



# UNIVERSIDAD LA SALLE

## ESCUELA DE INGENIERIA

CON RECONOCIMIENTO DE VALIDEZ OFICIAL DE  
ESTUDIOS No. 952017  
DE FECHA 13 DE FEBRERO DE 1995

"ANALISIS HIDROLOGICO DE LA CUENCA COLECTORA  
KEEGANS BAYOU, HOUSTON TX".

TESIS PROFESIONAL  
PARA OBTENER EL TITULO DE:  
LICENCIADO EN INGENIERIA CIVIL  
P R E S E N T A  
BEATRIZ GARCIA ALCIBAR

ASESOR:  
ING. MIGUEL ANGEL HERRERA DOMINGUEZ





# UNIVERSIDAD LA SALLE


México, D. F., 21 de enero de 2002.

DEPARTAMENTO DE SUPERVISION  
DE INFRAESTRUCTURA Y PROCESOS  
DIRECCION GENERAL DE EDUCACION SUPERIOR  
SECRETARIA DE EDUCACION PUBLICA  
**P R E S E N T E**

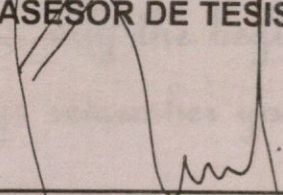
Le informo que la Srita. **Beatriz García Alcibar**, inscrita en la Escuela de Ingeniería de la Universidad La Salle, en la carrera de Licenciado en Ingeniería Civil, con reconocimiento de validez oficial de estudios según acuerdo 952017 de fecha 13 de febrero de 1995, ha elaborado el trabajo titulado "**ANÁLISIS HIDROLÓGICO DE LA CUENCA COLECTORA, KEEGANS BAYOU, HOUSTON TX.**" de conformidad con la modalidad de titulación aprobada por esta Licenciatura.

Le comunico además que el trabajo que fue desarrollado bajo mi conducción tiene la calidad suficiente para ser la base de sustentación de su examen profesional.

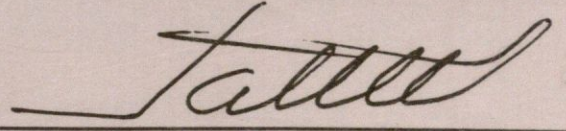
**ATENTAMENTE**



\_\_\_\_\_  
**ING. MIGUEL ANGEL HERRERA DOMINGUEZ**  
**ASESOR DE TESIS**



\_\_\_\_\_  
**ING. RAUL RAMON LAZARO RAMIREZ DE LA TORRE**  
**Vo.Bo. JEFE DE CARRERA DE**  
**INGENIERIA CIVIL**



\_\_\_\_\_  
**Aprobación**  
**ING. JOSE ANTONIO TORRES HERNANDEZ**  
**DIRECTOR DE LA ESCUELA DE INGENIERIA**  
**UNIVERSIDAD LA SALLE**



# INDICE

	<b>PAG.</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
TIEMPO DE CONCENTRACIÓN Y TIEMPO DE RECORRIDO .....	50
<b>CAPITULO I</b>	<b>55</b>
1.1 HIDROLOGÍA .....	5
1.2 CONCEPTOS BÁSICOS .....	6
1.3 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA ESCORRENTÍA SUPERFICIAL .....	7
1.4 VARIABLES QUE CARACTERIZAN LA ESCORRENTÍA SUPERFICIAL...	8
1.5 HIDROGRAMAS .....	11
1.6 ANÁLISIS DE HIDROGRAMAS DE CRECIENTE.....	12
1.7 ESTIMACIÓN DE LA ESCORRENTÍA SUPERFICIAL A TRAVÉS DE LOS DATOS DE LA LLUVIA .....	17
<b>CAPITULO II</b>	<b>109</b>
2.1 TR-55 .....	22
2.2 FACTORES CONSIDERADOS PARA DETERMINAR EL GASTO CON EL METODO CN .....	25
2.3 ZONA IMPERMEABLE CONECTADA .....	33
2.4 ZONA IMPERMEABLE DESCONECTADA .....	34
2.5 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN Y TIEMPO DE RECORRIDO Y LOS FACTORES QUE LO AFECTAN .....	36
2.6. DISTRIBUCIÓN DE LLUVIA ARTIFICIAL.....	38
2.7. CANALES ABIERTOS Y VOLUMEN ALMACENADO EN UN DEPÓSITO DE RETENCIÓN.....	45

BIBLIOGRAFÍA

135



### **CAPITULO III**

---

3.1 ESTIMACIÓN DEL GASTO .....	47
3.2 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN Y TIEMPO DE RECORRIDO .....	50
3.3 MÉTODO GRÁFICO DE DESCARGA MÁXIMA .....	65
3.4 MÉTODO DE HIDROGRAMA TABULAR .....	73
3.5 VOLÚMEN ALMACENADO EN UN DEPÓSITO DE RETENCIÓN .....	85

### **CAPITULO IV**

---

4.1 MÉTODO TRADICIONAL .....	92
4.2 MÉTODO TR-55 .....	99

### **RESOLUCIÓN DE EJEMPLOS**

---

ESTIMACIÓN DE GASTO.....	106
CÁLCULO DE $T_c$ Y $T_t$ .....	109
MÉTODO DE HIDROGRAMA TABULAR .....	110
VOLÚMEN ALMACENADO .....	114
HOJAS DE TRABAJO .....	115
TABLAS ADICIONALES .....	120

### **COMPARATIVA**

---

**130**

### **CONCLUSIONES**

---

**132**

### **MAPA TOPOGRÁFICO DE LA CUENCA**

---

**134**

### **BIBLIQGRAFÍA**

---

**135**



## INTRODUCCIÓN

El objetivo de este estudio es realizar una comparación de dos métodos que analicen el caudal de la lluvia para inferir la influencia que está teniendo una cuenca colectora específica.

# INTRODUCCIÓN

Los métodos a comparar son, el método convencional, el cual se usa regularmente para el análisis del caudal de forma manual o satelital y el método TR-55 (Technical Release 55), hidrología urbana para pequeñas cuencas colectoras.



Cuando se realiza un estudio de este tipo, el costo que se produce con los métodos convencionales es bastante alto. Esto requiere un estudio detallado de la cuenca, tomando en cuenta los aspectos físicos y humanos.

Para poder estudiar la cuenca hidrográfica, se requiere un estudio del caudal de la lluvia en la zona de estudio, lo cual implica un análisis previo de las consecuencias que pueden tener las lluvias sobre la cuenca hidrográfica, así como los recursos que pueden ser necesarios.



## INTRODUCCIÓN

El objetivo de este estudio es realizar una comparación de dos métodos que analizan el caudal de la lluvia para inferir la influencia que está tendrá en una cuenca colectora específica.

Los métodos a comparar son; el método convencional, el cual se usa regularmente para el análisis del caudal de forma manual o satelital, y el método TR-55 ( Technical Release 55), hidrología urbana para pequeñas cuencas colectoras.

Cuanto mayor sea la exactitud obtenida de los datos del gasto que se produce con la lluvia, mayor será la precisión de los cálculo de las obras de excedencia que pueda necesitarse para la cuenca colectora.

Ésto requiere que el proyectista realice el estudio detallado de la cuenca tomando en cuenta todas las posibles variable que puedan afectar el método.

Para poder concluir cuál será el método más preciso, se estudiará la cuenca hidrológica por los dos métodos, durante un periodo específico.

Los alcances de los cálculos pueden ser las tablas de cálculo del caudal obtenidos en el tiempo analizado, los cuales pueden ayudar a un análisis previo de las consecuencias que pueden tener las mismas sobre la cuenca hidrológica o las posibles obras de excedencia que pudiesen ser necesarias.



Algunas de las posibles limitaciones para el cálculo son las variables que se tienen para la aplicación del método TR-55, así como las características del suelo, la zona en donde se encuentra la cuenca, entre otras, las cuales tienen una gran influencia sobre los datos obtenidos del cálculo. Es importante hacer notar que los resultados que se obtengan serán los más cercanos a la realidad, tomando condiciones de aproximaciones o reducciones que normalmente se toman en cuenta en diseños cotidianos.

En el Capítulo I se tendrá una breve descripción de los conceptos básicos de hidrología, factores que influyen en la escorrentía superficial, análisis de hidrogramas y estimaciones de escorrentías superficiales a través de los datos de lluvia.

Por lo que se refiere al Capítulo II se dará una descripción del método TR-55 y los factores que consideran para determinar el gasto con el método CN.

En el capítulo III refiere a la aplicación del método TR-55 a la cuenca hidrológica Keegans Bayou en Houston, Tx.

En el capítulo IV se expone la comparativa del método tradicional y el método TR-55.

Finalmente en las conclusiones se interpretan los resultados de las tablas de cálculo obtenidas y las ventajas y desventajas de cada método para el estudio de cuencas colectoras.



1. La cuenca que se estudiará se llama : Keegans Bayou .Nace una milla al sur de Clodine y a dos millas al oeste de Harris Country al noreste de Fort Bend Country ( a  $29^{\circ} 41' N$  ,  $95^{\circ} 40' W$  ) y corre once millas al este del U.S Highway 59 al sur del centro de Houston cerca de Brae Burn Country Club al suroeste de Harris Country .El valle antes se llamaba James Keegans ,Jr.

2. El suelo en esta zona es greda arenoso y arcilloso que originalmente soportaba árboles mixtos pesados y pinos, es ahora una zona residencial de la ciudad de Houston.

3. Para analizar esta cuenca se utilizó el programa llamado TR -55.TR-55 son las siglas del programa Technical -Release 55, " HIDROLOGIA URBANA PARA PEQUENAS CUENCAS COLECTORAS ". TR-55 fue creado en 1975.

Este programa presenta un procedimiento simplificado para calcular el volumen del gasto de tormentas, descargas máximas, hidrogramas y volúmenes de almacenaje ( que sirvan de apoyo para estructuras de retención). Este programa es aplicable a cuencas colectoras, especialmente cuencas urbanizadas , en los Estados Unidos .

TR-55 incorpora procedimientos de las SCS ( Soil Conservation Service ) .

Actualmente se han hecho revisiones al programa TR-55 en las recientes investigaciones y otros cambios basados en las experiencias con las ediciones pasadas.



Algunos de estas revisiones e implementos son:

1. Seleccionar un apropiado procedimiento para el análisis del gasto.
2. Tres distribuciones más de lluvia
3. Amplificación de la gráfica de CN.
4. Un procedimiento que calcule el tiempo de recorrido ( $T_t$ ) para flujo laminar.
5. Un procedimiento que calcule la descarga máxima.
6. Modificación al cálculo del método gráfico para el calculo de la descarga máxima y el método tabular.
7. U nuevo procedimiento para el encaminamiento del almacenaje.
8. Perfeccionamiento del programa
9. Hojas de Trabajo

Éste programa fue escrito en Basic. Al ir revisando el TR, el programa también se desarrollo para ser usado en el sistema operativo MS-DOS.



Es la ciencia que estudia todo lo relacionado con el agua de la tierra, como sus propiedades químicas y físicas, su distribución, su interacción con el medio ambiente, entre otras.

# CAPITULO I

La escorrentía superficial comprende el exceso de precipitación que ocurre después de una lluvia intensa y se mueve libremente por la superficie del terreno, y la escorrentía de una corriente de agua, puede ser alimentada tanto por el exceso de precipitación como por las aguas subterráneas.

La mayoría de los fenómenos hidrológicos están ligados al aprovechamiento de los recursos hídricos, los fenómenos provocados por el exceso de agua.

De la precipitación que cae ya sea en depresiones o en zonas elevadas, el exceso de agua interfiere con el medio ambiente como exceso de agua retenida e infiltrada.

Puede ocurrir que el exceso de agua en la superficie como la escorrentía superficial.

La escorrentía superficial comprende el exceso de precipitación que ocurre después de una lluvia intensa y se mueve libremente por la superficie del terreno, y la escorrentía de una corriente de agua, puede ser alimentada tanto por el exceso de precipitación como por las aguas subterráneas.





• Es la ciencia que estudia todo lo relacionado con el agua de la tierra , como sus propiedades químicas y físicas , su distribución , su interacción con el medio ambiente , entre otras .

La escorrentía superficial es el fenómeno más importante desde el punto de vista de ingeniería , el cuál y consiste en la ocurrencia y el transporte de agua en la superficie terrestre .

• La mayoría de los estudios hidrológicos están ligados al aprovechamiento del agua superficial y a la protección contra los fenómenos provocados por su movimiento.

De la precipitación que alcanza el suelo, parte queda retenida ya sea en depresiones o como película en torno a partículas sólidas. Del excedente de agua retenida , parte se infiltra y parte escurre superficialmente . Se define como exceso de precipitación a la precipitación total caída al suelo menos la retenida e infiltrada .

Puede ocurrir que el agua infiltrada venga, posteriormente, a aflorar en la superficie como fuente de una nueva escorrentía superficial .

La escorrentía superficial comprende el exceso de la precipitación que ocurre después de una lluvia intensa y se mueve libremente por la superficie del terreno, y la escorrentía de una corriente de agua , puede ser alimentada tanto por el exceso de precipitación como por las aguas subterráneas .



CONCEPTOS BÁSICOS: *ción de volver líquida por medio de calor, el agua que se encontraba en estado sólido.*

- Transpiración: proceso por el cual el agua de la vegetación pasa a la atmósfera en forma de vapor.
- Evaporación de agua: emisión de vapor de agua por una superficie libre a temperatura inferior a su punto de ebullición.
- Evapotranspiración: cantidad de agua transferida del suelo a la atmósfera por evaporación y por la transpiración. *(relacionados con la*
- Condensación : transición del agua de la fase de vapor a la líquida .
- Precipitación : agregado de partículas acuosas, líquidas o sólidas , cristalizadas o amorfas , que caen de una nube o grupo de nubes y alcanzan el suelo .
- Intercepción : proceso por el cual la precipitación es detenida y retenida por la vegetación y estructuras , o precipitación que se pierde por evaporación y transpiración antes de penetrar en el suelo .
- Almacenamiento en depresiones : es el almacenamiento de agua que se presenta en las depresiones del terreno .
- Escorrentía : parte de la precipitación que fluye por la superficie del terreno ( escorrentía superficial ) o por debajo de la superficie (escorrentía subterránea ).
- Flujo subsuperficial : flujo que se presenta inmediatamente por debajo de la superficie del terreno .
- Infiltración : formación de pasos de agua en forma de conductos a través de materiales naturales o artificiales .



- Derretimiento : Acción de volver líquida por medio de calor , el agua que se encontraba en estado sólido .
- Hoya hidrográfica o cuenca hidrológica : es un área definida topográficamente , drenada por un curso de agua o un sistema conectado de cursos de agua .

### **FACTORES QUE INFLUYEN EN LA ESCORRENTÍA SUPERFICIAL**

Éstos factores pueden ser de naturaleza climática ( relacionados con la precipitación ) , de naturaleza fisiográfica ( ligados a las características físicas de la hoya o cuenca ) y de naturaleza humana ( relacionados con la intervención del hombre ).

#### **Factores climáticos :**

1. Intensidad de precipitación : cuanto mayor es la intensidad de precipitación más rápido el suelo colma su capacidad de infiltración , y se provoca un exceso de precipitación que escurrirá superficialmente .
2. Duración de la precipitación : la duración de la precipitación es directamente proporcional a la escorrentía superficial .

Para lluvias de intensidad constante habrá mayor oportunidad de producirse una escorrentía superficial .

3. Precipitación antecedente : influye cuando una precipitación ocurre cuando el suelo está húmedo, debido a una "lluvia anterior" , y al estar saturado tendrá mayor facilidad de convertirse en escorrentía superficial .



Factores fisiográficos : Entradas (I):

1. Área : la extensión del área está directamente relacionada a la cantidad de agua que la cuenca pueda generar .
2. Permeabilidad : influye directamente en la capacidad de infiltración .  
Cuanto más permeable sea el suelo , mayor será la cantidad de agua que pueda absorber , disminuyéndose así la ocurrencia de exceso de

Se como precipitación salidas (O):

- Evaporación .

Factores humanos : Transpiración.

1. Obras hidráulicas construidas en la cuenca : en el caso , por ejemplo , de una presa , que al acumular agua en un embalse , reduce los caudales máximos de la escorrentía superficial y retarda su propagación. infiltración
2. Rectificación de ríos : se puede rectificar un río y esto aumenta la velocidad de la escorrentía superficial en el tramo rectificado .

Almacenamiento por cambio de humedad del suelo.

Almacenamiento superficial en embalses , canales y en la propia escorrentía superficial .

## VARIABLES QUE CARACTERIZAN LA ESCORRENTÍA SUPERFICIAL

Caudal (Q).

\* Ecuación fundamental de la hidrología :

Lo que entra menos lo que sale es igual al cambio de almacenamiento .

unidad de tiempo , es  $I - O = \Delta S / \Delta t$  que caracteriza la escorrentía superficial

$$Q = V/t \text{ (m}^3\text{s}^{-1}\text{ ó l/s)}$$



Se consideran como entradas ( I ) :

- Precipitación.
- Importaciones de agua.
- Escorrentía superficial desde otras hoyas o cuencas .
- Aguas subterráneas desde otras hoyas o cuencas .

Se consideran como salidas ( O ) :

- Evaporación .
- Transpiración.
- Escorrentía superficial hacia otras hoyas o cuenca.
- Exportaciones de agua .
- Aguas subterráneas hacia otras hoyas o cuenca.
- Infiltración .

Se considera cambio de almacenamiento (  $\Delta S$  ):

- Almacenamiento de aguas subterráneas.
- Almacenamiento por cambio de humedad del suelo.
- Almacenamiento superficial en embalses , canales y en la propia escorrentía superficial .

\* Caudal ( Q ) :

El caudal , definido como el volumen de escorrentía superficial por unidad de tiempo , es la principal variable que caracteriza la escorrentía superficial .

$$Q = V / t \text{ ( m}^3\text{/s ó l/s)}$$



\* Caudal específico ( q ):

Se denomina hidrograma o hidrograma de caudal, ver fig. 1.1 a la representación del caudal "Q" en función del tiempo "t". Se define como el caudal "Q" dividido por el área de drenaje "A" de la hoya o cuenca. Sirve como elemento comparativo entre las cuencas.

$$q = Q / A \text{ ( m}^3\text{/s/km}^2 \text{ ó l/s/km}^2\text{)}$$

\* Caudales máximos, medios y mínimos :

Es común tener como datos que caracterizan a una hoya o cuenca los caudales máximos, medios y mínimos en intervalos de tiempo determinados, como hora, día, mes y año.

\* Tiempo de concentración ( Tc ):

Es el tiempo que la lluvia que cae en el punto más distante de la corriente de agua de una hoya toma para llegar a una sección determinada de dicha corriente. El tiempo de concentración mide el tiempo que se necesita para que toda la hoya contribuya con escorrentía superficial en una sección considerada. Se mide en minutos u horas.



## HIDROGRAMAS

Se denomina hidrógrafa o hidrograma de caudal , **ver fig. 1.1** , a la representación gráfica de la variación del caudal en relación con el tiempo . El intervalo de tiempo puede variar de hora a años .

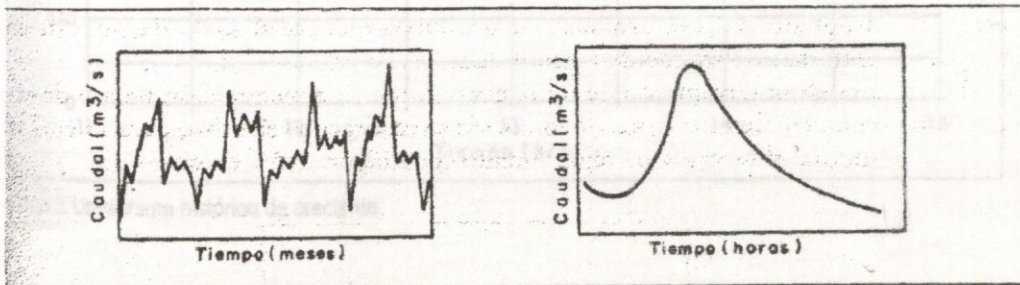


Figura 6.2. Hidrogramas de caudal.

Fig. 1.1. Hidrogramas de caudal

En **la fig 1.2** se presenta la variación de nivel de agua medido en una corriente y determinado por medio de un limnógrafo , o medidor a niveles de agua continuos en el tiempo .

### ANÁLISIS DE HIDROGRAMAS DE CRECIENTE

Se puede notar que el nivel de agua es proporcional al caudal , y que el limnograma da una buena idea de la forma del hidrograma .

Analizando plots de hidrogramas de crecientes se puede analizar algunos fenómenos de interés en hidrología . Para esto es necesario conocer tanto el hidrograma de lluvias productora en la hoya como el hidrograma de caudal en la sección del curso de agua correspondiente a esta hoya .



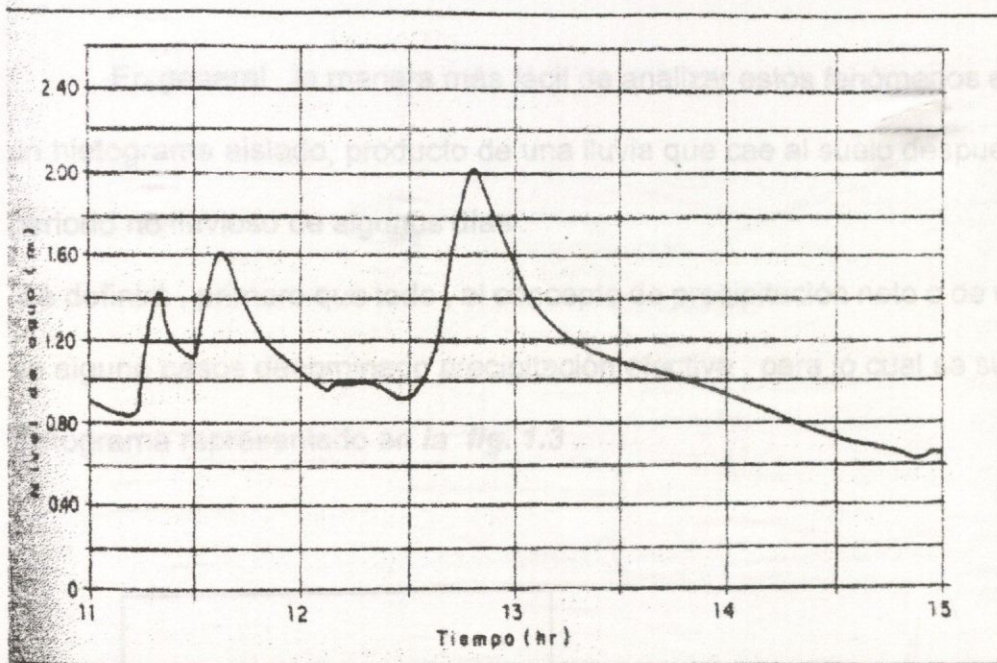


Fig. 1.2. Lumnigrama histórico de creciente.

Fig. 1.2 Lumnigrama histórico de creciente

### ANÁLISIS DE HIDROGRAMAS DE CRECIENTE

Aislado picos de hidrogramas de crecientes se puede analizar algunos fenómenos de interés en hidrología. Para esto es necesario conocer tanto el hietograma de lluvia productora en la hoya como el hidrograma de caudal en la sección del curso de agua correspondiente a esta hoya.



En general , la manera más fácil de analizar estos fenómenos es tomar un hietograma aislado, producto de una lluvia que cae al suelo después de un periodo no lluvioso de algunos días .

Se definirá , primero que todo , el concepto de precipitación neto o de exceso , en alguno casos denominado precipitación efectiva , para lo cual se supone el hietograma representado en *la fig. 1.3* .

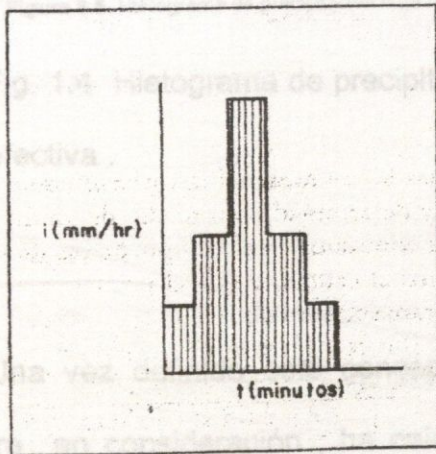


Figura 6.4. Hietograma de lluvia total.

Fig. 1.3 Hietograma de lluvia total

Se define como precipitación neta o de exceso , o precipitación efectiva a la diferencia entre la precipitación total y la infiltración, en un intervalo de tiempo . Es también igual a la cantidad de precipitación que produce escorrentía superficial . En la infiltración se incluyen las pérdidas por intercepción y detención superficial . . **Ver fig. 1.4**



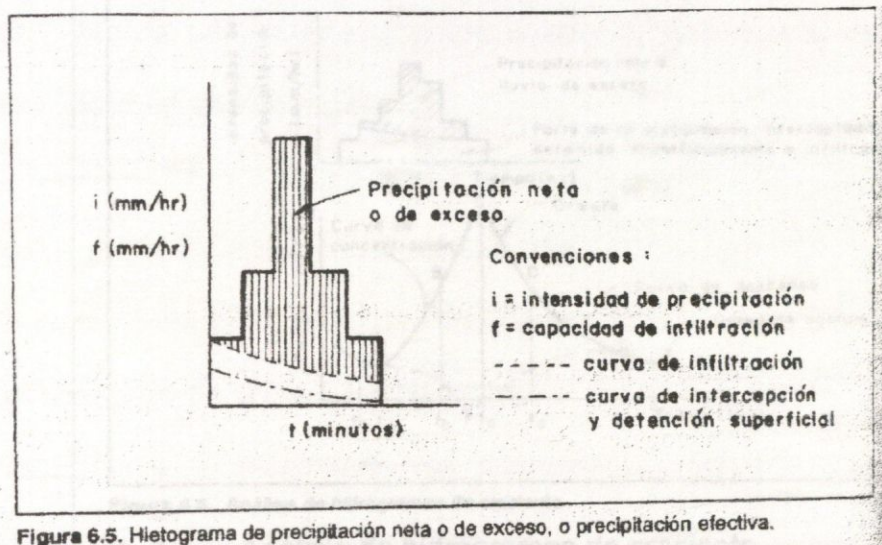


Fig. 1.4 Hietograma de precipitación neta o de exceso , o precipitación efectiva .

a. Punto A , donde comienza a aumentar el caudal

Una vez iniciada la precipitación , parte de ésta es interceptada por la

Una vez definido este concepto , se supone que sobre la cuenca colectora en consideración , ha caído un lluvia como la presentada en el hietograma de **la fig. 1.5**.

hidrograma

Además , en la sección del curso de agua correspondiente a esta hoy se ha presentado un hidrograma como el que también es mostrado en **la fig. 1.5** , producto de la lluvia mencionada .

hidrograma , el aumento de caudal comienza a notarse en el mismo instante

de iniciación de la lluvia debido al efecto del agua que cae directamente sobre el cauce .



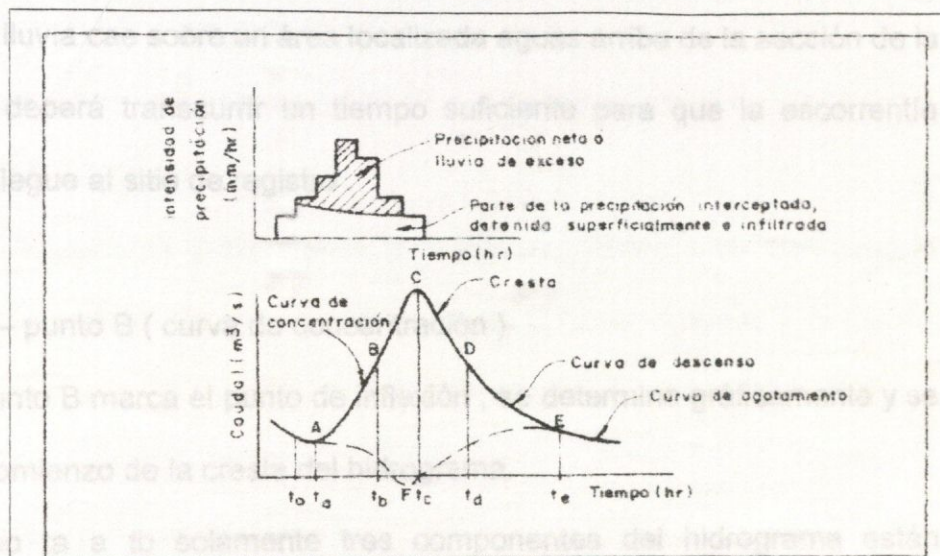


Figura 6.6. Análisis de hidrogramas de creciente.

Fig. 1.5 Análisis de hidrogramas de creciente

a. Punto A , donde comienza a aumentar el caudal

Una vez iniciada la precipitación , parte de ésta es interceptada por la vegetación y obstáculos y retenida en las depresiones hasta llenarlas completamente . Otra parte se infiltra en el terreno , supliendo su deficiencia de humedad . Esta parte corresponde al intervalo de tiempo "t<sub>0</sub>" a "t<sub>a</sub>" en el hidrograma .

Una vez excedida la capacidad de infiltración, se inicia la escorrentía superficial directa , la cual corresponde al punto A en el hidrograma .

Si el área cubierta por la precipitación contiene la sección de registro del hidrograma , el aumento de caudal comienza a notarse en el mismo instante de iniciación de la lluvia debido al efecto del agua que cae directamente sobre el cauce .



d. Punto C – punto D (caudal base) Si la lluvia cae sobre un área localizada aguas arriba de la sección de la corriente, deberá transcurrir un tiempo suficiente para que la escorrentía superficial llegue al sitio de registro.

b. Punto A – punto B (curva de concentración)

El punto B marca el punto de inflexión, se determina gráficamente y se señala el comienzo de la cresta del hidrograma.

En el lapso  $t_a$  a  $t_b$  solamente tres componentes del hidrograma están contribuyendo a la escorrentía del caudal:

- escorrentía superficial directa
- precipitación directa sobre la corriente
- agua subterránea (caudal base)

c. Punto B – Punto D (cresta del hidrograma)

El caudal continúa aumentando hasta alcanzar un máximo en el punto C, cuando toda la cuenca está contribuyendo. La duración de la lluvia neta o de exceso es menor o igual al intervalo de tiempo  $t_o$  a  $t_c$ . Se considera que desde el punto B hasta el punto D, además de la tres componentes del hidrograma que estaban contribuyendo en el del punto B, está contribuyendo el flujo subsuperficial. La componente que menos contribuye en este intervalo es la precipitación directa sobre la corriente, la cual cesa antes del punto D.



d. Punto D – punto E ( curva de descenso )

El punto D es un punto de inflexión que marca el comienzo de la curva de descenso del hidrograma . Este punto se localiza gráficamente y señala el momento en que cesa la escorrentía superficial directa . Desde el punto D hasta el punto E el caudal está compuesto exclusivamente por flujo subsuperficial y agua subterránea .

e. Punto E ( curva de agotamiento )

Punto que indica la terminación de toda escorrentía superficial . A partir de este punto comienza la denominada curva de agotamiento durante la cual los aportes al caudal de la corriente provienen únicamente de las reservas de agua subterráneas .

## ESTIMACIÓN DE LA ESCORRENTÍA SUPERFICIAL A TRAVÉS DE LOS DATOS DE LLUVIA

Usualmente la escorrentía superficial que se desea conocer es aquella que resulta de una lluvia capaz de producir una creciente en el curso o corriente de agua .

En general , se puede desear conocer la escorrentía superficial resultante de una lluvia cualquiera .



## Fórmula racional

El coeficiente de escorrentía es la relación entre el volumen de agua de escorrentía superficial total y el volumen total de agua precipitado, en un intervalo de tiempo determinado.

Entonces  $c = (V \text{ escorrentía superficial total} / V \text{ precipitado total})$  en un intervalo de tiempo

$$c = V_e / V_p = V_e / t / V_p / t$$

Este coeficiente se puede definir como la relación a una lluvia aislada en un intervalo de tiempo en donde ocurren varias lluvias.

