

**ESTUDIO HIDROLÓGICO PARA LA DETERMINACIÓN LA  
INTENSIDAD Y CAUDAL A UTILIZAR EN LOS DISEÑOS PARA EL  
MEJORAMIENTO MEDIANTE CONSTRUCCIÓN DE PLACA  
HUELLA DE VÍAS TERCIARIAS DEL MUNICIPIO DE LA  
GLORIA CESAR**

**Solicitó:  
ALCALDÍA MUNICIPAL DE LA GLORIA**

**NOVIEMBRE DE 2017**

# ESTUDIO HIDROLOGICO

## INTRODUCCIÓN

En la realización de proyectos de obras civiles donde se prevea que la variación de caudales afecta el dimensionamiento y funcionamiento de determinadas estructuras, se hace necesario la realización de un estudio hidrológico.

Los estudios hidrológicos en general estudian los procesos que sufre el agua en los escenarios de estudio, en el presente trabajo se realizará el estudio hidrológico para estimar la intensidad que se deberá usar en los tramos del presente proyecto para determinar los caudales en tramo de vía, lo que busca dicho estudio es generar las características para dimensionamiento de las estructura de vías en lo zona interés, para que no se vea afectado por tormentas menores o iguales a la magnitud de las tormentas de diseño.

El presente estudio se realizó con información proveniente de entidades como el IGAC y el IDEAM ya que con esta información se logra buenos resultados y, adicionalmente estas entidades son las que contienen la mayor y mejor información geográfica y climatológica del territorio nacional por lo que algunos resultados pueden ser aplicados a gran parte del área del municipio de **AGUACHICA**, dicha información es específicamente las curvas IDF.

## OBJETIVO

El presente estudio busca determinar la intensidad esperada para la zona de construcción del proyecto **MEJORAMIENTO MEDIANTE CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLA DE VÍAS TERCARIAS DEL MUNICIPIO DE LA GLORIA - CESAR.**

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ☐ Elaboración de las curvas IDF de la zona de estudio Caracterización de drenaje de la zona de estudio.
- ☐ Estimar los caudales del área destinada de las vías de la zona rural del municipio de La Gloria asociada a un periodo de retorno.

## UBICACIÓN

El sitio de obra es en la zona rural del municipio de La Gloria departamento del Cesar, con topografía variada, en gran parte quebrada que obligan a que el agua lluvia se dirija al sector con menor desnivel.

Para el presente estudio se usó la siguiente información:

- Datos de precipitación valores máximos mensuales de precipitación (mm) en 24 horas: pertenecientes a la estación Aguas Claras, entre los años 1975 y 2011, suministrada por el - INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM).

La metodología y fórmulas utilizadas fueron recopiladas y usadas de la bibliografía que se anexa en este documento.

## **METODOLOGÍA**

Para este estudio se realizaron los siguientes procedimientos, que son básicamente la metodología empleada. A continuación se describirán los pasos.

***Características de precipitación:*** La información para la estimación de los caudales de diseño fue obtenida en el IDEAM y corresponde a las **VALORES MÁXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN EN 24 HORAS** (mm) de precipitación de la zona. Se trabajó sólo con datos pluviométricos, la información de esta fue completada con datos promedio mensuales de precipitación en donde no había registros esto con el fin de utilizar toda la información (ver tabla 2). Previamente se verificó que los espacios faltantes de información no representaran valores críticos, es decir que para este dato faltante no se esperara valores extremos. Esto se realizó básicamente verificando que no hubiese una tendencia que perfilara el dato inexistente como el valor máximo o mínimo de la serie.

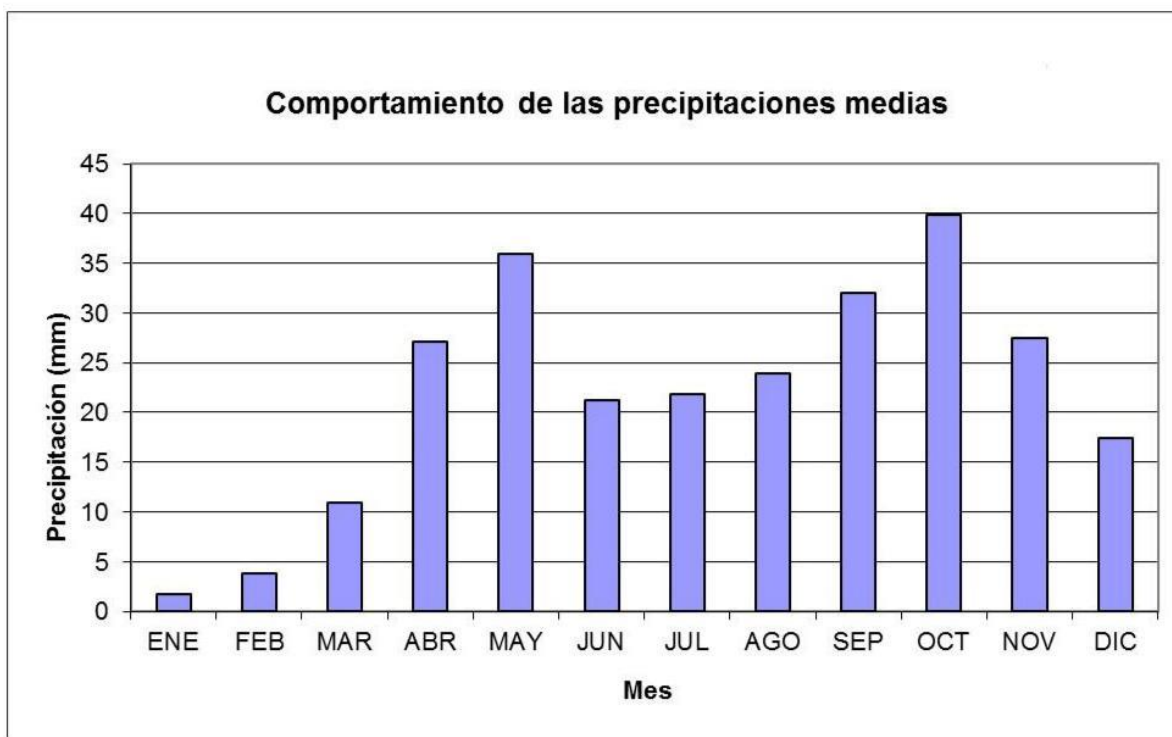
Una vez completada la información se estimó los valores máximos medios y mínimos mensuales y los valores máximos anuales. Con los valores medios mensuales se estableció las épocas de lluvia que se presentaban en la zona de estudio (ver imagen 2). Como se puede observar en la imagen 2 la zona de estudio presenta una distribución de precipitaciones anuales *bimodal*, es decir existen 2 temporadas de lluvia al año, siendo los meses de enero y febrero los más secos y octubre y mayo los más lluviosos. Para el presente estudio lo que realmente interesa son las precipitaciones máximas para realizar los diseños. Por lo anterior se realizara el análisis de caudales sólo para las situaciones máximas.

