

185
2 Ejes



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA

DETERMINACION DE LOS COEFICIENTES UNITARIOS
DE RIEGO Y DRENAJE PARA UNA ZONA DE RIEGO
DENTRO DE LA CUENCA ALTA DEL RIO LERMA, EN
EL ESTADO DE MEXICO.

T E S I S

Que para obtener el título de:

INGENIERO CIVIL

P r e s e n t a n :

EDUARDO SANCHEZ MONTIEL

GERARDO SANCHEZ MONTIEL



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

	PAG.
I. INTRODUCCION Y OBJETIVOS.....	1
II. LOCALIZACION DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	2
III. INFORMACION DISPONIBLE.....	4
IV. COEFICIENTE UNITARIO DE RIEGO.....	7
V. COEFICIENTE UNITARIO DE DRENAJE.....	71
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	140
BIBLIOGRAFIA.....	144

I. INTRODUCCION Y OBJETIVOS.

A partir de un estudio agrológico efectuado en la --
cuenca alta del Río Lerma se vió la posibilidad de desarrollar
una zona de riego debidamente tecnicada. Para la cual es --
preciso que la obra de cabecera sea una presa de almacenamien-
to en la boquilla de San Pedro de la Hortaliza, que garantice
las necesidades globales de agua de los cultivos que se preten-
den establecer.

Por otro lado se debe conocer la capacidad de los ca-
nales que distribuirán el agua demandada por los cultivos y la
de los drenes cuya finalidad es evitar el problema de encharca-
miento en los terrenos de cultivo.

Este trabajo tiene por objeto obtener los gastos re-
queridos por los cultivos, además de los gastos máximos que de-
berán desalojarse de la zona, para proceder a diseñar los cana-
les y drenes respectivamente, que formarán parte de la infraes-
tructura.

II.- LOCALIZACION DE LA ZONA DE ESTUDIO

El área de estudio se localiza entre los paralelos - 19°22' y 19°30' de latitud Norte, y los meridianos 99°37' y - 99°52' de longitud Oeste.

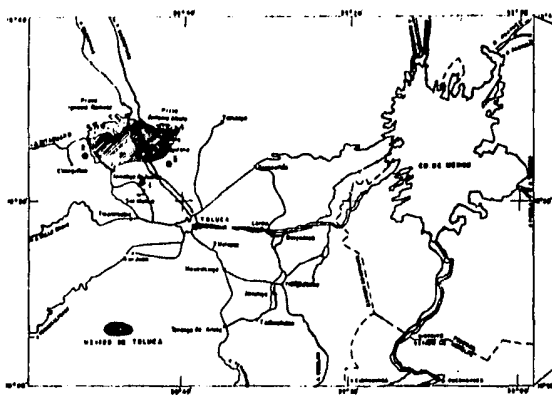
La zona en estudio pertenece en su totalidad al Estado de México con una gran parte de ella dentro de los Municipios de Almoloya de Juárez y Toluca y una pequeña porción en el Municipio de Temoaya.

La comunicación existente en la zona es favorable dada la cercanía de la capital del Estado de México, destacando las carreteras federales No. 15 y 55 en los tramos Toluca-Zitácuaro y Toluca-Querétaro, respectivamente y el ferrocarril Toluca-Querétaro.

1) Alcanje de rodos, Mac. Alcanje de rodos. Lat 18° 22' N Long 98° 42' W
 2) Los Patillos, Mac. Alcanje de rodos. Lat 18° 22' N Long 98° 42' W
 3) Area del Estado. Mac. Toluca. Lat 19° 22' N Long 99° 42' W
 4) Area Alcanje Mac. Patillos. Lat 19° 22' N Long 99° 42' W

UBICACION

ESTACIONES



SIMBOLOGIA

LIMITE DE ESTUDIO	
PUERTO	
PROLONJO	
ACTIVIDAD	
CARRERA	
POBLACION	
AREA	
ZONA DE ESTUDIO	



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
INGENIERIA
 LOCALIZACION DE LA ZONA DE ESTUDIO
TESIS PROFESIONAL
 JUAN CARLOS VILLALBA - MARCO ANTONIO MARTINEZ
 MEXICO, D.F. - 1988. PLANO UNICO

III. INFORMACION DISPONIBLE.

Información topográfica:

Cartas escala 1: 50,000 elaboradas por DETENAL (E14 A37, San Miguel Zinacantepec; E14 A38, Toluca; E14 A47, Nevado de Toluca y E14 A48, Tenango).

Información Climatológica:

Datos de intensidades máximas de lluvia, para diferentes duraciones de tormenta, observadas en la estación climatológica Hacienda La "Y", proporcionados por la Subdirección de Hidrología de la S.A.R.H.

Datos de lluvia, evaporación y temperatura media -- mensual y anual de las estaciones climatológicas San Bernabé, Nueva Santa Elena, Los Velázquez, Almoloya de Juárez y Hacienda La "Y", contenidas en el boletín climatológico No. 1 de la región Hidrológica No. 12 editado por la Dirección de Hidrología de la S.A.R.H.

Respecto a la información hidrométrica no se cuenta con registros de aforos de las corrientes estudiadas.

IV. COEFICIENTE UNITARIO DE RIEGO.

Con el fin de conocer la magnitud de los gastos - de diseño de los canales de riego, se determina el coeficiente unitario de riego, definido como el gasto demandado por los cultivos por una hectárea, el cual se calcula en base al plan de cultivos propuesto en el estudio agrológico.

El plan de cultivos se contempla para un módulo - de 1,000 ha.; los usos consuntivos de los cultivos propuestos se calcularán empleando el método de Blaney-Criddle, el cual toma en cuenta entre otros factores el ciclo vegetativo de la planta, la temperatura del lugar y la latitud. Los registros de temperatura utilizados en el análisis son toma dos de las estaciones San Bernabé, Almoloya de Juárez, Los Velázquez y Nueva Santa Elena.

CALENDARIO DE LOS CULTIVOS PROPUESTOS

CULTIVO	Ha	MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.	No. DIAS
MAIZ	300				15							15			210
TRIGO	250						15							15	150
MAIZ DE INV.	250						30					0			180
SORGO	150							0				30			120
FRIJOL	50			30								0			120

DETERMINACION DEL COEFICIENTE UNITARIO DE RIEGO

METODOLOGIA

- 1.- Datos.- Registros de temperaturas y lluvias medias, mensuales y anuales, por estación.
- 2.- Cálculo del uso consuntivo por el método de Blaney-Griddle.

2.1.- Cálculo del factor de temperatura y luminosidad

$$f = p \frac{t + 17.8}{21.8}$$

p = Porcentaje de horas-luz del mes, con respecto al total anual. Tabla IV.1. se anotan los valores de (p) para diferentes latitudes.

t = Temperatura media mensual en °C

2.2.- Obtención del factor K_t (coeficiente climático)

$$K_t = 0.03114t + 0.2396$$

t = Temperatura media mensual en °C.

2.3.- Se obtiene el coeficiente de desarrollo (K_c) del cultivo, a partir de las gráficas de coeficiente de desarrollo. Figs. IV.1.1., IV 1.2.

2.4.- Uso consuntivo. (mensual)

$$U.C. = f K_t K_c$$

2.5.- Coeficiente global (obtenido)

$$K^i = \frac{\sum U.C.}{\sum F} = \frac{\sum F k_t K_c}{F}$$

2.6.- Coeficiente global (seleccionado). Tabla IV.2.

K_g

2.7.- Obtención del factor j

$$j = \frac{K_g}{K^i}$$

2.8.- Uso consuntivo ajustado U.C.' (mensual)

$$U.C.'_{\lambda} = j \times U.C._{\lambda}$$

2.9.- Uso consuntivo acumulado

$$U.C.' \text{ acumulado} = \sum_{\lambda=1}^n U.C.'_{\lambda}$$

n = Número de meses del ciclo vegetativo

3.- Cálculo de la evapotranspiración utilizando el criterio de Thornthwaite.

$$3.1.- E = 1.6 K_a \left(\frac{10t}{I} \right)^a$$

donde:

E = Evapotranspiración potencial, en cm/mes

K_a = Coeficiente de ajuste debido a la duración real de la luz del día y el número de días del mes - (latitud y mes) tabla IV.3.

t = Temperatura promedio mensual en $^{\circ}\text{C}$

I = Índice de eficiencia mensual de temperatura

$$I = \sum i$$

$$i = \left(\frac{t}{5}\right)^{1.514}$$

$$a = 0.000000675I^3 - 0.0000771I^2 + 0.01792I + 0.49239$$

4.- Cálculo de lluvia efectiva.

$$\text{Si } 0.8 p^* \geq 0.9E_t^{0.75}$$

$$P_e = 0.5 p^*$$

E_t = Evapotranspiración mensual calculada con el método de Thornthwaite.

p^* = Precipitación mensual para un período de retorno de 1.25 años (se ordenan los meses de acuerdo a su número de orden).

P_e = Lluvia efectiva.

5.- Gráficas Usos Consuntivos acumulados contra el tiempo.

6.- Calcular la lámina teórica de riego (Método de Prescott).

$$L = 0.8 (P_{Sc} - P_{Spmp}) \cdot D_a \cdot P_R$$

L = Lámina teórica de riego

P_{Sc} = Capacidad de campo

P.Spmp = Porcentaje de marchitamiento permanente

Da = Densidad aparente del Suelo

P_R = Profundidad radicular.

A continuación se presenta una descripción de las variables anteriores.

Capacidad de Campo (PScC). Es el contenido de humedad del suelo inmediatamente después de que ha dejado de eliminar agua por acción de la gravedad. Esta condición ocurre en el campo aproximadamente a los dos días luego de haberse mojado bien el suelo.

Punto de Marchitamiento Permanente (P.Spmp). Es el contenido de humedad del suelo, en el cual las plantas perecen por no poder absorber más humedad; la marchitez alcanzada no se recupera si se les coloca en una atmósfera húmeda y oscura. El girasol es la especie que se utiliza para -- efectuar estos ensayos.

Densidad aparente (Da). Es la relación del peso de un volumen dado del suelo seco (secado a la estufa), incluido el espacio de poros, entre el peso de un volumen igual de agua.

Profundidad radicular (P_R). Se denomina suelo propiamente dicho desde el punto de vista del desarrollo de cultivos - del riego, aquella parte del perfil donde se desarrollan - las raíces.

- 7.- Proponer el Plan de Riego.
- 8.- Restar a las láminas de riego la lluvia efectiva.
- 9.- Calcular los volúmenes de riego.
- 10.- Determinar el mes de máxima demanda.
- 11.- Ordenar las láminas de riego del mes de máxima demanda de mayor a menor.
- 12.- Acumular las hectáreas y el volumen de demanda.
- 13.- Determinar los factores de eficiencia parcelaria y eficiencia de conducción.
- 14.- Obtener volúmenes brutos demandados y su gasto en l.p.s./ha y graficarlos contra el área acumulada correspondiente.

TEMPERATURA MEDIA MENSUAL

ESTACION ALMOLOYA DE JUAREZ

MES	TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (°C)
ENERO	10.05
FEBRERO	10.89
MARZO	12.99
ABRIL	14.88
MAYO	15.74
JUNIO	15.94
JULIO	14.97
AGOSTO	15.10
SEPTIEMBRE	14.85
OCTUBRE	13.85
NOVIEMBRE	11.91
DICIEMBRE	10.54

TEMPERATURA MEDIA MENSUAL

ESTACION LOS VELAZQUEZ

MES	TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (°C)
ENERO	8.11
FEBRERO	9.48
MARZO	11.04
ABRIL	13.41
MAYO	14.77
JUNIO	15.29
JULIO	14.73
AGOSTO	14.56
SEPTIEMBRE	14.36
OCTUBRE	13.17
NOVIEMBRE	10.64
DICIEMBRE	9.14

TEMPERATURA MEDIA MENSUAL

ESTACION NUEVA SANTA ELENA

MES	TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (°C)
ENERO	9.23
FEBRERO	10.32
MARZO	12.10
ABRIL	13.93
MAYO	14.82
JUNIO	15.22
JULIO	14.50
AGOSTO	14.36
SEPTIEMBRE	14.40
OCTUBRE	13.52
NOVIEMBRE	11.20
DICIEMBRE	9.82

TEMPERATURA MEDIA MENSUAL

ESTACION SAN BERNABE

MES	TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (°C)
ENERO	9.37
FEBRERO	10.20
MARZO	12.69
ABRIL	14.84
MAYO	15.94
JUNIO	16.19
JULIO	15.53
AGOSTO	15.45
SEPTIEMBRE	15.47
OCTUBRE	14.12
NOVIEMBRE	11.96
DICIEMBRE	10.40

PORCENTAJES DE HORAS-LUZ EN EL DIA PARA CADA MES
DEL AÑO EN RELACION AL NUMERO TOTAL EN UN AÑO (p)
MESES

Lat. Nte.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
15º.	7.94	7.37	8.44	8.45	8.98	8.80	9.03	8.83	8.27	8.26	7.75	7.88
16º.	7.93	7.35	8.44	8.46	9.01	8.83	9.07	8.85	8.27	8.24	7.72	7.83
17º.	7.86	7.32	8.43	8.48	9.04	8.87	9.11	8.87	8.27	8.22	7.69	7.80
18º.	7.83	7.30	8.42	8.50	9.09	8.92	8.16	8.90	8.27	8.21	7.66	7.74
19º.	7.79	7.28	8.41	8.51	9.11	8.97	9.20	8.92	8.28	8.10	7.63	7.71
20º.	7.74	7.26	8.41	8.53	9.14	9.00	9.23	8.95	8.29	8.17	7.59	7.66
21º.	7.71	7.24	8.40	8.54	9.16	9.05	9.29	8.98	8.29	8.15	7.54	7.62
22º.	7.66	7.21	8.40	8.56	9.92	9.09	9.33	9.00	8.30	8.13	7.50	7.55
23º.	7.62	7.19	8.40	8.57	9.24	9.12	9.35	9.02	8.30	8.11	7.47	7.50
24º.	7.56	7.17	8.40	8.60	9.30	9.20	9.41	9.05	8.31	8.09	7.43	7.46
25º.	7.53	7.13	8.39	8.61	9.32	9.22	9.43	9.08	8.30	8.08	7.40	7.41
26º.	7.49	7.12	8.40	8.64	9.38	9.30	9.49	9.10	8.31	8.06	7.36	7.35
27º.	7.43	7.09	8.38	8.65	9.40	9.32	9.52	9.13	8.32	8.03	7.36	7.31
28º.	7.40	7.07	8.39	8.68	9.46	9.38	9.58	9.16	8.32	8.02	7.22	7.27
29º.	7.35	7.04	8.37	8.70	9.49	9.43	9.61	9.19	8.32	8.00	7.24	7.20
30º.	7.30	7.03	8.38	8.72	9.53	9.49	9.67	9.22	8.34	7.99	7.19	7.14
31º.	7.25	7.00	8.36	8.73	9.57	9.54	9.72	9.24	8.33	7.95	7.15	7.09
32º.	7.20	6.97	8.37	8.75	9.63	9.60	9.77	9.28	8.34	7.95	7.11	7.05

Tabla IV.1.

COEFICIENTES GLOBALES DE EVAPOTRANSPIRACION ESTACIONAL (Kg) PARA DIVERSOS CULTIVOS EN DONDE LOS VALORES MAXIMOS CORRESPONDEN A LAS ZONAS DE CLIMA ARIDO Y SEMIARIDO Y LOS VALORES MINIMOS A ZONAS HUMEDAS Y SEMIHUMEDAS

C U L T I V O	PERIODO VEGETATIVO	COEFICIENTE GLOBAL Kg
Aguacate	Perenne	0.50 - 0.55
Ajonjolí	3 a 4 meses	0.80
Alfalfa	Entre heladas	0.80 - 0.85
	En invierno	0.60
Algodón	6 a 7 meses	0.60 - 0.65
Arroz	3 a 5 meses	1.00 - 1.20
Cacahuate	5 meses	0.60 - 0.65
Cacao	Perenne	0.75 - 0.80
Café	Perenne	0.75 - 0.80
Camote	5 a 6 meses	0.60
Caña de azúcar	Perenne	0.75 - 0.90
Cártamo	5 a 8 meses	0.55 - 0.65
Cereales de grano pequeño: (alpiste, avena, cebada, - centeno, trigo)	3 a 6 meses	0.50 - 0.65
Cítricos	7 a 8 meses	0.50 - 0.65
Chile	3 a 4 meses	0.60
Espárrago	6 a 7 meses	0.60
Fresa	Perenne	0.45 - 0.60
Frijol	3 a 4 meses	0.60 - 0.70
Frutales de hueso y pepita (hoja caduca)	Entre heladas	0.60 - 0.70
Garbanzo	4 a 5 meses	0.60 - 0.70
Girasol	4 meses	0.50 - 0.65
Haba	4 a 5 meses	0.60 - 0.70

C U L T I V O	PERIODO VEGETATIVO	COEFICIENTE GLOBAL Kg
Hortalizas	2 a 4 meses	0.60
Jitomate	4 meses	0.70
Lechuga y col	3 meses	0.70
Lenteja	4 meses	0.60 - 0.70
Lino	7 a 8 meses	0.70 - 0.80
Maiz	4 a 7 meses	0.75 - 0.85
Mango	Perenne	0.75 a 0.80
Melón	3 a 4 meses	0.60
Nogal	Entre heladas	0.70
Papa	3 a 5 meses	0.65 - 0.75
Palma datilera	Perenne	0.65 - 0.80
Palma cocotera	Perenne	0.80 - 0.90
Papaya	Perenne	0.60 - 0.80
Plátano	Perenne	0.80 - 1.00
Pastos de granineas	Perenne	0.75
Remolacha	6 meses	0.65 - 0.75
Sandia	3 a 4 meses	0.60
Sorgo	3 a 5 meses	0.70
Soya	3 a 5 meses	0.60 - 0.70
Tabaco	4 a 5 meses	0.70 - 0.80
Tomate	4 a 5 meses	0.70
Trébol ladino	Perenne	0.80 - 0.85
Zanahoria	2 a 4 meses	0.60
Frutales establecidos de clima tropical y subtropical	Perenne	(8)

Tabla IV.2.

DURACION PROMEDIO POSIBLE DEL FOTOPERIODO (K_a) EN LOS HEMISFERIOS NORTE Y SUR
EXPRESADO EN UNIDADES DE 30 DIAS DE 12 HORAS CADA UNO

Lat.N.	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0	1.04	0.94	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04
5	1.02	0.93	1.03	1.02	1.06	1.03	1.06	1.05	1.01	1.03	0.99	1.02
10	1.00	0.91	1.03	1.03	1.08	1.06	1.08	1.07	1.02	1.02	0.98	0.99
15	0.97	0.91	1.03	1.04	1.11	1.08	1.12	1.08	1.02	1.01	0.95	0.97
20	0.95	0.90	1.03	1.05	1.13	1.11	1.14	1.11	1.02	1.00	0.93	0.94
25	0.93	0.89	1.03	1.06	1.15	1.14	1.17	1.12	1.02	0.99	0.91	0.91
26	0.92	0.88	1.03	1.06	1.15	1.15	1.17	1.12	1.02	0.99	0.91	0.91
27	0.92	0.88	1.03	1.07	1.16	1.15	1.18	1.13	1.02	0.99	0.90	0.90
28	0.91	0.88	1.03	1.07	1.16	1.16	1.18	1.13	1.02	0.98	0.90	0.90
29	0.91	0.87	1.03	1.07	1.17	1.16	1.19	1.13	1.03	0.98	0.90	0.89
30	0.90	0.87	1.03	1.08	1.18	1.17	1.20	1.14	1.03	0.98	0.89	0.88
35	0.87	0.85	1.03	1.09	1.21	1.21	1.23	1.16	1.03	0.97	0.86	0.85
40	0.84	0.83	1.03	1.11	1.24	1.25	1.27	1.18	1.04	0.96	0.83	0.81
45	0.80	0.81	1.02	1.13	1.28	1.29	1.31	1.21	1.04	0.94	0.79	0.75
50	0.74	0.78	1.02	1.15	1.33	1.36	1.37	1.25	1.06	0.92	0.76	0.70
Lat.S.												
5	1.06	0.95	1.04	1.00	1.02	0.99	1.02	1.03	1.00	1.05	1.03	1.06
10	1.08	0.97	1.05	0.99	1.01	0.96	1.00	1.01	1.00	1.06	1.05	1.10
15	1.12	0.98	1.05	0.98	0.96	0.94	0.97	1.00	1.00	1.07	1.07	1.12
20	1.14	1.00	1.05	0.97	0.96	0.91	0.95	0.99	1.00	1.08	1.09	1.15
25	1.17	1.01	1.05	0.96	0.94	0.88	0.93	0.98	1.00	1.10	1.11	1.18
30	1.20	1.03	1.06	0.95	0.92	0.85	0.90	0.96	1.00	1.12	1.14	1.21
35	1.23	1.04	1.06	0.94	0.89	0.82	0.87	0.94	1.00	1.13	1.17	1.25
40	1.27	1.06	1.07	0.93	0.86	0.78	0.84	0.92	1.00	1.15	1.20	1.29
46	1.32	1.10	1.07	0.91	0.82	0.72	0.79	0.90	0.99	1.17	1.25	1.35
50	1.37	1.12	1.08	0.89	0.77	0.67	0.74	0.88	0.99	1.19	1.29	1.41

Tabla IV.3.

