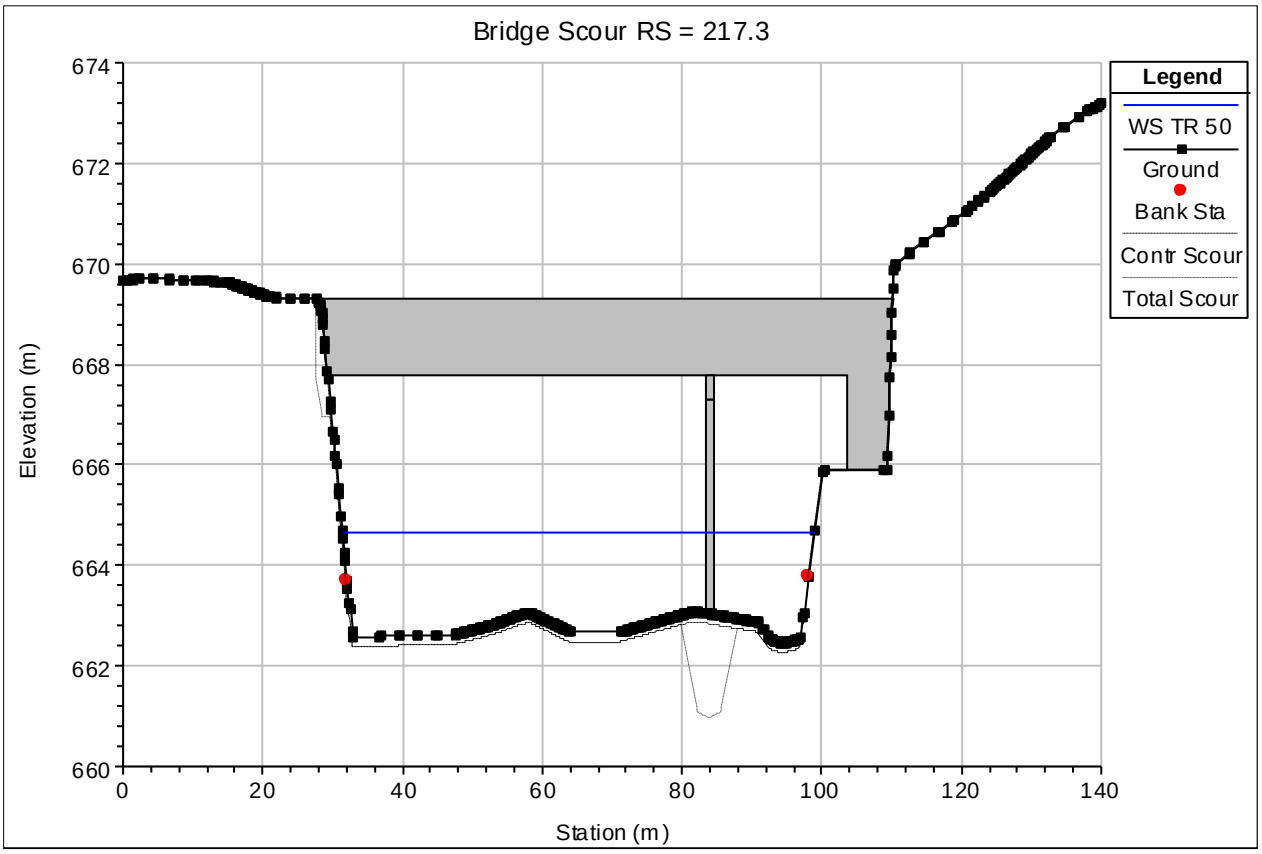


Gráfica 6.5 Distribución de velocidad sección 214.40, Aguas Abajo del Puente



Gráfica 6.6 Perfil longitudinal de flujo

Empleando la rutina de diseño hidráulico del Modelo HEC-RAS 6.1, se evalúa tanto la socavación general por contracción como la socavación local en pilas y estribos. Los resultados del análisis de socavación para el evento de creciente con periodo de retorno de 50 años se presentan esquemáticamente en la Gráfica 6.7, mientras que el reporte correspondiente se relaciona en el Cuadro 6.6.



Gráfica 6.7 Presentación esquemática resultados de socavación general por contracción

La evaluación de socavación realizada empleando el módulo de diseño hidráulico de HEC-RAS 6.1, para un periodo de retorno de 50 años relaciona una magnitud de efecto combinado de 2.05 metros sobre la Pila, 0.88 metros sobre el estribo izquierdo y 0 metros sobre el estibo derecho.

Cuadro 6.5 Evaluación de Socavación modelo HEC-RAS 6.1

Contraction Scour

		Left	Channel	Right
Input Data				
	Average Depth (m):	0.51	2.06	0.54
	Approach Velocity (m/s):	1.00	3.77	1.56
	Br Average Depth (m):	0.48	1.87	0.44
	BR Opening Flow (m3/s):	0.39	513.26	0.63
	BR Top WD (m):	0.66	65.06	0.87
	Grain Size D50 (mm):	22.00	22.00	22.00
	Approach Flow (m3/s):	0.34	513.03	0.91
	Approach Top WD (m):	0.67	66.05	1.08
	K1 Coefficient:	0.590	0.640	0.590
Results				
	Scour Depth Ys (m):	0.10	0.21	0.01
	Critical Velocity (m/s):			
	Equation:	Live	Live	Live

Pier Scour

All piers have the same scour depth

Input Data

Pier Shape:	Round nose
Pier Width (m):	1.00
Grain Size D50 (mm):	22.00000
Depth Upstream (m):	2.38
Velocity Upstream (m/s):	4.08
Projected Width (m):	1.50
Pier shape Coeff:	1.00

Results

Scour Depth Ys (m):	1.84
Froude #:	0.84
Equation:	Froehlich's equation

Abutment Scour

Input Data

	Left	Right
Station at Toe (m):	29.32	103.50
Toe Sta at appr (m):	29.32	103.49
Abutment Length (m):	0.09	0.00
Depth at Toe (m):	-2.94	-1.04
K1 Shape Coef:	0.82 - Vert. with wing walls	
Degree of Skew (degrees):	90.00	90.00
K2 Skew Coef:	1.00	1.00
Projected Length L' (m):	0.09	0.00
Avg Depth Obstructed Ya (m):	0.51	
Flow Obstructed Qe (m3/s):	0.05	
Area Obstructed Ae (m2):	0.05	

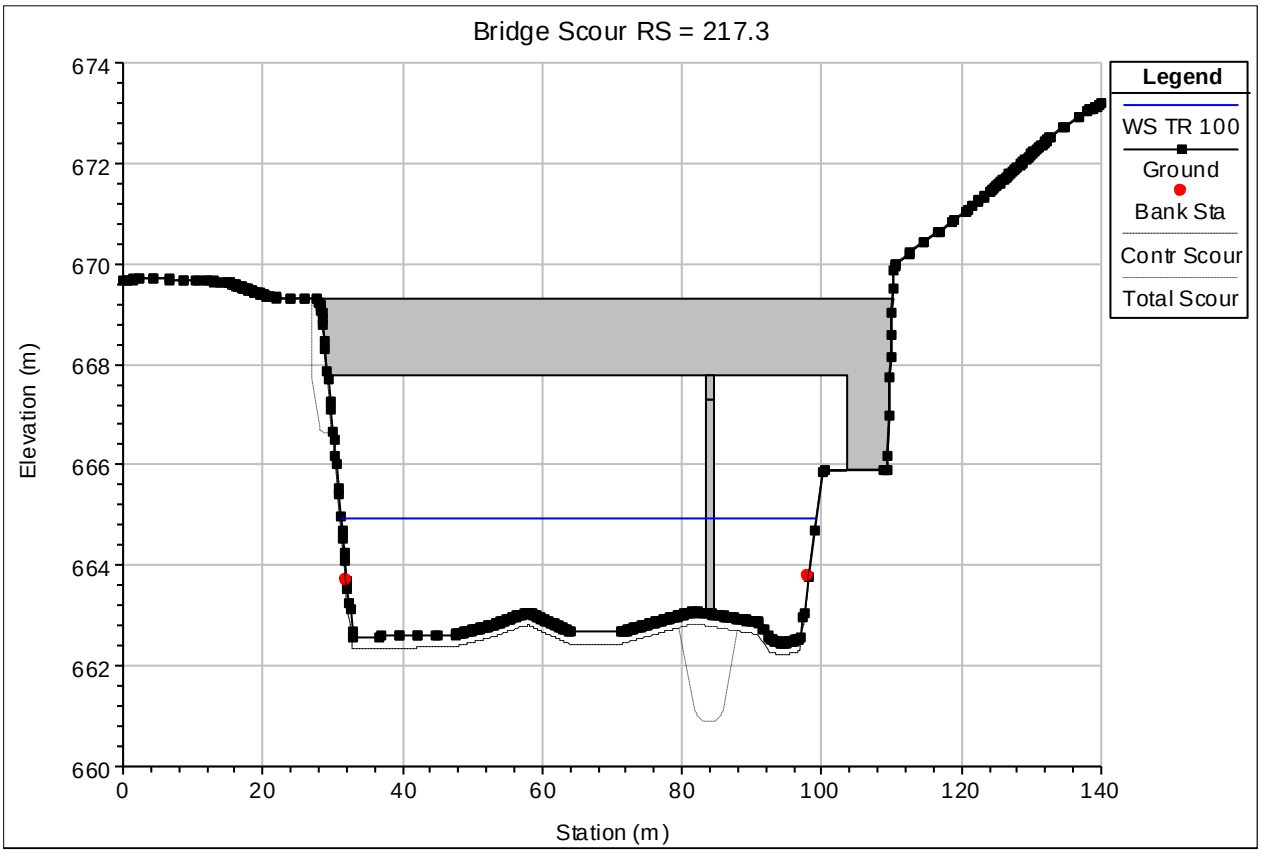
Results

Scour Depth Ys (m):	0.79	
Qe/Ae = Ve:	1.00	
Froude #:	0.45	
Equation:	Froehlich	Default

Combined Scour Depths

Pier Scour + Contraction Scour (m):		
	Channel:	2.05
Left abutment scour + contraction scour (m):	0.88	

De manera similar se evalúa la socavación para el periodo de retorno de 100 Años, La Gráfica 6.8 presenta esquemáticamente los resultados del análisis de socavación y el Cuadro 6.6 relaciona el resumen de resultados.



Gráfica 6.8 Presentación esquemática resultados de socavación general por contracción

La evaluación de socavación realizada empleando el módulo de diseño hidráulico de HEC-RAS 6.1, para el periodo de retorno de 100 años relaciona una magnitud de efecto combinado de 2.15 metros sobre la Pila, 1.19 metros sobre el estribo izquierdo y 0 metros sobre el estribo derecho.

Cuadro 6.6 Evaluación de Socavación modelo HEC-RAS 6.1

Contraction Scour				
		Left	Channel	Right
Input Data				
	Average Depth (m):	0.67	2.38	0.70
	Approach Velocity (m/s):	1.29	4.05	1.81
	Br Average Depth (m):	0.62	2.15	0.58
	BR Opening Flow (m3/s):	0.84	636.72	1.33
	BR Top WD (m):	0.87	65.06	1.15
	Grain Size D50 (mm):	22.00	22.00	22.00
	Approach Flow (m3/s):	0.76	636.35	1.77
	Approach Top WD (m):	0.88	66.05	1.41
	K1 Coefficient:	0.590	0.640	0.590
Results				
	Scour Depth Ys (m):	0.11	0.25	0.04
	Critical Velocity (m/s):			
	Equation:	Live	Live	Live

Pier Scour

All piers have the same scour depth

Input Data

Pier Shape:	Round nose
Pier Width (m):	1.00
Grain Size D50 (mm):	22.00000
Depth Upstream (m):	2.71
Velocity Upstream (m/s):	4.34
Projected Width (m):	1.50
Pier shape Coeff:	1.00

Results

Scour Depth Ys (m):	1.89
Froude #:	0.84
Equation:	Froehlich's equation

Abutment Scour

	Left	Right
Input Data		
Station at Toe (m):	29.32	103.50
Toe Sta at appr (m):	29.32	103.49
Abutment Length (m):	0.12	0.00
Depth at Toe (m):	-2.62	-0.72
K1 Shape Coef:	0.82 - Vert. with wing walls	
Degree of Skew (degrees):	90.00	90.00
K2 Skew Coef:	1.00	1.00
Projected Length L' (m):	0.12	0.00
Avg Depth Obstructed Ya (m):	0.67	
Flow Obstructed Qe (m3/s):	0.11	
Area Obstructed Ae (m2):	0.08	
Results		
Scour Depth Ys (m):	1.08	
Qe/Ae = Ve:	1.38	
Froude #:	0.54	
Equation:	Froehlich	Default

Combined Scour Depths

Pier Scour + Contraction Scour (m):		
	Channel:	2.15
Left abutment scour + contraction scour (m):	1.19	

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La Quebrada La Caco corresponde a una corriente superficial ubicada en zona de montaña, en el departamento de Boyacá, con elevaciones inferiores a los 1900 m.s.n.m., donde predominan las pendientes longitudinales empinadas, tanto para el cauce principal como para sus tributarios. La Quebrada La Caco, en el sector de ponteadero, se caracteriza por presentar un cauce con régimen de flujo de naturaleza torrencial

- La cuenca hidrográfica desarrollada por la Quebrada La Quebrada La Caco hasta el sitio de ponteadero carece de instrumentación hidrométrica, lo cual limita la posibilidad de realizar una proyección directa de caudales de diseño mediante análisis de frecuencia de registros de caudal. En consecuencia, la proyección de caudales se realizó a partir de modelos lluvias-escorrentía, involucrando información pluviométrica de la estación *Aeropuerto Furatena-Aut, Muzo, Otanche, Yacopi-Aut y Borbur 2.*

- La evaluación hidrológica de la cuenca Quebrada La Caco, para el periodo de retorno de 100 años arrojó un caudal de, Q = 638.88 m^3/s, que al ser transitado mediante modelación hidráulica ubica el N.A.M.E. sobre la cota 664.78 m.s.n.m. (sección RS: 217.3 BR U, puente aguas arriba). En consideración a lo anterior se verifico que el galibo vertical del puente cumple holgadamente las recomendaciones mínimas para este tipo de corrientes superficiales, puesto que la cuerda inferior de vigas de tablero se ubica en la cota 667.80 m.s.n.m.

- Con relación a la evaluación del fenómeno de socavación el estimativo de dicho fenómeno para el evento de creciente con periodo de retorno de 100 años y la condición de cauce preexistente arrojo magnitudes de efecto combinado de 3.41 metros sobre el estribo derecho, siendo el aporte de socavación general por contracción de 0.51 metros. En consideración a los anterior y para efectos de establecer la cimentación de la obra de protección de determina una profundidad de desplante aproximada de 1.5 metros, respecto del nivel de fondo del cauce, puesto que el estribo derecho queda aislado de la incidencia directa del flujo.

- La evaluación hidrológica de la cuenca Quebrada La Caco, para el periodo de retorno de 50 años arrojó un caudal de, Q = 514.28 m^3/s, que al ser transitado mediante modelación hidráulica ubica el N.A.M.E. sobre la cota 664.64 m.s.n.m. En consideración a lo anterior se estableció el nivel de corona de la obra de protección para el estribo derecho aproximadamente sobre la cota 665.90 m.s.n.m, referido a la sección del eje del puente.

- De acuerdo con la modelación hidráulica y de socavación para la condición de cauce con obra, los resultados permiten evidenciar que el estribo derecho al quedar aislado de la incidencia directa del flujo no está sujeto a procesos de socavación local. Por su parte, el fenómeno de socavación general por contracción

manifiesta disminución en magnitud, lo cual es consecuente con la mejor condición hidráulica de la zona de encole del puente.

- El efecto combinado de socavación en la pila presenta una ligera disminución al contrastar la condición de cauce preexistente y cauce con obra de protección, sin embargo, es recomendable como medida complementaria de control de socavación local, generar un acorazamiento del fondo del cauce alrededor de la pila, ya sea mediante la disposición de sobretamaños de roca o mediante bolsacreto, adoptando la opción de mejores condiciones costo-efectivas.

- En consideración al régimen de flujo desarrollado por la corriente de agua superficial Quebrada La Caco, el cual se encuentra en la zona cuasi-crítica, determinando una condición hidráulica predominantemente torrencial, se recomienda la realización revisiones periódicas del estado de la obra y los correspondiente mantenimientos a que tenga lugar, puesto que en este tipo de cauces las solicitaciones pueden variar sustancialmente y de manera aleatoria respecto de los determinantes empleados en diseño.



VICTOR MANUEL CAMACHO REYES
Ingeniero Civil – Universidad Nacional
M.P. 25202099234 CND
Magister en Ingeniería Civil “Área de Recursos Hídricos e Hidro informática”
Universidad de Los Andes

8. BIBLIOGRAFÍA

Chow, V. T. (1998). *Hidráulica de Canales Abiertos.* Bogotá: McGraw - Hill.

Chow, V. T., & Mays, L. (1994). *Hidrología Aplicada.* New York: McGraw - Hill.

Cowan, W. L. (1956). Estimating hydraulic roughness coefficients. *Agricultural Engineering, Vol. 37, No 7*, 473-475.

Diaz-Granados, M. (2013). *Memorias Curso Hidráulica de Ríos.* Bogotá: Universidad de Los Andes.

Díez-Herrero, A., Laín-Huerta, L., & Llorente-Isidro, M. (2009). *A Handbook on Flood Hazard Mapping Methodologies.* Madrid: Instituto Geológico y Minero de España.

Martin Vide, J. P. (2002). *Ingenieria Fluvial.* Bogotá: Escuela Colombiana de Ingenieria.

Mays, L. (2005). *Water Resources Engineering.* USA: John Wiley & Sons, Inc.

Monsalve, G. (1998). *Hidrología en la Ingeniería.* Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.

NCHRP Report 568. (2006). *Riprap Design Criteria, Recommended Specifications, and Quality Control.* WASHINGTON, D.C.: Transportation Research Board.

Ordoñez, J. I. (2010). *El Régimen del Flujo y la Morfología de los Cauces Aluviales.* Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

Pilarczyk, K. W. (1998). *Dikes and Revetments: Design, Maintenance and Safety Assessmen.* Rotterdam: A.A. Balkema.

Rodriguez, H. (2010). *Hidráulica Fluvial Fundamentos y Aplicaciones Socavación.* Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.

Suarez, J. (2001). *Control de Erosión en Zonas Tropicales.* Bucaramanga: UIS.

Témez, J. (1992). *Control del desarrollo urbano en zonas inundables.* Madrid: CICCP monograps.

US ARMY CORPS OF ENGINEERS, H. E. (2000). *HEC-HMS, Technical Reference Manual.*

US ARMY CORPS OF ENGINEERS, HYDROLOGIC ENGINEERING CENTER. (2016). *HEC-RAS Hydraulic Reference Manual.*

ANEXOS

ANEXO 1

REGISTROS HIDROMETEOROLÓGICOS **IDEAM**

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL

VALORES MAXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN EN 24 HORAS (mms)

FECHA DE PROCESO : 2023/07/21

ESTACION : AEROPUERTO FURATENA-AUT [23125140]

LATITUD	5.520833 N	TIPO EST	CO		DEPTO	BOYACA
LONGITUD	-74.1824 W	ENTIDAD	1	IDEAM	MUNICIPIO	QUÍPAMA
ELEVACION	1250 m.s.n.m.	REGIONAL	6	BOYACA-CASANARE	CORRIENTE	

FECHA-INSTALACION 1991 - MAYO

FECHA DE SUSPENCIÓN

AÑO	EST	ENT	ENE.	*	FEB.	*	MAR.	*	ABR.	*	MAY.	*	JUN.	*	JUL.	*	AGO.	*	SEP.	*	OCT.	*	NOV.	*	DIC.	*	VR ANUAL	*
1991															31		24		48		109		69		21.8		**109**	
1992			19.3		65						88				47				41				35		43.1		**88**	
1993			43		20.9		42.8		47		62		23.6		34		68						50				**68**	
1994			41.4		71		48		67.6								32.7		30		88		63.2				**88**	
1995					82.2		43.3		48						65		50		60		60		49.5				**82.2**	
1996					55.4		51.6		52.4		53		49		53.7		60		61		73		58				**73**	
1997					48						51		41.3		28.7		6.5		42.5		52		58				**58**	
1998											30.5		43.5		26		54.5		63.7		59.5		56.3				**63.7**	
1999							38.2		66.3		55		41.8		53		26.2		42		42.5		35.1				**66.3**	
2000					36		45		60		45		72.5		28.1		36.2		46.8		57.8		31		52.2		**72.5**	
2001			12.5		28.2		76.3		119.8		41		55.4														**119.8**	
2002									68.9				21.8		26.8		50.2		30.6		45.5		30.7				**68.9**	
2003			10.2		31.5		54.5		78.2				46.1		44.5				70.5		77.9		26.5		40.1		**78.2**	
2004			38.2		51.5		50.8		100.2		50.5		25.2		37.2		36.1		38.4		110		75.5				**110**	
2005							104.3		47		33.5		27														**104.3**	
2006					70.3		67.3		117.3		63.6		56.5		44.5		26.5		15.9		73.4		73.2		33.2		**117.3**	
2007			35.8		27.8		41.2		76.5		39.4		24.6		74.3		43.8		56.1		61.8		44.2		37.5		**76.5**	
2008			32.5		37.5		65.7		34.7		61.2		63.5		42.2		84.7		54.4		43.5				20.4		**84.7**	
2009			48.8		43.2		48.2		37.2		38.4		33.2		54.5						48.9		55.2		50.4		**55.2**	
2010			20.4		25.8		66.2		65.7				47.5		76.4		56.6		29.4		98.4		70.8		28.4		**98.4**	
2011			21.7		60.2		46.7		52.6		74.2		58.4		27.4		29.2		107.4		32.2		81.6		35.2		**107.4**	
2012			33.6		21.7		41.8		97.8		36.2		36.8		47.7		22.7		51.2		49.2		39.5		19.4		**97.8**	
2013			31.2		54.7		54.2		37		64.8		61.2		57.5		30.8		26.2		41.3		28.5		34.2		**64.8**	
2014			40.5		78.8		29.7		43.9		66.5		20.2		18.7		31.8		59.2		64.7		31.5		43.2		**78.8**	
2015			25.2		16.6		69.2		110.2		63.7		31.6		46.8		38.8		42.7		50.2		59.5		24.7		**110.2**	
2016			30.7		24.7		34.4		55.6		80.9		33.5		48.2		36.6		67.9		79.2		44.5		46.9		**80.9**	
2017			28.8		24.8		48.5		89.2		74.5		44.2		31.2		22.8		43.7		82.4		49.2		43.2		**89.2**	
2018			74.4		12.4		63.2		58.9		62.5		35.1		45.7		36.1		27.2		78.8		41.2		21.8		**78.8**	
2019			44.5		64.4		60.8		94.2		54.4		55.8		85.4		20.2		57.7		65.7		47.2		20.2		**94.2**	
2020			25.2		62.5		57.8		50.8		26.5		35.7		28.8		47.2		44.7		50.4		92.8		32.5		**92.8**	
2021			20.5		41.2		92.2		127.4		84.3		58.2		57.2		53.7		32.2		55.1		52.2		78.2		**127.4**	
2022			32.2		47.2		89.2		30.6		32.1		70.5		46.8		108.5		58.6		81.4		56.2		35.9		**108.5**	
2023			23.5		58.7		35.8		40.2		67.2																**67.2**	
MEDIOS			31.92		45.08		55.96		68.11		55.55		43.35		45.11		42.01		48.18		65.42		51.9		36.31		87.27	

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL

VALORES MAXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN EN 24 HORAS (mms)

FECHA DE PROCESO : 2023/07/21

ESTACION : MUZO [23120050]

LATITUD	5.534806 N	TIPO EST	PM	DEPTO	BOYACA
LONGITUD	-74.1012 W	ENTIDAD	1 IDEAM	MUNICIPIO	MUZO
ELEVACION	850 m.s.n.m.	REGIONAL	6 BOYACA-CASANARE	CORRIENTE	

FECHA-INSTALACION 1958 - JUNIO

FECHA DE SUSPENCIÓN

AÑO	EST	ENT	ENE.	*	FEB.	*	MAR.	*	ABR.	*	MAY.	*	JUN.	*	JUL.	*	AGO.	*	SEP.	*	OCT.	*	NOV.	*	DIC.	*	VR ANUAL	*
1958															15		35		23		60		55				**60**	
1959					45.5																						**45.5**	
1960																	28		28		33		49		26		**49**	
1961			68		22		24.5		43		28		35		29		32		28.5		28						**68**	
1962																												
1963							22.5																				**22.5**	
1964					42		38		35		25		26		27		21		34		55		31		41		**55**	
1965			23		27		20		54		48		43		35		25		45		34		39		38		**54**	
1966			27		25		54		80		34		24		24		35		17		39		35		29		**80**	
1967			25		24		48		112		46		35		39		20		35		34		24		28		**112**	
1968			20		45		43		120		84		25		18		24		24		50		40		18		**120**	
1969			53		50		20		76		80		50		60		40		80		50		60		24		**80**	
1970			20		30		40		30		34		47		17		40		21		57		24		28		**57**	
1971							55		42		66		29		21		40		23		45		32		8		**66**	
1972			35		13		58		54		93		49		23		34		41		51		68		59		**93**	
1973			30		20		55		42		41		35		31		20		80		46		56		50		**80**	
1974			35		75		44		45		60		98		5		53		42		75		94		15		**98**	
1975			41										26		57										79		**79**	
1976			60		75				37		46		22		4		13		42		56		25		15		**75**	
1977			15		25						15								42		65		43.5		47		**65**	
1978			67		22		35		57		55		35		20		25		37		57		40				**67**	
1979			30		48						135		35		95		50		115		42						**135**	
1980													21		19		19								32		**32**	
1981			9		24		35		97		58		68		30		70		48		53		48		14		**97**	
1982			23		56		57		71		75		20		15		8		57		95		40		70		**95**	
1983			35		42		51		85				36		67.9		12.5		8.5		80.1		50		50		**85**	
1984			21.5		64.2		39.6		58.5		56.5		86.1		61		40		46		61.5		38		60		**86.1**	
1985			60		90		95		45		75		65		50				77		70		45		17		**95**	
1986			65		45		60		70		85		75		44		50		50		40		43.8		27		**85**	
1987			33.5		30		50		70		92.7		49.9		30		29.6		48.9		50		56.9				**92.7**	
1988																												
1989			62		31.2		60		44.5		50		22		44.7		38.5		74.7		40		61.5		35.8		**74.7**	
1990			82.7		55.9		30		80		30.5		7.2		24.3		33.7		34.8		84				9.5		**84**	
1991			30		40		30		40.2		40				25		10.5		80.5		38.5		48		23.6		**80.5**	
1992			14.6		49.8		51.5		71.5		77		21		53.8		23.5		63		45.5		54.2		31.7		**77**	
1993			36.3		30.4		34.2		53.8		69.8		25.7		14.9		33		58.5		46.5		42.6		66		**69.8**	
1994			41				38.5		74.3		63.8		38		37.8		54.3		43.2		61.3		63.2		33.2		**74.3**	
1995			17.5		107.3														40.1		52.4		27.7		61.9		**107.3**	
1996			55.5		34.9				39.7		51.7		34.1		44.2		29		37.9		80.5		86.8		23.3		**86.8**	
1997					43.5		31.7		50.4		33.6		9.3		0.9		1		44.2		39.5		43.6		25		**50.4**	

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL

VALORES MAXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN EN 24 HORAS (mms)

FECHA DE PROCESO : 2023/07/21

ESTACION : MUZO [23120050]

LATITUD	5.534806 N	TIPO EST	PM	DEPTO	BOYACA
LONGITUD	-74.1012 W	ENTIDAD	1 IDEAM	MUNICIPIO	MUZO
ELEVACION	850 m.s.n.m.	REGIONAL	6 BOYACA-CASANARE	CORRIENTE	

FECHA-INSTALACION 1958 - JUNIO

FECHA DE SUSPENCIÓN

AÑO	EST	ENT	ENE.	*	FEB.	*	MAR.	*	ABR.	*	MAY.	*	JUN.	*	JUL.	*	AGO.	*	SEP.	*	OCT.	*	NOV.	*	DIC.	*	VR ANUAL	*
1998			39.9		43.5		53.1		73.5		60		25.5		24.3		42.5		37.8				59		51.2		**73.5**	
1999			41.2		28.2		89.3		30.7		57.2		67		39.7		27		23.1		56		51.7		64.3		**89.3**	
2000			21		30		40		56.5		30.7		21		17.5		22.6		49.3		80		27.3		50		**80**	
2001			56		58.5		36		49.6		48.9		29.5		36		13.5		58.7		35.5		41		39.4		**58.7**	
2002			39.2		19.3		49.6		72.6		32.7		34.9		51.5		68.5		46.5		78.4		49		39		**78.4**	
2003			48.6		41.5		42.3		57.8		37.6		31.5		26.9		34.2		62.5		57.5		72		54.8		**72**	
2004			38.5		44.5		44.5		58.6		34.8		34.6		34.2		37.5		62.5		48.6		56.7		36.9		**62.5**	
2005			36.4		28.2		33.5		88.9		49		46.6		63.5		31.8		33.5		75		22.5		42.6		**88.9**	
2006			46.3		41		49.2		99.7		76.9		59		40		32.3		19.8		87.5		79.5		83.5		**99.7**	
2007			41.7		31.5		26.6		92.7		36.2		30.6		47		32		61.7		48		58.5				**92.7**	
2008			42.5		51.5		59.5		51.5		43.5		23.4		24.7		78		44.2		39.1		52.7		16		**78**	
2009			63		28		38.5		73.7		64.7		57.5		25.6				35.5		98.5		20		68.5		**98.5**	
2010			28.5		26.5		52.2		72.7		36.5		55.5		49.2				63.5		65.4		28.3		22.2		**72.7**	
2011			25.8		52.7		51		59.3		52.5		36.3		34		73.9		59		51.5		73.7		73.7		**73.9**	
2012			26.7		29.7		52.7		76.4		48.3		54.7		26.5		56.6		26.6		57.2		98.3		18.5		**98.3**	
2013			41		41.5		32.8		64.5		33.4		58.9		22.3		42.9		23.5		31		28.8		79.4		**79.4**	
2014			33.9		69.7		52.3		95.2		85.7		39.8		63.2		9.3		79.8		62.8		76.3		48.2		**95.2**	
2015			45.6		48.6		41.5		44.5		68.5		22.6		15.9		41.8		49.5		52.5		51.5		18.2		**68.5**	
2016			42.5		19.7		100		42.6		59.8		24.2		15.9		19.5		73.5		62.4		81.9		43.4		**100**	
2017			36.5		45.7		88.7		86.7		32.4		69.9		34.2		36.9		84.6				64.3		45.4		**88.7**	
2018											53.4		61.5		52.7		42.5		56.5		54.5		54.5		51.6		**61.5**	
2019			51.5		52.5		62.1		58		75.9		38.3		46.9		16.9		46.7		62.5		99.8		28.9		**99.8**	
2020					35.7		52.6		52.5		72.3		26.9		42.5		44.5		35.8		54.9		52.4		58.3		**72.3**	
2021			16.8		35.6		89.7		52.9		84.5		67.6		83.6		84.3		72.5		48.6		88.9		45.4		**89.7**	
2022			32.8		41		130		73.2		135		47.9		65.4		32.4		89.5		47.5		87.5		25.4		**135**	
2023			49		58.6		59.5		64.8		75.7																**75.7**	
MEDIOS			38.53		41.71		49.96		63.46		57.76		40.31		35.62		34.71		48.57		55.61		52.52		39.81		79.95	

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL

VALORES MAXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN EN 24 HORAS (mms)

FECHA DE PROCESO : 2023/07/21

ESTACION : OTANCHE [23125080]

LATITUD	5.661722 N	TIPO EST	PM	DEPTO	BOYACA
LONGITUD	-74.1846 W	ENTIDAD	1 IDEAM	MUNICIPIO	OTANCHE
ELEVACION	1100 m.s.n.m.	REGIONAL	6 BOYACA-CASANARE	CORRIENTE	

FECHA-INSTALACION 1975 - MARZO

FECHA DE SUSPENCIÓN

AÑO	EST	ENT	ENE.	*	FEB.	*	MAR.	*	ABR.	*	MAY.	*	JUN.	*	JUL.	*	AGO.	*	SEP.	*	OCT.	*	NOV.	*	DIC.	*	VR ANUAL	*
1975											56.1		78.3		64.6		55.9		60.5		85		42		41		**85**	
1976			33		53		43		71		85		39.1		13.9		16.5		39.6		50.3		79		18.1		**85**	
1977			30		29		65		68.4		63.6		19		44.9		65		104.8		83		88.7		29		**104.8**	
1978			43		48		166.2		51.2		55.4		44.3				27		55		72		67		31.6		**166.2**	
1979			30.8		37.6				60.8		73.8		50		52		48		40		76		71		60.2		**76**	
1980			10		57		40.8		77		65		28		58		47.5		48		68		34		35		**77**	
1981			34.6		75.3		82.4		97.5		121.5		75.7		41.5		53.8		41.7		78.9		70		28.1		**121.5**	
1982					50.3		61		68.2		51.9		30.8		39.4		22.9		46.5		110		88		66.6		**110**	
1983			55.5		31.4		29.5		73.5		100.9		31.3		55.9		33		21.5		107		38.8		58.2		**107**	
1984			45.3		44.8		40		115.2		73.1		34		141		65.5		53.5				91.3		32.2		**141**	
1985			83.7		42		81		91		22		45.7		70		68.9		57.4		78.5		66.3		81.9		**91**	
1986			72.8		101.1		46.5		90.9		50.9		40		35		50.5		60.7		70.2		70.3		80		**101.1**	
1987			23.3		21.9		48.7		53.7		75.5		55.9		42.9		40.3		72		74.5		61.8		25.3		**75.5**	
1988			38.1		55		26		70		83.5		70		38		46.7		138.2		66		82.2		73.4		**138.2**	
1989			25.4		47.5		56.6		73.3		80.4		23.3		32		64.4		67.2		74.6		79.4		20.7		**80.4**	
1990			48.6		50.1		62.3		84.5		83.3		16.6		27		54.8		35		64.4		60.4		82		**84.5**	
1991			12.6		57		49.4		106.4		60.7		84.5		39.3		13.7						105		45.9		**106.4**	
1992			40.3		44		32.2		67.4		143.7		50.2		65.3		18.8		79.2		54.8		60		40.4		**143.7**	
1993			74		37.6		57.2		64		83.5		27.5		42.2		36.3		76.5		100		79		55		**100**	
1994			66		58		32.2		99		77		64		113.5		29.2		99.5		108		75		33.7		**113.5**	
1995			111		60		32.5		37.5		133		140		58.5		100		36.5		73		28		116		**140**	
1996			27		36		100.5		88		78		50		22.5		33.5		60		86		72.5		77.5		**100.5**	
1997			30		78		25														36.6		75.5		24.4		**78**	
1998			70.5		85		66.1				51		25.7		41		22.6				48.6		46.9				**85**	
1999			67		62.9		57.5		111.7		57.8		50.9		71		40		77		90		62.8		60		**111.7**	
2000			38		60		44		64.2		54		62.5		48.8		39.2		77		78		54.8		34.2		**78**	
2001			24		48.6		52		40		37.8		56.5		27.4		40.9		63.4		69		47.6		31		**69**	
2002			84.2		25.5		87.5		67		74.9		23		27.7		82.5		52		69.6		121.5		60.5		**121.5**	
2003			130		54.1		43.5		79.1		43.4		61.8		43.8		24.8		46.4		85		51.6		58.5		**130**	
2004			44.5		30				83.6		43.7		63.4		35.8		42.5		44.4		74.3		55		44.5		**83.6**	
2005			61.5		61		63.5		56.7		50						63.4		38.7		111.5		39				**111.5**	
2006			103.4				109.8		125				61		16.8		50		61		90		84.2		63.8		**125**	
2007					89.4		79.1		63		80		100.8		85.4		35.3		49.5				55		34.3		**100.8**	
2008			26.8		41.5		70.7		34.3		67		68		67		67.5		70		84.5		49.5		28.7		**84.5**	
2009			28		39		76.7		50		72		45.6		29.4		29.8		47.5		130		64.1		116		**130**	
2010			56.7		69.3		41.7		44.5		50.8		55.5		118		41.5		65.1		54.8		99.2		55.9		**118**	
2011			21.8		58		77.5		78.1		40.5		50.3		64.8		51.5		74				74		58.1		**78.1**	
2012			57		55		87.8		91.7		45.7		47.6		41		34.6		29.5		85		41		44.5		**91.7**	
2013			47.5		12		63.2		48		58.5				23		33.5		40		60		65.3				**65.3**	
2014			50		57.5		29.2				74		42.2		21.4		22		52		117.6		50		47.5		**117.6**	

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE INFORMACION
NACIONAL AMBIENTAL

VALORES MAXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN EN 24 HORAS (mms)

FECHA DE PROCESO : 2023/07/21

ESTACION : OTANCHE [23125080]

LATITUD	5.661722 N	TIPO EST	PM		DEPTO	BOYACA
LONGITUD	-74.1846 W	ENTIDAD	1	IDEAM	MUNICIPIO	OTANCHE
ELEVACION	1100 m.s.n.m.	REGIONAL	6	BOYACA-CASANARE	CORRIENTE	

FECHA-INSTALACION 1975 - MARZO
FECHA DE SUSPENCIÓN

AÑO	EST	ENT	ENE.	*	FEB.	*	MAR.	*	ABR.	*	MAY.	*	JUN.	*	JUL.	*	AGO.	*	SEP.	*	OCT.	*	NOV.	*	DIC.	*	VR ANUAL	*
2015			32.4		24.5		86.5		61		20.2		33.3		46.2		34.2		74.2						32.7		**86.5**	
2016			20.8		103		45.3		31		34		35.2		42.3		27		116		94		78		46.5		**116**	
2017			58		46		112		64.7		83		58.5		34.3		46.8		29.3		47.6		64		55.7		**112**	
2018			64		15.7		47.3		48.7		49.5		48.2		39		38.2		54		86.8		78		33		**86.8**	
2019			77.3		37.7		93.5		38.5						65.1		56.5		41.5		57.7		62.8		67.8		**93.5**	
2020			44.2						68		48.8		48		41.5		69.5		40		51.7		93		34.3		**93**	
2021			18.5		42.7		67.5						43.9		89.5		63		75.8		80.7		51		31.8		**89.5**	
2022			42.9		67		78.2		91.5		73.2																**91.5**	
MEDIOS			48.98		51.11		62.68		70.9		66.54		50.7		50.4		44.54		59.35		78.17		66.82		49.9		102.01	

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL

VALORES MAXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN EN 24 HORAS (mms)

FECHA DE PROCESO : 2023/07/21

ESTACION : YACOPI - AUT [23065110]

LATITUD	5.484167 N	TIPO EST	CO	DEPTO	CUNDINAMARCA
LONGITUD	-74.3546 W	ENTIDAD	1 IDEAM	MUNICIPIO	YACOPÍ
ELEVACION	1347 m.s.n.m.	REGIONAL	11 CUNDINAMARCA	CORRIENTE	

FECHA-INSTALACION 1974 - SEPT

FECHA DE SUSPENCIÓN

AÑO	EST	ENT	ENE.	*	FEB.	*	MAR.	*	ABR.	*	MAY.	*	JUN.	*	JUL.	*	AGO.	*	SEP.	*	OCT.	*	NOV.	*	DIC.	*	VR ANUAL	*
1974																					45		63.7		41.5		**63.7**	
1975			32.2		82.3		55.4		76.6		73		37.6		37.2		59		91.1		64		35.7				**91.1**	
1976					20.9		27.3		62		84.4		31.8		17		93.2		19.1		43.6						**93.2**	
1977			19.3		35.7		58		33.5						29.8		27.4		69.2		36.2		44		24.2		**69.2**	
1978			24.2		59.2						41.3								25.1		53		46.8				**59.2**	
1979							63.8				63										64		54.2				**64**	
1980											60.3		25.1		23		40.4		21.5		130.5		43.6				**130.5**	
1981																												
1982			19.4		38.5		28.1		44.5		90.3		11.5		28.4		7.7		90.4		47.5		31		33.7		**90.4**	
1983			34.5		22.7				55.6		43		40.2		40.7		25.5		39.1		44		66.5		75.5		**75.5**	
1984			58		65		24.4		42.8		37.5		62.5		53.5				53.7		89.5		49.4		25		**89.5**	
1985			13.5				64		86		43.5		21		32.5		70		49.5		51.5		77.5		14.5		**86**	
1986			34.5		56		44		65.5		47.5		68.5		7.5		31				40.5		41.5		39		**68.5**	
1987			37.6		20		40.5		69.5		90.5		24.5		23.5		62		42.5		64.5		49.5		52		**90.5**	
1988			33		27.5		17		42.5		63.5		39		51		42.5		57.5		39.5		59		52		**63.5**	
1989			38		28.5				45.5		36.5		34		82.5		72				50.5		76				**82.5**	
1990			30		22.5		49.5		63		49		40.5		51		44.5		46		36.5		37		16		**63**	
1991			13.5		69.5		69.7		51.5				68		21.5		6.5		31.8		57.8				58.1		**69.7**	
1992			40				41		84.9		64		12.1		40		57.2		51.7				44.1		54.9		**84.9**	
1993			32.4		20.9		67		92.6		35.4		34		55.2		52.2		68.1		20.7		46.1		50		**92.6**	
1994			42.1		48.1		34.1		86.3		61.3		28.9		58		16.8		80		41.6		82.7		24.6		**86.3**	
1995			28.4		14.2		62.3		55.5		45.5		60.8		60.6		23.8		47.7		72.8		47.3		49.3		**72.8**	
1996			23.8		40.9		47.6		41.5		57.2		53.8		87.1		80.5		25		54.7		42.5		53.5		**87.1**	
1997			26.5		42		60		59.1		12.8		50		21		54		74.2		39.2		68.6		21.2		**74.2**	
1998			13.5		57.1		74.7		69.8		71		31.2		42		38		73.6		55.3		34.8		18.2		**74.7**	
1999			35.5		56.5		35.4		42.6		66.4		58						46.5				29.9		47.8		**66.4**	
2000			42.1		40.5		31.7		35.4		126.6		29.1		67.6		24.4										**126.6**	
2001			52.9		25.4		45.1		93.6		120		39.5		25.3		11.5		33.2		37.3		39.9		72.5		**120**	
2002			17.7		28.2		49.4						58		78		28		45		102		63		50		**102**	
2003			30				40		76.8				44		50		30										**76.8**	
2004			18		20														29.5		54.2		66		83.2		**83.2**	
2005					45.5		37.6		39.2		44.5								21.8		53.6		54.2				**54.2**	
2006			29.9		94.6		79.2		61.8		71		31		15.5		62		71		40.7		30.6		45.4		**94.6**	
2007			29		7.8		55.6										53.8		65.7		68.5		38.1		37.3		**68.5**	
2008			21.6		73.5		44.6				61.2		86.7		34.7		110		76.6		43.5		80.1		30.7		**110**	
2009			30		38		42.7		87.2		27.5		64		24.5		62		32.5		41.1		59.6		60		**87.2**	
2010			36.4								72.1		45.8		67		66.3		27.9		99.5		31.5		48.1		**99.5**	
2011			50.8		52.4		38		32.2				51.1		59												**59**	
2012																	63.6		40		39.5		32.5		7.2		**63.6**	
2013					23.2		64.2		52.5		41		54.2		23.5				38.8		54.2		53.3		52.3		**64.2**	

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL

VALORES MAXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN EN 24 HORAS (mms)

FECHA DE PROCESO : 2023/07/21

ESTACION : YACOPI - AUT [23065110]

LATITUD	5.484167 N	TIPO EST	CO		DEPTO	CUNDINAMARCA	FECHA-INSTALACION	1974 - SEPT
LONGITUD	-74.3546 W	ENTIDAD	1	IDEAM	MUNICIPIO	YACOPÍ	FECHA DE SUSPENCIÓN	
ELEVACION	1347 m.s.n.m.	REGIONAL	11	CUNDINAMARCA	CORRIENTE			

AÑO	EST	ENT	ENE.	*	FEB.	*	MAR.	*	ABR.	*	MAY.	*	JUN.	*	JUL.	*	AGO.	*	SEP.	*	OCT.	*	NOV.	*	DIC.	*	VR ANUAL	*
2014			29.4		47.2		24.8		59.5		82.5		39		20				73.5		101.5		43.5		68		**101.5**	
2015			53.3		42.6		31.5		93.8				28.7		24		14.3		46.8		86.7		42		30		**93.8**	
2016			71		48.7		72		51		35.3		55		36.5		63		63.5		52		58.5		35.2		**72**	
2017			50		14.1		35		76.5		77.5		54.7		58		41.5		39.7		55		54		37.8		**77.5**	
2018			63		26.2		43		53.5		61.3		54.3		18.7		38.2		24.3		62.2		48.2		34.8		**63**	
2019			39.7		34		43.3		56.7		67.9		64.2		49		7.7		25.7		109.5		63				**109.5**	
2020					53.3		71		23.6						97.3		43.3		27.5		47.6		38.3		15		**97.3**	
2021			75.6		29.4		82		60.7		81		42		101.5		50.3		45.6		45.2		25.6				**101.5**	
2022							56		55.4		55		44		65.3		86		68.5				38.3				**86**	
2023			17		23																						**23**	
MEDIOS			34.68		39.89		48.76		60.01		61.12		44.06		44.46		46.32		48.79		58		49.57		41.67		82.11	

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL

VALORES MAXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN EN 24 HORAS (mms)

FECHA DE PROCESO : 2023/07/21

ESTACION : BORBUR 2 [23120250]

LATITUD	5.649639 N	TIPO EST	CO		DEPTO	BOYACA	FECHA-INSTALACION 1975 - FEBR
LONGITUD	-74.0687 W	ENTIDAD	1	IDEAM	MUNICIPIO	SAN PABLO DE BORBUR	FECHA DE SUSPENCIÓN
ELEVACION	681 m.s.n.m.	REGIONAL	6	BOYACA-CASANARE	CORRIENTE		

AÑO	EST	ENT	ENE.	*	FEB.	*	MAR.	*	ABR.	*	MAY.	*	JUN.	*	JUL.	*	AGO.	*	SEP.	*	OCT.	*	NOV.	*	DIC.	*	VR ANUAL	*
1975									24		51		17		50		39		46		65		29				**65**	
1976					40		50		35		70		97		15		100		40		70		15		10		**100**	
1977			16		22		40		31		58								44		44		25		10		**58**	
1978			11		43		94		41		34		42		44		28		32		41		19		36		**94**	
1979			10		6		61		60		71		22		36		30		36		55		63		31		**71**	
1980			9		20												60		58		22		4		36		**60**	
1981			8		20		20		30		45		30		27		35		23								**45**	
1982			40		30		65		70		45		20		15		40		101		43		32		50		**101**	
1983			12		23		90		70		75		25		41		44		45.9		83.2		49.8		42.9		**90**	
1984			12.6		46.7		32.8		32.2		35.6		32.1		28.7		24		36.3		38.2		36.4		35.5		**46.7**	
1985			15.2		40		37.5		43		30.9		7.5		20.2		17.5		20.9		50.7		9.8		8.7		**50.7**	
1986			9.7		9		6.2		8.7		7.9		4.7		3.9		4.2		4.9		6.8		6.2		4.7		**9.7**	
1987			3.8		12.1		41.5		59.6		60.8		37.5		22.3		13.8		58.4		39.6		85.8		25.3		**85.8**	
1988			47.2		58.8		17.2		49.2		47.2		34.6		24.3		38.4		47.4		78.9		84.9		26		**84.9**	
1989			20		12		10		44		50		48		26		50		12		55		65		40.5		**65**	
1990			25		22		10.5		55		51.8		10		10		11.5		15.2		30		50		34		**55**	
1991			48		41		32.5		30		46		17.5		39.4		30.6		27.4		63		27.8		38.6		**63**	
1992			21		32.5		24.9		34.8		50		86.3		49.5		34.7		87.1		45.5		48.2		10.4		**87.1**	
1993			55.5		11.7		42		63		43.7		42.5		29.4		19.9		34.6						39.7		**63**	
1994			47.5		40.5		47.3		21.6		30.2		15		26.5		33		78.5		63.5		49		19.2		**78.5**	
1995			51.8		51.5		43		40		45		30		34.5						20		61		25		**61**	
1996			46.4		12		25.4		44		14.4		30						24.5		65.5		62.8		40.5		**65.5**	
1997			26.9		43.6		42		68		42.5		62		21		67.5		61				65.5		43		**68**	
1998			22		39		36.2		52.7		66.5		21		31.6		31.5		32.5		52				31.5		**66.5**	
1999			40.5		36.5		36.6		49		37.2		41.2		28.4		34.7		24.9		56		79.5		32		**79.5**	
2000			9		23.2		34.5		77		17.4		32		24.5		19.5		41.5		44		44		34.5		**77**	
2001			22		43.5		56		42.1		38		31.2		24.5		52.5		38.4		36		29.2		20		**56**	
2002			22.5		11.3		69.8		42		36.2		35.6		13.5		23.1		41.7		69		29.5		58.8		**69.8**	
2003			27.9		29.5		112.8		59.7						17.5		54.7		22.5		92		77.2		73		**112.8**	
2004			15.5		17.5		32.5						25.5		27.5		65.5		53		36.7		61		45.7		**65.5**	
2005			35		42.8		31.9		46		49		67.5		49.3		66.9		33.5		45		49		32		**67.5**	
2006			22.8		36.1		47.5		42.3		57.5		22		15.1		15		21		28.5		45.1		35		**57.5**	
2007			18.2		26.5		48.1		82.5		55.5		65.9		43		87.2		55.5		95.6						**95.6**	
2008			27.5		14.4				35.9		58.5		47.7		32.6		64.6		54.3		78.2		89.3		20.5		**89.3**	
2009			78.7		17.8		49.5		18.3		30.5		35.5		23.6		29.4		22.4		39.7		46.2		35.8		**78.7**	
2010			22.8		35.7		25.4		53.6		54.5		33.8		52.6		63.6		56.1		29.5		51.9		46.1		**63.6**	
2011			37.2		40		49.4		62		55.5		45.5		35.8		116.2		31.5		57.3		59.3		35		**116.2**	
2012			38.4		45.4				54.2		91.2		66.5		25.8		21.6		14.1		89.5		34.5		1.1		**91.2**	
2013			1.9		77.3		57.3		48.2		79.7		24.6		34.9		62		47.2		29.9		38.2		26.6		**79.7**	
2014			53.7		36.2		38.5		44.9		30.5		19		42.1		38.7		23.3		68.8		59.5		20		**68.8**	

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL

VALORES MAXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN EN 24 HORAS (mms)

FECHA DE PROCESO : 2023/07/21

ESTACION : BORBUR 2 [23120250]

LATITUD	5.649639	N	TIPO EST	CO		DEPTO	BOYACA
LONGITUD	-74.0687	W	ENTIDAD	1	IDEAM	MUNICIPIO	SAN PABLO DE BORBUR
ELEVACION	681	m.s.n.m.	REGIONAL	6	BOYACA-CASANARE	CORRIENTE	

FECHA-INSTALACION 1975 - FEBR

FECHA DE SUSPENCIÓN

AÑO	EST	ENT	ENE.	*	FEB.	*	MAR.	*	ABR.	*	MAY.	*	JUN.	*	JUL.	*	AGO.	*	SEP.	*	OCT.	*	NOV.	*	DIC.	*	VR ANUAL	*
2015			15.6		18.6		35.6		52.3		47.5		55.2		52.6		59.6		44.2		56.3		38.5		4.2		**59.6**	
2016			9.8		3.8		52.5		64.5		99.8		52.3		144.2		15.5		98.1		65.9		52		32.5		**144.2**	
2017			32.9		49.5		52		96.7		131		33		70.6		62		89.9		77.5		137		12		**137**	
2018			34		11						71		42		87.1		37.5		42		51		61.8		30.3		**87.1**	
2019			20		47.7		62		33.4		57.5		27.6		53.2		18.6		15.6		85.5		21.6		22.5		**85.5**	
2020			10.9		63.5		41.5		27.6		33.5		14.6		41		130		63		23.8		84.4		97.1		**130**	
2021			9.1		22.6		26.8		115		54		28.6		32		35.6		58.3				52.2				**115**	
2022			7.5		27.2		44		30		39.9								50.8		49.4		40.8				**50.8**	
2023			21.5		30		43		43		44.5		47														**47**	
MEDIOS			25.39		30.92		43.55		48.41		50.9		36.12		35.61		43.79		42.75		53.11		49.34		31.47		76.72	

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL

VALORES TOTALES MENSUALES DE PRECIPITACIÓN (mms)

FECHA DE PROCESO : 2023/07/21

ESTACION : OTANCHE [23125080]

LATITUD	5.661722 N	TIPO EST	CO	DEPTO	BOYACA
LONGITUD	-74.1846 W	ENTIDAD	1 IDEAM	MUNICIPIO	OTANCHE
ELEVACION	1100 m.s.n.m.	REGIONAL	6 BOYACA-CASANARE	CORRIENTE	

FECHA-INSTALACION 1975 - MAR

FECHA DE SUSPENCIÓN

AÑO	EST	ENT	ENE.	*	FEB.	*	MAR.	*	ABR.	*	MAY.	*	JUN.	*	JUL.	*	AGO.	*	SEP.	*	OCT.	*	NOV.	*	DIC.	*	VR ANUAL	*
1958							175.4		575.6		252.8		151.6		144.6		226.9						490.6		293.6		**2311.1**	
1959			84.2		102.8		220.2		359.6		390.3		262.8		127.2		249.2		237.6		597.2		365				**2996.1**	
1960									301.6		228.2		249.6		298.6		264.2		163.2		435.8		432.8		208		**2582**	
1961			156.8		85.4		323.6						238.6		309.2		132.4		213.6		360.6		331.4		352.4		**2504**	
1962			247		89		349		241.6		363.6		351.2														**1641.4**	
1963																			208.8		496		507.8		139.2		**1351.8**	
1964			102.4		179		181		339		358.4		255.8		261.4		163.3		141.1		266.1		329.2		208.7		**2785.4**	
1965							297.8		387.9		412.2		107.9		83												**1288.8**	
1966							93.8		330.7		466.5		323.4		163.5		325.3		187.1		534.7		433.6				**2858.6**	
1967			96.7		148.9		257.4		484.5		407.9		152.8						217.5		193.9		168.1		161		**2288.7**	
1968			174.7		123		137		416.3		508.2		221.1						305.4		387.3		299.3				**2572.3**	
1975											397.2		221.3		335.5		235.8		370.6		395.1		424.9		299.5		**2679.9**	
1976			101.1		184.6		269.5		441.4		447.1		146.6		25.5		57.1		142.7		276.9		392.1		86.3		**2570.9**	
1977			103.6		148.7		305.4		195.5		300.7		127.2		221.6		248.2		310.3		557.1		513.5		165.9		**3197.7**	
1978			109.8		140.9		360.2		389.6		251.6		212.6				87.3		232		407.9		356.9		178.8		**2727.6**	
1979			77.7		159.4				460.9		357.9		361.9		228.7		192.9		203.4		394.1		414.6		193.3		**3044.8**	
1980			31.1		226.5		81.8		272		387.4		124.3		290.3		159.4		229.8		367.6		196.5		310.7		**2677.4**	
1981			90.2		272.7		249.7		439.3		723		350.4		119		273.4		130.9		629.2		297.6		147.5		**3722.9**	
1982					268.5		291.8		563.5		399.6		114		165.9		62		359		536.2		323		268.3		**3351.8**	
1983			156.3		130.2		126.4		435.6		296.1		158.9		208.5		112.6		65.9		487.3		238.1		416.2		**2832.1**	
1984			138.2		297.9		210.7		527.2		320.3		215.9		293.3		295.3		291.5				496.5		134.2		**3221**	
1985			102.4		92.7		237.3		321.2		187.5		143.1		154.2		207.1		408.5		495		414.4		263.1		**3026.5**	
1986			278.4		200.5		176		494.3		331.2		180.8		85.5		219.9		299.4		406.2		254		205.8		**3132**	
1987			58.1		59.7		216		311.7		437.3		131.7		237.3		120.9		338.1		648.4		377.4		95.6		**3032.2**	
1988			149.2		237.2		87.1		486.2		370.7		289.3		178.7		346.5		465.9		496.3		556.1		432.8		**4096**	
1989			113.1		185.2		400.5		349.4		291.3		164.7		95.9		236.3		452.3		448.6		419.4		109.3		**3266**	
1990			243.4		158.7		273.5		365.5		408.7		61.9		135.4		182.9		106.3		575.7		347.7		234.7		**3094.4**	
1991			41.4		169.4		246.6		382.6		253.1		191		140.1		37.5						438.6		176.7		**2077**	
1992			229.3		242.9		141		225		435.2		79.2		199.4		113.5		248.4		243.1		314.4		246.3		**2717.7**	
1993			260.2		109.6		277.3		476.2		278.5		132.5		144.3		122.4		280.6		472.3		461.4		341.6		**3356.9**	
1994			271.3		330.6		206.2		547.2		310.8		232.4		197.6		154.6		293.9		571.9		646.4		193.4		**3956.3**	
1995			169.2		117.9		136		195.9		500.1		312.5		230.5		358.4		206.6		573.5		201.4		307.4		**3309.4**	
1996			144.8		116		379.2		416.1		377.9		269.9		146.1		201.9		226.3		588.5		276		212.8		**3355.5**	
1997			158.5		405		111.9														137.5		425.6		141.6		**1380.1**	
1998			198		248.4		337.4				246.7		87.8		247.7		160.3				417.8		362.4				**2306.5**	
1999			298.7		460		324.1		488.7		294.5		319.8		259		246.7		458.9		560.3		347.7		410.3		**4468.7**	
2000			148.8		284.2		310.1		360.8		320.5		415		286		128.4		450.5		453.7		283.5		176.8		**3618.3**	
2001			134.2		206.3		344.7		216.3		254.1		196.2		152.7		158.5		278.8		460.1		347.5		159.7		**2909.1**	
2002			181.2		143.5		356		499.4		415.8		101.3		102.9		163.5		241.9		506.8		382.7		374.8		**3469.8**	
2003			258.2		210.9		185		404.3		346		314		200.9		94.7		318.6		377.7		313.9		174.5		**3198.7**	

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL

VALORES TOTALES MENSUALES DE PRECIPITACIÓN (mms)

FECHA DE PROCESO : 2023/07/21

ESTACION : OTANCHE [23125080]

LATITUD	5.661722	N	TIPO EST	CO		DEPTO	BOYACA
LONGITUD	-74.1846	W	ENTIDAD	1	IDEAM	MUNICIPIO	OTANCHE
ELEVACION	1100	m.s.n.m.	REGIONAL	6	BOYACA-CASANARE	CORRIENTE	

FECHA-INSTALACION 1975 - MAR

FECHA DE SUSPENCIÓN

AÑO	EST	ENT	ENE.	*	FEB.	*	MAR.	*	ABR.	*	MAY.	*	JUN.	*	JUL.	*	AGO.	*	SEP.	*	OCT.	*	NOV.	*	DIC.	*	VR ANUAL	*
2004			153.6		186.9				591.1		417.7		114.4		178.4		203.1		322.1		674.2		396.3		172.7		**3410.5**	
2005			379		182.6		203.1		308.5		347						224.5		222.9		521.4		173.8				**2562.8**	
2006			344.5				540.5		594.7				222		67.6		252.1		179.4		463.4		478.8		299.7		**3442.7**	
2007					138.1		444.1		561.7		425.6		286.6		279.1		200.1		193.7				385.3		202.5		**3116.8**	
2008			147.7		201.1		377.5		200.7		520.7		280		178.6		497		245.1		592.6		463.4		100.6		**3805**	
2009			131		214.3		381		236.5		273.9		214.8		181.8		190.9		148.3		480.3		273.7		431.9		**3158.4**	
2010			128.5		137.3		148.5		352.7		620		232.8		429.3		170.7		387.9		343.3		449.2		248.9		**3649.1**	
2011			107.4		305.8		580		714.8		206.8		269.7		251.6		250.2		372				577.5		387.4		**4023.2**	
2012			192.5		193		379.4		467.1		283.6		206		150.3		180.8		88.6		461.6		275.5		178.4		**3056.8**	
2013			118.8		61.8		480.5		470.6		364.8				46.4		212.3		205.9		226		318.3				**2505.4**	
2014			172.8		279.6		193.5				426.9		115.1		123.6		86.2		250.5		583.7		389.3		327.1		**2948.3**	
2015			163.1		123		298.3		481.7		142.5		111.7		130.8		111.7		175.9						76		**1814.7**	
2016			94.7		260.4		242.6		202		259.4		223.1		195.2		124.8		307.6		489.3		342.6		322.9		**3064.6**	
2017			262.7		136.2		537.7		335.5		605.4		286.7		112.3		180.9		195.3		266.6		355.5		212.9		**3487.7**	
2018			370.6		76		344.3		341.3		315.2		123.3		100.9		106.2		236.1		597.1		443.5		87.1		**3141.6**	
2019			250.6		155.9		427.2		223.1						167.6		128.2		142.9		486		401.4		167.7		**2550.6**	
2020			114.4						324.7		238.9		122		294.6		470.9		194.2		181.8		554.7		234.8		**2731**	
2021			59.9		216.2		361.5						352.6		316.2		304.4		225.6		475.9		409.1		271.3		**2992.7**	
2022			138.1		229.6		450.6		430.3		306.2																**1554.8**	
MEDIOS			165.45		188.9		284.28		394.99		360.07		210.03		189.69		196.81		253.45		451.99		379.45		230.85		3305.96	

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL

VALORES MAXIMOS MENSUALES DE TEMPERATURA (°C)

FECHA DE PROCESO : 2023/07/21

ESTACION : OTANCHE [23125080]

LATITUD	5.661722	N	TIPO EST	CO	DEPTO	BOYACA
LONGITUD	-74.1846	W	ENTIDAD	1 IDEAM	MUNICIPIO	OTANCHE
ELEVACION	1100	m.s.n.m.	REGIONAL	6 BOYACA-CASANARE	CORRIENTE	

