CONSORCIO OBRAS PARA EL DESARROLLO 2024
NIT: 901.799.805-1

INDICE DE MODIFICACIONES

INDICE REVISION	FECHA DE REVISION	OBSERVACIONES
Versión 0		
Versión 1		
Versión 2		

REVISIÓN Y APROBACIÓN.

NÚMERO DE REVISIÓN		0	1	2	3
Vo.Bo R. Legal suplente de la consultoría	Nombre	Dario Prieto			
	Firma				
	Fecha	1/08/25			
Vo. Bo. R. Legal de Interventoria	Nombre				
	Firma				
	Fecha	31/7/25			

INFORME DE DISEÑO HIDROLÓGICO

CONSORCIO OBRAS PARA EL DESARROLLO 2024
NIT: 901.799.805-1

GOBERNACIÓN
DEL TOLIMA

SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA Y HÁBITAT GOBERNACIÓN DEL TOLIMA

CONTRATO DE CONSULTORÍA N° 0767 DEL 29 DE FEBRERO DE 2024

"CONSULTORÍA TÉCNICA, ADMINISTRATIVA, FINANCIERA Y AMBIENTAL PARA LA REALIZACIÓN DE LOS "ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO Y ATENCIÓN A PUNTOS CRÍTICOS DE LA VÍA DELGADITAS - HERVEO EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA"

DISEÑO HIDROLÓGICO

CONSORCIO OBRAS PARA EL DESARROLLO 2024

IBAGUÉ, TOLIMA
2024

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN **4**
1. OBJETIVOS **5**
1.1 OBJETIVO GENERAL 5
1.2 Objetivos Específicos 5
2. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA **6**
3. ESTUDIO HIDROLÓGICO **7**
Identificación de estaciones hidro climatológicas 7
3.1 INFORMACIÓN CLIMATOLÓGICA DISPONIBLE 9
3.2 DATOS DE PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL (mm) 10
3.3 CLIMATOLOGÍA DE LA REGIÓN 13
3.3.1 CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA 13
3.3.2 Precipitación Total Anual (mm) 13
4. HIDROLOGÍA **14**
4.1 CURVAS IDF (INTENSIDAD DURACIÓN Y FRECUENCIA) 15
4.1.1 ANÁLISIS DE LOS DATOS DE PRECIPITACIÓN 16
4.2 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN 23
4.3 CALCULO DE CAUDALES 27
4.3.1 MÉTODO RACIONAL 28
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES **32**
6. BIBLIOGRAFÍA **33**

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Localización del proyecto 6
Ilustración 2. Localización estación meteorológica 9
Ilustración 3. Hietograma Valores diarios totales anuales de precipitación (mm) ... 12
Ilustración 4. Hietograma Valores diarios totales mensuales de precipitación (mm) 12
Ilustración 5. Clasificación Climática Departamento del Tolima. Fuente IDEAM 13
Ilustración 6. Precipitación Total Anual (mm) Departamento del Tolima 14
Ilustración 7. Regiones en Colombia para definición de parámetros a, b, c, y d. 16
Ilustración 8. Cobertura áreas aferentes alcantarillas y Box 29
Ilustración 9. Áreas aferentes de alcantarillas y Box 30

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores máximos mensuales de precipitación (mm) en 24 horas 11
Tabla 2. Parámetros según regiones del país/ Valores obtenidos del Manual de Drenaje para carreteras del INV.2009 15
Tabla 3. Valores de variables de datos dudosos 18
Tabla 4. Análisis de Datos dudosos estación 18
Tabla 5. Valores finales de precipitación para las curvas IDF. 20
Tabla 6. Valores de la Intensidad (i) en mm/horas calculadas para generar la curva IDF. 22
Tabla 7. Curvas IDF. 23
Tabla 8. Periodo de retorno 27
Tabla 9. Valores del coeficiente de escorrentía en áreas rurales 29
Tabla 10. Calculo de caudales para Box-Culvert y Alcantarillas 30
Tabla 11. Cálculo de caudales para tramos de cunetas 31

INTRODUCCIÓN

El presente informe tiene por objeto exponer los criterios que se utilizaron para el análisis hidrológico. que, junto a otros estudios, hacen parte del proyecto denominado "CONSULTORÍA TÉCNICA, ADMINISTRATIVA, FINANCIERA Y AMBIENTAL PARA LA REALIZACIÓN DE LOS "ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO Y ATENCIÓN A PUNTOS CRÍTICOS DE LA VÍA DELGADITAS - HERVEO EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA", cabe resaltar que esta labor se realizó en conjunto con la información topográfica y estudio geométrico, el cual sirvió como base el análisis de cuencas y microcuencas y pendientes de los drenajes, factores claves para el buen funcionamiento de las obras hidráulicas y en general la seguridad de la vía. Para este caso, se definieron cada una de las variables y metodologías de cálculo, de acuerdo con la normativa del manual de drenaje de carreteras del instituto nacional de vías.

El objetivo principal de este estudio fuel el análisis hidrológico, desarrollando temas específicos tales como Definir la climatología del proyecto, Recolectar y analizar la información disponible por el IDEAM, Construir la curva IDF para la zona de estudio y la definición de variables de escorrentía para cada una de las áreas de drenaje en análisis.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

- Realizar los análisis hidrológicos necesarios para el tramo de vía que conecta en cruce de delgaditas con el municipio de Herveo en el departamento del Tolima.

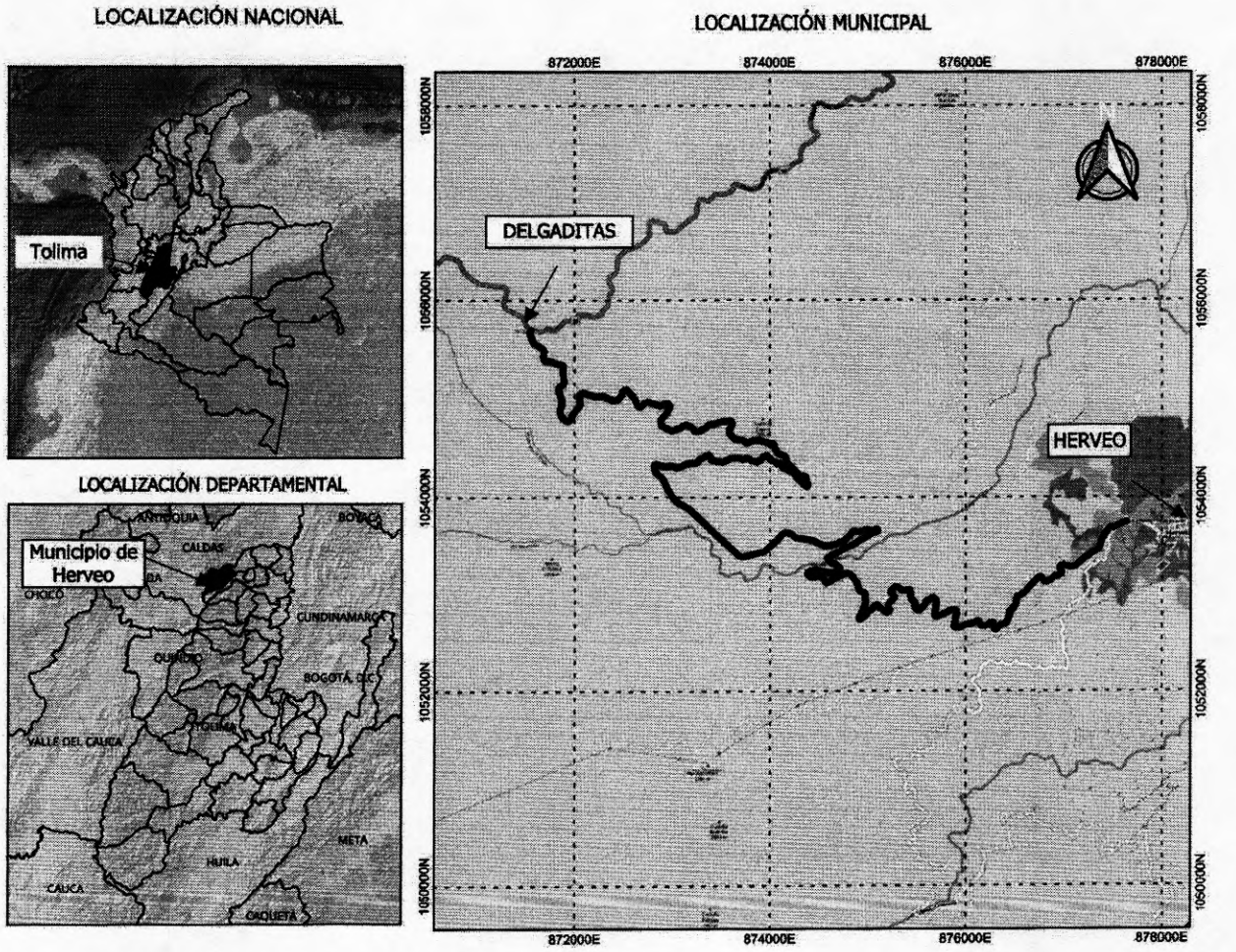
1.2 Objetivos Específicos

- Definir la climatología del proyecto.
- Recolectar y analizar la información disponible por el IDEAM.
- Construir la curva IDF para la zona de estudio.
- Definir variables de escorrentía de las áreas de análisis
- Calculo de caudales

2. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

El proyecto vial en estudio conecta el cruce denominado "Delgaditas" con el municipio de Herveo, en el departamento de Tolima, una zona ubicada en la cordillera Central de los Andes colombianos. Este tramo vial atraviesa una región de alta montaña, caracterizada por su topografía accidentada y sinuosa, con curvas pronunciadas y pendientes significativas.

Ilustración 1. Localización del proyecto



Fuente: Propia

3. ESTUDIO HIDROLÓGICO

Identificación de estaciones hidro climatológicas

Para el análisis hidro climatológico de la zona de estudio, se relaciona y se recolecta la información de las estaciones hidrometeorológicas de la zona, que es propiedad del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM.

Tabla 1: Estaciones IDEAM cercana a la zona de estudio

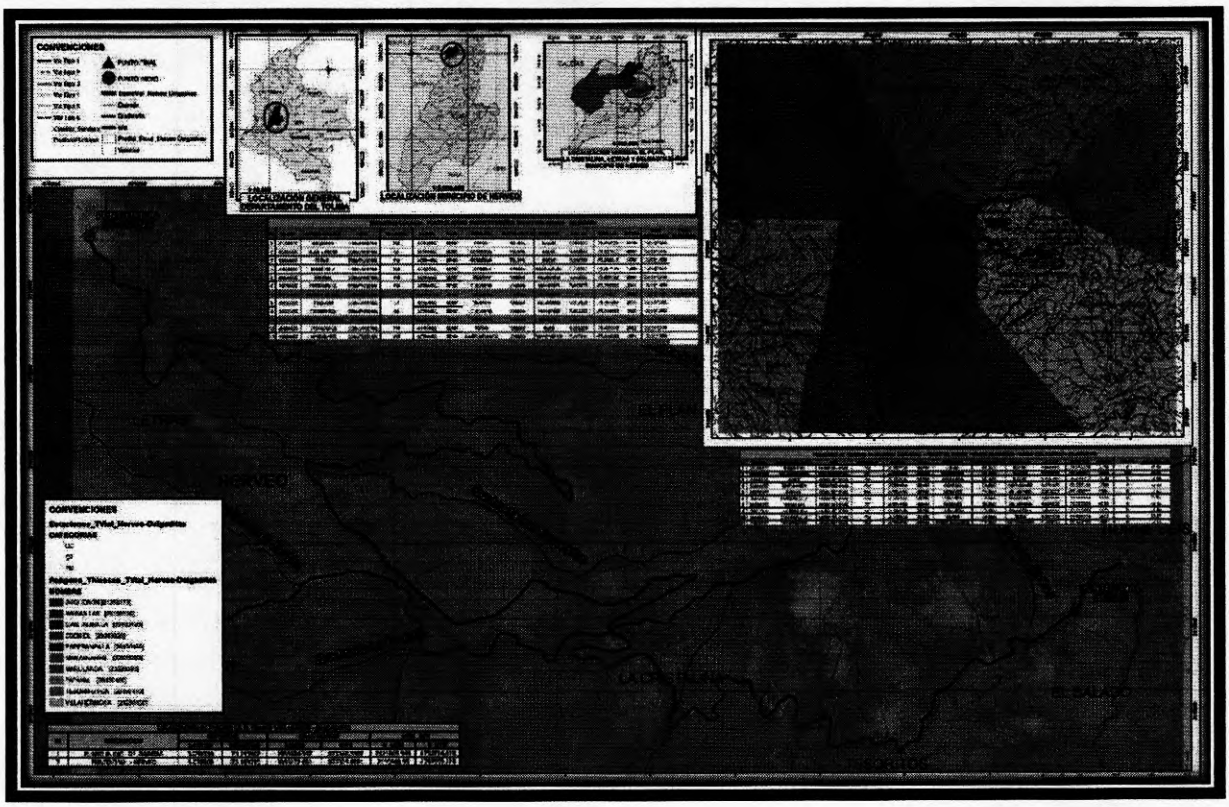
ESTACIONES CERCANAS - PUNTO DE AFORO PROYECTO DISEÑOS TRAMO VIAL HERVEO - DELGADITAS														
1	21250170	BOQUERON	CONVENCIONAL	PM	ACTIVADA	IDEAM	COELLO	TOLIMA	IBAGUÉ	4.903889	-75.252778	3740	15/12/1986	
2	21255120	VILLAHERMOSA	CONVENCIONAL	CO	ACTIVADA	IDEAM	COMBEIMA	TOLIMA	IBAGUÉ	5.016853	-75.117611	2069	15/09/1975	
3	23010020	EDEN EL	CONVENCIONAL	PM	ACTIVADA	IDEAM	COMBEIMA	TOLIMA	IBAGUÉ	5.158389	-75.048917	1670	15/05/1958	
4	23020090	MARULANDA	CONVENCIONAL	PM	ACTIVADA	IDEAM	GUARINO	CALDAS	MARULANDA	5.278167	-75.267139	1700	15/08/1974	
5	26150150	PAPAYAL	CONVENCIONAL	PM	ACTIVADA	IDEAM	MOLINOS	CALDAS	VILLAMARIA	4.951667	-75.489722	2304	15/09/1970	
6	26150160	ESPERANZA LA	CONVENCIONAL	PM	ACTIVADA	IDEAM	CHINCHINA	CALDAS	MANIZALES	5.017833	-75.356556	3341	15/10/1970	
7	26155150	BRISAS LAS	CONVENCIONAL	CP	ACTIVADA	IDEAM	MOLINOS	CALDAS	VILLAMARIA	4.934528	-75.350389	4133	15/10/1981	
8	26155150	BRISAS LAS	CONVENCIONAL	CP	ACTIVADA	IDEAM	MOLINOS	CALDAS	VILLAMARIA	4.934528	-75.350389	4133	15/10/1981	
9	26155170	TESORITO FCA	CONVENCIONAL	CO	ACTIVADA	IDEAM	CHINCHINA	CALDAS	MANIZALES	5.032222	-75.438333	2325	15/10/1992	
10	26155170	TESORITO FCA	CONVENCIONAL	CO	ACTIVADA	IDEAM	CHINCHINA	CALDAS	MANIZALES	5.032222	-75.438333	2325	15/10/1992	
11	26160120	CRISTALINA LA	CONVENCIONAL	PM	ACTIVADA	IDEAM	TAPIAS	CALDAS	NEIRA	5.192194	-75.435778	2411	15/09/1970	
12	23020080	MANZANARES	CONVENCIONAL	PM	ACTIVADA	IDEAM	SANTO DOMINGO	CALDAS	MANZANARES	5.265611	-75.144083	1974	15/01/1970	