**Tabla 1. Valores máximos mensuales de precipitación (mm) en 24 horas estación Aguas Claras, Información obtenida a través del IDEAM.**

IDEAM - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES															
SISTEMA DE INFORMACION															
VALORES MAXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACION (mms) EN 24 HORAS															
NACIONAL AMBIENTAL AGUAS															
ESTACION : 23215030 CLARAS															
DEPTO CESAR AGUACHICA MUNICIPIO CORRIENTE BUTURAMA															
FECHA-INSTALACION 1973-SEP															
FECHA-SUSPENSION															
LATITUD 0813 N TIPO EST CO IDEAM REGIONAL 08 ES															
LONGITUD 7336 W ENTIDAD 01 M SANTANDER															
ELEVACION 0208 m.s.n.m ABRI MAYO JUNIO JULIO AGOSTO SEPTIEMBRE OCTUBRE NOVIEMBRE DICIEMBRE VALOR ANUAL															
AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	VALOR ANUAL		
1973	2	01							33.43	59.63	27.3	2.5	59.63		
1974	2	01	13.1	18.5	13.0	45.0	48.0	60.9	60.2	113.9	58.7	83.1	31.4	43.3	113.9
1975	2	01	20.5	1.2	38.5	20.0	37.5	39.2	33.6	44.4	51.0	65.2	28.0	10.0	65.2
1976	2	01	.0	13.4	29.6	84.6			12.6	25.5					84.63
1977	2	01	1.9	8.3	2.5	21.8	71.0	57.1	26.8	43.53	54.0	62.0	18.0		71.03
1978	2	01	16.0	8.1	40.7	39.0	30.0	27.9	31.0	16.2	78.4	17.0	9.0	5.1	78.4
1979	2	01	3.0	12.3			54.0	125.43	90.0	26.0	88.53	36.7	28.6		125.43
1980	2	01	22.5	7.1		46.2	72.0	38.03	43.5	58.0	26.6		11.0	14.0	72.03
1981	2	01	12.0	4.0	17.4	51.4	115.4	66.8	46.6	71.9	25.73	36.2	19.6	24.4	115.43
1982	2	01	15.23	28.2	1.83	70.2	53.4	20.4	64.23		50.93	148.0	13.63	.8	148.03
1983	2	01	2.8	+		72.9	66.03	56.6	58.43	46.23	36.4	44.5	50.1	32.43	72.93
1984	2	01	20.8	19.6	19.0	61.4	42.6	57.4	108.0	55.6	23.7	42.8			108.03
1985	2	01	.0	33.4	16.8	35.5	79.11	34.2	52.2	24.1	49.7	112.2	27.0	7.5	112.2
1986	2	01	4.3	6.1	38.6	56.4	43.1	52.5	9.5	24.81	40.8	24.3	8.83	22.11	56.43
1987	2	01	25.9	2.1	39.7	57.0	42.2	38.0	51.5	50.0	61.5	30.2	57.1	26.8	61.5
1988	2	01	.0	19.91	37.4	30.0	74.61	138.81	41.01	79.0	23.61	51.71	36.21	14.8	138.8
1989	2	01	2.3	6.11	3.1	27.4	88.01	37.61	18.31	30.61	37.5	30.41	54.81	34.9	88.0
1990	2	01	3.2	79.51	6.2	70.9	39.6	67.4	20.51	47.2	45.51	57.7	30.71	70.11	79.5
1991	2	01	.0	29.5	17.4	21.3	53.2	43.0	15.3	13.2	31.7	50.8	4.7	35.8	53.2
1992	2	01	5.5	23.4	18.6	30.2	80.0	49.21	50.31	34.6	76.61	20.81	63.5	10.5	80.0
1993	2	01	89.2	.0	20.4	52.91	90.21	90.2	36.8	50.51	85.4	41.6	14.8	3.4	90.2
1994	2	01	9.1	14.8	33.0	42.5	17.7	35.4	37.9	62.5	69.7	54.8	65.2	19.0	69.7
1995	2	01	64.0	.5	6.9	34.5	53.2	61.6	65.4	64.0	65.4	60.2	27.4	10.4	65.4
1996	2	01	13.8	19.2	33.8	36.6	80.4	75.4	38.01	55.01	51.5	53.8	67.2	71.8	80.4
1997	2	01	13.4	13.2	28.9	24.8	125.2	49.9	8.6	22.8	72.8	59.4	30.2	21.6	125.2
1998	2	01	.0	80.4	7.6	29.6	47.6	60.2	34.6	32.8	49.8	66.2	70.2	66.6	80.4
1999	2	01	20.8	38.6	36.21	29.6	55.4	33.51	35.5	57.01	68.5	42.51	24.51	30.2	68.5
2000	1	01	1.3	26.3	16.2	53.0	36.4	86.2	26.2	26.3	90.2	23.5	29.4	41.2	90.2
2001	1	01	6.0	19.3	35.4	32.83	38.6	7.9	17.7	78.2	23.6	19.9	52.0	47.3	78.23
2002	1	01	9.5	12.3	36.0	62.2	53.2	36.8	60.8	25.3	60.6	51.5	24.4	73.4	73.4
2003	1	01	.0	4.4	24.2	30.2	26.2	75.2	33.2	37.2	40.0	44.5	119.7	22.4	119.7
2004	1	01	4.2	27.6	29.5	81.2	46.5	18.2	50.2	28.7	21.4	23.2	32.4	10.2	81.2
2005	1	01	3.5	5.6	34.6	50.2	93.5	46.0	47.2	50.0	76.4	58.2	58.4	9.5	93.5
2006	1	01	36.2	.0	11.2	47.2	50.4	41.6	47.4	51.8	34.2	26.4	30.6	20.2	51.8
2007	1	01	.0	.0	29.2	29.43	51.4	20.2	50.2	44.63	45.7	44.5	73.5	50.0	73.53
2008	1	01	10.2	48.23	11.23	41.23	42.5	26.8	38.3	25.8	28.8	37.8	71.0	10.5	71.03
2009	1	01	2.7	8.0	34.0	14.7	30.0	36.6	18.5	61.9	37.9	114.9			114.93
2010	1	01	.0	2.8	27.83	73.6	78.5	71.9	57.0	55.8	95.3	24.2	36.5	22.4	95.33
2011	1	01	8.0	58.0	26.5	31.9	20.0	32.9	19.53	19.53	28.5	60.0	32.6	17.2	60.03
2012	1	01	*												
2013	1	01										6.23	33.4		33.43
2014	1	01	9.6	33.4	12.2	55.4	22.2	47.2	27.5	33.2	40.6	73.3		73.8	73.83
2015	1	01	17.6	23.6	58.2	16.4	37.5	50.5	36.2	25.6	26.4	35.6	70.0	12.6	70.0
2016	1	01	6.6	.0	7.8	42.6	47.0	36.2							47.03
MEDIO S															
	12.1	18.9	23.7	43.8	55.9	49.5	42.1	45.2	48.0	52.3	38.5	27.7			38.2
MAXIMO S															
	89.2	80.4	58.2	84.6	125.2	138.8	125.4	113.9	95.3	148.0	119.7	73.8			148.0
MINIMOS															
	0.0	0.0	1.8	14.7	17.7	7.9	8.6	12.6	21.4	17.0	4.7	0.8			0.0

