



Bogotá, 15 de diciembre de 2023

Señores
INGENIERÍA DE VÍAS
Atn. Ing. Jhon Jairo Morales
Director de Obra
Ciudad

INGENIERIA DE VIAS S.A.S
Fecha y hora: Viernes 15 Diciembre 2023 10:09:58
Dirigido a: INGENIERIA DE VIAS S.A.S.

Enviado por: Sergio Zea Rodríguez
Procesado por: Sergio Zea Rodríguez
Asunto: Concepto Hidráulico de la obra de drenaje transversal necesaria en el K21+780 de la vía Ataco – Planadas

IYD001905

Referencia: CONTRATO DE OBRA 2096-2022 MEJORAMIENTO DE LA VÍA ATACO - PLANADAS EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA.

Asunto: Concepto Hidráulico de la obra de drenaje transversal necesaria en el K21+780 de la vía Ataco – Planadas.

Cordial saludo,

En el K21+780 de la vía Planadas – Ataco, se presenta el cruce de la vía con una quebrada afluente al río Atá, actualmente no se encuentra obra de drenaje transversal en este sitio, por lo tanto una parte del caudal de la quebrada escurre por la vía, lo que genera afectación de la estructura de la vía y pérdida de banca, debido a problemas de erosión del terreno en el talud inferior.

Por lo anterior se hace necesario realizar el estudio hidrológico de la fuente de agua superficial, con el objetivo de estimar el caudal que cruza la vía en este punto, para diferentes periodos de retorno, y poder realizar el dimensionamiento hidráulico adecuado de la obra de drenaje transversal requerida.

LOCALIZACIÓN

La obra de drenaje transversal requerida del asunto, se encuentra localizada en el municipio de Ataco, departamento del Tolima, sobre el corredor vial Planadas - Ataco, en el K21+780, la localización general sobre el corredor vial se puede apreciar en la siguiente figura:

