

# ESTUDIO HIDROLÓGICO

OBRA: PUENTE "SAN ANTONIO"

## CALCULO DEL GASTO TEORICO DE DISEÑO (PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS)

Longitud del cauce= **11.948** km  
 Area de la cuenca = **46.672** km²  
 Periodo de retorno = **100** años

## CALCULO DE LA PENDIENTE MEDIA DEL CAUCE PRINCIPAL

Punto	Cadena- miento m	Longitud tramo Lj m	Elevacion m	Desnivel De	Pendiente Scj m	
N	C <sub>N</sub>	L <sub>i</sub> =C <sub>N</sub> -C <sub>N-1</sub>	E <sub>N</sub>	E <sub>n1</sub> -E <sub>n2</sub>	De=En/li	Lj / ((Scj)1/2)
40	0.00		1572.26			
39	1000.00	1000.00	1500.00	72.26	0.0723	3719.05
38	2000.00	1000.00	1175.74	324.26	0.3243	1756.01
37	3000.00	1000.00	1092.54	83.20	0.0833	3464.80
36	4000.00	1000.00	1053.19	39.35	0.0394	5037.93
35	5000.00	1000.00	1010.24	42.95	0.0430	4822.43
34	6000.00	1000.00	923.26	86.98	0.0870	3390.32
33	7000.00	1000.00	753.41	169.85	0.1699	2426.07
32	8000.00	1000.00	649.43	103.98	0.1040	3100.87
31	9000.00	1000.00	605.35	44.08	0.0441	4761.91
30	10000.00	1000.00	567.54	37.81	0.0379	5136.66
29	11000.00	1000.00	513.05	54.49	0.0545	4283.53
28	12000.00	1000.00	488.62	24.43	0.0245	6388.77
Sumas	Σ	12000.00			Σ	48288.4
Pendiente media ( Sc )=						0.0618

La pendiente media se calcula con la siguiente expresión:

$$S_c = \frac{\sum_{j=1}^N \frac{L_j}{S_{c_j}}}{N}$$

Donde:

Sc = Pendiente media del cauce principal.

Scj = Pendiente del tramo j.

L = Longitud del cauce principal (m)

Lj = Longitud del tramo j (m)

N = Numeo de tramos

Longitud del cauce principal = **11.95** km  
 Pendiente Media = **6.18** % = 0.0618

## (METODOS SEMIEMPIRICOS)

### 1.- POR LA FORMULA RACIONAL AMERICANA

El método para el cálculo hidrológico se estableció del criterio fundamental de hidrología en el que intervienen las características fisiográficas de la cuenca y la intensidad de lluvia- duración y período de retorno de 100 años cuya expresión es:

$$Q = 0.278 C i A$$

EN DONDE:

Q<sub>T</sub>= es el gasto de diseño en m³ / seg

C= es el coeficiente de escurrimiento de la cuenca en km²

I= es la intensidad de lluvia para una duración igual al tiempo de concentración en mm / hr

A= es el área drenada de la cuenca en km²

0.278= es un factor de homogeneidad de unidades

**Coefficientes de escurrimiento ( C ) para el Metodo Racional**

Tipo de Superficie por Drenar	Pendiente ( % )	Coeficiente de escurrimiento ( C )	
		Mínimo	Maximo
A) Praderas:			
1. Suelo arenoso plano	< 2	0.05	0.10
2. Suelo arenoso medio	2 a 7	0.10	0.15
3. Suelo arenoso empinado	> 7	0.15	0.20
4. Suelo arcilloso plano	< 2	0.13	0.17
5. Suelo arcilloso medio	2 a 7	0.18	0.22
6. Suelo arcilloso empinado	> 7	0.25	0.35
B) Zona pavimentadas:			
1. Pavimento asfáltico	---	0.70	0.95
2. Pavimento de concreto hidráulico	---	0.80	0.95
3. Pavimento adoquinado	---	0.70	0.85
4. Estacionamientos	---	0.75	0.85
5. Patios de ferrocarril	---	0.20	0.40
C) Zonas residenciales:			
1. Unifamiliares	---	0.30	0.50
2. Multifamiliares, espaciados	---	0.40	0.60
3. Multifamiliares, juntos	---	0.60	0.75
4. Suburbanas	---	0.25	0.40
5. Casas habitacion	---	0.50	0.70
D) Zonas comerciales:			
1. Zona Comercial (areas centricas)	---	0.70	0.95
	---	0.50	0.70
E) Zonas industriales:			
1. Construcciones espaciadas	---	0.50	0.80
2. Construcciones juntas	---	0.60	0.90
F) Campos cultivados	---	0.20	0.40
G) Zonas forestadas	---	0.10	0.30
H) Parques y cementerios	---	0.10	0.25
I) Areas de recreo y campos de juego	---	0.20	0.35
J) Azoteas y techados	---	0.75	0.95

Para el empleo de la Formula Racional Americana se requiere determinar previamente el tiempo de concentración; puede obtenerse empleando alguna de las expresiones empíricas que existen para valorarlo; por ejemplo la de Kirpich es:

$$T_c = 0.0662 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

EN DONDE:

Tc = Tiempo de concentración en horas

L = Longitud del cauce principal, mas la distancia entre el inicio de éste y el parteaguas, medida perpendicularmente a las curvas de nivel, en km.