FECHA-INSTALACION 1975 - MAR

FECHA DE SUSPENCIÓN

AÑO	EST	ENT	ENE.	*	FEB.	*	MAR.	*	ABR.	*	MAY.	*	JUN.	*	JUL.	*	AGO.	*	SEP.	*	OCT.	*	NOV.	*	DIC.	*	VR ANUAL	*
1978																	30										**30**	
1981													27.4				29.8										**29.8**	
1983			29.2		30.4		32.2								30.4												**32.2**	
1984																									27.2		**27.2**	
1985									28.8				30.4														**30.4**	
1986					28																						**28**	
1990					27.6				29.6										28.6								**29.6**	
1991																	31.2										**31.2**	
1995													26										28				**28**	
1998															28.6		28.4										**28.6**	
1999			28.6				28.2		28.6						29.2		28.4				27.6		27.2				**29.2**	
2001					28.8				28.6				31.8		29.2						29.4						**31.8**	
2002					28				29.6										29.8		29.8		29.2		28.2		**29.8**	
2003			28.2		29.4		30				28.8		27.8		28.4		29.4		29		28.4		28.8		29.4		**30**	
2004			30.4								28.6						30.4		29.6		28.4		28		30.2		**30.4**	
2005					28		29		29		29						30		29.6				27.6				**30**	
2006							29		28.4				30				31		29		30.2						**31**	
2007											28				29.6		28		28.4		28.2				28.2		**29.6**	
2008			27.8		27.8						28.2		28.6		27.6		27.6		28.4		28.2		27.8				**28.6**	
2009			27.8		27.2		27.2		28.2		28.4				30		30				29.4		28.6				**30**	
2010			28.4		28.4										28.4						28.6		26.6				**28.6**	
2012							28.6						28.6		29.8						30.2						**30.2**	
2014																									27.8		**27.8**	
2016			29.2		30.2		30.4		29.8		28.8		29.2		30.2		28.6		28.6		27.8		26.8		27.4		**30.4**	
2017			27.2		28		28		28.4		28.6		29.2		30.4		29		29		29.6		27		27.6		**30.4**	
2018			27		27.6		30		27.8		29		29.8		29.8		30.2		28.8		27.4		27		29		**30.2**	
2019			28.8		27.4		27.8		28.8		28.6		29.2		30		30.2		30.2		28		27.6		28		**30.2**	
2020			31		31				29		30		29.2		30.2		30.4		28.6		27.8		27.2		26.6		**31**	
2021			27		28.6		27																				**28.6**	
MAXIMOS			31		31		32.2		29.8		30		31.8		30.4		31.2		30.2		30.2		29.2		30.2		30.6	

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL

VALORES MINIMOS MENSUALES DE TEMPERATURA (°C)

FECHA DE PROCESO : 2023/07/21

ESTACION : OTANCHE [23125080]

LATITUD	5.661722	N	TIPO EST	CO	DEPTO	BOYACA
LONGITUD	-74.1846	W	ENTIDAD	1 IDEAM	MUNICIPIO	OTANCHE
ELEVACION	1100	m.s.n.m.	REGIONAL	6 BOYACA-CASANARE	CORRIENTE	

FECHA-INSTALACION 1975 - MAR

FECHA DE SUSPENCIÓN

AÑO	EST	ENT	ENE.	*	FEB.	*	MAR.	*	ABR.	*	MAY.	*	JUN.	*	JUL.	*	AGO.	*	SEP.	*	OCT.	*	NOV.	*	DIC.	*	VR ANUAL	*
1978									16.8		16.8				17		16.4				16.8						**16.4**	
1980													16.6						14.8						17.8		**14.8**	
1981									10																		**10**	
1983			18.2		18				18.2				15		17.6		16.8		11.4		17.2						**11.4**	
1984					16.6		17		15.8		16.4		17.8		16				15.6				16.6		18.2		**15.6**	
1985			15								16.8		16.8		17												**15**	
1986			17.4										17.6														**17.4**	
1987											18.2										17.4						**17.4**	
1989									17.8				17.8		16.2		17.2		17		17				18		**16.2**	
1990					17.8										17.2				17.8						18.2		**17.2**	
1991			14.8										17.6		18										18.2		**14.8**	
1992			18		18.2						16.2												16				**16**	
1993																	17.2								17		**17**	
1994							18																				**18**	
1995									17				18										17.4				**17**	
1996					15																		16				**15**	
1997			13.2																		14.4						**13.2**	
1998															16		16.4				17.6						**16**	
1999			13.4		13.6		14.6		16				15		15.2												**13.4**	
2001																			15.4		15.4		14.8		17.4		**14.8**	
2002					16				12.6		16								16.4								**12.6**	
2003			17.2		16						16.8		15				16.8		16								**15**	
2004					16				16.8		16.8						16.6		15				16.8				**15**	
2005			16.4		17.2												15.4		16								**15.4**	
2006					16.2		16.8								16						16						**16**	
2007					17.2																				16.6		**16.6**	
2008																			17.2				18				**17.2**	
2009					17.8		18.2		18		17.6				17.8		18.2		15		13.6		14.8		14.8		**13.6**	
2010					16.8								17.6		16.2				15.4				17.6				**15.4**	
2014					18.4				17.6																		**17.6**	
2015			17																								**17**	
2016													18.4		18		18.2				17.8		17.6		18.2		**17.6**	
2017					18		18		18.6		17.8		17.8		18.2		18		18		18.4		18.2		18.4		**17.8**	
2018			17.4		18		17.8		18.2		18		17.6		18		16.4		18		17.6		10		18.6		**10**	
2019			18		19		18		18.2		18.4		18.6		18		18.2		18		17.6		17.2		18		**17.2**	
2020					18				18.4		18.2		18		18.2		18		18		17.6		18		18		**17.6**	
2021			18				17.6																				**17.6**	
MINIMOS			13.2		13.6		14.6		10		16		15		15.2		15.4		11.4		13.6		10		14.8		13.57	

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL

VALORES MEDIO MENSUALES DE HUMEDAD RELATIVA (%)

FECHA DE PROCESO : 2023/07/21

ESTACION : OTANCHE [23125080]

LATITUD	5.661722 N	TIPO EST	CO	DEPTO	BOYACA
LONGITUD	-74.1846 W	ENTIDAD	1 IDEAM	MUNICIPIO	OTANCHE
ELEVACION	1100 m.s.n.m.	REGIONAL	6 BOYACA-CASANARE	CORRIENTE	

FECHA-INSTALACION 1975 - MAR

FECHA DE SUSPENCIÓN

AÑO	EST	ENT	ENE.	*	FEB.	*	MAR.	*	ABR.	*	MAY.	*	JUN.	*	JUL.	*	AGO.	*	SEP.	*	OCT.	*	NOV.	*	DIC.	*	VR ANUAL	*
1975																			87		87		88		89		**87.8**	
1976			86		84		86		90				90		79		81		78		86		87		88		**85**	
1977			86		87		87				94						92		90								**89.3**	
1978					92												83.6		85.6		87.5		89				**87.5**	
1979			83.8		83		88		88		88		88		82		84.1		86.9		88.1		88		86		**86.2**	
1980			84.1		85.3		82.4		84		87.2		85		85		86.2		86.8		87		87.5		90		**85.9**	
1981			90.1		90.2		86.4		87.8		89.3		89.2		84.6		86.6		87		89.2		89.3		90.8		**88.4**	
1982			89		91		88		90		91		88		85		83		86				88		88		**87.9**	
1983			87.4		85.2		85.9		88.4		86.8		86.5		84.6		84.3		84.3		86.8		86.3		85.2		**86**	
1984					86		87		86		86.8		89.3		87.4		87.1		87		89		89.8		89.5		**87.7**	
1985			83.3		78.6		85.3		87.1		85.7		83.4		82.8		84.6		84.3		86.3		86.5		87		**84.6**	
1986			86.6		87		88.5		87		85.5		81.5		79												**85**	
1987			87.5		85.1		86.2						84.8		84.5		83.8		86.2		88.4		88.1		84.6		**85.9**	
1988			91.1		92.4		87.8		91.2		90		86.1		86.1		86.6		85.5		88.2		89		89		**88.6**	
1989			89		89.9		89.1		88.3		88.6		89		89.7		87.7		89		90.6		88.7		89.5		**89.1**	
1990			88.9		88.1		86.8		88.7		87.9		85.1		85.2		81.1		85.6		89.4		88.5		87.9		**86.9**	
1991			85.1		86		87		84.3		86		93		92		77.2		77.2		85		86.5		88.1		**85.6**	
1992			84.3		86.3		87		85		87		84		81.6		83				89		89.8		88.8		**86**	
1993			87.5		89		89		89		88.7		85.9		87		85		88.7		88		90.2		90.8		**88.2**	
1994							88		87		86		84		83		84		86				90		91		**86.6**	
1995																									88.9		**88.9**	
1996			88.9		90		89.6		87.2		88		89		85.8		85.1		88.5		89		89.6		89.1		**88.3**	
1997			89.1		88		89										82		88.8		89		91		93		**88.7**	
1998			91		90.3		91.4		93		91.9		90.7		89.9		93.4		93		95.3		95		90		**92.1**	
1999			89.9		91.9		90.8		90.9		92.3		90.4		90		89.5		90.6		89.3		90.6		90.2		**90.5**	
2000			90.6		91.2		92		90.8		91.6		91.3		90.6		89.2		90.8		90.7		89		92.8		**90.9**	
2001			90		89.5		90.3		88.8		88.8		89.2		88.9		89		91		91.2		91.4		92		**90**	
2002			90.2		89.2		89.2		89.8		89		87.8		87		86.6		87.5		88.3		89.7		90.3		**88.7**	
2003			91.4		89.7		89.6		89.6		89.1		91		90.2		89.3		88.5		89.8		88.8		90.5		**89.8**	
2004			90.8		89.7		88.6		89.2		87.2		86.1		87.1		84.6		86		87.1		87.1		90.2		**87.8**	
2005			87.5		89		87.8		87.9		88.8		87.1				87.1		86.8		86.9		88		86.3		**87.6**	
2006			86.2		88.4		90.7		90.7		89.9		89.8		90.3		90.3		89.7		89.4		86.5		87.4		**89.1**	
2007			89.5		86.6		87.6		88.1		86.9		87.3		87.4		88		87.7		88.5		87.8		88.4		**87.8**	
2008			89.4		88.9		87.7		90.3		87.7		87.6		90.1		89.3		88.3		88.3		88.4		88.1		**88.7**	
2009			87		88.6		88.4		84.8		86.5		86.7		84.9		85.9		84.1		85.8		87.5		88.6		**86.6**	
2010			86.7		86.7		87.2		88.1		86.2		89.8		88		87.7		87.7		86.8		89.9		89.8		**87.9**	
2011			89.6		89		92.4		90.1		89.3				86.5		84.9		85.9		88.2		91.7		89.9		**88.9**	
2012			90.1		88.6		91.3		91.7		89.7		88.1		84.8		88.6		82.9		88.2		90.8		89		**88.7**	
2013			86.9		89.1		89.6		89.3		92.6		89.3		88.3		90.4		90.6		90.3		91.2		92.2		**90**	
2014			91.8		91.4		89.8		90.6		91.4		89.6		85.3		81.8		82.5		87.4		90.2		89.8		**88.5**	

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE INFORMACION
NACIONAL AMBIENTAL

VALORES MEDIO MENSUALES DE HUMEDAD RELATIVA (%)

FECHA DE PROCESO : 2023/07/21

ESTACION : OTANCHE [23125080]

LATITUD	5.661722	N	TIPO EST	CO	DEPTO	BOYACA
LONGITUD	-74.1846	W	ENTIDAD	1 IDEAM	MUNICIPIO	OTANCHE
ELEVACION	1100	m.s.n.m.	REGIONAL	6 BOYACA-CASANARE	CORRIENTE	

FECHA-INSTALACION 1975 - MAR
FECHA DE SUSPENCIÓN

AÑO	EST	ENT	ENE.	*	FEB.	*	MAR.	*	ABR.	*	MAY.	*	JUN.	*	JUL.	*	AGO.	*	SEP.	*	OCT.	*	NOV.	*	DIC.	*	VR ANUAL	*
2015			86.5		88.1		87.3		86		85.8		82.7		82.9		83.5		83.2								**85.1**	
2016			85.2		86.9		87.1		89		86.7		86		85		84.8		85.6		88.1		87.7		88.3		**86.7**	
2017			88		85.2		88.8		87.2		88.3																**87.5**	
2018			89.4						87.9		86.5		85.9		83.5		81.5		84.2		86.9		88.9		87.4		**86.2**	
2019			87.4		88.2		89.7		87.4		87		84.8		82.3		77.3		80.5		86.1		87.3		87.6		**85.5**	
2020			84.6		80.9		85.6		85.6		85.5		82.9		83.4		82.4		85.7		86.4		86.7		87.3		**84.8**	
2021			86.1		86		87.2		85.9																		**86.3**	
MEDIOS			88		88		88		88		88		87		86		86		86		88		89		89		88	

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL

VALORES MEDIOS MENSUALES DE NUBOSIDAD (OCTAS)

FECHA DE PROCESO : 2023/07/21

ESTACION : OTANCHE [23125080]

LATITUD	5.661722 N	TIPO EST	CO	DEPTO	BOYACA
LONGITUD	-74.1846 W	ENTIDAD	1 IDEAM	MUNICIPIO	OTANCHE
ELEVACION	1100 m.s.n.m.	REGIONAL	6 BOYACA-CASANARE	CORRIENTE	

FECHA-INSTALACION 1975 - MAR

FECHA DE SUSPENCIÓN

AÑO	EST	ENT	ENE.	*	FEB.	*	MAR.	*	ABR.	*	MAY.	*	JUN.	*	JUL.	*	AGO.	*	SEP.	*	OCT.	*	NOV.	*	DIC.	*	VR ANUAL	*
1999			0		3		3		2		0		3		2		2		3		3		0		0		**3**	
2000			0		0		0		0		0		2		2		2		2		2		3		2		**2**	
2001			3		3		3		3		3		3		3		3		3		3		3		3		**3**	
2002			2		3		3		3		3		3		3		3		3		3		3		3		**3**	
2003			3		3		3		3		3		3		3		3		3		3		3		3		**3**	
2004			3		2		3		3		3		3		3		3		3		3		3		0		**3**	
2005			0		0		3		3		3		0		0		3		3		3		3		0		**3**	
2006			3		3		3		3		0		3		3		3		3		3		3		3		**3**	
2007			0		3		3		3		3		3		3		3		3		3		3		3		**3**	
2008			3		3		0		3		3		3		3		3		3		3		3		3		**3**	
2009			3		3		3		3		3		0		3		3		3		3		3		3		**3**	
2010			3		3		3		2		2		2		3		2		2		2		2		2		**2**	
2011			2		2		2		2		0		0		0		2		2		2		2		2		**2**	
2012			2		2		2		2		1		2		2		2		2		2		2		2		**2**	
2013			1		2		0		1		2		0		1		0		2		2		2		2		**2**	
2014			2		2		2		1		2		1		1		1		1		2		2		2		**2**	
2015			1		2		2		2		2		2		2		2		2		0		0		2		**2**	
2016			2		2		2		2		2		2		2		2		2		2		2		2		**2**	
2017			0		2		2		2		0		0		0		0		0		0		0		0		**2**	
2018			0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		**0**	
2019			0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		**0**	
2020			1		0		0		2		2		2		2		2		2		2		2		2		**2**	
2021			2		2		2		2		0		2		2		2		2		2		2		2		**2**	
2022			0		0		2		2		2		0		0		0		0		0		0		0		**2**	
MEDIOS			2		2		2		2		2		2		2		2		2		2		3		2		2	

ANEXO 2

ANÁLISIS DE FRECUENCIA PARA PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24 HORAS Y RELACIONES IDF

HYFRANPLUS
(c) INRS-ETE, 2002

Estación Aeropuerto Furatena - Código: 23125140

Sample
Empirical probability formula : F[X(k)]=(k-0.40)/(n+0.20) (Cunnane)
Inactive data (in italic) are included in the empirical probability calculation.

Nr.	Observation	Identifier	Probability empirical	Code
1	109	1991	0.7477	
2	88	1992	0.2973	
3	88	1994	0.3423	
4	119.8	2001	0.9279	
5	110	2004	0.7928	
6	104.3	2005	0.6126	
7	117.3	2006	0.8829	
8	76.5	2007	0.0721	
9	84.7	2008	0.2523	
10	98.4	2010	0.5676	
11	107.4	2011	0.6577	
12	97.8	2012	0.5225	
13	64.8	2013	0.0270	
14	78.8	2014	0.1171	
15	110.2	2015	0.8378	
16	80.9	2016	0.2072	
17	89.2	2017	0.3874	
18	78.8	2018	0.1622	
19	94.2	2019	0.4775	
20	92.8	2020	0.4324	
21	127.4	2021	0.9730	
22	108.5	2022	0.7027	

HYFRANPLUS
(c) INRS-ETE, 2002

Estación Aeropuerto Furatena - Código: 23125140

Gumbel (Method of weighted moments)

Results of the fitting

Number of observations : 22

Parameters

u	88.877718
alpha	13.504500

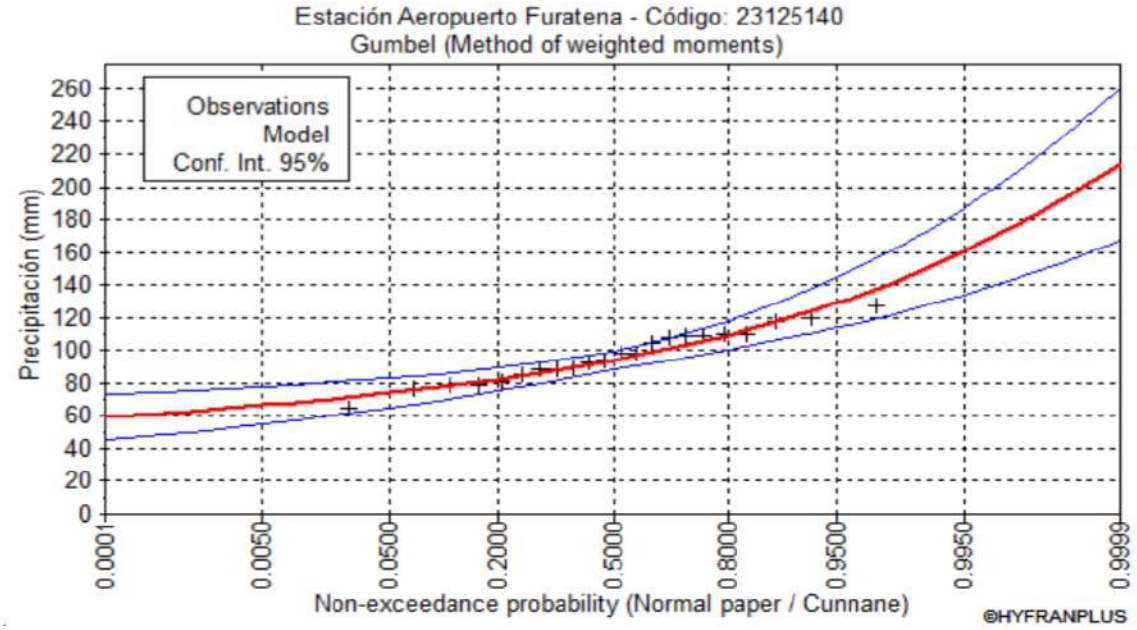
Quantiles

q = F(X) : non-exceedance probability
T = 1/(1-q)

T	q	XT	Standard deviation	Confidence interval (95%)
10000.0	0.9999	213.26	23.739	166.72 - 259.80
2000.0	0.9995	191.52	19.547	153.20 - 229.84
1000.0	0.9990	182.16	17.747	147.37 - 216.95
200.0	0.9950	160.40	13.588	133.76 - 187.03
100.0	0.9900	151.00	11.810	127.85 - 174.15
50.0	0.9800	141.57	10.044	121.88 - 161.26
25.0	0.9600	132.07	8.2958	115.81 - 148.34
20.0	0.9500	128.99	7.7383	113.82 - 144.16
15.0	0.9333	124.99	7.0251	111.21 - 138.76
10.0	0.9000	119.27	6.0352	107.44 - 131.10
5.0	0.8000	109.13	4.4270	100.46 - 117.81
3.0	0.6667	101.07	3.4311	94.342 - 107.79
2.3	0.5708	96.689	3.0963	90.619 - 102.76
2.0	0.5000	93.827	2.9915	87.963 - 99.692
1.4286	0.3000	86.371	3.1931	80.111 - 92.631
1.2500	0.2000	82.451	3.5415	75.508 - 89.394
1.1111	0.1000	77.615	4.1283	69.521 - 85.708
1.0526	0.0500	74.061	4.6347	64.975 - 83.147
1.0204	0.0200	70.457	5.1922	60.278 - 80.636
1.0101	0.0100	68.254	5.5491	57.375 - 79.132
1.0050	0.0050	66.360	5.8636	54.866 - 77.855
1.0010	0.0010	62.778	6.4742	50.086 - 75.470
1.0005	0.0005	61.487	6.6985	48.355 - 74.619
1.0001	0.0001	58.893	7.1544	44.868 - 72.919

HYFRANPLUS
(c) INRS-ETE, 2002

Estación Aeropuerto Furatena - Código: 23125140



HYFRANPLUS
(c) INRS-ETE, 2002

Estación Muzo - Código: 23120050

Sample
Empirical probability formula : F[X(k)]=(k-0.40)/(n+0.20) (Cunnane)
Inactive data (in italic) are included in the empirical probability calculation.

Nr.	Observation	Identifier	Probability empirical	Code
1	54	1965	0.0133	
2	80	1966	0.3009	
3	112	1967	0.9204	
4	120	1968	0.9425	
5	80	1969	0.3230	
6	57	1970	0.0354	
7	93	1972	0.6549	
8	80	1973	0.3451	
9	98	1974	0.7655	
10	135	1979	0.9646	
11	97	1981	0.7434	
12	95	1982	0.6770	
13	85	1983	0.4336	
14	86.1	1984	0.4779	
15	95	1985	0.6991	
16	85	1986	0.4558	
17	92.7	1987	0.6106	
18	74.7	1989	0.1903	
19	84	1990	0.4115	
20	80.5	1991	0.3894	
21	77	1992	0.2124	
22	69.8	1993	0.1239	
23	107.3	1995	0.8982	
24	86.8	1996	0.5000	
25	89.3	1999	0.5664	
26	80	2000	0.3673	
27	58.7	2001	0.0575	
28	78.4	2002	0.2566	
29	72	2003	0.1460	
30	62.5	2004	0.0796	
31	88.9	2005	0.5442	
32	99.7	2006	0.8319	
33	92.7	2007	0.6327	
34	78	2008	0.2345	
35	98.5	2009	0.8097	
36	73.9	2011	0.1681	
37	98.3	2012	0.7876	
38	79.4	2013	0.2788	
39	95.2	2014	0.7212	
40	68.5	2015	0.1018	
41	100	2016	0.8761	
42	88.7	2017	0.5221	

HYFRANPLUS
(c) INRS-ETE, 2002

Estación Muzo - Código: 23120050

Nr.	Observation	Identifier	Probability empirical	Code
43	99.8	2019	0.8540	
44	89.7	2021	0.5885	
45	135	2022	0.9867	

HYFRANPLUS
(c) INRS-ETE, 2002

Estación Muzo - Código: 23120050

Gumbel (Maximum Likelihood)

Results of the fitting

Number of observations : 45

Parameters

u	79.587763
alpha	15.578103

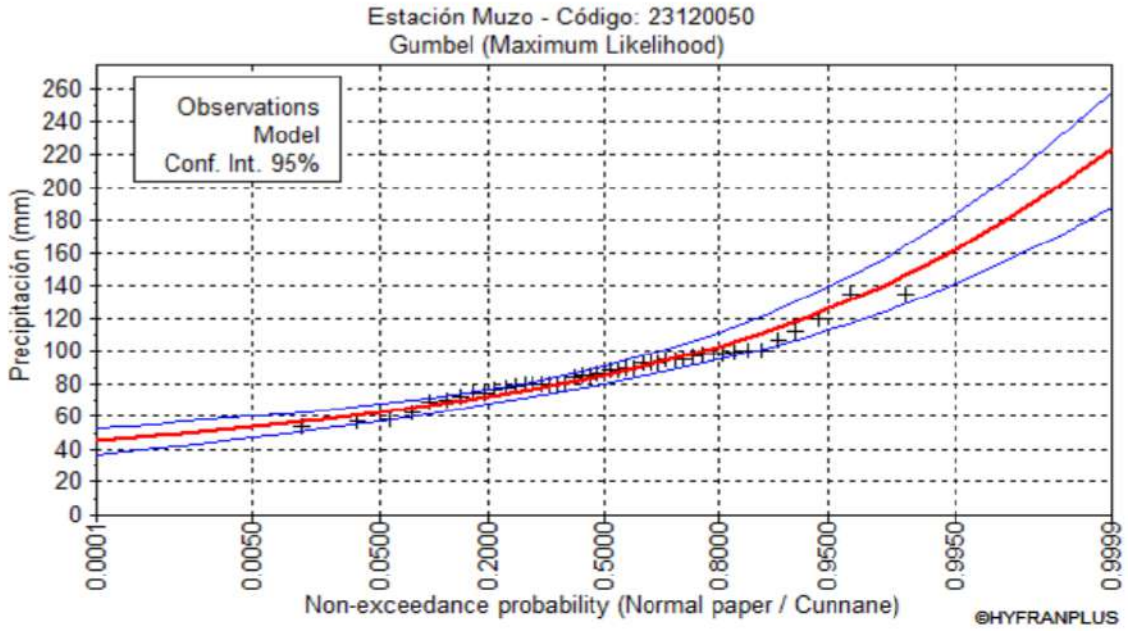
Quantiles

q = F(X) : non-exceedance probability
T = 1/(1-q)

T	q	XT	Standard deviation	Confidence interval (95%)
10000.0	0.9999	223.07	17.869	188.04 - 258.10
2000.0	0.9995	197.99	14.931	168.72 - 227.26
1000.0	0.9990	187.19	13.670	160.39 - 213.99
200.0	0.9950	162.09	10.754	141.00 - 183.17
100.0	0.9900	151.25	9.5063	132.61 - 169.89
50.0	0.9800	140.37	8.2641	124.17 - 156.57
25.0	0.9600	129.41	7.0291	115.64 - 143.19
20.0	0.9500	125.86	6.6332	112.85 - 138.86
15.0	0.9333	121.24	6.1242	109.23 - 133.25
10.0	0.9000	114.64	5.4101	104.04 - 125.25
5.0	0.8000	102.95	4.2028	94.715 - 111.19
3.0	0.6667	93.650	3.3410	87.101 - 100.20
2.3	0.5708	88.599	2.9405	82.834 - 94.363
2.0	0.5000	85.297	2.7186	79.968 - 90.627
1.4286	0.3000	76.696	2.3558	72.078 - 81.314
1.2500	0.2000	72.174	2.3265	67.613 - 76.735
1.1111	0.1000	66.595	2.4562	61.780 - 71.410
1.0526	0.0500	62.496	2.6541	57.292 - 67.699
1.0204	0.0200	58.338	2.9242	52.606 - 64.071
1.0101	0.0100	55.797	3.1161	49.688 - 61.906
1.0050	0.0050	53.613	3.2941	47.155 - 60.071
1.0010	0.0010	49.481	3.6572	42.311 - 56.650
1.0005	0.0005	47.991	3.7950	40.551 - 55.431
1.0001	0.0001	44.999	4.0808	36.999 - 52.999

HYFRANPLUS
(c) INRS-ETE, 2002

Estación Muzo - Código: 23120050



HYFRANPLUS
(c) INRS-ETE, 2002

Estación Otanche - Código: 23125080

Sample
Empirical probability formula : F[X(k)]=(k-0.40)/(n+0.20) (Cunnane)
Inactive data (in italic) are included in the empirical probability calculation.

Nr.	Observation	Identifier	Probability empirical	Code
1	85	1976	0.2099	
2	104.8	1977	0.4309	
3	166.2	1978	0.9834	
4	77	1980	0.0718	
5	121.5	1981	0.7348	
6	110	1982	0.5138	
7	107	1983	0.4862	
8	141	1984	0.9282	
9	91	1985	0.2652	
10	101.1	1986	0.4033	
11	75.5	1987	0.0442	
12	138.2	1988	0.8729	
13	80.4	1989	0.1271	
14	84.5	1990	0.1547	
15	106.4	1991	0.4586	
16	143.7	1992	0.9558	
17	100	1993	0.3204	
18	113.5	1994	0.6243	
19	140	1995	0.9006	
20	100.5	1996	0.3481	
21	111.7	1999	0.5691	
22	78	2000	0.0994	
23	69	2001	0.0166	
24	121.5	2002	0.7624	
25	130	2003	0.8177	
26	111.5	2005	0.5414	
27	125	2006	0.7901	
28	100.8	2007	0.3757	
29	84.5	2008	0.1823	
30	130	2009	0.8453	
31	118	2010	0.7072	
32	91.7	2012	0.2928	
33	117.6	2014	0.6796	
34	116	2016	0.6519	
35	112	2017	0.5967	
36	86.8	2018	0.2376	

HYFRANPLUS
(c) INRS-ETE, 2002

Estación Otanche - Código: 23125080

Gumbel (Method of weighted moments)

Results of the fitting

Number of observations : 36

Parameters

u	97.365105
alpha	18.588095

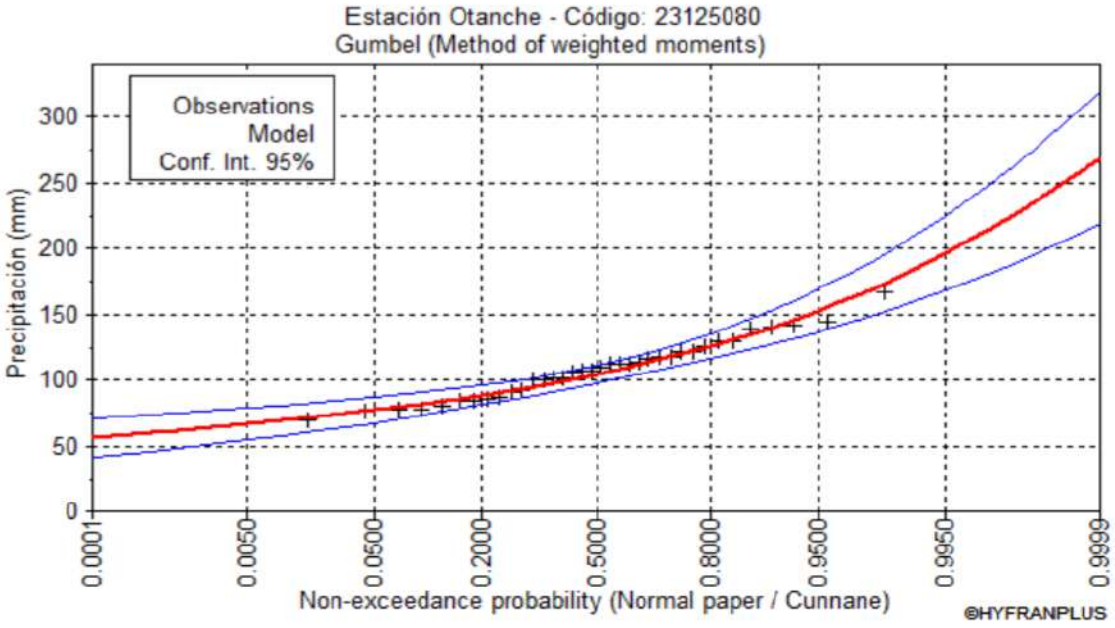
Quantiles

q = F(X) : non-exceedance probability
T = 1/(1-q)

T	q	XT	Standard deviation	Confidence interval (95%)
10000.0	0.9999	268.57	25.330	218.91 - 318.22
2000.0	0.9995	238.65	20.852	197.77 - 279.52
1000.0	0.9990	225.76	18.929	188.65 - 262.87
200.0	0.9950	195.80	14.487	167.40 - 224.20
100.0	0.9900	182.87	12.588	158.20 - 207.55
50.0	0.9800	169.89	10.702	148.91 - 190.87
25.0	0.9600	156.82	8.8355	139.50 - 174.14
20.0	0.9500	152.58	8.2405	136.42 - 168.73
15.0	0.9333	147.07	7.4796	132.40 - 161.73
10.0	0.9000	139.20	6.4239	126.60 - 151.79
5.0	0.8000	125.25	4.7120	116.01 - 134.48
3.0	0.6667	114.14	3.6582	106.97 - 121.32
2.3	0.5708	108.12	3.3089	101.63 - 114.60
2.0	0.5000	104.18	3.2031	97.898 - 110.46
1.4286	0.3000	93.915	3.4333	87.184 - 100.65
1.2500	0.2000	88.519	3.8106	81.049 - 95.990
1.1111	0.1000	81.862	4.4413	73.155 - 90.569
1.0526	0.0500	76.970	4.9840	67.200 - 86.741
1.0204	0.0200	72.010	5.5806	61.070 - 82.950
1.0101	0.0100	68.978	5.9623	57.289 - 80.666
1.0050	0.0050	66.372	6.2986	54.024 - 78.719
1.0010	0.0010	61.441	6.9514	47.813 - 75.068
1.0005	0.0005	59.663	7.1911	45.566 - 73.761
1.0001	0.0001	56.093	7.6784	41.041 - 71.146

HYFRANPLUS
(c) INRS-ETE, 2002

Estación Otanche - Código: 23125080



HYFRANPLUS
(c) INRS-ETE, 2002

Estación Yacopi Aut - Código: 23065110

Sample
Empirical probability formula : F[X(k)]=(k-0.40)/(n+0.20) (Cunnane)
Inactive data (in italic) are included in the empirical probability calculation.

Nr.	Observation	Identifier	Probability empirical	Code
1	91.1	1975	0.5967	
2	93.2	1976	0.6519	
3	130.5	1980	0.9834	
4	90.4	1982	0.5414	
5	75.5	1983	0.2099	
6	89.5	1984	0.5138	
7	86	1985	0.3757	
8	90.5	1987	0.5691	
9	63.5	1988	0.0718	
10	82.5	1989	0.2928	
11	63	1990	0.0166	
12	84.9	1992	0.3481	
13	92.6	1993	0.6243	
14	86.3	1994	0.4309	
15	72.8	1995	0.1271	
16	87.1	1996	0.4586	
17	74.2	1997	0.1547	
18	74.7	1998	0.1823	
19	126.6	2000	0.9558	
20	120	2001	0.9282	
21	102	2002	0.8453	
22	76.8	2003	0.2376	
23	83.2	2004	0.3204	
24	94.6	2006	0.7072	
25	110	2008	0.9006	
26	87.2	2009	0.4862	
27	99.5	2010	0.7624	
28	101.5	2014	0.7901	
29	93.8	2015	0.6796	
30	72	2016	0.0994	
31	77.5	2017	0.2652	
32	63	2018	0.0442	
33	109.5	2019	0.8729	
34	97.3	2020	0.7348	
35	101.5	2021	0.8177	
36	86	2022	0.4033	

HYFRANPLUS
(c) INRS-ETE, 2002

Estación Yacopi Aut - Código: 23065110

Gumbel (Method of moments)

Results of the fitting

Number of observations : 36

Parameters

u	82.410559
alpha	12.681562

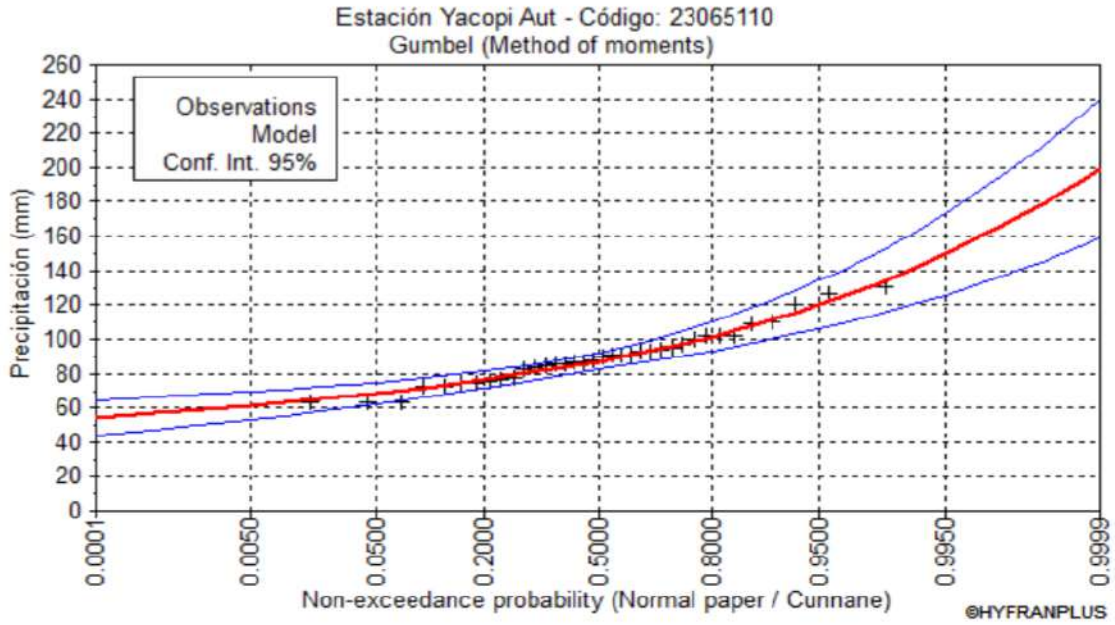
Quantiles

q = F(X) : non-exceedance probability
T = 1/(1-q)

T	q	XT	Standard deviation	Confidence interval (95%)
10000.0	0.9999	199.21	20.736	158.56 - 239.86
2000.0	0.9995	178.80	17.194	145.09 - 212.50
1000.0	0.9990	170.01	15.671	139.28 - 200.73
200.0	0.9950	149.57	12.148	125.75 - 173.38
100.0	0.9900	140.75	10.637	119.89 - 161.60
50.0	0.9800	131.89	9.1312	113.99 - 149.79
25.0	0.9600	122.97	7.6310	108.01 - 137.93
20.0	0.9500	120.08	7.1494	106.06 - 134.09
15.0	0.9333	116.32	6.5297	103.52 - 129.12
10.0	0.9000	110.95	5.6595	99.854 - 122.04
5.0	0.8000	101.43	4.1902	93.218 - 109.65
3.0	0.6667	93.858	3.1614	87.661 - 100.06
2.3	0.5708	89.746	2.7119	84.430 - 95.062
2.0	0.5000	87.059	2.4881	82.181 - 91.936
1.4286	0.3000	80.057	2.2863	75.574 - 84.539
1.2500	0.2000	76.376	2.4336	71.605 - 81.146
1.1111	0.1000	71.834	2.8144	66.316 - 77.351
1.0526	0.0500	68.496	3.1927	62.238 - 74.755
1.0204	0.0200	65.112	3.6321	57.992 - 72.233
1.0101	0.0100	63.044	3.9205	55.358 - 70.729
1.0050	0.0050	61.265	4.1775	53.076 - 69.455
1.0010	0.0010	57.902	4.6816	48.724 - 67.079
1.0005	0.0005	56.689	4.8679	47.146 - 66.232
1.0001	0.0001	54.253	5.2480	43.965 - 64.542

HYFRANPLUS
(c) INRS-ETE, 2002

Estación Yacopi Aut - Código: 23065110



HYFRANPLUS
(c) INRS-ETE, 2002

Estación Borbur 2 - Código: 23120250

Sample
Empirical probability formula : F[X(k)]=(k-0.40)/(n+0.20) (Cunnane)
Inactive data (in italic) are included in the empirical probability calculation.

Nr.	Observation	Identifier	Probability empirical	Code
1	100	1976	0.7957	
2	94	1978	0.7419	
3	71	1979	0.3656	
4	101	1982	0.8226	
5	90	1983	0.6882	
6	46.7	1984	0.0430	
7	50.7	1985	0.0699	
8	***9.7***	***1986***	***0.0161***	
9	85.8	1987	0.5806	
10	84.9	1988	0.5269	
11	65	1989	0.2581	
12	55	1990	0.0968	
13	63	1991	0.2043	
14	87.1	1992	0.6075	
15	78.5	1994	0.4194	
16	79.5	1999	0.4731	
17	77	2000	0.3925	
18	56	2001	0.1237	
19	69.8	2002	0.3387	
20	112.8	2003	0.8495	
21	67.5	2005	0.2849	
22	57.5	2006	0.1505	
23	95.6	2007	0.7688	
24	89.3	2008	0.6613	
25	78.7	2009	0.4462	
26	63.6	2010	0.2312	
27	116.2	2011	0.9032	
28	91.2	2012	0.7151	
29	79.7	2013	0.5000	
30	68.8	2014	0.3118	
31	59.6	2015	0.1774	
32	144.2	2016	0.9839	
33	137	2017	0.9570	
34	87.1	2018	0.6344	
35	85.5	2019	0.5538	
36	130	2020	0.9301	
37	115	2021	0.8763	

HYFRANPLUS
(c) INRS-ETE, 2002

Estación Borbur 2 - Código: 23120250

Gumbel (Method of moments)

Results of the fitting

Number of observations : 36

Parameters

u	73.539799
alpha	18.617499

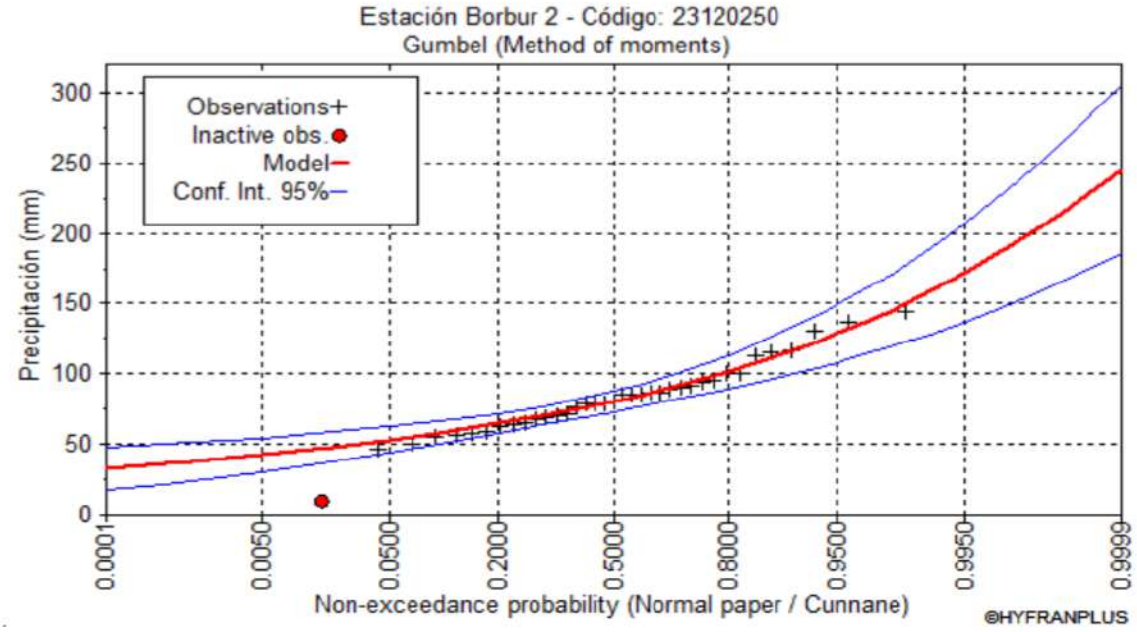
Quantiles

q = F(X) : non-exceedance probability
T = 1/(1-q)

T	q	XT	Standard deviation	Confidence interval (95%)
10000.0	0.9999	245.01	30.442	185.33 - 304.69
2000.0	0.9995	215.04	25.242	165.56 - 264.53
1000.0	0.9990	202.14	23.007	157.03 - 247.24
200.0	0.9950	172.13	17.834	137.17 - 207.10
100.0	0.9900	159.18	15.616	128.57 - 189.80
50.0	0.9800	146.18	13.405	119.90 - 172.46
25.0	0.9600	133.09	11.203	111.13 - 155.05
20.0	0.9500	128.84	10.496	108.26 - 149.41
15.0	0.9333	123.32	9.5862	104.53 - 142.11
10.0	0.9000	115.44	8.3086	99.148 - 131.72
5.0	0.8000	101.46	6.1515	89.406 - 113.52
3.0	0.6667	90.346	4.6412	81.248 - 99.445
2.3	0.5708	84.309	3.9813	76.504 - 92.114
2.0	0.5000	80.363	3.6528	73.202 - 87.524
1.4286	0.3000	70.084	3.3565	63.504 - 76.664
1.2500	0.2000	64.680	3.5727	57.676 - 71.684
1.1111	0.1000	58.012	4.1318	49.912 - 66.112
1.0526	0.0500	53.113	4.6871	43.924 - 62.301
1.0204	0.0200	48.145	5.3322	37.691 - 58.598
1.0101	0.0100	45.108	5.7556	33.824 - 56.391
1.0050	0.0050	42.497	6.1329	30.474 - 54.520
1.0010	0.0010	37.559	6.8729	24.085 - 51.032
1.0005	0.0005	35.779	7.1464	21.769 - 49.788
1.0001	0.0001	32.203	7.7045	17.099 - 47.307

HYFRANPLUS
(c) INRS-ETE, 2002

Estación Borbur 2 - Código: 23120250



DETERMINACIÓN DE RELACIONES I-D-F PRECIPITACIÓN MÁXIMA PROMEDIO

$$i = \frac{a \times T^{b} \times M^{d}}{(t/60)^{c}}$$

$$i = \frac{5.53 \times T^{0.17} \times 98.06^{0.42}}{(t/60)^{0.63}}$$

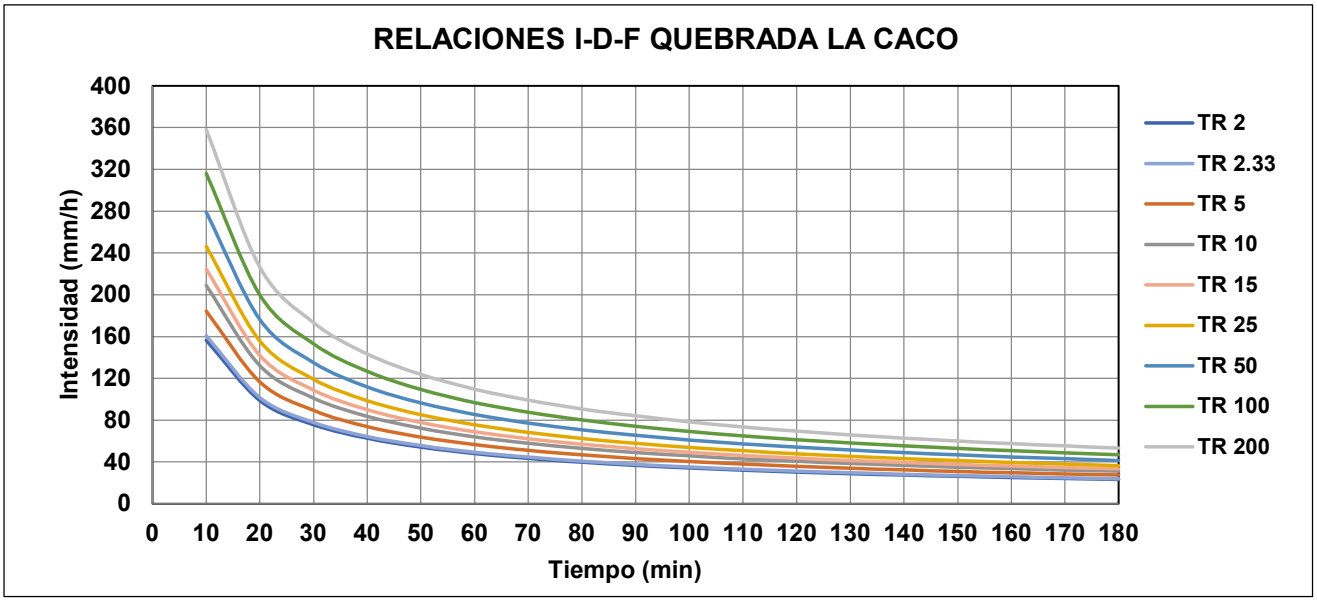
i : Intensidad de precipitación, en milímetros hora (mm/h)
T : Periodo de retorno, en años
M : Precipitación Máxima Promedio anual en 24 horas, a nivel multianual.
t : Duración de la lluvia, en minutos
a, b, c, d : Parámetros de ajuste de regresión

Para la región Andina los parámetros de ajuste de regresión son los siguientes:

Parámetro	Magnitud
a	0.94
b	0.18
c	0.66
d	0.83

P Máxima Promedio	**98.06**

INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN (mm/hora)									
TIEMPO (min)	**PERIODO DE RETORNO (Años)**								
	2	**2.33**	**5**	**10**	**15**	**25**	**50**	**100**	**200**
10	156.3	160.6	184.3	208.8	224.6	246.2	278.9	316	358
20	98.9	101.6	116.6	132.1	142.1	155.8	176.5	200	226.5
30	75.7	77.8	89.2	101.1	108.8	119.2	135.1	153	173.4
40	62.6	64.3	73.8	83.6	89.9	98.6	111.7	126.6	143.4
50	54	55.5	63.7	72.2	77.6	85.1	96.4	109.2	123.7
60	47.9	49.2	56.5	64	68.8	75.5	85.5	96.8	109.7
70	43.3	44.5	51	57.8	62.2	68.2	77.2	87.5	99.1
80	39.6	40.7	46.7	52.9	56.9	62.4	70.7	80.1	90.7
90	36.6	37.7	43.2	49	52.7	57.7	65.4	74.1	84
100	34.2	35.1	40.3	45.7	49.1	53.9	61	69.1	78.3
110	32.1	33	37.9	42.9	46.1	50.6	57.3	64.9	73.5
120	30.3	31.2	35.7	40.5	43.6	47.8	54.1	61.3	69.4
130	28.7	29.6	33.9	38.4	41.3	45.3	51.3	58.1	65.9
140	27.4	28.1	32.3	36.6	39.3	43.1	48.9	55.4	62.7
150	26.2	26.9	30.8	34.9	37.6	41.2	46.7	52.9	59.9
160	25.1	25.8	29.6	33.5	36	39.5	44.7	50.7	57.4
170	24.1	24.8	28.4	32.2	34.6	37.9	43	48.7	55.2
180	23.2	23.8	27.4	31	33.3	36.5	41.4	46.9	53.1



ANEXO 3

HIETOGRAMAS DE PRECIPITACIÓN – MÉTODO DE BLOQUE ALTERNO

HIETOGRAMAS - METODO DE BLOQUE ALTERNO QUEBRADA LA CACO

PERIODO DE RETORNO Tr = 2 Años

Tiempo (min)	i (mm/h)	Pac (mm)	Pinc (mm)	Tiempo (min)	P (mm)
10	156.3	26.05	26.05	0-10	1.58
20	98.9	32.97	6.92	10-20	1.85
30	75.7	37.85	4.88	20-30	2.10
40	62.6	41.73	3.88	30-40	2.62
50	54	45.00	3.27	40-50	3.27
60	47.9	47.90	2.90	50-60	4.88
70	43.3	50.52	2.62	60-70	26.05
80	39.6	52.80	2.28	70-80	6.92
90	36.6	54.90	2.10	80-90	3.88
100	34.2	57.00	2.10	90-100	2.90
110	32.1	58.85	1.85	100-110	2.28
120	30.3	60.60	1.75	110-120	2.10
130	28.7	62.18	1.58	120-130	1.75

PERIODO DE RETORNO Tr = 2.33 Años

Tiempo (min)	i (mm/h)	Pac (mm)	Pinc (mm)	Tiempo (min)	P (mm)
10	160.6	26.77	26.77	0-10	1.73
20	101.6	33.87	7.10	10-20	2.00
30	77.8	38.90	5.03	20-30	2.28
40	64.3	42.87	3.97	30-40	2.72
50	55.5	46.25	3.38	40-50	3.38
60	49.2	49.20	2.95	50-60	5.03
70	44.5	51.92	2.72	60-70	26.77
80	40.7	54.27	2.35	70-80	7.10
90	37.7	56.55	2.28	80-90	3.97
100	35.1	58.50	1.95	90-100	2.95
110	33.0	60.50	2.00	100-110	2.35
120	31.2	62.40	1.90	110-120	1.95
130	29.6	64.13	1.73	120-130	1.90

PERIODO DE RETORNO Tr = 5 Años

Tiempo (min)	i (mm/h)	Pac (mm)	Pinc (mm)	Tiempo (min)	P (mm)
10	184.3	30.72	30.72	0-10	2.05
20	116.6	38.87	8.15	10-20	2.31
30	89.2	44.60	5.73	20-30	2.53
40	73.8	49.20	4.60	30-40	3.00
50	63.7	53.08	3.88	40-50	3.88
60	56.5	56.50	3.42	50-60	5.73
70	51.0	59.50	3.00	60-70	30.72
80	46.7	62.27	2.77	70-80	8.15
90	43.2	64.80	2.53	80-90	4.60
100	40.3	67.17	2.37	90-100	3.42
110	37.9	69.48	2.31	100-110	2.77
120	35.7	71.40	1.92	110-120	2.37
130	33.9	73.45	2.05	120-130	1.92

HIETOGRAMAS - METODO DE BLOQUE ALTERNO QUEBRADA LA CACO

PERIODO DE RETORNO Tr = 10 Años

Tiempo (min)	i (mm/h)	Pac (mm)	Pinc (mm)	Tiempo (min)	P (mm)
10	208.8	34.80	34.80	0-10	2.20
20	132.1	44.03	9.23	10-20	2.48
30	101.1	50.55	6.52	20-30	2.97
40	83.6	55.73	5.18	30-40	3.43
50	72.2	60.17	4.44	40-50	4.44
60	64.0	64.00	3.83	50-60	6.52
70	57.8	67.43	3.43	60-70	34.80
80	52.9	70.53	3.10	70-80	9.23
90	49.0	73.50	2.97	80-90	5.18
100	45.7	76.17	2.67	90-100	3.83
110	42.9	78.65	2.48	100-110	3.10
120	40.5	81.00	2.35	110-120	2.67
130	38.4	83.20	2.20	120-130	2.35

PERIODO DE RETORNO Tr = 15 Años

Tiempo (min)	i (mm/h)	Pac (mm)	Pinc (mm)	Tiempo (min)	P (mm)
10	224.6	37.43	37.43	0-10	2.28
20	142.1	47.37	9.94	10-20	2.69
30	108.8	54.40	7.03	20-30	3.18
40	89.9	59.93	5.53	30-40	3.77
50	77.6	64.67	4.74	40-50	4.74
60	68.8	68.80	4.13	50-60	7.03
70	62.2	72.57	3.77	60-70	37.43
80	56.9	75.87	3.30	70-80	9.94
90	52.7	79.05	3.18	80-90	5.53
100	49.1	81.83	2.78	90-100	4.13
110	46.1	84.52	2.69	100-110	3.30
120	43.6	87.20	2.68	110-120	2.78
130	41.3	89.48	2.28	120-130	2.68

PERIODO DE RETORNO Tr = 25 Años

Tiempo (min)	i (mm/h)	Pac (mm)	Pinc (mm)	Tiempo (min)	P (mm)
10	246.2	41.03	41.03	0-10	2.55
20	155.8	51.93	10.90	10-20	2.94
30	119.2	59.60	7.67	20-30	3.35
40	98.6	65.73	6.13	30-40	4.07
50	85.1	70.92	5.19	40-50	5.19
60	75.5	75.50	4.58	50-60	7.67
70	68.2	79.57	4.07	60-70	41.03
80	62.4	83.20	3.63	70-80	10.90
90	57.7	86.55	3.35	80-90	6.13
100	53.9	89.83	3.28	90-100	4.58
110	50.6	92.77	2.94	100-110	3.63
120	47.8	95.60	2.83	110-120	3.28
130	45.3	98.15	2.55	120-130	2.83

HIETOGRAMAS - METODO DE BLOQUE ALTERNO QUEBRADA LA CACO

PERIODO DE RETORNO Tr = 50 Años

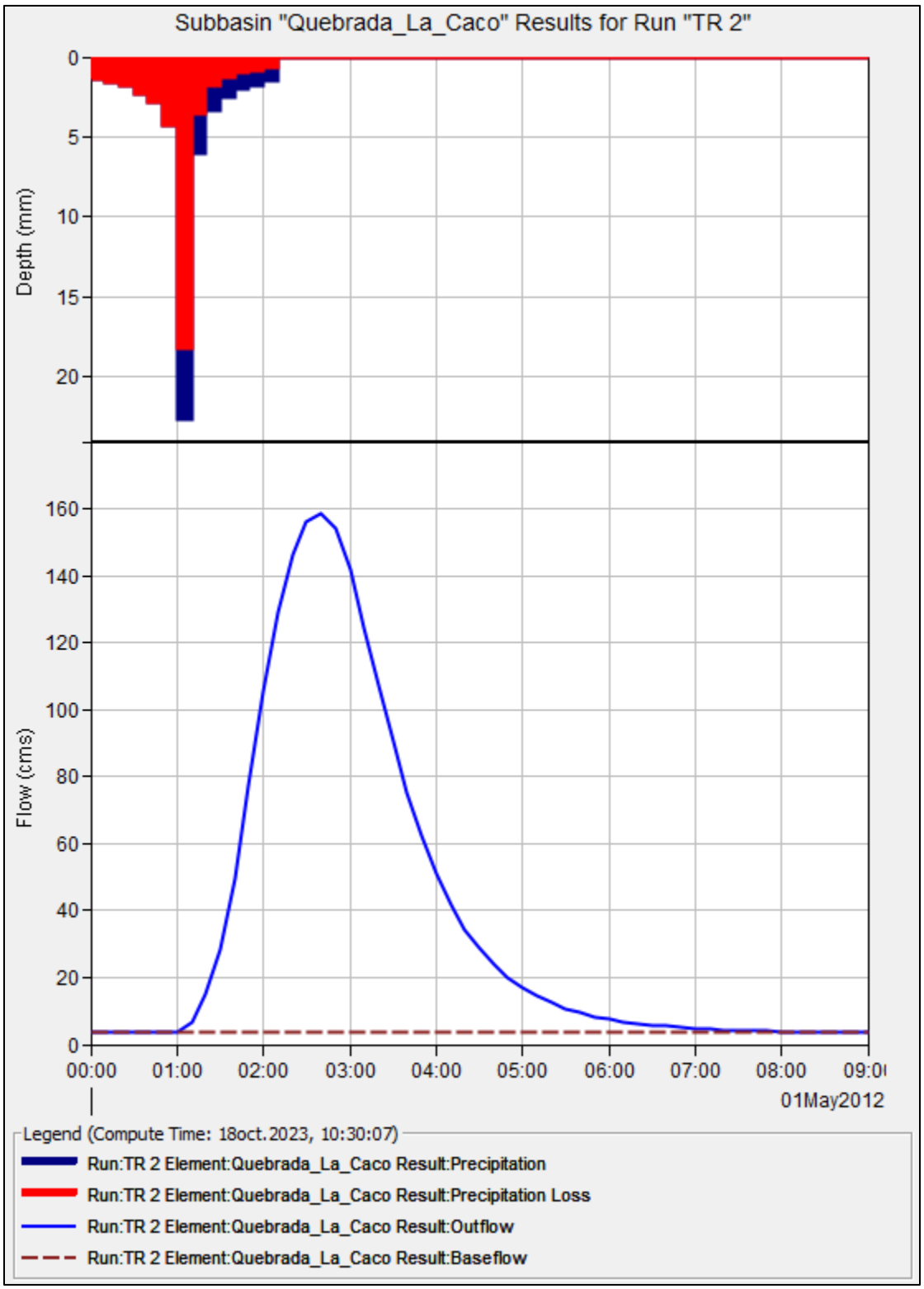
Tiempo (min)	i (mm/h)	Pac (mm)	Pinc (mm)	Tiempo (min)	P (mm)
10	278.9	46.48	46.48	0-10	2.95
20	176.5	58.83	12.35	10-20	3.38
30	135.1	67.55	8.72	20-30	3.83
40	111.7	74.47	6.92	30-40	4.57
50	96.4	80.33	5.86	40-50	5.86
60	85.5	85.50	5.17	50-60	8.72
70	77.2	90.07	4.57	60-70	46.48
80	70.7	94.27	4.20	70-80	12.35
90	65.4	98.10	3.83	80-90	6.92
100	61.0	101.67	3.57	90-100	5.17
110	57.3	105.05	3.38	100-110	4.20
120	54.1	108.20	3.15	110-120	3.57
130	51.3	111.15	2.95	120-130	3.15

