

T. 5/69  
R1735

**TRABAJO DE GRADO**

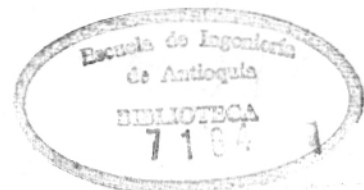
**SERVICIO SOCIAL REALIZADO EN EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN  
DEPARTAMENTO HABILITACIÓN VIVIENDAS Y CORREGIMIENTOS Y  
VEREDAS**

**FACTIBILIDAD Y DISEÑO CONCEPTUAL DE UN ACUEDUCTO  
MULTIVEREDAL EN EL MUNICIPIO DE ITAGÜÍ**

**Por**

**MARCELA INÉS RAMÍREZ PELÁEZ  
DAVID ANDRÉS JARAMILLO JARAMILLO**

**ESCUELA DE INGENIERÍA DE ANTIOQUIA  
Envigado  
1.996**



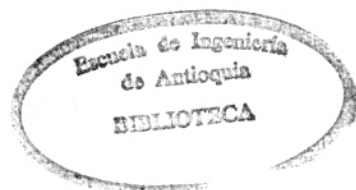
T. 5/69  
R1735.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Las Empresas Públicas de Medellín, a la División Proyectos Acueducto y Alcantarillado, al Departamento Habitación Viviendas y Corregimientos y Veredas, al Ingeniero Ricardo León Villa Arroyave Jefe del Departamento por brindarnos la oportunidad de participar en la realización de este proyecto.

También a todo el personal del Departamento Habitación Viviendas y Corregimientos y Veredas y en especial a los ingenieros Juan Camilo Hurtado R. y Carlos Mauricio Bernal R. quienes en todo momento nos brindaron su apoyo y asesoría.

Al Departamento de Hidrometría e Instrumentación y al Ingeniero Hector Pizarro D. por la colaboración prestada en los cálculos hidrológicos.



## **1. ESTUDIO DE CAUDALES MÁXIMOS**

En esta sección se presentan los estudios de los caudales máximos para la cuenca en estudio.

Los métodos empleados para la evaluación fueron:

- J. R. Williams y R. W. Hann - HYMO
- Snyder
- Racional

Las alternativas planteadas son las siguientes:

- Alternativa 1: Cota de salida (Bocatoma): 1870 msnm
- Alternativas 2 y 3: Cota de salida (Bocatoma): 1900 msnm
- Alternativas 4 y 5: Cota de salida (bocatoma): 1930 msnm

Para llevar a cabo el estudio, se recolectó información cartográfica en escala 1:25000 : Planchas 146-II-C y 146-IV-A, correspondientes a la zona de interés, para determinar los parámetros geomorfológicos propios de la cuenca involucrados en el desarrollo de cada método.

A continuación se presenta la solución de los 3 métodos para cada una de las alternativas planteadas.

## 1.1 MÉTODO RACIONAL

### 1.1.1 ALTERNATIVA 1

#### 1.1.1.1 CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA:

Área de drenaje (A): 3624 ha.  
Pendiente promedio de la cuenca (P): 0,52  
Coeficiente de Impermeabilidad ( I ): 0,60  
Coeficiente de escorrentía (C): 0,36  
Tiempo de concentración en minutos: 88,69

Los parámetros de las hipérbolas de intensidad correspondientes a la estación San Antonio de Prado son:

Tr	Coef. C	Coef. h	Coef. m
5	21973,75	32	-1,34471
25	11629,01	20	-1,19038
50	11495,52	18	-1,17556
100	10953,22	16	-1,15445

La intensidad está dada por la siguiente expresión:

$$i = \text{Coef. C} * (h + T_c)^m$$

donde:

i: Intensidad en mm/h  
T<sub>c</sub>: Tiempo de concentración en minutos.

Nota:  $i[l/ha*s] = i[mm/h] * 100/36$

#### 1.1.1. 2 CÁLCULO DE LOS CAUDALES PARA LAS CRECIENTES DE DISEÑO

Para el cálculo de los caudales de la creciente se utiliza la siguiente expresión:

$$Q = C * i * A$$

Donde:

C: Coeficiente de escorrentía.  
i: Intensidad de la lluvia en l/ha\*s  
A: Área de drenaje en ha.

<b>Tr (años)</b>	<b>Intensidad de lluvia (l/ha*s) Duración 90 min</b>
5	96,9
25	121,7
50	131,8
100	141,7

Los caudales de las crecientes corresponden a los valores de la siguiente tabla:

<b>Tr (años)</b>	<b>Caudal de la creciente de diseño (m3/s). Duración 90 min.</b>
5	195.3
25	245.3
50	265.6
100	285.5

### 1.1.2 ALTERNATIVAS 2 y 3

#### 1.1.2.1 CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA:

Área de drenaje (A): 2696 ha.  
Pendiente promedio de la cuenca (P): 0,514  
Coeficiente de Impermeabilidad ( I ): 0.60  
Coeficiente de escorrentía (C): 0,36  
Tiempo de concentración en minutos: 79,51

Los parámetros de las hipérbolas de intensidad correspondientes a la estación San Antonio de Prado son:

Tr	Coef. C	Coef. h	Coef. m
5	21973,75	32	-1,34471
25	11629,01	20	-1,19038
50	11495,52	18	-1,17556
100	10953,22	16	-1,15445

La intensidad está dada por la siguiente expresión:

$$i = \text{Coef. C} * (h + T_c)^m$$

donde:

i: Intensidad en mm/h  
T<sub>c</sub>: Tiempo de concentración en minutos.

Nota:  $i[\text{l/ha*s}] = i[\text{mm/h}] * 100/36$

#### 1.1.2.2 CÁLCULO DE LOS CAUDALES PARA LAS CRECIENTES DE DISEÑO

Para el cálculo de los caudales de la creciente se utiliza la siguiente expresión:

$$Q = C * i * A$$

Donde:

C: Coeficiente de escorrentía.  
i: Intensidad de la lluvia en l/ha\*s  
A: Área de drenaje en ha.

<b>Tr (años)</b>	<b>Intensidad de lluvia(l/ Ha*s) Duración 90 min</b>
5	107,785
25	135,213
50	146,548
100	157,533

Los caudales de las crecientes corresponden a los valores de la siguiente tabla:

<b>Tr (años)</b>	<b>Caudal de la creciente de diseño (m3/s)Duración 90 min.</b>
5	161.5
25	202.6
50	219.6
100	236.0

### 1.1.3 ALTERNATIVAS 4 y 5

#### 1.1.3.1 CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA:

Área de drenaje (A): 2446 ha.  
Pendiente promedio de la cuenca (P): 0,508  
Coeficiente de Impermeabilidad ( I ): 0,60  
Coeficiente de escorrentía (C): 0,36  
Tiempo de concentración en minutos: 75,6

Los parámetros de las hipérbolas de intensidad correspondientes a la estación San Antonio de Prado son:

Tr	Coef. C	Coef. h	Coef. m
5	21973,75	32	-1,34471
25	11629,01	20	-1,19038
50	11495,52	18	-1,17556
100	10953,22	16	-1,15445

La intensidad está dada por la siguiente expresión:

$$i = \text{Coef. C} * (h + T_c)^m$$

donde:

i: Intensidad en mm/h  
T<sub>c</sub>: Tiempo de concentración en minutos.

$$\text{Nota: } i[\text{l/ha*s}] = i[\text{mm/h}] * 100/36$$

#### 1.1.3.2. CÁLCULO DE LOS CAUDALES PARA LAS CRECIENTES DE DISEÑO

Para el cálculo de los caudales de la creciente se utiliza la siguiente expresión:

$$Q = C * i * A$$

Donde:

C: Coeficiente de escorrentía.  
i: Intensidad de la lluvia en l/ha\*s  
A: Area de drenaje en ha.

<b>Tr (años)</b>	<b>Intensidad de lluvia (l/ha*s) Duración 90 min.</b>
5	113,0846
25	141,8217
50	153,7705
100	165,3214

Los caudales de las crecientes corresponden a los valores de la siguiente tabla:

<b>Tr</b>	<b>Caudal de la creciete de diseño (m3/s) Duración 90 min.</b>
5	153.6
25	196.7
50	208.9
100	224.6

## 1.2. METODO DE SNYDER.

### 1.2.1 ALTERNATIVA 1

#### 1.2.1.1 Parámetros de la cuenca:

Los parámetros obtenidos a partir de la información cartográfica son los siguientes:

Area de la cuenca:(A) = 36,24 km<sup>2</sup> = 14,156 mi<sup>2</sup>.  
Longitud de la cuenca:(L) = 11,1 km = 6,9125 mi  
Longitud al centroide:(Lca) = 0,196 km = 0,1225 mi

#### 1.2.1.2 Parámetros del hidrograma unitario de Snyder.

Ct=0.420  
Cp=0.493  
Tp = Ct\*(L\*Lca)<sup>0.3</sup> = 0,40 hr = 24 min.  
Tr = Tp/5.5 = 0,073 hr = 4,4 min.  
Tr' = (Escogida) = 0,250 hr = 15 min.  
Tpr' = Tp + 0.25\*(Tr' - Tr) = 0,444 hr = 27 min.  
qp = 640\*Cp\*A/Tpr' = 10062,20 pies<sup>3</sup>/s = 284,93 m<sup>3</sup>/s.

Con base en las curvas intensidad-duración-frecuencia de la Estación San Antonio de Prado se encuentran las intensidades de lluvia en mm/hr para una determinada duración de lluvia en minutos y período de retorno en años. (Ver anexo 1)

Por ejemplo para una lluvia de 5 minutos y un período de recurrencia de 5 años la intensidad de lluvia será de 170 mm/hr.

Entonces,

- Precipitación en la estación:

$$Pest = Int \text{ (mm/hr)} * Tr' \text{ (hr)} = 42,50 \text{ mm}$$

- Precipitación Promedia:

Deducido en el Estudio hidrológico del Valle del Aburra, se puede obtener la Pmedia, conocida la Pmax y el área de la cuenca. Mediante la utilización de este gráfico se obtiene:

$$Pmed = 0.75 * Pest = 31,9 \text{ mm.}$$

Utilizando la metodología del Número de Curva del Soil Conservation Service (SCS) es posible determinar la precipitación efectiva y por lo tanto la retención.

$$Pe = \frac{(P - Ia)^2}{P - Ia + S}$$

Suponiendo que  $la = 0.2 S$ , se obtiene:

$$Pe = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8 S}$$

donde  $S = \frac{1000}{CN} - 10$

Suponiendo un  $CN = 80$ , cuya justificación se da en el método de Williams y Hann, se obtiene:

$$CN = 80 \quad S = 2,500 \text{ plg} = 63,50 \text{ mm}$$

Entonces,

$$Pe = \frac{(P - 12,70)^2}{P + 50,80} = 4,45 \text{ mm}$$

Por lo tanto la retención será igual a:

$$\text{Retención (mm/hr)} = 27,4 \text{ mm/hr}$$

$$\text{Retención total (mm)} = \text{Retención (mm/hr)} * Tr'(\text{hr}) = 6,9 \text{ mm}$$

$$\text{Escorrentía (V)} = P_{\text{media}} - \text{Retención total} = 25,02 \text{ mm}$$

El caudal pico de la creciente se calcula como:

$$Qp = qp * V / 25.4 = 280,65 \text{ m}^3/\text{s}$$

En estos cálculos se han supuesto unos coeficientes  $Ct$  y  $Cp$  iguales a 0.42 y 0.493 respectivamente, valores que se han extractado de los valores promedios de calibración del modelo de Snyder para el Valle del Aburrá, utilizando crecientes observadas en la quebrada Las Palmas y el río Pantanillo.



Ct = 0,42      Cp = 0,5      Fact Pmedia/Pest = 0,790

Tr anos	Duración min	Tp hr	Tr hr	Tr' hr	Tpr' hr	qp m3/s	Inten. mm/hr	P estac. mm	P media mm	P efect mm	Retención mm	Escorr. mm	Q pico m3/s
<b>5</b>	15	0,40	0,07	0,25	0,444	284,93	124,0	31,0	24,5	1,85	22,6	1,85	20,71
	30	0,40	0,07	0,50	0,506	249,76	85,4	42,7	33,7	5,24	28,5	5,24	51,53
	45	0,40	0,07	0,75	0,569	222,32	63,8	47,9	37,8	7,12	30,7	7,12	62,36
	60	0,40	0,07	1,00	0,631	200,32	50,3	50,3	39,7	8,06	31,6	8,06	63,53
	75	0,40	0,07	1,25	0,694	182,27	41,0	51,3	40,5	8,47	32,0	8,47	60,76
	90	0,40	0,07	1,50	0,756	167,21	34,4	51,6	40,7	8,59	32,2	8,59	56,56
<b>25</b>	15	0,40	0,07	0,25	0,444	284,93	168,9	42,2	33,3	5,07	28,3	5,07	56,84
	30	0,40	0,07	0,50	0,506	249,76	110,4	55,2	43,6	10,13	33,5	10,13	99,58
	45	0,40	0,07	0,75	0,569	222,32	80,8	60,6	47,9	12,54	35,3	12,54	109,79
	60	0,40	0,07	1,00	0,631	200,32	63,1	63,1	49,9	13,72	36,1	13,72	108,20
	75	0,40	0,07	1,25	0,694	182,27	51,4	64,3	50,8	14,29	36,5	14,29	102,52
	90	0,40	0,07	1,50	0,756	167,21	43,2	64,8	51,2	14,53	36,7	14,53	95,65
<b>50</b>	15	0,40	0,07	0,25	0,444	284,93	188,5	47,1	37,2	6,84	30,4	6,84	76,72
	30	0,40	0,07	0,50	0,506	249,76	121,4	60,7	47,9	12,58	35,4	12,58	123,69
	45	0,40	0,07	0,75	0,569	222,32	88,2	66,1	52,2	15,17	37,1	15,17	132,79
	60	0,40	0,07	1,00	0,631	200,32	68,6	68,6	54,2	16,39	37,8	16,39	129,29
	75	0,40	0,07	1,25	0,694	182,27	55,8	69,7	55,1	16,96	38,1	16,96	121,73
	90	0,40	0,07	1,50	0,756	167,21	46,8	70,2	55,4	17,20	38,2	17,20	113,20
<b>100</b>	15	0,40	0,07	0,25	0,444	284,93	207,9	52,0	41,1	8,75	32,3	8,75	98,21
	30	0,40	0,07	0,50	0,506	249,76	31,8	65,9	52,1	15,07	37,0	15,07	148,15
	45	0,40	0,07	0,75	0,569	222,32	95,2	71,4	56,4	17,80	38,6	17,80	155,84
	60	0,40	0,07	1,00	0,631	200,32	73,8	73,8	58,3	19,08	39,2	19,08	150,45
	75	0,40	0,07	1,25	0,694	182,27	60,0	75,0	59,2	19,67	39,5	19,67	141,15
	90	0,40	0,07	1,50	0,756	167,21	50,3	75,4	59,6	19,91	39,7	19,91	131,10

Ct = 0,5      Cp = 0,56      Fact Pmedia/Pestac = 0,79

Tr años	Duración min	Tp hr	Tr hr	Tr' hr	Tpr' hr	qp m3/s	Intensid mm/hr	P estac mm	P media	P efect	Retenció n	Escorr mm	Q pico m3/s
5	15	0,5	0,1	0,3	0,52	278,1	124	31	24,49	1,85	22,6436	1,85	20,22
	30	0,5	0,1	0,5	0,58	248,1	85,4	42,72	33,75	5,24	28,5084	5,24	51,19
	45	0,5	0,1	0,8	0,64	223,9	63,8	47,88	37,83	7,12	30,7035	7,12	62,81
	60	0,5	0,1	1	0,7	204,1	50,3	50,25	39,7	8,06	31,6455	8,06	64,72
	75	0,5	0,1	1,3	0,77	187,4	41	51,27	40,5	8,47	32,0376	8,47	62,48
	90	0,5	0,1	1,5	0,83	173,3	34,4	51,58	40,74	8,59	32,1533	8,59	58,62
25	15	0,5	0,1	0,3	0,52	278,1	169	42,21	33,35	5,07	28,282	5,07	55,48
	30	0,5	0,1	0,5	0,58	248,1	110	55,22	43,62	10,1	33,4961	10,1	98,93
	45	0,5	0,1	0,8	0,64	223,9	80,8	60,61	47,88	12,5	35,3391	12,5	110,6
	60	0,5	0,1	1	0,7	204,1	63,1	63,12	49,86	13,7	36,1427	13,7	110,2
	75	0,5	0,1	1,3	0,77	187,4	51,4	64,3	50,8	14,3	36,5113	14,3	105,4
	90	0,5	0,1	1,5	0,83	173,3	43,2	64,8	51,2	14,5	36,6662	14,5	99,12
50	15	0,5	0,1	0,3	0,52	278,1	189	47,14	37,24	6,84	30,399	6,84	74,89
	30	0,5	0,1	0,5	0,58	248,1	121	60,69	47,94	12,6	35,3642	12,6	122,9
	45	0,5	0,1	0,8	0,64	223,9	88,2	66,12	52,24	15,2	37,0663	15,2	133,8
	60	0,5	0,1	1	0,7	204,1	68,6	68,59	54,19	16,4	37,7924	16,4	131,7
	75	0,5	0,1	1,3	0,77	187,4	55,8	69,72	55,08	17	38,1169	17	125,2
	90	0,5	0,1	1,5	0,83	173,3	46,8	70,18	55,44	17,2	38,2464	17,2	117,3
100	15	0,5	0,1	0,3	0,52	278,1	208	51,97	41,06	8,75	32,3038	8,75	95,87
	30	0,5	0,1	0,5	0,58	248,1	132	65,91	52,07	15,1	37,0016	15,1	147,2
	45	0,5	0,1	0,8	0,64	223,9	95,2	71,37	56,38	17,8	38,5801	17,8	157
	60	0,5	0,1	1	0,7	204,1	73,8	73,83	58,33	19,1	39,2497	19,1	153,3
	75	0,5	0,1	1,3	0,77	187,4	60	74,96	59,22	19,7	39,5496	19,7	145,1
	90	0,5	0,1	1,5	0,83	173,3	50,3	75,43	59,59	19,9	39,6714	19,9	135,9

Ct = 0,36      Cp = 0,46      Fact Pmedia/Pest = 0,79

Tr anos	Duración min	Tp hr	Tr hr	Tr' hr	Tpr' hr	qp m3/s	Intensid mm/hr	P estac mm	P media mm	P efect mm	Retención mm	Escorr. mm	Q pico m3/s
<b>5</b>	15	0,3	0,1	0,25	0,39	303,1	124	31	24,49	1,85	22,6436	1,85	22,03
	30	0,3	0,1	0,5	0,45	261,1	85,4	42,72	33,75	5,24	28,5084	5,24	53,87
	45	0,3	0,1	0,75	0,51	229,4	63,8	47,88	37,83	7,12	30,7035	7,12	64,35
	60	0,3	0,1	1	0,58	204,6	50,3	50,25	39,7	8,06	31,6455	8,06	64,88
	75	0,3	0,1	1,25	0,64	184,6	41	51,27	40,5	8,47	32,0376	8,47	61,53
	90	0,3	0,1	1,5	0,7	168,1	34,4	51,58	40,74	8,59	32,1533	8,59	56,87
<b>25</b>	15	0,3	0,1	0,25	0,39	303,1	169	42,21	33,35	5,07	28,282	5,07	60,46
	30	0,3	0,1	0,5	0,45	261,1	110	55,22	43,62	10,1	33,4961	10,1	104,1
	45	0,3	0,1	0,75	0,51	229,4	80,8	60,61	47,88	12,5	35,3391	12,5	113,3
	60	0,3	0,1	1	0,58	204,6	63,1	63,12	49,86	13,7	36,1427	13,7	110,5
	75	0,3	0,1	1,25	0,64	184,6	51,4	64,3	50,8	14,3	36,5113	14,3	103,8
	90	0,3	0,1	1,5	0,7	168,1	43,2	64,8	51,2	14,5	36,6662	14,5	96,17
<b>50</b>	15	0,3	0,1	0,25	0,39	303,1	189	47,14	37,24	6,84	30,399	6,84	81,6
	30	0,3	0,1	0,5	0,45	261,1	121	60,69	47,94	12,6	35,3642	12,6	129,3
	45	0,3	0,1	0,75	0,51	229,4	88,2	66,12	52,24	15,2	37,0663	15,2	137
	60	0,3	0,1	1	0,58	204,6	68,6	68,59	54,19	16,4	37,7924	16,4	132
	75	0,3	0,1	1,25	0,64	184,6	55,8	69,72	55,08	17	38,1169	17	123,3
	90	0,3	0,1	1,5	0,7	168,1	46,8	70,18	55,44	17,2	38,2464	17,2	113,8
<b>100</b>	15	0,3	0,1	0,25	0,39	303,1	208	51,97	41,06	8,75	32,3038	8,75	104,5
	30	0,3	0,1	0,5	0,45	261,1	132	65,91	52,07	15,1	37,0016	15,1	154,9
	45	0,3	0,1	0,75	0,51	229,4	95,2	71,37	56,38	17,8	38,5801	17,8	160,8
	60	0,3	0,1	1	0,58	204,6	73,8	73,83	58,33	19,1	39,2497	19,1	153,6
	75	0,3	0,1	1,25	0,64	184,6	60	74,96	59,22	19,7	39,5496	19,7	142,9
	90	0,3	0,1	1,5	0,7	168,1	50,3	75,43	59,59	19,9	39,6714	19,9	131,8

Ct = 0,40      Cp =0,46      Fact Pmedia/Pest = 0,79

Tr anos	Duración min	Tp hr	Tr hr	Tr' hr	Tpr' hr	qp m3/s	Intensid mm/hr	P estac mm	P media mm	P efect mm	Retención mm	Escorr. mm	Q pico m3/s
5	15	0,4	0,1	0,25	0,43	277,2	124	31	24,49	1,85	22,6436	1,85	20,15
	30	0,4	0,1	0,5	0,49	241,7	85,4	42,72	33,75	5,24	28,5084	5,24	49,87
	45	0,4	0,1	0,75	0,55	214,3	63,8	47,88	37,83	7,12	30,7035	7,12	60,1
	60	0,4	0,1	1	0,61	192,4	50,3	50,25	39,7	8,06	31,6455	8,06	61,04
	75	0,4	0,1	1,25	0,68	174,6	41	51,27	40,5	8,47	32,0376	8,47	58,22
	90	0,4	0,1	1,5	0,74	159,9	34,4	51,58	40,74	8,59	32,1533	8,59	54,07
25	15	0,4	0,1	0,25	0,43	277,2	169	42,21	33,35	5,07	28,282	5,07	55,3
	30	0,4	0,1	0,5	0,49	241,7	110	55,22	43,62	10,1	33,4961	10,1	96,37
	45	0,4	0,1	0,75	0,55	214,3	80,8	60,61	47,88	12,5	35,3391	12,5	105,8
	60	0,4	0,1	1	0,61	192,4	63,1	63,12	49,86	13,7	36,1427	13,7	103,9
	75	0,4	0,1	1,25	0,68	174,6	51,4	64,3	50,8	14,3	36,5113	14,3	98,22
	90	0,4	0,1	1,5	0,74	159,9	43,2	64,8	51,2	14,5	36,6662	14,5	91,44
50	15	0,4	0,1	0,25	0,43	277,2	189	47,14	37,24	6,84	30,399	6,84	74,64
	30	0,4	0,1	0,5	0,49	241,7	121	60,69	47,94	12,6	35,3642	12,6	119,7
	45	0,4	0,1	0,75	0,55	214,3	88,2	66,12	52,24	15,2	37,0663	15,2	128
	60	0,4	0,1	1	0,61	192,4	68,6	68,59	54,19	16,4	37,7924	16,4	124,2
	75	0,4	0,1	1,25	0,68	174,6	55,8	69,72	55,08	17	38,1169	17	116,6
	90	0,4	0,1	1,5	0,74	159,9	46,8	70,18	55,44	17,2	38,2464	17,2	108,2
100	15	0,4	0,1	0,25	0,43	277,2	208	51,97	41,06	8,75	32,3038	8,75	95,55
	30	0,4	0,1	0,5	0,49	241,7	132	65,91	52,07	15,1	37,0016	15,1	143,4
	45	0,4	0,1	0,75	0,55	214,3	95,2	71,37	56,38	17,8	38,5801	17,8	150,2
	60	0,4	0,1	1	0,61	192,4	73,8	73,83	58,33	19,1	39,2497	19,1	144,5
	75	0,4	0,1	1,25	0,68	174,6	60	74,96	59,22	19,7	39,5496	19,7	135,2
	90	0,4	0,1	1,5	0,74	159,9	50,3	75,43	59,59	19,9	39,6714	19,9	125,3

Finalmente se presenta en la tabla un resumen con los caudales pico obtenidos por el método de Snyder.

**CAUDALES MÁXIMOS (M<sup>3</sup> / S)**

Período de retorno Años	Ct =0,42	Ct = 0,50	Ct = 0,36	Ct = 0,40	CAUDAL MÁXIMO TOTAL (m <sup>3</sup> /s)
	Cp =0,49	Cp = 0,56	Cp = 0,46	Cp = 0,46	
<b>5</b>	63,5	64,7	64,9	61,0	64,88
<b>25</b>	109,8	110,59	113,3	105,8	113,29
<b>50</b>	132,8	133,8	137,0	128,0	137,03
<b>100</b>	155,8	157,0	160,8	150,2	160,81

## 1.2.2 ALTERNATIVA 2 Y 3

### 1.2.2.1 Parámetros de la cuenca:

Los parámetros obtenidos a partir de la información cartográfica son los siguientes:

$$\begin{aligned}\text{Área de la cuenca:}(A) &= 26,96 \text{ Km}^2 = 10,531 \text{ mi}^2 \\ \text{Longitud de la cuenca:}(L) &= 10,1 \text{ Km} = 6,31875 \text{ mi} \\ \text{Longitud al centroide:}(Lca) &= 0,244 \text{ km} = 0,1525 \text{ mi}\end{aligned}$$

### 1.2.2.2 Parámetros del hidrograma unitario de Snyder.

$$\begin{aligned}Ct &= 0.420 \\ Cp &= 0.493 \\ T_p &= Ct \cdot (L \cdot Lca)^{0.3} = 0,42 \text{ hr} = 25 \text{ min.} \\ T_r &= T_p / 5.5 = 0,076 \text{ hr} = 4,5 \text{ min.} \\ T_r' &= (\text{Escogida}) = 0,250 \text{ hr} = 15 \text{ min.} \\ T_{pr}' &= T_p + 0.25 \cdot (T_r' - T_r) = 0,459 \text{ hr} = 28 \text{ min.} \\ q_p &= 640 \cdot Cp \cdot A / T_{pr}' = 7239,65 \text{ pies}^3/\text{s} = 205,00 \text{ m}^3/\text{s}.\end{aligned}$$

Con base en las curvas intensidad-duración-frecuencia de la Estación San Antonio de Prado se encuentran las intensidades de lluvia en mm/hr para una determinada duración de lluvia en minutos y período de retorno en años. (Ver anexo 1)

Por ejemplo para una lluvia de 5 minutos y un período de recurrencia de 5 años la intensidad de lluvia sera de 170 mm/hr.

Entonces,

- Precipitación en la estación:

$$P_{est} = \text{Int} (\text{mm/hr}) \cdot T_r' (\text{hr}) = 42,50 \text{ mm}$$

- Precipitación Promedia:

Deducido en el Estudio hidrológico del Valle del Aburrá, se puede obtener la  $P_{media}$ , conocida la  $P_{máx}$  y el área de la cuenca. Mediante la utilización de este gráfico se obtiene:

$$P_{med} = 0.75 \cdot P_{est} = 31,9 \text{ mm.}$$

Utilizando la metodología del Número de Curva del Soil Conservation Service (SCS) es posible determinar la precipitación efectiva y por lo tanto la retención.

$$Pe = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$$

Suponiendo que  $la = 0.2 S$ , se obtiene:

$$Pe = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S}$$

donde  $S = \frac{1000}{CN} - 10$

Suponiendo un  $CN = 80$ , cuya justificación se da en el método de Williams y Hann, se obtiene:

$$CN = 80 \quad S = 2,500 \text{ plg} = 63,50 \text{ mm}$$

Entonces,

$$Pe = \frac{(P - 12,70)^2}{P + 50,80} = 4,45 \text{ mm}$$

Por lo tanto la retención será igual a:

$$\begin{aligned} \text{Retención (mm/hr)} &= 27,4 \text{ mm/hr} \\ \text{Retención total (mm)} &= \text{Retención (mm/hr)} * Tr'(\text{hr}) = 6,9 \text{ mm} \\ \text{Escorrentía (V)} &= P_{\text{media}} - \text{Retención total} = 25,02 \text{ mm} \end{aligned}$$

El caudal pico de la creciente se calcula como:

$$Q_p = q_p * V / 25.4 = 201,92 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$q_p = 205 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

En estos cálculos se han supuesto unos coeficientes  $C_t$  y  $C_p$  iguales a 0.42 y 0.493 respectivamente, valores que se han extractado de los valores promedios de calibración del modelo de Snyder para el Valle del Aburrá, utilizando crecientes observadas en la quebrada Las Palmas y el río Pantanillo.

Ct = 0,42      Cp = 0,49      Fact Pmedia/Pest = 0,79

Tr años	Duración min	Tp hr	Tr hr	Tr' hr	Tpr' hr	qp m3/s	Intensid mm/hr	P estac mm	P media	P efect mm	Retención mm	Escorr. mm	Q pico m3/s
5	15	0,42	0,08	0,25	0,46	205,00	124,00	31,00	24,49	1,85	22,64	1,846	14,90
	30	0,42	0,08	0,50	0,52	180,43	85,44	42,72	33,75	5,24	28,51	5,24	37,22
	45	0,42	0,08	0,75	0,58	161,12	63,84	47,88	37,83	7,12	30,70	7,124	45,19
	60	0,42	0,08	1,00	0,65	145,55	50,25	50,25	39,7	8,06	31,65	8,056	46,16
	75	0,42	0,08	1,25	0,71	132,72	41,02	51,27	40,5	8,47	32,04	8,467	44,24
	90	0,42	0,08	1,50	0,77	121,96	34,38	51,58	40,74	8,59	32,15	8,592	41,25
25	15	0,42	0,08	0,25	0,46	205,00	168,86	42,21	33,35	5,07	28,28	5,067	40,90
	30	0,42	0,08	0,50	0,52	180,43	110,44	55,22	43,62	10,13	33,50	10,13	71,94
	45	0,42	0,08	0,75	0,58	161,12	80,81	60,61	47,88	12,54	35,34	12,54	79,57
	60	0,42	0,08	1,00	0,65	145,55	63,12	63,12	49,86	13,72	36,14	13,72	78,61
	75	0,42	0,08	1,25	0,71	132,72	51,44	64,30	50,8	14,29	36,51	14,29	74,64
	90	0,42	0,08	1,50	0,77	121,96	43,20	64,80	51,2	14,53	36,67	14,53	69,76
50	15	0,42	0,08	0,25	0,46	205,00	188,55	47,14	37,24	6,84	30,40	6,839	55,20
	30	0,42	0,08	0,50	0,52	180,43	121,37	60,69	47,94	12,58	35,36	12,58	89,36
	45	0,42	0,08	0,75	0,58	161,12	88,16	66,12	52,24	15,17	37,07	15,17	96,24
	60	0,42	0,08	1,00	0,65	145,55	68,59	68,59	54,19	16,39	37,79	16,39	93,94
	75	0,42	0,08	1,25	0,71	132,72	55,78	69,72	55,08	16,96	38,12	16,96	88,63
	90	0,42	0,08	1,50	0,77	121,96	46,79	70,18	55,44	17,20	38,25	17,2	82,57
100	15	0,42	0,08	0,25	0,46	205,00	207,89	51,97	41,06	8,75	32,30	8,755	70,66
	30	0,42	0,08	0,50	0,52	180,43	131,82	65,91	52,07	15,07	37,00	15,07	107,02
	45	0,42	0,08	0,75	0,58	161,12	95,16	71,37	56,38	17,80	38,58	17,8	112,94
	60	0,42	0,08	1,00	0,65	145,55	73,83	73,83	58,33	19,08	39,25	19,08	109,31
	75	0,42	0,08	1,25	0,71	132,72	59,97	74,96	59,22	19,67	39,55	19,67	102,77
	90	0,42	0,08	1,50	0,77	121,96	50,28	75,43	59,59	19,91	39,67	19,91	95,62

Ct =	0,5	Cp =	0,56	Fact Pmedia/Pest =	0,79
------	-----	------	------	--------------------	------

Tr años	Duración min	Tp hr	Tr hr	Tr' hr	Tpr' hr	qp m3/s	Intensid mm/hr	P estac mm	P media mm	P efect mm	Retención mm	Escorr. mm	Q pico m3/s
5	15	0,49	0,09	0,25	0,53	199,96	124,00	31,00	24,49	1,85	22,64	1,846	14,53
	30	0,49	0,09	0,50	0,60	179,03	85,44	42,72	33,75	5,24	28,51	5,24	36,93
	45	0,49	0,09	0,75	0,66	162,06	63,84	47,88	37,83	7,12	30,70	7,124	45,46
	60	0,49	0,09	1,00	0,72	148,03	50,25	50,25	39,7	8,06	31,65	8,056	46,95
	75	0,49	0,09	1,25	0,78	136,24	41,02	51,27	40,5	8,47	32,04	8,467	45,42
	90	0,49	0,09	1,50	0,85	126,19	34,38	51,58	40,74	8,59	32,15	8,592	42,68
25	15	0,49	0,09	0,25	0,53	199,96	168,86	42,21	33,35	5,07	28,28	5,067	39,89
	30	0,49	0,09	0,50	0,60	179,03	110,44	55,22	43,62	10,13	33,50	10,13	71,38
	45	0,49	0,09	0,75	0,66	162,06	80,81	60,61	47,88	12,54	35,34	12,54	80,03
	60	0,49	0,09	1,00	0,72	148,03	63,12	63,12	49,86	13,72	36,14	13,72	79,96
	75	0,49	0,09	1,25	0,78	136,24	51,44	64,30	50,8	14,29	36,51	14,29	76,62
	90	0,49	0,09	1,50	0,85	126,19	43,20	64,80	51,2	14,53	36,67	14,53	72,18
50	15	0,49	0,09	0,25	0,53	199,96	188,55	47,14	37,24	6,84	30,40	6,839	53,84
	30	0,49	0,09	0,50	0,60	179,03	121,37	60,69	47,94	12,58	35,36	12,58	88,66
	45	0,49	0,09	0,75	0,66	162,06	88,16	66,12	52,24	15,17	37,07	15,17	96,80
	60	0,49	0,09	1,00	0,72	148,03	68,59	68,59	54,19	16,39	37,79	16,39	95,54
	75	0,49	0,09	1,25	0,78	136,24	55,78	69,72	55,08	16,96	38,12	16,96	90,99
	90	0,49	0,09	1,50	0,85	126,19	46,79	70,18	55,44	17,20	38,25	17,2	85,42
100	15	0,49	0,09	0,25	0,53	199,96	207,89	51,97	41,06	8,75	32,30	8,755	68,92
	30	0,49	0,09	0,50	0,60	179,03	131,82	65,91	52,07	15,07	37,00	15,07	106,19
	45	0,49	0,09	0,75	0,66	162,06	95,16	71,37	56,38	17,80	38,58	17,8	113,60
	60	0,49	0,09	1,00	0,72	148,03	73,83	73,83	58,33	19,08	39,25	19,08	111,18
	75	0,49	0,09	1,25	0,78	136,24	59,97	74,96	59,22	19,67	39,55	19,67	105,50
	90	0,49	0,09	1,50	0,85	126,19	50,28	75,43	59,59	19,91	39,67	19,91	98,94

Ct = 0,36

Cp = 0,46

Fact Pmedia/Pest = 0,79

Tr años	Duración min	Tp hr	Tr hr	Tr' hr	Tpr' hr	qp m3/s	Intensid mm/hr	P estac mm	P media mm	P efect mm	Retención mm	Escorr. mm	Q pico m3/s
5	15	0,36	0,06	0,25	0,40	218,21	124,00	31,00	24,49	1,85	22,64	1,846	15,86
	30	0,36	0,06	0,50	0,46	188,87	85,44	42,72	33,75	5,24	28,51	5,24	38,96
	45	0,36	0,06	0,75	0,53	166,49	63,84	47,88	37,83	7,12	30,70	7,124	46,70
	60	0,36	0,06	1,00	0,59	148,84	50,25	50,25	39,7	8,06	31,65	8,056	47,21
	75	0,36	0,06	1,25	0,65	134,58	41,02	51,27	40,5	8,47	32,04	8,467	44,87
	90	0,36	0,06	1,50	0,71	122,82	34,38	51,58	40,74	8,59	32,15	8,592	41,54
25	15	0,36	0,06	0,25	0,40	218,21	168,86	42,21	33,35	5,07	28,28	5,067	43,53
	30	0,36	0,06	0,50	0,46	188,87	110,44	55,22	43,62	10,13	33,50	10,13	75,31
	45	0,36	0,06	0,75	0,53	166,49	80,81	60,61	47,88	12,54	35,34	12,54	82,22
	60	0,36	0,06	1,00	0,59	148,84	63,12	63,12	49,86	13,72	36,14	13,72	80,40
	75	0,36	0,06	1,25	0,65	134,58	51,44	64,30	50,8	14,29	36,51	14,29	75,69
	90	0,36	0,06	1,50	0,71	122,82	43,20	64,80	51,2	14,53	36,67	14,53	70,25
50	15	0,36	0,06	0,25	0,40	218,21	188,55	47,14	37,24	6,84	30,40	6,839	58,76
	30	0,36	0,06	0,50	0,46	188,87	121,37	60,69	47,94	12,58	35,36	12,58	93,53
	45	0,36	0,06	0,75	0,53	166,49	88,16	66,12	52,24	15,17	37,07	15,17	99,44
	60	0,36	0,06	1,00	0,59	148,84	68,59	68,59	54,19	16,39	37,79	16,39	96,06
	75	0,36	0,06	1,25	0,65	134,58	55,78	69,72	55,08	16,96	38,12	16,96	89,88
	90	0,36	0,06	1,50	0,71	122,82	46,79	70,18	55,44	17,20	38,25	17,2	83,14
100	15	0,36	0,06	0,25	0,40	218,21	207,89	51,97	41,06	8,75	32,30	8,755	75,21
	30	0,36	0,06	0,50	0,46	188,87	131,82	65,91	52,07	15,07	37,00	15,07	112,03
	45	0,36	0,06	0,75	0,53	166,49	95,16	71,37	56,38	17,80	38,58	17,8	116,70
	60	0,36	0,06	1,00	0,59	148,84	73,83	73,83	58,33	19,08	39,25	19,08	111,79
	75	0,36	0,06	1,25	0,65	134,58	59,97	74,96	59,22	19,67	39,55	19,67	104,22
	90	0,36	0,06	1,50	0,71	122,82	50,28	75,43	59,59	19,91	39,67	19,91	96,29

Ct = 0,4

Cp = 0,46

Fact Pmedia/Pest = 0,79

Tr años	Duración min	Tp hr	Tr hr	Tr' hr	Tpr' hr	qp m3/s	Intensid mm/hr	P estac mm	P media mm	P efect mm	Retención mm	Escorr. mm	Q pico m3/s
5	15	0,40	0,07	0,25	0,44	199,49	124,00	31,00	24,49	1,85	22,64	1,846	14,50
	30	0,40	0,07	0,50	0,50	174,68	85,44	42,72	33,75	5,24	28,51	5,24	36,04
	45	0,40	0,07	0,75	0,57	155,36	63,84	47,88	37,83	7,12	30,70	7,124	43,58
	60	0,40	0,07	1,00	0,63	139,89	50,25	50,25	39,7	8,06	31,65	8,056	44,37
	75	0,40	0,07	1,25	0,69	127,22	41,02	51,27	40,5	8,47	32,04	8,467	42,41
	90	0,40	0,07	1,50	0,75	116,65	34,38	51,58	40,74	8,59	32,15	8,592	39,46
25	15	0,40	0,07	0,25	0,44	199,49	168,86	42,21	33,35	5,07	28,28	5,067	39,80
	30	0,40	0,07	0,50	0,50	174,68	110,44	55,22	43,62	10,13	33,50	10,13	69,65
	45	0,40	0,07	0,75	0,57	155,36	80,81	60,61	47,88	12,54	35,34	12,54	76,72
	60	0,40	0,07	1,00	0,63	139,89	63,12	63,12	49,86	13,72	36,14	13,72	75,56
	75	0,40	0,07	1,25	0,69	127,22	51,44	64,30	50,8	14,29	36,51	14,29	71,55
	90	0,40	0,07	1,50	0,75	116,65	43,20	64,80	51,2	14,53	36,67	14,53	66,73
50	15	0,40	0,07	0,25	0,44	199,49	188,55	47,14	37,24	6,84	30,40	6,839	53,72
	30	0,40	0,07	0,50	0,50	174,68	121,37	60,69	47,94	12,58	35,36	12,58	86,51
	45	0,40	0,07	0,75	0,57	155,36	88,16	66,12	52,24	15,17	37,07	15,17	92,80
	60	0,40	0,07	1,00	0,63	139,89	68,59	68,59	54,19	16,39	37,79	16,39	90,29
	75	0,40	0,07	1,25	0,69	127,22	55,78	69,72	55,08	16,96	38,12	16,96	84,96
	90	0,40	0,07	1,50	0,75	116,65	46,79	70,18	55,44	17,20	38,25	17,2	78,97
100	15	0,40	0,07	0,25	0,44	199,49	207,89	51,97	41,06	8,75	32,30	8,755	68,76
	30	0,40	0,07	0,50	0,50	174,68	131,82	65,91	52,07	15,07	37,00	15,07	103,61
	45	0,40	0,07	0,75	0,57	155,36	95,16	71,37	56,38	17,80	38,58	17,8	108,90
	60	0,40	0,07	1,00	0,63	139,89	73,83	73,83	58,33	19,08	39,25	19,08	105,06
	75	0,40	0,07	1,25	0,69	127,22	59,97	74,96	59,22	19,67	39,55	19,67	98,52
	90	0,40	0,07	1,50	0,75	116,65	50,28	75,43	59,59	19,91	39,67	19,91	91,46

Finalmente se presenta en la tabla un resumen con los caudales pico obtenidos por el método de Snyder.

**CAUDAL MÁXIMO ( m<sup>3</sup> / S )**

Período de Retorno años					CAUDAL MÁXIMO TOTAL (m <sup>3</sup> /s)
	Ct =0,42 Cp =0,49	Ct = 0,50 Cp = 0,56	Ct = 0,36 Cp = 0,46	Ct = 0,40 Cp = 0,46	
<b>5</b>	46,16	46,95	47,21	44,37	47,21
<b>25</b>	79,57	80,03	82,22	76,72	82,22
<b>50</b>	96,24	96,80	99,44	92,80	99,44
<b>100</b>	112,94	113,60	116,70	108,90	116,70

### 1.2.3 ALTERNATIVAS 4 Y 5

#### 1.2.3.1 Parámetros de la cuenca:

Los parámetros obtenidos a partir de la información cartográfica son los siguientes:

Area de la cuenca:(A) = 24,46 km<sup>2</sup> = 9,555 mi<sup>2</sup>.  
Longitud de la cuenca:(L) = 9,3 km = 5,8125 mi  
Longitud al centroide:(Lca) = 0,193 km = 0,120625 mi

#### 1.2.3.2 Parámetros del hidrograma unitario de Snyder.

Ct = 0.420  
Cp = 0.493  
Tp = Ct\*(L\*Lca)<sup>0.3</sup> = 0,38 hr = 23 min.  
Tr = Tp/5.5 = 0,069 hr = 4,1 min.  
Tr' = (Escogida) = 0,250 hr = 15 min.  
Tpr' = Tp + 0.25\*(Tr' - Tr) = 0,423 hr = 25 min.  
qp = 640\*Cp\*A/Tpr' = 7128,61 pies<sup>3</sup>/s = 201,86 m<sup>3</sup>/s.

Con base en las curvas intensidad-duración-frecuencia de la Estación San Antonio de Prado se encuentran las intensidades de lluvia en mm/hr para una determinada duración de lluvia en minutos y período de retorno en años. (Ver anexo 1)

Por ejemplo para una lluvia de 5 minutos y un período de recurrencia de 5 años la intensidad de lluvia será de 170 mm/hr.