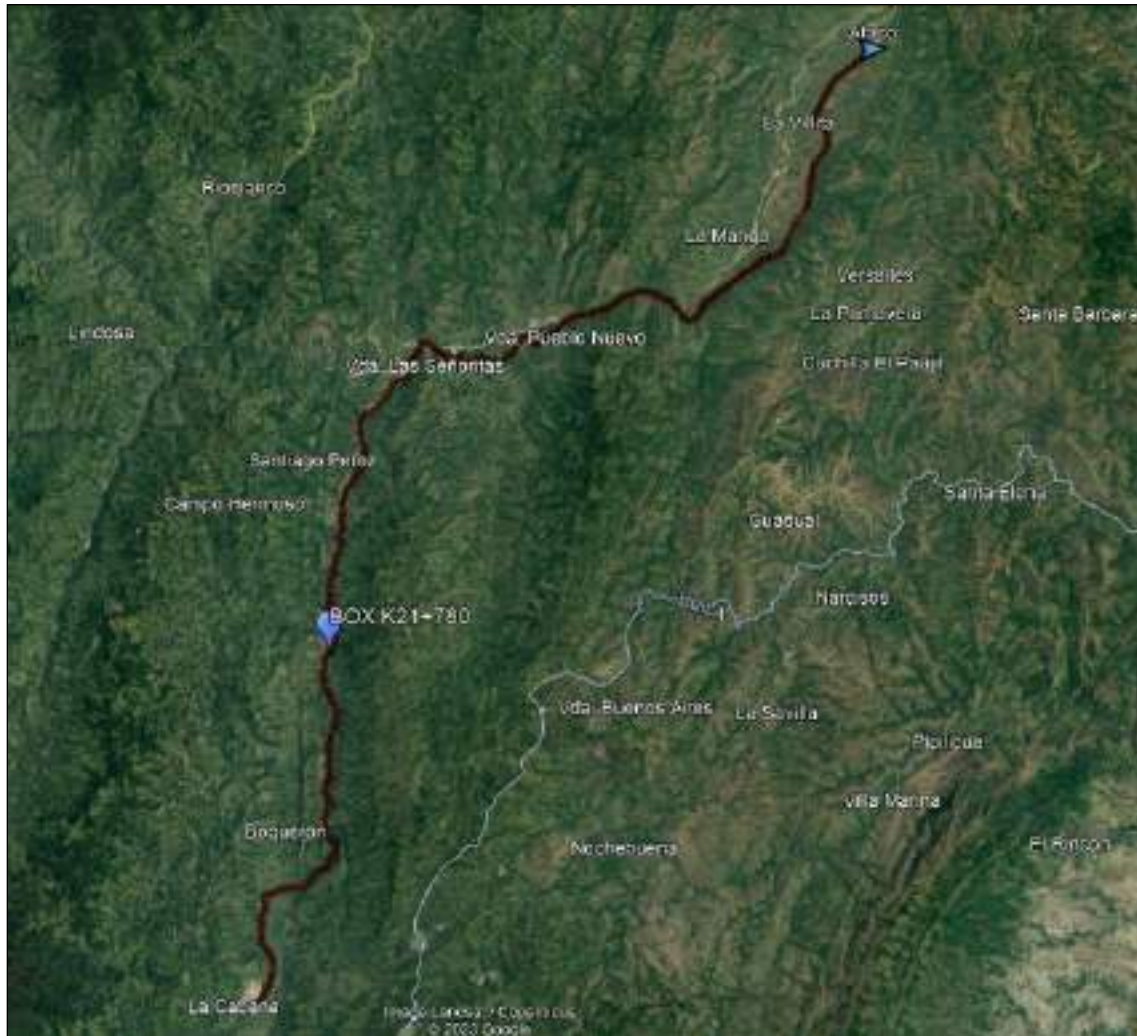


Figura 1. Localización general Box K21+780

HIDROLOGÍA

Tomando como referencia la información cartográfica del Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC y los registros de precipitación en la zona del proyecto del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, es posible estimar el caudal máximo instantáneo que afectará la obra hidráulica de drenaje transversal proyectada para diferentes periodos de retorno.



Figura 2. Hoja No. 301-II-C - IGAC

Área de drenaje

La información cartográfica está compuesta por la plancha a escala 1:25.000 suministrada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi. La información de la zona de proyecto y el área aferente se encuentra en la plancha 301-II-C. Teniendo en cuenta dicha cartografía y la topografía realizada se calcula el área aferente a la obra hidráulica proyectada.

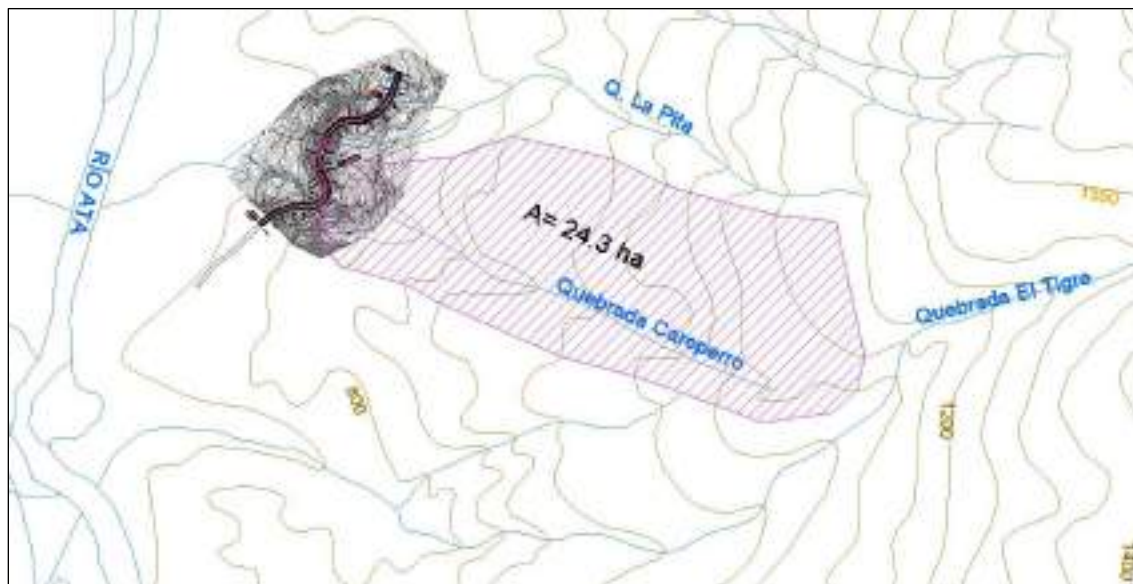


Figura 3. Área de drenaje

El área de drenaje o tributaria es el área en proyección horizontal aferente a la vía hasta el sitio de cruce con la misma, y se expresará en km². En la siguiente Tabla se presenta el área de drenaje aferente a la vía de la hoya hidrográfica y sus características morfométricas.