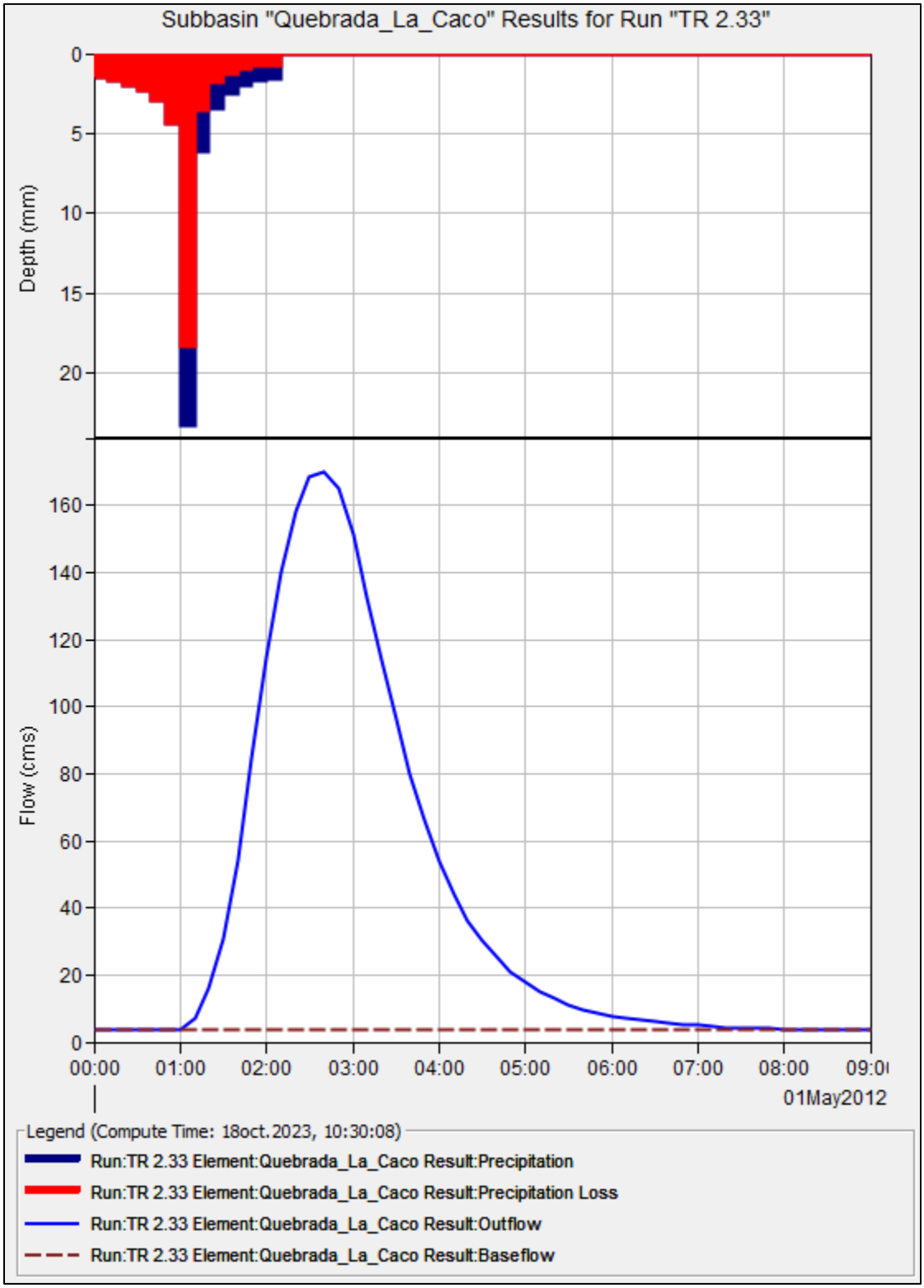
PERIODO DE RETORNO Tr = 100 Años

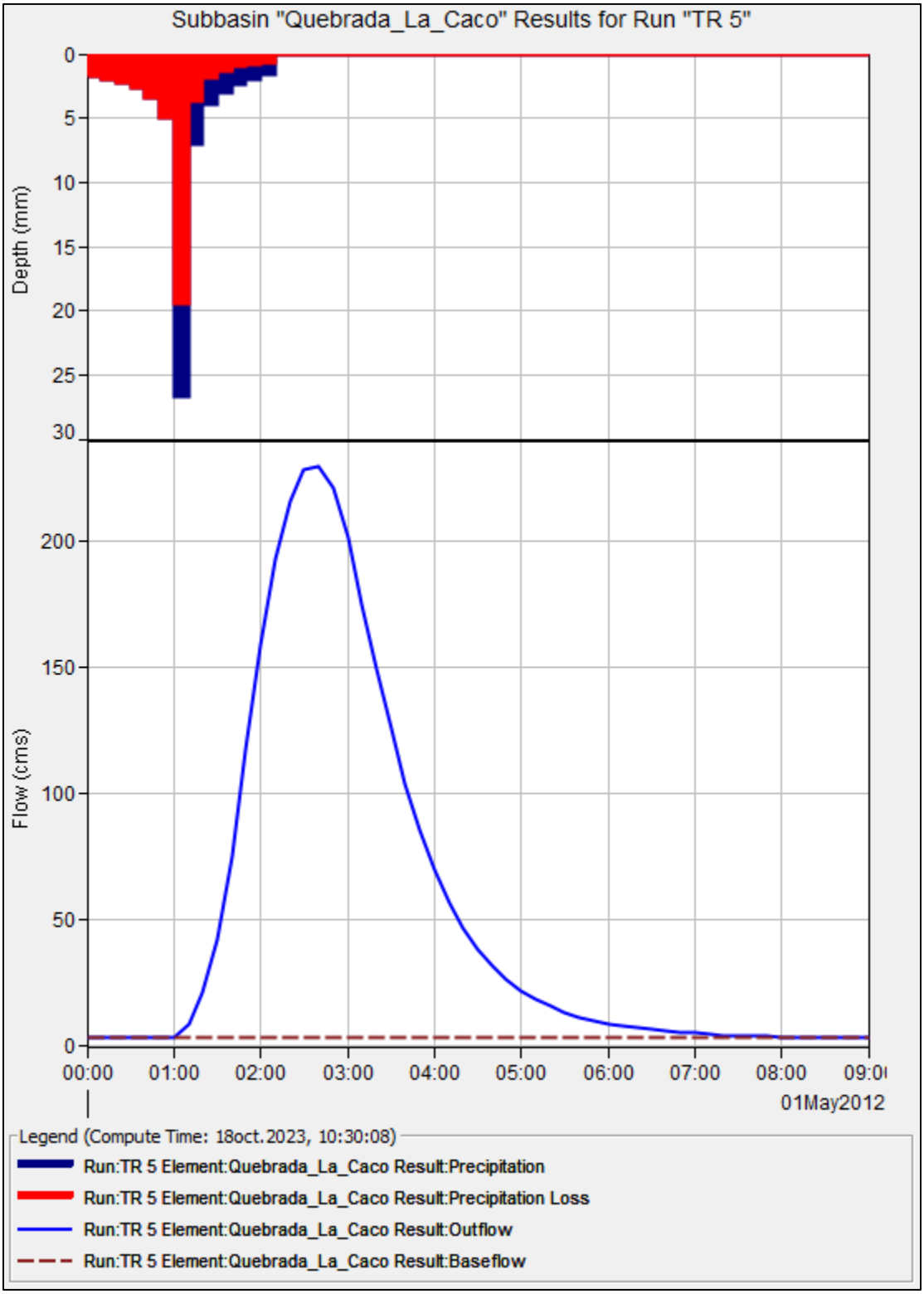
Tiempo (min)	i (mm/h)	Pac (mm)	Pinc (mm)	Tiempo (min)	P (mm)
10	316.0	52.67	52.67	0-10	3.28
20	200.0	66.67	14.00	10-20	3.81
30	153.0	76.50	9.83	20-30	4.35
40	126.6	84.40	7.90	30-40	5.28
50	109.2	91.00	6.60	40-50	6.60
60	96.8	96.80	5.80	50-60	9.83
70	87.5	102.08	5.28	60-70	52.67
80	80.1	106.80	4.72	70-80	14.00
90	74.1	111.15	4.35	80-90	7.90
100	69.1	115.17	4.02	90-100	5.80
110	64.9	118.98	3.81	100-110	4.72
120	61.3	122.60	3.62	110-120	4.02
130	58.1	125.88	3.28	120-130	3.62

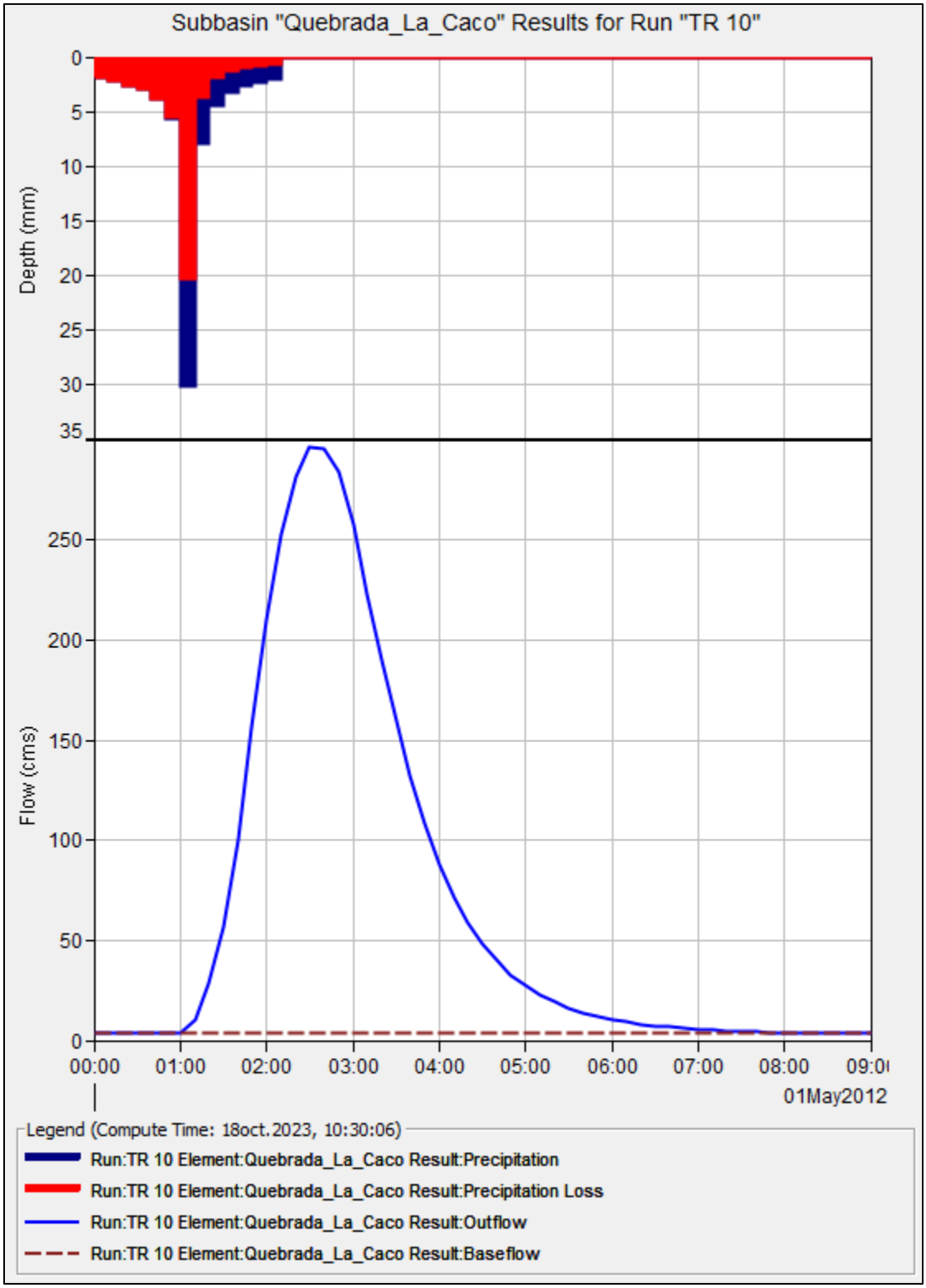
ANEXO 4

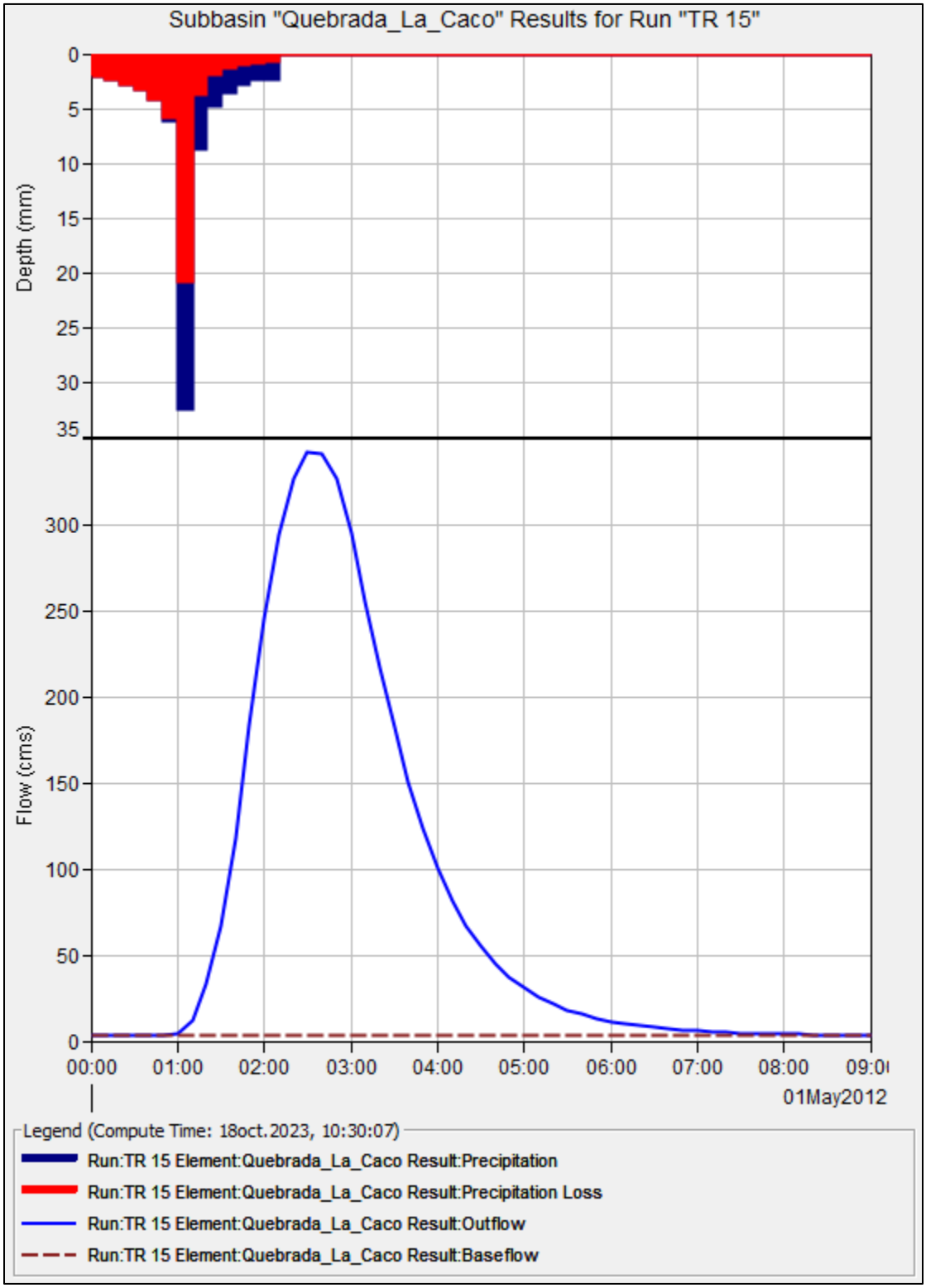
EVALUACIÓN HIDROLÓGICA DE CAUDALES MÉTODO DE HIDROGRAMA UNITARIO MODELO HEC – HMS 4.10

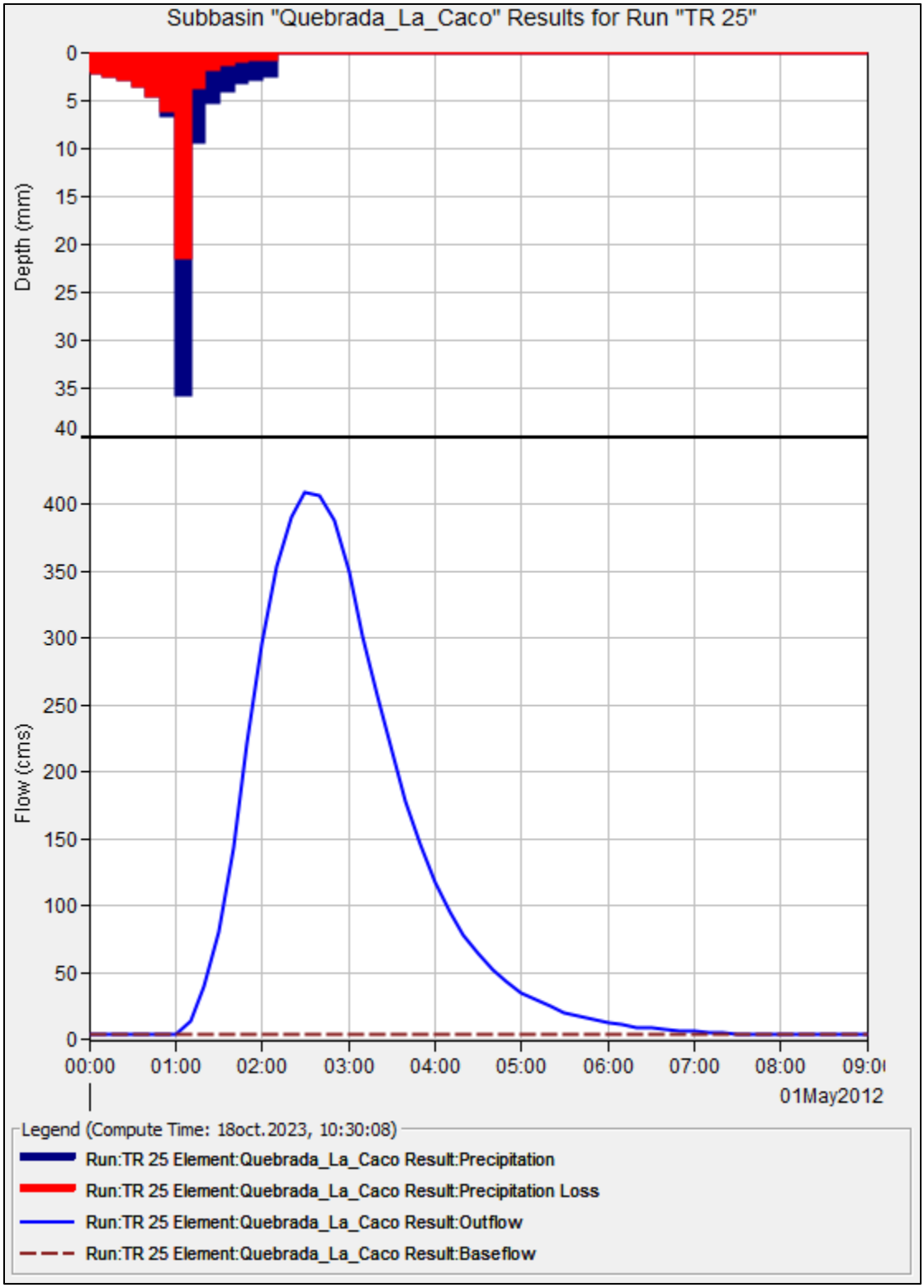

Subbasin "Quebrada_La_Caco" Results for Run "TR 2"
Depth (mm)
0
5
10
15
20
Flow (cms)
160
140
120
100
80
60
40
20
0
00:00
01:00
02:00
03:00
04:00
05:00
06:00
07:00
08:00
01May2012
Legend (Compute Time: 18oct.2023, 10:30:07)
Run:TR 2 Element:Quebrada_La_Caco Result:Precipitation
Run:TR 2 Element:Quebrada_La_Caco Result:Precipitation Loss
Run:TR 2 Element:Quebrada_La_Caco Result:Outflow
Run:TR 2 Element:Quebrada_La_Caco Result:Baseflow

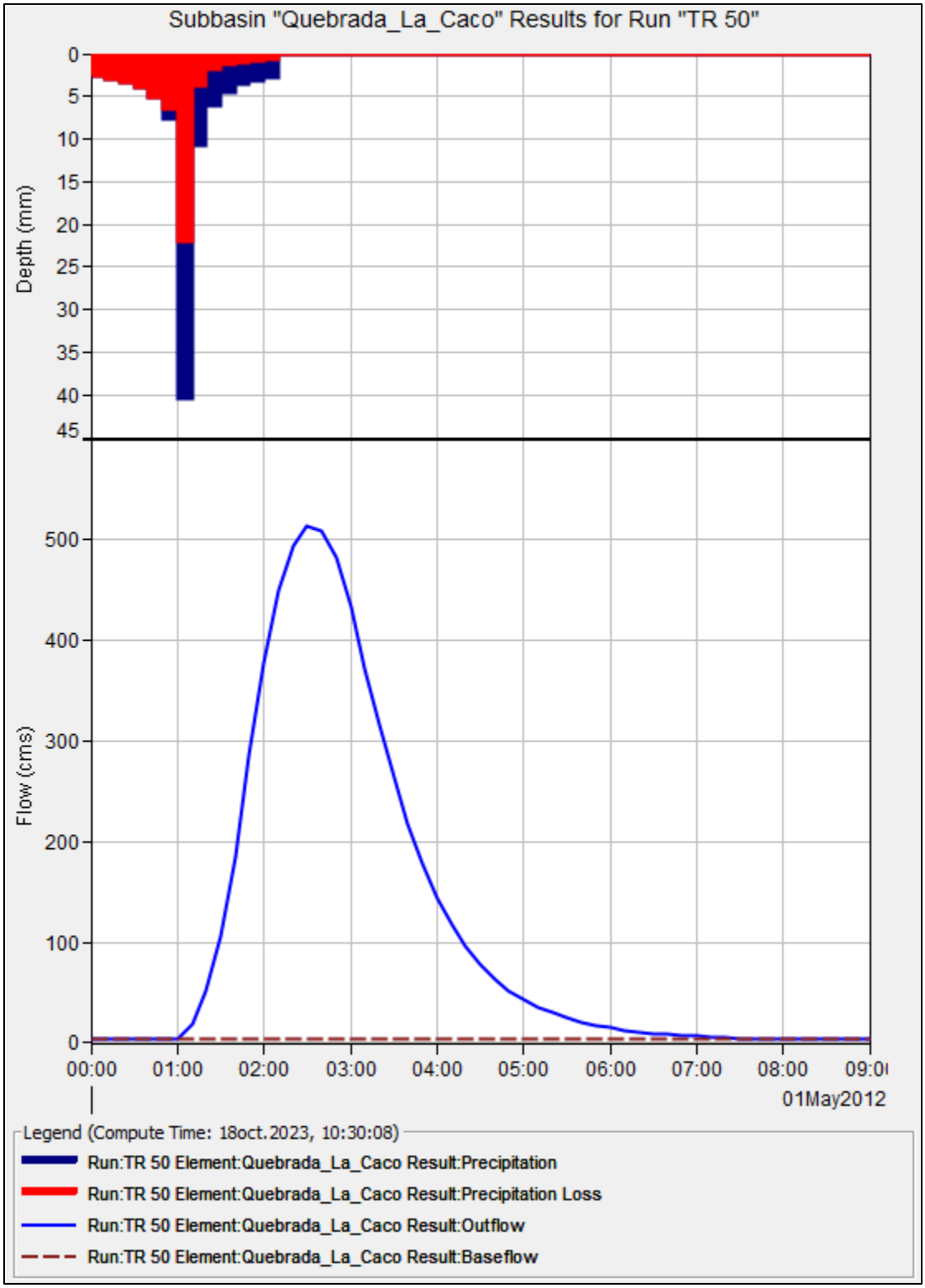

Subbasin "Quebrada_La_Caco" Results for Run "TR 2.33"
Depth (mm)
0
5
10
15
20
Flow (cms)
160
140
120
100
80
60
40
20
0
00:00
01:00
02:00
03:00
04:00
05:00
06:00
07:00
08:00
01May2012
Legend (Compute Time: 18oct.2023, 10:30:08)
Run:TR 2.33 Element:Quebrada_La_Caco Result:Precipitation
Run:TR 2.33 Element:Quebrada_La_Caco Result:Precipitation Loss
Run:TR 2.33 Element:Quebrada_La_Caco Result:Outflow
Run:TR 2.33 Element:Quebrada_La_Caco Result:Baseflow

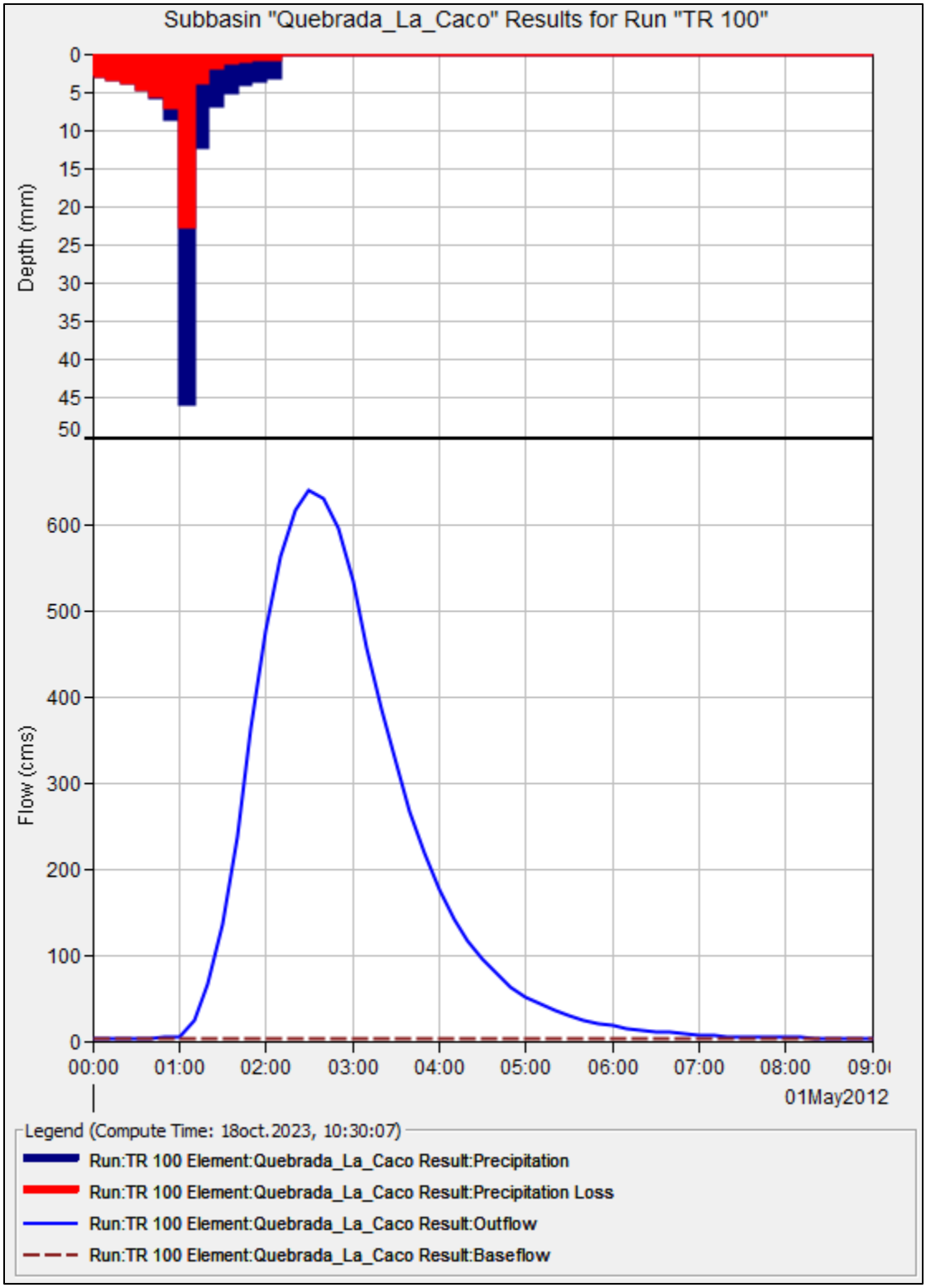

Subbasin "Quebrada_La_Caco" Results for Run "TR 5"
Depth (mm)
0
5
10
15
20
25
30
Flow (cms)
200
150
100
50
0
00:00
01:00
02:00
03:00
04:00
05:00
06:00
07:00
08:00
01May2012
Legend (Compute Time: 18oct.2023, 10:30:08)
Run:TR 5 Element:Quebrada_La_Caco Result:Precipitation
Run:TR 5 Element:Quebrada_La_Caco Result:Precipitation Loss
Run:TR 5 Element:Quebrada_La_Caco Result:Outflow
Run:TR 5 Element:Quebrada_La_Caco Result:Baseflow


Subbasin "Quebrada_La_Caco" Results for Run "TR 10"
Depth (mm)
0
5
10
15
20
25
30
35
Flow (cms)
250
200
150
100
50
0
00:00
01:00
02:00
03:00
04:00
05:00
06:00
07:00
08:00
01May2012
Legend (Compute Time: 18oct.2023, 10:30:06)
Run:TR 10 Element:Quebrada_La_Caco Result:Precipitation
Run:TR 10 Element:Quebrada_La_Caco Result:Precipitation Loss
Run:TR 10 Element:Quebrada_La_Caco Result:Outflow
Run:TR 10 Element:Quebrada_La_Caco Result:Baseflow


Subbasin "Quebrada_La_Caco" Results for Run "TR 15"
Depth (mm)
0
5
10
15
20
25
30
35
Flow (cms)
300
250
200
150
100
50
0
00:00
01:00
02:00
03:00
04:00
05:00
06:00
07:00
08:00
01May2012
Legend (Compute Time: 18oct.2023, 10:30:07)
Run:TR 15 Element:Quebrada_La_Caco Result:Precipitation
Run:TR 15 Element:Quebrada_La_Caco Result:Precipitation Loss
Run:TR 15 Element:Quebrada_La_Caco Result:Outflow
Run:TR 15 Element:Quebrada_La_Caco Result:Baseflow


Subbasin "Quebrada_La_Caco" Results for Run "TR 25"
Depth (mm)
0
5
10
15
20
25
30
35
40
Flow (cms)
400
350
300
250
200
150
100
50
0
00:00
01:00
02:00
03:00
04:00
05:00
06:00
07:00
08:00
01May2012
Legend (Compute Time: 18oct.2023, 10:30:08)
Run:TR 25 Element:Quebrada_La_Caco Result:Precipitation
Run:TR 25 Element:Quebrada_La_Caco Result:Precipitation Loss
Run:TR 25 Element:Quebrada_La_Caco Result:Outflow
Run:TR 25 Element:Quebrada_La_Caco Result:Baseflow


Subbasin "Quebrada_La_Caco" Results for Run "TR 50"
Depth (mm)
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
Flow (cms)
500
400
300
200
100
0
00:00
01:00
02:00
03:00
04:00
05:00
06:00
07:00
08:00
01May2012
Legend (Compute Time: 18oct.2023, 10:30:08)
Run:TR 50 Element:Quebrada_La_Caco Result:Precipitation
Run:TR 50 Element:Quebrada_La_Caco Result:Precipitation Loss
Run:TR 50 Element:Quebrada_La_Caco Result:Outflow
Run:TR 50 Element:Quebrada_La_Caco Result:Baseflow


Subbasin "Quebrada_La_Caco" Results for Run "TR 100"
Depth (mm)
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
Flow (cms)
600
500
400
300
200
100
0
00:00
01:00
02:00
03:00
04:00
05:00
06:00
07:00
08:00
01May2012
Legend (Compute Time: 18oct.2023, 10:30:07)
Run:TR 100 Element:Quebrada_La_Caco Result:Precipitation
Run:TR 100 Element:Quebrada_La_Caco Result:Precipitation Loss
Run:TR 100 Element:Quebrada_La_Caco Result:Outflow
Run:TR 100 Element:Quebrada_La_Caco Result:Baseflow

ANEXO 5

RESULTADOS EVALUACIÓN HIDRÁULICA MODELO HEC-RAS 6.1

HEC-RAS Plan: Puente_Quebr River: Quebrada_La_Caco Reach: Quebrada_La_Caco

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Quebrada_La_Caco	460.37	TR 2	158.51	664.57	666.04	665.58	666.15	0.002696	1.42	111.47	104.59	0.44
Quebrada_La_Caco	460.37	TR 2.33	170.12	664.57	666.09	665.61	666.20	0.002699	1.46	116.47	105.03	0.44
Quebrada_La_Caco	460.37	TR 5	229.72	664.57	666.32	665.76	666.46	0.002679	1.63	140.99	107.23	0.45
Quebrada_La_Caco	460.37	TR 10	295.98	664.57	666.56	665.91	666.72	0.002637	1.78	166.32	109.46	0.46
Quebrada_La_Caco	460.37	TR 15	341.93	664.57	666.71	666.01	666.88	0.002569	1.87	182.91	110.94	0.46
Quebrada_La_Caco	460.37	TR 25	408.39	664.57	666.91	666.14	667.12	0.002476	1.99	206.20	112.94	0.46
Quebrada_La_Caco	460.37	TR 50	514.28	664.57	667.23	666.34	667.46	0.002345	2.14	241.99	119.42	0.46
Quebrada_La_Caco	460.37	TR 100	638.88	664.57	667.57	666.56	667.83	0.002216	2.29	284.07	126.19	0.46
Quebrada_La_Caco	442.06	TR 2	158.51	664.56	665.96	665.58	666.09	0.003671	1.59	99.78	99.87	0.51
Quebrada_La_Caco	442.06	TR 2.33	170.12	664.56	666.01	665.62	666.14	0.003647	1.63	104.49	100.30	0.51
Quebrada_La_Caco	442.06	TR 5	229.72	664.56	666.23	665.77	666.40	0.003519	1.80	127.61	102.47	0.52
Quebrada_La_Caco	442.06	TR 10	295.98	664.56	666.47	665.92	666.66	0.003373	1.95	151.65	104.60	0.52
Quebrada_La_Caco	442.06	TR 15	341.93	664.56	666.62	666.03	666.83	0.003245	2.04	167.46	105.54	0.52
Quebrada_La_Caco	442.06	TR 25	408.39	664.56	666.82	666.16	667.06	0.003079	2.16	189.55	106.84	0.51
Quebrada_La_Caco	442.06	TR 50	514.28	664.56	667.14	666.37	667.41	0.002869	2.32	223.47	115.04	0.51
Quebrada_La_Caco	442.06	TR 100	638.88	664.56	667.48	666.58	667.78	0.002674	2.47	263.24	118.87	0.50
Quebrada_La_Caco	421.98	TR 2	158.51	664.46	665.83	665.55	666.00	0.005293	1.82	86.98	93.00	0.60
Quebrada_La_Caco	421.98	TR 2.33	170.12	664.46	665.87	665.58	666.05	0.005196	1.86	91.37	93.29	0.60
Quebrada_La_Caco	421.98	TR 5	229.72	664.46	666.10	665.74	666.31	0.004806	2.04	112.75	94.74	0.60
Quebrada_La_Caco	421.98	TR 10	295.98	664.46	666.33	665.91	666.58	0.004461	2.20	134.77	96.22	0.59
Quebrada_La_Caco	421.98	TR 15	341.93	664.46	666.48	666.01	666.75	0.004251	2.29	149.25	97.15	0.59
Quebrada_La_Caco	421.98	TR 25	408.39	664.46	666.69	666.15	666.99	0.003998	2.42	169.49	98.43	0.58
Quebrada_La_Caco	421.98	TR 50	514.28	664.46	667.00	666.36	667.34	0.003699	2.59	200.35	106.72	0.57
Quebrada_La_Caco	421.98	TR 100	638.88	664.46	667.33	666.59	667.72	0.003418	2.75	236.97	110.36	0.57
Quebrada_La_Caco	401.57	TR 2	158.51	664.26	665.68	665.44	665.88	0.006028	1.96	80.71	84.99	0.64
Quebrada_La_Caco	401.57	TR 2.33	170.12	664.26	665.73	665.47	665.93	0.005922	2.01	84.81	85.35	0.64
Quebrada_La_Caco	401.57	TR 5	229.72	664.26	665.96	665.63	666.20	0.005512	2.20	104.46	86.83	0.64
Quebrada_La_Caco	401.57	TR 10	295.98	664.26	666.19	665.81	666.47	0.005192	2.38	124.59	88.38	0.64
Quebrada_La_Caco	401.57	TR 15	341.93	664.26	666.34	665.92	666.65	0.005014	2.48	137.88	89.42	0.64
Quebrada_La_Caco	401.57	TR 25	408.39	664.26	666.54	666.07	666.89	0.004748	2.61	156.62	90.93	0.63
Quebrada_La_Caco	401.57	TR 50	514.28	664.26	666.85	666.29	667.25	0.004374	2.79	184.91	93.12	0.62
Quebrada_La_Caco	401.57	TR 100	638.88	664.26	667.18	666.53	667.63	0.004101	2.99	215.87	96.46	0.62
Quebrada_La_Caco	385.85	TR 2	158.51	664.06	665.54	665.33	665.77	0.007018	2.13	74.37	77.69	0.70
Quebrada_La_Caco	385.85	TR 2.33	170.12	664.06	665.59	665.36	665.83	0.006927	2.18	78.07	78.12	0.70
Quebrada_La_Caco	385.85	TR 5	229.72	664.06	665.81	665.55	666.10	0.006490	2.40	95.69	80.04	0.70
Quebrada_La_Caco	385.85	TR 10	295.98	664.06	666.03	665.73	666.38	0.006217	2.62	113.48	81.95	0.70
Quebrada_La_Caco	385.85	TR 15	341.93	664.06	666.17	665.85	666.56	0.006045	2.75	125.23	83.17	0.70
Quebrada_La_Caco	385.85	TR 25	408.39	664.06	666.37	666.01	666.80	0.005757	2.91	142.06	84.91	0.70
Quebrada_La_Caco	385.85	TR 50	514.28	664.06	666.67	666.25	667.16	0.005390	3.12	167.78	87.49	0.69
Quebrada_La_Caco	385.85	TR 100	638.88	664.06	666.98	666.50	667.55	0.005143	3.35	195.65	90.19	0.69
Quebrada_La_Caco	369.71	TR 2	158.51	663.89	665.31	665.21	665.63	0.010455	2.50	63.43	70.17	0.84
Quebrada_La_Caco	369.71	TR 2.33	170.12	663.89	665.35	665.25	665.68	0.010398	2.56	66.48	70.65	0.84
Quebrada_La_Caco	369.71	TR 5	229.72	663.89	665.55	665.45	665.96	0.010365	2.85	80.59	72.76	0.86
Quebrada_La_Caco	369.71	TR 10	295.98	663.89	665.73	665.64	666.23	0.010584	3.16	93.71	74.78	0.89
Quebrada_La_Caco	369.71	TR 15	341.93	663.89	665.84	665.76	666.41	0.010543	3.34	102.51	76.10	0.91
Quebrada_La_Caco	369.71	TR 25	408.39	663.89	665.96	665.92	666.65	0.011369	3.67	111.81	77.47	0.95
Quebrada_La_Caco	369.71	TR 50	514.28	663.89	666.18	666.18	667.01	0.011495	4.04	128.81	79.81	0.98
Quebrada_La_Caco	369.71	TR 100	638.88	663.89	666.44	666.44	667.39	0.011007	4.34	150.05	82.77	0.98
Quebrada_La_Caco	353.41	TR 2	158.51	663.73	665.05	665.02	665.42	0.014045	2.72	58.30	70.58	0.96
Quebrada_La_Caco	353.41	TR 2.33	170.12	663.73	665.08	665.06	665.48	0.014196	2.80	60.73	70.85	0.97
Quebrada_La_Caco	353.41	TR 5	229.72	663.73	665.26	665.26	665.76	0.014176	3.13	73.44	72.51	0.99
Quebrada_La_Caco	353.41	TR 10	295.98	663.73	665.45	665.45	666.03	0.013487	3.38	87.67	74.31	0.99
Quebrada_La_Caco	353.41	TR 15	341.93	663.73	665.57	665.57	666.21	0.013383	3.55	96.27	75.35	1.00
Quebrada_La_Caco	353.41	TR 25	408.39	663.73	665.74	665.74	666.45	0.012494	3.74	109.49	76.97	0.99
Quebrada_La_Caco	353.41	TR 50	514.28	663.73	665.95	665.98	666.81	0.012564	4.10	126.01	78.87	1.01
Quebrada_La_Caco	353.41	TR 100	638.88	663.73	666.18	666.25	667.20	0.012589	4.47	144.25	81.00	1.04
Quebrada_La_Caco	337.48	TR 2	158.51	663.51	664.91	664.81	665.21	0.010178	2.40	65.93	75.93	0.82
Quebrada_La_Caco	337.48	TR 2.33	170.12	663.51	664.95	664.84	665.26	0.010388	2.48	68.48	76.22	0.84
Quebrada_La_Caco	337.48	TR 5	229.72	663.51	665.10	665.03	665.52	0.011393	2.86	80.38	77.66	0.90
Quebrada_La_Caco	337.48	TR 10	295.98	663.51	665.13	665.22	665.78	0.017194	3.57	82.82	77.91	1.11
Quebrada_La_Caco	337.48	TR 15	341.93	663.51	665.23	665.33	665.96	0.017379	3.78	90.40	78.79	1.13
Quebrada_La_Caco	337.48	TR 25	408.39	663.51	665.35	665.49	666.20	0.017838	4.09	99.89	79.93	1.16
Quebrada_La_Caco	337.48	TR 50	514.28	663.51	665.55	665.73	666.56	0.017512	4.46	115.68	81.72	1.18
Quebrada_La_Caco	337.48	TR 100	638.88	663.51	665.75	665.98	666.95	0.017297	4.84	132.88	83.63	1.20
Quebrada_La_Caco	322.47	TR 2	158.51	663.41	664.80	664.66	665.05	0.009205	2.24	70.81	84.23	0.78
Quebrada_La_Caco	322.47	TR 2.33	170.12	663.41	664.83	664.70	665.10	0.009382	2.31	73.54	84.51	0.79
Quebrada_La_Caco	322.47	TR 5	229.72	663.41	664.98	664.86	665.34	0.010173	2.66	86.41	85.79	0.85
Quebrada_La_Caco	322.47	TR 10	295.98	663.41	665.13	665.04	665.58	0.010764	2.98	99.42	86.98	0.89
Quebrada_La_Caco	322.47	TR 15	341.93	663.41	665.22	665.16	665.74	0.011109	3.19	107.45	87.81	0.91
Quebrada_La_Caco	322.47	TR 25	408.39	663.41	665.35	665.30	665.96	0.011498	3.46	118.48	88.80	0.94
Quebrada_La_Caco	322.47	TR 50	514.28	663.41	665.49	665.53	666.28	0.013205	3.95	130.82	89.96	1.03

HEC-RAS Plan: Puente_Quebr River: Quebrada_La_Caco Reach: Quebrada_La_Caco (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Quebrada_La_Caco	322.47	TR 100	638.88	663.41	665.59	665.77	666.66	0.016320	4.59	140.11	90.79	1.16
Quebrada_La_Caco	309.71	TR 2	158.51	663.26	664.66	664.57	664.93	0.010573	2.26	70.05	91.09	0.82
Quebrada_La_Caco	309.71	TR 2.33	170.12	663.26	664.70	664.61	664.97	0.010623	2.33	73.06	91.34	0.83
Quebrada_La_Caco	309.71	TR 5	229.72	663.26	664.85	664.76	665.20	0.010898	2.64	87.15	92.64	0.87
Quebrada_La_Caco	309.71	TR 10	295.98	663.26	665.00	664.92	665.44	0.010971	2.92	101.39	93.58	0.89
Quebrada_La_Caco	309.71	TR 15	341.93	663.26	665.10	665.03	665.59	0.011153	3.11	110.15	94.16	0.91
Quebrada_La_Caco	309.71	TR 25	408.39	663.26	665.23	665.17	665.80	0.011118	3.34	122.89	95.04	0.93
Quebrada_La_Caco	309.71	TR 50	514.28	663.26	665.44	665.39	666.11	0.010699	3.62	143.28	96.36	0.93
Quebrada_La_Caco	309.71	TR 100	638.88	663.26	665.51	665.61	666.45	0.014393	4.31	149.48	96.76	1.09
Quebrada_La_Caco	295.98	TR 2	158.51	663.06	664.52	664.43	664.78	0.010949	2.26	70.29	94.14	0.83
Quebrada_La_Caco	295.98	TR 2.33	170.12	663.06	664.55	664.47	664.82	0.010943	2.32	73.44	94.43	0.84
Quebrada_La_Caco	295.98	TR 5	229.72	663.06	664.71	664.62	665.05	0.011002	2.60	88.19	95.44	0.87
Quebrada_La_Caco	295.98	TR 10	295.98	663.06	664.87	664.78	665.28	0.010770	2.85	103.68	96.49	0.88
Quebrada_La_Caco	295.98	TR 15	341.93	663.06	664.96	664.88	665.43	0.010819	3.03	112.96	97.09	0.89
Quebrada_La_Caco	295.98	TR 25	408.39	663.06	665.12	665.02	665.64	0.010207	3.19	128.06	98.10	0.89
Quebrada_La_Caco	295.98	TR 50	514.28	663.06	665.36	665.22	665.95	0.009169	3.39	152.37	99.67	0.86
Quebrada_La_Caco	295.98	TR 100	638.88	663.06	665.66	665.44	666.30	0.007919	3.54	182.25	101.56	0.83
Quebrada_La_Caco	282.19	TR 2	158.51	662.86	664.30	664.26	664.60	0.013821	2.45	64.66	91.11	0.93
Quebrada_La_Caco	282.19	TR 2.33	170.12	662.86	664.33	664.29	664.65	0.013601	2.51	67.86	91.36	0.93
Quebrada_La_Caco	282.19	TR 5	229.72	662.86	664.50	664.46	664.89	0.012568	2.74	83.73	92.72	0.92
Quebrada_La_Caco	282.19	TR 10	295.98	662.86	664.69	664.62	665.13	0.011419	2.93	100.94	94.14	0.90
Quebrada_La_Caco	282.19	TR 15	341.93	662.86	664.81	664.73	665.28	0.010629	3.03	112.90	95.14	0.89
Quebrada_La_Caco	282.19	TR 25	408.39	662.86	664.99	664.86	665.50	0.009586	3.14	130.00	96.53	0.86
Quebrada_La_Caco	282.19	TR 50	514.28	662.86	665.27	665.07	665.82	0.008198	3.29	156.90	98.68	0.82
Quebrada_La_Caco	282.19	TR 100	638.88	662.86	665.59	665.30	666.18	0.006903	3.40	189.19	100.98	0.78
Quebrada_La_Caco	268.34	TR 2	158.51	662.79	664.15	664.06	664.43	0.010693	2.32	68.39	86.48	0.83
Quebrada_La_Caco	268.34	TR 2.33	170.12	662.79	664.19	664.10	664.48	0.010633	2.38	71.59	86.81	0.84
Quebrada_La_Caco	268.34	TR 5	229.72	662.79	664.37	664.26	664.72	0.010120	2.62	87.61	88.25	0.84
Quebrada_La_Caco	268.34	TR 10	295.98	662.79	664.57	664.43	664.97	0.009308	2.81	105.38	89.82	0.83
Quebrada_La_Caco	268.34	TR 15	341.93	662.79	664.71	664.53	665.14	0.008718	2.90	117.77	90.89	0.81
Quebrada_La_Caco	268.34	TR 25	408.39	662.79	664.90	664.68	665.36	0.007975	3.02	135.30	92.42	0.80
Quebrada_La_Caco	268.34	TR 50	514.28	662.79	665.19	664.90	665.70	0.006907	3.17	162.67	94.72	0.76
Quebrada_La_Caco	268.34	TR 100	638.88	662.79	665.53	665.14	666.08	0.005938	3.30	194.92	97.38	0.73
Quebrada_La_Caco	259.45	TR 2	158.51	662.75	664.06	663.96	664.33	0.010230	2.31	68.59	84.15	0.82
Quebrada_La_Caco	259.45	TR 2.33	170.12	662.75	664.10	663.99	664.38	0.010180	2.37	71.71	84.26	0.82
Quebrada_La_Caco	259.45	TR 5	229.72	662.75	664.28	664.16	664.63	0.009720	2.63	87.33	84.76	0.83
Quebrada_La_Caco	259.45	TR 10	295.98	662.75	664.48	664.33	664.89	0.008998	2.83	104.47	85.48	0.82
Quebrada_La_Caco	259.45	TR 15	341.93	662.75	664.62	664.44	665.06	0.008569	2.94	116.23	86.57	0.81
Quebrada_La_Caco	259.45	TR 25	408.39	662.75	664.81	664.60	665.29	0.007971	3.07	133.06	88.07	0.80
Quebrada_La_Caco	259.45	TR 50	514.28	662.75	665.11	664.82	665.64	0.007017	3.22	159.89	90.43	0.77
Quebrada_La_Caco	259.45	TR 100	638.88	662.75	665.45	665.07	666.03	0.006068	3.36	190.91	93.14	0.74
Quebrada_La_Caco	250.52	TR 2	158.51	662.65	663.99	663.86	664.24	0.009087	2.22	71.52	85.47	0.77
Quebrada_La_Caco	250.52	TR 2.33	170.12	662.65	664.03	663.90	664.29	0.009016	2.27	74.84	85.58	0.78
Quebrada_La_Caco	250.52	TR 5	229.72	662.65	664.22	664.06	664.54	0.008468	2.51	91.61	86.12	0.78
Quebrada_La_Caco	250.52	TR 10	295.98	662.65	664.44	664.23	664.81	0.007697	2.69	110.12	86.70	0.76
Quebrada_La_Caco	250.52	TR 15	341.93	662.65	664.58	664.34	664.98	0.007216	2.79	122.55	87.03	0.75
Quebrada_La_Caco	250.52	TR 25	408.39	662.65	664.78	664.49	665.21	0.006631	2.92	139.90	87.51	0.74
Quebrada_La_Caco	250.52	TR 50	514.28	662.65	665.08	664.68	665.57	0.005893	3.09	166.70	88.26	0.71
Quebrada_La_Caco	250.52	TR 100	638.88	662.65	665.43	664.95	665.97	0.005256	3.26	196.95	89.07	0.69
Quebrada_La_Caco	241.18	TR 2	158.51	662.51	663.89	663.77	664.15	0.009801	2.28	69.57	84.52	0.80
Quebrada_La_Caco	241.18	TR 2.33	170.12	662.51	663.93	663.81	664.20	0.009634	2.33	73.02	84.67	0.80
Quebrada_La_Caco	241.18	TR 5	229.72	662.51	664.14	663.98	664.46	0.008424	2.51	91.39	85.36	0.78
Quebrada_La_Caco	241.18	TR 10	295.98	662.51	664.37	664.15	664.73	0.007388	2.66	111.06	85.93	0.75
Quebrada_La_Caco	241.18	TR 15	341.93	662.51	664.52	664.25	664.91	0.006880	2.76	124.00	86.28	0.73
Quebrada_La_Caco	241.18	TR 25	408.39	662.51	664.73	664.41	665.15	0.006290	2.88	141.90	86.78	0.72
Quebrada_La_Caco	241.18	TR 50	514.28	662.51	665.04	664.63	665.51	0.005586	3.05	169.07	87.52	0.70
Quebrada_La_Caco	241.18	TR 100	638.88	662.51	665.39	664.86	665.91	0.004987	3.21	199.66	88.37	0.68
Quebrada_La_Caco	231.81	TR 2	158.51	662.34	663.81	663.66	664.06	0.008365	2.20	72.11	81.99	0.75
Quebrada_La_Caco	231.81	TR 2.33	170.12	662.34	663.86	663.69	664.11	0.008275	2.25	75.54	82.14	0.75
Quebrada_La_Caco	231.81	TR 5	229.72	662.34	664.08	663.86	664.38	0.007356	2.44	94.14	82.96	0.73
Quebrada_La_Caco	231.81	TR 10	295.98	662.34	664.32	664.04	664.66	0.006545	2.60	113.97	83.67	0.71
Quebrada_La_Caco	231.81	TR 15	341.93	662.34	664.47	664.16	664.84	0.006135	2.69	126.89	84.06	0.70
Quebrada_La_Caco	231.81	TR 25	408.39	662.34	664.68	664.30	665.09	0.005669	2.83	144.63	84.63	0.69
Quebrada_La_Caco	231.81	TR 50	514.28	662.34	665.00	664.53	665.46	0.005121	3.00	171.54	85.47	0.67
Quebrada_La_Caco	231.81	TR 100	638.88	662.34	665.35	664.78	665.87	0.004656	3.18	201.58	86.40	0.66
Quebrada_La_Caco	227.42	TR 2	158.51	662.26	663.78	663.61	664.02	0.008189	2.20	72.02	80.39	0.74
Quebrada_La_Caco	227.42	TR 2.33	170.12	662.26	663.82	663.65	664.08	0.008131	2.26	75.36	80.50	0.75
Quebrada_La_Caco	227.42	TR 5	229.72	662.26	664.05	663.83	664.35	0.007188	2.45	93.78	81.06	0.73
Quebrada_La_Caco	227.42	TR 10	295.98	662.26	664.28	664.00	664.63	0.006410	2.62	113.13	81.63	0.71
Quebrada_La_Caco	227.42	TR 15	341.93	662.26	664.44	664.11	664.82	0.006058	2.73	125.59	82.01	0.70

HEC-RAS Plan: Puente_Quebr River: Quebrada_La_Caco Reach: Quebrada_La_Caco (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Quebrada_La_Caco	227.42	TR 25	408.39	662.26	664.64	664.27	665.06	0.005677	2.87	142.69	82.51	0.69
Quebrada_La_Caco	227.42	TR 50	514.28	662.26	664.96	664.48	665.44	0.005210	3.07	168.58	83.27	0.68
Quebrada_La_Caco	227.42	TR 100	638.88	662.26	665.30	664.73	665.84	0.004797	3.26	197.47	84.12	0.67
Quebrada_La_Caco	222.91	TR 2	158.51	662.34	663.74	663.57	663.99	0.007719	2.18	72.83	79.52	0.72
Quebrada_La_Caco	222.91	TR 2.33	170.12	662.34	663.78	663.60	664.04	0.007683	2.24	76.11	79.61	0.73
Quebrada_La_Caco	222.91	TR 5	229.72	662.34	664.02	663.77	664.32	0.006819	2.44	94.63	80.10	0.71
Quebrada_La_Caco	222.91	TR 10	295.98	662.34	664.26	663.96	664.60	0.006131	2.61	113.98	80.62	0.70
Quebrada_La_Caco	222.91	TR 15	341.93	662.34	664.41	664.07	664.79	0.005828	2.72	126.36	80.94	0.69
Quebrada_La_Caco	222.91	TR 25	408.39	662.34	664.62	664.23	665.04	0.005498	2.87	143.31	81.38	0.68
Quebrada_La_Caco	222.91	TR 50	514.28	662.34	664.93	664.45	665.41	0.005091	3.07	168.89	82.04	0.68
Quebrada_La_Caco	222.91	TR 100	638.88	662.34	665.28	664.71	665.82	0.004727	3.28	197.32	82.78	0.67
Quebrada_La_Caco	220.20	TR 2	158.51	662.43	663.72	663.54	663.97	0.007714	2.21	72.15	76.99	0.73
Quebrada_La_Caco	220.20	TR 2.33	170.12	662.43	663.76	663.58	664.02	0.007733	2.27	75.25	77.03	0.73
Quebrada_La_Caco	220.20	TR 5	229.72	662.43	663.98	663.76	664.30	0.007065	2.49	92.72	77.25	0.72
Quebrada_La_Caco	220.20	TR 10	295.98	662.43	664.22	663.93	664.58	0.006522	2.69	110.68	77.46	0.72
Quebrada_La_Caco	220.20	TR 15	341.93	662.43	664.37	664.05	664.77	0.006275	2.82	122.18	77.60	0.71
Quebrada_La_Caco	220.20	TR 25	408.39	662.43	664.57	664.21	665.02	0.006009	2.99	137.83	77.78	0.71
Quebrada_La_Caco	220.20	TR 50	514.28	662.43	664.87	664.45	665.39	0.005682	3.22	161.20	78.05	0.71
Quebrada_La_Caco	220.20	TR 100	638.88	662.43	665.20	664.71	665.80	0.005372	3.45	187.02	78.34	0.71
Quebrada_La_Caco	219.20	TR 2	158.51	662.45	663.70	663.53	663.96	0.008048	2.26	71.41	76.64	0.74
Quebrada_La_Caco	219.20	TR 2.33	170.12	662.45	663.75	663.57	664.01	0.007875	2.31	75.01	76.69	0.74
Quebrada_La_Caco	219.20	TR 5	229.72	662.45	663.97	663.75	664.29	0.007234	2.53	92.30	76.92	0.73
Quebrada_La_Caco	219.20	TR 10	295.98	662.45	664.20	663.92	664.58	0.006775	2.75	109.77	77.15	0.73
Quebrada_La_Caco	219.20	TR 15	341.93	662.45	664.35	664.04	664.76	0.006518	2.88	121.23	77.30	0.73
Quebrada_La_Caco	219.20	TR 25	408.39	662.45	664.55	664.21	665.01	0.006246	3.05	136.80	77.51	0.73
Quebrada_La_Caco	219.20	TR 50	514.28	662.45	664.85	664.45	665.39	0.005913	3.29	160.03	77.81	0.73
Quebrada_La_Caco	219.20	TR 100	638.88	662.45	665.18	664.70	665.80	0.005608	3.53	185.63	78.12	0.72
Quebrada_La_Caco	217.3		Bridge									
Quebrada_La_Caco	215.40	TR 2	158.51	662.54	663.39	663.51	663.92	0.025867	3.21	49.53	75.08	1.26
Quebrada_La_Caco	215.40	TR 2.33	170.12	662.54	663.41	663.54	663.99	0.027870	3.37	50.53	75.10	1.31
Quebrada_La_Caco	215.40	TR 5	229.72	662.54	663.56	663.72	664.27	0.026198	3.73	61.69	75.25	1.31
Quebrada_La_Caco	215.40	TR 10	295.98	662.54	663.71	663.91	664.55	0.024936	4.07	72.95	75.40	1.32
Quebrada_La_Caco	215.40	TR 15	341.93	662.54	663.80	664.02	664.73	0.024203	4.27	80.31	75.50	1.32
Quebrada_La_Caco	215.40	TR 25	408.39	662.54	663.94	664.19	664.98	0.023352	4.54	90.37	75.63	1.32
Quebrada_La_Caco	215.40	TR 50	514.28	662.54	664.13	664.43	665.36	0.022268	4.91	105.38	75.83	1.32
Quebrada_La_Caco	215.40	TR 100	638.88	662.54	664.40	664.69	665.73	0.019285	5.12	125.49	76.10	1.27
Quebrada_La_Caco	214.40	TR 2	158.51	662.56	663.41	663.51	663.91	0.024018	3.12	50.77	74.91	1.21
Quebrada_La_Caco	214.40	TR 2.33	170.12	662.56	663.45	663.54	663.96	0.022852	3.16	53.79	74.95	1.19
Quebrada_La_Caco	214.40	TR 5	229.72	662.56	663.61	663.72	664.24	0.021848	3.52	65.34	75.11	1.20
Quebrada_La_Caco	214.40	TR 10	295.98	662.56	663.77	663.90	664.51	0.020139	3.80	77.98	75.29	1.19
Quebrada_La_Caco	214.40	TR 15	341.93	662.56	663.88	664.02	664.69	0.019637	3.99	85.70	75.40	1.19
Quebrada_La_Caco	214.40	TR 25	408.39	662.56	664.02	664.19	664.93	0.018697	4.22	96.81	75.55	1.19
Quebrada_La_Caco	214.40	TR 50	514.28	662.56	664.23	664.42	665.30	0.018070	4.58	112.41	75.76	1.20
Quebrada_La_Caco	214.40	TR 100	638.88	662.56	664.45	664.69	665.70	0.017709	4.97	128.94	75.99	1.21
Quebrada_La_Caco	212.69	TR 2	158.51	662.58	663.40	663.47	663.89	0.023394	3.10	51.05	74.60	1.20
Quebrada_La_Caco	212.69	TR 2.33	170.12	662.58	663.44	663.53	663.94	0.022215	3.14	54.11	74.64	1.18
Quebrada_La_Caco	212.69	TR 5	229.72	662.58	663.59	663.71	664.22	0.021185	3.49	65.77	74.81	1.19
Quebrada_La_Caco	212.69	TR 10	295.98	662.58	663.75	663.89	664.49	0.020280	3.82	77.62	74.97	1.20
Quebrada_La_Caco	212.69	TR 15	341.93	662.58	663.86	664.01	664.67	0.019709	4.01	85.40	75.08	1.20
Quebrada_La_Caco	212.69	TR 25	408.39	662.58	664.00	664.17	664.92	0.018702	4.24	96.57	75.23	1.19
Quebrada_La_Caco	212.69	TR 50	514.28	662.58	664.22	664.41	665.28	0.017613	4.56	113.02	75.45	1.19
Quebrada_La_Caco	212.69	TR 100	638.88	662.58	664.45	664.68	665.68	0.016952	4.92	130.36	75.69	1.19
Quebrada_La_Caco	209.98	TR 2	158.51	662.58	663.37	663.45	663.84	0.021634	3.03	52.24	74.67	1.16
Quebrada_La_Caco	209.98	TR 2.33	170.12	662.58	663.41	663.49	663.90	0.021099	3.10	54.95	74.72	1.15
Quebrada_La_Caco	209.98	TR 5	229.72	662.58	663.56	663.67	664.17	0.020551	3.46	66.43	74.94	1.17
Quebrada_La_Caco	209.98	TR 10	295.98	662.58	663.74	663.85	664.44	0.018870	3.73	79.44	75.18	1.16
Quebrada_La_Caco	209.98	TR 15	341.93	662.58	663.83	663.96	664.63	0.018815	3.94	86.74	75.32	1.17
Quebrada_La_Caco	209.98	TR 25	408.39	662.58	663.98	664.13	664.87	0.018039	4.18	97.77	75.53	1.17
Quebrada_La_Caco	209.98	TR 50	514.28	662.58	664.20	664.37	665.23	0.016904	4.50	114.61	75.86	1.16
Quebrada_La_Caco	209.98	TR 100	638.88	662.58	664.44	664.64	665.63	0.016006	4.82	132.88	76.25	1.16
Quebrada_La_Caco	205.89	TR 2	158.51	662.57	663.49	663.40	663.79	0.010585	2.40	66.03	78.27	0.83
Quebrada_La_Caco	205.89	TR 2.33	170.12	662.57	663.52	663.44	663.84	0.010976	2.50	68.16	78.32	0.85
Quebrada_La_Caco	205.89	TR 5	229.72	662.57	663.54	663.61	664.10	0.018968	3.32	69.27	78.35	1.13
Quebrada_La_Caco	205.89	TR 10	295.98	662.57	663.69	663.78	664.36	0.018276	3.63	81.61	78.62	1.14
Quebrada_La_Caco	205.89	TR 15	341.93	662.57	663.82	663.90	664.53	0.016422	3.72	91.94	78.84	1.10
Quebrada_La_Caco	205.89	TR 25	408.39	662.57	663.88	664.06	664.79	0.019796	4.23	96.73	78.95	1.22
Quebrada_La_Caco	205.89	TR 50	514.28	662.57	664.08	664.29	665.15	0.019125	4.59	112.35	79.29	1.22
Quebrada_La_Caco	205.89	TR 100	638.88	662.57	664.29	664.55	665.55	0.018748	4.97	128.90	79.65	1.24
Quebrada_La_Caco	201.84	TR 2	158.51	662.55	663.45	663.37	663.74	0.011416	2.40	65.99	83.29	0.86