Entonces,

- Precipitación en la estación:

$$P_{est} = Int \text{ (mm/hr)} * Tr' \text{ (hr)} = 42,50 \text{ mm}$$

- Precipitación Promedia:

Deducido en el Estudio hidrológico del Valle del Aburrá, se puede obtener la Pmedia, conocida la Pmax y el área de la cuenca. Mediante la utilización de este gráfico se obtiene:

$$P_{med} = 0.75 * P_{est} = 31,9 \text{ mm.}$$

Utilizando la metodología del Número de Curva del Soil Conservation Service (SCS) es posible determinar la precipitación efectiva y por lo tanto la retención.

$$Pe = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$$

Suponiendo que  $la = 0.2 S$ , se obtiene:

$$Pe = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8 S}$$

donde  $S = \frac{1000}{CN} - 10$

Suponiendo un  $CN = 80$ , cuya justificación se da en el método de Williams y Hann, se obtiene:

$$CN = 80 \quad S = 2,500 \text{ plg} = 63,50 \text{ mm}$$

Entonces,

$$Pe = \frac{(P - 12,70)^2}{P + 50,80} = 4,45 \text{ mm}$$

Por lo tanto la retención será igual a:

$$\begin{aligned} \text{Retención (mm/hr)} &= 27,4 \text{ mm/hr} \\ \text{Retención total (mm)} &= \text{Retención (mm/hr)} * Tr'(\text{hr}) = 6,9 \text{ mm} \\ \text{Escorrentía (V)} &= P_{\text{media}} - \text{Retención total} = 25,02 \text{ mm} \end{aligned}$$

El caudal pico de la creciente se calcula como:

$$Qp = qp * V / 25.4 = 198,82 \text{ m}^3/\text{s}$$

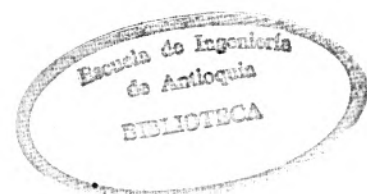
En estos cálculos se han supuesto unos coeficientes  $Ct$  y  $Cp$  iguales a 0.42 y 0.493 respectivamente, valores que se han extractado de los valores promedios de calibración del modelo de Snyder para el Valle del Aburrá, utilizando crecientes observadas en la quebrada Las Palmas y el río Pantanillo.

Ct = 0,42      Cp =0,49      Fact Pmedia/Pest =0,79

Tr años	Duración min	Tp hr	Tr hr	Tr' hr	Tpr' hr	qp m3/s	Intensid mm/hr	P estac. mm	P media mm	P efect mm	Retención mm	Escorr. mm	Q pico m3/s
<b>5</b>	15,0	0,38	0,07	0,25	0,42	201,86	124,00	31,00	24,49	1,85	22,64	1,85	14,67
	30	0,38	0,07	0,50	0,49	175,87	85,44	42,72	33,75	5,24	28,51	5,24	36,28
	45,0	0,38	0,07	0,75	0,55	155,81	63,84	47,88	37,83	7,12	30,70	7,12	43,70
	60,0	0,38	0,07	1,00	0,61	139,85	50,25	50,25	39,70	8,06	31,65	8,06	44,36
	75,0	0,38	0,07	1,25	0,67	126,86	41,02	51,27	40,50	8,47	32,04	8,47	42,29
	90,0	0,38	0,07	1,50	0,74	116,08	34,38	51,58	40,74	8,59	32,15	8,59	39,26
<b>25</b>	15,0	0,38	0,07	0,25	0,42	201,86	168,86	42,21	33,35	5,07	28,28	5,07	40,27
	30	0,38	0,07	0,50	0,49	175,87	110,44	55,22	43,62	10,13	33,50	10,13	70,12
	45	0,38	0,07	0,75	0,55	155,81	80,81	60,61	47,88	12,54	35,34	12,54	76,94
	60	0,38	0,07	1,00	0,61	139,85	63,12	63,12	49,86	13,72	36,14	13,72	75,54
	75	0,38	0,07	1,25	0,67	126,86	51,44	64,30	50,80	14,29	36,51	14,29	71,35
	90	0,38	0,07	1,50	0,74	116,08	43,20	64,80	51,20	14,53	36,67	14,53	66,40
<b>50</b>	15	0,38	0,07	0,25	0,42	201,86	188,55	47,14	37,24	6,84	30,40	6,84	54,35
	30	0,38	0,07	0,50	0,49	175,87	121,37	60,69	47,94	12,58	35,36	12,58	87,10
	45	0,38	0,07	0,75	0,55	155,81	88,16	66,12	52,24	15,17	37,07	15,17	93,06
	60	0,38	0,07	1,00	0,61	139,85	68,59	68,59	54,19	16,39	37,79	16,39	90,26
	75	0,38	0,07	1,25	0,67	126,86	55,78	69,72	55,08	16,96	38,12	16,96	84,73
	90	0,38	0,07	1,50	0,74	116,08	46,79	70,18	55,44	17,20	38,25	17,20	78,58
<b>100</b>	15	0,38	0,07	0,25	0,42	201,86	207,89	51,97	41,06	8,75	32,30	8,75	69,58
	30	0,38	0,07	0,50	0,49	175,87	131,82	65,91	52,07	15,07	37,00	15,07	104,32
	45	0,38	0,07	0,75	0,55	155,81	95,16	71,37	56,38	17,80	38,58	17,80	109,21
	60	0,38	0,07	1,00	0,61	139,85	73,83	73,83	58,33	19,08	39,25	19,08	105,04
	75	0,38	0,07	1,25	0,67	126,86	59,97	74,96	59,22	19,67	39,55	19,67	98,24
	90	0,38	0,07	1,50	0,74	116,08	50,28	75,43	59,59	19,91	39,67	19,91	91,01

Ct = 0,5      Cp = 0,56      Fact Pmedia/Pest = 0,790

Tr años	Duración min	Tp hr	Tr hr	Tr' hr	Tpr' hr	qp m3/s	Intensid mm/hr	P estac mm	P media mm	P efect mm	Retención mm	Escorr. mm	Q pico m3/s
5	15	0,45	0,08	0,25	0,492	197,27	124,0	31,0	24,5	1,85	22,6	1,85	14,34
	30	0,45	0,08	0,50	0,554	175,02	85,4	42,7	33,7	5,24	28,5	5,24	36,11
	45	0,45	0,08	0,75	0,617	157,28	63,8	47,9	37,8	7,12	30,7	7,12	44,11
	60	0,45	0,08	1,00	0,679	142,80	50,3	50,3	39,7	8,06	31,6	8,06	45,29
	75	0,45	0,08	1,25	0,742	130,76	41,0	51,3	40,5	8,47	32,0	8,47	43,59
	90	0,45	0,08	1,50	0,804	120,60	34,4	51,6	40,7	8,59	32,2	8,59	40,79
25	15	0,45	0,08	0,25	0,492	197,27	168,9	42,2	33,3	5,07	28,3	5,07	39,35
	30	0,45	0,08	0,50	0,554	175,02	110,4	55,2	43,6	10,13	33,5	10,13	69,78
	45	0,45	0,08	0,75	0,617	157,28	80,8	60,6	47,9	12,54	35,3	12,54	77,67
	60	0,45	0,08	1,00	0,679	142,80	63,1	63,1	49,9	13,72	36,1	13,72	77,13
	75	0,45	0,08	1,25	0,742	130,76	51,4	64,3	50,8	14,29	36,5	14,29	73,55
	90	0,45	0,08	1,50	0,804	120,60	43,2	64,8	51,2	14,53	36,7	14,53	68,98
50	15	0,45	0,08	0,25	0,492	197,27	188,5	47,1	37,2	6,84	30,4	6,84	53,12
	30	0,45	0,08	0,50	0,554	175,02	121,4	60,7	47,9	12,58	35,4	12,58	86,67
	45	0,45	0,08	0,75	0,617	157,28	88,2	66,1	52,2	15,17	37,1	15,17	93,94
	60	0,45	0,08	1,00	0,679	142,80	68,6	68,6	54,2	16,39	37,8	16,39	92,16
	75	0,45	0,08	1,25	0,742	130,76	55,8	69,7	55,1	16,96	38,1	16,96	87,33
	90	0,45	0,08	1,50	0,804	120,60	46,8	70,2	55,4	17,20	38,2	17,20	81,64
100	15	0,45	0,08	0,25	0,492	197,27	207,9	52,0	41,1	8,75	32,3	8,75	68,00
	30	0,45	0,08	0,50	0,554	175,02	131,8	65,9	52,1	15,07	37,0	15,07	103,81
	45	0,45	0,08	0,75	0,617	157,28	95,2	71,4	56,4	17,80	38,6	17,80	110,24
	60	0,45	0,08	1,00	0,679	142,80	73,8	73,8	58,3	19,08	39,2	19,08	107,25
	75	0,45	0,08	1,25	0,742	130,76	60,0	75,0	59,2	19,67	39,5	19,67	101,26
	90	0,45	0,08	1,50	0,804	120,60	50,3	75,4	59,6	19,91	39,7	19,91	94,56



Ct = 0,36      Cp =0,46      Fact Pmedia/Pest = 0,790

Tr años	Duración min	Tp hr	Tr hr	Tr' hr	Tpr' hr	qp m3/s	Intensid mm/hr	P estac mm	P media mm	P efect mm	Retención mm	Escorr. mm	Q pico m3/s
5	15	0,32	0,06	0,25	0,371	214,46	124,0	31,0	24,5	1,85	22,6	1,85	15,59
	30	0,32	0,06	0,50	0,434	183,57	85,4	42,7	33,7	5,24	28,5	5,24	37,87
	45	0,32	0,06	0,75	0,496	160,46	63,8	47,9	37,8	7,12	30,7	7,12	45,00
	60	0,32	0,06	1,00	0,559	142,51	50,3	50,3	39,7	8,06	31,6	8,06	45,20
	75	0,32	0,06	1,25	0,621	128,18	41,0	51,3	40,5	8,47	32,0	8,47	42,73
	90	0,32	0,06	1,50	0,684	116,47	34,4	51,6	40,7	8,59	32,2	8,59	39,39
25	15	0,32	0,06	0,25	0,371	214,46	168,9	42,2	33,3	5,07	28,3	5,07	42,78
	30	0,32	0,06	0,50	0,434	183,57	110,4	55,2	43,6	10,13	33,5	10,13	73,19
	45	0,32	0,06	0,75	0,496	160,46	80,8	60,6	47,9	12,54	35,3	12,54	79,24
	60	0,32	0,06	1,00	0,559	142,51	63,1	63,1	49,9	13,72	36,1	13,72	76,98
	75	0,32	0,06	1,25	0,621	128,18	51,4	64,3	50,8	14,29	36,5	14,29	72,09
	90	0,32	0,06	1,50	0,684	116,47	43,2	64,8	51,2	14,53	36,7	14,53	66,62
50	15	0,32	0,06	0,25	0,371	214,46	188,5	47,1	37,2	6,84	30,4	6,84	57,75
	30	0,32	0,06	0,50	0,434	183,57	121,4	60,7	47,9	12,58	35,4	12,58	90,91
	45	0,32	0,06	0,75	0,496	160,46	88,2	66,1	52,2	15,17	37,1	15,17	95,84
	60	0,32	0,06	1,00	0,559	142,51	68,6	68,6	54,2	16,39	37,8	16,39	91,98
	75	0,32	0,06	1,25	0,621	128,18	55,8	69,7	55,1	16,96	38,1	16,96	85,60
	90	0,32	0,06	1,50	0,684	116,47	46,8	70,2	55,4	17,20	38,2	17,20	78,84
100	15	0,32	0,06	0,25	0,371	214,46	207,9	52,0	41,1	8,75	32,3	8,75	73,92
	30	0,32	0,06	0,50	0,434	183,57	131,8	65,9	52,1	15,07	37,0	15,07	108,88
	45	0,32	0,06	0,75	0,496	160,46	95,2	71,4	56,4	17,80	38,6	17,80	112,47
	60	0,32	0,06	1,00	0,559	142,51	73,8	73,8	58,3	19,08	39,2	19,08	107,03
	75	0,32	0,06	1,25	0,621	128,18	60,0	75,0	59,2	19,67	39,5	19,67	99,26
	90	0,32	0,06	1,50	0,684	116,47	50,3	75,4	59,6	19,91	39,7	19,91	91,31

Ct = 0,4      Cp = 0,46      Fact Pmedia/Pest = 0,790

Tr años	Duración min	Tp hr	Tr hr	Tr' hr	Tpr' hr	qp m3/s	Intensid mm/hr	P estac mm	P media mm	P efect mm	Retención mm	Escorr. mm	Q pico m3/s
<b>5</b>	15	0,36	0,07	0,25	0,406	196,31	124,0	31,0	24,5	1,85	22,6	1,85	14,27
	30	0,36	0,07	0,50	0,468	170,11	85,4	42,7	33,7	5,24	28,5	5,24	35,09
	45	0,36	0,07	0,75	0,531	150,08	63,8	47,9	37,8	7,12	30,7	7,12	42,09
	60	0,36	0,07	1,00	0,593	134,27	50,3	50,3	39,7	8,06	31,6	8,06	42,58
	75	0,36	0,07	1,25	0,656	121,47	41,0	51,3	40,5	8,47	32,0	8,47	40,49
	90	0,36	0,07	1,50	0,718	110,90	34,4	51,6	40,7	8,59	32,2	8,59	37,51
<b>25</b>	15	0,36	0,07	0,25	0,406	196,31	168,9	42,2	33,3	5,07	28,3	5,07	39,16
	30	0,36	0,07	0,50	0,468	170,11	110,4	55,2	43,6	10,13	33,5	10,13	67,83
	45	0,36	0,07	0,75	0,531	150,08	80,8	60,6	47,9	12,54	35,3	12,54	74,11
	60	0,36	0,07	1,00	0,593	134,27	63,1	63,1	49,9	13,72	36,1	13,72	72,52
	75	0,36	0,07	1,25	0,656	121,47	51,4	64,3	50,8	14,29	36,5	14,29	68,32
	90	0,36	0,07	1,50	0,718	110,90	43,2	64,8	51,2	14,53	36,7	14,53	63,43
<b>50</b>	15	0,36	0,07	0,25	0,406	196,31	188,5	47,1	37,2	6,84	30,4	6,84	52,86
	30	0,36	0,07	0,50	0,468	170,11	121,4	60,7	47,9	12,58	35,4	12,58	84,24
	45	0,36	0,07	0,75	0,531	150,08	88,2	66,1	52,2	15,17	37,1	15,17	89,64
	60	0,36	0,07	1,00	0,593	134,27	68,6	68,6	54,2	16,39	37,8	16,39	86,66
	75	0,36	0,07	1,25	0,656	121,47	55,8	69,7	55,1	16,96	38,1	16,96	81,12
	90	0,36	0,07	1,50	0,718	110,90	46,8	70,2	55,4	17,20	38,2	17,20	75,08
<b>100</b>	15	0,36	0,07	0,25	0,406	196,31	207,9	52,0	41,1	8,75	32,3	8,75	67,67
	30	0,36	0,07	0,50	0,468	170,11	131,8	65,9	52,1	15,07	37,0	15,07	100,90
	45	0,36	0,07	0,75	0,531	150,08	95,2	71,4	56,4	17,80	38,6	17,80	105,20
	60	0,36	0,07	1,00	0,593	134,27	73,8	73,8	58,3	19,08	39,2	19,08	100,84
	75	0,36	0,07	1,25	0,656	121,47	60,0	75,0	59,2	19,67	39,5	19,67	94,07
	90	0,36	0,07	1,50	0,718	110,90	50,3	75,4	59,6	19,91	39,7	19,91	86,95

Finalmente se presenta en la tabla un resumen con los caudales pico obtenidos por el método de Snyder.

**CAUDAL MÁXIMO (m<sup>3</sup> / S)**

Período de retorno en años	Ct =0,42 Cp =0,49	Ct = 0,50 Cp = 0,56	Ct = 0,36 Cp = 0,46	Ct = 0,40 Cp = 0,46	CAUDAL MÁXIMO (m <sup>3</sup> /s)
	<b>5</b>	44,4	45,3	45,2	
<b>25</b>	76,9	77,67	79,2	74,1	79,24
<b>50</b>	93,1	93,9	95,8	89,6	95,84
<b>100</b>	109,2	110,2	112,5	105,2	112,47

### 1.3 MÉTODO DE J.R. WILLIAMS Y R.W. HANN - HYMO

#### 1.3.1 ALTERNATIVA 1

##### 1.3.1.1 Determinación del tiempo al pico $t_p$ y de la constante de recesión $k$ :

Área de la cuenca:  $A = 36,24 \text{ km}^2 = 13,998 \text{ millas cuadradas}$ .

Longitud de la cuenca:  $L = 11,06 \text{ km} = 6,876 \text{ millas}$ .

Cota de nacimiento: 2990,00 msnm.

Cota de salida: 1870,00 msnm.

Ancho promedio:  $W = 3,28 \text{ km} = 2,039 \text{ millas}$ .

SLP = 0,098 m/m = 517,329 pies/mi.

$L/W = 3,373$  Relación longitud / ancho de la cuenca.

Cota del punto más lejano de la cuenca: 3100 msnm.

Con base en los anteriores valores se evalúan el tiempo al pico  $t_p$  y la constante de recesión  $K$  aplicando las siguientes expresiones, en unidades inglesas:

$$t_p = 4.63 \cdot A^{0.422} \cdot \text{SLP}^{(-0.46)} \cdot (L/W)^{0.133}$$

$$K = 27.0 \cdot A^{0.231} \cdot \text{SLP}^{(-0.777)} \cdot (L/W)^{0.133}$$

$$t_p = 0,936 \text{ horas} = 56,1 \text{ minutos}$$

$$K = 0,450 \text{ horas} = 27,0 \text{ minutos}$$

$$K/t_p = 0,481$$

A continuación se evalúan los tiempos de concentración  $t_c$  y de retardo  $t_g$  a partir de diferentes expresiones, en unidades americanas:

\* Tiempos de concentración:

Pendiente promedio por el cauce principal desde el punto más lejano hasta el punto de salida de la cuenca: SLP. ?

- Témez (hr):

$$t_c = 0.300 \cdot (Lr / J^{0.25})^{0.76}$$

- Kirpich (hr):

$$t_c = 0.66 \cdot (Lr / J^{0.50})^{0.77}$$

- Williams & Hann (hr):

$$tc = 1.58 * tp$$

\* Tiempos de retardo:

- Ven Te Chow (hr):

$$tg = 0.123 * (Lr / J^{0.50})^{0.64}$$

- U. S. Corps of Engineers (hr):

$$tg = 0.126 * (Lr / J^{0.25})^{0.76}$$

donde:

J : Pendiente del río principal en decimales. J = 9,80%

Lr : Longitud del río principal en km. Lr = 11,06 Km = 1,591 millas

Dicha evaluación conduce a los siguientes resultados:

tc = 57,17 min	Témez
tc = 19,97 min	Kirpich
tc = 88,70 min	Williams & Hann
tg = 28,32 min	Ven Te Chow
tg = 24,01 min	U.S. Corps of Engineers

La estimación del tiempo de concentración (tc) y del tiempo de retardo (tg) usando diferentes métodos produce resultados muy diferentes, pero se seleccionan los valores obtenidos con los modelos de Williams y Hann y de Ven Te Chow, ya que dan estimativos más reales para su aplicación a cuencas pequeñas.

### 1.3.1.2 Determinación de los parámetros de la cuenca: n y B.

Para  $K / t_p = 0,481$  se obtiene a partir de la figura 1:

$$n = f(K/t_p) = 9,2$$

Con n y a partir de la figura 2 se obtiene:

$$B = f(n) = 600$$

"Figura 1. Relación entre el parámetro de forma de la cuenca "n" y la relación constante de recesión/ tiempo al pico (K/tp). Extractada del libro "Introduction to Hidrology", de Viessman." (Ver anexo 1)

"Figura 2. Relación entre el parámetro de forma de la cuenca "n" y el parámetro de la cuenca "B". Extractada del libro " Introduction to Hidrology ", de Viessman." ( Ver anexo 1)

### 1.3.1.3 Cálculo del caudal pico qp.

Se supone la profundidad unitaria de la lluvia como:

$$R = 1 \text{ mm} = 0,0394 \text{ plg.}$$

$$q_p = B * A * R / t_p$$

donde:

$$\begin{aligned} t_p &= \text{Tiempo pico (horas)} = 0,913 \\ B &= \text{Parámetro obtenido de la figura 2} = 570. \\ A &= \text{Área de la cuenca (mi}^2\text{)} = 13,998 \text{ mi}^2. \\ R &= \text{Lluvia unitaria (plg)} = 0.0394 \text{ plg.} \\ q_p &= \text{Caudal pico (pcs).} \end{aligned}$$

Reemplazando tales valores en la expresión de qp se obtiene:

$$q_p = 353,67 \text{ pcs} = 10,015 \text{ m}^3/\text{s}.$$

### 1.3.1.4 Construcción del hidrograma unitario .

De acuerdo con la hidrógrafa unitaria adimensional (J.R.Williams y R.W.Hann -HYMO) el punto de inflexión correspondiente al tiempo to, se puede calcular como:

$$t_o = t_p * ( 1 + 1/(n-1)^{(1/2)} )$$

Al reemplazar  $t_p = 0,94$  y  $n = 9,2$  se obtiene:

$$t_o = 1,26 \text{ hr} = 75,74 \text{ minutos.}$$

$$t_o = 1,349 t_p.$$

$$y, t_1 = t_o + 2 * K = 2,162 \text{ hr} = 129,72 \text{ min.}$$

$$t_1 = 2,311 t_p.$$

Las ordenadas del hidrograma unitario adimensional se calculan utilizando los siguientes parámetros:

Parámetros:   tp: 56,14 min  
                   K : 26,99 min  
                   qp: 10,015 m<sup>3</sup>/s  
                   to: 75,7 min  
                   t1: 129,7 min  
                   n : 9,2

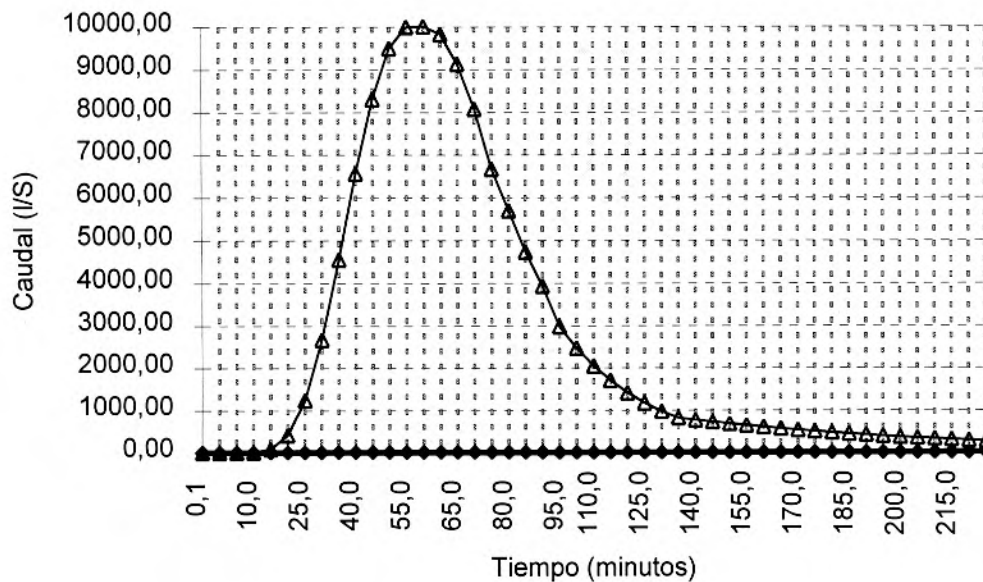
Las ordenadas del hidrograma unitario adimensional, se expresan en la siguiente tabla.

	T (min)	t/tp	q/qp	q (m <sup>3</sup> /s)	q (l/s)
	0,1	0,00	0,000	0,000	0,0
	1,0	0,02	0,000	0,000	0,0
	5,0	0,09	0,000	0,000	0,0
	10,0	0,18	0,001	0,006	6,1
	15,0	0,27	0,008	0,081	81,3
	20,0	0,36	0,041	0,415	414,6
	25,0	0,45	0,124	1,245	1244,7
	30,0	0,53	0,267	2,674	2674,2
	35,0	0,62	0,455	4,560	4560,1
	40,0	0,71	0,656	6,567	6566,6
	45,0	0,80	0,830	8,310	8310,3
	50,0	0,89	0,948	9,499	9498,5
	55,0	0,98	0,998	9,998	9997,8
Tp'	56,1	1,00	1,000	10,015	10014,9
	60,0	1,07	0,982	9,831	9831,0
	65,0	1,16	0,912	9,130	9130,0
	70,0	1,25	0,806	8,076	8076,3
To'	75,7	1,35	0,666	6,675	6674,5
	80,0	1,43	0,569	5,701	5700,9
	85,0	1,51	0,473	4,737	4736,7
	90,0	1,60	0,393	3,936	3935,6
	95,0	1,69	0,327	2,981	2981,0
	100,0	1,78	0,271	2,477	2476,9
	105,0	1,87	0,225	2,058	2058,0
	110,0	1,96	0,187	1,710	1709,9
	115,0	2,05	0,156	1,421	1420,7
	120,0	2,14	0,129	1,180	1180,4
	125,0	2,23	0,107	0,981	980,8
T1'	129,7	2,31	0,090	0,824	824,0
	135,0	2,40	0,085	0,772	772,0
	140,0	2,49	0,079	0,726	725,7
	145,0	2,58	0,075	0,682	682,3
	150,0	2,67	0,070	0,641	641,4
	155,0	2,76	0,066	0,603	603,0
	160,0	2,85	0,062	0,567	566,9
	165,0	2,94	0,058	0,533	532,9
	170,0	3,03	0,055	0,501	501,0
	175,0	3,12	0,052	0,471	471,0
	180,0	3,21	0,048	0,443	442,8

t (min)	t/tp	q/qp	q (m3/s)	q (l/s)
185,0	3,30	0,046	0,416	416,3
190,0	3,38	0,043	0,391	391,3
195,0	3,47	0,040	0,368	367,9
200,0	3,56	0,038	0,346	345,9
205,0	3,65	0,036	0,325	325,1
210,0	3,74	0,033	0,306	305,7
215,0	3,83	0,031	0,287	287,4
220,0	3,92	0,030	0,270	270,2
Sumas =		12,571	123,734	

El hidrograma unitario resultante se muestra en la siguiente figura:

### HIDROGRAFA UNITARIA



#### 1.3.1.5 Determinación de la tormenta de diseño.

Con base en la curva de intensidad-duración-frecuencia de la estación San Antonio de Prado, se tantea con lluvias de diferentes duraciones, menores y mayores que el tiempo de concentración. Nótese que se toman lluvias cuya duración total es múltiplo de 5 minutos, porque esta es la duración asociada con la hidrógrafa unitaria. El estudio se realiza para períodos de retorno de 5, 25, 50 y 100 años y para duraciones de la lluvia de 75, 90, 105 y 120 minutos.

En las tablas siguientes se ilustran las intensidades y profundidades para las condiciones señaladas.

<b>Per. de Retorno (años)</b>	<b>Inten. lluvia D=75min. (mm/hr)</b>	<b>Inten. lluvia D=90min. (mm/hr)</b>	<b>Inten. lluvia D=105min. (mm/hr)</b>	<b>Inten. lluvia D=120min. (mm/hr)</b>
5	41,0	34,4	29,4	24,5
25	51,4	43,2	37,1	32,4
50	55,8	46,8	40,2	35,1
100	60,0	50,3	43,2	37,7

<b>Per. de retorno (años)</b>	<b>Prof. lluvia D=75min. (mm)</b>	<b>Prof. lluvia D=90min. (mm)</b>	<b>Prof. lluvia D=105min. (mm)</b>	<b>Prof. lluvia D=120min. (mm)</b>
5	51,27	51,58	51,48	48,99
25	64,30	64,80	64,93	64,84
50	69,72	70,18	70,27	70,15
100	74,96	75,43	75,53	75,42

Curvas IDF para la estación San Antonio de Prado. (Normas de diseño acueducto, alcantarillado y vertimientos industriales. EEPPM ) (Ver anexo 1)

### 1.3.1.6 Porcentajes de distribución temporal de la lluvia.

Se construye el hietograma de cada una de las lluvias anteriores, distribuyendo su profundidad total en el tiempo mediante los porcentaje de distribución, que se obtienen de las curvas de la Estación Miguel de Aguinaga. (Normas de diseño acueducto, alcantarillado y vertimientos industriales EEPPM). (Ver anexo 1)

Lluvia de 75 min:  $(15 \text{ min} / 75 \text{ min}) * 100\% = 20\%$

<b>% Tiempo</b>	<b>% Lluvia</b>
20	24
40	63
60	83
80	93
100	100

Lluvia de 90 min:  $(15 \text{ min} / 90 \text{ min}) * 100\% = 16,67\%$

% Tiempo	% Lluvia
16,67	18
33,34	54
50,01	88
66,68	94
83,35	97
100	100

Lluvia de 105 min:  $(15 \text{ min} / 105 \text{ min}) * 100\% = 14,28\%$

% Tiempo	% Lluvia
14,28	22
28,56	50
42,84	77
57,12	87
71,4	93
85,68	97
100	100

Lluvia de 120 min:  $(15 \text{ min} / 120 \text{ min}) * 100\% = 12,50\%$

% Tiempo	% Lluvia
12,5	28
25	58
37,5	74
50	82
62,5	88
75	92
87,5	95
100	100

### 1.3.1.7 Cálculo de la lluvia efectiva.

Se construyen los hietogramas de lluvia efectiva, mediante el método propuesto por el SCS, el cual emplea las siguientes expresiones:

$$Pe = \frac{(P - Ia)^2}{P - Ia + S} = \frac{(P - 0.2*S)^2}{P + 0.8 * S}$$

donde:

Pe = Lluvia efectiva (mm).

S = Retención potencial máxima (mm).

$I_a$  = Retención inicial (mm).  
 CN = Número de curva.  
 P = Volumen de precipitación (mm).

$$CN = 80$$

$$S = 1000 / CN - 10 \quad S = 2,50 \text{ plg} = 63,50 \text{ mm}$$

$$I_a = 0,2 * S \quad I_a = 12,70 \text{ mm}$$

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 = \frac{1000}{80} - 10 = 2,500 \text{ plg} = 63,50 \text{ mm}$$

$$P_e = \frac{(P - 12,70 \text{ mm})^2}{P + 50,80 \text{ mm}}$$

Para estos cálculos se utilizó un CN = 80, considerando los siguientes factores y con base en la tabla 5 y 5 A . Grupo y humedad antecedente del suelo y Número de curva para AMC II respectivamente.

Grupo de suelo tipo C(impermeable con una tasa de filtración entre 0.05 y .15 in/hr).

Humedad antecedente del suelo tipo II(suelos intermedios, lluvia entre 3.5 y 5.3 cm en los últimos 5 días).

Condición hidrológica del suelo intermedia desde el punto de vista de la erosión(fair).

Uso del suelo: bosque y pastizales.

### 1.3.1.8 Cálculo de los hietogramas de lluvia total y efectiva.

En las siguientes tablas se ilustra la forma de obtener los valores de lluvia total y efectiva para duraciones de 75,90,105 y 120 minutos respectivamente en los periodos de recurrencia previamente seleccionados.

#### Lluvia de 75 minutos y 5 años

Tiempo acumulado	(min)	15,00	30,00	45,00	60,00	75,00
Tiempo acumulado	(%)	20,00	40,00	60,00	80,00	100,00
Lluvia acumulada	(%)	24,00	63,00	83,00	93,0	100
Lluvia acumulada	(mm)	12,31	32,30	42,56	47,68	51,27
Lluvia efect. acumulada	(mm)	0,00	4,62	9,55	12,43	14,58
Lluvia efect. Período	(mm)	0,00	4,62	4,92	2,88	2,15

#### Lluvia de 75 minutos y 25 años

Tiempo acumulado	(min)	15,00	30,00	45,00	60,00	75,00
Tiempo acumulado	(%)	20,00	40,00	60,00	80,00	100,00
Lluvia acumulada	(%)	24,00	63,00	83,00	93,0	100
Lluvia acumulada	(mm)	15,43	40,51	53,37	59,80	64,30
Lluvia efect. acumulada	(mm)	0,11	8,47	15,88	20,06	23,13
Lluvia efect. Período	(mm)	0,11	8,36	7,41	4,18	3,08

**Lluvia de 75 minutos y 50 años**

Tiempo acumulado	(min)	15,00	30,00	45,00	60,00	75,00
Tiempo acumulado	(%)	20,00	40,00	60,00	80,00	100,00
Lluvia acumulada	(%)	24,00	63,00	83,00	93,0	100
Lluvia acumulada	(mm)	16,73	43,92	57,87	64,84	69,72
Lluvia efect. acumulada	(mm)	0,24	10,29	18,77	23,51	26,98
Lluvia efect. Período	(mm)	0,24	10,05	8,48	4,74	3,47

**Lluvia de 75 minutos y 100 años**

Tiempo acumulado	(min)	15,00	30,00	45,00	60,00	75,00
Tiempo acumulado	(%)	20,00	40,00	60,00	80,00	100,00
Lluvia acumulada	(%)	24,00	63,00	83,00	93,0	100
Lluvia acumulada	(mm)	17,99	47,23	62,22	69,71	74,96
Lluvia efect. acumulada	(mm)	0,00	12,16	21,70	26,97	30,82
Lluvia efect. período	(mm)	0,00	12,16	9,54	5,28	3,85

**Lluvia de 90 minutos y 5 años**

Tiempo acumulado	(min)	15,00	30,00	45,00	60,00	75,00	90,00
Tiempo acumulado	(%)	16,67	33,43	50,01	66,68	83,4	100,0
Lluvia acumulada	(%)	18,00	54,00	88,00	94,00	97,0	100,0
Lluvia acumulada	(mm)	9,28	27,85	45,39	48,48	50,03	51,58
Lluvia efect. acumulada	(mm)	0,00	2,92	11,11	12,90	13,82	14,76
Lluvia efect. período	(mm)	0,00	2,92	8,19	1,79	0,92	0,94

**Lluvia de 90 minutos y 25 años**

Tiempo acumulado	(min)	15,00	30,00	45,00	60,00	75,00	90,00
Tiempo acumulado	(%)	16,67	33,43	50,01	66,68	83,4	100,0
Lluvia acumulada	(%)	18,00	54,00	88,00	94,00	97,0	100,00
Lluvia acumulada	(mm)	11,66	34,99	57,03	60,92	62,86	64,80
Lluvia efect. acumulada	(mm)	0,00	5,79	18,22	20,81	22,14	23,48
Lluvia efect. período	(mm)	0,00	5,79	12,43	2,59	1,33	1,35

**Lluvia de 90 minutos y 50 años**

Tiempo acumulado	(min)	15,00	30,00	45,00	60,00	75,00	90,00
Tiempo acumulado	(%)	16,67	33,43	50,01	66,68	83,4	100,0
Lluvia acumulada	(%)	18,00	54,00	88,00	94,00	97,0	100,00
Lluvia acumulada	(mm)	12,63	37,90	61,76	65,97	68,07	70,18
Lluvia efect. acumulada	(mm)	0,00	7,16	21,38	24,30	25,79	27,31
Lluvia efect. período	(mm)	0,00	7,16	14,22	2,92	1,49	1,52

**Lluvia de 90 minutos y 100 años**

Tiempo acumulado	(min)	15,00	30,00	45,00	60,00	75,00	90,00
Tiempo acumulado	(%)	16,67	33,43	50,01	66,68	83,4	100,0
Lluvia acumulada	(%)	18,00	54,00	88,00	94,00	97,0	100,00
Lluvia acumulada	(mm)	13,58	40,73	66,37	70,90	73,16	75,43
Lluvia efect. acumulada	(mm)	0,00	8,58	24,59	27,83	29,49	31,17
Lluvia efect. período	(mm)	0,00	8,58	16,00	3,25	1,66	1,68



### Lluvia de 105 minutos y 5 años

Tiempo acumulado	(min)	15,00	30,00	45,00	60,00	75,00	90,00	105,00
Tiempo acumulado	(%)	14,28	28,56	42,84	57,12	71,4	85,7	100
Lluvia acumulada	(%)	22,00	50,00	77,00	87,00	93,0	97,0	100
Lluvia acumulada	(mm)	11,33	25,74	39,64	44,79	47,88	49,94	51,48
Lluvia efect. acumulada	(mm)	0,00	2,22	8,02	10,77	12,54	13,76	14,70
Lluvia efect. período	(mm)	0,00	2,22	5,80	2,75	1,77	1,22	0,94

### Lluvia de 105 minutos y 25 años

Tiempo acumulado	(min)	15,00	30,00	45,00	60,00	75,00	90,00	105,00
Tiempo acumulado	(%)	14,28	28,56	42,84	57,12	71,4	85,7	100
Lluvia acumulada	(%)	22,00	50,00	77,00	87,00	93,0	97,0	100
Lluvia acumulada	(mm)	14,28	32,47	50,00	56,49	60,38	62,98	64,93
Lluvia efect. acumulada	(mm)	0,00	4,69	13,80	17,87	20,45	22,22	23,57
Lluvia efect. período	(mm)	0,00	4,69	9,11	4,07	2,58	1,77	1,35

### Lluvia de 105 minutos y 50 años

Tiempo acumulado	(min)	15,00	30,00	45,00	60,00	75,00	90,00	105,00
Tiempo acumulado	(%)	14,28	28,56	42,84	57,12	71,4	85,7	100
Lluvia acumulada	(%)	22,00	50,00	77,00	87,00	93,0	97,0	100
Lluvia acumulada	(mm)	15,46	35,14	54,11	61,13	65,35	68,16	70,27
Lluvia efect. acumulada	(mm)	0,00	5,86	16,34	20,96	23,87	25,86	27,38
Lluvia efect. período	(mm)	0,00	5,86	10,49	4,61	2,91	1,99	1,52

### Lluvia de 105 minutos y 100 años

Tiempo acumulado	(min)	15,00	30,00	45,00	60,00	75,00	90,00	105,00
Tiempo acumulado	(%)	14,28	28,56	42,84	57,12	71,4	85,7	100
Lluvia acumulada	(%)	22,00	50,00	77,00	87,00	93,0	97,0	100
Lluvia acumulada	(mm)	16,62	37,77	58,16	65,71	70,24	73,26	75,53
Lluvia efect. acumulada	(mm)	0,23	7,09	18,97	24,12	27,36	29,57	31,25
Lluvia efect. período	(mm)	0,23	6,87	11,87	5,15	3,24	2,21	1,68

### Lluvia de 120 minutos y 5 años

Tiempo acumulado	(min)	15,0	30,0	45,0	60,0	75,0	90,0	105,0	120,0
Tiempo acumulado	(%)	12,5	25,0	37,5	50,0	62,5	75,0	87,5	100,0
Lluvia acumulada	(%)	28,0	58,0	74,0	82,0	88,0	92,0	95,0	100,0
Lluvia acumulada	(mm)	13,7	28,4	36,3	40,2	43,1	45,1	46,5	49,0
Lluvia efect. acumulada	(mm)	0,0	0,0	6,4	8,3	9,8	10,9	11,8	13,2
Lluvia efect. período	(mm)	0,0	0,0	6,4	1,9	1,6	1,1	0,8	1,4

### Lluvia de 120 minutos y 25 años

Tiempo acumulado	(min)	15,0	30,0	45,0	60,0	75,0	90,0	105,0	120,0
Tiempo acumulado	(%)	12,5	25,0	37,5	50,0	62,5	75,0	87,5	100,0
Lluvia acumulada	(%)	28,0	58,0	74,0	82,0	88,0	92,0	95,0	100,0
Lluvia acumulada	(mm)	18,2	37,6	48,0	53,2	57,1	59,7	61,6	64,8
Lluvia efect. acumulada	(mm)	0,0	7,0	12,6	15,8	18,2	20,0	21,3	23,5
Lluvia efect. período	(mm)	0,0	7,0	5,6	3,2	2,5	1,7	1,3	2,2

**L****luvia de 120 minutos y 50 años**

Tiempo acumulado	(min)	15,0	30,0	45,0	60,0	75,0	90,0	105,0	120,0
Tiempo acumulado	(%)	12,5	25,0	37,5	50,0	62,5	75,0	87,5	100,0
Lluvia acumulada	(%)	28,0	58,0	74,0	82,0	88,0	92,0	95,0	100,0
Lluvia acumulada	(mm)	19,6	40,7	51,9	57,5	61,7	64,5	66,6	70,2
Lluvia efect. acumulada	(mm)	0,0	8,6	15,0	18,5	21,4	23,3	24,8	27,3
Lluvia efect. periodo	(mm)	0,0	8,6	6,4	3,6	2,8	1,9	1,5	2,5

**Lluvia de 120 minutos y 100 años**

Tiempo acumulado	(min)	15,0	30,0	45,0	60,0	75,0	90,0	105,0	120,0
Tiempo acumulado	(%)	12,5	25,0	37,5	50,0	62,5	75,0	87,5	100,0
Lluvia acumulada	(%)	28,0	58,0	74,0	82,0	88,0	92,0	95,0	100,0
Lluvia acumulada	(mm)	21,1	43,7	55,8	61,8	66,4	69,4	71,6	75,4
Lluvia efect. Acumulada	(mm)	0,0	10,2	17,4	21,4	24,6	26,7	28,4	31,2
Lluvia efect. Periodo	(mm)	0,0	10,2	7,2	4,0	3,1	2,2	1,6	2,8

**1.3.1.9 Cálculo del hidrograma de salida.**

El hidrograma de salida de la creciente en la cuenca se calcula mediante la hidrógrafa unitaria y los hietogramas de lluvia efectiva calculados atrás usando la siguiente ecuación, expresada en forma matricial.

$$Q(n) = q(n - j + 1) * Pe (j)$$

para n = 1, 2, 3, ..

A continuación se detallan los cálculos respectivos. Dichos cálculos se efectuaron solo hasta encontrar el caudal pico de cada hidrógrafa. Se omite el cálculo de la hidrógrafa completa porque no interesa en este caso. Para cada período de retorno se calcula el caudal pico que produce cada una de las lluvias con diferente duración y se selecciona aquel que sea mayor que las demás, mediante el producto matricial.