Tabla 1. Características morfométricas área de drenaje

Área Cuenca (km ²)	Área Cuenca (ha)	Longitud (km)	Altura Mayor	Altura Menor	H (m)	Pendiente S (m/m)
			(msnm)	(msnm)		
0.243	24.32	0.891	1150.00	807.00	343.0	0.385

Fuente: planchas IGAC

Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía C empleado dentro de la fórmula racional, se define como la relación entre el volumen de agua escurrido superficialmente y el volumen de agua precipitado. Este coeficiente depende claramente de las características de drenaje de la hoya estudiada como lo son el tipo de cobertura existente, el tipo suelo existente y la pendiente media de la hoya.

Con base en la imagen satelital se definen tres (3) tipos de coberturas que predominan en la zona y las cuales se clasifican como bosques, pastos y zonas desnudas que incluyen cultivos y prados con condición pobre de vegetación. Así mismo al tratarse de una zona montañosa, las pendientes del terreno son mayores al 10%.

De acuerdo con la literatura y las características de drenaje previamente mencionadas, se define un coeficiente de escorrentía de 0.50 para bosques, 0.42 para pastos y 0.72 para zonas desnudas incluyendo cultivos y prados con condición pobre de vegetación.

En la siguiente Tabla se presenta el coeficiente ponderado y adoptado para la microcuenca.

Tabla 2. Coeficiente de escorrentía ponderado

COBERTURA	C Cobertura	C Hoya
Bosque	0.50 (60%)	0.498
Pasto	0.42 (30%)	
Cultivos	0.72 (10%)	

Fuente: Manual de drenaje para carreteras INVIAS

Intensidad de precipitación

La estación meteorológica más cercana a la zona del proyecto es la estación pluviométrica EL CONDOR [22020070], localizada en el municipio de Ataco, del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM.

Tabla 3. Estación meteorológica El Condor

Código	Estación	Categoría	Fecha de Instalación	Estado	Altitud	Latitud	Longitud	Municipio
22020070	EL CONDOR	Pluviométrica	15/11/1979	Activa	755	3.32816667	-75.61305556	Ataco

Fuente: IDEAM

Los datos de precipitación multianual máxima en 24 horas, se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 4. Precipitación multianual máxima en 24 horas

Año	Precipitación (mm)
1980	80.0
1981	102.0
1982	88.0
1983	73.0
1984	56.0
1985	78.0
1986	60.0
1987	77.0
1988	70.0
1989	90.0
1990	80.0
1991	71.0
1992	115.0
1993	119.0
1994	89.0
1995	57.0
1996	47.0
1997	90.0
1998	136.0
1999	68.0
2000	67.0
2001	115.0
2002	90.0
2003	126.0
2004	84.0
2005	129.0
2006	85.0
2007	80.0
2008	120.0
2009	97.0

Año	Precipitación (mm)
2010	89.0
2011	96.0
2012	96.0
2013	80.0
2014	96.0
2015	72.0
2016	70.0
2017	88.0
2018	80.0
2019	110.0
2020	73.0
2021	69.0
2022	119.0
Promedio	87.8

Fuente: IDEAM

Las curvas intensidad - duración - frecuencia se calcularon a partir de curvas regionalizadas, teniendo en cuenta la siguiente ecuación¹:

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

En donde:

I: Intensidad de precipitación, mm/h.

T: Periodo de retorno, años.

t: Duración de la lluvia, horas.

M: Promedio de la precipitación máxima anual en 24 horas, mm.

La zona de proyecto se encuentra en la Región 1, cuyos parámetros a, b, c y d son iguales respectivamente a 0.94, 0.18, 0.66 y 0.83.

De esta manera, la ecuación anterior queda:

$$I = 0.94 \left(\frac{T^{0.18}}{t^{0.66}} \right) M^{0.83}$$

Adicionalmente, teniendo en consideración los datos históricos anuales de la precipitación en 24 h en la estación medidora de precipitación, se calcularon diferentes parámetros estadísticos, entre ellos el promedio anual multianual, básico para la definición de las curvas intensidad - duración - frecuencia.

Con los valores de precipitación máxima en 24 horas anual promedio, se grafican las curvas intensidad - duración - frecuencia, para diferentes periodos de retorno, las cuales se presentan en la siguiente figura.

¹ Vargas M. R., Díaz - Granados D. M, "Curvas Sintéticas Regionalizadas de Intensidad - Duración - Frecuencia para Colombia", sin fecha.