CURVAS DE CRECIMIENTO

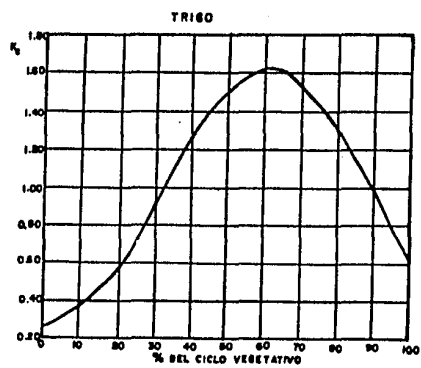
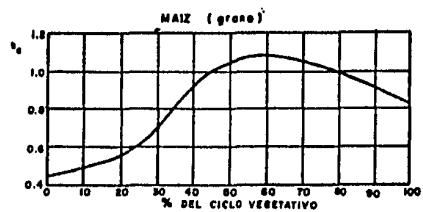


Figura IV. 1.1

CURVAS DE CRECIMIENTO

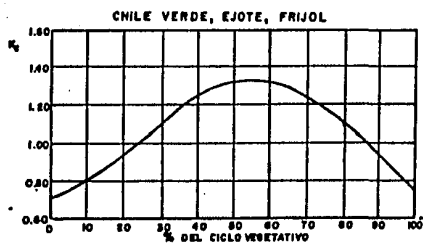
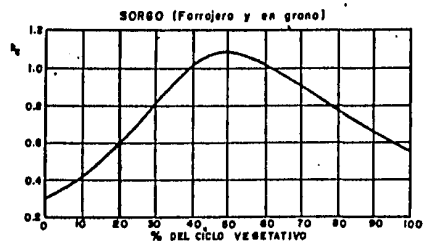


Figura IV. 1.2

USO CONSUNTIVO POR EL METODO DE BLANEY-CRIDDLE

CULTIVO: MAIZ

ESTACION: ALMOLOYA DE JUAREZ

CICLO VEGETATIVO: 210 DIAS

INICIO DE SIEMBRA: 15 DE MARZO

MES	P	t	F	Kt	Kc	U.C.	K'	K _G	J	U.C.'	U.C.' Acum.
MARZO	8.41	12.99	5.94	0.64	0.47	1.79	0.61	0.80	1.31	2.34	2.34
ABRIL	8.51	14.88	12.76	0.70	0.54	4.82	0.61	0.80	1.31	6.31	8.65
MAYO	9.11	15.74	14.02	0.73	0.72	7.37	0.61	0.80	1.31	9.65	18.30
JUNIO	8.97	15.94	13.88	0.74	0.95	9.76	0.61	0.80	1.31	12.79	31.09
JULIO	9.20	14.97	13.83	0.71	1.06	10.41	0.61	0.80	1.31	13.64	44.73
AGOSTO	8.92	15.10	13.46	0.71	1.05	10.03	0.61	0.80	1.31	13.14	57.87
SEPTIEMBRE	8.28	14.85	12.40	0.70	0.96	8.33	0.61	0.80	1.31	10.91	68.78
OCTUBRE	8.10	13.85	5.88	0.67	0.88	3.47	0.61	0.80	1.31	4.55	73.33

F=92.17

Σ = 59.98

USO CONSUNTIVO POR EL METODO DE BLANEY-CRIDDLE

CULTIVO: MAIZ

ESTACION: LOS VELAZQUEZ

CICLO VEGETATIVO: 210 DIAS

INICIO DE SIEMBRA: 15 DE MARZO

MES	P	t	f	Kt	Kc	U.C.	K'	K _R	J	U.C.'	U.C.' Acum.
MARZO	8.41	11.04	5.56	0.58	0.47	1.52	0.59	0.80	1.36	2.07	2.07
ABRIL	8.51	13.41	12.18	0.66	0.54	4.34	0.59	0.80	1.36	5.90	7.97
MAYO	9.11	14.77	13.61	0.70	0.72	6.86	0.59	0.80	1.36	9.33	17.30
JUNIO	8.97	15.29	13.62	0.72	0.95	9.32	0.59	0.80	1.36	12.68	29.98
JULIO	9.20	14.73	13.73	0.70	1.06	10.19	0.59	0.80	1.36	13.86	43.84
AGOSTO	8.92	14.56	13.24	0.69	1.05	9.59	0.59	0.80	1.36	13.04	56.88
SEPTIEMBRE	8.28	14.36	12.21	0.69	0.96	8.09	0.59	0.80	1.36	11.00	67.88
OCTUBRE	8.10	13.17	5.88	0.65	0.88	3.29	0.59	0.80	1.36	4.47	72.35

F=89.90

Σ =53.20

USO CONSUNTIVO POR EL METODO DE BLANEY-CRIDDLE

CULTIVO: MAIZ

ESTACION: NUEVA STA. ELENA

CICLO VEGETATIVO: 210 DIAS

INICIO DE SIEMBRA: 15 DE MARZO

MES	P	t	f	Kt	Kc	U.C.	K'	K _B	J	U.C.†	U.C.† Acum.
MARZO	8.41	12.10	5.77	0.62	0.47	1.68	0.59	0.80	1.36	2.28	2.28
ABRIL	8.51	13.93	12.39	0.67	0.54	4.48	0.59	0.80	1.36	6.09	8.37
MAYO	9.11	14.82	13.63	0.70	0.72	6.87	0.59	0.80	1.36	9.34	17.71
JUNIO	8.97	15.22	13.59	0.71	0.95	9.17	0.59	0.80	1.36	12.47	30.18
JULIO	9.20	14.50	13.63	0.69	1.06	9.97	0.59	0.80	1.36	13.56	43.74
AGOSTO	8.92	14.36	13.16	0.69	1.05	9.53	0.59	0.80	1.36	12.96	56.70
SEPTIEMBRE	8.28	14.40	12.23	0.69	0.96	8.10	0.59	0.80	1.36	11.02	67.72
OCTUBRE	8.10	13.52	5.82	0.66	0.88	3.38	0.59	0.80	1.36	4.60	72.32

F=90.22

Σ =53.18

USO CONSUNTIVO POR EL METODO DE BLANEY-CRIDDLE

CULTIVO: MAIZ

ESTACION: SAN BERNABE

CICLO VEGETATIVO: 210 DIAS

INICIO DE SIEMBRA: 15 DE MARZO

MES	P	t	f	Kt	Kc	U.C.	K'	K _D	J	U.C.'	U.C.' Acum.
MARZO	8.41	12.69	5.88	0.63	0.47	1.74	0.62	0.80	1.29	2.24	2.24
ABRIL	8.51	14.84	12.74	0.70	0.54	4.82	0.62	0.80	1.29	6.22	8.46
MAYO	9.11	15.94	14.10	0.74	0.72	7.51	0.62	0.80	1.29	9.69	18.15
JUNIO	8.97	16.19	13.99	0.74	0.95	9.83	0.62	0.80	1.29	12.68	30.83
JULIO	9.20	15.53	14.07	0.72	1.06	10.74	0.62	0.80	1.29	13.85	44.68
AGOSTO	8.92	15.45	13.61	0.72	1.05	10.29	0.62	0.80	1.29	13.27	57.95
SEPTIEMBRE	8.28	15.47	12.64	0.72	0.96	9.74	0.62	0.80	1.29	11.27	69.22
OCTUBRE	8.10	14.12	5.93	0.68	0.88	3.55	0.62	0.80	1.29	4.58	73.80

F=92.96

Z=57.22

USO CONSUNTIVO POR EL METODO DE BLANEY-CRIDDLE

CULTIVO: TRIGO

ESTACION: ALMOLOVA DE JUAREZ

CICLO VEGETATIVO: 150 DIAS

INICIO DE SIEMBRA: 15 DE DICIEMBRE

MES	P	t	f	Kt	Kc	U.C.	K'	K _G	J	U.C.'	U.C.' Acum.
DICIEMBRE	7.71	10.54	5.01	0.57	0.32	0.91	0.68	0.80	1.18	1.07	1.07
ENERO	7.79	10.05	9.95	0.55	0.64	3.50	0.68	0.80	1.18	4.13	5.20
FEBRERO	7.28	10.89	9.58	0.58	1.20	6.67	0.68	0.80	1.18	7.87	13.07
MARZO	8.41	12.99	11.88	0.64	1.53	11.63	0.68	0.80	1.18	13.72	26.79
ABRIL	8.51	14.88	12.76	0.70	1.27	11.34	0.68	0.80	1.18	13.38	40.17
MAYO	9.11	15.74	7.01	0.73	0.79	4.04	0.68	0.80	1.18	4.77	44.94

F=56.19

Σ = 38.09

USO CONSUNTIVO POR EL METODO DE BLANEY-CRIDDLE

CULTIVO: TRIGO

ESTACION: LOS VELAZQUEZ

CICLO VEGETATIVO: 150 DIAS

INICIO DE SIEMBRA: 15 DE DICIEMBRE

MES	P	t	P	Kt	Kc	U.C.	K'	K _G	J	U.C.' ¹	U.C.' ¹ Acum.
DICIEMBRE	7.71	9.14	4.76	0.52	0.32	0.79	0.63	0.80	1.27	1.00	1.00
ENERO	7.79	8.11	9.26	0.49	0.64	2.90	0.63	0.80	1.27	3.68	4.68
FEBRERO	7.28	9.48	9.11	0.53	1.20	5.79	0.63	0.80	1.27	7.35	12.03
MARZO	8.41	11.04	11.13	0.58	1.53	9.88	0.63	0.80	1.27	12.55	24.58
ABRIL	8.51	13.41	12.18	0.66	1.27	10.21	0.63	0.80	1.27	12.97	37.55
MAYO	9.11	14.77	6.81	0.70	0.79	3.77	0.63	0.80	1.27	4.79	42.34

F=53.25

Σ=33.34

USO CONSUNTIVO POR EL METODO DE BLANEY-CRIDDLE

CULTIVO: TRIGO

ESTACION: NUEVA SANTA ELENA

CICLO VEGETATIVO: 150 DIAS

INICIO DE SIEMBRA: 10 DE DICIEMBRE

MES	P	t	f	Kt	Kc	U.C.	K ₁	K _G	J	U.C.'	U.C.' Acum.
DICIEMBRE	7.71	9.82	4.88	0.55	0.32	0.86	0.65	0.80	1.23	1.06	1.06
ENERO	7.79	9.23	9.66	0.53	0.64	3.28	0.65	0.80	1.23	4.03	5.09
FEBRERO	7.20	10.32	9.39	0.56	1.20	6.31	0.65	0.80	1.23	7.76	12.85
MARZO	8.41	12.10	11.53	0.62	1.53	10.94	0.65	0.80	1.23	13.46	26.31
ABRIL	8.51	13.93	12.39	0.67	1.27	10.54	0.65	0.80	1.23	12.96	39.27
MAYO	9.11	14.82	6.82	0.70	0.79	3.77	0.65	0.80	1.23	4.64	43.91

F=54.67

Σ=35.70

USO CONSUNTIVO POR EL METODO DE BLANEY-CRIDDLE

CULTIVO: TRIGO

ESTACION: SAN BERNABE

CICLO VEGETATIVO: 150 DIAS

INICIO DE SIEMBRE: 15 DE DICIEMBRE

MES	P	t	F	Kt	Kc	U.C.	K'	K _G	J	U.C.'	U.C.' Acum.
DICIEMBRE	7.71	10.40	4.99	0.56	0.32	0.89	0.67	0.80	1.19	1.06	1.06
ENERO	7.79	9.37	9.71	0.53	0.64	2.29	0.67	0.80	1.19	3.92	4.98
FEBRERO	7.28	10.20	9.35	0.56	1.20	6.28	0.67	0.80	1.19	7.47	12.45
MARZO	8.41	12.69	11.76	0.63	1.53	11.34	0.67	0.80	1.19	13.49	25.94
ABRIL	8.51	14.84	12.74	0.70	1.27	11.33	0.67	0.80	1.19	13.48	39.42
MAYO	9.11	15.94	7.05	0.74	0.79	4.12	0.67	0.80	1.19	4.90	44.32

F=55.60

x = 37.25

USO CONSUMTIVO POR EL METODO DE BLANEY-CRIDDLE

CULTIVO: MAIZ DE INVIERNO

ESTACION: ALMOLOYA DE JUAREZ

CICLO VEGETATIVO: 180 DIAS

INICIO DE SIEMBRA: 10 DE NOVIEMBRE

MES	P	t	f	Kt	Kc	U.C.	K'	K _R	J	U.C.'	U.C.' Acum.
NOVIEMBRE	7.63	11.91	10.40	0.61	0.50	3.17	0.52	0.80	1.54	4.88	4.88
DICIEMBRE	7.71	10.54	10.02	0.57	0.68	3.88	0.52	0.80	1.54	5.98	10.86
ENERO	7.79	10.05	9.95	0.55	0.92	5.03	0.52	0.80	1.54	7.75	18.61
FEBRERO	7.28	10.89	9.58	0.58	1.05	5.83	0.52	0.80	1.54	8.98	27.59
MARZO	8.41	12.99	11.88	0.64	1.02	7.76	0.52	0.80	1.54	11.95	39.54
ABRIL	8.51	14.88	12.76	0.70	0.92	8.22	0.52	0.80	1.54	12.66	52.20

F=6459

$\Sigma = 33.89$

USO CONSUNTIVO POR EL METODO DE BLANEY-CRIDDLE

CULTIVO: MAIZ DE INVIERNO

ESTACION: LOS VELAZQUEZ

CICLO VEGETATIVO: 180 DIAS

INICIO DE SIEMBRA: 19 DE NOVIEMBRE

MES	P	t	F	Kt	Kc	U.C.	K'	K _g	J	U.C.'	U.C.' Acum.
NOVIEMBRE	7.63	10.64	9.95	0.57	0.50	2.84	0.48	0.80	1.67	4.74	4.74
DICIEMBRE	7.71	9.14	9.53	0.52	0.68	3.37	0.48	0.80	1.67	5.63	10.37
ENERO	7.79	8.11	9.26	0.49	0.92	4.17	0.48	0.80	1.67	6.96	17.33
FEBRERO	7.28	9.48	9.11	0.53	1.05	5.07	0.48	0.80	1.67	8.47	25.80
MARZO	8.41	11.04	11.13	0.58	1.02	6.58	0.48	0.80	1.67	10.99	36.79
ABRIL	8.51	13.41	12.18	0.66	0.92	7.40	0.48	0.80	1.67	12.36	49.15

F=6116

Σ =29.43

USO CONSUNTIVO POR EL METODO DE BLANEY-CRIDDLE

CULTIVO: MAIZ DE INVIERNO

ESTACION: NUEVA SANTA ELENA

CICLO VEGETATIVO: 180 DIAS

INICIO DE SIEMBRA: 19 DE NOVIEMBRE

MES	P	t	f	Kt	Kc	U.C.	K'	K _G	J	U.C.'	U.C.' Acum.
NOVIEMBRE	7.63	11.20	10.15	0.59	0.50	2.99	0.51	0.80	1.57	4.69	4.69
DICIEMBRE	7.71	9.82	9.77	0.55	0.68	3.65	0.51	0.80	1.57	5.73	10.42
ENERO	7.79	9.23	9.66	0.53	0.92	4.71	0.51	0.80	1.57	7.39	17.81
FEBRERO	7.28	10.32	9.39	0.56	1.05	5.52	0.51	0.80	1.57	8.67	26.48
MARZO	8.41	12.10	11.53	0.62	1.02	7.29	0.51	0.80	1.57	11.45	37.93
ABRIL	8.51	13.93	12.39	0.67	0.92	7.64	0.51	0.80	1.57	11.99	49.92

F=62.89

\bar{x} =31.80

USO CONSUNTIVO POR EL METODO DE BLANEY-CRIDDLE

CULTIVO: MAIZ DE INVIERNO

ESTACION: SAN BERNABE

CICLO VEGETATIVO: 180 DIAS

INICIO DE SIEMBRA: 10 DE NOVIEMBRE

MES	P	t	f	Kt	Kc	U.C.	K'	K _E	J	U.C.' Acum.	U.C.' Acum.
NOVIEMBRE	7.63	11.96	10.42	0.61	0.50	3.18	0.52	0.80	1.54	4.90	4.90
DICIEMBRE	7.71	10.40	9.97	0.56	0.68	3.80	0.52	0.80	1.54	5.85	10.75
ENERO	7.79	9.37	9.71	0.53	0.92	4.73	0.52	0.80	1.54	7.28	18.03
FEBRERO	7.28	10.20	9.35	0.56	1.05	5.50	0.52	0.80	1.54	8.47	26.50
MARZO	8.41	12.69	11.76	0.63	1.02	7.56	0.52	0.80	1.54	11.64	38.14
ABRIL	8.51	14.84	12.74	0.70	0.92	8.20	0.52	0.80	1.54	12.63	50.77

F=63.95

Σ =32.97

USO CONSUNTIVO POR EL METODO DE BLANEY-CRIDDLE

CULTIVO: SORGO

ESTACION: ALMOLOYA DE JUAREZ

CICLO VEGETATIVO: 120 DIAS

INICIO DE SIEMBRA: 19 DE JUNIO

MES	P	t	F	Kt	Kc	U.C.	K'	K _G	J	U.C.'	U.C.' Acum.
JUNIO	8.97	15.94	13.88	0.74	0.51	5.24	0.54	0.70	1.30	6.81	6.81
JULIO	9.20	14.97	13.83	0.71	0.90	8.84	0.54	0.70	1.30	11.49	18.30
AGOSTO	8.92	15.10	13.46	0.71	0.95	9.08	0.54	0.70	1.30	11.80	30.10
SEPTIEMBRE	8.28	14.85	12.40	0.70	0.69	5.99	0.54	0.70	1.30	7.79	37.89

F=53.57

\bar{x} =29.15

USO CONSUNTIVO POR EL MÉTODO DE BLANEY-CRIDDLE

CULTIVO: SORGO

ESTACION: LOS VELAZQUEZ

CICLO VEGETATIVO: 120 DIAS

INICIO DE SIEMBRA: 19 DE JUNIO

MES	P	t	f	Kt	Kc	U.C.	K'	K _G	J	U.C.' ¹	U.C.' ¹ Acum.
JUNIO	8.97	15.29	13.62	0.72	0.51	5.00	0.53	0.70	1.32	6.60	6.60
JULIO	9.20	14.73	13.72	0.70	0.90	8.65	0.53	0.70	1.32	11.42	18.02
AGOSTO	8.92	14.56	13.24	0.69	0.95	8.68	0.53	0.70	1.32	11.46	29.48
SEPTIEMBRE	8.28	14.36	12.21	0.69	0.69	5.81	0.53	0.70	1.32	7.67	37.15

F=52.80

Σ =28.14

USD CONSUNTIVO POR EL METODO DE BLANEY-CRIDDLE

CULTIVO: SORGO

ESTACION: NUEVA SANTA ELENA

CICLO VEGETATIVO: 120 DIAS

INICIO DE SIEMBRA: 19 DE JUNIO

MES	P	t	F	Kt	Kc	U.C.	K'	K _G	J	U.C.'	U.C.' Acum.
JUNIO	8.97	15.22	13.59	0.71	0.51	4.92	0.53	0.70	1.32	6.49	6.49
JULIO	9.20	14.50	13.63	0.69	0.90	8.46	0.53	0.70	1.32	11.17	17.66
AGOSTO	8.92	14.36	13.16	0.69	0.95	8.63	0.53	0.70	1.32	11.39	29.05
SEPTIEMBRE	8.28	14.40	12.23	0.69	0.69	5.82	0.53	0.70	1.32	7.68	36.73

F=52.61

Σ =27.83

USO CONSUNTIVO POR EL METODO DE BLANEY-CRIDDLE

CULTIVO: SORGO

ESTACION: SAN BERNABE

CICLO VEGETATIVO: 120 DIAS

INICIO DE SIEMBRA: 10 DE JUNIO

MES	P	t	f	Kt	Kc	U.C.	K'	K _G	J	U.C.''	U.C.' Acum.
JUNIO	8.97	16.19	13.99	0.74	0.51	5.28	0.55	0.70	1.27	6.71	6.71
JULIO	9.20	15.53	14.07	0.72	0.90	9.12	0.55	0.70	1.27	11.58	18.29
AGOSTO	8.92	15.45	13.61	0.72	0.95	9.31	0.55	0.70	1.27	11.82	30.11
SEPTIEMBRE	8.28	15.47	12.64	0.72	0.69	6.28	0.55	0.70	1.27	7.98	38.09

F=54.31

Z=29.99

USO CONSUNTIVO POR EL METODO DE BLANEY-CRIDDLE

CULTIVO: FRIJOL

ESTACION: ALMOLOYA DE JUAREZ

CICLO VEGETATIVO: 120 DIAS

INICIO DE SIEMBRA: 10 DE OCTUBRE

MES	P	t	f	Kt	Kc	U.C.	K'	K _R	J	U.C.'	U.C.' Acum.
OCTUBRE	8.10	13.85	11.76	0.67	0.86	6.78	0.63	0.65	1.03	6.98	6.98
NOVIEMBRE	7.63	11.91	10.40	0.61	1.17	7.42	0.63	0.65	1.03	7.64	14.62
DICIEMBRE	7.71	10.54	10.02	0.57	1.24	7.08	0.63	0.65	1.03	7.29	21.91
ENERO	7.79	10.05	9.95	0.55	0.96	5.25	0.63	0.65	1.03	5.41	27.32

F=42.13

Σ=26.53

USO CONSUNTIVO POR EL METODO DE BLANEY-CRIDDLE

CULTIVO: FRIJOL

ESTACION: LOS VELAZQUEZ

CICLO VEGETATIVO: 120 DIAS

INICIO DE SIEMBRA: 10 DE OCTUBRE

MES	P	t	f	Kt	Kc	U.C.	K'	K _G	J	U.C.'	U.C.' Acum.
OCTUBRE	8.10	13.17	11.51	0.65	0.86	6.43	0.59	0.65	1.10	7.07	7.07
NOVIEMBRE	7.63	10.64	9.95	0.57	1.17	6.64	0.59	0.65	1.10	7.30	14.37
DICIEMBRE	7.71	9.14	9.53	0.52	1.24	6.14	0.59	0.65	1.10	6.75	21.12
ENERO	7.79	8.11	9.26	0.49	0.96	4.36	0.59	0.65	1.10	4.80	25.92

F=40.25

Σ =23.57

USO CONSUNTIVO POR EL METODO DE BLANEY-CRIDDLE

CULTIVO: FRIJOL

ESTACION: NUEVA SANTA ELENA

CICLO VEGETATIVO: 120 DIAS

INICIO DE SIEMBRA: 1º DE OCTUBRE

MES	P	t	f	Kt	Kc	U.C.	K'	K _G	J	U.C.' ¹	U.C.' ¹ Acum.
OCTUBRE	8.10	13.52	11.64	0.66	0.86	6.61	0.61	0.65	1.07	7.07	7.07
NOVIEMBRE	7.63	11.20	10.15	0.59	1.17	7.01	0.61	0.65	1.07	7.50	14.57
DICIEMBRE	7.71	9.82	9.77	0.55	1.24	6.66	0.61	0.65	1.07	7.13	21.70
ENERO	7.79	9.23	9.66	0.53	0.96	4.92	0.61	0.65	1.07	5.26	26.96

F=41.22

Σ=25.20

USO CONSUNTIVO POR EL METODO DE BLANEY-CRIDDLE

CULTIVO: FRIJOL

ESTACION: SAN BERNABE

CICLO VEGETATIVO: 120 DIAS

INICIO DE SIEMBRA: 19 DE OCTUBRE

MES	P	t	f	Kt	Kc	U.C.	K'	K _G	J	U.C. '	U.C. ' Acum.
OCTUBRE	8.10	14.12	11.86	0.68	0.86	6.94	0.63	0.65	1.03	7.15	7.15
NOVIEMBRE	7.63	11.96	10.42	0.61	1.17	7.44	0.63	0.65	1.03	7.66	14.81
DICIEMBRE	7.71	10.40	9.97	0.56	1.24	6.92	0.63	0.65	1.03	7.13	21.94
ENERO	7.79	9.37	9.71	0.53	0.96	4.94	0.63	0.65	1.03	5.09	27.03