**Lluvia de 75 minutos y 5 años**

15	0,081	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
30	2,674	0,081	0,000	0,000	0,000	4,623	0,376
45	8,310	2,674	0,081	0,000	0,000	4,925	12,764
60	9,831	8,310	2,674	0,081	0,000	2,879	51,826
75	8,076	9,831	8,310	2,674	0,081	2,149	94,251
90	3,936	8,076	9,831	8,310	2,674		115,424
105	2,058	3,936	8,076	9,831	8,310		104,130
120	1,180	2,058	3,936	8,076	9,831		73,275

**Qpico = 115,424**

**Lluvia de 75 minutos y 25 años**

15	0,081	0,000	0,000	0,000	0,000	0,113	0,009
30	2,674	0,081	0,000	0,000	0,000	8,357	0,981
45	8,310	2,674	0,081	0,000	0,000	7,408	23,886
60	9,831	8,310	2,674	0,081	0,000	4,180	90,706
75	8,076	9,831	8,310	2,674	0,081	3,075	156,057
90	3,936	8,076	9,831	8,310	2,674		183,723
105	2,058	3,936	8,076	9,831	8,310		159,597
120	1,180	2,058	3,936	8,076	9,831		110,475

**Qpico = 183,723****Lluvia de 75 minutos y 50 años**

15	0,081	0,000	0,000	0,000	0,000	0,241	0,020
30	2,674	0,081	0,000	0,000	0,000	10,052	1,462
45	8,310	2,674	0,081	0,000	0,000	8,482	29,572
60	9,831	8,310	2,674	0,081	0,000	4,74	108,970
75	8,076	9,831	8,310	2,674	0,081	3,469	184,198
90	3,936	8,076	9,831	8,310	2,674		214,143
105	2,058	3,936	8,076	9,831	8,310		183,934
120	1,180	2,058	3,936	8,076	9,831		126,693

**Qpico = 214,143****Lluvia de 75 minutos y 100 años**

15	0,081	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
30	2,674	0,081	0,000	0,000	0,000	12,160	0,989
45	8,310	2,674	0,081	0,000	0,000	9,536	33,294
60	9,831	8,310	2,674	0,081	0,000	5,277	126,984
75	8,076	9,831	8,310	2,674	0,081	3,851	213,215
90	3,936	8,076	9,831	8,310	2,674		246,106
105	2,058	3,936	8,076	9,831	8,310		208,752
120	1,180	2,058	3,936	8,076	9,831		143,033

**Qpico = 246,106****Lluvia de 90 minutos y 5 años**

15	0,081	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
30	2,674	0,081	0,000	0,000	0,000	2,919	0,237
45	8,310	2,674	0,081	0,000	0,000	8,189	8,471
60	9,831	8,310	2,674	0,081	0,000	1,788	46,299
75	8,076	9,831	8,310	2,674	0,081	0,924	101,604
90	3,936	8,076	9,831	8,310	2,674	0,943	121,485
105	2,058	3,936	8,076	9,831	8,310	2,674	105,402
120	1,180	2,058	3,936	8,076	9,831	8,310	69,595

**Qpico = 121,485**

**Lluvia de 90 minutos y 25 años**

15	0,081	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
30	2,674	0,081	0,000	0,000	0,000	0,000	5,793	0,471
45	8,310	2,674	0,081	0,000	0,000	0,000	12,430	16,503
60	9,831	8,310	2,674	0,081	0,000	0,000	2,587	81,593
75	8,076	9,831	8,310	2,674	0,081	0,000	1,327	167,272
90	3,936	8,076	9,831	8,310	2,674	0,081	1,348	194,137
105	2,058	3,936	8,076	9,831	8,310	2,674		163,244
120	1,180	2,058	3,936	8,076	9,831	8,310		105,972

**Qpico = 194,137****Lluvia de 90 minutos y 50 años**

15	0,081	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
30	2,674	0,081	0,000	0,000	0,000	0,000	7,158	0,582
45	8,310	2,674	0,081	0,000	0,000	0,000	14,224	20,298
60	9,831	8,310	2,674	0,081	0,000	0,000	2,919	97,758
75	8,076	9,831	8,310	2,674	0,081	0,000	1,494	196,499
90	3,936	8,076	9,831	8,310	2,674	0,081	1,515	226,016
105	2,058	3,936	8,076	9,831	8,310	2,674		188,207
120	1,180	2,058	3,936	8,076	9,831	8,310		121,559

**Qpico = 226,016****Lluvia de 90 minutos y 100 años**

15	0,081	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
30	2,674	0,081	0,000	0,000	0,000	0,000	8,584	0,698
45	8,310	2,674	0,081	0,000	0,000	0,000	16,003	24,256
60	9,831	8,310	2,674	0,081	0,000	0,000	3,246	114,392
75	8,076	9,831	8,310	2,674	0,081	0,000	1,658	226,192
90	3,936	8,076	9,831	8,310	2,674	0,081	1,680	258,196
105	2,058	3,936	8,076	9,831	8,310	2,674		213,209
120	1,180	2,058	3,936	8,076	9,831	8,310		137,119

**Qpico = 258,196****Lluvia de 105 minutos y 5 años**

15	0,081	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
30	2,674	0,081	0,000	0,000	0,000	0,000	2,222	0,181
45	8,310	2,674	0,081	0,000	0,000	0,000	5,803	6,413
60	9,831	8,310	2,674	0,081	0,000	0,000	2,747	34,204
75	8,076	9,831	8,310	2,674	0,081	0,000	1,768	77,554
90	3,936	8,076	9,831	8,310	2,674	0,081	1,224	102,647
105	2,058	3,936	8,076	9,831	8,310	2,674	0,940	100,659
120	1,180	2,058	3,936	8,076	9,831	8,310	2,674	79,664

**Qpico = 102,647**

**Lluvia de 105 minutos y 25 años**

15	0,081	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
30	2,674	0,081	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,692	0,382
45	8,310	2,674	0,081	0,000	0,000	0,000	0,000	9,108	13,287
60	9,831	8,310	2,674	0,081	0,000	0,000	0,000	4,072	63,678
75	8,076	9,831	8,310	2,674	0,081	0,000	0,000	2,579	132,917
90	3,936	8,076	9,831	8,310	2,674	0,081	0,000	1,769	168,316
105	2,058	3,936	8,076	9,831	8,310	2,674	0,081	1,351	158,332
120	1,180	2,058	3,936	8,076	9,831	8,310	2,674		122,061

**Qpico = 168,316****Lluvia de 105 minutos y 50 años**

15	0,081	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
30	2,674	0,081	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	5,857	0,476
45	8,310	2,674	0,081	0,000	0,000	0,000	0,000	10,487	16,516
60	9,831	8,310	2,674	0,081	0,000	0,000	0,000	4,614	77,093
75	8,076	9,831	8,310	2,674	0,081	0,000	0,000	2,909	157,305
90	3,936	8,076	9,831	8,310	2,674	0,081	0,000	1,991	196,685
105	2,058	3,936	8,076	9,831	8,310	2,674	0,081	1,518	182,725
120	1,180	2,058	3,936	8,076	9,831	8,310	2,674		139,786

**Qpico = 196,685****Lluvia de 105 minutos y 100 años**

15	0,081	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,228	0,019
30	2,674	0,081	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	6,866	1,167
45	8,310	2,674	0,081	0,000	0,000	0,000	0,000	11,872	21,218
60	9,831	8,310	2,674	0,081	0,000	0,000	0,000	5,154	91,463
75	8,076	9,831	8,310	2,674	0,081	0,000	0,000	3,236	182,042
90	3,936	8,076	9,831	8,310	2,674	0,081	0,000	2,210	224,724
105	2,058	3,936	8,076	9,831	8,310	2,674	0,081	1,683	206,979
120	1,180	2,058	3,936	8,076	9,831	8,310	2,674		157,426

**Qpico = 224.724**

**Lluvia de 120 minutos y 5 años**

15	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30	2,67	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
45	8,31	2,67	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6.372	0,52
60	9,83	8,31	2,67	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	1.924	17,20
75	8,08	9,83	8,31	2,67	0,08	0,00	0,00	0,00	1.552	58,23
90	3,94	8,08	9,83	8,31	2,67	0,08	0,00	0,00	1.082	82,87
105	2,06	3,94	8,08	9,83	8,31	2,67	0,08	0,00	0.835	86,24
120	1,18	2,06	3,94	8,08	9,83	8,31	2,67	0,08	1.433	67,21

**Qpico = 86,24****Lluvia de 120 minutos y 25 años**

15	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30	2,67	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8.562	0,57
45	8,31	2,67	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6.408	19,22
60	9,83	8,31	2,67	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	3.578	73,50
75	8,08	9,83	8,31	2,67	0,08	0,00	0,00	0,00	2.817	124,13
90	3,94	8,08	9,83	8,31	2,67	0,08	0,00	0,00	1.934	144,56
105	2,06	3,94	8,08	9,83	8,31	2,67	0,08	0,00	1.478	129,07
120	1,18	2,06	3,94	8,08	9,83	8,31	2,67	0,08	2.502	103,47

**Qpico = 144,56****Lluvia de 120 minutos y 50 años**

15	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30	2,67	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8.562	0,70
45	8,31	2,67	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6.408	23,42
60	9,83	8,31	2,67	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	3.578	88,58
75	8,08	9,83	8,31	2,67	0,08	0,00	0,00	0,00	2.817	147,22
90	3,94	8,08	9,83	8,31	2,67	0,08	0,00	0,00	1.934	169,56
105	2,06	3,94	8,08	9,83	8,31	2,67	0,08	0,00	1.478	149,32
120	1,18	2,06	3,94	8,08	9,83	8,31	2,67	0,08	2.502	119,66

**Qpico = 169,56**

### Lluvia de 120 minutos y 100 años

15	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30	2,67	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10.193	0,83
45	8,31	2,67	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7.240	27,85
60	9,83	8,31	2,67	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	4.408	104,39
75	8,08	9,83	8,31	2,67	0,08	0,00	0,00	0,00	3.143	171,35
90	3,94	8,08	9,83	8,31	2,67	0,08	0,00	0,00	2.153	195,38
105	2,06	3,94	8,08	9,83	8,31	2,67	0,08	0,00	1.643	169,99
120	1,18	2,06	3,94	8,08	9,83	8,31	2,67	0,08	2.785	135,24

**Qpico = 195,38**

#### 1.3.1.10 Análisis de Frecuencia de Caudales máximos.

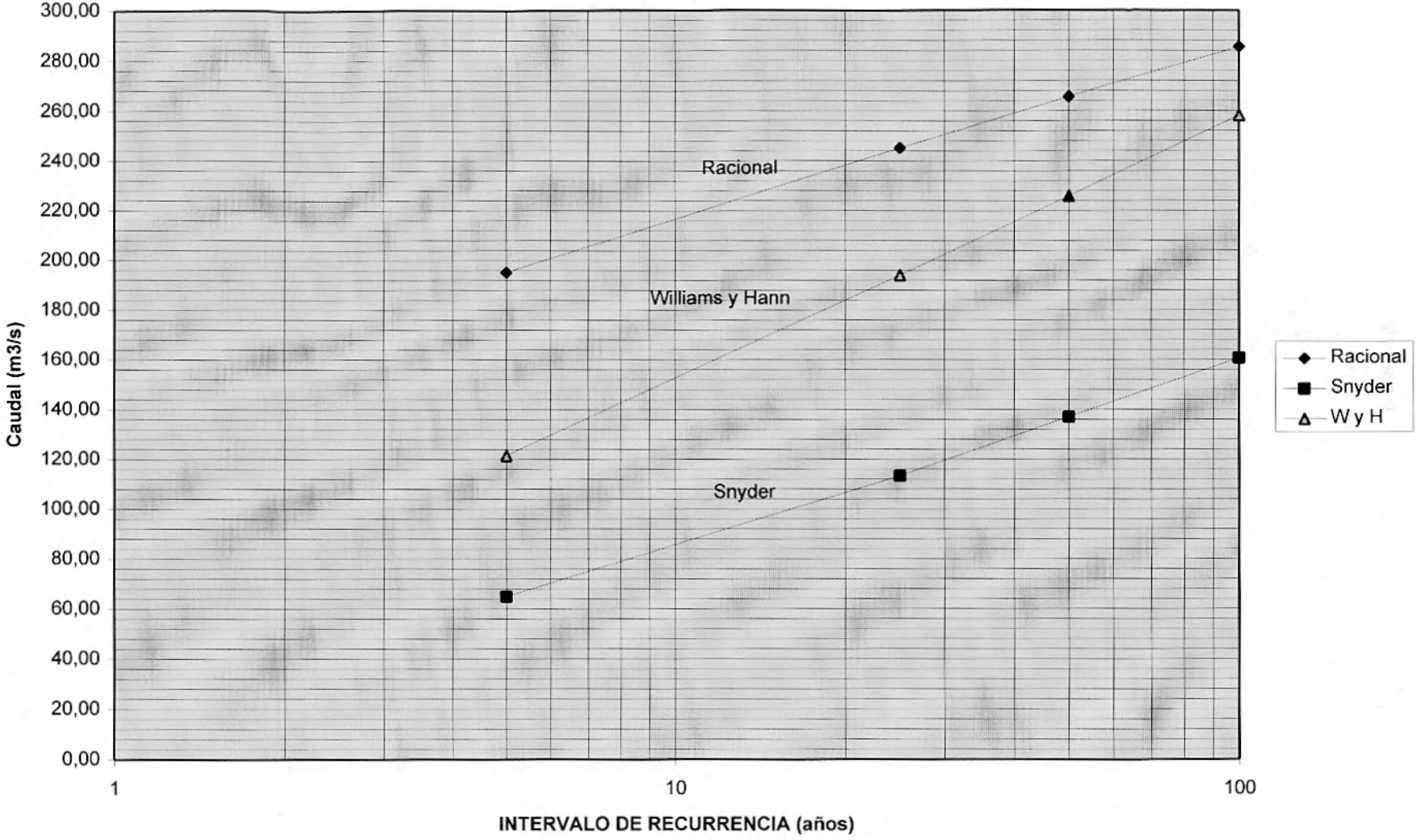
Con base en las tablas anteriores, se selecciona para cada período de retorno los caudales máximos, entre las diferentes duraciones analizadas.

Los resultados se resumen en la tabla siguiente, y sus valores se grafican en papel de probabilidad Gumbel, para la determinación de caudales para períodos de retorno diferentes a los analizados.

#### Caudales máximos instantáneos (m<sup>3</sup>/s)

Período de retorno (años)	Caudal pico (m <sup>3</sup> /s)				Qmáx (m <sup>3</sup> /s)
	D=75min (m <sup>3</sup> /s)	D=90min (m <sup>3</sup> /s)	D=105min (m <sup>3</sup> /s)	D=120min (m <sup>3</sup> /s)	
5	115,42	121,49	102,65	86,24	121,49
25	183,72	194,14	168,32	144,56	194,14
50	214,14	226,02	196,68	169,56	226,02
100	246,11	258,20	224,72	195,38	258,20

QUEBRADA DOÑA MARÍA  
CAUDALES MÁXIMOS  
ALTERNATIVA No. 1



### 1.3.2 ALTERNATIVA 2 y 3

#### 1.3.2.1 Determinación del tiempo al pico $t_p$ y de la constante de recesión $k$ :

Area de la cuenca:  $A = 26,96 \text{ km}^2 = 10,414 \text{ millas cuadradas}$ .

Longitud de la cuenca:  $L = 10,11 \text{ km} = 6,283 \text{ millas}$ .

Cota de nacimiento: 2990,00 msnm.

Cota de salida: 1900,00 msnm.

Ancho promedio:  $W = 2,67 \text{ km} = 1,659 \text{ millas}$ .

SLP = 0,098 m/m = 517,329 pies/mi.

$L/W = 3,787$  Relación longitud/ancho de la cuenca.

Cota del punto más lejano de la cuenca: 3100 msnm.

Con base en los anteriores valores se evalúan el tiempo al pico  $t_p$  y la constante de recesión  $K$  aplicando las siguientes expresiones, en unidades inglesas:

$$t_p = 4.63 * A^{0.422} * SLP^{(-0.46)} * (L/W)^{0.133}$$

$$K = 27.0 * A^{0.231} * SLP^{(-0.777)} * (L/W)^{0.124}$$

$t_p = 0,839 \text{ horas} = 50,3 \text{ minutos}$

$K = 0,426 \text{ horas} = 25,6 \text{ minutos}$

$K/t_p = 0,508$

A continuación se evalúan los tiempos de concentración  $t_c$  y de retardo  $t_g$  a partir de diferentes expresiones, en unidades americanas: n

- Tiempos de concentración:

Pendiente promedio por el cauce principal desde el punto más lejano hasta el punto de salida de la cuenca: SLP.

$$t_c = 0.300 * (L_r / J^{0.25})^{0.76} \text{ Témez (hr).}$$

$$t_c = 0.066 * (L_r / J^{0.50})^{0.77} \text{ Kirpich (hr).}$$

$$t_c = 1.58 t_p \quad \text{Williams \& Hann (hr).}$$

- Tiempos de retardo:

$$t_g = 0.123 * (L_r / J^{0.50})^{0.64} \text{ Ven Te Chow (hr).}$$

$$t_g = 0.126 * (L_r / J^{0.25})^{0.76} \text{ U.S. Corps of Engineers (hr).}$$

donde:

J : Pendiente del río principal en decimales.  $J = 9,80\%$

Lr : Longitud del río principal en km.  $Lr = 11,06 \text{ Km} = 1,591 \text{ millas}$

Dicha evaluación conduce a los siguientes resultados:

tc = 57,17	min	Témez
tc = 19,97	min	Kirpich
tc = 79,50	min	Williams & Hann
tg = 28,32	min	Ven Te Chow
tg = 24,01	min	U.S. Corps of Engineers

La estimación del tiempo de concentración (tc) y del tiempo de retardo (tg) usando diferentes métodos produce resultados muy diferentes, pero se seleccionan los valores obtenidos con los modelos de Williams y Hann y de Ven Te Chow, ya que dan estimativos más reales para su aplicación a cuencas pequeñas.

### 1.3.2.2 Determinación de los parámetros de la cuenca: n y B.

Para  $K/tp = 0,508$  se obtiene a partir de la figura 1:

$$n = f(K/tp) = 8$$

Con n y a partir de la figura 2 se obtiene:

$$B = f(n) = 570$$

"Figura 1. Relación entre el parámetro de forma de la cuenca "n" y la relación constante de recesión/tiempo al pico ( $K/tp$ ). "Extractada del libro "Introduction to Hidrology", de Viessman." (Ver anexo 1)

"Figura 2. Relación entre el parámetro de forma de la cuenca "n" y el parámetro de la cuenca "B". Extractada del libro "Introduction to Hidrology", de Viessman." (Ver anexo 1)

### 1.3.2.3 Cálculo del caudal pico qp.

Se supone la profundidad unitaria de la lluvia como:

$$R = 1 \text{ mm} = 0,0394 \text{ plg.}$$

$$qp = B * A * R / tp$$

donde:

- tp = Tiempo pico (horas) = 0,84
- B = Parámetro obtenido de la gráfica 2 = 570.
- A = Area de la cuenca ( $\text{mi}^2$ ) = 10,41  $\text{mi}^2$ .
- R = Lluvia unitaria (plg) = 0.0394 plg.
- qp = Caudal pico (pcs).

Reemplazando tales valores en la expresión de qp se obtiene:

$$q_p = 278,87 \text{ pcs} = 7,897 \text{ m}^3/\text{s}.$$

#### 1.3.3.4 Construcción del hidrograma unitario .

De acuerdo con la hidrógrafa unitaria adimensional (J.R. Williams y R.W. Hann - Hymo) el punto de inflexión, correspondiente al tiempo  $t_o$ , se puede calcular como:

$$t_o = t_p \cdot (1 + 1/(n-1)^{(1/2)})$$

Al reemplazar  $t_p = 0,84$  y  $n = 8$  se obtiene:

$$\begin{aligned} t_o &= 1,16 \text{ hr} = 69,34 \text{ minutos.} \\ t_o &= 1,378 t_p \quad \text{y} \\ t_1 &= t_o + 2 \cdot K = 2,008 \text{ hr} = 120,47 \text{ min.} \\ t_1 &= 2,394 t_p. \end{aligned}$$

Las ordenadas del hidrograma unitario adimensional se calculan utilizando los siguientes parámetros:

Parámetros:	$t_p$ :	50,32 min
	K :	25,57 min
	$q_p$ :	7,897 m <sup>3</sup> /s
	$t_o$ :	69,3 min
	$t_1$ :	120,5 min
	n :	8

Las ordenadas del hidrograma unitario adimensional, se expresan en la siguiente tabla.

	t (min)	t/ $t_p$	q/ $q_p$	q (m <sup>3</sup> /s)	q (l/s)
	0,1	0,00	0,000	0,000	0,0
	1,0	0,02	0,000	0,000	0,0
	5,0	0,10	0,000	0,000	0,4
	10,0	0,20	0,003	0,026	26,4
	15,0	0,30	0,028	0,225	224,8
	20,0	0,40	0,106	0,840	840,0
	25,0	0,50	0,253	1,998	1997,8
	30,0	0,60	0,452	3,571	3570,6
	35,0	0,70	0,664	5,240	5239,5
	40,0	0,79	0,843	6,655	6655,2
	45,0	0,89	0,959	7,571	7571,0
	50,0	0,99	1,000	7,895	7895,5
<b>Tp</b>	50,3	1,00	1,000	7,897	7896,6
	55,0	1,09	0,972	7,675	7674,5
	60,0	1,19	0,891	7,039	7038,7
	65,0	1,29	0,779	6,148	6148,3
<b>To</b>	69,3	1,38	0,670	5,293	5293,0

### Lluvia de 75 minutos y 25 años

Tiempo acumulado	(min)	15,00	30,00	45,00	60,00	75,00
Tiempo acumulado	(%)	20,00	40,00	60,00	80,00	100,00
Lluvia acumulada	(%)	24,00	63,00	83,00	93,00	100,00
Lluvia acumulada	(mm)	15,43	40,51	53,37	59,80	64,30
Lluvia efect. acumulada	(mm)	0,11	8,47	15,88	20,06	23,13
Lluvia efect. período	(mm)	0,11	8,36	7,41	4,18	3,08

### Lluvia de 75 minutos y 50 años

Tiempo acumulado	(min)	15,00	30,00	45,00	60,00	75,00
Tiempo acumulado	(%)	20,00	40,00	60,00	80,00	100,00
Lluvia acumulada	(%)	24,00	63,00	83,00	93,00	100,00
Lluvia acumulada	(mm)	16,73	43,92	57,87	64,84	69,72
Lluvia efect. acumulada	(mm)	0,24	10,29	18,77	23,51	26,98
Lluvia efect. período	(mm)	0,24	10,05	8,48	4,74	3,47

### Lluvia de 75 minutos y 100 años

Tiempo acumulado	(min)	15,00	30,00	45,00	60,00	75,00
Tiempo acumulado	(%)	20,00	40,00	60,00	80,00	100,00
Lluvia acumulada	(%)	24,00	63,00	83,00	93,00	100,00
Lluvia acumulada	(mm)	17,99	47,23	62,22	69,71	74,96
Lluvia efect. acumulada	(mm)	0,00	12,16	21,70	26,97	30,82
Lluvia efect. período	(mm)	0,00	12,16	9,54	5,28	3,85

### Lluvia de 90 minutos y 5 años

Tiempo acumulado	(min)	15,00	30,00	45,00	60,00	75,00	90,00
Tiempo acumulado	(%)	16,67	33,43	50,01	66,68	83,4	100,0
Lluvia acumulada	(%)	18,00	54,00	88,00	94,00	97,0	100,0
Lluvia acumulada	(mm)	9,28	27,85	45,39	48,48	50,03	51,58
Lluvia efect. acumulada	(mm)	0,00	2,92	11,11	12,90	13,82	14,76
Lluvia efect. período	(mm)	0,00	2,92	8,19	1,79	0,92	0,94

### Lluvia de 90 minutos y 25 años

Tiempo acumulado	(min)	15,00	30,00	45,00	60,00	75,00	90,00
Tiempo acumulado	(%)	16,67	33,43	50,01	66,68	83,4	100,0
Lluvia acumulada	(%)	18,00	54,00	88,00	94,00	97,0	100,00
Lluvia acumulada	(mm)	11,66	34,99	57,03	60,92	62,86	64,80
Lluvia efect. Acumulada	(mm)	0,00	5,79	18,22	20,81	22,14	23,48
Lluvia efect. Período	(mm)	0,00	5,79	12,43	2,59	1,33	1,35

### Lluvia de 90 minutos y 50 años

Tiempo acumulado	(min)	15,00	30,00	45,00	60,00	75,00	90,00
Tiempo acumulado	(%)	16,67	33,43	50,01	66,68	83,4	100,0
Lluvia acumulada	(%)	18,00	54,00	88,00	94,00	97,0	100,00
Lluvia acumulada	(mm)	12,63	37,90	61,76	65,97	68,07	70,18
Lluvia efect. acumulada	(mm)	0,00	7,16	21,38	24,30	25,79	27,31
Lluvia efect. período	(mm)	0,00	7,16	14,22	2,92	1,49	1,52

### Lluvia de 90 minutos y 100 años

Tiempo acumulado	(min)	15,00	30,00	45,00	60,00	75,00	90,00
Tiempo acumulado	(%)	16,67	33,43	50,01	66,68	83,4	100,0
Lluvia acumulada	(%)	18,00	54,00	88,00	94,00	97,0	100,00
Lluvia acumulada	(mm)	16,20	48,60	79,20	84,60	87,30	75,43
Lluvia efect. acumulada	(mm)	0,00	12,97	34,02	38,18	40,30	31,17
Lluvia efect. período	(mm)	0,00	12,97	21,05	4,16	2,12	-9,13

### Lluvia de 105 minutos y 5 años

Tiempo acumulado	(min)	15,00	30,00	45,00	60,00	75,00	90,00	105,00
Tiempo acumulado	(%)	14,28	28,56	42,84	57,12	71,4	85,7	100
Lluvia acumulada	(%)	22,00	50,00	77,00	87,00	93,0	97,0	100
Lluvia acumulada	(mm)	11,33	25,74	39,64	44,79	47,88	49,94	51,48
Lluvia efect. acumulada	(mm)	0,00	2,22	8,02	10,77	12,54	13,76	14,70
Lluvia efect. período	(mm)	0,00	2,22	5,80	2,75	1,77	1,22	0,94

### Lluvia de 105 minutos y 25 años

Tiempo acumulado	(min)	15,00	30,00	45,00	60,00	75,00	90,00	105,00
Tiempo acumulado	(%)	14,28	28,56	42,84	57,12	71,4	85,7	100
Lluvia acumulada	(%)	22,00	50,00	77,00	87,00	93,0	97,0	100
Lluvia acumulada	(mm)	14,28	32,47	50,00	56,49	60,38	62,98	64,93
Lluvia efect. acumulada	(mm)	0,00	4,69	13,80	17,87	20,45	22,22	23,57
Lluvia efect. período	(mm)	0,00	4,69	9,11	4,07	2,58	1,77	1,35

### Lluvia de 105 minutos y 50 años

Tiempo acumulado	(min)	15,00	30,00	45,00	60,00	75,00	90,00	105,00
Tiempo acumulado	(%)	14,28	28,56	42,84	57,12	71,4	85,7	100
Lluvia acumulada	(%)	22,00	50,00	77,00	87,00	93,0	97,0	100
Lluvia acumulada	(mm)	15,46	35,14	54,11	61,13	65,35	68,16	70,27
Lluvia efect. acumulada	(mm)	0,00	5,86	16,34	20,96	23,87	25,86	27,38
Lluvia efect. período	(mm)	0,00	5,86	10,49	4,61	2,91	1,99	1,52

### Lluvia de 105 minutos y 100 años

Tiempo acumulado	(min)	15,00	30,00	45,00	60,00	75,00	90,00	105,00
Tiempo acumulado	(%)	14,28	28,56	42,84	57,12	71,4	85,7	100
Lluvia acumulada	(%)	22,00	50,00	77,00	87,00	93,0	97,0	100
Lluvia acumulada	(mm)	16,62	37,77	58,16	65,71	70,24	73,26	75,53
Lluvia efect. acumulada	(mm)	0,23	7,09	18,97	24,12	27,36	29,57	31,25
Lluvia efect. período	(mm)	0,23	6,87	11,87	5,15	3,24	2,21	1,68

### Lluvia de 120 minutos y 5 años

Tiempo acumulado	(min)	15,00	30,00	45,00	60,00	75,00	90,00	105,00	120,00
Tiempo acumulado	(%)	12,50	25,00	37,50	50,00	62,50	75,00	87,50	100,00
Lluvia acumulada	(%)	28,00	58,00	74,00	82,00	88,0	92,0	95,00	100,00
Lluvia acumulada	(mm)	13,72	28,41	36,25	40,17	43,11	45,1	46,54	48,99
Lluvia efect. acumulada	(mm)	0,00	0,00	6,37	8,30	9,85	10,93	11,76	13,20
Lluvia efect. período	(mm)	0,00	0,00	6,37	1,92	1,55	1,08	0,83	1,43

### Lluvia de 120 minutos y 25 años

Tiempo acumulado	(min)	15,00	30,00	45,00	60,00	75,00	90,00	105,00	120,00
Tiempo acumulado	(%)	12,50	25,00	37,50	50,00	62,50	75,00	87,50	100,00
Lluvia acumulada	(%)	28,00	58,00	74,00	82,00	88,0	92,0	95,00	100,00
Lluvia acumulada	(mm)	18,16	37,61	47,98	53,17	57,06	59,7	61,60	64,84
Lluvia efect. acumulada	(mm)	0,00	7,02	12,60	15,75	18,24	19,96	21,27	23,51
Lluvia efect. período	(mm)	0,00	7,02	5,58	3,15	2,49	1,72	1,31	2,24

### Lluvia de 120 minutos y 50 años

Tiempo acumulado	(min)	15,00	30,00	45,00	60,00	75,00	90,00	105,00	120,00
Tiempo acumulado	(%)	12,50	25,00	37,50	50,00	62,50	75,00	87,50	100,00
Lluvia acumulada	(%)	28,00	58,00	74,00	82,00	88,0	92,0	95,00	100,00
Lluvia acumulada	(mm)	19,64	40,69	51,91	57,52	61,73	64,5	66,64	70,15
Lluvia efect. acumulada	(mm)	0,00	8,56	14,97	18,55	21,36	23,30	24,78	27,29
Lluvia efect. período	(mm)	0,00	8,56	6,41	3,58	2,82	1,93	1,48	2,51

### Lluvia de 120 minutos y 100 años

Tiempo acumulado	(min)	15,00	30,00	45,00	60,00	75,00	90,00	105,00	120,00
Tiempo acumulado	(%)	12,50	25,00	37,50	50,00	62,50	75,00	87,50	100,00
Lluvia acumulada	(%)	28,00	58,00	74,00	82,00	88,0	92,0	95,00	100,00
Lluvia acumulada	(mm)	21,12	43,74	55,81	61,84	66,37	69,4	71,65	75,42
Lluvia efect. acumulada	(mm)	0,00	10,19	17,43	21,44	24,58	26,74	28,38	31,17
Lluvia efect. período	(mm)	0,00	10,19	7,24	4,01	3,14	2,15	1,64	2,79

### 1.3.2.9 Cálculo del hidrograma de salida.

El hidrograma de salida de la creciente en la cuenca se calcula mediante la hidrógrafa unitaria y los hidrogramas de lluvia efectiva calculados atrás usando la siguiente ecuación, expresada en forma matricial.

$$Q(n) = q(n - j + 1) * Pe(j)$$

para  $n = 1, 2, 3, \dots$

A continuación se detallan los cálculos respectivos en las siguientes tablas.

Dichos cálculos se efectuaron solo hasta encontrar el caudal pico de cada hidrógrafa. Se omite el cálculo de la hidrógrafa completa porque no interesa en este caso.

Para cada período de retorno se calcula el caudal pico que produce cada una de las lluvias con diferente duración y se selecciona aquél que sea mayor que las demás, mediante el producto matricial.

#### Lluvia de 75 minutos y 5 años

15	0,225	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
30	3,571	0,225	0,000	0,000	0,000	4,623	1,039
45	7,571	3,571	0,225	0,000	0,000	4,925	17,616
60	7,039	7,571	3,571	0,225	0,000	2,879	53,235
75	5,158	7,039	7,571	3,571	0,225	2,149	80,589
90	2,359	5,158	7,039	7,571	3,571		87,978
105	1,312	2,359	5,158	7,039	7,571		72,842
120	0,730	1,312	2,359	5,158	7,039		47,660

**Qpico = 87,978**

#### Lluvia de 75 minutos y 25 años

15	0,225	0,000	0,000	0,000	0,000	0,113	0,025
30	3,571	0,225	0,000	0,000	0,000	8,357	2,281
45	7,571	3,571	0,225	0,000	0,000	7,408	32,357
60	7,039	7,571	3,571	0,225	0,000	4,180	91,453
75	5,158	7,039	7,571	3,571	0,225	3,075	131,104
90	2,359	5,158	7,039	7,571	3,571		138,137
105	1,312	2,359	5,158	7,039	7,571		110,774
120	0,730	1,312	2,359	5,158	7,039		71,727

**Qpico = 138,137**

**Lluvia de 75 minutos y 50 años**

15	0,225	0,000	0,000	0,000	0,000	0,241	0,054
30	3,571	0,225	0,000	0,000	0,000	10,052	3,120
45	7,571	3,571	0,225	0,000	0,000	8,482	39,622
60	7,039	7,571	3,571	0,225	0,000	4,735	109,149
75	5,158	7,039	7,571	3,571	0,225	3,469	153,899
90	2,359	5,158	7,039	7,571	3,571		160,351
105	1,312	2,359	5,158	7,039	7,571		127,367
120	0,730	1,312	2,359	5,158	7,039		82,211

**Qpico = 160,351****Lluvia de 75 minutos y 100 años**

15	0,225	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
30	3,571	0,225	0,000	0,000	0,000	12,160	2,733
45	7,571	3,571	0,225	0,000	0,000	9,536	45,563
60	7,039	7,571	3,571	0,225	0,000	5,277	127,299
75	5,158	7,039	7,571	3,571	0,225	3,851	177,493
90	2,359	5,158	7,039	7,571	3,571		183,541
105	1,312	2,359	5,158	7,039	7,571		144,170
120	0,730	1,312	2,359	5,158	7,039		92,775

**Qpico = 183,541****Lluvia de 90 minutos y 5 años**

15	0,225	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
30	3,571	0,225	0,000	0,000	0,000	0,000	2,919	0,656
45	7,571	3,571	0,225	0,000	0,000	0,000	8,189	12,262
60	7,039	7,571	3,571	0,225	0,000	0,000	1,788	51,739
75	5,158	7,039	7,571	3,571	0,225	0,000	0,924	89,135
90	2,359	5,158	7,039	7,571	3,571	0,225	0,943	89,743
105	1,312	2,359	5,158	7,039	7,571	3,571		72,071
120	0,730	1,312	2,359	5,158	7,039	7,571		46,012

**Qpico = 89,743****Lluvia de 90 minutos y 25 años**

15	0,225	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
30	3,571	0,225	0,000	0,000	0,000	0,000	5,793	1,302
45	7,571	3,571	0,225	0,000	0,000	0,000	12,430	23,479
60	7,039	7,571	3,571	0,225	0,000	0,000	2,587	88,823
75	5,158	7,039	7,571	3,571	0,225	0,000	1,327	144,415
90	2,359	5,158	7,039	7,571	3,571	0,225	1,348	141,993
105	1,312	2,359	5,158	7,039	7,571	3,571		110,840
120	0,730	1,312	2,359	5,158	7,039	7,571		69,806

**Qpico = 144,415**

**Lluvia de 90 minutos y 50 años**

15	0,225	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
30	3,571	0,225	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	7,158	1,609
45	7,571	3,571	0,225	0,000	0,000	0,000	0,000	14,224	28,755
60	7,039	7,571	3,571	0,225	0,000	0,000	0,000	2,919	105,635
75	5,158	7,039	7,571	3,571	0,225	0,000	0,000	1,494	168,827
90	2,359	5,158	7,039	7,571	3,571	0,225	0,000	1,515	164,809
105	1,312	2,359	5,158	7,039	7,571	3,571	0,000	0,000	127,514
120	0,730	1,312	2,359	5,158	7,039	7,571	0,000	0,000	79,986

**Qpico = 168,827****Lluvia de 90 minutos y 100 años**

15	0,225	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
30	3,571	0,225	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	8,584	1,929
45	7,571	3,571	0,225	0,000	0,000	0,000	0,000	16,003	34,246
60	7,039	7,571	3,571	0,225	0,000	0,000	0,000	3,246	122,858
75	5,158	7,039	7,571	3,571	0,225	0,000	0,000	1,658	193,540
90	2,359	5,158	7,039	7,571	3,571	0,225	0,000	1,680	187,787
105	1,312	2,359	5,158	7,039	7,571	3,571	0,000	0,000	144,188
120	0,730	1,312	2,359	5,158	7,039	7,571	0,000	0,000	90,143

**Qpico = 193,540****Lluvia de 105 minutos y 5 años**

15	0,225	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
30	3,571	0,225	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,222	0,499
45	7,571	3,571	0,225	0,000	0,000	0,000	0,000	5,803	9,237
60	7,039	7,571	3,571	0,225	0,000	0,000	0,000	2,747	38,157
75	5,158	7,039	7,571	3,571	0,225	0,000	0,000	1,768	69,777
90	2,359	5,158	7,039	7,571	3,571	0,225	0,000	1,224	79,690
105	1,312	2,359	5,158	7,039	7,571	3,571	0,225	0,940	72,475
120	0,730	1,312	2,359	5,158	7,039	7,571	3,571	0,000	55,841

**Qpico = 79,690****Lluvia de 105 minutos y 25 años**

15	0,225	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
30	3,571	0,225	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,692	1,055
45	7,571	3,571	0,225	0,000	0,000	0,000	0,000	9,108	18,800
60	7,039	7,571	3,571	0,225	0,000	0,000	0,000	4,072	68,959
75	5,158	7,039	7,571	3,571	0,225	0,000	0,000	2,579	117,102
90	2,359	5,158	7,039	7,571	3,571	0,225	0,000	1,769	128,746
105	1,312	2,359	5,158	7,039	7,571	3,571	0,225	1,351	112,856
120	0,730	1,312	2,359	5,158	7,039	7,571	3,571	0,000	85,020

**Qpico = 128,746**

**Lluvia de 105 minutos y 50 años**

15	0,225	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
30	3,571	0,225	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	5,857	1,317
45	7,571	3,571	0,225	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	10,487	23,271
60	7,039	7,571	3,571	0,225	0,000	0,000	0,000	0,000	4,614	82,826
75	5,158	7,039	7,571	3,571	0,225	0,000	0,000	0,000	2,909	137,751
90	2,359	5,158	7,039	7,571	3,571	0,225	0,000	0,000	1,991	149,790
105	1,312	2,359	5,158	7,039	7,571	3,571	0,225	0,000	1,518	129,854
120	0,730	1,312	2,359	5,158	7,039	7,571	3,571	0,000	0,000	97,186

**Qpico = 149,790****Lluvia de 105 minutos y 100 años**

15	0,225	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,228	0,051
30	3,571	0,225	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	6,866	2,356
45	7,571	3,571	0,225	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	11,872	28,908
60	7,039	7,571	3,571	0,225	0,000	0,000	0,000	0,000	5,154	97,133
75	5,158	7,039	7,571	3,571	0,225	0,000	0,000	0,000	3,236	158,513
90	2,359	5,158	7,039	7,571	3,571	0,225	0,000	0,000	2,210	170,585
105	1,312	2,359	5,158	7,039	7,571	3,571	0,225	0,000	1,683	146,776
120	0,730	1,312	2,359	5,158	7,039	7,571	3,571	0,000	0,000	109,283

**Qpico = 170,585****Lluvia de 120 minutos y 5 años**

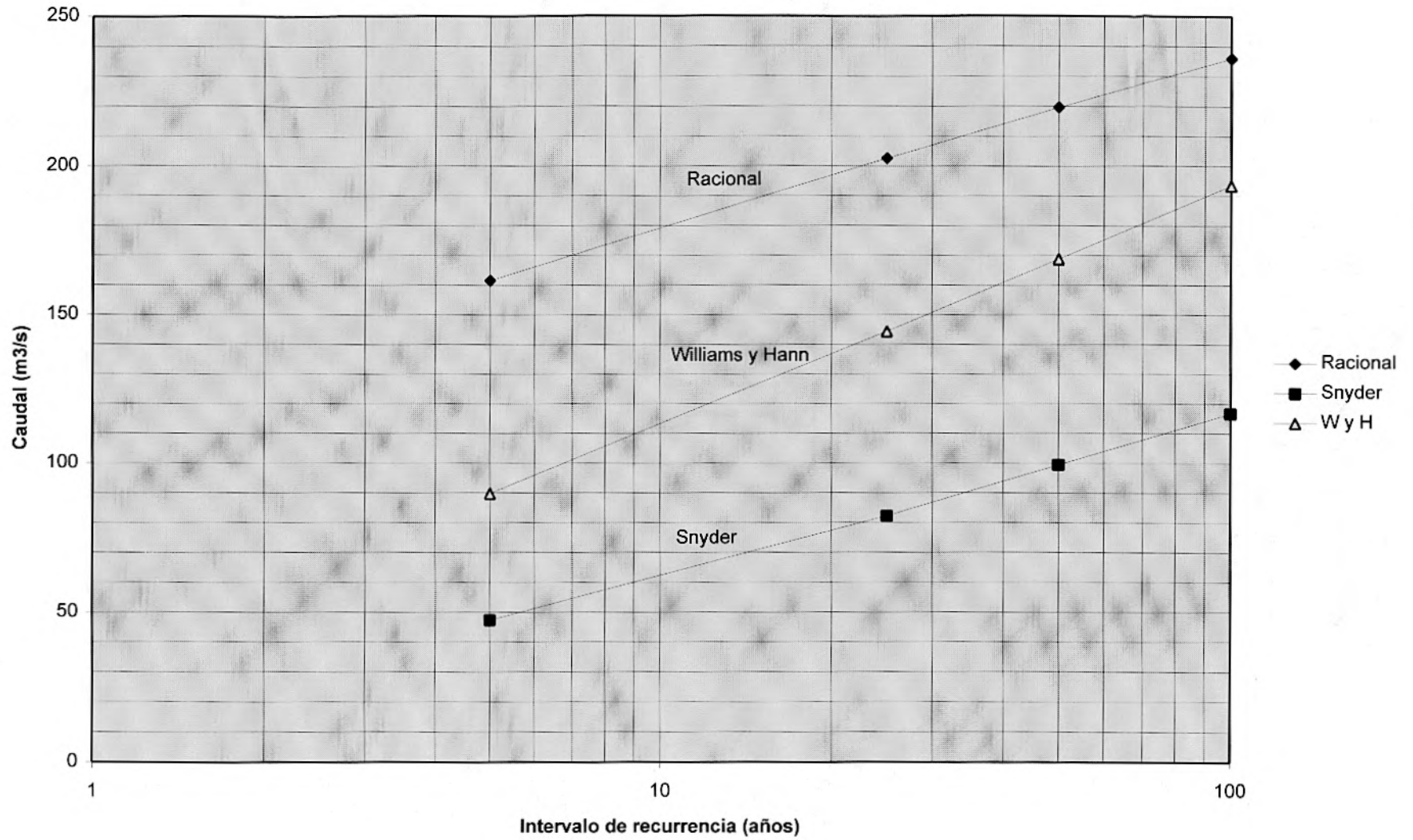
15	0,225	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
30	3,571	0,225	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
45	7,571	3,571	0,225	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	6,372	1,432
60	7,039	7,571	3,571	0,225	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,924	23,185
75	5,158	7,039	7,571	3,571	0,225	0,000	0,000	0,000	0,000	1,552	55,462
90	2,359	5,158	7,039	7,571	3,571	0,225	0,000	0,000	0,000	1,082	65,202
105	1,312	2,359	5,158	7,039	7,571	3,571	0,225	0,000	0,000	0,835	62,209
120	0,730	1,312	2,359	5,158	7,039	7,571	3,571	0,225	0,000	1,433	47,373

**Qpico = 65,202****Lluvia de 120 minutos y 25 años**

15	0,225	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
30	3,571	0,225	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	7,017	1,577
45	7,571	3,571	0,225	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	5,584	26,311
60	7,039	7,571	3,571	0,225	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	3,151	73,774
75	5,158	7,039	7,571	3,571	0,225	0,000	0,000	0,000	0,000	2,492	103,775
90	2,359	5,158	7,039	7,571	3,571	0,225	0,000	0,000	0,000	1,716	108,635
105	1,312	2,359	5,158	7,039	7,571	3,571	0,225	0,000	0,000	1,313	92,747
120	0,730	1,312	2,359	5,158	7,039	7,571	3,571	0,225	0,000	2,236	73,231

**Qpico = 108,635**

QUEBRADA DOÑA MARÍA  
CAUDALES MÁXIMOS  
ALTERNATIVAS No. 2 Y 3



### 1.3.3 ALTERNATIVA 4 y 5

#### 1.3.3.1 Determinación del tiempo al pico $t_p$ y de la constante de recesión $k$ :

Area de la cuenca:  $A = 24,62 \text{ km}^2 = 9,510 \text{ millas cuadradas}$ .

Longitud de la cuenca:  $L = 9,30 \text{ km} = 5,780 \text{ millas}$ .

Cota de nacimiento: 2990,00 msnm.

Cota de salida: 1930,00 msnm.

Ancho promedio:  $W = 2,63 \text{ km} = 1,635 \text{ millas}$ .

SLP = 0,098 m/m = 517,329 pies/mi.

$L/W = 3,536$  Relación longitud/ancho de la cuenca.

Cota del punto más lejano de la cuenca: 3100 msnm.