Se debe aclarar que conociendo el coeficiente de escorrentía para una determinada lluvia con cierta intensidad y cierta duración en un área dada, se puede determinar la escorrentía superficial de otras precipitaciones de intensidades diferentes, siempre y cuando que la duración de la lluvia sea la misma.

Ahora bien:

$$Q_e = V_e / t$$

$$iA = V_p / t$$



en donde :

$Q_e$  = caudal de escorrentía directa

$i$  = intensidad de la lluvia

$t$  = tiempo de duración de la lluvia

$A$  = área de drenaje

Entonces :

$$c = Q_e / iA$$

El numerador representa el volumen de escorrentía superficial por unidad de tiempo de duración de la lluvia , y el denominador representa el volumen de lluvia por unidad de tiempo de esta duración :

$$Q_e = c iA$$

Al utilizar la fórmula racional , se supone que el caudal "  $Q_e$  ", toma un valor del caudal máximo ( pico )  $Q_p$  , cuando , debido a una cierta intensidad de lluvia sobre un área de drenaje , es producido por esa precipitación que se mantiene por un tiempo igual al período de concentración del caudal en el punto en consideración .



Teóricamente , éste es el tiempo de concentración , que es el tiempo requerido para que la escorrentía superficial desde la parte más remota de la cuenca alcance el punto de Interés .

Entonces , el caudal  $Q_p$  correspondiente a una lluvia de intensidad (i) sobre un área de drenaje A , la cual dure un tiempo tal que toda el área de drenaje contribuya a la escorrentía superficial , siendo  $Q_p$  el caudal máximo de escorrentía superficial , está dado por :

$$Q_p = c i A$$

Donde :

i = intensidad de lluvia ( mm/ hr )

A = área de drenaje ( km<sup>2</sup> )

c = coeficiente de escorrentía ( adimensional )

por lo tanto :

$$Q_p = 0.278 c i A$$

La aplicación de la fórmula racional depende del conocimiento del coeficiente de escorrentía .

Se presenta los valores típicos de dicho coeficiente en el **tabla 1.1.**

Tabla 1.1. Valores del coeficiente de escorrentía "C".

	COEFICIENTE DE ESCORRINTIA "C"
<b>PRADOS:</b>	
Suelos arenosos, pluvios. 2%	0.08-0.10
Suelos arenosos, pluvios. 10, 2-7%	0.10-0.20
Suelos arenosos, pluvios. 2%	0.12-0.17
Suelos arenosos, pluvios. 3-7%	0.13-0.22
Suelos arenosos, pluvios. 7%	0.25-0.35
<b>DISTRITOS URBANOS:</b>	
Áreas de zonas de riesgo	0.75-0.95
Áreas urbanas	0.20-0.70
<b>RESIDENCIAL:</b>	
Áreas urbanas	0.40-0.60
Casas multifamiliares urbanas	0.40-0.75
Suburbanas	0.25-0.40
Áreas de asentamientos de vivienda	0.10-0.75
<b>INDUSTRIAL:</b>	
Áreas urbanas	0.30-0.50
Áreas industriales	0.20-0.70
<b>PANORAS, COMERCIALES:</b>	0.15-0.25
<b>CAMPOS DE JUEGO:</b>	0.10-0.20
<b>ÁREAS DE PASTOS DE PASTORILES:</b>	0.20-0.70
<b>ÁREAS NO DESARROLLADAS:</b>	0.10-0.30
<b>GALLERÍAS:</b>	
Asfálticas	0.70-0.75
Concretas	0.70-0.75
Ladrillo	0.70-0.75
<b>TECHOS:</b>	
Asfálticos	0.70-0.75
Concretos	0.70-0.75
Ladrillos	0.70-0.75



Se pueden también calcular el valor de "c" para una lluvia de características conocidas , siempre y cuando se conozca la respuesta de la cuenca en términos del caudal de escorrentía superficial .

Cuadro 6.2. Valores del coeficiente de escorrentía, C.

TIPO DE ÁREA DE DRENAJE	COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA, C
<b>PRADOS:</b>	
Suelos arenosos, planos, 2%	0.05-0.10
Suelos arenosos, promedio, 2-7%	0.15-0.20
Suelos pesados, planos, 2%	0.13-0.17
Suelos pesados, promedio, 2-7%	0.18-0.22
Suelos pesados, pendientes, 7%	0.25-0.35
<b>DISTRITOS COMERCIALES:</b>	
Áreas de centro de ciudad	0.70-0.95
Áreas vecinas	0.50-0.70
<b>RESIDENCIAL:</b>	
Áreas casas individuales separadas	0.30-0.60
Casas multifamiliares separadas	0.40-0.60
Casas multifamiliares unidas	0.60-0.75
Suburbana	0.25-0.40
Áreas de apartamentos de vivienda	0.50-0.70
<b>INDUSTRIAL:</b>	
Áreas livianas	0.50-0.80
Áreas pesadas	0.60-0.90
<b>PARQUES, CEMENTERIOS</b>	0.10-0.25
<b>CAMPOS DE JUEGOS</b>	0.20-0.35
<b>ÁREAS DE PATIOS DE FERROCARRILES</b>	0.20-0.40
<b>ÁREAS NO DESARROLLADAS</b>	0.10-0.30
<b>CALLES:</b>	
Asfaltadas	0.70-0.95
Concreto	0.80-0.95
Ladrillo	0.70-0.85
<b>CALZADAS Y ALAMEDAS</b>	0.75-0.85
<b>TECHOS</b>	0.75-0.95

Tabla 1.1 . Valores del coeficiente de escorrentía " C " .



TR-55 ( Technical Release 55) presenta un procedimiento simplificado para estimar el gasto y descarga máxima en pequeñas cuencas colectoras.

Estudios hidrológicos para determinar el gasto y las descargas máximas deberían de usarse en las cuencas colectoras de gran tamaño y en áreas específicas. Agujas de área reducida son disponibles para pequeñas áreas de drenaje, pero es necesario estimar las descargas máximas con modelos hidrológicos basados en datos observables de la cuenca colectora.

El gasto es determinado por la lluvia con la cantidad de precipitación y las características físicas de la cuenca, tales como el tipo de suelo,

humedad del suelo, tipo de vegetación, tipo de rocas y la superficie impermeable.

El gasto es determinado por la lluvia con la cantidad de precipitación y las características físicas de la cuenca, tales como el tipo de suelo, humedad del suelo, tipo de vegetación, tipo de rocas y la superficie impermeable.

El tiempo de concentración es el tiempo que tarda el agua en correr desde la unidad de drenaje más alejada hasta el punto de salida de la cuenca.

El tiempo de concentración es el tiempo que tarda el agua en correr desde la unidad de drenaje más alejada hasta el punto de salida de la cuenca. El tiempo de concentración es el tiempo que tarda el agua en correr desde la unidad de drenaje más alejada hasta el punto de salida de la cuenca.

La descarga máxima es el flujo de agua que ocurre en la cuenca durante la tormenta. La descarga máxima es el flujo de agua que ocurre en la cuenca durante la tormenta.

El tiempo de concentración es el tiempo que tarda el agua en correr desde la unidad de drenaje más alejada hasta el punto de salida de la cuenca. El tiempo de concentración es el tiempo que tarda el agua en correr desde la unidad de drenaje más alejada hasta el punto de salida de la cuenca.





El modelo descrito con TR-55 comienza con la cantidad de lluvia

uniformemente distribuida en la **TR-55** colectora, después la cantidad de lluvia TR-55 ( Technical Release 55) presenta un procedimiento simplificado para estimar gasto y descarga máxima en pequeñas cuencas colectoras.

Estudios hidrológicos para determinar el gasto y las descarga máxima deberían de basarse preferentemente en estadísticas de records de gasto de áreas específicas. Algunos de estos records son disponibles para pequeñas áreas de desagüe, pero es necesario estimar las descargas máximas con modelos hidrológicos basados en datos apreciables de la cuenca colectora.

El **gasto** es determinado principalmente con la cantidad de precipitación y las características de la infiltración relacionada con el tipo de suelo, humedad del suelo, antecedentes de lluvia, tipo de cubierta, superficies impermeables y retención del suelo.

El gasto es después transformado en hidrogramas usando la teoría de la unidad de hidrograma y el procedimiento de la ruta, que dependen del tiempo de recorrido del gasto hacia algún punto de la cuenca colectora.

El **tiempo de recorrido** es determinado principalmente por la pendiente, la longitud de la trayectoria del flujo y de la aspereza de la superficie donde corre el flujo.

La **descarga máxima** se basa en la relación de estos parámetros, en la área total de desagüe de la cuenca colectora, la ubicación de desarrollo, problemas de almacenamiento natural o hechos por el hombre y el tiempo de distribución de la lluvia durante la tormenta analizada.



El modelo descrito con TR-55 comienza con la cantidad de lluvia uniformemente distribuida en la cuenca colectora, después la cantidad de lluvia se convierte en cantidad de gasto usando él ("Numero Curva / Curve Number") **CN**. Este procedimiento también es llamado **SCS** ( Soil Conversation Service / Servicio de conservación del suelo) que consiste en seleccionar una tormenta y calcular el gasto directo.

**CN** se basa en el tipo de terreno, tipo de plantas que cubren al suelo, cantidad de área impermeable, intercepciones y almacenaje que hay en la superficie.

TR-55 maneja cuatro regiones para distribuir el tipo de lluvia. Esta información es dada por NWS (National Weather Service / Servicio Nacional del Clima), la cual informa sobre la duración y frecuencia de tormentas locales.

Los cuatro tipos de regiones son:

- \* **Tipo I y IA** : son las regiones con lluvias menos intensas. Las zonas que abarca con el clima marítimo del Pacífico ( Pacific Maritime climate) con invierno húmedo y verano seco.
- \* **Tipo III** : representa el golfo de México y el área costera del Atlántico donde las tormentas tropicales son más largas de 24 horas de lluvia.
- \* **Tipo II** : es la zona más intensa de lluvia y de menor duración. Abarca el resto del país ( Texas).

FIG 2.1 - Estados Unidos de Norteamérica

**(VER FIGURA 2.1 y 2.2 )**



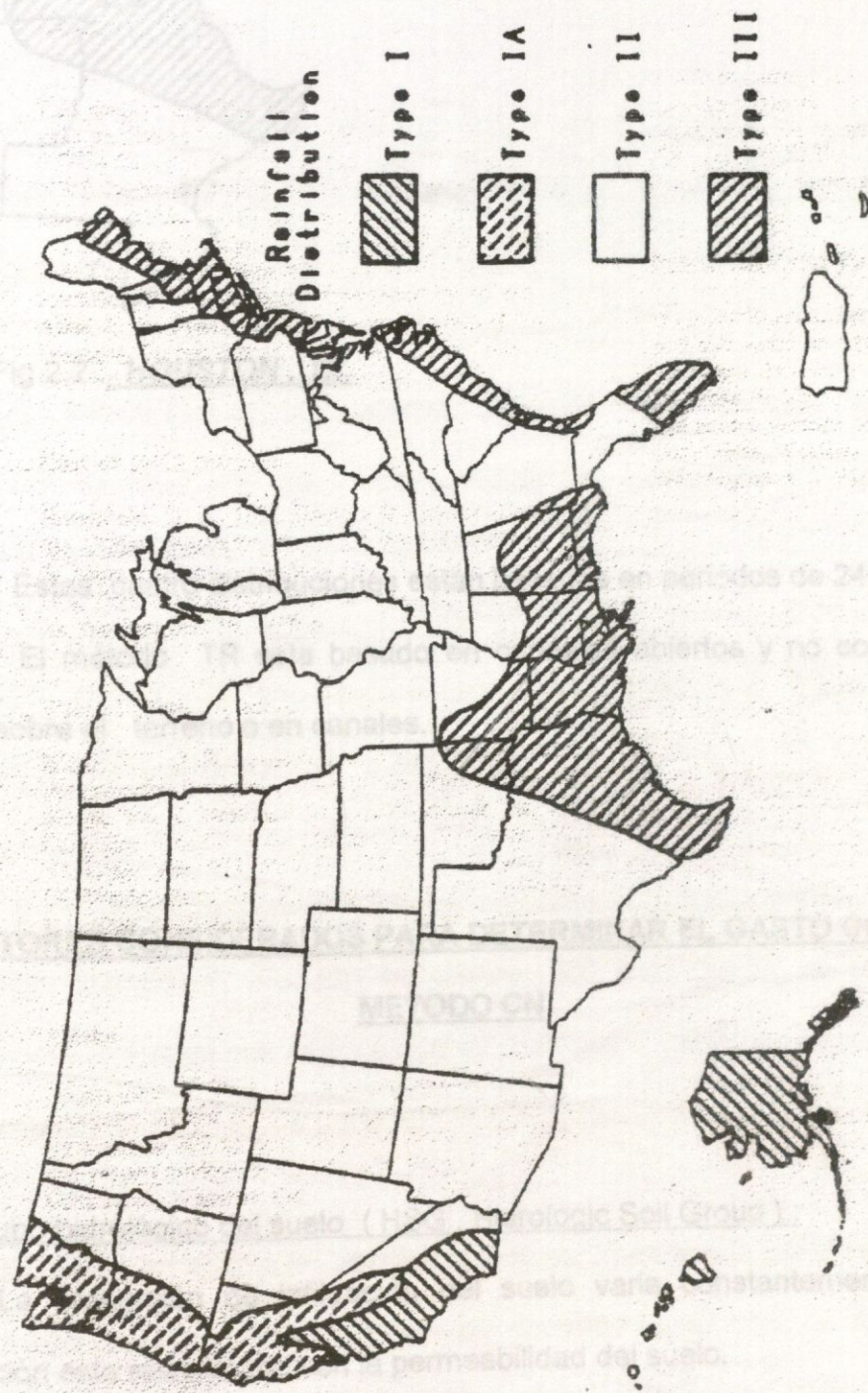


FIG 2.1 . Estados Unidos de Norteamérica



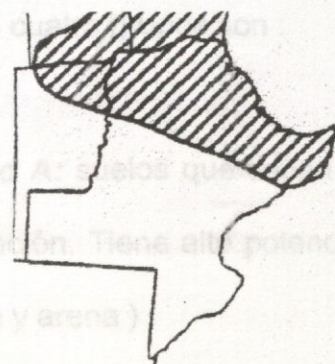


Fig 2.2 . HOUSTON, TX.

Notas :

\* Estas cuatro distribuciones están basadas en periodos de 24 horas.

\* El método TR esta basado en caudales abiertos y no confinados sobre el terreno o en canales.

### FACTORES CONSIDERADOS PARA DETERMINAR EL GASTO CON EL METODO CN

#### 1. - Grupo hidrológico del suelo ( HSG , Hidrologic Soil Group ) :

La proporción de infiltración del suelo varia constantemente. Esta infiltración esta relacionada con la permeabilidad del suelo.

El suelo esta clasificado en cuatro grupos, desacuero a la relación mínima de infiltración que es obtenida por suelos a la intemperie después de prolongados periodos de lluvia.



Estos cuatro grupos son :

## 2.- Tipo de superficie :

**Grupo A :** suelos que tienen baja capacidad de afluencia y altos grados de infiltración. Tiene alto potencial de transmitir agua , mas de 0.30 in/hr (ej . grava y arena ) .

Existen varios métodos para determinar el tipo de superficie. Los más

**Grupo B :** suelos que tienen moderado grado de infiltración. Los grados de transmisión de agua son de 0.15 a 0.30 in/hr ( ej. Limo, suelos de granos de 0.005 a 0.05 milímetros. )

Existen varios métodos para determinar el tipo de superficie. Los más

**Grupo C :** suelos que tienen bajo potencial de infiltración de agua . Van de 0.05 a 0.15 in/hr ( ej. greda arenosa ).

Existen varios métodos para determinar el tipo de superficie. Los más

**Grupo D :** suelos con potencial alto de corriente, muy lenta infiltración sobre material impermeable . Pueden ser suelos con altos grados de saturación permanente o suelos que están cerca de materiales impermeables. Su grado de trasmisión de agua es de 0 a 0.005 in /hr. (ej. arcillas ).

Traducción de las tablas 2-2

El suelo , en el área de interés, puede ser identificado por el reporte de la inspección del suelo, el cual puede ser obtenido de las oficinas locales de SCS o de las oficinas distritales de la conservación de agua y suelo.

Tabla 2.2\* Gasto para obtener el CN , para otro tipo zonas agrícolas

Nota : Cuando  $CN = 100$ , significa que el suelo es totalmente impermeable, es decir, que no deja pasar el agua al interior del suelo, lo que implica que el gasto sea más fácil de producirse .



## 2.- Tipo de superficie :

Existen cuatro tablas que nos muestran el valor de CN, dependiendo si está en una área urbana, área agrícola, área de cultivo árida, o área de cultivo semiárida. CN también depende del tipo de superficie y de la condición hidrológica.

**Las Tablas 2-2** muestra los tipos de superficies como; con vegetación, suelos descubiertos y superficies impermeables, etc. Ver **tabla 2-2a , 2-2b, 2-2c y 2-2d** .

Existen varios métodos para determinar el tipo de superficie. Los más comunes son : el reconocimiento en el campo, fotos aéreas y el uso de mapas del terreno.

Traducciones de las tablas 2-2 :

Tabla 2.2a . Gasto para obtener el CN , para zonas urbanas .

Tabla 2.2b . Gasto para obtener el CN , para zonas agrícolas .

Tabla 2.2<sup>a</sup> . Gasto para obtener el CN , para otro tipo zonas agrícolas .

Tabla 2.2<sup>a</sup> . Gasto para obtener el CN , para zonas agrícolas áridas y semiáridas .



Table 2-2a.—Runoff curve numbers for urban areas<sup>1</sup>

Cover description		Curve numbers for hydrologic soil group <sup>2</sup>			
		A	B	C	D
Cover type and hydrologic condition	Average percent impervious area <sup>3</sup>				
<i>Fully developed urban areas (vegetation established)</i>					
Open space (lawns, parks, golf courses, cemeteries, etc.): <sup>4</sup>					
Poor condition (grass cover < 50%)		68	79	86	88
Fair condition (grass cover 50% to 75%)		49	69	79	84
Good condition (grass cover > 75%)		39	61	74	80
Impervious areas:					
Paved parking lots, roofs, driveways, etc. (excluding right-of-way)					
		98	98	98	98
Streets and roads:					
Paved; curbs and storm sewers (excluding right-of-way)					
		98	98	98	98
Paved; open ditches (including right-of-way)					
		83	89	92	93
Gravel (including right-of-way)					
		76	85	89	91
Dirt (including right-of-way)					
		72	82	87	89
Western desert urban areas:					
Natural desert landscaping (pervious areas only) <sup>5</sup>					
		63	77	85	88
Artificial desert landscaping (impervious weed barrier, desert shrub with 1- to 2-inch sand or gravel mulch and basin borders)					
		96	96	96	96
Urban districts:					
Commercial and business					
	85	89	92	94	95
Industrial					
	72	81	88	91	93
Residential districts by average lot size:					
1/3 acre or less (town houses)					
	65	77	85	90	92
1/4 acre					
	38	61	75	83	87
1/3 acre					
	30	57	72	81	86
1/2 acre					
	25	54	70	80	85
1 acre					
	20	51	68	79	84
2 acres					
	12	46	65	77	82
<i>Developing urban areas</i>					
Newly graded areas (pervious areas only, no vegetation) <sup>6</sup>					
		77	86	91	94
Idle lands (CN's are determined using cover types similar to those in table 2-2c).					

<sup>1</sup>Average runoff condition, and  $I_p = 0.25$ .

<sup>2</sup>The average percent impervious area shown was used to develop the composite CN's. Other assumptions are as follows: impervious areas are directly connected to the drainage system; impervious areas have a CN of 98, and pervious areas are considered equivalent to open space in good hydrologic condition. CN's for other combinations of conditions may be computed using figure 2-3 or 2-4.

<sup>3</sup>CN's shown are equivalent to those of pasture. Composite CN's may be computed for other combinations of open space cover type.

<sup>4</sup>Composite CN's for natural desert landscaping should be computed using figures 2-3 or 2-4 based on the impervious area percentage (CN = 98) and the pervious area CN. The pervious area CN's are assumed equivalent to desert shrub in poor hydrologic condition.

<sup>5</sup>Composite CN's to use for the design of temporary measures during grading and construction should be computed using figure 2-3 or 2-4 based on the degree of development (impervious area percentage) and the CN's for the newly graded pervious areas.



Table 2-2b.—Runoff curve numbers for cultivated agricultural lands<sup>1</sup>

Cover description			Curve numbers for hydrologic soil group—			
Cover type	Treatment <sup>2</sup>	Hydrologic condition <sup>3</sup>	A	B	C	D
Fallow	Bare soil	—	77	86	91	94
		Poor	76	85	90	93
		Good	74	83	88	90
Row crops	Straight row (SR)	Poor	72	81	88	91
		Good	67	78	85	89
	SR + CR	Poor	71	80	87	90
		Good	64	75	82	85
	Contoured (C)	Poor	70	79	84	88
		Good	65	75	82	86
	C + CR	Poor	69	78	83	87
		Good	64	74	81	85
	Contoured & terraced (C&T)	Poor	66	74	80	82
		Good	62	71	78	81
	C&T + CR	Poor	65	73	79	81
		Good	61	70	77	80
Small grain	SR	Poor	65	76	84	88
		Good	63	75	83	87
	SR + CR	Poor	64	75	83	86
		Good	60	72	80	84
	C	Poor	63	74	82	86
		Good	61	73	81	84
	C + CR	Poor	62	73	81	84
		Good	60	72	80	83
	C&T	Poor	61	72	79	82
		Good	59	70	78	81
	C&T + CR	Poor	60	71	78	81
		Good	58	69	77	80
Close-seeded or broadcast legumes or rotation meadow	SR	Poor	66	77	85	88
		Good	58	72	81	85
	C	Poor	64	75	83	86
		Good	55	69	78	83
	C&T	Poor	63	73	80	83
		Good	51	67	76	80

<sup>1</sup>Average runoff condition, and  $I_p = 0.25$ .

<sup>2</sup>Crop residue cover applies only if residue is on at least 5% of the surface throughout the year.

<sup>3</sup>Hydrologic condition is based on combination of factors that affect infiltration and runoff, including (a) density and canopy of vegetative areas, (b) amount of year-round cover, (c) amount of grass or close-seeded legumes in rotations, (d) percent of residue cover on the land surface (equal to 20%), and (e) degree of surface roughness.

Poor: Factors impair infiltration and tend to increase runoff.

Good: Factors encourage average and better than average infiltration and tend to decrease runoff.



Table 2-2c.—Runoff curve numbers for other agricultural lands<sup>1</sup>

Cover description		Curve numbers for hydrologic soil group—			
		A	B	C	D
Cover type	Hydrologic condition				
Pasture, grassland, or range—continuous forage for grazing. <sup>2</sup>	Poor	68	79	86	89
	Fair	49	69	79	84
	Good	39	61	74	80
Meadow—continuous grass, protected from grazing and generally mowed for hay.	—	30	58	71	78
Brush—brush-weed-grass mixture with brush the major element. <sup>2</sup>	Poor	48	67	77	83
	Fair	35	56	70	77
	Good	30	48	65	73
Woods—grass combination (orchard or tree farm). <sup>2</sup>	Poor	57	73	82	86
	Fair	43	65	76	82
	Good	32	58	72	79
Woods. <sup>2</sup>	Poor	45	66	77	83
	Fair	36	60	73	79
	Good	30	55	70	77
Farmsteads—buildings, lanes, driveways, and surrounding lots.	—	59	74	82	86

<sup>1</sup>Average runoff condition, and  $I_a = 0.2S$ .

<sup>2</sup>Poor: < 50% ground cover or heavily grazed with no mulch.  
 Fair: 50 to 75% ground cover and not heavily grazed.  
 Good: > 75% ground cover and lightly or only occasionally grazed.

<sup>3</sup>Poor: < 50% ground cover.  
 Fair: 50 to 75% ground cover.  
 Good: > 75% ground cover.

<sup>4</sup>Actual curve number is less than 30; use CN = 30 for runoff computations.

<sup>5</sup>CN's shown were computed for areas with 50% woods and 50% grass (pasture) cover. Other combinations of conditions may be computed from the CN's for woods and pasture.

<sup>6</sup>Poor: Forest litter, small trees, and brush are destroyed by heavy grazing or regular burning.  
 Fair: Woods are grazed but not burned, and some forest litter covers the soil.  
 Good: Woods are protected from grazing, and litter and brush adequately cover the soil.



#### 4.- Condiciones Hidrológicas

Table 2-2d.—Runoff curve numbers for arid and semiarid rangelands<sup>1</sup>

Cover description		Curve numbers for hydrologic soil group—			
Cover type	Hydrologic condition <sup>2</sup>	A <sup>3</sup>	B	C	D
Herbaceous—mixture of grass, weeds, and low-growing brush, with brush the minor element.	Poor		90	87	88
	Fair		71	81	89
	Good		62	74	85
Oak-aspen—mountain brush mixture of oak brush, aspen, mountain mahogany, bitter brush, maple, and other brush.	Poor		66	74	79
	Fair		48	57	63
	Good		30	41	48
Pinyon-juniper—pinyon, juniper, or both; grass understory.	Poor		75	85	89
	Fair		58	73	80
	Good		41	61	71
Sagebrush with grass understory.	Poor		67	80	85
	Fair		51	63	70
	Good		35	47	55
Desert shrub—major plants include saltbush, greasewood, creosotebush, blackbrush, bursage, palo verde, mesquite, and cactus.	Poor	63	77	85	88
	Fair	55	72	81	86
	Good	49	68	79	84

<sup>1</sup>Average runoff condition, and  $I_p = 0.25$ . For range in humid regions, use table 2-2c.

<sup>2</sup>Poor: < 30% ground cover (litter, grass, and brush overstory).  
Fair: 30 to 70% ground cover.  
Good: > 70% ground cover.

<sup>3</sup>Curve numbers for group A have been developed only for desert shrub.

### 3.- Tratamiento :

El tratamiento es un tipo de modificador de la superficie, describe el manejo de la tierra agrícola cultivada ( usar solo la **tabla 2-2b** ). Ya que en la tabla, se observa que para obtener el valor de CN, tenemos que conocer, además del tipo de superficie y la condición hidrológica del suelo, el tipo de tratamiento que este suelo tiene.



#### 4.- Condiciones Hidrológicas :

Las condiciones hidrológicas indican los efectos del tipo de superficie y el tratamiento en la infiltración. Estas condiciones son generalmente estimadas con la densidad de plantas y residuos que cubren el área a tratar.

En drenaje, se puede considerar en el cálculo del CN para áreas urbanas.

El tener " Buenas Condiciones Hidrológicas" significa que tiene " Potencial bajo de producir gasto " ( por los grupos específicos de suelos hidrológicos, tipo de superficie y tratamiento).

Los factores que hay que considerar para estimar los efectos de la infiltración y el gasto en la superficie son :

- a) densidad del pasto, cosecha o otras áreas de vegetación.
- b) cantidad al año de recubrimiento .
- c) grado de aspereza de la superficie .
- d) porcentaje de residuos en la superficie .
- e) cantidad de pasto o sembradío de leguminosas en rotación.

Una área impermeable se considera conectada si el gasto del flujo está "directamente" conectado a un sistema de drenaje.

#### 5.- Antecedentes de las condiciones del gasto ( ARC , Antecent Runoff Conditions ) :

El potencial del gasto antes que la tormenta comience se le llama ARC. Los antecedentes de las condiciones del gasto atienden a la variación de CN de tormenta a tormenta.



El CN es un promedio del ARC, situado en un valor medio de la lluvia y los datos del gasto. Los valores del CN están en las **tablas 2-2**, los cuales son usados principalmente para aplicaciones de diseño.

Algunos factores, como el porcentaje de área impermeable y el significado de conducir al flujo de una área impermeable a un sistema de drenaje, se puede considerar en el cálculo del CN para áreas urbanas.

Otro factor considerado es si la zona impermeable descarga directamente a un sistema de drenaje (zona impermeable conectada) o si el flujo se extiende sobre una zona permeable antes de entrar a un sistema de drenaje (zona impermeable desconectada).

### **ZONA IMPERMEABLE CONECTADA :**

**LIMITACIONES**

Una área impermeable se considera conectada si el gasto del flujo está "directamente" conectado a un sistema de drenaje.

También se considera conectado si el gasto ocurre como una concentración de la corriente poco profunda que corre sobre un área permeable y después se dirige hacia un sistema de drenaje.



2. El CN para zonas urbanas ( **tabla 2-2a**) fue desarrollada para terrenos con cierto porcentaje de zona impermeable. Este valor de CN considera las siguientes suposiciones:

a) Zonas urbanas permeables son equivalentes a pasto en buenas condiciones hidrológicas, es decir, bajo potencial de gasto.

b) Zonas impermeables con CN de 98 y que están directamente conectadas a un sistema de drenaje.

### **ZONA IMPERMEABLE DESCONECTADA :**

3. La zona impermeable desconectada es aquella en la que el gasto se extiende sobre una zona permeable como un flujo laminar.

4. El proceso de CN es menos exacto cuando la precipitación es mayor a 0.5

**LIMITACIONES**

Algunas de las posibles variables que pueden afectar nuestros datos son:

1. El CN describe las condiciones promedio que pueden usarse con propósito de diseño. Si la lluvia que se uso fue una tormenta histórica ( fuera de lo común), la exactitud del modelo disminuye.

2. Cuando el CN promedio es menor a 40, se usa otro procedimiento para determinar el gasto.



2. Se deben de entender las suposiciones que se usaron en para la abstracción inicial ( la ) y debe acertar al aplicar estas suposiciones .

Todas las suposiciones como : infiltración inicial, depresiones en la superficie que generan depósitos, intersecciones, evapotranspiracion y otros factores, generalizados como el ; " la = 0.2 S" , el cuál se obtuvo de datos de cuencas agricultoras ) son de especial importancia en su aplicación en zonas urbanas porque la combinación de áreas impermeables con áreas permeables puede implicar una pérdida inicial significativa que tal vez no tomo en cuenta.

También puede ocurrir que el área impermeable tiene depresiones superficiales que almacenan algún gasto y se presente una pérdida inicial importante .

3. El flujo de lluvia sobre suelo congelado no se puede estimar usando este proceso .

4. El proceso de CN es menos exacto cuando la precipitación es menor a 0.5 in . Para comparar, use otro método para determinar el gasto.

5. El procedimiento del gasto según la SCS aplica solo a gasto con superficie directa, es decir, no aplica a grandes superficies de flujo o agua en terreno alto que contribuya al gasto. La experiencia y una buena determinación son la base para poder ajustar el valor de CN para las condiciones requeridas.

6. Cuando el CN promedio es "menor a 40" , usar otro procedimiento para determinar el gasto.



\* La forma del canal y el modelo del flujo... generalmente, la urbanización reduce el **TIEMPO DE CONCENTRACION Y TIEMPO DE RECORRIDO** canales,

lo más pronto posible. Diseñando canales con diferentes características

**Tiempo de recorrido ( Travel time, Tt )** : es el tiempo que se tarda el agua en recorrer de un punto a otro en la cuenca colectora.

\* La pendiente tiende a aumentar si los canales no están dirigidos hacia las

**Tiempo de concentración ( Time of concentration , Tc )** : es el tiempo que se tarda el agua en recorrer desde el punto hidráulico más alejado de la cuenca al punto de interés de la cuenca.

Cuando Tc disminuye es porque está en la zona urbanizada, ya que el suelo es , en su mayoría , pavimentado y aumenta la velocidad del flujo , ya que es menor su infiltración .

Cuando Tc aumenta es porque existe estancamiento de agua cerca del drenaje, hay un inadecuado sistema de drenaje o cuando hay una reducción en la pendiente del terreno.

### **FACTORES QUE AFECTAN EL TIEMPO DE CONCENTRACION Y EL TIEMPO DE RECORRIDO .**

\* Rugosidad del suelo ; en áreas no urbanizadas los flujos de poca profundidad y con poca velocidad , son transportados por medio de la vegetación y se transforman en áreas urbanizadas donde este flujo se mandan hacia las calles, canaletas y coladeras para transportar el gasto hacia cuenca abajo con mayor velocidad.



\* La forma del canal y el modelo del flujo : generalmente, la urbanización reduce la distancia de recorrido , concentrando el gasto por medio de canales, lo más pronto posible. Diseñando canales con eficientes características hidráulicas, la velocidad del gasto aumenta y el tiempo de recorrido disminuye.