A continuación, mostraremos las estaciones más cercanas del proyecto mediante el mapa de polígono de THIESSEN.

Tabla 2: Estaciones IDEAM Polígono de Thiessen a la zona de estudio

POLIGONO DE THIESSEN ESTACIONES CERCANAS - PUNTO DE AFORO PROYECTO DISEÑOS TRAMO VIAL HERVEO - DELGADITAS														
1	21250170	BOQUERON	CONVENCIONAL	PM	ACTIVADA	IDEAM	COELLO	TOLIMA	IBAGUÉ	4.903889	-75.252778	3740	0	20.52
2	21255120	VILLAHERMOSA	CONVENCIONAL	CO	ACTIVADA	IDEAM	COMBEIMA	TOLIMA	IBAGUÉ	5.016853	-75.117611	2069	100	12.41
3	23010020	EDEN EL	CONVENCIONAL	PM	ACTIVADA	IDEAM	COMBEIMA	TOLIMA	IBAGUÉ	5.158389	-75.048917	1670	0	20.08
4	23020090	MARULANDA	CONVENCIONAL	PM	ACTIVADA	IDEAM	GUARINO	CALDAS	MARULANDA	5.278167	-75.267139	1700	0	22.83
5	26150150	PAPAYAL	CONVENCIONAL	PM	ACTIVADA	IDEAM	MOLINOS	CALDAS	VILLAMARIA	4.951667	-75.489722	2304	0	33.95
6	26150160	ESPERANZA LA	CONVENCIONAL	PM	ACTIVADA	IDEAM	CHINCHINA	CALDAS	MANIZALES	5.017833	-75.356556	3341	0	17.55
8	26155150	BRISAS LAS	CONVENCIONAL	CP	ACTIVADA	IDEAM	MOLINOS	CALDAS	VILLAMARIA	4.934528	-75.350389	4133	0	21.91
9	26155170	TESORITO FCA	CONVENCIONAL	CO	ACTIVADA	IDEAM	CHINCHINA	CALDAS	MANIZALES	5.032222	-75.438333	2325	0	25.46
11	26160120	CRISTALINA LA	CONVENCIONAL	PM	ACTIVADA	IDEAM	TAPIAS	CALDAS	NEIRA	5.192194	-75.435778	2411	0	27.97
12	23020080	MANZANARES	CONVENCIONAL	PM	ACTIVADA	IDEAM	SANTO DOMINGO	CALDAS	MANZANARES	5.265611	-75.144083	1974	0	22.17

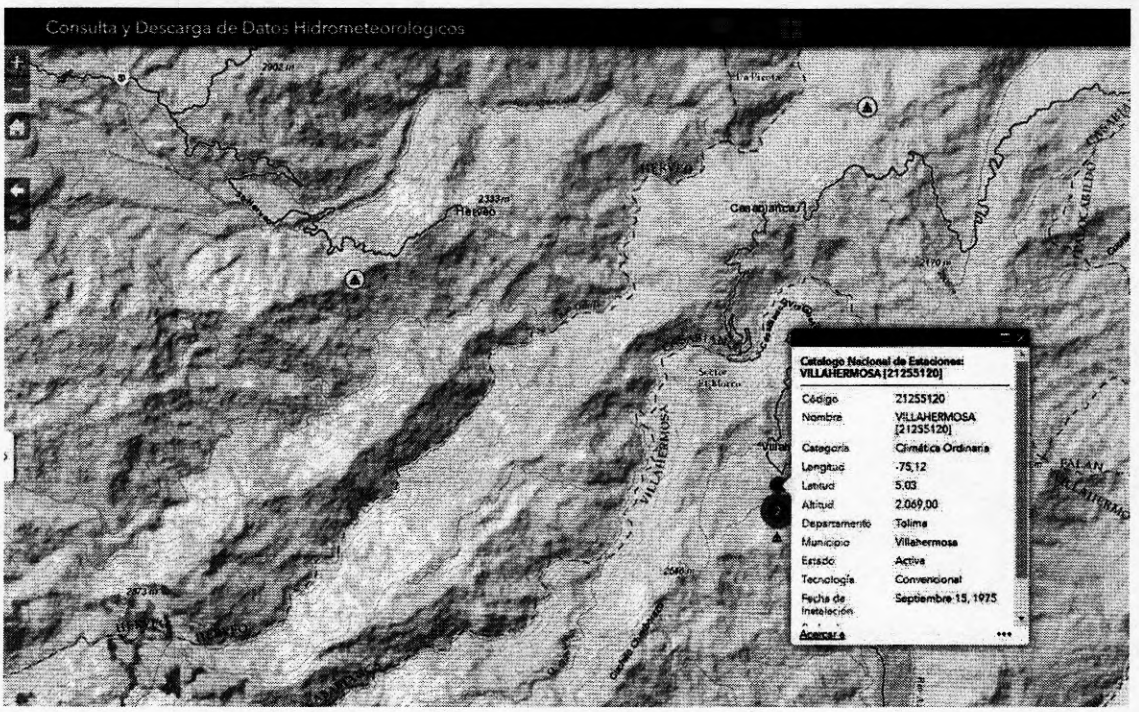
Figura 1: Polígonos de Thiessen Microcuenca, de la zona de estudio.



3.1 INFORMACIÓN CLIMATOLÓGICA DISPONIBLE

La información climatológica se obtuvo de la página oficial del IDEAM. Los datos meteorológicos se seleccionaron a partir de la estación más cercana a la zona de influencia del proyecto mediante el análisis del polígono de Thiessen presentado anteriormente. En este caso, la estación meteorológica seleccionada es Villahermosa [21255120].

Ilustración 2. Localización estación meteorológica



Fuente: Catalogo Nacional de Estaciones IDEAM

3.2 DATOS DE PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL (mm)

Se ha tomado una serie histórica para hacer el análisis del comportamiento de la precipitación máxima en 24 horas para proyectar las intensidades de las precipitaciones para diferentes periodos de retorno y definir las curvas IDF para el proyecto.
La información hidrológica requerida del IDEAM (precipitación en 24/h estación) se muestra organizada en la siguiente tabla.

IDEAM

Reporte de información Hidrometeorológica de DHIME generado (06/02/2025 14:09)

Nombre estacion:	VILLAHERMOSA [21255120	**Corriente:**		**Categoría de estación:**	Climática Ordinaria
Latitud:	5.0267619440	**Longitud:**	-75.1173361110	**Elevación:**	2089
Entidad:	INSTITUTO DE HIDROLOGIA	**Area Operativa:**	Area Operativa 10 - Tolima	**Departamento:**	Tolima
Municipio:	Villahermosa	**Fecha Instalacion:**	15/09/1975 00:00	**Fecha suspensión:**	
Variable:	PRECIPITACION	**Frecuencia:**	Diaria	**Fecha consulta:**	01/01/1998 00:00-06/02/2025
Parametro:	Día pluviométrico (convenc	**Unidad medida:**	mm		

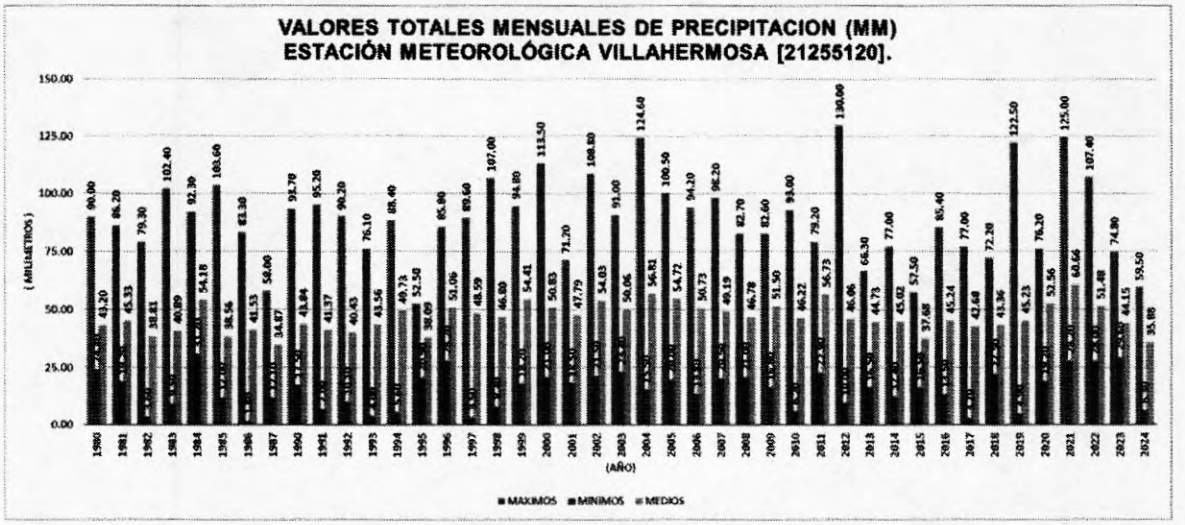
Fecha	Valor:	Nivel de Aprobación
1998-01-02 00:00	0	Definitivo
1998-01-03 00:00	0.2	Definitivo
1998-01-04 00:00	2.2	Definitivo
1998-01-05 00:00	4	Definitivo
1998-01-06 00:00	0	Definitivo
1998-01-07 00:00	0	Definitivo
1998-01-08 00:00	0	Definitivo
1998-01-09 00:00	0.5	Definitivo
1998-01-10 00:00	0.3	Definitivo
1998-01-11 00:00	0	Definitivo
1998-01-12 00:00	0.3	Definitivo
1998-01-13 00:00	18.6	Definitivo
1998-01-14 00:00	64.3	Definitivo
1998-01-15 00:00	0	Definitivo
1998-01-16 00:00	0	Definitivo
1998-01-17 00:00	6.2	Definitivo
1998-01-18 00:00	6.7	Definitivo
1998-01-19 00:00	1.5	Definitivo
1998-01-20 00:00	23.2	Definitivo
1998-01-21 00:00	81.2	Definitivo
1998-01-22 00:00	31.3	Definitivo
1998-01-23 00:00	10.7	Definitivo
1998-01-24 00:00	46.1	Definitivo
1998-01-25 00:00	85.8	Definitivo
1998-01-26 00:00	54	Definitivo
1998-01-27 00:00	44.9	Definitivo
1998-01-28 00:00	6.2	Definitivo
1998-01-29 00:00	0	Definitivo
1998-01-30 00:00	0	Definitivo
1998-01-31 00:00	0.4	Definitivo
1998-02-01 00:00	0	Definitivo
1998-02-02 00:00	0	Definitivo
1998-02-03 00:00	23	Definitivo
1998-02-04 00:00	0	Definitivo
1998-02-05 00:00	18.5	Definitivo

Tabla 3. Valores máximos mensuales multianuales de precipitación (mm) en 24 horas