Con base en los anteriores valores se evalúan el tiempo al pico  $t_p$  y la constante de recesión  $K$  aplicando las siguientes expresiones, en unidades inglesas:

$$t_p = 4.63 * A^{0.422} * SLP^{(-0.46)} * (L/W)^{0.133}$$

$$K = 27.0 * A^{0.231} * SLP^{(-0.777)} * (L/W)^{0.124}$$

$$t_p = 0,800 \text{ horas} = 48,0 \text{ minutos}$$

$$K = 0,414 \text{ horas} = 24,8 \text{ minutos}$$

$$K/t_p = 0,517$$

A continuación se evalúan los tiempos de concentración  $t_c$  y de retardo  $t_g$  a partir de diferentes expresiones, en unidades americanas:

- Tiempos de concentración:

Pendiente promedio por el cauce principal desde el punto más lejano hasta el punto de salida de la cuenca: SLP.

$$t_c = 0.300 * (L_r / J^{0.25})^{0.76} \quad \text{Témez (hr).}$$

$$t_c = 0.066 * (L_r / J^{0.50})^{0.77} \quad \text{Kirpich (hr).}$$

$$t_c = 1.58 t_p \text{ Williams \& Hann (hr).}$$

- Tiempos de retardo:

$$t_g = 0.123 * (L_r / J^{0.50})^{0.64} \quad \text{Ven Te Chow (hr).}$$

$$t_g = 0.126 * (L_r / J^{0.25})^{0.76} \quad \text{U.S. Corps of Engineers (hr).}$$

donde:

$J$ : Pendiente del río principal en decimales.  $J = 9,80\%$

$L_r$ : Longitud del río principal en km.  $L_r = 11,06 \text{ Km} = 1,591 \text{ millas}$

Dicha evaluación conduce a los siguientes resultados:

$$t_c = 57,17 \text{ min} \quad \text{Témez}$$

$$t_c = 19,97 \text{ min} \quad \text{Kirpich}$$

#### 1.3.3.4 Construcción del hidrograma unitario .

De acuerdo con la hidrógrafa unitaria adimensional (J. R. Williams y R. W. Hann- Hymo), el punto de inflexión, correspondiente al tiempo  $t_0$ , se puede calcular como:

$$t_0 = t_p \left( 1 + \frac{1}{(n-1)^{1/2}} \right)$$

Al reemplazar  $t_p = 0,80$  y  $n = 8$  se obtiene:

$$t_0: 1,10 \text{ hr} = 66,13 \text{ minutos.}$$

$$t_0 = 1,378 t_p \quad \text{y}$$

$$t_1 = t_0 + 2 \cdot K = 1,930 \text{ hr} = 115,78 \text{ min.}$$

$$t_1 = 2,413 t_p.$$

Las ordenadas del hidrograma unitario adimensional se calculan utilizando los siguientes parámetros:

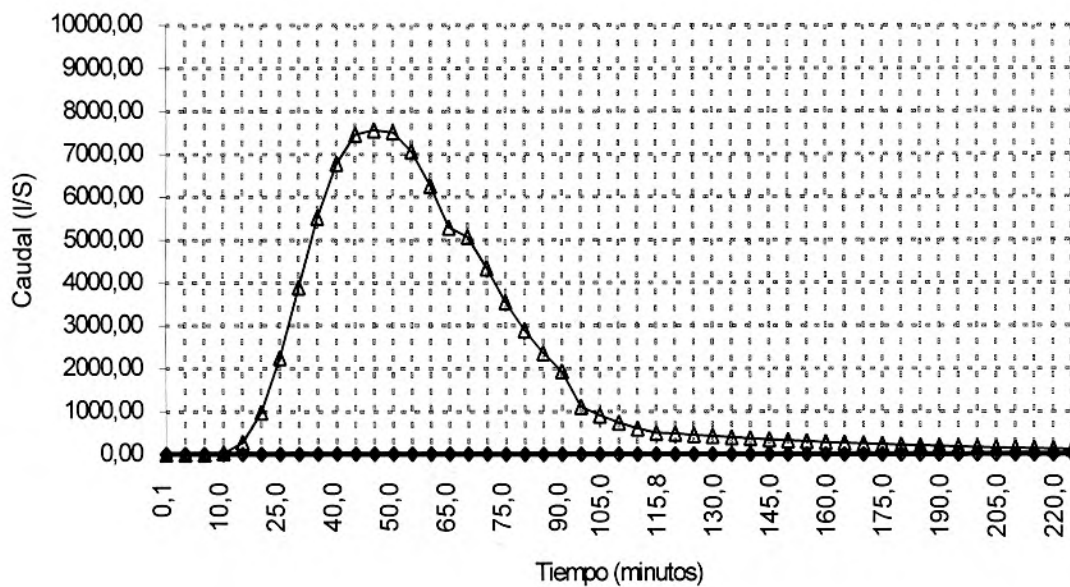
Parámetros:  $t_p$ : 47,99 min  
 $K$ : 24,83 min  
 $q_p$ : 7,561 m<sup>3</sup>/s  
 $t_0$ : 66,1 min  
 $t_1$ : 115,8 min  
 $n$ : 8

Las ordenadas del hidrograma unitario adimensional, se expresan en la siguiente tabla.

	t (min)	t/tp	q/qp	q (m3/s)	q (l/s)
	0.1	0.00	0.000	0.000	0.0
	1.0	0.02	0.000	0.001	0.5
	5.0	0.10	0.004	0.033	32.9
	10.0	0.21	0.036	0.271	271.1
	15.0	0.31	0.130	0.979	979.2
	20.0	0.42	0.298	2.252	2251.7
	25.0	0.52	0.515	3.891	3890.8
	30.0	0.63	0.730	5.520	5519.8
	35.0	0.73	0.896	6.778	6778.3
	40.0	0.83	0.986	7.455	7455.0
	45.0	0.94	1.000	7.561	7561.4
Tp	48.0	1.00	0.994	7.516	7516.3
	50.0	1.04	0.934	7.063	7063.3
	55.0	1.15	0.828	6.263	6263.0
	60.0	1.25	0.699	5.289	5289.0
	65.0	1.35	0.670	5.066	5066.5
T0	66.1	1.38	0.567	4.285	4284.7
	70.0	1.46	0.573	4.335	4334.7
	75.0	1.56	0.469	3.544	3544.0
	80.0	1.67	0.383	2.897	2897.5
	85.0	1.77	0.313	2.369	2368.9
	90.0	1.88	0.256	1.937	1936.8
	95.0	1.98	0.209	1.108	1107.6
	100.0	2.08	0.171	0.906	905.6
	105.0	2.19	0.140	0.740	740.4
	110.0	2.29	0.114	0.605	605.3
	115.0	2.40	0.094	0.495	494.9
T1	115.8	2.41	0.091	0.479	479.2
	120.0	2.50	0.086	0.453	452.8
	125.0	2.60	0.080	0.423	423.4
	130.0	2.71	0.075	0.396	395.9
	135.0	2.81	0.070	0.370	370.2
	140.0	2.92	0.065	0.346	346.1
	145.0	3.02	0.061	0.324	323.7
	150.0	3.13	0.057	0.303	302.7
	155.0	3.23	0.054	0.283	283.0
	160.0	3.33	0.050	0.265	264.6
	165.0	3.44	0.047	0.247	247.4
	170.0	3.54	0.044	0.231	231.4
	175.0	3.65	0.041	0.216	216.4
	180.0	3.75	0.038	0.202	202.3
	185.0	3.86	0.036	0.189	189.2
	190.0	3.96	0.033	0.177	176.9
	195.0	4.06	0.031	0.165	165.4
	200.0	4.17	0.029	0.155	154.7

t (min)	t/tp	q/qp	q (m3/s)	q (l/s)
205.0	4.27	0.027	0.145	144.6
210.0	4.38	0.026	0.135	135.2
215.0	4.48	0.024	0.126	126.4
220.0	4.58	0.022	0.118	118.2
Sumas	=	13.097	94.909	

El hidrograma unitario resultante se muestra en la siguiente figura:



### 1.3.3.5 Determinación de la tormenta de diseño.

Con base en la curva de intensidad frecuencia duración de la Estación San Antonio de Prado, se tantea con lluvias de diferentes duraciones, menores y mayores que el tiempo de concentración.

Nótese que se toman lluvias cuya duración total es múltiplo de 5 minutos, porque ésta es la duración asociada con la hidrógrafa unitaria.

El estudio se realizará para períodos de retorno de 5, 25, 50 y 100 años y para duraciones de la lluvia de 75, 90, 105 y 120 minutos.

En las siguientes tablas se ilustran las intensidades y profundidades para las condiciones señaladas.

Per. de Retorno (años)	Inten. lluvia D=75min. (mm/hr)	Inten. lluvia D=90min. (mm/hr)	Inten. lluvia D=105min. (mm/hr)	Inten. lluvia D=120min. (mm/hr)
5	41.0	34.4	29.4	24.5
25	51.4	43.2	37.1	32.4
50	55.8	46.8	40.2	35.1
100	60.0	50.3	43.2	37.7

Per. de Retorno (años)	Prof. lluvia D=75min. (mm)	Prof. lluvia D=90min. (mm)	Prof. lluvia D=105min. (mm)	Prof. lluvia D=120min. (mm)
5	51.27	51.58	51.48	48.99
25	64.30	64.80	64.93	64.84
50	69.72	70.18	70.27	70.15
100	74.96	75.43	75.53	75.42

Curvas IDF para la estación San Antonio de Prado". (Normas de diseño acueducto, alcantarillado y vertimientos industriales). (Ver anexo 1)

### 1.3.3.6 Porcentajes de distribución temporal de la lluvia.

Se construye el hietograma de cada una de las lluvias anteriores, distribuyendo su profundidad total en el tiempo mediante los porcentaje de distribución.

- Lluvia de 75 min:  $(15 \text{ min} / 75 \text{ min}) * 100\% = 20\%$

% Tiempo	% Lluvia
20	24
40	63
60	83
80	93
100	100

- Lluvia de 90 min:  $(15 \text{ min} / 90 \text{ min}) * 100\% = 16,67\%$

% Tiempo	% Lluvia
16,67	18
33,34	54
50,01	88
66,68	94
83,35	97
100	100

- Lluvia de 105 min:  $(15 \text{ min} / 105 \text{ min}) * 100\% = 14,28\%$

% Tiempo	% Lluvia
14,28	22
28,56	50
42,84	77
57,12	87
71,40	93
85,68	97
100	100

- Lluvia de 120 min:  $(15 \text{ min} / 120 \text{ min}) * 100\% = 12,50\%$

% Tiempo	% Lluvia
12,5	28
25	58
37,5	74
50	82
62,5	88
75	92
87,5	95
100	100

### 1.3.3.7 Cálculo de la lluvia efectiva.

Se construyen los hietogramas de lluvia efectiva, mediante el método propuesto por el SCS, el cual emplea las siguientes expresiones:

$$Pe = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} = \frac{(P - 0.2*S)^2}{P + 0.8 * S}$$

donde

- Pe = Lluvia efectiva (mm).
- S = Retención potencial máxima (mm).
- Ia = Retención inicial (mm).
- CN = Número de curva.
- P = Volumen de precipitación (mm).

$$\begin{aligned} CN &= 80 \\ S &= 1000 / CN - 10 & S &= 2,50 \text{ plg} = 63,50 \text{ mm} \\ I_a &= 0,2 * S & I_a &= 12,70 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 = \frac{1000}{80} - 10 = 2,500 \text{ plg} = 63,50 \text{ mm}$$

$$Pe = \frac{(P - 12,70 \text{ mm})^2}{P + 50,80 \text{ mm}}$$

Para estos cálculos se utilizó un CN = 80, considerando los siguientes factores y con base en la tabla 5ª

Grupo de suelo tipo C(impermeable con una tasa de filtración entre 0.05 y .15 in/hr).  
 Humedad antecedente del suelo tipo II(suelos intermedios, lluvia entre 3.5 y 5.3 cm en los últimos 5 días).

Condición hidrológica del suelo intermedia desde el punto de vista de la erosión (fair).  
 Uso del suelo: bosque y pastizales.

### 1.3.3.8 Cálculo de los hietogramas de lluvia total y efectiva.

En las siguientes tablas se ilustra la forma de obtener los valores de lluvia total y efectiva para duraciones de 75,90,105 y 120 minutos respectivamente en los períodos de recurrencia previamente seleccionados.

#### Lluvia de 75 minutos y 5 años

Tiempo acumulado	(min)	15,00	30,00	45,00	60,00	75,00
Tiempo acumulado	(%)	20,00	40,00	60,00	80,00	100,00
Lluvia acumulada	(%)	24,00	63,00	83,00	93,00	100,00
Lluvia acumulada	(mm)	12,31	32,30	42,56	47,68	51,27
Lluvia efect. acumulada	(mm)	0,00	4,62	9,55	12,43	14,58
Lluvia efect. período	(mm)	0,00	4,62	4,92	2,88	2,15

#### Lluvia de 75 minutos y 25 años

Tiempo acumulado	(min)	15,00	30,00	45,00	60,00	75,00
Tiempo acumulado	(%)	20,00	40,00	60,00	80,00	100,00
Lluvia acumulada	(%)	24,00	63,00	83,00	93,00	100,00
Lluvia acumulada	(mm)	15,43	40,51	53,37	59,80	64,30
Lluvia efect. acumulada	(mm)	0,11	8,47	15,88	20,06	23,13
Lluvia efect. período	(mm)	0,11	8,36	7,41	4,18	3,08

#### Lluvia de 75 minutos y 50 años

Tiempo acumulado	(min)	15,00	30,00	45,00	60,00	75,00
Tiempo acumulado	(%)	20,00	40,00	60,00	80,00	100,00
Lluvia acumulada	(%)	24,00	63,00	83,00	93,00	100,00
Lluvia acumulada	(mm)	16,73	43,92	57,87	64,84	69,72
Lluvia efect. acumulada	(mm)	0,24	10,29	18,77	23,51	26,98
Lluvia efect. período	(mm)	0,24	10,05	8,48	4,74	3,47

### Lluvia de 75 minutos y 100 años

Tiempo acumulado	(min)	15,00	30,00	45,00	60,00	75,00	
Tiempo acumulado	(%)	20,00	40,00	60,00	80,00	100,00	
Lluvia acumulada	(%)	24,00	63,00	83,00	93,00	100,00	
Lluvia acumulada	(mm)	17,99	47,23	62,22	69,71	74,96	
Lluvia efect. acumulada	(mm)	0,00	12,16	21,70	26,97	30,82	
Lluvia efect. período	(mm)	0,00	12,16	9,54	5,28	3,85	

### Lluvia de 90 minutos y 5 años

Tiempo acumulado	(min)	15,00	30,00	45,00	60,00	75,00	90,00
Tiempo acumulado	(%)	16,67	33,43	50,01	66,68	83,35	100,00
Lluvia acumulada	(%)	18,00	54,00	88,00	94,00	97,00	100,00
Lluvia acumulada	(mm)	9,28	27,85	45,39	48,48	50,03	51,58
Lluvia efect. acumulada	(mm)	0,00	2,92	11,11	12,90	13,82	14,76
Lluvia efect. período	(mm)	0,00	2,92	8,19	1,79	0,92	0,94

### Lluvia de 90 minutos y 25 años

Tiempo acumulado	(min)	15,00	30,00	45,00	60,00	75,00	90,00
Tiempo acumulado	(%)	16,67	33,43	50,01	66,68	83,35	100,00
Lluvia acumulada	(%)	18,00	54,00	88,00	94,00	97,00	100,00
Lluvia acumulada	(mm)	11,66	34,99	57,03	60,92	62,86	64,80
Lluvia efect. acumulada	(mm)	0,00	5,79	18,22	20,81	22,14	23,48
Lluvia efect. período	(mm)	0,00	5,79	12,43	2,59	1,33	1,35

### Lluvia de 90 minutos y 50 años

Tiempo acumulado	(min)	15,00	30,00	45,00	60,00	75,00	90,00
Tiempo acumulado	(%)	16,67	33,43	50,01	66,68	83,35	100,00
Lluvia acumulada	(%)	18,00	54,00	88,00	94,00	97,00	100,00
Lluvia acumulada	(mm)	12,63	37,90	61,76	65,97	68,07	70,18
Lluvia efect. acumulada	(mm)	0,00	7,16	21,38	24,30	25,79	27,31
Lluvia efect. período	(mm)	0,00	7,16	14,22	2,92	1,49	1,52

### Lluvia de 90 minutos y 100 años

Tiempo acumulado	(min)	15,00	30,00	45,00	60,00	75,00	90,00
Tiempo acumulado	(%)	16,67	33,43	50,01	66,68	83,35	100,00
Lluvia acumulada	(%)	18,00	54,00	88,00	94,00	97,00	100,00
Lluvia acumulada	(mm)	13,58	40,73	66,37	70,90	73,16	75,43
Lluvia efect. acumulada	(mm)	0,00	8,58	24,59	27,83	29,49	31,17
Lluvia efect. período	(mm)	0,00	8,58	16,00	3,25	1,66	1,68

### Lluvia de 105 minutos y 5 años

Tiempo acumulado	(min)	15,00	30,00	45,00	60,00	75,00	90,00	105,00
Tiempo acumulado	(%)	14,28	28,56	42,84	57,12	71,40	85,68	100,00
Lluvia acumulada	(%)	22,00	50,00	77,00	87,00	93,00	97,00	100,00
Lluvia acumulada	(mm)	11,33	25,74	39,64	44,79	47,88	49,94	51,48
Lluvia efect. acumulada	(mm)	0,00	2,22	8,02	10,77	12,54	13,76	14,70
Lluvia efect. período	(mm)	0,00	2,22	5,80	2,75	1,77	1,22	0,94

### Lluvia de 105 minutos y 25 años

Tiempo acumulado	(min)	15,00	30,00	45,00	60,00	75,00	90,00	105,00
Tiempo acumulado	(%)	14,28	28,56	42,84	57,12	71,40	85,68	100,00
Lluvia acumulada	(%)	22,00	50,00	77,00	87,00	93,00	97,00	100,00
Lluvia acumulada	(mm)	14,28	32,47	50,00	56,49	60,38	62,98	64,93
Lluvia efect. acumulada	(mm)	0,00	4,69	13,80	17,87	20,45	22,22	23,57
Lluvia efect. período	(mm)	0,00	4,69	9,11	4,07	2,58	1,77	1,35

### Lluvia de 105 minutos y 50 años

Tiempo acumulado	(min)	15,00	30,00	45,00	60,00	75,00	90,00	105,00
Tiempo acumulado	(%)	14,28	28,56	42,84	57,12	71,40	85,68	100,00
Lluvia acumulada	(%)	22,00	50,00	77,00	87,00	93,00	97,00	100,00
Lluvia acumulada	(mm)	15,46	35,14	54,11	61,13	65,35	68,16	70,27
Lluvia efect. acumulada	(mm)	0,00	5,86	16,34	20,96	23,87	25,86	27,38
Lluvia efect. período	(mm)	0,00	5,86	10,49	4,61	2,91	1,99	1,52

### Lluvia de 105 minutos y 100 años

Tiempo acumulado	(min)	15,00	30,00	45,00	60,00	75,00	90,00	105,00
Tiempo acumulado	(%)	14,28	28,56	42,84	57,12	71,40	85,68	100,00
Lluvia acumulada	(%)	22,00	50,00	77,00	87,00	93,00	97,00	100,00
Lluvia acumulada	(mm)	16,62	37,77	58,16	65,71	70,24	73,26	75,53
Lluvia efect. acumulada	(mm)	0,23	7,09	18,97	24,12	27,36	29,57	31,25
Lluvia efect. período	(mm)	0,23	6,87	11,87	5,15	3,24	2,21	1,68

### Lluvia de 120 minutos y 5 años

Tiempo acumulado	(min)	15,00	30,00	45,00	60,00	75,00	90,00	105,00	120,00
Tiempo acumulado	(%)	12,50	25,00	37,50	50,00	62,50	75,00	87,50	100,00
Lluvia acumulada	(%)	28,00	58,00	74,00	82,00	88,00	92,00	95,00	100,00
Lluvia acumulada	(mm)	13,72	28,41	36,25	40,17	43,11	45,07	46,54	48,99
Lluvia efect. acumulada	(mm)	0,00	0,00	6,37	8,30	9,85	10,93	11,76	13,20
Lluvia efect. período	(mm)	0,00	0,00	6,37	1,92	1,55	1,08	0,83	1,43

### Lluvia de 120 minutos y 25 años

Tiempo acumulado	(min)	15,00	30,00	45,00	60,00	75,00	90,00	105,00	120,00
Tiempo acumulado	(%)	12,50	25,00	37,50	50,00	62,50	75,00	87,50	100,00
Lluvia acumulada	(%)	28,00	58,00	74,00	82,00	88,00	92,00	95,00	100,00
Lluvia acumulada	(mm)	18,16	37,61	47,98	53,17	57,06	59,65	61,60	64,84
Lluvia efect. acumulada	(mm)	0,00	7,02	12,60	15,75	18,24	19,96	21,27	23,51
Lluvia efect. período	(mm)	0,00	7,02	5,58	3,15	2,49	1,72	1,31	2,24

### Lluvia de 120 minutos y 50 años

Tiempo acumulado	(min)	15,00	30,00	45,00	60,00	75,00	90,00	105,00	120,00
Tiempo acumulado	(%)	12,50	25,00	37,50	50,00	62,50	75,00	87,50	100,00
Lluvia acumulada	(%)	28,00	58,00	74,00	82,00	88,00	92,00	95,00	100,00
Lluvia acumulada	(mm)	19,64	40,69	51,91	57,52	61,73	64,54	66,64	70,15
Lluvia efect. acumulada	(mm)	0,00	8,56	14,97	18,55	21,36	23,30	24,78	27,29
Lluvia efect. período	(mm)	0,00	8,56	6,41	3,58	2,82	1,93	1,48	2,51

### Lluvia de 120 minutos y 100 años

Tiempo acumulado	(min)	15,00	30,00	45,00	60,00	75,00	90,00	105,00	120,00
Tiempo acumulado	(%)	12,50	25,00	37,50	50,00	62,50	75,00	87,50	100,00
Lluvia acumulada	(%)	28,00	58,00	74,00	82,00	88,00	92,00	95,00	100,00
Lluvia acumulada	(mm)	21,12	43,74	55,81	61,84	66,37	69,39	71,65	75,42
Lluvia efect. acumulada	(mm)	0,00	10,19	17,43	21,44	24,58	26,74	28,38	31,17
Lluvia efect. período	(mm)	0,00	10,19	7,24	4,01	3,14	2,15	1,64	2,79

#### 1.3.3.9 Cálculo del hidrograma de salida.

El hidrograma de salida de la creciente en la cuenca se calcula mediante la hidrógrafa unitaria y los hidrogramas de lluvia efectiva calculados atrás usando la siguiente ecuación, expresada en forma matricial.

$$Q(n) = q(n - j + 1) * Pe(j)$$

para  $n = 1, 2, 3, \dots$

A continuación se detallan los cálculos respectivos en las tablas.

Dichos cálculos se efectuaron solo hasta encontrar el caudal pico de cada hidrógrafa. Se omite el cálculo de la hidrógrafa completa porque no interesa en este caso.

Para cada período de retorno se calcula el caudal pico que produce cada una de las lluvias con diferente duración y se selecciona aquél que sea mayor que las demás, mediante el producto matricial.

**Lluvia de 75 minutos y 5 años**

15	0,271	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
30	3,891	0,271	0,000	0,000	0,000	4,623	1,253
45	7,455	3,891	0,271	0,000	0,000	4,925	19,324
60	6,263	7,455	3,891	0,271	0,000	2,879	54,409
75	3,544	6,263	7,455	3,891	0,271	2,149	77,452
90	1,937	3,544	6,263	7,455	3,891		77,051
105	0,740	1,937	3,544	6,263	7,455		60,459
120	0,453	0,740	1,937	3,544	6,263		36,624

**Qpico = 77,452****Lluvia de 75 minutos y 25 años**

15	0,271	0,000	0,000	0,000	0,000	0,113	0,031
30	3,891	0,271	0,000	0,000	0,000	8,357	2,704
45	7,455	3,891	0,271	0,000	0,000	7,408	35,363
60	6,263	7,455	3,891	0,271	0,000	4,180	92,962
75	3,544	6,263	7,455	3,891	0,271	3,075	125,061
90	1,937	3,544	6,263	7,455	3,891		119,356
105	0,740	1,937	3,544	6,263	7,455		91,626
120	0,453	0,740	1,937	3,544	6,263		54,659

**Qpico = 125,061****Lluvia de 75 minutos y 50 años**

15	0,271	0,000	0,000	0,000	0,000	0,241	0,065
30	3,891	0,271	0,000	0,000	0,000	10,052	3,662
45	7,455	3,891	0,271	0,000	0,000	8,482	43,205
60	6,263	7,455	3,891	0,271	0,000	4,735	110,731
75	3,544	6,263	7,455	3,891	0,271	3,469	146,406
90	1,937	3,544	6,263	7,455	3,891		138,008
105	0,740	1,937	3,544	6,263	7,455		105,220
120	0,453	0,740	1,937	3,544	6,263		62,483

**Qpico = 146,406****Lluvia de 75 minutos y 100 años**

15	0,27	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
30	3,891	0,271	0,000	0,000	0,000	12,160	3,296
45	7,455	3,891	0,271	0,000	0,000	9,536	49,898
60	6,263	7,455	3,891	0,271	0,000	5,277	129,185
75	3,544	6,263	7,455	3,891	0,271	3,851	168,822
90	1,937	3,544	6,263	7,455	3,891		157,140
105	0,740	1,937	3,544	6,263	7,455		119,106
120	0,453	0,740	1,937	3,544	6,263		70,293

**Qpico = 168,822**

**Lluvia de 90 minutos y 5 años**

15	0,271	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
30	3,891	0,271	0,000	0,000	0,000	0,000	2,920	0,791
45	7,455	3,891	0,271	0,000	0,000	0,000	8,190	13,581
60	6,263	7,455	3,891	0,271	0,000	0,000	1,790	54,119
75	3,544	6,263	7,455	3,891	0,271	0,000	0,920	86,558
90	1,937	3,544	6,263	7,455	3,891	0,271	0,940	78,821
105	0,740	1,937	3,544	6,263	7,455	3,891		56,407
120	0,453	0,740	1,937	3,544	6,263	7,455		37,137

**Qpico = 86,558****Lluvia de 90 minutos y 25 años**

15	0,271	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
30	3,891	0,271	0,000	0,000	0,000	0,000	5,793	1,570
45	7,455	3,891	0,271	0,000	0,000	0,000	12,430	25,909
60	6,263	7,455	3,891	0,271	0,000	0,000	2,587	92,250
75	3,544	6,263	7,455	3,891	0,271	0,000	1,327	139,369
90	1,937	3,544	6,263	7,455	3,891	0,271	1,348	123,189
105	0,740	1,937	3,544	6,263	7,455	3,891		86,604
120	0,453	0,740	1,937	3,544	6,263	7,455		55,885

**Qpico = 139,369****Lluvia de 90 minutos y 50 años**

15	0,271	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
30	3,891	0,271	0,000	0,000	0,000	0,000	7,158	1,940
45	7,455	3,891	0,271	0,000	0,000	0,000	14,224	31,705
60	6,263	7,455	3,891	0,271	0,000	0,000	2,919	109,494
75	3,544	6,263	7,455	3,891	0,271	0,000	1,494	162,628
90	1,937	3,544	6,263	7,455	3,891	0,271	1,515	142,433
105	0,740	1,937	3,544	6,263	7,455	3,891		99,583
120	0,453	0,740	1,937	3,544	6,263	7,455		63,842

**Qpico = 162,628****Lluvia 90 minutos y 100 años**

15	0,271	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
30	3,891	0,271	0,000	0,000	0,000	0,000	8,584	2,327
45	7,455	3,891	0,271	0,000	0,000	0,000	16,003	37,735
60	6,263	7,455	3,891	0,271	0,000	0,000	3,246	127,136
75	3,544	6,263	7,455	3,891	0,271	0,000	1,658	186,141
90	1,937	3,544	6,263	7,455	3,891	0,271	1,680	161,752
105	0,740	1,937	3,544	6,263	7,455	3,891		112,564
120	0,453	0,740	1,937	3,544	6,263	7,455		71,759

**Qpico = 186,141**

**Lluvia de 105 minutos y 5 años**

15	0,271	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
30	3,891	0,271	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,222	0,602
45	7,455	3,891	0,271	0,000	0,000	0,000	0,000	5,803	10,217
60	6,263	7,455	3,891	0,271	0,000	0,000	0,000	2,747	39,885
75	3,544	6,263	7,455	3,891	0,271	0,000	0,000	1,768	68,342
90	1,937	3,544	6,263	7,455	3,891	0,271	0,000	1,224	71,907
105	0,740	1,937	3,544	6,263	7,455	3,891	0,271	0,940	60,271
120	0,453	0,740	1,937	3,544	6,263	7,455	3,891		46,475

**Qpico = 71,907****Lluvia de 105 minutos y 25 años**

15	0,27	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
30	3,89	0,27	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,692	1,272
45	7,45	3,89	0,27	0,000	0,000	0,000	0,000	9,108	20,723
60	6,26	7,45	3,89	0,27	0,000	0,000	0,000	4,072	71,519
75	3,54	6,26	7,45	3,89	0,27	0,000	0,000	2,579	113,829
90	1,94	3,54	6,26	7,45	3,89	0,27	0,000	1,769	114,544
105	0,74	1,94	3,54	6,26	7,45	3,89	0,27	1,351	93,346
120	0,45	0,74	1,94	3,54	6,26	7,45	3,89		70,146

**Qpico = 114,544****Lluvia de 105 minutos y 50 años**

15	0,27	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
30	3,89	0,27	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	5,857	1,588
45	7,45	3,89	0,27	0,000	0,000	0,000	0,000	10,487	25,631
60	6,26	7,45	3,89	0,27	0,000	0,000	0,000	4,614	85,717
75	3,54	6,26	7,45	3,89	0,27	0,000	0,000	2,909	133,603
90	1,94	3,54	6,26	7,45	3,89	0,27	0,000	1,991	132,691
105	0,74	1,94	3,54	6,26	7,45	3,89	0,27	1,518	107,247
120	0,45	0,74	1,94	3,54	6,26	7,45	3,89		79,961

**Qpico = 133,603**

**Lluvia de 105 minutos y 100 años**

15	0,27	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,228	0,062
30	3,89	0,27	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	6,866	2,746
45	7,45	3,89	0,27	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	11,872	31,629
60	6,26	7,45	3,89	0,27	0,000	0,000	0,000	0,000	5,154	100,200
75	3,54	6,26	7,45	3,89	0,27	0,000	0,000	0,000	3,236	153,243
90	1,94	3,54	6,26	7,45	3,89	0,27	0,000	0,000	2,210	150,739
105	0,74	1,94	3,54	6,26	7,45	3,89	0,27	0,000	1,683	120,999
120	0,45	0,74	1,94	3,54	6,26	7,45	3,89	0,000	0,000	89,736

**Qpico = 153,243****Lluvia de 120 minutos y 5 años**

15	0,271	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
30	3,891	0,271	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
45	7,455	3,891	0,271	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	6,372	1,727
60	6,263	7,455	3,891	0,271	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,924	25,315
75	3,544	6,263	7,455	3,891	0,271	0,000	0,000	0,000	0,000	1,552	55,411
90	1,937	3,544	6,263	7,455	3,891	0,271	0,000	0,000	0,000	1,082	60,583
105	0,740	1,937	3,544	6,263	7,455	3,891	0,271	0,000	0,000	0,835	50,638
120	0,453	0,740	1,937	3,544	6,263	7,455	3,891	0,271	0,000	1,433	40,582

**Qpico = 60,583****Lluvia de 120 minutos y 25 años**

15	0,27	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
30	3,89	0,27	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	7,017	1,902
45	7,45	3,89	0,27	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	5,584	28,816
60	6,26	7,45	3,89	0,27	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	3,151	74,894
75	3,54	6,26	7,45	3,89	0,27	0,000	0,000	0,000	0,000	2,492	98,869
90	1,94	3,54	6,26	7,45	3,89	0,27	0,000	0,000	0,000	1,716	93,490
105	0,74	1,94	3,54	6,26	7,45	3,89	0,27	0,000	0,000	1,313	78,634
120	0,45	0,74	1,94	3,54	6,26	7,45	3,89	0,271	0,000	2,236	60,069

**Qpico = 98,869**

### Lluvia de 120 minutos y 50 años

15	0,27	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
30	3,89	0,27	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	8,562	2,321
45	7,45	3,89	0,27	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	6,408	35,048
60	6,26	7,45	3,89	0,27	0,000	0,000	0,000	0,000	3,578	89,727
75	3,54	6,26	7,45	3,89	0,27	0,000	0,000	0,000	2,817	116,075
90	1,94	3,54	6,26	7,45	3,89	0,27	0,000	0,000	1,934	108,631
105	0,74	1,94	3,54	6,26	7,45	3,89	0,27	0,000	1,478	90,625
120	0,45	0,74	1,94	3,54	6,26	7,45	3,89	0,271	2,512	69,922

**Qpico = 116,075**

### Lluvia de 120 minutos y 100 años

15	0,27	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
30	3,89	0,27	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	10,193	2,763
45	7,45	3,89	0,27	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	7,240	41,622
60	6,26	7,45	3,89	0,27	0,000	0,000	0,000	0,000	4,008	105,245
75	3,54	6,26	7,45	3,89	0,27	0,000	0,000	0,000	3,143	134,257
90	1,94	3,54	6,26	7,45	3,89	0,27	0,000	0,000	2,153	124,156
105	0,74	1,94	3,54	6,26	7,45	3,89	0,27	0,000	1,643	102,751
120	0,45	0,74	1,94	3,54	6,26	7,45	3,89	0,271	2,787	78,652

**Qpico = 134,257**

#### 1.3.3.10 Análisis de Frecuencia de Caudales máximos.

Con base en las tablas anteriores, se selecciona para cada período de retorno los caudales máximos, entre las diferentes duraciones analizadas.

Los resultados se resumen en la tabla 14, y sus valores se grafican en papel de probabilidad Gumbel, para la determinación de caudales para períodos de retorno diferentes a los analizados.

#### Caudales máximos instantáneos (m3/s)

Período de retorno (años)	Caudal pico (m3/s)				Qmáx (m3/s)
	D=75min (m3/s)	D=90min (m3/s)	D=105min (m3/s)	D=120min (m3/s)	
5	77,45	86,54	71,91	60,58	86,54
25	125,06	139,37	114,54	98,87	139,37
50	146,41	162,63	133,60	116,08	162,63
100	168,82	186,14	153,24	134,26	186,14

## **2. CAUDALES MÍNIMOS**

La estimación de los caudales mínimos de la fuente en estudio, tiene como propósito verificar la capacidad de ella para satisfacer la demanda de agua durante el período de diseño en la(s) vereda(s) cercana(s).

En la época de verano, período en el cual el aporte hídrico de las fuentes se hace más crítico, existe una mayor demanda, razón por la cual se hace necesario estimar los caudales mínimos y compararlos con la demanda durante el período para el cual se realice el diseño del sistema de acueducto, con el objetivo de verificar si es posible cubrir los requerimientos de la comunidad sin que se presente racionamiento.

El estudio hidrológico de una cuenca, realizado a partir de los registros que se tienen de ella, proporcionaría los estimativos de caudales mínimos que se podrían presentar en un período de diseño seleccionado; su confiabilidad, depende de la longitud y calidad de los registros que se tengan de la fuente en el sitio de interés.

En este informe se presentan los métodos utilizados y el procedimiento a seguir para el cálculo de los caudales mínimos asociados con diferentes períodos de retorno para la quebrada Doña María. La mayoría de estos métodos son el resultado de regionalizaciones aplicables a todo el departamento de Antioquia o a la región Cauca - Porce - Medellín (Métodos I, II, II-A, III, III-A, III-B), obtenidos a partir de cuencas con registros para intervalos de tiempo no inferiores a 10 años. El método IV corresponde a un análisis de correlación, análogo a los métodos anteriores, realizado para la cuenca del río Nare.

Estos métodos permiten estimar la media y la desviación estándar de los caudales mínimos en función de los parámetros morfológicos como: área, pendiente, perímetro, altura media y longitud del cauce principal. Como variable hidrológica, algunos de ellos incluyen la precipitación media anual, la cual se obtuvo de la estación San Antonio de Prado.

Se aplicó el modelo propuesto por las Empresas Públicas de Medellín en el "Estudio de caudales mínimos para acueductos veredales en el municipio de Medellín" (Método EPM) que utiliza como parámetros morfológicos de la cuenca el área, la densidad de drenaje, el desnivel y como variables hidrológicas, el número de días continuos sin precipitación (DSP) y la precipitación acumulada a los 30 días anteriores al aforo (PAN).

También se aplicaron otros cuatro métodos de regionalizaciones propuestos por las Empresas (Métodos EPM-A, EPM-B, EPM-C y EPM-D). Con respecto al método EPM, el EPM-A, considera una variable morfológica adicional que corresponde a la altura media de la cuenca y con relación a la lluvia tiene en cuenta la precipitación acumulada (PAN) en los cinco días anteriores al aforo.

Los métodos EPM-B, EPM-C y EPM-D, dependen exclusivamente de parámetros morfológicos de la cuenca.

### **2.1 INFORMACIÓN HIDROLÓGICA**

A continuación se presentan todos los parámetros morfológicos y la precipitación media anual para la cuenca de la fuente en estudio, utilizados para el cálculo de caudal mínimo.

PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS			
	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2 Y 3	ALTERNATIVA 4 Y 5
Área de drenaje (Km <sup>2</sup> )	36,24	26,96	24,460
Densidad de drenaje (Km/Km <sup>2</sup> )	2,471	2,665	2,424
Altura media de la cuenca (msnm)	2322	2394	2408
Longitud del canal principal (Km)	11,06	10,11	9,3
Desnivel de la cuenca (m)	1230	1200	1170
Pendiente del río principal (%)	9,8	9,8	9,8
Perímetro (Km)	26	21	20
PARÁMETRO HIDROLÓGICO			
<b>Precipitación media anual (mm)</b>	2080,5	2080,5	2080,5

## 2.2 DESARROLLO DE LOS MÉTODOS PROPUESTOS

Los métodos utilizados en este estudio para la estimación del caudal mínimo para las alternativas consideradas en los diferentes periodos de retorno son los siguientes:

- **Método I:** Regionalización para todo el departamento de Antioquia

$$\text{Media} = 1.114 * 10^{-2} * A^{1.087}$$

$$\text{Desv. est.} = 2.948 * 10^{-3} * A^{1.087}$$

Donde: A: Área (Kms<sup>2</sup>)

- **Método II:** Regionalización para la región Cauca - Porce - Medellín.

$$\text{Media} = 10^{-5.269} * A^{0.948} * P^{1.046}$$

$$\text{Desv. est.} = 10^{-5.293} * A^{0.965} * P^{0.875}$$

Donde: A: Área (Kms<sup>2</sup>)  
P: Precipitación (mm/año)

- **Método II- A:** Regionalización para la región Cauca - Porce - Medellín.

$$\text{Media} = 10^{-1.899} * A^{1.023}$$

$$\text{Desv. est.} = 10^{-2.473} * A^{1.048}$$

Donde: A: Área (Kms<sup>2</sup>)

- **Método III:** Regionalización para todo el departamento de Antioquia.

$$\text{Media} = 10^{-5.281} * A^{0.903} * P^{1.086}$$

$$\text{Desv. est.} = 10^{-5.257} * A^{0.944} * P^{0.9027}$$

Donde: A: Área (Kms<sup>2</sup>)  
P: Precipitación (mm/año)



- **Método III - A:** Regionalización para todo el departamento de Antioquia.

$$\begin{aligned} \text{Media} &= 10^{-1.753 * A^{0.984}} \\ \text{Desv. est} &= 10^{-2.326 * A^{1.011}} \end{aligned}$$

Donde: A: Area (Kms<sup>2</sup>)

- **Método III - B:** Regionalización para todo el departamento de Antioquia.

$$\begin{aligned} \text{Media} &= 10^{-5.281 * A^{0.903} * P^{1.086}} \\ \text{Desv. est} &= 10^{-5.437 * A^{0.683} * P^{0.868} * S^{0.322} * L^{0.516}} \end{aligned}$$

Donde: A: Area (Kms<sup>2</sup>)  
P: Precipitación (mm/año)  
S: Pendiente del cauce principal (%)  
L: Longitud del cauce (Kms)

- **Método IV:** Regionalización Cornare región 1.

$$\begin{aligned} \text{Media} &= \text{Exp}(16.307 - 2.969 * \text{Ln}(H) + 1.818 * \text{Ln}(P)) \\ \text{Desv. est} &= \text{Exp}(-21.243 + 1.684 * \text{Ln}(PM) + 1.899 * \text{Ln}(P)) \end{aligned}$$

Donde: H: Altura media de la cuenca (m.s.n.m)  
P: Perímetro (Kms)  
PM: Precipitación media (mm/año)

Una vez obtenidas la media y la desviación estándar en todos los métodos anteriores, el evento asociado a un período de retorno, Tr, está dado por la siguiente expresión:

$$Q(\text{Tr}) = \mu + K * \sigma$$

Donde:  $\mu$ : Media de los caudales mínimos  
 $\sigma$ : Desviación estándar de los caudales  
K: Factor de frecuencia

Teniendo en cuenta que las funciones de distribución Log-Normal II y Gumbell resultan estadísticamente aceptables para representar eventos extremos, se estimaron los caudales mínimos para períodos de retorno de 2.33, 5, 10, 25, 50 y 100 años con ambas funciones estadísticas.

Para la distribución Log-Normal II, el factor de frecuencia K, está dado por la siguiente expresión:

$$K = (\text{Exp}(K_z * \beta - 1/2 \beta^2) - 1) / (\sigma / \mu)$$

Donde:  $\beta = (\text{Ln}(1 + \sigma^2 / \mu^2))^{1/2}$   
K<sub>z</sub>: Abscisa para la cual el área bajo la curva de la función de distribución Normal es p, siendo p la probabilidad de no excedencia: (p= 1/Tr)

Para la distribución Gumbel, se tiene:

$$K = -(0.45 + 0.7797 * \ln(-\ln(1/Tr)))$$

- **Método EPM:**

$$\ln Q_{\min} = C_1 \ln(A) + C_2 \ln(Dd) + C_3 \ln(D) + C_4 \ln(DSP) + C_5 \ln(PAN) + C_6$$

Donde: A: Area (m<sup>2</sup>)  
Dd: Densidad de drenaje (Kms/Kms<sup>2</sup>)  
D: Desnivel (m)  
DSP: Número de días consecutivos sin precipitación  
PAN: Precipitación acumulada durante los 30 días anteriores al aforo (mm)  
C<sub>1</sub> = 0.77602  
C<sub>2</sub> = 0.55938  
C<sub>3</sub> = 0.15485  
C<sub>4</sub> = 0.084972  
C<sub>5</sub> = 0.25469  
C<sub>6</sub> = -11.41

Para la aplicación de este método, la información con respecto a la lluvia corresponde a la registrada en la estación pluviográfica de San Antonio de Prado.

Aplicando el modelo de las series anuales de DSP y PAN, es posible generar las series anuales de caudales mínimos para la cuenca, conocidos los parámetros geomorfológicos de interés.

En la siguiente tabla se presentan las series de DSP y de PAN para la estación San Antonio de Prado y la serie de caudales estimados en la fuente. Para aquellos años en los cuales se tienen dos eventos, se eligió aquel para el cual el caudal calculado fuese menor.

A las series de caudales se les hizo un análisis de frecuencia, ajustando las funciones de distribución Log-Normal Y Gumbel.

Para determinar la bondad de dichos ajustes se utilizaron las pruebas Smirnov - Kolmogorov, Cramer - Von - Mises y la prueba gráfica.

QUEBRADA DOÑA MARÍA

AÑO	ESTACIÓN SAN ANTONIO DE PRADO		ALTERNATIVA 1	ALTERANTIVAS 2 Y 3	ALTERNATIVAS 4 Y 5
	DSP (Días)	PAN (mm)	Q (l/s)	Q (l/s)	Q (l/s)
1950	12	73	149,73	123,69	108,34
1951	11	76,2	150,26	124,13	108,73
1952	20	34,5	129,20	106,73	93,49
1953	19	43,7	136,62	112,86	98,86
1954	12	119,7	169,83	140,29	122,89
1955	8	46,5	128,96	106,53	93,32
1956	8	173,2	180,27	148,91	130,44
1956	7	164,7	175,97	145,36	127,33
1957	12	22,3	110,70	91,45	80,10
1958	11	124,1	170,14	140,55	123,11
1959	22	14	103,52	85,51	74,90
1960	16	403	237,09	195,85	171,55
1961	15	9,5	90,78	74,99	65,69
1962	11	120,8	168,97	139,58	122,27
1962	8	57,3	136,01	112,35	98,41
1963	14	72,2	151,28	124,97	109,46
1964	16	16	104,24	86,11	75,43
1965	12	119,1	169,61	140,11	122,73
1965	11	25,9	114,15	94,30	82,60
1966	19	45,5	138,03	114,03	99,88
1967	13	37,9	127,57	105,39	92,31
1968	12	165,2	184,35	152,29	133,40
1968	10	26,7	114,11	94,27	82,57
1969	18	10,6	94,81	78,32	68,60
1970	15	38,4	129,57	107,03	93,75
1971	9	249,5	199,82	165,07	144,59
1972	11	44,2	130,80	108,05	94,64
1973	21	22,6	116,49	96,23	84,29
1974	8	151,3	174,17	143,87	126,02
1974	7	97	153,77	127,02	111,26
1975	17	37,8	130,43	107,74	94,38
1976	13	5,2	76,92	63,54	55,66
1977	38	0,0001	5,30	4,38	3,84
1978	18	59,7	147,24	121,63	106,54
1978	15	36,5	127,90	105,66	92,55
1979	15	82,4	157,38	130,01	113,88
1980	17	58,1	145,52	120,21	105,29
1981	17	1,7	59,20	48,90	42,83
1982	13	44,8	133,13	109,97	96,33
1983	11	88,5	156,10	128,95	112,95
1983	10	27,2	114,65	94,71	82,96
1984	8	73,2	144,76	119,58	104,75
1985	16	53,5	141,76	117,10	102,58
1986	25	40,8	137,42	113,52	99,44
1986	12	28,1	117,41	96,99	84,96
1987	18	13,1	100,06	82,66	72,40
1988	11	186,7	188,79	155,95	136,60
1988	10	43	128,84	106,43	93,23
1989	18	55,1	144,27	119,17	104,39
1990	13	105,3	165,50	136,71	119,75

AÑO	ESTACIÓN SAN ANTONIO DE PRADO		ALTERNATIVA 1	ALTERANTIVAS 2 Y 3	ALTERNATIVAS 4 Y 5
	DSP (Días)	PAN (mm)	Q (l/s)	Q (l/s)	Q (l/s)
1990	9	69,8	144,46	119,33	104,53
1991	17	106,7	169,88	140,34	122,93
1991	16	67,7	150,52	124,34	108,91

- **Modelo EPM - A:**

$$\ln Q_{\min} = C_1 \ln(A) + C_2 \ln(H) + C_3 \ln(Dd) + C_4 \ln(D) + C_5 \ln(DSP) + C_6 + \ln(PAN_5) + C_7$$

Donde:

A: Area (m<sup>2</sup>)

H: Altura media de la cuenca (m)

Dd: Densidad de drenaje (Kms/Kms<sup>2</sup>)

D: Desnivel de la cuenca (m)

DSP: Número de días consecutivos sin precipitación

PAN<sub>5</sub>: Precipitación acumulada durante los 5 días anteriores al aforo (mm).

C<sub>1</sub> = 0.946984966

C<sub>2</sub> = -1.095375181

C<sub>3</sub> = 0.165447165

C<sub>4</sub> = 0.169126806

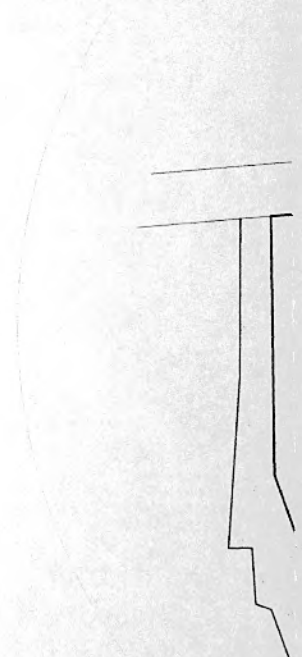
C<sub>5</sub> = 0.096472057

C<sub>6</sub> = 0.041356822

C<sub>7</sub> = 4.861009517

En la siguiente tabla se presentan las series de DSP y PAN utilizadas y los caudales estimados al aplicar el modelo. Los períodos sin lluvia son los mismos que en método anterior y todos son superiores a 5; por tanto, la precipitación acumulada en 5 días es nula, la cual se asume como  $1 \cdot 10^{-4}$  para efectos de cálculo.