HEC-RAS Plan: Puente_Quebr River: Quebrada_La_Caco Reach: Quebrada_La_Caco (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Quebrada_La_Caco	201.84	TR 2.33	170.12	662.55	663.47	663.41	663.79	0.011841	2.50	68.11	83.35	0.88
Quebrada_La_Caco	201.84	TR 5	229.72	662.55	663.48	663.58	664.05	0.020580	3.33	69.10	83.38	1.16
Quebrada_La_Caco	201.84	TR 10	295.98	662.55	663.64	663.75	664.31	0.019313	3.61	82.10	83.74	1.16
Quebrada_La_Caco	201.84	TR 15	341.93	662.55	663.76	663.86	664.46	0.017469	3.71	92.36	84.05	1.12
Quebrada_La_Caco	201.84	TR 25	408.39	662.55	663.88	664.01	664.70	0.017808	4.01	102.26	84.32	1.15
Quebrada_La_Caco	201.84	TR 50	514.28	662.55	664.02	664.24	665.07	0.019804	4.54	113.89	84.65	1.24
Quebrada_La_Caco	201.84	TR 100	638.88	662.55	664.18	664.48	665.47	0.020931	5.03	127.79	85.04	1.30
Quebrada_La_Caco	193.50	TR 2	158.51	662.50	663.36	663.31	663.64	0.012418	2.35	67.85	96.98	0.88
Quebrada_La_Caco	193.50	TR 2.33	170.12	662.50	663.38	663.34	663.68	0.012704	2.43	70.37	97.07	0.90
Quebrada_La_Caco	193.50	TR 5	229.72	662.50	663.49	663.49	663.91	0.014743	2.86	80.83	97.47	0.99
Quebrada_La_Caco	193.50	TR 10	295.98	662.50	663.62	663.64	664.14	0.015172	3.19	93.60	97.98	1.03
Quebrada_La_Caco	193.50	TR 15	341.93	662.50	663.71	663.75	664.29	0.015064	3.37	102.48	98.35	1.04
Quebrada_La_Caco	193.50	TR 25	408.39	662.50	663.71	663.89	664.53	0.021329	4.02	102.71	98.36	1.24
Quebrada_La_Caco	193.50	TR 50	514.28	662.50	663.83	664.09	664.88	0.023947	4.56	114.19	98.83	1.33
Quebrada_La_Caco	193.50	TR 100	638.88	662.50	663.96	664.31	665.27	0.025897	5.09	127.36	99.36	1.41
Quebrada_La_Caco	184.54	TR 2	158.51	662.35	663.21	663.21	663.51	0.016325	2.44	65.13	106.20	0.99
Quebrada_La_Caco	184.54	TR 2.33	170.12	662.35	663.23	663.23	663.55	0.016326	2.51	67.98	106.68	1.00
Quebrada_La_Caco	184.54	TR 5	229.72	662.35	663.38	663.38	663.77	0.014962	2.75	83.90	109.14	0.99
Quebrada_La_Caco	184.54	TR 10	295.98	662.35	663.46	663.53	663.99	0.017971	3.22	92.73	110.57	1.10
Quebrada_La_Caco	184.54	TR 15	341.93	662.35	663.52	663.62	664.13	0.018992	3.46	99.70	111.62	1.14
Quebrada_La_Caco	184.54	TR 25	408.39	662.35	663.68	663.75	664.31	0.016130	3.54	117.27	114.48	1.08
Quebrada_La_Caco	184.54	TR 50	514.28	662.35	663.74	663.95	664.64	0.021008	4.20	124.77	115.55	1.25
Quebrada_La_Caco	184.54	TR 100	638.88	662.35	663.84	664.14	665.00	0.024672	4.80	136.00	116.70	1.37
Quebrada_La_Caco	175.95	TR 2	158.51	662.16	663.04	663.07	663.35	0.019791	2.47	64.29	117.98	1.06
Quebrada_La_Caco	175.95	TR 2.33	170.12	662.16	663.06	663.10	663.40	0.020363	2.56	66.52	118.32	1.09
Quebrada_La_Caco	175.95	TR 5	229.72	662.16	663.16	663.23	663.60	0.022385	2.97	77.55	119.91	1.17
Quebrada_La_Caco	175.95	TR 10	295.98	662.16	663.26	663.37	663.81	0.022606	3.29	90.29	121.90	1.20
Quebrada_La_Caco	175.95	TR 15	341.93	662.16	663.32	663.46	663.95	0.023168	3.51	97.94	123.03	1.23
Quebrada_La_Caco	175.95	TR 25	408.39	662.16	663.41	663.58	664.14	0.023194	3.77	109.30	124.69	1.26
Quebrada_La_Caco	175.95	TR 50	514.28	662.16	663.52	663.75	664.43	0.025184	4.23	122.93	125.67	1.33
Quebrada_La_Caco	175.95	TR 100	638.88	662.16	663.63	663.95	664.77	0.027643	4.74	136.65	126.64	1.42
Quebrada_La_Caco	167.11	TR 2	158.51	661.98	662.99	662.94	663.21	0.012862	2.08	76.29	131.96	0.87
Quebrada_La_Caco	167.11	TR 2.33	170.12	661.98	663.01	662.96	663.25	0.013038	2.15	79.31	132.52	0.88
Quebrada_La_Caco	167.11	TR 5	229.72	661.98	663.12	663.08	663.43	0.013854	2.47	93.53	134.08	0.93
Quebrada_La_Caco	167.11	TR 10	295.98	661.98	663.22	663.21	663.61	0.014675	2.78	107.31	135.03	0.98
Quebrada_La_Caco	167.11	TR 15	341.93	661.98	663.25	663.30	663.73	0.017004	3.07	112.06	135.33	1.06
Quebrada_La_Caco	167.11	TR 25	408.39	661.98	663.30	663.41	663.91	0.019990	3.46	118.91	135.79	1.16
Quebrada_La_Caco	167.11	TR 50	514.28	661.98	663.40	663.57	664.18	0.022465	3.93	132.17	136.64	1.25
Quebrada_La_Caco	167.11	TR 100	638.88	661.98	663.51	663.75	664.49	0.024909	4.42	146.33	137.76	1.34
Quebrada_La_Caco	154.42	TR 2	158.51	661.73	662.83	662.78	663.04	0.012990	2.00	79.37	145.80	0.86
Quebrada_La_Caco	154.42	TR 2.33	170.12	661.73	662.86	662.81	663.07	0.013100	2.06	82.62	145.95	0.87
Quebrada_La_Caco	154.42	TR 5	229.72	661.73	662.96	662.93	663.24	0.013654	2.35	97.81	146.63	0.92
Quebrada_La_Caco	154.42	TR 10	295.98	661.73	663.06	663.05	663.42	0.014276	2.64	112.50	147.24	0.96
Quebrada_La_Caco	154.42	TR 15	341.93	661.73	663.10	663.12	663.53	0.016218	2.90	118.12	147.49	1.03
Quebrada_La_Caco	154.42	TR 25	408.39	661.73	663.20	663.22	663.68	0.015834	3.09	132.52	148.10	1.04
Quebrada_La_Caco	154.42	TR 50	514.28	661.73	663.36	663.38	663.91	0.014455	3.30	156.74	149.16	1.02
Quebrada_La_Caco	154.42	TR 100	638.88	661.73	663.54	663.55	664.16	0.013207	3.50	183.89	150.29	1.00
Quebrada_La_Caco	140.63	TR 2	158.51	661.60	662.69	662.62	662.86	0.011198	1.85	85.86	158.74	0.80
Quebrada_La_Caco	140.63	TR 2.33	170.12	661.60	662.71	662.64	662.90	0.011265	1.90	89.44	158.88	0.81
Quebrada_La_Caco	140.63	TR 5	229.72	661.60	662.82	662.75	663.06	0.011597	2.16	106.31	159.46	0.84
Quebrada_La_Caco	140.63	TR 10	295.98	661.60	662.91	662.85	663.22	0.012446	2.45	121.31	159.99	0.89
Quebrada_La_Caco	140.63	TR 15	341.93	661.60	662.97	662.93	663.32	0.013114	2.63	130.30	160.30	0.93
Quebrada_La_Caco	140.63	TR 25	408.39	661.60	663.04	663.03	663.46	0.014157	2.89	141.76	160.68	0.98
Quebrada_La_Caco	140.63	TR 50	514.28	661.60	663.10	663.18	663.69	0.017784	3.39	152.11	161.03	1.11
Quebrada_La_Caco	140.63	TR 100	638.88	661.60	663.22	663.34	663.94	0.018922	3.77	170.25	161.68	1.16
Quebrada_La_Caco	126.90	TR 2	158.51	661.53	662.47	662.45	662.67	0.016652	2.03	78.25	169.33	0.95
Quebrada_La_Caco	126.90	TR 2.33	170.12	661.53	662.48	662.47	662.71	0.016734	2.09	81.53	169.42	0.96
Quebrada_La_Caco	126.90	TR 5	229.72	661.53	662.58	662.58	662.86	0.016832	2.36	97.51	169.94	0.99
Quebrada_La_Caco	126.90	TR 10	295.98	661.53	662.68	662.68	663.02	0.015902	2.57	115.58	170.53	0.99
Quebrada_La_Caco	126.90	TR 15	341.93	661.53	662.75	662.75	663.12	0.015559	2.70	126.94	170.88	1.00
Quebrada_La_Caco	126.90	TR 25	408.39	661.53	662.85	662.85	663.26	0.014864	2.86	143.29	171.41	0.99
Quebrada_La_Caco	126.90	TR 50	514.28	661.53	662.96	662.98	663.47	0.015735	3.19	161.93	172.00	1.04
Quebrada_La_Caco	126.90	TR 100	638.88	661.53	663.11	663.14	663.70	0.014674	3.40	188.64	172.83	1.03
Quebrada_La_Caco	112.47	TR 2	158.51	661.27	662.24	662.22	662.44	0.015602	1.94	81.88	181.07	0.92
Quebrada_La_Caco	112.47	TR 2.33	170.12	661.27	662.26	662.24	662.47	0.015701	2.00	85.27	181.16	0.93
Quebrada_La_Caco	112.47	TR 5	229.72	661.27	662.35	662.34	662.61	0.016149	2.27	101.32	181.67	0.97
Quebrada_La_Caco	112.47	TR 10	295.98	661.27	662.41	662.44	662.77	0.019316	2.65	111.85	181.96	1.08
Quebrada_La_Caco	112.47	TR 15	341.93	661.27	662.46	662.51	662.87	0.019720	2.83	121.27	182.24	1.10
Quebrada_La_Caco	112.47	TR 25	408.39	661.27	662.53	662.60	663.01	0.020367	3.06	133.69	182.63	1.14
Quebrada_La_Caco	112.47	TR 50	514.28	661.27	662.64	662.73	663.21	0.019895	3.34	154.77	183.23	1.15
Quebrada_La_Caco	112.47	TR 100	638.88	661.27	662.75	662.88	663.44	0.020642	3.68	174.53	183.82	1.20

HEC-RAS Plan: Puente_Quebr River: Quebrada_La_Caco Reach: Quebrada_La_Caco (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Quebrada_La_Caco	94.02	TR 2	158.51	661.15	661.96	661.94	662.14	0.015892	1.90	83.27	191.51	0.92
Quebrada_La_Caco	94.02	TR 2.33	170.12	661.15	661.98	661.95	662.17	0.015889	1.96	86.89	191.56	0.93
Quebrada_La_Caco	94.02	TR 5	229.72	661.15	662.07	662.05	662.32	0.015772	2.20	104.32	191.80	0.95
Quebrada_La_Caco	94.02	TR 10	295.98	661.15	662.16	662.15	662.46	0.015668	2.43	121.74	192.04	0.97
Quebrada_La_Caco	94.02	TR 15	341.93	661.15	662.19	662.22	662.56	0.018264	2.70	126.80	192.11	1.06
Quebrada_La_Caco	94.02	TR 25	408.39	661.15	662.27	662.30	662.69	0.017065	2.84	144.03	192.36	1.05
Quebrada_La_Caco	94.02	TR 50	514.28	661.15	662.41	662.43	662.88	0.015346	3.02	170.87	192.75	1.02
Quebrada_La_Caco	94.02	TR 100	638.88	661.15	662.57	662.57	663.09	0.013977	3.20	200.30	193.15	1.00
Quebrada_La_Caco	75.46	TR 2	158.51	660.69	661.75	661.67	661.89	0.010562	1.67	95.08	196.24	0.76
Quebrada_La_Caco	75.46	TR 2.33	170.12	660.69	661.77	661.69	661.92	0.010478	1.71	99.44	196.30	0.77
Quebrada_La_Caco	75.46	TR 5	229.72	660.69	661.88	661.79	662.06	0.010218	1.92	120.02	196.58	0.78
Quebrada_La_Caco	75.46	TR 10	295.98	660.69	661.99	661.88	662.21	0.009898	2.10	141.13	196.87	0.79
Quebrada_La_Caco	75.46	TR 15	341.93	660.69	662.06	661.95	662.30	0.009642	2.21	155.16	197.06	0.79
Quebrada_La_Caco	75.46	TR 25	408.39	660.69	662.15	662.03	662.43	0.009380	2.35	174.12	197.31	0.80
Quebrada_La_Caco	75.46	TR 50	514.28	660.69	662.30	662.16	662.63	0.008897	2.54	203.28	197.71	0.80
Quebrada_La_Caco	75.46	TR 100	638.88	660.69	662.46	662.29	662.84	0.008460	2.72	235.24	198.15	0.80
Quebrada_La_Caco	56.98	TR 2	158.51	660.71	661.58	661.47	661.71	0.008839	1.60	99.25	191.20	0.71
Quebrada_La_Caco	56.98	TR 2.33	170.12	660.71	661.61	661.49	661.74	0.008593	1.63	104.45	191.27	0.70
Quebrada_La_Caco	56.98	TR 5	229.72	660.71	661.72	661.59	661.89	0.008603	1.84	125.07	191.56	0.73
Quebrada_La_Caco	56.98	TR 10	295.98	660.71	661.83	661.69	662.04	0.008307	2.01	147.21	191.86	0.73
Quebrada_La_Caco	56.98	TR 15	341.93	660.71	661.91	661.75	662.14	0.008008	2.11	162.36	192.06	0.73
Quebrada_La_Caco	56.98	TR 25	408.39	660.71	662.01	661.84	662.27	0.007841	2.25	181.83	192.31	0.74
Quebrada_La_Caco	56.98	TR 50	514.28	660.71	662.17	661.97	662.47	0.007429	2.43	212.36	192.71	0.74
Quebrada_La_Caco	56.98	TR 100	638.88	660.71	662.34	662.11	662.69	0.007130	2.61	245.07	193.16	0.74
Quebrada_La_Caco	38.89	TR 2	158.51	660.41	661.26	661.26	661.48	0.018115	2.06	76.76	171.97	0.99
Quebrada_La_Caco	38.89	TR 2.33	170.12	660.41	661.28	661.28	661.51	0.018781	2.15	79.23	172.01	1.01
Quebrada_La_Caco	38.89	TR 5	229.72	660.41	661.39	661.39	661.67	0.016713	2.34	98.33	172.35	0.99
Quebrada_La_Caco	38.89	TR 10	295.98	660.41	661.49	661.49	661.82	0.015931	2.55	116.21	172.66	0.99
Quebrada_La_Caco	38.89	TR 15	341.93	660.41	661.55	661.55	661.92	0.015907	2.70	126.83	172.85	1.00
Quebrada_La_Caco	38.89	TR 25	408.39	660.41	661.65	661.65	662.06	0.014965	2.84	143.79	173.14	0.99
Quebrada_La_Caco	38.89	TR 50	514.28	660.41	661.79	661.79	662.27	0.014368	3.08	167.25	173.57	1.00
Quebrada_La_Caco	38.89	TR 100	638.88	660.41	661.94	661.94	662.49	0.013439	3.29	194.46	174.05	0.99
Quebrada_La_Caco	20.00	TR 2	158.51	660.08	660.92	660.90	661.13	0.015854	2.02	78.58	165.26	0.93
Quebrada_La_Caco	20.00	TR 2.33	170.12	660.08	660.94	660.92	661.16	0.015667	2.07	82.28	165.33	0.94
Quebrada_La_Caco	20.00	TR 5	229.72	660.08	661.00	661.02	661.32	0.020076	2.51	91.49	165.50	1.08
Quebrada_La_Caco	20.00	TR 10	295.98	660.08	661.09	661.13	661.48	0.019959	2.78	106.75	165.77	1.10
Quebrada_La_Caco	20.00	TR 15	341.93	660.08	661.15	661.19	661.59	0.019489	2.92	117.27	165.96	1.11
Quebrada_La_Caco	20.00	TR 25	408.39	660.08	661.23	661.30	661.73	0.019536	3.14	130.42	166.18	1.13
Quebrada_La_Caco	20.00	TR 50	514.28	660.08	661.35	661.44	661.95	0.019124	3.42	150.84	166.57	1.14
Quebrada_La_Caco	20.00	TR 100	638.88	660.08	661.49	661.60	662.18	0.018604	3.69	173.38	167.00	1.15
Quebrada_La_Caco	0.00	TR 2	158.51	659.81	660.70	660.61	660.86	0.010003	1.79	88.54	157.71	0.76
Quebrada_La_Caco	0.00	TR 2.33	170.12	659.81	660.72	660.63	660.90	0.010004	1.84	92.38	157.78	0.77
Quebrada_La_Caco	0.00	TR 5	229.72	659.81	660.84	660.74	661.06	0.010003	2.08	110.67	158.13	0.79
Quebrada_La_Caco	0.00	TR 10	295.98	659.81	660.96	660.85	661.22	0.010014	2.30	128.87	158.48	0.81
Quebrada_La_Caco	0.00	TR 15	341.93	659.81	661.03	660.92	661.33	0.010009	2.44	140.60	158.71	0.82
Quebrada_La_Caco	0.00	TR 25	408.39	659.81	661.13	661.02	661.48	0.010006	2.61	156.51	159.03	0.84
Quebrada_La_Caco	0.00	TR 50	514.28	659.81	661.28	661.17	661.69	0.010004	2.87	179.89	159.47	0.86
Quebrada_La_Caco	0.00	TR 100	638.88	659.81	661.43	661.33	661.93	0.010020	3.13	205.00	159.97	0.88

HEC-RAS Plan: Puente_Quebr River: Quebrada_La_Caco Reach: Quebrada_La_Caco

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Quebrada_La_Caco	460.37	TR 2	158.51	664.57	666.04	665.58	666.15	0.002696	1.42	111.47	104.59	0.44
Quebrada_La_Caco	460.37	TR 2.33	170.12	664.57	666.09	665.61	666.20	0.002699	1.46	116.47	105.03	0.44
Quebrada_La_Caco	460.37	TR 5	229.72	664.57	666.32	665.76	666.46	0.002674	1.63	141.07	107.23	0.45
Quebrada_La_Caco	460.37	TR 10	295.98	664.57	666.56	665.91	666.72	0.002628	1.78	166.45	109.47	0.46
Quebrada_La_Caco	460.37	TR 15	341.93	664.57	666.71	666.01	666.89	0.002561	1.87	183.02	110.95	0.46
Quebrada_La_Caco	460.37	TR 25	408.39	664.57	666.92	666.14	667.12	0.002470	1.98	206.30	112.95	0.46
Quebrada_La_Caco	460.37	TR 50	514.28	664.57	667.23	666.32	667.46	0.002342	2.14	242.05	119.43	0.46
Quebrada_La_Caco	460.37	TR 100	638.88	664.57	667.56	666.55	667.83	0.002231	2.30	283.43	126.12	0.46
Quebrada_La_Caco	442.06	TR 2	158.51	664.56	665.96	665.58	666.09	0.003671	1.59	99.78	99.87	0.51
Quebrada_La_Caco	442.06	TR 2.33	170.12	664.56	666.01	665.62	666.14	0.003647	1.63	104.49	100.30	0.51
Quebrada_La_Caco	442.06	TR 5	229.72	664.56	666.23	665.77	666.40	0.003511	1.80	127.70	102.48	0.51
Quebrada_La_Caco	442.06	TR 10	295.98	664.56	666.47	665.92	666.66	0.003362	1.95	151.81	104.61	0.52
Quebrada_La_Caco	442.06	TR 15	341.93	664.56	666.62	666.03	666.83	0.003236	2.04	167.60	105.55	0.51
Quebrada_La_Caco	442.06	TR 25	408.39	664.56	666.83	666.16	667.06	0.003073	2.16	189.66	106.85	0.51
Quebrada_La_Caco	442.06	TR 50	514.28	664.56	667.14	666.37	667.41	0.002866	2.32	223.55	115.05	0.51
Quebrada_La_Caco	442.06	TR 100	638.88	664.56	667.47	666.58	667.78	0.002695	2.48	262.55	118.78	0.50
Quebrada_La_Caco	421.98	TR 2	158.51	664.46	665.83	665.55	666.00	0.005293	1.82	86.98	93.00	0.60
Quebrada_La_Caco	421.98	TR 2.33	170.12	664.46	665.87	665.58	666.05	0.005196	1.86	91.37	93.29	0.60
Quebrada_La_Caco	421.98	TR 5	229.72	664.46	666.10	665.74	666.31	0.004788	2.04	112.87	94.75	0.60
Quebrada_La_Caco	421.98	TR 10	295.98	664.46	666.33	665.91	666.58	0.004443	2.19	134.98	96.23	0.59
Quebrada_La_Caco	421.98	TR 15	341.93	664.46	666.48	666.01	666.75	0.004236	2.29	149.44	97.16	0.59
Quebrada_La_Caco	421.98	TR 25	408.39	664.46	666.69	666.15	666.99	0.003989	2.41	169.64	98.44	0.58
Quebrada_La_Caco	421.98	TR 50	514.28	664.46	667.00	666.36	667.34	0.003694	2.59	200.45	106.73	0.57
Quebrada_La_Caco	421.98	TR 100	638.88	664.46	667.33	666.59	667.71	0.003454	2.76	236.18	110.29	0.57
Quebrada_La_Caco	401.57	TR 2	158.51	664.26	665.68	665.44	665.88	0.006028	1.96	80.71	84.99	0.64
Quebrada_La_Caco	401.57	TR 2.33	170.12	664.26	665.73	665.47	665.93	0.005922	2.01	84.81	85.35	0.64
Quebrada_La_Caco	401.57	TR 5	229.72	664.26	665.96	665.64	666.20	0.005489	2.19	104.66	86.85	0.64
Quebrada_La_Caco	401.57	TR 10	295.98	664.26	666.19	665.81	666.48	0.005184	2.37	124.89	88.41	0.64
Quebrada_La_Caco	401.57	TR 15	341.93	664.26	666.34	665.92	666.65	0.005022	2.47	138.16	89.44	0.64
Quebrada_La_Caco	401.57	TR 25	408.39	664.26	666.55	666.07	666.89	0.004791	2.60	156.87	90.95	0.63
Quebrada_La_Caco	401.57	TR 50	514.28	664.26	666.86	666.30	667.25	0.004396	2.78	185.29	93.17	0.62
Quebrada_La_Caco	401.57	TR 100	638.88	664.26	667.17	666.54	667.63	0.004164	2.98	215.38	96.33	0.62
Quebrada_La_Caco	385.85	TR 2	158.51	664.06	665.54	665.33	665.77	0.007018	2.13	74.37	77.69	0.70
Quebrada_La_Caco	385.85	TR 2.33	170.12	664.06	665.59	665.37	665.83	0.006927	2.18	78.07	78.12	0.70
Quebrada_La_Caco	385.85	TR 5	229.72	664.06	665.81	665.55	666.11	0.006563	2.39	96.00	80.08	0.70
Quebrada_La_Caco	385.85	TR 10	295.98	664.06	666.04	665.73	666.38	0.006316	2.59	114.20	82.05	0.70
Quebrada_La_Caco	385.85	TR 15	341.93	664.06	666.18	665.85	666.56	0.006149	2.71	126.24	83.29	0.70
Quebrada_La_Caco	385.85	TR 25	408.39	664.06	666.39	666.01	666.80	0.005866	2.85	143.47	85.04	0.70
Quebrada_La_Caco	385.85	TR 50	514.28	664.06	666.70	666.25	667.17	0.005335	3.03	170.23	87.70	0.68
Quebrada_La_Caco	385.85	TR 100	638.88	664.06	667.01	666.50	667.55	0.005075	3.25	197.82	90.43	0.68
Quebrada_La_Caco	369.71	TR 2	158.51	663.89	665.31	665.20	665.63	0.010442	2.50	63.46	70.17	0.84
Quebrada_La_Caco	369.71	TR 2.33	170.12	663.89	665.35	665.25	665.68	0.010398	2.56	66.48	70.65	0.84
Quebrada_La_Caco	369.71	TR 5	229.72	663.89	665.55	665.44	665.96	0.010369	2.85	80.65	72.77	0.86
Quebrada_La_Caco	369.71	TR 10	295.98	663.89	665.73	665.64	666.23	0.010608	3.16	93.83	74.80	0.89
Quebrada_La_Caco	369.71	TR 15	341.93	663.89	665.85	665.76	666.41	0.010496	3.33	102.84	76.14	0.90
Quebrada_La_Caco	369.71	TR 25	408.39	663.89	665.97	665.92	666.65	0.011259	3.65	112.32	77.54	0.95
Quebrada_La_Caco	369.71	TR 50	514.28	663.89	666.16	666.16	667.01	0.011872	4.07	127.66	79.65	0.99
Quebrada_La_Caco	369.71	TR 100	638.88	663.89	666.45	666.45	667.39	0.010851	4.31	150.87	82.88	0.97
Quebrada_La_Caco	353.41	TR 2	158.51	663.73	665.05	665.02	665.42	0.014049	2.72	58.29	70.58	0.96
Quebrada_La_Caco	353.41	TR 2.33	170.12	663.73	665.08	665.06	665.48	0.014196	2.80	60.73	70.85	0.97
Quebrada_La_Caco	353.41	TR 5	229.72	663.73	665.26	665.26	665.76	0.014176	3.13	73.44	72.51	0.99
Quebrada_La_Caco	353.41	TR 10	295.98	663.73	665.45	665.45	666.03	0.013487	3.38	87.67	74.31	0.99
Quebrada_La_Caco	353.41	TR 15	341.93	663.73	665.57	665.57	666.21	0.013383	3.55	96.27	75.35	1.00
Quebrada_La_Caco	353.41	TR 25	408.39	663.73	665.74	665.74	666.45	0.012494	3.74	109.49	76.97	0.99
Quebrada_La_Caco	353.41	TR 50	514.28	663.73	665.98	665.98	666.81	0.011949	4.04	127.99	79.15	0.99
Quebrada_La_Caco	353.41	TR 100	638.88	663.73	666.18	666.25	667.20	0.012493	4.46	144.60	81.02	1.03
Quebrada_La_Caco	337.48	TR 2	158.51	663.51	664.91	664.81	665.21	0.010175	2.40	65.93	75.93	0.82
Quebrada_La_Caco	337.48	TR 2.33	170.12	663.51	664.95	664.84	665.26	0.010388	2.48	68.48	76.22	0.84
Quebrada_La_Caco	337.48	TR 5	229.72	663.51	665.10	665.03	665.52	0.011321	2.85	80.54	77.69	0.89
Quebrada_La_Caco	337.48	TR 10	295.98	663.51	665.13	665.21	665.78	0.017201	3.57	82.81	77.91	1.11
Quebrada_La_Caco	337.48	TR 15	341.93	663.51	665.23	665.33	665.96	0.017394	3.78	90.42	78.80	1.13
Quebrada_La_Caco	337.48	TR 25	408.39	663.51	665.35	665.49	666.20	0.018115	4.09	99.91	79.93	1.17
Quebrada_La_Caco	337.48	TR 50	514.28	663.51	665.53	665.73	666.56	0.018268	4.48	114.82	81.62	1.20
Quebrada_La_Caco	337.48	TR 100	638.88	663.51	665.75	665.99	666.94	0.017757	4.85	132.30	83.57	1.21
Quebrada_La_Caco	322.47	TR 2	158.51	663.41	664.80	664.67	665.05	0.009200	2.24	70.82	84.24	0.78
Quebrada_La_Caco	322.47	TR 2.33	170.12	663.41	664.83	664.70	665.10	0.009385	2.31	73.54	84.51	0.79
Quebrada_La_Caco	322.47	TR 5	229.72	663.41	664.98	664.87	665.34	0.010050	2.65	86.84	85.83	0.84
Quebrada_La_Caco	322.47	TR 10	295.98	663.41	665.14	665.04	665.59	0.010391	2.94	100.67	87.14	0.87
Quebrada_La_Caco	322.47	TR 15	341.93	663.41	665.25	665.16	665.74	0.010334	3.11	110.03	88.02	0.88
Quebrada_La_Caco	322.47	TR 25	408.39	663.41	665.41	665.30	665.96	0.010004	3.31	123.81	89.31	0.89
Quebrada_La_Caco	322.47	TR 50	514.28	663.41	665.66	665.52	666.29	0.009116	3.52	146.86	91.41	0.87

HEC-RAS Plan: Puente_Quebr River: Quebrada_La_Caco Reach: Quebrada_La_Caco (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Quebrada_La_Caco	322.47	TR 100	638.88	663.41	665.97	665.77	666.66	0.007953	3.68	175.43	93.60	0.84
Quebrada_La_Caco	309.71	TR 2	158.51	663.26	664.67	664.57	664.93	0.010487	2.26	70.24	91.11	0.82
Quebrada_La_Caco	309.71	TR 2.33	170.12	663.26	664.70	664.60	664.97	0.010604	2.33	73.12	91.34	0.83
Quebrada_La_Caco	309.71	TR 5	229.72	663.26	664.86	664.76	665.21	0.010675	2.61	87.91	92.69	0.86
Quebrada_La_Caco	309.71	TR 10	295.98	663.26	665.04	664.92	665.45	0.010043	2.84	104.39	93.78	0.85
Quebrada_La_Caco	309.71	TR 15	341.93	663.26	665.16	665.03	665.60	0.009444	2.95	116.09	94.55	0.84
Quebrada_La_Caco	309.71	TR 25	408.39	663.26	665.34	665.17	665.82	0.008547	3.07	133.40	95.72	0.82
Quebrada_La_Caco	309.71	TR 50	514.28	663.26	665.63	665.38	666.16	0.007268	3.21	161.60	97.53	0.78
Quebrada_La_Caco	309.71	TR 100	638.88	663.26	665.97	665.61	666.53	0.006102	3.32	195.21	99.63	0.74
Quebrada_La_Caco	295.98	TR 2	158.51	663.06	664.50	664.43	664.77	0.011724	2.30	68.82	94.03	0.86
Quebrada_La_Caco	295.98	TR 2.33	170.12	663.06	664.54	664.47	664.82	0.011507	2.35	72.31	94.33	0.86
Quebrada_La_Caco	295.98	TR 5	229.72	663.06	664.73	664.63	665.06	0.010265	2.55	90.10	95.57	0.84
Quebrada_La_Caco	295.98	TR 10	295.98	663.06	664.94	664.78	665.30	0.008849	2.68	110.33	96.92	0.80
Quebrada_La_Caco	295.98	TR 15	341.93	663.06	665.08	664.89	665.47	0.008012	2.75	124.46	97.87	0.78
Quebrada_La_Caco	295.98	TR 25	408.39	663.06	665.29	665.03	665.69	0.007025	2.82	144.86	99.21	0.75
Quebrada_La_Caco	295.98	TR 50	514.28	663.06	665.61	665.23	666.04	0.005828	2.91	176.72	101.22	0.70
Quebrada_La_Caco	295.98	TR 100	638.88	663.06	665.97	665.46	666.43	0.004812	3.00	213.89	103.57	0.66
Quebrada_La_Caco	282.19	TR 2	158.51	662.86	664.35	664.26	664.62	0.010863	2.28	69.64	91.54	0.83
Quebrada_La_Caco	282.19	TR 2.33	170.12	662.86	664.40	664.30	664.67	0.010408	2.31	73.71	91.88	0.82
Quebrada_La_Caco	282.19	TR 5	229.72	662.86	664.62	664.45	664.92	0.008575	2.44	94.28	93.60	0.78
Quebrada_La_Caco	282.19	TR 10	295.98	662.86	664.85	664.62	665.18	0.007195	2.54	116.66	95.46	0.73
Quebrada_La_Caco	282.19	TR 15	341.93	662.86	665.01	664.73	665.35	0.006512	2.59	131.79	96.69	0.71
Quebrada_La_Caco	282.19	TR 25	408.39	662.86	665.23	664.87	665.59	0.005757	2.67	153.23	98.35	0.68
Quebrada_La_Caco	282.19	TR 50	514.28	662.86	665.56	665.08	665.95	0.004801	2.76	186.37	100.81	0.64
Quebrada_La_Caco	282.19	TR 100	638.88	662.86	665.94	665.31	666.35	0.004045	2.86	224.47	103.18	0.61
Quebrada_La_Caco	268.34	TR 2	158.51	662.79	664.28	664.06	664.48	0.006602	2.00	79.42	87.48	0.67
Quebrada_La_Caco	268.34	TR 2.33	170.12	662.79	664.33	664.10	664.54	0.006450	2.04	83.60	87.86	0.67
Quebrada_La_Caco	268.34	TR 5	229.72	662.79	664.56	664.26	664.81	0.005786	2.20	104.35	89.74	0.65
Quebrada_La_Caco	268.34	TR 10	295.98	662.79	664.80	664.43	665.08	0.005201	2.34	126.56	91.67	0.64
Quebrada_La_Caco	268.34	TR 15	341.93	662.79	664.97	664.54	665.26	0.004889	2.42	141.40	92.92	0.63
Quebrada_La_Caco	268.34	TR 25	408.39	662.79	665.19	664.68	665.51	0.004516	2.52	162.38	94.70	0.61
Quebrada_La_Caco	268.34	TR 50	514.28	662.79	665.53	664.89	665.88	0.003958	2.64	194.88	97.38	0.59
Quebrada_La_Caco	268.34	TR 100	638.88	662.79	665.90	665.15	666.29	0.003457	2.77	232.25	100.37	0.57
Quebrada_La_Caco	259.45	TR 2	158.51	662.75	664.19	663.99	664.42	0.007022	2.12	74.92	79.44	0.70
Quebrada_La_Caco	259.45	TR 2.33	170.12	662.75	664.24	664.02	664.47	0.006918	2.17	78.54	79.57	0.70
Quebrada_La_Caco	259.45	TR 5	229.72	662.75	664.46	664.20	664.75	0.006433	2.39	96.20	80.28	0.69
Quebrada_La_Caco	259.45	TR 10	295.98	662.75	664.69	664.38	665.03	0.005953	2.58	114.95	82.15	0.69
Quebrada_La_Caco	259.45	TR 15	341.93	662.75	664.84	664.49	665.21	0.005685	2.70	127.45	83.39	0.68
Quebrada_La_Caco	259.45	TR 25	408.39	662.75	665.05	664.65	665.46	0.005328	2.84	145.23	85.11	0.68
Quebrada_La_Caco	259.45	TR 50	514.28	662.75	665.37	664.88	665.83	0.004821	3.01	173.22	87.74	0.66
Quebrada_La_Caco	259.45	TR 100	638.88	662.75	665.75	665.14	666.25	0.004259	3.16	206.62	90.77	0.64
Quebrada_La_Caco	250.52	TR 2	158.51	662.65	664.14	663.90	664.36	0.006310	2.06	76.95	78.46	0.66
Quebrada_La_Caco	250.52	TR 2.33	170.12	662.65	664.19	663.94	664.41	0.006239	2.11	80.60	78.61	0.67
Quebrada_La_Caco	250.52	TR 5	229.72	662.65	664.41	664.12	664.69	0.005911	2.34	98.38	79.29	0.67
Quebrada_La_Caco	250.52	TR 10	295.98	662.65	664.65	664.29	664.97	0.005520	2.53	117.11	79.98	0.66
Quebrada_La_Caco	250.52	TR 15	341.93	662.65	664.80	664.40	665.16	0.005304	2.65	129.36	80.45	0.66
Quebrada_La_Caco	250.52	TR 25	408.39	662.65	665.01	664.55	665.41	0.005024	2.80	146.51	81.09	0.66
Quebrada_La_Caco	250.52	TR 50	514.28	662.65	665.34	664.80	665.79	0.004620	2.99	173.02	82.07	0.65
Quebrada_La_Caco	250.52	TR 100	638.88	662.65	665.70	665.06	666.21	0.004231	3.17	203.09	83.75	0.64
Quebrada_La_Caco	241.18	TR 2	158.51	662.53	664.02	663.86	664.28	0.008335	2.28	69.68	75.50	0.76
Quebrada_La_Caco	241.18	TR 2.33	170.12	662.53	664.07	663.90	664.34	0.008158	2.32	73.21	75.63	0.75
Quebrada_La_Caco	241.18	TR 5	229.72	662.53	664.29	664.07	664.62	0.007406	2.55	90.35	76.33	0.74
Quebrada_La_Caco	241.18	TR 10	295.98	662.53	664.53	664.26	664.91	0.006732	2.74	108.46	77.05	0.73
Quebrada_La_Caco	241.18	TR 15	341.93	662.53	664.68	664.38	665.09	0.006395	2.85	120.29	77.52	0.72
Quebrada_La_Caco	241.18	TR 25	408.39	662.53	664.89	664.53	665.35	0.005982	3.00	136.83	78.19	0.71
Quebrada_La_Caco	241.18	TR 50	514.28	662.53	665.22	664.78	665.74	0.005398	3.19	162.60	79.17	0.70
Quebrada_La_Caco	241.18	TR 100	638.88	662.53	665.59	665.05	666.16	0.004875	3.37	191.72	80.29	0.68
Quebrada_La_Caco	231.81	TR 2	158.51	662.53	663.92	663.77	664.20	0.008502	2.34	67.79	71.36	0.77
Quebrada_La_Caco	231.81	TR 2.33	170.12	662.53	663.97	663.81	664.26	0.008372	2.39	71.10	71.49	0.77
Quebrada_La_Caco	231.81	TR 5	229.72	662.53	664.19	664.00	664.55	0.007782	2.64	87.11	72.17	0.76
Quebrada_La_Caco	231.81	TR 10	295.98	662.53	664.42	664.19	664.84	0.007292	2.86	103.59	72.86	0.76
Quebrada_La_Caco	231.81	TR 15	341.93	662.53	664.57	664.31	665.03	0.007011	3.00	114.46	73.32	0.76
Quebrada_La_Caco	231.81	TR 25	408.39	662.53	664.78	664.47	665.29	0.006650	3.17	129.64	73.93	0.75
Quebrada_La_Caco	231.81	TR 50	514.28	662.53	665.10	664.72	665.68	0.006078	3.38	153.49	74.91	0.74
Quebrada_La_Caco	231.81	TR 100	638.88	662.53	665.46	665.00	666.10	0.005524	3.57	180.63	76.01	0.72
Quebrada_La_Caco	227.42	TR 2	158.51	662.50	663.82	663.74	664.16	0.011275	2.58	61.39	68.87	0.87
Quebrada_La_Caco	227.42	TR 2.33	170.12	662.50	663.86	663.78	664.22	0.010945	2.63	64.65	69.00	0.87
Quebrada_La_Caco	227.42	TR 5	229.72	662.50	664.08	663.97	664.50	0.009922	2.88	79.81	69.67	0.86
Quebrada_La_Caco	227.42	TR 10	295.98	662.50	664.30	664.17	664.80	0.009191	3.12	95.26	70.32	0.85
Quebrada_La_Caco	227.42	TR 15	341.93	662.50	664.45	664.29	664.99	0.008792	3.26	105.42	70.77	0.84

HEC-RAS Plan: Puente_Quebr River: Quebrada_La_Caco Reach: Quebrada_La_Caco (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Quebrada_La_Caco	227.42	TR 25	408.39	662.50	664.65	664.46	665.25	0.008264	3.43	119.74	71.37	0.83
Quebrada_La_Caco	227.42	TR 50	514.28	662.50	664.97	664.71	665.64	0.007356	3.63	142.91	72.34	0.81
Quebrada_La_Caco	227.42	TR 100	638.88	662.50	665.33	665.00	666.07	0.006561	3.82	169.18	73.43	0.79
Quebrada_La_Caco	222.91	TR 2	158.51	662.42	663.73	663.69	664.10	0.012512	2.69	59.02	67.67	0.92
Quebrada_La_Caco	222.91	TR 2.33	170.12	662.42	663.78	663.72	664.16	0.012014	2.73	62.35	67.82	0.91
Quebrada_La_Caco	222.91	TR 5	229.72	662.42	664.00	663.92	664.45	0.010683	2.97	77.46	68.48	0.89
Quebrada_La_Caco	222.91	TR 10	295.98	662.42	664.23	664.12	664.75	0.009700	3.19	93.06	69.17	0.87
Quebrada_La_Caco	222.91	TR 15	341.93	662.42	664.38	664.25	664.94	0.009211	3.33	103.23	69.60	0.86
Quebrada_La_Caco	222.91	TR 25	408.39	662.42	664.58	664.42	665.20	0.008624	3.50	117.42	70.22	0.85
Quebrada_La_Caco	222.91	TR 50	514.28	662.42	664.91	664.68	665.60	0.007517	3.68	141.06	71.22	0.82
Quebrada_La_Caco	222.91	TR 100	638.88	662.42	665.28	664.95	666.03	0.006691	3.87	167.12	72.31	0.79
Quebrada_La_Caco	220.20	TR 2	158.51	662.43	663.72	663.63	664.06	0.010966	2.60	60.99	65.91	0.86
Quebrada_La_Caco	220.20	TR 2.33	170.12	662.43	663.76	663.67	664.12	0.010758	2.66	64.04	65.99	0.86
Quebrada_La_Caco	220.20	TR 5	229.72	662.43	663.99	663.87	664.42	0.009891	2.92	78.71	66.36	0.85
Quebrada_La_Caco	220.20	TR 10	295.98	662.43	664.21	664.06	664.72	0.009264	3.17	93.54	66.73	0.85
Quebrada_La_Caco	220.20	TR 15	341.93	662.43	664.35	664.20	664.91	0.008909	3.32	103.29	66.97	0.85
Quebrada_La_Caco	220.20	TR 25	408.39	662.43	664.55	664.37	665.18	0.008483	3.51	116.75	67.30	0.84
Quebrada_La_Caco	220.20	TR 50	514.28	662.43	664.85	664.64	665.58	0.007969	3.77	136.88	67.79	0.84
Quebrada_La_Caco	220.20	TR 100	638.88	662.43	665.17	664.93	666.01	0.007559	4.05	158.76	68.33	0.84
Quebrada_La_Caco	219.20	TR 2	158.51	662.45	663.71	663.61	664.05	0.010366	2.56	62.03	66.03	0.84
Quebrada_La_Caco	219.20	TR 2.33	170.12	662.45	663.76	663.65	664.11	0.010171	2.61	65.11	66.11	0.84
Quebrada_La_Caco	219.20	TR 5	229.72	662.45	663.98	663.84	664.41	0.009390	2.88	79.90	66.49	0.84
Quebrada_La_Caco	219.20	TR 10	295.98	662.45	664.21	664.05	664.71	0.008793	3.12	94.98	66.87	0.83
Quebrada_La_Caco	219.20	TR 15	341.93	662.45	664.36	664.18	664.90	0.008479	3.27	104.80	67.12	0.83
Quebrada_La_Caco	219.20	TR 25	408.39	662.45	664.56	664.36	665.17	0.008099	3.46	118.36	67.46	0.83
Quebrada_La_Caco	219.20	TR 50	514.28	662.45	664.86	664.62	665.56	0.007639	3.73	138.61	67.97	0.83
Quebrada_La_Caco	219.20	TR 100	638.88	662.45	665.18	664.91	665.99	0.007266	4.00	160.65	68.51	0.82
Quebrada_La_Caco	217.3		Bridge									
Quebrada_La_Caco	215.40	TR 2	158.51	662.54	663.50	663.56	663.98	0.019312	3.08	51.45	66.11	1.12
Quebrada_La_Caco	215.40	TR 2.33	170.12	662.54	663.54	663.60	664.04	0.019029	3.15	53.93	66.17	1.12
Quebrada_La_Caco	215.40	TR 5	229.72	662.54	663.72	663.80	664.34	0.017864	3.49	65.87	66.48	1.12
Quebrada_La_Caco	215.40	TR 10	295.98	662.54	663.90	663.99	664.63	0.016735	3.79	78.27	66.80	1.11
Quebrada_La_Caco	215.40	TR 15	341.93	662.54	664.02	664.12	664.82	0.016217	3.97	86.21	67.00	1.11
Quebrada_La_Caco	215.40	TR 25	408.39	662.54	664.18	664.30	665.09	0.015627	4.22	97.08	67.28	1.11
Quebrada_La_Caco	215.40	TR 50	514.28	662.54	664.43	664.56	665.48	0.014680	4.54	113.78	67.70	1.11
Quebrada_La_Caco	215.40	TR 100	638.88	662.54	664.70	664.84	665.90	0.013957	4.87	131.83	68.15	1.11
Quebrada_La_Caco	214.40	TR 2	158.51	662.56	663.48	663.54	663.97	0.020095	3.12	50.87	66.26	1.14
Quebrada_La_Caco	214.40	TR 2.33	170.12	662.56	663.52	663.59	664.03	0.019656	3.18	53.43	66.33	1.13
Quebrada_La_Caco	214.40	TR 5	229.72	662.56	663.70	663.79	664.33	0.018056	3.50	65.67	66.64	1.12
Quebrada_La_Caco	214.40	TR 10	295.98	662.56	663.89	663.99	664.62	0.016865	3.79	78.12	66.96	1.12
Quebrada_La_Caco	214.40	TR 15	341.93	662.56	664.01	664.11	664.81	0.016358	3.98	86.03	67.16	1.12
Quebrada_La_Caco	214.40	TR 25	408.39	662.56	664.17	664.29	665.08	0.015706	4.22	96.99	67.43	1.12
Quebrada_La_Caco	214.40	TR 50	514.28	662.56	664.42	664.55	665.46	0.014537	4.52	114.20	67.87	1.10
Quebrada_La_Caco	214.40	TR 100	638.88	662.56	664.70	664.84	665.89	0.013636	4.84	132.87	68.33	1.10
Quebrada_La_Caco	212.69	TR 2	158.51	662.58	663.45	663.52	663.95	0.020786	3.14	50.55	66.85	1.15
Quebrada_La_Caco	212.69	TR 2.33	170.12	662.58	663.49	663.57	664.01	0.020149	3.19	53.25	66.92	1.14
Quebrada_La_Caco	212.69	TR 5	229.72	662.58	663.69	663.75	664.29	0.016886	3.42	67.28	67.28	1.09
Quebrada_La_Caco	212.69	TR 10	295.98	662.58	663.90	663.95	664.58	0.014969	3.65	81.30	67.64	1.06
Quebrada_La_Caco	212.69	TR 15	341.93	662.58	664.03	664.08	664.77	0.014465	3.82	89.64	67.86	1.06
Quebrada_La_Caco	212.69	TR 25	408.39	662.58	664.19	664.26	665.03	0.014047	4.07	100.71	68.14	1.06
Quebrada_La_Caco	212.69	TR 50	514.28	662.58	664.45	664.52	665.42	0.013119	4.37	118.26	68.60	1.05
Quebrada_La_Caco	212.69	TR 100	638.88	662.58	664.73	664.80	665.83	0.012146	4.65	138.16	69.11	1.04
Quebrada_La_Caco	209.98	TR 2	158.51	662.58	663.41	663.47	663.89	0.020198	3.08	51.51	68.83	1.14
Quebrada_La_Caco	209.98	TR 2.33	170.12	662.58	663.45	663.52	663.95	0.019606	3.14	54.23	68.92	1.13
Quebrada_La_Caco	209.98	TR 5	229.72	662.58	663.69	663.71	664.23	0.014537	3.23	71.10	69.44	1.02
Quebrada_La_Caco	209.98	TR 10	295.98	662.58	663.79	663.91	664.53	0.017981	3.81	77.71	69.65	1.15
Quebrada_La_Caco	209.98	TR 15	341.93	662.58	663.90	664.03	664.72	0.017406	4.00	85.64	69.88	1.15
Quebrada_La_Caco	209.98	TR 25	408.39	662.58	664.04	664.20	664.98	0.017365	4.29	95.44	70.19	1.17
Quebrada_La_Caco	209.98	TR 50	514.28	662.58	664.27	664.45	665.36	0.016528	4.63	111.44	70.68	1.17
Quebrada_La_Caco	209.98	TR 100	638.88	662.58	664.51	664.73	665.78	0.015867	4.99	128.77	71.21	1.17
Quebrada_La_Caco	205.89	TR 2	158.51	662.57	663.50	663.43	663.83	0.011779	2.54	62.31	73.78	0.88
Quebrada_La_Caco	205.89	TR 2.33	170.12	662.57	663.40	663.47	663.88	0.020185	3.08	55.25	73.57	1.13
Quebrada_La_Caco	205.89	TR 5	229.72	662.57	663.57	663.65	664.16	0.018956	3.40	67.52	73.93	1.14
Quebrada_La_Caco	205.89	TR 10	295.98	662.57	663.69	663.83	664.45	0.020544	3.86	76.77	74.20	1.21
Quebrada_La_Caco	205.89	TR 15	341.93	662.57	663.78	663.96	664.64	0.020667	4.09	83.60	74.40	1.23
Quebrada_La_Caco	205.89	TR 25	408.39	662.57	663.90	664.12	664.90	0.020989	4.41	92.63	74.66	1.26
Quebrada_La_Caco	205.89	TR 50	514.28	662.57	664.09	664.36	665.28	0.020758	4.82	106.86	75.07	1.28
Quebrada_La_Caco	205.89	TR 100	638.88	662.57	664.31	664.63	665.69	0.020230	5.22	122.85	75.52	1.30
Quebrada_La_Caco	201.84	TR 2	158.51	662.55	663.42	663.40	663.77	0.014440	2.64	60.11	78.60	0.96

HEC-RAS Plan: Puente_Quebr River: Quebrada_La_Caco Reach: Quebrada_La_Caco (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Quebrada_La_Caco	201.84	TR 2.33	170.12	662.55	663.44	663.44	663.83	0.015121	2.75	61.86	78.65	0.99
Quebrada_La_Caco	201.84	TR 5	229.72	662.55	663.52	663.61	664.10	0.019861	3.37	68.27	78.82	1.15
Quebrada_La_Caco	201.84	TR 10	295.98	662.55	663.71	663.79	664.36	0.017267	3.57	82.95	79.22	1.11
Quebrada_La_Caco	201.84	TR 15	341.93	662.55	663.80	663.90	664.53	0.017556	3.80	90.06	79.42	1.14
Quebrada_La_Caco	201.84	TR 25	408.39	662.55	663.88	664.06	664.79	0.019613	4.22	96.96	79.61	1.21
Quebrada_La_Caco	201.84	TR 50	514.28	662.55	664.02	664.29	665.19	0.021955	4.79	107.74	79.90	1.31
Quebrada_La_Caco	201.84	TR 100	638.88	662.55	664.20	664.55	665.60	0.022560	5.26	121.87	80.27	1.35
Quebrada_La_Caco	193.50	TR 2	158.51	662.50	663.36	663.31	663.64	0.012449	2.35	67.86	96.98	0.88
Quebrada_La_Caco	193.50	TR 2.33	170.12	662.50	663.38	663.34	663.68	0.012750	2.43	70.36	97.07	0.90
Quebrada_La_Caco	193.50	TR 5	229.72	662.50	663.47	663.49	663.91	0.015993	2.93	78.93	97.41	1.02
Quebrada_La_Caco	193.50	TR 10	295.98	662.50	663.49	663.65	664.18	0.024637	3.69	80.77	97.47	1.28
Quebrada_La_Caco	193.50	TR 15	341.93	662.50	663.55	663.75	664.35	0.025884	3.97	86.91	97.70	1.32
Quebrada_La_Caco	193.50	TR 25	408.39	662.50	663.63	663.89	664.59	0.027739	4.34	94.86	98.03	1.39
Quebrada_La_Caco	193.50	TR 50	514.28	662.50	663.75	664.09	664.96	0.030530	4.90	106.08	98.50	1.48
Quebrada_La_Caco	193.50	TR 100	638.88	662.50	663.88	664.32	665.37	0.032235	5.43	119.18	99.27	1.55
Quebrada_La_Caco	184.54	TR 2	158.51	662.35	663.21	663.21	663.51	0.016640	2.44	65.02	106.19	0.99
Quebrada_La_Caco	184.54	TR 2.33	170.12	662.35	663.24	663.24	663.55	0.016242	2.48	68.47	106.73	0.99
Quebrada_La_Caco	184.54	TR 5	229.72	662.35	663.37	663.38	663.76	0.016494	2.79	82.32	108.97	1.03
Quebrada_La_Caco	184.54	TR 10	295.98	662.35	663.50	663.53	663.98	0.016442	3.07	96.50	111.13	1.05
Quebrada_La_Caco	184.54	TR 15	341.93	662.35	663.60	663.62	664.11	0.014917	3.16	108.51	113.00	1.02
Quebrada_La_Caco	184.54	TR 25	408.39	662.35	663.67	663.74	664.30	0.017108	3.53	116.01	114.16	1.10
Quebrada_La_Caco	184.54	TR 50	514.28	662.35	663.71	663.94	664.64	0.023538	4.26	121.21	114.96	1.30
Quebrada_La_Caco	184.54	TR 100	638.88	662.35	663.80	664.14	665.02	0.028059	4.89	131.31	116.34	1.44
Quebrada_La_Caco	175.95	TR 2	158.51	662.16	663.05	663.07	663.35	0.018998	2.43	65.22	118.12	1.04
Quebrada_La_Caco	175.95	TR 2.33	170.12	662.16	663.07	663.10	663.40	0.020250	2.55	66.81	118.37	1.08
Quebrada_La_Caco	175.95	TR 5	229.72	662.16	663.17	663.23	663.60	0.021294	2.90	79.29	120.15	1.14
Quebrada_La_Caco	175.95	TR 10	295.98	662.16	663.27	663.37	663.80	0.022338	3.23	91.50	122.03	1.19
Quebrada_La_Caco	175.95	TR 15	341.93	662.16	663.33	663.46	663.94	0.023399	3.47	98.47	123.08	1.23
Quebrada_La_Caco	175.95	TR 25	408.39	662.16	663.42	663.57	664.13	0.023511	3.73	109.56	124.72	1.26
Quebrada_La_Caco	175.95	TR 50	514.28	662.16	663.52	663.75	664.42	0.025557	4.20	122.97	125.67	1.34
Quebrada_La_Caco	175.95	TR 100	638.88	662.16	663.64	663.94	664.75	0.027629	4.68	137.15	126.67	1.42
Quebrada_La_Caco	167.11	TR 2	158.51	661.98	662.99	662.94	663.21	0.012933	2.07	76.53	131.98	0.87
Quebrada_La_Caco	167.11	TR 2.33	170.12	661.98	663.01	662.96	663.24	0.013141	2.14	79.60	132.55	0.88
Quebrada_La_Caco	167.11	TR 5	229.72	661.98	663.12	663.08	663.42	0.013904	2.44	94.15	134.11	0.93
Quebrada_La_Caco	167.11	TR 10	295.98	661.98	663.22	663.21	663.61	0.014603	2.74	108.06	135.07	0.97
Quebrada_La_Caco	167.11	TR 15	341.93	661.98	663.28	663.29	663.73	0.015617	2.96	115.54	135.53	1.02
Quebrada_La_Caco	167.11	TR 25	408.39	661.98	663.31	663.41	663.90	0.019619	3.41	120.07	135.84	1.15
Quebrada_La_Caco	167.11	TR 50	514.28	661.98	663.41	663.57	664.17	0.022070	3.87	133.27	136.74	1.24
Quebrada_La_Caco	167.11	TR 100	638.88	661.98	663.51	663.75	664.48	0.024564	4.36	147.23	137.82	1.33
Quebrada_La_Caco	154.42	TR 2	158.51	661.73	662.84	662.79	663.04	0.013000	2.00	79.44	145.81	0.86
Quebrada_La_Caco	154.42	TR 2.33	170.12	661.73	662.86	662.81	663.07	0.013119	2.06	82.68	145.95	0.87
Quebrada_La_Caco	154.42	TR 5	229.72	661.73	662.96	662.93	663.24	0.013673	2.35	97.95	146.64	0.92
Quebrada_La_Caco	154.42	TR 10	295.98	661.73	663.06	663.05	663.41	0.014290	2.63	112.65	147.24	0.96
Quebrada_La_Caco	154.42	TR 15	341.93	661.73	663.12	663.12	663.53	0.014713	2.81	121.82	147.66	0.98
Quebrada_La_Caco	154.42	TR 25	408.39	661.73	663.19	663.22	663.68	0.016360	3.12	131.35	148.05	1.05
Quebrada_La_Caco	154.42	TR 50	514.28	661.73	663.35	663.38	663.91	0.014708	3.31	156.00	149.13	1.03
Quebrada_La_Caco	154.42	TR 100	638.88	661.73	663.54	663.55	664.16	0.013347	3.50	183.33	150.27	1.00
Quebrada_La_Caco	140.63	TR 2	158.51	661.60	662.69	662.62	662.86	0.011196	1.85	85.92	158.74	0.80
Quebrada_La_Caco	140.63	TR 2.33	170.12	661.60	662.71	662.63	662.90	0.011263	1.90	89.50	158.88	0.81
Quebrada_La_Caco	140.63	TR 5	229.72	661.60	662.82	662.75	663.06	0.011565	2.16	106.44	159.47	0.84
Quebrada_La_Caco	140.63	TR 10	295.98	661.60	662.91	662.85	663.22	0.012390	2.44	121.51	160.00	0.89
Quebrada_La_Caco	140.63	TR 15	341.93	661.60	662.97	662.93	663.32	0.012974	2.62	130.76	160.31	0.92
Quebrada_La_Caco	140.63	TR 25	408.39	661.60	663.04	663.03	663.46	0.014185	2.89	141.70	160.67	0.98
Quebrada_La_Caco	140.63	TR 50	514.28	661.60	663.11	663.18	663.69	0.017613	3.38	152.58	161.05	1.10
Quebrada_La_Caco	140.63	TR 100	638.88	661.60	663.22	663.34	663.94	0.018805	3.76	170.59	161.69	1.16
Quebrada_La_Caco	126.90	TR 2	158.51	661.53	662.47	662.45	662.67	0.016634	2.03	78.30	169.33	0.95
Quebrada_La_Caco	126.90	TR 2.33	170.12	661.53	662.48	662.47	662.71	0.016734	2.09	81.57	169.42	0.96
Quebrada_La_Caco	126.90	TR 5	229.72	661.53	662.58	662.58	662.86	0.016909	2.36	97.49	169.94	0.99
Quebrada_La_Caco	126.90	TR 10	295.98	661.53	662.68	662.68	663.02	0.016142	2.57	115.25	170.52	1.00
Quebrada_La_Caco	126.90	TR 15	341.93	661.53	662.75	662.75	663.12	0.015803	2.70	126.58	170.87	1.00
Quebrada_La_Caco	126.90	TR 25	408.39	661.53	662.85	662.85	663.26	0.014896	2.85	143.52	171.42	0.99
Quebrada_La_Caco	126.90	TR 50	514.28	661.53	662.96	662.99	663.47	0.015631	3.17	162.57	172.02	1.04
Quebrada_La_Caco	126.90	TR 100	638.88	661.53	663.11	663.14	663.70	0.014705	3.39	188.75	172.84	1.03
Quebrada_La_Caco	112.47	TR 2	158.51	661.27	662.24	662.22	662.44	0.015622	1.94	81.92	181.07	0.92
Quebrada_La_Caco	112.47	TR 2.33	170.12	661.27	662.26	662.24	662.47	0.015702	1.99	85.35	181.16	0.93
Quebrada_La_Caco	112.47	TR 5	229.72	661.27	662.35	662.34	662.61	0.016145	2.27	101.47	181.67	0.97
Quebrada_La_Caco	112.47	TR 10	295.98	661.27	662.41	662.45	662.77	0.018925	2.63	112.72	181.99	1.07
Quebrada_La_Caco	112.47	TR 15	341.93	661.27	662.46	662.51	662.87	0.019633	2.81	121.61	182.25	1.10
Quebrada_La_Caco	112.47	TR 25	408.39	661.27	662.53	662.60	663.01	0.020379	3.06	133.81	182.63	1.14
Quebrada_La_Caco	112.47	TR 50	514.28	661.27	662.64	662.73	663.21	0.019950	3.33	154.75	183.23	1.15
Quebrada_La_Caco	112.47	TR 100	638.88	661.27	662.75	662.88	663.44	0.020677	3.67	174.51	183.82	1.20