\* La pendiente: tiende a aumentar si los canales no están directo hacia las coladera o canaletas y a disminuir sí el flujo está directo hacia las coladeras o canaletas.

### PROFUNDIDAD DE LLUVIA

Es común que cuando se hace el análisis de la " lluvia - gasto " se desarrolle por medio de una distribución de lluvia artificial para usar la los datos de la actual tormenta.

Ésta distribución incluye las intensidades máximas de la lluvia para la frecuencia diseñada y seleccionada, acomodada de forma que sea crítica para que produzca la descarga máxima.



## DISTRIBUCIÓN DE LLUVIA ARTIFICIAL

La duración del periodo de la lluvia más intensa contribuye al valor de la descarga máxima , el cual , está relacionado al Tiempo de concentración (Tc) de la cuenca . La proporción de ésta contribución es del 170 por ciento de Tc. Es decir, si por ejemplo el periodo de lluvia más intenso es de 8.5 horas podrá contribuir en la descarga máxima de la cuenca con un Tc de 5 horas :

$$5 * 170 = 8.5 \quad \text{o} \quad 8.5 / 170 = 5$$

Diferentes distribuciones de lluvia pueden ser desarrolladas para cada tipo de cuenca , y así poder enfatizar en la duración de la lluvia crítica para la descarga máxima. Sin embargo, se han desarrollado distribuciones de lluvias artificiales que tienen un grupo de intensidades de lluvia para evitar así usar diferentes conjuntos de intensidades de lluvia para cada tamaño de área drenada.

El grupo maximiza la intensidad de la lluvia, incorporando pequeñas intensidades de lluvia a aquellas que necesitan de mayor duración en un mismo nivel de probabilidad.

Fig. 2.3: Dos años, 24 horas de lluvia.

Los periodos de 24 horas de lluvia ( Fig 2.3 , 2.4 , 2.5 , 2.6,2.7,2.8):



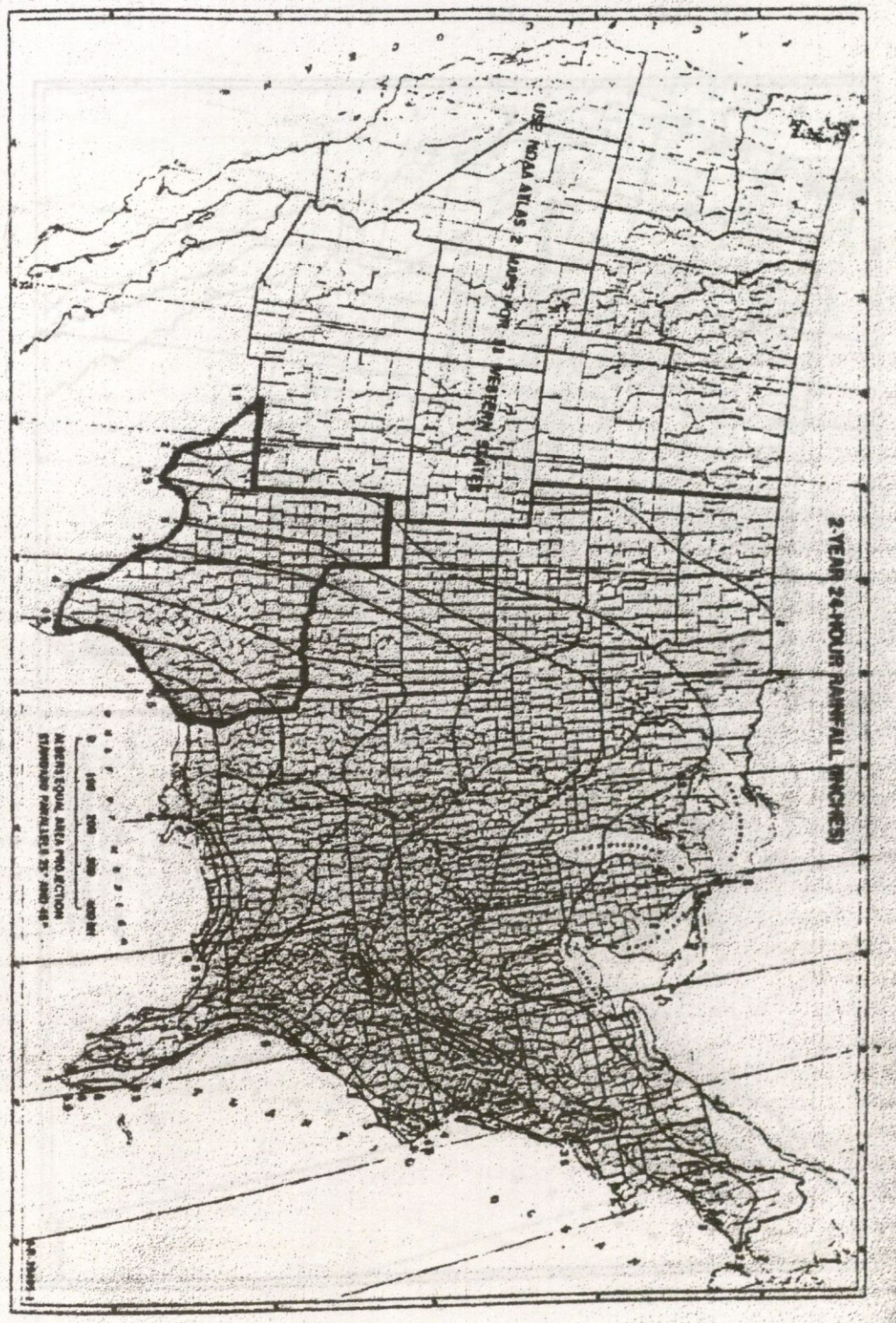


Fig . 2.3: Dos años , 24 horas de lluvia ( in)



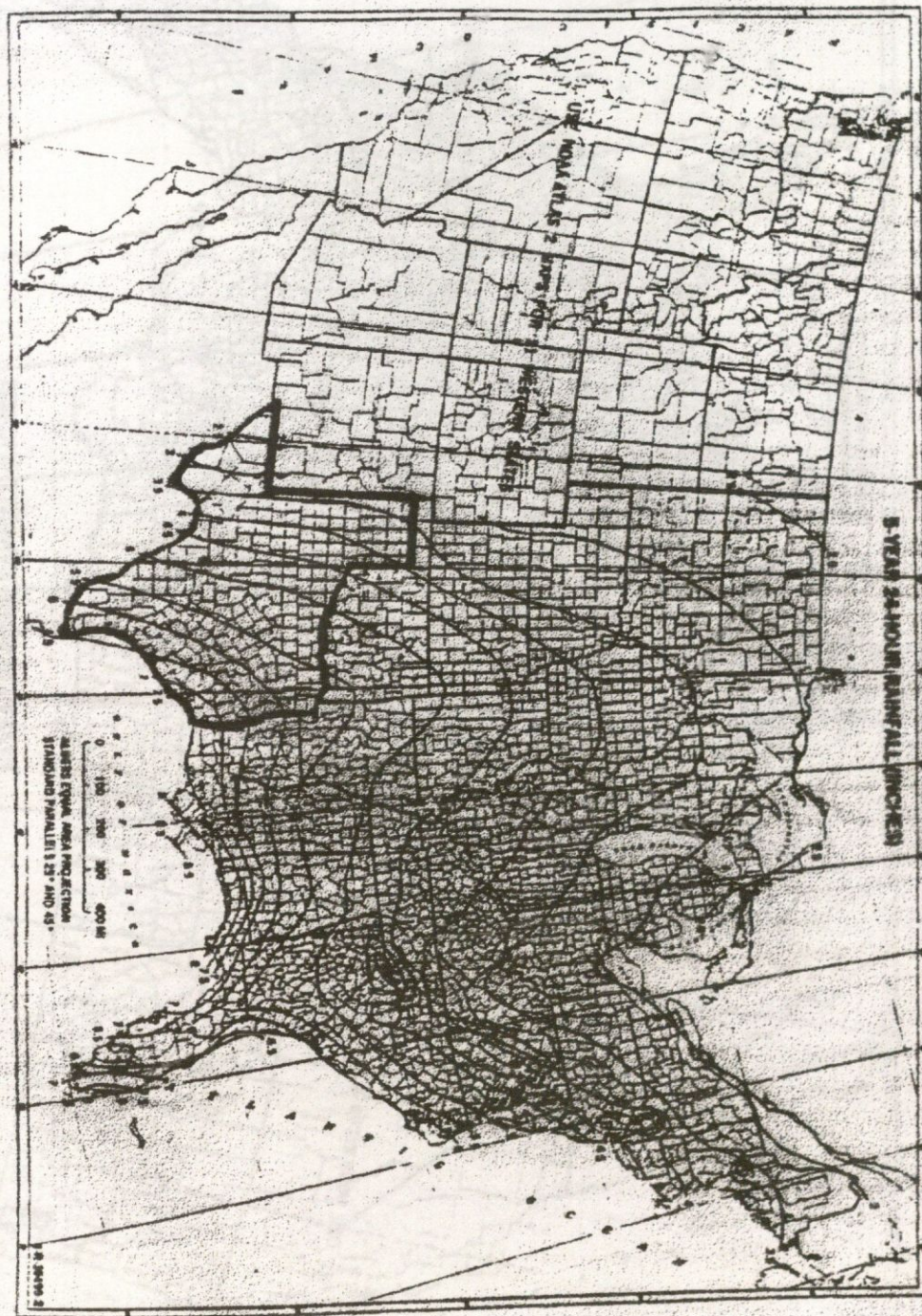


Fig. 2.4. Cinco años , 24 horas de lluvia (in)



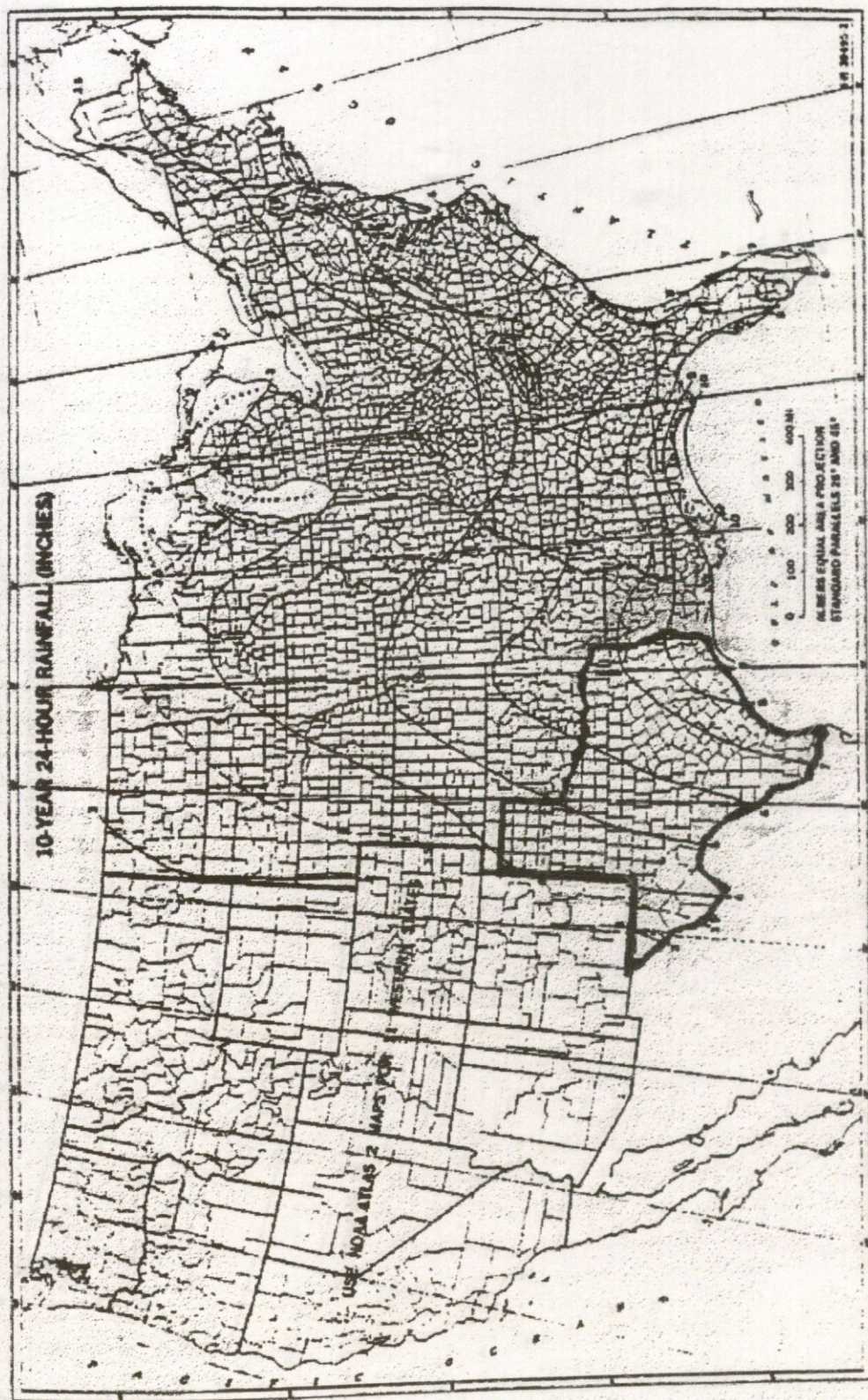


Fig. 2.5. : Diez años , 24 horas de lluvia ( in).



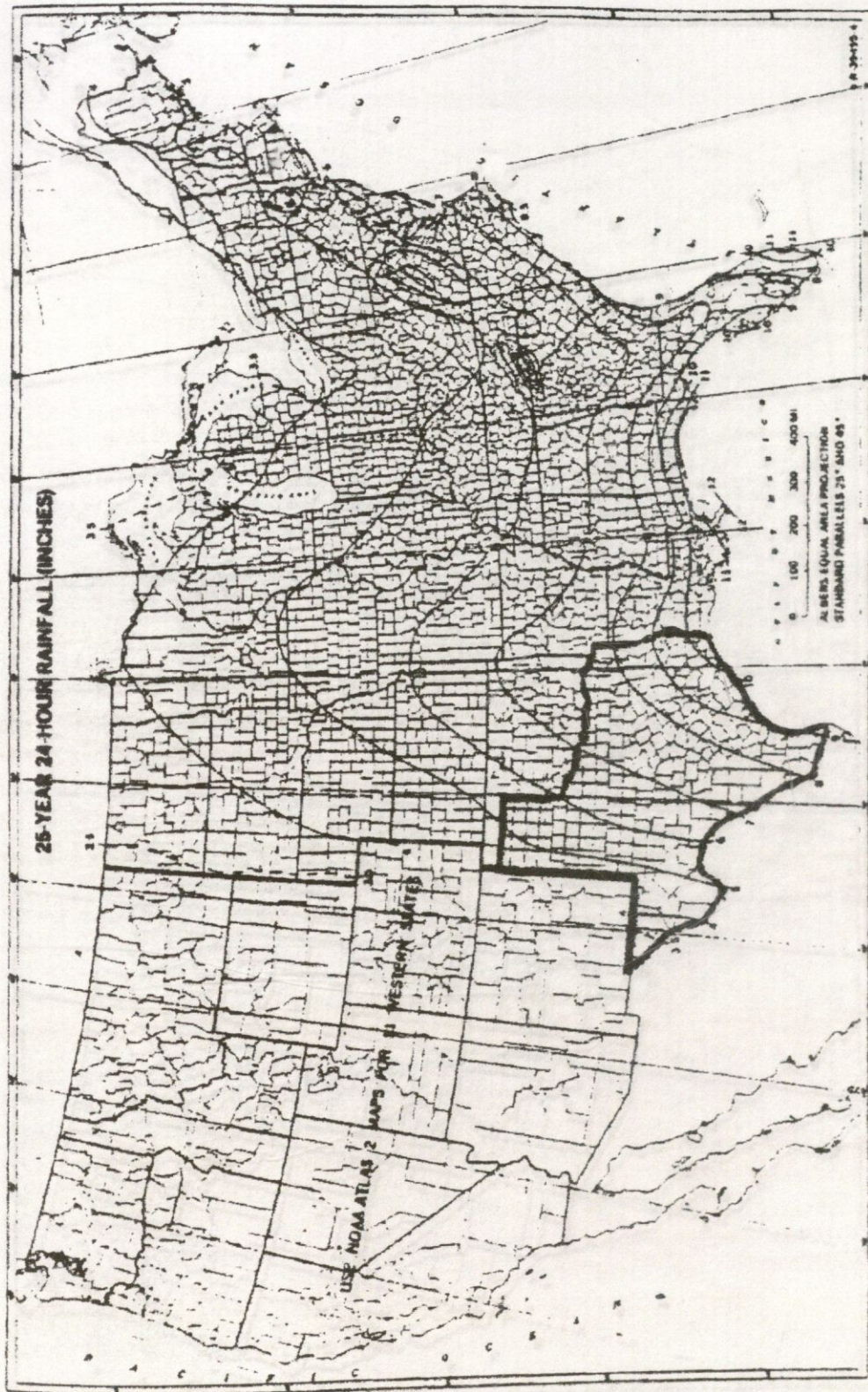


Fig. 2.6 : Veinticinco años , 24 horas de lluvia ( in ).



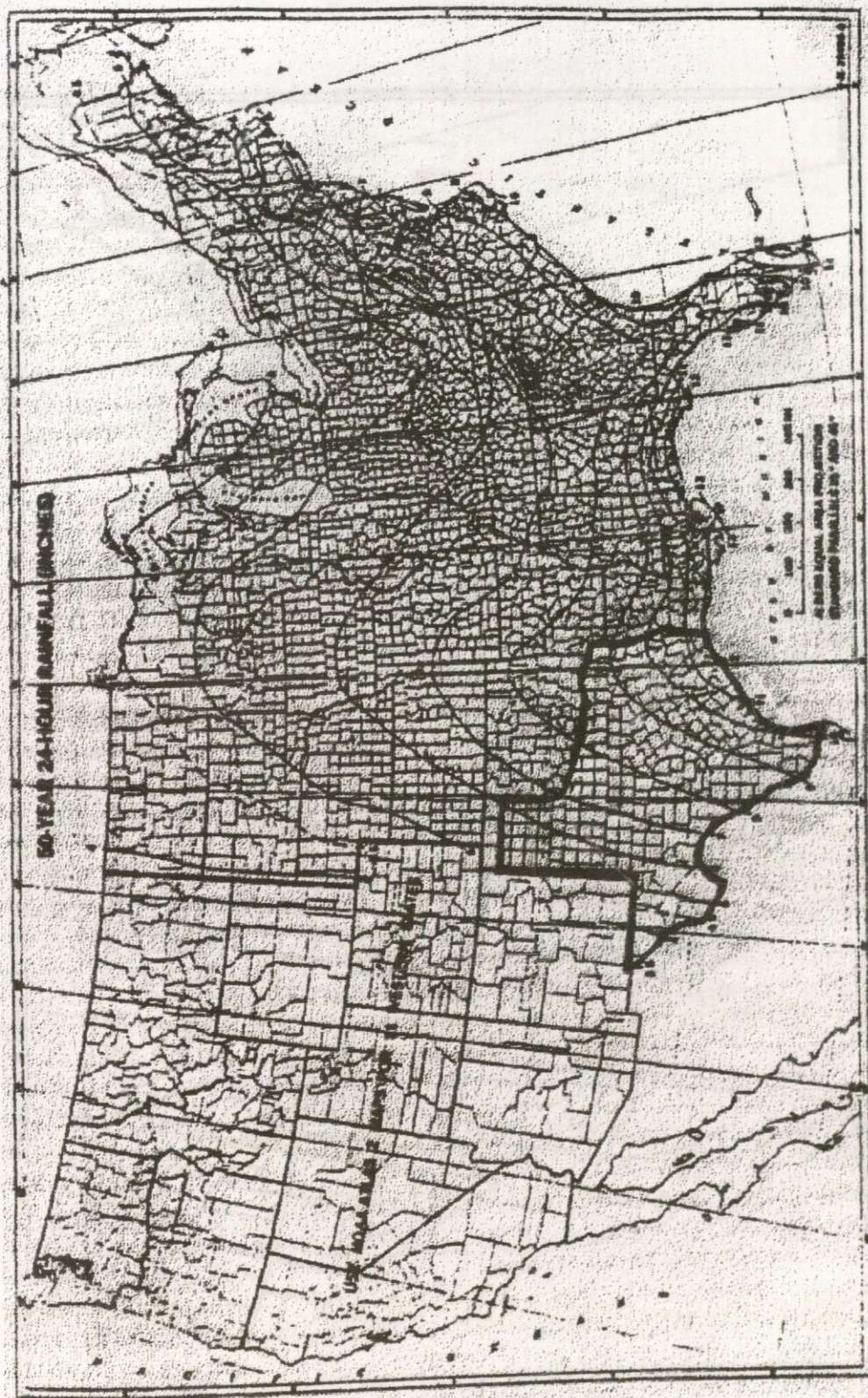


Fig. 2.7. : Cincuenta años, 24 horas de lluvia ( in).



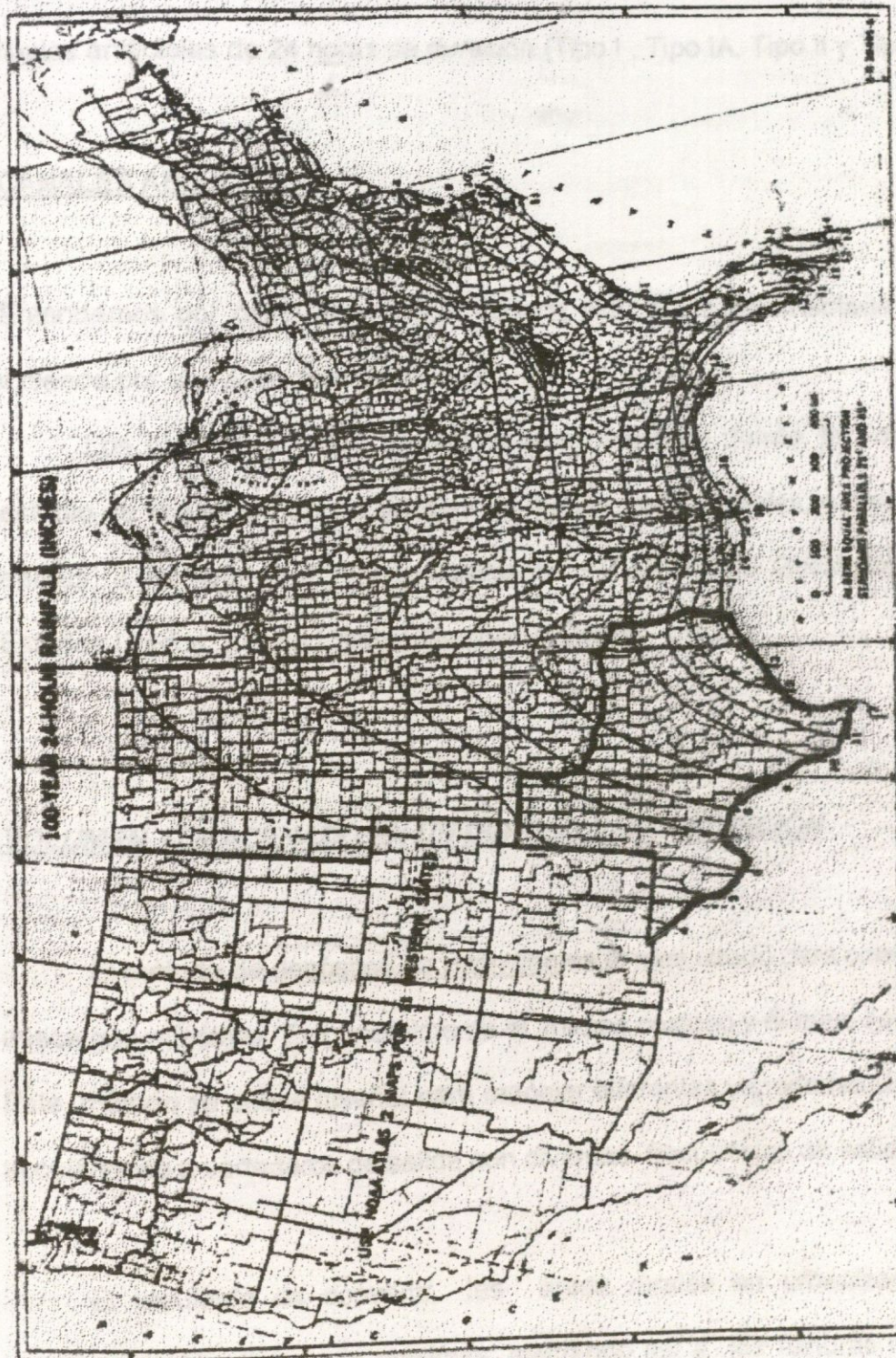


Fig. 2.8: Cien años , 24 horas de lluvia ( in).



\* La intensidad de la lluvia varía considerablemente durante la tormenta, así como en la región geográfica. La SCT desarrolló cuatro distribuciones de lluvias artificiales de 24 horas de duración (Tipo I, Tipo IA, Tipo II y Tipo III).

### **CANALES ABIERTOS**

Entendemos por canal abierto a la cuenca hidrológica pavimentada que se extiende por una superficie de terreno.

Los canales abiertos se asume que empiezan donde se obtuvo el estudio de la sección de los canales los cuales están visibles o tienen fotos aéreas (incluyendo ríos) que aparezcan en el Estudio Geológico de los Estados Unidos (United States Geological Survey, USGS).

### **VOLUMEN ALMACENADO EN UN DEPÓSITO DE RETENCIÓN**

El método de depósitos de retención es el más usado para controlar las descargas máximas. Es generalmente el menos costoso y el más seguro. Este método se puede diseñar para manejar diferentes variedades de formas acoplándose a vertederos de salida con diversas frecuencias de salida.

El resultado de convertir las áreas rurales en urbanizadas, fue incrementar las descargas máximas; afectando así a las llanuras río abajo produciendo así avenidas.



Por lo tanto los proyectistas, calculistas y todos en general, se empezaron a preocupar para que estas áreas estuvieran protegidas.

El gobierno local está desarrollando nuevos métodos de control que afecten lo menos posible a la cuenca. Una de las principales cosas que se busca en el nuevo método, es que, las soluciones tomadas para las condiciones actuales, satisfagan también condiciones futuras con descargas iguales o mayores a las actuales en todos los puntos del canal.

Estudiaremos un método que analiza las formas de manejar la descarga máxima para retrasar el gasto. También nos presenta los procedimientos para estimar la capacidad de almacenaje requerido para mantener las descargas en un nivel específico.

Se han hecho esfuerzos para reducir los efectos que se produjeron al incrementar el gasto en las áreas urbanas. Algunos métodos que se han usado eficientemente son; las trincheras de infiltración, pavimentos porosos, tapas de almacenamiento y cisternas. Éstas soluciones pueden ser costosas o pueden requerir de condiciones que no se pueden presentar en el terreno .



## CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA CUENCA COLECTORA :

La cuenca colectora que se estudiará se llama Kaeqari Bayou.

Esta ubicada en la ciudad de Houston, Tx. Nace una milla al sur de Gladys y a dos millas al oeste de Harris County al noroeste de Fort Bend County. La

29° 41' N 95° 51' W. La longitud es 95° 51' W. La latitud es 29° 41' N. El centro de Houston, cerca de Green Bay County, Club al suroeste de Harris County. El valle antes se llamaba James Kaeqari Jr.

# CAPITULO III

El suelo en esta zona es de tipo argiloso que originalmente

soportaba árboles. La zona es una zona residencial de la ciudad de Houston.



Método para

Donde

$Q = g$

$P = lluvia (in)$

$S = potencial máximo de la retención del agua cuando$

$amovida (in)$

$W = absorción (in)$



## CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA CUENCA COLECTORA :

La cuenca colectora que se estudiará se llama Keegans Bayou. Ésta ubicada en la ciudad de Houston ,Tx. Nace una milla al sur de Clodine y a dos millas al oeste de Harris Country al noreste de Fort Bend Country ( a  $29^{\circ} 41' N$  ,  $95^{\circ} 40' W$  ) y corre once millas al este del U.S Highway 59 al sur del centro de Houston cerca de Brae Burn Country Club al suroeste de Harris Country .El valle antes se llamaba James Keegans ,Jr.

El suelo en esta zona es greda arenoso y arcilloso que originalmente soportaba árboles mixtos pesados y pinos. Es ahora una zona residencial de la ciudad de Houston.

### ESTIMACION DEL GASTO

Método para el Gasto Numero Curva (Curve Number ) por SCS :

$$Q = (P - I_a)^2 / (P - I_a) + S$$

Donde : Q = gasto ( in)

P = lluvia ( in)

S = potencial máximo de la retención del gasto cuando empieza ( in)

I<sub>a</sub> = abstracción inicial ( in)



Figura 3-1 y Tabla 3.1 muestran la solución de la ecuación.

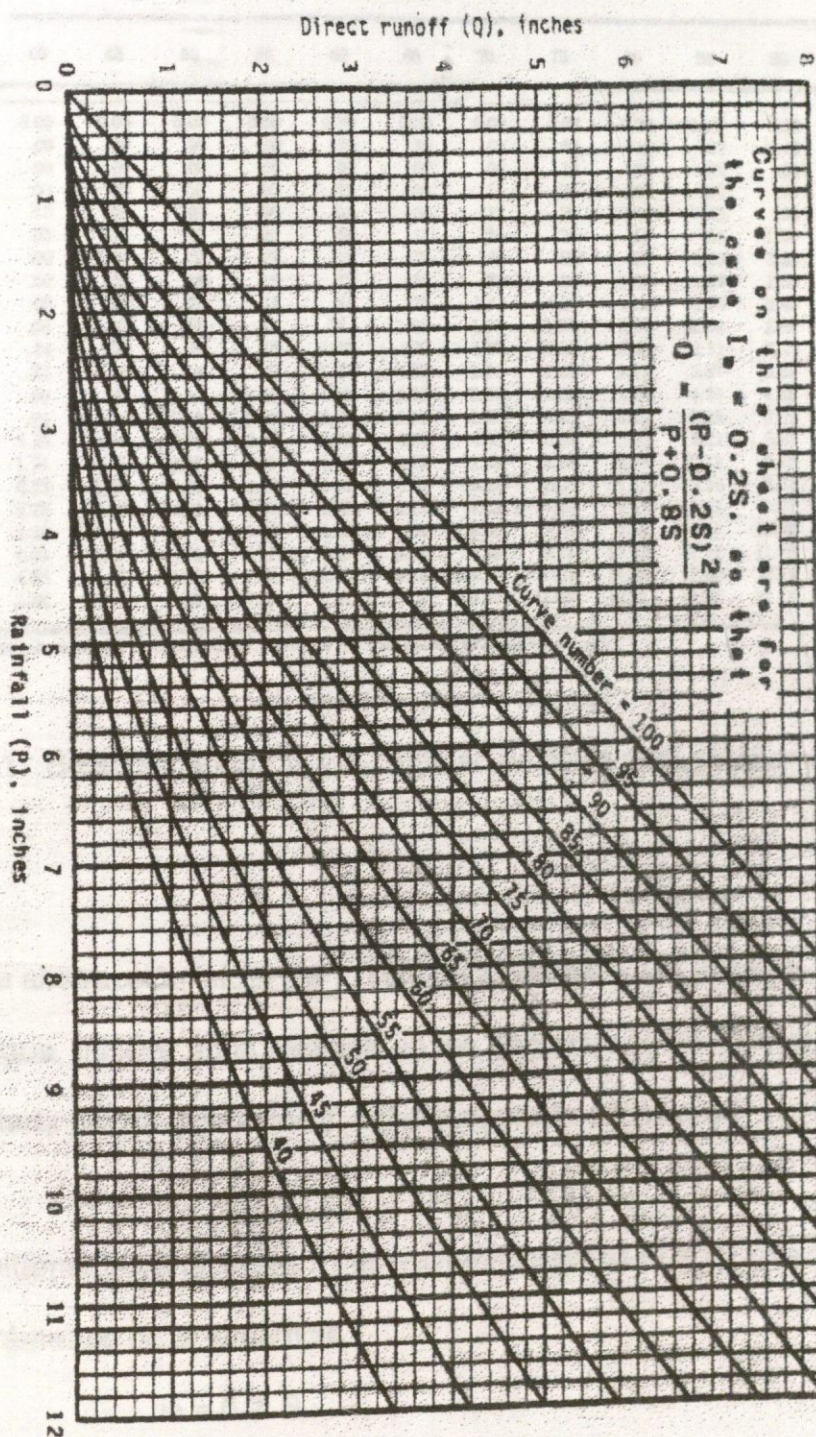


Figure 3-1.—Solution of runoff equation.