8.62		
	804.83	507.14
3.91		
	786.11	500.68
3.35		
	788.44	493.33
8.00		
	802.09	492.28
8.98		
	818.68	496.64
0.32		
	819.28	493.59
3.50		
	811.05	492.24
4.87		
	794.75	486.09



AÑO	ESTACIÓN SAN ANTONIO DE PRADO		ALTERNATIVA 1	ALTERANTIVAS 2 Y 3	ALTERNATIVAS 4 Y 5
	DSP (Días)	PAN (mm)	Q (l/s)	Q (l/s)	Q (l/s)
1991	17	0,0001	216,57	159,60	141,76
1991	16	0,0001	215,31	158,67	140,94
MEDIA			211,51	155,87	138,45

- **Modelo EPM - B:**

$$\ln Q_{\min} = C_1 \ln(A) + C_2 \ln(H) + C_3 \ln(Dd) + C_4 \ln(D) + C_5$$

Donde: A: Area (Ha)  
H: Altura media de la cuenca (m)  
Dd: Densidad de drenaje (Kms/Kms<sup>2</sup>)  
D: Desnivel de la cuenca (m)  
C<sub>1</sub> = 0.949799  
C<sub>2</sub> = -1.050057  
C<sub>3</sub> = 0.1233685  
C<sub>4</sub> = 0.1656648  
C<sub>5</sub> = 4.7599837

- **Modelo EPM - C:**

$$\ln Q_{\min} = C_1 \ln(A) + C_2 \ln(H) + C_3 \ln(Dd) + C_4$$

Donde: A: Area (Ha)  
H: Altura media de la cuenca (m)  
Dd: Densidad de drenaje (Kms/Kms<sup>2</sup>)  
C<sub>1</sub> = 1.0602151  
C<sub>2</sub> = -1.437728  
C<sub>3</sub> = 0.2416349  
C<sub>4</sub> = 8.1309639

- **Modelo EPM- D:**

$$\ln Q_{\min} = C_1 \ln(A) + C_2 \ln(H) + C_3 \ln(Dd) + C_4$$

Donde: A: Area (Ha)  
H: Altura media de la cuenca (m)  
Dd: Densidad de drenaje (Kms/Kms<sup>2</sup>)  
C<sub>1</sub> = 0.8400072  
C<sub>2</sub> = -2.868952  
C<sub>3</sub> = 0.6193097  
C<sub>4</sub> = 19.620375

Los métodos EPM y EPM-A implican hacer un análisis de frecuencia para la serie de caudales mínimos anuales obtenidos para la cuenca, para estimar los caudales mínimos con períodos de retorno de 2.33, 5, 10, 25, 50, 100 años con base en las funciones de distribución Log normal y Gumbel.

Para el método EPM-A, no se observó la necesidad de realizar este tipo de análisis, pues los resultados obtenidos de la serie anual arrojaron valores semejante entre sí, porque al entrar a desarrollar un análisis de frecuencia los resultados serían muy similares; por lo que se recurrió a tomar como caudal mínimo la media de esta serie de caudales.

En la siguiente tabla se presentan los caudales mínimos obtenidos por cada método para su correspondiente período de retorno.

Esta tabla, se encuentra dividida en tres partes, debido a que se parte inicialmente de cinco (5) alternativas que difieren entre sí del punto de bocatoma o de la localización del tanque de almacenamiento. Sin embargo estas cinco (5) alternativas se pueden agrupar en tres (3), que dependen exclusivamente del sitio de bocatoma y por consiguiente consideran áreas de diferente tamaño, quedando así:

- Alternativa 1:  
Area = 36.24 km<sup>2</sup>  
Cota de bocatoma = 1870 msnm
  
- Alternativas 2 y 3:  
Area = 26.96 km<sup>2</sup>  
Cota de bocatoma = 1900 msnm
  
- Alternativas 4 y 5:  
Area = 24.62 km<sup>2</sup>  
Cota de bocatoma = 1930 msnm

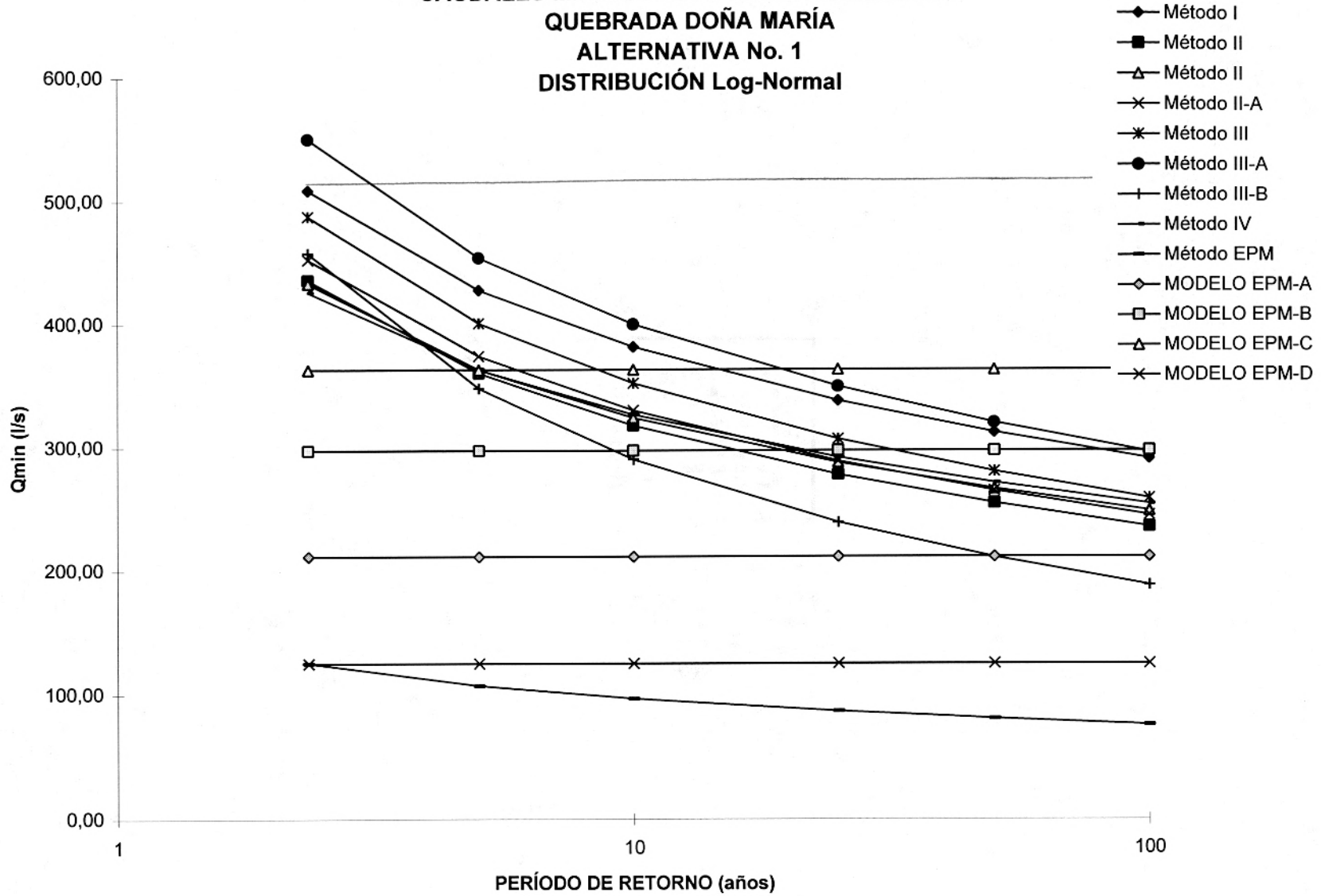
Es necesario aclarar que a medida que se avanzó en el estudio, surgieron nuevas alternativas; las cuales independiente del tipo de posibilidad, el resultado final sólo dependió de la cota de la bocatoma, la cual a su vez implica un límite para el área de la cuenca en estudio.

De una serie de registros de caudales mínimos efectuados sobre la Quebrada Doña María en los meses de julio, agosto y septiembre de 1.987, se seleccionó el menor de ellos, con un valor de 519 l/s, obtenido el 01/09/87 cercano a la zona en estudio. Este caudal se graficó, con color rojo, junto con los resultados entregados en el estudio de caudales mínimos con el fin de analizar que tan seguros son los resultados obtenidos en el estudio frente a la realidad.

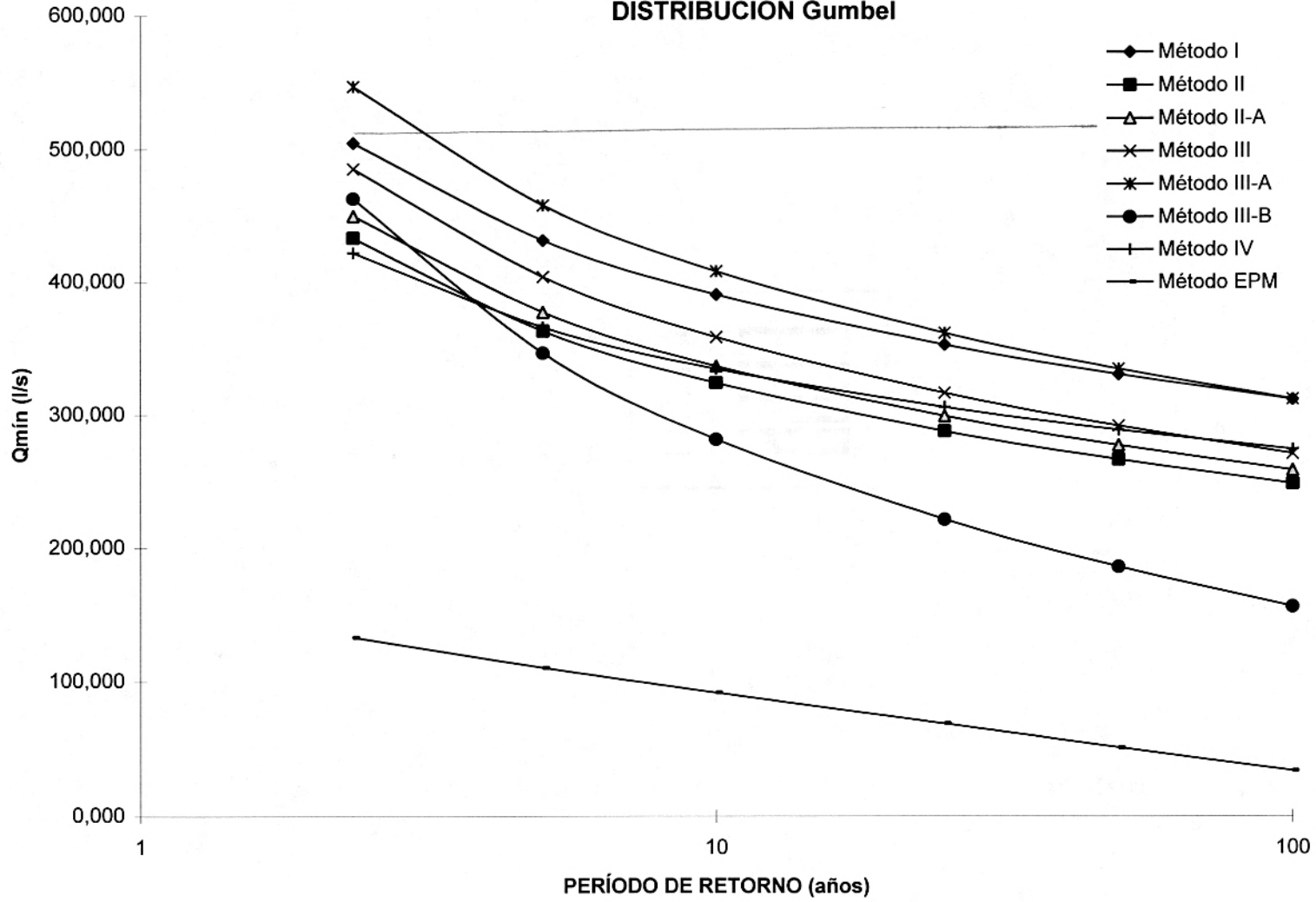
Por la escala de los gráficos, sólo fue posible dibujar esta medida puntual en los graficos de la alternativa No 1, debido a que en las otras alternativas los caudales obtenidos están muy por debajo de esta medida.



**CAUDALES MÍNIMOS vs PERÍODO DE RETORNO  
QUEBRADA DOÑA MARÍA  
ALTERNATIVA No. 1  
DISTRIBUCIÓN Log-Normal**

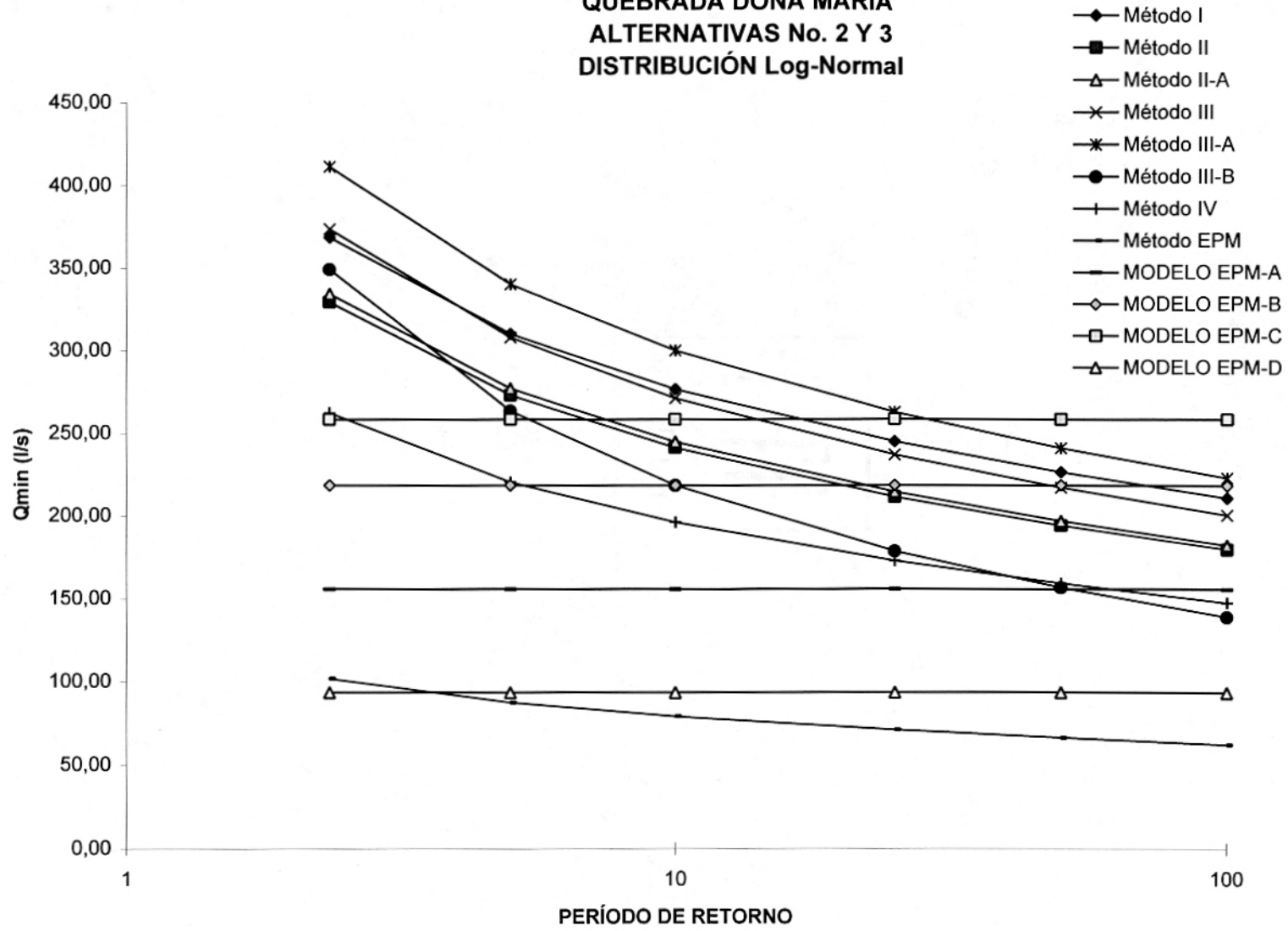


**CAUDALES MÍNIMOS vs PERÍODO DE RETORNO  
QUEBRADA DOÑA MARÍA  
ALTERNATIVA No. 1  
DISTRIBUCIÓN Gumbel**

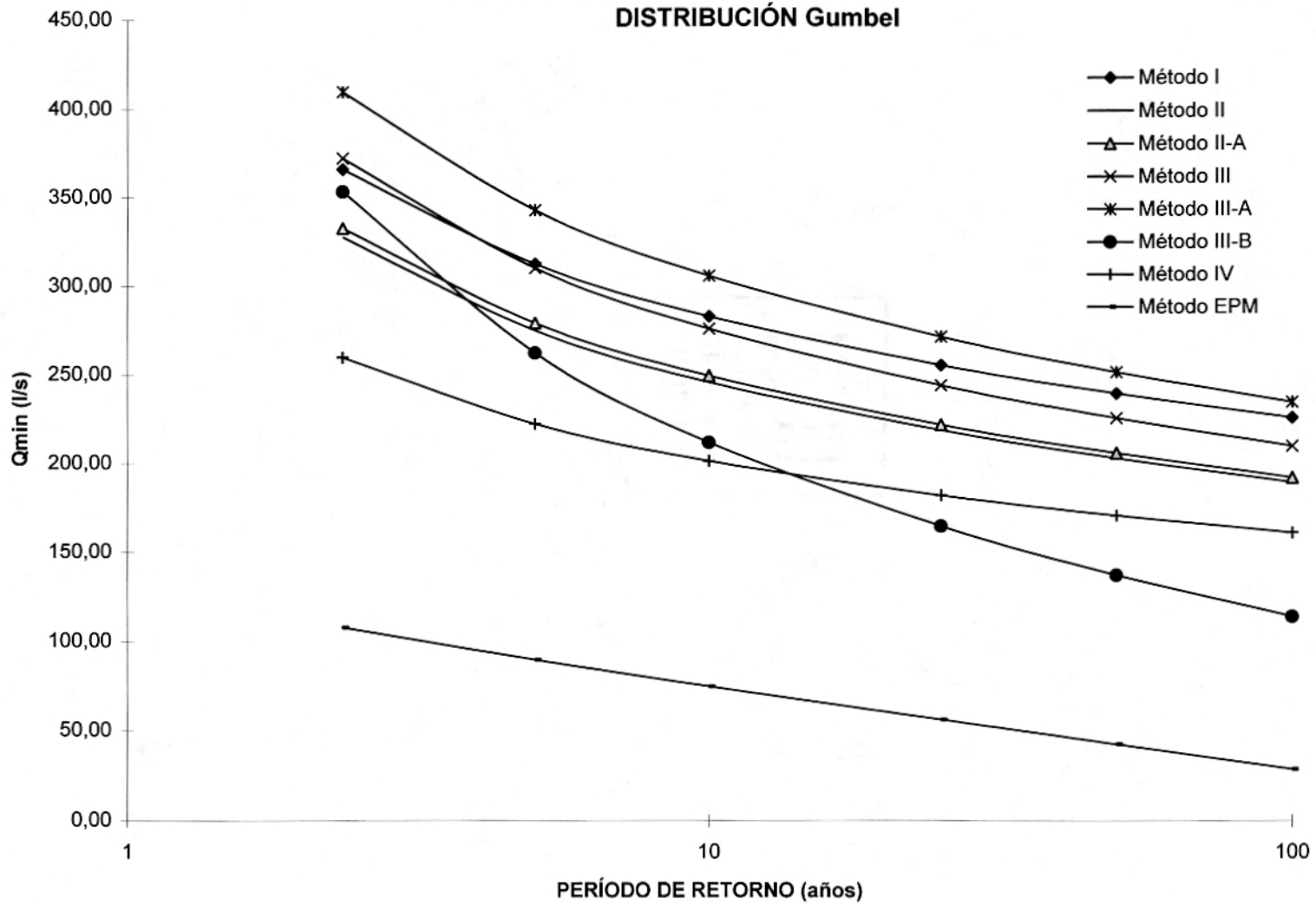




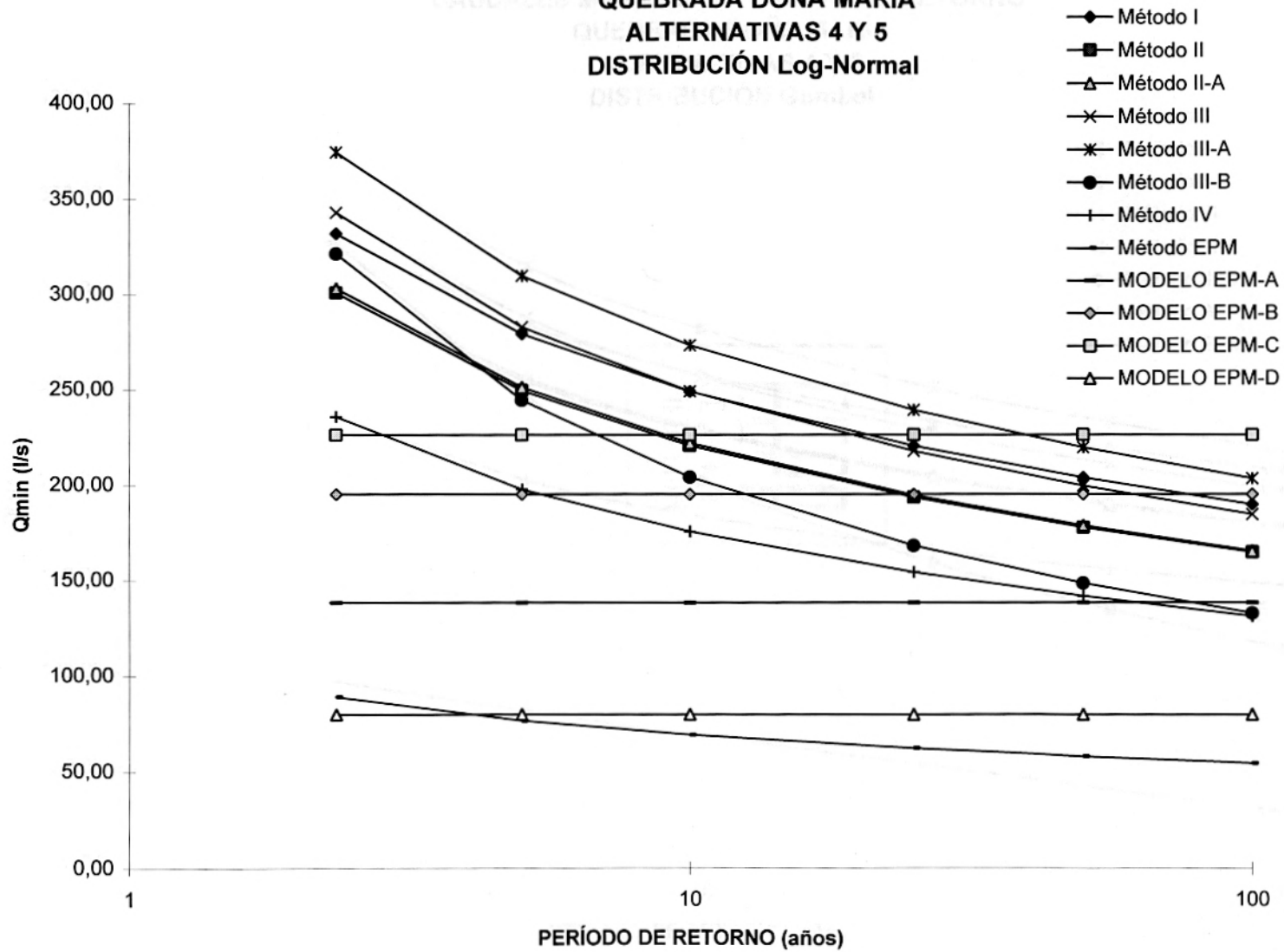
**CAUDALES MÍNIMOS vs PERÍODO DE RETORNO  
QUEBRADA DOÑA MARÍA  
ALTERNATIVAS No. 2 Y 3  
DISTRIBUCIÓN Log-Normal**



**CAUDALES MÍNIMOS vs PERÍODO DE RETORNO  
QUEBRADA DOÑA MARÍA  
ALTERNATIVAS 2 Y 3  
DISTRIBUCIÓN Gumbel**



**CAUDALES MÍNIMOS vs PERÍODO DE RETORNO**  
**QUEBRADA DOÑA MARÍA**  
**ALTERNATIVAS 4 Y 5**  
**DISTRIBUCIÓN Log-Normal**



## 2.3 RESULTADOS

Por estudios realizados en el departamento de Antioquia, se concluyó que la distribución para caudales mínimos que mas se ajusta a nuestro medio es la Log Normal.

En este estudio, el método de EPM no es considerado pues está por debajo de los demás métodos, debido a que su aplicación se hace generalmente en cuencas de área pequeña. Por esta misma razón, el método EPM-D tampoco es considerado.

Como resultado del análisis se decidió seleccionar como caudal mínimo de diseño el obtenido mediante el desarrollo del método III-B (Regionalización para todo el departamento de Antioquia) ya que es el menor valor de los no descartados; encontrándose por debajo de la medida puntual escogida de la serie de registros obtenidos de la Quebrada Doña María; situación que nos permite tener un mayor rango de confianza.

PERÍODO DE RETORNO (años)		2,33	5	10	25	50	100
CAUDAL MÍNIMO (l/s)	ALTERNATIVA 1	458,45	348,48	290,51	239,28	211,09	188,59
	ALTERNATIVAS 2 Y3	349,83	264,05	218,83	178,87	156,88	139,33
	ALTERNATIVAS 4 Y5	321,62	244,74	204,21	168,39	148,69	132,95

### 3. CAUDAL DE DISEÑO

Una vez conocido el caudal máximo y mínimo, se debe proyectar una población inicial durante un período de diseño para saber el caudal requerido por esa población en ese momento.

Para este fin fueron utilizados 2 métodos, tasa de crecimiento exponencial y población de saturación, los cuales se interrelacionaron mediante un análisis de sensibilidad para garantizar que las proyecciones fueran lo mas reales posibles.

Según información obtenida a través del SISBEN, actualmente se presentan las siguientes poblaciones para cada sector:

SECTOR	Nº DE VIVIENDAS
Porvenir- El Ajizal-Los Gómez	190
Pedregal parte alta	60
El Rosario	150
Olivares	150
La María	120
El Progreso	135
La Verde	150

Adicionalmente se obtuvo de esta entidad que el número de habitantes por vivienda es 5.5

Una vez obtenida esta información, se proyecta a veinte (20) años correspondiente al período de diseño. Según la experiencia y estudios realizados por la Empresa en la diferentes veredas de Medellín, el crecimiento de la población no es constante desde el momento de la construcción del acueducto hasta su culminación, sino que en los primeros dos (2) años la tasa de crecimiento es aproximadamente del 30% y después trata de estabilizarse entre el dos (2)% y el tres (3)%.

Posterior al proceso de recolección de la información y previo al ingreso de las variables al programa se trazaron unas rutas preliminares para las redes de distribución que dieron cubrimiento a la población interesada, luego se definieron dos tipos de áreas de influencia de dicho trazado, estas áreas son zonas que se espera se van a poblar de una manera diferente al resto del sector, pues el servicio de agua potable atrae desarrollo y por consiguiente pobladores.

Las áreas definidas son:

- **Área de mayor influencia:** 100m a lado y lado del trazado, en algunos casos 50m por razones de pendientes que restringen el crecimiento en algunos lugares.
- **Área de menor influencia:** Son otros 100m o 50m más allá de la de mayor influencia.

Una vez realizadas estas delimitaciones se procedió al análisis de los métodos así:

- **Método de población de saturación:** Este método consiste en suponer unas áreas de influencia adicional a un porcentaje de ocupación y una densidad de población. El porcentaje de ocupación indica que cantidad de área es apta para la construcción de viviendas y uso agrícola dependiendo de ciertas restricciones como pendiente y tipo de suelo ; por otra parte la densidad de población es el porcentaje de viviendas que existen o están autorizadas por metro cuadrado.

Este método funciona de la siguiente manera: Se ingresa el área considerada y se multiplica por el porcentaje de ocupación para conocer cuanta área es posible edificar y requiere del suministro de agua. Luego se suponen porcentajes de densidad obteniéndose cuantas viviendas pueden ser edificadas en esa área, este valor es multiplicado por el número de habitantes por vivienda y por la dotación, adquiriéndose así un caudal en litros por segundo requerido por esa región, basados en las proyecciones de ocupación y densidad. Este proceso se realiza varias veces para diferentes porcentajes de ocupación con los mismos porcentajes de densidad.

- **Método de crecimiento exponencial:** Es más sencillo que el método anterior, simplemente prevé un crecimiento alto de la población en los dos primeros años y luego un porcentaje que normalmente se encuentra próximo al tres (3)% para este tipo de proyectos. Con este método sólo es necesario partir del número de viviendas actuales para proyectarlas a veinte (20) años y obtener así la población de diseño, la cual multiplicada por la dotación permite conocer el caudal requerido para una determinada tasa de crecimiento.

El análisis de sensibilidad al cual nos hemos referido anteriormente, consiste en suponer para cada uno de los métodos descritos las variables consideradas, las cuales por medio de la dotación y el número de habitantes por vivienda suministran un caudal para cada sector. Estas variables deben ser cambiadas y combinadas hasta llegar a un valor del caudal similar por los dos métodos.

Para el caso en particular se analizaron varios crecimientos de población para los años siguientes a los primeros dos (2) años; estas tasas están entre el uno (1)% y el tres y medio

(3.5)%. Posteriormente se hicieron combinaciones del porcentaje de ocupación y el porcentaje de densidad hasta lograr la similitud esperada entre las respuestas de los dos métodos. Se tomó un rango entre los caudales de tasa de crecimiento del dos con cinco (2.5)% y el tres con cinco (3.5)% y se seleccionaron las combinaciones de ocupación y densidad que tuvieran caudales dentro o muy próximos a dicho intervalo, tomando como caudal requerido a los veinte (20) años para ese sector el mayor de éstos.

A continuación se encuentran las combinaciones realizadas y los resultados definitivos del caudal de diseño.

SECTOR	AREA	N° POBLACIÓN		QMD total (l/s)	QMH total (l/s)
		VIVIENDAS A 20 AÑOS	A 20 AÑOS		
Ajizal - Los Gómez - El Porvenir	96	568	3122	10	18,00
Pedregal	64	179	986	4	7,20
El Rosario	30	448	2465	8	14,40
Olivares	20	448	2465	7	12,60
La María	57	359	1972	6	10,80
El Progreso	12	403	2218	7	12,60
La Verde	244	448	2465	8	14,40
<b>Q DISEÑO</b>		<b>2853</b>	<b>15693</b>	<b>50</b>	<b>90,00</b>

**SECTOR AJIZA, LOS GÓMEZ Y EL PORVENIR**

Area de mayor influencia

Nº habitantes por vivienda **5,5**

Dotación **178 l / hab-día**

K1 **1,3**

K2 **1,8**

<b>SATURACION DE LA POBLACION</b>								
67,4	% OCUPACIÓN	DENSIDAD	TOTAL No. VIV	No. HAB	Q med. diario	Q max. diario	Q max. horario	
		VIV/HA		5,5	L/S	L/S	L/S	
					178	1,30	1,80	
	0,1	15	101	556	1,15	1,49	2,68	
	0,2	15	202	1112	2,29	2,98	5,36	
	0,3	15	303	1668	3,44	4,47	8,04	
	0,4	15	404	2224	4,58	5,96	10,72	
	0,5	15	506	2780	5,73	7,45	13,40	
	0,6	15	607	3336	6,87	8,94	16,08	
67,4	% OCUPACIÓN	DENSIDAD	TOTAL No. VIV	No. HAB	Q med. diario	Q max. diario	Q max. horario	
		VIV/HA		5,5	L/S	L/S	L/S	
					178,00	1,30	1,80	
	0,1	20	135	741	1,53	1,99	3,57	
	0,2	20	270	1483	3,05	3,97	7,15	
	0,3	20	404	2224	4,58	5,96	10,72	
	0,4	20	539	2966	6,11	7,94	14,30	
	0,5	20	674	3707	7,64	9,93	17,87	
	0,6	20	809	4448	9,16	11,91	21,44	
67,4	% OCUPACIÓN	DENSIDAD	TOTAL No. VIV	No. HAB	Q med. diario	Q max. diario	Q max. horario	
		VIV/HA		5,5	L/S	L/S	L/S	
					178,00	1,30	1,80	
	0,1	25	169	927	1,91	2,48	4,47	
	0,2	25	337	1854	3,82	4,96	8,94	
	0,3	25	506	2780	5,73	7,45	13,40	
	0,4	25	674	3707	7,64	9,93	17,87	
	0,5	25	843	4634	9,55	12,41	22,34	
	0,6	25	1011	5561	11,46	14,89	26,81	
67,4	% OCUPACIÓN	DENSIDAD	TOTAL No. VIV	No. HAB	Q med. diario	Q max. diario	Q max. horario	
		VIV/HA		5,5	L/S	L/S	L/S	
					178,00	1,30	1,80	
	0,1	30	202	1112	2,29	2,98	5,36	
	0,2	30	404	2224	4,58	5,96	10,72	
	0,3	30	607	3336	6,87	8,94	16,08	
	0,4	30	809	4448	9,16	11,91	21,44	
	0,5	30	1011	5561	11,46	14,89	26,81	
	0,6	30	1213	6673	13,75	17,87	32,17	
<b>CRECIMIENTO EXPONENCIAL</b>								
			<b>No. VIV-20-años</b>					
190	0,35	256,5	1,0%	307	1687	3,48	4,52	8,13
			1,5%	335	1844	3,80	4,94	8,89
			2,0%	366	2015	4,15	5,40	9,71
			2,5%	400	2200	4,53	5,89	10,61
			3,0%	437	2402	4,95	6,43	11,58
			3,5%	476	2620	5,40	7,02	12,63

**SECTOR AJIZAL, LOS GÓMEZ Y EL PORVENIR**

Area de menor influencia

Nº habitantes por vivienda 5,5

Dotación 178 l / hab-día

K1 1,3

K2 1,8

<b>SATURACION DE LA POBLACION</b>								
29	% OCUPACIÓN	DENSIDAD VIV/HA	TOTAL No. VIV	No. HAB 5,5	Q med. diario L/S 178	Q max. diario L/S 1,30	Q max. horario L/S 1,80	
	0,1	5	15	80	0,16	0,21	0,38	
	0,2	5	29	160	0,33	0,43	0,77	
	0,3	5	44	239	0,49	0,64	1,15	
	0,4	5	58	319	0,66	0,85	1,54	
	0,5	5	73	399	0,82	1,07	1,92	
	0,6	5	87	479	0,99	1,28	2,31	
29	% OCUPACIÓN	DENSIDAD VIV/HA	TOTAL No. VIV	No. HAB 5,5	Q med. diario L/S 178,00	Q max. diario L/S 1,30	Q max. horario L/S 1,80	
	0,1	10	29	160	0,33	0,43	0,77	
	0,2	10	58	319	0,66	0,85	1,54	
	0,3	10	87	479	0,99	1,28	2,31	
	0,4	10	116	638	1,31	1,71	3,08	
	0,5	10	145	798	1,64	2,14	3,84	
	0,6	10	174	957	1,97	2,56	4,61	
29	% OCUPACIÓN	DENSIDAD VIV/HA	TOTAL No. VIV	No. HAB 5,5	Q med. diario L/S 178,00	Q max. diario L/S 1,30	Q max. horario L/S 1,80	
	0,1	15	44	239	0,49	0,64	1,15	
	0,2	15	87	479	0,99	1,28	2,31	
	0,3	15	131	718	1,48	1,92	3,46	
	0,4	15	174	957	1,97	2,56	4,61	
	0,5	15	218	1196	2,46	3,20	5,77	
	0,6	15	261	1436	2,96	3,84	6,92	
29	% OCUPACIÓN	DENSIDAD VIV/HA	TOTAL No. VIV	No. HAB 5,5	Q med. diario L/S 178,00	Q max. diario L/S 1,30	Q max. horario L/S 1,80	
	0,1	20	58	319	0,66	0,85	1,54	
	0,2	20	116	638	1,31	1,71	3,08	
	0,3	20	174	957	1,97	2,56	4,61	
	0,4	20	232	1276	2,63	3,42	6,15	
	0,5	20	290	1595	3,29	4,27	7,69	
	0,6	20	348	1914	3,94	5,13	9,23	
<b>CRECIMIENTO EXPONENCIAL</b>			<b>No. VIV-20-años</b>					
57	0,35	76,95	1,0%	92	506	1,04	1,36	2,44
			1,5%	101	553	1,14	1,48	2,67
			2,0%	110	604	1,25	1,62	2,91
			2,5%	120	660	1,36	1,77	3,18
			3,0%	131	721	1,48	1,93	3,47
			3,5%	143	786	1,62	2,11	3,79

**SECTOR EL PEDREGAL**

Area de mayor influencia

Nº habitantes por vivienda 5,5

Dotación 178 l / hab-día

K1 1,3

K2 1,8

<b>SATURACION DE LA POBLACION</b>								
41	% OCUPACIÓN	DENSIDAD VIV/HA	TOTAL No. VIV	No. HAB 5,5	Q med. diario L/S 178	Q max. diario L/S 1,30	Q max. horario L/S 1,80	
	0,1	15	62	338	0,70	0,91	1,63	
	0,2	15	123	677	1,39	1,81	3,26	
	0,3	15	185	1015	2,09	2,72	4,89	
	0,4	15	246	1353	2,79	3,62	6,52	
	0,5	15	308	1691	3,48	4,53	8,15	
	0,6	15	369	2030	4,18	5,44	9,78	
41	% OCUPACIÓN	DENSIDAD VIV/HA	TOTAL No. VIV	No. HAB 5,5	Q med. diario L/S 178,00	Q max. diario L/S 1,30	Q max. horario L/S 1,80	
	0,1	20	82	451	0,93	1,21	2,17	
	0,2	20	164	902	1,86	2,42	4,35	
	0,3	20	246	1353	2,79	3,62	6,52	
	0,4	20	328	1804	3,72	4,83	8,70	
	0,5	20	410	2255	4,65	6,04	10,87	
	0,6	20	492	2706	5,57	7,25	13,05	
41	% OCUPACIÓN	DENSIDAD VIV/HA	TOTAL No. VIV	No. HAB 5,5	Q med. diario L/S 178,00	Q max. diario L/S 1,30	Q max. horario L/S 1,80	
	0,1	25	103	564	1,16	1,51	2,72	
	0,2	25	205	1128	2,32	3,02	5,44	
	0,3	25	308	1691	3,48	4,53	8,15	
	0,4	25	410	2255	4,65	6,04	10,87	
	0,5	25	513	2819	5,81	7,55	13,59	
	0,6	25	615	3383	6,97	9,06	16,31	
41	% OCUPACIÓN	DENSIDAD VIV/HA	TOTAL No. VIV	No. HAB 5,5	Q med. diario L/S 178,00	Q max. diario L/S 1,30	Q max. horario L/S 1,80	
	0,1	30	123	677	1,39	1,81	3,26	
	0,2	30	246	1353	2,79	3,62	6,52	
	0,3	30	369	2030	4,18	5,44	9,78	
	0,4	30	492	2706	5,57	7,25	13,05	
	0,5	30	615	3383	6,97	9,06	16,31	
	0,6	30	738	4059	8,36	10,87	19,57	
<b>CRECIMIENTO EXPONENCIAL</b>			<b>No. VIV-20-años</b>					
60	0,35	81	1,0%	97	533	1,10	1,43	2,57
			1,5%	106	582	1,20	1,56	2,81
			2,0%	116	636	1,31	1,70	3,07
			2,5%	126	695	1,43	1,86	3,35
			3,0%	138	758	1,56	2,03	3,66
			3,5%	150	828	1,70	2,22	3,99

**SECTOR EL PEDREGAL**

Area de menor influencia

Nº habitantes por vivienda **5,5**

Dotación **178 l / hab-día**

K1 **1,3**

K2 **1,8**

<b>SATURACION DE LA POBLACION</b>								
23	% OCUPACIÓN	DENSIDAD VIV/HA	TOTAL No. VIV	No. HAB 5,5	Q med. diario L/S 178	Q max. diario L/S 1,30	Q max. horario L/S 1,80	
	0,1	5	12	63	0,13	0,17	0,30	
	0,2	5	23	127	0,26	0,34	0,61	
	0,3	5	35	190	0,39	0,51	0,91	
	0,4	5	46	253	0,52	0,68	1,22	
	0,5	5	58	316	0,65	0,85	1,52	
	0,6	5	69	380	0,78	1,02	1,83	
23	% OCUPACIÓN	DENSIDAD VIV/HA	TOTAL No. VIV	No. HAB 5,5	Q med. diario L/S 178,00	Q max. diario L/S 1,30	Q max. horario L/S 1,80	
	0,1	10	23	127	0,26	0,34	0,61	
	0,2	10	46	253	0,52	0,68	1,22	
	0,3	10	69	380	0,78	1,02	1,83	
	0,4	10	92	506	1,04	1,36	2,44	
	0,5	10	115	633	1,30	1,69	3,05	
	0,6	10	138	759	1,56	2,03	3,66	
23	% OCUPACIÓN	DENSIDAD VIV/HA	TOTAL No. VIV	No. HAB 5,5	Q med. diario L/S 178,00	Q max. diario L/S 1,30	Q max. horario L/S 1,80	
	0,1	15	35	190	0,39	0,51	0,91	
	0,2	15	69	380	0,78	1,02	1,83	
	0,3	15	104	569	1,17	1,52	2,74	
	0,4	15	138	759	1,56	2,03	3,66	
	0,5	15	173	949	1,95	2,54	4,57	
	0,6	15	207	1139	2,35	3,05	5,49	
23	% OCUPACIÓN	DENSIDAD VIV/HA	TOTAL No. VIV	No. HAB 5,5	Q med. diario L/S 178,00	Q max. diario L/S 1,30	Q max. horario L/S 1,80	
	0,1	20	46	253	0,52	0,68	1,22	
	0,2	20	92	506	1,04	1,36	2,44	
	0,3	20	138	759	1,56	2,03	3,66	
	0,4	20	184	1012	2,08	2,71	4,88	
	0,5	20	230	1265	2,61	3,39	6,10	
	0,6	20	276	1518	3,13	4,07	7,32	
<b>CRECIMIENTO EXPONENCIAL</b>			<b>No. VIV-20-años</b>					
18	0,35	24,3	1,0%	29	160	0,33	0,43	0,77
			1,5%	32	175	0,36	0,47	0,84
			2,0%	35	191	0,39	0,51	0,92
			2,5%	38	208	0,43	0,56	1,00
			3,0%	41	228	0,47	0,61	1,10
			3,5%	45	248	0,51	0,66	1,20

**SECTOR EL ROSARIO**

Area de mayor influencia

Nº habitantes por vivienda 5,5

Dotación 178 l / hab-día

K1 1,3

K2 1,8

<b>SATURACION DE LA POBLACION</b>								
17	% OCUPACIÓN	DENSIDAD VIV/HA	TOTAL No. VIV	No. HAB 5,5	Q med. diario L/S 178	Q max. diario L/S 1,30	Q max. horario L/S 1,80	
	0,1	40	68	374	0,77	1,00	1,80	
	0,2	40	136	748	1,54	2,00	3,61	
	0,3	40	204	1122	2,31	3,00	5,41	
	0,4	40	272	1496	3,08	4,01	7,21	
	0,5	40	340	1870	3,85	5,01	9,01	
	0,6	40	408	2244	4,62	6,01	10,82	
17	% OCUPACIÓN	DENSIDAD VIV/HA	TOTAL No. VIV	No. HAB 5,5	Q med. diario L/S 178,00	Q max. diario L/S 1,30	Q max. horario L/S 1,80	
	0,1	45	77	421	0,87	1,13	2,03	
	0,2	45	153	842	1,73	2,25	4,06	
	0,3	45	230	1262	2,60	3,38	6,09	
	0,4	45	306	1683	3,47	4,51	8,11	
	0,5	45	383	2104	4,33	5,63	10,14	
	0,6	45	459	2525	5,20	6,76	12,17	
17	% OCUPACIÓN	DENSIDAD VIV/HA	TOTAL No. VIV	No. HAB 5,5	Q med. diario L/S 178,00	Q max. diario L/S 1,30	Q max. horario L/S 1,80	
	0,1	50	85	468	0,96	1,25	2,25	
	0,2	50	170	935	1,93	2,50	4,51	
	0,3	50	255	1403	2,89	3,76	6,76	
	0,4	50	340	1870	3,85	5,01	9,01	
	0,5	50	425	2338	4,82	6,26	11,27	
	0,6	50	510	2805	5,78	7,51	13,52	
17	% OCUPACIÓN	DENSIDAD VIV/HA	TOTAL No. VIV	No. HAB 5,5	Q med. diario L/S 178,00	Q max. diario L/S 1,30	Q max. horario L/S 1,80	
	0,1	55	94	514	1,06	1,38	2,48	
	0,2	55	187	1029	2,12	2,75	4,96	
	0,3	55	281	1543	3,18	4,13	7,44	
	0,4	55	374	2057	4,24	5,51	9,92	
	0,5	55	468	2571	5,30	6,89	12,40	
	0,6	55	561	3086	6,36	8,26	14,87	
<b>CRECIMIENTO EXPONENCIAL</b>			<b>No. VIV-20-años</b>					
150	0,35	202,5	1,0%	242	1332	2,74	3,57	6,42
			1,5%	265	1456	3,00	3,90	7,02
			2,0%	289	1591	3,28	4,26	7,67
			2,5%	316	1737	3,58	4,65	8,37
			3,0%	345	1896	3,91	5,08	9,14
			3,5%	376	2069	4,26	5,54	9,97