HEC-RAS Plan: Puente_Quebr River: Quebrada_La_Caco Reach: Quebrada_La_Caco (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Quebrada_La_Caco	94.02	TR 2	158.51	661.15	661.96	661.94	662.14	0.015899	1.90	83.30	191.51	0.92
Quebrada_La_Caco	94.02	TR 2.33	170.12	661.15	661.98	661.95	662.17	0.015889	1.96	86.93	191.56	0.93
Quebrada_La_Caco	94.02	TR 5	229.72	661.15	662.07	662.05	662.32	0.015791	2.20	104.35	191.80	0.95
Quebrada_La_Caco	94.02	TR 10	295.98	661.15	662.12	662.15	662.46	0.019321	2.59	114.39	191.94	1.07
Quebrada_La_Caco	94.02	TR 15	341.93	661.15	662.18	662.21	662.56	0.018568	2.71	126.28	192.11	1.07
Quebrada_La_Caco	94.02	TR 25	408.39	661.15	662.26	662.30	662.69	0.017945	2.88	141.98	192.33	1.07
Quebrada_La_Caco	94.02	TR 50	514.28	661.15	662.42	662.43	662.88	0.015231	3.00	171.34	192.75	1.02
Quebrada_La_Caco	94.02	TR 100	638.88	661.15	662.57	662.57	663.09	0.014051	3.20	200.04	193.15	1.00
Quebrada_La_Caco	75.46	TR 2	158.51	660.69	661.75	661.67	661.89	0.010552	1.67	95.10	196.24	0.76
Quebrada_La_Caco	75.46	TR 2.33	170.12	660.69	661.77	661.69	661.92	0.010468	1.71	99.47	196.30	0.77
Quebrada_La_Caco	75.46	TR 5	229.72	660.69	661.88	661.79	662.07	0.010160	1.91	120.23	196.58	0.78
Quebrada_La_Caco	75.46	TR 10	295.98	660.69	661.99	661.88	662.21	0.009885	2.10	141.19	196.87	0.79
Quebrada_La_Caco	75.46	TR 15	341.93	660.69	662.06	661.95	662.30	0.009630	2.21	155.22	197.06	0.79
Quebrada_La_Caco	75.46	TR 25	408.39	660.69	662.15	662.03	662.43	0.009382	2.35	174.10	197.31	0.80
Quebrada_La_Caco	75.46	TR 50	514.28	660.69	662.30	662.16	662.63	0.008874	2.53	203.44	197.71	0.80
Quebrada_La_Caco	75.46	TR 100	638.88	660.69	662.46	662.29	662.84	0.008430	2.72	235.49	198.15	0.79
Quebrada_La_Caco	56.98	TR 2	158.51	660.71	661.58	661.47	661.71	0.008784	1.59	99.50	191.21	0.71
Quebrada_La_Caco	56.98	TR 2.33	170.12	660.71	661.61	661.49	661.74	0.008595	1.63	104.50	191.28	0.70
Quebrada_La_Caco	56.98	TR 5	229.72	660.71	661.72	661.59	661.89	0.008442	1.82	125.91	191.57	0.72
Quebrada_La_Caco	56.98	TR 10	295.98	660.71	661.83	661.69	662.04	0.008311	2.01	147.36	191.86	0.73
Quebrada_La_Caco	56.98	TR 15	341.93	660.71	661.91	661.75	662.14	0.008011	2.10	162.53	192.06	0.73
Quebrada_La_Caco	56.98	TR 25	408.39	660.71	662.01	661.84	662.27	0.007872	2.25	181.82	192.31	0.74
Quebrada_La_Caco	56.98	TR 50	514.28	660.71	662.17	661.97	662.47	0.007394	2.42	212.82	192.72	0.73
Quebrada_La_Caco	56.98	TR 100	638.88	660.71	662.34	662.11	662.69	0.007081	2.60	245.70	193.16	0.74
Quebrada_La_Caco	38.89	TR 2	158.51	660.41	661.26	661.26	661.48	0.018337	2.07	76.48	171.96	0.99
Quebrada_La_Caco	38.89	TR 2.33	170.12	660.41	661.28	661.28	661.51	0.018783	2.15	79.23	172.01	1.01
Quebrada_La_Caco	38.89	TR 5	229.72	660.41	661.38	661.38	661.67	0.017388	2.36	97.18	172.33	1.01
Quebrada_La_Caco	38.89	TR 10	295.98	660.41	661.49	661.49	661.82	0.015940	2.55	116.21	172.66	0.99
Quebrada_La_Caco	38.89	TR 15	341.93	660.41	661.55	661.55	661.92	0.015915	2.70	126.83	172.85	1.00
Quebrada_La_Caco	38.89	TR 25	408.39	660.41	661.65	661.65	662.06	0.014838	2.83	144.18	173.15	0.99
Quebrada_La_Caco	38.89	TR 50	514.28	660.41	661.78	661.78	662.27	0.014491	3.08	166.83	173.57	1.00
Quebrada_La_Caco	38.89	TR 100	638.88	660.41	661.94	661.94	662.49	0.013627	3.30	193.66	174.04	1.00
Quebrada_La_Caco	20.00	TR 2	158.51	660.08	660.92	660.90	661.13	0.015835	2.02	78.63	165.26	0.93
Quebrada_La_Caco	20.00	TR 2.33	170.12	660.08	660.94	660.92	661.16	0.015649	2.07	82.33	165.33	0.93
Quebrada_La_Caco	20.00	TR 5	229.72	660.08	661.00	661.03	661.32	0.019490	2.49	92.32	165.51	1.06
Quebrada_La_Caco	20.00	TR 10	295.98	660.08	661.09	661.13	661.48	0.019954	2.77	106.77	165.77	1.10
Quebrada_La_Caco	20.00	TR 15	341.93	660.08	661.15	661.20	661.59	0.019484	2.92	117.30	165.96	1.11
Quebrada_La_Caco	20.00	TR 25	408.39	660.08	661.23	661.30	661.73	0.019642	3.14	130.23	166.18	1.13
Quebrada_La_Caco	20.00	TR 50	514.28	660.08	661.35	661.44	661.95	0.019046	3.41	151.04	166.57	1.14
Quebrada_La_Caco	20.00	TR 100	638.88	660.08	661.49	661.60	662.18	0.018511	3.69	173.65	167.00	1.15
Quebrada_La_Caco	0.00	TR 2	158.51	659.81	660.70	660.61	660.86	0.010004	1.79	88.58	157.71	0.76
Quebrada_La_Caco	0.00	TR 2.33	170.12	659.81	660.73	660.63	660.90	0.010003	1.84	92.45	157.78	0.77
Quebrada_La_Caco	0.00	TR 5	229.72	659.81	660.84	660.74	661.06	0.010002	2.07	110.75	158.13	0.79
Quebrada_La_Caco	0.00	TR 10	295.98	659.81	660.96	660.85	661.22	0.010013	2.30	128.94	158.48	0.81
Quebrada_La_Caco	0.00	TR 15	341.93	659.81	661.03	660.91	661.33	0.010009	2.43	140.66	158.71	0.82
Quebrada_La_Caco	0.00	TR 25	408.39	659.81	661.13	661.02	661.48	0.010006	2.61	156.56	159.03	0.84
Quebrada_La_Caco	0.00	TR 50	514.28	659.81	661.28	661.17	661.69	0.010005	2.86	179.93	159.47	0.86
Quebrada_La_Caco	0.00	TR 100	638.88	659.81	661.43	661.33	661.93	0.010002	3.12	205.13	159.97	0.88

ANEXO 6

CLASIFICACIÓN GRANULOMÉTRICA MATERIAL DEL LECHO QUEBRADA LA CACO

Laboratorio de Suelos GlobalCivil Interventorias y Construccion

Página 1 de 2	ENSAYO ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO INV E–123.
NORMA INV E – 123 –13	

PROYECTO:	**ESTABILIZACIÓN ESTRIBO DE ACCESO PUENTE LA CACO MUNICIPIO DE MUZO, DEPARTAMENTO BOYACÁ.**		
MUNICIPIO	**MUZO - BOYACÁ**	FECHA DE ENSAYO	**22/10/2023**
DIRIGIDO A :	**GOBERNACIÓN DEPARTAMENTAL DE BOYACÁ**	MATERIAL:	**Lecho del Rio**
PROCEDENCIA:			

DESCRIPCIÓN MATERIAL:	Material granular de color gris y blanco de forma subangular

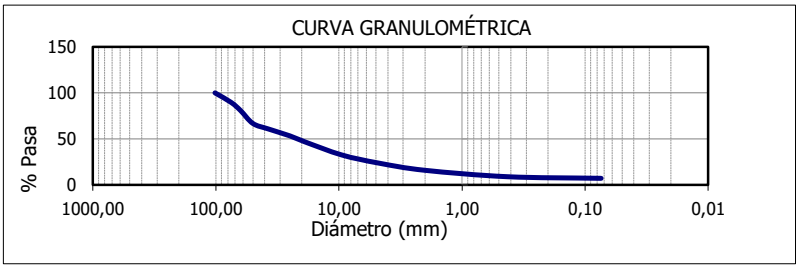
ANTES DE LAVADO

No. PLATÓN	3
PESO PLATÓN (g)	201,1
PESO PLATÓN + MUESTRA (g)	2957
PESO MUESTRA (g)	2756

DESPUÉS DE LAVADO

PESO PLATÓN (g)	201,1
PESO PLATÓN + MUESTRA (g)	2764
PESO MUESTRA SECA (g)	2563
PASA TAMIZ Nº 200 (%)	7,01

TAMIZ Nº	DIÁMETRO (mm)	PESO RETENIDO (g)	PESO CORR. (g)	%RETENIDO. (g)	% RETENIDO ACUMULADO. (g)	% QUE PASA. (g)
4"	101,60	0	0,00	0,00	0,00	100,00
3"	75,00	287,4	287,40	10,43	10,43	89,57
2 1/2"	63,00	241,3	241,30	8,76	19,18	80,82
2"	50,00	387,6	387,60	14,06	33,25	66,75
1 1/2"	37,50	164,3	164,30	5,96	39,21	60,79
1"	25,00	208,3	208,30	7,56	46,77	53,23
3/4"	19,00	175,3	175,30	6,36	53,13	46,87
3/8"	9,51	393,9	393,90	14,29	67,42	32,58
4	4,76	244,6	244,60	8,88	76,30	23,70
10	2,00	216,5	216,50	7,86	84,15	15,85
40	0,43	192,4	192,40	6,98	91,14	8,86
200	0,07	48,1	48,10	1,75	92,88	7,12
FONDO		196,20	196,20	7,12	100,00	0,00
	Σ	2755,90	2755,90			



ING.JIMMY VERGARA SILVA
MP 15202-130100 BYC

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 – 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Laboratorio de Suelos
GlobalCivil
Interventorias y Construccion

Página 2 de 2	ENSAYO DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO Y FINO
NORMA INV E – 222 –13 INV E – 223 –13	

PROYECTO:	**ESTABILIZACIÓN ESTRIBO DE ACCESO PUENTE LA CACO MUNICIPIO DE MUZO, DEPARTAMENTO BOYACÁ.**		
DIRIGIDO A :	**GOBERNACIÓN DEPARTAMENTAL DE BOYACÁ**	FECHA ENSAYO:	**22/10/2023**
PROCEDENCIA:	**Lecho del Rio**		

DENSIDAD Y ABSORCION DE AGREGADO GREUESO LECHO DEL RIO

No. PLATÓN	10
PESO DEL PLATÓN (g)	198,3
PESO DEL PLATÓN +MUESTRA SSS (g)	2512,3
PESO DEL LASTRE + CANASTILLA (g)	1271,2
PESO LASTRE + CANASTILLA+ MUESTRA (g)	2686,3
PESO DEL PLATÓN + MUESTRA SECA (g)	2456,1

Peso Específico aparente (g/cm^3)	***2,512***
Peso Específico SSS (g/cm^3)	***2,57***
Peso Específico Nominal (g/cm^3)	***2,68***
% de Absorción	***2,49***

ING. JIMMY VERGARA SILVA
MP 15202-130100 BYC

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 – 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

Chiquinquirá, noviembre 21 de 2023

Señores:
GOBERNACIÓN DE BOYACÁ
Municipio de Chiquinquirá – Boyacá Ciudad

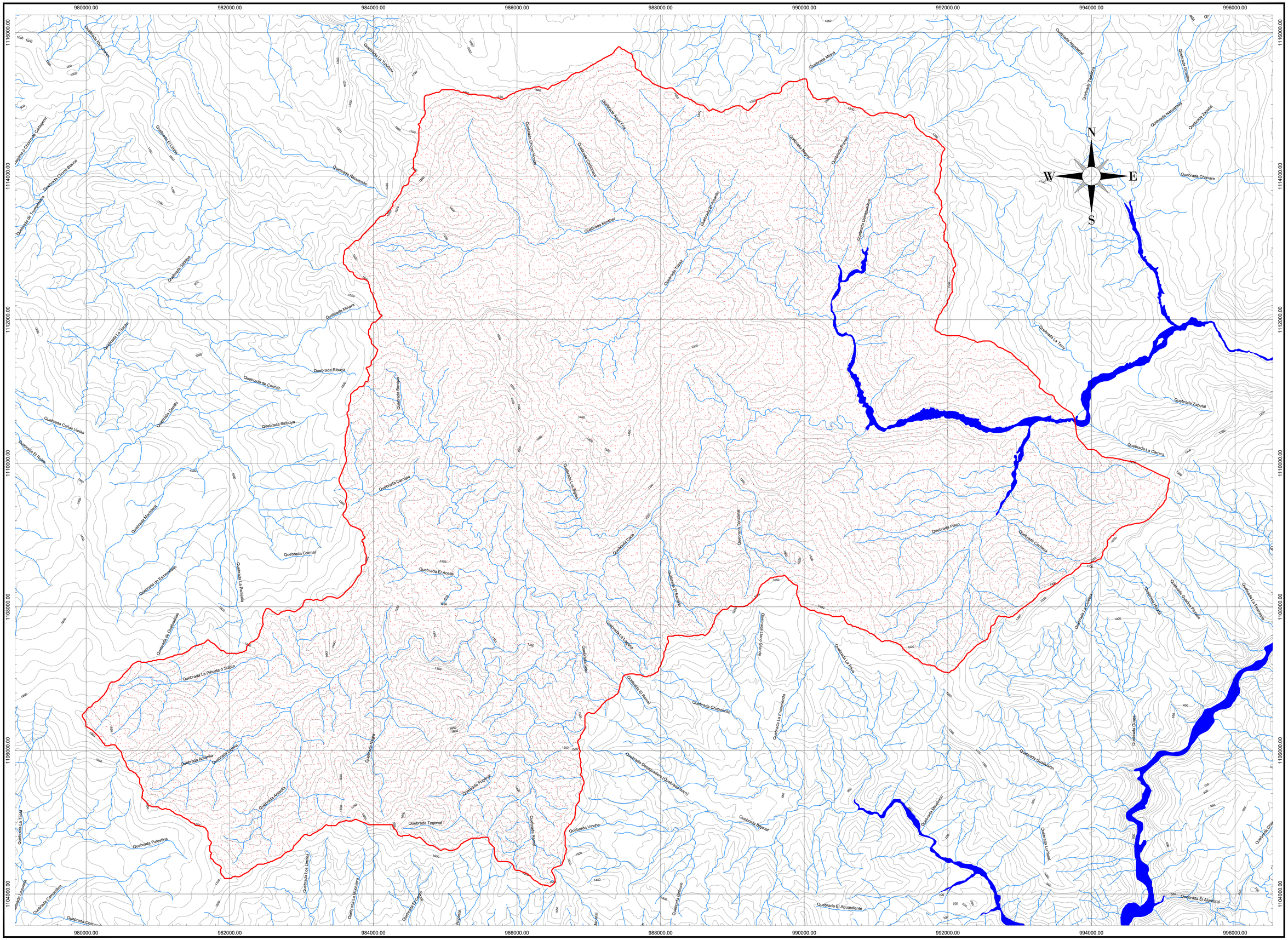
Yo, VICTOR MANUEL CAMACHO REYES, Ingeniero Civil, con Matrícula Profesional N. 25202099234 CND, debidamente registrado del consejo profesional nacional de Ingeniería, presento el Componente Hidráulico elaborado para el proyecto **"CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE MITIGACIÓN SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS PROVINCIA DE OCCIDENTE DEPARTAMENTO DE BOYACÁ",** del punto localizado en el municipio de Muzo, sector La Caco. 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, sino una verificación del cumplimiento de las normativas vigentes.

Atentamente,



VICTOR MANUEL CAMACHO REYES
M.P. 25202099234 CND
Magister en Ingeniería Civil "Área de Recursos Hídricos e Hidro informática"
Universidad de Los Andes



GOBERNACIÓN DE BOYACÁ

GOBERNACIÓN DE BOYACÁ

PROYECTO:

CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE MITIGACIÓN SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS PROVINCIA DE OCCIDENTE DEPARTAMENTO DE BOYACÁ. "MUZO BOYACÁ: SECTOR - PUENTE LA CACO"

CONVENCIONES:

- *Curvas de Nivel*
- *Drenaje Sencillo*
- *Drenaje Doble*
- *Cuenca Hidrografica*

LOCALIZACIÓN:



PARAMETROS GEODESICOS

Datum:	*MAGNA*
Latitud:	*4° 35' 46.3215" N*
Longitud:	*74° 04' 39.0285" W*
Falso Este:	*1000000*
Falso Norte:	*1000000*
Factor de escala:	*1.00000*
Elipsoide:	*WGS84 = GRS80*
Proyección:	*TM LOCAL*
Zona:	*Bogotá - Magna*
Datum Vertical:	*m.s.n.m.m*
Modelo Geoidal:	*EGM 96*

BASE CARTOGRAFICA:

IGAC

ESCALA: 1:25.000

ELABORÓ:

Victor Manuel Camacho Reyes

I.C. M.P 2520209234 CND

APROBÓ:

Jhonatan Meneses

R.L JHONATAN MENESES

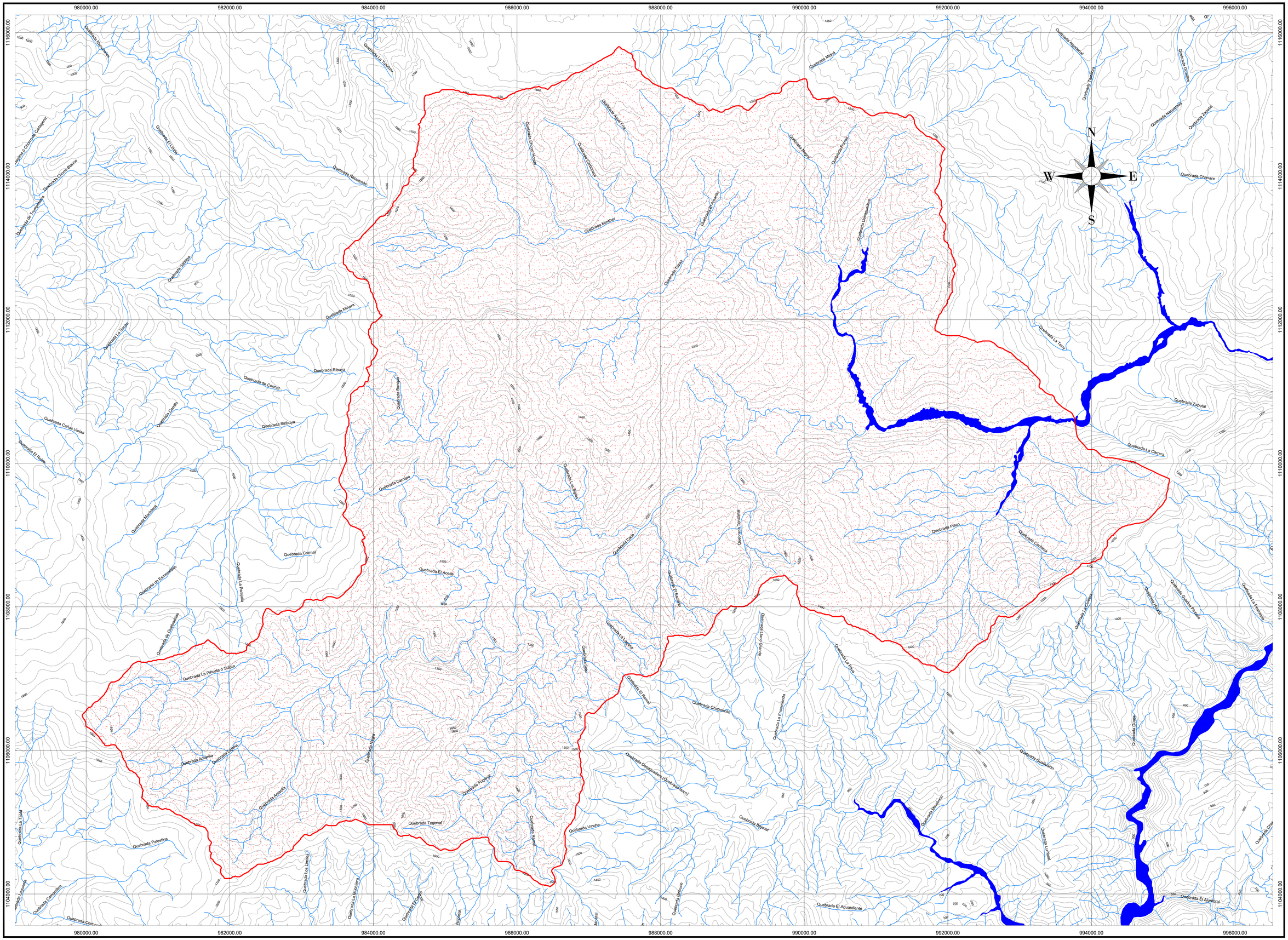
INTERVENTORIA

Contiene:

DELIMITACIÓN DE CUENCA QUEBRADA LA CACO

Observaciones:

Archivo: Delimitacion_Cuenca_Quebrada_La_Caco.dwg	Plano: 01/01
Fecha: Noviembre_2023	
Escala: 1:20.000	



GOBERNACIÓN DE BOYACÁ

GOBERNACIÓN DE BOYACÁ

PROYECTO:

CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE MITIGACIÓN SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS PROVINCIA DE OCCIDENTE DEPARTAMENTO DE BOYACÁ. "MUZO BOYACÁ: SECTOR - PUENTE LA CACO"

CONVENCIONES:

- *Curvas de Nivel*
- *Drenaje Sencillo*
- *Drenaje Doble*
- *Cuenca Hidrografica*

LOCALIZACIÓN:



PARAMETROS GEODESICOS

Datum:	*MAGNA*
Latitud:	*4° 35' 46.3215" N*
Longitud:	*74° 04' 39.0285" W*
Falso Este:	*1000000*
Falso Norte:	*1000000*
Factor de escala:	*1.00000*
Elipsoide:	*WGS84 = GRS80*
Proyección:	*TM LOCAL*
Zona:	*Bogotá - Magna*
Datum Vertical:	*m.s.n.m.m*
Modelo Geoidal:	*EGM 96*

BASE CARTOGRAFICA:

IGAC

ESCALA: 1:25.000

ELABORÓ:

Victor Manuel Camacho Reyes

I.C. M.P 2520209234 CND

APROBÓ:

Jhonatan Meneses

R.L JHONATAN MENESES

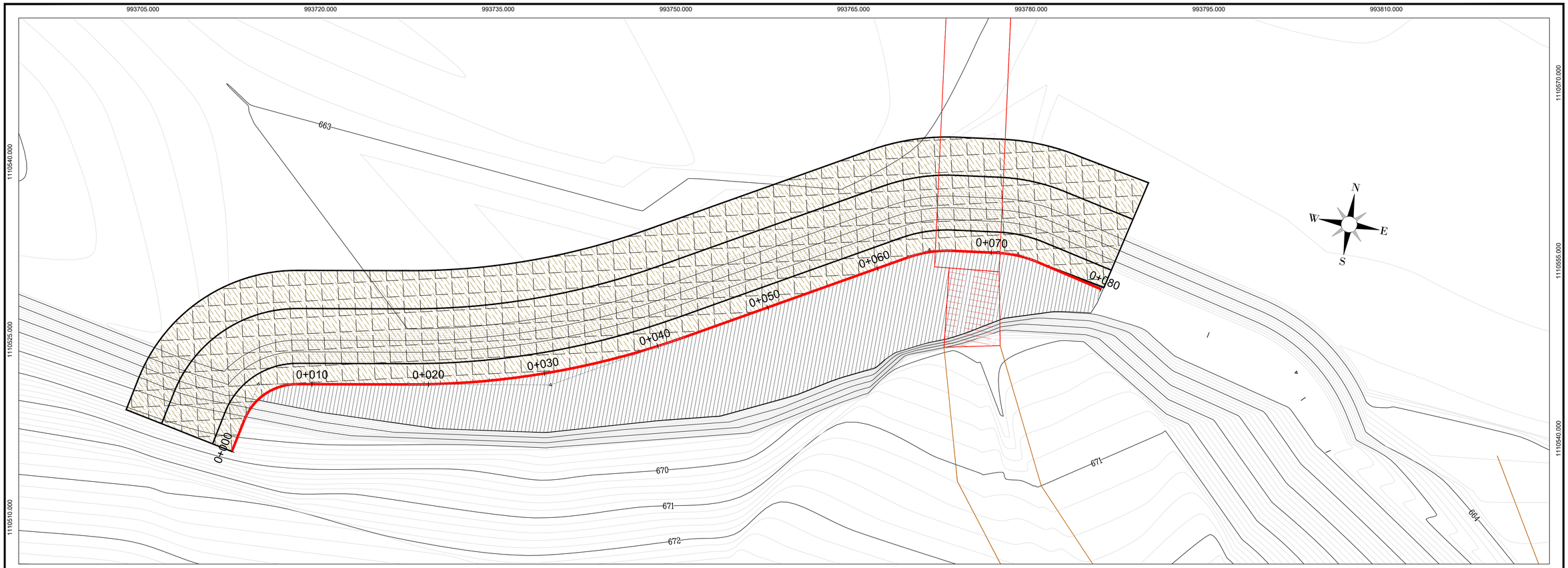
INTERVENTORIA

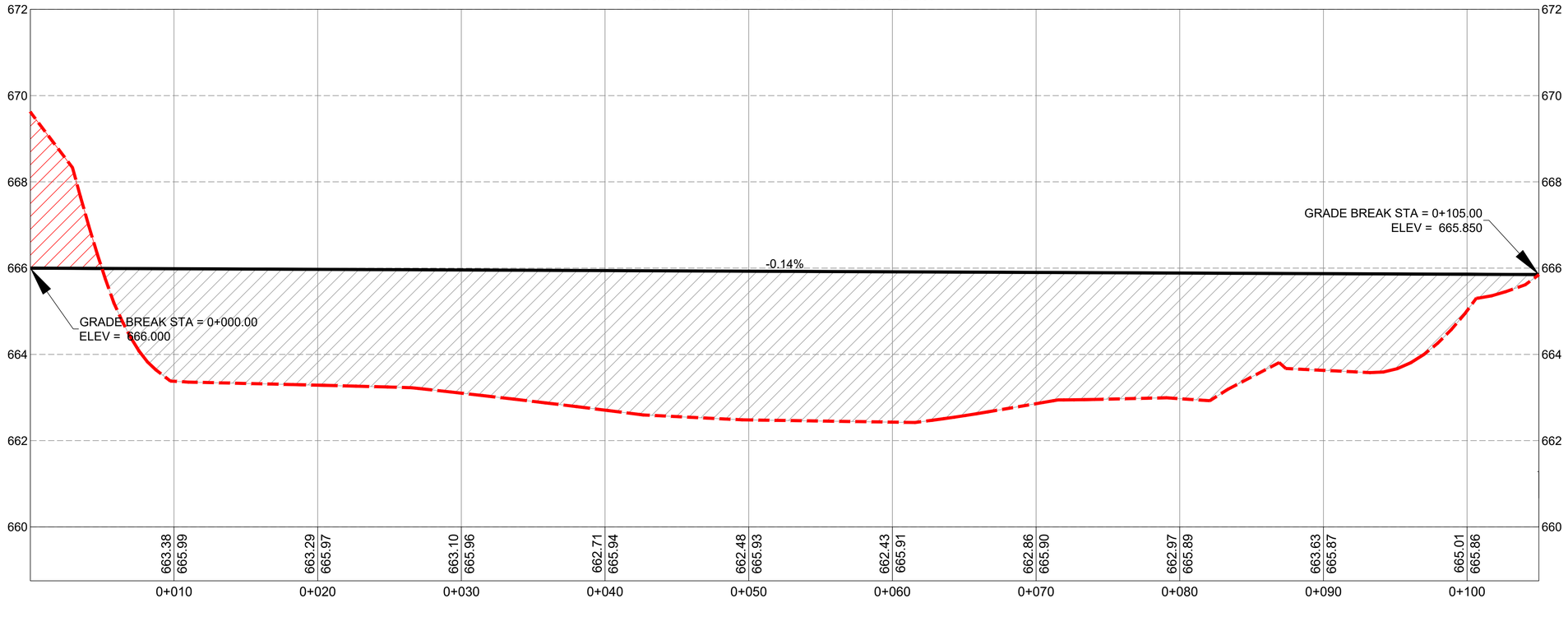
Contiene:

DELIMITACIÓN DE CUENCA QUEBRADA LA CACO

Observaciones:

Archivo: Delimitacion_Cuenca_Quebrada_La_Caco.dwg	Plano: 01/01
Fecha: Noviembre_2023	
Escala: 1:20.000	





GOBERNACIÓN DE BOYACÁ

PROYECTO:

CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE MITIGACIÓN SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS PROVINCIA DE OCCIDENTE DEPARTAMENTO DE BOYACA.
"MUZO BOYACA: SECTOR-PUENTE LA CACO

CONVENCIONES:

- *Curvas de Nivel*
- *Perfil Terreno Natural*
- *Perfil Socavación*
- *NAME*

LOCALIZACIÓN:



PARAMETROS GEODESICOS

Datum:	*MAGNA*
Latitud:	*4° 35' 46.3215" N*
Longitud:	*74° 04' 39.0285" W*
Falso Este:	*1000000*
Falso Norte:	*1000000*
Factor de escala:	*1.00000*
Elipsoide:	*WGS84 = GRS80*
Proyección:	*TM LOCAL*
Zona:	*Bogotá - Magna*
Datum Vertical:	*m.s.n.m.m*
Modelo Geoidal:	*EGM 96*

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO:
CAMILO HERNAN CUBIDES MESA
CPNT 01-13900 DE 24/09/2012

ELABORÓ:
Victor Manuel Camacho Reyes
I.C. M.P 2520209234 CND

APROBÓ:
R.L JHONATAN MENESES
INTERVENTORIA

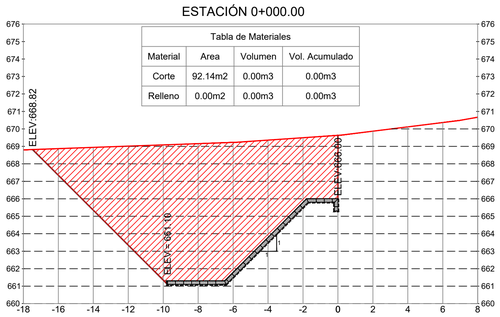
Contiene:
PLANTA-PERFIL OBRA DE PROTECCIÓN QUEBRADA LA CACO

Observaciones:

Archivo:	Plano: 01/01
Fecha: Noviembre 2023	
Escala: 1:150	

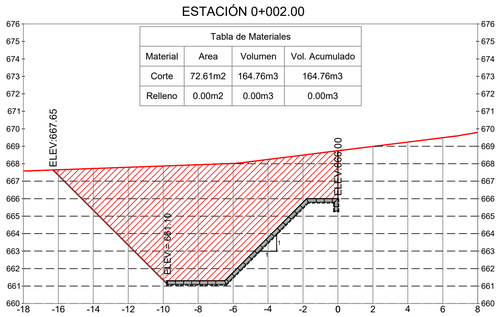
ESTACIÓN 0+000.00

Tabla de Materiales			
Material	Area	Volumen	Vol. Acumulado
Corte	92.14m2	0.00m3	0.00m3
Relleno	0.00m2	0.00m3	0.00m3



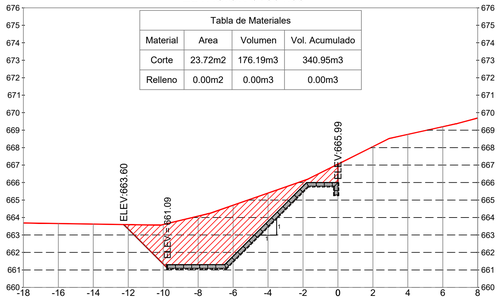
ESTACIÓN 0+002.00

Tabla de Materiales			
Material	Area	Volumen	Vol. Acumulado
Corte	72.61m2	164.76m3	164.76m3
Relleno	0.00m2	0.00m3	0.00m3



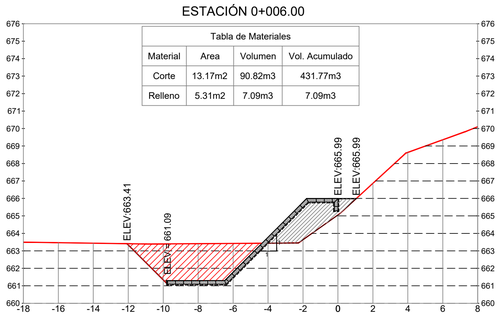
ESTACIÓN 0+004.00

Tabla de Materiales			
Material	Area	Volumen	Vol. Acumulado
Corte	23.72m2	176.19m3	340.95m3
Relleno	0.00m2	0.00m3	0.00m3



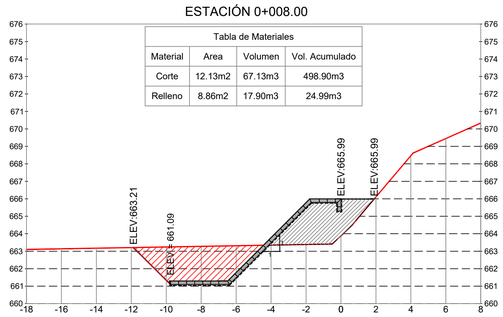
ESTACIÓN 0+006.00

Tabla de Materiales			
Material	Area	Volumen	Vol. Acumulado
Corte	13.17m2	90.82m3	431.77m3
Relleno	5.31m2	7.09m3	7.09m3



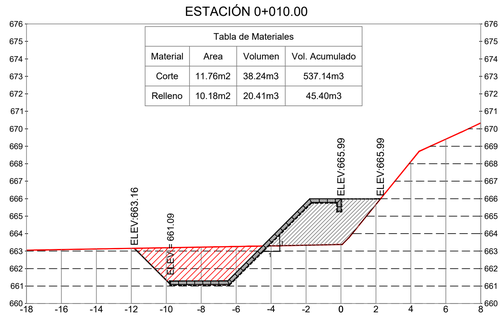
ESTACIÓN 0+008.00

Tabla de Materiales			
Material	Area	Volumen	Vol. Acumulado
Corte	12.13m2	67.13m3	498.90m3
Relleno	8.86m2	17.90m3	24.99m3



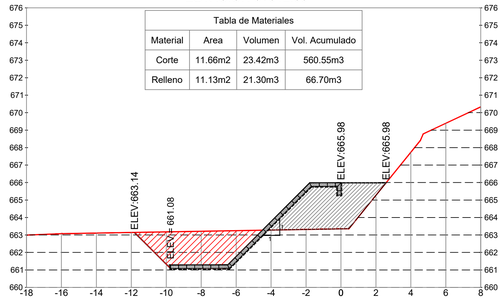
ESTACIÓN 0+010.00

Tabla de Materiales			
Material	Area	Volumen	Vol. Acumulado
Corte	11.76m2	38.24m3	537.14m3
Relleno	10.18m2	20.41m3	45.40m3



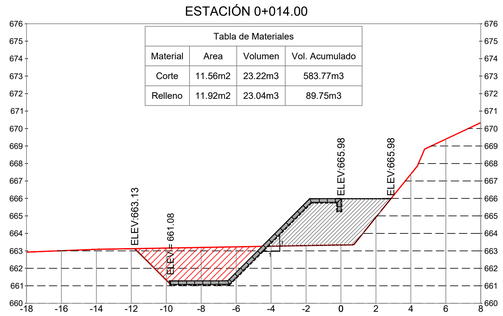
ESTACIÓN 0+012.00

Tabla de Materiales			
Material	Area	Volumen	Vol. Acumulado
Corte	11.66m2	23.42m3	560.55m3
Relleno	11.13m2	21.30m3	66.70m3



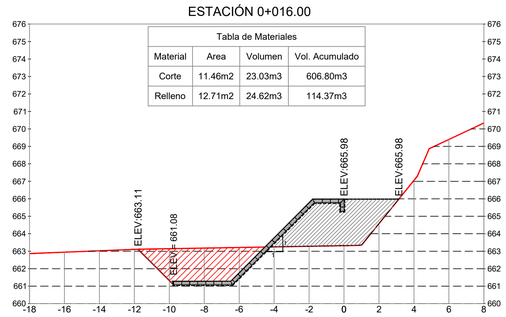
ESTACIÓN 0+014.00

Tabla de Materiales			
Material	Area	Volumen	Vol. Acumulado
Corte	11.56m2	23.22m3	583.77m3
Relleno	11.92m2	23.04m3	89.75m3



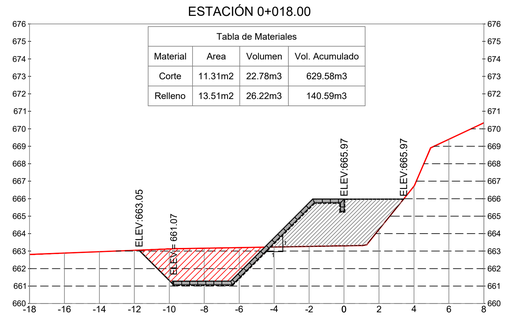
ESTACIÓN 0+016.00

Tabla de Materiales			
Material	Area	Volumen	Vol. Acumulado
Corte	11.46m2	23.03m3	606.80m3
Relleno	12.71m2	24.62m3	114.37m3



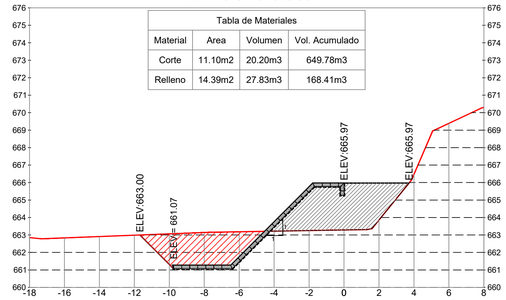
ESTACIÓN 0+018.00

Tabla de Materiales			
Material	Area	Volumen	Vol. Acumulado
Corte	11.31m2	22.78m3	629.58m3
Relleno	13.51m2	26.22m3	140.59m3



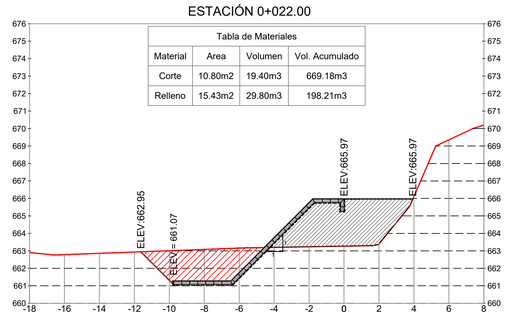
ESTACIÓN 0+020.00

Tabla de Materiales			
Material	Area	Volumen	Vol. Acumulado
Corte	11.10m2	20.20m3	649.78m3
Relleno	14.39m2	27.83m3	168.41m3



ESTACIÓN 0+022.00

Tabla de Materiales			
Material	Area	Volumen	Vol. Acumulado
Corte	10.80m2	19.40m3	669.18m3
Relleno	15.43m2	29.80m3	198.21m3



GOBERNACIÓN DE BOYACÁ

PROYECTO:

CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE MITIGACIÓN SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS PROVINCIA DE OCCIDENTE DEPARTAMENTO DE BOYACA.
"MUZO BOYACA: SECTOR-PUENTE LA CACO

CONVENCIONES:

- *Curvas de Nivel*
- *Perfil Terreno Natural*
- *Perfil Socavación*
- *NAME*

LOCALIZACIÓN:



PARAMETROS GEODESICOS

Datum:	*MAGNA*
Latitud:	*4° 35' 46.3215" N*
Longitud:	*74° 04' 39.0285" W*
Falso Este:	*1000000*
Falso Norte:	*1000000*
Factor de escala:	*1.00000*
Elipsoide:	*WGS84 = GRS80*
Proyección:	*TM LOCAL*
Zona:	*Bogotá - Magna*
Datum Vertical:	*m.s.n.m.m*
Modelo Geoidal:	*EGM 96*

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO:

CAMILO HERNAN CUBIDES MESA
CPNT 01-13900 DE 24/09/2012

ELABORÓ:

Victor Manuel Camacho Reyes
I.C. M.P 2520209234 CND

APROBÓ:

R.L JHONATAN MENESES
INTERVENTORIA

Contiene:

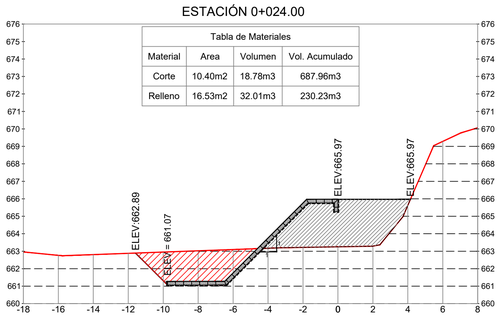
SECCIONES OBRA DE PROTECCIÓN QUEBRADA LA CACO

Observaciones:

Archivo: OP_Quebrada_la_Caco.dwg	Plano: 01/05
Fecha: Noviembre 2023	
Escala: 1:150	

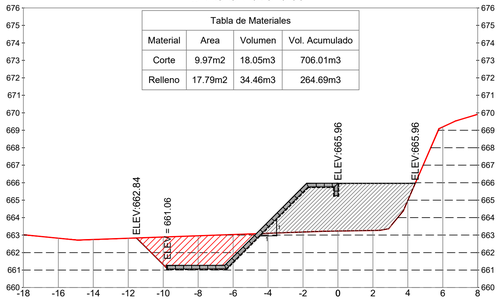
ESTACIÓN 0+024.00

Tabla de Materiales			
Material	Area	Volumen	Vol. Acumulado
Corte	10.40m2	18.78m3	687.96m3
Relleno	16.53m2	32.01m3	230.23m3



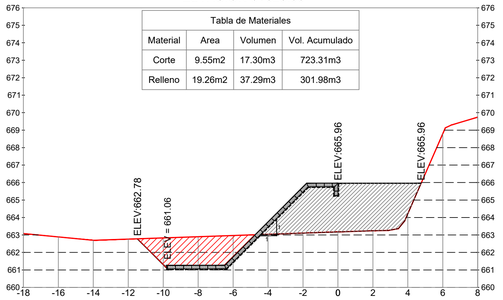
ESTACIÓN 0+026.00

Tabla de Materiales			
Material	Area	Volumen	Vol. Acumulado
Corte	9.97m2	18.05m3	706.01m3
Relleno	17.79m2	34.46m3	264.69m3



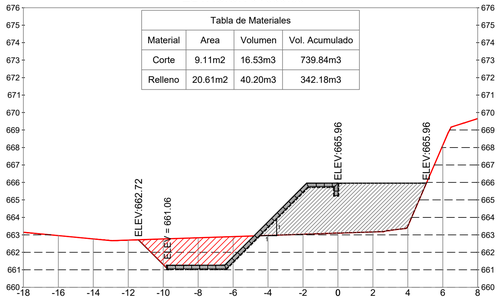
ESTACIÓN 0+028.00

Tabla de Materiales			
Material	Area	Volumen	Vol. Acumulado
Corte	9.55m2	17.30m3	723.31m3
Relleno	19.26m2	37.29m3	301.98m3



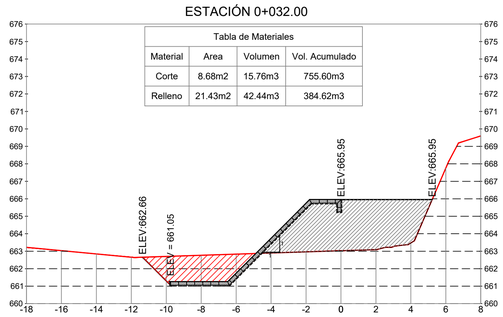
ESTACIÓN 0+030.00

Tabla de Materiales			
Material	Area	Volumen	Vol. Acumulado
Corte	9.11m2	16.53m3	739.84m3
Relleno	20.61m2	40.20m3	342.18m3



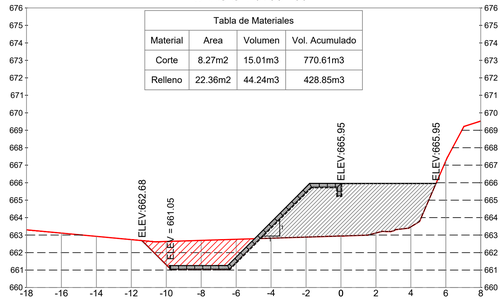
ESTACIÓN 0+032.00

Tabla de Materiales			
Material	Area	Volumen	Vol. Acumulado
Corte	8.68m2	15.76m3	755.60m3
Relleno	21.43m2	42.44m3	384.62m3



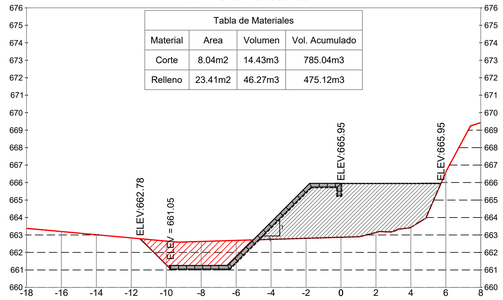
ESTACIÓN 0+034.00

Tabla de Materiales			
Material	Area	Volumen	Vol. Acumulado
Corte	8.27m2	15.01m3	770.61m3
Relleno	22.36m2	44.24m3	428.85m3



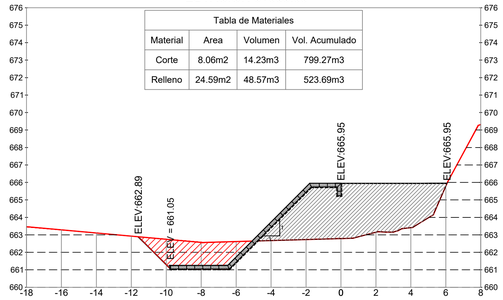
ESTACIÓN 0+036.00

Tabla de Materiales			
Material	Area	Volumen	Vol. Acumulado
Corte	8.04m2	14.43m3	785.04m3
Relleno	23.41m2	46.27m3	475.12m3



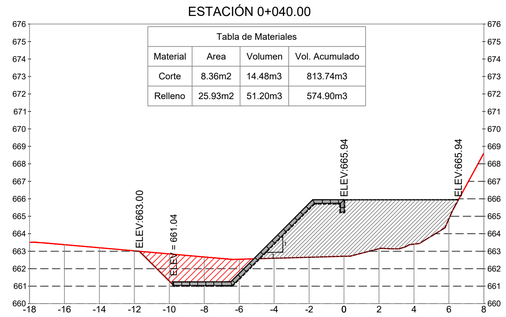
ESTACIÓN 0+038.00

Tabla de Materiales			
Material	Area	Volumen	Vol. Acumulado
Corte	8.06m2	14.23m3	799.27m3
Relleno	24.59m2	48.57m3	523.69m3



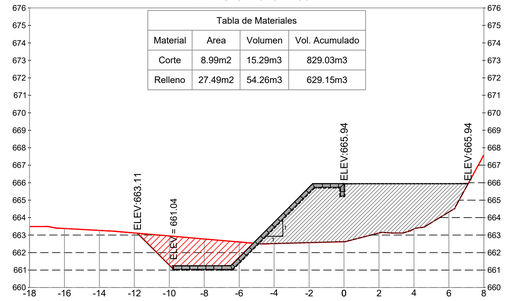
ESTACIÓN 0+040.00

Tabla de Materiales			
Material	Area	Volumen	Vol. Acumulado
Corte	8.36m2	14.48m3	813.74m3
Relleno	25.93m2	51.20m3	574.90m3



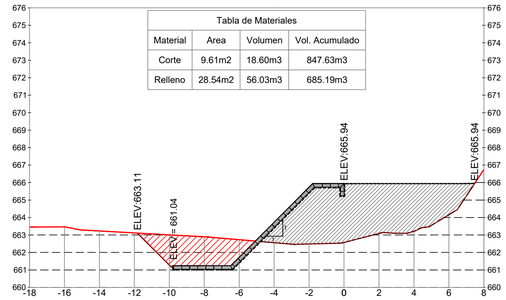
ESTACIÓN 0+042.00

Tabla de Materiales			
Material	Area	Volumen	Vol. Acumulado
Corte	8.99m2	15.29m3	829.03m3
Relleno	27.49m2	54.26m3	629.15m3



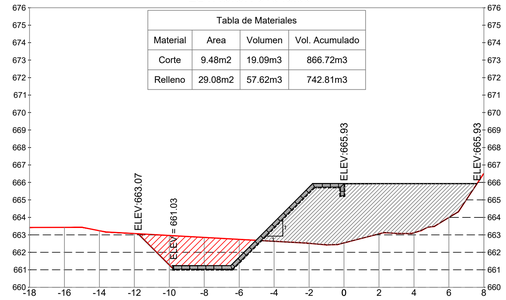
ESTACIÓN 0+044.00

Tabla de Materiales			
Material	Area	Volumen	Vol. Acumulado
Corte	9.61m2	18.60m3	847.63m3
Relleno	28.54m2	56.03m3	685.19m3



ESTACIÓN 0+046.00

Tabla de Materiales			
Material	Area	Volumen	Vol. Acumulado
Corte	9.48m2	19.09m3	866.72m3
Relleno	29.08m2	57.62m3	742.81m3



GOBERNACIÓN DE BOYACÁ

PROYECTO:

CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE MITIGACIÓN SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS PROVINCIA DE OCCIDENTE DEPARTAMENTO DE BOYACA.
"MUZO BOYACA: SECTOR-PUENTE LA CACO

CONVENCIONES:

- *Curvas de Nivel*
- *Perfil Terreno Natural*
- *Perfil Socavación*
- *NAME*

LOCALIZACIÓN:



PARAMETROS GEODESICOS

Datum:	*MAGNA*
Latitud:	*4° 35' 46.3215" N*
Longitud:	*74° 04' 39.0285" W*
Falso Este:	*1000000*
Falso Norte:	*1000000*
Factor de escala:	*1.00000*
Elipsoide:	*WGS84 = GRS80*
Proyección:	*TM LOCAL*
Zona:	*Bogotá - Magna*
Datum Vertical:	*m.s.n.m.m*
Modelo Geoidal:	*EGM 96*

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO:

CAMILO HERNAN CUBIDES MESA
CPNT 01-13900 DE 24/09/2012

ELABORÓ:

Victor Manuel Camacho Reyes
I.C. M.P 2520209234 CND

APROBÓ:

R.L JHONATAN MENESES
INTERVENTORIA

Contiene:

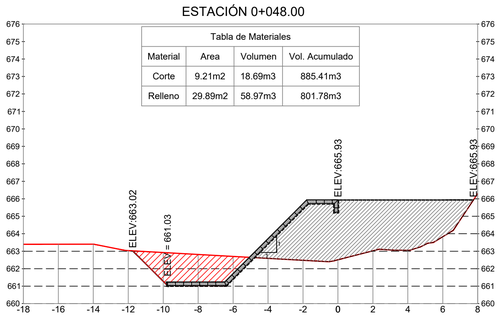
SECCIONES OBRA DE PROTECCIÓN QUEBRADA LA CACO

Observaciones:

Archivo: OP_Quebrada_la_Caco.dwg	Plano: 02/05
Fecha: Noviembre 2023	
Escala: 1:150	

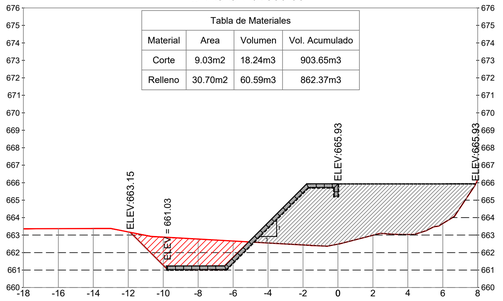
ESTACIÓN 0+048.00

Tabla de Materiales			
Material	Area	Volumen	Vol. Acumulado
Corte	9.21m2	18.69m3	885.41m3
Relleno	29.89m2	58.97m3	801.78m3



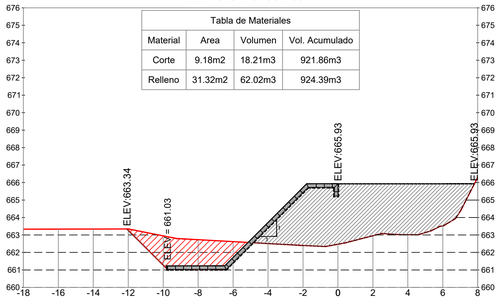
ESTACIÓN 0+050.00

Tabla de Materiales			
Material	Area	Volumen	Vol. Acumulado
Corte	9.03m2	18.24m3	903.65m3
Relleno	30.70m2	60.59m3	862.37m3



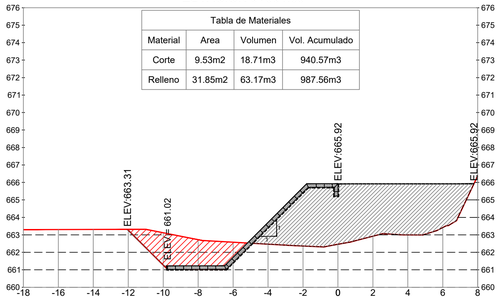
ESTACIÓN 0+052.00

Tabla de Materiales			
Material	Area	Volumen	Vol. Acumulado
Corte	9.18m2	18.21m3	921.86m3
Relleno	31.32m2	62.02m3	924.39m3



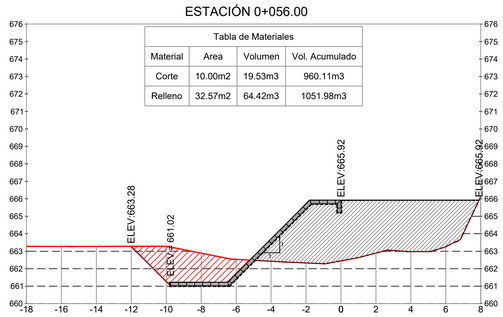
ESTACIÓN 0+054.00

Tabla de Materiales			
Material	Area	Volumen	Vol. Acumulado
Corte	9.53m2	18.71m3	940.57m3
Relleno	31.85m2	63.17m3	987.56m3



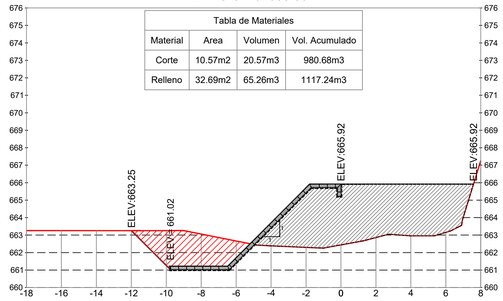
ESTACIÓN 0+056.00

Tabla de Materiales			
Material	Area	Volumen	Vol. Acumulado
Corte	10.00m2	19.53m3	960.11m3
Relleno	32.57m2	64.42m3	1051.98m3



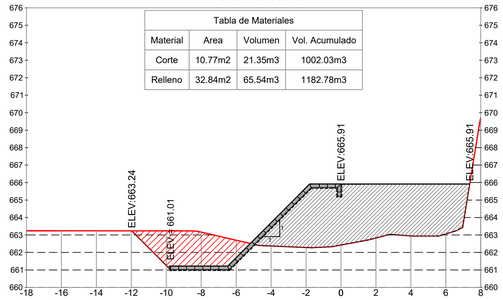
ESTACIÓN 0+058.00

Tabla de Materiales			
Material	Area	Volumen	Vol. Acumulado
Corte	10.57m2	20.57m3	980.68m3
Relleno	32.69m2	65.26m3	1117.24m3



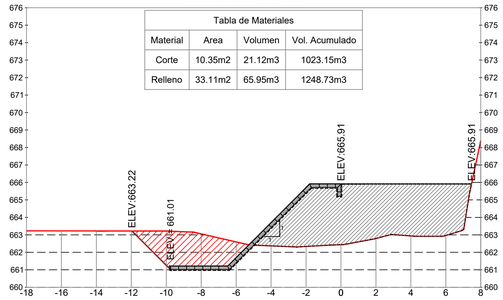
ESTACIÓN 0+060.00

Tabla de Materiales			
Material	Area	Volumen	Vol. Acumulado
Corte	10.77m2	21.35m3	1002.03m3
Relleno	32.84m2	65.54m3	1182.78m3



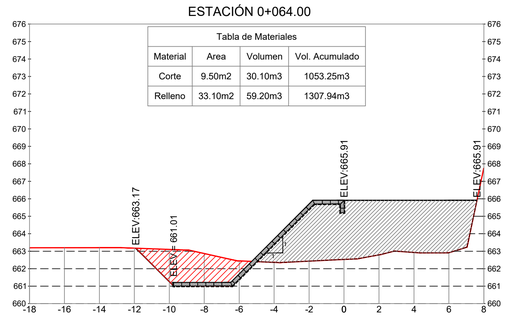
ESTACIÓN 0+062.00

Tabla de Materiales			
Material	Area	Volumen	Vol. Acumulado
Corte	10.35m2	21.12m3	1023.15m3
Relleno	33.11m2	65.95m3	1248.73m3



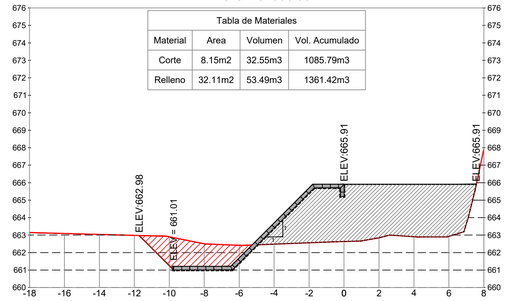
ESTACIÓN 0+064.00

Tabla de Materiales			
Material	Area	Volumen	Vol. Acumulado
Corte	9.50m2	30.10m3	1053.25m3
Relleno	33.10m2	59.20m3	1307.94m3



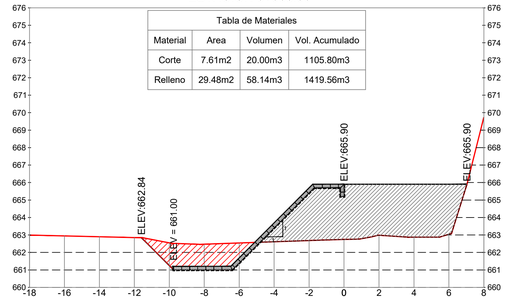
ESTACIÓN 0+066.00

Tabla de Materiales			
Material	Area	Volumen	Vol. Acumulado
Corte	8.15m2	32.55m3	1085.79m3
Relleno	32.11m2	53.49m3	1361.42m3



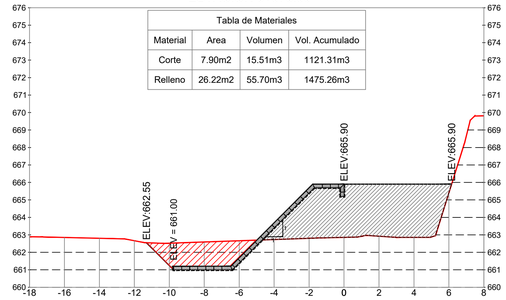
ESTACIÓN 0+068.00

Tabla de Materiales			
Material	Area	Volumen	Vol. Acumulado
Corte	7.61m2	20.00m3	1105.80m3
Relleno	29.48m2	58.14m3	1419.56m3



ESTACIÓN 0+070.00

Tabla de Materiales			
Material	Area	Volumen	Vol. Acumulado
Corte	7.90m2	15.51m3	1121.31m3
Relleno	26.22m2	55.70m3	1475.26m3



GOBERNACIÓN DE BOYACÁ

PROYECTO:

CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE MITIGACIÓN SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS PROVINCIA DE OCCIDENTE DEPARTAMENTO DE BOYACA.
"MUZO BOYACA: SECTOR-PUENTE LA CACO

CONVENCIONES:

- *Curvas de Nivel*
- *Perfil Terreno Natural*
- *Perfil Socavación*
- *NAME*

LOCALIZACIÓN:



PARAMETROS GEODESICOS

Datum:	*MAGNA*
Latitud:	*4° 35' 46.3215" N*
Longitud:	*74° 04' 39.0285" W*
Falso Este:	*1000000*
Falso Norte:	*1000000*
Factor de escala:	*1.00000*
Elipsoide:	*WGS84 = GRS80*
Proyección:	*TM LOCAL*
Zona:	*Bogotá - Magna*
Datum Vertical:	*m.s.n.m.m*
Modelo Geoidal:	*EGM 96*

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO:

CAMILO HERNÁN CUBIDES MESA
CPNT 01-13900 DE 24/09/2012

ELABORÓ:

Victor Manuel Camacho Reyes
I.C. M.P 2520209234 CND

APROBÓ:

R.L JHONATAN MENESES
INTERVENTORIA

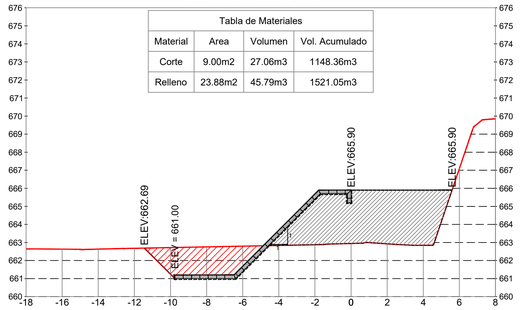
Contiene:

SECCIONES OBRA DE PROTECCIÓN QUEBRADA LA CACO

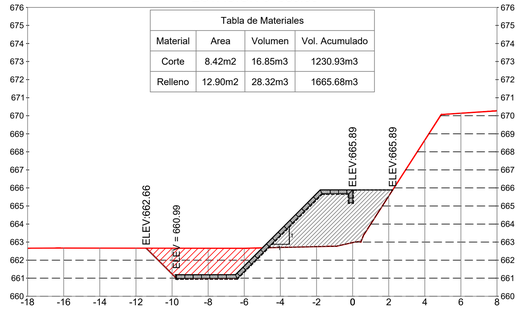
Observaciones:

Archivo:	Plano:
OP_Quebrada_la_Caco.dwg	03/05
Fecha: Noviembre 2023	
Escala: 1:150	

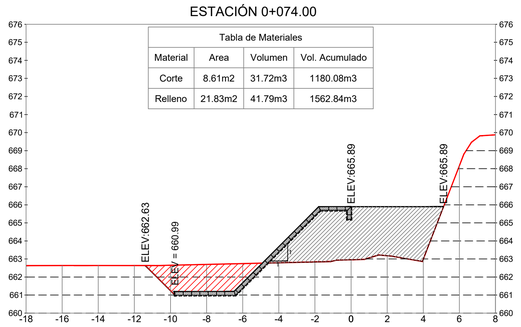
ESTACIÓN 0+072.00



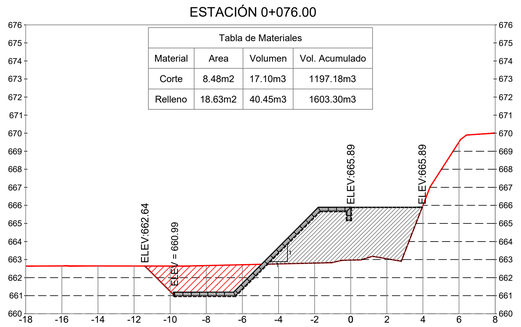
ESTACIÓN 0+080.00



ESTACIÓN 0+074.00



ESTACIÓN 0+076.00



ESTACIÓN 0+078.00

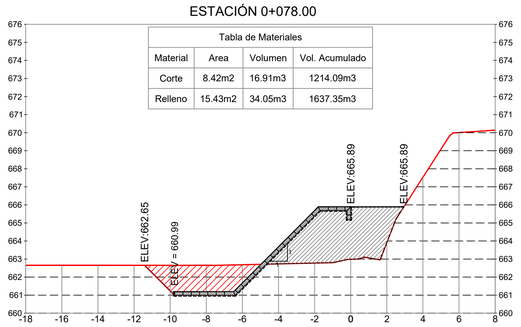


Tabla de Volumenes de Corte y Relleno

Estacion	Area Terraplen (m^2)	Area Corte (m^2)	Volumen Terraplen (m3)	Volumen Corte (m3)	Volumen Acumulado Terraplen (m3)	Volumen Acumulado Corte (m3)
0+000.00	0.00	92.14	0.00	0.00	0.00	0.00
0+002.00	0.00	72.61	0.00	164.76	0.00	164.76
0+004.00	0.00	23.72	0.00	176.19	0.00	340.95
0+006.00	5.31	13.17	7.09	90.82	7.09	431.77
0+008.00	8.86	12.13	17.90	67.13	24.99	498.90
0+010.00	10.18	11.76	20.41	38.24	45.40	537.14
0+012.00	11.13	11.66	21.30	23.42	66.70	560.55
0+014.00	11.92	11.56	23.04	23.22	89.75	583.77
0+016.00	12.71	11.46	24.62	23.03	114.37	606.80
0+018.00	13.51	11.31	26.22	22.78	140.59	629.58
0+020.00	14.39	11.10	27.83	20.20	168.41	649.78
0+022.00	15.43	10.80	29.80	19.40	198.21	669.18
0+024.00	16.53	10.40	32.01	18.78	230.23	687.96
0+026.00	17.79	9.97	34.46	18.05	264.69	706.01
0+028.00	19.26	9.55	37.29	17.30	301.98	723.31
0+030.00	20.61	9.11	40.20	16.53	342.18	739.84
0+032.00	21.43	8.68	42.44	15.76	384.62	755.60
0+034.00	22.36	8.27	44.24	15.01	428.85	770.61
0+036.00	23.41	8.04	46.27	14.43	475.12	785.04
0+038.00	24.59	8.06	48.57	14.23	523.69	799.27
0+040.00	25.93	8.36	51.20	14.48	574.90	813.74
0+042.00	27.49	8.99	54.26	15.29	629.15	829.03
0+044.00	28.54	9.61	56.03	18.60	685.19	847.63
0+046.00	29.08	9.48	57.62	19.09	742.81	866.72
0+048.00	29.89	9.21	58.97	18.69	801.78	885.41
0+050.00	30.70	9.03	60.59	18.24	862.37	903.65
0+052.00	31.32	9.18	62.02	18.21	924.39	921.86
0+054.00	31.85	9.53	63.17	18.71	987.56	940.57
0+056.00	32.57	10.00	64.42	19.53	1051.98	960.11
0+058.00	32.69	10.57	65.26	20.57	1117.24	980.68
0+060.00	32.84	10.77	65.54	21.35	1182.78	1002.03
0+062.00	33.11	10.35	65.95	21.12	1248.73	1023.15
0+064.00	33.10	9.50	59.20	30.10	1307.94	1053.25
0+066.00	32.11	8.15	53.49	32.55	1361.42	1085.79
0+068.00	29.48	7.61	58.14	20.00	1419.56	1105.80
0+070.00	26.22	7.90	55.70	15.51	1475.26	1121.31
0+072.00	23.88	9.00	45.79	27.06	1521.05	1148.36
0+074.00	21.83	8.61	41.79	31.72	1562.84	1180.08
0+076.00	18.63	8.48	40.45	17.10	1603.30	1197.18
0+078.00	15.43	8.42	34.05	16.91	1637.35	1214.09
0+080.00	12.90	8.42	28.32	16.85	1665.68	1230.93
0+082.00	12.07	8.48	24.97	16.91	1690.64	1247.84
0+084.00	11.49	8.56	23.56	17.05	1714.20	1264.89
0+086.00	11.14	8.65	22.63	17.21	1736.83	1282.10
0+088.00	12.00	8.73	23.14	17.38	1759.97	1299.47
0+090.00	12.06	8.81	24.06	17.54	1784.02	1317.01
0+092.00	12.17	8.89	24.23	17.70	1808.26	1334.71
0+094.00	12.22	8.92	25.24	22.31	1833.50	1357.02
0+096.00	11.47	8.78	26.01	29.65	1859.50	1386.67
0+098.00	9.59	8.55	23.46	29.04	1882.96	1415.71
0+100.00	6.21	8.30	18.05	28.22	1901.01	1443.93
0+102.00	2.60	8.46	10.20	27.92	1911.21	1471.86
0+104.00	1.26	11.14	4.03	23.74	1915.25	1495.60
0+105.00	0.57	12.87	0.91	12.00	1916.16	1507.60

GOBERNACIÓN DE BOYACÁ

PROYECTO:

CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE MITIGACIÓN SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS PROVINCIA DE OCCIDENTE DEPARTAMENTO DE BOYACA.
"MUZO BOYACA: SECTOR-PUENTE LA CACO

CONVENCIONES:

- *Curvas de Nivel*
- *Perfil Terreno Natural*
- *Perfil Socavación*
- *NAME*

LOCALIZACIÓN:



PARAMETROS GEODESICOS

Datum:	*MAGNA*
Latitud:	*4° 35' 46.3215" N*
Longitud:	*74° 04' 39.0285" W*
Falso Este:	*1000000*
Falso Norte:	*1000000*
Factor de escala:	*1.00000*
Elipsoide:	*WGS84 = GRS80*
Proyección:	*TM LOCAL*
Zona:	*Bogotá - Magna*
Datum Vertical:	*m.s.n.m.m*
Modelo Geoidal:	*EGM 96*

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO:

CAMILO HERNAN CUBIDES MESA
CPNT 01-13900 DE 24/09/2012

ELABORÓ:

Victor Manuel Camacho Reyes
I.C. M.P 25202099234 CND

APROBO:

R.L JHONATAN MENESES
INTERVENTORIA

Contiene:

SECCIONES OBRA DE PROTECCIÓN QUEBRADA LA CACO

Observaciones:

Archivo: OP_Quebrada_la_Caco.dwg	Plano: 04/05
Fecha: Noviembre 2023	
Escala: 1:150	

ESTUDIO DE SUELOS Y RECOMENDACIONES DE CIMENTACIÓN

FRENTE DE OBRA

MUNICIPIO DE MUZO – SECTOR LA CACO

Laboratorio de Suelos
GlobalCivil
Interventorias y Construccion

SEPTIEMBRE 2023

INFORME DE ESTUDIO GEOTÉCNICO ATENCIÓN DE EMERGENCIA ESTABILIZACIÓN ESTRIBO DE ACCESO PUENTE LA CACO MUNICIPIO DE MUZO, DEPARTAMENTO BOYACÁ.