I D E A M -		INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES					INFORMACION	
		VALORES MAXIMOS		MENSUALES DE PRECIPITACION (mms)			SISTEMA DEN	
				EN 24 HORAS			NACIONAL AMBIENTAL	
FECHA DE PROCESO : 2016/11/02							ESTACION : 23215030 AGUAS CLARAS	
LATITUD	0813 N	TIPO EST	CO	DEPTO	CESAR	FECHA-INSTALACION 1973-SEP		
LONGITUD	7336 W	ENTIDAD	01 IDEAM	MUNICIPIO	AGUACHICA	FECHA-SUSPENSION		
ELEVACION	0208 m.s.n.m	REGIONAL	08 SANTANDERES	CORRIENTE	BUTURAMA			

AÑO	EST	ENT	ENERO *	FEBRE *	MARZO *	ABRIL *	MAYO *	JUNIO *	JULIO *	AGOST *	SEPTI *	OCTUB *	NOVIE *	DICIE *	VR ANUAL *
*****															
1973	2	01									105.5 3	123.0 3	84.5	6.5	319.5 3
1974	2	01	13.1	57.1	30.4	131.5	182.9	157.3	97.3	250.2	183.9	239.3	159.8	43.3	1546.1
1975	2	01	20.5	1.2	72.3	52.5	126.7	137.4	136.0	170.0	170.5	258.4	100.7	34.3	1280.5
1976	2	01	.0	16.9	73.3	205.6	188.3 8	150.9 8	120.4 8	48.8	101.9	188.2 8	79.1 8	32.4 8	1205.8
1977	2	01	1.9	8.5	5.2	52.5	181.0	214.3	125.0	185.7 3	97.4	302.4	42.5	34.3 8	1250.7 3
1978	2	01	18.4	13.6	149.1	112.3	159.3	131.4	72.4	89.0	274.8	94.6	20.6	13.9	1149.4
1979	2	01	3.0	17.6	50.1 8	140.5 8	196.4 8	246.3	228.5 3	237.8	124.4	322.0 3	113.4	54.9	1734.9
1980	2	01	37.5	14.2	52.7 8	128.7	167.2	82.5 3	160.0	209.8	141.9	170.1	44.7	34.4	1243.7 3
1981	2	01	16.8	4.0	39.7	176.1	293.6	258.8	104.7	269.3	117.0 3	171.4	80.5	38.8	1570.7 3
1982	2	01	22.1 3	78.3	2.7 3	248.0	333.4	66.6	85.6 3	169.1 8	161.9 3	273.5	42.7 3	.8	1484.7 3
1983	2	01	3.5	+	*	225.3	236.4 3	133.9	166.0 3	240.4 3	105.6	168.8	103.2	37.7 3	1420.8 3
1984	2	01	25.7	32.9	23.2	175.2	117.5	218.1	231.1	114.7	112.7	208.0	82.0 3	37.0 8	1378.1 3
1985	2	01	.0	38.0	17.5	154.0	211.1	79.8	102.4	99.4	237.6	185.8	81.2	16.5	1223.3
1986	2	01	7.8	9.7	118.0	164.3	139.8	148.7	22.7	112.1	165.7	148.4	19.9 3	23.8	1080.9 3
1987	2	01	25.9	2.6	58.9	181.7	92.0	136.0	152.2	105.5	238.5	125.7	131.2	49.4	1299.6
1988	2	01	.0	30.8	37.4	60.1	265.1	383.6	132.4	243.1	107.8	116.3	123.5	25.4	1525.5
1989	2	01	3.8	14.4	6.1	74.7	168.2	145.4	76.9	141.1	104.9	112.9	110.6	63.5	1022.5
1990	2	01	3.9	84.6	15.7	196.0	125.8	125.4	65.6	126.2	231.2	287.0	81.1	70.7	1413.2
1991	2	01	.0	30.2	52.9	88.9	210.2	140.1	64.5	47.4	136.1	147.8	11.9	43.0	973.0
1992	2	01	10.9	44.6	41.5	100.2	282.4	101.8	126.7	105.6	237.7	72.0	131.4	10.5	1265.3