F=41.96

Σ = -26.24

USO CONSUNTIVO POR EL METODO DE THORNTHWAITE

ESTACION: ALMOLOYA DE JUAREZ

MES	t	Ka	i	I	a	E
ENERO	10.05	0.95	2.88	54.32	1.35	3.48
FEBRERO	10.89	0.90	3.25	54.32	1.35	3.67
MARZO	12.99	1.03	4.24	54.32	1.35	5.33
ABRIL	14.88	1.05	5.21	54.32	1.35	6.53
MAYO	15.74	1.13	5.68	54.32	1.35	7.57
JUNIO	15.94	1.11	5.79	54.32	1.35	7.57
JULIO	14.97	1.14	5.26	54.32	1.35	7.14
AGOSTO	15.10	1.11	5.33	54.32	1.35	7.04
SEPTIEMBRE	14.85	1.02	5.20	54.32	1.35	6.32
OCTUBRE	13.85	1.00	4.68	54.32	1.35	5.64
NOVIEMBRE	11.91	0.93	3.72	54.32	1.35	4.28
DICIEMBRE	10.54	0.94	3.09	54.32	1.35	3.67

USO CONSUNTIVO POR EL METODO DE THORNTHWAITTE

ESTACION: LOS VELAZQUEZ

MES	t	Ka	i	I	a	E
ENERO	8.11	0.95	2.08	48.15	1.25	2.92
FEBRERO	9.48	0.90	2.63	48.15	1.25	3.36
MARZO	11.04	1.03	3.32	48.15	1.25	4.66
ABRIL	13.41	1.05	4.45	48.15	1.25	6.06
MAYO	14.77	1.13	5.15	48.15	1.25	7.35
JUNIO	15.29	1.11	5.43	48.15	1.25	7.54
JULIO	14.73	1.14	5.13	48.15	1.25	7.39
AGOSTO	14.56	1.11	5.04	48.15	1.25	7.10
SEPTIEMBRE	14.26	1.02	4.94	48.15	1.25	6.41
OCTUBRE	13.17	1.00	4.33	48.15	1.25	5.64
NOVIEMBRE	10.64	0.93	3.14	48.15	1.25	4.01
DICIEMBRE	9.14	0.94	2.49	48.15	1.25	3.35

USO CONSUNTIVO POR EL METODO DE THORNTHWAITE

ESTACION: NUEVA SANTA ELENA

MES	t	Ka	i	I	a	E
ENERO	9.23	0.95	2.53	50.22	1.28	3.32
FEBRERO	10.32	0.90	3.00	50.22	1.28	3.63
MARZO	12.10	1.03	3.81	50.22	1.28	5.09
ABRIL	13.93	1.05	4.72	50.22	1.28	6.22
MAYO	14.82	1.13	5.18	50.22	1.28	7.25
JUNIO	15.22	1.11	5.39	50.22	1.28	7.37
JULIO	14.50	1.14	5.01	50.22	1.28	7.11
AGOSTO	14.36	1.11	4.94	50.22	1.28	6.84
SEPTIEMBRE	14.40	1.02	4.96	50.22	1.28	6.31
OCTUBRE	13.52	1.00	4.51	50.22	1.28	5.70
NOVIEMBRE	11.20	0.93	3.39	50.22	1.28	4.17
DICIEMBRE	9.82	0.94	2.78	50.22	1.28	3.56

USO CONSUNTIVO POR EL METODO DE THORNTHWAITE

ESTACION: SAN BERNABE

MES	t	Ka	i	I	a	E
ENERO	9.37	0.95	2.59	54.73	1.35	3.14
FEBRERO	10.20	0.90	2.94	54.73	1.35	3.34
MARZO	12.69	1.03	4.10	54.73	1.35	5.13
ABRIL	14.84	1.05	5.19	54.73	1.35	6.46
MAYO	15.94	1.13	5.79	54.73	1.35	7.66
JUNIO	16.19	1.11	5.92	54.73	1.35	7.68
JULIO	15.53	1.14	5.56	54.73	1.35	7.46
AGOSTO	15.45	1.11	5.52	54.73	1.35	7.21
SEPTIEMBRE	15.47	1.02	5.53	54.73	1.35	6.64
OCTUBRE	14.12	1.00	4.82	54.73	1.35	5.75
NOVIEMBRE	11.96	0.93	3.74	54.73	1.35	4.27
DICIEMBRE	10.40	0.94	3.03	54.73	1.35	3.58

PRECIPITACION (mm)

EST: AIMOLOVA DE JUAREZ

AÑOS	ENERO	FEB.	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.
1	80.0	19.0	62.0	74.5	117.0	213.0	272.4	291.0	196.0	137.0	35.0	38.0
2	44.0	16.0	48.5	72.0	110.4	199.5	204.5	245.0	167.0	118.0	32.0	25.0
3	32.5	12.0	30.0	67.5	109.0	193.0	198.0	229.5	161.5	118.0	30.0	23.0
4	15.5	11.5	28.0	63.0	92.0	181.5	193.5	189.5	156.5	106.1	28.0	19.5
5	14.0	10.0	28.0	45.0	90.0	180.5	192.0	175.5	153.0	103.5	19.0	16.5
6	9.0	7.0	24.0	38.0	84.5	174.0	187.0	170.5	138.0	102.0	17.0	15.0
7	7.0	6.0	12.5	33.0	83.5	164.5	176.0	168.0	130.8	101.0	14.0	13.5
8	6.0	6.0	12.0	30.1	82.2	148.0	168.0	148.0	129.0	87.5	12.5	13.0
9	4.0	5.0	10.5	29.0	81.5	148.0	165.5	147.0	128.5	85.5	11.0	10.0
10	3.0	4.5	8.5	20.5	65.5	126.0	161.0	131.0	127.0	66.5	7.0	6.0
11	2.0	2.0	8.5	20.5	62.5	114.0	159.0	128.5	120.5	46.0	4.0	1.5
12	0.0	1.0	1.0	16.5	59.0	107.0	144.0	127.5	110.5	44.5	2.0	1.0
13	0.0	0.0	0.0	14.5	57.0	105.0	141.5	98.0	109.0	44.0	2.0	0.0
14	0.0	0.0	0.0	9.5	54.5	103.5	133.0	97.0	103.5	42.0	0.0	0.0
15	0.0	0.0	0.0	8.0	46.0	85.3	120.0	95.5	100.0	41.0	0.0	0.0
16	0.0	0.0	0.0	6.0	41.0	77.0	124.5	95.5	100.0	39.0	0.0	0.0
17	0.0	0.0	0.0	4.0	39.0	75.0	110.1	95.5	87.0	25.0	0.0	0.0
18	0.0	0.0	0.0	3.0	35.0	72.3	90.0	90.0	86.5	20.0	0.0	0.0
19	0.0	0.0	0.0	3.0	17.0	64.7	78.5	85.5	81.0	12.0	0.0	0.0
20	0.0	0.0	0.0	1.0	5.0	59.5	73.0	80.0	68.5	0.0	0.0	0.0

N = 20

0.8(N) = 0.8(20) = 16

que le corresponde Tr = 1.25

PRECIPITACION .(mm)

EST: LOS VELAZQUEZ

AÑOS	ENERO	FEB.	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.
1	65.0	35.5	58.4	106.0	137.0	224.1	263.6	295.3	208.4	156.4	66.1	49.2
2	60.7	30.9	46.6	55.7	127.6	191.5	252.7	234.8	190.3	154.6	21.0	42.7
3	53.0	25.0	41.0	44.7	105.9	190.5	224.1	233.8	178.0	137.5	19.4	21.0
4	23.0	20.5	32.0	37.9	102.7	186.6	212.1	222.8	172.0	97.8	17.5	12.0
5	7.0	19.0	16.0	36.5	95.3	184.0	196.0	216.0	154.9	85.0	17.0	10.5
6	6.5	14.5	13.0	35.6	94.5	178.8	195.7	206.5	151.6	78.4	10.5	9.0
7	5.0	5.1	10.0	32.5	94.0	175.8	189.5	175.5	145.5	76.2	10.3	8.9
8	4.8	4.5	8.0	28.1	84.5	175.5	181.0	151.0	137.3	66.3	9.0	6.8
9	4.0	4.0	8.0	17.8	81.1	165.3	167.8	148.1	130.0	65.5	7.5	6.0
10	3.2	3.0	7.7	16.1	71.7	152.9	148.6	140.0	119.1	60.0	6.9	5.0
11	2.0	2.0	5.0	15.0	61.2	129.6	144.2	134.2	102.3	57.5	6.6	4.0
12	1.0	1.5	0.0	7.1	50.5	124.9	143.0	121.0	94.0	39.0	3.5	2.8
13	0.5	1.2	0.0	3.0	41.0	115.0	127.3	119.2	93.2	35.0	2.5	2.0
14	0.0		0.0	0.0	40.0	89.2	123.2	101.2	92.0	17.8	1.8	1.0
15	0.0	0.0	0.0	0.0	27.5	68.7	120.4	101.2	70.0	15.1	1.0	0.0

N = 15

$0.8(N) = 0.8(15) = 12$

que le corresponde $T_r = 1.25$

PRECIPITACION (mm)

EST: NUEVA SANTA ELENA

AÑOS	ENERO	FEB.	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.
1	59.5	32.0	57.0	35.5	129.5	182.0	307.5	314.0	234.0	131.5	79.5	38.5
2	21.8	22.0	33.0	33.5	93.5	173.5	235.0	265.0	228.0	117.5	30.5	28.0
3	8.0	12.0	31.5	30.0	93.0	161.0	226.5	219.8	190.0	113.5	27.5	28.0
4	5.0	8.0	26.0	24.5	84.8	148.0	211.5	160.5	145.5	82.0	12.5	23.5
5	4.5	7.0	25.5	22.5	78.3	136.0	195.5	127.0	142.5	69.0	9.5	11.0
6	4.5	7.0	18.0	12.0	54.0	131.7	183.0	126.5	140.5	63.0	8.0	8.5
7	2.0	6.5	0.0	10.0	47.5	126.5	176.5	122.0	141.0	58.0	7.0	5.0
8	1.0	3.5	0.0	4.0	33.7	105.0	132.0	109.5	133.3	49.0	6.5	2.5
9	0.5	0.0	0.0	3.5	16.5	99.5	130.0	102.0	119.5	40.5	6.5	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	15.5	85.5	119.5	87.5	118.0	11.5	6.0	0.0

N = 10

 $0.8(N) = 0.8(10) = 8$ que le corresponde $T_r = 1.25$

PRECIPITACION (mm)

EST: SAN BERNABE

AÑOS	ENERO	FEB.	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.
1	88.9	24.9	79.9	89.6	146.8	221.1	252.3	260.7	232.1	152.6	53.5	37.3
2	73.6	20.7	64.9	74.4	144.5	209.6	230.7	236.2	179.1	150.1	48.8	34.5
3	59.1	20.6	41.8	61.0	93.4	183.7	214.1	233.0	168.1	109.7	24.2	20.0
4	45.1	17.3	33.7	43.8	91.0	170.6	192.3	201.5	164.2	102.6	21.6	16.4
5	14.2	10.9	27.0	39.3	77.7	157.7	191.9	177.6	162.9	101.0	20.5	14.5
6	8.7	9.6	24.1	35.5	76.5	146.8	186.7	173.0	157.1	90.0	20.4	11.6
7	6.6	7.0	22.2	32.2	72.3	144.5	186.4	163.8	155.6	79.2	20.1	10.7
8	6.5	5.8	20.9	31.0	64.3	135.3	184.0	162.1	153.4	65.7	18.1	9.3
9	6.0	5.7	17.2	28.3	59.6	133.2	181.5	144.2	143.1	64.8	12.9	8.6
10	5.3	3.9	14.5	27.6	57.7	131.8	176.9	134.6	125.2	59.1	11.6	6.1
11	4.1	1.5	11.9	25.3	56.8	119.6	164.0	133.0	120.5	57.2	10.9	6.1
12	3.3	1.4	5.4	23.4	47.7	117.6	161.5	128.2	116.7	54.2	8.3	6.1
13	2.4	1.1	3.6	17.7	35.2	114.9	156.1	119.6	103.0	41.2	8.0	5.0
14	1.4	1.1	2.6	15.6	34.5	114.1	132.8	113.2	99.5	35.9	6.6	2.4
15	1.2	1.0	2.2	13.0	31.9	96.6	130.2	113.0	98.4	35.9	5.0	2.3
16	1.1	0.8	0.9	9.0	29.2	94.0	120.5	106.7	90.3	32.9	4.3	1.9
17	0.0	0.0	0.0	8.2	27.1	93.7	111.4	104.4	89.1	22.3	2.7	0.2
18	0.0	0.0	0.0	3.6	27.1	84.9	99.7	67.6	85.4	13.2	0.4	0.0

N = 18

 $0.8(N) = 0.8(18) = 15$ que le corresponde $T_r = 1.25$

C A L C U L O D E L L U V I A E F E C T I V A

ESTACION: ALMOLOYA DE JUAREZ

MES	Precipitación (P) (mm)	0.8(P) (cm)	E_t (cm)	$0.9E_t^{0.75}$	Lluvia efectiva (cm)	Lluvia efectiva ajustada al (cm)
ENERO	0.0	0.00	3.48	2.29	-	-
FEBRERO	0.0	0.00	3.67	2.39	-	-
MARZO	0.0	0.00	5.33	3.16	-	-
ABRIL	6.0	0.48	6.53	3.68	-	-
MAYO	41.0	3.28	7.57	4.11	-	-
JUNIO	77.0	6.16	7.57	4.11	3.85	4.00
JULIO	124.5	9.96	7.14	3.93	6.23	6.00
AGOSTO	95.5	7.64	7.04	3.89	4.78	5.00
SEPTIEMBRE	100.0	8.00	6.32	3.59	5.00	5.00
OCTUBRE	39.0	3.12	5.64	3.29	-	-
NOVIEMBRE	0.0	0.00	4.28	2.68	-	-
DICIEMBRE	0.0	0.00	3.67	2.39	-	-

Cuando $0.8P \geq 0.9E_t^{0.75}$, hay lluvia efectiva y se considera igual a $0.5(P)$.

CALCULO DE LLUVIA EFECTIVA

ESTACION: LOS VELAZQUEZ

MES	Precipitación (P) (mm)	0.8(P) (cm)	E_t (cm)	$0.9E_t^{0.75}$	Lluvia efectiva (cm)	Lluvia efectiva ajustada al (cm)
ENERO	1.0	0.08	2.92	2.01	-	-
FEBRERO	1.5	0.12	3.36	2.23	-	-
MARZO	0	0.00	4.66	2.85	-	-
ABRIL	7.1	0.57	6.06	3.48	-	-
MAYO	50.5	4.04	7.35	4.02	2.53	3.00
JUNIO	124.9	9.99	7.54	4.10	6.25	6.00
JULIO	143.0	11.44	7.39	4.03	7.15	7.00
AGOSTO	121.0	9.68	7.10	3.91	6.05	6.00
SEPTIEMBRE	94.0	7.52	6.41	3.63	4.70	5.00
OCTUBRE	39.0	3.12	5.64	3.29	-	-
NOVIEMBRE	3.5	0.28	4.01	2.55	-	-
DICIEMBRE	2.8	0.22	3.35	2.23	-	-

Cuando $0.8P \geq 0.9E_t^{0.75}$, hay lluvia efectiva y se considera igual a $0.5(P)$.

CALCULO DE LA LLUVIA EFECTIVA

ESTACION: NUEVA SANTA ELENA

MES	Precipitación (P) (mm)	0.8(P) (cm)	E_t (cm)	$0.9E_t^{0.75}$	Lluvia efectiva (cm)	Lluvia efectiva ajustada al (cm)
ENERO	1.0	0.08	3.32	2.21	-	-
FEBRERO	3.5	0.28	3.63	2.37	-	-
MARZO	0.0	0.00	5.09	3.05	-	-
ABRIL	4.0	0.32	6.22	3.54	-	-
MAYO	33.7	2.70	7.25	3.98	-	-
JUNIO	105.0	8.40	7.37	4.03	5.25	5.00
JULIO	132.0	10.56	7.11	3.92	6.60	7.00
AGOSTO	109.5	8.76	6.84	3.81	5.48	5.00
SEPTIEMBRE	133.3	10.66	6.31	3.58	6.67	7.00
OCTUBRE	49.0	3.92	5.70	3.32	2.45	2.00
NOVIEMBRE	6.5	0.52	4.17	2.63	-	-
DICIEMBRE	2.5	0.20	3.56	2.33	-	-

Cuando $0.8P \geq 0.9E_t^{0.75}$, hay lluvia efectiva y se considera igual a $0.5P$

CÁLCULO DE LLUVIA EFECTIVA

ESTACION: SAN BERNABE

MES	Precipitación (P) (mm)	0.8(P) (cm)	E_t (cm)	$0.9E_t^{0.75}$	Lluvia efectiva (cm)	Lluvia efectiva ajustada al (cm)
ENERO	1.2	0.10	3.14	2.12	-	-
FEBRERO	1.0	0.08	3.34	2.22	-	-
MARZO	2.2	0.18	5.13	3.07	-	-
ABRIL	13.0	1.04	6.46	3.65	-	-
MAYO	31.9	2.55	7.66	4.14	-	-
JUNIO	96.6	7.73	7.68	4.15	4.83	5.00
JULIO	130.2	10.42	7.46	4.06	6.51	7.00
AGOSTO	113.0	9.04	7.21	3.96	5.65	6.00
SEPTIEMBRE	98.4	7.87	6.64	3.72	4.92	5.00
OCTUBRE	35.9	2.87	5.75	3.34	-	-
NOVIEMBRE	5.0	0.40	4.27	2.67	-	-
DICIEMBRE	2.3	0.18	3.58	2.34	-	-

Cuando $0.8P \geq 0.9E_t^{0.75}$, hay lluvia efectiva y se considera igual a $0.5(P)$.

RESUMEN DE USOS CONSUNTIVOS ACUMULADOS
Y LLUVIA EFECTIVA POR ESTACION

ESTACION CULTIVO	ALMOL YA DE JUAREZ	LOS VELAZ QUEZ	NUEVA SANTA ELENA	SAN BERNA BE
MAIZ	73.33	72.35	72.32	73.80
TRIGO	44.94	42.34	43.91	44.32
MAIZ DE INV.	52.20	49.15	49.92	50.77
SORGO	37.89	37.15	36.73	38.09
FRIJOL	27.32	25.92	26.96	27.03
LLUVIA EFECT.	20.00	27.00	26.00	23.00

USOS CONSUNTIVOS ACUMULADOS, AFECTADOS POR EL PORCENTAJE DE
AREA QUE LES CORRESPONDE

ESTACION CULTIVO	% AREA	ALMOLO YA DE JUAREZ	LOS VELAZ QUEZ	NUEVA SANTA ELENA	SAN BERNA BE
MAIZ	30	23.20	21.71	21.70	22.14
TRIGO	25	11.24	10.59	10.98	11.08
MAIZ DE INV.	25	13.05	12.29	12.48	12.69
SORGO	15	5.68	5.57	5.51	5.71
FRIJOL	5	1.37	1.30	1.35	1.35
Σ	100	54.54	51.46	52.02	52.97
LLUVIA EFECT.		20.00	27.00	26.00	23.00

Al analizar los usos consuntivos y la lluvia efectiva de las estaciones:

Almoleya de Juárez

Los Velázquez

Nueva Santa Elena

San Bernabé

Se observó que la estación que presenta el uso consuntivo más alto, así como la lluvia efectiva menor es la de Almoleya de Juárez, por lo cual se calculará el coeficiente unitario de riego a partir de los datos proporcionados por la misma.

Superficie = 1000 Ha.

CULTIVO	% DE LA SUPERFICIE
Maiz	30
Trigo	25
Maiz de invierno	25
Sorgo	15
Frijol	5

CULTIVO	SUPERFICIE
Maiz	300 Ha.
Trigo	250 Ha.
Maiz de invierno	250 Ha.
Sorgo	150 Ha.
Frijol	50 Ha.