Fig. 3.1 : Solución de la ecuación del gasto



Table 2-1.—Runoff depth for selected CN's and rainfall amounts<sup>1</sup>

Rainfall	Runoff depth for curve number of—												
	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	98
	inches												
1.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.08	0.17	0.32	0.56	0.79
1.2	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.03	.07	.15	.27	.46	.74	.99
1.4	.00	.00	.00	.00	.00	.02	.06	.13	.24	.39	.61	.92	1.18
1.6	.00	.00	.00	.00	.01	.05	.11	.20	.34	.52	.76	1.11	1.38
1.8	.00	.00	.00	.00	.03	.09	.17	.29	.44	.65	.93	1.29	1.58
2.0	.00	.00	.00	.02	.06	.14	.24	.38	.56	.80	1.09	1.48	1.77
2.5	.00	.00	.02	.08	.17	.30	.46	.65	.89	1.18	1.53	1.96	2.27
3.0	.00	.02	.09	.19	.33	.51	.71	.96	1.25	1.59	1.98	2.45	2.77
3.5	.02	.08	.20	.35	.53	.75	1.01	1.30	1.64	2.02	2.45	2.94	3.27
4.0	.06	.18	.33	.53	.76	1.03	1.33	1.67	2.04	2.46	2.92	3.43	3.77
4.5	.14	.30	.50	.74	1.02	1.33	1.67	2.05	2.46	2.91	3.40	3.92	4.26
5.0	.24	.44	.69	.96	1.30	1.65	2.04	2.45	2.89	3.37	3.88	4.42	4.76
6.0	.50	.80	1.14	1.52	1.92	2.35	2.81	3.28	3.78	4.30	4.85	5.41	5.76
7.0	.84	1.24	1.68	2.12	2.60	3.10	3.62	4.15	4.69	5.25	5.82	6.41	6.76
8.0	1.25	1.74	2.25	2.78	3.33	3.89	4.46	5.04	5.63	6.21	6.81	7.40	7.76
9.0	1.71	2.29	2.88	3.49	4.10	4.72	5.33	5.95	6.57	7.18	7.79	8.40	8.76
10.0	2.23	2.89	3.56	4.23	4.90	5.56	6.22	6.88	7.52	8.16	8.78	9.40	9.76
11.0	2.78	3.52	4.26	5.00	5.72	6.43	7.13	7.81	8.48	9.13	9.77	10.39	10.76
12.0	3.38	4.19	5.00	5.79	6.56	7.32	8.06	8.76	9.45	10.11	10.76	11.39	11.76
13.0	4.00	4.89	5.76	6.61	7.42	8.21	8.98	9.71	10.42	11.10	11.76	12.39	12.76
14.0	4.65	5.62	6.55	7.44	8.30	9.12	9.91	10.67	11.39	12.08	12.75	13.39	13.76
15.0	5.33	6.36	7.35	8.29	9.19	10.04	10.85	11.63	12.37	13.07	13.74	14.39	14.76

<sup>1</sup>Interpolate the values shown to obtain runoff depths for CN's or rainfall amounts not shown.

1910 VI. TR 55 Second Ed. June 1995

Tabla 3.1 : Seleccionando CN y la cantidad de lluvia para obtener el gasto .

La abstracción inicial ( $I_a$ ) : son todas las perdidas antes de comenzar a fluir el agua, incluye agua retenida en las depresiones de la superficie, agua interceptada por la vegetación y agua evaporada e infiltrada.

" $I_a$ " es altamente variable, pero generalmente esta co-relacionada con el suelo y los parámetros de la superficie.

$$I_a = 0.2 S$$

"S" esta relacionada con el suelo y las condiciones de la superficie de la cuenca colectora, así como con CN.



CN tiene un rango de 0 a 100 y " S " esta relacionado a CN con:

$$S = ( 1000 / CN ) - 10$$

### ZONA IMPERMEABLE CONECTADA:

Una área impermeable se considera conectada si el gasto del flujo está directamente conectado a un sistema de drenaje. También se considera conectado si el gasto ocurre como una concentración de la corriente poco profunda que corre sobre un área permeable y después se dirige hacia un sistema de drenaje.

El CN para zona urbana (*tabla 2-2a*) fue desarrollada para terrenos con cierto porcentaje de zona impermeable. Este valor de CN considera las siguientes suposiciones:

- a) Zonas urbanas permeables son equivalentes a pasto en buenas condiciones hidrológicas , es decir , potencial bajo de gasto.
- b) Zonas impermeables con CN de 98 y que están directamente conectadas a un sistema de drenaje.

Dado el lugar donde se encuentra la cuenca ( zona urbana), utilizaremos la tabla 2-2<sup>a</sup> , y dado el tipo de suelo que se tiene en esta zona (greda arenosa) se considera un suelo tipo C.



Table 2-2a.—Runoff curve numbers for urban areas<sup>1</sup>

Cover description	Average percent impervious area <sup>2</sup>	Curve numbers for hydrologic soil group—			
		A	B	C	D
<i>Fully developed urban areas (vegetation established)</i>					
Open space (lawns, parks, golf courses, cemeteries, etc.): <sup>3</sup>					
Poor condition (grass cover < 50%) .....		68	79	86	89
Fair condition (grass cover 50% to 75%) .....		49	69	79	84
Good condition (grass cover > 75%) .....		39	61	74	80
Impervious areas:					
Paved parking lots, roofs, driveways, etc. (excluding right-of-way) .....		98	98	98	98
Streets and roads:					
Paved; curbs and storm sewers (excluding right-of-way) .....		98	98	98	98
Paved; open ditches (including right-of-way) .....		83	89	92	93
Gravel (including right-of-way) .....		76	85	89	91
Dirt (including right-of-way) .....		72	82	87	89
Western desert urban areas:					
Natural desert landscaping (pervious areas only) <sup>4</sup> ..		63	77	85	88
Artificial desert landscaping (impervious weed barrier, desert shrub with 1- to 2-inch sand or gravel mulch and basin borders) .....		96	96	96	96
Urban districts:					
Commercial and business .....	85	89	92	94	95
Industrial .....	72	81	88	91	93
Residential districts by average lot size:					
1/8 acre or less (town houses) .....	66	77	85	90	92
1/4 acre .....	38	61	75	83	87
1/3 acre .....	36	57	72	81	86
1/2 acre .....	28	54	70	80	85
1 acre .....	20	51	68	79	84
2 acres .....	12	46	65	77	82
<i>Developing urban areas</i>					
Newly graded areas (pervious areas only, no vegetation) <sup>5</sup> .....		77	86	91	94
Idle lands (CN's are determined using cover types similar to those in table 2-2c).					

<sup>1</sup>Average runoff condition, and  $I_a = 0.25$ .

<sup>2</sup>The average percent impervious area shown was used to develop the composite CN's. Other assumptions are as follows: impervious areas are directly connected to the drainage system (impervious areas have a CN of 98, and pervious areas are considered equivalent to open space in good hydrologic conditions. CN's for other combinations of conditions may be computed using figure 2-3 or 2-4.

<sup>3</sup>CN's shown are equivalent to those of facilities. Composite CN's may be computed for other combinations of open space cover type.

<sup>4</sup>Composite CN's for natural desert landscaping should be computed using figures 2-3 or 2-4 based on the impervious area percentage (CN = 98) and the pervious area CN. The pervious area CN's are assumed equivalent to desert shrub in poor hydrologic conditions.

<sup>5</sup>Composite CN's to use for the design of temporary measures during grading and construction should be computed using figure 2-3 or 2-4, based on the degree of development (impervious area percentage) and the CN's for the newly graded pervious areas.



Si toda la zona impermeable esta directamente conectada al sistema de drenaje, pero el porcentaje de la zona impermeable o el terreno permeable no considera las mismas suposiciones antes mencionadas, usar la **figura 3-2** para calcular el CN compuesto.

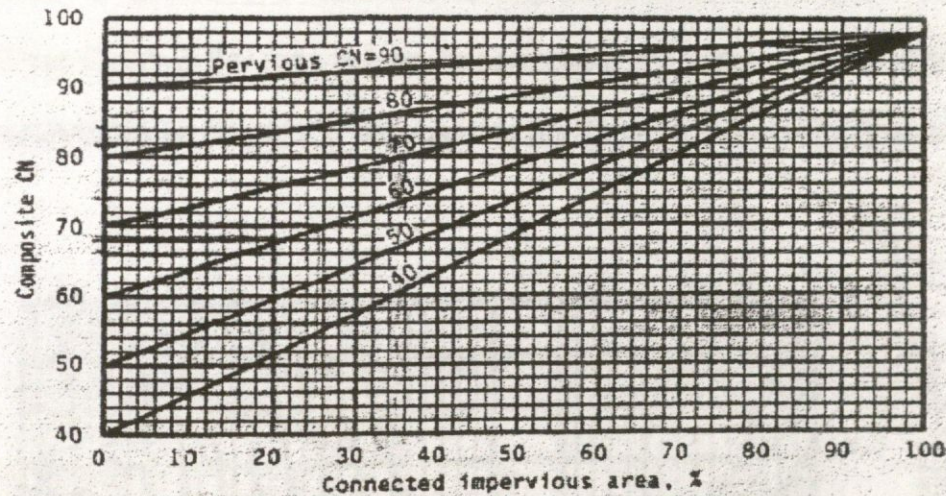


Figura 2-3.—Composite CN with connected impervious area.

Fig. 3.2 : CN compuesto con áreas impermeables conectadas .

Por ejemplo, la **tabla -2a** nos da un CN de 70 para 1/2 acre de terreno in HSG B, con las suposiciones que tienen un porcentaje de zona impermeable de 25 por ciento. Sin embargo si el terreno solo tiene un 20 por ciento de zona impermeable y un CN de 61 por tomarse como espacio abierto en buenas condiciones grupo " B" para la zona permeable, el CN compuesto se obtiene de la **figura 3-2** y es de 68 ( se uso que la zona impermeable de 20% y zona permeable con un CN de 61). La diferencia de un CN = 70 y CN = 68 refleja la diferencia en zona impermeable.



### ZONA IMPERMEABLE DESCONECTADA:

**EJEMP** La zona impermeable desconectada es aquella en la que el gasto se extiende sobre una zona permeable como un flujo laminar.

Usar la **figura 3-3** si toda la área impermeable es menor que el 30 %.

Usar **figura 3-2** si toda la área impermeable es igual o mayor a 30 %, ya que la capacidad de absorción del suelo no afecta en forma significativa al flujo.

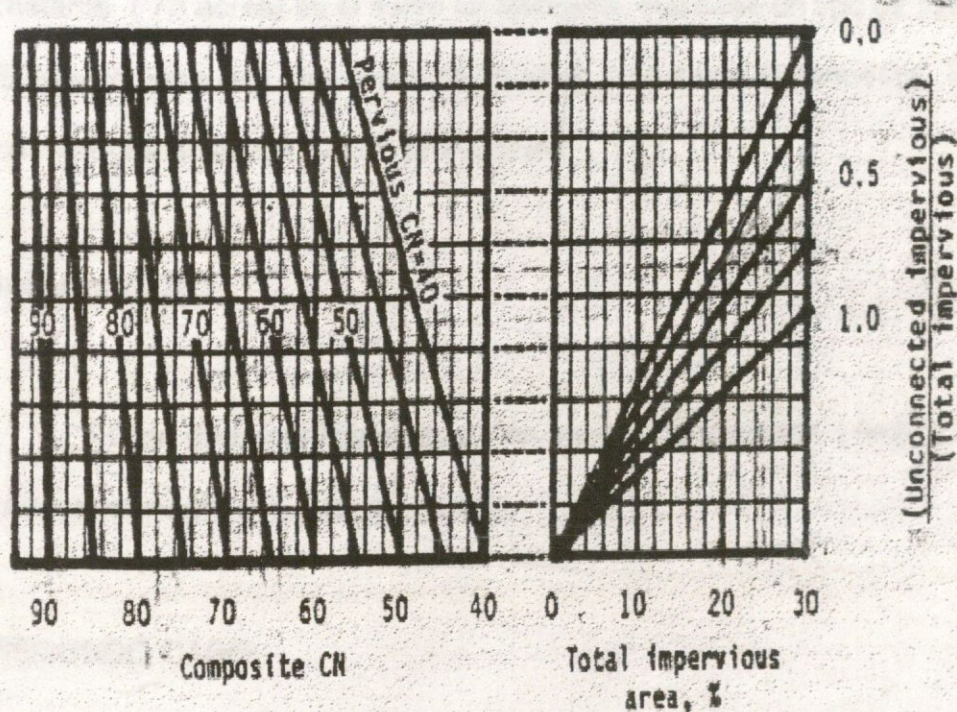


Figure 3-3.—Composite CN with unconnected impervious areas and total impervious area less than 30%.

Fig. 3.3 : CN compuesto con áreas impermeables conectadas y área impermeables totales menores del 30 % .



## EJEMPLOS :

Se tomará para todos los ejemplos la misma cuenca colectora y la misma tormenta.

La cuenca cubre 250 acres en Dyer Country , al norte de Tennessee. El 70% (175 acres) es el suelo de Loring, que tiene un tipo de suelo tipo C. El 30% restante ( 75 acres) es el suelo de Memphis, que tiene un tipo de suelo tipo B. El evento tiene una frecuencia de 25 años, y 24 horas de tormenta, los cuales causan una lluvia de 6 in de profundidad.

## PRIMER CASO:

El tipo de superficie es pasto en buenas condiciones ( espacio abierto). (área totalmente cubierta por pasto ).

## SEGUNDO CASO:

Todo el suelo de Memphis ( 75 acres) y 100 acres del suelo de Loring, se consideran como lotes residenciales de  $\frac{1}{2}$  acres de pasto en buenas condiciones. El resto de la cuenca colectora se dispersa en espacios abiertos en buenas condiciones hidrológicas.



### TERCER CASO:

#### TIEMPO DE CONCENTRACIÓN Y TIEMPO DE RECORRIDO

Este caso es similar al anterior, excepto que los lotes residenciales de  $\frac{1}{2}$  acres de pasto en buenas condiciones tienen un área impermeable de 35%.

Para este lote la área impermeable es pasto en buenas condiciones.

(Dado que el área impermeable difiere del porcentaje asumido en la tabla 2-2, se debe usar la figura 2-3 para calcular el CN.)

### CUARTO CASO:

Este caso también se basa en el segundo caso, excepto que el 50 % del área impermeable asociada con él los lotes residenciales de  $\frac{1}{2}$  acres de pasto en buenas condiciones en el suelo de Loring "no están conectados", es decir, no están directamente conectados al sistema de drenaje.

Para estos lotes, el valor del CN, para el área permeable (pasto en buenas condiciones) es de 74 con un 25% de área impermeable.

(Los valores de CN para los lotes del suelo de Memphis con  $\frac{1}{2}$  acre y el suelo de Loring con espacio abierto, están en las mismas condiciones que en el segundo caso.)



**TIEMPO DE CONCENTRACIÓN Y TIEMPO DE RECORRIDO**

• Es el flujo sobre una superficie plana, generalmente ocurre río arriba.  
 El Tiempo de recorrido es la relación de la longitud del gasto con su velocidad:

• El coeficiente de fricción de Manning se un coeficiente efectivo que

$$T_t = L / 3600 V \quad (\text{ecuación 3-1}) \quad [ V = d / T ]$$

rocas, la erosión y el transportar sedimentos. Este valor de "n" es para  
 flujos por canales alrededor de 0.1 ft o más. ( tabla 3-2 )

[ 1 ft = 30.48 cm ]

Tt = tiempo de recorrido (hrs. )

L = longitud del flujo (ft )

V = velocidad promedio ( ft/seg )

3600 = factor de conversión de segundos a horas.

$$T_c = (0.007 (n \cdot L)^{0.84}) / (P_2 \cdot P_1)^{0.3} \cdot (S \cdot \text{EXP } 9.4)$$

Tiempo de concentración ( Tc): es la suma de los valores consecutivos de  
 segmentos de flujo de Tt:

$$T_c = T_{t1} + T_{t2} + T_{t3} + T_{t4} + \dots + T_{tm}$$

n = número de meandros ( tabla 3-2 )

donde : L = longitud del flujo ( ft )

P2 = 2 años 24 horas de lluvia (ft )

Tc = tiempo de concentración ( hr )

m = número de segmentos del flujo



## FLUJO LAMINAR ( SHEET FLOW )

- Es el flujo sobre una superficie plana, generalmente ocurre río arriba, cuando la lluvia es constante .
- El coeficiente de fricción de Manning's es un coeficiente efectivo que incluye los efectos del impacto de la caída del agua, las cosechas, las rocas, la erosión y el transportar sedimentos. Este valor de " n " es para flujos poco profundos alrededor de 0.1 fts o más. ( *tabla 3-2* ) .

[ 1 ft = 30.48 cm ]

- Para flujos laminares con menos de 300 pies de longitud, usar la solución cinemática de Manning's para calcular Tt:

$$Tt = (0.007 ((n * L) \text{ EXP } 0.8)) / ((P2 \text{ EXP } 0.5) * (S \text{ EXP } 0.4))$$

donde :

Tt = tiempo de recorrido ( hr. )

n = numero de manning ( *tabla 3-2* )

L= longitud del flujo ( ft )

P2 = 2 años 24 horas de lluvia (in )

S = pendiente al nivel de al línea hidráulica ( ft /ft ), pendiente del suelo. ( *Fig. 3-4* ) .



## FLUJO CONCENTRADO POCO PROFUNDO

Table 3-1.—Roughness coefficients (Manning's n) for sheet flow

Surface description	n <sup>1</sup>
Smooth surfaces (concrete, asphalt, gravel, or bare soil) .....	0.011
Fallow (no residue) .....	0.05
Cultivated soils:	
Residue cover ≤ 20% .....	0.06
Residue cover > 20% .....	0.17
Grass:	
Short grass prairie .....	0.15
Dense grasses <sup>2</sup> .....	0.24
Bermudagrass .....	0.41
Range (natural) .....	0.13
Woods: <sup>3</sup>	
Light underbrush .....	0.40
Dense underbrush .....	0.80

<sup>1</sup>The n values are a composite of information compiled by Engman (1986).

<sup>2</sup>Includes species such as weeping lovegrass, bluegrass, buffalo grass, blue grama grass, and native grass mixtures.

<sup>3</sup>When selecting n, consider cover to a height of about 0.1 ft. This is the only part of the plant cover that will obstruct sheet flow.

Fig. 3.2 . Coeficiente de rugosidad ( coeficiente de Manning's )

Para flujo laminar .

Ésta forma simplificada de la solución cinemática de Manning esta basada en :

- Flujo poco profundo y constante.
- Intensidad constante de lluvia .
- Duración de 24 horas de lluvia.
- Efectos menores en la infiltración del suelo con el paso del tiempo.



## FLUJO CONCENTRADO POCO PROFUNDO

Estas dos ecuaciones están basadas en la solución de la ecuación de Manning con diferentes suposiciones de "n" (coeficiente de rugosidad).

\* Después de un máximo de 300 pies de longitud, el flujo laminar usualmente se convierte en flujo concentrado poco profundo. **La solución Cinemática de Manning no debe ser usada para flujo laminar mayor a 300 pies.**

\* La velocidad promedio es determinada con la figura 3-4; la cual está en función de la pendiente y del tipo de canal. (Pavimentado / no pavimentado.)

\* Para pendiente menores de 0.005 ft/ft usar el siguiente método :

ecuación 3-1 para estimar el tiempo de recorrido para segmentos de flujo

El promedio de la **velocidad para estimar el tiempo de recorrido en flujo concentrado poco profundo** se calcula con las siguientes fórmulas:

$$\text{No pavimentada (ft/s)} V = 16.1345 (s)$$

$$\text{Pavimentada (ft/s)} V = 20.3282 (s)^{0.5}$$

Los canales abiertos se asume que empiezan desde la salida al

estudio de la sección de los canales donde :

V= velocidad promedio (ft/s).

S = pendiente respecto al grado de la

línea hidráulica, es decir, la pendiente

respecto al curso del agua.

(ft/ft)



El promedio de la velocidad del flujo usualmente se determina con la elevación. Estas dos ecuaciones están basadas en la solución de la ecuación de Manning con diferentes suposiciones de "n" (coeficiente de rugosidad de Manning) y "r" (radio hidráulico, ft).

La ecuación de Manning es:

Estos coeficientes son:

$$V = \frac{1.49 (r)^{2/3} (s)^{1/2}}{n}$$

Para áreas no pavimentadas:  $n = 0.05$ ;  $r = 0.4$

Para áreas pavimentadas;  $n = 0.025$ ;  $r = 0.2$

\* Después de determinar la velocidad promedio con la **figura 3-4**, usar la **ecuación 3-1** para estimar el tiempo de recorrido para segmentos de flujo concentrado poco profundo.

### CANALES ABIERTOS

Los canales abiertos se asume que empiezan donde se obtuvo el estudio de la sección de los canales que están visibles o que se tienen fotos aéreas (incluyendo ríos) que aparezcan en el Estudio Geológico de los Estados Unidos (United States Geological Survey, USGS).

La ecuación de Manning o la información del perfil de la superficie del agua puede ser usada para estimar la velocidad promedio del flujo.



El promedio de la velocidad del flujo usualmente se determina con la elevación de un banco lleno.

NOTAS:

La ecuación de Manning es :

$$V = ( 1.49 (r)^{2/3} (s)^{1/2} ) / n$$

donde :

$V$  ( ft / s ) = velocidad promedio

$r$  (ft) =radio hidráulico =  $a / P_w$

$a$  (  $ft^2$  ) = área del flujo en su sección transversal.

$P_w$  ( ft ) = perímetro mojado.

$s$  ( ft / ft ) = pendiente hidráulica

$n$  = coeficiente de rugosidad de Manning para canales abiertos.

Después de usar esta ecuación ,  $T_t$  para el segmento del canal puede ser estimado con la **ecuación 3-1** .

En represas o lagos, la velocidad del flujo a la salida de la cuenca es muy pequeña, por lo que se asume igual a CERO.



NOTAS :

EL MINIMO TC USADO EN TR-55 ES 0.1 HRS.

En cuencas con alcantarillas para la lluvia , se identifica cuidadosamente la trayectoria del flujo para estimar  $T_c$  .

En estas coladeras generalmente se maneja solo una pequeña porción del evento. El resto del flujo máximo viaja por las calles, césped, etc. hacia el escurridor.

Las alcantarillas o puentes pueden actuar como represas de salida si hay suficiente que almacenar detrás de ellos.

El procedimiento en TR -55 puede ser usado para determinar el flujo máximo río arriba de la alcantarilla. El procedimiento detallados de la trayectoria del almacén puede ser usado para determinar la salida del flujo por la alcantarilla.



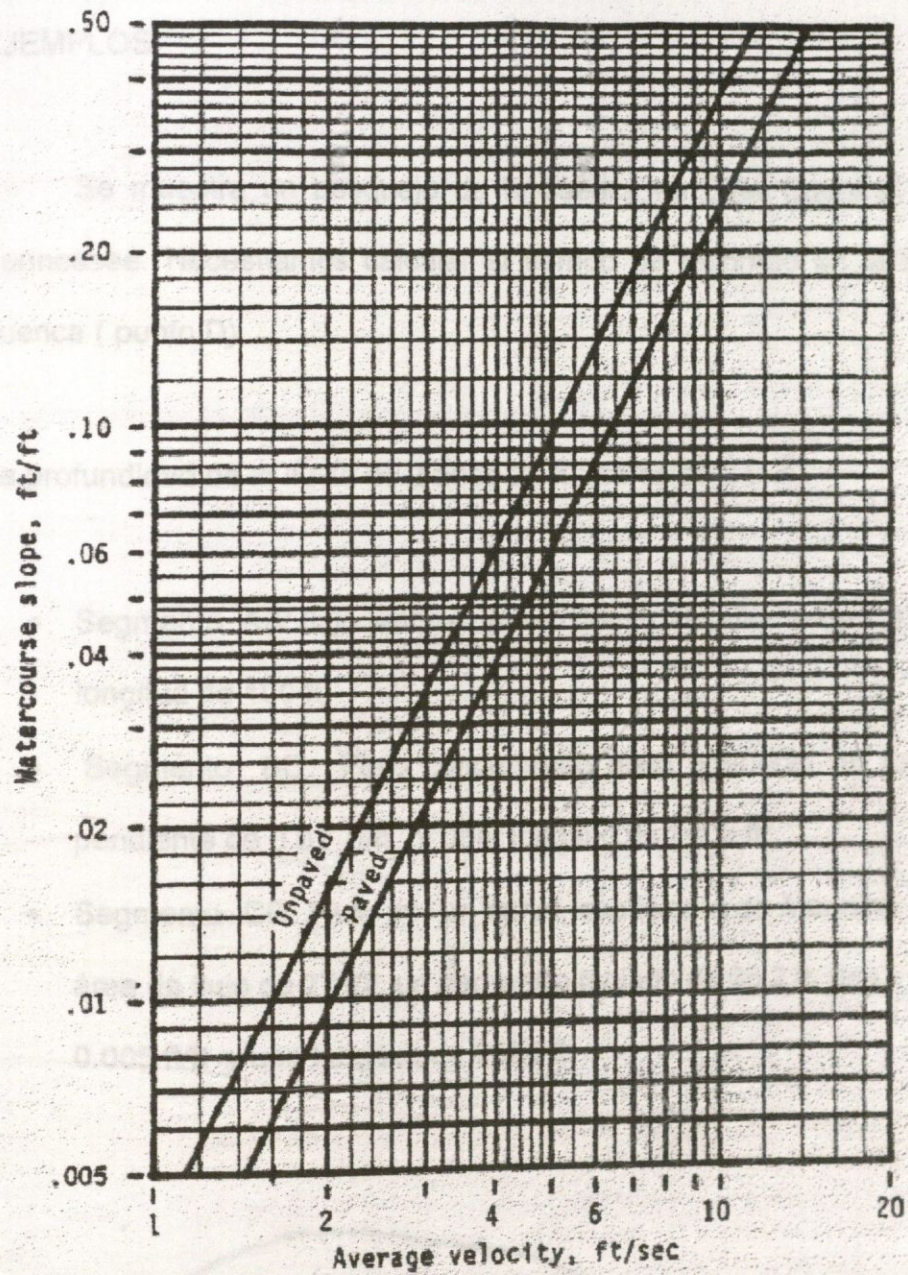


Figure 3-1.—Average velocities for estimating travel time for shallow concentrated flow.

Fig. 3.4 : Velocidad promedio para la estimación del tiempo de recorrido para flujo concentrado, poco profundo .



## MÉTODO GRÁFICO DE DESCARGA MÁXIMA

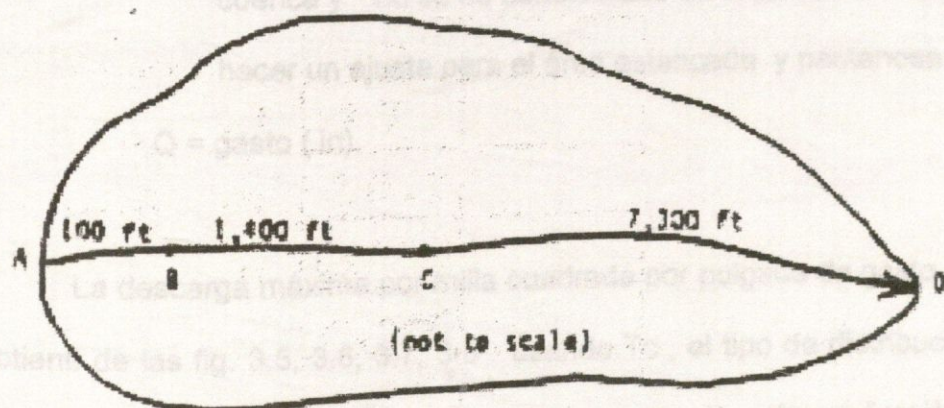
### EJEMPLOS

Está desarrollado con el análisis de hidrogramas, usando TR-20.  
Se muestra un bosquejo de la cuenca en Dyer Country, al norte de Tennessee. Necesitamos calcular el tiempo de recorrido en la salida de la cuenca ( punto D ).

La ecuación de la descarga máxima usada es:

La profundidad de la lluvia de 2 años 24 horas es de 3.6 in.

- Segmento AB: flujo laminar, pasto denso, pendiente de 0.01 ft/ft, y una longitud de 100 ft.
- Segmento BC: Flujo concentrado poco profundo, no pavimentado, pendiente de 0.01 ft/ft y una longitud de 1400 ft.
- Segmento CD: Flujo por un canal, coeficiente de Manning de 0.05, un área de flujo de 27 ft<sup>2</sup>, un perímetro mojado de 28.2 ft, una pendiente de 0.005 ft/ft y una longitud de 7300 ft.





## MÉTODO GRÁFICO DE DESCARGA MÁXIMA

Está desarrollado con el análisis de hidrogramas, usando TR- 20 .  
Éste método presenta como calcular descarga máxima de áreas urbanas y rurales.

La ecuación de la **descarga máxima** usada es:

$$q_p = q_u A_m Q F_p$$

donde :

$q_p$  = descarga máxima (cfs) .

$q_u$  = unidad de descarga máxima por milla cuadrada por pulgada de gasto (csm / in) . ( **Fig. 3.5 , 3.6, 3.7 , 3.8.** )

$A_m$  = área drenada (  $mi^2$  )

$F_p$  = factor de ajuste para estanques o pantanos .

Si el área pantanosa o estancada esta distribuida por toda la cuenca y no se ha considerado en él calculo de  $T_c$  , se debe hacer un ajuste para el área estancada y pantanosa .

$Q$  = gasto ( in) .

La descarga máxima por milla cuadrada por pulgada de gasto (  $q_u$  ) se obtiene de las fig. 3.5, 3.6, 3.7, 3.8 usando  $T_c$  , el tipo de distribución de la lluvia y la relación "  $Ia/P$  " . ( Nota: recordar que la esta en función de CN (tabla 3.3) .



Table 4-1.— $I_a$  values for runoff curve numbers

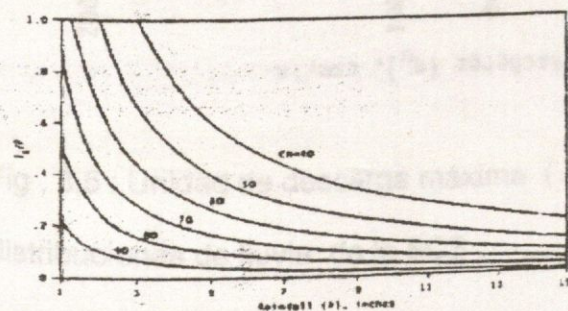
Curve number	$I_a$ (in)	Curve number	$I_a$ (in)
40	3.000	70	0.857
41	2.873	71	0.817
42	2.762	72	0.778
43	2.661	73	0.740
44	2.545	74	0.703
45	2.444	75	0.667
46	2.348	76	0.632
47	2.255	77	0.597
48	2.167	78	0.564
49	2.082	79	0.532
50	2.000	80	0.500
51	1.922	81	0.469
52	1.846	82	0.439
53	1.774	83	0.410
54	1.704	84	0.381
55	1.636	85	0.353
56	1.571	86	0.326
57	1.509	87	0.299
58	1.448	88	0.273
59	1.390	89	0.247
60	1.333	90	0.222
61	1.279	91	0.198
62	1.226	92	0.174
63	1.175	93	0.151
64	1.125	94	0.128
65	1.077	95	0.105
66	1.030	96	0.083
67	0.985	97	0.062
68	0.941	98	0.041
69	0.899		

Ed. June 1982

4.1

Tabla 3.3 : Valores de "  $I_a$  " para calcular el gasto

Si la relación " $I_a / P$ " esta fuera del rango mostrado en las gráficas antes mencionadas para el tipo de distribución de nuestro interés, entonces se debe de usar el valor limite. Si ésta relación cae entre el valor limite, usar interpolación lineal.