1993	2	01	133.6	.0	29.0	156.6	201.7	156.9	154.0	119.5	158.2	185.1	62.5	6.6	1363.7
1994	2	01	15.1	55.4	88.4	126.8	112.3	107.8	154.1	158.1	309.9	200.9	159.6	39.4	1527.8
1995	2	01	65.7	.5	15.2	155.3	167.0	208.6	237.8	244.0	239.7	139.4	69.2	44.0	1586.4
1996	2	01	16.0	66.7	135.3	114.4	323.0	208.2	111.5	314.9	222.6	161.2	86.0	178.8	1938.6
1997	2	01	23.4	34.0	58.3	80.2	235.2	170.6	19.2	64.3	264.9	145.9	39.6	40.9	1176.5
1998	2	01	.0	102.6	17.9	121.6	159.5	176.9	152.3	186.5	162.3	281.5	161.3	106.6	1629.0
1999	2	01	21.0	95.5	74.3	129.2	204.8	105.5	151.3	251.7	241.6	256.0	35.9	46.3	1613.1
2000	1	01	1.3	41.5	27.3	112.9	151.6	307.4	80.7	65.8	388.7	92.9	107.0	125.3	1502.4
2001	1	01	7.6	20.4	84.1	81.5 3	145.3	49.0	70.0	208.7	143.4	66.0	139.4	64.1	1079.5 3
2002	1	01	9.6	18.9	63.5	236.7	85.7	121.4	136.9	90.2	164.2	224.5	96.5	73.4	1321.5
2003	1	01	.0	4.4	53.6	91.4	103.5	255.2	154.8	130.4	182.3	136.6	184.0	24.8	1321.0
2004	1	01	4.2	27.6	29.5	178.0	150.3	29.1	128.2	85.8	132.1	115.7	98.0	14.4	992.9
2005	1	01	3.5	5.6	76.4	135.7	181.0	164.8	163.1	141.0	195.7	171.3	200.6	17.5	1456.2
2006	1	01	69.2	.0	34.2	188.5	193.0	138.3	111.7	130.6	107.5	119.8	109.3	32.4	1234.5
2007	1	01	.0	.0	77.9	160.7 3	220.6	52.1	157.2	249.9 3	170.8	112.4	123.3	81.3	1406.2 3
2008	1	01	12.6	95.0 3	15.9 3	192.9 3	227.8	90.1	156.8	102.4	137.2	133.8	225.2	14.0	1403.7 3
2009	1	01	2.7	11.0	123.3	25.7	153.4	130.6	54.6	222.7	137.0	199.0			1060.0 3
2010	1	01	.0	8.1	53.8 3	238.0	225.0	178.8	217.6	316.8	377.1	88.3	122.1	69.8	1895.4 3
2011	1	01	26.5	156.2	78.0	164.9	105.7	169.7	76.4 3	75.6 3	100.3	190.3	87.2	34.9	1265.7 3
2012	1	01	*												
2013	1	01											18.2 3	38.8	57.0 3
2014	1	01	17.0	94.2	30.8	137.0	127.0	98.2	100.4	54.3	121.1	350.2		85.6	1215.8 3
2015	1	01	20.4	35.9	102.8	65.1	107.1	94.9	115.6	116.6	118.6	208.1	159.0	12.6	1156.7
2016	1	01	6.6	.0	7.8	95.1	226.0	148.6							484.1 3
MEDIO S			16.4	34.3	53.1	138.0	182.5	151.7	124.4	157.4	176.4	177.9	98.2	44.5	1354.7
MAXIMOS			133.6	156.2	149.1	248.0	333.4	383.6	237.8	316.8	388.7	350.2	225.2	178.8	388.7
MINIMOS			0.0	0.0	2.7	25.7	85.7	29.1	19.2	47.4	97.4	66.0	11.9	0.8	0.0



**Imagen 2. Comportamiento promedio mensual durante los años de registro, la gráfica muestra los valores medios de precipitación para cada mes.**