Sc = Pendiente del cauce en decimales, adimensionales

DATOS:

L = 11.95 Km

S = 0.0618 = 6.18%

Tc = 1.31 Hrs. = 78 Min.

Se dejará para una duracion de **159** Min.

No.I	Tipo de suelo	C	Ai=	(hi) (Ai) =
1	A5	0.05	3.73	0.19
2	F	0.10	42.94	4.29
		Σ	46.67	4.48
			C =	0.10

La intensidad de Lluvia se obtuvo a partir de datos obtenidos en Estaciones Pluviograficas. Aplicando el Método de Gumbel se obtuvo la precipitación y su distribución en 24 horas.

Periodo de Retorno	1000	500	100	50	10	años
Duración	159	159	159	159	159	Min.
i =	348	262	126	89	36	mm/hr
C =	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	adimensional
Gasto (Q) =	433.47	326.34	156.94	110.86	44.84	m³/seg.

## 2.- POR EL METODO DE CHOW

Datos necesarios para aplicar el metodo de Chow

a) Datos fisiográficos :

Área de la cuenca en km<sup>2</sup>

Longitud del cauce principal

Pendiente media del cauce principal

Tipos de suelo en la cuenca

Usos de suelo en la cuenca

b) Datos climatológicos:

Precipitación utilizando datos de Estaciones Pluviográficas.

1.- Dependiendo de las características físicas de la cuenca se determina el tipo de suelo de la misma.

<b>Tipo A</b>	Suelos con potencial de escurrimiento mínimo. Incluye gravas y arenas de tamaño medio, limpias y mezclas de ambas.
<b>Tipo B</b>	Suelo con infiltración media inferior a la del tipo A. Incluye arenas finas, limos orgánicos e inorgánicos, mezclas de arena y limo.
<b>Tipo C</b>	Suelo con infiltración media inferior a la del tipo B. Comprende arenas muy finas, arcillas de baja plasticidad, mezclas de arena, limo y arcilla.
<b>Tipo D</b>	Suelos con potencial de escurrimiento máximo. Incluye principalmente arcillas de alta plasticidad, suelos poco profundos con sub horizontes casi impermeables cerca de la superficie.

TABLA 3. Selección del número de escurrimiento

Uso de la tierra o cobertura	Condición de la superficie	Tipo de suelo			
		A	B	C	D
Bosques sembrados y cultivados	Ralo, baja transpiración	45	66	77	83
	Normal, transpiración media	36	60	73	79
	Espeso o alta transpiración	25	55	70	77
Camino	De tierra	72	82	87	89
	De superficie dura	74	84	90	92
Bosques naturales	Muy ralo o baja transpiración	56	75	86	91
	Ralo, baja transpiración	46	68	78	84
	Normal, transpiración media	36	60	70	76
	Espeso o alta transpiración	26	52	62	69
	Muy espeso o alta	15	44	54	61
Descanso (sin cultivo)	Surcos rectos	77	86	91	94
	Surcos en curvas de nivel	70	80	87	90
Cultivos de surco	Surcos rectos	62	74	82	85
	Terrazas	64	73	79	82
	Surcos en curvas de nivel	64	76	84	88
Cereales	Surcos rectos	62	74	82	85
	Terrazas	60	71	79	82
	Surcos en curvas de nivel	62	75	83	87
Leguminosas (sembradas con maquinaria al volteo)	Surcos rectos	60	72	81	84
	Terrazas	57	70	78	82
	Surcos en curvas de nivel	68	79	86	89
Pastizal	Pobre	49	69	79	84
	Normal	39	61	74	80
	Bueno	47	67	81	88
	Curvas de nivel, pobre	25	59	75	83
	Curvas de nivel, normal	6	35	70	79
	Curvas de nivel, bueno	30	58	71	78
Potrero permanente	Normal	100	100	100	100
Superficie impermeable					