**Grafica a.1**



Exhibit 4-1A: Unit peak discharge ( $q_u$ ) for SCS type IA rainfall distribution

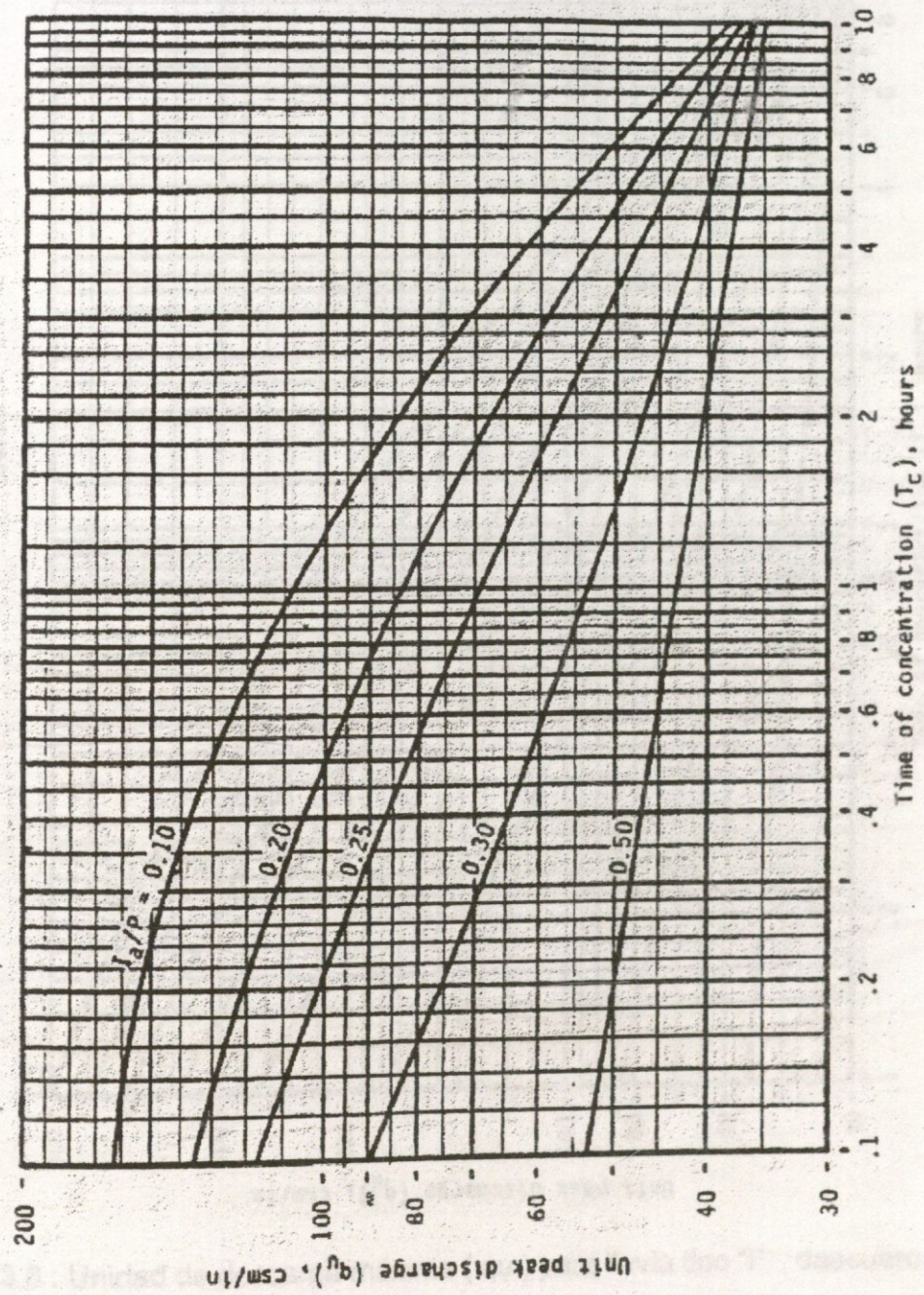


Fig , 3.5 : Unidad de descarga máxima ( $q_u$ ) para tipo de lluvia " IA " según las distribuciones de lluvia de la SCS .



Exhibit 4-1: Unit peak discharge ( $q_u$ ) for SCS type I rainfall distribution

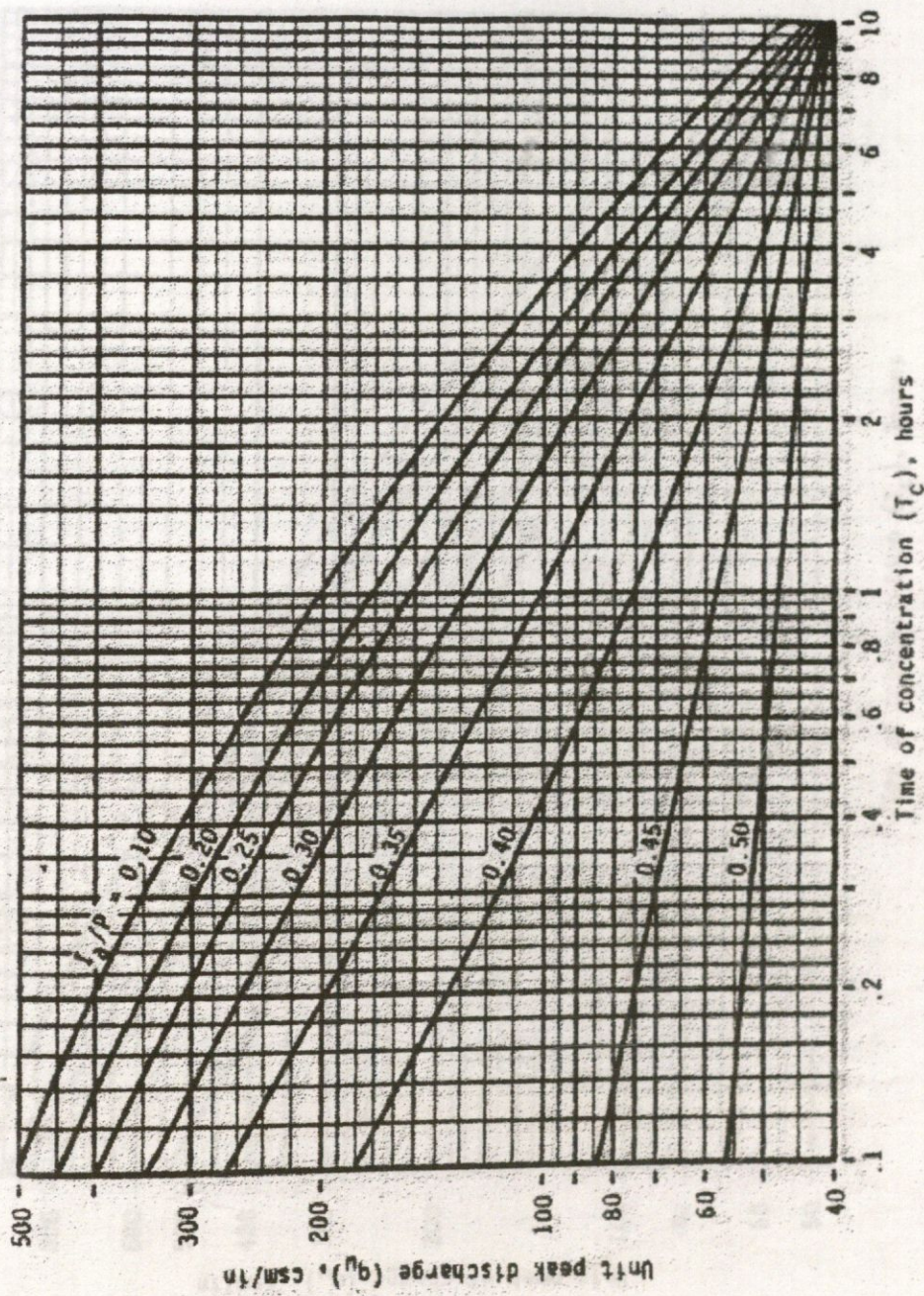


Fig. 3.6 : Unidad de descarga máxima ( $q_u$ ) para lluvia tipo "I", de acuerdo a la distribución de la SCS .



Exhibit 4-II: Unit peak discharge ( $q_u$ ) for SCS type II rainfall distribution

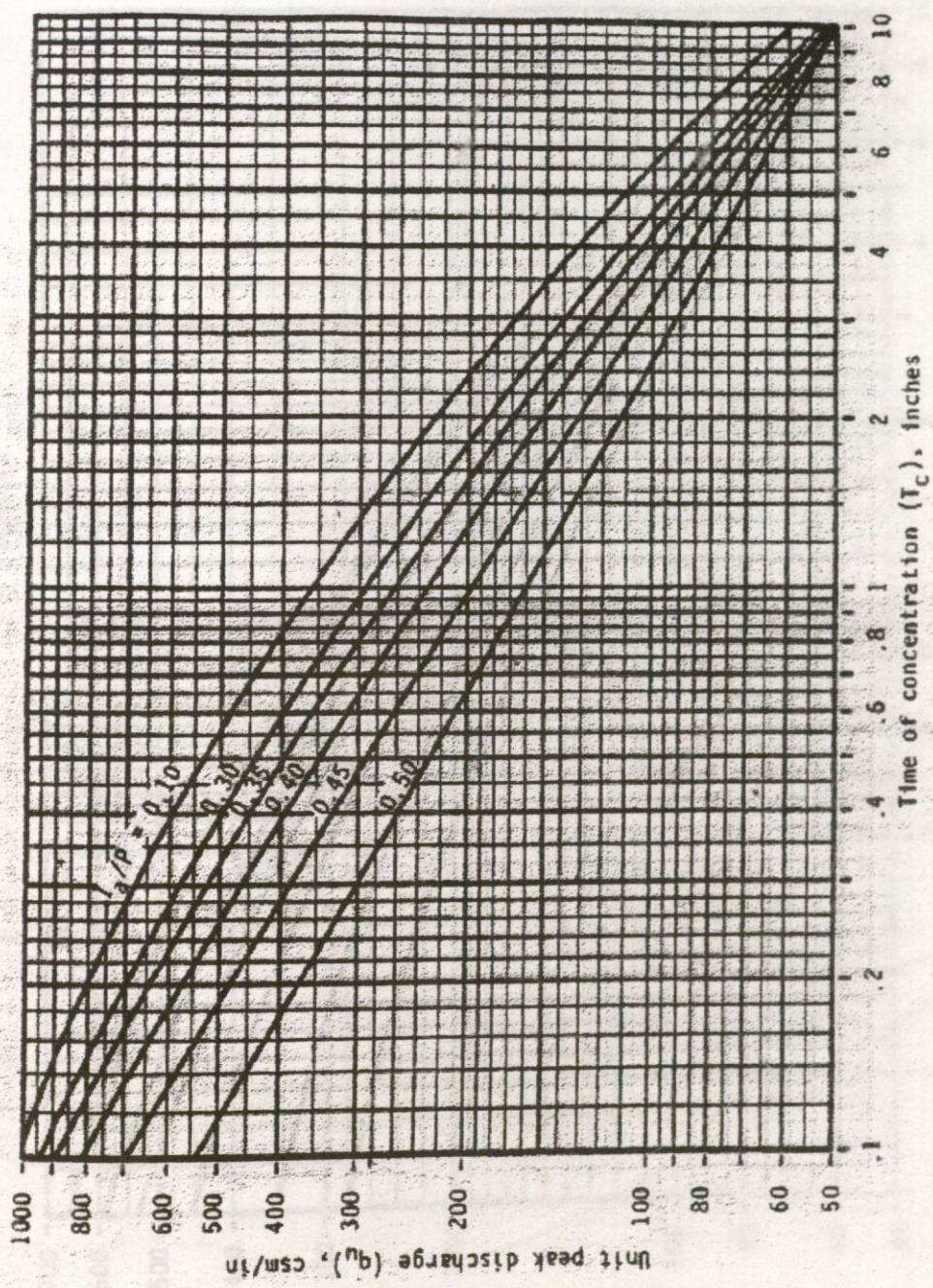


Fig. 3.7 : Unidad de descarga máxima ( $q_u$ ) para lluvia tipo "II", de acuerdo a la distribución de la SCS .



Exhibit 4-III: Unit peak discharge ( $q_u$ ) for SCS type III rainfall distribution

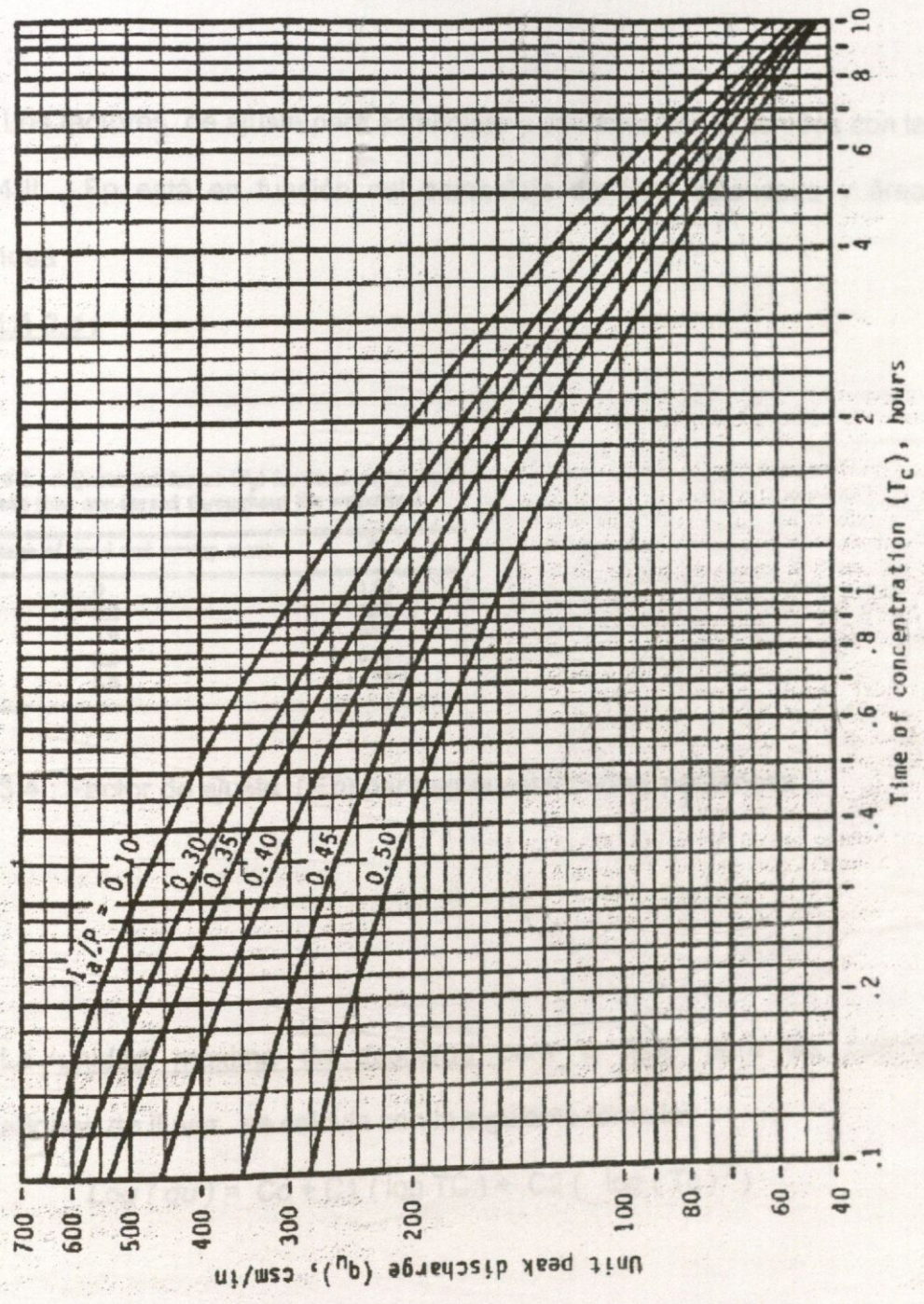


Fig. 3.8 : Unidad de descarga máxima ( $q_u$ ) de lluvia tipo "III", de acuerdo a la distribución de la SCS .



## LIMITACIONES

NOTA :

Los factores de ajuste para estanques y pantanos son obtenidos con la tabla 4-II.  $F_p$  está en función del porcentaje de área estancada y área pantanosa.

### ( TABLA 3.4 )

Table 4-2.—Adjustment factor ( $F_p$ ) for pond and swamp areas that are spread throughout the watershed

Percentage of pond and swamp areas	$F_p$
0	1.00
0.2	0.97
1.0	0.87
3.0	0.75
5.0	0.72

Tabla 3.4 : Factor de ajuste ( $F_p$ ) para agua estancada y pantanosa .

La unidad máxima de descarga para la SCS para las cuatro distribuciones de lluvia se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{Log} (qu) = C_0 + C_1 (\text{log } TC) + C_2 (\text{log} (T_c)^2)$$

donde :

$qu$  = unidad de descarga máxima ( csm/in )

$T_c$  = tiempo de concentración ( hr ) mínimo 0.1, máximo 10.0

$C_0$  ,  $C_1$  ,  $C_2$  = coeficiente de ajuste . Están en función del tipo de lluvia y de la / P .



## LIMITACIONES

### METODO DE HIDROGRAMA TABULAR

- El método grafico no determina únicamente la descarga máxima . Usar TR-20 si la cuenca es muy compleja o requiere de un alto grado de exactitud.
- La cuenca debe de ser "hidrológicamente homogénea", es decir , que se pueda describir con un solo CN.
- No se usa para perfilar represas o valles.
- El CN debe de ser mayor a " 40 " .
- El valor de Tc varia entre 0.1 a 10 horas.
- La cuenca solo debe tener una corriente principal , si hay más de una , las bifurcaciones deben tener un Tc del mismo valor .
- Se puede reducir la exactitud de la estimación de la descarga máxima por este método , si los valores usados de  $Ia/P$  están fuera del rango dado en la gráfica 4 . Se recomienda usar los valores límites de  $Ia / P$  .
- Cuando esté método es usado para estimar descargas máximas en condiciones presentes y en condiciones a desarrollar en la cuenca , se debe usar el mismo procedimiento para estimar Tc .



### MÉTODO DE HIDROGRAMA TABULAR

- El método de hidrograma tabular para calcular descargas máximas en áreas urbanas y rurales, usa el  $T_c$  y  $T_t$  de subáreas.

- Este método se aplica específicamente para estimar los efectos de las terrenos en los que se les ha cambiando una porción de la cuenca, también se usa para estimar los efectos de estructuras propuestas.

- **Este método puede desarrollar cuencas no homogéneas**, es decir, el método de hidrograma tabular puede desarrollar un hidrograma de un flujo parcial compuesto, en cualquier punto, de cuencas con subdivisiones en subáreas, que son homogéneas.

1. Las unidades de la descarga tabular son expresadas en **cs/in (pie cúbico de descarga por segundo, por milla cuadrada de cuenca, por pulgada de gasto)** están dadas por un rango de subárea de  $T_c$ 's entre 0.1 a 2 horas y alcanza  $T_t$ 's de 0 a 3 horas.

5. Se uso también un CN de 75 y las cantidades de lluvia generaron una apropiada relación de  $I/P$ .



- Se asumió también que todas las descargas en el río son a la misma velocidad , por lo que el flujo en la subarea inundada puede ser guiada por separado y sumada al punto de referencia.

Los hidrogramas tabulares de las tablas 5 son prerutas de hidrogramas . Para Tt's diferentes de cero , el valor de la descarga tabular representa una contribución de una sola subarea para un hidrograma compuesto para Tt río abajo.

#### INFORMACIÓN REQUERIDA PARA EL MÉTODO DE HIDROGRAMAS TABULARES

- 1.- Se subdivide en subareas relativamente homogéneas y que tienen un "alcance de rutas conveniente" .
- 2.- El área drenada es por milla cuadrada .
- 3.- Tc en horas ( apéndice D puede también usarse para calcular Tc )
- 4.- Tt en horas ( se calcula de la misma forma que antes se había visto )
- 5.- Usar el " CN COMPUESTO " para cada subarea . ( tabla 2-2 )
- 6.- Usar la apropiada distribución de lluvia .
- 7.- El gasto es en pulgadas .
- 8.- "Ia" para cada subareas de la tabla 3.5.



Table 5-1.— $I_a$  values for runoff curve numbers

Curve number	$I_a$ (in)	Curve number	$I_a$ (in)
40	3.000	70	0.857
41	2.878	71	0.817
42	2.762	72	0.778
43	2.651	73	0.740
44	2.545	74	0.703
45	2.444	75	0.667
46	2.348	76	0.632
47	2.256	77	0.597
48	2.167	78	0.564
49	2.082	79	0.532
50	2.000	80	0.500
51	1.922	81	0.469
52	1.848	82	0.439
53	1.774	83	0.410
54	1.704	84	0.381
55	1.638	85	0.353
56	1.571	86	0.326
57	1.509	87	0.299
58	1.448	88	0.273
59	1.390	89	0.247
60	1.333	90	0.222
61	1.279	91	0.198
62	1.228	92	0.174
63	1.175	93	0.151
64	1.125	94	0.128
65	1.077	95	0.105
66	1.030	96	0.083
67	0.985	97	0.062
68	0.941	98	0.041
69	0.899		

**Tabla 3.5 :** Valores del "  $I_a$  " para el calculo del gasto .

9.- Si "  $I_a/P$  " esta fuera del rango de la tabla 5 , usar el valor límite .

10.- Se uso una frecuencia de 24 horas para las lluvias seleccionadas .











3. Calcular los hidrogramas de acuerdo al seleccionado  $\sum T_t$  usando la apropiada hoja de las gráficas 5 ( éstas gráficas están en función de  $T_c$ ,  $T_t$   $I_a/P$ , el tipo de distribución de lluvia y del tiempo ).

4. El flujo en cualquier tiempo es :

a) Redondear  $T_c$  y  $T_t$  por separado  $q = qt \text{ Am } Q$

sumar donde :

b) Redondear  $T_c$  hacia  $q =$  hidrograma coordinado ( cfs ) con hidrograma de tiempo ( t )  
tabla y sumar.

c) Redondear  $T_c$  hacia  $qt =$  unidad de hidrograma tabular de descarga de las gráficas 5 ( csm/in )  
tabla y sumar.

$A_m =$  área drenada del subarea individual (  $mi^2$  )

$Q =$  gasto ( in )

5.- Desde que la regulación del tiempo de la descarga máxima cambia con  $T_c$  y  $T_t$ , no se recomienda la interpolación de la descarga máxima para los valores  $T_c$  y  $T_t$  que se usan en la gráfica 5 .

La interpolación puede resultar en una estimación de descarga máxima que puede ser invalida porque pudo ser menor que alguno de los hidrogramas . Y así , redondear los valores actuales de  $T_c$  y  $T_t$  con los valores de la gráfica 5 .



El mejorar éste redondeo para que la suma de los valores seleccionados de la tabla sea lo más cercana a la suma actual de  $T_c$  y  $T_t$ , se hace con el siguiente proceso .

Un proceso aceptable es seleccionar uno de los tres procesos de redondeo que a continuación se muestran:

- a) Redondear  $T_c$  y  $T_t$  por separado hacia el valor más cercano de la tabla y sumar .
- b) Redondear  $T_c$  hacia abajo y  $T_t$  hacia arriba del valor más cercano de la tabla y sumar.
- c) Redondear  $T_c$  hacia arriba y  $T_t$  hacia abajo del valor más cercano de la tabla y sumar.

De estas tres opciones, escoger la que esté más cerca de los valores actuales de  $T_c$  y  $T_t$ .

Si hay dos métodos de redondeo que están igual de cerca a los valores actuales , usar la que este mas cercan al valor de  $T_c$  .

6.- El cálculo del valor de " $I_A / P$ " puede ser redondeado al más cercano valor de " $I_A / P$ " de la tabla 5-I a la 5- III o al valor del hidrograma ( csm/in) que pueda ser interpolado linealmente , ya que al interpolar  $I_A/P$  generalmente involucra valores máximos que ocurren al mismo tiempo .



7.- El hidrograma compuesto , es la suma de las prerutas de los hidrogramas de las subareas individuales de cada tiempo mostrados en la hoja de trabajo

5b. El método tabular es usado para determinar flujos máximos e hidrogramas en cuencas. Sin embargo su exactitud disminuye si la complejidad de la cuenca aumenta. Sólo el tiempo que abarquen la esperada descarga máxima compuesta se sumará para definir la porción del hidrograma compuesto.

Nota :

Si se quiere, el hidrograma compuesto , puede aproximarse íntegro usando interpolación lineal de la siguiente forma:

a) Crear una tabla similar a la hoja 5b. Incluir en la tabla todos los tiempos del desarrollo de los hidrogramas de la tabla 5 .

b) Calcular el valor de la descarga de la subarea para esos tiempos e insertarlo en la tabla.

c) Sumar los valores para obtener el hidrograma compuesto .

d) Aplicar extrapolación lineal a los primero dos puntos y a los últimos dos puntos del hidrograma compuesto .

El volumen íntegro del hidrograma compuesto , bajo esta aproximación , debe diferir del volumen del gasto calculado.



De la figura que se muestra a continuación, se ha propuesto poner una

1.- El método tabular es usado para determinar flujos máximos e hidrogramas en cuencas. Sin embargo su exactitud disminuye si la complejidad de la cuenca aumenta. Si se quiere comparar las presente condiciones con las desarrolladas en la cuenca, usar el mismo procedimiento para estimar  $T_c$  para ambas condiciones.

2.- Usar TR-20 (SCS 1993) en lugar del método tabular si alguna de las siguientes condiciones se aplican:

- a)  $T_t$  es mayor a 3 horas (valor máximo de  $T_t$  para gráfica 5).
- b)  $T_c$  es mayor a 2 horas (valor máximo de  $T_t$  para gráfica 5).
- c) Si el área drenada de las subareas particulares difiere con un factor de 5 o más.
- d) Todo el hidrograma compuesto de inundación o todo el volumen del flujo es requerido para detalles de rutas de inundación. Los hidrogramas basados en extrapolación son solo una aproximación de todo el hidrograma.
- e) El tiempo de descarga máxima debe ser más exacto que el obtenido con el método tabular.

El hidrograma compuesto de inundación puede ser comparado con los actuales datos del río. El valor de la descarga máxima instantánea del hidrograma compuesto de la inundación, puede ser comparado con los valores de las curvas de descarga máxima de USGS contra el área drenada.



## EJEMPLOS

De la figura que se muestra a continuación, se ha propuesto poner una subdivisión en Fallswood, las subareas 5, 6 y 7, para la cuenca colectora de Dyer Country ubicada al sureste de Tennessee.

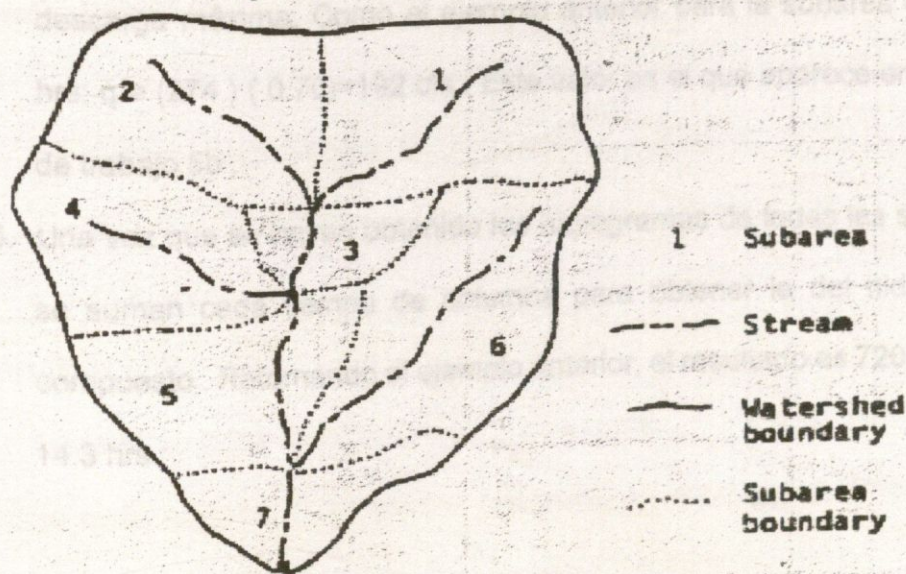
Antes de aprobar esta subdivisión se necesita saber como esta subdivisión afectara la descarga máxima, de 25 años, río abajo en la subarea 7, si la lluvia de 24 horas tiene 6 in.

3. Calcular los puntos de la curva del hidrograma para cada subarea  
PRIMER CASO:

Calcular la descarga máxima, de 25 años de frecuencia, río abajo en la subarea 7 en las condiciones PRESENTES.

SEGUNDO CASO:

Calcular la descarga máxima, de 25 años de frecuencia, río abajo en la subarea 7 en las condiciones DESARROLLADAS.





## PRIMER CASO

Para calcular la descarga máxima río abajo para las condiciones presentes, se necesita hacer el siguiente procedimiento:

1. Calcular CN , Tc y Tt para las condiciones presentes de cada subarea usando el procedimiento antes estudiado .
2. Completar la hoja de trabajo 5a.
3. Calcular los puntos de la pre-ruta del hidrograma para cada subarea sobre un rango de tiempo cerca de la descarga máxima usando la hoja de trabajo 5b y las apropiadas tablas ( exhibit 5 ).  
Por ejemplo , para la subarea 4 , en donde el Tc = 0.75 hr , con  $\sum Tt = 2$  hrs ( la suma del tiempo de recorrido río abajo desde la subarea 5 a la 7 ) con la/P es igual a 0.1 , la descarga máxima planeada para la subarea 4 a la salida del subarea 7 ocurre a 14.6 hrs y es 274 csm/in ,(ver la hoja 6 del exhibit 5-II. )
4. Resolver la ecuación:  $q = qt ( Am Q )$  con los apropiados valores de la descarga máxima. Como el ejemplo anterior para la subarea 4 a 14.6 hrs:  $q = (274) ( 0.70 ) = 192$  cfs . Este valor es el que aparece en la hoja de trabajo 5b .
5. Una vez que se hayan obtenido los hidrogramas de todas las subareas se suman cada tiempo de columna para obtener la del hidrograma compuesto . Retomando el ejemplo anterior, el resultado es 720 cfs a los 14.3 hrs.



## SEGUNDO CASO

Para calcular la descarga máxima río abajo para condiciones desarrolladas se necesita hacer el siguiente procedimiento:

1. Calcular CN, Tc y Tt para las condiciones presentes de cada subarea usando el procedimiento antes estudiado.
2. Completar la hoja de trabajo 5a.
3. Calcular los puntos de la pre-ruta del hidrograma para cada subarea sobre un rango de tiempo cerca de la descarga máxima usando la hoja de trabajo 5b y las apropiadas tablas ( exhibit 5). Por ejemplo , para la subarea 6 , con  $\sum Tt$  de 0.5 hr ( tiempo de recorrido río abajo desde la subarea 7 a la salida de la cuenca ) y la/P de 0.01 , la descarga máxima del subarea 6 a las 13.2 hr es de 311 csm/in ( ver hoja 7 exhibit 5-II ) .
4. Resolver la ecuación :  $q = qt ( Am Q )$  con los apropiados valores de la descarga máxima . Como el ejemplo anterior para la subarea 4 a 14.6 hrs :  $q = (311) (1.31)=407$  cfs . Este valor es el que aparece en la hoja de trabajo 5b .
5. Una vez que se hayan obtenido los hidrogramas de todas las subareas se suman cada tiempo de columna para obtener la el hidrograma compuesto . Retomando el ejemplo anterior , el resultado es 872 cfs a los 13.6 hrs .

## COMPARACIÓN

De acuerdo a los resultados de los dos casos , la subdivisión propuesta río abajo en la subarea 7 se espera que aumente su descarga máxima de 720 a 872 cfs y que disminuya su tiempo de 14.3 a 13.6 hrs .