USOS CONSUNTIVOS

CULTIVO	Mes		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL
	Ha.														
MAIZ	300				2.34	6.31	9.65	12.79	13.64	13.14	10.91	4.55			73.33
TRIGO	250	4.13	7.87	13.72	13.38	4.77								1.07	44.94
MAIZ DE INV.	250	7.75	8.98	11.95	12.66								4.88	5.98	52.20
SORGO	150						6.81	11.49	11.80	7.79					37.89
FRIJOL	50	5.41										6.98	7.64	7.29	27.32

ESTACION: ALMOLOYA DE JUAREZ

LAMINAS TEORICAS DE RIEGO

$$L = 0.80 (PS_{cc} - PS_{pmp}) \cdot Da \cdot P_R$$

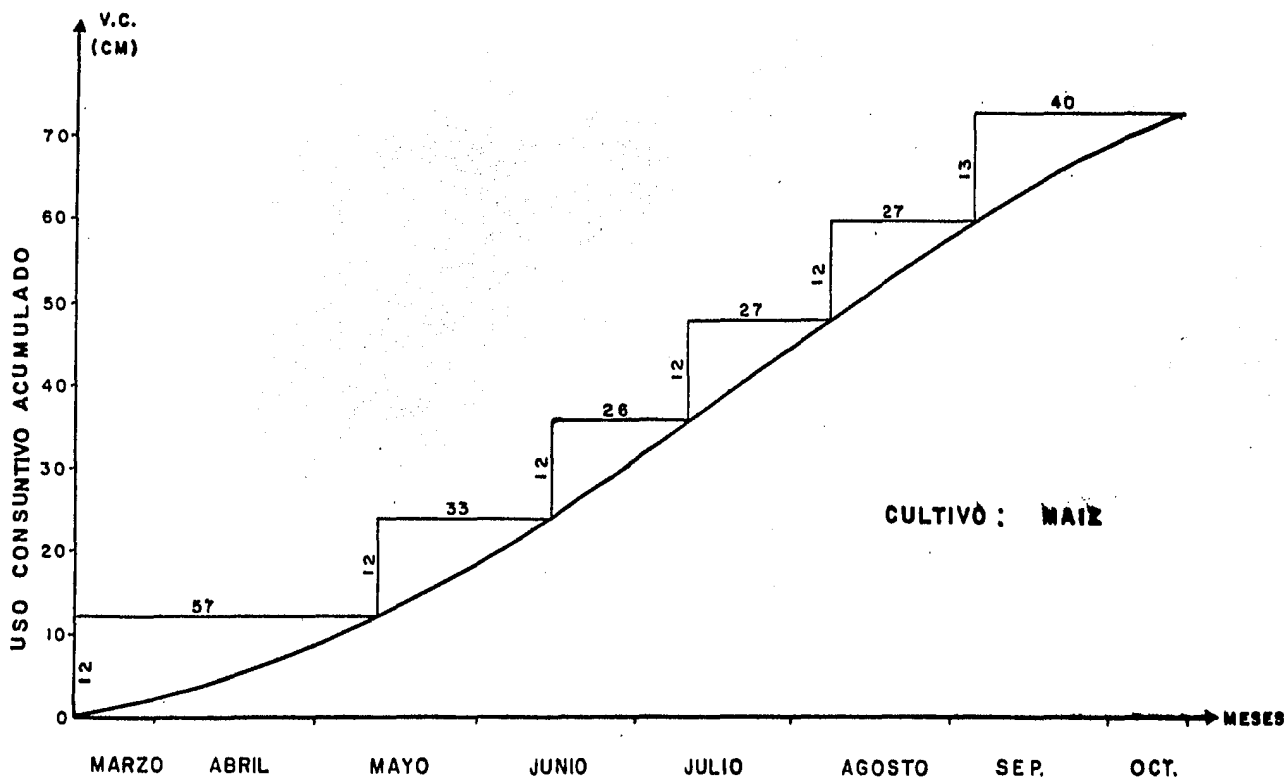
PS_{cc} = Capacidad de campo

PS_{pmp} = Porcentaje de marchitamiento por momento

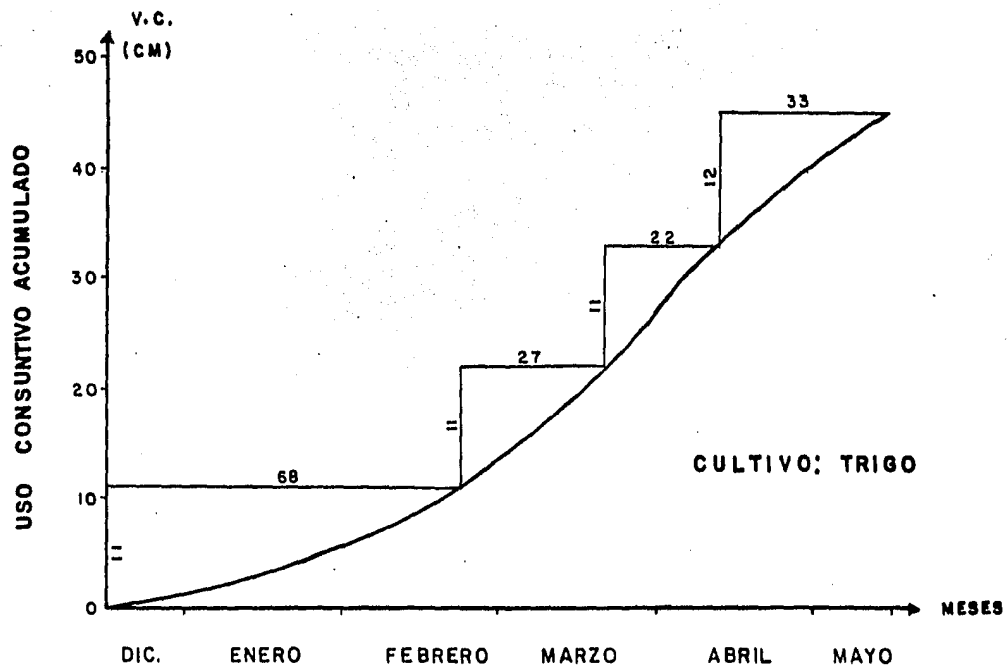
Da = Densidad aparente del suelo

P_R = Profundidad radicular

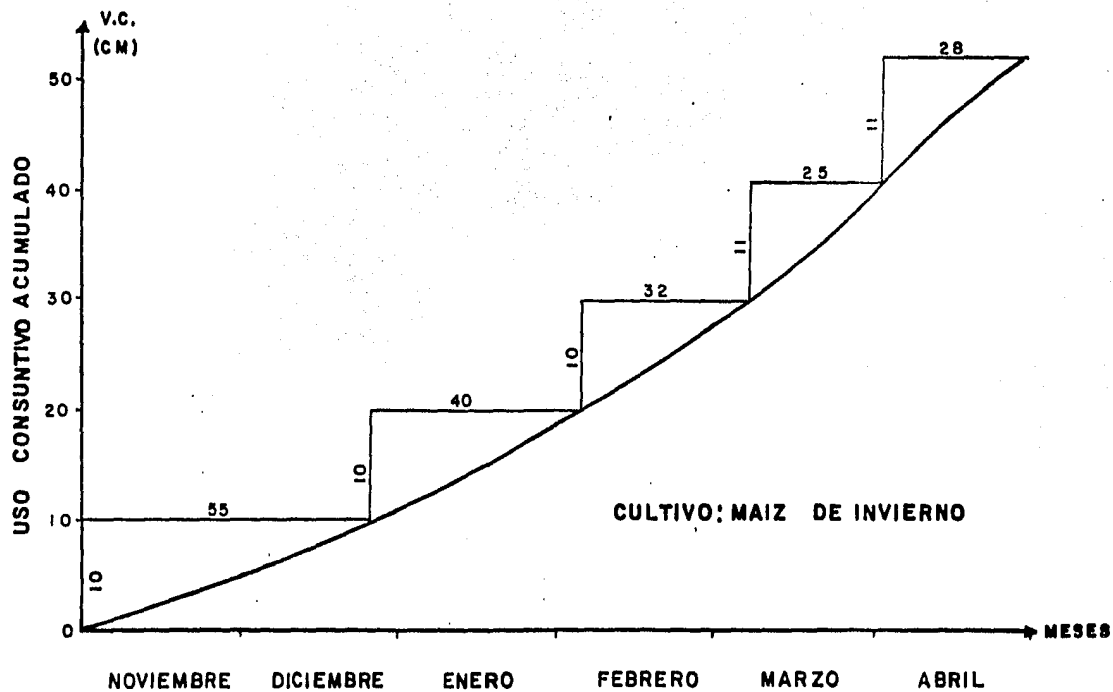
CULTIVO	PS_{cc}	PS_{pmp}	Da	P_R	L (cm)
MAIZ	29	15	1.20	90	12.00
TRIGO	29	15	1.20	90	12.00
MAIZ DE INV.	29	15	1.20	90	12.00
SORGO	29	15	1.20	90	12.00
FRIJOL	29	15	1.20	60	8.00



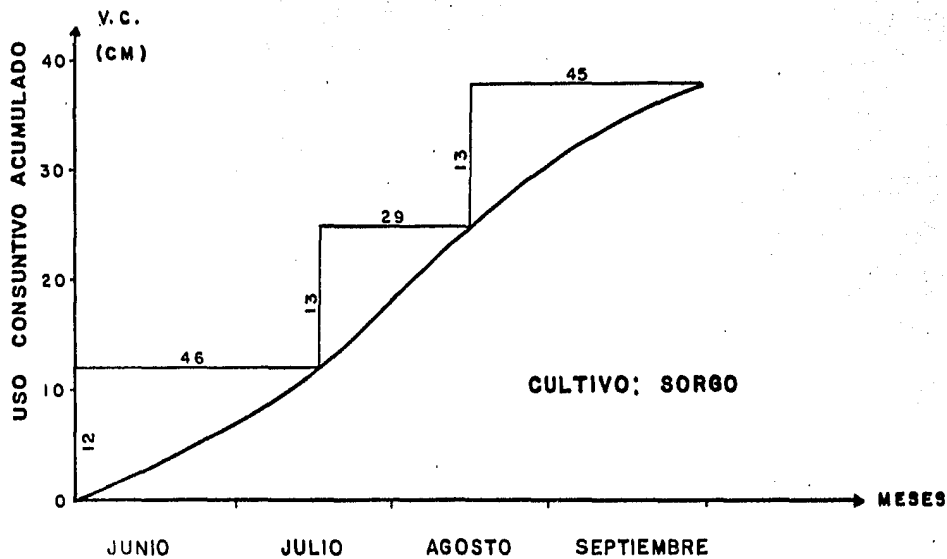
GRAFICA DE LAMINAS E INTERVALOS DE RIEGO



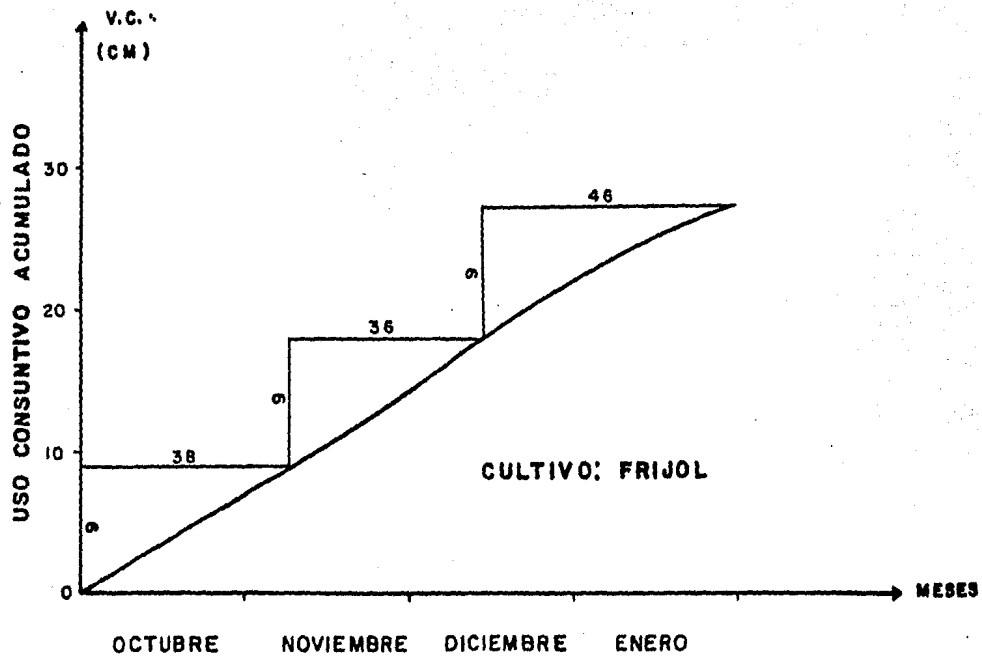
GRAFICA DE LAMINAS E INTERVALOS DE RIEGO



GRAFICA DE LAMINAS E INTERVALOS DE RIEGO



GRAFICA DE LAMINAS E INTERVALOS DE RIEGO



GRAFICA DE LAMINAS E INTERVALOS DE RIEGO

LAMINAS DE RIEGO

LLUVIA EFEC.					4	6	5	5					
CULTIVO	Hé. Mes	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
MAIZ	300			12		12	12	12	12	13			
TRIGO	250		11	11	12								11
MAIZ DE INV.	250		10	11	11							10	10
SORGO	150						12	13	13				
FRIJOL	50										9	9	9

ESTACION: ALMOLOYA DE JUAREZ.

LAMINAS NETAS DE RIEGO

(LAMINAS DE RIEGO-LLUVIA EFECTIVA)

CULTIVO	Ha. Mes	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
MAIZ	300			12		8	6	7	7	13			
TRIGO	250		11	11	12								11
MAIZ DE INV.	250		10	11	11							10	10
SORGO	150						6	8	8				
FRIJOL	50										9	9	9

ESTACION: ALMOLOYA DE JUAREZ

E F I C I E N C I A S

Eficiencia de conducción dependiendo del tipo y material con que se efectúa la conducción se tienen distintas pérdidas, que a su vez reflejan la eficiencia de conducción, teniéndose para canales de tierra un rango de 0.50 y 0.75, mientras que con canales revestidos de un 0.75 a 0.90.

En este caso se consideró para canales de tierra una eficiencia del 70%, para canales de mampostería del 75%, mientras que para el concreto del 85%.

Eficiencia parcelaria: Dependiendo del tipo de terreno y del agricultor, existen diferentes valores de eficiencia parcelaria que a continuación se presentan:

Terrenos no nivelados	50%
Terrenos nivelados y agricultores poco eficientes	60%
Terrenos nivelados y agricultores eficientes	75%

Para obtener la lámina bruta y volumen bruto, es necesario dividir la lámina neta entre la eficiencia del sistema es decir la eficiencia de conducción y eficiencia parcelaria (el producto de ambas).

Para efectos de cálculo se trabajó con una eficiencia de conducción del 85% (canales de concreto) y de parcelaria del 70%.

VOLUMENES DE DEMANDA (Mill. M³)

SUPERFICIE = 1000 Ha.

CULTIVO	Mes		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
	Ha.													
MAIZ	300				0.36		0.24	0.18	0.21	0.21	0.39			
TRIGO	250			0.28	0.28	0.30								0.28
MAIZ DE INV.	250			0.25	0.28	0.28							0.25	0.25
SORGO	150							0.09	0.12	0.12				
FRIJOL	50											0.05	0.05	0.05
VOLUMEN NETO Mill. M ³	4.52	-		0.53	0.92	0.58	0.24	0.27	0.33	0.33	0.39	0.05	0.30	0.58
%	100	0		12	20*	13	5	6	7	7	9	1	7	13

Riego completo.-

Mes de máxima demanda: Marzo

$$\text{Lámina neta} = \frac{4520000}{1000 \times 10^4} = 0.45 \text{ m}$$

$$\text{Lámina bruta} = \frac{0.45}{0.595} = 0.76 \text{ m}$$

$$\text{Volumen bruto} = \frac{4.52}{0.595} = 7.60 \times 10^6 \text{ m}^3$$

ESTACION: ALMOLOYA DE JUAREZ

MES DE MAXIMA DEMANDA: MARZO

CULTIVO	SUPERFICIE (Ha)	LAMINA MENSUAL	LAMINA DIARIA
MAIZ	300	12	0.40
TRIGO	250	11	0.37
MAIZ DE INV.	250	11	0.37

ESTACION: A LMOLVOYA DE JUAREZ

CULTIVO	LAMINA DIARIA (cm)	SUPER FICIE (Ha)	VOLUMEN (MILLM ³)	SUPERFICIE ACU MULADA (Ha)	VOLUMEN ACUMULA DO (MILLM ³)	COEFI- CIENTE NETO	COEFICIENTE BRUTO		
							TIERRA $v_c = 45.5\%$	MAMPOS $v_c = 48.75\%$	CONCRE- $v_c = 59.0\%$
MAIZ	0.40	300	0.012	300	0.012	0.4630	1.0176	0.9497	0.7782
TRIGO	0.37	250	0.009	550	0.021	0.4419	0.9712	0.9065	0.7427
MAIZ DE INV.	0.37	250	0.009	800	0.030	0.4340	0.9538	0.8903	0.7294

TIERRA MAMPOSTERIA CONCRETO
 CONDUCCION $v_c = 70\%$ $v_c = 75\%$ $v_c = 85\%$
 PARCELARIA $v_p = 65\%$ $v_p = 65\%$ $v_p = 70\%$

ESTACION: ALMOLOYA DE JUAREZ

V. COEFICIENTE UNITARIO DE DRENAJE

Considerando que la futura red de drenaje se basará en la formada por las corrientes naturales de la zona, se seleccionaron algunas de ellas de acuerdo a sus características de área, pendiente y longitud del cauce principal.

Las cuencas seleccionadas corresponden a los arroyos San Agustín, San Pedro de la Hortaliza, Las Conejeras y Las Nopaleras, con áreas menores a 50 Km² y mayores a 5 Km².

Los arroyos San Agustín y San Pedro H. inciden en la parte Oeste de la zona de riego, confluyendo dentro de ella y descargando sus escurrimientos a la presa Antonio Alzate; el arroyo Las Conejeras se origina en el Este de la zona de riego, cruzándola y aportando sus escurrimientos a la Presa Ignacio Ramírez, finalmente el arroyo Las Nopaleras inicia su recorrido a la altura del poblado Cieneguillas acercándose por el Oeste a la zona de riego vertiendo sus escurrimientos a la Presa Antonio Alzate.

El área de cuenca, la longitud y la pendiente del cauce principal se obtuvieron a partir de la topografía consignada en las cartas de DETENAL. En el cálculo de la pendiente se aplicó el método de Taylos Schwartz.

Los resultados obtenidos se presentan en el cuadro V.1.

CARACTERISTICAS FISICAS DE LAS CUENCAS

CUENCA	AREA (km ²)	LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL. (m)	PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL.
San Agustín	41.00	18500	0.0246
San Pedro H.	40.40	17400	0.0412
Las Conejeras	11.14	8750	0.00635
Las Nopaleras	7.38	5200	0.00587

CUADRO V. 1

Para conocer los gastos máximos con los que se diseñará la red de drenaje, además del análisis de las características físicas de las cuencas, se requiere el estudio climatológico de la zona.

El análisis climatológico consiste en determinar la lluvia de diseño para períodos de retorno de 5 y 10 años para distintas duraciones de tormenta, a partir de datos del pluviógrafo de la estación climatológica Hacienda La "Y" aplicando la distribución de Gumbel.

Con esta información se procede a calcular los gastos máximos con los métodos de Chow y del Hidrograma Unitario Triangular, los cuales divididos entre el área de la cuenca dan como resultado los coeficientes unitarios de drenaje.

Los períodos de retorno seleccionados, 5 y 10 años, fueron elegidos de acuerdo al tipo de obra que se pretende establecer, para lo cual se tomaron en consideración, entre otros factores: la vida útil del sistema, el costo de la misma y el riesgo que existiría si se presentara una avenida mayor a la calculada.

INTENSIDADES DE LLUVIA MAXIMA (mm/hr)
 PARA DIFERENTES DURACIONES d (min) EN
 LA ESTACION HACIENDA LA "Y"

No. DE ORDEN	d T _r	5	10	15	20	30	45	60	80	100	120
		1	13.00	211.2	161.1	137.6	115.2	81.0	55.3	42.1	31.7
2	6.50	168.0	115.2	83.4	76.8	56.8	40.1	32.6	29.6	25.5	21.4
3	4.33	122.4	96.0	83.3	70.5	53.0	36.7	31.4	23.6	18.9	15.7
4	3.25	120.0	92.6	82.0	66.9	47.3	36.5	29.0	21.8	17.4	15.1
5	2.60	120.0	90.3	79.0	66.5	45.9	31.8	25.1	19.6	17.1	14.5
6	2.17	115.2	81.4	71.7	65.8	45.8	31.5	24.5	19.6	16.1	14.1
7	1.86	110.4	75.7	68.9	65.1	45.4	31.3	23.7	19.0	15.5	13.7
8	1.63	108.0	66.0	56.3	53.4	38.5	29.3	23.3	18.8	15.4	13.4
9	1.44	108.0	62.0	54.9	49.5	38.3	27.4	21.2	16.5	15.0	13.3
10	1.30	106.8	55.8	51.0	48.8	36.5	24.3	10.8	16.1	14.2	13.1
11	1.18	102.0	54.0	44.0	46.5	33.1	23.0	18.2	16.1	14.0	10.8
12	1.08	100.8	49.10	37.7	29.1	23.4	19.7	17.2	14.3	12.9	10.6
13	1.00	61.2	43.8	37.2	28.2	22.3	18.6	15.2	12.6	10.9	9.4

Cuadro V.2.

Debido a que se cuenta con registros de precipitación pluvial máxima en 24 horas durante 36 años, de 1944 a 1979, en la estación -- Hacienda de la "Y", para aplicar el método estadístico de Gumbel con mayor aproximación se utilizan estos datos:

AÑO	MAX. 24 HRS. (mm)
1943	-
1944	28.5
1945	29.4
1946	40.3
1947	30.1
1948	30.0
1949	30.5
1950	26.0
1951	35.3
1952	37.3
1953	31.2
1954	32.7
1955	35.2
1956	30.8
1957	37.0
1958	62.8

AÑO	MAX. 24 HRS. (mm)
1959	45.8
1960	46.1
1961	75.7
1962	62.6
1963	50.3
1964	31.6
1965	46.2
1966	36.2
1967	65.8
1968	53.7
1969	47.4
1970	36.2
1971	35.1
1972	35.5
1973	39.9
1974	44.5
1975	72.8
1976	42.2
1977	37.1
1978	33.5
1979	47.2

No. ORDEN	MAX. 24 HRS. (mm)	Tr
1	75.7	36.00
2	72.8	18.00
3	65.8	12.00
4	62.8	9.00
5	62.6	7.20
6	53.7	6.00
7	50.3	5.14
8	47.4	4.50
9	47.2	4.00
10	46.2	3.60
11	46.1	3.27
12	45.8	3.00
13	44.5	2.77
14	42.2	2.57
15	40.3	2.40
16	39.9	2.25
17	37.3	2.12
18	37.1	2.00
19	37.0	1.89
20	36.2	1.80

No. ORDEN	MAX. 24 HRS. (mm)	Tr
21	36.2	1.71
22	35.5	1.64
23	35.3	1.57
24	35.2	1.50
25	35.1	1.44
26	33.5	1.38
27	32.7	1.33
28	31.6	1.29
29	31.2	1.24
30	30.8	1.20
31	30.5	1.16
32	30.1	1.13
33	30.0	1.09
34	29.4	1.06
35	28.5	1.03
36	26.0	1.00

Para calcular la intensidad de lluvia máxima para un periodo de retorno determinado con el método de Gumbel, se usa la siguiente ecuación:

$$X_{m\acute{a}x} = \bar{X} - \frac{\sigma_x}{\sqrt{n}}(Y_n - \ln T_r)$$

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N X_i^2 - N\bar{X}^2}{N - 1}}$$

donde:

- N número de datos
- X_i intensidades máximas registradas, en mm/hr
- $\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N}$ intensidad media, en mm/hr
- $X_{m\acute{a}x}$ intensidad máxima para un periodo de retorno determinado, en mm/hr
- T_r periodo de retorno
- \sqrt{n}, Y_n constantes función de N , tabla V.1.
- σ_x desviación estándar de los gastos.

d (min)	5	10	15	20	30	45	60	80	100	120
\bar{X} (mm/hr)	119.54	80.23	68.23	60.18	43.64	31.19	24.95	19.95	16.89	14.41
σ_x	35.77	32.15	26.90	22.39	15.18	9.76	7.34	5.61	4.57	3.77

d(min)	1440
\bar{X} (mm)	41.74
σ_x	12.73

Cuadro V.3.