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1980	30.0	90.0	24.4	30.0	39.1	32.3	36.0	86.0			38.0	26.2
1981	19.2	58.0	30.0	75.6	86.2	33.4	19.5	29.9	62.2	44.6	43.8	41.5
1982	34.9	32.4	48.0	56.2	64.8	15.0	6.0	3.6	70.0	79.3	41.8	13.7
1983	13.2	9.5	87.3	52.5	47.1	26.6	16.2	32.3	102.4	31.1	42.8	29.7
1984	38.9	58.0	53.0	71.9	70.0	53.8	31.2	53.2	42.9	92.3	52.7	32.3
1985	15.7	12.0	103.6	55.8	40.0	18.8	35.2	46.4	50.8	42.8	24.8	16.8
1986	21.3	24.2	83.3	44.2	63.8	22.5	1.8	25.3	49.9	46.8	57.6	57.6
1987	48.5	23.3	22.6	52.4	42.6	12.1	41.0	25.0	58.0	44.4	15.7	32.8
1990	36.3	48.0	33.4	51.3	49.7	58.9	36.2	17.5	39.1	40.8	21.2	93.7
1991	11.1	45.2	81.1	43.2	23.7	38.8	7.0	44.1	95.2	29.2	44.0	33.8
1992	33.4	35.0	36.3	55.3	45.3	12.0	10.1	42.7	58.3	29.0	90.2	37.6
1993	57.3	76.1	36.2	51.6	63.0	4.0	16.7	27.4	35.0	35.7	75.3	44.4
1994	70.0	39.5	70.5	42.7	88.4	54.1	40.8	5.6	40.2	50.5	69.5	25.0
1995	20.9	52.5	40.0	41.5	33.2	47.6	39.0	37.6	30.0	49.9	38.5	26.4
1996	85.8	41.5	50.0	31.6	68.6	65.2	28.2	32.0	45.4			62.3
1997	51.3	50.0	39.0	64.7	40.3	20.0	59.2	3.5	89.6	53.2	81.3	31.0
1998	107.0	58.0	43.0	55.3	52.4	8.4	37.8	36.8	41.0	54.5	40.0	27.4
1999	94.8	56.0	57.1	71.0	83.1	47.1	18.2	42.3	32.2	44.1	42.4	64.6
2000	21.0	44.2	93.2	27.6	56.0	36.8	26.7	46.0	50.0	113.5	66.0	29.0
2001	43.4	49.5	28.5	40.0	37.0	42.6	71.2	18.5	57.7	52.5	68.8	63.8
2002	22.5	88.0	74.3	108.8	82.1	56.7	33.6	50.0	30.8	37.5	21.5	42.5
2003	38.7	27.4	91.0	53.0	24.6	59.6	38.5	26.7	72.5	77.3	68.0	23.4
2004	74.8	100.0	34.4	50.0	70.0	33.0	21.4	15.5	54.7	124.6	83.6	19.7
2005	42.5	56.8	47.7	100.5	87.5	54.7	26.0	20.0	62.5	51.8	40.2	66.4
2006	55.4	60.0	63.4	60.5	57.7	33.4	13.8	62.4	38.4	41.2	94.2	28.4
2007	20.5	57.8	38.6	51.0	62.6	30.0	62.7	31.5	41.0	58.4	38.0	98.2
2008	28.0	82.7	45.9	24.9	48.4	31.4	50.0	70.5	45.0	21.0	80.0	33.6
2009	57.4	56.4	67.8	40.0	25.4	48.2	16.8	55.4	52.4	82.6	63.7	51.9
2010	6.2	56.1	31.0	93.0	59.0	34.0	21.5	26.2	55.6	70.8	60.0	41.2
2011	56.8	61.6	62.5	52.0	56.6	60.0	46.5	22.9	79.2	58.8	58.0	65.9
2012	42.0	34.8	130.0	68.2	48.0	17.5	10.0	44.5	18.0	41.0	59.3	39.4
2013	47.8	39.8	66.3	59.6	57.5	54.2	16.5	44.2	46.6	33.2	38.5	32.6
2014	47.5	57.0	37.3	46.0	37.0	31.0	12.4	32.5	77.0	56.0	62.0	44.5
2015	27.5	56.0	47.0	47.0	36.8	57.5	31.0	16.5	38.7	53.4	21.0	19.8
2016	13.5	39.6	40.0	36.2	85.4	42.8	46.2	34.3	60.5	37.4	51.0	56.0
2017	55.6	48.0	62.5	77.0	47.6	24.2	3.2	33.8	38.3	43.0	42.0	37.0
2018	43.7	37.2	35.8	44.7	55.5	32.3	55.2	50.0	33.0	72.2	38.2	22.5
2019	15.8	122.5	56.2	79.8	71.8	21.1	7.4	4.9	33.0	79.0	19.4	31.8
2020	19.2	65.5	67.0	26.4	48.0	44.6	49.0	76.2	41.2	74.2	45.8	73.6
2021	125.0	37.0	35.6	91.0	52.0	82.5	41.0	55.5	83.5	50.0	28.2	46.6
2022	46.6	107.4	55.2	43.0	47.2	45.0	28.0	34.5	29.4	92.9	40.7	47.8
2023	74.8	46.5	55.5		34.0	31.0	40.0	58.7	43.2	33.0	39.4	29.6
2024	6.3	27.7	36.2	45.2	51.2	33.5	32.5	27.4	59.5	29.5	39.0	42.5
	42.4	52.8	54.5	55.1	54.4	37.4	29.8	36.0	52.0	55.0	49.7	41.5
	125.0	122.5	130.0	108.8	88.4	82.5	71.2	86.0	102.4	124.6	94.2	98.2
	6.2	9.5	22.6	24.9	23.7	4.0	1.8	3.5	18.0	21.0	15.7	13.7

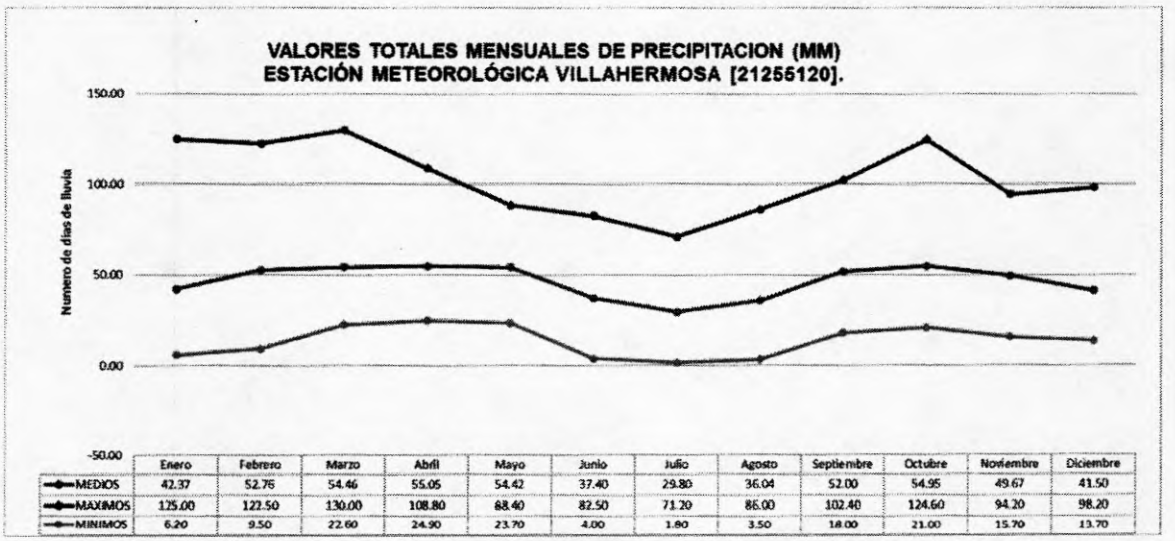
Fuente: Catalogo Nacional de Estaciones IDEAM

Ilustración 3. Hietograma Valores diarios totales anuales de precipitación (mm)



Fuente: Datos IDEAM y graficada fuente propia.

Ilustración 4. Hietograma Valores diarios totales mensuales de precipitación (mm)



	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
MEDIOS	42.37	52.76	54.46	55.05	54.42	37.40	29.80	36.04	52.00	54.95	49.67	41.50
MAXIMOS	125.00	122.50	130.00	108.80	88.40	82.50	71.20	86.00	102.40	124.60	94.20	98.20
MINIMOS	6.20	9.50	22.60	24.90	23.70	4.00	1.80	3.50	18.00	21.00	15.70	13.70

Fuente: Datos IDEAM y graficada fuente propia.

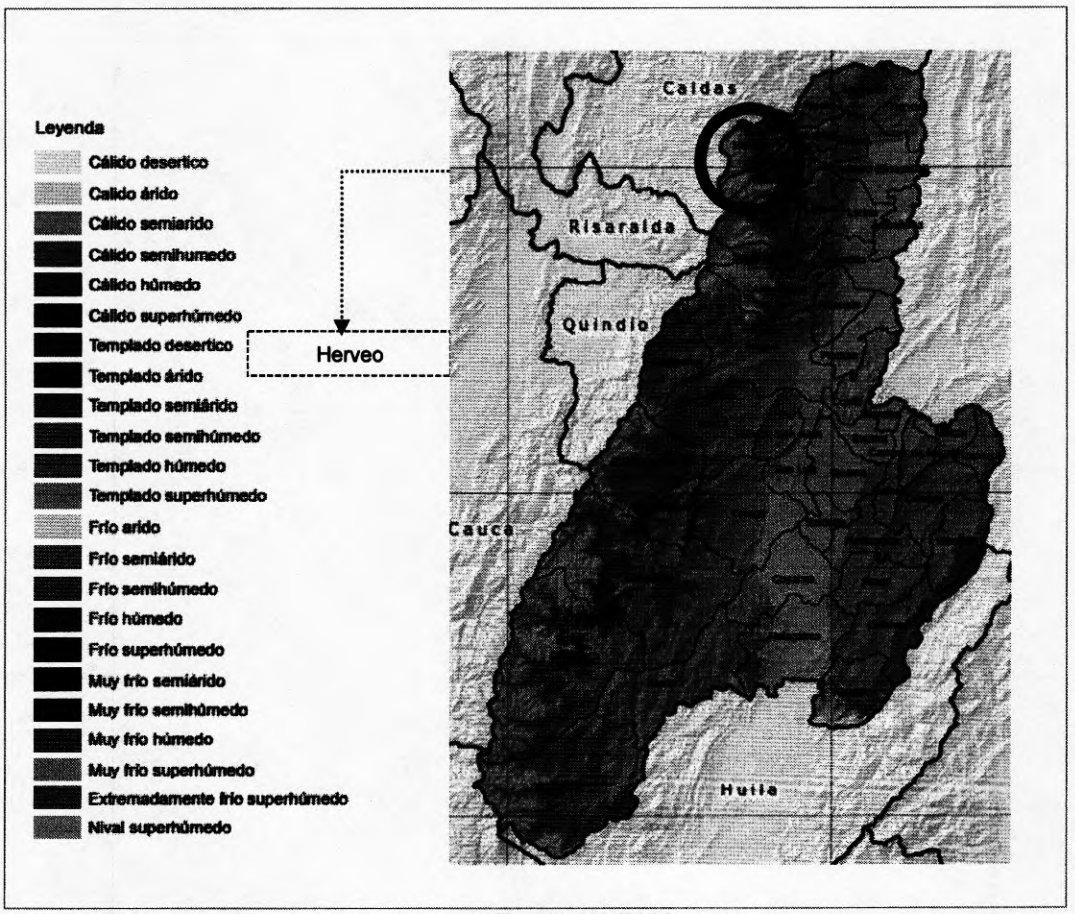
3.3 CLIMATOLOGÍA DE LA REGIÓN

En esta sección se describe la clasificación climática con base a la información del atlas del IDEAM (2005).

3.3.1 CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA

A continuación, se presenta el mapa de tipos de clima que se presentan en el departamento del Tolima, la climatología del tramo en estudio ubica según el IDEAM a un sector muy frio húmedo.

Ilustración 5. Clasificación Climática Departamento del Tolima. Fuente IDEAM.