LOCALIZACIÓN: **PUENTE LA CACO MUNICIPIO DE MUZO DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**

PROPIETARIO: **ALCALDÍA MUNICIPAL**

DIRIGIDO A: **GOBERNACIÓN DEPARTAMENTAL DE BOYACÁ**

TABLA DE CONTENIDO

Pág.

1 GENERALIDADES 6
1.1 DEL PROYECTO 6
1.2 LOCALIZACIÓN GENERAL 8
1.2.1 Localización zona de estudio 9
1.3 GEOLOGÍA GENERAL[3] 9
1.3.1 GEOLOGÍA 9
1.4 GEOLOGIA REGIONAL 12
1.4.1 Formación Paja (Kip) 12
1.4.2 Cuaternario Aluvial (Qal) 12
2 . EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA 15
2.1 OBJETIVO Y ALCANCES DEL ESTUDIO 19
2.2 ENSAYOS REALIZADOS 19
2.3 ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR 21
2.4 PRESENCIA DE CUERPOS DE AGUA, VEGETACION Y PRECIPITACION 25
2.4.1 Presencia de Cuerpos de agua 25
2.4.2 Distribución Temporal de la Precipitación 25
3 CARACTERÍSTICAS DEL SUBSUELO 26
3.1 PERFIL DEL SUBSUELO 26
4 ANÁLISIS DE RESULTADOS 26
4.1 HUMEDAD DEL MATERIAL 26
4.2 PLASTICIDAD DEL MATERIAL 27
4.3 RESISTENCIA DEL MATERIAL DEL SUELO DE FUNDACIÓN 28
4.4 ANÁLISIS DE SUELOS EXPANSIVOS 30
4.5 ANÁLISIS DE SUELOS COLAPSABLES 30
4.6 ABLANDAMIENTO CICLICO DE SUELOS FINOS 31
5 RECOMENDACIONES 33
5.1 Tipo de cimentación 33
5.2 Nivel de cimentación 33
5.3 PARAMETROS DE DISEÑO 34
5.4 TIPO DE PERFIL ESTRATIGRÁFICO 35
6 EVALUACION DE CARGAS A CIMENTACION 37
6.1 PRESIÓN DE TRABAJO (CAPACIDAD PORTANTE) 37
6.2 EVALUACION DE ASENTAMIENTOS INMEDIATOS 37
6.3 EVALUACION DE ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACION 37

6.4 MÓDULO DE BALASTO EN SUELOS COHESIVOS 38
6.5 FACTOR DE SEGURIDAD ADOPTADO 38
6.5.1 REVISION FACTORES DE SEGURIDAD 39
6.5.2 ASENTAMIENTOS DEBIDO A LAS CARGAS Y CALCULO DELMODULO DE BALASTO 39
6.6 PARÁMETROS DE DISEÑO MUROS DE CONTENCION 40
7 RECOMENDACIONES GENERALES 41
8 ANEXOS – PERFILES DE CAMPO 43
9 ANEXOS ENSAYOS DE LABORATORIO 45

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Localización general de la zona de estudio. Modificado Google Earth. 6
Figura 2 Localización general del proyecto dentro de la geografía nacional. 8
Figura 3. Definición de cada uno de los bloques estructurales de acuerdo con el Ingeominas. 11
Figura 4. Vista general de la zona de estudio. 13
Figura 5. Ubicación geológica del sitio de estudio. 14
Figura 6. Localización general de los sondeos dentro de la zona de estudio. 16
Figura 7. Actividades de exploración, ensayos de campo de pruebas de penetración estándar SPT. 19
Figura 8. Ejemplo cálculo de N corregido por energía 22
Figura 9. Resistencia al corte no drenado estimado con el ensayo de SPT. 24
Figura 10. Climograma municipio de Muzo. 25
Figura 11 Variación de la humedad con la profundidad para los sondeos. 27
Figura 12. Variación del límite líquido con la profundidad de exploración 28
Figura 13 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 29
Figura 14. Criterio propuesto para la evaluación de susceptibilidad a la licuación de suelos finos. Fuente Bray J.D. Sancio R.B. Durgunoglu H.T. (2004) 32
Figura 15. 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). 32
Figura 16. Esquema de cimentación. 33

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7260640
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Cantidad y tipo de ensayos programados.....20
Tabla 2. Tabla resumen resultados de laboratorio.....20
Tabla 3. Descripción estratos. 21
Tabla 4. Tabla resumen resultados de laboratorio (SPT).....23
Tabla 5. Clasificación de suelos expansivos. Tomado NSR-10 30
Tabla 6. Parámetros geotécnicos 35
Tabla 7. Cálculo de capacidad portante 39
Tabla 8. Asentamientos inmediatos.....39
Tabla 9. Asentamientos totales 40
Tabla 10. Parámetros de diseño de muros de contención.....40

1 GENERALIDADES

1.1 DEL PROYECTO

La gobernación departamental de Boyacá está adelantando el proyecto para la estabilización del estribo de entrada en el puente La Caco en el municipio de Muzo departamento Boyacá, en su zona rural, ver figura 1.

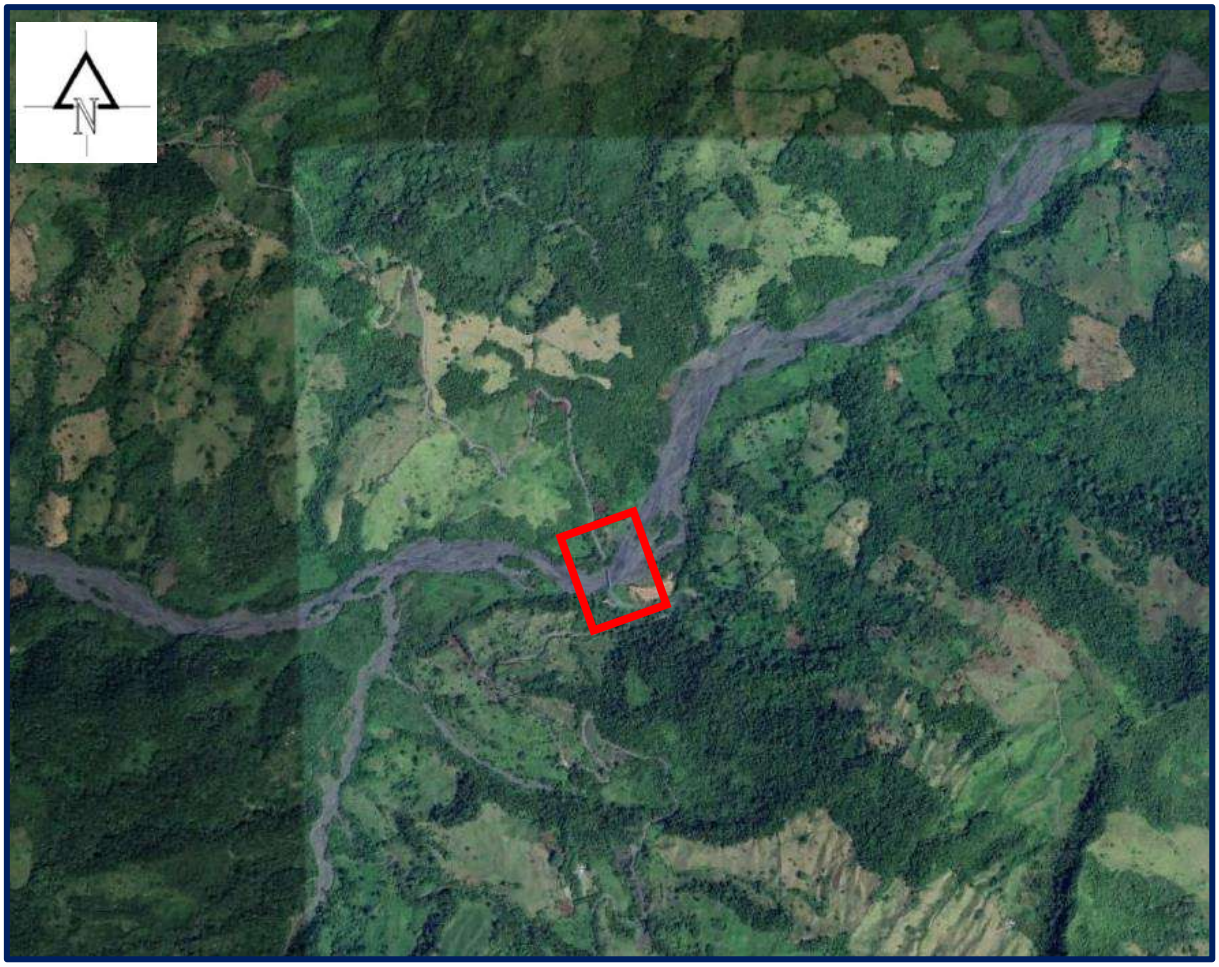


Figura 1. Localización general de la zona de estudio. Modificado Google Earth.

Revisada la información proporcionada por el cliente se tiene que proyectar la estabilización de un estribo de un puente vehicular.

El lote se encuentra al momento de ejecutar las perforaciones como un rio con la construcción de un puente vehicular en concreto. El se caracteriza por tener pendiente del 2%.

Para conocer propiedades mecánicas e índices, parámetros de resistencia y de asentamientos del subsuelo bajo el área de la obra, el propietario ordenó el estudio de suelos y recomendaciones necesarias para el diseño de la cimentación de la obra a construir.

1.2 LOCALIZACIÓN GENERAL[1]

En la figura 2 se puede apreciar la localización general del municipio Muzo dentro de la geografía nacional, y el proyecto en general.

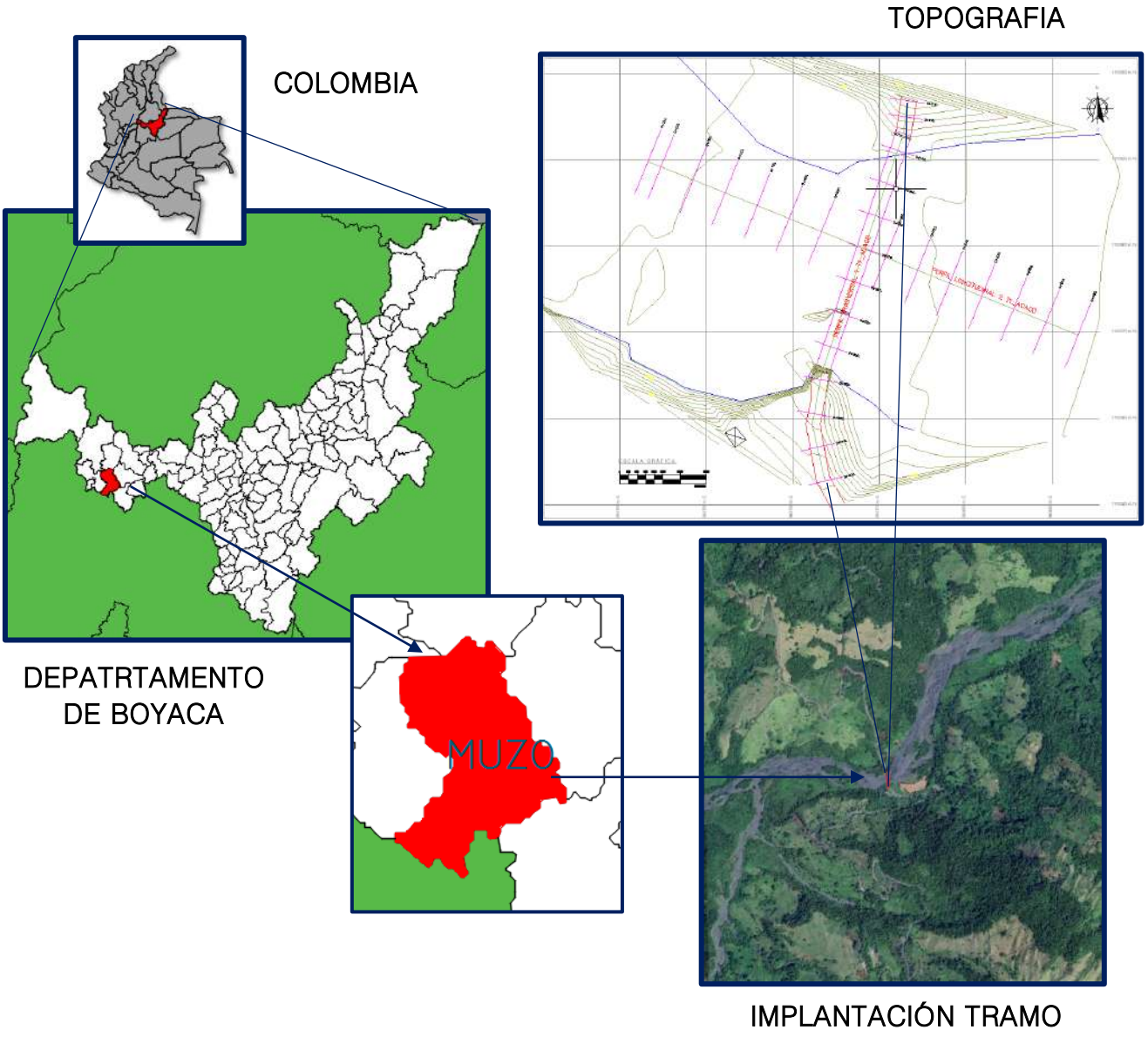


Figura 2 Localización general del proyecto dentro de la geografía nacional.

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

MUZO – Municipio Colombiano del departamento de Boyacá. (Conocido como "capital mundial de la esmeralda"). El municipio es conocido por sus yacimientos esmeraldíferos se encuentra ubicado en la Provincia de Occidente en el Departamento de Boyacá en las estribaciones de la Cordillera Oriental. La cabecera Municipal se localiza en las coordenadas Geográficas y una distancia de 178 Km., de la capital del Departamento (Tunja) y a 118 Km. de la capital de provincia que es Chiquinquirá. Limita por el Norte con Otanche y San Pablo de Borbur, por el Oriente con Maripi y Coper por el Occidente con Quipama y por el Sur con Cundinamarca.[2]

1.2.1 Localización zona de estudio

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

Coordenadas Magna Sirgas	Norte	Oeste
Elipsoidal	5°35'45,19''	74°08'01,55''
Gauss-Krueger	1110548,606	993767,258

Estas coordenadas corresponden a la carta geológica de La Palma que en nomenclatura propia del IGAC corresponde a la plancha número 189-II-B-11.

1.3 GEOLOGÍA GENERAL[3]

1.3.1 GEOLOGÍA [3]

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:

- Cuenca Valle Medio del Magdalena:
  - Bloque Valle del Río Magdalena: Puerto Boyacá
  - Bloque Vertiente Occidental de la Cordillera Oriental: Otanche
- Cuenca Cordillera Oriental
  - Bloque Chiquinquirá – Arcabuco

[2] FUENTE: Pagina web Ciudad de Tunja. http://www.tunja-boyaca.gov.co/
[3] Mapa Geológico del Departamento de Boyacá, Memoria Explicativa. INGEOMINAS, 2000

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

- Cuenca Sierra Nevada del Cocuy
  - Bloque Cocuy – Cubará – Margua
- 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 Chiquinquirá – Arcabuco el cual está localizado inmediatamente al oriente del bloque de Otanche y está limitado por la Falla de cabalgamiento de La Salina al occidente y la Falla inversa de Boyacá al oriente.

Entre los pliegues presentes en este bloque cabe mencionar de occidente a oriente: el Sinclinal de La Palma – Otanche, el Sinclinal de Santa Bárbara, el Anticlinal de La Victoria, el Anticlinal de Coscuez, el Anticlinal de Santa Helena, el Sinclinal de Coscuez, el Sinclinal de Quipama, el Anticlinal del Alto La Chapa, el Sinclinal y Anticlinal de Muzo, el Sinclinal del Almendro y el Anticlinal de Pauna; el Sinclinal de Coper, el Anticlinal del Río Piedras, el Sinclinal y Anticlinal de Caldas, el Sinclinal de Chiquinquirá – San José de Pare, el Anticlinal de Oiba, el Anticlinal de Tinjacá y el Anticlinal de Arcabuco, el cual cabecea o se hunde al nororiente del Municipio de Sáchica, para presentarse como una bifurcación en relevo al suroccidente de esta población, formando el Sinclinal y Anticlinal de Ráquira, el Sinclinal de La Isla y el Anticlinal del Rabanal.

En general son estructuras simétricas, de gran extensión longitudinal, cuyos ejes se orientan en dirección N30°E a N40°E, algunos de los cuales presentan inversión, generalmente en uno de sus flancos, tales como el Anticlinal de Tinjacá que presenta una inversión en su flanco occidental.

En la siguiente figura se presenta la definición de cada uno de los bloques en los cuales se encuentra dividido el departamento de Boyacá de acuerdo con la información suministrada por el Ingeominas.

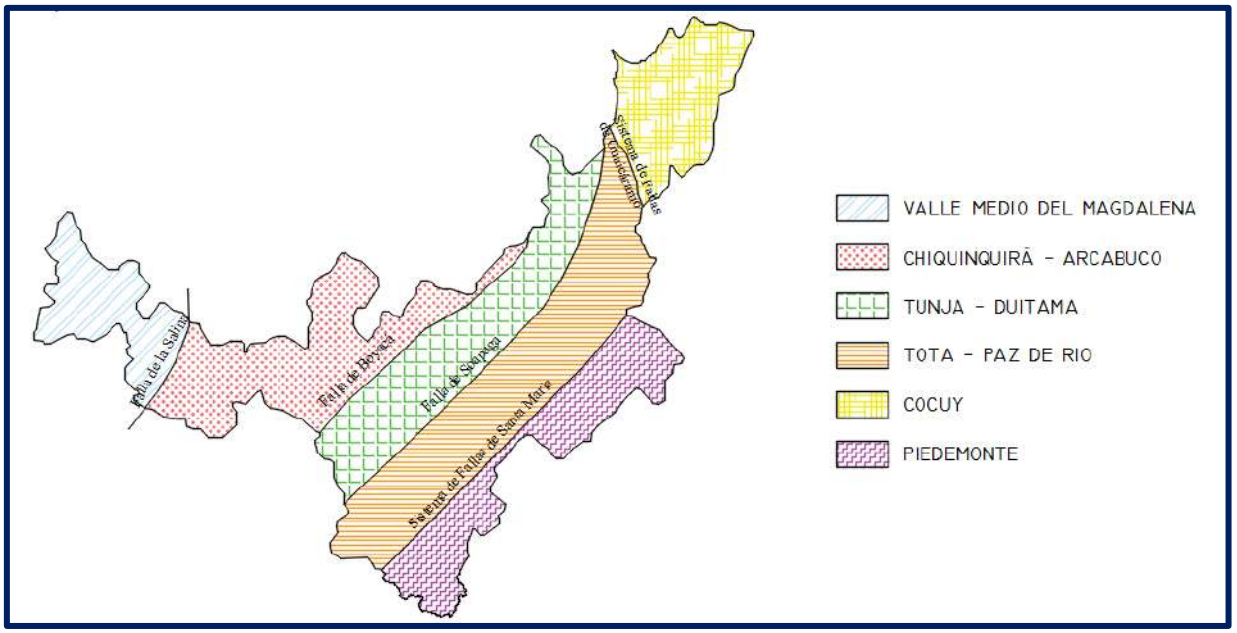


Figura 3. Definición de cada uno de los bloques estructurales de acuerdo con el Ingeominas.

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 Ariguíes, 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.

1.4 GEOLOGIA REGIONAL [4]

Para esta zona de encuentran diferenciados los siguientes tipos de formas:

1.4.1 Formación Paja (Kip)

Edad: Hauteriviano Superior – Aptiano Superior según Etayo (1968a). Sin embargo, el mismo autor (Etayo 1979a) determina más tarde, una edad comprendida desde el Valanginiano Superior hasta el Aptiano superior.
Autor: Wheeler, según Morales et al. (1958).
Afloramientos: aflora por la carretera Sáchica – Tunja.
Descripción litológica: shales negros ligeramente calcáreos y micáceos cuya parte inferior contiene concreciones de hasta 30 cm, septarias y vetas de calcita. Renzoni (1967) describe sobre la carretera Sáchica – Tunja una parte inferior de shales negros hauterivianos y una superior de shales negros aptianos con nódulos huecos; así mismo, pone de manifiesto la presencia de un miembro inferior arenoso a partir de Arcabuco y Togüi. Estos niveles de arenisca se alternan con niveles de shales negros más o menos arenosos y el conjunto llega a ser de 293 m en espesor.Rodríguez y Ulloa (1991 y 1994a), describen la Formación Paja en las áreas de las Planchas 169 y 190, en general, como un conjunto de lutitas grises oscuras a negras intercaladas con areniscas arcillosas de grano fino en capas gruesas y ocasionales estratos de caliza en capas gruesas. Es propia de esta unidad la presencia de láminas de yeso en su porción media.
Ambiente de sedimentación: probablemente fue acumulada bajo un mar somero en un medio reductor con circulación restringida.

1.4.2 Cuaternario Aluvial (Qal)

Se ubican hacia las márgenes de los drenajes principales y consisten de bloques redondeados, a subredondeados principalmente de arenitas, en una matriz areno–arcillosa, presentan una morfología plana.

FUENTE: Servicio Geológico de Colombia. Estado de la Cartografía Geológica de Colombia 2015 Plancha 189. Escala 1:100.000. Recuperado de https://www.sgc.gov.co

En el contexto regional la zona de estudio se ubica sobre la formación Paja (Kip) ver figura 5. Desde una perspectiva local se presentan compuesto por en la parte inferior y media, lutitas negras, micáceas, con nódulos arenosos, ligeramente calcáreos, limolitas arenosas, niveles de areniscas arcillosas y ocasionales estratos de caliza en capas gruesas. La parte superior está compuesta por una alternación de areniscas arcillosas, cuarzosas y lulitas negras, con concreciones. La geomorfología de la zona se caracteriza por presentar leve pendiente del 6°, la cual se puede observar en la figura 4.



Figura 4. Vista general de la zona de estudio.

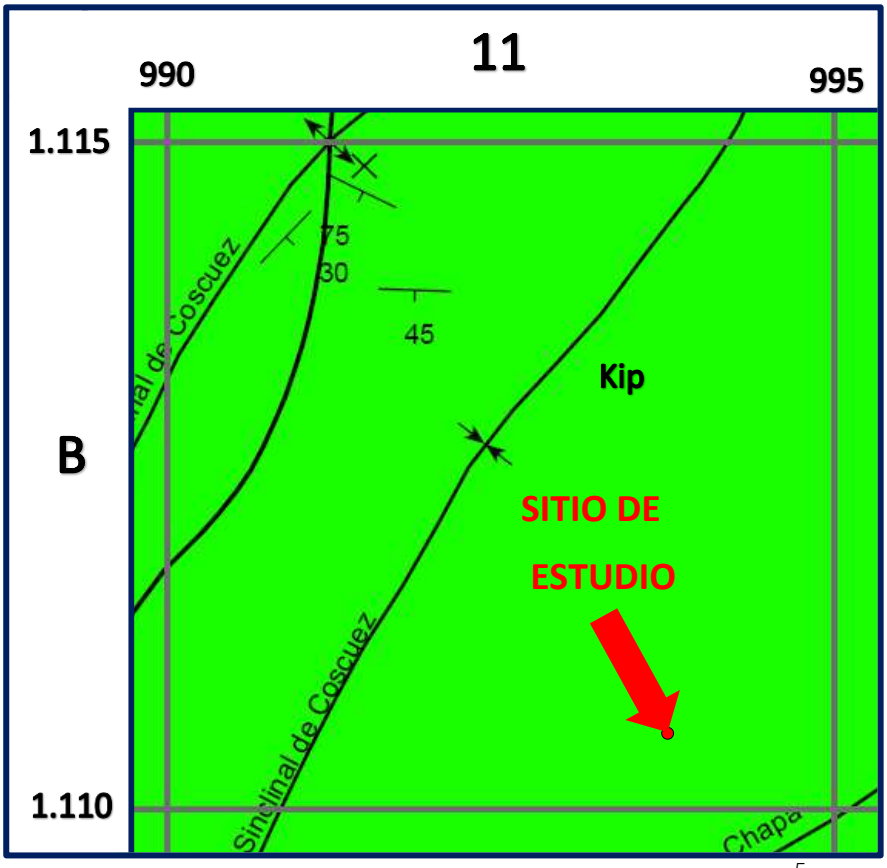


Figura 5. Ubicación geológica del sitio de estudio. [5]

[5] FUENTE: Servicio Geológico de Colombia. Estado de la Cartografía Geológica de Colombia 2015 Plancha 189. Escala 1:100.000. Recuperado de https://www.sgc.gov.co

2. EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA

Para determinar las condiciones geotécnicas del subsuelo en el sitio del proyecto, se realizaron dos (02) sondeos manuales de reconocimiento y muestreo a 5.00 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. No fue posible avanzar más profundo porque se presentó rechazo en el ensayo de SPT.

De acuerdo a la geología del sector la zona de estudio reposa sobre la formación Paja (Kip). Donde se presentan compuesto por en la parte inferior y media, lutitas negras, micáceas, con nódulos arenosos, ligeramente calcáreos, limolitas arenosas, niveles de areniscas arcillosas y ocasionales estratos de caliza en capas gruesas. La parte superior está compuesta por una alternación de areniscas arcillosas, cuarzosas y lulitas negras, con concreciones

Para llevar a cabo la realización de los ensayos de penetración estándar se utilizó un peso estándar del martillo de 63,5 ± 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.

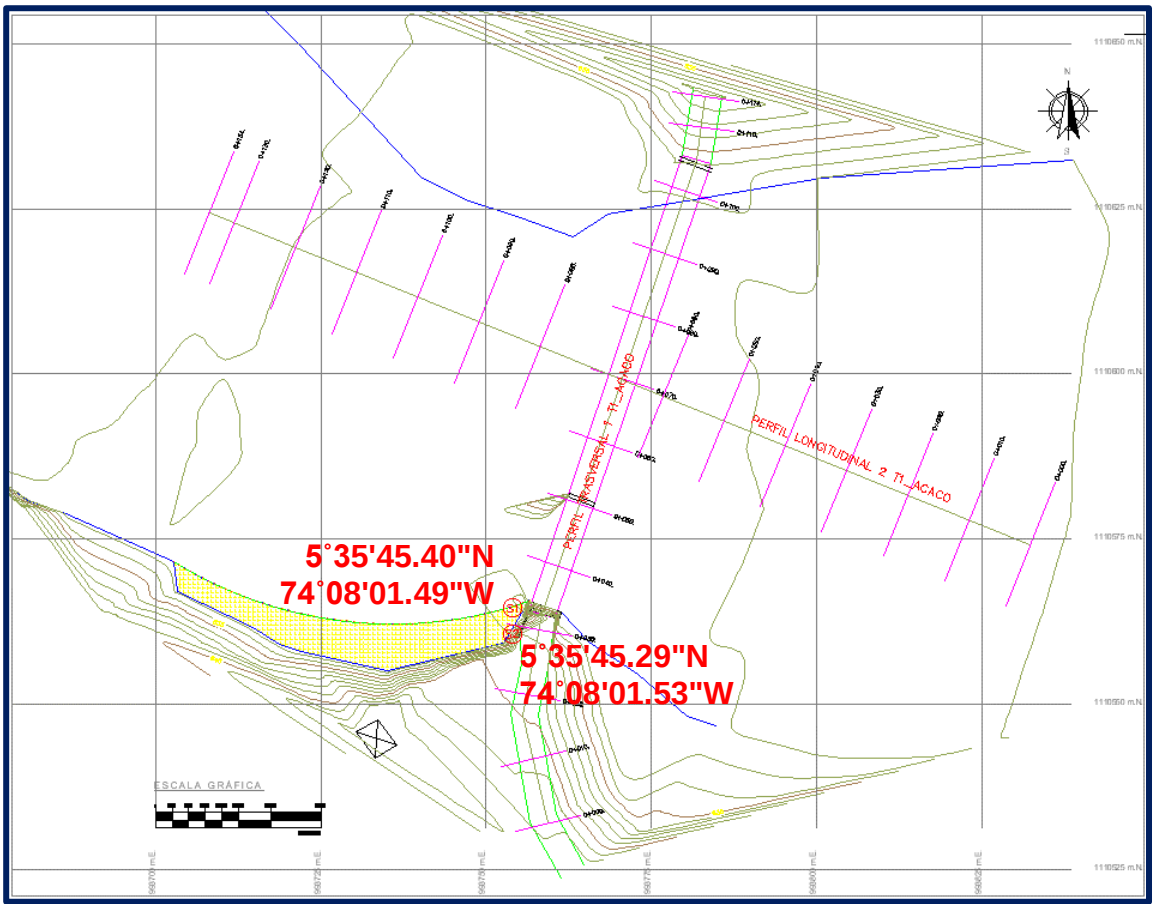


Figura 6. Localización general de los sondeos dentro de la zona de estudio.

















Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7260640
e-mail: globalcivilsas@gmail.com













Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7260640
e-mail: globalcivilsas@gmail.com



Figura 7. Actividades de exploración, 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 8°. 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
- Determinación del Límite Líquido NTC – 4630 Método A
- Determinación del Límite Plástico e Índice de Plasticidad NTC –4630Mét. A
- Compresión Inconfinada en muestras de suelos NTC – 1527.
- 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 siguiente tabla 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	S3
Profundidad del sondeo (m)	3.50	7.00
Humedad natural	7	14
Límites de Atterberg	1	2
Lavado sobre el tamiz Nº200	1	2
Ensayos de penetración estándar	5	12

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 Nº 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 (0,00-3,50)	**1,75**	**10,65**	37,96	24,58	13,4	-1,04	9	33,10	29,4	37,5	G C
S-2 (0,00-2,50)	**1,25**	**9,77**	37,28	25,83	11,4	-1,40	8	58,12	26,0	15,9	M L
S-2 (2,50-7,00)	**4,75**	**10,20**	34,75	23,02	11,7	-1,09	8	20,82	18,6	60,6	G C

Tabla 2. Tabla resumen resultados de laboratorio

Barreno N° Prof. (m)	DESCRIPCION DEL MATERIAL
S-1 (0,00-3,50)	Material compuesto por grava arcillosa de color negro
S-2 (0,00-2,50)	Material compuesto por limo arenoso con grava de color negro
S-2 (2,50-7,00)	Material compuesto por grava arcillosa de color negro

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 Er y el valor de N de campo debe corregirse de la siguiente forma (Bowles,1988):

$N_{corregido} = N \times Cn \times e1 \times e2 \times e3 \times e4 = N_{50}$

En la cual:

$N_{corregido}$ = valor de N corregido

N = valor de N de campo

Cn = factor de corrección por confinamiento efectivo $2/(1+\sigma$

e1 = factor por energía del martillo (0.45 ≤ h1 ≤ 1)
e2 = factor por longitud de la varilla (0.75 ≤ h2 ≤ 1)
e3 = factor por revestimiento interno de tomamuestras (0.8 ≤ h3 ≤ 1)
e4 = factor por diámetro de la perforación (> 1 para D> 5'", = 1.15 para D=8")

Corrección por Energía (h1)

Se considera que el valor de N es inversamente proporcional a la energía efectiva aplicada al martillo y entonces, para obtener un valor de Ne1 a una energía dada "e1", sabiendo su valor Ne2 a otra energía "e2" se aplica sencillamente la relación:

$Ne_{corregido} = N_{50} \times (e2/e1)$

Sondeo 1 Prof. 1,00

Condiciones del Ensayo	
Profundidad de inicio (m):	1,00
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo	
Peso unitario (T/m³):	1,80
Nº de golpes	
N1	2
N2	2
N3	3

Determinación de N corregido	
sV (T/m²)	1,80
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	3,00
Mr (kg)	20,79
m	0,33
e3	0,73
e4	1,00
N de campo	5
N 50	2
N corregido	2

Determinación de C y f	
Peck, Hanson, Thornburn f (º):	27,6
Hatanaka f (º):	22,8
Uchida f (º):	28,8
Promedio f (º):	26,4
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	42,2
Cu Stroud (KN/m²):	22,0
Cu Promedio (kg/cm²):	0,3
Cu Promedio (KN/m²):	32,1

Figura 8. Ejemplo cálculo de N corregido por energía

Los valores varían entre 5 a 82 golpes/pie entre profundidades de 1,00 a 7,00 metros explorados, como se muestra en la tabla 8.

En la tabla 8, 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 inconfinada tomada como 2*Cu.

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 blanda inicialmente en el primer estrato y van aumentando con la profundidad obteniendo resistencias de muy firme a dura a mayor profundidad dando condiciones adecuadas para la cimentación de la estructura proyectada.

SONDEO	PROFUNDIDAD INICIAL	PROFUNDIDAD FINAL	N(SPT) CAMPO	Penetración normal corregida N(SPT)	ϕ	Cu(Kg/cm2)	qu(Kg/cm2)	Consistencia	Compacidad
1	1,00	1,50	5	2	23	0,22	0,44	Blanda	Suelta
	1,50	2,00	11	4	26	0,48	0,97	Mediana	Compacta
	2,00	2,50	20	8	30	0,88	1,76	Firme	Compacta
	2,50	3,00	37	15	32	1,63	3,26	Muy firme	Densa
	3,00	3,50	48	21	33	2,11	4,22	Dura	Densa
2	1,00	1,50	5	2	23	0,22	0,44	Blanda	Suelta
	1,50	2,00	20	8	30	0,88	1,76	Firme	Compacta
	2,00	2,50	24	10	30	1,06	2,11	Muy firme	Compacta
	2,50	3,00	36	15	32	1,58	3,17	Muy firme	Densa
	3,00	3,50	41	18	32	1,80	3,61	Muy firme	Densa
	3,50	4,00	50	22	33	2,20	4,40	Dura	Muy densa
	4,00	4,50	51	22	33	2,24	4,49	Dura	Muy densa
	4,50	5,00	59	27	35	2,60	5,19	Dura	Muy densa
	5,00	5,50	58	26	35	2,55	5,10	Dura	Muy densa
	5,50	6,00	70	32	36	3,08	6,16	Dura	Muy densa
	6,00	6,50	76	35	37	3,34	6,69	Dura	Muy densa
	6,50	7,00	82	39	38	3,61	7,22	Dura	Muy densa

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

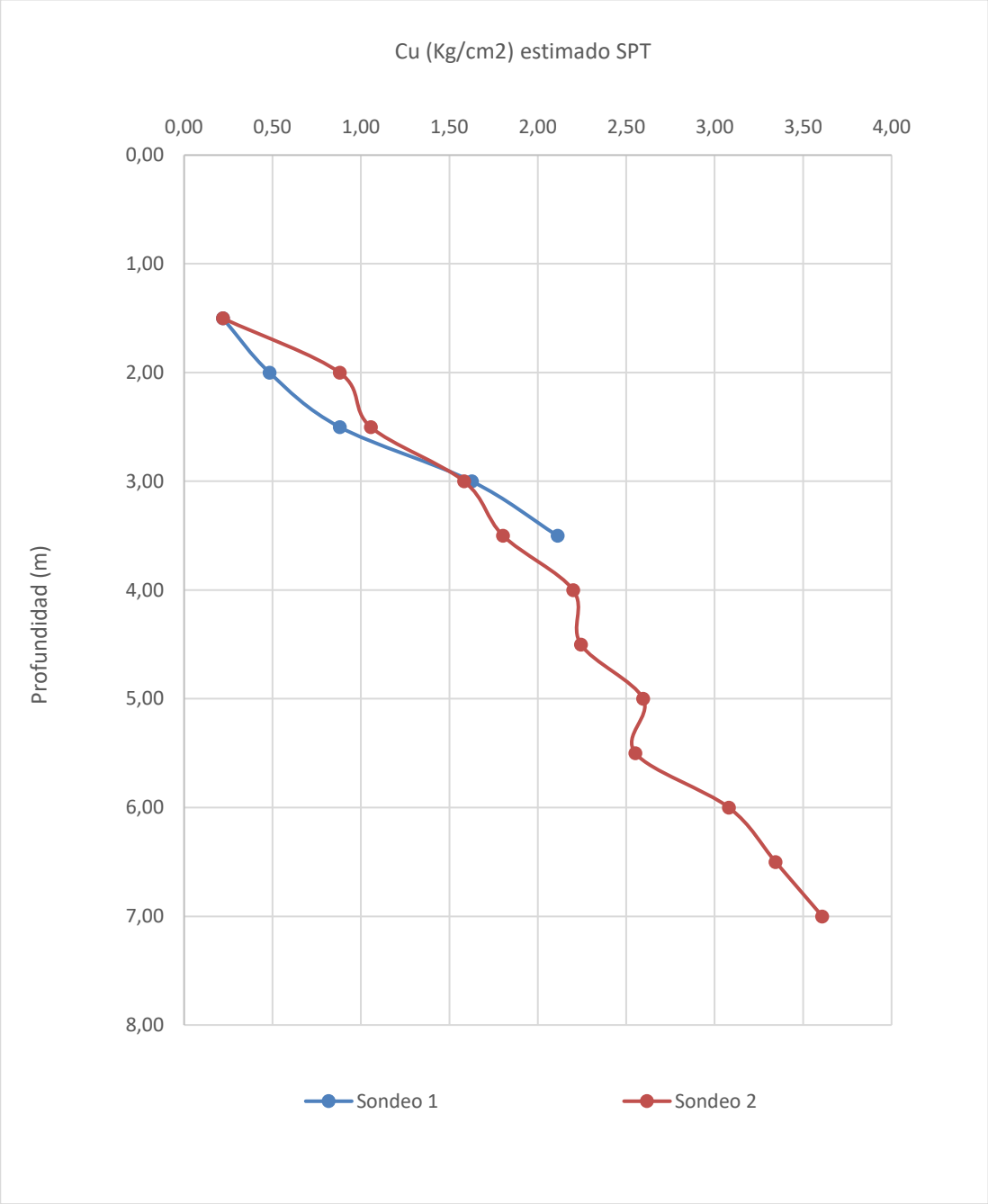


Figura 9. Resistencia al corte no drenado estimado con el ensayo de SPT.

2.4 PRESENCIA DE CUERPOS DE AGUA, VEGETACION Y PRECIPITACION

2.4.1 Presencia de Cuerpos de agua

Se evidencia cuerpo de agua cercana al proyecto de la estabilización, por el paso del rio. Adicionalmente durante las perforaciones no se presentó nivel freático. La zona de estudio se evidencia cobertura vegetal de poco espesor, pero la cual no se cataloga como reserva forestal.

2.4.2 Distribución Temporal de la Precipitación

Esta ciudad tiene un clima tropical. La precipitación en Muzo es significativa, con precipitaciones incluso durante el mes más seco. Este clima es considerado Af según la clasificación climática de Köppen-Geiger. En Muzo, la temperatura media anual es de 24.1 ° C. Precipitaciones aquí promedios 2322 mm.

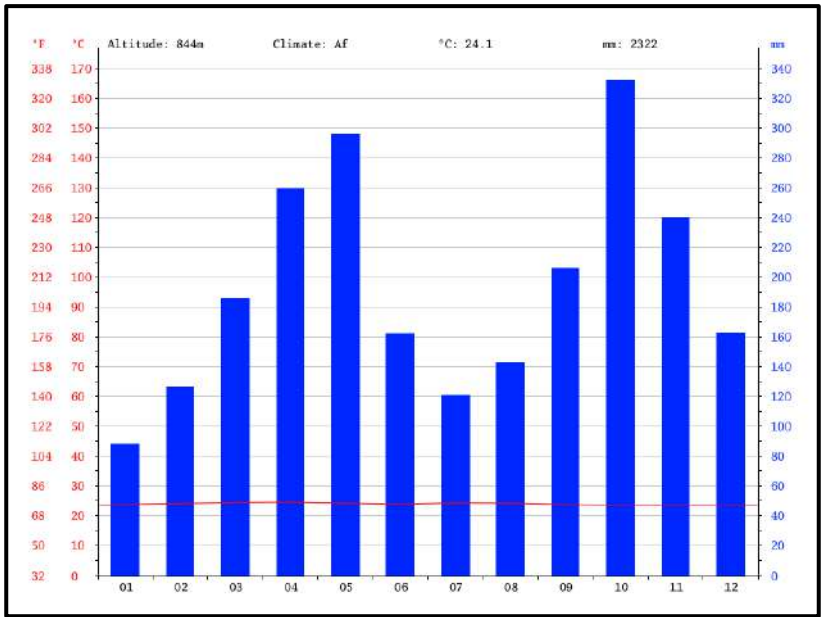


Figura 10. Climograma municipio de Muzo.

La menor cantidad de lluvia ocurre en enero. El promedio de este mes es 88mm. En octubre, la precipitación alcanza su pico, con un promedio de 332mm.

3 CARACTERÍSTICAS DEL SUBSUELO

3.1 PERFIL DEL SUBSUELO

En los tres (03) sitios de investigación se encontraron suelos de las siguientes características.

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

- GC/ML: Grava Arcillosa y limo arenoso con grava de color negro, estado solido, expansividad baja, Limite plástico de 24 a 25%, Limite Liquido de 37 a 38%, un Indice de Plásticidad entre 11 a 13%, consistencia de baja a muy firme. Presenta porcentajes de arenas variable de 25 a 29%.
- GC: Grava Arcillosa de color negro, estado solido, expansividad baja, Limite plástico de 23 a 24%, Limite Liquido de 34 a 35%, un Indice de Plásticidad entre 11 a 12%, consistencia de muy firme a dura. Presenta porcentajes de arenas variable de 18 a 19%.

4 ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 HUMEDAD DEL MATERIAL

En la figura 11 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 bajos de humedad en los dos sectores explorados con valores entre 8% y 13%. Durante las exploraciones realizadas no se evidencio la presencia de nivel freático, adicionalmente se esperan pocos cambios volumétricos por infiltración de aguas.

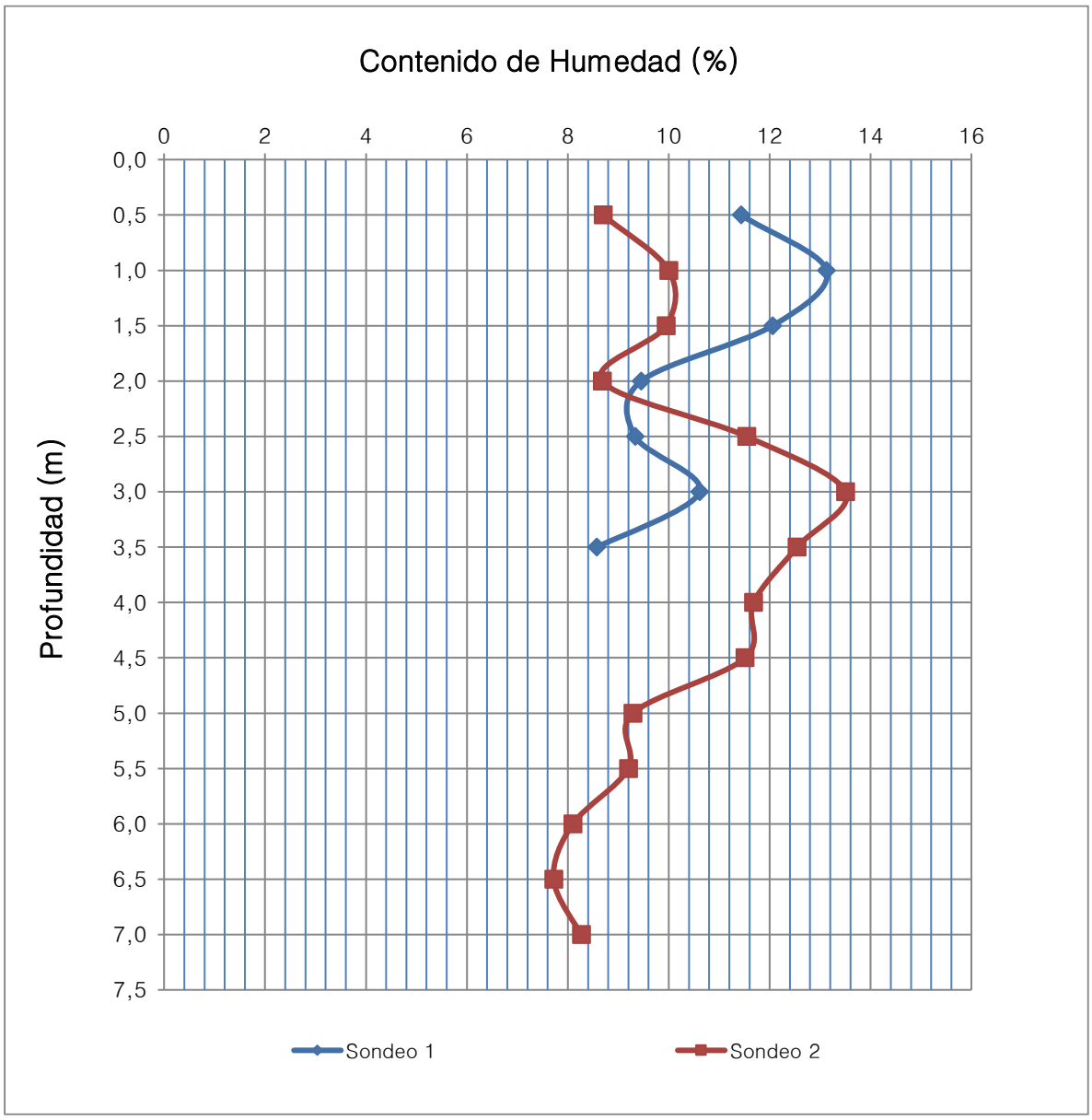


Figura 11 Variación de la humedad con la profundidad para los sondeos.

4.2 PLASTICIDAD DEL MATERIAL

Con base en los ensayos de clasificación realizados a las muestras seleccionadas los suelos corresponden principalmente a material de grava arcillosa en el lecho del rio y limo arenoso con grava en la parte superior del estribo materiales de baja humedad y plasticidad , con límite líquido promedio

entre 37% y 38%, dando condiciones de baja expansión. En la figura 12 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 por debajo de los valores de límite plástico presentando un comportamiento de tipo solido por lo que se encuentran condiciones favorables de estabilidad ante la aplicación de cargas verticales.

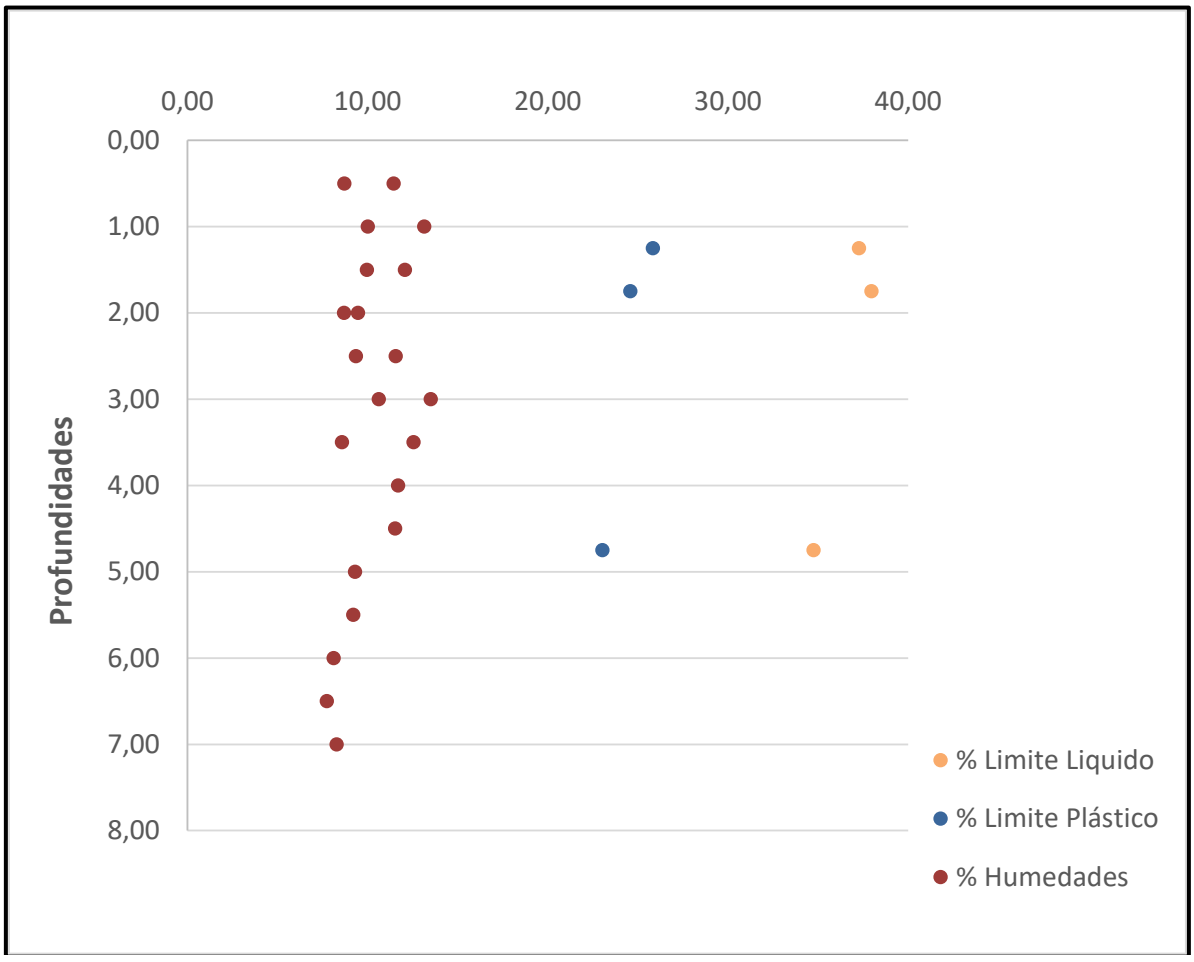


Figura 12. Variación del límite líquido con la profundidad de exploración

4.3 RESISTENCIA DEL MATERIAL DEL SUELO DE FUNDACIÓN

Para determinar los parámetros de resistencia se tuvieron en cuenta los valores obtenidos tanto en las pruebas de laboratorio correspondientes a las pruebas de penetración estándar mediante el SPT determinadas en campo.

En la figura 13 se presentan las variaciones de la resistencia al corte con la profundidad para cada una de las exploraciones realizadas. Se puede ver como la resistencia esta blanda inicialmente y aumenta a condiciones muy firme dura a mayor profundidad hasta los 3.50 metros encontrando rechazo en el ensayo de SPT a los 3.50 metros por la presencia de bloques de roca.

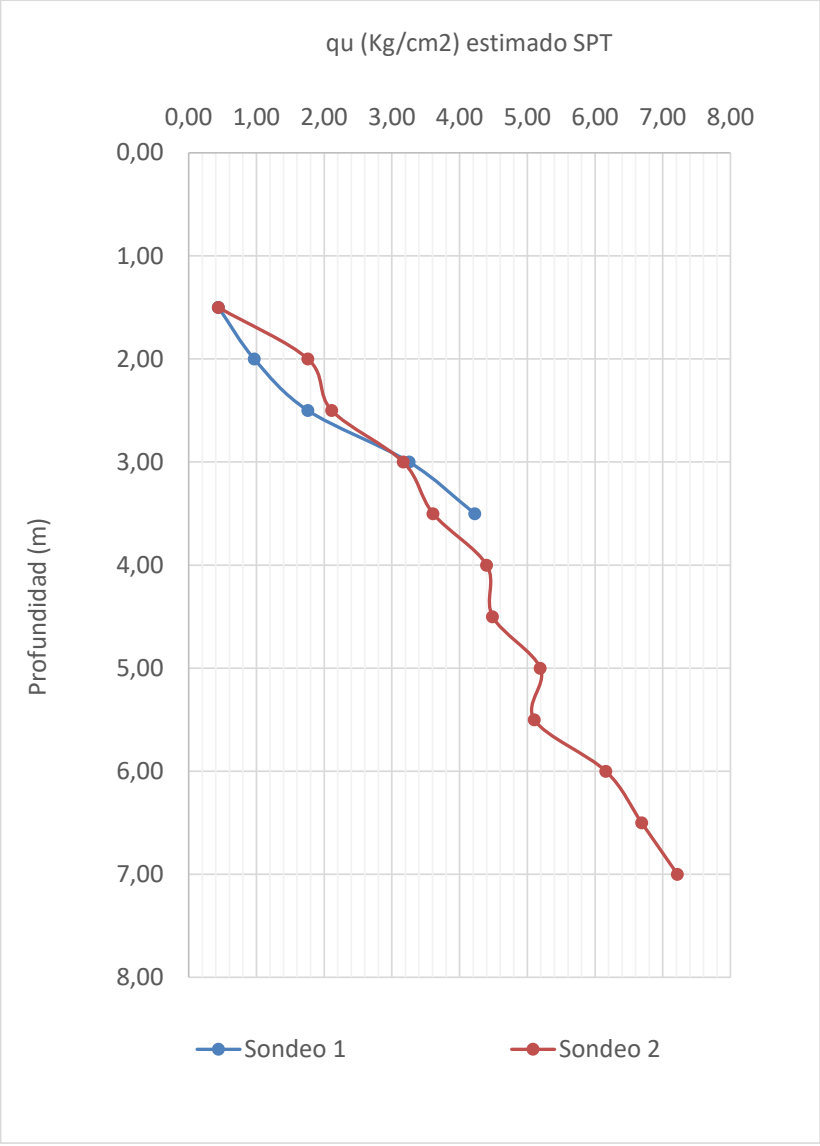


Figura 13 Variación de la resistencia con la profundidad para los sondeos 1 al 2 con base en los ensayos de resistencia realizados tanto en el campo como en el laboratorio

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 liquido (LL) e índice de plasticidad (IP), se tiene valores que oscilan de 34% a 38% y de 11% a 13%, respectivamente, catalogando al suelo con un potencial de expansión bajo; 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:

$$\gamma d\ crit = \frac{1}{\left(\frac{1}{\mathrm{Gs}}\right) + \mathrm{LL}}$$

$$\frac{\gamma \mathrm{d}}{\gamma crit} > 1\ Estable \qquad \frac{\gamma \mathrm{d}}{\gamma crit} \leq 1\ Inestable$$

Los valores de gravedad específica se demuestran a continuación, donde se toma un valor de Gs=2.69.

$$\gamma d\ crit = \frac{1}{\left(\frac{1}{2.69}\right) + 37.96} = 1.33$$

$$\frac{\gamma d}{\gamma crit} \leq 1\ Inestable$$

$$\frac{1.72}{1.33} = 1.29 \qquad Estable$$

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 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 15.

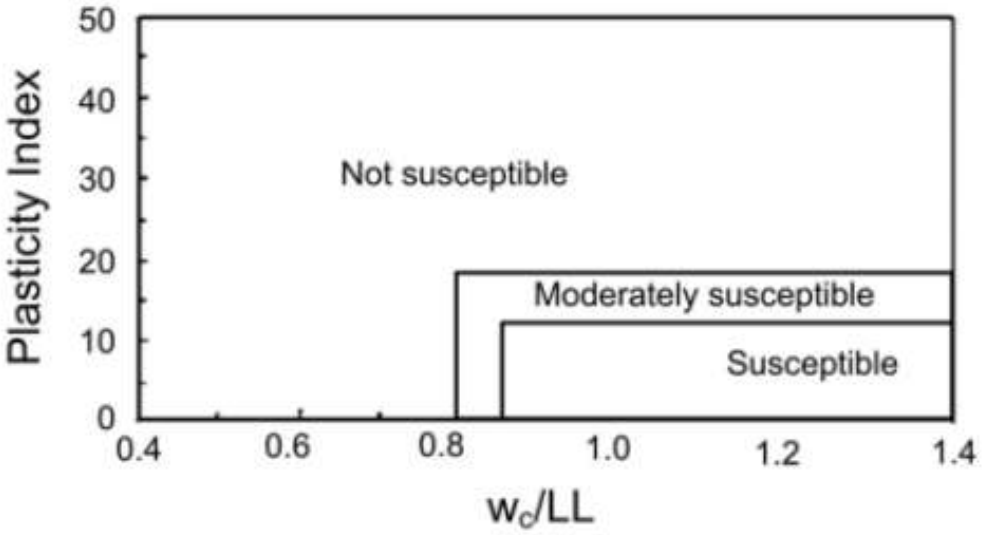


Figura 14. Criterio propuesto para la evaluación de susceptibilidad a la licuación de suelos finos. Fuente Bray J.D. Sancio R.B. Durgunoglu H.T. (2004)

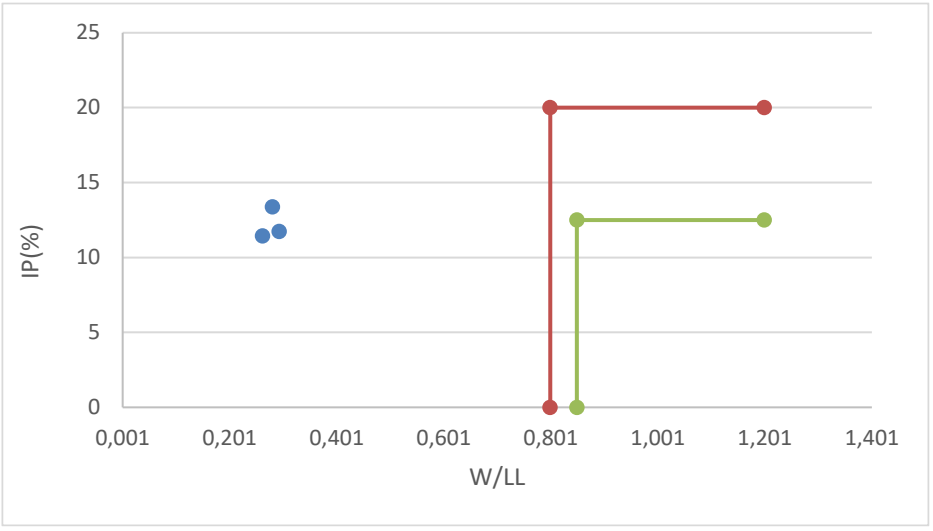


Figura 15. Evaluación de susceptibilidad a la licuación de suelos finos, por medio del criterio propuesto por Bray J.D. Sancio R.B. Durgunoglu H.T. (2004).