## VOLUMEN ALMACENADO EN UN DEPÓSITO DE RETENCIÓN

### ESTIMANDO LOS EFECTOS DEL ALMACENAJE

1. Cuando el depósito de retención es creado, se puede usar el procedimiento de rutas hidráulicas para estimar los efectos en los hidrogramas.

TR-20 y DAM S2 son dos programas que proveen métodos exactos de análisis. Éste método es basado en almacenaje promedio y los efectos al encaminar diferentes estructuras.

La **figura 3.9** relaciona la descarga máxima de salida ( $q_o$ ) y las descarga máxima de entrada ( $q_i$ ),  $(q_o / q_i)$ ; con el volumen almacenado ( $V_s$ ) y el volumen del flujo ( $V_r$ );  $V_s / V_r$  para las cuatro tipo de lluvias.

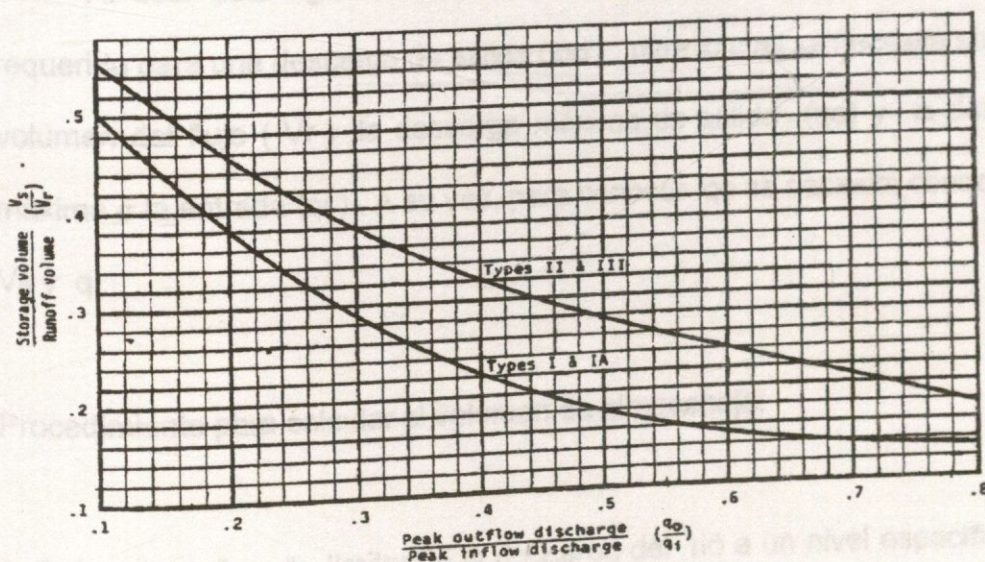


Fig. 3.9.



2. Estos valores fueron sacados de depósitos para un solo tipo de dispositivo de salida controlado con tuberías o vertederos. Sin embargo el método puede usarse para múltiples dispositivos de salida. Lo único que se debe tomar en cuenta es:

1. Cada etapa necesita un diseño de tormenta y un cálculo de almacenaje.
2. Las descargas en etapas menores están consideradas en las etapas mayores.

4.  $Q$  fue calculada para determinar si en el paso 2, peso no se debe convertir

Cuando este método se combina con el Método Tabular se hace más eficiente. Principalmente se usa para desarrollar indicaciones preliminares para ciertas condiciones de almacenaje y para asignar control a un grupo de depósitos de retención. También puede ser usado como diseño final para pequeñas cuencas.

Al usar esta figura se estimara el volumen de almacenaje ( $V_s$ ) requerido para una descarga de salida ( $q_o$ ), para lo cual se necesita saber el volumen del flujo ( $V_r$ ), la descarga máxima de salida ( $q_o$ ) y la descarga máxima a la entrada ( $q_i$ ). A su vez, para conocer  $q_o$  se necesita conocer  $V_r$ ,  $V_s$  y  $q_i$ .

Procedimiento para calcular el volumen de almacenaje:

$$V_s = V_r (V_s / V_r)$$

1. Determinar " $q_o$ " limitando la descarga del río a un nivel específico, así como para una descarga predesarrollada, o para un gasto de salida que ya se haya seleccionado.



2. Estimar "qi" usando los procedimientos antes vistos . No se debe usar la descarga máxima estimada por otro método . Cuando se usa el método Tabular , se debe estimar qi por medio de subareas , solo usando la descarga máxima asociada con un Tt = 0.

3. Calcular qo/ qi y determinar Vs / Vr con la figura 3.9 .

4. Q fue calculada para determinar qi en el paso 2 , pero no se debe convertir a las unidades de Vs, se debe de expresar en acre-ft o pie cúbico. La forma más común para convertir Q a Vr en acre - feet es :

$$Vr = 53.33 Q ( Am )$$

Donde :

Vr = volumen del gasto ( acre -ft )

Q = gasto ( in )

Am = área drenada ( mi 2 )

53.33 = factor de conversión de in-mi 2 a acre-ft .

5. Usar el resultado del paso 3 y 4 para calcular Vs ;

$$Vs = Vr ( Vs / Vr )$$

Donde :

Vs = volumen de almacenaje requerido ( acre - ft )



6. Cuando el  $V_s$  calculado sea igual que se uso para calcular "qo" sabremos que es el correcto . Si el gasto de salida , fue un valor preseleccionado se deben de ajustar los valores para que coincidan con " qo".

Para calcular " qo " se debe se seguir el siguiente procedimiento :

1. Determinar  $V_s$  ( se debe de usar el valor máximo permisible).
2. Calcular  $Q$  (in) como se vio anteriormente y después convertirlo a las mismas unidades de  $V_s$  como acabamos de ver .
3. Calcular  $V_s / V_r$  y determinar  $q_o / q_i$  de la figura 3.9 .
4. Estimar  $q_i$  con el procedimiento antes visto . No usar la descarga máxima desarrollada para ningún método. Cuando se usa el método Tabular se estima "  $q_i$  " por subareas, usando solo la descarga máxima asociada con  $T_t=0$ .
5. Con el paso 3 y 4 calcula " qo " :

$$q_o = q_i ( q_o / q_i )$$

6. Se debe tener el mismo valor de "qo" que el usado para calcular  $V_s$  .



## LIMITACIONES

1. El método de la ruta es menos exacto que la relación  $q_o / q_i$  con la figura 6-1. La figura 6-1 depende de la relación de almenaje disponible, los gastos de salida, el volumen de entrada y la forma del flujo de entrada de nuestro hidrograma.

Cuando el volumen almacenado ( $V_s$ ) requerido es pequeño, la forma del hidrograma de salida es sensible al incremento del valor del gasto de entrada en el hidrograma.

Por lo que al contrario, cuando se tiene  $V_s$  grande, la forma del hidrograma con flujo de entrada no tiene mucha variación respecto al hidrograma del flujo de salida.

Cuando la descarga máxima del flujo de salida ( $q_o$ ) se aproxime la descarga máxima del flujo a la entrada ( $q_i$ ), se tomarán en cuenta los valores del volumen de la lluvia, número curva y tiempo de concentración.

2. El procedimiento no se debe usar para diseños finales, si el error de almenaje tiene un porcentaje de error de 25 por ciento.

La figura 6-1 es usada cuando se quiere usar dispositivos para prevenir flujos de salida muy grandes, pero puede sobre estimar significativamente la capacidad requerida de almenaje. Se desarrollan hidrogramas mas detallados o rutas por si solas cuando se reducen los costos en la construcción.



EJEMPLO valores de:

$$V_s = 5.9 \text{ acre-ft}$$

Se estudiarán 75 acres ( 0.117 mi<sup>2</sup> ) de una cuenca que descarga sobre un canal de concreto ya existente diseñando para sus presentes condiciones . Si la capacidad del canal se excede, los daños serán sustanciales.

La cuenca esta dentro del tipo de tormenta clase II. La capacidad actual de la cuenca es de 180 cfs , el cual fue calculado para descargas de 25 años de frecuencia en las tormentas con el Método Gráfico de la descarga máxima.

La descarga máxima, en condiciones desarrolladas, "q<sub>i</sub>", fue calculada con el mismo método fue de 360 cfs, y el gasto fue de 3.4 in.

Dado que el máximo gasto de salida permisible es de 180 cfs , se tendrá que crear una vaso de detención que tenga la máxima descarga, q<sub>o</sub>, y que pueda contener la descarga excedente.

¿Cuánto volúmen de almacenamiento , V<sub>s</sub> , se requiere para alcanzar la máxima descarga permisible , q<sub>o</sub> , de 180 cfs y cuales serán las probables dimensiones del vertedor rectangular del flujo de salida ?

Se escogió el vertedor rectangular por su simplicidad, sin embargo, hay muchos tipos de estructuras.

Dadas las condiciones del terreno , se tiene como dato, que la cresta del vertedero debe estar a 100 ft.



Usando los valores de:

$$Vs = 5.9 \text{ acre-ft}$$

Obtenemos de la gráfica el valor de:

$$E_{\text{máx}} = 105.7 \text{ ft.}$$

La ecuación de un vertedor rectangular es:

$$q_0 = 3.2 L_w (H_w) \exp 1.5$$

donde :

$q_0$  = descarga máxima a la salida de la cuenca (cfs) .

$L_w$  = longitud del la cresta del vertedor ( ft).

$H_w$  = altura sobre la cresta del vertedor (ft).

$H_w$  =  $E_{\text{máx}}$  - Elevación de la cresta del vertedor

$$L_w = q_0 / 3.2 ( H_w ) \exp 1.5$$

Por lo tanto , para nuestro ejemplo :

$$H_w = 105.7 - 100 = 5.7 \text{ ft}$$

$$L_w = 180 / 3.2 ( 5.7 ) \exp 1.5 = 4.1 \text{ ft}$$

En resumen , la estructura rectangular tendrá una longitud de cresta de 4.1 ft , un  $H_w$  0 5.7 ft y un  $q_0 = 180$  cfs correspondientes a un  $V_s = 5.9$  acre-ft .



Los datos obtenidos de las mediciones de precipitación en las  
estaciones de Thiesen. Este método se basa en la interpolación de  
los valores de aparatos. Procede de la siguiente manera: se divide  
el territorio en zonas de influencia de cada estación. Sin embargo, no se  
debe confundir con el método de las áreas de influencia.

# CAPITULO IV





## MÉTODO TRADICIONAL

Los datos obtenidos de la precipitación se obtuvieron con el método de polígonos de Thiessen . Éste método se puede utilizar para una distribución no uniforme de aparatos . Provee resultados más correctos con un área de la hoya aproximadamente plana . El método consiste en atribuir un factor de peso a los totales de precipitación en cada aparato , proporcionales al área de influencia de cada uno . Sin embargo , no considera influencias orográficas .

Las áreas de influencia se determinan en mapas de la hoya que contengan la localización de las estaciones , uniendo dichos puntos de localización por medio de líneas rectas y en seguida trazando las mediatrices de estas rectas , formando así polígonos . Los lados de los polígonos son el límite de las áreas de influencia de cada estación .

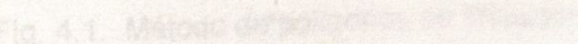
$$P = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i \times P_i)}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

donde :

$n$  = número de aparatos pluviométricos

$P_i$  = precipitación registrada con el aparato pluviométrico  $i$

$A_i$  = área de influencia correspondiente al aparato pluviométrico " $i$ ", resultante del método de polígonos de Thiessen .

Ver fig . 4.1. 



## Metodo Tradicional

GAGE # = 4800  
 WATERSHED AREA = 100%  
 WATERSHED AREA = 4.4E+02  
 RAINFALL # 1 = SMALL  
 W.P. = WEIGHTED PRECIPITATION  
 C.W.P. = CUMULATIVE WEIGHTED PRECIPITATION  
 R.V. = RAINFALL VOLUME (EVAPN)  
 P. = RAINFALL GAGE

DAY	TIME	PREC	W.P.	C.W.P.	WATERSHED AREA	Q. 1
19690221	0.15	0	0	0	5.588E-07	1.0E-05
19690221	0.3	0	0	0	5.588E-07	0.000173
19690221	0.45	0	0	0	5.588E-07	0.000173
19690221	1	0	0	0	5.588E-07	0.000173
19690221	1.15	0	0	0	5.588E-07	0.000173
19690221	1.3	0	0	0	5.588E-07	0.000173
19690221	1.45	0	0	0	5.588E-07	0.000173
19690221	2	0	0	0	5.588E-07	0.000173
19690221	2.15	0	0	0	5.588E-07	0.000173
19690221	2.3	0	0	0	5.588E-07	0.000173
19690221	2.45	0	0	0	5.588E-07	0.000173
19690221	3	0	0	0	5.588E-07	0.000173
19690221	3.15	0	0	0	5.588E-07	0.000173
19690221	3.3	0	0	0	5.588E-07	0.000173
19690221	3.45	0	0	0	5.588E-07	0.000173
19690221	4	0	0	0	5.588E-07	0.000173
19690221	4.15	0	0	0	5.588E-07	0.000173
19690221	4.3	0	0	0	5.588E-07	0.000173
19690221	4.45	0	0	0	5.588E-07	0.000173
19690221	5	0.05	0.1	0.05	5.588E-07	0.000173
19690221	5.15	0	0	0.05	5.588E-07	0.000173
19690221	5.3	0	0	0.05	5.588E-07	0.000173
19690221	5.45	0	0	0.05	5.588E-07	0.000173
19690221	6	3.05	3.15	3.2	5.588E-07	0.000173
19690221	6.15	0	0	3.2	5.588E-07	0.000173
19690221	6.3	0	0	3.2	5.588E-07	0.000173
19690221	6.45	0	0	3.2	5.588E-07	0.000173
19690221	7	0	0	3.2	5.588E-07	0.000173
19690221	7.15	0	0	3.2	5.588E-07	0.000173
19690221	7.3	0	0	3.2	5.588E-07	0.000173
19690221	7.45	0	0	3.2	5.588E-07	0.000173
19690221	8	0	0	3.2	5.588E-07	0.000173
19690221	8.15	0	0	3.2	5.588E-07	0.000173
19690221	8.3	0	0	3.2	5.588E-07	0.000173
19690221	8.45	0	0	3.2	5.588E-07	0.000173

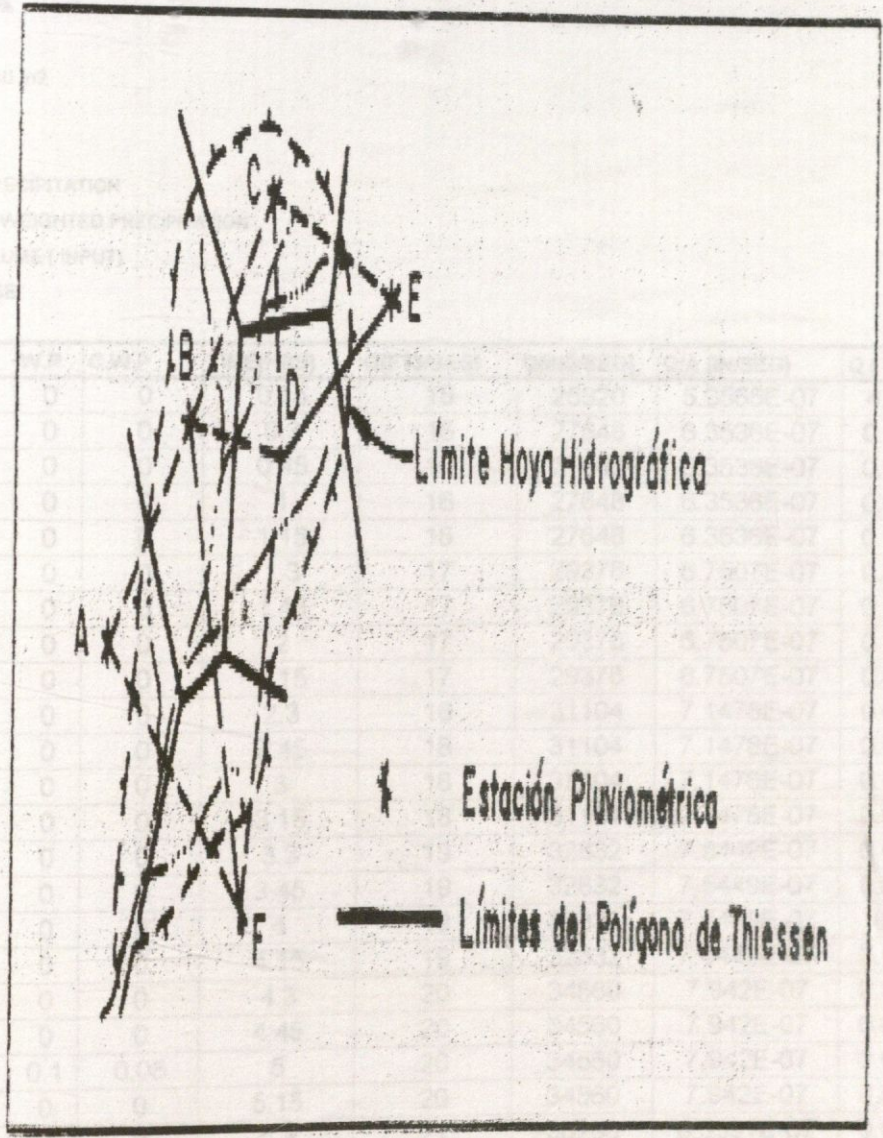


Figura 3.19. Método de polígonos de Thiessen.

Fig. 4.1. Método de polígonos de Thiessen.



## Metodo Tradicional

GAGE # = 4800  
 WATERSHED AREA = 100% 1

WATERSHED AREA = 4.4E+10 in2

RAINFALL # 1 ( SMALL)

W.P = WEIGHTED PRECIPITATION  
 C.W.P = CUMULATIVE WEIGHTED PRECIPITATION  
 R.V = RAINFALL VOLUME ( INPUT)  
 P = RAINFALL GAGE

DAY	TIME	P(IN)	W.P	C.W.P	TIME(HRS)	Q(FT3/SEG)	Q(IN3/SEG)	Q/A (IN/SEG)	Q ( in)
19690221	0.15	0	0	0	0.15	15	25920	5.9565E-07	4.82E-05
19690221	0.3	0	0	0	0.3	16	27648	6.3536E-07	0.000103
19690221	0.45	0	0	0	0.45	16	27648	6.3536E-07	0.000154
19690221	1	0	0	0	1	16	27648	6.3536E-07	0.000343
19690221	1.15	0	0	0	1.15	16	27648	6.3536E-07	0.000395
19690221	1.3	0	0	0	1.3	17	29376	6.7507E-07	0.000474
19690221	1.45	0	0	0	1.45	17	29376	6.7507E-07	0.000529
19690221	2	0	0	0	2	17	29376	6.7507E-07	0.000729
19690221	2.15	0	0	0	2.15	17	29376	6.7507E-07	0.000784
19690221	2.3	0	0	0	2.3	18	31104	7.1478E-07	0.000888
19690221	2.45	0	0	0	2.45	18	31104	7.1478E-07	0.000946
19690221	3	0	0	0	3	18	31104	7.1478E-07	0.001158
19690221	3.15	0	0	0	3.15	18	31104	7.1478E-07	0.001216
19690221	3.3	0	0	0	3.3	19	32832	7.5449E-07	0.001345
19690221	3.45	0	0	0	3.45	19	32832	7.5449E-07	0.001406
19690221	4	0	0	0	4	19	32832	7.5449E-07	0.00163
19690221	4.15	0	0	0	4.15	19	32832	7.5449E-07	0.001691
19690221	4.3	0	0	0	4.3	20	34560	7.942E-07	0.001844
19690221	4.45	0	0	0	4.45	20	34560	7.942E-07	0.001908
19690221	5	0.05	0.1	0.05	5	20	34560	7.942E-07	0.002144
19690221	5.15	0	0	0	5.15	20	34560	7.942E-07	0.002209
19690221	5.3	0	0	0	5.3	21	36288	8.3391E-07	0.002387
19690221	5.45	0	0	0	5.45	21	36288	8.3391E-07	0.002454
19690221	6	0.05	0.1	0.05	6	21	36288	8.3391E-07	0.002702
19690221	6.15	0	0	0	6.15	22	38016	8.7362E-07	0.002901
19690221	6.3	0	0	0	6.3	23	39744	9.1333E-07	0.003107
19690221	6.45	0	0	0	6.45	24	41472	9.5304E-07	0.003319
19690221	7	0	0	0	7	24	41472	9.5304E-07	0.003602
19690221	7.15	0	0	0	7.15	25	43200	9.9275E-07	0.003833
19690221	7.3	0	0	0	7.3	26	44928	1.03246E-06	0.00407
19690221	7.45	0	0	0	7.45	27	46656	1.07217E-06	0.004313
19690221	7.45	0	0	0	7.45	27	46656	1.07217E-06	0.004313
19690221	8	0	0	0	8	28	48384	1.11188E-06	0.004803
19690221	8	0	0	0	8	28	48384	1.11188E-06	0.004803
19690221	8.15	0	0	0	8.15	29	50112	1.15159E-06	0.005068
19690221	8.15	0	0	0	8.15	29	50112	1.15159E-06	0.005068
19690221	8.3	0	0	0	8.3	29	50112	1.15159E-06	0.005161
19690221	8.3	0	0	0	8.3	29	50112	1.15159E-06	0.005161
19690221	8.45	0	0	0	8.45	30	51840	1.1913E-06	0.005436
19690221	8.45	0	0	0	8.45	30	51840	1.1913E-06	0.005436



DAY	TIME	P(IN)	W.P	C.W.P	TIME(HRS)	Q(FT3/SEG)	Q(IN3/SEG)	Q/A (IN/SEG)	Q ( in)
19690221	9	0.15	0.2	0.15	9	31	53568	1.23101E-06	0.005983
19690221	9.15	0	0	0	9.15	32	55296	1.27072E-06	0.006279
19690221	9.3	0	0	0	9.3	33	57024	1.31043E-06	0.006581
19690221	9.45	0	0	0	9.45	34	58752	1.35014E-06	0.00689
19690221	10	0	0	0	10	34	58752	1.35014E-06	0.007291
19690221	10.2	0	0	0	10.15	35	60480	1.38985E-06	0.007618
19690221	10.3	0	0	0	10.3	36	62208	1.42956E-06	0.007951
19690221	10.5	0	0	0	10.45	37	63936	1.46927E-06	0.008291
19690221	11	0.05	0.1	0.05	11	38	65664	1.50898E-06	0.008963
19690221	11.2	0	0	0	11.15	39	67392	1.54869E-06	0.009325
19690221	11.3	0	0	0	11.3	39	67392	1.54869E-06	0.00945
19690221	11.5	0	0	0	11.45	40	69120	1.5884E-06	0.009821
19690221	12	0.02	0	0.02	12	41	70848	1.62811E-06	0.01055
19690221	12.2	0	0	0	12.15	46	79488	1.82666E-06	0.011985
19690221	12.3	0.13	0.1	0.13	12.3	50	86400	1.9855E-06	0.013188
19690221	12.5	0	0	0	12.45	55	95040	2.18405E-06	0.014683
19690221	13	0.05	0.1	0.05	13	59	101952	2.34289E-06	0.016447
19690221	13.2	0	0	0	13.15	64	110592	2.54144E-06	0.018047
19690221	13.3	0	0	0	13.3	68	117504	2.70028E-06	0.019393
19690221	13.5	0	0	0	13.45	73	126144	2.89883E-06	0.021054
19690221	14	0.16	0.2	0.16	14	77	133056	3.05767E-06	0.023116
19690221	14.2	0	0	0	14.15	105	181440	4.16955E-06	0.03186
19690221	14.3	0.52	0.5	0.52	14.3	132	228096	5.24172E-06	0.040477
19690221	14.5	0	0	0	14.45	160	276480	6.3536E-06	0.049577
19690221	15	0	0	0	15	187	323136	7.42577E-06	0.060149
19690221	15.2	0	0	0	15.15	193	333504	7.66403E-06	0.062699
19690221	15.3	0.17	0.2	0.17	15.3	200	345600	7.942E-06	0.065617
19690221	15.5	0	0	0	15.45	206	355968	8.18026E-06	0.068248
19690221	16	0	0	0	16	212	366336	8.41852E-06	0.072736
19690221	16.2	0.4	0.4	0.4	16.15	226	390528	8.97446E-06	0.078266
19690221	16.3	0	0	0	16.3	240	414720	9.5304E-06	0.083887
19690221	16.5	0	0	0	16.45	254	438912	1.00863E-05	0.089597
19690221	17	0	0	0	17	268	463104	1.06423E-05	0.097696
19690221	17.2	0	0	0	17.15	264	456192	1.04834E-05	0.097087
19690221	17.3	0	0	0	17.3	261	451008	1.03643E-05	0.096823
19690221	17.5	0	0	0	17.45	257	444096	1.02055E-05	0.096166
19690221	18	0	0	0	18	253	437184	1.00466E-05	0.097653
19690221	18.2	0	0	0	18.15	249	430272	9.88779E-06	0.09691
19690221	18.3	0	0	0	18.3	246	425088	9.76866E-06	0.096534
19690221	18.5	0	0	0	18.45	242	418176	9.60982E-06	0.095743
19690221	19	0	0	0	19	238	411264	9.45098E-06	0.096967
19690221	19.2	0	0	0	19.15	234	404352	9.29214E-06	0.09609
19690221	19.3	0	0	0	19.3	229	395712	9.09359E-06	0.094773
19690221	19.5	0	0	0	19.45	225	388800	8.93475E-06	0.093842
19690221	20	0	0	0	20	221	381888	8.77591E-06	0.09478
19690221	20.2	0	0	0	20.15	216	373248	8.57736E-06	0.09333
19690221	20.3	0	0	0	20.3	212	366336	8.41852E-06	0.092284
19690221	20.5	0	0	0	20.45	207	357696	8.21997E-06	0.090773
19690221	21	0	0	0	21	203	350784	8.06113E-06	0.091413



DAY	TIME	P(IN)	W.P	C.W.P	TIME(HRS)	Q(FT3/SEG)	Q(IN3/SEG)	Q/A (IN/SEG)	Q (in)
19690221	21.2	0	0	0	21.15	199	343872	7.90229E-06	0.090252
19690221	21.3	0	0	0	21.3	196	338688	7.78316E-06	0.089522
19690221	21.5	0	0	0	21.45	192	331776	7.62432E-06	0.088313
19690221	22	0	0	0	22	188	324864	7.46548E-06	0.08869
19690221	22.2	0	0	0	22.15	184	317952	7.30664E-06	0.087395
19690221	22.3	0	0	0	22.3	181	312768	7.18751E-06	0.086552
19690221	22.5	0	0	0	22.45	177	305856	7.02867E-06	0.085209
19690221	23	0	0	0	23	173	298944	6.86983E-06	0.085323
19690221	23.2	0	0	0	23.15	169	292032	6.71099E-06	0.083894
19690221	23.3	0	0	0	23.3	166	286848	6.59186E-06	0.082939
19690221	23.5	0	0	0	23.45	162	279936	6.43302E-06	0.081461
19690221	24	0	0	0	24	158	273024	6.27418E-06	0.081313

1.75

R.V = 7.6E+10 in3

GAGE # = 4800

WATERSHED AREA 100% 1

WATERSHED AREA 4E+10 in2

RAINFALL # 2 (biggest)

W.P = WEIGHTED PRECIPITATION

C.W.P = CUMULATIVE WEIGHTED PRECIPITATION

R.V = RAINFALL VOLUME ( INPUT)

R.G = RAINFALL GAGE

DAY	TIME	P(IN)	W.P	C.W.P	TIME(HRS)	Q(FT3/SEG)	Q(IN3/SEG)	Q/A (IN/SEG)	Q (in)
19690503	0.15	0	0	0	0.15	0.2	345.6	7.942E-09	6.43E-07
19690503	0.3	0	0	0	0.3	0.2	345.6	7.942E-09	1.29E-06
19690503	0.45	0	0	0	0.45	0.2	345.6	7.942E-09	1.93E-06
19690503	1	0	0	0	1	0.2	345.6	7.942E-09	4.29E-06
19690503	1.15	0	0	0	1.15	0.2	345.6	7.942E-09	4.93E-06
19690503	1.3	0	0	0	1.3	0.2	345.6	7.942E-09	5.58E-06
19690503	1.45	0	0	0	1.45	0.2	345.6	7.942E-09	6.22E-06
19690503	2	0	0	0	2	0.2	345.6	7.942E-09	8.58E-06
19690503	2.15	0	0	0	2.15	0.2	345.6	7.942E-09	9.22E-06
19690503	2.3	0	0	0	2.3	0.2	345.6	7.942E-09	9.86E-06
19690503	2.45	0	0	0	2.45	0.2	345.6	7.942E-09	1.05E-05
19690503	3	0	0	0	3	0.2	345.6	7.942E-09	1.29E-05
19690503	3.15	0	0	0	3.15	0.2	345.6	7.942E-09	1.35E-05
19690503	3.3	0	0	0	3.3	0.2	345.6	7.942E-09	1.42E-05
19690503	3.45	0	0	0	3.45	0.2	345.6	7.942E-09	1.48E-05
19690503	4	0	0	0	4	0.2	345.6	7.942E-09	1.72E-05
19690503	4.15	0	0	0	4.15	0.2	345.6	7.942E-09	1.78E-05
19690503	4.3	0	0	0	4.3	0.2	345.6	7.942E-09	1.84E-05
19690503	4.45	0	0	0	4.45	0.2	345.6	7.942E-09	1.91E-05



DAY	TIME	P(IN)	W.P	C.W.P	TIME(HRS)	Q(FT3/SEG)	Q(IN3/SEG)	Q/A (IN/SEG)	Q (in)
19690503	5	0	0	0	5	0.2	345.6	7.942E-09	2.14E-05
19690503	5.15	0	0	0	5.15	0.2	345.6	7.942E-09	2.21E-05
19690503	5.3	0	0	0	5.3	0.2	345.6	7.942E-09	2.27E-05
19690503	5.45	0	0	0	5.45	0.2	345.6	7.942E-09	2.34E-05
19690503	6	0	0	0	6	0.2	345.6	7.942E-09	2.57E-05
19690503	6.15	0	0	0	6.15	0.2	345.6	7.942E-09	2.64E-05
19690503	6.3	0	0	0	6.3	0.2	345.6	7.942E-09	2.7E-05
19690503	6.45	0	0	0	6.45	0.2	345.6	7.942E-09	2.77E-05
19690503	7	0	0	0	7	0.2	345.6	7.942E-09	3E-05
19690503	7.15	0	0	0	7.15	0.2	345.6	7.942E-09	3.07E-05
19690503	7.3	0	0	0	7.3	0.2	345.6	7.942E-09	3.13E-05
19690503	7.45	0	0	0	7.45	0.2	345.6	7.942E-09	3.2E-05
19690503	8	0	0	0	8	0.2	345.6	7.942E-09	3.43E-05
19690503	8.15	0	0	0	8.15	0.2	345.6	7.942E-09	3.5E-05
19690503	8.3	0	0	0	8.3	0.2	345.6	7.942E-09	3.56E-05
19690503	8.45	0	0	0	8.45	0.2	345.6	7.942E-09	3.62E-05
19690503	9	0	0	0	9	0.2	345.6	7.942E-09	3.86E-05
19690503	9.15	0	0	0	9.15	0.2	345.6	7.942E-09	3.92E-05
19690503	9.3	0	0	0	9.3	0.2	345.6	7.942E-09	3.99E-05
19690503	9.45	0	0	0	9.45	0.2	345.6	7.942E-09	4.05E-05
19690503	10	0	0	0	10	0.2	345.6	7.942E-09	4.29E-05
19690503	10.2	0	0	0	10.15	0.2	345.6	7.942E-09	4.35E-05
19690503	10.3	0	0	0	10.3	0.2	345.6	7.942E-09	4.42E-05
19690503	10.5	0	0	0	10.45	0.2	345.6	7.942E-09	4.48E-05
19690503	11	0	0	0	11	0.2	345.6	7.942E-09	4.72E-05
19690503	11.2	1.15	1.2	1.15	11.15	18	31104	7.1478E-07	0.004304
19690503	11.3	0.85	0.9	0.85	11.3	36	62208	1.42956E-06	0.008723
19690503	11.5	1.1	1.1	1.1	11.45	106	183168	4.20926E-06	0.026026
19690503	12	0.8	0.8	0.8	12	176	304128	6.98896E-06	0.045288
19690503	12.2	0.55	0.6	0.55	12.15	308	532224	1.22307E-05	0.080245
19690503	12.3	0.03	0	0.03	12.3	440	760320	1.74724E-05	0.116052
19690503	12.5	0	0	0	12.45	540	933120	2.14434E-05	0.144164
19690503	13	0.02	0	0.02	13	639	1104192	2.53747E-05	0.17813
19690503	13.2	0	0	0	13.15	649	1121472	2.57718E-05	0.183005
19690503	13.3	0	0	0	13.3	659	1138752	2.61689E-05	0.187945
19690503	13.5	0	0	0	13.45	639	1104192	2.53747E-05	0.184296
19690503	14	0	0	0	14	619	1069632	2.45805E-05	0.185829
19690503	14.2	0	0	0	14.15	592	1022976	2.35083E-05	0.179627
19690503	14.3	0	0	0	14.3	566	978048	2.24759E-05	0.173559
19690503	14.5	0	0	0	14.45	539	931392	2.14037E-05	0.167013
19690503	15	0	0	0	15	512	884736	2.03315E-05	0.164685
19690503	15.2	0	0	0	15.15	496	857088	1.96962E-05	0.161134
19690503	15.3	0	0	0	15.3	480	829440	1.90608E-05	0.15748
19690503	15.5	0	0	0	15.45	463	800064	1.83857E-05	0.153392
19690503	16	0	0	0	16	447	772416	1.77504E-05	0.153363
19690503	16.2	0	0	0	16.15	431	744768	1.7115E-05	0.14926
19690503	16.3	0	0	0	16.3	415	717120	1.64797E-05	0.145054
19690503	16.5	0	0	0	16.45	398	687744	1.58046E-05	0.140392
19690503	17	0	0	0	17	382	660096	1.51692E-05	0.139253



DAY	TIME	P(IN)	W.P	C.W.P	TIME(HRS)	Q(FT3/SEG)	Q(IN3/SEG)	Q/A (IN/SEG)	Q ( in )
19690503	17.2	0	0	0	17.15	372	642816	1.47721E-05	0.136805
19690503	17.3	0	0	0	17.3	362	625536	1.4375E-05	0.134291
19690503	17.5	0	0	0	17.45	352	608256	1.39779E-05	0.131714
19690503	18	0	0	0	18	342	590976	1.35808E-05	0.132006
19690503	18.2	0	0	0	18.15	332	573696	1.31837E-05	0.129214
19690503	18.3	0	0	0	18.3	322	556416	1.27866E-05	0.126357
19690503	18.5	0	0	0	18.45	312	539136	1.23895E-05	0.123437
19690503	19	0	0	0	19	302	521856	1.19924E-05	0.123042
19690503	19.2	0	0	0	19.15	292	504576	1.15953E-05	0.119907
19690503	19.3	0	0	0	19.3	282	487296	1.11982E-05	0.116708
19690503	19.5	0	0	0	19.45	272	470016	1.08011E-05	0.113444
19690503	20	0	0	0	20	262	452736	1.0404E-05	0.112363
19690503	20.2	0	0	0	20.15	256	442368	1.01658E-05	0.110614
19690503	20.3	0	0	0	20.3	251	433728	9.96721E-06	0.109261
19690503	20.5	0	0	0	20.45	245	423360	9.72895E-06	0.107437
19690503	21	0	0	0	21	240	414720	9.5304E-06	0.108075
19690503	21.2	0	0	0	21.15	234	404352	9.29214E-06	0.106126
19690503	21.3	0	0	0	21.3	228	393984	9.05388E-06	0.104138
19690503	21.5	0	0	0	21.45	223	385344	8.85533E-06	0.102571
19690503	22	0	0	0	22	217	374976	8.61707E-06	0.102371
19690503	22.2	0	0	0	22.15	211	364608	8.37881E-06	0.100219
19690503	22.3	0	0	0	22.3	206	355968	8.18026E-06	0.098507
19690503	22.5	0	0	0	22.45	200	345600	7.942E-06	0.096281
19690503	23	0	0	0	23	195	336960	7.74345E-06	0.096174
19690503	23.2	0	0	0	23.15	189	326592	7.50519E-06	0.093822
19690503	23.3	0	0	0	23.3	183	316224	7.26693E-06	
19690503	23.5	0	0	0	23.45	178	307584	7.06838E-06	0.089507
19690503	24	0	0	0	24	172	297216	6.83012E-06	0.088518

4.5

R.V.= 2E+11 in3

$T_t = L / 3600 V$  (segundos) [V = ft/s]

donde:

$T_t$  = tiempo de retención (hrs.)