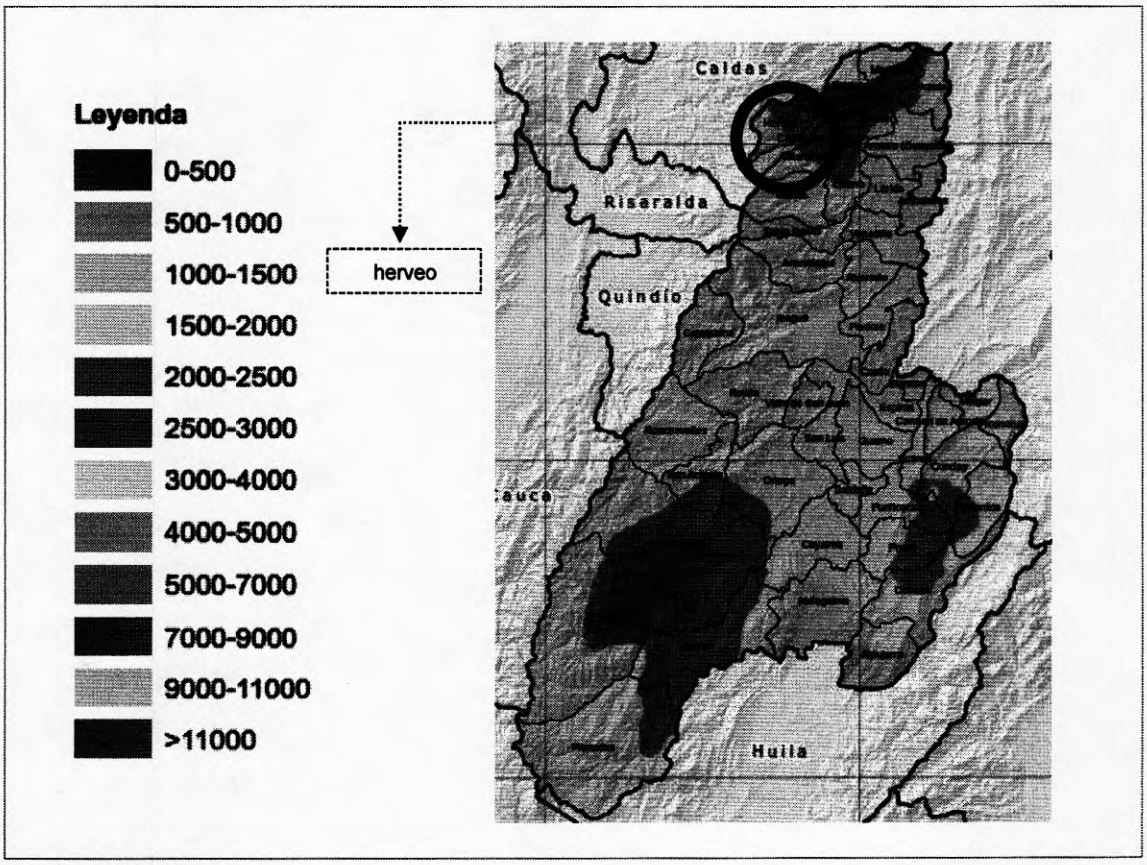


Fuente: IDEAM.

3.3.2 Precipitación Total Anual (mm)

El IDEAM dispone del mapa del Departamento del Tolima, con las precipitaciones que se tienen a lo largo del departamento, donde se puede observar que los máximos valores de precipitación, para el tramo en estudio se tiene que en gran parte su extensión oscila entre 2000 y 2500 mm de precipitación total anual.

Ilustración 6. Precipitación Total Anual (mm) Departamento del Tolima



Fuente: IDEAM.

4. HIDROLOGÍA

El drenaje de la vía tiene como principal objetivo reducir al máximo posible la cantidad de agua que llega a la vía y darle salida rápida de tal manera que mantenga la seguridad y el confort y a su vez evitar que destruya progresivamente las estructuras de la vía.

Con el fin de determinar la intensidad de la lluvia en la zona del proyecto, del IDEAM se recolectó la información hidrometeorológica que existe en la zona de influencia del proyecto y se presenta a continuación.

4.1 CURVAS IDF (INTENSIDAD DURACIÓN Y FRECUENCIA)

Para determinar las CURVAS IDF primero calculamos la intensidad de la lluvia la cual se puede aplicar la Metodología Simplificada de cálculo de las curvas intensidad – duración – frecuencia indicada en el Manual de Drenaje de Carreteras del INV2009, en el cual se recomienda la utilización de la precipitación máxima promedio anual en 24 horas y aplicar la expresión que a continuación se indica:

$$i: \frac{a\, x\, T^b\, x\, M^d}{\frac{t^c}{60}}$$

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

Los parámetros de ajustes de la regresión dependen de la región del país donde está ubicada la estación meteorológica. Las regiones y los valores de los parámetros se muestran en la Tabla 2 y ubicación en la ilustración 7.

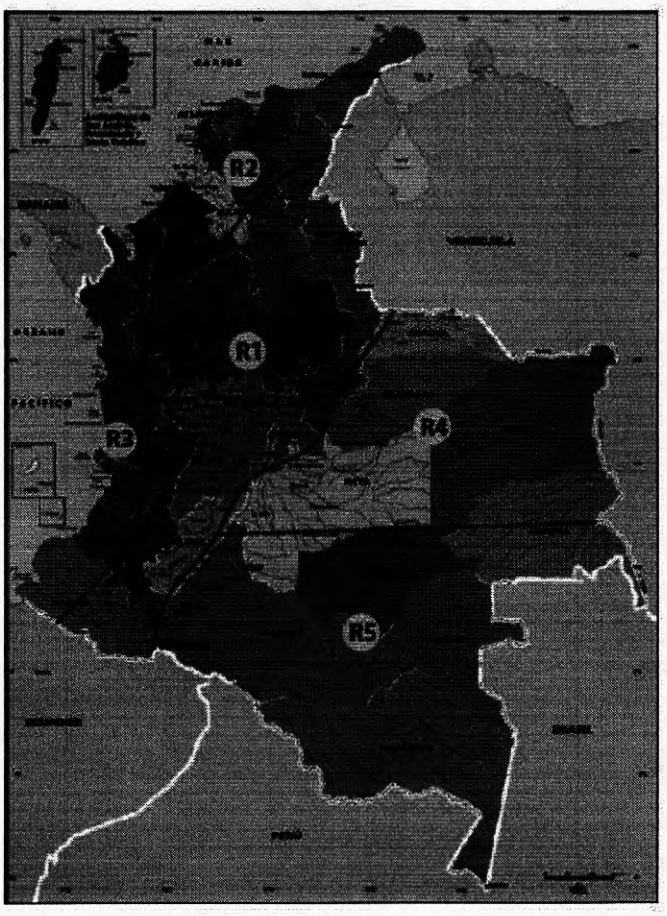
Tabla 4. Parámetros según regiones del país/ Valores obtenidos del Manual de Drenaje para carreteras del INV.2009.

REGION		a	b	c	d
Andina	(R1)	0.94	0.18	0.66	0.83
Caribe	(R2)	24.85	0.22	0.5	0.1
Pacífico	(R3)	13.92	0.19	0.58	0.2

16

Orinoquía	**(R4)**	5.53	0.17	0.63	0.42

Ilustración 7. Regiones en Colombia para definición de parámetros a, b, c, y d.



Para llegar a las CURVAS IDF, primo se hace necesario analizar la información recolectada en la base de datos del IDEAM de la zona de influencia y se muestra a continuación.

4.1.1 ANÁLISIS DE LOS DATOS DE PRECIPITACIÓN

Con la información recolectada en la base de datos del IDEAM, se procede a realizar el respectivo análisis estadístico de los datos de precipitación máxima en

24 horas mensual multianual, partiendo de la eliminación de datos dudosos que harán que los modelos presenten mayores errores al momento de su ejecución y posteriormente se realiza el análisis de las distribuciones de probabilidad para determinar la de mejor ajuste de los datos, y poder trabajar con los resultados de las precipitaciones mediante la aplicación de la metodología de Curvas IDF, ajustadas a los periodos de retorno de la distribución que mejor se ajuste a los datos.

Para detectar los datos dudosos, se calcularon umbrales superiores e inferiores para cada serie de datos de precipitaciones de la estación analizada de acuerdo a las siguientes ecuaciones de frecuencia, recomendadas por Ven Te Chow:

$$Y_H = \bar{y} + K_n S_y$$

$$Y_L = \bar{y} - K_n S_y$$

Donde:

Y_H	=	Umbral superior para datos dudosos en Unidades logarítmicas.
Y_L	=	Umbral inferior para datos dudosos en unidades logarítmicas.
$\bar{y}$	=	Media de los logaritmos de los caudales.
S_y	=	Desviación estándar de los logaritmos de los caudales.
K_n	=	Valor tabulado para una muestra de tamaño n.

La Tabla 5 presenta los valores del coeficiente Kn correspondientes a un solo lado de la distribución normal, Estos valores son fundamentales para la estimación de intervalos de confianza y la toma de decisiones en inferencia estadística, permitiendo establecer umbrales críticos en análisis probabilísticos. En particular, se utilizan para evaluar datos dudosos de precipitaciones en una cuenca hidrológica, lo cual es crucial para garantizar la confiabilidad y precisión en estudios hidrológicos y de ingeniería.

Tabla 5. Valores de Kn de un lado con un nivel de significancia del 10% para la distribución normal.

Tamaño muestra (n)	Kn	Tamaño muestra (n)	Kn	Tamaño muestra (n)	Kn	Tamaño muestra (n)	Kn
10	2.036	24	2.467	38	2.661	60	2.837
11	2.088	25	2.486	39	2.671	65	2.866

12	2.134	26	2.502	40	2.682	70	2.893
13	2.175	27	2.519	41	2.692	75	2.917
14	2.213	28	2.534	42	2.700	80	2.940
15	2.247	29	2.549	43	2.710	85	2.961
16	2.279	30	2.563	44	2.719	90	2.981
17	2.309	31	2.577	45	2.727	95	3.000
18	2.335	32	2.591	46	2.736	100	3.017
19	2.361	33	2.604	47	2.744	110	3.049
20	2.385	34	2.616	48	2.753	120	3.078
21	2.408	35	2.628	49	2.760	130	3.104
22	2.429	36	2.639	50	2.768	140	3.129
23	2.448	37	2.650	55	2.804		

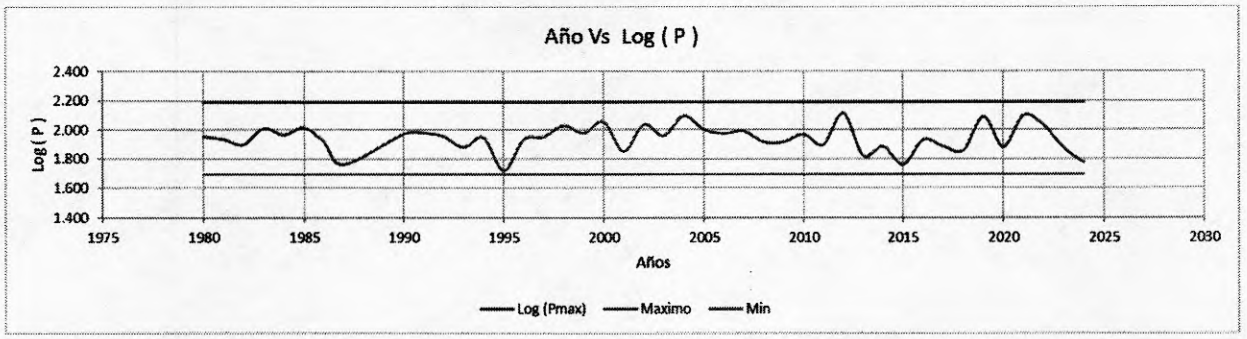
FUENTE: U. S. WATER RESOURCES COUNCIL. 1981.

Se presenta, el análisis de datos dudosos para las estaciones seleccionadas, considerando dudosos los datos que estén por fuera del intervalo determinado por YH y YL.

Tabla 6. Valores de variables de datos dudosos

Parámetro	Resultado
n	43
Promedio	1.941
Desv Est	0.092
Coef. Asimetrico	-0.345
|Cs|=	0.345
A=	-0.302
B=	0.850
V(Cs) =	0.144
Kn tabla	2.710
YH=	2.190
YL=	1.693

Tabla 7. Análisis de Datos dudosos estación.


Año Vs Log (P)
Log (P)
2.400
2.200
2.000
1.800
1.600
1.400
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005
2010
2015
2020
2025
2030
Años
Log (Pmax)
Maximo
Min

AÑO	Vr Máximo precipitacion Anual (mm)	Log (Pmax)	Maximo	Min	Dato Aceptado
1980	90.0	1.954	2.190	1.693	ok
1981	86.2	1.936	2.190	1.693	ok
1982	79.3	1.899	2.190	1.693	ok
1983	102.4	2.010	2.190	1.693	ok
1984	92.3	1.965	2.190	1.693	ok
1985	103.6	2.015	2.190	1.693	ok
1986	83.3	1.921	2.190	1.693	ok
1987	58.0	1.763	2.190	1.693	ok
1990	93.7	1.972	2.190	1.693	ok
1991	95.2	1.979	2.190	1.693	ok
1992	90.2	1.955	2.190	1.693	ok
1993	76.1	1.881	2.190	1.693	ok
1994	88.4	1.946	2.190	1.693	ok
1995	52.5	1.720	2.190	1.693	ok
1996	85.8	1.933	2.190	1.693	ok
1997	89.6	1.952	2.190	1.693	ok
1998	107.0	2.029	2.190	1.693	ok
1999	94.8	1.977	2.190	1.693	ok
2000	113.5	2.055	2.190	1.693	ok
2001	71.2	1.852	2.190	1.693	ok
2002	108.8	2.037	2.190	1.693	ok
2003	91.0	1.959	2.190	1.693	ok
2004	124.6	2.096	2.190	1.693	ok
2005	100.5	2.002	2.190	1.693	ok
2006	94.2	1.974	2.190	1.693	ok
2007	98.2	1.992	2.190	1.693	ok
2008	82.7	1.918	2.190	1.693	ok
2009	82.6	1.917	2.190	1.693	ok
2010	93.0	1.968	2.190	1.693	ok
2011	79.2	1.899	2.190	1.693	ok
2012	130.0	2.114	2.190	1.693	ok
2013	66.3	1.822	2.190	1.693	ok
2014	77.0	1.886	2.190	1.693	ok
2015	57.5	1.760	2.190	1.693	ok
2016	85.4	1.931	2.190	1.693	ok
2017	77.0	1.886	2.190	1.693	ok
2018	72.2	1.859	2.190	1.693	ok
2019	122.5	2.088	2.190	1.693	ok
2020	76.2	1.882	2.190	1.693	ok
2021	125.0	2.097	2.190	1.693	ok
2022	107.4	2.031	2.190	1.693	ok
2023	74.8	1.874	2.190	1.693	ok
2024	59.5	1.775	2.190	1.693	ok

Fuente: Propia

Tabla 8. Valores finales de precipitación para las curvas IDF.