De la tabla V.1 para $N=13$ se tiene $Y_n=0.5070$ y ----
 $n=0.9972$, por lo tanto la expresión de Gumbel queda:

$$X_{\text{máx}} = \bar{X} - \frac{r_x}{0.9972} (0.5070 - \ln T_r)$$

Para $N = 36$ resulta $Y_n = 0.5410$ y $n = 1.1313$

$$X_{\text{máx}} = \bar{X} - \frac{r_x}{1.1313} (0.5410 - \ln T_r)$$

N	Y _n	\bar{Y}_n	N	Y _n	\bar{Y}_n
8	.4843	.9043	49	.5481	1.1590
9	.4902	.9288	50	.54854	1.16066
10	.4952	.9497	51	.5489	1.1623
11	.4996	.9676	52	.5493	1.1638
12	.5035	.9833	53	.5497	1.1653
13	.5070	.9972	54	.5501	1.1667
14	.5100	1.0095	55	.5504	1.1681
15	.5128	1.02057	56	.5508	1.1696
16	.5157	1.0316	57	.5511	1.1708
17	.5181	1.0411	58	.5515	1.1721
18	.5202	1.0493	59	.5518	1.1734
19	.5220	1.0566	60	.55208	1.17467
20	.52355	1.06283	62	.5527	1.1770
21	.5252	1.0696	64	.5533	1.1793
22	.5268	1.0754	66	.5538	1.1814
23	.5283	1.0811	68	.5543	1.1834
24	.5296	1.0864	70	.55477	1.18536
25	.5308	1.09145	72	.5552	1.1873
26	.5320	1.0961	74	.5557	1.1890
27	.5332	1.1004	76	.5561	1.1906
28	.5343	1.1047	78	.5565	1.1923
29	.5353	1.086	80	.55688	1.19382
30	.53622	1.11238	82	.5572	1.1953
31	.5371	1.1159	84	.5576	1.1967
32	.5380	1.1193	86	.5580	1.1980
33	.5388	1.1226	88	.5583	1.1994
34	.5396	1.1255	90	.55860	1.20073
35	.54034	1.12847	92	.5589	1.2020
36	.5410	1.1313	94	.5592	1.2032
37	.5418	1.1339	96	.5595	1.2044
38	.5424	1.1363	98	.5598	1.2055
39	.5430	1.1388	100	.56002	1.20649
40	.54362	1.14132	150	.56461	1.22534
41	.5442	1.1436	200	.56715	1.23598
42	.5448	1.1458	250	.56878	1.24292
43	.5453	1.1480	300	.56993	1.24786
44	.5458	1.1499	400	.57144	1.25450
45	.54630	1.15185	500	.57240	1.25880
46	.5468	1.1538	750	.57377	1.26506
47	.5473	1.1557	1000	.57450	1.26851
48	.5477	1.1574		.57722	1.28255

Table V.1.

INTENSIDADES DE LLUVIA MAXIMA (EN mm/hr) PARA DIFERENTES DURACIONES ASOCIADAS A SU PERIODO DE RETORNO, APLICANDOSE LA DISTRIBUCION GUMBEL EN LA

ESTACION HACIENDA *Y*

Tr. d (años)	5 (min.)	15 (min.)	30 (min.)	60 (min.)	120 (min.)	1440* (min.)
5	159.08	97.97	60.42	33.06	18.58	53.76
10	183.95	116.67	70.97	38.17	21.20	61.56
15	198.49	127.60	77.15	41.15	22.73	66.12
20	208.81	135.36	81.53	43.27	23.82	69.36
25	216.82	141.38	84.92	44.91	24.66	71.87
30	223.36	146.30	87.70	46.25	25.35	73.92
35	228.99	150.46	90.04	47.39	25.93	75.66
40	233.68	154.06	92.08	48.37	26.44	77.16
45	237.90	157.24	93.87	49.24	26.88	78.49
50	241.68	160.08	95.47	50.01	27.28	79.67

* ALTURA DE LLUVIA (EN mm) PARA UNA DURACION DE 24 hr.

Cuadro V.4

ESTACION HACIENDA LA "Y"

CURVAS INTENSIDAD-DURACION-PERODO DE RETORNO

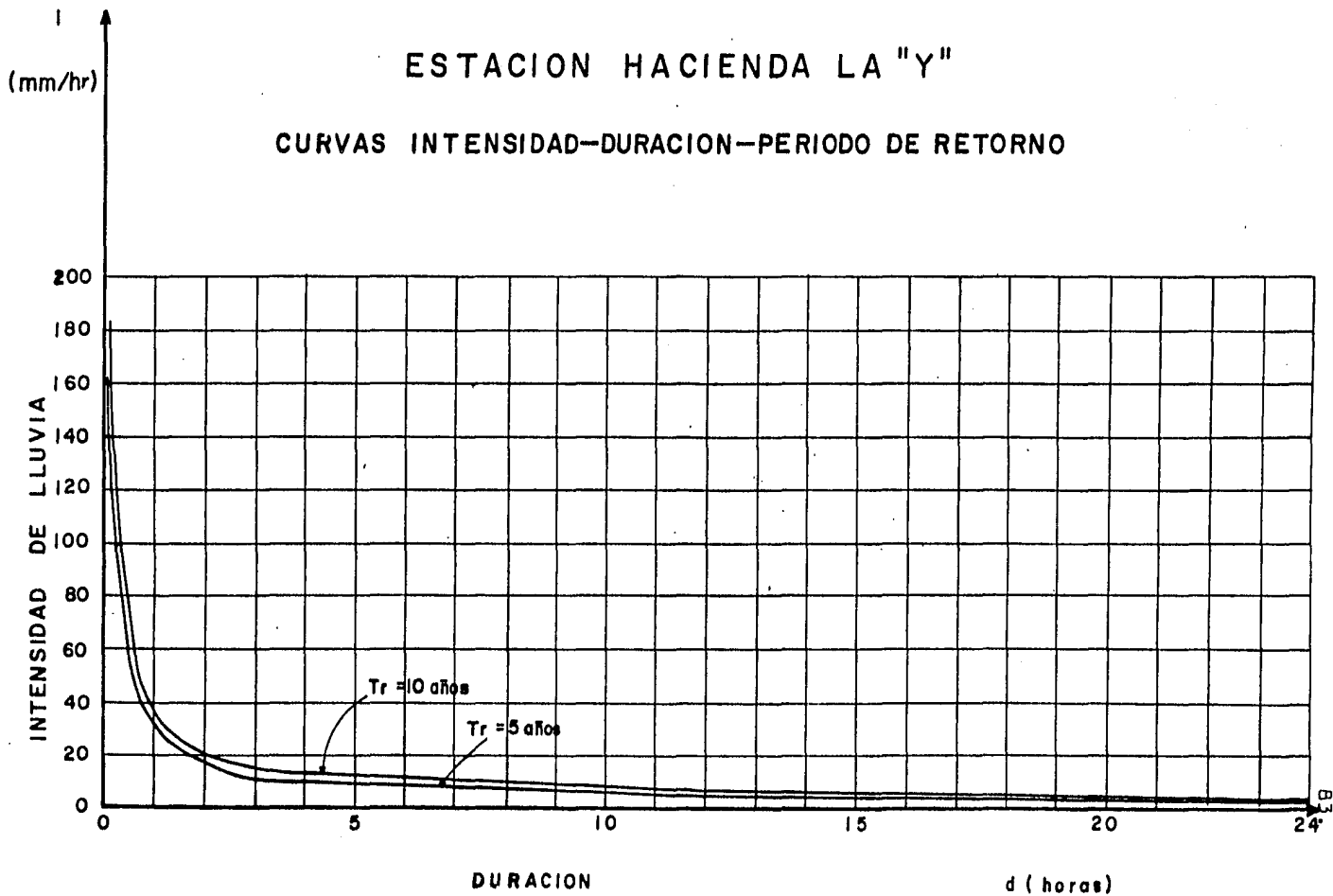


Figura V. 1

ESTACION HACIENDA LA "Y"

CURVAS ALTURA -DURACION-PERIDO DE RETORNO

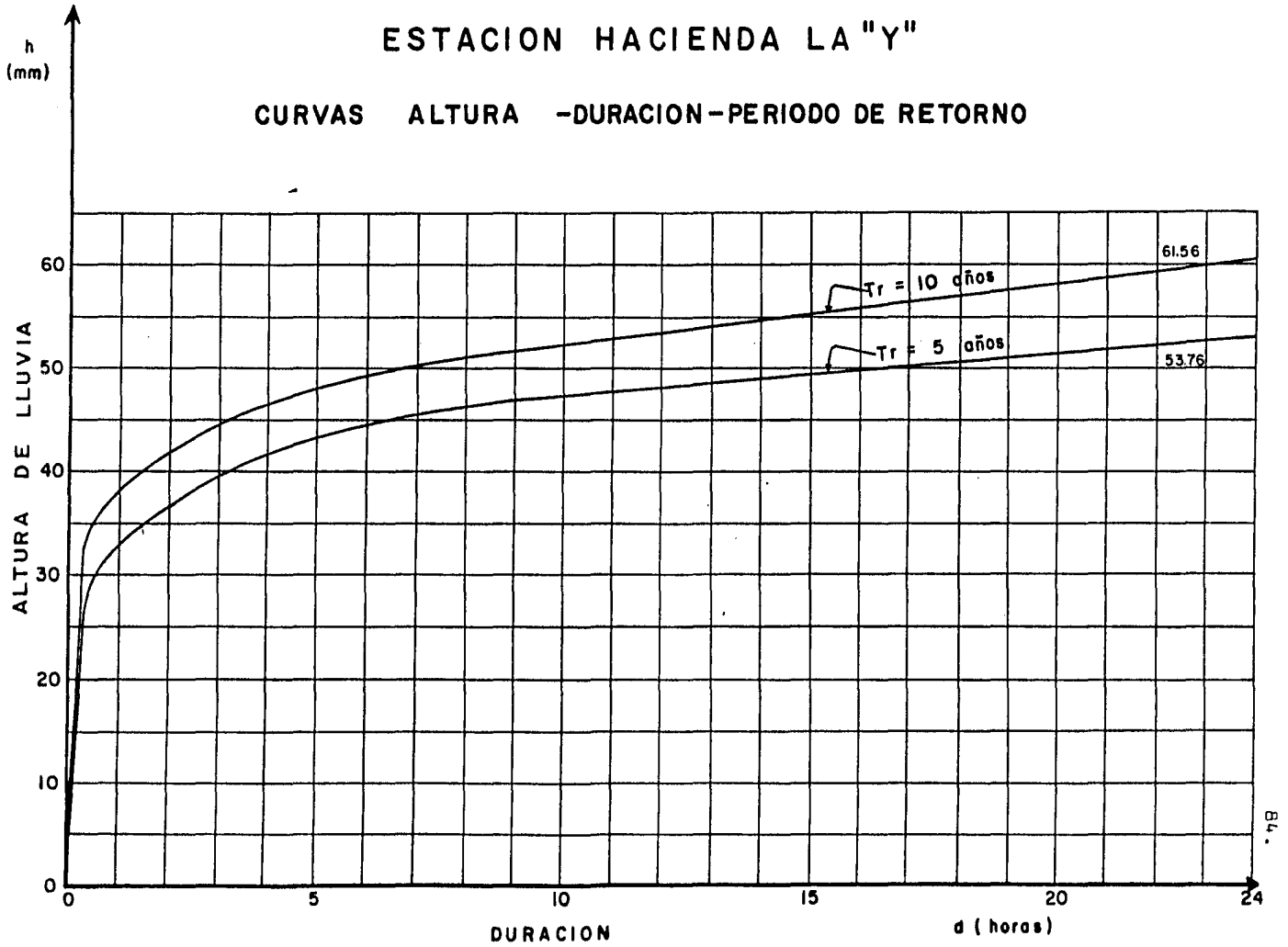


Figura V. 2

METODO DE CHOW¹

El gasto del pico del escurrimiento directo de una cuenca puede calcularse como :

$$Q = q_m P_e \quad (1) \quad \text{donde}$$

Q = Gasto del pico del hidrograma del escurrimiento directo, en m^3/s

q_m = Gasto del pico del hidrograma unitario, en m^3/s por cm de escurrimiento directo, para una duración de d horas de lluvia en exceso.

P_e = Lluvia en exceso en la zona de estudio para una duración dada de d horas, en cm.

Considerando una lluvia en exceso igual a 1 cm. por d horas y un área drenada de $A \text{ km}^2$, el equilibrio del escurrimiento será igual a 2.78 A/d. La relación del gasto de pico del hidrograma unitario q_m a 2.78 A/d. se define como factor de reducción del pico, Z .

$$Z = \frac{q_m d}{2.78 A} \quad (2)$$

1) El procedimiento siguiente se basó en gran parte en el con signado en la publicación No. 143 de las series del Instituto de Ingeniería UNAM. Drenaje en cuencas pequeñas Rorando Springall, enero 1969.

y entonces

$$q_m = \frac{2.78 AZ}{d} \quad (3)$$

Sustituyendo 3 en 2

$$Q = \frac{2.78 AZP_e}{d} \quad (4)$$

El factor $2.78 P_e/d$ puede reemplazarse por el producto de dos factores: X y Y. X es el factor de escurrimiento expresado por:

$$X = \frac{P_{eb}}{d} \quad (5)$$

P_{eb} es la lluvia en exceso en la estación base para una duración dada de d horas, en cm.

Siendo Y el factor climático. Considerando que $P_e/P_{eb} = P/P_b$ resulta:

$$Y = 2.78 \frac{P}{P_b} \quad (6)$$

P = Lluvia en la zona en estudio para una duración dada de d horas, en cm.

P_b = Lluvia en la estación base para una duración dada de d horas en cm.

Por lo tanto, la ecuación 4 puede escribirse:

$$Q = AXYZ \quad (7)$$

DETERMINACION DE LOS FACTORES

X, Y y Z

- Factor de escurrimiento X

Para calcular el valor de X, se requiere conocer la precipitación en exceso de la estación base, P_{eb} . Para conocer P_{eb} , se usa la ecuación:

$$P_{eb} = \frac{(P - \frac{508}{N} + 5.08)^2}{P + \frac{2032}{N} - 20.32}$$

Donde N es el número de escurrimiento que depende del uso de la tierra, condición de la superficie, tipo del suelo, y en la cantidad y duración de la lluvia.

Conociendo el tipo y uso del suelo, con la tabla V.2 se calcula el valor de N.

- Factor climático, Y

Este factor trata de tomar en cuenta, por una parte, la forma como se distribuye el escurrimiento y, por otra, el hecho de que el sitio donde se quiere valorar el gasto está alejado de la estación base.

- Factor de reducción del pico Z

El valor de Z se puede calcular como una función de

la relación entre la duración de la tormenta d y el tiempo de retraso t_p , definido como el tiempo en horas entre el centro de masa de la tormenta y el pico del hidrograma.

El tiempo de retraso depende principalmente de la -- forma del hidrograma y de las características fisiográficas -- de la cuenca, y es independiente de la duración de la lluvia, pudiendo determinarse a partir de la siguiente ecuación:

$$t_p = 0.0050 \left[\frac{L}{S} \right]^{0.64}$$

L = Longitud del cauce principal en m.

S = Pendiente media del cauce, en porcentaje.

Conocido el valor de t_p de la cuenca en estudio, para cada duración de tormenta se puede calcular Z , considerando la relación d/t_p con la Fig. V.3.

SECUENCIA DE CALCULO

Datos requeridos :

I.- Datos fisiográficos.

Area de la cuenca por estudiar

Longitud del cauce principal

Pendiente media del cruce principal

Tipos de suelo en la cuenca

Uso del suelo en la cuenca.

II.- Datos climatológicos

Curvas intensidad-duración período de retorno
para la estación base de la zona en estudio.

Procedimiento :

- 1.- Con los datos del tipo y uso del suelo se calcula el valor de N .
- 2.- Se escoge una cierta duración de lluvia, d .
- 3.- De las curvas intensidad-duración-período de retorno, Fig. V.2. con el valor de d asignado y el período de retorno escogido, se calcula la intensidad de lluvia para esa tormenta. Mu

tiplicando la intensidad de lluvia por la duración d , se obtiene la precipitación total P_b , en cm.

- 4.- Con el valor de N y P_b se calcula la lluvia en exceso en la estación base P_{eb} empleando la ecuación :

$$P_{eb} = \frac{(P - \frac{508}{N} + 5.08)^2}{P + \frac{2032}{N} - 20.32}$$

- 5.- Con el valor de P_{eb} calculado y el valor de d escogido, se calcula X como P_{eb}/d .

- 6.- Con la longitud y la pendiente del cauce, se calcula el valor de t_p , aplicando la ecuación

$$t_p = 0.0050 \left[\frac{L}{YS} \right]^{0.64}$$

- 7.- De la relación d/t_p y empleando la figura V.3. se obtiene el valor de Z .

- 8.- Se calcula Y usando la siguiente ecuación :

$$Y = 2.78 \frac{P}{P_b}$$

- 9.- Se calcula el gasto aplicando la ecuación :

$$Q = AXYZ$$

10.- Se obtienen los coeficientes unitarios de drenaje dividiendo el gasto máximo calculado (Q) entre el área de la cuenca.

Del informe agrológico de la zona y de acuerdo con la tabla V.2. se calcula el número de escurrimiento pesado N

Cultivos de surcos rectos, tipo C:	$55.9 \times 87 = 48.63$
Cultivos de surco en curvas de nivel, tipo C:	$39.4 \times 83 = 32.70$
Cultivos de surcos rectos, tipo B:	$3.0 \times 80 = 2.40$
Pastizal normal, tipo B:	$1.7 \times 69 = \underline{1.17}$
	84.90

Se toma N = 85

Tipo B: Incluye arenas finas, limos orgánicos e inorgánicos, mezclas de arena y limo.

Tipo C: Comprende arenas muy finas, arcilla de baja plasticidad, mezclas de arena, limo y arcilla.

TABLA V. 2. SELECCION DEL NUMERO DE ESCURRIMIENTO N

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
	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, alta transpiración	26	52	62	69
	Muy espeso, alta transpiración	15	44	54	61
Descanso (sin cultivo)	Surcos rectos	77	86	91	94
Cultivos de surco	Surcos rectos	70	80	87	90
	Surcos en curvas de nivel	67	77	83	87
	Terrazas	64	73	79	82
Cereales	Surcos rectos	64	76	84	88
	Surcos en curvas de nivel	62	74	82	85
	Terrazas	60	71	79	82
Leguminosas (sembradas con maquinaria o al voleo) o potrero de rotación	Surcos rectos	62	75	83	87
	Surcos en curvas de nivel	60	72	81	84
	Terrazas	57	70	78	82
Pastizal	Pobre	68	79	86	89
	Normal	49	69	79	84
	Bueno	39	61	74	80
	Curvas de nivel, pobre	47	67	81	88
	Curvas de nivel, normal	25	59	75	83
	Curvas de nivel, bueno	6	35	70	79
Potrero (permanente)	Normal	30	58	71	78
Superficie impermeable		100	100	100	100

Aplicando el método de Chow.-

Arroyo San Agustín.

I.- Datos fisiográficos:

$$A = 41.0 \text{ Km}^2$$

$$L = 18.5 \text{ Km} = 18500 \text{ m.}$$

$$S = 0.0246 = 2.46\%$$

$$N = 85$$

II.- Datos climatológicos:

Curva $i - d - Tr$

d = duración de lluvia = 1 hr.

de las gráficas ($i-d-Tr$) para $Tr = 5$ años:

$$i = 33.06 \text{ mm/hr}$$

$$P_b = i \cdot d = 33.06 \times 1 = 33.06 \text{ mm} = 3.306 \text{ cm}$$

$$P_b = 3.306 \text{ cm.}$$

Lluvia en exceso:

$$P_{eb} = \frac{(P_b - \frac{508}{N} + 5.08)^2}{P_b + \frac{2032}{N} - 20.32}$$

$$P_{eb} = \frac{(3.386 - \frac{508}{85} + 5.08)^2}{3.306 + \frac{2032}{85} - 20.32} = 0.8424$$

factor de escurrimiento.-

$$X = \frac{P_{eb}}{d} = \frac{0.8424 \text{ cm.}}{1 \text{ hr.}} = 0.8424 \text{ cm/hr.}$$

factor climático.-

$$Y = 2.78 \frac{P}{P_b} = 2.78 \times 1 = 2.78$$

Tiempo de retraso

$$t_p = 0.0050 \left[\frac{L}{\sqrt{S}} \right]^{0.64}$$

$$t_p = 0.0050 \left[\frac{18500}{\sqrt{2.46}} \right]^{0.64} = 2.02 \text{ hr.}$$

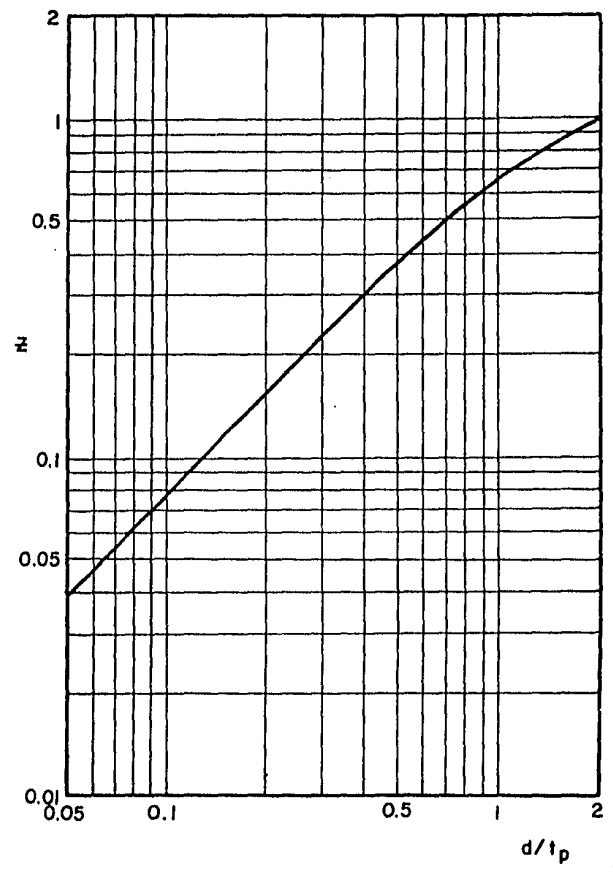
$$\frac{d}{t_p} = \frac{1}{2.02} = 0.4956$$

de la fig.V.3 Relación entre Z y d/t_p

$$Z = 0.37$$

$$Q = AXYZ = 41 (0.8424)(2.78)(0.370) = 35.527 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

$$C.U.D. = \frac{Q}{A} = \frac{35527}{4100} = 8.67 \text{ lts/s/ha}$$



Relación entre Z y d/t_p

Figura V. 3

DREN	DURACION (hr)	INTENSIDAD (cm/hr)	P_b	P_{eb}	x	t_p	d/t_p	z	y	A (km^2)	Q (m^3/s)	C.U.D. ($l/s/ha$)	T_r	
ARROYO SAN AGUSTIN	d	i	i.d		P_{eb}/d				$2.78 \frac{P}{P_b}$				SANDS	
	1	3.306	3.306	0.8424	0.8424	2.0177	0.4956	0.37	2.78	41.00	35.526	8.66		
	2	1.858	3.716	1.0887	0.5444	2.0177	0.9912	0.65	2.78	41.00	40.333	9.84		
	3	1.320	3.960	1.2438	0.4146	2.0177	1.4868	0.84	2.78	41.00	39.695	9.68		
	4	1.037	4.148	1.3670	0.3418	2.0177	1.9825	0.99	2.78	41.00	38.569	9.41		
	5	0.870	4.350	1.5029	0.3006	2.0177	2.4781	1.00	2.78	41.00	34.262	8.36		
	6	0.750	4.500	1.6059	0.2677	2.0177	2.9737	1.00	2.78	41.00	30.512	7.44		
	12	0.404	4.848	1.8514	0.1543	2.0177	5.9474	1.00	2.78	41.00	17.587	4.29		
	24	0.224	5.376	2.2391	0.0933	2.0177	11.8947	1.00	2.78	41.00	10.634	2.59		