A los datos de precipitación suministrados por el IDEAM, se les realizó un análisis estadístico para determinar los parámetros consignados en la tabla 3:

**Tabla 3. Parámetros estadísticos de la serie de máximas de precipitaciones anuales en cada mes.**

Media aritmética	55.2
Desviación Estándar	22.0
my	0.542
sy	1.134

Con los resultados de la tabla 3 y los valores máximos anuales de precipitación diaria (ver tabla 2) se realizó un análisis de distribución *Gumbel*. La herramienta usada para este análisis fue una calculadora en Excel para valores extremos obtenida en la red de internet (ver referencia 7). Se usó este tipo de distribución *Gumbel* ya que esta ofrece buenos resultados para valores extremos máximos. Con este análisis se encontró los siguientes valores de precipitación para periodos de retorno consignados en la tabla 4.

**Tabla 4. Valores de precipitación para diferentes periodos de retorno con datos obtenidos en la estación EL CONEJO.**

Tr	Pmax 24 hs
2	52
5	74
10	88
15	97
20	102
25	107
50	121
100	134
200	148

### **Curvas IDF**

Las curvas Intensidad - Duración - Frecuencia son el resultado de ajustar puntos representativos de intensidad en intervalos de duración diferentes, correspondientes a registros históricos de precipitación para una estación determinada. Cuando no se cuenta con información suficiente o confiable, se pueden construir las curvas IDF utilizando métodos sintéticos, cuyos parámetros han sido regionalizados por zonas en Colombia.

Para el presente estudio, se utilizó la metodología propuesta por Vargas y Díaz-granados 1998. En este estudio se dedujeron curvas intensidad-duración-frecuencia por correlación con la precipitación máxima promedio anual en 24 horas, el número promedio de días de lluvia al año, la precipitación total media anual y la elevación de la estación. La mejor correlación obtenida, sin embargo, fue la que se obtuvo con la precipitación máxima promedio anual en 24 horas en una estación, y es la que se propone para los estudios, además de que es la más sencilla de utilizar (Manual de Drenaje para Carreteras 2009 INVÍAS). La expresión resultante está dada por:

$$I(mm/h) = a \cdot \frac{T^b}{t^c} M^d$$

*Dónde:*

*I:* Intensidad de precipitación, en milímetros por hora (mm/h). *T:* Periodo de retorno, en años.

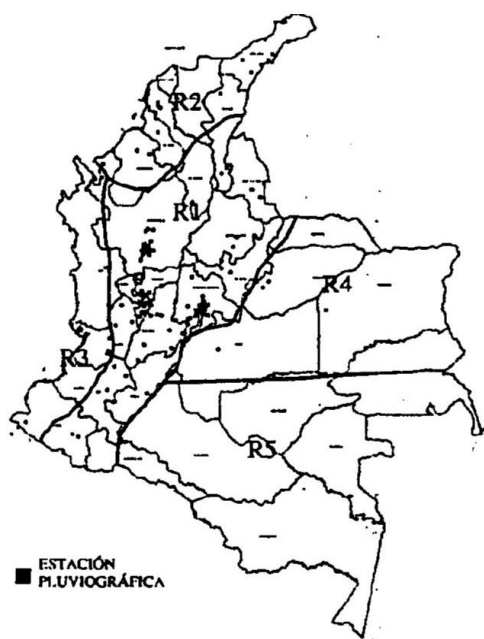
*M:* Precipitación máxima promedio anual en 24 h a nivel multianual *t:* Duración de la lluvia, en minutos (min).

*a, b, c, d: Parámetros de ajuste de la regresión. Estos parámetros fueron regionalizados como se presenta en la imagen 4, y sus valores representan en la Tabla 5.*

**Tabla 5. TABLA. 1. Valores de los coeficientes *a, b, c* y *d* para el cálculo de las curvas intensidad-duración-frecuencia, IDF, para Colombia**

REGIÓN	a	b	c	d
ANDINA R1	0.94	0.18	0.66	0.83
CARIBE R2	24.85	0.22	0.5	0.1
PACIFICO R3	13.92	0.19	0.58	0.2
ORINOQUIA R4	5.53	0.17	0.63	0.42

Aplicando la metodología de VARGAS Y DÍAZ - GRANADOS explicada y Resolviendo la ecuación para distintos tiempos de concentración resulta la tabla 6. Con los resultados de intensidades para diferentes tiempos, estos tiempos en el momento de aplicación del método racional se ubicaran como el tiempo de concentración calculado para el cauce en estudio.