AÑO	Vr Máximo precipitacion Anual (mm)
1980	90.00
1981	86.20
1982	79.30
1983	102.40
1984	92.30
1985	103.60
1986	83.30
1987	58.00
1990	93.70
1991	95.20
1992	90.20
1993	76.10
1994	88.40
1995	52.50
1996	85.80
1997	89.60
1998	107.00
1999	94.80
2000	113.50
2001	71.20
2002	108.80
2003	91.00
2004	124.60
2005	100.50
2006	94.20
2007	98.20
2008	82.70
2009	82.60
2010	93.00
2011	79.20
2012	130.00
2013	66.30
2014	77.00
2015	57.50
2016	85.40
2017	77.00
2018	72.20
2019	122.50
2020	76.20
2021	125.00
2022	107.40
2023	74.80
2024	59.50
Media de precipitación máxima anual	**89.27**

Fuente: Propia

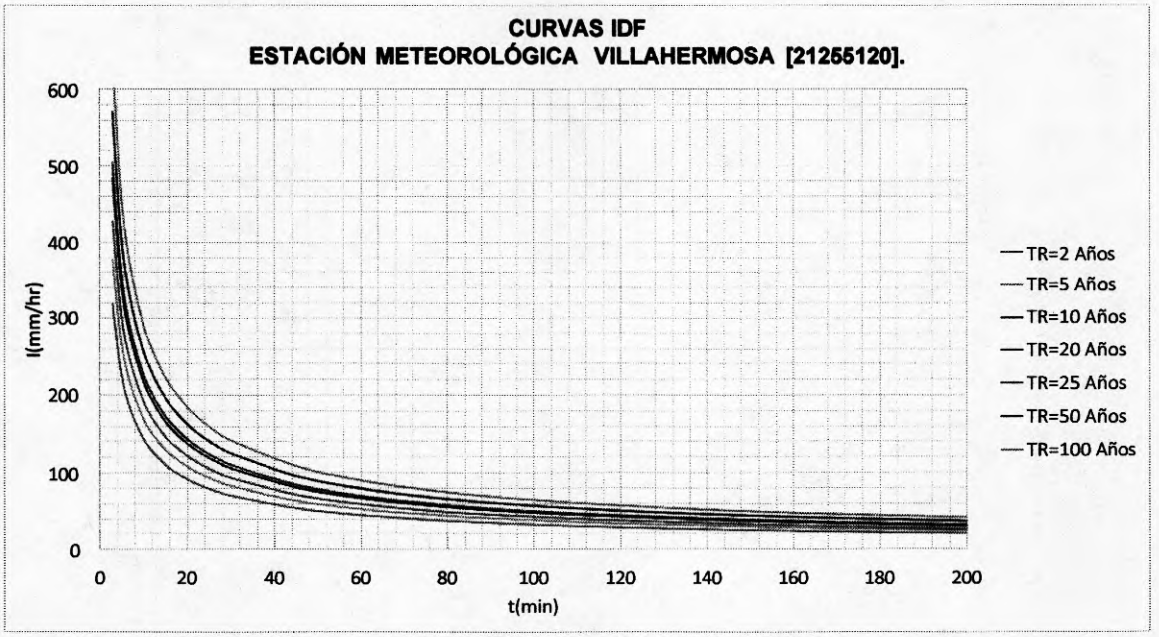
A partir de los datos de precipitación anteriormente confirmados se procede a la construcción de las curvas IDF mediante la metodología anteriormente descrita que recomienda en manual de drenaje vial invias

Tabla 9. Valores de la Intensidad (i) en mm/horas calculadas para generar la curva IDF.

Tiempo (min)	Valores de intensidad-duración-frecuencia. (mm/hr)							
	Periodo de retorno (T)							
	2	3	5	10	20	25	50	100
3	320.0	344.2	377.3	427.5	484.3	504.1	571.1	647.0
5	228.4	245.7	269.3	305.1	345.7	359.8	407.7	461.8
7	182.9	196.8	215.7	244.4	276.8	288.2	326.5	369.9
10	144.5	155.5	170.5	193.1	218.8	227.7	258.0	292.3
12	128.2	137.9	151.1	171.2	194.0	201.9	228.7	259.1
15	**110.6**	**119.0**	**130.4**	**147.8**	**167.4**	**174.3**	**197.4**	**223.7**
17	101.8	109.5	120.1	136.1	154.1	160.4	181.8	205.9
20	91.5	98.4	107.9	122.2	138.5	144.1	163.3	185.0
22	85.9	92.4	101.3	114.8	130.0	135.3	153.3	173.7
25	78.9	84.9	93.1	105.5	119.5	124.4	140.9	159.6
27	75.0	80.7	88.5	100.3	113.6	118.2	133.9	151.7
30	70.0	75.3	82.5	93.5	105.9	110.3	124.9	141.5
45	53.6	57.6	63.2	71.6	81.1	84.4	95.6	108.3
60	44.3	47.7	52.2	59.2	67.1	69.8	79.1	89.6
75	38.2	41.1	45.1	51.1	57.9	60.2	68.2	77.3
90	33.9	36.5	40.0	45.3	51.3	53.4	60.5	68.5
105	30.6	32.9	36.1	40.9	46.3	48.2	54.7	61.9
120	28.0	30.2	33.1	37.5	42.4	44.2	50.0	56.7
135	25.9	27.9	30.6	34.7	39.3	40.9	46.3	52.5
150	24.2	26.0	28.5	32.3	36.6	38.1	43.2	48.9
165	22.7	24.4	26.8	30.4	34.4	35.8	40.6	45.9
180	21.5	23.1	25.3	28.7	32.5	33.8	38.3	43.4
195	20.3	21.9	24.0	27.2	30.8	32.1	36.3	41.2
210	19.4	20.8	22.9	25.9	29.3	30.5	34.6	39.2
225	18.5	19.9	21.8	24.7	28.0	29.2	33.1	37.4
240	17.7	19.1	20.9	23.7	26.9	28.0	31.7	35.9
255	17.0	18.3	20.1	22.8	25.8	26.9	30.4	34.5
270	16.4	17.7	19.4	21.9	24.8	25.9	29.3	33.2
285	15.8	17.0	18.7	21.2	24.0	25.0	28.3	32.0
300	15.3	16.5	18.1	20.5	23.2	24.1	27.3	31.0

Fuente: Propia

Tabla 10. Curvas IDF.



Media	89.3	Media de precipitación máxima anual

R²	a	b	c	d
1	0.94	0.18	0.66	0.83
2	24.85	0.22	0.5	0.1
3	13.92	0.19	0.58	0.2
4	5.53	0.17	0.63	0.42

Region	1

a	b	c	d
0.94	0.18	0.66	0.83

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

Fuente: Propia

4.2 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

El tiempo de concentración (Tc) se define como el intervalo necesario para que el agua de lluvia viaje desde el punto más distante de una cuenca hidrográfica hasta su punto de salida, como una alcantarilla o un puente (Instituto Nacional de Vías, 2011, Capítulo 2, p. 2). Este concepto es esencial en hidrología para la estimación de los caudales máximos de diseño, ya que se asume que, tras transcurrir el tiempo de concentración, toda la cuenca estará contribuyendo al flujo, culminando en el pico del hidrograma de escorrentía. Existen múltiples ecuaciones empíricas para calcular el tiempo de concentración, entre ellas las de Kirpich, Témez, Williams, Giandotti, SCS-Ranser, Ventura-Heras, V.T. Chow, California Culverts Practice, Kirpich modificada, Ven Te Chow modificada y Federal Aviation Administration. Estas ecuaciones consideran factores tales como la longitud del cauce principal, la pendiente y el área de la cuenca (Instituto Nacional de Vías, 2011, Capítulo 2, pp. 3-6).

- **Ecuación de Kirpich**

$$Tc = 0.06628\left(\frac{L}{S^{0.5}}\right)^{0.77}$$

Dónde:
Tc: Tiempo de concentración, en horas (h).
L: Longitud del cauce principal, en kilómetros (km)
S: Pendiente entre las elevaciones máxima y mínima (pendiente total del cauce principal, en metros por metros (m/m)

- **Ecuación de Témez**

$$Tc = 0.30\left(\frac{L}{S^{0.25}}\right)^{0.76}$$

Dónde:
Tc: Tiempo de concentración, en horas (h).
L: Longitud del cauce principal, en kilómetros (km)
S: Pendiente total del cauce principal, en porcentaje (%).

- **Ecuación del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos**

$$Tc = 0.28\left(\frac{L}{S^{0.25}}\right)^{0.76}$$

Dónde:

Tc: Tiempo de concentración, en horas (h).
L: Longitud del cauce principal, en kilómetros (km)
S: Pendiente total del cauce principal, en metros por metro (m/m)

Los tiempos de concentración calculados para las estructuras transversales del proyecto se determinaron mediante metodologías hidrológicas anteriormente descritas, a continuación, se presentan los resultados de los tiempos de concentración de cada una de las áreas aferentes al sistema.

Tabla 11. Valores de tiempos de concentración calculados para estructuras transversales.

ESTRUCTURA	ABSCISAS	Cota entrada	Cota salida	Longitud de escorrentía cauce principal (L)	Longitud de escorrentía cauce principal (L)	Pendiente cauce principal (S)	Ecuación Kirpich	Ecuación Témez	Ecuación Cuerpo de Ingenieros del Ejército U.S.A.	Ecuación Ventura - Heras	Tiempo de consentracion Promedio (Tc)	Tiempo de concentración adoptado (Tc)
		m	m	m	Km	(%)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)
ALC -1	K2+204.59	665.00	555.00	206.79	0.21	53.2	2	3	6	6	4	15
ALC-2	K2+145.58	648.00	557.00	159.57	0.16	57.0	1	2	5	5	3	15
ALC-2A	K2+073.00	648.00	557.00	159.57	0.16	57.0	1	2	5	5	3	15
ALC-3	K1+998.91	648.00	557.00	159.57	0.16	57.0	1	2	5	5	3	15
ALC-4	K1+695.61	648.00	557.00	159.57	0.16	57.0	1	2	5	5	3	15
ALC-4A	K1+647.00	648.00	557.00	159.57	0.16	57.0	1	2	5	5	3	15
ALC-5	K1+570.00	648.00	557.00	159.57	0.16	57.0	1	2	5	5	3	15
ALC-6	K1+342.22	648.00	557.00	159.57	0.16	57.0	1	2	5	5	3	15
ALC-7	K1+122.86	648.00	557.00	159.57	0.16	57.0	1	2	5	5	3	15
ALC-8	K1+062.16	648.00	557.00	159.57	0.16	57.0	1	2	5	5	3	15
ALC-9	K0+947.18	648.00	557.00	159.57	0.16	57.0	1	2	5	5	3	15
ALC-10	K0+868.09	648.00	557.00	159.57	0.16	57.0	1	2	5	5	3	15
ALC-11	K0+757.00	648.00	557.00	159.57	0.16	57.0	1	2	5	5	3	15
ALC-11A	K0+690.00	648.00	557.00	159.57	0.16	57.0	1	2	5	5	3	15
ALC-12	K0+572.20	648.00	557.00	159.57	0.16	57.0	1	2	5	5	3	15
ALC-12A	K0+533.00	648.00	557.00	159.57	0.16	57.0	1	2	5	5	3	15
ALC-13	K0+356.40	648.00	557.00	159.57	0.16	57.0	1	2	5	5	3	15
ALC-14	K0+271.48	648.00	557.00	159.57	0.16	57.0	1	2	5	5	3	15
ALC-15	K0+165.37	648.00	557.00	159.57	0.16	57.0	1	2	5	5	3	15
ALC-16	K0+015.05	648.00	557.00	159.57	0.16	57.0	1	2	5	5	3	15
BOX-1	K1+889.73	648.00	557.00	159.57	0.16	57.0	1	2	5	5	3	15
BOX-2	K1+157.43	648.00	557.00	159.57	0.16	57.0	1	2	5	5	3	15
BOX-3	K0+800.73	648.00	557.00	159.57	0.16	57.0	1	2	5	5	3	15
BOX-4	K0+477.00	648.00	557.00	159.57	0.16	57.0	1	2	5	5	3	15