5 RECOMENDACIONES

5.1 Tipo de cimentación

De acuerdo al tipo de suelos, la resistencia presente en la zona de estudio, y el talud a estabilizar del proyecto, se recomienda la construcción de un muro en tierra armada de protección de 8.0 metros lineales y rellenar con material del río de tal forma que se induzca el cause por la parte externa del estribo y se mitigue el proceso de socavación aguas arriba del puente.

5.2 Nivel de cimentación

El muro en tierra armada debe implantarse por debajo del nivel de socavación definido por el diseño hidráulico y se sobresale una distancia de 3.00 metros, adicionalmente se debe construir un muro en tierra armada en el acceso del antiguo estribo del puente para dar continuidad del paso vehicular.

En la siguiente figura se muestra el esquema de cimentación propuesto:

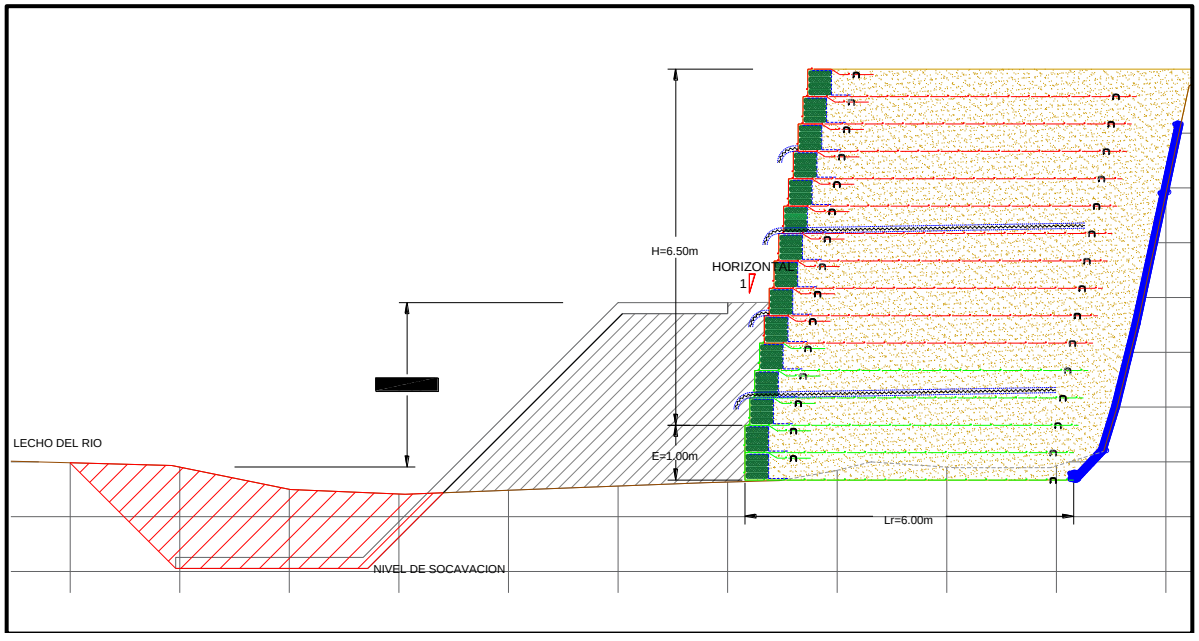


Figura 16. Esquema de cimentación.

5.3 PARAMETROS DE DISEÑO

Las condiciones en las que se encuentra el subsuelo, grava arcillosa y limo arenoso de consistencia blanda a dura, con LL=34 a 38% y presencia de arenas del 18% al 29% y sin presencia de nivel freático; además de los rangos de lluvias bajos se emplearan parámetros drenados del suelo, determinados de las pruebas de campo de SPT, a través de la metodología de Álvaro González (ver anexos memorias de cálculo).
La metodología arrojo valores de cohesión variables entre 2.2 a 21.1 T/m^2 y ángulo de fricción 23° a 33°, se adoptará un valor conservativo de 4.80 T/m^2, en promedio de los 3.50 metros explorados.

- **MÓDULO DE ELASTICIDAD:** Se evaluó el módulo de elasticidad con la relación 250 Cu teniendo módulo de elasticidad de 1200 Ton/m2.

- **PARAMETROS PARA ESTIMACION DE ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACION**

Debido a que la geología del sector y a los ensayos realizados se caracteriza por presentar suelos sobreconsolidados, con material en estado sólido a plástico y consistencia blanda a dura a lo largo de los 3.5 metros explorados. El valor de RSC será igual a 1,5.

Para el cálculo de los asentamientos por consolidación se usa el índice de recompresíon Cr, calculado con la siguiente expresión:

$$Cr = \frac{Cc}{5}$$

$$Cc = 0{,}009(LL - 10)$$

Las correlaciones de Cc=0,009(LL−10) y de Cr fueron tomada del libro Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones, autor Braja M. Das, séptima edición, capítulo 1.13 Consolidación.

Los valores de gravedad específica y relación de vacíos para un arcilla se tomó de la literatura (referencia Braja Cuarta edición pag 11 tablas 1.4 y 1.5), donde se adoptaron los valores de Gs=2.6 y e=0.25.

No se presenta nivel freático en la zona de estudio, el régimen de lluvias oscila en el orden de 2322 mm/año, se presentan el paso del rio la Caco, por tal razón se emplearán parámetros en condiciones no drenadas.

Los valores presentados en la Tabla 6 se presentan los parámetros geotécnicos para la zona geotecnia tomando un valor promedio de las propiedades físicas y mecánicas por cada capa. Para el cálculo de los pesos unitarios se empelaron las siguientes expresiones.

$$\gamma h = \frac{Peso\ Muestra}{Volumen}$$

$$\gamma d = \frac{\gamma h}{1 + w}$$

Capa	Parámetros de Resistencia	Parámetros de Asentamientos
Capa 1 GC (0.00 a 3.50) Arena 18% a 29% LL=34–38% ω= 9–10% Gs=2,69	Parámetros Drenados C= 0.48 Kg/cm^2 ϕ = 0° γt=1,94 ton/m^3 γd =1,54 ton/m^3	Es=1200 Ton/m^2 RSC=1.5 μ=0,35 Cc=0,25 Cr=0,05 $e_{0=}$ 0,25

Tabla 6. Parámetros geotécnicos

5.4 TIPO DE PERFIL ESTRATIGRÁFICO

SEGÚN EL CODIGO COLOMBIANO DE PUENTES CCP14

Una vez obtenido los diferentes datos, con los cuales se determinó el perfil del suelo donde será apoyada la cimentación y de acuerdo a la norma CCP–2014 sección 3, y su localización (Muzo – Boyacá) se determinan las siguientes características sísmicas.

Perfil del suelo Tipo		D
Aceleración pico Horizontal del terreno	,PGA	0,250
Coef de Aceleración Espectral Horizontal para un período de vibración de 0.2 segundos	,Ss (g)	0,500
Coef de Aceleración Espectral Horizontal para un período de vibración de 1.0 segundos	,S1 (g)	0,200
Factor de Sitio, Fpga, en el período de vibración cero del Espectro de Aceleraciones	,Fpga	1,300
Factor de Sitio, Fa, en el intervalo de períodos de vibración cortos del Espectro de Aceleraciones	,Fa	1,400
Factor de Sitio, Fv, en el intervalo de períodos de vibración largos del Espectro de Aceleraciones	,Fv	2,000
Coeficiente de aceleración pico del suelo modificado	,As	0,325
Coeficiente de aceleración Espectral Horizontal modificado	,Sds	0,700
Coeficiente de aceleración espectral de respuesta horizontal modificado	,Sd1	0,400
Período de vibración	,Ts	0,571
Período de vibración de referencia	,To	0,200
Zona de desempeño sísmico	**,ZDS**	**3,00**

6 EVALUACION DE CARGAS A CIMENTACION

Después de conocer las propiedades mecánicas de los materiales, y con una evaluación preliminar de las cargas que llegan a cimentación, se procede a determinar los factores de seguridad indirectos, asentamientos totales y diferenciales para las estructuras contempladas en el proyecto.

6.1 PRESIÓN DE TRABAJO (CAPACIDAD PORTANTE)

La presión máxima que pueda transmitir la cimentación estará próxima a la capacidad portante del suelo natural localizado por debajo de los niveles de cimentación recomendados, la cuantía depende del tipo y ancho de cimentación. La presión de contacto está condicionada a la capacidad de carga del suelo a nivel de contacto, pues la resistencia al corte aumenta con la profundidad. En este caso, la capacidad de soporte se expresa como:

$$\sigma_u = cN_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + qN_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2}\gamma N_\gamma N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

$$\sigma_{seguridad} = \frac{\sigma_u}{FS}$$

6.2 EVALUACION DE ASENTAMIENTOS INMEDIATOS

Los asentamientos por elasticidad dependerán principalmente de la magnitud del cimiento, los asentamientos se calculan con las cargas por zapatas Para cimentaciones flexible se evalúa con la expresión que se presenta a continuación.

Cimentación Flexible	**Cimentación Rigida**
$S_e = 2qB\frac{1-\mu^2}{E_s} I_s I_f$	$Se = 0{,}93, Se(flexible, centro)$

6.3 EVALUACION DE ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACION

Los asentamientos por consolidación, se evalúan con la siguiente expresión:

$$S = \sum \frac{c_r Hc}{1+e_0} \log\left(\frac{\bar{\sigma} + \Delta\sigma}{\bar{\sigma}}\right)$$

Donde Cr es el índice de compresión, H el espesor del estrato considerado, e_o es la relación de vacíos inicial, σ' (t/m^2) el esfuerzo efectivo inicial y $\Delta\sigma$ es el incremento de esfuerzos por la aplicación de la sobrecarga.

6.4 MÓDULO DE BALASTO EN SUELOS COHESIVOS

Uno de los métodos de cálculo más utilizado para modelizar la interacción entre estructuras de cimentación y terreno es el que supone el suelo equivalente a un número infinito de resortes elásticos–muelles o bielas biarticuladas– cuya rigidez, denominada módulo o coeficiente de balasto (Ks), se corresponde con el cociente entre la presión de contacto (q) y el desplazamiento, el cual se presenta en las tablas de asentamientos totales.

6.5 FACTOR DE SEGURIDAD ADOPTADO

De acuerdo a la magnitud de la obra, la cual corresponde a un muro en tierra armada, donde transitara personal todo el día, y una posible falla de la estructura o de sus cimientos abarcara graves consecuencias a esta y por ende a la integridad física de las personas que la habitan. A pesar que se cuenta con la caracterización física y mecánica de los suelos de la zona de estudio y teniendo en cuenta lo enmarcado por la NSR–10, se adoptan los siguientes factores de seguridad para su verificación con las cargas dadas por el diseñador estructural.

Factores de seguridad Indirectos

- Carga muerta más viva normal – Factor de seguridad (FS) = 3.0.
- Carga muerta + viva máxima– Factor de seguridad (FS) = 2.5
- Carga muerta más viva máxima y carga muerta más viva más sismo de diseño: Factor de seguridad (FS) = 1.5

A continuación, se presenta el cálculo de los Factores de seguridad mínimos, lo cual se presentó para las combinaciones de carga: donde se presenta el cálculo de capacidad portante para diferentes dimensiones de zapatas.

6.5.1 REVISION FACTORES DE SEGURIDAD

			Capacidad de Carga						
Df (m)	B (m)	L (m)	σ ultimo (Ton/m2)	σ adm (Ton/m2) FS=3	σ seguridad (KPa) (FS =3,0)	σ seguridad (Ton/m^2) (FS=2,5)	σ seguridad (Kpa) (FS=2,5)	σ seguridad (Ton/m^2) (FS=1,5)	σ seguridad (KPa) (FS =1,5)
0.50	3.00	3.00	32	10.79	108	12.95	130	21.58	216
	3.50	3.50	32	10.70	107	12.84	128	21.40	214
	4.00	4.00	32	10.63	106	12.76	128	21.26	213
	4.50	4.50	32	10.58	106	12.69	127	21.16	212
	5.00	5.00	32	10.53	105	12.64	126	21.07	211
	5.50	5.50	31	10.50	105	12.60	126	21.00	210
	6.00	6.00	31	10.47	105	12.56	126	20.94	209

Tabla 7. Cálculo de capacidad portante

6.5.2 ASENTAMIENTOS DEBIDO A LAS CARGAS Y CALCULO DELMODULO DE BALASTO

Es (KPa)	1,200					
m	0.35					
NC (m)	B (m)	L (m)	B/L	ar	Q_{adm} (KPa)	Se (cm)
0.5	3.0	3.0	1.00	0.88	105.87	0.41
0.5	3.5	3.5	1.00	0.88	104.98	0.47
0.5	4.0	4.0	1.00	0.88	104.30	0.54
0.5	4.5	4.5	1.00	0.88	103.77	0.60
0.5	5.0	5.0	1.00	0.88	103.35	0.66
0.5	5.5	5.5	1.00	0.88	103.00	0.73
0.5	6.0	6.0	1.00	0.88	102.71	0.79

Tabla 8. Asentamientos inmediatos.

B (m)	L (m)	Z(m)=2 B	σ neto (ton/m²)	σ efectivo mitad (Ton/m2)	σ efectivo mitad + Δ σ	Consolidación ΔHc (cm)	Inmediatos ΔH (cm)	Asentamientos Totales (cm)	Modulo de la Balasto (ton/m³)
3.00	3.00	6.00	10.79	5.22	9.02	5.70	0.41	6.1	176.77
3.50	3.50	7.00	10.70	5.61	9.37	6.25	0.47	6.7	159.23
4.00	4.00	8.00	10.63	5.99	9.73	6.74	0.54	7.3	146.07
4.50	4.50	9.00	10.58	6.38	10.10	7.19	0.60	7.8	135.81
5.00	5.00	10.00	10.53	6.76	10.47	7.59	0.66	8.3	127.58
5.50	5.50	11.00	10.50	7.15	10.84	7.96	0.73	8.7	120.81
6.00	6.00	12.00	10.47	7.53	11.21	8.30	0.79	9.1	115.14

Tabla 9. Asentamientos totales

Los asentamientos presentados en las Tabla 8 y 9 cumplen con lo establecido en la NSR-10, donde se enmarcan que los asentamientos totales deben ser menores a 15 cm.

6.6 PARÁMETROS DE DISEÑO MUROS DE CONTENCION

Para el cálculo de las presiones de tierra, se recomiendan los siguientes parámetros de diseño:

Parámetro	Muro en relleno (Material de préstamo)	Muro en corte (Suelo natural)
Ángulo de fricción interna	30°	30°
Coeficiente de presión de tierras (Ko)	0.50	0.50
Coeficiente de presión de tierras (Ka)	0.33	0.33
Coeficiente de fricción suelo – muro	0.35	0.35
Coeficiente de presión de tierras	3.00	3.00

Tabla 10. Parámetros de diseño de muros de contención

7 RECOMENDACIONES GENERALES

- Las características de los suelos encontrados en el sitio de estudio permiten establecer una serie de comentarios finales y recomendaciones que se deben tener en cuenta en los procesos de diseño y construcción de las fundaciones que se pretendan realizar.

- Las características de los suelos definen una única zona geotécnica, el sitio está haciendo parte de la formación Paja (Kip). Donde se presentan compuesto por En la parte inferior y media, lutitas negras, micáceas, con nódulos arenosos, ligeramente calcáreos, limolitas arenosas, niveles de areniscas arcillosas y ocasionales estratos de caliza en capas gruesas. La parte superior está compuesta por una alternación de areniscas arcillosas, cuarzosas y lulitas negras, con concreciones

- El sistema de cimentación recomendado para la construcción del sistema de contención corresponde con un muro en tierra armada de aproximadamente 8.0 metros lineales, y conteniendo un relleno de 3.00 sobre el lecho del rio y una zona de protección de la socavación.

- Para la zona de acceso al puente donde se falló el estribo se debe diseñar un muro en tierra armada para dar paso vehicular.

- El tipo de excavación deberá ejecutarse con un talud cuyas proporciones estén en 0.25H:1V debido a la cohesión del suelo y los materiales granulares del sitio y así evitar daños y derrumbes del material, sin embargo se debe entibar y apuntalar todo tipo de excavación que se haga con el fin de evitar daños colaterales.

- Se debe encausar aguas arriba el rio de tal forma que se puedan ejecutar las obras del muro en tierra armada y se mitigue el riesgo por posibles crecientes.

- No se incluyen ensayos REMI, el análisis del tipo de perfil del suelo se realiza en base al N(SPT) y a la resistencia al corte no drenada.

- No se deberá utilizar el uso de sistemas de excavación que pudieran dañar excesivamente el terreno adyacente. Durante la ejecución de los trabajos se tomarán, en todos los casos, las precauciones adecuadas para no disminuir la resistencia o estabilidad del terreno excavado.

- Los análisis, conclusiones y recomendaciones indicados en este informe están basados en las observaciones de campo, exploración del suelo a nivel puntual y resultados de laboratorio obtenidos de las muestras ensayadas, por lo que cualquier cambio en las condiciones del subsuelo no previstas en el presente documento deben ser informadas al ingeniero de suelos quien modifique o recomiende los ajustes necesarios acordes con la situación.



ING. JIMMY VERGARA SILVA
M.P 15202 – 130100 BYC
Ing. Civil. Esp. En Geotecnia Vial y de Pavimentos

8 ANEXOS – PERFILES DE CAMPO

PERFIL ESTRATIGRÁFICO - SONDEO 01

ATENCIÓN DE EMERGENCIA ESTABILIZACIÓN ESTRIBO DE ACCESO PUENTE LA CACO MUNICIPIO DE MUZO, DEPARTAMENTO BOYACÁ.

DESCRIPCION DEL SUELO	Prof. (m)	Perfil de Resistencia Clasificación					PERFIL
		Wn	LL	LP	IP	PASA Nº 200	SUCS
(0,00–3,50) Estrato compuesto por grava arcillosa de color negro. Material de consistencia blanda a muy firme con potencial de expanción bajo y contenido de humedad bajo	0,0						GC A-2-6
	0,2						
	0,4						
	0,6	11,43					
	0,8						
	1,0	13,13					
	1,2						
	1,4						
	1,6	12,06					
	1,8						
	2,0	9,45					
	2,2						
	2,4		37,96	24,58	13,38	33,10	
	2,6	9,34					
	2,8						
	3,0	10,61					
	3,2						
	3,4						
	3,6	8,57					

Observaciones : No se presentó Nivel Freatico

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7260640
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

PERFIL ESTRATIGRÁFICO - SONDEO 02

ATENCIÓN DE EMERGENCIA ESTABILIZACIÓN ESTRIBO DE ACCESO PUENTE LA CACO MUNICIPIO DE MUZO, DEPARTAMENTO BOYACÁ.

DESCRIPCION DEL SUELO	Prof. (m)	Perfil de Resistencia Clasificación					PERFIL
		Wn	LL	LP	IP	PASA Nº 200	SUCS
(0,00–2,50) Estrato compuesto por limo arenoso con grava de color negro. Material de consistencia blanda a muy firme con potencial de expanción bajo y contenido de humedad bajo	0,0						ML A-6
	0,2						
	0,4						
	0,6	8,70					
	0,8						
	1,0	10,00					
	1,2						
	1,4						
	1,6	9,95					
	1,8		37,28	25,83	11,45	58,12	
	2,0	8,68					
	2,2						
	2,4						
	2,6	11,54					
(2,50–7,00) Estrato compuesto por grava arcillosa de color negro. Material de consistencia muy firme con potencial de expanción bajo y contenido de humedad bajo	2,8						GC A-2-6
	3,0	13,50					
	3,2						
	3,4						
	3,6	12,54					
	3,8						
	4,0	11,68					
	4,2						
	4,4						
	4,6	11,51					
	4,8						
	5,0	9,29					
	5,2		34,75	23,02	11,73	20,82	
	5,4						
	5,6	9,20					
	5,8						
	6,0	8,10					
	6,2						
	6,4						
	6,6	7,72					
	6,8						
	7,0	8,27					

Observaciones : No se presentó Nivel Freatico

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7260640
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

9 ANEXOS ENSAYOS DE LABORATORIO

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7260640
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Laboratorio de Suelos
GlobalCivil
Interventorias y Construccion

Página 1 de 15	ENSAYO
NORMA NTC – 1495	ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD

PROYECTO:	**ATENCIÓN DE EMERGENCIA ESTABILIZACIÓN ESTRIBO DE ACCESO PUENTE LA CACO MUNICIPIO DE MUZO, DEPARTAMENTO BOYACÁ.**		
MUNICIPIO:	**MUZO - BOYACÁ**	FECHA DE ENSAYO	**23/09/2023**
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	211	5,51	90,12	81,44	11,43
0,50-1,00	84	5,49	87,11	77,64	13,13
1,00-1,50	163	5,48	91,27	82,04	12,06
1,50-2,00	77	5,52	103,36	94,91	9,45
2,00-2,50	36	5,72	93,44	85,95	9,34
2,50-3,00	849	5,63	111,42	101,27	10,61
3,00-3,50	5	5,64	89,64	83,01	8,57

SONDEO **2**

PROF. (m)	No Cápsula	W Cáp.(g)	W Cáp. + Mh (g)	W Cáp. + Ms (g)	HUMEDAD (%)
0,00-0,50	78	5,62	96,70	89,41	8,70
0,50-1,00	13	5,77	93,45	85,48	10,00
1,00-1,50	3	5,21	80,34	73,54	9,95
1,50-2,00	11A	5,42	104,57	96,65	8,68
2,00-2,50	31	5,64	106,91	96,43	11,54
2,50-3,00	42	4,63	94,22	83,56	13,50
3,00-3,50	67	4,81	66,99	60,06	12,54
3,50-4,00	51	4,57	92,88	83,64	11,68
4,00-4,50	22	5,00	95,11	85,81	11,51
4,50-5,00	47	26,00	103,75	97,14	9,29
5,00-5,50	18	6,05	83,01	76,53	9,20
5,50-6,00	20	5,92	81,54	75,87	8,10
6,00-6,50	8	5,74	78,59	73,37	7,72
6,50-7,00	70	5,55	86,64	80,45	8,27

ING.JIMMY VERGARA SILVA
MP 15202-130100 BYC

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 – 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Página 2 de 15	ENSAYO
NORMA NTC – 77	MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ANÁLISIS POR TAMIZADO DE LOS AGREGADOS FINOS Y GRUESOS

PROYECTO:	**ATENCIÓN DE EMERGENCIA ESTABILIZACIÓN ESTRIBO DE ACCESO PUENTE LA CACO MUNICIPIO DE MUZO, DEPARTAMENTO BOYACÁ.**		
MUNICIPIO:	**MUZO - BOYACÁ**	FECHA DE ENSAYO	**23/09/2023**
DIRIGIDO A :	**GOBERNACIÓN DEPARTAMENTAL DE BOYACÁ**		

SONDEO **1**

	ANTES DE LAVADO			DESPUES DE LAVADO	
PROF. (m)	No Platón	W Platón (g)	Wplatón + M.S.L (g)	W Platón + M.D.L. (g)	% Pasa #200
0,00-3,50	9	47,10	333,17	238,49	33,10

SONDEO **2**

	ANTES DE LAVADO			DESPUÉS DE LAVADO	
PROF. (m)	No Platón	W Platón (g)	Wplatón + M.S.L (g)	W Platón + M.D.L. (g)	% Pasa #200
0,00-2,50	1	60,73	411,35	207,57	58,12
2,50-7,00	55	62,12	392,21	323,49	20,82

ING.JIMMY VERGARA SILVA
MP 15202-130100 BYC

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 – 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Laboratorio de Suelos GlobalCivil Interventorias y Construccion

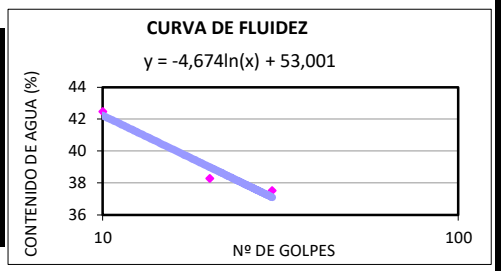
Página 3 de 15	ENSAYO MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, DEL LÍMITE PLÁSTICO Y DEL ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS COHESIVOS
NORMA NTC – 4630	

PROYECTO:	**ATENCIÓN DE EMERGENCIA ESTABILIZACIÓN ESTRIBO DE ACCESO PUENTE LA CACO MUNICIPIO DE MUZO, DEPARTAMENTO BOYACÁ.**		
MUNICIPIO:	**MUZO - BOYACÁ**	SONDEO	**1**
DIRIGIDO A :	**GOBERNACIÓN DEPARTAMENTAL DE BOYACÁ**	PROFUNDIDAD	**0,00-3,50**
FECHA:	**23/09/2023**	MUESTRA	**2**

DESCRIPCIÓN: Material compuesto por grava arcillosa de color negro

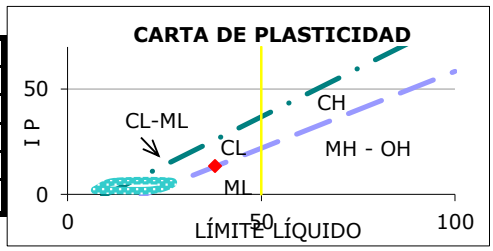
LÍMITE LÍQUIDO

DETERMINACIÓN Nº	1	2	3
NÚMERO DE GOLPES	30	20	10
RECIPIENTE Nº	84	57	9
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	33,42	32,75	32,42
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	28,14	26,75	26,27
PESO RECIPIENTE (g)	14,08	11,08	11,80
CONTENIDO DE AGUA (%)	37,55	38,29	42,50



LÍMITE PLÁSTICO

DETERMINACIÓN Nº	1	2
RECIPIENTE Nº	18	37
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	15,80	12,47
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	14,00	11,29
PESO RECIPIENTE (g)	6,43	6,64
CONTENIDO DE AGUA (%)	23,78	25,38



LÍMITE LÍQUIDO:	***37,96***	% PASA 200	***33,10***
LÍMITE PLÁSTICO:	***24,58***	% ARENAS	***29,42***
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	***13,38***	% GRAVAS	***37,48***
ÍNDICE DE LIQUIDEZ:	***-1,04***		

CLASIFICACIÓN

SUCS	AASHTO
GC Grava Arcillosa	***A-2-6 (1)*** Grava y Arena Limosa y Arcillosa ÍNDICE DE GRUPO **0**

ING.JIMMY VERGARA SILVA
MP 15202-130100 BYC

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 – 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Laboratorio de Suelos
GlobalCivil
Interventorias y Construccion

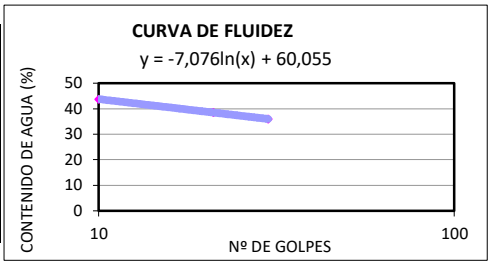
Página 4 de 15	ENSAYO
NORMA NTC – 4630	MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, DEL LÍMITE PLÁSTICO Y DEL ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS COHESIVOS

PROYECTO:	**ATENCIÓN DE EMERGENCIA ESTABILIZACIÓN ESTRIBO DE ACCESO PUENTE LA CACO MUNICIPIO DE MUZO, DEPARTAMENTO BOYACÁ.**		
MUNICIPIO:	**MUZO - BOYACÁ**	SONDEO	**2**
DIRIGIDO A :	**GOBERNACIÓN DEPARTAMENTAL DE BOYACÁ**	PROFUNDIDAD	**0,00-2,50**
FECHA:	**23/09/2023**	MUESTRA	**1**

DESCRIPCIÓN: Material compuesto por limo arenoso con grava de color negro

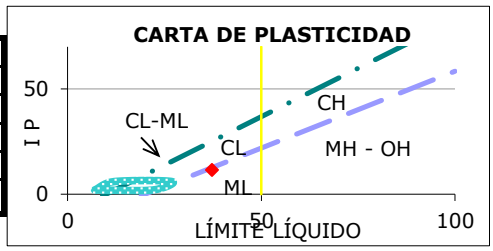
LÍMITE LÍQUIDO

DETERMINACIÓN Nº	1	2	3
NÚMERO DE GOLPES	30	21	10
RECIPIENTE Nº	38	78	13
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	34,03	34,48	33,30
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	28,30	29,72	26,86
PESO RECIPIENTE (g)	12,34	17,40	12,13
CONTENIDO DE AGUA (%)	35,90	38,64	43,72



LÍMITE PLÁSTICO

DETERMINACIÓN Nº	1	2
RECIPIENTE Nº	6	61
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	14,43	12,67
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	12,92	11,41
PESO RECIPIENTE (g)	6,94	6,64
CONTENIDO DE AGUA (%)	25,25	26,42



LÍMITE LÍQUIDO:	***37,28***	% PASA 200	***58,12***
LÍMITE PLÁSTICO:	***25,83***	% ARENAS	***25,95***
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	***11,45***	% GRAVAS	***15,93***
ÍNDICE DE LIQUIDEZ:	***-1,40***		

CLASIFICACIÓN

SUCS	AASHTO
ML Limo Arenoso con Grava	***A-6 (5)*** Principalmente Suelos Arcillosos
	ÍNDICE DE GRUPO **5**

ING.JIMMY VERGARA SILVA
MP 15202-130100 BYC

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 – 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Laboratorio de Suelos GlobalCivil Interventorias y Construccion

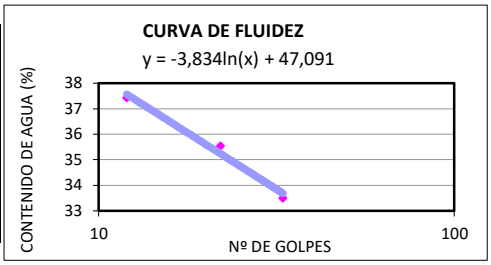
Página 5 de 15	ENSAYO
NORMA NTC – 4630	MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, DEL LÍMITE PLÁSTICO Y DEL ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS COHESIVOS

PROYECTO:	**ATENCIÓN DE EMERGENCIA ESTABILIZACIÓN ESTRIBO DE ACCESO PUENTE LA CACO MUNICIPIO DE MUZO, DEPARTAMENTO BOYACÁ.**		
MUNICIPIO:	**MUZO - BOYACÁ**	SONDEO	**2**
DIRIGIDO A :	**GOBERNACIÓN DEPARTAMENTAL DE BOYACÁ**	PROFUNDIDAD	**2,50-7,00**
FECHA:	**23/09/2023**	MUESTRA	**5**

DESCRIPCIÓN: Material compuesto por grava arcillosa de color negro

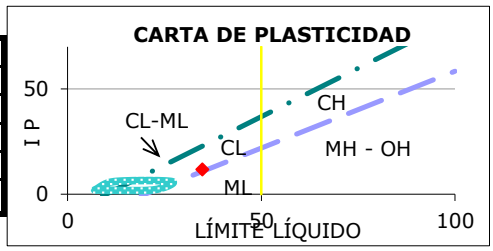
LÍMITE LÍQUIDO

DETERMINACIÓN Nº	1	2	3
NÚMERO DE GOLPES	33	22	12
RECIPIENTE Nº	19D	15D	47D
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	31,03	32,72	32,44
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	26,07	27,10	26,77
PESO RECIPIENTE (g)	11,28	11,31	11,62
CONTENIDO DE AGUA (%)	33,50	35,55	37,44



LÍMITE PLÁSTICO

DETERMINACIÓN Nº	1	2
RECIPIENTE Nº	2	33
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	12,94	12,04
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	11,74	11,02
PESO RECIPIENTE (g)	6,44	6,66
CONTENIDO DE AGUA (%)	22,64	23,39



LÍMITE LÍQUIDO:	***34,75***	% PASA 200	***20,82***
LÍMITE PLÁSTICO:	***23,02***	% ARENAS	***18,59***
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	***11,73***	% GRAVAS	***60,59***
ÍNDICE DE LIQUIDEZ:	***-1,13***		

CLASIFICACIÓN

SUCS	AASHTO
GC Grava Arcillosa	***A-2-6 (0)*** Grava y Arena Limosa y Arcillosa
	ÍNDICE DE GRUPO ***-2***

ING.JIMMY VERGARA SILVA
MP 15202-130100 BYC

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 – 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Laboratorio de Suelos
GlobalCivil
Interventorias y Construccion

Página 6 de 15	ENSAYO
NORMA ASTM – D1586	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA PRUEBA DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT) Y MUESTREO DE SUELOS CON TUBO PARTIDO

PROYECTO:	**ATENCIÓN DE EMERGENCIA ESTABILIZACIÓN ESTRIBO DE ACCESO PUENTE LA CACO MUNICIPIO DE MUZO, DEPARTAMENTO BOYACÁ.**		
MUNICIPIO:	**MUZO - BOYACÁ**	FECHA DE ENSAYO	**23/09/2023**
DIRIGIDO A :	**GOBERNACIÓN DEPARTAMENTAL DE BOYACÁ**		

Sondeo 1 Prof. 1,00

Condiciones del Ensayo	
Profundidad de inicio (m):	1,00
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo	
Peso unitario (T/m³):	1,80
Nº de golpes	
N1	2
N2	2
N3	3

Determinación de N corregido	
sv' (T/m²)	1,80
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	3,00
Mr (kg)	20,79
m	0,33
e3	0,73
e4	1,00
N de campo	5
N 50	2
N corregido	2

Determinación de C y f	
Peck, Hanson, Thornburn f (º):	27,6
Hatanaka f (º):	22,8
Uchida f (º):	28,8
Promedio f (º):	26,4
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	42,2
Cu Stroud (KN/m²):	22,0
Cu Promedio (kg/cm²):	0,3
Cu Promedio (KN/m²):	32,1

Sondeo 1 Prof. 1,50

Condiciones del Ensayo	
Profundidad de inicio (m):	1,50
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo	
Peso unitario (T/m³):	1,80
Nº de golpes	
N1	4
N2	5
N3	6

Determinación de N corregido	
sv' (T/m²)	2,70
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	4,50
Mr (kg)	26,01
m	0,41
e3	0,80
e4	1,00
N de campo	11
N 50	5
N corregido	4

Determinación de C y f	
Peck, Hanson, Thornburn f (º):	28,4
Hatanaka f (º):	26,2
Uchida f (º):	32,2
Promedio f (º):	28,9
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	81,7
Cu Stroud (KN/m²):	48,4
Cu Promedio (kg/cm²):	0,65
Cu Promedio (KN/m²):	65,1

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 – 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Laboratorio de Suelos
GlobalCivil
Interventorias y Construccion

Página 7 de 15	ENSAYO
NORMA ASTM – D1586	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA PRUEBA DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT) Y MUESTREO DE SUELOS CON TUBO PARTIDO

PROYECTO:	**ATENCIÓN DE EMERGENCIA ESTABILIZACIÓN ESTRIBO DE ACCESO PUENTE LA CACO MUNICIPIO DE MUZO, DEPARTAMENTO BOYACÁ.**		
MUNICIPIO:	**MUZO - BOYACÁ**	FECHA DE ENSAYO	**23/09/2023**
DIRIGIDO A :	**GOBERNACIÓN DEPARTAMENTAL DE BOYACÁ**		

Sondeo 1 Prof. 2,00

Condiciones del Ensayo	
Profundidad de inicio (m):	2,00
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo	
Peso unitario (T/m³):	1,80
Nº de golpes	
N1	6
N2	9
N3	11

Determinación de N corregido	
sv' (T/m²)	3,60
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	4,50
Mr (kg)	26,01
m	0,41
e3	0,80
e4	1,00
N de campo	20
N 50	10
N corregido	8

Determinación de C y f	
Peck, Hanson, Thornburn f (º):	29,6
Hatanaka f (º):	30,0
Uchida f (º):	36,0
Promedio f (º):	31,9
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	134,6
Cu Stroud (KN/m²):	88,0
Cu Promedio (kg/cm²):	1,1
Cu Promedio (KN/m²):	111,3

Sondeo 1 Prof. 2,50

Condiciones del Ensayo	
Profundidad de inicio (m):	2,50
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo	
Peso unitario (T/m³):	1,80
Nº de golpes	
N1	11
N2	17
N3	20

Determinación de N corregido	
sv' (T/m²)	4,50
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	4,50
Mr (kg)	26,01
m	0,41
e3	0,80
e4	1,00
N de campo	37
N 50	18
N corregido	15

Determinación de C y f	
Peck, Hanson, Thornburn f (º):	31,5
Hatanaka f (º):	34,4
Uchida f (º):	40,4
Promedio f (º):	35,5
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	205,5
Cu Stroud (KN/m²):	162,8
Cu Promedio (kg/cm²):	1,8
Cu Promedio (KN/m²):	184,1

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 – 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Laboratorio de Suelos
GlobalCivil
Interventorias y Construccion

Página 8 de 15	ENSAYO
NORMA ASTM – D1586	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA PRUEBA DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT) Y MUESTREO DE SUELOS CON TUBO PARTIDO

PROYECTO:	**ATENCIÓN DE EMERGENCIA ESTABILIZACIÓN ESTRIBO DE ACCESO PUENTE LA CACO MUNICIPIO DE MUZO, DEPARTAMENTO BOYACÁ.**		
MUNICIPIO:	**MUZO - BOYACÁ**	FECHA DE ENSAYO	**23/09/2023**
DIRIGIDO A :	**GOBERNACIÓN DEPARTAMENTAL DE BOYACÁ**		

Sondeo 1 Prof. 3,00

Condiciones del Ensayo	
Profundidad de inicio (m):	3,00
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo	
Peso unitario (T/m³):	1,80
Nº de golpes	
N1	21
N2	22
N3	26

Determinación de N corregido	
sv' (T/m²)	5,40
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	6,00
Mr (kg)	31,23
m	0,49
e3	0,85
e4	1,00
N de campo	48
N 50	25
N corregido	21

Determinación de C y f	
Peck, Hanson, Thornburn f (º):	33,2
Hatanaka f (º):	37,5
Uchida f (º):	43,5
Promedio f (º):	38,1
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	260,3
Cu Stroud (KN/m²):	211,2
Cu Promedio (kg/cm²):	2,4
Cu Promedio (KN/m²):	235,8

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 – 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Laboratorio de Suelos
GlobalCivil
Interventorias y Construccion

Página 9 de 15	ENSAYO
NORMA ASTM – D1586	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA PRUEBA DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT) Y MUESTREO DE SUELOS CON TUBO PARTIDO

PROYECTO:	**ATENCIÓN DE EMERGENCIA ESTABILIZACIÓN ESTRIBO DE ACCESO PUENTE LA CACO MUNICIPIO DE MUZO, DEPARTAMENTO BOYACÁ.**		
MUNICIPIO:	**MUZO - BOYACÁ**	FECHA DE ENSAYO	**23/09/2023**
DIRIGIDO A :	**GOBERNACIÓN DEPARTAMENTAL DE BOYACÁ**		

Sondeo 2 Prof. 1,00

Condiciones del Ensayo	
Profundidad de inicio (m):	1,00
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo	
Peso unitario (T/m³):	1,80
Nº de golpes	
N1	2
N2	2
N3	3

Determinación de N corregido	
sv' (T/m²)	1,80
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	3,00
Mr (kg)	20,79
m	0,33
e3	0,73
e4	1,00
N de campo	5
N 50	2
N corregido	2

Determinación de C y f	
Peck, Hanson, Thornburn f (º):	27,6
Hatanaka f (º):	22,8
Uchida f (º):	28,8
Promedio f (º):	26,4
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	42,2
Cu Stroud (KN/m²):	22,0
Cu Promedio (kg/cm²):	0,3
Cu Promedio (KN/m²):	32,1

Sondeo 2 Prof. 1,50

Condiciones del Ensayo	
Profundidad de inicio (m):	1,50
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo	
Peso unitario (T/m³):	1,80
Nº de golpes	
N1	8
N2	9
N3	11

Determinación de N corregido	
sv' (T/m²)	2,70
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	4,50
Mr (kg)	26,01
m	0,41
e3	0,80
e4	1,00
N de campo	20
N 50	10
N corregido	8

Determinación de C y f	
Peck, Hanson, Thornburn f (º):	29,6
Hatanaka f (º):	30,0
Uchida f (º):	36,0
Promedio f (º):	31,9
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	134,6
Cu Stroud (KN/m²):	88,0
Cu Promedio (kg/cm²):	1,11
Cu Promedio (KN/m²):	111,3

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 – 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Laboratorio de Suelos
GlobalCivil
Interventorias y Construccion

Página 10 de 15	ENSAYO
NORMA ASTM – D1586	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA PRUEBA DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT) Y MUESTREO DE SUELOS CON TUBO PARTIDO

PROYECTO:	**ATENCIÓN DE EMERGENCIA ESTABILIZACIÓN ESTRIBO DE ACCESO PUENTE LA CACO MUNICIPIO DE MUZO, DEPARTAMENTO BOYACÁ.**		
MUNICIPIO:	**MUZO - BOYACÁ**	FECHA DE ENSAYO	**23/09/2023**
DIRIGIDO A :	**GOBERNACIÓN DEPARTAMENTAL DE BOYACÁ**		

Sondeo 2 Prof. 2,00

Condiciones del Ensayo	
Profundidad de inicio (m):	2,00
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo	
Peso unitario (T/m³):	1,80
Nº de golpes	
N1	12
N2	12
N3	12

Determinación de N corregido	
sv' (T/m²)	3,60
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	4,50
Mr (kg)	26,01
m	0,41
e3	0,80
e4	1,00
N de campo	24
N 50	12
N corregido	10

Determinación de C y f	
Peck, Hanson, Thornburn f (º):	30,1
Hatanaka f (º):	31,2
Uchida f (º):	37,2
Promedio f (º):	32,8
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	153,5
Cu Stroud (KN/m²):	105,6
Cu Promedio (kg/cm²):	1,3
Cu Promedio (KN/m²):	129,5

Sondeo 2 Prof. 2,50

Condiciones del Ensayo	
Profundidad de inicio (m):	2,50
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo	
Peso unitario (T/m³):	1,80
Nº de golpes	
N1	15
N2	18
N3	18

Determinación de N corregido	
sv' (T/m²)	4,50
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	4,50
Mr (kg)	26,01
m	0,41
e3	0,80
e4	1,00
N de campo	36
N 50	18
N corregido	15

Determinación de C y f	
Peck, Hanson, Thornburn f (º):	31,5
Hatanaka f (º):	34,4
Uchida f (º):	40,4
Promedio f (º):	35,5
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	205,5
Cu Stroud (KN/m²):	158,4
Cu Promedio (kg/cm²):	1,82
Cu Promedio (KN/m²):	181,9

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 – 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Laboratorio de Suelos
GlobalCivil
Interventorias y Construccion

Página 11 de 15	ENSAYO
NORMA ASTM – D1586	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA PRUEBA DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT) Y MUESTREO DE SUELOS CON TUBO PARTIDO

PROYECTO:	**ATENCIÓN DE EMERGENCIA ESTABILIZACIÓN ESTRIBO DE ACCESO PUENTE LA CACO MUNICIPIO DE MUZO, DEPARTAMENTO BOYACÁ.**		
MUNICIPIO:	**MUZO - BOYACÁ**	FECHA DE ENSAYO	**23/09/2023**
DIRIGIDO A :	**GOBERNACIÓN DEPARTAMENTAL DE BOYACÁ**		

Sondeo 2 Prof. 3,00

Condiciones del Ensayo	
Profundidad de inicio (m):	3,00
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo	
Peso unitario (T/m³):	1,80
Nº de golpes	
N1	20
N2	20
N3	21

Determinación de N corregido	
sv' (T/m²)	5,40
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	6,00
Mr (kg)	31,23
m	0,49
e3	0,85
e4	1,00
N de campo	41
N 50	21
N corregido	18

Determinación de C y f	
Peck, Hanson, Thornburn f (º):	32,2
Hatanaka f (º):	35,8
Uchida f (º):	41,8
Promedio f (º):	36,6
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	229,6
Cu Stroud (KN/m²):	180,4
Cu Promedio (kg/cm²):	2,1
Cu Promedio (KN/m²):	205,0

Sondeo 2 Prof. 3,50

Condiciones del Ensayo	
Profundidad de inicio (m):	3,50
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo	
Peso unitario (T/m³):	1,80
Nº de golpes	
N1	25
N2	26
N3	24

Determinación de N corregido	
sv' (T/m²)	6,30
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	6,00
Mr (kg)	31,23
m	0,49
e3	0,85
e4	1,00
N de campo	50
N 50	26
N corregido	22

Determinación de C y f	
Peck, Hanson, Thornburn f (º):	33,4
Hatanaka f (º):	37,9
Uchida f (º):	43,9
Promedio f (º):	38,4
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	267,8
Cu Stroud (KN/m²):	220,0
Cu Promedio (kg/cm²):	2,44
Cu Promedio (KN/m²):	243,9

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 – 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Laboratorio de Suelos
GlobalCivil
Interventorias y Construccion

Página 12 de 15	ENSAYO
NORMA ASTM – D1586	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA PRUEBA DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT) Y MUESTREO DE SUELOS CON TUBO PARTIDO

PROYECTO:	**ATENCIÓN DE EMERGENCIA ESTABILIZACIÓN ESTRIBO DE ACCESO PUENTE LA CACO MUNICIPIO DE MUZO, DEPARTAMENTO BOYACÁ.**		
MUNICIPIO:	**MUZO - BOYACÁ**	FECHA DE ENSAYO	**23/09/2023**
DIRIGIDO A :	**GOBERNACIÓN DEPARTAMENTAL DE BOYACÁ**		

Sondeo 2 Prof. 4,00

Condiciones del Ensayo	
Profundidad de inicio (m):	4,00
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo	
Peso unitario (T/m³):	1,80
Nº de golpes	
N1	23
N2	25
N3	26

Determinación de N corregido	
sv' (T/m²)	7,20
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	6,00
Mr (kg)	31,23
m	0,49
e3	0,85
e4	1,00
N de campo	51
N 50	26
N corregido	22

Determinación de C y f	
Peck, Hanson, Thornburn f (º):	33,4
Hatanaka f (º):	37,9
Uchida f (º):	43,9
Promedio f (º):	38,4
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	267,8
Cu Stroud (KN/m²):	224,4
Cu Promedio (kg/cm²):	2,5
Cu Promedio (KN/m²):	246,1

Sondeo 2 Prof. 4,50

Condiciones del Ensayo	
Profundidad de inicio (m):	4,50
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo	
Peso unitario (T/m³):	1,80
Nº de golpes	
N1	28
N2	29
N3	30

Determinación de N corregido	
sv' (T/m²)	8,10
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	7,50
Mr (kg)	36,45
m	0,57
e3	0,89
e4	1,00
N de campo	59
N 50	32
N corregido	27

Determinación de C y f	
Peck, Hanson, Thornburn f (º):	34,8
Hatanaka f (º):	40,2
Uchida f (º):	46,2
Promedio f (º):	40,4
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	311,0
Cu Stroud (KN/m²):	259,6
Cu Promedio (kg/cm²):	2,85
Cu Promedio (KN/m²):	285,3

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 – 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Laboratorio de Suelos
GlobalCivil
Interventorias y Construccion

Página 13 de 15	ENSAYO
NORMA ASTM – D1586	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA PRUEBA DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT) Y MUESTREO DE SUELOS CON TUBO PARTIDO

PROYECTO:	**ATENCIÓN DE EMERGENCIA ESTABILIZACIÓN ESTRIBO DE ACCESO PUENTE LA CACO MUNICIPIO DE MUZO, DEPARTAMENTO BOYACÁ.**		
MUNICIPIO:	**MUZO - BOYACÁ**	FECHA DE ENSAYO	**23/09/2023**
DIRIGIDO A :	**GOBERNACIÓN DEPARTAMENTAL DE BOYACÁ**		

Sondeo 2 Prof. 5,00

Condiciones del Ensayo	
Profundidad de inicio (m):	5,00
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo	
Peso unitario (T/m³):	1,80
Nº de golpes	
N1	30
N2	28
N3	30

Determinación de N corregido	
sv' (T/m²)	9,00
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	7,50
Mr (kg)	36,45
m	0,57
e3	0,89
e4	1,00
N de campo	58
N 50	31
N corregido	26

Determinación de C y f	
Peck, Hanson, Thornburn f (º):	34,6
Hatanaka f (º):	39,9
Uchida f (º):	45,9
Promedio f (º):	40,1
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	303,9
Cu Stroud (KN/m²):	255,2
Cu Promedio (kg/cm²):	2,8
Cu Promedio (KN/m²):	279,6

Sondeo 2 Prof. 5,50

Condiciones del Ensayo	
Profundidad de inicio (m):	5,50
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo	
Peso unitario (T/m³):	1,80
Nº de golpes	
N1	35
N2	35
N3	35

Determinación de N corregido	
sv' (T/m²)	9,90
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	7,50
Mr (kg)	36,45
m	0,57
e3	0,89
e4	1,00
N de campo	70
N 50	38
N corregido	32

Determinación de C y f	
Peck, Hanson, Thornburn f (º):	36,2
Hatanaka f (º):	42,3
Uchida f (º):	48,3
Promedio f (º):	42,3
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	351,9
Cu Stroud (KN/m²):	308,0
Cu Promedio (kg/cm²):	3,30
Cu Promedio (KN/m²):	330,0

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 – 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Laboratorio de Suelos
GlobalCivil
Interventorias y Construccion

Página 14 de 15	ENSAYO
NORMA ASTM – D1586	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA PRUEBA DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT) Y MUESTREO DE SUELOS CON TUBO PARTIDO

PROYECTO:	**ATENCIÓN DE EMERGENCIA ESTABILIZACIÓN ESTRIBO DE ACCESO PUENTE LA CACO MUNICIPIO DE MUZO, DEPARTAMENTO BOYACÁ.**		
MUNICIPIO:	**MUZO - BOYACÁ**	FECHA DE ENSAYO	**23/09/2023**
DIRIGIDO A :	**GOBERNACIÓN DEPARTAMENTAL DE BOYACÁ**		

Sondeo 2 Prof. 6,00

Condiciones del Ensayo

Profundidad de inicio (m):	6,00
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo

Peso unitario (T/m³):	1,80
Nº de golpes	
N1	36
N2	38
N3	38

Determinación de N corregido

sv' (T/m²)	10,80
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	9,00
Mr (kg)	41,67
m	0,66
e3	0,92
e4	1,00
N de campo	76
N 50	42
N corregido	35

Determinación de C y f

Peck, Hanson, Thornburn f (º):	37,0
Hatanaka f (º):	43,6
Uchida f (º):	49,6
Promedio f (º):	43,4
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	378,2
Cu Stroud (KN/m²):	334,4
Cu Promedio (kg/cm²):	3,6
Cu Promedio (KN/m²):	356,3

Sondeo 2 Prof. 6,50

Condiciones del Ensayo

Profundidad de inicio (m):	6,50
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo

Peso unitario (T/m³):	1,80
Nº de golpes	
N1	38
N2	40
N3	42

Determinación de N corregido

sv' (T/m²)	11,70
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	9,00
Mr (kg)	41,67
m	0,66
e3	0,92
e4	1,00
N de campo	82
N 50	46
N corregido	39

Determinación de C y f

Peck, Hanson, Thornburn f (º):	37,9
Hatanaka f (º):	44,8
Uchida f (º):	50,8
Promedio f (º):	44,5
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	403,8
Cu Stroud (KN/m²):	360,8
Cu Promedio (kg/cm²):	3,82
Cu Promedio (KN/m²):	382,3

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 – 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Página 15 de 15	ENSAYO DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO Y FINO
NORMA INV E – 222 –13 INV E – 223 –13	

PROYECTO:	**ATENCIÓN DE EMERGENCIA ESTABILIZACIÓN ESTRIBO DE ACCESO PUENTE LA CACO MUNICIPIO DE MUZO, DEPARTAMENTO BOYACÁ.**		
DIRIGIDO A :	**GOBERNACIÓN DEPARTAMENTAL DE BOYACÁ**	FECHA ENSAYO:	**23/09/2023**
PROCEDENCIA:	**SONDEO 1**		

DENSIDAD Y ABSORCION DE AGREGADO GREUESO S1

No. PLATÓN	3
PESO DEL PLATÓN (g)	126,2
PESO DEL PLATÓN +MUESTRA SSS (g)	3001,2
PESO DEL LASTRE + CANASTILLA (g)	1425,6
PESO LASTRE + CANASTILLA+ MUESTRA (g)	3178,8
PESO DEL PLATÓN + MUESTRA SECA (g)	2917,2

Peso Específico aparente (g/cm^3)	***2,488***
Peso Específico SSS (g/cm^3)	***2,56***
Peso Específico Nominal (g/cm^3)	***2,69***
% de Absorción	***3,01***

ING. JIMMY VERGARA SILVA
MP 15202-130100 BYC

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 – 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

Yo, JIMMY VERGARA SILVA, identificado con cédula de ciudadanía No. 74.321.878, Ingeniero Civil con Matricula Profesional No. 15202-130100 BYC del Consejo Profesional Nacional de Ingeniería (COPNIA).

CERTIFICO:

Que realicé el estudio de suelos y recomendación de cimentación para el proyecto:

"CONSTRUCCION DE OBRAS DE MITIGACION SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS PROVINCIA DE OCCIDENTE DEPARTAMENTO DE BOYACA". En el municipio de Muzo – Sector La Caco.

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 PROVINCIA DE OCCIDENTE DEPARTAMENTO DE BOYACA", se sigan textual y cabalmente los planos y las directrices técnicas realizadas por el suscrito.

Atentamente:



ING. JIMMY VERGARA SILVA M.P
15202-130100 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

Certificado de vigencia y antecedentes disciplinarios

CVAD-2022-1337947

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA
COPNIA

EL DIRECTOR GENERAL

CERTIFICA:

1. Que JIMMY VERGARA SILVA, identificado(a) con CEDULA DE CIUDADANIA 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 doce (12) días del mes de Mayo del año dos mil veintidos (2022).



Rubén Dario 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.

AASHTO 2002 ASD DESIGN METHOD
MSE H=7.5 m

MSEW+: Update # 2023.13

PROJECT IDENTIFICATION

Title: MSE H=7.5 m
Project Number:
Client:
Designer: GEOMATRIX S.A.S
Station Number:

Description:

Estructura en suelo reforzado. "La asesoría técnica de Geomatrix, el diseño sugerido para cada obra o construcción y las recomendaciones para la instalación, son sugerencias que pueden ser aplicadas o no por decisión del cliente, y en caso de serlo sus buenos resultados son de su exclusiva responsabilidad"

Company's information:

Name: GEOMATRIX S.A.S
Street:

BOGOTA,
Telephone #:
Fax #:
E-Mail:

File path and name: W:\Geotecnia\2023\Proyectos\308. Nov - SD-00404 - COL -.....
.....nalisis\7.5 - 2.BENp

Original date and time of creating this file: 2023

PROGRAM MODE: DESIGN
of a SIMPLE STRUCTURE
using GEOGRID as reinforcing material.

Copyright © 1998-2023 ADAMA Engineering, Inc. License number MSEW-401376

Version MSEW+ Version MSEW+ Version MSEW+

Version MSEW+ Version MSEW+ Version MSEW+

INPUT DATA: Geometry and Surcharge loads (of a SIMPLE STRUCTURE)

Design height, Hd 7.50 [m] { Embedded depth is E = 1.00 m, and height above top of finished bottom grade is H = 6.50 m }

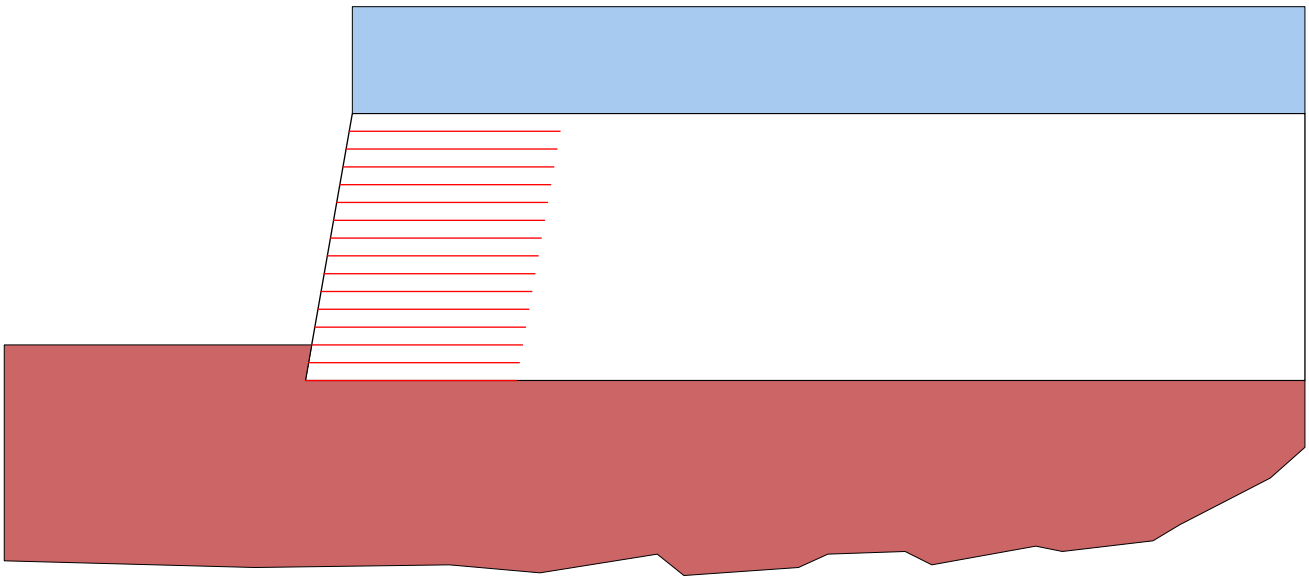
Soil in front of wall is Horizontal.