Para donde existen varias zonas con suelos de diferentes tipos

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^k \eta_i A_i}{A}$$

$\eta$  = Número de escurrimiento de la cuenca en estudio, adimensional  
 $\eta_i$  = Número de escurrimiento de la zona i, adimensional  
 $A_i$  = Área de la zona i, (km<sup>2</sup>)  
 $A$  = Área total de la cuenca  
 $k$  = Número de las zonas identificadas

No.I	Tipo de suelo	$\eta_i$	$A_i$ =	( $\eta_i$ ) ( $A_i$ ) =
1	A	25	2800.34	70008.50
	B	15	2286.94	34304.17

$\Sigma$	5087.28	104312.67
$\eta$		20.50

**Para en calculo de la precipitacion total ( P ) por la formula**

$$P = (t)(I) = \text{cms}$$

P= Precipitacion Total ( cms.)  
 t = Duración de la tormenta (hrs.)  
 I= Intensidad de lluvia ( cms./hr.)

**Para en calculo de la precipitación en exceso. ( Pe ) por formula**

Donde:

$$Pe = \left\{ \frac{P - 508 + 5,08}{\eta} \right\} \left\{ \frac{P + 2,032 - 20,32}{\eta} \right\}$$

Pe = Precipitación en exceso para la duración de tormenta seleccionada y el periodo de retorno establecido, (cm)  
 P = Altura de precipitación para la duración de tormenta seleccionada y el periodo de retorno establecido, (cm)  
 η= Número de escurrimiento de la cuenca en estudio, adimensional

**Para en calculo del factor de escurrimiento ( X ) por formula**

$$X = \frac{Pe}{t}$$

X = Factor de escurrimiento, (cm/h)  
 Pe= Precipitación en exceso para la duración de tormenta seleccionada y el periodo de retorno establecido, (cm)  
 t= Duración de la tormenta seleccionada, (h)

**Para en calculo del tiempo de retraso ( tr ), por formula**

$$tr = 0.00505 \left[ \frac{L}{\sqrt{Sc}} \right]^{0.64}$$

tr = Tiempo de retraso, ( h )  
 L = Longitud del cauce principal, (m )  
 Sc = Pendiente media del cauce principal, (%)

**Se calcula la relación entre la duración de la tormenta seleccionada y el tiempo de retraso**

$$\text{Relación} = t / tr$$

**El gasto que producirá la precipitación con la duración de la tormenta seleccionada, para el periodo de retorno establecido, se calcula con la siguiente fórmula:**

$$Q = 2,78 A X Z$$

Q = Gasto para la duración de la tormenta seleccionada y el periodo de retorno establecido, (m3/s)  
 A = Area de la cuenca, (km2)  
 X = Factor de escurrimiento, (cm/h)  
 Z = Factor de reducción del pico, adimensional

PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS

d (min)	d (hrs)	i (cm/hr)	P (cm)	Pe (cm)	X	Tp	d/Tp	Z	Q (m <sup>3</sup> /s)
10	0.17	20.89	3.48	3.1954	19.1722	1.1472	0.1453	0.1127	280.47
15	0.25	14.49	3.62	3.1349	12.5395	1.1472	0.2179	0.1679	273.17
20	0.33	8.09	2.70	3.5466	10.6399	1.1472	0.2906	0.2230	307.92
25	0.42	9.82	4.09	2.9374	7.0499	1.1472	0.3632	0.2782	254.47
30	0.50	11.56	5.78	2.2904	4.5809	1.1472	0.4358	0.3333	198.13