Tabla 12. Valores de tiempos de concentración calculados para cunetas

CONSORCIO OBRAS PARA EL DESARROLLO 2024
NIT: 901.799.805-1

Referencia	Abscisas		Longitud de escorrentía cauce principal (L)	Longitud de escorrentía cauce principal (L)	Pendiente cauce principal (S)	Ecuación Kirpich	Ecuación Témez	Ecuación Cuerpo de Ingenieros del Ejército U.S.A.	Ecuación Ventura - Heras	Tiempo de concentración Promedio (Tc)	Tiempo de concentración adoptado (Tc)
	Inicio	Final	m	Km	(%)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)
ALC -1	K2+258.00	K2+204.59	53.41	0.05	1.51%	12.33	4.31	9.64	10.41	9.17	**15.00**
ALC-2	K2+204.59	K2+145.58	59.01	0.06	0.52%	20.07	5.69	12.74	13.70	13.05	**15.00**
ALC-2A	K2+145.58	K2+073.00	72.58	0.07	0.52%	23.53	6.66	14.91	16.00	15.28	**15.28**
ALC-3	K2+073.00	K1+998.91	74.09	0.07	1.35%	16.56	5.64	12.63	13.59	12.11	**15.00**
BOX- 1	K1+998.91	K1+889.73	109.18	0.11	0.64%	29.75	8.73	19.55	20.90	19.73	**19.73**
ALC-4	K1+889.73	K1+695.61	194.12	0.19	0.64%	46.34	13.52	30.27	32.19	30.58	**30.58**
P Max ALC-4A	K1+695.61	K1+644.85	50.76	0.05	1.90%	10.85	3.97	8.88	9.60	8.32	**15.00**
ALC-5	K1+644.85	K1+570.00	74.85	0.07	1.67%	15.38	5.46	12.23	13.16	11.56	**15.00**
ALC-6	K1+570.00	K1+342.22	227.78	0.23	7.50%	20.32	9.57	21.42	22.87	18.54	**18.54**
BOX- 2	K1+342.22	K1+157.43	184.79	0.18	7.56%	17.24	8.15	18.24	19.52	15.79	**15.79**
ALC-7	K1+157.43	K1+122.86	34.57	0.03	7.56%	4.74	2.28	5.10	5.55	4.42	**15.00**
ALC-8	K1+122.86	K1+062.16	60.70	0.06	7.56%	7.32	3.50	7.83	8.47	6.78	**15.00**
ALC-9	K1+062.16	K0+947.18	114.98	0.11	7.56%	11.97	5.68	12.72	13.68	11.01	**15.00**
ALC-10	K0+947.18	K0+868.09	79.09	0.08	7.56%	8.97	4.27	9.57	10.33	8.29	**15.00**
BOX-3	K0+868.09	K0+800.73	67.36	0.07	7.56%	7.93	3.78	8.47	9.16	7.34	**15.00**
ALC-11	K0+800.73	K0+757.00	43.73	0.04	3.82%	7.39	3.10	6.95	7.53	6.24	**15.00**
ALC-11A	K0+757.00	K0+690.00	67.00	0.07	3.82%	10.27	4.29	9.61	10.37	8.63	**15.00**
ALC-12	K0+690.00	K0+572.20	117.80	0.12	7.30%	12.36	5.83	13.04	14.02	11.31	**15.00**
ALC-12 A	K0+572.20	K0+533.00	39.20	0.04	7.30%	5.30	2.52	5.65	6.14	4.90	**15.00**
BOX-4	K0+533.00	K0+477.00	56.00	0.06	7.30%	6.97	3.31	7.41	8.03	6.43	**15.00**
ALC-13	K0+477.00	K0+356.40	120.60	0.12	2.81%	18.17	7.11	15.92	17.07	14.57	**15.00**
ALC-14	K0+356.40	K0+271.48	84.92	0.08	4.56%	11.51	4.97	11.12	11.98	9.90	**15.00**
ALC-15	K0+271.48	K0+165.37	106.11	0.11	5.78%	12.47	5.62	12.59	13.54	11.06	**15.00**
ALC-16	K0+165.37	K0+015.05	150.32	0.15	2.20%	23.66	8.81	19.71	21.08	18.31	**18.31**

4.3 CALCULO DE CAUDALES

Debido a la falta de información de caudales para las estaciones enunciadas con anterioridad, para el respectivo análisis de las obras de tipo hidráulico presentes en el proyecto, se hace indispensable realizar un modelo de lluvia-escorrentía. Para obtener dichos estudios producto de la información hidrológica y meteorológica recopilada. Para las cuencas con áreas menores o iguales a 2.5 km2 se usó el método racional y para las cuencas con áreas mayores a 2.5 km2 hasta 100 km2 se usó el hidrograma unitario triangular del Soil Conservation Service SCS.
El período de retorno se estableció dependiendo del tipo de la obra, del costo de esta y de su importancia relativa respecto al tamaño de la cuenca (y por lo tanto asociado a la magnitud de los daños en caso de fallar la capacidad hidráulica de la obra), tal como se enuncia en el manual de drenajes para carreteras del INVIAS y se presenta en la Tabla 11.

Tabla 13. Periodo de retorno

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

Fuente: Manual de drenaje para carreteras INVIAS

4.3.1 MÉTODO RACIONAL.

El método racional se identifica con la siguiente ecuación:

$$Q=C*i*A$$

Donde Q es el caudal pico producido por un aguacero de intensidad i, uniformemente distribuido sobre el área de la cuenca, A. El termino C se denomina "coeficiente de escorrentía" y su valor numérico, que está definido entre 0 y 1, depende de las características fisiográficas de la cuenca y la cobertura de suelo (Silva, 1987).

Si las variables A, I y Q se expresan en unidades el sistema internacional, es decir, km2, mm/h y m3/s respectivamente, la ecuación del método racional se puede expresar de la siguiente forma:

$$Q=0.278*C*i*A$$

Usando la anterior ecuación se estimaron los caudales máximos para las cuencas con áreas menores o iguales a 2.5 km2, para ello, se delimitaron las áreas aferentes de las cuencas que drenan en la zona de estudio.

Se deben asociar dichas áreas con sus coberturas vegetales y sus usos del suelo, con el fin de determinar los respectivos coeficientes de escorrentía C, que tienen como base las características de cobertura de la zona, las condiciones edafológicas, las condiciones topográficas y las de uso del suelo. Este coeficiente se estima a partir de tablas encontradas las el Manual de Drenaje para carreteras del INVIAS.

Tabla 14. Valores del coeficiente de escorrentía en áreas rurales

VEGETACION Y TOPOGRAFIA	TEXTURA DEL SUELO		
	FRANCO ARENOSO	FRANCO LIMO ARCILLOSO	ARCILLOSO
BOSQUES			
Plano	0.10	0.30	0.40
Ondulado	0.25	0.35	0.50
Montañoso	0.30	0.50	0.60
PASTOS			
Plano	0.10	0.30	0.40
Ondulado	0.16	0.36	0.55
Montañoso	0.22	0.42	0.60
TIERRAS CULTIVADAS			
Plano	0.30	0.50	0.60
Ondulado	0.40	0.60	0.70
Montañoso	0.52	0.72	0.82

Nota: Plano (pendiente 0 - 5%); Ondulado (pendiente 5 - 10%); Montañoso (pendiente 10 - 30%). Para valores mayores al 30% a falta de datos, utilizar valores para pendientes entre el 10 y el 30%.

Fuente: Manual de drenaje para carreteras INVIAS

Los valores del coeficiente de escorrentía para las áreas rurales del tramo en estudio, se toman los recomendados por el manual de drenajes para carreteras específicamente de la tabla 2.10, dónde, el suelo del tramo corresponde aún perfil Franco limo arcilloso en su mayoría, y un terreno plano, le corresponde para zonas boscosas un C igual a 0.3 y para zonas de pastos Un C de 0.3.

Ilustración 8. Cobertura áreas aferentes alcantarillas y Box

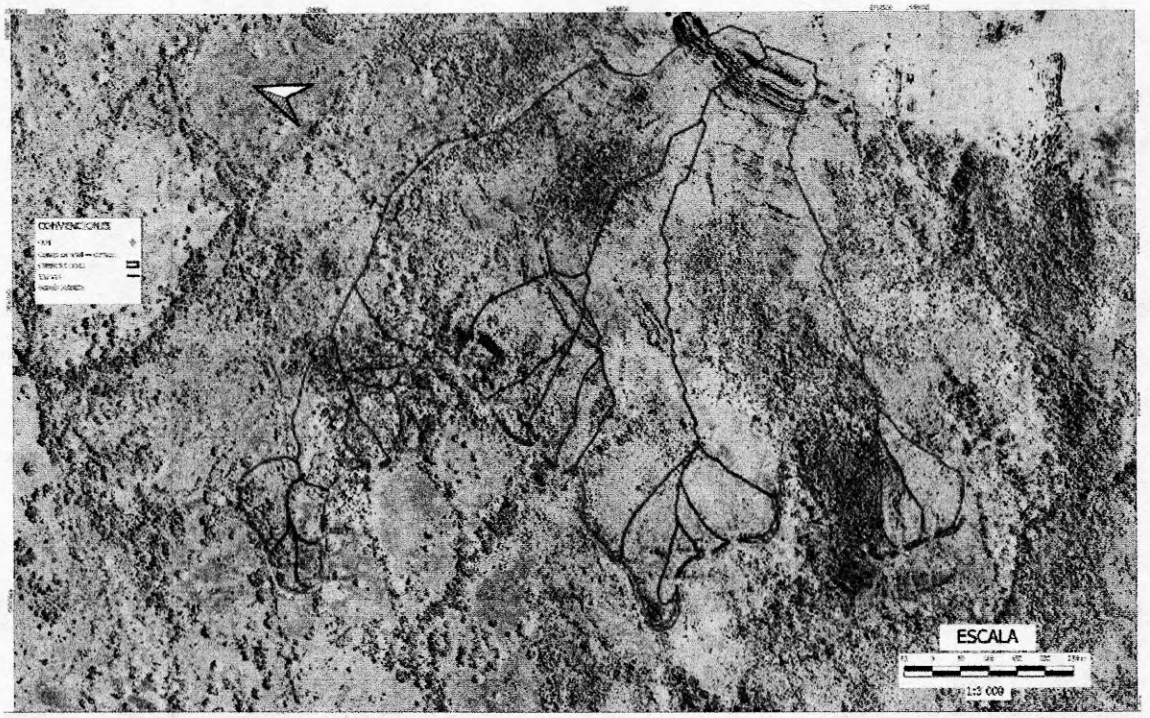


Ilustración 9. Áreas aferentes de alcantarillas y Box

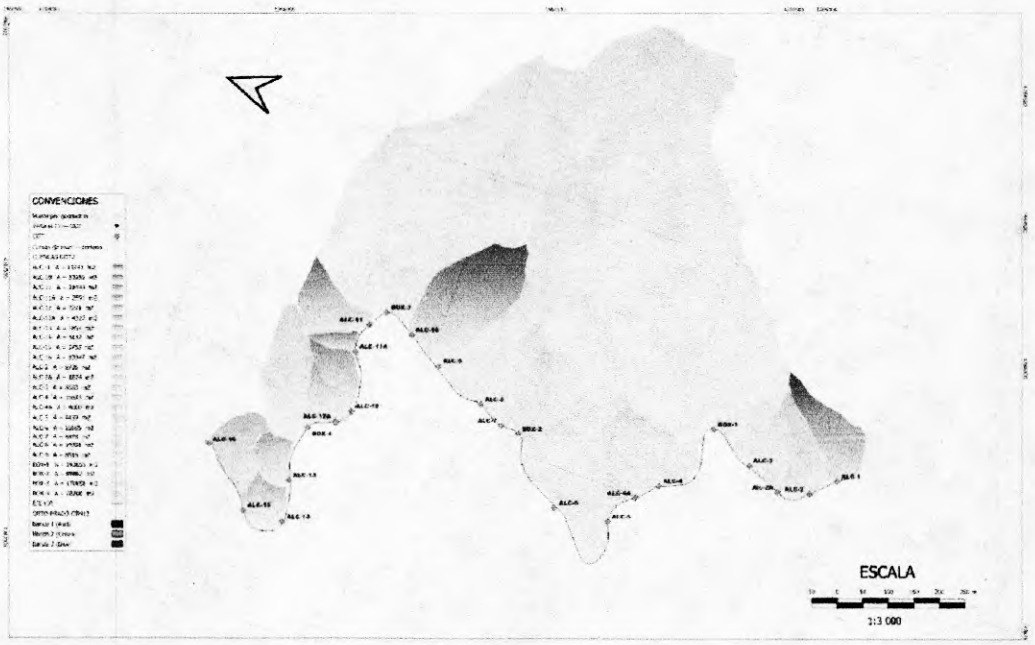


Tabla 15. Calculo de caudales para Box-Culvert y Alcantarillas

EVALUACIÓN HIDRÁULICA DE LAS ESTRUCTURAS DE DRENAJE TRANSVERSAL																	
ABSCISA	ESTRUCTURA	Tipo de suelo	Uso de suelo	coeficiente de escorrentía (C)	Area tributaria	Cota entrada	Cota salida	Longitud de escorrentía (L)	Periodo de retorno	Pendiente cuenca (s)	Area tributaria	Tiempo de concentración calculado (Tc)	Tiempo de concentración adoptado (Tc)	Intensidad i(t)	Caudal cuenca (Q)	Caudal Cuenca (Q)
					(m2)	m	m	m	(años)	(%)	(Km²)	(min)	(min)	(mm/h)	(L/s)	(m3/s)
K0+027.97	Box #1	Franco limo arcilloso	Pastos y zona urbana	0.60	37358.19	312.54	311.18	262.0	10	0.5	0.037	11.69	11.7	179.80	1120	1.12
K0+086.50	Alc #1	Franco limo arcilloso	Pastos	0.30	47862.28	312.62	311.26	365.0	10	0.4	0.048	15.7	15.7	179.80	717.7	0.72
K0+612.82	Box #2	Franco limo arcilloso	Pastos	0.35	71331.31	315.08	313.72	243.0	10	0.6	0.071	9.8	15.0	179.80	1247.9	1.25
K0+687.30	Alc #2	Franco limo arcilloso	Pastos	0.35	27615.09	315.28	313.92	222.0	20	0.6	0.028	8.9	15.0	179.80	483.1	0.48
K0+888.30	Alc #3	Franco limo arcilloso	Pastos	0.35	65138.10	316.94	315.58	423.0	10	0.3	0.065	18.7	18.7	179.80	1139.6	1.14

Tabla 16. Cálculo de caudales para tramos de cunetas.