**SECTOR EL ROSARIO**

Area de menor influencia

Nº habitantes por vivienda 5,5

Dotación 178 l / hab-día

K1 1,3

K2 1,8

<b>SATURACION DE LA POBLACION</b>								
14	% OCUPACIÓN	DENSIDAD VIV/HA	TOTAL No. VIV	No. HAB 5,5	Q med. diario L/S 178	Q max. diario L/S 1,30	Q max. horario L/S 1,80	
	0,1	5	7	39	0,08	0,10	0,19	
	0,2	5	14	77	0,16	0,21	0,37	
	0,3	5	21	116	0,24	0,31	0,56	
	0,4	5	28	154	0,32	0,41	0,74	
	0,5	5	35	193	0,40	0,52	0,93	
	0,6	5	42	231	0,48	0,62	1,11	
14	% OCUPACIÓN	DENSIDAD VIV/HA	TOTAL No. VIV	No. HAB 5,5	Q med. diario L/S 178,00	Q max. diario L/S 1,30	Q max. horario L/S 1,80	
	0,1	10	14	77	0,16	0,21	0,37	
	0,2	10	28	154	0,32	0,41	0,74	
	0,3	10	42	231	0,48	0,62	1,11	
	0,4	10	56	308	0,63	0,82	1,48	
	0,5	10	70	385	0,79	1,03	1,86	
	0,6	10	84	462	0,95	1,24	2,23	
14	% OCUPACIÓN	DENSIDAD VIV/HA	TOTAL No. VIV	No. HAB 5,5	Q med. diario L/S 178,00	Q max. diario L/S 1,30	Q max. horario L/S 1,80	
	0,1	15	21	116	0,24	0,31	0,56	
	0,2	15	42	231	0,48	0,62	1,11	
	0,3	15	63	347	0,71	0,93	1,67	
	0,4	15	84	462	0,95	1,24	2,23	
	0,5	15	105	578	1,19	1,55	2,78	
	0,6	15	126	693	1,43	1,86	3,34	
14	% OCUPACIÓN	DENSIDAD VIV/HA	TOTAL No. VIV	No. HAB 5,5	Q med. diario L/S 178,00	Q max. diario L/S 1,30	Q max. horario L/S 1,80	
	0,1	20	28	154	0,32	0,41	0,74	
	0,2	20	56	308	0,63	0,82	1,48	
	0,3	20	84	462	0,95	1,24	2,23	
	0,4	20	112	616	1,27	1,65	2,97	
	0,5	20	140	770	1,59	2,06	3,71	
	0,6	20	168	924	1,90	2,47	4,45	
<b>CRECIMIENTO EXPONENCIAL</b>			<b>No. VIV-20-años</b>					
45	0,35	60,75	1,0%	73	400	0,82	1,07	1,93
			1,5%	79	437	0,90	1,17	2,11
			2,0%	87	477	0,98	1,28	2,30
			2,5%	95	521	1,07	1,40	2,51
			3,0%	103	569	1,17	1,52	2,74
			3,5%	113	621	1,28	1,66	2,99

**SECTOR OLIVARES**

Area de mayor influencia

Nº habitantes por vivienda **5,5**

Dotación **178 l / hab-día**

K1 **1,3**

K2 **1,8**

<b>SATURACION DE LA POBLACION</b>								
8	% OCUPACIÓN	DENSIDAD VIV/HA	TOTAL No. VIV	No. HAB 5,5	Q med. diario L/S 178	Q max. diario L/S 1,30	Q max. horario L/S 1,80	
	0,1	60	48	264	0,54	0,71	1,27	
	0,2	60	96	528	1,09	1,41	2,55	
	0,3	60	144	792	1,63	2,12	3,82	
	0,4	60	192	1056	2,18	2,83	5,09	
	0,5	60	240	1320	2,72	3,54	6,36	
	0,6	60	288	1584	3,26	4,24	7,64	
8	% OCUPACIÓN	DENSIDAD VIV/HA	TOTAL No. VIV	No. HAB 5,5	Q med. diario L/S 178,00	Q max. diario L/S 1,30	Q max. horario L/S 1,80	
	0,1	65	52	286	0,59	0,77	1,38	
	0,2	65	104	572	1,18	1,53	2,76	
	0,3	65	156	858	1,77	2,30	4,14	
	0,4	65	208	1144	2,36	3,06	5,52	
	0,5	65	260	1430	2,95	3,83	6,89	
	0,6	65	312	1716	3,54	4,60	8,27	
8	% OCUPACIÓN	DENSIDAD VIV/HA	TOTAL No. VIV	No. HAB 5,5	Q med. diario L/S 178,00	Q max. diario L/S 1,30	Q max. horario L/S 1,80	
	0,1	70	56	308	0,63	0,82	1,48	
	0,2	70	112	616	1,27	1,65	2,97	
	0,3	70	168	924	1,90	2,47	4,45	
	0,4	70	224	1232	2,54	3,30	5,94	
	0,5	70	280	1540	3,17	4,12	7,42	
	0,6	70	336	1848	3,81	4,95	8,91	
8	% OCUPACIÓN	DENSIDAD VIV/HA	TOTAL No. VIV	No. HAB 5,5	Q med. diario L/S 178,00	Q max. diario L/S 1,30	Q max. horario L/S 1,80	
	0,1	75	60	330	0,68	0,88	1,59	
	0,2	75	120	660	1,36	1,77	3,18	
	0,3	75	180	990	2,04	2,65	4,77	
	0,4	75	240	1320	2,72	3,54	6,36	
	0,5	75	300	1650	3,40	4,42	7,95	
	0,6	75	360	1980	4,08	5,30	9,55	
<b>CRECIMIENTO EXPONENCIAL</b>								
			No. VIV-20-años					
150	0,35	202,5	1,0%	242	1332	2,74	3,57	6,42
			1,5%	265	1456	3,00	3,90	7,02
			2,0%	289	1591	3,28	4,26	7,67
			2,5%	316	1737	3,58	4,65	8,37
			3,0%	345	1896	3,91	5,08	9,14
			3,5%	376	2069	4,26	5,54	9,97

**SECTOR OLIVARES**

Area de menor influencia

Nº habitantes por vivienda **5,5**

Dotación **178 l / hab-día**

K1 **1,3**

K2 **1,8**

<b>SATURACION DE LA POBLACION</b>								
12	% OCUPACIÓN	DENSIDAD VIV/HA	TOTAL No. VIV	No. HAB 5,5	Q med. diario L/S 178	Q max. diario L/S 1,30	Q max. horario L/S 1,80	
	0,1	15	18	99	0,20	0,27	0,48	
	0,2	15	36	198	0,41	0,53	0,95	
	0,3	15	54	297	0,61	0,80	1,43	
	0,4	15	72	396	0,82	1,06	1,91	
	0,5	15	90	495	1,02	1,33	2,39	
	0,6	15	108	594	1,22	1,59	2,86	
12	% OCUPACIÓN	DENSIDAD VIV/HA	TOTAL No. VIV	No. HAB 5,5	Q med. diario L/S 178,00	Q max. diario L/S 1,30	Q max. horario L/S 1,80	
	0,1	20	24	132	0,27	0,35	0,64	
	0,2	20	48	264	0,54	0,71	1,27	
	0,3	20	72	396	0,82	1,06	1,91	
	0,4	20	96	528	1,09	1,41	2,55	
	0,5	20	120	660	1,36	1,77	3,18	
	0,6	20	144	792	1,63	2,12	3,82	
12	% OCUPACIÓN	DENSIDAD VIV/HA	TOTAL No. VIV	No. HAB 5,5	Q med. diario L/S 178,00	Q max. diario L/S 1,30	Q max. horario L/S 1,80	
	0,1	25	30	165	0,34	0,44	0,80	
	0,2	25	60	330	0,68	0,88	1,59	
	0,3	25	90	495	1,02	1,33	2,39	
	0,4	25	120	660	1,36	1,77	3,18	
	0,5	25	150	825	1,70	2,21	3,98	
	0,6	25	180	990	2,04	2,65	4,77	
12	% OCUPACIÓN	DENSIDAD VIV/HA	TOTAL No. VIV	No. HAB 5,5	Q med. diario L/S 178,00	Q max. diario L/S 1,30	Q max. horario L/S 1,80	
	0,1	30	36	198	0,41	0,53	0,95	
	0,2	30	72	396	0,82	1,06	1,91	
	0,3	30	108	594	1,22	1,59	2,86	
	0,4	30	144	792	1,63	2,12	3,82	
	0,5	30	180	990	2,04	2,65	4,77	
	0,6	30	216	1188	2,45	3,18	5,73	
<b>CRECIMIENTO EXPONENCIAL</b>			<b>No. VIV-20-años</b>					
45	0,35	60,75	1,0%	73	400	0,82	1,07	1,93
			1,5%	79	437	0,90	1,17	2,11
			2,0%	87	477	0,98	1,28	2,30
			2,5%	95	521	1,07	1,40	2,51
			3,0%	103	569	1,17	1,52	2,74
			3,5%	113	621	1,28	1,66	2,99

**SECTOR LA MARÍA**

Area de mayor influencia

Nº habitantes por vivienda 5,5

Dotación 178 l / hab-día

K1 1,3

K2 1,8

<b>SATURACION DE LA POBLACION</b>							
31	% OCUPACIÓN	DENSIDAD VIV/HA	TOTAL No. VIV	No. HAB 5,5	Q med. diario L/S 178	Q max. diario L/S 1,30	Q max. horario L/S 1,80
	0,1	15	47	256	0,53	0,68	1,23
	0,2	15	93	512	1,05	1,37	2,47
	0,3	15	140	767	1,58	2,05	3,70
	0,4	15	186	1023	2,11	2,74	4,93
	0,5	15	233	1279	2,63	3,42	6,16
	0,6	15	279	1535	3,16	4,11	7,40
31	% OCUPACIÓN	DENSIDAD VIV/HA	TOTAL No. VIV	No. HAB 5,5	Q med. diario L/S 178,00	Q max. diario L/S 1,30	Q max. horario L/S 1,80
	0,1	20	62	341	0,70	0,91	1,64
	0,2	20	124	682	1,41	1,83	3,29
	0,3	20	186	1023	2,11	2,74	4,93
	0,4	20	248	1364	2,81	3,65	6,58
	0,5	20	310	1705	3,51	4,57	8,22
	0,6	20	372	2046	4,22	5,48	9,86
31	% OCUPACIÓN	DENSIDAD VIV/HA	TOTAL No. VIV	No. HAB 5,5	Q med. diario L/S 178,00	Q max. diario L/S 1,30	Q max. horario L/S 1,80
	0,1	25	78	426	0,88	1,14	2,05
	0,2	25	155	853	1,76	2,28	4,11
	0,3	25	233	1279	2,63	3,42	6,16
	0,4	25	310	1705	3,51	4,57	8,22
	0,5	25	388	2131	4,39	5,71	10,27
	0,6	25	465	2558	5,27	6,85	12,33
31	% OCUPACIÓN	DENSIDAD VIV/HA	TOTAL No. VIV	No. HAB 5,5	Q med. diario L/S 178,00	Q max. diario L/S 1,30	Q max. horario L/S 1,80
	0,1	30	93	512	1,05	1,37	2,47
	0,2	30	186	1023	2,11	2,74	4,93
	0,3	30	279	1535	3,16	4,11	7,40
	0,4	30	372	2046	4,22	5,48	9,86
	0,5	30	465	2558	5,27	6,85	12,33
	0,6	30	558	3069	6,32	8,22	14,80
<b>CRECIMIENTO EXPONENCIAL</b>							
				No. VIV-20-años			
120	0,35	162	1,0%	194	1066	2,20	2,85
			1,5%	212	1165	2,40	3,12
			2,0%	231	1273	2,62	3,41
			2,5%	253	1390	2,86	3,72
			3,0%	276	1517	3,13	4,06
			3,5%	301	1655	3,41	4,43

**SECTOR LA MARÍA**

Area de menor influencia

Nº habitantes por vivienda 5,5

Dotación 178 l / hab-día

K1 1,3

K2 1,8

<b>SATURACION DE LA POBLACION</b>								
27	% OCUPACIÓN	DENSIDAD VIV/HA	TOTAL No. VIV	No. HAB 5,5	Q med. diario L/S 178	Q max. diario L/S 1,30	Q max. horario L/S 1,80	
	0,1	5	14	74	0,15	0,20	0,36	
	0,2	5	27	149	0,31	0,40	0,72	
	0,3	5	41	223	0,46	0,60	1,07	
	0,4	5	54	297	0,61	0,80	1,43	
	0,5	5	68	371	0,76	0,99	1,79	
	0,6	5	81	446	0,92	1,19	2,15	
27	% OCUPACIÓN	DENSIDAD VIV/HA	TOTAL No. VIV	No. HAB 5,5	Q med. diario L/S 178,00	Q max. diario L/S 1,30	Q max. horario L/S 1,80	
	0,1	10	27	149	0,31	0,40	0,72	
	0,2	10	54	297	0,61	0,80	1,43	
	0,3	10	81	446	0,92	1,19	2,15	
	0,4	10	108	594	1,22	1,59	2,86	
	0,5	10	135	743	1,53	1,99	3,58	
	0,6	10	162	891	1,84	2,39	4,30	
27	% OCUPACIÓN	DENSIDAD VIV/HA	TOTAL No. VIV	No. HAB 5,5	Q med. diario L/S 178,00	Q max. diario L/S 1,30	Q max. horario L/S 1,80	
	0,1	15	41	223	0,46	0,60	1,07	
	0,2	15	81	446	0,92	1,19	2,15	
	0,3	15	122	668	1,38	1,79	3,22	
	0,4	15	162	891	1,84	2,39	4,30	
	0,5	15	203	1114	2,29	2,98	5,37	
	0,6	15	243	1337	2,75	3,58	6,44	
27	% OCUPACIÓN	DENSIDAD VIV/HA	TOTAL No. VIV	No. HAB 5,5	Q med. diario L/S 178,00	Q max. diario L/S 1,30	Q max. horario L/S 1,80	
	0,1	18	49	267	0,55	0,72	1,29	
	0,2	18	97	535	1,10	1,43	2,58	
	0,3	18	146	802	1,65	2,15	3,87	
	0,4	18	194	1069	2,20	2,86	5,15	
	0,5	18	243	1337	2,75	3,58	6,44	
	0,6	18	292	1604	3,30	4,30	7,73	
<b>CRECIMIENTO EXPONENCIAL</b>								
			No. VIV-20-años					
36	0,35	48,6	1,0%	58	320	0,66	0,86	1,54
			1,5%	64	349	0,72	0,94	1,68
			2,0%	69	382	0,79	1,02	1,84
			2,5%	76	417	0,86	1,12	2,01
			3,0%	83	455	0,94	1,22	2,19
			3,5%	90	497	1,02	1,33	2,39

**SECTOR EL PROGRESO**

Area de mayor influencia

Nº habitantes por vivienda 5,5

Dotación 178 l / hab-día

K1 1,3

K2 1,8

<b>SATURACION DE LA POBLACION</b>								
7	% OCUPACIÓN	DENSIDAD	TOTAL No. VIV	No. HAB	Q med. diario	Q max. diario	Q max. horario	
		VIV/HA		5,5	L/S	L/S	L/S	
					178	1,30	1,80	
	0,1	60	42	231	0,48	0,62	1,11	
	0,2	60	84	462	0,95	1,24	2,23	
	0,3	60	126	693	1,43	1,86	3,34	
	0,4	60	168	924	1,90	2,47	4,45	
	0,5	60	210	1155	2,38	3,09	5,57	
	0,6	60	252	1386	2,86	3,71	6,68	
7	% OCUPACIÓN	DENSIDAD	TOTAL No. VIV	No. HAB	Q med. diario	Q max. diario	Q max. horario	
		VIV/HA		5,5	L/S	L/S	L/S	
					178,00	1,30	1,80	
	0,1	65	46	250	0,52	0,67	1,21	
	0,2	65	91	501	1,03	1,34	2,41	
	0,3	65	137	751	1,55	2,01	3,62	
	0,4	65	182	1001	2,06	2,68	4,83	
	0,5	65	228	1251	2,58	3,35	6,03	
	0,6	65	273	1502	3,09	4,02	7,24	
7	% OCUPACIÓN	DENSIDAD	TOTAL No. VIV	No. HAB	Q med. diario	Q max. diario	Q max. horario	
		VIV/HA		5,5	L/S	L/S	L/S	
					178,00	1,30	1,80	
	0,1	70	49	270	0,56	0,72	1,30	
	0,2	70	98	539	1,11	1,44	2,60	
	0,3	70	147	809	1,67	2,17	3,90	
	0,4	70	196	1078	2,22	2,89	5,20	
	0,5	70	245	1348	2,78	3,61	6,50	
	0,6	70	294	1617	3,33	4,33	7,80	
7	% OCUPACIÓN	DENSIDAD	TOTAL No. VIV	No. HAB	Q med. diario	Q max. diario	Q max. horario	
		VIV/HA		5,5	L/S	L/S	L/S	
					178,00	1,30	1,80	
	0,1	75	53	289	0,59	0,77	1,39	
	0,2	75	105	578	1,19	1,55	2,78	
	0,3	75	158	866	1,78	2,32	4,18	
	0,4	75	210	1155	2,38	3,09	5,57	
	0,5	75	263	1444	2,97	3,87	6,96	
	0,6	75	315	1733	3,57	4,64	8,35	
<b>CRECIMIENTO EXPONENCIAL</b>			<b>No. VIV-20-años</b>					
135	0,35	182,25	1,0%	218	1199	2,47	3,21	5,78
			1,5%	238	1310	2,70	3,51	6,32
			2,0%	260	1432	2,95	3,83	6,90
			2,5%	284	1563	3,22	4,19	7,54
			3,0%	310	1706	3,52	4,57	8,23
			3,5%	339	1862	3,84	4,99	8,98

**SECTOR EL PROGRESO**

Area de menor influencia

Nº habitantes por vivienda 5,5

Dotación 178 l / hab-día

K1 1,3

K2 1,8

<b>SATURACION DE LA POBLACION</b>								
5	% OCUPACIÓN	DENSIDAD VIV/HA	TOTAL No. VIV	No. HAB 5,5	Q med. diario L/S 178	Q max. diario L/S 1,30	Q max. horario L/S 1,80	
	0,1	30	15	83	0,17	0,22	0,40	
	0,2	30	30	165	0,34	0,44	0,80	
	0,3	30	45	248	0,51	0,66	1,19	
	0,4	30	60	330	0,68	0,88	1,59	
	0,5	30	75	413	0,85	1,10	1,99	
	0,6	30	90	495	1,02	1,33	2,39	
5	% OCUPACIÓN	DENSIDAD VIV/HA	TOTAL No. VIV	No. HAB 5,5	Q med. diario L/S 178,00	Q max. diario L/S 1,30	Q max. horario L/S 1,80	
	0,1	35	18	96	0,20	0,26	0,46	
	0,2	35	35	193	0,40	0,52	0,93	
	0,3	35	53	289	0,59	0,77	1,39	
	0,4	35	70	385	0,79	1,03	1,86	
	0,5	35	88	481	0,99	1,29	2,32	
	0,6	35	105	578	1,19	1,55	2,78	
5	% OCUPACIÓN	DENSIDAD VIV/HA	TOTAL No. VIV	No. HAB 5,5	Q med. diario L/S 178,00	Q max. diario L/S 1,30	Q max. horario L/S 1,80	
	0,1	40	20	110	0,23	0,29	0,53	
	0,2	40	40	220	0,45	0,59	1,06	
	0,3	40	60	330	0,68	0,88	1,59	
	0,4	40	80	440	0,91	1,18	2,12	
	0,5	40	100	550	1,13	1,47	2,65	
	0,6	40	120	660	1,36	1,77	3,18	
5	% OCUPACIÓN	DENSIDAD VIV/HA	TOTAL No. VIV	No. HAB 5,5	Q med. diario L/S 178,00	Q max. diario L/S 1,30	Q max. horario L/S 1,80	
	0,1	45	23	124	0,25	0,33	0,60	
	0,2	45	45	248	0,51	0,66	1,19	
	0,3	45	68	371	0,76	0,99	1,79	
	0,4	45	90	495	1,02	1,33	2,39	
	0,5	45	113	619	1,27	1,66	2,98	
	0,6	45	135	743	1,53	1,99	3,58	
<b>CRECIMIENTO EXPONENCIAL</b>								
			No. VIV-20-años					
40,5	0,35	54,675	1,0%	65	360	0,74	0,96	1,73
			1,5%	71	393	0,81	1,05	1,90
			2,0%	78	429	0,88	1,15	2,07
			2,5%	85	469	0,97	1,26	2,26
			3,0%	93	512	1,05	1,37	2,47
			3,5%	102	559	1,15	1,50	2,69

**SECTOR LA VERDE**

Area de menor influencia

Nº habitantes por vivienda **5,5**

Dotación **178 l / hab-día**

K1 **1,3**

K2 **1,8**

<b>SATURACION DE LA POBLACION</b>								
104	% OCUPACIÓN	DENSIDAD VIV/HA	TOTAL No. VIV	No. HAB 5,5	Q med. diario L/S 178	Q max. diario L/S 1,30	Q max. horario L/S 1,80	
	0,1	5	52	286	0,59	0,77	1,38	
	0,2	5	104	572	1,18	1,53	2,76	
	0,3	5	156	858	1,77	2,30	4,14	
	0,4	5	208	1144	2,36	3,06	5,52	
	0,5	5	260	1430	2,95	3,83	6,89	
	0,6	5	312	1716	3,54	4,60	8,27	
104	% OCUPACIÓN	DENSIDAD VIV/HA	TOTAL No. VIV	No. HAB 5,5	Q med. diario L/S 178,00	Q max. diario L/S 1,30	Q max. horario L/S 1,80	
	0,1	10	104	572	1,18	1,53	2,76	
	0,2	10	208	1144	2,36	3,06	5,52	
	0,3	10	312	1716	3,54	4,60	8,27	
	0,4	10	416	2288	4,71	6,13	11,03	
	0,5	10	520	2860	5,89	7,66	13,79	
	0,6	10	624	3432	7,07	9,19	16,55	
104	% OCUPACIÓN	DENSIDAD VIV/HA	TOTAL No. VIV	No. HAB 5,5	Q med. diario L/S 178,00	Q max. diario L/S 1,30	Q max. horario L/S 1,80	
	0,1	15	156	858	1,77	2,30	4,14	
	0,2	15	312	1716	3,54	4,60	8,27	
	0,3	15	468	2574	5,30	6,89	12,41	
	0,4	15	624	3432	7,07	9,19	16,55	
	0,5	15	780	4290	8,84	11,49	20,68	
	0,6	15	936	5148	10,61	13,79	24,82	
104	% OCUPACIÓN	DENSIDAD VIV/HA	TOTAL No. VIV	No. HAB 5,5	Q med. diario L/S 178,00	Q max. diario L/S 1,30	Q max. horario L/S 1,80	
	0,1	20	208	1144	2,36	3,06	5,52	
	0,2	20	416	2288	4,71	6,13	11,03	
	0,3	20	624	3432	7,07	9,19	16,55	
	0,4	20	832	4576	9,43	12,26	22,06	
	0,5	20	1040	5720	11,78	15,32	27,58	
	0,6	20	1248	6864	14,14	18,38	33,09	
<b>CRECIMIENTO EXPONENCIAL</b>			<b>No. VIV-20-años</b>					
45	0,35	60,75	1,0%	73	400	0,82	1,07	1,93
			1,5%	79	437	0,90	1,17	2,11
			2,0%	87	477	0,98	1,28	2,30
			2,5%	95	521	1,07	1,40	2,51
			3,0%	103	569	1,17	1,52	2,74
			3,5%	113	621	1,28	1,66	2,99

Una vez obtenido el caudal de diseño, se compara con el caudal mínimo de la fuente, para saber si está en capacidad de suministrar dicha cantidad, o si es necesario descartarla. Dentro de estas consideraciones se tuvo presente las restricciones que tiene Cornare en este aspecto.

Para el caso de la Quebrada Doña María y el multiveredal Itagüí, no se encontraron problemas en este aspecto, pues la Quebrada en los puntos en consideración posee la capacidad suficiente para permitir la conexión de este sistema de acueducto sin ocasionar problemas aguas abajo.

#### 4. OBRAS HIDRÁULICAS

A continuación se encuentran las características y cálculos hidráulicos correspondientes a cada una de las estructuras que hacen parte del sistema. A lo largo de la descripción de cada fase del proyecto se encontrarán enunciadas diferentes tipos de alternativas las cuales básicamente difieren de la cota de la bocatoma y la colocación del primer tanque de almacenamiento. Para visualizar mejor las características de cada alternativa se anexan copias de planos del área comprendida entre las posibles bocatomas con la localización del tanque de almacenamiento correspondiente para cada alternativa. (Ver anexo 2)

##### LOCALIZACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS PARA CADA ALTERNATIVA

ALTERNATIVA	1	2	3	4	5	6	7	8	9
BOCATOMA (m.s.n.m)	1870	1897	1897	1930	1930	1870	1870	1897	1930
DESARENADOR (m.s.n.m)	1868	1893	1893	1928	1928	1868	1868	1894	1926
PLANTA DE TRATAMIENTO (m.s.n.m)	1864	1890	1890	1920	1920	1864	1864	1894	1920
TANQUE DE ALMACENAMIENTO (m.s.n.m)	2080	2050	2080	2050	2080	2050	2060	2060	2060
ADUCCIÓN (m)	60	300	300	240	240	60	60	300	210
CONDUCCIÓN (m)	45	540	540	1581	1581	45	45	540	1590
IMPULSIÓN (m)	1050	645	705	540	600	780	1785	1620	1485
ALTURA ESTÁTICA (m)	216	156	186	130	180	116	196	166	140

#### 4.1 BOCATOMA

Como se mencionó anteriormente en el capítulo de caudales máximos, se plantearon inicialmente tres alternativas para la localización de la bocatoma, una es la cota 1930, otra la 1900 y por último la 1870. Se seleccionó el tipo de bocatoma lateral con rejilla autolavante, pues de las alternativas contempladas es la que menos problemas presenta con el alto contenido de sedimentos que transporta la quebrada y su gran nivel de caudales.

Para evitar daños y problemas con esta estructura en caso de presentarse una creciente, la bocatoma estaría provista de un sistema, el cual al alcanzar un determinado nivel de creciente, automáticamente activaría un dispositivo que cerraría la captación para que no se obstruya en el interior por la carga de sedimentos. Independiente de las cotas de localización de las bocatomas estas tendrían las mismas características mecánicas y geométricas con un ancho de 8m y sus correspondientes zonas de aproximación y entrega.

#### 4.2 ADUCCIÓN

La aducción es el tramo de tubería comprendido entre la bocatoma y el desarenador y por sus características de trabajo obliga a que el material utilizado sea acero pues esta tubería transporta el agua en las mismas condiciones de la quebrada someténdola a un trabajo fuerte por abrasión.

A continuación se presentan las características y el diámetro recomendado para cada una de las posibles alternativas.

ALTERNATIVA	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Caudal (l/s)	50	50	50	50	50	50	50	50	50
(m <sup>3</sup> /s)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Longitud (m)	60	300	300	240	240	60	60	300	240
Cota bocatoma	1870	1897	1897	1930	1930	1870	1870	1897	1930
Cota desarenador	1868	1894	1894	1925	1925	1868	1868	1894	1926
e Acero	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
D comercial (pulgadas)	12	14	14	12	12	12	12	14	12

#### 4.3 DESARENADOR

El desarenador es un sólo modelo, igual para todas las alternativas, capaz de atender 50 l/s que es el caudal de diseño y simplemente varía en su localización, es decir en su cota.

(De un sólo módulo)

CAUDAL DE DISEÑO	50 l/seg	
DIÁMETRO PARTICULAS	0,05 mm	
VISCOSIDAD CINEMÁTICA	0,0114 cm <sup>2</sup> /seg	
GRADO DE REMOCIÓN	87,5 %	
PROFUNDIDAD ÚTIL	1,5 m	
BORDE LIBRE (BL)	0,5 m	Ninguna dimensión incluye el BL

#### Dimensionamiento del desarenador

Vs =	0,1970 cm/seg	
Ts =	761 seg	tiempo de caída

Del libro Acueductos, teoría y diseño de Fredy Corcho, en la tabla 4.4 se encuentra la relación entre el grado de remoción y el parámetro a/t.

$$\begin{aligned}
 a/t &= 2,37 \\
 a &= 1804,54 \\
 C &= 90,23 \text{ Capacidad del desarenado} \\
 r & \\
 As &= 60 \text{ m}^2 \text{ Area superficial} \\
 Ar &= 25,38 \text{ m}^2 \qquad As > Ar \quad \text{O.K.}!
 \end{aligned}$$

Adoptando una relación longitud- ancho igual a 4/1

$$\begin{aligned}
 \text{Longitud} &= 15,5 \text{ m} \\
 \text{ancho} &= 3,9 \text{ m}
 \end{aligned}$$

### Vertedero de excesos

Se diseña para el Qmax que pasa por la tubería de aducción

	Qmax (l/s)	
	Manning	Hazen - Williams
Alternativas 1 y 6	62,44	87
Alternativas 2 y 3	62,04	82
Alternativas 4 y 5	49,58	67,7

El diseño del vertedero se hace según la ecuación de Francis.

$$\begin{aligned}
 Q &= CLH^{3/2} \\
 C &= 1.84
 \end{aligned}$$

suponiendo una H = 0.20 m

	L (m)	
Alternativas 1 y 6	0,22	
Alternativas 2 y 3	0,50	Se adopta L = 1
Alternativas 4 y 5	0,41	por tanto H = 0,07

### Diseño zona de entrada

Se asume una velocidad de paso a través de los orificios de 0.2 m/seg.

Area efectiva de los orificios:

$$Ae = 0,25 \text{ m}^2$$

El número de orificios necesarios para garantizar el paso del caudal de diseño utilizando tubos con diámetro de 3", será:

$$N^{\circ} \text{ de orificios} = 55$$

Dimensiones definitivas del tanque de entrada:

Longitud:	1 m
Ancho:	2 m
Profundidad:	0,5 m

### Diseño del tanque de excesos

Las dimensiones del tanque de excesos se calculan con base en las ecuaciones de tiro parabólico.

$$X = V_o \cdot t \cdot \cos B \quad \text{donde:} \quad V_o = 0,50 \text{ m/s}$$
$$Y = V_o \cdot t \cdot \sin B - (1/2)gt^2$$

$$\text{Longitud:} \quad 1 \text{ m}$$
$$\text{Ancho:} \quad 1 \text{ m}$$

### Diseño vertedero de salida

Se utiliza un vertedero a todo lo ancho del desarenador, diseñado a partir de la fórmula de Francis.

$$Q = C_b H^{3/2}$$

$$b = 3,88 \text{ m}$$
$$C = 1,84$$
$$Q = 50,00 \text{ l/seg}$$
$$H = 0,04 \text{ m}$$

Las dimensiones del tanque de salida se calculan con base en las ecuaciones de tiro parabólico.

$$X = V_o \cdot t \cdot \cos B \quad \text{donde:} \quad V_o = 0,2$$
$$Y = V_o \cdot t \cdot \sin B - (1/2)gt^2$$

$$\text{Longitud:} \quad 1 \text{ m}$$
$$\text{Ancho:} \quad 3,88 \text{ m}$$

### Diseño zona de sedimentación

$$\text{Volumen de la tolva} = 0,30 \cdot \text{Volumen del desarenador}$$
$$V_t = 27 \text{ m}^3$$

### Válvulas que debe llevar el desarenador

Válvulas de compuerta en la entrada y la salida del desarenador en la tubería de succión y conducción, una para el vaciado de los lodos depositados en la zona de sedimentación y otra en la tubería que va de la aducción a la cámara de inspección.

### Diseño de tuberías de descarga del desarenador

La tubería de la aducción a la primera cámara de inspección debe ser del mismo diámetro y material que el de la aducción.

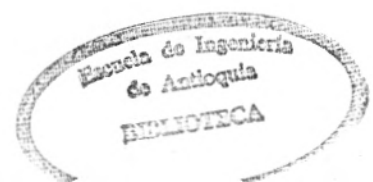
### Tuberías de salida del tanque de excesos

$$Q_{\text{excesos}} = 37 \text{ l/s} \quad (\text{Q por evacuar})$$

$$\text{Volumen del tanque} = 0,5 \text{ m}^3$$

Por Manning:

$$\text{donde:} \quad n = 0,015$$
$$P = 20\%$$
$$D \text{ sup } 6" = 0,1524$$
$$v = 3,38 \text{ m/s}$$



$$Q = v \cdot A$$

$$Q = \begin{array}{l} 0,062 \text{ m}^3/\text{s} \\ 61,58 \text{ l/s} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} Q / Q_{II} = 0,60 < 0,85 \text{ O.K.} \\ V_r / V_{II} = 0,907 \quad V_r = 3,06 \text{ m/s} \end{array}$$

### Cámara de inspección 1

$$\begin{array}{l} D = 10'' \\ Q_{II} = 170 \text{ l/s} \\ V_{II} = 3,4 \text{ m/s} \\ Q/Q_{II} = 0,218 \\ V/V_{II} = 0,672 \\ V_r = 2,28 \text{ m/s} \end{array}$$

### Cámara de inspección 2

$$\begin{array}{l} D = 10'' \\ Q_{II} = 294,49 \text{ l/s} \\ Q \text{ aducción a tubo lleno} = 87 \text{ l/s} \\ Q \text{ por evacuar} = Q \text{ excesos} + Q \text{ aducción tubo lleno} = 124 \text{ l/s} \\ Q/Q_{II} = 0,421 \\ V_{II} = 5,8 \text{ m/s} \\ V/V_{II} = 0,819 \\ V_r = 4.75 \text{ l/s} \text{ Se debe colocar ataque.} \end{array}$$

La tubería que va de la cámara de inspección 2 a la quebrada tiene diferentes longitudes y pendientes, esto depende de la cota del desarenador.

### ALT 1 Y 6

$$\begin{array}{l} \text{Diámetro} = 14'' \\ \text{Longitud} = 50 \text{ m} \\ Q_{II} = 213 \text{ l/s} \\ Q / Q_{II} = 0,5822 \\ V_{II} = 2,14 \text{ m/s} \\ V / V_{II} = 0,9015 \\ V_r = 1,93 \text{ m/s} \end{array}$$

### ALT 2 Y 3

$$\begin{array}{l} \text{Cota del desarenador} = 1893 \\ \text{Cota de la quebrada} = 1883 \\ \text{Longitud} = 20 \text{ m} \\ \text{Diámetro} = 14'' \\ Q_{II} = 834 \text{ l/s} \\ Q / Q_{II} = 0,15 \\ V_{II} = 8,4 \text{ l/s} \\ V / V_{II} = 0,604 \\ V_r = 5.07 \text{ m/s} \quad \text{Requiere atraque} \end{array}$$

### ALT 4 Y 5

$$\begin{array}{l} \text{Cota desarenador} = 1928 \\ \text{Cota quebrada} = 1920 \\ \text{Longitud} = 30 \text{ m} \end{array}$$



En el anexo 4 se encuentran los dibujos correspondientes a la estructura de prefiltro con sus obras complementarias, características físicas y dimensiones respectivas.

#### 4.5 CONDUCCIÓN PREFILTRO - PLANTA DE TRATAMIENTO

Como se ha venido describiendo, al igual que el desarenador las alternativas están definidas por la localización del primer tanque de almacenamiento, implicando que el diseño de algunas estructuras como el prefiltro y el desarenador sean iguales independientes de su localización.

Por lo anterior, el diseño de este tramo de conducción también es diferente para algunas alternativas pues sus longitudes y pendientes varían dependiendo de la localización de cada estructura.

A continuación se presenta un cuadro con las características de las alternativas consideradas y el diámetro escogido para cada una de ellas.

ALTERNATIVA	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Cota desarenador	1868	1893	1893	1928	1928	1868	1868	1928	1893
Cota Planta Tto	1864	1890	1890	1920	1920	1864	1864	1920	1890
Longitud (m)	48	540	540	1581	1581	48	48	1581	540
H (diferenc cotas)	4	3	3	8	8	4	4	8	3
Diámetro (pulg)	10	12	12	10	10	10	10	10	12
hf (m)	0.12	0.68	0.68	4.8	4.8	0.12	0.12	4.8	0.68
v (m/s)	5.6*	1.48	1.48	1.26	1.26	5.6*	5.6*	1.26	1.48

\* Requieren atraque

#### 4.6 PLANTA DE TRATAMIENTO

Por el mismo alcance del estudio, el diseño y dimensionamiento de esta obra no se incluye en el presente informe pues la información necesaria para plantear una solución acertada (estudios de caracterización de aguas: Bacteriológico y fisicoquímico) no es suficiente para dicho fin.

Sin embargo se tiene conocimiento de los estudios de factibilidad que el Departamento de Planeación Acueducto y Alcantarillado realizó para el sistema del circuito Ana Díaz, el cual tiene una planta de tratamiento convencional para cincuenta (50) l/s que es el caudal de diseño correspondiente para nuestro estudio.

Se recomienda consultar estos estudios y analizar la viabilidad de implementarlos y adaptarlos al proyecto.

#### 4.7 TANQUE DE BOMBEO Y TUBERÍA DE SUCCIÓN

Los sistemas de bombeo exigen un tanque que permita el correcto funcionamiento de las bombas. Este tanque supone un tiempo de bombeo, con el fin de permitir las reparaciones necesarias en el sistema durante las horas que no está trabajando. Para este caso se tiene:

Tiempo de bombeo = 13 horas

Caudal de entrada al tanque de succión = 50 l/s

Caudal de salida (Caudal bombeado) = 42 l/s

13 horas / 24 horas = 33 minutos -----> Se bombea cada 33 minutos

Volumen del tanque de succión =  $100\text{m}^3$

Dimensiones del tanque de succión:

$$B = 5\text{m}$$

$$L = 5\text{m}$$

$$h = 4\text{m}$$

Para facilitar el diseño de la tubería de succión se adopta una velocidad de diseño de 1 m/s, condición que permite hacer los análisis necesarios y cumplir con un correcto funcionamiento del sistema.

Esta tubería conduce el agua desde el tanque de bombeo hasta la caseta de bombas, por consiguiente el caudal que transitará por ésta será de 92 l/s, que es el caudal de bombeo, el cual suministra el volumen necesario para 13 horas de bombeo.

Estas condiciones se explicarán mas adelante, cuando se describan las características del tanque de bombeo.

El diámetro de la tubería de succión es igual para todas las alternativas y su cálculo se realizó de la siguiente manera:

$$Q = 0.093 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$v = 1 \text{ m/s}$$

$$A = Q / v = 0.093\text{m}^2$$

$$A = \text{PI} \cdot D^2 / 4$$

$$D = 34.4\text{cm} = 14'' \text{ -----} \rightarrow v = 0.92 \text{ m/s}$$

$$L = 50\text{m}$$

Para lograr un funcionamiento ideal del sistema y una cota óptima de servicio, es necesario localizar el tanque de almacenamiento en un lugar alto para garantizar la atención al mayor número de viviendas posibles. Tal situación obliga a pensar en dos alternativas: Ubicar la

bocatoma en un lugar mucho mas alto que el tanque o bombear el agua para que alcance el nivel requerido.

Para el multiveredal Itagüí, la primera posibilidad fue descartada, pues aguas arriba de la Quebrada Doña María se encuentra la bocatoma del acueducto San Antonio de Prado, por lo tanto el caudal en esa cota ya está comprometido con dicho sistema y una vez captado el caudal para éste, es necesario esperar que la quebrada se recupere y posea un caudal que permita otra conexión. Debido a esto, lo más alto que se podía localizar la bocatoma para este sistema era en estas cotas (Anexo 2), obligando esta situación a bombear el agua al tanque de almacenamiento.

#### **4.8 BOMBAS**

Se buscó una bomba que cumpliera con una altura de 240m y un caudal de 93 l/s y la recomendada fue la siguiente:

KSB Hidromac modelo 150 - S

Motor 500HP, 1800 rpm, trifásico

Eficiencia: 70%

Adicionalmente para su funcionamiento se requiere un transformador trifásico 32600V/440V

#### **4.9 TANQUE DE ALMACENAMIENTO**

Como se describió anteriormente, uno de los aspectos en el cual difieren las alternativas es la localización de dicho tanque. Básicamente existen tres (3) posibilidades de localización como se puede observar en los planos (Anexo 2): tanques A, A' o B; los cuales son iguales en sus dimensiones y características y sólo difieren en la cota de localización.

Inicialmente se planteó el sistema con un sólo tanque de almacenamiento para abastecer todo el sistema de las redes, pero se necesitarían dimensiones bastante grandes que dificultarían su construcción, por ello se planteó la posibilidad de hacer varios tanques más pequeños y dividir una gran red de distribución en pequeñas redes para cada sector obligando esta decisión a que este primer tanque fuese de dimensiones mas aceptables.

Los tanques de almacenamiento poseen una función muy importante dentro de los sistemas de acueducto, garantizando niveles de reserva en el momento de una eventual emergencia, bien sea por un daño en el sistema o un incendio. Adicionalmente es importante como regulador de picos que se presentan en ciertas horas del día.

Tiempo de bombeo ( $T_b$ ) = 13 horas

$Q_b = (QMD \cdot 24) / T_b = 92.31 \text{ l/s}$

Volumen caudal máximo diario =  $V_{(QMD)} = QMD \cdot (86400 / 1000) = 4320 \text{ m}^3$

Se almacena el diez (10)% del  $V_{(QMD)}$

Volumen tanque de almacenamiento =  $432 \text{ m}^3$

Dimensiones:

$b = 11\text{m}$

$L = 12\text{m}$

$h = 3.5\text{m}$

A continuación se presentan cuadros con la información de la conducción entre los tanques de almacenamiento A, A' o B y los demás tanques que se colocaron a lo largo de la red de distribución dependiendo de cada alternativa.

En el anexo 5 se observa la conducción entre las diferentes alternativas de los tanques de almacenamiento y el tanque c

#### ALTERNATIVAS 2, 4, 6

TRAMO	DIAMETRO	LONGITUD	COSTO UNIT.	COSTO TOTAL
	plg.	m	\$/m	\$
A - 1	10	2600	95,359	247,933,400
1 - 2	10	900	95,359	85,823,100
2 - 3	10	500	95,359	47,679,500
3 - 4	10	650	95,359	61,983,350
4 - 5	8	1150	57,424	66,037,600
5 - C	8	850	57,424	48,810,400
C - D	8	1700	57,424	97,620,800
D - E	6	800	33,458	26,766,400
<b>TOTAL</b>				<b>682,654,550</b>

#### ALTERNATIVAS 1, 3, 5

TRAMO	DIAMETRO	LONGITUD	COSTO UNIT.	COSTO TOTAL
	plg.	m	\$/m	\$
A' - 1	10	1500	95,359	143,038,500
1 - 2	10	900	95,359	85,823,100
2 - 3	8	500	57,424	28,712,000
3 - 4	8	650	57,424	37,325,600
4 - 5	8	1150	57,424	66,037,600
5 - C	8	850	57,424	48,810,400
C - D	8	1700	57,424	97,620,800
D - E	6	800	33,458	26,766,400
<b>TOTAL</b>				<b>534,134,400</b>

## ALTERNATIVAS 7, 8, 9

TRAMO	DIAMETRO	LONGITUD	COSTO UNIT.	COSTO TOTAL
	plg.	m	\$/m	\$
B - 1	10	650	95,359	61,983,350
1 - 2	10	900	95,359	85,823,100
2 - 3	8	500	57,424	28,712,000
3 - 4	8	650	57,424	37,325,600
4 - 5	8	1150	57,424	66,037,600
5 - C	8	850	57,424	48,810,400
C - D	8	1700	57,424	97,620,800
D - E	6	800	33,458	26,766,400
<b>TOTAL</b>				<b>453,079,250</b>

A continuación se encuentran definidas las características y parámetros utilizados para el cálculo de los diferentes tanques de almacenamiento dispuestos a lo largo de la red de distribución a partir del tanque de almacenamiento escogido (A, A' o B).