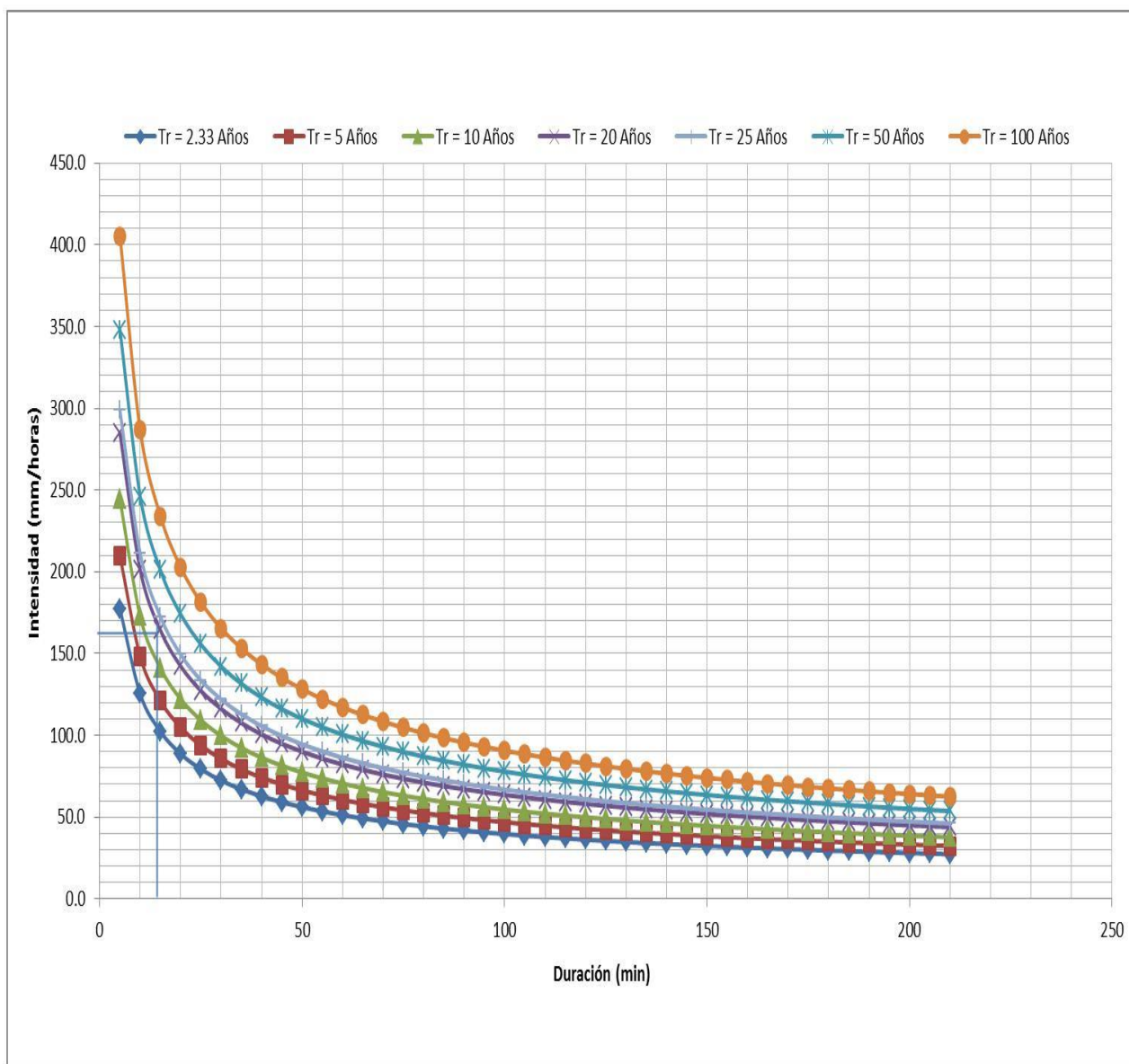
**Imagen 3. Regionalización de parámetros para estimación de IDF sintéticas según la metodología de VARGAS Y DÍAZ - GRANADOS**



**Tabla 6. Valores de intensidad para diferentes periodos de retorno y diferentes tiempos de concentración.**

<b>t (min)</b>	<b>2.33</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>20</b>	<b>25</b>	<b>50</b>	<b>100</b>
<b>5</b>	177.3	209.7	244.3	267.1	284.5	298.8	348.1	405.4
<b>10</b>	125.4	148.3	172.7	188.8	201.2	211.3	246.1	286.7
<b>15</b>	102.4	121.1	141.0	154.2	164.3	172.5	200.9	234.1
<b>20</b>	88.6	104.9	122.1	133.5	142.3	149.4	174.0	202.7
<b>25</b>	79.3	93.8	109.2	119.4	127.2	133.6	155.7	181.3
<b>30</b>	72.4	85.6	99.7	109.0	116.2	122.0	142.1	165.5
<b>35</b>	67.0	79.3	92.3	100.9	107.5	112.9	131.6	153.2
<b>40</b>	62.7	74.1	86.4	94.4	100.6	105.7	123.1	143.3
<b>45</b>	59.1	69.9	81.4	89.0	94.8	99.6	116.0	135.1
<b>50</b>	56.1	66.3	77.2	84.5	90.0	94.5	110.1	128.2
<b>55</b>	53.5	63.2	73.7	80.5	85.8	90.1	104.9	122.2
<b>60</b>	51.2	60.5	70.5	77.1	82.1	86.3	100.5	117.0
<b>65</b>	49.2	58.2	67.7	74.1	78.9	82.9	96.5	112.4
<b>70</b>	47.4	56.1	65.3	71.4	76.0	79.9	93.0	108.3
<b>75</b>	45.8	54.2	63.1	69.0	73.5	77.2	89.9	104.7
<b>80</b>	44.3	52.4	61.1	66.8	71.1	74.7	87.0	101.3
<b>85</b>	43.0	50.9	59.2	64.8	69.0	72.5	84.4	98.3
<b>90</b>	41.8	49.4	57.6	62.9	67.1	70.4	82.0	95.6
<b>95</b>	40.7	48.1	56.0	61.3	65.3	68.6	79.8	93.0
<b>100</b>	39.6	46.9	54.6	59.7	63.6	66.8	77.8	90.6
<b>105</b>	38.7	45.8	53.3	58.3	62.1	65.2	76.0	88.5
<b>110</b>	37.8	44.7	52.1	56.9	60.7	63.7	74.2	86.4
<b>115</b>	37.0	43.7	50.9	55.7	59.3	62.3	72.6	84.5
<b>120</b>	36.2	42.8	49.9	54.5	58.1	61.0	71.0	82.7
<b>125</b>	35.5	41.9	48.9	53.4	56.9	59.8	69.6	81.1
<b>130</b>	34.8	41.1	47.9	52.4	55.8	58.6	68.3	79.5
<b>135</b>	34.1	40.4	47.0	51.4	54.8	57.5	67.0	78.0
<b>140</b>	33.5	39.6	46.2	50.5	53.8	56.5	65.8	76.6
<b>145</b>	32.9	38.9	45.4	49.6	52.8	55.5	64.6	75.3
<b>150</b>	32.4	38.3	44.6	48.8	51.9	54.6	63.5	74.0
<b>155</b>	31.8	37.7	43.9	48.0	51.1	53.7	62.5	72.8
<b>160</b>	31.3	37.1	43.2	47.2	50.3	52.8	61.5	71.7
<b>165</b>	30.9	36.5	42.5	46.5	49.5	52.0	60.6	70.6
<b>170</b>	30.4	36.0	41.9	45.8	48.8	51.2	59.7	69.5
<b>175</b>	30.0	35.4	41.3	45.1	48.1	50.5	58.8	68.5
<b>180</b>	29.5	35.0	40.7	44.5	47.4	49.8	58.0	67.6