INFORMACIÓN INICIAL											CAUDAL DE DISEÑO								
Tipo de Cuneta	Referencia	Abscisas		coeficiente de escorrentía (C)	Pendiente Cuneta	Pendiente Terreno (s)	Longitud Escorrentía (L)	Periodo Retorno	Intensidad i(t)	Ancho Franja	Numero Manning	Longitud Cuneta	Area Triangular	Area Tributaria	Tiempo Concentración Calculado (Tc)	Tiempo Concentración Adoptado (Tc)	Caudal Diseño	Caudal Area Aferente	Caudal Residual Anterior	Caudal Diseño
		Inicial	Final		s	(%)	(m)	(años)	(mm/h)	m	n	(m)	(m 3)	(Ha)	(min)	(min)	Cd (L/s)	Cd (m³/s)	Cd (m³/s)	Cd (m³/s)
Tipo 1	Inicio	K0+000.00	K0+027.97	0.80	1.10%	1.10%	28	5.0	158.7	50	0.0140	**28**	1399	0.14	4.9	15	49.36	0.049		**0.049**
Tipo 1	Alcantarilla #1	K0+027.97	K0+086.50	0.80	0.16%	0.15%	59	5.0	158.7	20	0.0140	**59**	1171	0.12	14.1	15	41.32	0.041		**0.041**
Tipo 1	Alcantarilla #2	K0+086.50	K0+318.86	0.65	2.61%	1.10%	232	5.0	131.7	20	0.0140	**232**	4647	0.46	21.2	21	112.30	0.112		**0.112**
Tipo 1	Punto Max	K0+318.86	K0+612.80	0.80	0.64%	1.10%	294	5.0	92	16	0.0140	**294**	5291	0.53	27.1	27	81.19	0.081		**0.081**
Tipo 1	Alcantarilla #3	K0+612.80	K0+687.60	0.80	0.64%	1.10%	75	5.0	158.7	20	0.0140	**75**	1496	0.15	12.0	15	43.56	0.044		**0.044**
Tipo 1	Alcantarilla #4	K0+687.60	K0+888.70	0.80	0.81%	1.10%	201	5.0	131.7	20	0.0140	**201**	4022	0.40	19.7	20	97.19	0.097		**0.097**
Tipo 1	Alcantarilla #5	K0+888.70	K1+011.00	0.80	0.81%	1.10%	122	5.0	158.7	20	0.0140	**122**	2446	0.24	15.4	15	71.22	0.071		**0.071**

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Según el IDEAM, el tramo de vía corresponde a un clima cálido semiárido.

- El IDEAM establece en su base de datos que, en el área de influencia del proyecto, la precipitación anual oscila entre 1500 y 2000 mm.

- La estación meteorológica más cercana, mejor ubicada y con información disponible en el sistema es la estación Villahermosa [21255120].

- Los coeficientes de escorrentía recomendados son: para zonas boscosas, un C de 0.3, y para zonas de pastos, un C de 0.3.

OSCAR [redacted]ONNY ARIAS ARENAS
C.C 79.949.949 de Bogotá
Especialista en Recursos Hídricos y Medio Ambiente

6. BIBLIOGRAFÍA

- INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Ministerio de Transportes, Instituto Nacional de Vías. MANUAL DE DRENAJES PARA CARRETERAS 2009

- INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Ministerio de Transportes, Instituto Nacional de Vías. MANUAL GEOMÉTRICO DE CARRETERAS 2008

- INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Ministerio de Transportes, Instituto Nacional de Vías. Normas de Ensayos para Materiales de Carreteras. Santafé de Bogotá. 2013.

PROFESIONAL

CONSORCIO OBRAS PARA EL DESARROLLO 2024
NIT: 901.799.805-1

MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

Ibagué, Enero 2026

SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA
Ing. Sandra Lliliana García Cobas
IBAGUE, TOLIMA

Yo, OSCAR GIOVANNY ARIAS ARENAS, Especialista en Hidrología con matrícula profesional No. M.P. 70202101086 TLM, debidamente registrado en el Consejo Profesional Nacional de Ingeniería, presento DISEÑO HIDROLOGICO, para el proyecto "CONSULTORÍA TÉCNICA, ADMINISTRATIVA, FINANCIERA Y AMBIENTAL PARA LA REALIZACIÓN DE LOS "ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO Y ATENCIÓN A PUNTOS CRÍTICOS DE LA VÍA DELGADITAS - HERVEO EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA", declaro que asumo la responsabilidad de la calidad y legalidad de los software utilizados en los diseños y estudios presentados, y me comprometo con cualquier causa (aclaración, ajuste, corrección o revisión) que de ellos puedan deducirse, inclusive durante la ejecución de la obra, exonerando a la (ENTIDAD PÚBLICA) de cualquier responsabilidad.
Me comprometo a entregar los estudios y diseños en copia dura y medio digital.

Cordialmente,

Oscar Giovanny Arias Arenas
Especialista en Hidrología
Matricula Profesional M.P. 70202101086 TLM

REPUBLICA DE COLOMBIA

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERIA

COPNIA



MATRICULA PROFESIONAL No.
70202-101086 TLM
INGENIERO CIVIL

DE FECHA 12/09/2003
OSCAR GIOVANNY
ARIAS ARENAS
C.C. 79949949
UNIVERSIDAD COOPERATIVA
DE COLOMBIA

PRESIDENTE DEL CONSEJO

REPUBLICA DE COLOMBIA
IDENTIFICACION PERSONAL
CEDULA DE CIUDADANIA

NUMERO 79.949.949
ARIAS ARENAS

APELLIDOS
OSCAR GIOVANNY

NOMBRES



FIRMA



FECHA DE NACIMIENTO 05-AGO-1978
BOGOTA D.C
BOGOTA D.C. (CUNDINAMARCA)
LUGAR DE NACIMIENTO

1.63	O+	M
ESTATURA	G.S. RH	SEXO

30-ABR-1997 BOGOTA D.C.
FECHA Y LUGAR DE EXPEDICION

NOTA: SERVICIO

REGISTRADOR NACIONAL
CARLOS ARIEL SANCHEZ TORRES

A 1500150 00203570 M-0079949949-20061216 0015112819A 1 1310110206

LA REPÚBLICA DE COLOMBIA

y en su nombre la

Universidad Cooperativa de Colombia

Personería Jurídica, resolución 24.195 del 20 de Diciembre de 1.983 del Ministerio de Educación Nacional.

En atención a que

Oscar Giovanny Arias Arenas

CÉDULA DE CIUDADANÍA N° 79'849.249 DE SANTAFÉ DE BOGOTÁ D.C.

ha cumplido con todos los estudios
que los estatutos universitarios exigen para optar al título de

INGENIERO CIVIL

Le expide el presente diploma. En testimonio de ello
se firma en Bogotá el 6 de agosto de 2003

Rector

Rector Honorario

Director Académico

Decano de Facultad

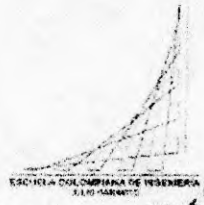
Director Seccional

Secretaria General

Registros y Diplomas

República de Colombia

ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA JULIO GARAVITO



La Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito

con personería jurídica concedida por el Ministerio de Justicia según resolución No. [illegible] del [illegible] de 1973

otorgó a

Oscar Giovanny Arias Arenas

C.C. [illegible] de Bogotá D.C.

el día 3 del mes de diciembre de 2013

el título de

Especialista en Recursos Hidráulicos y Medio Ambiente

En testimonio de ello se expide el presente diploma

Presidente del Consejo Directivo — Rector — Secretario General

Acta de grado No. 2715 — Registro No. [illegible] — Libro de Diploma No. [illegible] — Folio No. [illegible]

Bogotá D.C. 3 de diciembre de 2013

CONSORCIO OBRAS PARA EL DESARROLLO 2024

CONSORCIO OBRAS PARA EL DESARROLLO 2024
NIT: 901.799.805-1

REPÚBLICA DE COLOMBIA
COPNIA
Consejo Profesional Nacional de Ingeniería

Certificado de vigencia y antecedentes disciplinarios
CVAD-2026-4299501

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA
COPNIA

EL DIRECTOR GENERAL

CERTIFICA:

1. Que OSCAR GIOVANNY ARIAS ARENAS, identificado(a) con CEDULA DE CIUDADANIA 79949949, se encuentra inscrito(a) en el Registro Profesional Nacional que lleva esta entidad, en la profesión de INGENIERIA CIVIL con MATRICULA PROFESIONAL 70202-101086 desde el 18 de Septiembre de 2003, otorgado(a) mediante Resolución Nacional 3552.

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.

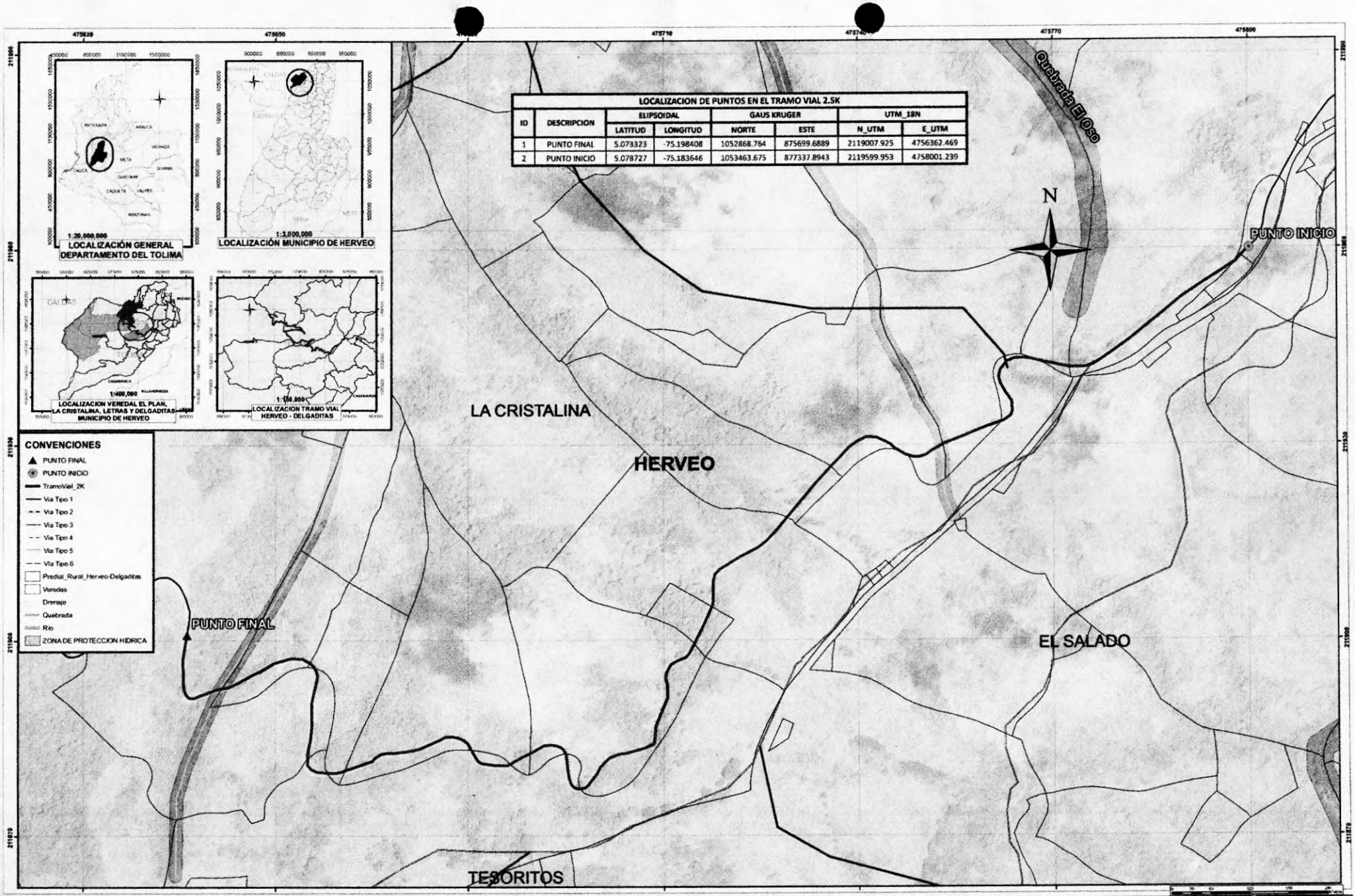
5. Que la presente certificación se expide en Bogotá, D.C., a los seis (06) días del mes de Febrero del año dos mil veintiseis (2026).