DREN	DURACION (hr)	INTENSIDAD (cm/hr)	P_b	P_{eb}	X	t_p	d/t_p	Z	Y	A (km ²)	Q (m ³ /s)	C.U.D. (1/s/ha)	Tr	
ARRIYO SAN AGUSTIN	d	i	i.d		P_{eb}/d				$2.78 \frac{P}{P_b}$				10 AÑOS	
	1	3.817	3.817	1.1522	1.1522	2.0177	0.4956	0.37	2.78	41.00	48.591	11.85		
	2	2.120	4.240	1.4285	0.7143	2.0177	0.9912	0.65	2.78	41.00	52.920	12.91		
	3	1.500	4.500	1.6059	0.5353	2.0177	1.4868	0.84	2.78	41.00	51.251	12.50		
	4	1.175	4.700	1.7460	0.4365	2.0177	1.9825	0.99	2.78	41.00	49.255	12.01		
	5	0.970	4.850	1.8528	0.3706	2.0177	2.4781	1.00	2.78	41.00	42.241	10.30		
	6	0.825	4.950	1.9249	0.3208	2.0177	2.9737	1.00	2.78	41.00	36.565	8.92		
	12	0.450	5.400	2.2571	0.1881	2.0177	5.9474	1.00	2.78	41.00	21.440	5.23		
	24	0.256	6.144	2.8301	0.1179	2.0177	11.8947	1.00	2.78	41.00	13.438	3.28		

DREN	DURACION (hr)	INTENSIDAD (cm/hr)	P_b	P_{eb}	X	t_p	d/t_p	Z	Y	A (km^2)	Q (m^3/s)	C.U.D. ($l/s/ha$)	Tr	
ARROYO SAN PEDRO H	d	1	1.d		P_{eb}/d				$2.78 \frac{P}{P_h}$					
	1	3.306	3.306	0.8424	0.8424	1.6450	0.6079	0.45	2.78	40.4	42.575	10.54		
	2	1.858	3.716	1.0687	0.5444	1.6450	1.2158	0.71	2.78	40.4	43.411	10.75		
	3	1.320	3.960	1.2438	0.4146	1.6450	1.8237	0.90	2.78	40.4	41.908	10.37		
	4	1.037	4.148	1.3670	0.3418	1.6450	2.4316	1.00	2.78	40.4	38.388	9.50		
	5	0.870	4.350	1.5029	0.3006	1.6450	3.0395	1.00	2.78	40.4	33.761	8.36		
	6	0.750	4.500	1.6059	0.2677	1.6450	3.6474	1.00	2.78	40.4	30.066	7.44		
	12	0.404	4.848	1.8514	0.1543	1.6450	7.2948	1.00	2.78	40.4	17.330	4.29		
24	0.224	5.376	2.2391	0.0933	1.6450	14.5897	1.00	2.78	40.4	10.479	2.59			

S
a
n
P
e
d
r
o
H

DREN	DURACION (hr)	INTENSIDAD (cm/hr)	P_b	P_{eb}	X	t_p	d/t_p	Z	Y	A (km ²)	Q (m ³ /s)	C.U.D. (l/s/ha)	Tr	
ARROYO SAN PEDRO H	d	i	i.d		P_{eb}/d				$2.78 \frac{P}{P_b}$				10 AÑOS	
	1	3.817	3.817	1.1522	1.1522	1.6450	0.6079	0.45	2.78	40.4	58.233	14.41		
	2	2.120	4.240	1.4285	0.7143	1.6450	1.2158	0.71	2.78	40.4	56.959	14.10		
	3	1.500	4.500	1.6059	0.5353	1.6450	1.8237	0.90	2.78	40.4	54.109	13.39		
	4	1.175	4.700	1.7460	0.4365	1.6450	2.4316	1.00	2.78	40.4	49.024	12.14		
	5	0.970	4.850	1.8528	0.3706	1.6450	3.0395	1.00	2.78	40.4	41.623	10.30		
	6	0.825	4.950	1.9249	0.3208	1.6450	3.6474	1.00	2.78	40.4	36.030	8.92		
	12	0.450	5.400	2.2571	0.1881	1.6450	7.2948	1.00	2.78	40.4	21.126	5.23		
	24	0.256	6.144	2.8301	0.1179	1.6450	14.5897	1.00	2.78	40.4	13.242	3.28		

DREN	DURACION (hr)	INTENSIDAD (cm/hr)	P_b	P_{eb}	X	t_p	d/t_p	Z	Y	A (km ²)	Q (m ³ /s)	C.U.D. (1/s/ha)	Tr	
ARROYO CONEJERAS	d	i	i.d		P_{eb}/d				$2.78 \frac{P}{P_h}$					
	1	3.306	3.306	0.8424	0.8424	1.9274	0.5188	0.40	2.78	11.14	10.435	9.37		
	2	1.858	3.716	1.0887	0.5444	1.9274	1.0377	0.65	2.78	11.14	10.959	9.84		
	3	1.320	3.960	1.2438	0.4146	1.9274	1.5565	0.85	2.78	11.14	10.914	9.80		
	4	1.037	4.148	1.3670	0.3418	1.9274	2.0753	1.00	2.78	11.14	10.585	9.50		
	5	0.870	4.350	1.5029	0.3006	1.9274	2.5942	1.00	2.78	11.14	9.309	8.36		
	6	0.750	4.500	1.6059	0.2677	1.9274	3.1130	1.00	2.78	11.14	8.290	7.44		
	12	0.404	4.848	1.8514	0.1543	1.9274	6.2260	1.00	2.78	11.14	4.779	4.29		
24	0.224	5.376	2.2391	0.0933	1.9274	12.4520	1.00	2.78	11.14	2.889	2.59			

5 A 120 S

DREN	DURACION (hr)	INTENSIDAD (cm/hr)	P_b	P_{eb}	X	t_p	d/t_p	Z	Y	A (km^2)	Q (cm^3/s)	C.U.D. ($l/s/ha$)	Tr	
ARROYO CONEJERAS	d	i	i.d		P_{eb}/d				$2.78 \frac{P}{P_b}$				10 AÑOS	
	1	3.817	3.817	1.1522	1.1522	1.9274	0.5188	0.40	2.78	11.14	14.273	12.81		
	2	2.120	4.240	1.4285	0.7143	1.9274	1.0377	0.65	2.78	11.14	14.379	12.91		
	3	1.500	4.500	1.6059	0.5353	1.9274	1.5565	0.85	2.78	11.14	14.091	12.65		
	4	1.175	4.700	1.7460	0.4365	1.9274	2.0753	1.00	2.78	11.14	13.518	12.13		
	5	0.970	4.850	1.8528	0.3706	1.9274	2.5942	1.00	2.78	11.14	11.477	10.30		
	6	0.825	4.950	1.9249	0.3208	1.9274	3.1130	1.00	2.78	11.14	9.935	8.92		
	12	0.450	5.400	2.2571	0.1881	1.9274	6.2260	1.00	2.78	11.14	5.825	5.23		
24	0.256	6.144	2.8301	0.1179	1.9274	12.4520	1.00	2.78	11.14	3.651	3.28			

DREN	DURACION (hr)	INTENSIDAD (cm/hr)	P_b	P_{eb}	X	t_p	d/t_p	Z	Y	A (km ²)	Q (m ³ /s)	C.U.D. (1/s/ha)	Tr	
LAS NOPALERAS	d	i	i.d		P_{eb}/d				$2.78 \frac{P}{P_b}$				SANDS	
	1	3.306	3.306	0.8924	0.8424	1.4166	0.7059	0.50	2.78	7.38	8.642	11.71		
	2	1.858	3.716	1.0887	0.5444	1.4166	1.4118	0.80	2.78	7.38	8.935	12.11		
	3	1.320	3.960	1.2438	0.4146	1.4166	2.1177	1.00	2.78	7.38	8.506	11.53		
	4	1.037	4.148	1.3670	0.3418	1.4166	2.8237	1.00	2.78	7.38	7.013	9.50		
	5	0.870	4.350	1.5029	0.3006	1.4166	3.5296	1.00	2.78	7.38	6.167	8.36		
	6	0.750	4.500	1.6059	0.2677	1.4166	4.2355	1.00	2.78	7.38	5.492	7.44		
	12	0.404	4.848	1.8514	0.1543	1.4166	8.4710	1.00	2.78	7.38	3.166	4.29		
24	0.224	5.376	2.2391	0.0933	1.4166	16.9420	1.00	2.78	7.38	1.914	2.59			

DREN	DURACION (hr)	INTENSIDAD (cm/hr)	P_b	P_{eb}	X	t_p	d/t_p	Z	y	A (km ²)	Q (m ³ /s)	C.U.D. (l/s/ha)	Tr	
LAS NO PALERAS	d	i	i.d		P_{eb}/d				$2.78 \frac{P}{P_b}$				10 ANOS	
	1	3.817	3.817	1.1522	1.1522	1.4166	0.7059	0.50	2.78	7.38	11.620	16.02		
	2	2.120	4.240	1.4285	0.7143	1.4166	1.4118	0.80	2.78	7.38	11.324	15.89		
	3	1.500	4.500	1.6059	0.5353	1.4166	2.1177	1.00	2.78	7.38	10.982	14.88		
	4	1.175	4.700	1.7460	0.4365	1.4166	2.8237	1.00	2.78	7.38	8.955	12.13		
	5	0.970	4.850	1.8528	0.3706	1.4166	3.5296	1.00	2.78	7.38	7.603	10.30		
	6	0.825	4.950	1.9249	0.3208	1.4166	4.2355	1.00	2.78	7.38	6.582	8.92		
	12	0.450	5.400	2.2571	0.1881	1.4166	8.4710	1.00	2.78	7.38	3.859	5.23		
24	0.256	6.144	2.8301	0.1179	1.4166	16.9420	1.00	2.78	7.38	2.419	3.28			

HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR

El U.S. Soil Conservation Service (SCS) dependiente del U.S. Department of Agriculture, en el año de 1957 planteó cómo el hidrograma unitario típico de un escurrimiento se puede representar como un triángulo, según se muestra en la fig. V.4.

En la cual:

Q = Escurrimiento total en pulgadas.

q_i = Intensidad máxima, en pulgadas por hora.

T_p = Tiempo de pico, igual al tiempo entre el inicio y el máximo del escurrimiento directo, en horas

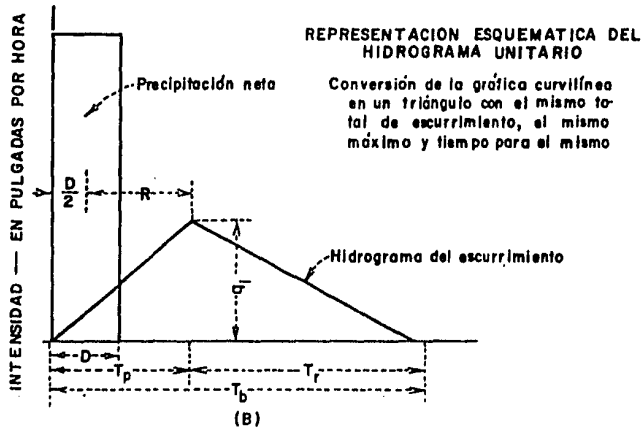
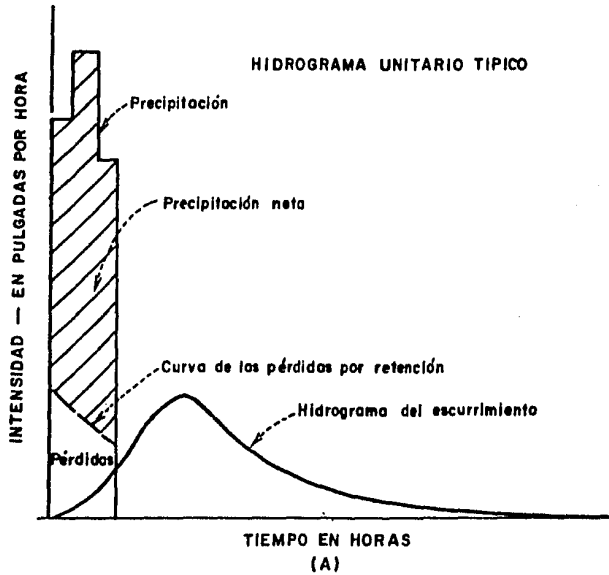
T_r = Tiempo en horas, desde la intensidad máxima hasta el final del escurrimiento directo.

q_p = Intensidad máxima en pies cúbicos por segundo.

D = Duración de la lluvia en exceso, en horas.

R = Tiempo de retraso, definido como el tiempo en horas entre el centro de masa de la tormenta y el máximo del hidrograma.

T_c = Duración del recorrido de concentración del agua desde el punto hidráulicamente más distante al punto de interés



ANÁLISIS DEL HIDROGRAMA TRIANGULAR

Figura V. 4

T_b = Tiempo base del hidrograma, en horas.

Ahora bien las ecuaciones que se derivan a partir del triángulo formado, son las siguientes:

$$Q = \frac{q_i T_p}{2} + \frac{q_i T_r}{2}$$

$$q_i = \frac{2Q}{T_p + T_r}$$

Suponiendo que:

$T_r = H T_p$ en la que H es una constante que depende de la cuenca.

$$q_i = \frac{2}{(1 + H)} \frac{Q}{T_p}$$

Convirtiendo las pulgadas por hora en pies cúbicos -- por segundo e introduciendo el área de drenaje, A en millas cuadradas (1 plg/hr = 645.3 pies³/seg/mi²)

$$q_p = \frac{2(645.3) A Q}{(1 + H) T_p}$$

El valor de H para una corriente no aforada puede considerarse de 1.67. (valor medio obtenido del análisis de cuencas con registros).

Quedando la ecuación general para calcular la intensidad máxima

$$q_p = \frac{484AQ}{T_p} \quad H = 1.67 \quad T_b = 2.67T_p$$

Asimismo se tiene la relación empírica para el retraso.

$$R = 0.6 T_c$$

De lo anterior resulta:

$$T_p = \frac{D}{2} + 0.6 T_c$$

O sea:

$$q_p = \frac{484AQ}{D/2 + 0.6T_c}$$

Para obtener el tiempo de concentración T_c se puede aplicar la siguiente ecuación:

$$T_c = \left(\frac{11.9L^3}{H} \right)^{0.385}$$

T_c = Tiempo en horas

L = Longitud del curso de agua más largo en millas

H = Diferencia de elevación en pies.

En resumen se tienen las siguientes expresiones para calcular el tiempo de concentración, pico, base y gasto máximo.

$$T_c = \left(\frac{11.9L^3}{H} \right)^{0.385}$$

$$T_p = \frac{D}{2} + 0.6 T_c$$

$$T_b = 2.67 T_p$$

$$q_p = \frac{484AQ}{T_p}$$

SECUENCIA DE CALCULO DEL H.U.T.

- 1.- Se determinan los incrementos de precipitación del aguacero de proyecto a partir de la curva h-d-Tr.
- 2.- Se tabula la secuencia de incrementos de precipitación y las cantidades acumuladas con el siguiente orden: 6, 4, 3, 1, 2, 5 para las primeras 6 hrs. Las demás magnitudes van en orden ascendente. Esta distribución es conveniente pues dá una avenida mayor que la que se basa en el supuesto de que el incremento horario mayor de la lluvia ocurre durante la primera hora de un aguacero pero que a la vez es menos crítico que el hietograma construído con la secuencia inversa de los incrementos.
- 3.- Se calcula el escurrimiento directo para la precipitación acumulada, estimada en el paso anterior y sus incrementos.

Aplicando la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{(P - 0.29)^2}{P + 0.85}$$

en la que:

Q = Escurrimiento directo, en pulgadas.

P = Precipitación de la tormenta en pulgadas, y

S = Diferencia potencial máxima entre P y Q, en pulgadas en la hora que comienza la tormenta.

A partir de la relación $N = \frac{100}{10 + S}$ donde:

N = Número de escurrimiento pesado, se tiene

$$10 + S = \frac{1000}{N} \quad \text{como } N = 85$$

$$S = 1.7647 \quad \text{por lo tanto}$$

$$Q = \frac{(p - 0.3529)^2}{p + 1.4118}$$

- 4.- Se determinan las pérdidas de los incrementos, restando el incremento de los escurrimientos de los incrementos de precipitación de la etapa 2.
- 5.- Se estiman los valores del T_c , T_p , T_b y q_p en la cuenca para un intervalo de tiempo (d) de 1, 6 y 12 hrs.
- 6.- Se calculan los máximos de los hidrogramas -- triangulares para cada incremento del escurrimiento.

7.- De los hidrogramas triangulares de los incrementos, se obtiene la avenida máxima probable.

Tr	Tiempo en horas	Lluvia acumulada.		Incremento de la lluvia.		Orden	Incremento de la lluvia en pulgadas.	Lluvia acumulada en pulgadas.	Escorrentamiento en pulgadas.		Incremento de la sección en pulgadas.	
		mm	plg	mm	plg				Acumulado.	Incremento.		
5 AÑOS	0-1	32.98	1.298	32.98	1.298	6	0.059	0.059	0.059	0.059	0.000	
	1-2	37.08	1.460	4.10	0.162	4	0.074	0.133	0.031	-	0.074	
	2-3	39.60	1.559	2.52	0.099	3	0.099	0.232	0.009	-	0.099	
	3-4	41.48	1.633	1.88	0.074	1	1.298	1.530	0.471	0.462	0.836	
	4-5	43.50	1.713	2.02	0.080	2	0.162	1.692	0.578	0.107	0.055	
	5-6	45.00	1.772	1.50	0.059	5	0.080	1.772	0.633	0.055	0.025	
	6-12	48.48	1.909	3.48	0.137	7	0.137	1.909	0.729	0.096	0.041	
	12-24	53.76	2.117	5.28	0.208	8	0.208	2.117	0.882	0.153	0.055	

Tr	Tiempo en horas	Lluvia acumulada.		Incremento de la lluvia.		Orden	Incremento de la lluvia en pulgadas.	Lluvia acumulada en pulgadas.	Escorrentamiento en pulgadas.		Incremento de las pérdidas en pulgadas.	
		mm	plg	mm	plg				Acumulado.	Incremento.		
10 AÑOS	0-1	38.04	1.498	38.04	1.498	6	0.040	0.040	0.067	0.067	-	
	1-2	42.26	1.664	4.22	0.166	4	0.078	0.118	0.036	-	0.078	
	2-3	45.00	1.772	2.74	0.108	3	0.108	0.226	0.010	-	0.108	
	3-4	47.00	1.850	2.00	0.078	1	1.498	1.724	0.600	0.590	0.908	
	4-5	48.50	1.909	1.50	0.059	2	0.166	1.890	0.716	0.116	0.050	
	5-6	49.50	1.949	1.00	0.040	5	0.059	1.949	0.758	0.042	0.017	
	6-12	54.00	2.126	4.50	0.177	7	0.177	2.126	0.889	0.131	0.046	
	12-24	61.56	2.424	7.56	0.298	8	0.278	2.424	1.118	0.229	0.069	

Dren: Arroyo San Agustín

$$L = 18.5 \text{ Km.} = 11.50 \text{ mi}$$

$$A = 41.0 \text{ Km}^2 = 15.84 \text{ mi}^2$$

$$S = 0.0246$$

$$H = 455.10 \text{ m} = 1493.11 \text{ ft.}$$

$$N = 85$$

Tiempo de concentración

$$T_c = \left(\frac{11.9L^3}{H} \right)^{0.385}$$

$$T_c = 2.61 \text{ hr}$$

Tiempo que tarde en presentarse Q máx

$$T_p = \frac{D}{2} + 0.6 T_c$$

Para $D = 1 \text{ hr.}$

$$T_p = \frac{1}{2} + 0.6 (2.61) = 2.07 \text{ hr}$$

$$T_p = 2.0 \text{ hr.}$$

Tiempo base

$$T_b = 2.67 T_p = 2.67 (2.07) = 5.5 \text{ hr.}$$

$$T_b = 5.5 \text{ hr.}$$

$$q_p = \frac{484 AQ}{T_p} = \frac{484 (15.84)(1)}{2.07} = 3703.65 \text{ ft}^3/\text{s}$$

Para D = 6 hr.

$$T_p = \frac{6}{2} + 0.6(2.61) = 4.57 \text{ hr}$$

$$T_p = 4.5 \text{ hr}$$

$$T_b = 2.67(4.57) = 12.2 \text{ hr.}$$

$$T_b = 12.0 \text{ hr}$$

$$q_p = \frac{4.84(15.84)(1)}{4.57} = 1677.58 \text{ ft}^3/\text{s}$$

Para D = 12 hr.