Al graficar estos valores obtenemos las curvas IDF sintéticas de la zona de estudio (ver imagen 5) Siendo estas curvas IDF, las curvas de precipitación características de la zona de estudio. De estas curvas se estimara el valor de precipitación esperado para el periodo de diseño de las vías. Se generó curvas de IDF sintéticas por la falta de información pluviográfica. Sin embargo las curvas sintéticas son la mejor opción para acercarse a valores, de los que se esperarían si se realizara unas curvas IDF convencionales con información pluviográfica, en la imagen 5 se plasman estas curvas.



**Imagen 1. Grafica las curvas de IDF sintéticas según la metodología de VARGAS Y DÍAZ – GRANADOS**

Se escoge como periodo de retorno para la elección de las curvas IDF, el periodo de 20 años de acuerdo con las recomendaciones consignadas en la tabla 7 tomada del manual de drenaje para carreteras del INVÍAS para este tipo de obras.

**Determinación del caudal de diseño:** Para la determinación del caudal de diseño, se usó el método racional, es la metodología más utilizada en hidrología para la generación de caudales de diseño para obras de drenaje rural. Se aconseja utilizar ésta en cuencas menores a 2.5 km<sup>2</sup>, ya que se utiliza las

hipótesis siguientes: como (i) Se supone que el coeficiente de escorrentía es constante en toda el área de intervención del espacio pública la cuenca (ii) No se tiene en cuenta el almacenamiento del agua (iii) Se asume que la intensidad de la lluvia en la cuenca es constante. A continuación se muestra la ecuación del método racional (Chow, 1994).

$$Q=0.0278 \times C \times I \times A \text{ O } C \times I \times A$$

Dónde:

$Q$  = Caudal Máximo ( $m^3/s$ ).

$C$  = Coeficiente de escorrentía: Es la relación entre el volumen total de agua que se precipita y el volumen real de escorrentía producida, después de descontar las pérdidas por almacenamiento, retención e infiltración propia de cada cuenca, esto depende de: (i) porcentaje de permeabilidad, (ii) pendiente, (iii) características de encharcamiento de la superficie. En la tabla 15.1.1 del libro Hidrología Aplicada (Chow, 1994), se muestran coeficientes de escorrentía para cada una de las características del suelo y su período de retorno.

$I$  = La intensidad de la lluvia (mm/h) o (m/s), es la tasa promedio de lluvia en milímetros por hora para una cuenca o subcuenta de drenaje particular (Chow, 1994).

$A$  = Área de drenaje (ha) O  $km^2$

0.00278 = constante que resulta de convertir la intensidad a metros por segundo (m/s) y el área de drenaje en hectáreas (ha) a metros cuadrados ( $m^2$ ). Esta constante se usa para realizar las conversiones mencionadas, en todo caso lo que se requiere es trabajar en las mismas unidades cada parámetro.

Para la determinación del coeficiente  $c$  de escorrentía se tomó de la tabla 7 propuesta en el ras 2000, laderas de vegetación  $c=0.3$

**Tabla 7, valores de coeficientes de permeabilidad para distintos usos**

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA O IMPERMEABILIDAD (RAS 2000)				
	Descripción	min	max	C
1	Cubiertas	0.75	0.95	0.85
2	Pavimento asfáltico y superficie de concreto	0.70	0.95	0.83
3	Vías adoquinadas	0.70	0.85	0.78
4	Zona Comercial o Industrial	0.60	0.95	0.78
5	Residencial con casas contiguas, predominio de zonas duras	0.75	0.75	0.75
6	Residencial multifamiliar con bloques contiguos y zonas duras entre estos	0.60	0.75	0.68
7	Residencial unifamiliar con casas contiguas, predominio de jardines	0.40	0.60	0.50
8	Residencial con casas rodeadas de jardines o multifamiliar apreciablemente separados	0.45	0.45	0.45
9	Residencial con predominio de zonas verdes y parques-cementerios	0.30	0.30	0.30
10	Laderas desprotegidas de vegetación	0.60	0.60	0.60
11	Laderas protegidas de vegetación	0.30	0.30	0.30
12	Parques recreacionales	0.20	0.35	0.28

Para el presente proyecto se tomara como tiempo de concentración para determinar la intensidad de diseño, un  $T=15$  minutos, la intensidad de diseño es 160 mm/h, luego los caudales a esperar para el área de intervención del espacio público en un periodo de retorno de 50 años se refleja en la tabla 8