35	0.58	10.89	6.35	2.0909	3.5843	1.1472	0.5085	0.3870	180.00
40	0.67	10.23	6.82	1.9373	2.9060	1.1472	0.5811	0.4299	162.08
45	0.75	9.56	7.17	1.8250	2.4333	1.1472	0.6537	0.4727	149.23
50	0.83	8.90	7.41	1.7501	2.1001	1.1472	0.7264	0.5155	140.46
55	0.92	8.23	7.54	1.7102	1.8657	1.1472	0.7990	0.5583	135.14
60	1.00	7.57	7.57	1.7040	1.7040	1.1472	0.8717	0.6011	132.89
70	1.17	7.12	8.30	1.4906	1.2776	1.1472	1.0169	0.6822	113.09
80	1.33	6.67	8.89	1.3320	0.9990	1.1472	1.1622	0.7291	94.51
90	1.50	6.22	9.33	1.2203	0.8135	1.1472	1.3075	0.7761	81.92
100	1.67	5.77	9.61	1.1499	0.6899	1.1472	1.4528	0.8231	73.68
110	1.83	5.32	9.75	1.1170	0.6093	1.1472	1.5980	0.8700	68.78
120	2.00	4.87	9.74	1.1199	0.5599	1.1472	1.7433	0.9170	66.62
130	2.17	4.72	10.23	1.0074	0.4649	1.1472	1.8886	0.9640	58.15
140	2.33	4.57	10.66	0.9119	0.3908	1.1472	2.0339	1.0000	50.71
150	2.50	4.42	11.05	0.8317	0.3327	1.1472	2.1792	1.0000	43.17
160	2.67	4.27	11.39	0.7651	0.2869	1.1472	2.3244	1.0000	37.23
170	2.83	4.12	11.68	0.7107	0.2508	1.1472	2.4697	1.0000	32.55
180	3.00	3.97	11.92	0.6673	0.2224	1.1472	2.6150	1.0000	28.86
190	3.17	3.82	12.10	0.6341	0.2002	1.1472	2.7603	1.0000	25.98
200	3.33	3.67	12.24	0.6103	0.1831	1.1472	2.9055	1.0000	23.76
210	3.50	3.52	12.33	0.5953	0.1701	1.1472	3.0508	1.0000	22.07
220	3.67	3.37	12.37	0.5888	0.1606	1.1472	3.1961	1.0000	20.84
230	3.83	3.22	12.36	0.5907	0.1541	1.1472	3.3414	1.0000	19.99
240	4.00	3.07	12.30	0.6010	0.1502	1.1472	3.4866	1.0000	19.49
250	4.17	3.00	12.51	0.5654	0.1357	1.1472	3.6319	1.0000	17.61
260	4.33	2.93	12.70	0.5349	0.1234	1.1472	3.7772	1.0000	16.02
270	4.50	2.86	12.87	0.5089	0.1131	1.1472	3.9225	1.0000	14.67
280	4.67	2.79	13.01	0.4872	0.1044	1.1472	4.0678	1.0000	13.55
290	4.83	2.72	13.13	0.4696	0.0972	1.1472	4.2130	1.0000	12.61
300	5.00	2.64	13.22	0.4558	0.0912	1.1472	4.3583	1.0000	11.83
310	5.17	2.59	13.39	0.4307	0.0834	1.1472	4.5036	1.0000	10.82
320	5.33	2.54	13.55	0.4087	0.0766	1.1472	4.6489	1.0000	9.94
330	5.50	2.49	13.69	0.3896	0.0708	1.1472	4.7941	1.0000	9.19
340	5.67	2.44	13.82	0.3732	0.0659	1.1472	4.9394	1.0000	8.55
350	5.83	2.39	13.92	0.3594	0.0616	1.1472	5.0847	1.0000	7.99
360	6.00	2.34	14.01	0.3480	0.0580	1.1472	5.2300	1.0000	7.53
370	6.17	2.25	13.85	0.3693	0.0599	1.1472	5.3752	1.0000	7.77
380	6.33	2.16	13.65	0.3953	0.0624	1.1472	5.5205	1.0000	8.10
390	6.50	2.07	13.42	0.4264	0.0656	1.1472	5.6658	1.0000	8.51
400	6.67	1.98	13.17	0.4632	0.0695	1.1472	5.8111	1.0000	9.02
410	6.83	1.89	12.88	0.5063	0.0741	1.1472	5.9564	1.0000	9.61
420	7.00	1.80	12.57	0.5562	0.0795	1.1472	6.1016	1.0000	10.31
430	7.17	1.77	12.68	0.5383	0.0751	1.1472	6.2469	1.0000	9.75
440	7.33	1.74	12.78	0.5221	0.0712	1.1472	6.3922	1.0000	9.24
450	7.50	1.72	12.87	0.5076	0.0677	1.1472	6.5375	1.0000	8.78
460	7.67	1.69	12.96	0.4945	0.0645	1.1472	6.6827	1.0000	8.37
470	7.83	1.66	13.04	0.4830	0.0617	1.1472	6.8280	1.0000	8.00
480	8.00	1.64	13.10	0.4729	0.0591	1.1472	6.9733	1.0000	7.67
490	8.17	1.62	13.20	0.4583	0.0561	1.1472	7.1186	1.0000	7.28
500	8.33	1.60	13.29	0.4449	0.0534	1.1472	7.2638	1.0000	6.93
510	8.50	1.57	13.38	0.4328	0.0509	1.1472	7.4091	1.0000	6.61
520	8.67	1.55	13.46	0.4219	0.0487	1.1472	7.5544	1.0000	6.32
530	8.83	1.53	13.53	0.4120	0.0466	1.1472	7.6997	1.0000	6.05
540	9.00	1.51	13.59	0.4033	0.0448	1.1472	7.8450	1.0000	5.81

$$Q(\text{máx}) = 94.51 \text{ m}^3/\text{s}$$