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.

MAPAS



LOCALIZACION DE PUNTOS EN EL TRAMO VIAL 2.5K							
ID	DESCRIPCION	ELIPSOIDAL		GAUS KRUGER		UTM_18N	
		LATITUD	LONGITUD	NORTE	ESTE	N_UTM	E_UTM
1	PUNTO FINAL	5.073323	-75.198408	1052868.764	875699.6889	2119007.925	4756362.469
2	PUNTO INICIO	5.078727	-75.183646	1053463.675	877337.8943	2119599.953	4758001.239

PROYECTO:

CONTRATAR LA CONSULTORIA TÉCNICA ADMINISTRATIVA, FINANCIERA Y AMBIENTAL PARA LA REALIZACION DE LOS "ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO Y ATENCIÓN A PUNTOS CRITICOS DE LA VÍA DELGADITAS - HERVEO EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA."

Vo.Bo. INGENIERO DIRECTOR

ING. MAGALI REYES PATIÑO
M.P 70202069514 TLM

CONSORCIO:

CONSORCIO OBRAS PARA EL DESARROLLO 2024

CONTIENE:

MAPA DE INFLUENCIA HIDRICA VIA TRAMO 2

OBSERVACIONES:

MAPA INSUMO DE REFERENCIA

PAGA-INFLUENCIA HIDRICA-Herveo-Delgaditas-V0-29-02-2024

DIBUJO:

CARLOS ARTURO BERNAL GARCIA
TP. T134632016-1117591701

Contrato No. 0767 - 29-02-2024

INFORMACIÓN DE REFERENCIA

Sistemas de Coordenadas Proyectadas
MAGNA Colombia Bogota

Sistemas de Coordenadas geográficas
GCS MAGNA

Datum: D MAGNA

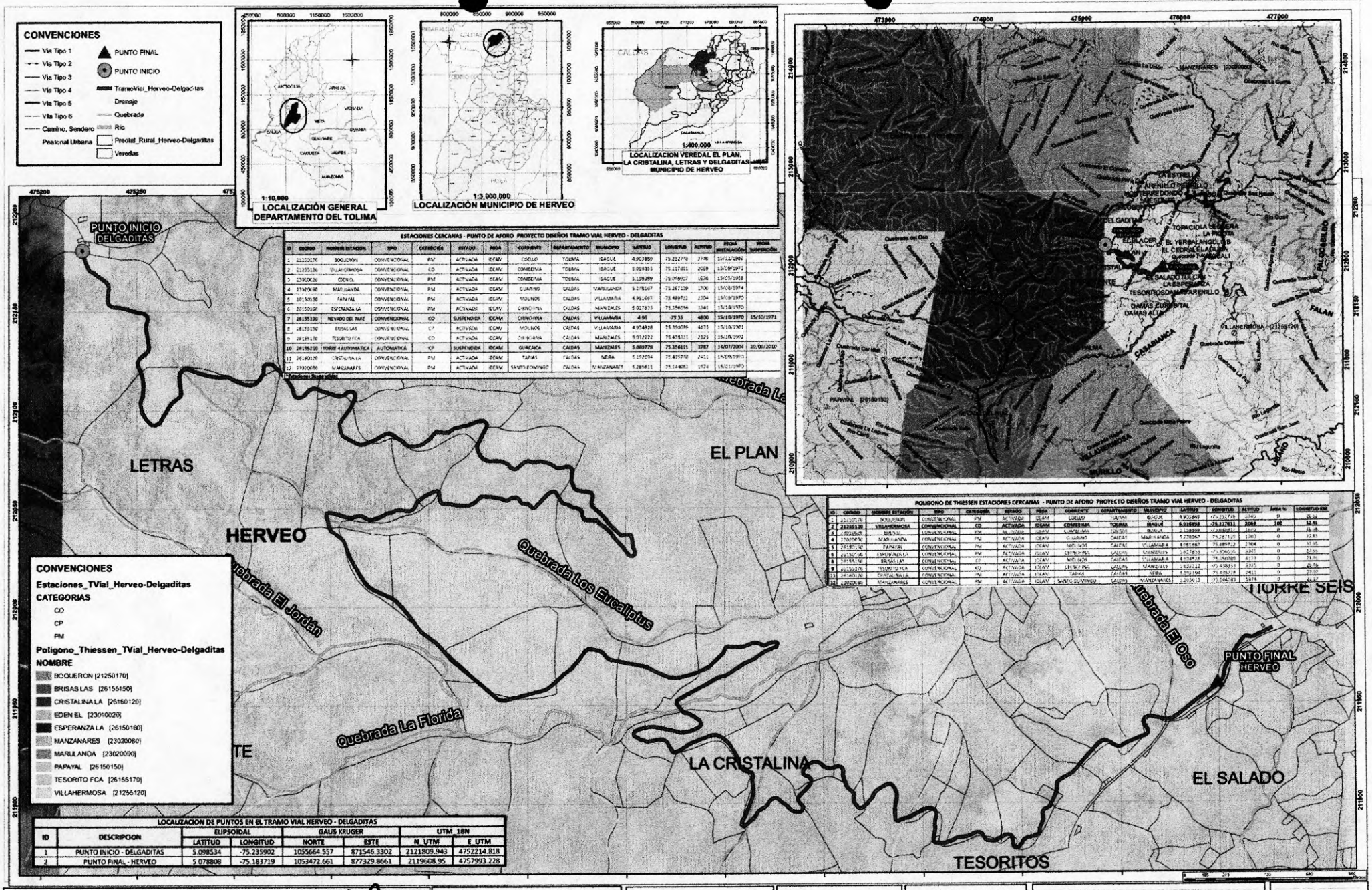
"Fuente básica: Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC)"

1:3,000

A2

2025

6



ESTACIONES CERCANAS - PUNTO DE AFORO PROYECTO DISEÑOS TRAMO VIAL HERVEO - DELGADITAS

ID	CODIGO	NOMBRE ESTACION	TIPO	CATEGORIA	ESTADO	RED	CORRIENTE	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD	FECHA INSTALACIÓN	FECHA SUSPENSIÓN
1	21250170	BOQUERON	CONVENCIONAL	PM	ACTIVADA	IDEAM	COELLO	TOLIMA	IBAGUE	4.903889	-75.252778	3740	15/12/1969	
2	21255120	VILLAHERMOSA	CONVENCIONAL	CO	ACTIVADA	IDEAM	COMBEIMA	TOLIMA	IBAGUE	5.019833	-75.117611	2069	15/09/1975	
3	23010020	EDEN EL	CONVENCIONAL	PM	ACTIVADA	IDEAM	COMBEIMA	TOLIMA	IBAGUE	5.158389	-75.049617	1670	15/05/1958	
4	23020090	MARULANDA	CONVENCIONAL	PM	ACTIVADA	IDEAM	GUARINO	CALDAS	MARULANDA	5.278167	-75.267139	1700	15/08/1974	
5	26150150	PAPAYAL	CONVENCIONAL	PM	ACTIVADA	IDEAM	MOLINOS	CALDAS	VILLAMARIA	4.954667	-75.489722	2304	15/09/1970	
6	26150160	ESPERANZA LA	CONVENCIONAL	PM	ACTIVADA	IDEAM	CHINCHINA	CALDAS	MANIZALES	5.017833	-75.256556	1941	15/10/1970	
7	26155150	NEVADO DEL RUIZ	CONVENCIONAL	CO	SUSPENDIDA	IDEAM	CHINCHINA	CALDAS	VILLAMARIA	4.95	-75.35	4800	15/10/1970	15/10/1971
8	26155160	BRISAS LAS	CONVENCIONAL	CP	ACTIVADA	IDEAM	MOLINOS	CALDAS	VILLAMARIA	4.954928	-75.390086	4173	15/10/1981	
9	26155170	TESORITO FCA	CONVENCIONAL	CO	ACTIVADA	IDEAM	CHINCHINA	CALDAS	MANIZALES	5.012272	-75.458331	2325	15/10/1992	
10	26155210	TORRE AUTOMATICA	AUTOMATICA	CP	SUSPENDIDA	IDEAM	GUACAICA	CALDAS	MANIZALES	5.067778	-75.356111	2787	14/07/2004	20/09/2010
11	26160120	CRISTALINA LA	CONVENCIONAL	PM	ACTIVADA	IDEAM	TAPIAS	CALDAS	NEIRA	5.192564	-75.435778	2411	15/09/1973	
12	23020080	MANZANARES	CONVENCIONAL	PM	ACTIVADA	IDEAM	SANTO DOMINGO	CALDAS	MANZANARES	5.286611	-75.164083	1974	15/01/1973	

Fuente: Base de datos IDEAM

POLIGONO DE THIESSEN ESTACIONES CERCANAS - PUNTO DE AFORO PROYECTO DISEÑOS TRAMO VIAL HERVEO - DELGADITAS

ID	CODIGO	NOMBRE ESTACIÓN	TIPO	CATEGORÍA	ESTADO	RED	CORRIENTE	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD	ÁREA %	LONGITUD KM
1	21250170	BOQUERON	CONVENCIONAL	PM	ACTIVADA	IDEAM	COELLO	TOLIMA	IBAGUE	4.903889	-75.252778	3740	0	26.34
2	21255120	VILLAHERMOSA	CONVENCIONAL	CO	ACTIVADA	IDEAM	COMBEIMA	TOLIMA	IBAGUE	5.019833	-75.117611	2069	100	12.61
3	23010020	EDEN EL	CONVENCIONAL	PM	ACTIVADA	IDEAM	COMBEIMA	TOLIMA	IBAGUE	5.158389	-75.049617	1670	0	26.48
4	23020090	MARULANDA	CONVENCIONAL	PM	ACTIVADA	IDEAM	GUARINO	CALDAS	MARULANDA	5.278167	-75.267139	1700	0	32.85
5	26150150	PAPAYAL	CONVENCIONAL	PM	ACTIVADA	IDEAM	MOLINOS	CALDAS	VILLAMARIA	4.954667	-75.489722	2304	0	37.96
6	26150160	ESPERANZA LA	CONVENCIONAL	PM	ACTIVADA	IDEAM	CHINCHINA	CALDAS	MANIZALES	5.017833	-75.256556	1941	0	27.56
8	26155160	BRISAS LAS	CONVENCIONAL	CP	ACTIVADA	IDEAM	MOLINOS	CALDAS	VILLAMARIA	4.954928	-75.390086	4173	0	21.91
9	26155170	TESORITO FCA	CONVENCIONAL	CO	ACTIVADA	IDEAM	CHINCHINA	CALDAS	MANIZALES	5.012272	-75.458331	2325	0	25.79
11	26160120	CRISTALINA LA	CONVENCIONAL	PM	ACTIVADA	IDEAM	TAPIAS	CALDAS	NEIRA	5.192564	-75.435778	2411	0	23.39
12	23020080	MANZANARES	CONVENCIONAL	PM	ACTIVADA	IDEAM	SANTO DOMINGO	CALDAS	MANZANARES	5.286611	-75.164083	1974	0	44.47

LOCALIZACION DE PUNTOS EN EL TRAMO VIAL HERVEO - DELGADITAS

ID	DESCRIPCION	ELIPSOIDAL		GAUS KRUGER		UTM_18N	
		LATITUD	LONGITUD	NORTE	ESTE	N_UTM	E_UTM
1	PUNTO INICIO - DELGADITAS	5.098534	-75.235902	1055664.557	871546.3302	2121809.943	4752214.818
2	PUNTO FINAL - HERVEO	5.078808	-75.183719	1053472.661	877329.8661	2119608.95	4757993.228

el Tolima es Future

PROYECTO:
CONTRATO DE LA CONSULTORIA TECNICO, ADMINISTRATIVA, FINANCIERA Y AMBIENTAL PARA LA REALIZACIÓN DE LOS "ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO Y ATENCION A PUNTOS CRITICOS DE LA VIA DELGADITAS - HERVEO EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA."

VoBo RESPONSABLE TECNICO:
ING. MAGALI REYES PATIÑO
M.P 70202089614 TLM

CONSORCIO:
CONSORCIO OBRAS PARA EL DESARROLLO 2024

CONTIENE:
POLIGONO DE THIESSEN TRAMO VIA HERVEO - DELGADITAS

OBSERVACIONES:
MAPA INSUMO DE REFERENCIA

FUENTE:
Etopografia-LOCALIZACION-Herveo-Delgaditas-V0-29-02-2024

DIBUJO:
CARLOS ARTURO BERNAL GARCIA
TP. 1134632016-1117501701

DISEÑO:
Contrato No. 0767 - 29-02-2024

INFORMACIÓN DE REFERENCIA

Sistemas de Coordenadas Proyectadas	Sistemas de Coordenadas geográficas:
MAGNA_Colombia_Bogota	GCS_MAGNA
Projection: Transverse_Mercator	Datum: D_MAGNA
False_Easting: 1000000.0000	
False_Northing: 1000000.0000	
Central_Meridian: -74.0775000	
Latitude_Of_Origin: 4.0961000	

*Fuente base: Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC)

ESCALA: 1:10,000
FECHA: FEBRERO 2024
A2
Plano No: 11