L = longitud del flujo (ft)

V = velocidad promedio (ft/seg)

3600 = factor de conversión de segundos a horas.



La ecuación de la descarga METODO TR-55

Las fórmulas utilizadas en las hoja de cálculo fueron :

$$Q = (P - I_a)^2 / (P - I_a) + S$$

Donde :

Q = gasto ( in )

P = lluvia ( in )

S = potencial máximo de la retención del gasto cuando empieza ( in )

I<sub>a</sub> = abstracción inicial ( in )

S = ( 1000 / CN ) - 10

El Tiempo de recorrido es la relación de la longitud del gasto con su velocidad:

$$T_t = L / 3600 V \quad (\text{ecuación 3-1}) \quad [V = d / T]$$

donde :

T<sub>t</sub> = tiempo de recorrido (hrs. )

L = longitud del flujo (ft )

V = velocidad promedio ( ft/seg )

3600 = factor de conversión de segundos a horas.



La ecuación de la **descarga máxima** usada es:

$$q_p = q_u A_m Q F_p$$

**DATA**

TYPE =

donde :

COVER D =

GP =

R 12 in =

PAVED =

FLOW T. FE =

L =

Ar =

Pp =

PAVED =

L =

Ar =

Pp =

L =

Ar =

Pp =

L =

Ar =

Pp =

L =

Ar =

Pp =

L =

Ar =

Pp =

L =

Ar =

Pp =

L =

Ar =

Pp =

L =

Ar =

Pp =

L =

Ar =

Pp =

L =

Ar =

Pp =

L =

Ar =

Pp =

$q_p$  = descarga máxima (cfs) .

$q_u$  = unidad de descarga máxima por milla cuadrada por pulgada de gasto (csm / in) .

$A_m$  = área drenada ( mi<sup>2</sup> )

$F_p$  = factor de ajuste para estanques o pantanos .

Si el área pantanosa o estancada está distribuida por toda la cuenca y no se ha considerado en él calculo de  $T_c$  , se debe hacer un ajuste para el área estancada y pantanosa .

$Q$  = gasto ( in) .

DAY	TIME (hr)	P	CU	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>	Q <sub>4</sub>	Q <sub>5</sub>	Q <sub>6</sub>	Q <sub>7</sub>	Q <sub>8</sub>	Q <sub>9</sub>	Q <sub>10</sub>
13630221	0.15	0	80	2.5	0.125	0.5							
13630221	0.3	0	80	2.5	0.125	0.5							
13630221	0.45	0	80	2.5	0.125	0.5							
13630221	1	0	80	2.5	0.125	0.5							
13630221	1.15	0	80	2.5	0.125	0.5							
13630221	1.3	0	80	2.5	0.125	0.5							
13630221	1.45	0	80	2.5	0.125	0.5							
13630221	2	0	80	2.5	0.125	0.5							
13630221	2.15	0	80	2.5	0.125	0.5							
13630221	2.3	0	80	2.5	0.125	0.5							
13630221	2.45	0	80	2.5	0.125	0.5							
13630221	3	0	80	2.5	0.125	0.5							
13630221	3.15	0	80	2.5	0.125	0.5							
13630221	3.3	0	80	2.5	0.125	0.5							



## MÉTODO TR-55

GAGE # = 4800  
 WATERSHED AREA = 100% 1  
 WATERSHED AREA =  $4E+10 \text{ in}^2 = A_m = 9.963 \text{ mi}^2$   
 RAINFALL # 1 ( SMALL)

### DATA

TYPE = RAINFALL DISTRIBUTION TYPE= I  
 COVER.D = COVER DESCRIPTION ( COVER TYPE , TREATMENT , AND HIDROLOGIC CONDITION ) = R 1/2 ACRES  
 GP = HIDROLOGIC SOIL GROUP FOR UNITED STATES SOILS = D  
 R.1/2acres = RESIDENTIAL DISTRICTS BY AVERAGE LOT SIZE OF 1/2 acres  
 PAVED = SURFACE DESCRIPTION  
 FLOW TYPE= SHALLOW CONCENTRATED FLOW  
 L = LONGITUD DEL FLUJO = 59836 FT  
 A = CROSS SECTIONAL FLOW AREA = 221.31 FT<sup>2</sup>  
 Pw = WETTED PERIMETER = 232.144 FT  
 r = A/Pw = HYDRAULIC RADIUS= 0.95333  
 S = 0.005  
 L = 59836 FT  
 N = 0.05  
 V =  $((1.49 (( r ) \text{ EXP } 2/3 )) * ( S \text{ EXP } 1/2)) / N = 2.03 \text{ FT/S}$   
 Tt =  $L / ( 3600 * V ) = 8.188 \text{ hrs}$   
 FREQUENCY= 25 yr  
 Fp = pond and swamp adjustment factor = 0.87  
 Type II = rainfall type distribution

### SIGNATURES

CN = CURVE NUMBER FOR HYDORLOGIC SOIL GROUP  
 S = POTENCIAL MAXIMUM RETENTION AFTER RUNOFF BEGINS ( IN ) =  $( 1000/CN ) - 10$   
 Tt = TIEMPO DE CONCENTRACION  
 Ia = INITIAL ABSTRATION ( DEPENDS OF CN)  
 qu = unit peak discharge(exhibit 4-II )  
 qp = peak discharge=  $qu * A_m * Q * F_p$

DAY	TIME(hrs)	P (IN)	CN	S(in)	Q( in)	Ia	Ia/P	qu	qp
19690221	0.15	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690221	0.3	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690221	0.45	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690221	1	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690221	1.15	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690221	1.3	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690221	1.45	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690221	2	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690221	2.15	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690221	2.3	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690221	2.45	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690221	3	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690221	3.15	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690221	3.3	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----



DAY	TIME(hrs)	P (IN)	CN	S(in)	Q (in)	la	la/P	qu	qp
19690221	3.45	0	80	2.5	0.125	0.5	-----		
19690221	4	0	80	2.5	0.125	0.5	-----		
19690221	4.15	0	80	2.5	0.125	0.5	-----		
19690221	4.3	0	80	2.5	0.125	0.5	-----		
19690221	4.45	0	80	2.5	0.125	0.5	-----		
19690221	5	0.05	80	2.5	0.0988	0.5	10	50	42.81
19690221	5.15	0	80	2.5	0.125	0.5	-----		
19690221	5.3	0	80	2.5	0.125	0.5	-----		
19690221	5.45	0	80	2.5	0.125	0.5	-----		
19690221	6	0.05	80	2.5	0.0988	0.5	10	50	42.81
19690221	6.15	0	80	2.5	0.125	0.5	-----		
19690221	6.3	0	80	2.5	0.125	0.5	-----		
19690221	6.45	0	80	2.5	0.125	0.5	-----		
19690221	7	0	80	2.5	0.125	0.5	-----		
19690221	7.15	0	80	2.5	0.125	0.5	-----		
19690221	7.3	0	80	2.5	0.125	0.5	-----		
19690221	7.45	0	80	2.5	0.125	0.5	-----		
19690221	8	0	80	2.5	0.125	0.5	-----		
19690221	8.15	0	80	2.5	0.125	0.5	-----		
19690221	8.3	0	80	2.5	0.125	0.5	-----		
19690221	8.45	0	80	2.5	0.125	0.5	-----		
19690221	9	0.15	80	2.5	0.057	0.5	3.33333	50	24.69
19690221	9.15	0	80	2.5	0.125	0.5	-----		
19690221	9.3	0	80	2.5	0.125	0.5	-----		
19690221	9.45	0	80	2.5	0.125	0.5	-----		
19690221	10	0	80	2.5	0.125	0.5	-----		
19690221	10.15	0	80	2.5	0.125	0.5	-----		
19690221	10.3	0	80	2.5	0.125	0.5	-----		
19690221	10.45	0	80	2.5	0.125	0.5	-----		
19690221	11	0.05	80	2.5	0.0988	0.5	10	50	42.81
19690221	11.15	0	80	2.5	0.125	0.5	-----		
19690221	11.3	0	80	2.5	0.125	0.5	-----		
19690221	11.45	0	80	2.5	0.125	0.5	-----		
19690221	12	0.02	80	2.5	0.1141	0.5	25	50	49.43
19690221	12.15	0	80	2.5	0.125	0.5	-----		
19690221	12.3	0.13	80	2.5	0.0643	0.5	3.84615	50	27.86
19690221	12.45	0	80	2.5	0.125	0.5	-----		
19690221	13	0.05	80	2.5	0.0988	0.5	10	50	42.81
19690221	13.15	0	80	2.5	0.125	0.5	-----		
19690221	13.3	0	80	2.5	0.125	0.5	-----		
19690221	13.45	0	80	2.5	0.125	0.5	-----		
19690221	14	0.16	80	2.5	0.0535	0.5	3.125	50	23.19
19690221	14.15	0	80	2.5	0.125	0.5	-----		
19690221	14.3	0.52	80	2.5	0.0002	0.5	0.96154	53	0.073
19690221	14.45	0	80	2.5	0.125	0.5	-----		
19690221	15	0	80	2.5	0.125	0.5	-----		
19690221	15.15	0	80	2.5	0.125	0.5	-----		
19690221	15.3	0.17	80	2.5	0.0502	0.5	2.94118	50	21.75
19690221	15.45	0	80	2.5	0.125	0.5	-----		



DAY	TIME(hrs)	P (IN)	CN	S(in)	Q( in)	la	la/P	qu	qp
19690221	16	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690221	16.15	0.4	80	2.5	0.0042	0.5	1.25	51	1.842
19690221	16.3	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690221	16.45	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690221	17	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690221	17.15	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690221	17.3	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690221	17.45	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690221	18	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690221	18.15	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690221	18.3	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690221	18.45	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690221	19	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690221	19.15	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690221	19.3	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690221	19.45	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690221	20	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690221	20.15	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690221	20.3	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690221	20.45	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690221	21	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690221	21.15	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690221	21.3	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690221	21.45	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690221	22	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690221	22.15	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690221	22.3	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690221	22.45	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690221	23	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690221	23.15	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690221	23.3	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690221	23.45	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690221	24	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690221	3.15	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690221	3.3	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690221	3.45	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690221	4	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690221	4.15	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690221	4.3	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690221	4.45	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690221	5	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690221	5.15	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690221	5.3	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690221	5.45	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690221	6	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690221	6.15	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690221	6.3	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690221	6.45	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----



DAY TIME(hrs) P (IN) CN S(in) Q(in) la la/P qu qp  
 19690503 7 0 80 2.5 0.125 0.5  
 19690503 7.15 0 80 2.5 0.125 0.5  
 19690503 7.3 0 80 2.5 0.125 0.5  
 19690503 7.45 0 80 2.5 0.125 0.5  
 19690503 8 0 80 2.5 0.125 0.5  
 19690503 8.15 0 80 2.5 0.125 0.5  
 GAGE # = 4800  
 WATERSHED AREA = 45 100% 1  
 WATERSHED AREA = 4E+10 in2  
 RAINFALL # 2 ( biggest )  
**DATA**  
 19690503 9 0 80 2.5 0.125 0.5  
 19690503 9.45 0 80 2.5 0.125 0.5  
 19690503 10 0 80 2.5 0.125 0.5  
**SAME DATA**  
 19690503 10.3 0 80 2.5 0.125 0.5  
 19690503 10.45 0 80 2.5 0.125 0.5  
 19690503 11 0 80 2.5 0.125 0.5  
 19690503 11.15 1.15 80 2.5 0.125 0.5  
**SIGNATURES**  
 CN = CURVE NUMBER FOR HYDORLOGIC SOIL GROUP  
 S = POTENTIAL MAXIMUM RETENTION AFTER RUNOFF BI ( 1000/CN ) - 10

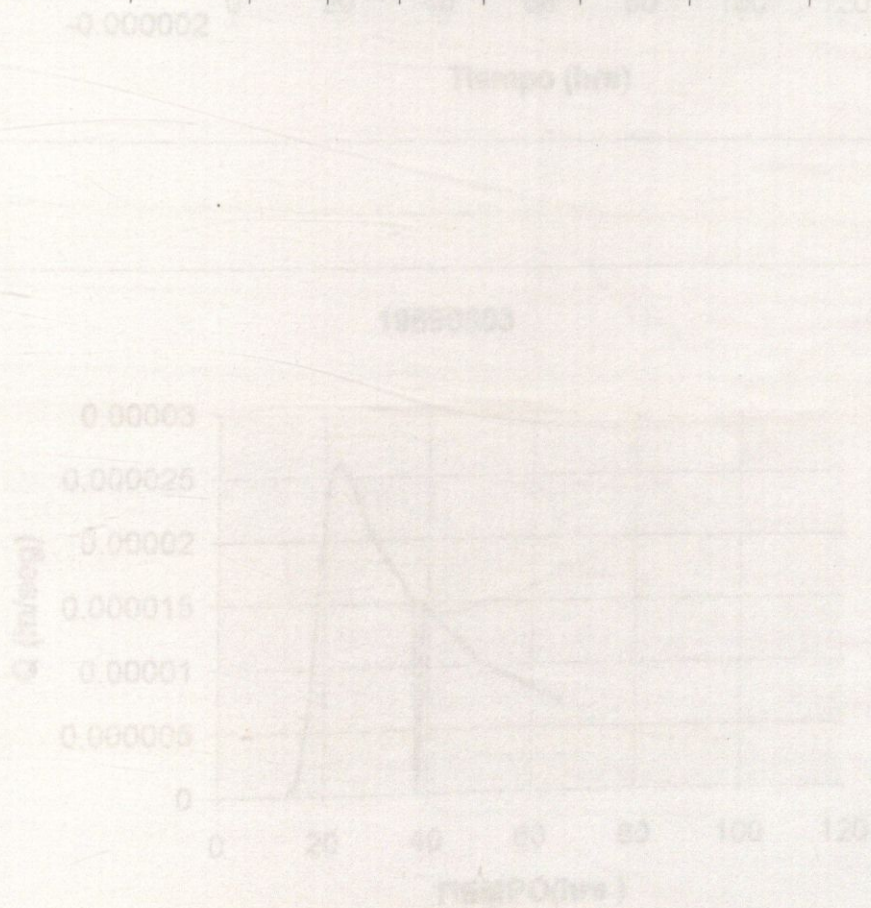
DAY	TIME(hrs)	P (IN)	CN	S(in)	Q(in)	la	la/P	qu	qp
19690503	0.15	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690503	0.3	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690503	0.45	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690503	1	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690503	1.15	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690503	1.3	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690503	1.45	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690503	2	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690503	2.15	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690503	2.3	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690503	2.45	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690503	3	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690503	3.15	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690503	3.3	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690503	3.45	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690503	4	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690503	4.15	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690503	4.3	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690503	4.45	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690503	5	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690503	5.15	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690503	5.3	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690503	5.45	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690503	6	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690503	6.15	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690503	6.3	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690503	6.45	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----



DAY	TIME(hrs)	P (IN)	CN	S(in)	Q (in)	la	la/P	qu	qp
19690503	7	0	80	2.5	0.125	0.5			
19690503	7.15	0	80	2.5	0.125	0.5			
19690503	7.3	0	80	2.5	0.125	0.5			
19690503	7.45	0	80	2.5	0.125	0.5			
19690503	8	0	80	2.5	0.125	0.5			
19690503	8.15	0	80	2.5	0.125	0.5			
19690503	8.3	0	80	2.5	0.125	0.5			
19690503	8.45	0	80	2.5	0.125	0.5			
19690503	9	0	80	2.5	0.125	0.5			
19690503	9.15	0	80	2.5	0.125	0.5			
19690503	9.3	0	80	2.5	0.125	0.5			
19690503	9.45	0	80	2.5	0.125	0.5			
19690503	10	0	80	2.5	0.125	0.5			
19690503	10.15	0	80	2.5	0.125	0.5			
19690503	10.3	0	80	2.5	0.125	0.5			
19690503	10.45	0	80	2.5	0.125	0.5			
19690503	11	0	80	2.5	0.125	0.5			
19690503	11.15	1.15	80	2.5	0.1341	0.5	0.43478	56	65.1
19690503	11.3	0.85	80	2.5	0.043	0.5	0.58824	55	20.49
19690503	11.45	1.1	80	2.5	0.1161	0.5	0.45455	56	56.37
19690503	12	0.8	80	2.5	0.0321	0.5	0.625	55	15.32
19690503	12.15	0.55	80	2.5	0.001	0.5	0.90909	53	0.45
19690503	12.3	0.03	80	2.5	0.1088	0.5	16.6667	50	47.16
19690503	12.45	0	80	2.5	0.125	0.5			
19690503	13	0.02	80	2.5	0.1141	0.5	25	50	49.43
19690503	13.15	0	80	2.5	0.125	0.5			
19690503	13.3	0	80	2.5	0.125	0.5			
19690503	13.45	0	80	2.5	0.125	0.5			
19690503	14	0	80	2.5	0.125	0.5			
19690503	14.15	0	80	2.5	0.125	0.5			
19690503	14.3	0	80	2.5	0.125	0.5			
19690503	14.45	0	80	2.5	0.125	0.5			
19690503	15	0	80	2.5	0.125	0.5			
19690503	15.15	0	80	2.5	0.125	0.5			
19690503	15.3	0	80	2.5	0.125	0.5			
19690503	15.45	0	80	2.5	0.125	0.5			
19690503	16	0	80	2.5	0.125	0.5			
19690503	16.15	0	80	2.5	0.125	0.5			
19690503	16.3	0	80	2.5	0.125	0.5			
19690503	16.45	0	80	2.5	0.125	0.5			
19690503	17	0	80	2.5	0.125	0.5			
19690503	17.15	0	80	2.5	0.125	0.5			
19690503	17.3	0	80	2.5	0.125	0.5			
19690503	17.45	0	80	2.5	0.125	0.5			
19690503	18	0	80	2.5	0.125	0.5			
19690503	18.15	0	80	2.5	0.125	0.5			
19690503	18.3	0	80	2.5	0.125	0.5			
19690503	18.45	0	80	2.5	0.125	0.5			
19690503	19	0	80	2.5	0.125	0.5			

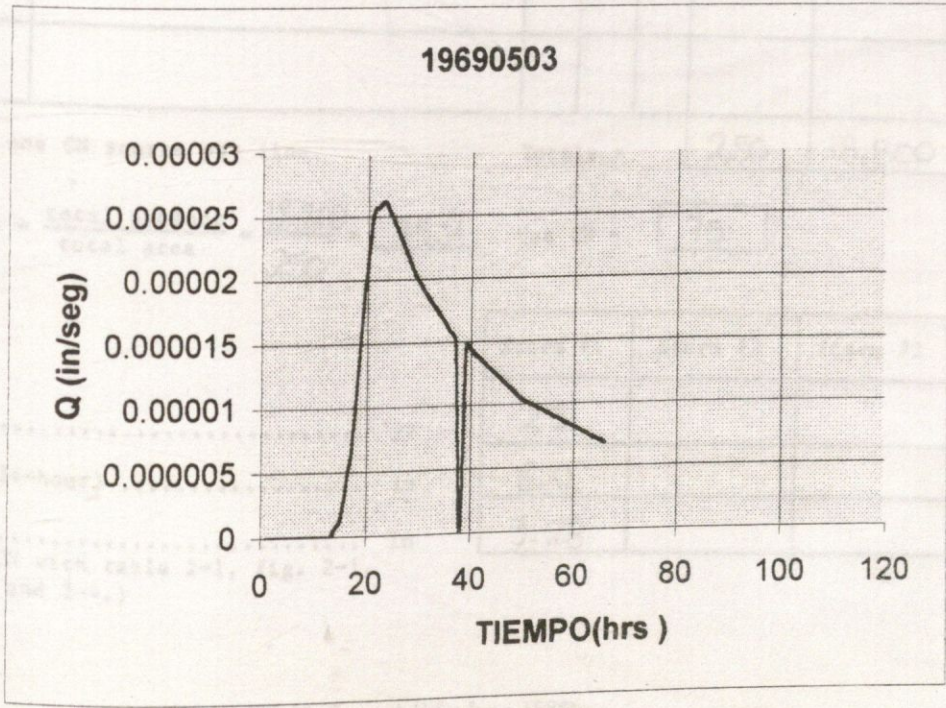
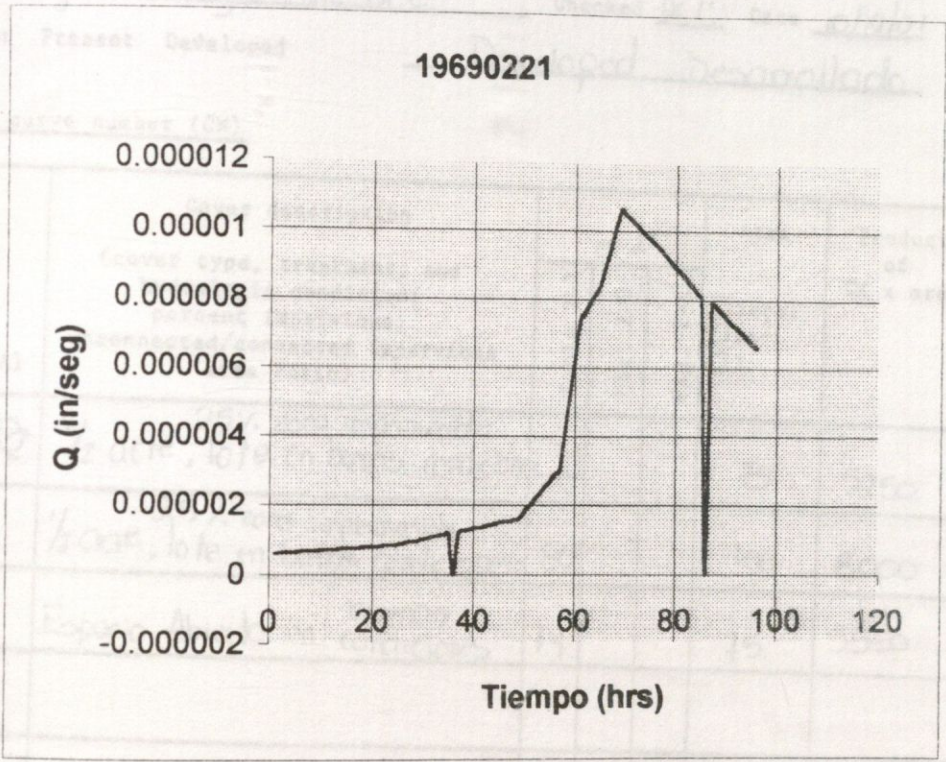


DAY	TIME(hrs)	P (IN)	CN	S(in)	Q( in)	la	la/P	qu	qp
19690503	19.15	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690503	19.3	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690503	19.45	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690503	20	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690503	20.15	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690503	20.3	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690503	20.45	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690503	21	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690503	21.15	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690503	21.3	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690503	21.45	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690503	22	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690503	22.15	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690503	22.3	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690503	22.45	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690503	23	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690503	23.15	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690503	23.3	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690503	23.45	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----
19690503	24	0	80	2.5	0.125	0.5	-----	-----	-----





**HIDROGRAMAS**





## Worksheet 2: Runoff curve number and runoff

Project Ejemplo 2: Estimación de Gash By B.G.A Date 10/10/01  
 Location Dyer County, Tennessee Checked D.C. Date 10/10/01  
 Circle one: Present Developed Developed ~~Desarrollado~~

### 1. Runoff curve number (CN)

Soil name and hydrologic group (appendix A)	Cover description (cover type, treatment, and hydrologic condition; percent impervious; unconnected/connected impervious area ratio)	CN <sup>1/</sup>			Area <input type="checkbox"/> acres <input type="checkbox"/> mi <sup>2</sup> <input type="checkbox"/> %	Product of CN x area
		Table 2-2	Fig. 2-3	Fig. 2-4		
Memphis B <sub>2</sub>	25% zona impermeable 1/2 acre, lote en buenas condiciones	70			75	5250
Loring C	25% zona impermeable 1/2 acre, lote en buenas condiciones	80			100	8000
Loring C	Espacio Abierto en buenas condiciones	74			75	5550
Totals =					250	18,800

<sup>1/</sup> Use only one CN source per line.

$$CN \text{ (weighted)} = \frac{\text{total product}}{\text{total area}} = \frac{18,800}{250} = 75.2; \text{ Use CN} = \boxed{75}$$

### 2. Runoff

Frequency ..... yr  
 Rainfall, P (24-hour) ..... in  
 Runoff, Q ..... in  
 (Use P and CN with table 2-1, fig. 2-1, or eqs. 2-3 and 2-4.)

	Storm #1	Storm #2	Storm #3
Frequency	25		
Rainfall, P	6.0		
Runoff, Q	3.28		











## Worksheet 2: Runoff curve number and runoff

Project Ejemplo 4: Estimación de Gasto By B.G.A Date 10/10/01

Location Dyer County, Tennessee Checked Dr. C Date 10/10/01

Circle one: Present Developed

Desarrollados

### 1. Runoff curve number (CN)

Soil name and hydrologic group (appendix A)	Cover description (cover type, treatment, and hydrologic condition; percent impervious; unconnected/connected impervious area ratio)	CN <sup>1/</sup>			Area <input type="checkbox"/> acres <input type="checkbox"/> mi <sup>2</sup> <input type="checkbox"/> *	Product of CN x area
		Table 2-2	Fig. 2-3	Fig. 2-4		
Mauphis B	25% área impermeable conectada 1/2 acre, lote en buenas condición	70			75	5250
Loring C	25% impermeable con 50% no conectada. 1/2 acre lote en buenas condiciones		78		100	7800
Loring C	Espacio abierto en buenas condiciones	74			75	5550
Totals =					250	18600

<sup>1/</sup> Use only one CN source per line.

$$CN \text{ (weighted)} = \frac{\text{total product}}{\text{total area}} = \frac{18600}{250} = 74.4$$

Use CN = 74

### 2. Runoff

Frequency ..... yr

Rainfall, P (24-hour) ..... in

Runoff, Q ..... in

(Use P and CN with table 2-1, fig. 2-1, or eqs. 2-3 and 2-4.)

Storm #1	Storm #2	Storm #3
25		
60		
3.19		



### Worksheet 3: Time of concentration ( $T_c$ ) or travel time ( $T_t$ )

Project Ejemplo 1: T<sub>c</sub> y T<sub>t</sub> By B.G.A Date 19/10/01

Location Dyer County, Tennessee Checked Dr.C Date 19/10/01

Circle one: Present  Developed

Circle one:  $T_c$    $T_t$  through subarea

Desarrollada's

$T_c$

NOTES: Space for as many as two segments per flow type can be used for each worksheet.

Include a map, schematic, or description of flow segments.