### TANQUE DE ALMACENAMIENTO PARA DISTRIBUCIÓN EN LA VEREDA LA VERDE

#### TANQUE 1

QMD = 2.54 l/s

VMD = 219.18 m<sup>3</sup>

Volumen del tanque = 87.67 m<sup>3</sup>

h neto = 2.5 m

Área = 35.1m<sup>2</sup>

b = 7.0 m

L = 5.0 m

Cada módulo debe ser:

n = 2

L = 5.0 m

b = 3.5 m

Volumen definido = 87.5 m<sup>3</sup>

### TANQUE DE ALMACENAMIENTO PARA DISTRIBUCIÓN EN LA VEREDA LA VERDE

#### TANQUE 2

QMD = 1.10 l/s

VMD = 94.84 m<sup>3</sup>

Volumen del tanque = 37.93 m<sup>3</sup>

h neto = 2 m

Área = 19 m<sup>2</sup>

b = 3.5 m

L = 6.0 m

Cada módulo debe ser:

$$n = 2$$

$$L = 3.5 \text{ m}$$

$$b = 3.0 \text{ m}$$

$$\text{Volumen definido} = 42 \text{ m}^3$$

### **TANQUE DE ALMACENAMIENTO PARA DISTRIBUCIÓN EN LA VEREDA LA VERDE TANQUE 3**

$$\text{QMD} = 0.39 \text{ l/s}$$

$$\text{VMD} = 33.381 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen del tanque} = 13.35 \text{ m}^3$$

$$h \text{ neto} = 2.5 \text{ m}$$

$$\text{Área} = 5.3 \text{ m}^2$$

$$b = 3.0 \text{ m}$$

$$L = 2.0 \text{ m}$$

Cada módulo debe ser:

$$n = 2$$

$$L = 1.5 \text{ m}$$

$$b = 2.0 \text{ m}$$

$$\text{Volumen definido} = 15 \text{ m}^3$$

### **TANQUE DE ALMACENAMIENTO PARA DISTRIBUCIÓN EN LA VEREDA LA VERDE TANQUE 4**

$$\text{QMD} = 1.33 \text{ l/s}$$

$$\text{VMD} = 115.3 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen del tanque} = 34.59 \text{ m}^3$$

$$h \text{ neto} = 2 \text{ m}$$

$$\text{Área} = 17.3 \text{ m}^2$$

$$b = 5.0 \text{ m}$$

$$L = 3.5 \text{ m}$$

Cada módulo debe ser:

$$n = 2$$

$$L = 3.5 \text{ m}$$

$$b = 2.5 \text{ m}$$

$$\text{Volumen definido} = 35 \text{ m}^3$$

**TANQUE DE ALMACENAMIENTO PARA DISTRIBUCIÓN EN LA VEREDA LA VERDE  
TANQUE 5**

$$QMD = 1.0 \text{ l/s}$$

$$VMD = 86.36 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen del tanque} = 25.90 \text{ m}^3$$

$$h \text{ neto} = 1.5 \text{ m}$$

$$\text{Área} = 17.3 \text{ m}^2$$

$$b = 5.0 \text{ m}$$

$$L = 3.5 \text{ m}$$

Cada módulo debe ser:

$$n = 2$$

$$L = 3.5 \text{ m}$$

$$b = 2.5 \text{ m}$$

$$\text{Volumen definido} = 26.25 \text{ m}^3$$

**TANQUE DE ALMACENAMIENTO PARA DISTRIBUCIÓN EN LA VERDE, LA MARÍA, EL  
ROSARIO, OLIVARES Y EL PROGRESO.**

**TANQUE C**

$$QMD = 29.65 \text{ l/s}$$

$$VMD = 2561.3 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen del tanque} = 1024.5 \text{ m}^3$$

$$h \text{ neto} = 4.8 \text{ m}$$

$$\text{Área} = 213.4 \text{ m}^2$$

$$b = 16 \text{ m}$$

$$L = 14 \text{ m}$$

Cada módulo debe ser:

$$n = 2$$

$$L = 14 \text{ m}$$

$$b = 8 \text{ m}$$

$$\text{Volumen definido} = 1075 \text{ m}^3$$

**TANQUE DE ALMACENAMIENTO PARA DISTRIBUCIÓN EN EL PEDREGAL PARTE ALTA  
TANQUE D**

$$QMD = 7 \text{ l/s}$$

$$VMD = 604.8 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen del tanque} = 241.92 \text{ m}^3$$

$$h \text{ neto} = 3 \text{ m}$$

$$\text{Área} = 80.6 \text{ m}^2$$

$$b = 8.0 \text{ m}$$

$$L = 10 \text{ m}$$

Cada módulo debe ser:

$$n = 2$$

$$L = 10 \text{ m}$$

$$b = 4.0 \text{ m}$$

$$\text{Volumen definido} = 240 \text{ m}^3$$

## **TANQUE DE ALMACENAMIENTO PARA DISTRIBUCIÓN EN EL AJIZAL, LOS GÓMEZ Y EL PORVENIR TANQUE E**

$$\text{QMD} = 10 \text{ l/s}$$

$$\text{VMD} = 864 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen del tanque} = 259.2 \text{ m}^3$$

$$h \text{ neto} = 3.0 \text{ m}$$

$$\text{Área} = 86.4 \text{ m}^2$$

$$b = 10 \text{ m}$$

$$L = 8.5 \text{ m}$$

Cada módulo debe ser:

$$n = 2$$

$$L = 8.5 \text{ m}$$

$$b = 5.0 \text{ m}$$

$$\text{Volumen definido} = 255 \text{ m}^3$$

### **4.10 RED DE DISTRIBUCIÓN**

La red de distribución debe cumplir con dos propósitos primordialmente, primero dar la mayor cobertura posible y segundo abastecer a todos los usuarios con el caudal y presión adecuados.

El primer propósito se logra con un correcto alineamiento de la red y el segundo con un buen dimensionamiento de las tuberías

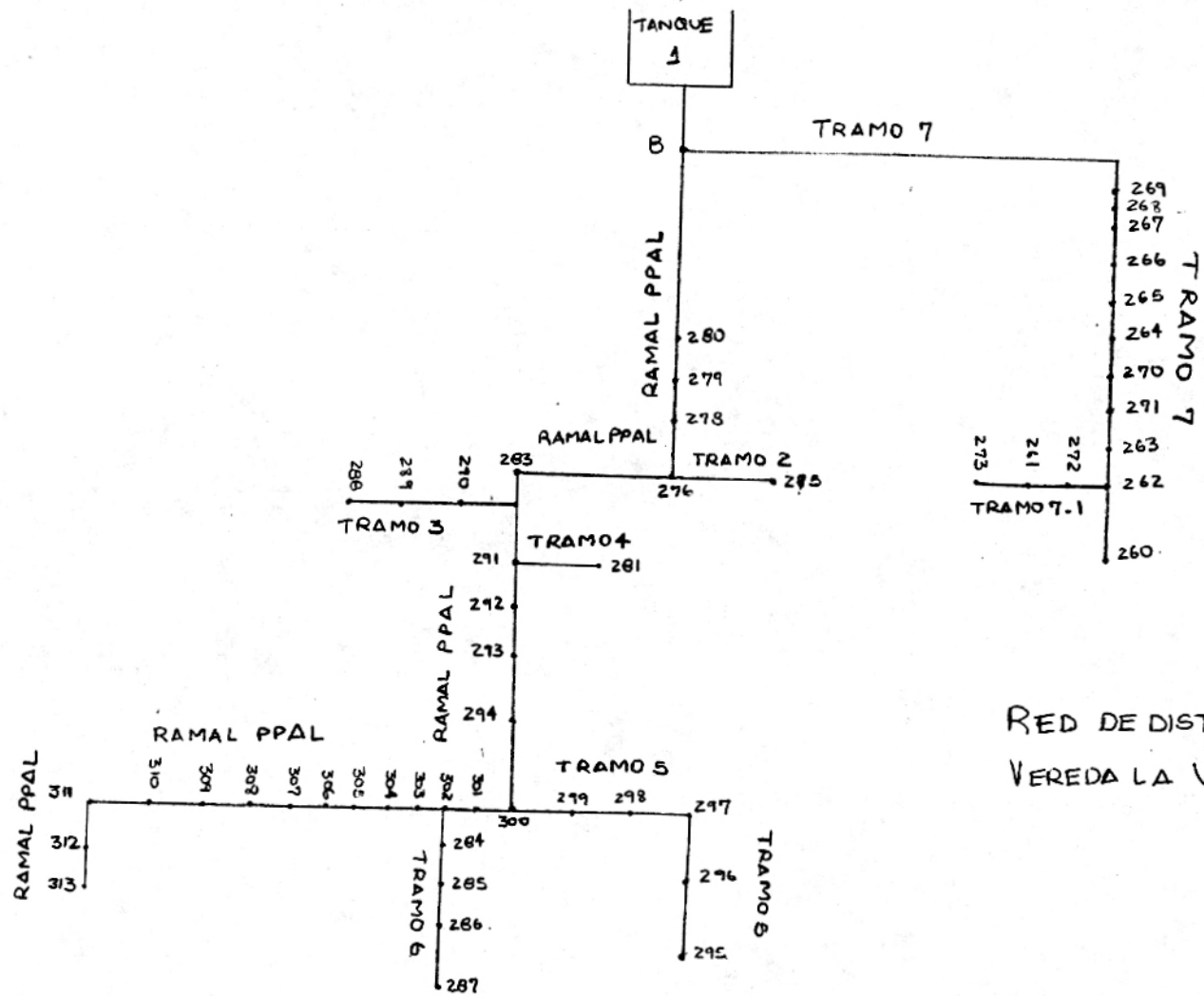
En general en este tipo de proyectos las viviendas se encuentran ubicadas alrededor de caminos, carreteras y calles; por lo tanto el trazado de las redes es preferible hacerlo por dichos lugares dando así mayor cubrimiento y evitando problemas con servidumbres. Adicionalmente en la selección del trazado se debe tener en cuenta las pendientes para evitar problemas de presión y cuando éstas sean muy altas se debe proveer la red con sistemas que la controlen como tanques de quiebre de presión o válvulas reguladoras de presión.

En el proyecto como las zonas a abastecer se encuentran relativamente distanciadas se definieron 8 redes de distribución totalmente independientes, cada una con un tanque de almacenamiento con la capacidad de regular los caudales picos de cada zona. Cada red de distribución es diseñada para atender los caudales máximos horarios (QMH) y con sus sistemas de regualción de presión donde así lo exijan.

Los cálculos de cada red se realizaron por medio de una hoja electrónica en la cual se tuvieron en cuenta parámetros como áreas, caudal, número de viviendas, cotas, longitudes, etc, que permitieron seleccionar el diámetro acertado para cada tramo de las redes. Este cálculo también permitió verificar el cumplimiento de las condiciones hidráulicas y sus respectivos correctivos (válvulas reguladoras de presión).

A continuación se encuentran los cálculos de cada una de las redes con sus respectivas características y los dibujos esquemáticos.

En el anexo 6 se encuentra un esquema con un resumen de toda la red de distribución del proyecto.



RED DE DISTRIBUCIÓN TANQUE 1  
VEREDA LA VERDE.

**RED DE DISTRIBUCIÓN 1**

**MUNICIPIO:** Itagui  
**TANQUE:** 1  
**ARCHIVO:** Qdiseño  
**T. CREC. 0-2:** 0,35  
**BARRIOS:** La Verde

**DOTACIÓN:** 979 l/hab-día  
**K1** 1,3  
**K2** 1,8  
**T. CREC. 2-20:** 0,03

**VISC CINEM:** 1,14E-06  
**MATERIAL:** PVC  
**TOT.VIV.ACTUALES:** 1241,5  
**TOT. VIV. PROY:** 2853 viv  
**CAUDAL TOTAL:** 90 l/s  
**RUGOSIDAD:** 0,01 mm  
**PRESION MÁX** 80 mca  
**PRESIÓN MÍN** 15 mca

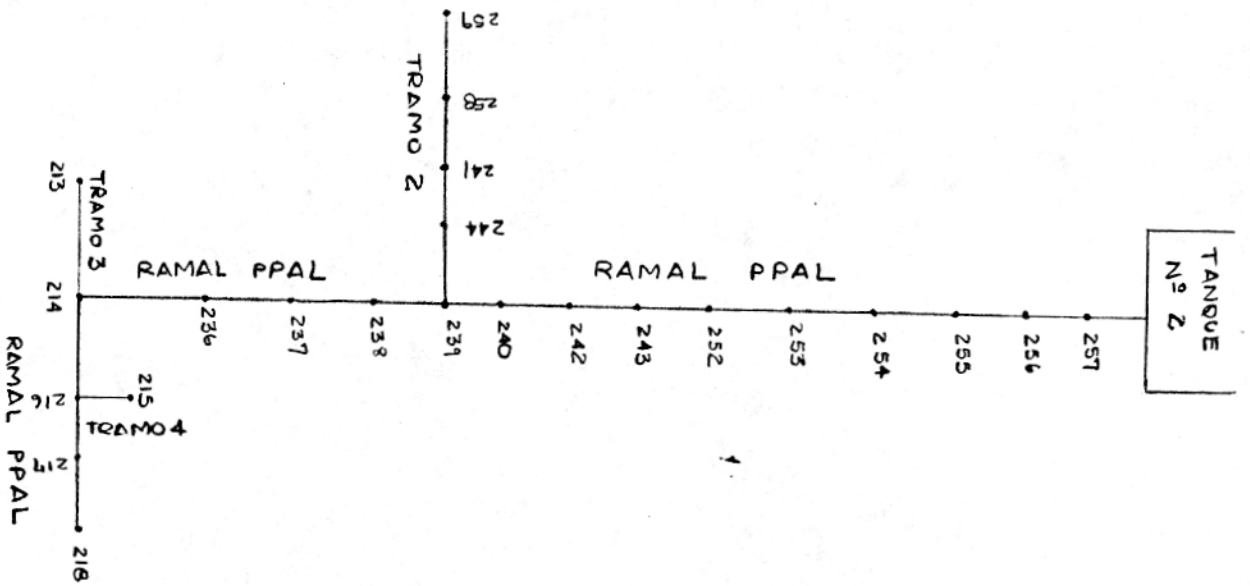
TRAMO	NUDO	LONGITUD m	COTA msnm	Q PROPIO l/s	Q ACUM. l/s	VIV. PROY	Qk3 l/s	D mm	Pdin mca	Pest mca	
PPAL	TANQUE 1		1990						0	0	RDE-26
	B	30	1980	0	4,566	172,220	17,530	200	9,916	10	RDE-26
	280	210	1908	0,146	3,405	128,419	13,711	200	81,615	82	RDE-26
	VRP1								15,000	15	RDE-26
	279	90	1886,25	0,100	3,259	122,901	13,214	200	36,618	36,75	RDE-26
	278	90	1864,5	0,065	3,158	119,112	12,869	200	58,251	58,5	RDE-26
	277	60	1850	0,029	3,093	116,663	12,646	200	72,676	73	RDE-26
	283	80	1862	0,047	2,829	106,689	11,727	150	60,309	61	RDE-26
	282	100	1865	0,048	2,782	104,930	11,563	150	56,880	58	RDE-26
	291	40	1857	0,038	2,583	97,433	10,859	150	64,729	66	RDE-26
	292	85	1850	0,085	2,485	93,739	10,509	150	71,423	73	RDE-26
	293	70	1840	0,066	2,400	90,524	10,202	150	81,184	83	RDE-26
	VRP2								15,000	15	RDE-26
		83		0,108	2,334	88,044	9,964	150			

TRAMO	NUDO	LONGITUD m	COTA msnm	Q PROPIO l/s	Q ACUM. l/s	VIV. PROY	Qk3 l/s	D mm	Pdin mca	Pest mca	
	294		1820						34,711	35	RDE-26
		115		0,092	2,227	83,977	9,571	150			
	300		1810						44,361	45	RDE-26
		93		0,102	1,512	57,021	6,873	150			
	301		1803						51,211	52	RDE-26
		130		0,132	1,410	53,186	6,474	150			
	302		1803						51,015	52	RDE-26
		120		0,130	0,970	36,571	4,684	150			
	303		1805						48,915	50	RDE-26
		85		0,088	0,839	31,661	4,132	100			
	304		1810						43,499	45	RDE-26
		84		0,101	0,752	28,347	3,753	100			
	305		1820						33,164	35	RDE-26
		75		0,120	0,650	24,523	3,307	100			
	306		1820						32,927	35	RDE-26
		110		0,081	0,530	19,992	2,765	100			
	307		1830						22,673	25	RDE-26
		95		0,080	0,449	16,919	2,388	100			
	308		1830						22,503	25	RDE-26
		30		0,013	0,369	13,904	2,009	100			
	309		1835						17,465	20	RDE-26
		95		0,064	0,355	13,407	1,945	100			
	310		1835						17,346	20	RDE-26
		20		0,053	0,291	10,976	1,630	75			
	311		1835						17,269	20	RDE-26
		80		0,102	0,238	8,979	1,364	75			
	312		1830						22,060	25	RDE-26
		80		0,137	0,137	5,150	0,831	75			
	313		1820								
	<b>RAMALES A LA DERECHA</b>										
<b>TRAMO 3</b>	282								56,880	58	RDE-26
		88		0,037	0,150	5,674	0,906	75			
	290		1880						41,786	43	RDE-26
		70		0,055	0,114	4,293	0,706	75			

TRAMO	NUDO	LONGITUD m	COTA msnm	Q PROPIO l/s	Q ACUM. l/s	VIV. PROY	Qk3 l/s	D mm	Pdin mca	Pest mca	
	289		1880						41,728	43	RDE-26
		83		0,059	0,059	2,217	0,389	50			
	288		1885								
<b>RAMALES A LA IZQUIERDA</b>											
<b>TRAMO 2</b>	277								72,676	73	RDE-26
		80		0,088	0,235	8,870	1,349	75			
	276		1850						72,471	73	RDE-26
		75		0,147	0,147	5,549	0,888	75			
	275		1865								
<b>TRAMO 4</b>	291								64,729	66	RDE-26
		110		0,060	0,060	2,268	0,397	50			
	281		1847								
<b>TRAMO 5</b>	300								44,361	45	RDE-26
		120		0,132	0,623	23,495	3,185	100			
	299		1782						72,007	73	RDE-26
		115		0,110	0,491	18,503	2,584	100			
	298		1777						76,772	78	RDE-26
		80		0,103	0,381	14,357	2,066	100			
	297		1778						75,663	77	RDE-26
		115		0,130	0,277	10,461	1,562	75			
	296		1782						71,273	73	RDE-26
		100		0,147	0,147	5,558	0,889	75			
	295		1770								
<b>TRAMO 6</b>	302								51,015	52	RDE-26
		90		0,061	0,309	11,644	1,717	75			
	284		1780						73,656	75	RDE-26
		75		0,063	0,248	9,335	1,412	75			



TRAMO	NUDO	LONGITUD m	COTA msnm	Q PROPIO l/s	Q ACUM. l/s	VIV. PROY	Qk3 l/s	D mm	Pdin mca	Pest mca	
TRAMO 7.1	262								28,000	28	RDE-26
		105		0,018	0,187	7,058	1,101	75			
	272		1827						30,806	31	RDE-26
		80		0,075	0,169	6,370	1,005	75			
	261		1833						24,682	25	RDE-26
		110		0,093	0,093	3,525	0,591	75			



RED DE DISTRIBUCIÓN TANQUE 2  
VEREDA LA VERDE

**RED DE DISTRIBUCIÓN 2**

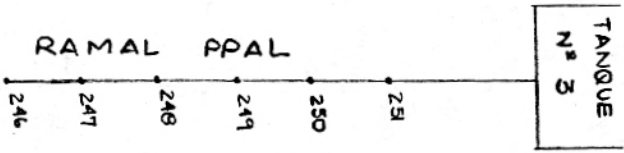
MUNICIPIO: ITAGUÍ DOTACIÓN: 979 l/hab-día  
 TANQUE: 2 K1 1,3  
 ARCHIVO: Qdiseno K2 1,8  
 T. CRECIM. 0-2: 0,35 T. CRECIM. 2-20: 0,03  
 BARRIOS: La Verde

VISC CINEMATICA: 1,14E-06  
 MATERIAL: PVC  
 TOT.VIV.ACTUALES: 1242  
 TOT. VIV. PROY: 2853 viv  
 CAUDAL TOTAL: 90 l/s  
 RUGOSIDAD: 0,01 mm  
 PRESION MÁX 80 mca  
 PRESIÓN MÍN 15 mca

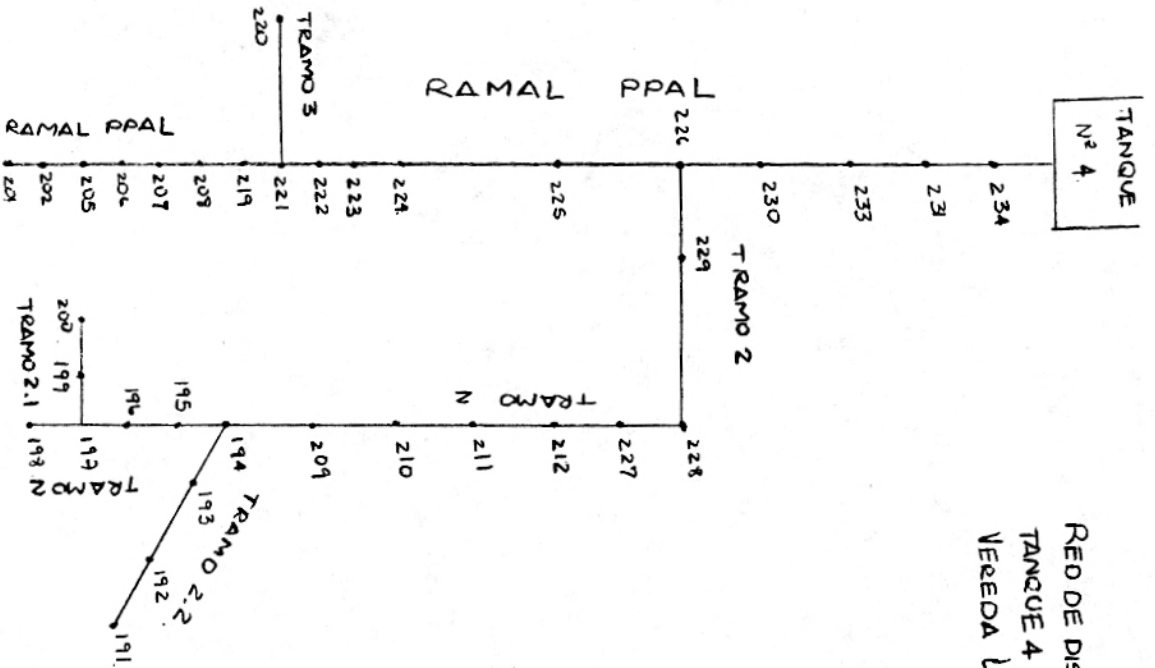
TRAMO	NUDO	LONGITUD m	COTA msnm	Q PROPIO l/s	Q ACUM. l/s	VIV. PROY	Qk3 l/s	D mm	Pdin mca	Pest mca	
PPAL	TANQUE 2		1990						0	0	RDE-26
		100,00		0,164	1,976	74,519	8,644	150			
	257		1967						22,733	23	RDE-26
		120,00		0,103	1,811	68,316	8,025	150			
	256		1960						29,467	30	RDE-26
		70,00		0,096	1,708	64,425	7,632	150			
	255		1930						59,326	60	RDE-26
		90,00		0,114	1,612	60,790	7,262	150			
	254		1902						87,159	88	RDE-21
	VRP 1								15,000	15	RDE-26
		100,00		0,133	1,498	56,499	6,819	150			
	253		1880						36,826	37	RDE-26
		110,00		0,086	1,365	51,476	6,294	150			
	252		1860						56,668	57	RDE-26
		50,00		0,026	1,279	48,235	5,951	150			
	243		1845						71,604	72	RDE-26
		50,00		0,063	1,253	47,262	5,847	150			
	242		1843						73,540	74	RDE-26
	VRP 2								15,000	15	RDE-26
		90,00		0,074	1,190	44,889	5,593	150			
	240		1820						37,890	38	RDE-26
		70,00		0,066	1,116	42,086	5,290	150			
	239		1812						45,816	46	RDE-26
		100,00		0,096	0,777	29,310	3,864	100			
	238		1804						53,385	54	RDE-26
		100,00		0,086	0,681	25,684	3,443	100			

TRAMO	NUDO	LONGITUD m	COTA msnm	Q PROPIO l/s	Q ACUM. l/s	VIV. PROY	Qk3 l/s	D mm	Pdin mca	Pest mca	
	237		1775						82,043	83	RDE-26
	VRP 3								15,000	15	RDE-26
	236	110,00	1770	0,163	0,595	22,449	3,061	100	19,685	20	RDE-26
	214	200,00	1740	0,108	0,432	16,309	2,312	100	49,348	50	RDE-26
	216	90,00	1735	0,027	0,224	8,440	1,291	75	54,132	55	RDE-26
	217	105,00	1722	0,099	0,127	4,790	0,779	75	67,030	68	RDE-26
	218	75,00	1715	0,028	0,028	1,070	0,201	75			
<b>RAMALES A LA DERECHA</b>											
<b>TRAMO 2</b>	239		1812						45,816	46	RDE-26
	244	50,00	1813	0,049	0,273	10,282	1,538	75	44,651	45	RDE-26
	241	60,00	1815	0,034	0,223	8,422	1,288	75	42,509	43	RDE-26
	258	80,00	1815	0,099	0,190	7,148	1,113	75	42,361	43	RDE-26
	259	85,00	1825	0,090	0,090	3,400	0,572	75			
<b>TRAMO 3</b>	214								49,348	50	RDE-26
	213	90,00	1740	0,101	0,101	3,798	0,632	50			
<b>RAMALES A LA IZQUIERDA</b>											
<b>TRAMO 4</b>	216								54,132	55	RDE-26
	215	60,00	1735	0,070	0,070	2,622	0,453	50			

RED DE DISTRIBUCIÓN  
 TANQUE 3  
 VEREDA LA VERDE



RED DE DISTRIBUCIÓN  
 TANQUE 4  
 VEREDA LA VERDE

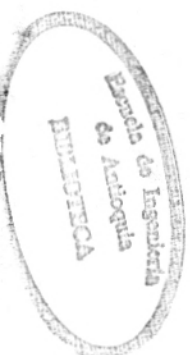


**RED DE DISTRIBUCIÓN 3**

**MUNICIPIO:** ITAGUI **DOTACIÓN:** 979 l/hab-día  
**TANQUE:** 3 **K1** 1,3  
**ARCHIVO:** Qdiseno **K2** 1,8  
**T. CRECIM. 0-2:** 0,35 **T. CRECIM. 2-20:** 0,03  
**BARRIOS:** La Verde

**VISC. CINEMATICA:** 1,14E-06  
**MATERIAL:** PVC  
**TOT.VIV.ACTUALES:** 1242 viv  
**TOT. VIV. PROY:** 2853 viv  
**CAUDAL TOTAL:** 90 l/s  
**RUGOSIDAD:** 0,01 mm  
**PRESION MÁX:** 80 mca  
**PRESIÓN MÍN:** 15 mca

TRAMO	NUDO	LONGITUD m	COTA msnm	Q PROP l/s	Q ACUMU. l/s	VIV. PROY	Qk3 l/s	D mm	Pdin mca	Pest mca	
PPAL	TANQUE 3		1990						0	0	RDE-26
		50		0,152	0,695	26,228	3,507	100			
	251		1970						19,81	20	RDE-26
		130		0,163	0,543	20,482	2,825	100			
	250		1940						49,50	50	RDE-26
		150		0,118	0,380	14,329	2,063	100			
	249		1910						79,29	80	RDE-26
	VRP 1								15,00	15	RDE-26
		70		0,087	0,262	9,887	1,486	75			
	248		1900						24,78	25	RDE-26
		90		0,088	0,176	6,621	1,040	75			
	247		1875						49,63	50	RDE-26
		90		0,087	0,087	3,300	0,557	50			
	246		1845								



**RED DE DISTRIBUCIÓN 4**

**MUNICIPIO:** ITAGUÍ  
**TANQUE:** 4  
**ARCHIVO:** Q diseno  
**T. CRECIM. 0-2:** 0,35  
**BARRIOS:** La Verde

**DOTACIÓN:** 979 l/hab-día  
**K1** 1,3  
**K2** 1,8  
**T. CRECIM. 2-20:** 0,03

**VISC. CINEMÁTICA:** 1,14E-06  
**MATERIAL:** PVC  
**TOT.VIV.ACTUALES:** 1242 viv  
**TOT. VIV. PROY:** 2853 viv  
**CAUDAL TOTAL:** 90 l/s  
**RUGOSIDAD:** 0,01 mm  
**PRESION MÁX:** 80 mca  
**PRESIÓN MÍN:** 15 mca

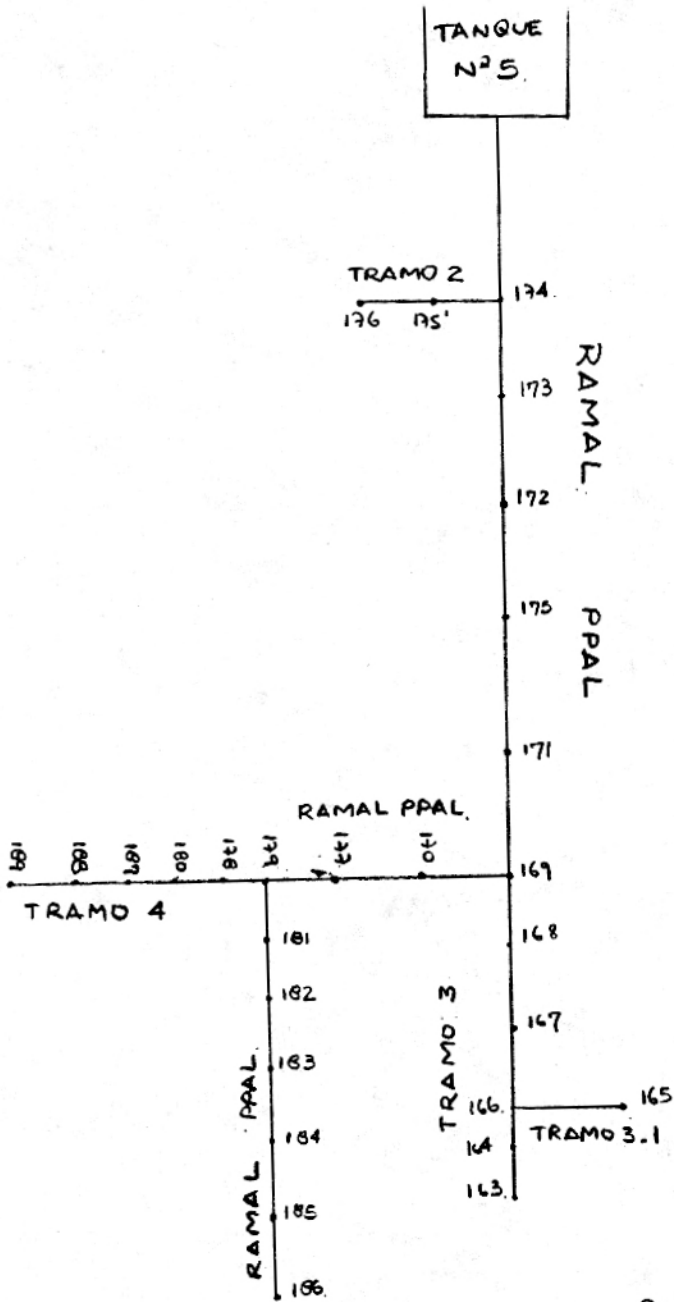
TRAMO	NUDO	LONGITUD m	COTA msnm	Q PROPIO l/s	Q ACUM. l/s	VIV. ACUM	Qk3 l/s	D mm	Pdin mca	Pest mca	
PPAL	TANQUE 4		1990						0	0	RDE-26
		350		0,169	2,158	81,382	9,319	150			
	232		1890						98,97	100	RDE-21
	VRP 1								15,00	15	RDE-26
		100		0,116	1,989	75,001	8,692	150			
	231		1870						34,73	35	RDE-26
		85		0,093	1,872	70,620	8,256	150			
	233		1855						49,53	50	RDE-26
		90		0,092	1,780	67,117	7,905	150			
	230		1835						69,34	70	RDE-26
	VRP 2								15,00	15	RDE-26
		120		0,127	1,688	63,660	7,555	150			
	226		1820						29,75	30	RDE-26
		130		0,147	0,737	27,794	3,689	100			
	225		1803						46,24	47	RDE-26
		90		0,062	0,590	22,259	3,038	100			
	224		1780						69,00	70	RDE-26
		40		0,081	0,528	19,917	2,756	100			
	223		1775						73,91	75	RDE-26
	VRP 3								15,00	15	RDE-26
		110		0,133	0,447	16,873	2,382	100			
	222		1755						34,80	35	RDE-26
		100		0,076	0,315	11,873	1,747	75			

TRAMO	NUDO	LONGITUD m	COTA msnm	Q PROPIO l/s	Q ACUM. l/s	VIV. ACUM	Qk3 l/s	D mm	Pdin mca	Pest mca	
	221		1745						44,38	45	RDE-26
		100		0,039	0,189	7,133	1,111	75			
	219		1733						56,20	57	RDE-26
		90		0,063	0,150	5,649	0,902	75			
	208		1713						76,09	77	RDE-26
		110		0,051	0,087	3,289	0,556	50			
	VRP 4								15,00	15	RDE-26
			1703						25,00	25	RDE-26
	207	100		0,020	0,036	1,362	0,250	50			
	206		1692						35,90	36	RDE-26
		30		0,006	0,016	0,612	0,121	50			
	205		1692						35,90	36	RDE-26
		30		0,005	0,010	0,374	0,077	50			
	202		1692						35,89	36	RDE-26
		40		0,005	0,005	0,183	0,040	50			
	201		1690								

**RAMALES A LA IZQUIERDA**

<b>TRAMO 2</b>	226								29,75	30	RDE-26
		110		0,088	0,824	31,073	4,066	150			
	229		1815						34,68	35	RDE-26
		100		0,110	0,736	27,770	3,686	100			
	228		1827						22,29	23	RDE-26
		90		0,139	0,627	23,639	3,203	100			
	227		1822						27,02	28	RDE-26
		100		0,023	0,487	18,382	2,569	100			
	212		1818						30,82	32	RDE-26
		90		0,022	0,464	17,509	2,461	100			
	211		1812						36,64	38	RDE-26
		100		0,044	0,443	16,695	2,360	100			
	210		1770						78,47	80	RDE-26
	VRP 5								15,00	15	RDE-26
		120		0,024	0,399	15,034	2,152	100			





RED DE DISTRIBUCION  
 TANQUE 5  
 VEREDA LA VERDE.

**RED DE DISTRIBUCIÓN 5**

**MUNICIPIO:** ITAGUÍ  
**TANQUE:** 5  
**ARCHIVO:** Q diseño  
**T. CRECIM. 0-2:** 0,35  
**BARRIOS:** La Verde

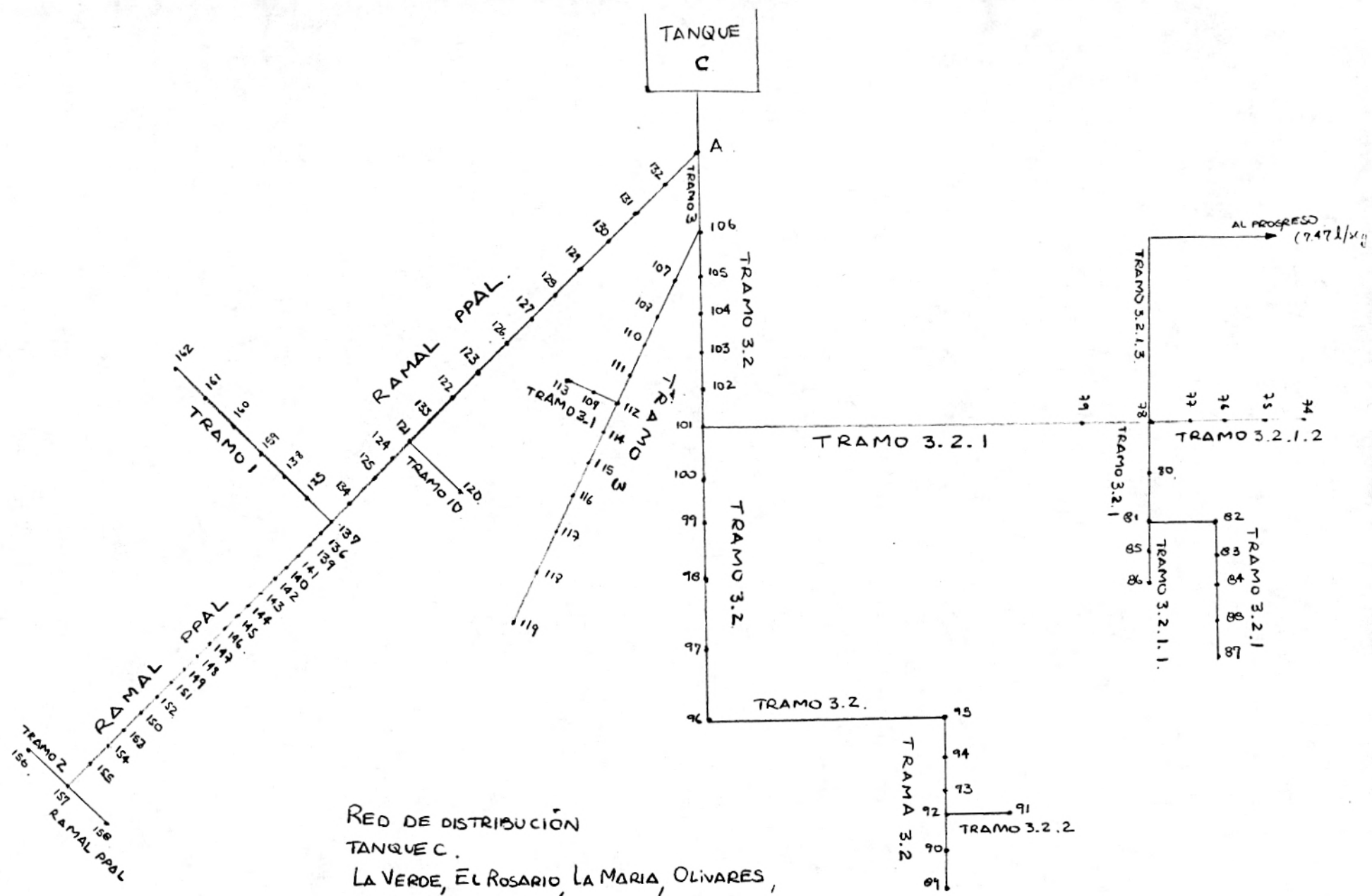
**DOTACIÓN:** 979 l/hab-día  
**K1** 1,3  
**K2** 1,8  
**T. CRECIM. 2-20:** 0,03

**VISC. CINEMÁTICA:** 1,14E-06  
**MATERIAL:** PVC  
**TOT.VIV.ACTUALES:** 1242 viv  
**TOT. VIV. PROY:** 2853 viv  
**CAUDAL TOTAL:** 90 l/s  
**RUGOSIDAD:** 0,01 mm  
**PRESION MÁX:** 80 mca  
**PRESIÓN MÍN:** 15 mca

TRAMO	NUDO	LONGITUD m	COTA msnm	Q PROPIO l/s	Q ACUM. l/s	VIV. ACUM	Qk3 l/s	D mm	Pdin mca	Pest mca	
PPAL	TANQUE 5		1990						0	0	RDE-26
		350		0,172	1,799	67,856	7,979	150			
	174		1865						124	125	RDE-21
	VPR 1								15	15	RDE-26
		70		0,051	1,483	55,939	6,761	150			
	173		1855						25	25	RDE-26
		60		0,063	1,433	54,032	6,562	150			
	172		1855						25	25	RDE-26
		40		0,031	1,370	51,669	6,315	150			
	175		1840						40	40	RDE-26
		70		0,055	1,338	50,481	6,189	150			
	171		1830						50	50	RDE-26
		60		0,047	1,283	48,402	5,969	150			
	169		1830						50	50	RDE-26
		60		0,017	0,906	34,165	4,415	150			
	170		1815						65	65	RDE-26
		55		0,074	0,889	33,528	4,343	150			
	177		1810						69	70	RDE-26
		50		0,021	0,815	30,736	4,027	100			
	179		1800						79	80	RDE-26
		100		0,031	0,545	20,543	2,832	100			
	181		1800						79	80	RDE-26
	VRP 2								15	15	RDE-26
		90		0,062	0,513	19,363	2,689	100			
	182		1785						30	30	RDE-26
		90		0,104	0,451	17,018	2,400	100			

TRAMO	NUDO	LONGITUD m	COTA msnm	Q PROPIO l/s	Q ACUM. l/s	VIV. ACUM	Qk3 l/s	D mm	Pdin mca	Pest mca	
	183		1780						35	35	RDE-26
		90		0,092	0,348	13,108	1,907	100			
	184		1768						47	47	RDE-26
		60		0,100	0,255	9,629	1,451	75			
	185		1770						44	45	RDE-26
		90		0,156	0,156	5,875	0,935	75			
	186		1765								
<b>RAMALES A LA DERECHA</b>											
<b>TRAMO 2</b>	174								124	125	RDE-21
	VPR 3								15	15	RDE-26
		120		0,042	0,144	5,418	0,869	75			
	175,5		1862						18	18	RDE-26
		90		0,101	0,101	3,823	0,636	75			
	176		1860								
<b>TRAMO 4</b>	179								79	80	RDE-26
		70		0,083	0,249	9,409	1,422	75			
	178		1800						79	80	RDE-26
		50		0,014	0,166	6,275	0,991	75			
	180		1800						79	80	RDE-26
		60		0,083	0,152	5,738	0,915	75			
	187		1800						79	80	RDE-26
	VRP 4								15	15	RDE-26
		70		0,029	0,069	2,610	0,451	50			
	188		1780						35	35	RDE-26
		60		0,040	0,040	1,503	0,274	50			
	189		1780						35	35	RDE-26





RED DE DISTRIBUCIÓN  
 TANQUE C.  
 LA VERDE, EL ROSARIO, LA MARIA, OLIVARES,  
 EL PROGRESO

**RED DE DISTRIBUCIÓN C**

**MUNICIPIO:** ITAGUI  
**TANQUE:** C  
**ARCHIVO:** Q diseño  
**T. CRECIM. 0-2:** 0,35  
**BARRIOS:** La Verde, La María, Olivares  
 El Rosario y El Progreso

**DOTACIÓN:** 979 l/hab-día  
**K1** 1,3  
**K2** 1,8  
**T. CRECIM. 2-20:** 0,03

**VISC. CINEMÁTICA:** 1,14E-06  
**MATERIAL:** PVC  
**TOT.VIV.ACTUALES:** 1242  
**TOT. VIV. PROY:** 2853 viv  
**CAUDAL TOTAL:** 90 l/s  
**RUGOSIDAD:** 0,01 mm  
**PRESION MÁX:** 80 mca  
**PRESIÓN MÍN:** 15 mca

TRAMO	NUDO	LONGITUD m	COTA msnm	Q PROPIO l/s	Q ACUM. l/s	VIV. PROY	Qk3 l/s	D mm	Pdin mca	Pest mca	
PPAL	TANQUE C		2020						0	0	RDE-26
	A	30	2000	0	49,602	1871	49,602	250	20	20	RDE-26
	132	390	1940	0,091	2,961	112	12,188	150	78	80	RDE-26
	VRP 1								15	15	RDE-26
	131	35	1925	0,138	2,870	108	11,871	150	30	30	RDE-26
	130	95	1897	0,105	2,732	103	11,387	150	57	58	RDE-26
	129	90	1890	0,088	2,627	99	11,016	150	64	65	RDE-26
	128	55	1882	0,098	2,540	96	10,703	150	72	73	RDE-26
	VRP 2								15	15	RDE-26
	127	90	1860	0,103	2,441	92	10,350	150	37	37	RDE-26
	126	80	1840	0,074	2,338	88	9,977	150	56	57	RDE-26
	123	90	1830	0,028	2,264	85	9,708	150	66	67	RDE-26
	122	60	1820	0,082	2,236	84	9,607	150	76	77	RDE-26
	133	50	1822	0,011	2,154	81	9,306	150	74	75	RDE-26

TRAMO	NUDO	LONGITUD m	COTA msnm	Q PROPIO l/s	Q ACUM. l/s	VIV. PROY	Qk3 l/s	D mm	Pdin mca	Pest mca	
	VRP 3								15	15	RDE-26
		55		0,029	2,144	81	9,267	150			
	121		1810						27	27	RDE-26
		50		0,030	2,014	76	8,785	150			
	124		1810						27	27	RDE-26
		60		0,070	1,984	75	8,673	150			
	125		1800						37	37	RDE-26
		100		0,068	1,914	72	8,413	150			
	134		1790						46	47	RDE-26
		70		0,077	1,846	70	8,158	150			
	137		1780						56	57	RDE-26
		80		0,017	1,101	42	5,229	150			
	136		1775						61	62	RDE-26
	VRP 4								15	15	RDE-26
		80		0,060	1,084	41	5,157	150			
	139		1775						15	15	RDE-26
		70		0,043	1,023	39	4,908	150			
	141		1752						38	38	RDE-26
		30		0,074	0,980	37	4,728	150			
	140		1750						40	40	RDE-26
		100		0,033	0,906	34	4,416	150			
	142		1745						45	45	RDE-26
		70		0,134	0,873	33	4,276	100			
	143		1720						69	70	RDE-26
		60		0,041	0,739	28	3,697	100			
	144		1725						64	65	RDE-26
		70		0,049	0,698	26	3,517	100			
	145		1715						74	75	RDE-26
		40		0,052	0,649	24	3,302	100			
	146		1715						74	75	RDE-26
		80		0,068	0,598	23	3,072	100			
	147		1710						79	80	RDE-26

TRAMO	NUDO	LONGITUD m	COTA msnm	Q PROPIO l/s	Q ACUM. l/s	VIV. PROY	Qk3 l/s	D mm	Pdin mca	Pest mca	
	VRP 5								15	15	RDE-26
	148	70	1690	0,067	0,529	20	2,762	100	35	35	RDE-26
	149	70	1680	0,069	0,462	17	2,451	100	45	45	RDE-26
	151	100	1673	0,080	0,393	15	2,126	100	52	52	RDE-26
	152	50	1669	0,015	0,313	12	1,740	75	55	56	RDE-26
	150	70	1670	0,058	0,298	11	1,664	75	54	55	RDE-26
	153	100	1660	0,048	0,240	9	1,376	75	64	65	RDE-26
	154	60	1647	0,093	0,192	7	1,129	75	77	78	RDE-26
	VRP 6								15	15	RDE-26
	155	100	1630	0,045	0,099	4	0,624	50	32	32	RDE-26
	157	80	1630	0,022	0,054	2	0,360	50	31	32	RDE-26
	158	100	1640	0,009	0,009	0	0,071	50			
<b>RAMALES A LA DERECHA</b>											
<b>TRAMO 1</b>	137								56	57	RDE-26
	135	110	1792	0,107	0,668	25	3,387	100	44	45	RDE-26
	138	130	1800	0,086	0,562	21	2,909	100	35	37	RDE-26
	159	100	1803	0,133	0,476	18	2,515	100	32	34	RDE-26
		90		0,115	0,343	13	1,884	75			