$$T_p = \frac{12}{2} + 0.6(2.61) = 7.57 \text{ hr.}$$

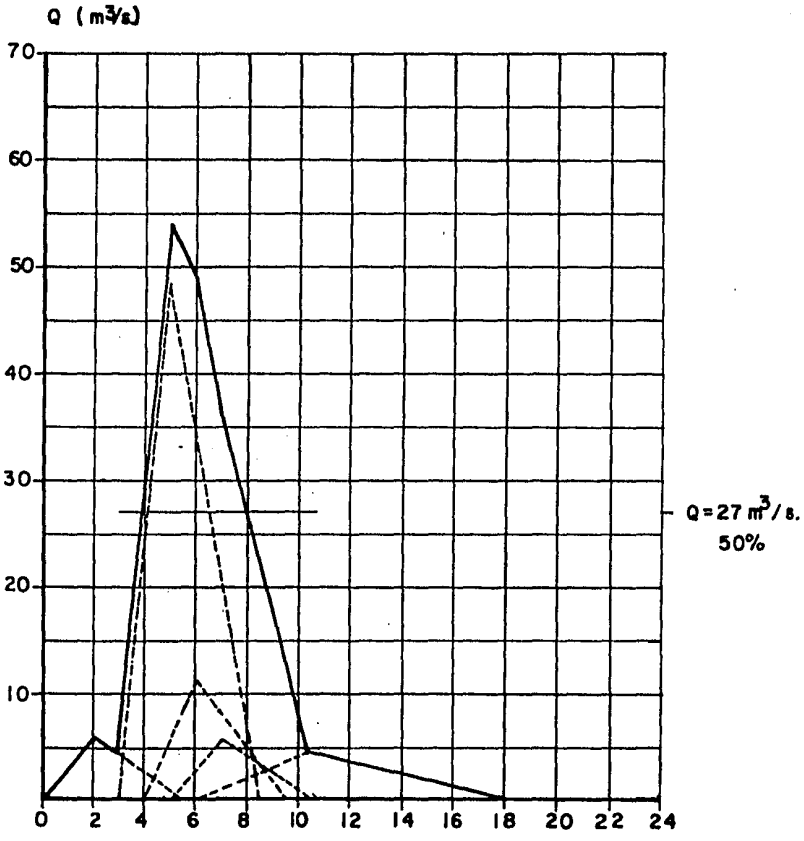
$$T_p = 7.5 \text{ hr}$$

$$T_b = 2.67(7.57) = 20.2 \text{ hr.}$$

$$T_b = 20.0 \text{ hr}$$

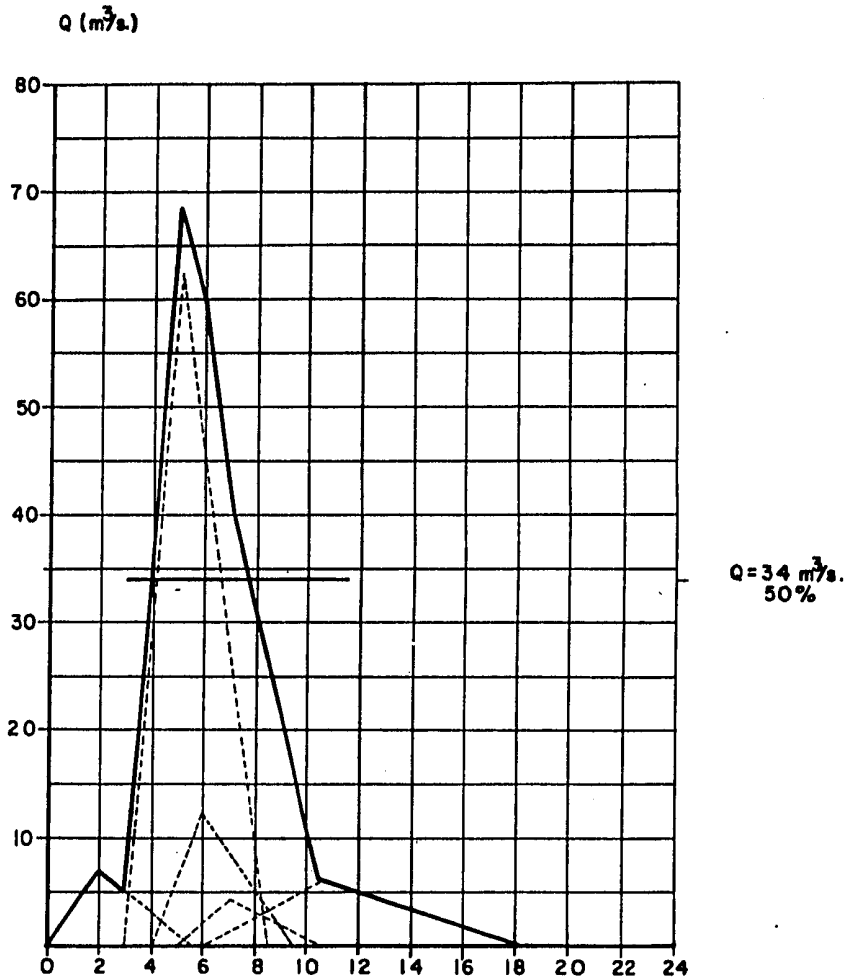
$$q_p = \frac{4.84(15.84)(1)}{7.57} = 1012.76 \text{ ft}^3/\text{s}$$

Dren	Tiempo en horas	Incremento de escurrimiento en pulgadas.	q_p para 1.0 plg			Hidrograma total			Tr
			q_p para los incrementos de escurrimiento.			Hora del			
			ft ³ /s	ft ³ /s	m ³ /s	Inic.	Max.	Fin	
ARROYO SAN AGUSTIN	0-1	0.059	3703.65	218.52	6.19	0.0	2.0	5.5	S A N D O S
	1-2	-	3703.65	-	-	1.0	3.0	6.5	
	2-3	-	3703.65	-	-	2.0	4.0	7.5	
	3-4	0.462	3703.65	1711.09	48.45	3.0	5.0	8.5	
	4-5	0.107	3703.65	396.29	11.22	4.0	6.0	9.5	
	5-6	0.055	3703.65	203.70	5.77	5.0	7.0	10.5	
	6-12	0.096	1677.58	161.05	4.56	6.0	10.5	18.0	
12-24	0.153	1012.76	154.95	4.39	12.0	19.5	32.0		



DREN : ARROYO SAN AGUSTIN
Tr = 5 AÑOS
Q max = 54 m³/s.
C. U. D. = $\frac{54000}{4100} = 13.17$ l/s/ha.

Dren	Tiempo en horas	Incremento de escurrimiento en pulgadas.	Q_p para 1.0 plg			Hidrograma total			Tr
			Q_p para los incrementos de escurrimiento.			Hora del			
			ft ³ /s	ft ³ /s	/m ³ /s	Inicio	Máximo	Fin	
ARROYO SAN AGUSTIN	0-1	0.067	3703.65	248.15	7.03	0.0	2.0	5.5	10 AÑOS
	1-2	-	3702.65	-	-	1.0	3.0	6.5	
	2-3	-	3703.65	-	-	2.0	4.0	7.5	
	3-4	0.590	3703.65	2185.15	61.88	3.0	5.0	8.5	
	4-5	0.116	3703.65	429.62	12.17	4.0	6.0	9.5	
	5-6	0.042	3703.65	155.55	4.41	5.0	7.0	10.5	
	6-12	0.131	1677.58	219.76	6.22	6.0	10.5	18.0	
12-24	0.229	1012.76	231.92	6.57	12.0	19.5	32.0		



DREN : SAN AGUSTIN
 Tr = 10 AÑOS.
 $Q_{\max} = 68.5 \text{ m}^3/\text{s}$
 $C.U.D. = \frac{68500}{4100} = 16.71 \text{ l/s/ha.}$

Dren: Arroyo San Pedro H.

$$L = 17.4 \text{ Km.} = 10.81 \text{ mi}$$

$$A = 40.4 \text{ Km}^2 = 15.61 \text{ mi}^2$$

$$S = 0.0412$$

$$H = 716.8 \text{ m} = 2351 \text{ ft}$$

$$N = 85$$

Tiempo de concentración

$$T_c = \frac{11.9L^3}{H} 0.385$$

$$T_c = 2.04 \text{ hr.}$$

Para $D = 1 \text{ hr.}$

$$T_p = \frac{1}{2} + 0.6 (2.04) = 1.72 \text{ hr.} = 1.5 \text{ hr.}$$

$$T_b = 2.67(1.72) = 4.6 \text{ hr.} = 4.5 \text{ hr.}$$

$$q_p = \frac{484(15.61)(1)}{1.72} = 43.92.58 \text{ ft}^3/\text{s}$$

Para $D = 6 \text{ hr.}$

$$T_p = 4.22 \text{ hr.} = 4.0 \text{ hr.}$$

$$T_b = 11.3 \text{ hr.} = 11.5 \text{ hr.}$$

$$q_p = 1790.34 \text{ ft}^3/\text{s}$$

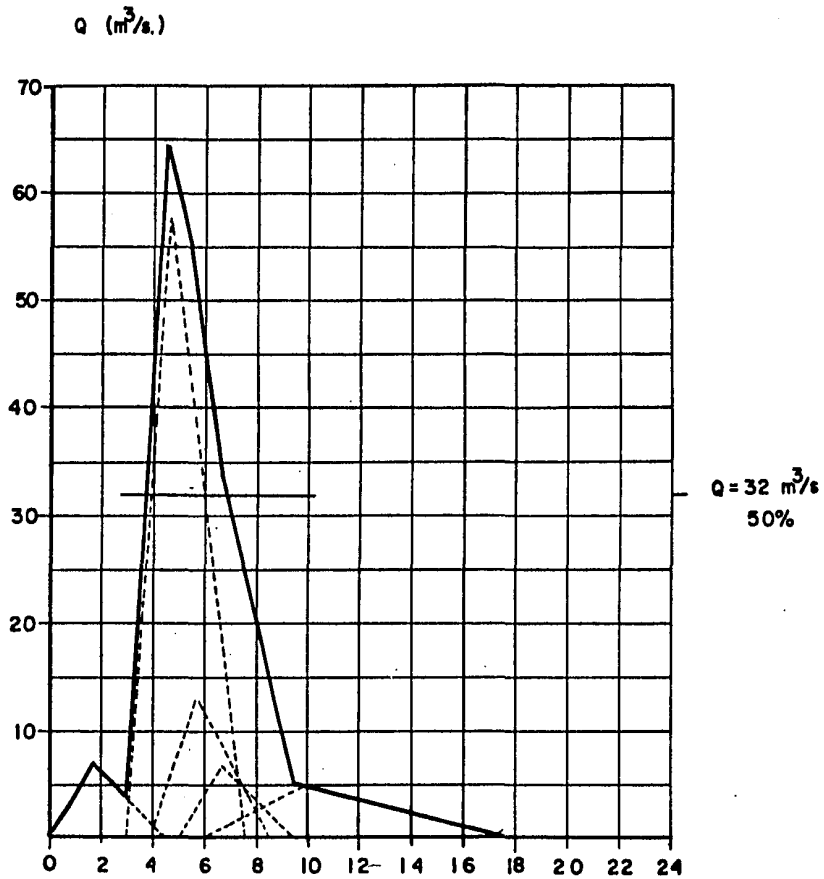
Para $D = 12 \text{ hr.}$

$$T_p = 7.22 \text{ hr.} = 7.0 \text{ hr.}$$

$$T_b = 19.3 \text{ hr.} = 19.5 \text{ hr.}$$

$$q_p = 1046.43 \text{ ft}^3/\text{s.}$$

Dren	Tiempo en horas	Incremento de escurrimiento en pulgadas.	q_p para 1.0 plg			Hidrograme total			Tr
			q_p para los incrementos de escurrimiento.			Hora del			
			ft ³ /s	ft ³ /s	/m ³ /s	Inicio	Máximo	Fin	
ARROYO SAN PEDRO H	0-1	0.059	4392.58	259.16	7.34	0.0	1.5	4.5	5 AÑOS
	1-2	-	4392.58	-	-	1.0	2.5	5.5	
	2-3	-	4392.58	-	-	2.0	3.5	6.5	
	3-4	0.462	4392.58	2029.37	57.47	3.0	4.5	7.5	
	4-5	0.107	4392.58	470.01	13.31	4.0	5.5	8.5	
	5-6	0.055	4392.58	241.59	6.84	5.0	6.5	9.5	
	6-12	0.096	1790.34	171.87	4.87	6.0	10.0	17.5	
	12-24	0.153	1046.43	160.10	4.53	12.0	19.0	31.5	



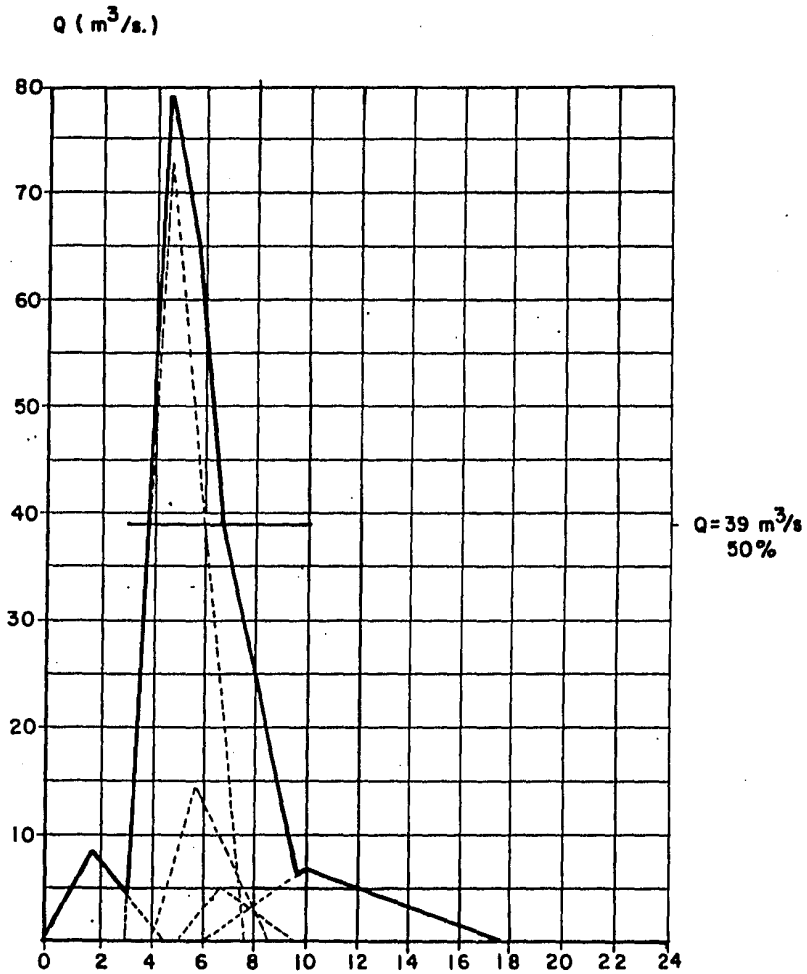
DREN: ARROYO SAN PEDRO H.

$T_r = 5$ AÑOS

$Q_{max} = 64.5 \text{ m}^3/\text{s}$

C. U. D. = $\frac{64.5 \times 100}{4040} = 15.96 \text{ l/s/ha.}$

Dren	Tiempo en horas	Incremento de escurrimiento en pulgadas.	q_p para 1.0 plg			Hidrograma total			Tr
			q_p para los incrementos de escurrimiento.			Hora del			
			ft ³ /s	ft ³ /s	/m ³ /s	Inicio	Máximo	Fin	
ARROYO SAN PEDRO H	0-1	0.067	4392.58	294.30	8.33	0.0	1.5	4.5	10 AÑOS
	1-2	-	4392.58	-	/ -	1.0	2.5	5.5	
	2-3	-	4392.58	-	-	2.0	3.5	6.5	
	3-4	0.590	4392.58	2591.62	73.39	3.0	4.5	7.5	
	4-5	0.116	4392.58	509.54	14.43	4.0	5.5	8.5	
	5-6	0.042	4392.58	184.49	5.22	5.0	6.5	9.5	
	6-12	0.131	1790.34	234.54	6.64	6.0	10.0	17.5	
	12-24	0.229	1046.43	239.63	6.79	12.0	19.0	31.5	



DREN: ARROYO SAN PEDRO H
 $T_r = 10$ AÑOS
 $Q_{max} = 79 \text{ m}^3/\text{s}$
 $C.U.D = \frac{79000}{4040} = 19.5 \text{ l/s/ha}$

Dren: Arroyo Las Conejeras.

$$\begin{aligned}
 L &= 8.75 \text{ Km.} &= 5.44 \text{ mi} \\
 A &= 11.14 \text{ Km}^2 &= 4.30 \text{ mi}^2 \\
 S &= 0.00635 \\
 H &= 55.56 \text{ m} &= 182.28 \text{ ft.} \\
 N &= 85
 \end{aligned}$$

Tiempo de concentración

$$T_c = \frac{11.9L^3}{H} 0.385$$

$$T_c = 2.47 \text{ hr.}$$

Para D = 1 hr.

$$T_p = 1.98 \text{ hr.} = 2.0 \text{ hr.}$$

$$T_b = 5.3 \text{ hr.} = 5.5 \text{ hr.}$$

$$q_p = 1051.10 \text{ ft}^3/\text{s}$$

Para D = 6 hr.

$$T_p = 4.48 \text{ hr.} = 4.5 \text{ hr.}$$

$$T_b = 12.00 \text{ hr.} = 12.0 \text{ hr.}$$

$$q_p = 464.15 \text{ ft}^3/\text{s}$$

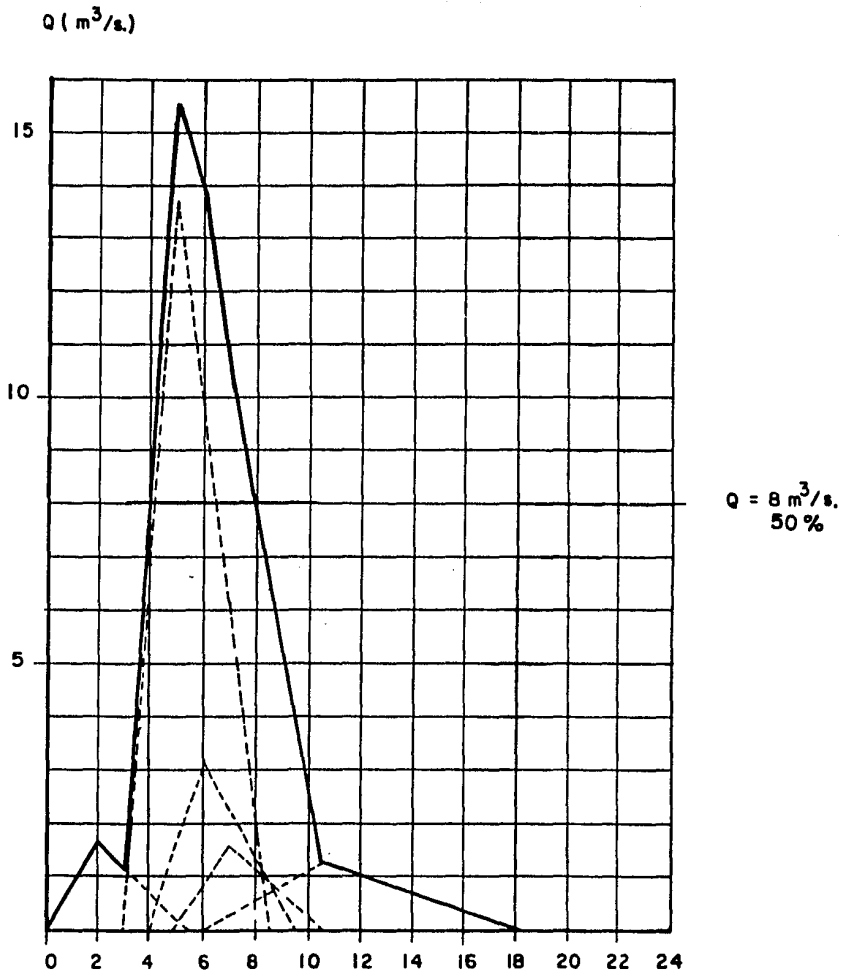
Para D = 12 hr.

$$T_p = 7.48 \text{ hr.} = 7.5 \text{ hr.}$$

$$T_b = 20.0 \text{ hr.} = 20.0 \text{ hr.}$$

$$q_p = 278.24 \text{ ft}^3/\text{a}$$

Dren	Tiempo en horas	Incremento de escurrimiento en pulgadas.	Q_p para 1.0 plg			Hidrograma total			Tr
			Q_p para los incrementos de escurrimiento.			Hora del			
			ft ³ /s	ft ³ /s	/m ³ /s	Inicio	Máximo	Fin	
ARROYO CONEJERAS	0-1	0.059	1051.10	62.02	1.76	0.0	2.0	5.5	5 AÑOS
	1-2	-	1051.10	-	-	1.0	3.0	6.5	
	2-3	-	1051.10	-	-	2.0	4.0	7.5	
	3-4	0.462	1051.10	485.61	13.75	3.0	5.0	8.5	
	4-5	0.107	1051.10	112.47	3.19	4.0	6.0	9.5	
	5-6	0.055	1051.10	57.81	1.64	5.0	7.0	10.5	
	6-12	0.096	464.15	44.56	1.26	6.0	10.5	18.0	
	12-24	0.153	278.24	42.57	1.21	12.0	19.5	32.0	



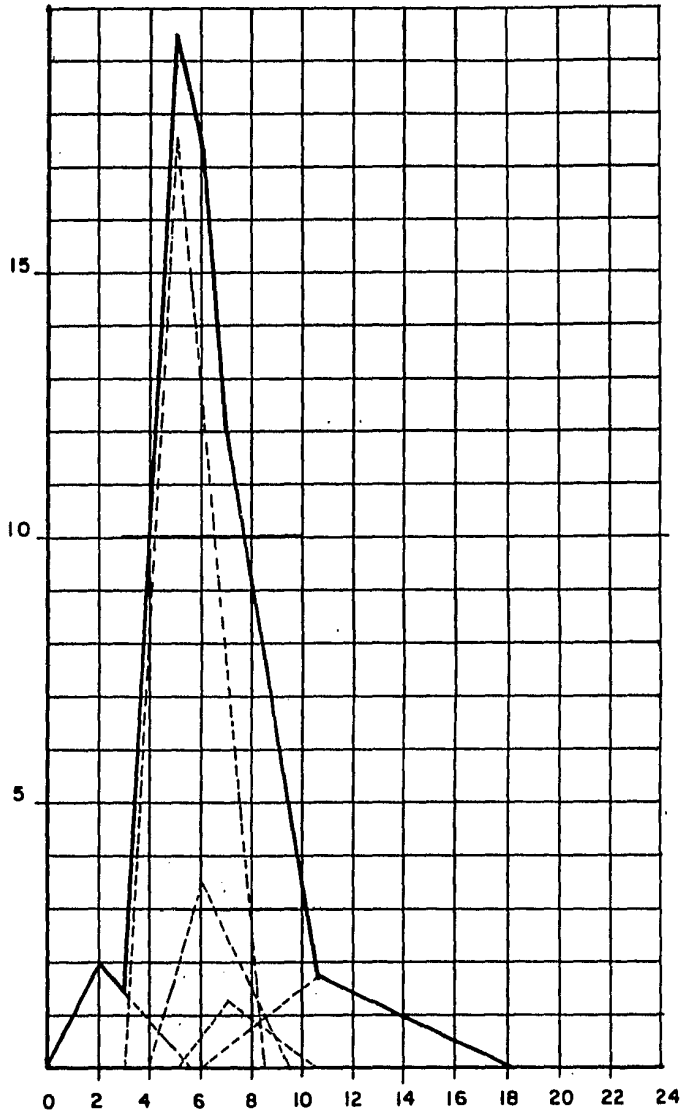
DREN: ARROYO CONEJERAS

$T_r = 5$ AÑOS

$Q_{max} = 15.5 m^3/s$.