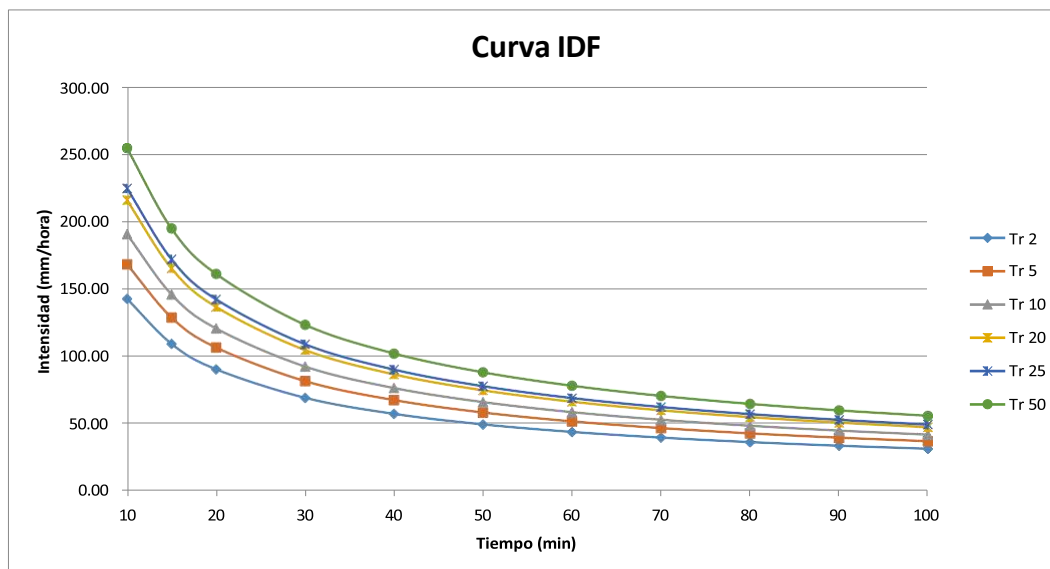


Figura 4. Curvas Intensidad - Duración - Frecuencia

Se ha definido un tiempo de concentración mínimo de 15 minutos, para tener en consideración el tiempo mínimo que tarda la lluvia en concentrarse inicialmente, el cual no tiene en cuenta las características físicas de la cuenca. En la siguiente Tabla se incluyen los tiempos de concentración estimados por diferentes métodos, así como el tiempo de concentración adoptado.

Tabla 5. Tiempos de concentración

Tiempo de concentración (min)							
1. Kirpich	2. V.T. Chow INVIAS	3. Cuerpo Ingenieros EU	4. HATHAWAY	5. Giandotti	6. FAA	Promedio	Seleccionado
5.25	20.65	18.45	28.08	13.40	32.97	19.80	15.00

De acuerdo al tiempo de concentración seleccionado, se calculan las intensidades de lluvia para diferentes periodos de retorno.

Tabla 6. Intensidad de precipitación

Área (km ²)	Tiempo de Concentración Seleccionado (min)	Coeficiente de Escorrentía	Intensidad (mm/hr)
			T= 20 Años
0.243	15.00	0.498	165.17

Caudal máximo instantáneo

Las hoyas hidrográficas menores se consideran como aquellas cuencas que poseen un área de drenaje inferior o inclusive igual a 2.5 km². Por lo tanto, para este tipo de cuencas

es posible emplear el método o fórmula Racional para la definición del caudal máximo instantáneo². El referido método está expresado por la siguiente ecuación:

$$Q = 0.2778 CiA$$

En la cual:

- Q: Caudal máximo de descarga de escorrentía superficial, m³/s.
C: Coeficiente de escorrentía, valor adimensional
i: Intensidad de lluvia, mm/h.
A: Área de drenaje, km².

Finalmente, se calcula el valor del caudal máximo instantáneo de verificación y diseño para el área de drenaje aferente a la vía en el sitio del proyecto, con un periodo de retorno de 20 años, utilizando la fórmula Racional. Los resultados se presentan en la siguiente Tabla.

Tabla 7. Caudal máximo instantáneo

Área (km²)	Tiempo de Concentración Seleccionado (min)	Coeficiente de Escorrentía	Intensidad (mm/hr)	Caudal (m³/s)
				T=20 años
0.243	15.00	0.498	165.17	5.56

² Instituto Nacional de Vías, INVIAS, "Manual de Drenaje para Carreteras", Ministerio de Transporte, Subdirección de Apoyo Técnico, Bogotá D.C., 2009.