#### Sheet flow (Applicable to $T_c$ only)

	Segment ID	AB	
1. Surface description (table 3-1) .....		pasto des-50	
2. Manning's roughness coeff., n (table 3-1) ..		0.24	
3. Flow length, L (total L $\leq$ 300 ft) .....	ft	400	
4. Two-yr 24-hr rainfall, $P_2$ .....	in	3.6	
5. Land slope, s .....	ft/ft	0.01	
6. $T_c = \frac{0.007 (nL)^{0.8}}{P_2^{0.5} s^{0.4}}$ Compute $T_c$ .....	hr	0.30 +	0.30

#### Shallow concentrated flow

	Segment ID	BC	
7. Surface description (paved or unpaved) .....		No pavim. toda	
8. Flow length, L .....	ft	1400	
9. Watercourse slope, s .....	ft/ft	0.01	
10. Average velocity, V (figure 3-1) .....	ft/s	1.6	
11. $T_c = \frac{L}{3600 V}$ Compute $T_c$ .....	hr	0.24 +	0.24

#### Channel flow

	Segment ID	CD	
12. Cross sectional flow area, a .....	ft <sup>2</sup>	27	
13. Wetted perimeter, $P_w$ .....	ft	28.2	
14. Hydraulic radius, $r = \frac{a}{P_w}$ Compute r .....	ft	0.957	
15. Channel slope, s .....	ft/ft	0.005	
16. Manning's roughness coeff., n .....		0.05	
17. $v = \frac{1.49 r^{2/3} s^{1/2}}{n}$ Compute V .....	ft/s	2.05	
18. Flow length, L .....	ft	7300	
19. $T_c = \frac{L}{3600 V}$ Compute $T_c$ .....	hr	0.99 +	0.99
20. Watershed or subarea $T_c$ or $T_t$ (add $T_c$ in steps 6, 11, and 19) .....	hr		1.53



Project Metodo del  
Ejemplo 1 Hidrograma Tablar Location Dea County, Tennessee By B.G.A Date 25/10/01  
 Circle one: Present Developed Presentes Frequency (yr) 25 Checked P.A.C Date 25/10/01

Subarea name	Basic watershed data used 1/		Select and enter hydrograph times in hours from exhibit 5- 2/														
	Sub-area $T_c$ (hr)	$I_a/P$	$I_T$ to outlet (hr)	$A_m Q$ ( $m^2 \cdot in$ )	12.7	12.8	13.0	13.2	13.4	13.6	13.8	14.0	14.3	14.6	15.0	15.5	
				Discharges at selected hydrograph times 3/													
				-(cfs)-													
1	1.50	0.10	2.50	0.71	4	4	5	6	6	8	10	13	24	49	100	149	
2	1.25	0.10	2.50	0.56	3	4	4	6	7	8	11	16	32	64	110	127	
3	0.50	0.10	2.00	0.33	5	5	6	8	12	21	41	67	98	92	60	29	
4	0.75	0.10	2.00	0.70	8	9	11	14	20	34	62	106	172	192	149	81	
5	1.50	0.10	0.75	0.66	21	28	50	83	118	147	158	154	127	98	67	44	
6	1.50	0.10	0.75	1.12	36	47	85	140	200	249	269	261	216	166	114	75	
7	1.25	0	0	0.66	169	187	205	176	140	108	85	69	51	40	31	24	
Composite hydrograph at outlet				246	284	366	433	503	515	636	686	720	701	631	529		

1/ Worksheet 5a. Rounded as needed for use with exhibit 5.

2/ Enter rainfall distribution type used.

3/ Hydrograph discharge for selected times is  $A_m Q$  multiplied by tabular discharge from appropriate exhibit 5.



Worksheet 5a: Basic watershed data

Project Mapa 2 Hidrografia Tablora Location Pyer County, Tennessee By BGA Date 29/10/01  
 Circle one: Present Developed Frequency (yr) 25 Checked D.C. Date 30/10/01

Subarea name	Drainage area $A_m$ (mi <sup>2</sup> )	Time of concentration $T_c$ (hr)	Travel time through subarea $T_t$ (hr)	Downstream subarea names	Travel time summation to outlet $\Sigma T_t$ (hr)	24-hr Rain-fall $P$ (in)	Runoff curve number $CN$	Run-off $Q$ (in)	$A_m Q$ (mi <sup>2</sup> -in)	Initial abstrac-tion $I_a$ (in)	$I_a/P$
1	0.30	1.50	/	3,5,7	2.00	6.0	65	2.35	0.71	1.077	0.18
2	0.20	1.25	/	3,5,7	2.00	6.0	70	2.80	0.56	0.857	0.14
3	0.10	0.50	0.50	5,7	1.50	6.0	75	3.28	0.33	0.667	0.11
4	0.25	0.75	/	5,7	1.50	6.0	70	2.80	0.70	0.857	0.14
5	0.20	1.50	1.00	7	0.50	6.0	85	4.31	0.86	0.553	0.06
6	0.40	1.00	/	7	0.50	6.0	75	3.28	1.31	0.857	0.14
7	0.20	0.75	0.50	/	0	6.0	90	4.85	0.97	0.222	0.04

↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑  
From worksheet 3

↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑  
From worksheet 2

↑ ↑ ↑ ↑ ↑  
From table 5-1



Project Example 2: Hickman Tanks Method at Location Dixie Corby, Tennessee By B.G.A. Date 29/10/61  
 Circle one: Present Developed D. Arnold Frequency (yr) 25 Checked D.C. Date 30/10/61

Subarea name	Basic watershed data used 1/				Select and enter hydrograph times in hours from exhibit 5- 2/										3/		
	Sub-area T <sub>c</sub> (hr)	IT <sub>c</sub> to outlet (hr)	I <sub>a</sub> /P	A <sub>m</sub> Q <sub>m</sub> (mi <sup>2</sup> -in)	12.7	12.8	13.0	13.2	13.4	13.6	13.8	14.0	14.3	14.6		15.0	15.5
1	1.50	2.00	0.10	0.71	6	6	7	9	11	40	78	122	155	133	24	40	
2	1.25	2.00	0.10	0.56	6	6	7	9	12	55	96	132	132	87	33	55	
3	0.50	1.50	0.10	0.33	8	9	14	29	58	102	74	46	25	16	106	19	
4	0.75	1.50	0.10	0.70	13	14	19	32	65	207	193	143	83	46	169	114	
5	1.50	0.50	0.10	0.86	51	69	117	167	205	175	132	99	70	48	202	214	
6	1.00	0.50	0.10	1.31	149	208	331	407	473	195	134	97	69	53	255	319	
7	0.75	0.00	0.10	0.97	398	358	244	167	119	59	48	40	34	30	72	90	
Composite hydrograph at outlet					631	670	739	820	861	833	755	679	568	412	872	851	

1/ Worksheet 5a. Rounded as needed for use with exhibit 5.

2/ Enter rainfall distribution type used.

3/ Hydrograph discharge for selected times is A<sub>m</sub> multiplied by tabular discharge from appropriate exhibit 5.

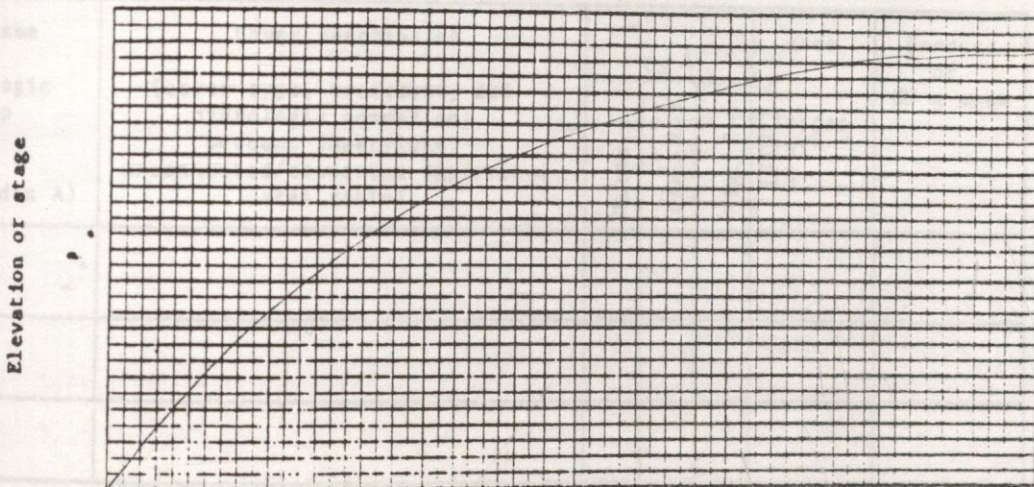


Worksheet 6a: Detention basin storage,  
peak outflow discharge ( $q_0$ ) known

Project Ejemplo 1: Volúmen Almacénado By B.G.A Date 13/11/01

Location Dyer County, Tennessee Checked D.C Date 15/11/01

Circle one: Present  Developed  Estructura Simple



Detention basin storage

- Data:  
Drainage area .....  $A_d = 0.117 \text{ mi}^2$   
Rainfall distribution  
type (I, IA, II, III) = IV
- Frequency ..... yr 25
- Peak inflow discharge,  $q_1$  .... cfs 360  
(From worksheet 4 or 5b)
- Peak outflow discharge,  $q_0$  .... cfs 180
- Compute  $\frac{q_0}{q_1}$  ..... 0.50
- $\frac{V_s}{V_r}$  ..... 0.26  
(Use  $\frac{q_0}{q_1}$  with figure 6-1)
- Runoff,  $Q$  ..... in 3.4  
(From worksheet 2)
- Runoff volume,  $V_r$  ..... ac-ft 21.2  
( $V_r = QA_d 53.33$ )
- Storage volume,  $V_s$  ..... ac-ft 5.9  
( $V_s = V_r \left(\frac{V_s}{V_r}\right)$ )
- Maximum stage,  $E_{\max}$  ..... 105.7  
(From plot)

1/ 2nd stage  $q_0$  includes 1st stage  $q_0$ .



## Worksheet 2: Runoff curve number and runoff

Project Example 1: Tc y Tr By B.G.A Date 12/10/01

Location Dyer County, Tennessee Checked D.R.C Date 12/10/01

Circle one: Present Developed Developed / Presente

### 1. Runoff curve number (CN)

Soil name and hydrologic group (appendix A)	Cover description (cover type, treatment, and hydrologic condition; percent impervious; unconnected/connected impervious area ratio)	CN <sup>1/</sup>			Area <input type="checkbox"/> acres <input type="checkbox"/> mi <sup>2</sup>	Product of CN x area
		Table 2-2	Fig. 2-3	Fig. 2-4		
Totals =						

<sup>1/</sup> Use only one CN source per line.

Totals =

CN (weighted) =  $\frac{\text{total product}}{\text{total area}}$  = \_\_\_\_\_ ;

Use CN =

### 2. Runoff

Frequency ..... yr

Rainfall, P (24-hour) ..... in

Runoff, Q ..... in

(Use P and CN with table 2-1, fig. 2-1, or eqs. 2-3 and 2-4.)

Storm #1	Storm #2	Storm #3



### Worksheet 3: Time of concentration ( $T_c$ ) or travel time ( $T_t$ )

Project \_\_\_\_\_ By \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_

Location \_\_\_\_\_ Checked \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_

Circle one: Present    Developed \_\_\_\_\_

Circle one:  $T_c$      $T_t$  through subarea \_\_\_\_\_

NOTES: Space for as many as two segments per flow type can be used for each worksheet.

Include a map, schematic, or description of flow segments.

<u>Sheet flow</u> (Applicable to $T_c$ only)	Segment ID			
1. Surface description (table 3-1) .....				
2. Manning's roughness coeff., n (table 3-1) ..				
3. Flow length, L (total L $\leq$ 300 ft) .....	ft			
4. Two-yr 24-hr rainfall, $P_2$ .....	in			
5. Land slope, s .....	ft/ft			
6. $T_c = \frac{0.007 (nL)^{0.8}}{P_2^{0.5} s^{0.4}}$ Compute $T_c$ .....	hr		+	
<u>Shallow concentrated flow</u>	Segment ID			
7. Surface description (paved or unpaved) .....				
8. Flow length, L .....	ft			
9. Watercourse slope, s .....	ft/ft			
10. Average velocity, V (figure 3-1) .....	ft/s			
11. $T_c = \frac{L}{3600 V}$ Compute $T_c$ .....	hr		+	
<u>Channel flow</u>	Segment ID			
12. Cross sectional flow area, a .....	ft <sup>2</sup>			
13. Wetted perimeter, $p_w$ .....	ft			
14. Hydraulic radius, $r = \frac{a}{p_w}$ Compute r .....	ft			
15. Channel slope, s .....	ft/ft			
16. Manning's roughness coeff., n .....				
17. $v = \frac{1.49 r^{2/3} s^{1/2}}{n}$ Compute V .....	ft/s			
18. Flow length, L .....	ft			
19. $T_c = \frac{L}{3600 V}$ Compute $T_c$ .....	hr		+	
20. Watershed or subarea $T_c$ or $T_t$ (add $T_c$ in steps 6, 11, and 19) .....	hr			









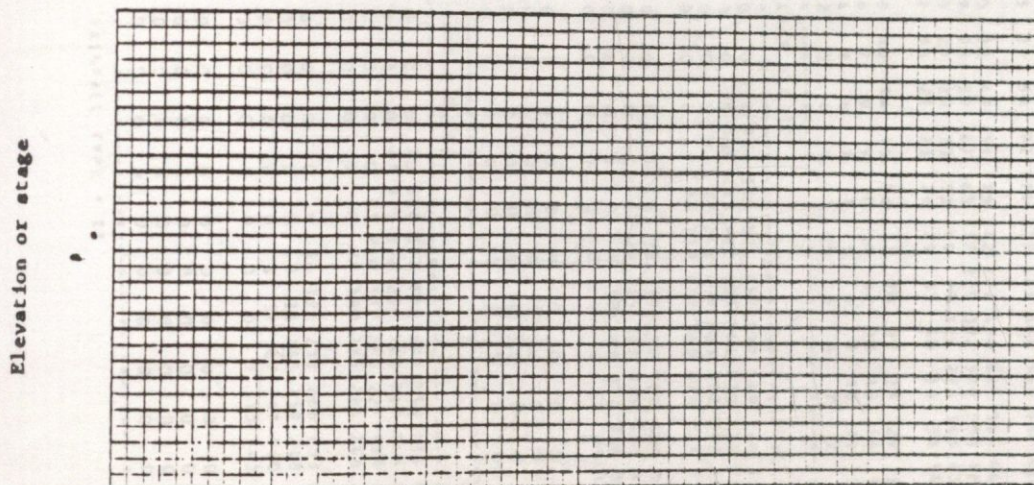


Worksheet 6a: Detention basin storage,  
peak outflow discharge ( $q_0$ ) known

Project \_\_\_\_\_ By \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_

Location \_\_\_\_\_ Checked \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_

Circle one: Present \_\_\_\_\_ Developed \_\_\_\_\_



Detention basin storage

1. Data:

Drainage area .....  $A_d =$  \_\_\_\_\_  $mi^2$   
Rainfall distribution  
type (I, IA, II, III) = \_\_\_\_\_

1st stage	2nd stage
--------------	--------------

2. Frequency ..... yr

3. Peak inflow discharge,  $q_1$  .... cfs   
(From worksheet 4 or 5b)

4. Peak outflow discharge,  $q_0$  .... cfs

5. Compute  $\frac{q_0}{q_1}$  .....

6.  $\frac{V_s}{V_r}$  .....   
(Use  $\frac{q_0}{q_1}$  with figure 6-1)

7. Runoff,  $Q$  ..... in   
(From worksheet 2)

8. Runoff volume,  $V_r$  ..... ac-ft   
( $V_r = QA_m 53.33$ )

9. Storage volume,  $V_s$  ..... ac-ft   
( $V_s = V_r (\frac{V_s}{V_r})$ )

10. Maximum stage,  $E_{max}$    
(From plot)

<sup>1/</sup> 2nd stage  $q_0$  includes 1st stage  $q_0$ .



Exhibit 5-II: Tabular hydrograph unit discharges (csm/in) for type II rainfall distribution

TIME	11.3	11.9	12.0	12.1	12.2	12.3	12.4	12.5	12.6	12.7	12.8	13.0	13.2	13.4	13.6	14.0	14.3	14.6	15.0	16.0	17.0	18.0	20.0	26.0
HA111.0	11.6	11.9	12.0	12.1	12.2	12.3	12.4	12.5	12.6	12.7	12.8	13.0	13.2	13.4	13.6	14.0	14.3	14.6	15.0	16.0	17.0	18.0	20.0	26.0
HYDROGRAPH TIME (HOURS)																								
I.A.P. = 0.10																								
1.0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1.5	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
2.0	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
2.5	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
3.0	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
4.0	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
5.0	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
7.5	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
10.0	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
15.0	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
20.0	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
30.0	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
40.0	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64
50.0	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
75.0	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79
100.0	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85
150.0	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
200.0	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104
300.0	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114
400.0	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124
500.0	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134
750.0	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146
1000.0	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156
1500.0	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168
2000.0	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178
3000.0	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188
4000.0	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198
5000.0	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208
7500.0	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224
10000.0	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234
15000.0	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246
20000.0	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256
30000.0	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266
40000.0	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276
50000.0	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286
75000.0	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296
100000.0	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306
150000.0	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316
200000.0	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326
300000.0	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336
400000.0	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346
500000.0	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356
750000.0	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366
1000000.0	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376
1500000.0	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386
2000000.0	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396
3000000.0	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405	406
4000000.0	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416
5000000.0	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426
7500000.0	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436
10000000.0	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446
15000000.0	433	434	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	4			











Exhibit 5-II, continued: Tabular hydrograph unit discharges (csm/in) for type II rainfall distribution

(210-VI-TR-55, Second Ed., June 1986)

TIME (HR)	HYDROGRAPH TIME (HOURS)																												
	11.0	11.3	11.6	11.9	12.0	12.1	12.2	12.3	12.4	12.5	12.6	12.7	12.8	13.0	13.2	13.4	13.6	14.0	14.3	14.6	15.0	15.5	16.0	16.5	17.0	17.5	18.0	20.0	26.0
0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

RAINFALL TYPE = II

TC = 0.4 HR

SHEET 4 OF 10



Exhibit 5-II, continued: Tabular hydrograph unit discharges (csm/in) for type II rainfall distribution

HYDROGRAPH TIME (HOURS)	RAINFALL TYPE * II																							
	11.3	11.6	12.0	12.1	12.2	12.3	12.4	12.5	12.6	12.7	12.8	13.0	13.2	13.4	13.6	14.0	14.3	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0	26.0
1.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
42.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
46.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
47.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
48.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
53.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
54.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
55.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
56.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
57.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
58.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
59.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



Exhibit 5-II, continued: Tabular hydrograph unit discharges (csm/in) for type II rainfall distribution

TRVL TIME (HR)	HYDROGRAPH TIME (HOURS)																															
	11.3	11.6	11.9	12.0	12.1	12.2	12.3	12.4	12.5	12.6	12.7	12.8	13.0	13.2	13.4	13.6	13.8	14.0	14.3	14.6	15.0	15.5	16.0	16.5	17.0	17.5	18.0	20.0	26.0			
0.0	13	12	24	36	46	68	115	194	294	380	424	410	369	252	172	123	93	74	61	49	41	35	31	27	24	22	20	19	17	15	12	0
1.0	13	17	25	34	42	59	97	162	230	337	395	405	381	279	191	135	100	79	65	51	42	36	31	28	25	22	21	19	17	15	12	0
2.0	11	15	20	28	32	42	62	135	211	295	362	391	351	255	178	127	95	75	57	46	38	32	29	26	23	21	20	17	15	12	0	
3.0	11	14	19	26	30	36	47	70	113	179	256	326	379	360	277	196	140	103	80	60	48	38	33	29	26	23	21	20	18	15	12	0
4.0	10	12	16	22	25	28	33	42	67	96	151	221	291	367	356	255	182	131	98	69	54	42	34	30	27	24	22	20	18	16	12	0
5.0	9	12	15	21	24	27	31	39	53	82	126	190	258	358	345	274	200	144	104	74	56	43	35	30	27	24	22	20	18	16	12	0
6.0	8	10	13	17	18	21	23	26	31	39	55	82	122	230	314	329	281	217	161	104	72	51	38	33	29	26	23	21	19	16	12	1
7.0	6	8	10	13	14	15	17	19	21	23	27	32	42	59	177	272	319	303	249	163	103	66	45	36	31	27	24	22	19	17	13	3
8.0	4	4	7	9	10	10	11	12	14	15	16	18	20	27	46	90	163	241	295	275	204	119	66	45	35	31	27	24	20	18	13	7
9.0	3	4	5	6	7	7	8	9	9	10	11	12	13	16	20	28	48	89	151	245	274	213	115	65	44	35	30	27	22	19	14	10
10.0	1	2	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	10	12	14	17	24	37	86	170	260	219	127	71	47	36	31	24	20	16	11
11.0	1	1	2	3	3	3	3	4	4	5	5	5	6	7	8	10	11	14	17	30	64	157	267	205	122	70	46	36	27	22	17	12
12.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
42.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
46.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
47.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
48.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
53.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
54.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
55.0	0	0	0</																													



Exhibit 5-II, continued: Tabular hydrograph unit discharges (csm/in) for type II rainfall distribution

TIME (HR)	HYDROGRAPH TIME (HOURS)																													
	11.3	11.6	11.9	12.0	12.1	12.2	12.3	12.4	12.5	12.6	12.7	12.8	13.0	13.2	13.4	13.6	13.8	14.0	14.3	14.5	14.6	15.0	15.5	16.0	16.5	17.0	17.5	18.0	20.0	24.0
0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



Exhibit 5-II, continued: Tabular hydrograph unit discharges (csm/in) for type II rainfall distribution

TRVL TIME (HR)	HYDROGRAPH TIME (HOURS)																																
	11.0	11.5	11.6	11.9	12.0	12.1	12.2	12.3	12.4	12.5	12.6	12.7	12.8	13.0	13.2	13.4	13.6	14.0	14.3	14.6	15.0	15.5	16.0	16.5	17.0	17.5	18.0	20.0	24.0				
0.0	10	13	18	25	29	38	54	81	118	143	213	256	284	311	266	212	143	129	104	78	41	47	37	31	27	24	22	20	18	16	12	1	
1.0	10	13	17	23	27	34	47	69	102	143	189	234	267	274	226	175	138	111	82	46	48	38	31	27	24	22	20	18	16	12	1		
2.0	9	11	15	20	22	26	31	42	48	124	146	212	280	292	241	212	144	131	95	72	53	40	33	28	25	23	21	18	16	12	1		
3.0	8	11	14	19	21	24	29	38	53	76	108	148	190	243	288	268	224	177	140	101	76	55	41	34	29	25	23	21	18	16	12	2	
4.0	8	10	13	18	20	23	27	34	46	66	94	130	170	245	282	273	235	188	149	107	80	58	42	34	29	26	25	21	19	16	12	2	
5.0	7	9	12	16	17	19	22	25	31	41	58	82	114	190	256	279	262	222	178	127	93	65	46	36	31	27	24	22	19	17	13	2	
6.0	6	8	10	14	15	17	19	21	25	31	41	56	78	139	207	254	265	245	208	152	110	75	51	39	32	28	25	22	19	17	13	3	
7.0	5	6	8	10	10	11	13	14	15	17	19	22	26	33	40	109	173	230	241	255	208	153	100	64	46	36	30	26	24	20	18	13	5
8.0	3	4	5	7	7	8	9	9	10	11	12	13	15	19	27	45	79	130	186	247	239	180	108	68	48	37	31	27	22	19	14	10	10
9.0	2	3	4	5	5	6	7	7	8	9	10	11	13	16	22	35	59	98	171	236	236	156	95	62	44	35	30	25	20	15	11	11	11
10.0	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	8	10	12	14	19	28	58	114	197	226	165	102	65	46	36	26	21	16	11	11	11
11.0	0	1	1	2	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	6	7	9	10	13	19	35	88	184	218	169	109	70	49	31	24	18	12	12
IA/P = 0.10																																	
* * * TC = 1.25 HR * * *																																	
IA/P = 0.30																																	
* * * TC = 1.25 HR * * *																																	
0.0	0	0	0	0	0	2	9	25	50	86	130	174	208	253	235	201	164	136	115	92	76	61	51	46	39	35	32	30	27	24	19	1	
1.0	0	0	0	0	0	1	4	19	40	71	110	153	217	247	227	191	157	131	103	86	66	53	46	41	36	33	31	28	24	19	2		
2.0	0	0	0	0	0	1	4	14	31	58	93	133	202	239	231	199	165	136	108	87	68	55	47	41	37	33	31	28	25	19	2		
3.0	0	0	0	0	0	0	1	3	10	24	46	77	152	210	236	222	190	158	122	97	74	58	49	43	38	34	32	29	25	20	3		
4.0	0	0	0	0	0	0	0	2	8	19	37	64	134	196	232	225	198	166	127	101	77	59	50	43	38	35	32	28	25	20	3		
5.0	0	0	0	0	0	0	0	2	14	30	50	82	151	206	228	217	189	146	113	85	64	52	45	40	36	33	29	26	20	5	5		
6.0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	7	15	49	105	166	205	218	205	166	129	95	69	55	47	41	37	33	31	28	25	20	6		
7.0	0	0	0	0	0	0	0	1	9	32	77	134	185	214	203	166	120	83	63	52	45	39	35	30	27	24	21	18	10	10	10		
8.0	0	0	0	0	0	0	0	2	11	33	72	121	184	203	171	117	82	62	51	44	39	32	29	27	24	21	18	15	15	15	15		
9.0	0	0	0	0	0	0	0	1	7	21	67	132	194	174	123	86	64	52	45	37	33	29	26	23	20	18	16	14	12	10	18	18	
10.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	18	
IA/P = 0.50																																	
* * * TC = 1.25 HR * * *																																	
0.0	0	0	0	0	0	1	5	13	26	44	68	91	125	142	142	128	117	107	94	81	72	63	57	52	47	44	42	38	34	28	2		
1.0	0	0	0	0	0	0	0	3	10	20	36	57	100	129	140	136	125	114	100	88	76	65	59	54	49	45	43	39	35	29	3		
2.0	0	0	0	0	0	0	0	2	7	16	30	48	90	122	139	139	127	117	102	90	77	66	60	54	49	45	43	39	35	29	3		
3.0	0	0	0	0	0	0	0	2	5	12	24	59	98	126	137	134	125	109	96	82	69	61	56	51	46	44	40	36	32	29	4		
4.0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	10	19	31	89	119	134	136	127	112	98	83	70	62	56	51	47	44	40	36	32	29	5		
5.0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	7	15	43	79	112	131	135	129	114	100	85	71	63	57	52	47	44	40	36	32	29	6		
6.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6		
7.0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	15	39	71	102	121	130	125	112	94	78	67	60	54	49	46	41	37	32	29	27	23	19	19	
8.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	13	
9.0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	17	40	71	101	121	129	121	105	84	71	62	56	51	47	42	38	34	30	27	23	19	15	15	
10.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	13	
IA/P = 0.50																																	
* * * TC = 1.25 HR * * *																																	
0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RAINFALL TYPE = II																																	
* * * TC = 1.25 HR * * *																																	
SHEET 8 OF 10																																	











## El método TR-55 **COMPARATIVA**

El método tradicional nos da resultados menos exactos que el método TR-55, ya que este método fué calculado con el método de polígonos de Thiessen y cual no toma en cuenta muchas variables como son :

- Cuando las áreas no son tan planas, el método tradicional no nos da datos exactos
- No considera ninguna característica orográfica .
- No considera el tipo de suelo que tiene el terreno .
- No toma en cuenta la abstracción inicial que puede tener el suelo.
- Tampoco toma en cuenta las lagunas o pantanos que modifican los datos obtenidos .

La medición del gasto no es tan exacta con el método tradicional , ya que en hay muchos factores que pueden influir al hacer las lectura manuales a falta de la tecnología que existe ahora como el satélite .

Los únicos datos que se podían obtener con el método tradicional son la precipitación y el gasto. Por medio de la precipitación se puede obtener el volumen de la lluvia . No podemos conocer el tiempo de recorrido ni el tiempo de concentración , ya que es imposible con este método conocer la velocidad del flujo . Con el método tradicional no se puede conocer la descarga máxima ,ya que no podemos conocer la unidad de descarga máxima .



El método TR-55 nos da datos información mucho más exacta ya que considera muchas variables que el método tradicional no toma en cuenta , entre las cuales están :

- El tipo de suelo del terreno que tiene la cuenca , así como el tipo de superficie que tiene , la condición hidrológica en la que se encuentra .
- Toma en cuenta la zona en donde se encuentra la cuenca.
- Considera si la cuenca cuenta con un drenaje o no , es decir , si esta conectada o desconectada al drenaje .
- La permeabilidad del suelo tiene gran importancia para este método, así como la abstracción inicial que pudiese tener el suelo .
- La pendiente que tiene el suelo , la rugosidad del suelo y el tipo de flujo que se presenta ( laminar , poco profundo o canal ) son tomados en cuenta .
- Aplica un factor de ajuste para complementar las posibles laguna o pantanos que puedan estar dentro de la cuenca .

Con el método TR-55 obtenemos el gasto , el tiempo de recorrido , el tiempo de concentración y la descarga máxima .

En nuestra cuenca no se fue necesario calcular el volumen de almacenaje , ya que la capacidad de la cuenca es suficiente para el flujo actual que capta la misma.



## CONCLUSIONES

El método TR-55 presenta muchas ventajas sobre el método tradicional, aunque también tiene limitaciones. El método TR-55 está basado para flujo abierto, no confinado sobre el terreno o sobre canales. No es aplicable para...

# CONCLUSIONES

El tiempo de duración del evento no es tomado en cuenta, por lo que el este es de larga duración, los datos del tiempo de recambio pueden ser no muy exactos. Cuando se utilizan los datos suministrados los valores que se tenían, ARC... el valor obtenido del gasto... la intensidad...



Se concluye... las condiciones... tiempo... El uso... causar...

El tipo de suelo que se está considerando, juega un papel muy importante para la estimación... las áreas urbanas están solo parcialmente cubiertas por impermeables.



## CONCLUSIONES

El método TR-55 presenta muchas ventajas sobre el método tradicional , aunque también tiene limitaciones .El método TR-55 está basado para flujo abiertos , no confinados sobre el terreno o sobre canales . No es aplicable para cualquier tipo de terreno .

El tiempo de duración del evento no es tomado en cuenta , por lo que si éste es de larga duración , las datos del tiempo de recorrido pueden ser no muy exactos . Cuando la intensidad de la lluvia sobrepasa los valores que se tenían , ARC( Antecedent Runoff Condition ) , la exactitud del valor obtenido del gasto puede disminuir , ya que la ecuación del mismo no considera la intensidad de la lluvia ni su duración .

Se consideró que la cuenca era hidrológicamente homogénea, dadas las condiciones actuales del terreno , lo cual puede cambiar con el transcurso del tiempo .

El uso de las gráficas puede producir que los datos no sean muy exacto y causar alteración en los resultados .

El tipo de suelo que se está considerando , juega un papel muy importante para la estimación del gasto , ya que muchas de las áreas urbanas están solo parcialmente cubiertas por superficie impermeable .



Cualquier tipo de trastorno en el perfil del suelo puede causar cambios significantes en las características de la infiltración .

Se debe tener presente que las suposiciones que se tomaron en cuenta (depresiones en la superficie , infiltración inicial , evapotranspiración, etc.) para obtener la abstracción inicial , son de gran importancia ya que pueden representar pérdidas que no se han considerado .

En las cuencas que cuentan con atarjeas , es importante identificar el apropiado tipo de flujo a utilizar para poder estimar el tiempo de recorrido . Generalmente las alcantarillas manejan una pequeña porción en un evento largo , el resto del flujo viaja por las calles , los pastos , etc.

El método TR-55 puede ser usado para determinar la descarga aguas arriba de la atarjea detallando los procedimientos de ruta de almacenaje del flujo .







# BIBLIOGRAFÍA

New York, N.Y. Journal of irrigation and drainage engineering, 112 38-53

Frederick R.H. ...  
Fire to 60 min ...

States 1987

Silver Spring

National Co

Pg 36

Hershfield, D.

Rainfall frequen

hours and return

Washington, D.C. U.S. Department Pg. 115





## BIBLIOGRAFÍA

Engarnan, E.T.

Roughness coefficient for routing surface runoff 1996

New York, N.Y Journal Of irrigation and drainage engineering. 112 39-53

Frederick R.H. , V.A- Myers and E.T. Auciello

Fire to 60 minute Precipitation frequency for the Eastern and Central United States 1987

Silver Spring

National Oceanic and Atmospheric Administration

Pg.36

Hershfield , D. M

Rainfall frequency atlas of United States for duration from 30 minutes to 24 hours and return period from 1 to 100 years 1991

Washington, D.C U.S Department Pg. 115



Linsley . R.K, M.A Keller and J.L Paulhill

" Hydrology for Engineers "

1992

New York , N.Y

Mac. Graw Hill

Pg. 484

M. Urgrave , G.W.

" How much of the rain enters the soil "

1994

Washington D.C

Dyerbook agriculture

Pg. 151-159

Chow V.T

" Open channel hydraulic "

New York , N.Y

Pg. 119-123