TRAMO	NUDO	LONGITUD m	COTA msnm	Q PROPIO l/s	Q ACUM. l/s	VIV. PROY	Qk3 l/s	D mm	Pdin mca	Pest mca	
	160		1796						39	41	RDE-26
		85		0,114	0,227	9	1,309	75			
	161		1794						41	43	RDE-26
		80		0,113	0,113	4	0,703	75			
	162		1785								
<b>TRAMO 2</b>	157								31	32	RDE-26
		60		0,023	0,023	1	0,169	50			
	156		1640								
<b>RAMALES A LA IZQUIERDA</b>											
<b>TRAMO 10</b>	121								56	57	RDE-26
		50		0,102	0,102	4	0,637	50			
	120		1805								
<b>TRAMO 3</b>	<b>A</b>								20	20	RDE-26
		380		1,382	46,641	1759	46,641	250			
	106		1940						78	80	RDE-26
	VRP 7								15	15	RDE-26
		50		0,333	4,235	160	16,464	200			
	107		1935						20	20	RDE-26
		105		0,119	3,902	147	15,373	200			
	108		1875						80	80	RDE-26
	VRP 8								15	15	RDE-26
		75		0,053	3,783	143	14,980	200			
	110		1865						25	25	RDE-26
		75		0,152	3,731	141	14,805	200			
	111		1840						50	50	RDE-26
	VRP 9								15	15	RDE-26
		100		0,110	3,578	135	14,295	200			
	112		1820						35	35	RDE-26
		100		0,247	2,983	113	12,266	150			

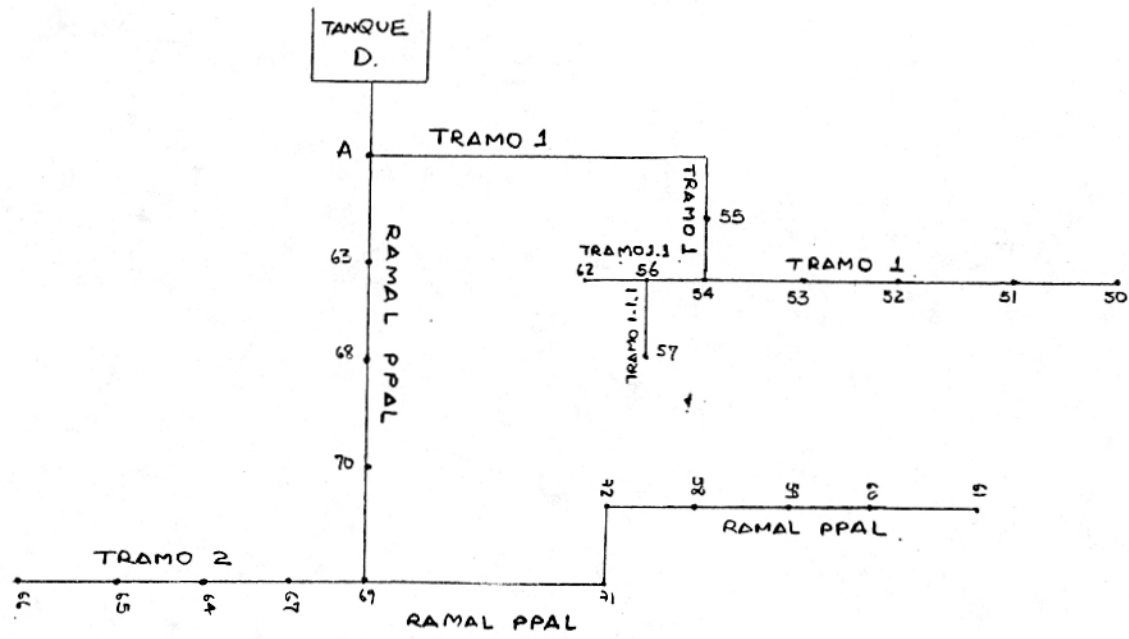
TRAMO	NUDO	LONGITUD m	COTA msnm	Q PROPIO l/s	Q ACUM. l/s	VIV. PROY	Qk3 l/s	D mm	Pdin mca	Pest mca	
	114		1800						54	55	RDE-26
		80		0,231	2,737	103	11,403	150			
	115		1790						64	65	RDE-26
	VRP 10								15	15	RDE-26
		80		0,255	2,506	94	10,581	150			
	116		1775						30	30	RDE-26
		90		0,196	2,251	85	9,658	150			
	117		1743						61	62	RDE-26
		70		0,477	2,054	77	8,937	150			
	118		1730						74	75	RDE-26
		80		1,578	1,578	60	7,130	150			
	119		1710								
<b>TRAMO 3.1</b>	112								35	35	RDE-26
		70		0,354	0,485	18	2,558	100			
	109		1825						30	30	RDE-26
		50		0,132	0,132	5	0,804	75			
	113		1820								
<b>OLIVARES- LA MARIA</b>											
<b>TRAMO 3.2</b>	106								78	80	RDE-26
	VRP 11								15	15	RDE-26
		100		0,561	41,023	1547	41,023	250			
	105		1900						55	55	RDE-26
		50		0,200	40,462	1526	40,462	250			
	104		1900						54	55	RDE-26
		80		0,226	40,262	1519	40,262	250			
	103		1900						54	55	RDE-26
		90		0,416	40,036	1510	40,036	250			
	102		1900						54	55	RDE-26
		90		1,134	39,620	1494	39,620	250			
	101		1900						54	55	RDE-26
		70		0,262	15,245	575	15,245	200			

TRAMO	NUDO	LONGITUD m	COTA msnm	Q PROPIO l/s	Q ACUM. l/s	VIV. PROY	Qk3 l/s	D mm	Pdin mca	Pest mca	
	100		1875						78	80	RDE-26
	VRP 12								15	15	RDE-26
	99	65	1865	0,429	14,984	565	14,984	200	25	25	RDE-26
	98	70	1835	0,417	14,555	549	14,555	200	55	55	RDE-26
	VRP 13								15	15	RDE-26
	97	75	1800	0,355	14,138	533	14,138	200	50	50	RDE-26
	96	80	1770	1,183	13,783	520	13,783	200	80	80	RDE-26
	VRP 14								15	15	RDE-26
	95	800	1690	4,700	12,600	475	12,600	200	94	95	RDE-21
	VRP 15								15	15	RDE-26
	94	100	1650	1,130	7,900	298	27,557	200	54	55	RDE-26
	93	50	1650	1,207	6,770	255	24,285	200	54	55	RDE-26
	92	60	1655	1,068	5,563	210	20,653	200	49	50	RDE-26
	90	70	1640	1,162	3,917	148	15,423	200	64	65	RDE-26
	89	80	1615	2,755	2,755	104	11,467	200			
<b>TRAMO 3.2.2</b>	92								49	50	RDE-26
	91	100	1650	0,578	0,578	22	2,982	100			

TRAMO	NUDO	LONGITUD m	COTA msnm	Q PROPIO l/s	Q ACUM. l/s	VIV. PROY	Qk3 l/s	D mm	Pdin mca	Pest mca	
EL ROSARIO											
TRAMO 3.2.1	101	200		0,000	23,241	877	23,241	200	54	55	RDE-26
	VRP 16	150	1875	0,000	23,241	877	23,241	200	15	15	RDE-26
		100	1835	0,000	23,241	877	23,241	200	79	80	RDE-26
	VRP 17	50	1800	0,000	23,241	877	23,241	200	15	15	RDE-26
		50	1770	3,759	10,469	395	10,469	200	80	80	RDE-26
	VRP 18	50	1760	1,344	5,913	223	21,723	200	15	15	RDE-26
	79	130	1755	1,344	23,241	877	23,241	200	30	30	RDE-26
	78	90	1740	2,141	6,709	253	24,106	200	44	45	RDE-26
	80		1710						74	75	RDE-26
	VRP 19	115		1,650	4,569	172	17,538	200	15	15	RDE-26
	81	80	1690	0,108	0,930	35	4,515	150	35	35	RDE-26
	82	65	1660	0,117	0,822	31	4,056	100	65	65	RDE-26
	83		1650						74	75	RDE-26
	VRP 20	80		0,061	0,705	27	3,548	100	15	15	RDE-26
	84	55	1630	0,087	0,644	24	3,280	100	35	35	RDE-26

TRAMO	NUDO	LONGITUD m	COTA msnm	Q PROPIO l/s	Q ACUM. l/s	VIV. PROY	Qk3 l/s	D mm	Pdin mca	Pest mca	
	88		1625						40	40	RDE-26
		85		0,558	0,558	21	2,890	100			
	87		1625								
<b>TRAMO 3.2.1.1</b>	81								35	35	RDE-26
	VRP 21								15	15	RDE-26
		65		1,012	1,989	75	8,693	150			
	85		1670						35	35	RDE-26
		65		0,977	0,977	37	4,716	100			
	86		1637								
<b>TRAMO 3.2.1.2</b>	78								44	45	RDE-26
		80		0,903	15,187	573	15,187	150			
	77		1712						72	73	RDE-26
	VRP 22								15	15	RDE-26
		75		1,150	1,685	64	7,543	150			
	76		1685						42	42	RDE-26
		85		0,471	0,535	20	2,787	100			
	75		1660						67	67	RDE-26
		75		0,064	0,064	2	0,418	50			
	74		1632								
<b>EL PROGRESO</b>											
<b>TRAMO 3.2.1.3</b>	78								44	45	RDE-26
		1200		1,088	12,600	475	12,600	200			
	317		1650						15	135	RDE-21
		80		1,984	11,512	434	11,512	200			
	318		1675						80	110	RDE-21
	VRP 23								15	15	RDE-26
		60		2,031	9,528	359	32,095	200			





RED DE DISTRIBUCION  
 TANQUE D  
 VEREDA EL PEDREGAL

**RED DE DISTRIBUCIÓN D**

**MUNICIPIO:** ITAGUÍ  
**TANQUE:** D  
**ARCHIVO:** Qdiseno  
**T. CRECIM. 0-2:** 0,35  
**BARRIOS:** Pedregal

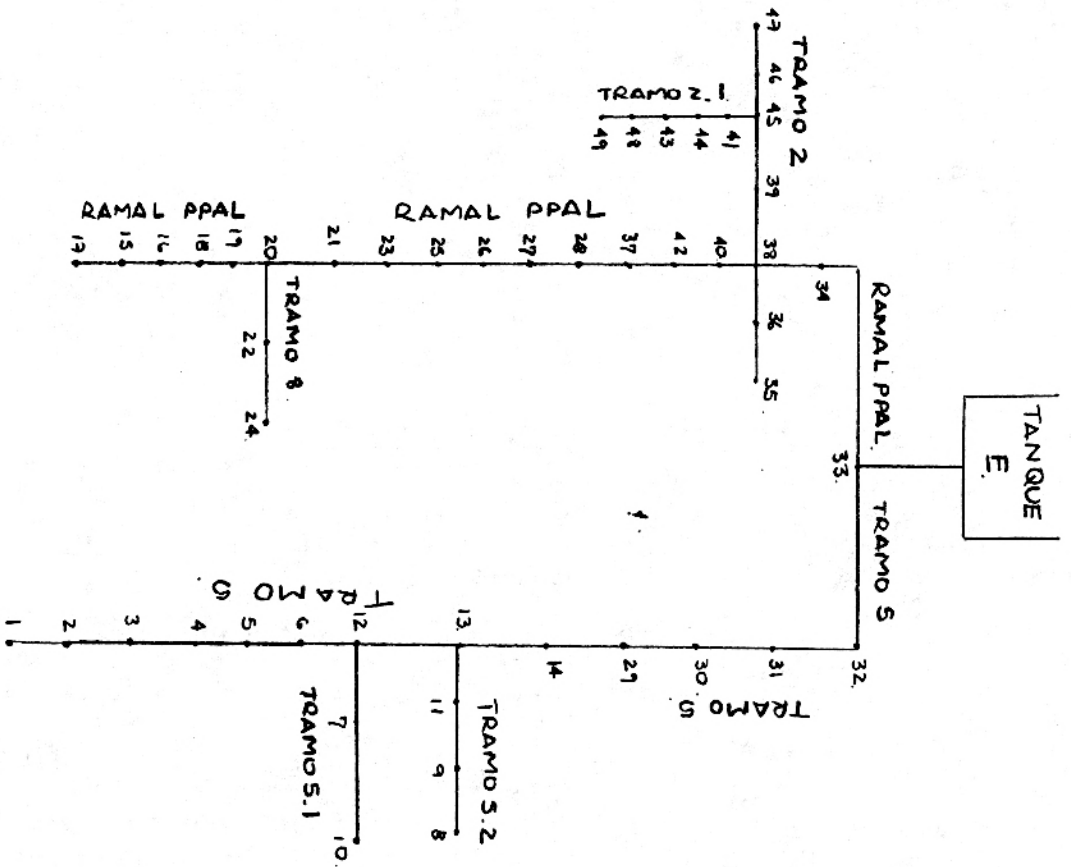
**DOTACIÓN:** 979 l/hab-día  
**K1** 1,3  
**K2** 1,8  
**T. CRECIM. 2-20:** 0,03

**VISC. CINEMÁTICA** 1,14E-06  
**MATERIAL:** PVC  
**TOT.VIV.ACTUALES:** 1242 viv  
**TOT. VIV. PROY:** 2853 viv  
**CAUDAL TOTAL:** 90 l/s  
**RUGOSIDAD:** 0,01 mm  
**PRESION MÁX** 80 mca  
**PRESIÓN MÍN** 15 mca

TRAMO	NUDO	LONGITUD m	COTA msnm	Q PROPIO l/s	Q ACUM. l/s	VIV. PROY	Qk3 l/s	D mm	Pdin mca	Pest mca	
PPAL	TANQUE D		2003						0	0	RDE-26
	A	150	1984	0	7,2	272	25,544	200	18	19	RDE-26
	63	120	1940	0,521	4,903	185	18,600	200	62	63	RDE-26
	VRP 1								15	15	RDE-26
	68	70	1920	0,043	4,382	165	16,938	200	35	35	RDE-26
	70	90	1900	0,042	4,339	164	16,800	200	55	55	RDE-26
	69	100	1880	0,042	4,297	162	16,664	200	74	75	RDE-26
	VRP 2								15	15	RDE-26
	71	110	1850	0,152	0,905	34	4,412	150	45	45	RDE-26
	72	150	1845	0,101	0,630	24	3,216	100	49	50	RDE-26
	58	130	1830	0,069	0,529	20	2,759	100	64	65	RDE-26
	59	115	1820	0,069	0,460	17	2,439	100	74	75	RDE-26
	VRP 3								15	15	RDE-26
		125		0,178	0,391	15	2,114	100			

TRAMO	NUDO	LONGITUD m	COTA msnm	Q PROPIO l/s	Q ACUM. l/s	VIV. PROY	Qk3 l/s	D mm	Pdin mca	Pest mca	
	60		1785						50	50	RDE-26
		60		0,213	0,213	8	1,235	75			
	61		1770								
	RAMALES A LA IZQUIERDA										
TRAMO 1	A								18	19	RDE-26
		500		0,735	2,297	87	9,828	150			
	55		1932						69	71	RDE-26
	VRP 4								15	15	RDE-26
		100		0,080	1,562	59	7,068	150			
	54		1900						47	47	RDE-26
	VRP 5								15	15	RDE-26
		180		0,510	0,869	33	4,260	100			
	53		1850						64	65	RDE-26
	VRP 6								15	15	RDE-26
		170		0,178	0,359	14	1,962	75			
	52		1820						44	45	RDE-26
	VRP 7								15	15	RDE-26
		145		0,124	0,181	7	1,069	75			
	51		1760						75	75	RDE-26
		130		0,057	0,057	2	0,377	50			
	50		1720								
TRAMO 1.1	54								47	47	RDE-26
		60		0,062	0,613	23	3,140	100			
	56		1890						57	57	RDE-26
		100		0,528	0,528	20	2,754	100			
	62		1860								
TRAMO 1.1.1	56								57	57	RDE-26





RED DE DISTRIBUCION  
 TANQUE E.  
 VEREDA Los Gomez, Atizal y Poevenir

**RED DE DISTRIBUCIÓN E**

**MUNICIPIO:** ITAGUÍ  
**TANQUE:** E  
**ARCHIVO:** Qdiseno  
**T. CRECIM. 0-2:** 0,35  
**BARRIOS:** Ajizal, Los Gómez, El Porvenir

**DOTACIÓN:** 979 l/hab-día  
**K1** 1,3  
**K2** 1,8  
**T. CRECIM. 2-20:** 0,03

**VISC CINEMÁTICA** 1,14E-06  
**MATERIAL:** PVC  
**TOT.VIV.ACTUALES:** 1242 viv  
**TOT. VIV. PROY:** 2853 viv  
**CAUDAL TOTAL:** 90 l/s  
**RUGOSIDAD:** 0,01 mm  
**PRESION MÁX** 80 mca  
**PRESIÓN MÍN** 15 mca

TRAMO	NUDO	LONGITUD m	COTA msnm	Q PROPIO l/s	Q ACUM l/s	VIV. PROY	Qk3 l/s	D mm	Pdin mca	Pest mca	
PPAL	TANQUE E		1940						0	0	RDE-26
		30		1,513	17,887	675	17,887	200			
	33		1915						25	25	RDE-26
		120		0,665	4,165	157	16,234	200			
	34		1900						40	40	RDE-26
	VRP 1								15	15	RDE-26
		135		0,074	3,499	132	14,029	200			
	38		1840						75	75	RDE-26
	VRP 2								15	15	RDE-26
		80		0,044	1,735	65	7,736	150			
	40		1825						30	30	RDE-26
		60		0,058	1,691	64	7,568	150			
	42		1780						75	75	RDE-26
		90		0,066	1,633	62	7,345	150			
	37		1780						75	75	RDE-26
		80		0,106	1,568	59	7,090	150			
	28		1785						69	70	RDE-26
	VRP 3								15	15	RDE-26
		80		0,073	1,462	55	6,676	150			
	27		1770						30	30	RDE-26
		70		0,057	1,389	52	6,390	150			
	26		1750						50	50	RDE-26
		80		0,055	1,332	50	6,163	150			
	25		1730						70	70	RDE-26
		45		0,034	1,277	48	5,943	150			



TRAMO	NUDO	LONGITUD m	COTA msnm	Q PROPIO l/s	Q ACUM l/s	VIV. PROY	Qk3 l/s	D mm	Pdin mca	Pest mca	
<b>TRAMO 2.1</b>											
	45								45	45	RDE-26
	VRP 7								15	15	RDE-26
	41	35	1800	0,026	0,311	12	1,728	75	25	25	RDE-26
	44	50	1780	0,034	0,285	11	1,600	75	45	45	RDE-26
	43	50	1770	0,075	0,251	9	1,429	75	55	55	RDE-26
	48	90	1750	0,107	0,176	7	1,040	75	74	75	RDE-26
	49	100	1700	0,068	0,068	3	0,446	75			
<b>RAMALES A LA IZQUIERDA</b>											
<b>TRAMO 3</b>											
	38								75	75	RDE-26
	36	100	1860	0,082	0,172	6	1,019	75	55	55	RDE-26
	35	65	1860	0,090	0,090	3	0,569	50			
<b>TRAMO 5</b>											
	33								25	25	RDE-26
	32	90	1920	1,824	12,209	460	12,209	200	20	20	RDE-26
	31	180	1890	1,128	10,385	392	10,385	200	50	50	RDE-26
	30	185	1875	0,864	9,257	349	31,353	200	63	65	RDE-26
	29	115	1860	0,789	8,393	317	28,954	200	78	80	RDE-26
		110		0,568	7,604	287	26,711	200			
	VRP 8								15	15	RDE-26
	14		1800						75	75	RDE-26

TRAMO	NUDO	LONGITUD m	COTA msnm	Q PROPIO l/s	Q ACUM l/s	VIV. PROY	Qk3 l/s	D mm	Pdin mca	Pest mca	
	VRP 9								15	15	RDE-26
	13	120	1790	0,112	7,035	265	25,064	200	24	25	RDE-26
		100		0,097	4,725	178	18,038	200			
	12		1798						16	17	RDE-26
	6	90	1790	0,777	3,671	138	14,607	200	24	25	RDE-26
	5	90	1750	0,509	2,894	109	11,956	150	64	65	RDE-26
	VRP 10								15	15	RDE-26
	4	110	1730	0,593	2,385	90	10,148	150	35	35	RDE-26
	3	110	1715	0,862	1,792	68	7,952	150	49	50	RDE-26
	2	120	1690	0,886	0,930	35	4,516	100	74	75	RDE-26
	1	110	1660	0,043	0,043	2	0,295	75			
<b>TRAMO 5.1</b>											
	12								16	17	RDE-26
	7	150	1760	0,900	0,957	36	4,630	100	53	55	RDE-26
	10	100	1760	0,057	0,057	2	0,378	75			
<b>TRAMO 5.2</b>											
	13								24	25	RDE-26
	11	85	1770	0,072	2,198	83	9,468	150	44	45	RDE-26
	9	75	1760	0,070	2,126	80	9,203	150	54	55	RDE-26
	8	70	1750	2,057	2,057	78	8,946	150			

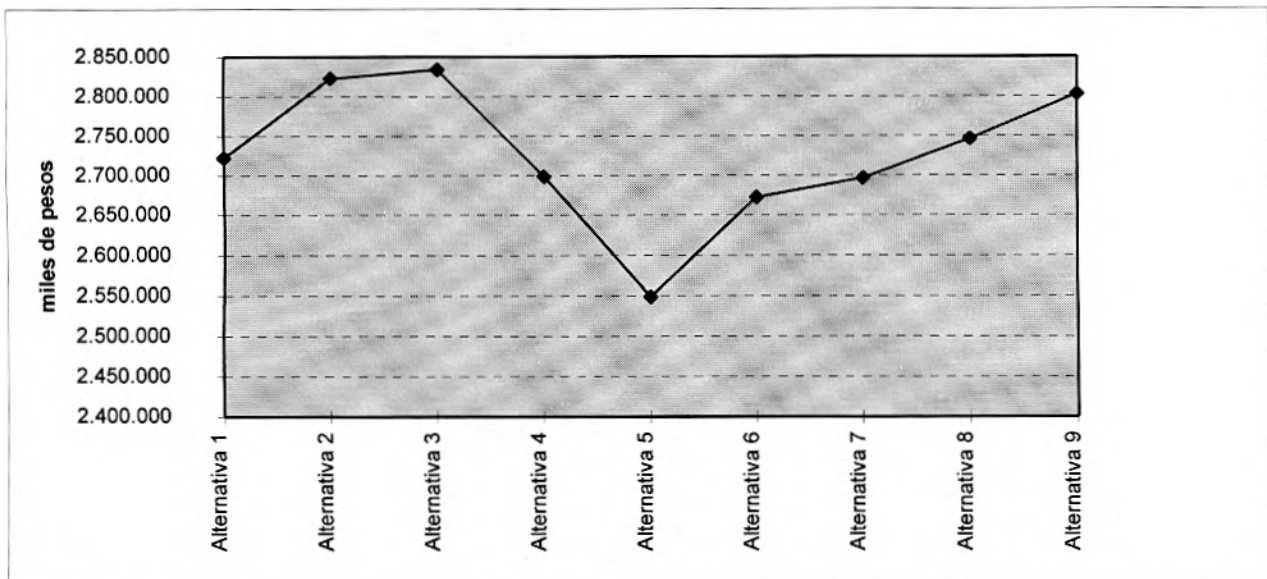
## 5. PRESUPUESTO

### COSTO INICIAL DE LA INVERSIÓN

	ELEMENTO	PARÁMETRO	UN. MEDIDA	CANTIDAD	VALOR
1	<b>Bocatoma</b>	ancho	m	8	7849,80
2	<b>Aducción</b>				
2,1	Tubería de acero				
2.1.1	Diámetro 300 mm	longitud	m		
	Alternativa 1	longitud	m	60	7896,72
	Alternativa 4	longitud	m	240	31586,88
	Alternativa 5	longitud	m	240	31586,88
	Alternativa 6	longitud	m	60	7896,72
	Alternativa 7	longitud	m	60	7896,72
	Alternativa 9	longitud	m	210	27638,52
2.1.2	Diámetro 350 mm	longitud	m		
	Alternativa 2	longitud	m	300	41557,50
	Alternativa 3	longitud	m	300	41557,50
	Alternativa 8	longitud	m	300	41557,50
3	<b>Desarenador</b>	caudal diario de diseño	l/s	50	6197,90
4	<b>Prefiltro</b>	caudal diario de diseño	l/s	50	18593,70
5	<b>Conducción (desarenador - planta tto.)</b>				
5,1	Tubería PVC				
5.1.1	Diámetro 250 mm	longitud	m		
	Alternativas 1, 6 y 7	longitud	m	45	4240,17
	Alternativas 4, 5 y 8	longitud	m	540	50882,04
5.1.2	Diámetro 300 mm	longitud	m		
	Alternativas 2, 3 y 9	longitud	m	1581	145932,62
6	<b>Planta de potabilización</b>	caudal diario de diseño	l/s	50	160915,00
7	<b>Tanque de succión</b>	volumen útil	m3	100	19109,80
8	<b>Bombeo (a diez años)</b>				
	Alternativa 1	cabeza dinámica (m)	caudal (l/s)	92,3	345169,86
	Alternativa 2	cabeza dinámica (m)	caudal (l/s)	92,3	308748,72
	Alternativa 3	cabeza dinámica (m)	caudal (l/s)	92,3	314144,44
	Alternativa 4	cabeza dinámica (m)	caudal (l/s)	92,3	299306,20
	Alternativa 5	cabeza dinámica (m)	caudal (l/s)	92,3	304701,92
	Alternativa 6	cabeza dinámica (m)	caudal (l/s)	92,3	320889,10
	Alternativa 7	cabeza dinámica (m)	caudal (l/s)	92,3	411267,50
	Alternativa 8	cabeza dinámica (m)	caudal (l/s)	92,3	396429,26
	Alternativa 9	cabeza dinámica (m)	caudal (l/s)	92,3	384288,87
8.1	Bomba		un	1	10782,50

	ELEMENTO	PARÁMETRO	UN. MEDIDA	CANTIDAD	VALOR
<b>9</b>	<b>Impulsión</b>				
9.1	Tubería de acero				
9.1.1	Diámetro 250 mm	longitud	m		
	Alternativa 1	longitud	m	1050	98937,30
	Alternativa 2	longitud	m	645	60775,77
	Alternativa 3	longitud	m	705	66429,33
	Alternativa 4	longitud	m	540	50882,04
	Alternativa 5	longitud	m	600	56535,60
	Alternativa 6	longitud	m	780	73496,28
	Alternativa 7	longitud	m	1785	168193,41
	Alternativa 8	longitud	m	1620	152646,12
	Alternativa 9	longitud	m	1485	139925,61
	<b>TOTAL</b>				<b>867821,46</b>
<b>10</b>	<b>Tanque de almacenamiento</b>				
	tanque A	volumen útil	m3	432	64029,40
	tanque A'	volumen útil	m3	432	64029,40
	tanque B	volumen útil	m3	432	64029,40
	tanque 1	volumen útil	m3	88	17418,55
	tanque 2	volumen útil	m3	42	11262,40
	tanque 3	volumen útil	m3	15	7609,30
	tanque 4	volumen útil	m3	35	10315,30
	tanque 5	volumen útil	m3	26	9131,43
	tanque C	volumen útil	m3	936	132220,60
	tanque D	volumen útil	m3	240	38051,80
	tanque E	volumen útil	m3	255	40081,30
	<b>TOTAL</b>				<b>458178,88</b>
<b>11</b>	<b>Conducción entre tanques de almacenamiento</b>				
11.1	Tubería PVC				
11.1.1	Diámetro 150 mm				
	Alternativas 2,4,6	longitud	m	6	33,458
	Alternativas 1,3,5	longitud	m	6	33,458
	Alternativas 7,8,9	longitud	m	6	33,458
11.1.2	Diámetro 200 mm				
	Alternativas 2,4,6	longitud	m	24	172,272
	Alternativas 1,3,5	longitud	m	40	287,12
	Alternativas 7,8,9	longitud	m	40	287,12
11.1.3	Diámetro 250 mm				
	Alternativas 2,4,6	longitud	m	40	381,436
	Alternativas 1,3,5	longitud	m	20	190,718
	Alternativas 7,8,9	longitud	m	20	190,718
	<b>TOTAL</b>				
	Alternativa 2, 4, 6				<b>587,166</b>
	Alternativa 1, 3, 5				<b>511,296</b>
	Alternativa 7, 8, 9				<b>511,296</b>

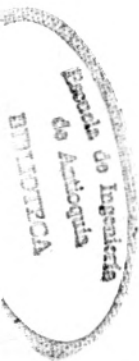
ELEMENTO	PARÁMETRO	UN. MEDIDA	CANTIDAD	VALOR	
<b>12</b>	<b>Red de distribución</b>				
12,1	Tubería PVC RDE 26				
12.1.1	Diámetro 50 mm	longitud	m	1.488	41412,14678
12.1.2	Diámetro 75 mm	longitud	m	1.398	45989,27824
12.1.3	Diámetro 100 mm	longitud	m	1.431	71910,04993
12.1.4	Diámetro 150 mm	longitud	m	560	41563,34499
12.1.5	Diámetro 200 mm	longitud	m	0	0
12.1.6	Diámetro 250 mm	longitud	m	0	0
12,2	Tubería PVC RDE 21				
12.2.1	Diámetro 50 mm	longitud	m	1.985	45170,41298
12.2.2	Diámetro 75 mm	longitud	m	4.285	113201,9176
12.2.3	Diámetro 100 mm	longitud	m	5.480	176962,7873
12.2.4	Diámetro 150 mm	longitud	m	8.795	411628,9305
12.2.5	Diámetro 200 mm	longitud	m	6.190	433289,2227
12.2.6	Diámetro 250 mm	longitud	m	820	85242,63632
<b>TOTAL</b>					<b>1466370,727</b>
<b>13</b>	<b>Válvulas reguladoras de presión</b>		un	59	118000
<b>TOTAL COSTOS DE INVERSIÓN</b>			<b>Miles de pesos</b>		
	Alternativa 1			2.722.242	
	Alternativa 2			2.823.013	
	Alternativa 3			2.834.062	
	Alternativa 4			2.698.655	
	Alternativa 5			2.548.790	
	Alternativa 6			2.672.521	
	Alternativa 7			2.696.681	
	Alternativa 8			2.746.598	
	Alternativa 9			2.802.869	
<b>ALTERNAT. MAS ECONÓMICAS</b>					
	Alternativa 5			2.548.790	
	Alternativa 6			2.672.521	



## 6. CÁLCULO DE EXCAVACIONES Y LLENOS

### CÁLCULO DE EXCAVACIONES Y LLENOS

	Un	Vir Unit \$	Afirm PVC	Vir Unit/m	Afirm PVC	Vir Unit/m	Afirm PVC	Vir Unit/m	Afirm PVC	Vir Unit/m	Afirm PVC	Vir Unit/m	Afirm PVC	
<b>CÁLCULO DE EXCAVACIONES</b>														
Rotura de pavim. o grama	m2	4708	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Roca	m3	27392	0,09	2465,3	0,09	2465,28	0,09	2465,28	0,09	2465,28	0,09	2465,28	0,09	
Material común	m3	5121	0,51	2611,7	0,51	2611,71	0,51	2611,71	0,51	2611,71	0,51	2611,71	0,51	
Vol para regada y botada	m3		0,36		0,33		0,30		0,27		0,26		0,24	
Regada	m3	1478	0,18	266,0	0,17	243,87	0,15	221,70	0,14	199,53	0,13	190,66	0,12	
Botada	m3	8075	0,18	1453,5	0,17	1332,38	0,15	1211,25	0,14	1090,13	0,13	1041,68	0,12	
<b>CÁLCULO DE LLENOS</b>														
Pavim. o grama	m3	1848	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Afirmado	m3	27871	0,12	3344,5	0,12	3344,52	0,12	3344,52	0,12	3344,52	0,12	3344,52	0,12	
Material selecto	m3	2870	0,24	688,8	0,27	774,90	0,30	861,00	0,33	947,10	0,34	981,54	0,36	
Material préstamo	m3	9245	0,13	1195,6	0,12	1086,94	0,10	940,76	0,08	757,10	0,07	678,95	0,06	
Entresuelo	m3	18686	0,06	1121,2	0,06	1121,16	0,06	1121,16	0,06	1121,16	0,06	1121,16	0,06	
Volumen del tubo	m3		0,05	0,0	0,03	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	
<b>TOTAL LLENO Y EXCAVACION</b>				13146,7		12980,76		12777,38		12536,52		12435,50		
<b>POR METRO</b>				10		8,00		6,00		4,00		3,00		2,00



**CÁLCULO DE EXCAVACIONES Y LLENOS**

	Vir Un/m	Grama PVC	Vir Un/m	Grama PVC	Vir Un/m	Grama PVC	Vir Un/m	Grama PVC	Vir Un/m	Grama PVC	Vir Un/m	Grama PVC	Vir Un/m
<b>CÁLCULO DE EXCAVACIONES</b>													
Rotura de pavim. o grama	0,0	0,80	3766,4	0,80	3766,4	0,80	3766,4	0,80	3766,4	0,80	3766,4	0,80	3766,4
Roca	2465,3	0,08	2218,8	0,08	2218,8	0,08	2218,8	0,08	2218,8	0,08	2218,8	0,08	2218,8
Material común	2611,7	0,46	2350,5	0,46	2350,5	0,46	2350,5	0,46	2350,5	0,46	2350,5	0,46	2350,5
Vol para regada y botada		0,51		0,51		0,51		0,51		0,51		0,51	
Regada	177,4	0,26	376,9	0,26	376,9	0,26	376,9	0,26	376,9	0,26	376,9	0,26	376,9
Botada	969,0	0,26	2059,1	0,26	2059,1	0,26	2059,1	0,26	2059,1	0,26	2059,1	0,26	2059,1
<b>CÁLCULO DE LLENOS</b>													
Pavim. o grama	0,0	0,08	147,8	0,08	147,8	0,08	147,8	0,08	147,8	0,08	147,8	0,08	147,8
Afirmado	3344,5	0,18	5016,8	0,18	5016,8	0,18	5016,8	0,18	5016,8	0,18	5016,8	0,18	5016,8
Material selecto	1033,2	0,03	86,1	0,03	86,1	0,03	86,1	0,03	86,1	0,03	86,1	0,03	86,1
Material préstamo	536,0	0,22	2027,7	0,24	2196,3	0,25	2327,5	0,26	2421,2	0,27	2454,0	0,27	2477,4
Entresuelo	1121,2	0,06	1121,2	0,06	1121,2	0,06	1121,2	0,06	1121,2	0,06	1121,2	0,06	1121,2
Volumen del tubo	0,0	0,05	0,0	0,03	0,0	0,02	0,0	0,01	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0
<b>TOTAL LLENO Y EXCAV</b>	<b>12258,2</b>		<b>19171,3</b>		<b>19339,9</b>		<b>19471,1</b>		<b>19564,8</b>		<b>19597,6</b>		<b>19621,0</b>
<b>POR METRO</b>		<b>10,00</b>		<b>8,00</b>		<b>6,00</b>		<b>4,00</b>		<b>3,00</b>		<b>2,00</b>	

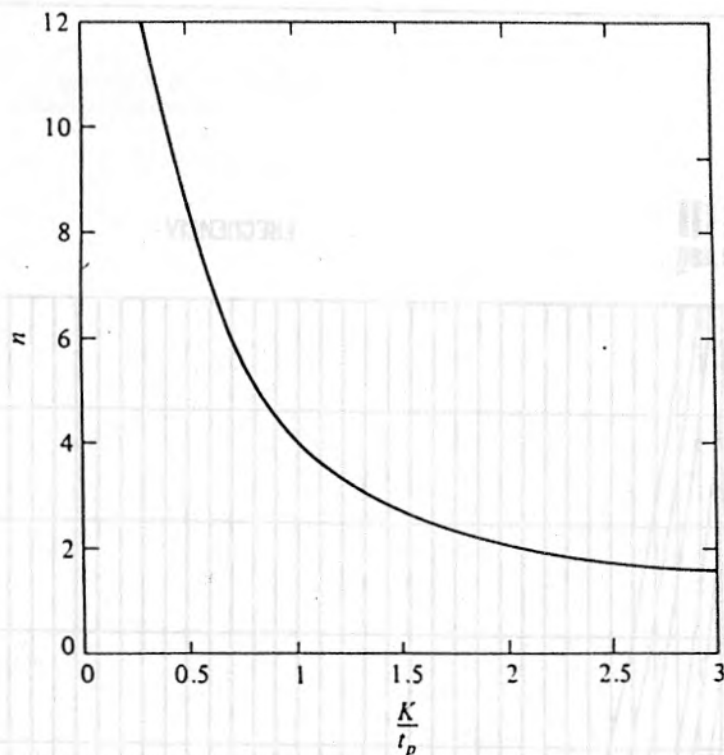
**COSTO DE EXCAVACION, LLENO Y COLOCACION DE LA TUBERIA  
POR METRO DE LONGITUD**

DESCRIPCIÓN	Unidad	Vlr Un de tubo	Costo Total por metro		Cantidad	Valor total
			afirmado	grama		
S.T.C Tubería P.V.C de 10" RDE 26	m	87193	100339,659	106364,285	820	85242636,3
S.T.C Tubería P.V.C de 10" RDE 21	m	95359	108505,659	114530,285	0	0
S.T.C Tubería P.V.C de 8" RDE 26	m	53202	66182,7563	72541,9273	6190	433289223
S.T.C Tubería P.V.C de 8" RDE 21	m	57424	70404,7563	76763,9273	560	41563345
S.T.C Tubería P.V.C de 6" RDE 26	m	30009	42786,3776	49480,0936	8795	411628930
S.T.C Tubería P.V.C de 6" RDE 21	m	33458	46235,3776	52929,0936	1431	71910049,9
S.T.C Tubería P.V.C de 4" RDE 26	m	15539	28075,5228	35103,7838	5480	176962787
S.T.C Tubería P.V.C de 4" RDE 21	m	16143	28679,5228	35707,7838	1398	45989278,2
S.T.C Tubería P.V.C de 3" RDE 26	m	9685,44	22120,9364	29283,0154	4285	113201918
S.T.C Tubería P.V.C de 3" RDE 21	m	11098	23533,4964	30695,5754	1488	41412146,8
S.T.C Tubería P.V.C de 2" RDE 26	m	6080	18338,192	25700,998	1985	45170413
S.T.C Tubería P.V.C de 2" RDE 21	m	5454	17712,192	25074,998	193	4271065,98
<b>TOTAL</b>						<b>1470641793</b>

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Empresas Públicas de Medellín. **NORMAS DE DISEÑO ACUEDUCTO ALCANTARILLADO VERTIMIENTOS INDUSTRIALES.**
- Viessman Jr, Knapp, Lewis, Harbaugh. **INTRODUCTION TO HYDROLOGY.** Harper & Pow, Publishers. New York 1977. Second Edition.
- Corcho Romero Freddy Hernan, Duque Serna José Ignacio. **ACUEDUCTOS TEORÍA Y DISEÑO.** Departamento de publicaciones Universidad de Medellín.
- Bureau of Reclamation. **DISEÑO DE PRESAS PEQUEÑAS.** Editorial Continental. México 1982.
- Notas de clase de Suministro y disposición de aguas. Escuela de Ingeniería de Antioquia 1995.





**Fig. 10-28.** Relationship between dimensionless shape parameter  $n$  and recession constant/time to peak. (After J. R. Williams and R. W. Hann, "HYMO: Problem-Oriented Computer Language for Hydrologic Modeling," U.S. Department of Agriculture, Agriculture Research Service, May 1973.)

where

$SLP$  = the difference in elevation (ft), divided by flood plain distance (mi), between the basin outlet and the most distant point on the divide

$L/W$  = the basin length-width ratio

River routing is accomplished in HYMO by a revised *variable storage coefficient* (VSC) method.<sup>37</sup> The continuity equation,  $I - O = dS/dt$ , and the storage equation,  $S = KO$ , are combined and discretized according to the methods outlined in Chapter 7. The VSC method recognizes the variability in  $K$  as the flow leaves the confines of the stream channel and inundates the flood plain and valley area. Relationships between  $K$  and  $O$  are determined by HYMO from the input cross-sectional data, or HYMO will calculate the relationship using Manning's equation if the flood plain and channel roughness coefficients are specified. The bed slope and reach length are also part of the required input.

The widely adopted storage-indication method (see Chapter 7) is

## **ANEXO 3**



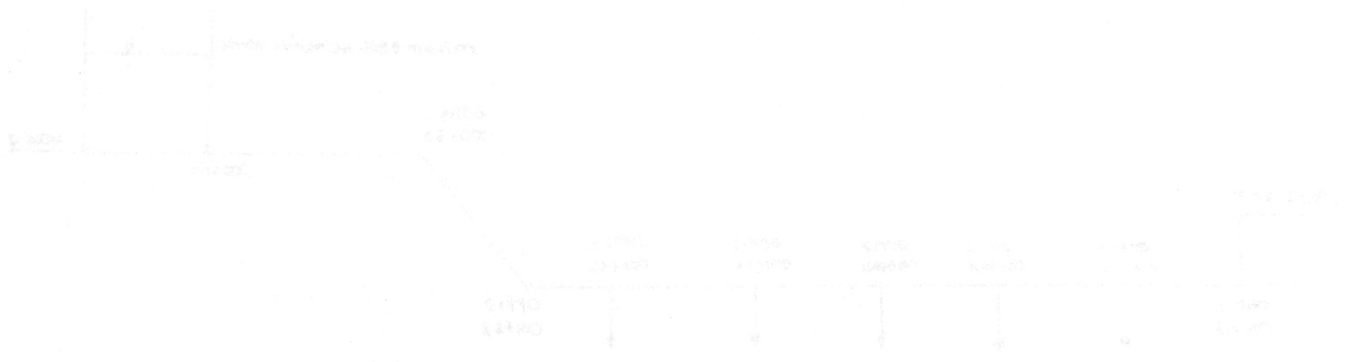
CONDUCCIONAL

ANEXO 5

REDUCCION

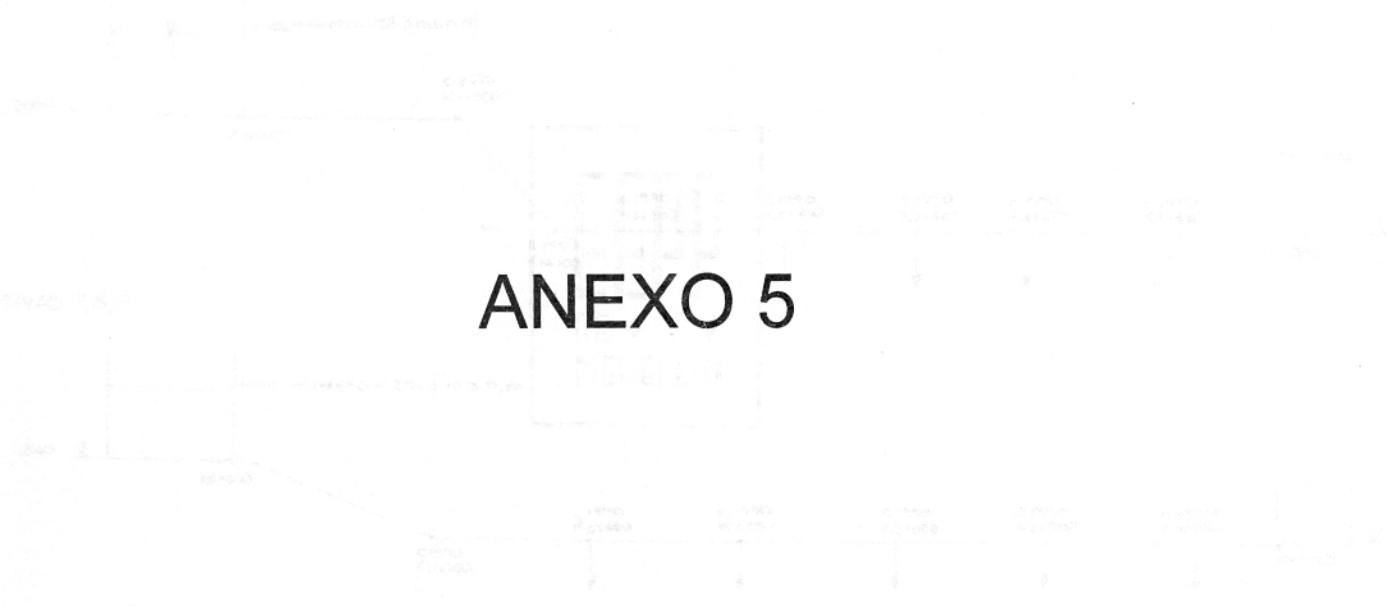
ALTERNATIVAS 2, 4 y 6

ALTEA



REDUCCION

ALTEA



REDUCCION (DIAPOSITIVA)

ALTERNATIVAS 1, 3 y 5



REDUCCION

ALTEA