Batter, ω 10.0 [deg]
Backslope, β 0.0 [deg]
Backslope rise 0.0 [m] Broken back equivalent angle, I = 0.00° (see Fig. 25 in DEMO 82)

U N I F O R M S U R C H A R G E

Uniformly distributed dead load is 18.0 [kPa], and live load is 20.0 [kPa]

DESIGNED REINFORCEMENT LAYOUT:



SCALE:

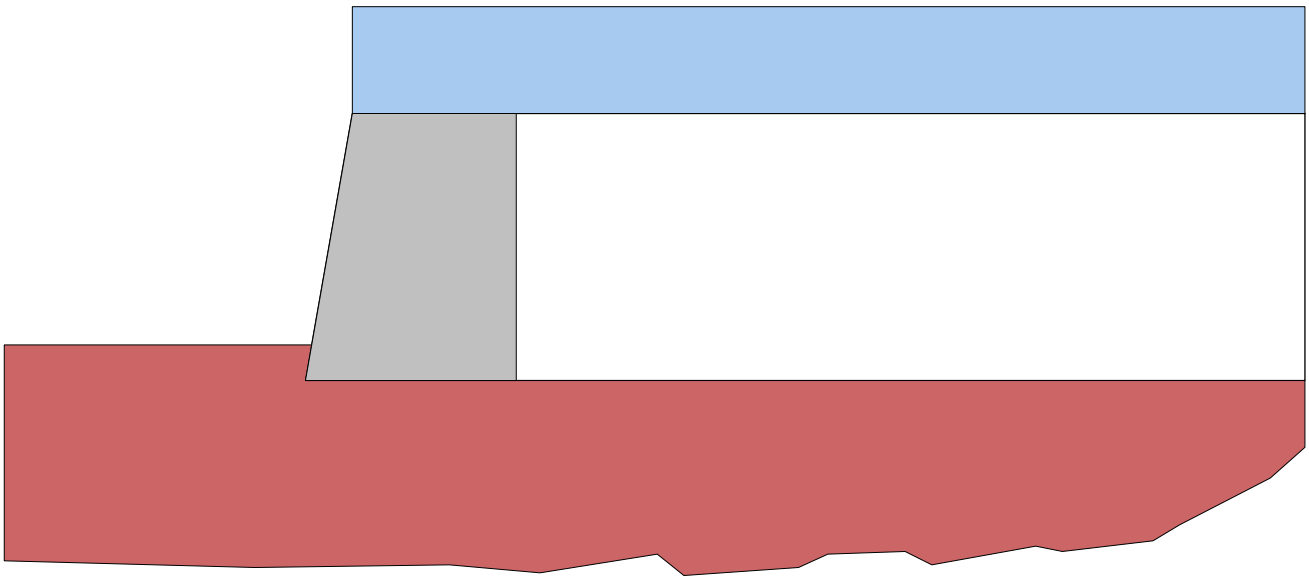
0 2 4 6 [m]

Copyright © 1998-2023 ADAMA Engineering, Inc. License number MSEW-401376

Version MSEW+ Version MSEW+ Version MSEW+

BEARING CAPACITY for DESIGNED LAYOUT

	STATIC	SEISMIC	UNITS
(Water table does not affect bearing capacity)			
Ultimate bearing capacity, q-ult	1308.1	1268.0	[kPa]
Meyerhof stress, σ_V	167.97	180.1	[kPa]
Eccentricity, e	0.33	0.50	[m]
Eccentricity, e/L	0.055	0.085	
Fs calculated	7.79	7.04	
Base length	5.93	5.93	[m]



SCALE:

0 2 4 6 [m]

Copyright © 1998-2023 ADAMA Engineering, Inc. License number MSEW-401376

DIRECT SLIDING for DESIGNED LAYOUT (for GEOGRID reinforcements)

Specified Fs-static = 1.500 and Fs-seismic = 1.125

Along reinforced and foundation soils interface: Fs-static = 2.146 and Fs-seismic = 1.794

#	Geogrid Elevation [m]	Geogrid Length [m]	Fs Static	Fs Seismic	Geogrid Type #	Product name
1	0.00	5.93	1.502	1.256	3	FGRID UX100
2	0.50	5.93	1.595	1.339	3	FGRID UX100
3	1.00	5.93	1.700	1.434	3	FGRID UX100
4	1.50	5.93	1.819	1.541	3	FGRID UX100
5	2.00	5.93	1.953	1.665	3	FGRID UX100
6	2.50	5.93	2.108	1.808	1	FGRID UX50
7	3.00	5.93	2.290	1.977	1	FGRID UX50
8	3.50	5.93	2.505	2.180	1	FGRID UX50
9	4.00	5.93	2.766	2.429	1	FGRID UX50
10	4.50	5.93	3.093	2.744	1	FGRID UX50
11	5.00	5.93	3.518	3.159	1	FGRID UX50
12	5.50	5.93	4.107	3.739	1	FGRID UX50
13	6.00	5.93	5.006	4.634	1	FGRID UX50
14	6.50	5.93	6.643	6.275	1	FGRID UX50
15	7.00	5.93	11.131	10.782	1	FGRID UX50

ECCENTRICITY for DESIGNED LAYOUT

At interface with foundation: e/L static = 0.0743, e/L seismic = 0.1077; Overturning: Fs-static = 4.18, Fs-seismic = 3.35

#	Geogrid Elevation [m]	Geogrid Length [m]	e / L Static	e / L Seismic	Geogrid Type #	Product name
1	0.00	5.93	0.0743	0.1077	3	FGRID UX100
2	0.50	5.93	0.0623	0.0909	3	FGRID UX100
3	1.00	5.93	0.0512	0.0755	3	FGRID UX100
4	1.50	5.93	0.0412	0.0615	3	FGRID UX100
5	2.00	5.93	0.0322	0.0488	3	FGRID UX100
6	2.50	5.93	0.0241	0.0375	1	FGRID UX50
7	3.00	5.93	0.0169	0.0275	1	FGRID UX50
8	3.50	5.93	0.0107	0.0188	1	FGRID UX50
9	4.00	5.93	0.0054	0.0114	1	FGRID UX50
10	4.50	5.93	0.0011	0.0053	1	FGRID UX50
11	5.00	5.93	-0.0024	0.0004	1	FGRID UX50
12	5.50	5.93	-0.0048	-0.0032	1	FGRID UX50
13	6.00	5.93	-0.0062	-0.0054	1	FGRID UX50
14	6.50	5.93	-0.0063	-0.0060	1	FGRID UX50
15	7.00	5.93	-0.0047	-0.0047	1	FGRID UX50

Copyright © 1998-2023 ADAMA Engineering, Inc. License number MSEW-401376

RESULTS for STRENGTH

Live Load included in calculating Tmax

#	Geogrid Elevation [m]	LTDS [kN/m]	Tmax [kN/m]	Tmd [kN/m]	Specified minimum Fs-overall Static	Actual calculated Fs-overall Static	Specified minimum Fs-overall seismic	Actual calculated Fs-overall seismic	Product name
1	0.00	57.5	14.23	5.28	1.200	4.044	0.900	3.274	FGRID UX100
2	0.50	57.5	27.33	5.05	1.200	2.105	0.900	1.885	FGRID UX100
3	1.00	57.5	25.83	4.81	1.200	2.227	0.900	1.992	FGRID UX100
4	1.50	57.5	24.33	4.58	1.200	2.365	0.900	2.113	FGRID UX100
5	2.00	57.5	22.83	4.35	1.200	2.520	0.900	2.249	FGRID UX100
6	2.50	27.5	21.33	4.12	1.200	1.290	0.900	1.150	FGRID UX50
7	3.00	27.5	19.83	3.88	1.200	1.387	0.900	1.235	FGRID UX50
8	3.50	27.5	18.33	3.65	1.200	1.501	0.900	1.333	FGRID UX50
9	4.00	27.5	16.83	3.42	1.200	1.635	0.900	1.449	FGRID UX50
10	4.50	27.5	15.33	3.18	1.200	1.795	0.900	1.586	FGRID UX50
11	5.00	27.5	13.83	2.95	1.200	1.989	0.900	1.753	FGRID UX50
12	5.50	27.5	12.33	2.72	1.200	2.231	0.900	1.958	FGRID UX50
13	6.00	27.5	10.83	2.48	1.200	2.540	0.900	2.218	FGRID UX50
14	6.50	27.5	9.33	2.25	1.200	2.948	0.900	2.558	FGRID UX50
15	7.00	27.5	11.19	2.02	1.200	2.460	0.900	2.208	FGRID UX50

RESULTS for PULLOUT

Live Load included in calculating Tmax

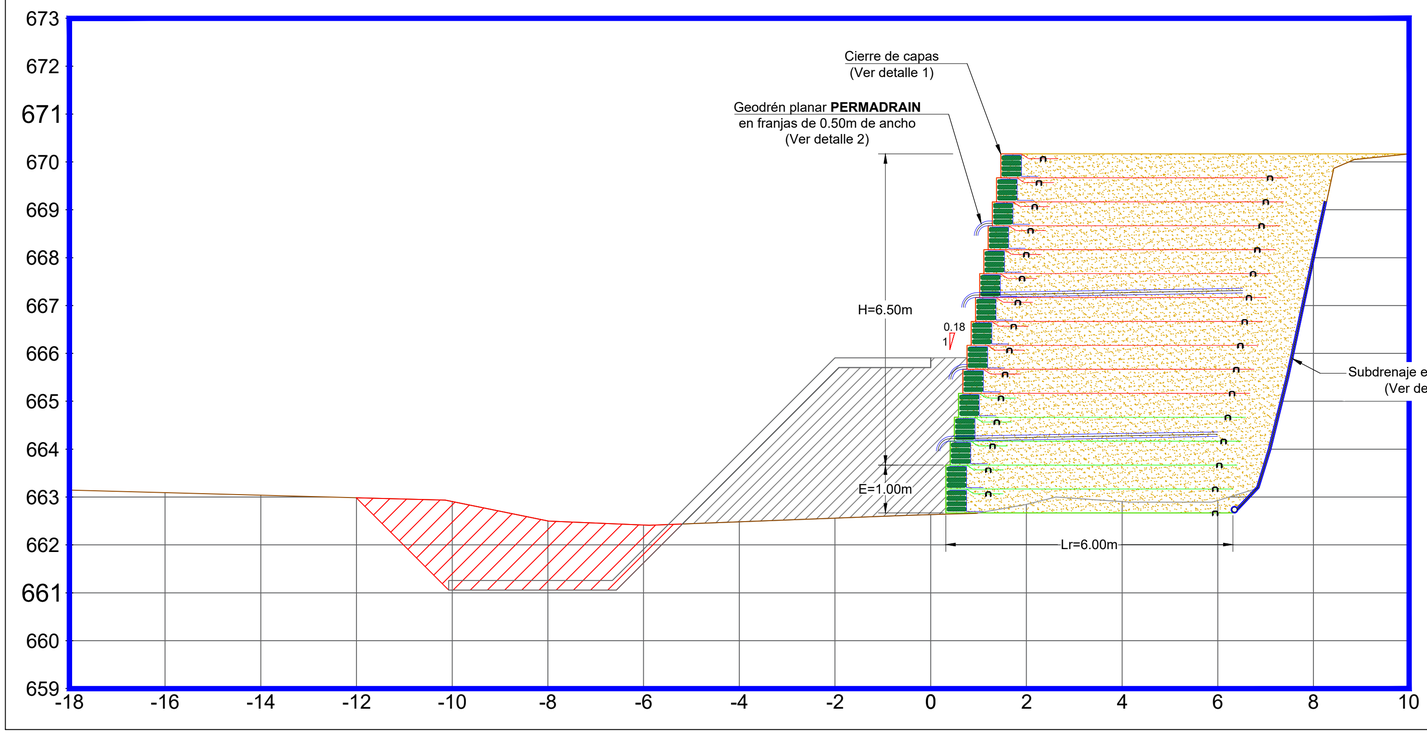
NOTE: Live load is not included in calculating the overburden pressure used to assess pullout resistance.

#	Geogrid Elevation [m]	Coverage Ratio	Tmax [kN/m]	Tmd [kN/m	Le (see NOTE)	La [m]	Avail.Static Pullout, Pr [kN/m]	Specified Static Fs	Actual Static Fs	Avail.Seism. Pullout, Pr [kN/m]	Specified seismic Fs	Actual seismic Fs
1	0.00	1.000	2.02	2.02	5.93	0.00	733.5	1.500	51.551	586.8	1.125	30.078
2	0.50	1.000	2.02	2.02	5.67	0.26	693.7	1.500	25.379	555.0	1.125	17.138
3	1.00	1.000	2.02	2.02	5.41	0.52	646.4	1.500	25.021	517.1	1.125	16.872
4	1.50	1.000	2.02	2.02	5.15	0.79	590.6	1.500	24.272	472.5	1.125	16.341
5	2.00	1.000	2.02	2.02	4.89	1.05	527.9	1.500	23.120	422.3	1.125	15.537
6	2.50	1.000	2.02	2.02	4.62	1.31	461.3	1.500	21.625	369.1	1.125	14.502
7	3.00	1.000	2.02	2.02	4.36	1.57	398.9	1.500	20.112	319.1	1.125	13.456
8	3.50	1.000	2.02	2.02	4.10	1.83	340.8	1.500	18.589	272.6	1.125	12.403
9	4.00	1.000	2.02	2.02	3.84	2.10	287.1	1.500	17.054	229.7	1.125	11.342
10	4.50	1.000	2.02	2.02	3.58	2.36	237.9	1.500	15.514	190.3	1.125	10.278
11	5.00	1.000	2.02	2.02	3.31	2.62	192.9	1.500	13.942	154.3	1.125	9.193
12	5.50	1.000	2.02	2.02	3.05	2.88	152.2	1.500	12.342	121.8	1.125	8.091
13	6.00	1.000	2.02	2.02	2.79	3.14	115.9	1.500	10.702	92.8	1.125	6.965
14	6.50	1.000	2.02	2.02	2.53	3.41	84.1	1.500	9.011	67.3	1.125	5.808
15	7.00	1.000	2.02	2.02	2.27	3.67	56.5	1.500	5.053	45.2	1.125	3.425

Copyright © 1998-2023 ADAMA Engineering, Inc. License number MSEW-401376

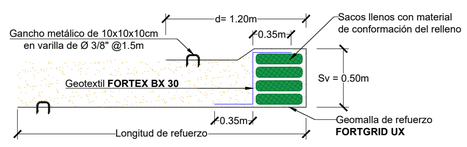
DETALLE MURO EN TIERRA REFORZADA

ESTACIÓN 0+066.00

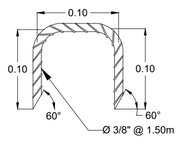


DETALLES CONSTRUCTIVOS

DETALLE 1: CIERRE DE CAPAS
Esc_Sin

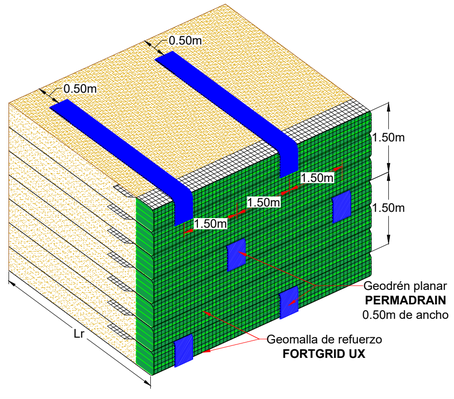


Gancho de Anclaje
Esc_Sin

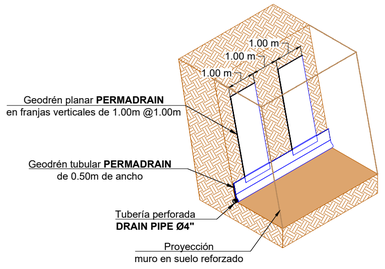


GEOMALLAS DE POLIÉSTER DE ALTA TENACIDAD CON RESISTENCIA DISPONIBLE DE:
27.5 KN/m (FORTGRID UX 50)
57.5 KN/m (FORTGRID UX 100)

DETALLE 2: ISOMÉTRICO SUBDRENAJE
Esc_Sin



DETALLE 3
SUBDRENAJE EN EL ESPALDAR
Esc_Sin



CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

CARACTERÍSTICAS GEOMALLA FORTGRID UX 50			
PROPIEDADES MECÁNICAS	**NORMA DE ENSAYO**	**UNIDAD**	**VALORES**
Resistencia última a la tensión-MD	ASTM D 6637	kN/m	55,0
Resistencia última a la tensión-TD	ASTM D 6637	kN/m	24,0
Elongación última-MD	ASTM D 6637	%	11,2
Resistencia máxima disponible para diseño a 75 años	GRI GG4 (b)	kN/m	27,5
Módulo secante al 2% de elongación-MD	ASTM D 6637	kN/m	593,6
Coeficiente de interacción por Pull Out Ci @24kPa	ASTM D 6706		1,09
Material de Poliéster de Alta Tenacidad (PET)	Parámetros presentados en datos MARV		

CARACTERÍSTICAS GEOMALLA FORTGRID UX 100			
PROPIEDADES MECÁNICAS	**NORMA DE ENSAYO**	**UNIDAD**	**VALORES**
Resistencia última a la tensión-MD	ASTM D 6637	kN/m	115
Resistencia última a la tensión-TD	ASTM D 6637	kN/m	25,0
Elongación última-MD	ASTM D 6637	%	12,3
Resistencia máxima disponible para diseño a 75 años	GRI GG4 (b)	kN/m	57,5
Módulo secante al 2% de elongación-MD	ASTM D 6637	kN/m	1080
Coeficiente de interacción por Pull Out Ci @24kPa	ASTM D 6706		1,09
Material de Poliéster de Alta Tenacidad (PET)	Parámetros presentados en datos MARV		

CARACTERÍSTICAS GEOTEXTIL TEJIDO FORTEX BX 30			
PROPIEDADES MECÁNICAS	**NORMA DE ENSAYO**	**UNIDAD**	**VALORES**
Resistencia a la rotura-MD/TD (Método Grab)	ASTM D 4632	N	1480/1560
Resistencia última (elongación)-MD/TD (Método Tira Ancha)	ASTM D 4595	kN/m(%)	30(21)/31(19)
Resistencia máxima disponible para diseño a 75 años	GRI GT7	kN/m	15,0
Resistencia al punzonamiento estático CBR	ASTM D 6241	N	4320
Resistencia al rasgado trapezoidal-MD/TD	ASTM D 4533	N	600/530
Estabilidad UV-Resistencia retenida despúes de 500 horas	ASTM D 4355	%	>50
PROPIEDADES HIDRÁULICAS	**NORMA DE ENSAYO**	**UNIDAD**	**VALORES**
Tamaño de abertura aparente	ASTM D 4751	mm	0,150
Permeabilidad	ASTM D 4491	cm/s	0,089
Permitividad	ASTM D 4491	S^{-1}	0,806
Tasa de flujo	ASTM D 4491	l/min/m²	2417
Material de Poliéster de Alta Tenacidad (PET)	Parámetros presentados en datos MARV		

CARACTERÍSTICAS TUBERÍA DRAINPIPE 4"			
PROPIEDADES FÍSICAS	**NORMA DE ENSAYO**	**UNIDAD**	**VALORES**
Material	Polietileno de alta densidad (HDPE)		
Área abierta (perforaciones)	ASTM F 667	cm^2/m	122
Diámetro interno	ASTM D 2122	mm	100
Diámetro externo	ASTM D 2122	mm	112
PROPIEDADES MECÁNICAS	**NORMA DE ENSAYO**	**UNIDAD**	**VALORES**
Rigidez del tubo al 5% de la deflexión	ASTM D 2412 ASTM F 667	psi	>30
Elongación	ASTM F 667	%	<5
PRESENTACIÓN	**NORMA DE ENSAYO**	**UNIDAD**	**VALORES**
Longitud del tubo	Medido	m	50-100-150-200
Sistemas de unión		Acoples de unión	
Parámetros presentados en datos TÍPICOS			

CARACTERÍSTICAS GEODRÉN PERMADRAIN 450					
PROPIEDADES MECÁNICAS GEOTEXTIL	**NORMA DE ENSAYO**	**UNIDAD**	**VALORES**		
Carga a la rotura (Método Grab)	ASTM D 4632	N	500		
Resistencia al punzonamiento	ASTM D 6241	N	1500		
Resistencia al rasgado trapezoidal	ASTM D 4533	N	200		
PROPIEDADES HIDRÁULICAS GEOTEXTIL	**NORMA DE ENSAYO**	**UNIDAD**	**VALORES**		
Permeabilidad	ASTM D 4491	cm/s	0,220		
Permitividad	ASTM D 4491	S^{-1}	2,6		
Tasa de flujo	ASTM D 4491	l/min/m²	7420		
PROPIEDADES MECÁNICAS GEORED	**NORMA DE ENSAYO**	**UNIDAD**	**VALORES**		
Esfuerzo a compresión al punto de fluencia	ASTM D 6364	kPa	800		
Fuerza a la rotura	ASTM D 7179	kN	9,5		
PROPIEDADES HIDRÁULICAS GEOCOMPUESTO	**PERMADRAIN 450**				
Presión (kPa)	Gradiente Hidráulico				
	0,05	0,1	0,5	1,0	
50	13,4	21,1	54,8	81,7	
200	12,5	18,9	50,7	76,1	
500	11,1	17,6	45,9	68,7	
Parámetros presentados en datos TÍPICOS					

DG-001 | 01

Gobernación de Boyacá | Boyacá Avanza

PROYECTO:
"CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE MITIGACIÓN SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS PROVINCIA DE OCCIDENTE DEPARTAMENTO DE BOYACÁ."

LOCALIZACIÓN:
MUNICIPIO DE MUZO
DEPARTAMENTO DE BOYACÁ
SECTOR LA CACO

CONTROL DE CAMBIOS

REVISIÓN N°	FECHA	OBSERVACIONES

OBRA PUBLICA
N° DE CONTRATO 002-2023

DIBUJÓ:
JIMMY VERGARA SILVA
Especialista en geotecnia y estructuras

REVISÓ:
JUAN CARLOS VELAZQUEZ
Contratista de obra

APROBO:
JHONATAN MENESES
Interventor

CONTIENE:
DETALLE MURO EN TIERRA REFORZADA QUEBRADA LA CACO, MUNICIPIO DE MUZO

DG-001

ESCALA: INDICADA
ORIGEN: IMPLANTACIÓN LAGUNAS
FECHA:
CÓDIGO:

DG-001 | 01

1110800 m.N.

1110700 m.N.

1110600 m.N.

1110500 m.N.

993600 m.E.

993700 m.E.

993800 m.E.

993900 m.E.

994000 m.E.

994100 m.E.

1110546.7842 N 5°35'45".131 N
993772.3260 E 74°8'1".386 W

1110543.0065 N 5°35'45".008 N
993772.9778 E 74°8'1".364 W

ESCALA GRÁFICA

0 10.00 20.00 30.00 40.00 50.00 70.00 100.00

ESC 1:1,000

GOBERNACIÓN DE BOYACÁ

PROYECTO:
CONSTRUCCION DE OBRAS DE MITIGACION SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS PROVINCIA DE OCCIDENTE DEPARTAMENTO DE BOYACA.
"MUZO - BOYACÁ: SECTOR LA CACO"

CONVENCIONES:

- Punto Topografico
- Vía
- Curva indice
- Curva intermedia
- Red hidrica
- Localización Sondeo.

LOCALIZACIÓN:

PARAMETROS GEODESICOS

Datum:	MAGNA SIRGAS
Latitud:	5°35'45.19" N
Longitud:	74°08'01.55" W
Este:	1000000 Falso
Norte:	1000000 Falso
Factor de escala:	1.00000
Elipsoide:	WGS84 = GRS80
Proyección:	TM LOCAL
Zona:	Bogotá - Magna
Datum Vertical:	m.s.n.m.m
Modelo Geoidal:	EGM 96

DIBUJÓ:
JHON VERGARA SILVA
ING CIVIL ESP EN GEOTECNIA VIAL Y DE PAVIMENTOS

REVISÓ:
R.L JUAN CARLOS VELAZQUEZ
CONTRATISTA DE OBRA

APROBÓ:
R.L JHONATAN MENESES
INTERVENTORIA

Contiene:
GEORREFERENCIACIÓN DE SONDEOS - PUENTE LA CACO MUZO - BOYACÁ

Observaciones:

Archivo:	Plano: 01/01
Fecha:Agosto_2023	
Escala: Hz 1:750 Vert. 1:50	

GEOMATRIX
Los Expertos en Geosintéticos

GUÍA DE USO E INSTALACIÓN

GUÍA DE MANEJO E INSTALACIÓN DE GEOSINTÉTICOS PARA ESTRUCTURAS EN SUELO REFORZADO.
APLICACIÓN DE GEOTÉXTILES DE ALTO MÓDULO FORTEX Y GEOMALLAS FORTGRID®

1. INTRODUCCIÓN

El adecuado manejo de los materiales geosintéticos y su correcta instalación son factores que influyen en el buen funcionamiento de las estructuras construidas con estos productos. En la siguiente guía se presentan procedimientos de manejo, transporte, almacenamiento e instalación para la construcción de estructuras en suelo mecánicamente estabilizado con geosintéticos.



Fotografía 1. Construcción de talud en suelo reforzado con geomalla FORTGRID®

2. RECOMENDACIONES PARA EL MANEJO, TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

Los rollos de FORTGRID® y FORTEX® son livianos y de fácil manejo. Se presentan dentro de un empaque plástico que los identifica y protege durante el transporte y almacenamiento. Una vez en el sitio de la obra se recomienda:

- Almacenar bajo cubierta.
- Colocar sobre una superficie plana, lisa y seca.
- No colocar rollos en forma transversal a otros.

Cuando se requiera almacenar rollos en exteriores, estos deben levantarse de la superficie al menos 50 cm para evitar la humedad y cubrirse con carpas ó lonas para evitar la acción de la intemperie.

Cada uno de los rollos cuenta con una etiqueta con un número y un código de barras que los identifica y los relaciona con los registros de producción y de control de calidad. Para efectos de trazabilidad se recomienda conservar las etiquetas de los rollos.

3. RECOMENDACIONES SOBRE EL MATERIAL GRANULAR DE CONFORMACIÓN

Se recomienda utilizar material de la mejor calidad disponible. La granulometría del material pétreo y su angularidad son fundamentales, pues a mayor fricción entre partículas, mayor interacción del geosintético con el agregado y por lo tanto mejor desempeño. El material pétreo o suelo se deberá colocar y compactar hasta lograr el peso unitario mayor o igual al 98% del máximo obtenido en la prueba de compactación Proctor.

Los parámetros de resistencia al corte utilizados en el diseño deben verificarse siguiendo la norma de ensayo AASHTO T-236, método C ó D. Si más del 80% de partículas del material son mayores a 19 mm, no es necesario hacer esta verificación.

4. SECUENCIA CONSTRUCTIVA DE MUROS DE CONTENCIÓN EN SUELO REFORZADO

A continuación se presenta la secuencia constructiva para muros con la cara o fachada envuelta con el geosintético (Wrap Around Wall), en los que el mismo geosintético de refuerzo se usa como material para conformar la cara del muro.

4.1 Preparación y adecuación del terreno de fundación

Se recomienda seguir el siguiente procedimiento:

- Excavar hasta la cota de cimentación del muro de acuerdo con los planos de construcción.
- Remover la materia orgánica, ramas, rocas y otros elementos que estén en el área de cimentación, tal como se ilustra en la Fotografía 2.
- Inspeccionar el suelo de cimentación y compactarlo. Si se encuentra un tipo de suelo no adecuado para cimentar el muro, este se debe excavar y reemplazar con material seleccionado y compactarlo.



Fotografía 2. Adecuación del terreno de cimentación.

4.2 Preparación del material geosintético de refuerzo

El geosintético se desenrollará y cortará en tiras o franjas a la longitud necesaria de acuerdo con lo indicado en los cuadros de ubicación y cuantías de refuerzo de los planos de construcción.

4.3 Colocación del geosintético de refuerzo

- Disponer el geosintético por capas, evitando los pliegues o arrugas sobre el subsuelo y garantizando su nivel de colocación. El geosintético se debe fijar al suelo para evitar movimientos y garantizar su tensionamiento durante el descargue del material de conformación. Las franjas de geotextil o geomalla se deben disponer de manera que su

sentido principal (sentido longitudinal del rollo) quede transversal a la cara del muro.



Fotografía 3. Colocación del geosintético de refuerzo y traslapos.

- El material se deberá extender hacia el frente, dejando la longitud necesaria para el cierre de la capa y contrafuerte, como se muestra en la Fotografía 3.
- Las franjas se deberán instalar una al lado de la otra dejando traslapos entre sí. Los traslapos se deberán hacer en sentido paralelo a la dirección de la resistencia principal. El ancho recomendado para los traslapos es de 20 cm. En ningún caso se deberá hacer en la dirección del deslizamiento del muro. El traslapo se deberá hacer en forma continua a lo largo de toda la longitud de refuerzo.

4.4 Colocación del material de conformación

- El material pétreo o suelo de relleno se deberá colocar sobre el geosintético en capas de espesor no mayor a 25 cm o como se determine por el ingeniero del proyecto.
- El material de conformación se deberá compactar como mínimo hasta lograr un peso unitario mayor o igual al 98% del máximo obtenido en la prueba de compactación Proctor.
- La compactación en la parte frontal debe hacerse utilizando equipo manual vibratorio (plancha vibratoria o por impacto) procediendo desde el frente del muro hacia atrás para no sobrecargar la formaleta de confinamiento, como se muestra en la Fotografía 4.
- La compactación en la parte posterior, a más de 1.50 m del frente puede hacerse con equipo mayor, cuyo peso y energía de compactación deberá definirse de acuerdo con las condiciones del sitio.



Fotografía 4. Compactación con equipo liviano y pesado.

4.5 Conformación de la cara o fachada

Para los muros reforzados con geomallas se recomienda colocar adicionalmente un geotextil tejido FORTEX® que evite la migración del suelo por entre las aberturas de la geomalla de acuerdo a la Figura 1.

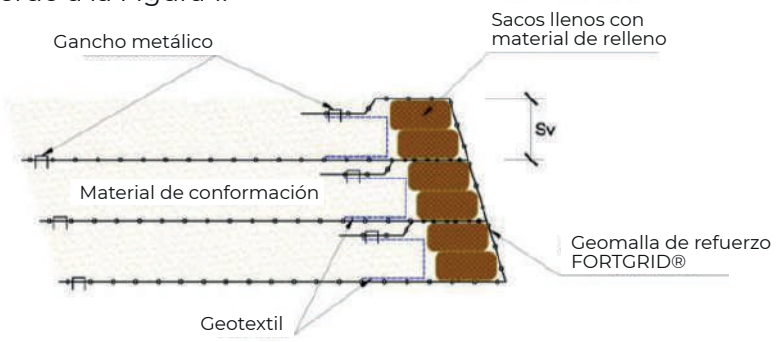


Figura 1. Cierre de capas de muros con geomallas FORTGRID® y geotextil FORTEX



Fotografía 5. Fachada de muro en suelo reforzado

En la Figura 2 se presenta la síntesis del proceso constructivo mencionado utilizando formaletas frontales.

1. Adecuar el terreno o superficie de apoyo de manera que quede nivelada.
2. Desenrollar el geosintético, cortar y extender de modo que la longitud de anclaje especificada, cubrir el frente de la capa y dejar un tramo sobrante de mínimo 1.20 m para realizar el cierre de capa.
3. Ubicar la formaleta en la parte frontal (sacos con material de relleno) y colocar en frente de él el geotextil no tejido.
4. Colocar un montículo de material contra la formaleta un poco mayor a la altura total de la capa. Compactar.
5. Colocar la cola del geosintético sobre la superficie del montículo y asegurar colocando un espesor de material de conformación sobre la punta de la cola. En caso que esta medida no sea suficiente se debe instalar grapas metálicas o ganchos en forma de "U" clavados en el suelo.
6. Completar el relleno hasta lograr el espesor de capa especificado, compactar y verificar la densidad.
7. Terminar la capa y continuar con el paso 1 sucesivamente hasta completar el número de capas requerido.

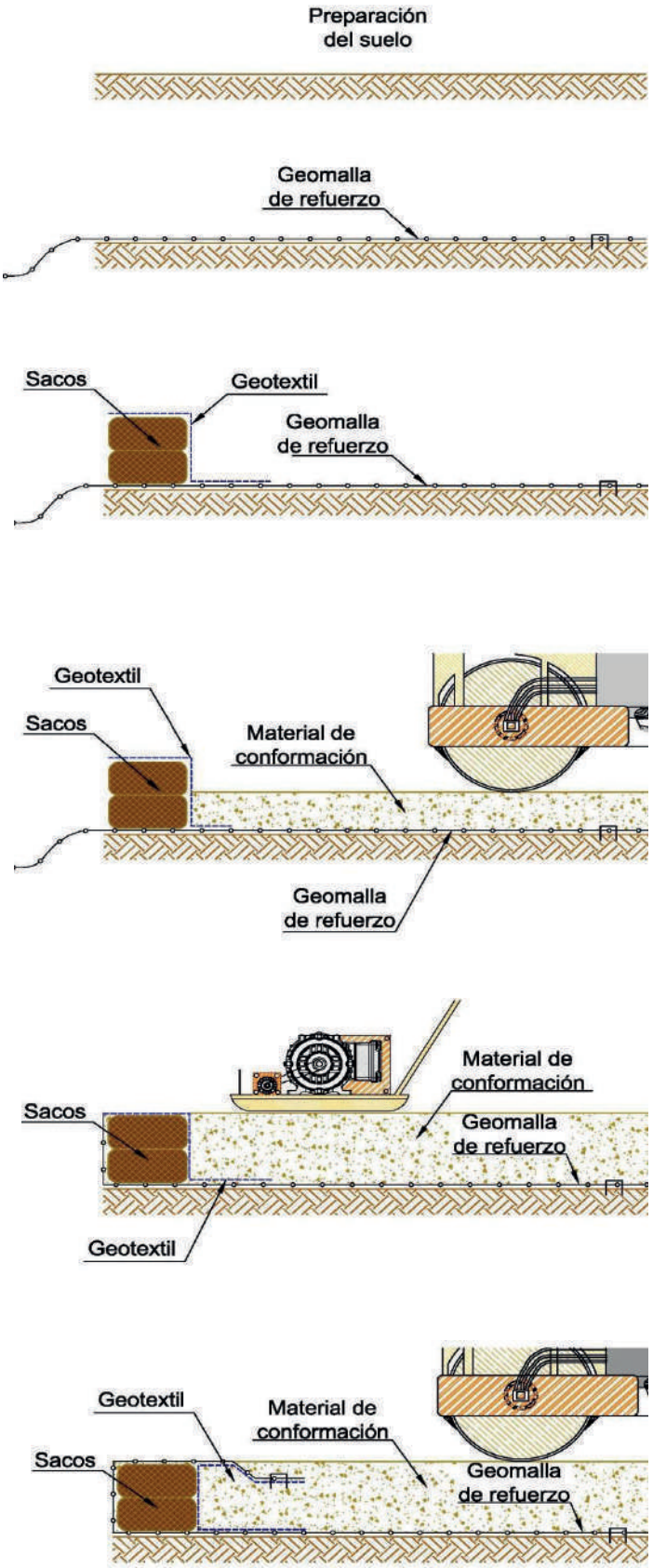


Figura 2. Procedimiento constructivo de muros, adaptado de [1]

5. SECUENCIA CONSTRUCTIVA DE TALUDES Y CARAS DE TERRAPLENES EN SUELO REFORZADO

La construcción de taludes y caras de terraplenes en suelo reforzado acoge un procedimiento similar a la construcción de muros mecánicamente estabilizados, diferenciándose en la inclinación de la cara.

Una alternativa para conformarla la cara del talud es perfilar cada capa hasta lograr la pendiente, tal como se indica en la Figura 3, donde se presenta el procedimiento general.

Otra manera para lograr la pendiente es desplazar cada capa en relación con la anterior en la medida que se asciende, caso en el cual cada frente de capa podrá ser vertical, como se indica en la Figura 4.

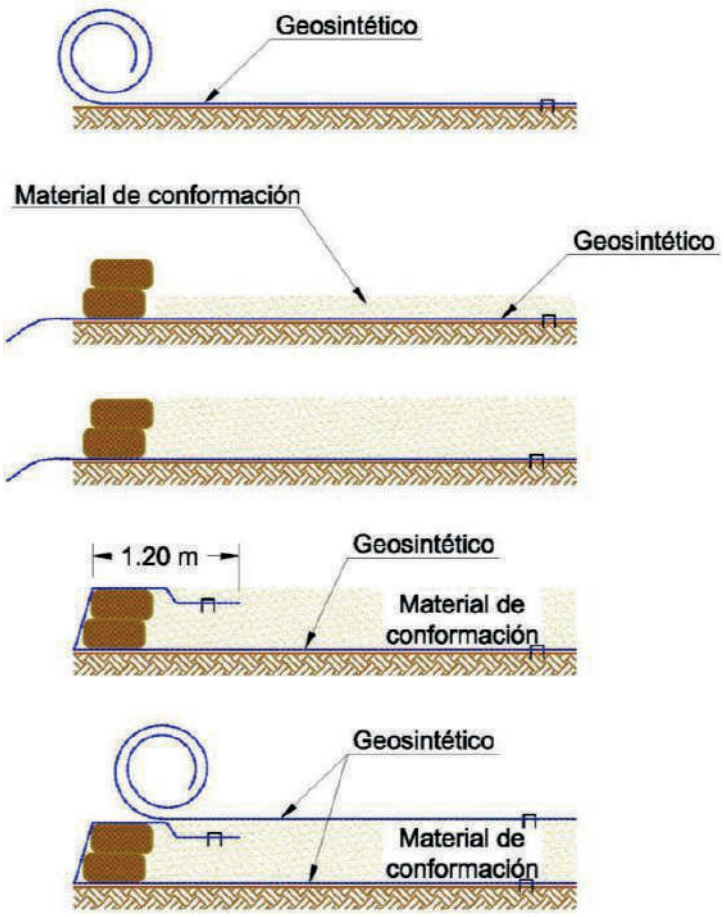


Figura 3. Procedimiento constructivo de terraplenes y taludes

1. Desenrollar el geosintético, cortar y extender de modo que tenga la longitud de anclaje especificada, cubrir el frente de la capa y dejar un tramo sobrante de 1.20 m para realizar el cierre de capa.
2. Colocar la capa o capas de material de conformación. Compactar y verificar la densidad.
3. Perfilar la cara de la capa compactada de acuerdo con la pendiente requerida.
4. Colocar la cola de geosintético sobre el material compactado conformando el cierre de capa. Instalar grapas metálicas o ganchos en forma de “U” clavados en el suelo.
5. Repetir los pasos 1 a 4 para cada una de las capas siguientes hasta completar la altura.

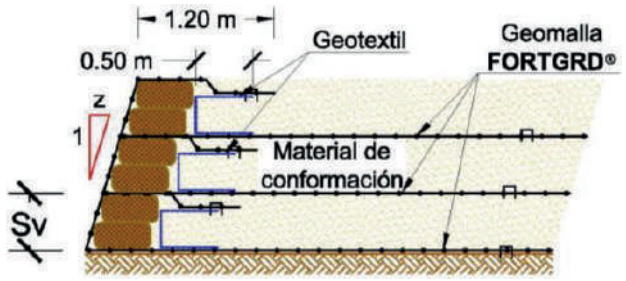


Figura 4. Conformación de la pendiente del talud

Nota: Para los terraplenes y taludes reforzados con geomallas FORTGRID® se recomienda el uso de un geotextil tejido FORTEX® para evitar la migración de suelo por entre las aberturas de la geomalla como se muestra en la Figura 5.

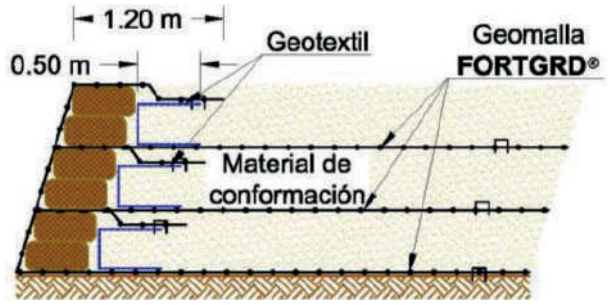


Figura 5. Cierre de capas de taludes con geomallas FORTGRID® y geotextil FORTEX®.

6. RECOMENDACIONES

El principio de funcionamiento de estos sistemas se basa en que la tira de geosintético actúa como un anclaje que soporta la cara del talud, principio que tiene fundamento en la interacción de éste con el material granular. Por esta razón, es fundamental garantizar las características del material granular, el tensionamiento del geosintético y la compacidad de cada una de las capas que conforman el muro.

El muro o talud debe contar con un sistema de captación y manejo tanto de aguas superficiales como subterráneas, a fin de garantizar la condición mecánica del relleno compactado.

7. SOPORTE TÉCNICO

El equipo técnico de Geosintéticos GEOMATRIX está en capacidad de asesorar y trabajar en conjunto con ingenieros consultores, constructores, y promotores de proyectos para lograr soluciones óptimas desde el punto de vista de confiabilidad, durabilidad, desempeño y estricto criterio de costo-beneficio.

Para mayor información sobre nuestros materiales geosintéticos, y esta u otras soluciones de ingeniería, por favor visita el sitio web www.geomatrix.co o comunícate a través de correo electrónico a servicioalcliente@geomatrix.com.co.

8. REFERENCIAS

[1] FHWA-NHI-00 -043, Mechanically stabilized earth walls and reinforced soil slopes desing & construction guidlines, 2001.

[2] Hotlz R., Christopher B., Berg R. 1995, Geosynthetic Engineering, BiTech Publishers.

[3] Koerner, R.M., Designing With Geosynthetics. Prentice Hall, 2005.

[4] Koerner, R.M., Designing With Geosynthetics. Prentice Hall, 1990.

GEOMATRIX
Los Expertos en Geosintéticos

GUÍA DE USO E INSTALACIÓN

GUÍA DE USO E INSTALACIÓN FORMALETA TEXTIL COLCHACRETO ARTICULADO

1. INTRODUCCIÓN

La construcción de revestimientos para control de erosión frente a cuerpos de agua en su mayoría utiliza el concreto como material principal de construcción, sin embargo su instalación resulta difícil y costosa en taludes de gran altura y cuando se requiere hacer protecciones bajo agua. Los revestimientos en concreto se caracterizan por ofrecer superficies lisas que aumentan la velicidad de flujo y por su rigidez, son dados a perder su condición funcional cuando se socava la superficie de apoyo.

La formaleta textil Colchacreto Articulado permite aprovechar las bondades del concreto para revestir superficies expuestas a la erosión, permitiendo una cobertura continua y articulada que mantiene la condición funcional ante los efectos de la socavación y ofrece una macrotextura similar a cantos de río que controla el poder erosivo de la corriente.

2. DESCRIPCIÓN

Colchacreto Articulado es una formaleta textil compuesta por dos (2) capas ínter-tejidas en sus bordes laterales y en áreas intermedias en forma de “cruces” alineadas, de tal manera que cuando se llena con concreto se generan bloques interconectados longitudinal y transversalmente por canales de llenado (ver Fotografía 1). La formaleta está dotada de tendones longitudinales y trasversales que conectan los bloques y permiten la articulación del revestimiento en los dos sentidos para acomodarse a los cambios de nivel de la superficie de apoyo, bien sea por asentamientos o por socavación y erosión manteniendo la integridad del revestimiento.

Los bordes laterales intertejidos, también llamados orillos, permiten lograr mayor resistencia en las juntas cosidas en la prefabricación de paneles al momento de la instalación.



Fotografía 1. Protección de orillas con Colchacreto Articulado.

La rugosidad superficial de los revestimientos con Colchacreto Articulado ofrece un adecuado coeficiente de fricción hidráulico que disipa la energía del flujo de agua y la magnitud de la erosión producida por las olas (ver Fotografía 2). Sus "cruces" intertejidas (ver Fotografía 3) funcionan como puntos filtrantes que permiten la salida del agua y la retención de suelo, con lo que se logra evitar la formación de prismas de presión hidrostá tica, incrementando la estabilidad del sistema de revestimiento.



Fotografía 2. Protección de orillas con Colchacreto Articulado.

2.1 Características Especiales

Con la combinación de una alta resistencia en sus fibras y la tecnología de tejido, las formaletas textiles Colchacreto Articulado presentan las siguientes características de desempeño:

La distribución de las "cruces" intertejidas (ver Fotografía 3) logra una configuración de bloques articulados, unidos por tendones de refuerzo transversales y longitudinales que al quedar embebidos en la mezcla de relleno fraguado, garantiza la flexibilidad del revestimiento ante cambios por asentamientos o socavación.

•Fibras de alta resistencia que permiten un adecuado desempeño ante las presiones de vertimiento y bombeo del concreto.

•Adecuada elongacíon de las fibras que le permiten resistir al rasgado y al punzonamiento, además de ayudar a conservar la forma durante el fraguado.

•Alta permeabilidad, gracias al tamaño de abertura de poros que permite filtrar el exceso de agua de la mezcla de concreto de agregado fino.

•Los tendones de refuerzo están dispuestos de tal manera que quedan embebidos y alineados al plano medio del revestimiento aumentando su integridad.

•Bajo peso y manejabilidad para su transporte e instalación en sitios de difícil acceso.

Las formaletas textiles están diseñadas para adherirse al concreto de llenado. No obstante, es posible que la capa textil expuesta experimente gradualmente degradación por abrasión o acción de rayos UV, pudiendo eventualmente perderse. La capa inferior por su parte permanecerá indefinidamente a largo plazo reforzando la base de la protección en concreto.



Fotografía 3. Punto filtrante en forma de cruz intertejida

2.2 Campos de Aplicación

Los campos de aplicación de Colchacreto Articulado son:

•Revestimiento y Protección de orillas de ríos, lagunas y líneas costeras.

•Revestimiento de canales, taludes, cunetas, vaguadas, zanjas, desagües, drenaje y pondajes.

•Revestimiento de diques, presas, terraplenes, encoles y descoles de alcantarillas y aproximación a puentes

•Revestimiento de tubos geotextil.

2.3 Ventajas

Las soluciones con formaletas textiles Colchacreto Articulado ofrecen importantes ventajas sobre los sistemas tradicionales para control de erosión o protección de suelos tales como:

•En comparación con los revestimientos de piedra tipo Rip-Rap, ofrecen un revestimiento continuo, articulado y homogéneo, de gran peso y menor espesor.

•Se puede adaptar a diferentes superficies del terreno garantizando un total contacto con la superficie.

•Permite la colocación controlada de concreto bajo agua.

•El rendimiento de la instalación es mayor que la mayoría de sistemas de revestimiento o protección y el costo de mano de obra es menor.

•Se puede instalar sin equipo ni controles especiales, ya que el concreto se puede vaciar por gravedad o por bombeo.

•Reduce el uso de tablas, listones, regla y paneles de madera no recuperables (formaletas convencionales), ayudando a la protección del medio ambiente.

•Requiere menor transporte de materiales al sitio de la obra.

2.4 Características de llenado y colocación

Al momento del extendido y llenado Colchacreto Articulado presenta las siguientes características típicas:

Tabla 1. Características de llenado y colocación.

Característica	Valor típico *
Factor de contracción MD (a lo largo) TD (a lo ancho)	 ~1. 15 ~1. 05
Área de cubrimiento / Volumen de concreto	~ 14 m2/ 1 m3
Espesor del bloque de concreto	~ 200 mm

*El valor real es función de la presión y condiciones de llenado y deberá ser determinado mediante aforos en obra.

3. MATERIAL DE LLENADO

3.1 Concreto Hidráulico de Agregado Fino

Las formaletas Textiles Colchacreto Articulado se deben llenar con concreto hidáulico de agregado fino de alta resistencia, el cual se prepara mezclando cemento Portland, arena y agua. Esta mezcla debe tener una consistencia adecuada para bombearla con facilidad dentro de la formaleta textil.

La mezcla se puede preparar en planta o en sitio dependiendo de las condiciones del proyecto.
La resistencia del concreto fluido a emplear deberá determinase de manera particular para cada proyecto en función de los requerimientos estructurales y de durabilidad de la protección.
El proveedor del concreto deberá presentar un diseño de mezcla que considere los materiales a utilizar y garantice las características de resistencia y bombeabilidad requeridas.

La consistencia adecuada para el concreto fluido a vaciarse dentro de una formaleta textil, es la que presenta un volumen de concreto que fluye por el orificio de 19 mm del cono de flujo estandarizado en el ensayo ASTM D6449 en un rango de tiempo entre 9 y 11 segundos. La Fotografía 4 muestra el cono de flujo estandarizado



Fotografía 4. Cono estandarizado de flujo, según ASTM D6449

Dependiendo de las características del proyecto y materiales a utilizar, pueden emplearse aditivos para mejorar la fluidez del concreto.
Como regla general, la mezcla de concreto de agregado fino para llenar formaletas textiles debe ser más fluida que la mezcla de un concreto convencional, que normalmente tiene un asentamiento Slump de 10 a 15 cm.

3.2 Resistencia y Durabilidad

Un concreto fluido tiene una relación típica de agua/cemento que oscila entre 0.65 y 0.75. Al vaciar este concreto dentro de la Formaleta Textil se consigue una reducción del agua de la mezcla al migrar el exceso a través de la formaleta generando una reducción en la relación agua cemento, proceso por el cual se incrementan las características de resistencia y durabilidad del concreto colocado.

Típicamente el concreto colocado dentro del Colchacreto Articulado absorbe menos del 5% de agua, lo cual sumado al efecto de refuerzo superficial que otorga el textil genera una alta resistencia a la abrasión y al fisuramiento por cambios de temperatura. Este efecto de refuerzo superficial es causado por las partículas de cemento que se acumulan cerca al plano del textil durante la salida del exceso de agua de mezcla.

Como resultado del efecto de refuerzo superficial y confinamiento dado por la formaleta textil al concreto, sumado a la presencia de tendones sintéticos interiores, se tiene un revestimiento que colocado sobre superficies estables no requiere de acero de refuerzo.

3.3 Aspectos Ambientales

Durante el proceso de llenado dentro de la formaleta textil, un promedio de 0,20% del contenido de cemento migra a través del textil. Si se tiene en cuenta que muchos proyectos donde se puede usar esta solución son a borde de agua o sumergidos y que las aguas pueden ser quietas o con flujo, se debe veriticar que el cemento que migra no cause efectos ambientales negativos.

Para asegurar que no existan cambios excesivos de pH en el agua, se recomienda lo siguiente:

•En aguas quietas el volumen de agua debe ser 50 veces mayor que el volumen de concreto vertido.

•Para aguas en flujo, la tasa de flujo de agua en m3/min. debe ser mayor a la tasa de verti miento o bombeo del concreto de agregado fino en m3/hr.

4. RECOMENDACIONES PARA EL MANEJO, TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

Los rollos de Colchacreto Articulado son livianos y de fácil manejo. Se presentan dentro de un empaque plástico que los identifica y protege durante el transporte y almacenamiento. Una vez en el sitio de la obra se recomienda:

- Almacenar bajo cubierta.
- Colocar sobre una superficie plana, lisa y seca.
- No retirar el empaque hasta el preciso momento de la instalación.

Cuando se requiera almacenar rollos en exteriores, estos deben levantarse de la superficie al menos 50 cm para evitar la humedad y cubrirse con carpas ó lonas para evitar la acción de la intemperie.
Cada uno de los rollos cuenta con una etiqueta con un número y un código de barras que los identifica y los relaciona con los registros de producción y de control de calidad. Para efectos de trazabilidad se recomienda conservar las etiquetas de los rollos.

5. PROCEDIMIENTO DE INSTALACIÓN Y LLENADO

5.1 Preparación del Terreno

Se debe limpiar la superficie retirando troncos, piedras y cualquier elemento suelto que dificulte el contacto del revestimiento con el suelo (ver Fotografía 5). El talud, ladera o canal que se va a revestir debe ser estable geotécnicamente bajo las cargas que le aportarán las estructuras de protección.

Se recomienda tener referencias topográficas para los alineamientos y niveles así como el punto de partida y los respectivos anclajes, de manera que se garantice una adecuada alineación geométrica y estética del revestimiento.

Todas las excavaciones como trincheras o cualquier otro tipo de estructura como tuberías deben realizarse antes de instalar la formaleta textil a fin de evitar cortes o excavaciones en las superficies ya revestidas.



Fotografía 5. Preparación del terreno

Después de preparar la superficie del terreno, se deberá colocar un geotextil para filtro con el objeto de controlar la ocurrencia de fenómenos erosivos del suelo por detrás del revestimiento. Se recomienda colocar un geotextil para filtro Fortex o Fibertex evitando la formación de arrugas y fijando sus bordes y traslapos con la ayuda de ganchos de acero. El traslapo mínimo recomendado entre franjas de geotextil es de 1.0 m.

5.2 Excavación de Trincheras de Anclaje

Para posicionar y asegurar la formaleta Colchacreto Articulado se deben excavar trincheras de anclaje en la corona y transversales al comienzo y final del tramo a proteger. En la Fotografía 6 se observa la excavación superior para el anclaje de la protección. La secuencia de construcción es como se indica a continuación:

- Excavar una trinchera transversal de anclaje inicial de mínimo 0.30 m x 0.40 m desde la pata hasta la corona para alojar el primer panel de la protección.
- Excavar una trinchera de anclaje a lo largo de la corona del talud de mínimo 0.20 m x 0.50 m a lo largo de todo el talud y separada mínimo 1.0 m del borde del mismo o una trinchera con contrapeso de acuerdo con el diseño.
- Excavar una trinchera tranversal para anclaje final de mínimo 0.30 m x 0.40 m desde la pata hasta la corona para alojar el último panel de la protección. En la Figura 1 se infican los formas y dimensiones de las trincheras mencionadas.

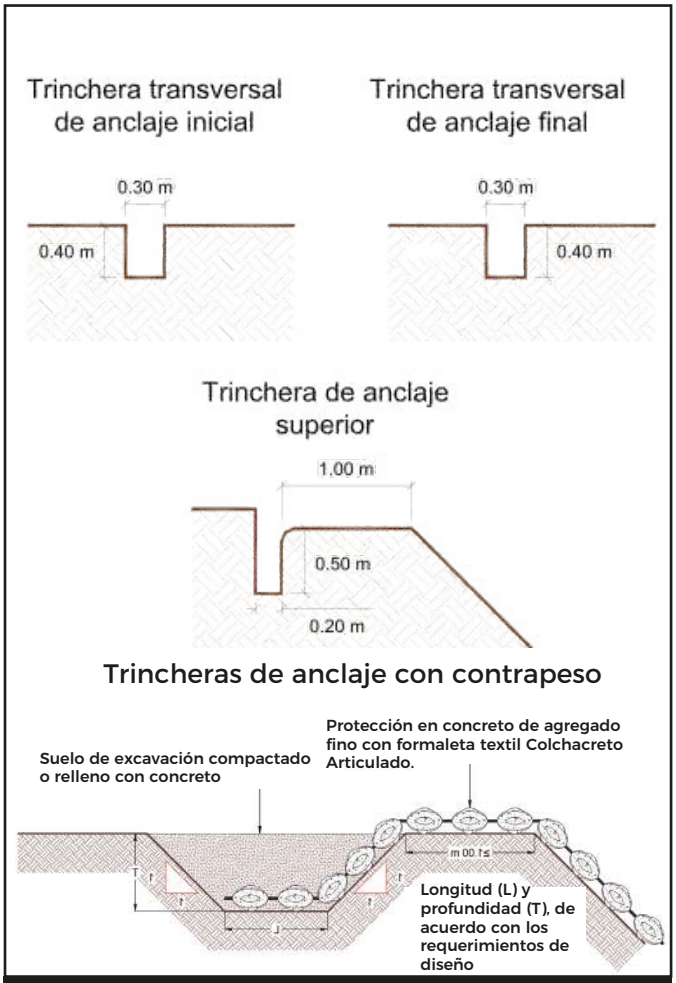


Figura 1. Trincheras de anclaje.



Fotografía 6. Trinchera superior de anclaje.

Para instalación en canales, se deberán excavar trincheras longitudinales en ambos taludes.

5.3 Desarrollo y dimensiones de las protecciones

En lo posible, se deberá dejar un borde libre por encima del nivel de aguas máximo definido para el proyecto, que se recomienda no menor de 0.60 m y un tramo de protección horizontal en la corona de mínimo 1.00 m para controlar la acción del oleaje o la operación de pequeñas embarcaciones, tal como se muestra en la Figura 2.

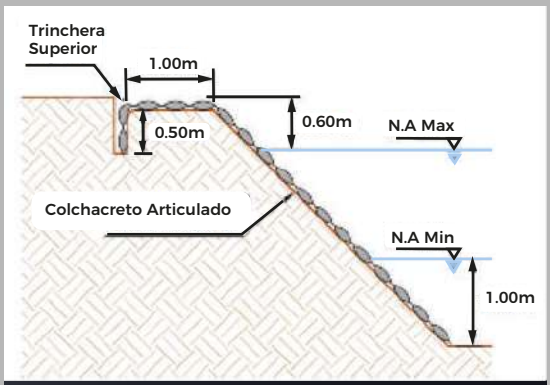


Figura 2. Desarrollo de la protección.

La profundidad hasta la cual se debe colocar el revestimiento se debe determinar para cada proyecto por el nivel de aguas mínimas previsto o hasta donde sea necesario controlar fenómenos de socavación. En general se recomienda dejar el revestimiento mínimo 1.0 m por debajo de este nivel de aguas mínimas (Figura 2).

A consideración del diseñador se podrán colocar elementos de lastre en la pata o hacer una trinchera de anclaje similar a la que se propone en la corona para garantizar la estabilidad de la protección.

5.4 Ensamble de paneles

Una vez determinada el área a proteger, se procedera a cortar los paneles o franjas de Colchacreto Articulado y a su ensamble entre sí, teniendo en cuenta los factores de contracción longitudinal y tansversal que ocurren durante el llenado los cuales se indican en la Tabla 1.
La unión de todos los paneles se realizará con costura industrial.
Las uniones entre paneles deben efectuarse con equipo de costura portátil mediante dos pasadas con 1 o 2 hilos de poliéster de alta tenacidad de 3000 Denier como mínimo.

Los paneles de Colchacreto Articulado deberán quedar extendidos de manera que los tendones de refuerzo transversales queden bajo el textil de los puntos de filtro, siguiendo la tendecia natural de desenrollado.

Para unir los paneles, se debe colocar el panel de aguas abajo sobre el de aguas arriba, realizar la costura y extender en la dirección de avance de la instalación, dejando las solapas de la unión cosida hacia abajo (ver Fotografía 7).



Fotografía 7. Unión entre paneles mediante costura industrial

Cuando las uniones no sean convencionales, como en curvas, cambios de dirección, reducciones o variaciones geométricas, se debe ajustar la geometría de los paneles. Al llenar la franja de aguas abajo el concreto debe quedar a tope. Los paneles de la formaleta textil adyacentes a un panel que se esté llenando deben quedar libres para permitir su contracción hasta llegar al espesor de concreto previsto.
Las juntas y cierres transversales deberán hacerse previo anudado de los tendones longitudinales tal como se indica a continuación

5.5 Amarre de los Tendones de Refuerzo Longitudinal

Antes de cerrar transversalmente la formaleta, se debe hacer un nudo doble en la punta inferior de cada tendón (ver Fotografía 8). A continuación deberán tensionarse hacia arriba y asegurarse con otro nudo en las puntas superiores. Los tendones así tensionados deberán alinearse al plano medio del relleno al momento de inyectar el concreto para actuar como elementos de refuerzo. Alternativamente podrán quedar unidos en los cierres tranversales inferior y superior mediante costura industrial (Ver Fotografía 9).



Fotografía 8. Amarre de los tendones de refuerzo.



Fotografía 9. Cierre inferior del panel.

Una vez cerrada la formaleta se procede al extendido sobre el talud y trinchera excavada, asegurándolo con grapas, pines metálicos o bolsas de arena para evitar que se deslicen por el talud.

5.6 Extendido y colocación de los paneles

El extendido se realizará por paneles alineados en dirección transversal al flujo del agua, tal como se muestra en la Fotografía 10. Para los proyectos bajo agua se recomienda instalar los paneles desde aguas arriba hacia aguas abajo, buscando que la corriente ayude a extenderlos, al alcanzar la posición correcta se deben fijar mediante lastres con bolsas de arena.

El primer panel deberá colocarse en el punto de inicio de la protección según los planos del proyecto. Es recomendable tener referencias topográficas para garantizar el adecuado alineamiento y posición de cada panel.



Fotografía 10. Extendido de los paneles

El segundo panel se deberá colocar adyacente al primero teniendo en cuenta que estos queden alineados y paralelos entre sí. De la misma manera se realizará con los demás paneles.

En caso de requerirse juntas traslapadas o capas sobrepuestas de Colchacreto, estas se deberán realizar como se indica en las Figuras 3 y 4.

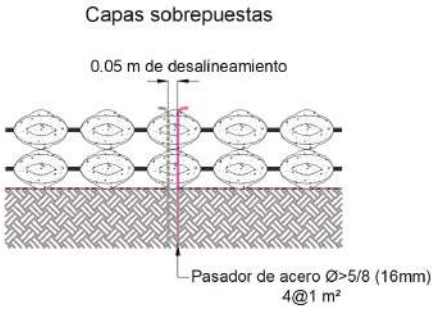


Figura 3. Capas sobre capas.

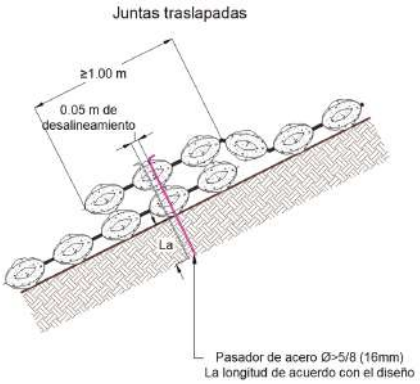


Figura 4. Juntas traslapadas.

Los paneles de Colchacreto Articulado no deberán quedar expuestos sin llenar por un periodo mayor a 2 días. Si se presenta interrupciones en la ejecución de obra y existen paneles extendidos sin llenar, estos deberán recogerse y almacenarse tal como se recomienda en esta guía hasta que se reinicie el proyecto.

5.7 Llenado

Los paneles de Colchacreto Articulado deberán hidratarse antes de iniciar para facilitar la entrada del concreto.

Para el llenado realice un pequeño corte horizontal en la parte superior del panel, de manera que se pueda introducir la manguera o tubo de descarga del concreto. La abertura debe ser lo más pequeña posible para facilitar su cierre con costura cuando se llene termine el llenado.
El llenado se debe comezar desde el segundo panel ya que el primero tiene una zona dentro de las trinchera de anclaje inicial. Después de llenar este panel se puede continuar con el panel adyacente de aguas abajo. El primer panel se podrá llenar después de haber llenado por lo menos dos paneles aguas abajo. El concreto debe ser inyectado de tal manera que fluya dentro de la formaleta desde la corona del talud hasta el extremo inferior, hasta completar el llenado (Ver Fotografía 11).



Fotografía 11. Llenado de Colchacreto Articulado.

El cierre se realiza insertando un retazo de formaleta textil o geotextil dos (2) veces más grande en diámetro al tamaño de la abertura, que se coloca como un parche interior entre el concreto y la superficie de la formaleta textil.

Durante el vertimiento o bombeo del concreto, se deben tener en cuenta algunos aspectos funda-mentales a saber:

•Para dar inicio al llenado, la punta de la tubería debe estar a menos de 1,0 m por encima del extremo inferior del panel a llenar.

•Durante el proceso de llenado, las tuberías deben retirarse gradualmente para evitar concentración de presión.

•La punta del tubo de llenado debe mantenerse permanentemente sumergida en el concreto fresco para evitar la segregación de los agregados del concreto.

•El proceso de llenado debe observarse permanentemente.

•El llenado se debe realizar considerando la pendiente, la consistencia y capacidad de bombeo:

•Para instalación en seco: alrededor de 3,0 a 5,0 m de presión hidrostática

•Para instalación sumergida: alrededor de 4,5 a 7,5 m de presión hidrostática

•Para pendientes mayores a 1H:1V, el llenado se puede realizar en forma ascendente como se ilustra en la Figura 5 considerando el tiempo de fraguado del concreto (generalmente 30-60 minutos). Mientras tanto se pueden llenar los elementos adyacentes.

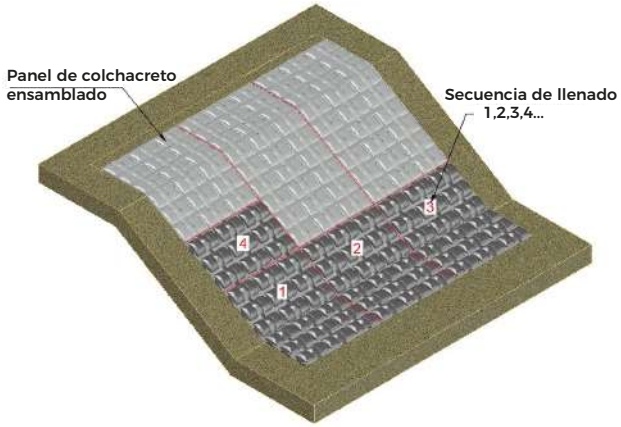


Figura 5. Secuencia de llenado

•Durante el llenado, debe regularse la tensión en la formaleta aflojando los elementos de anclaje, particularmente en el área de la corona del terraplén.

•Antes de iniciar el llenado de una sección, asegúrese de que el siguiente panel ya esté ensamblado mediante costura a esta.

•Las dimensiones de la formaleta textil Colchacreto Articulado antes del llenado deben ser suficientes para que luego de la contracción natural que ocurre al ganar espesor, las áreas a proteger sean las indicadas en los planos y diseños del proyecto.

•Por lo anterior se debe hacer un aforo de la formaleta en obra antes de dar inicio a la etapa de cons trucción, para confirmar el consumo de concreto y las características dimencionales finales que se logren.

•Al momento del llenado se debe permitir la libre contracción de la formaleta para lograr el espesor planeado.

•El proceso de curado deberá comenzar una o dos horas después del vertido del concreto y se hará aplicando agua sobre los paneles llenos.

•La superficie del Colchacreto debe enjuagarse y limpiarse con agua; esto es fundamental sobre todo en los puntos de filtro.

•Después de la instalación no se debe aplicar carga ni pisar hasta que el concreto haya alcanzado una dureza suficiente.

6. SOPORTE TÉCNICO

El equipo técnico de Geosintéticos GEOMATRIX está en capacidad de asesorar y trabajar en conjunto con ingenieros consultores, constructores, y promotores de proyectos para lograr soluciones óptimas desde el punto de vista de confiabilidad, durabilidad, desempeño y estricto criterio de costo-beneficio.
Para mayor información sobre nuestros mate-riales geosintéticos, y esta u otras soluciones de ingeniería, por favor visita el sitio web www.geomatrix.co o comunícate a través de correo electrónico a servicioalcliente@geomatrix.com.co.

7. REFERENCIAS

[1] FHWA-NHI-01-003, Bridge Scour And Stream Instability Countermeasures Expe - rience, Selection, and Design Guidance Second Edition, Hydraulic Engineering Circular No. 23, 2001.

[2] Koerner, R.M., Designing With Geosynthetics. Prentice Hall, 2005.

[3] PILARCZYK, C. “Geosynthetics And Geosystems In Hidraulic And Coastal Engineering”. A.A. Balkema, P.O. Box 1675, 300 BR Rotterdam, Netherlands, ISBN 90 5809 302 6.