**Tabla 8 resultado de estimación de caudales para cada tramo de vía en la zona de interés**

TRAMO	AREA m <sup>2</sup>	INTENSIDAD DE DISEÑO (m/s)	COEFICIENTE DE ESCORRENTIA	CAUDAL DE DISEÑO (c x i x A)m <sup>3</sup> /S
1	60937	4,4444E-05	0,3	0,81

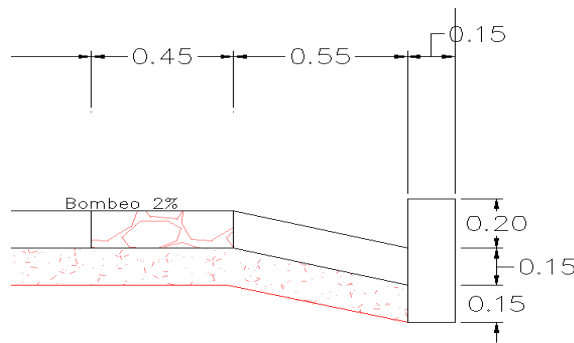
**El caudal esperado es de 0,81 m<sup>3</sup>/s (Mayor valor promedio por tramo)**

## VERIFICACIÓN DE CAPACIDAD HIDRÁULICA DE LA PLACA HUELLA

Dado que se debe verificar que los bordillos asumidos y el ancho de la placa huella evacuen por escorrentía superficial el caudal de diseño se procederá a constatar con la fórmula de Manning para canal trapezoidal que la sección cumple con esta solicitud de evacuar el caudal de diseño que resulto del estudio hidrológico.

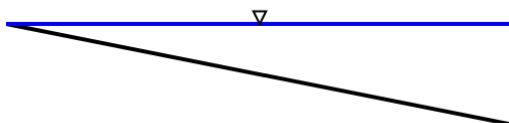
En el caso de la placa huella de vías terciarias del Municipio de La Gloria, se tiene que la sección es:

- Para el cálculo se toma la sección del tramo de placa huella más largo. (609.37 mts)
- 2 Secciones triangulares B=0,55m; H=0,20m
- Ancho de vía= 4,70 m
- Coeficiente de rugosidad manning =0.014
- Pendiente promedio=0.143 m/m
- Caudal de diseño= 0,81 m<sup>3</sup>/s



Una vez ingresados los datos a la fórmula de Manning nos arroja los siguientes resultados:

Set units: <input type="button" value="m"/> <input type="button" value="mm"/> <input type="button" value="pies"/> <input type="button" value="pulgadas"/>			Resultados:	
Anchura de la base	<input type="text" value="0.45"/>	<input type="text" value="m"/>	Área del flujo	0.10 m <sup>2</sup>
Pendiente de lado 1 (horizontal / vertical)	5		Perímetro mojado	1.22 m
Pendiente de lado 2 (horizontal / vertical)	0		Radio hidráulico	0.08 m
Rugosidad según Manning, n ?	0.014		Velocidad, v	5.10 m/s
Pendiente de canal (vertical / horizontal)	0.143	<input type="text" value="vert./horiz."/>	Caudal, q	0.51 m <sup>3</sup> /s
Profundidad de flujo	0.2	<input type="text" value="m"/>	Presión (en M.C.As) por velocidad de flujo, h <sub>v</sub>	1.32 m
Bend Angle? (for riprap sizing)			Ancho de lámina libre, T	1.00 m
Stone specific gravity (2.65)			Número de Froude, F	5.17
			Tensión tangencial (fuerza de tracción), tau	280.45 N/m <sup>2</sup>
			Tamaño de roca basado en la dada rugosidad Manning	0.00 m
			Tamaño de roca requerido en el fondo, D50, Maricopa County	0.26 m
			Tamaño de roca requerido en el lado 1, D50, Maricopa County	0.26 m
			Tamaño de roca requerido en el lado 2, D50, Maricopa County	0.26 m
			Tamaño de roca requerido, D50, según Maynard, Ruff, y Abt (1989)	NaN m
			Tamaño de roca requerido, D50, según Searcy (1967)	0.57 m



De lo anterior se observa un caudal de 0,51 m<sup>3</sup>/seg por cuneta. De lo cual se puede verificar que el máximo caudal que puede evacuar ambas secciones es de **1,02 m<sup>3</sup>/s** por lo cual se puede concluir que:

La altura de bordillos asumidos para el diseño de la vía cumple con la función de evacuar por escorrentía superficial debido a que el caudal máximo que puede conducir la sección transversal del pavimento es mayor al caudal de diseño estimado en el estudio hidrológico.

**Caudal máximo sección transversal > Caudal de diseño**  
**1,02 m<sup>3</sup>/s > 0,81 m<sup>3</sup>/s**

## **CONCLUSIÓN**

El estudio realizado muestra el caudal de diseño que se deber usar para realizar cualquier dimensionamiento. Se escoge el periodo de retorno de 50 años para garantizar que el dimensionamiento no sea vulnerado por tormentas que se esperan

La intensidad encontrada es media debido a que el tiempo de concentración se presume que es casi inmediato, sin embargo estos resultados son los valores esperados en estos tipos de diseños, es decir valores de caudal medios.

La intensidad estimada se puede extrapolar para varias zonas cercanas al municipio de La Gloria, ya que fue realizada con unas estaciones pluviograficas que es la que monitorea toda esta zona.

**DANIS DAMIAN LAZARO ROBLES**

Ingeniero Civil

C.C. No. 1.063.563.067

M.P. No. 54202-363759 NTS