DISEÑO HIDRÁULICO

De acuerdo al Manual de Drenaje para Carreteras del INVIAS, se deberán adoptar los siguientes periodos de retorno para el cálculo de caudales máximos instantáneos anuales en obras de drenaje vial:

Tabla 8. Periodos de retorno de diseño en obras de drenaje vial

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

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

Fuente: Manual de drenaje para carreteras INVIAS.

Teniendo en cuenta que la obra hidráulica a proponer es un box culvert de 2.0 m x 2.0 m, para el dimensionamiento de la obra hidráulica proyectada se adopta un periodo de retorno de 20 años.

Para el dimensionamiento de la obra hidráulica, cálculo de sus características geométricas, cálculo de la profundidad normal y de la velocidad media del flujo, se aplica la ecuación de Manning:

$$Q = \frac{AR^{2/3}S^{1/2}}{n}$$

Donde:

Q = Caudal de diseño (m³/s)

A = Área hidráulica (m²)

R = Radio hidráulico (m)

S = Pendiente (m/m)

n = Coeficiente de rugosidad de Manning

La profundidad crítica en la obra hidráulica proyectada se calcula mediante la siguiente ecuación, la cual se aplica para secciones rectangulares:

$$y_c = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{gb^2}}$$

Donde:

b = Ancho de solera (m).

g = Gravedad (m/s²).

Se adopta un ancho de 2.0 m y alto de 2.0 m para realizar el chequeo hidráulico de la obra de drenaje transversal proyectada, los resultados del dimensionamiento se presentan a continuación:

Tabla 9. Chequeo hidráulico box culvert proyectado

Abscisa	Área Afrente	Intensidad	Caudal de diseño Q ₂₀	Tipo de estructura	Ancho	Alto	Pendiente	Prof. Normal	Área mojada	Perímetro mojado	Radio hidráulico	Vel. Media	Prof. Crítica
m	ha	mm/h	m ³ /s		m	m	m/m	m	m ²	m	m	m/s	m
K21+780	24.32	165.17					0.020	0.58	1.15	3.15			

H_w es la carga a la entrada y D el diámetro o altura de la estructura. Las condiciones de sumergencia se presentan para valores de H_w/D mayores al rango 1.20 – 1.50, el cual ha sido establecido de forma experimental. El funcionamiento del box culvert se describe con la siguiente ecuación:

$$H_w = d_c + (1 + K_e) \frac{V_c^2}{2g}$$

Donde:

d_c: Profundidad crítica, en metros (m).

K_e: Coeficiente de pérdidas en la entrada

V_c: Velocidad a la profundidad crítica, en metros por segundo (m/s).

A continuación se presenta el cálculo de la carga a la entrada y a la salida del box culvert proyectado:

Tabla 10. Cálculo de la carga a la entrada y salida

A _{crítica} (m ²)	Vel. Crítica	Número de Froude F	Tipo de flujo	Borde libre	Altura de diseño	Revisión de la condición H>Y _{diseño}	Capacidad	Borde libre	Carga de velocidad crítica	Altura de energía a la entrada	Revisión H _w <1.2D _e	Factor de fricción	Pérdidas de energía	Altura de energía a la salida	Revisión H _w <1.2D _e
	m/s			m	m		m ³ /s	m	m	m			m	m	
1.85	3.01	2.03	Super crítico	0.19	1.12	Cumple	23.98	1.08	0.46	1.48	Cumple	0.02	0.20	2.32	Cumple

De acuerdo al chequeo hidráulico realizado, con las dimensiones propuestas, el box culvert proyectado tiene la capacidad hidráulica suficiente para transportar el caudal de diseño, ya que su capacidad hidráulica supera el caudal de diseño, su altura es mayor a la altura de diseño y la carga a la entrada y a la salida (H_w), es menor al rango recomendado entre (1.2-1.5)H.



Se anexa al presente comunicado el plano de localización e implantación en planta, perfil y secciones transversales, de la obra de drenaje transversal proyectada, Box Culvert de 2.0 m X 2.0 m, Aletas x Aletas y sus detalles.

Cordialmente,

NATHALIA BUITRAGO
Especialista en Hidrología e Hidráulica
M.P. 25202-147745 CND
INGENIERÍA DE VÍAS S.A.S.