C. U. D. = $\frac{15.500}{1114} = 13.9$ l/s/ha.

Dren	Tiempo en horas	Incremento de escurrimiento en pulgadas.	q_p para 1.0 plg			Hidrograma total			Tr
			q_p para los incrementos de escurrimiento.			Hora del			
			ft ³ /s	ft ³ /s	/m ³ /s	Inicio	Máximo	Fin	
ARROYO CONEJERAS	0-1	0.067	1051.10	70.42	1.99	0.0	2.0	5.5	10 AÑOS
	1-2	-	1051.10	-	-	1.0	3.0	6.5	
	2-3	-	1051.10	-	-	2.0	4.0	7.5	
	3-4	0.590	1051.10	620.15	17.56	3.0	5.0	8.5	
	4-5	0.116	1051.10	121.93	3.45	4.0	6.0	9.5	
	5-6	0.042	1051.10	44.15	1.25	5.0	7.0	10.5	
	6-12	0.131	464.15	60.80	1.72	6.0	10.5	18.0	
	12-24	0.229	278.24	63.72	1.80	12.0	19.5	32.0	

Q (m³/s.)

Q = 10 m³/s.
50%

DREN: ARROYO CONEJERAS

Tr = 10 AÑOS

Q_{max} = 19.5 m³/s.C.U.D = $\frac{19500}{1114}$ = 17.5 l/s/ha.

Dren: Arroyo Las Nopaleras

$$L = 5.2 \text{ Km.} = 3.23 \text{ mi}$$

$$A = 7.38 \text{ Km}^2 = 2.85 \text{ mi}^2$$

$$S = 0.00587$$

$$H = 30.52 \text{ m} = 100.13 \text{ ft.}$$

$$N = 85$$

Tiempo de concentración

$$T_c = \frac{11.9L^3}{H} 0.385$$

$$T_c = 1.71 \text{ hr.}$$

Para $D = 1 \text{ hr.}$

$$T_p = 1.53 \text{ hr.} = 1.5 \text{ hr.}$$

$$T_b = 4.1 \text{ hr.} = 4.0 \text{ hr}$$

$$q_p = 901.57 \text{ ft}^3/\text{s}$$

Para $D = 6 \text{ hr.}$

$$T_p = 4.03 \text{ hr.} = 4.0 \text{ hr.}$$

$$T_b = 10.8 \text{ hr.} = 11.0 \text{ hr.}$$

$$q_p = 342.28 \text{ ft}^3/\text{s}$$

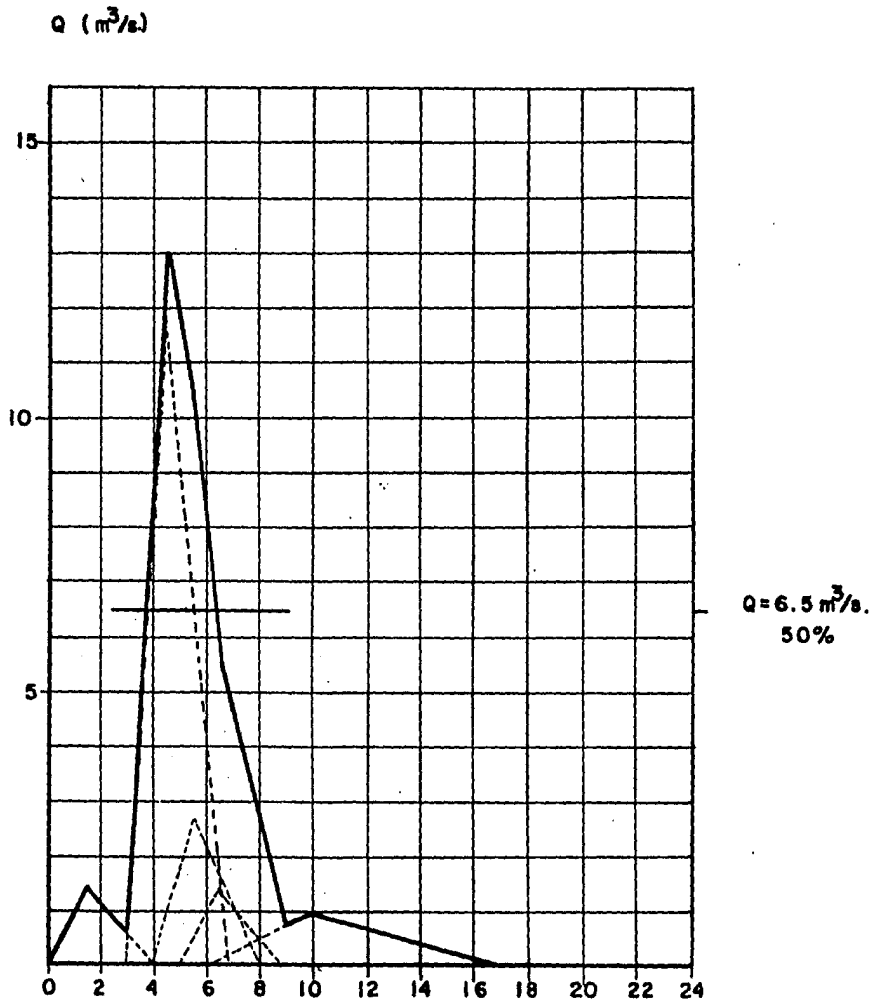
Para $D = 12 \text{ hr.}$

$$T_p = 7.03 \text{ hr.} = 7.0 \text{ hr.}$$

$$T_b = 18.8 \text{ hr.} = 19.0 \text{ hr.}$$

$$q_p = 196.22 \text{ ft}^3/\text{s}$$

Dren	Tiempo en horas	Incremento de escurrimiento en pulgadas.	Q_p para 1.0 plg			Hidrograma total			Tr
			Q_p para los incrementos de escurrimiento.			Hora del			
			ft^3/s	ft^3/s	m^3/s	Inicio	Máximo	Fin	
ARROYO LAS NOPALERAS	0-1	0.059	901.57	53.19	1.51	0.0	1.5	4.0	5 AÑOS
	1-2	-	901.57	-	-	1.0	2.5	5.0	
	2-3	-	901.57	-	-	2.0	3.5	6.0	
	3-4	0.462	901.57	416.53	11.80	3.0	4.5	7.0	
	4-5	0.107	901.57	96.47	2.73	4.0	5.5	8.0	
	5-6	0.055	901.57	49.59	1.40	5.0	6.5	9.0	
	6-12	0.096	342.28	32.86	0.93	6.0	10.0	17.0	
12-24	0.153	196.22	30.02	0.85	12.0	19.0	31.0		



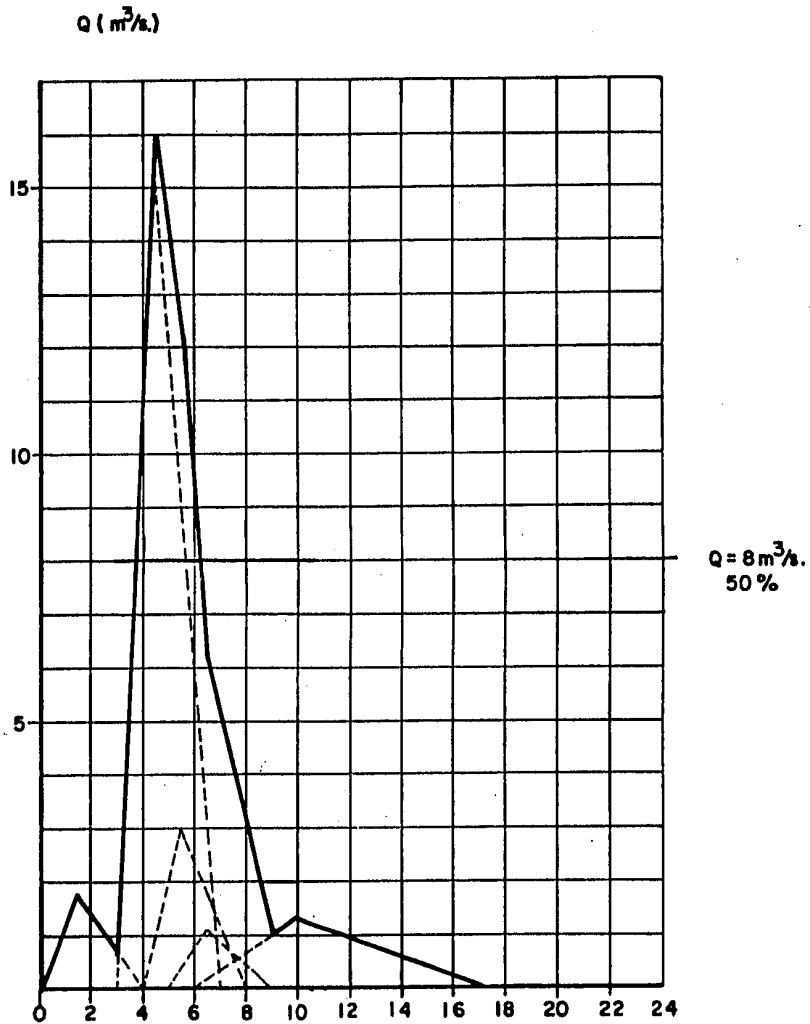
DREN : NOPALERAS

$Tr = 5$ AÑOS

$Q_{max} = 13.0 m^3/s.$

C.U.D. = $\frac{13000}{738} = 17.6$ l/s/ha.

Dren	Tiempo en horas	Incremento de escurrimiento en pulgadas.	q_p para 1.0 plg			Hidrograma total			Tr
			q_p para los incrementos de escurrimiento.			Hora del			
			ft ³ /s	ft ³ /s	/m ³ /s	Inicio	Máximo	Fin	
ARROYO LAS NOPALERAS	0-1	0.067	901.57	60.41	1.71	0.0	1.5	4.0	10 AÑOS
	1-2	-	901.57	-	-	1.0	2.5	5.0	
	2-3	-	901.57	-	-	2.0	3.5	6.0	
	3-4	0.590	901.57	531.93	15.06	3.0	4.5	7.0	
	4-5	0.116	901.57	104.58	2.96	4.0	5.5	8.0	
	5-6	0.042	901.57	37.87	1.07	5.0	6.5	9.0	
	6-12	0.131	342.28	44.84	1.27	6.0	10.0	17.0	
	12-24	0.229	196.22	44.93	1.27	12.0	19.0	31.0	



DREN : LAS NOPALERAS
 Tr = 10 AÑOS
 $Q_{max} = 16.0 \text{ m}^3/\text{s}$
 $C.U.D = 1600Q = 21.7 \text{ l/s/ha}$
 738

COEFICIENTE UNITARIO DE DRENAJE (lts/seg/ha)
 SE OBTUVO CON LOS METODOS DE CHOW Y DEL
 HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR

DREN	AREA ha.	METODO DEL H.U.T.		METODO DE CHOW	
		Tr = 5 años	Tr = 10 años	Tr = 5 años	Tr = 10 años
Arroyo San Agustín	4100	13.2	16.7	9.84	12.91
Arroyo San Pedro H.	4040	16.0	19.5	10.75	14.41
Arroyo Conejeras	1114	13.9	17.5	9.84	12.91
Arroyo Las Nopaleras	738	17.6	21.7	12.11	16.02

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

El estudio hidrológico de la zona de riego consistió en la determinación de los coeficientes unitarios de riego y drenaje que intervienen en el diseño de las obras del sistema.

El coeficiente unitario de riego se obtuvo a partir del plan de cultivos propuesto en el estudio Agrológico.

Las demandas de agua de los cultivos se calcularon - tomando en cuenta su uso consuntivo, las características físicas de los suelos y la lluvia efectiva. Con el mes de máxima demanda se estableció el coeficiente unitario de riego. La -- eficiencia total de distrito considerada es del 59.5% (canales de concreto). El resultado obtenido se presenta en la figura VI.1 con un gasto unitario de 0.83 lts/seg/ha, pero, considerando que pudiera presentarse un gasto de demanda mayor al calculado, el coeficiente unitario de riego se recomienda que sea de 1.0 lt/seg/ha.

El coeficiente unitario de drenaje se obtuvo con los cauces naturales representativos de la zona, ya sea que inci-- dan o se originen en ella, tomando en consideración las características físicas de las cuencas y las condiciones climatoló-- gicas existentes. Se aplicaron los métodos de Chow y del Hi-- drograma Unitario Triangular, resultando con este último valo-

res mayores de gasto máximo para período de retorno de 5 y 10 años.

La S.A.R.H. considera que los cultivos propuestos - pueden durar hasta 48 hrs. bajo inundación sin que esto provoque afecciones mayores, en este caso se considera que los cultivos se podrán inundar por un período no mayor de 24 hrs., - teniéndose que para una reducción del pico de las avenidas -- del orden del 50% la inundación cede antes del intervalo de - tiempo seleccionado.

De acuerdo con el razonamiento anterior los coefi-- cientes unitarios de drenaje resultantes son:

DREN	AREA (ha)	Tr= 5 AÑOS (l/s/ha)	Tr= 10 AÑOS (l/s/ha)
Arroyo San Agustín	4100	6.6	8.4
Arroyo San Pedro H.	4040	8.0	9.8
Arroyo Conejeras	1114	7.0	8.8
Arroyo Las Nopaleras	738	8.8	10.9

Estos resultados se encuentran graficados en la fi- gura VI.2

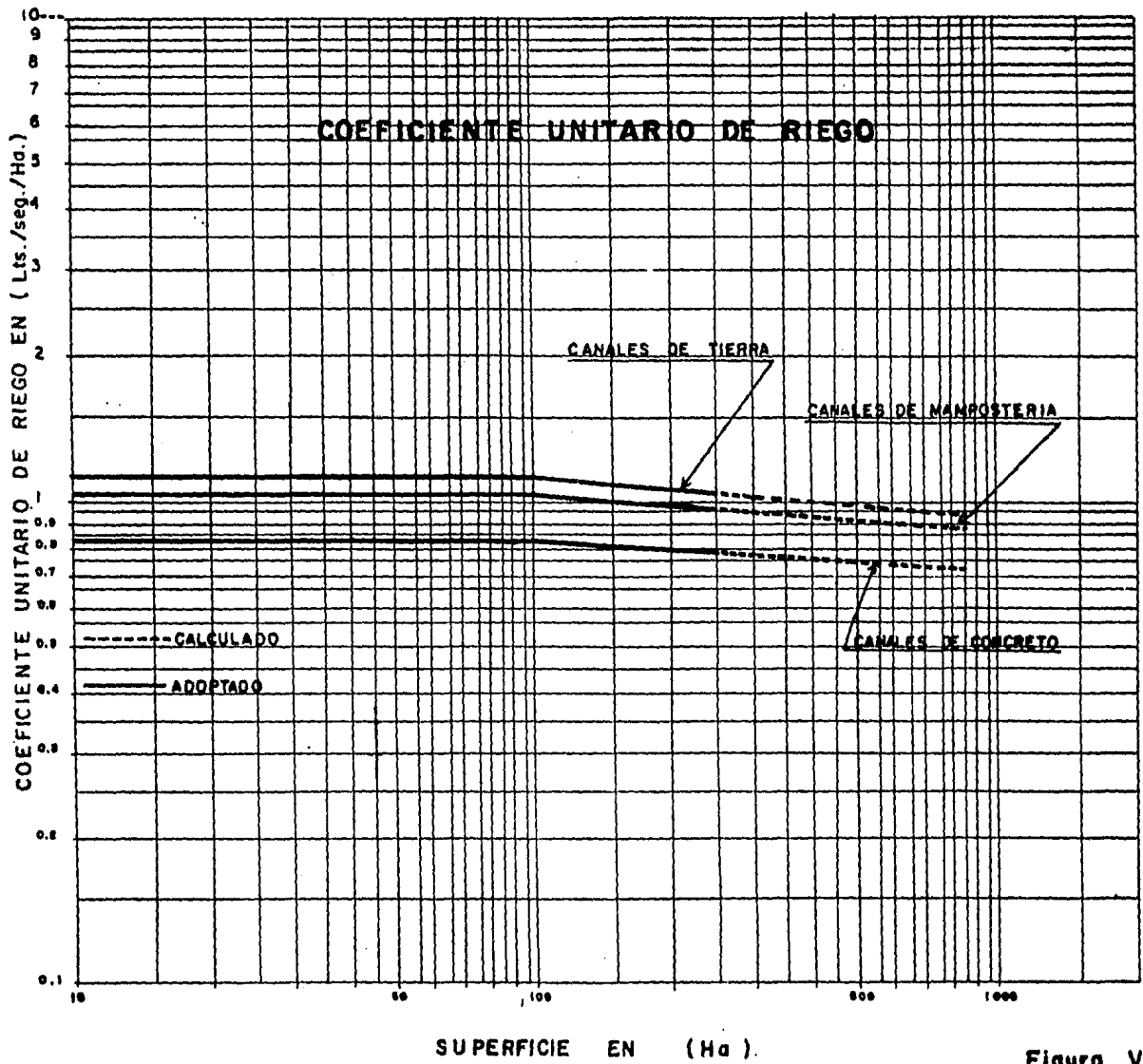


Figura VI.1

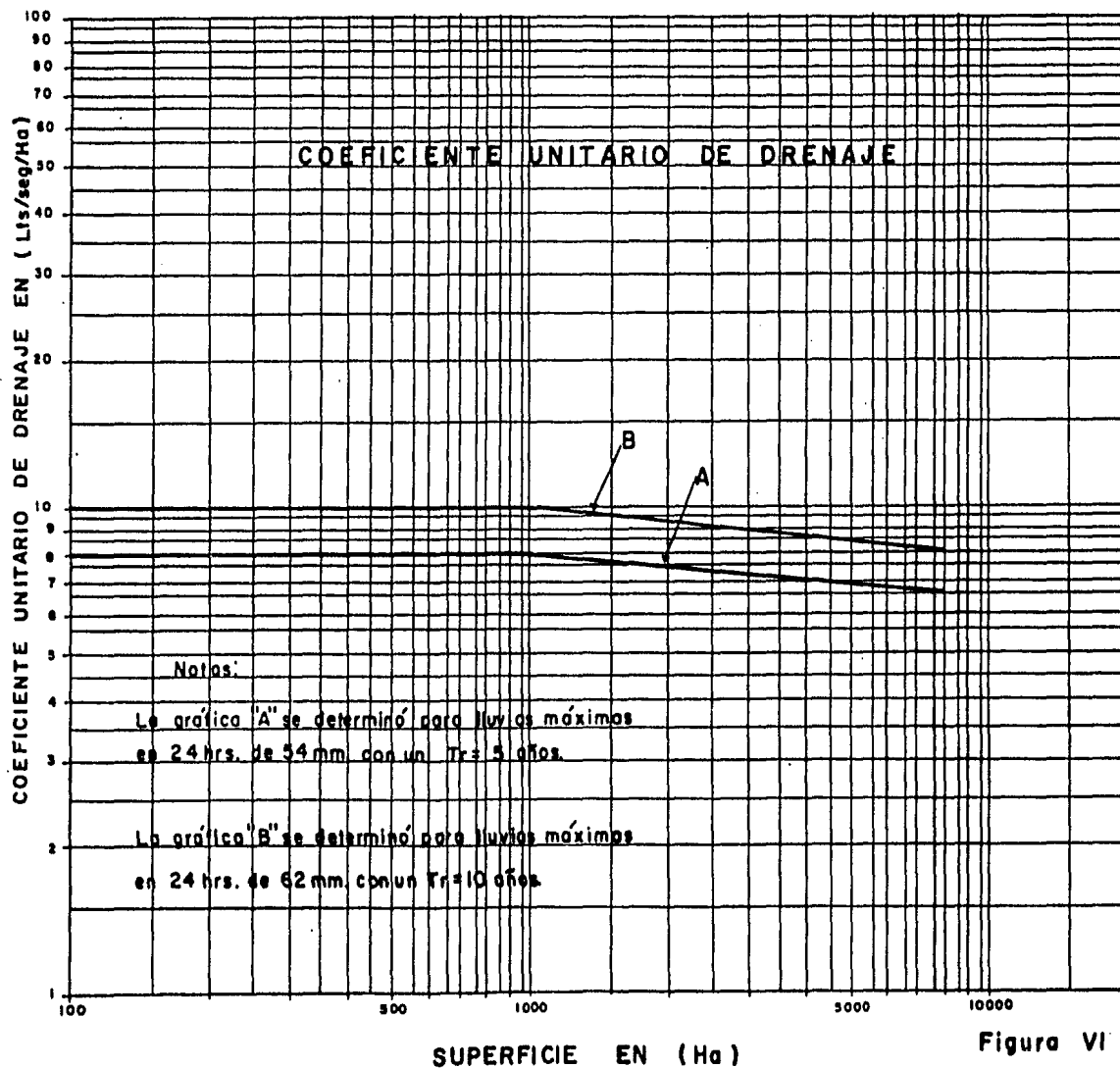


Figura VI. 2

B I B L I O G R A F I A

CASTANY, G. Trad. por Ignacio Sainz Ortiz "Evapo Transpiración", México, S.R.H. (Boletín técnico No. 24), 1964.

SPRINGALL Rolando, "Drenaje en cuencas pequeñas" publicación No. 143 de las series del Instituto de Ingeniería UNAM enero 1969.

SPRINGALL Rolando, "Escurrimiento en cuencas grandes", publicación No. 146 de las series del Instituto de Ingeniería UNAM, septiembre 1967.

TAKEDA Inuma Jesús, "Riego y Drenaje" "Problemática de las áreas de riego", Centro de Educación continua, división de estudios de posgrado, Facultad de Ingeniería, UNAM, México, junio 1980.

UNITED STATES, Department of the Interior, Bureau of Reclamation "Diseño de presas pequeñas", editorial Continental, México, enero 1976.

WARD, R.C. Senior lecturer in Geography University of Hull, "Principles of Hidrology", Mc Graw-Hill book Company (UK) limited.