



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**MODELO LLUVIA - ESCURRIMIENTO  
PARA LA CUENCA DEL RÍO MIXCOAC**

**T E S I S**

Que para obtener el título de:

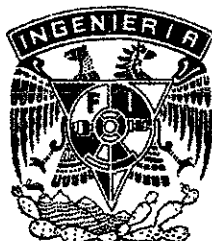
**INGENIERO CIVIL**

Presenta:

**GABRIELA ESQUIVEL GARDUÑO**

DIRECTOR DE TESIS

**Dr. RAMÓN DOMÍNGUEZ MORA**



MÉXICO, D.F.

2000

284516



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

SECRETARÍA GENERAL  
DIRECCIÓN GENERAL DE ADMON. ESCOLAR  
SUBDIRECCIÓN DE CONTROL DOCUMENTAL  
DEPARTAMENTO DE REVISIÓN DE ESTUDIOS  
OFICINA DE REVISIÓN DE ESTUDIOS  
PROFESIONALES Y DE POSGRADO

FACULTAD DE INGENIERIA  
ING. PABLO GARCIA Y COLOME  
Jefe de la unidad académica  
Presente.

Hago de su conocimiento que con fecha 26 de septiembre del 2000 se realizó la revisión documental del expediente escolar del alumno que se menciona a continuación, por lo cual ruego a usted programe el examen profesional, una vez cubiertos la totalidad de los requisitos académicos:

Alumno: **ESQUIVEL \*GARDU&O\*GABRIELA**  
Número de cuenta: **0-9138951 -6**  
Nacionalidad: **Mexicana**  
Carrera: **INGENIERIA CIVIL**

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

A t e n t a m e n t e  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"

José Luis Vázquez Rodríguez  
Jefe de la Oficina de Revisiones

Lic. Hilda Laura Castillo Díaz  
Jefe del Departamento de Revisión

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco profundamente al **Dr. Ramón Domínguez** por su valiosa ayuda, paciencia y tiempo dedicado a este trabajo.

Mi especial agradecimiento al **M.I. Baldemar Méndez** por su orientación y ayuda en la realización de este trabajo y en los últimos años de mi carrera.

Al **M.I. Víctor Franco** por la oportunidad que me brindo de trabajar en este proyecto y por su asesoría.

**A mis Padres**

**A Rafael**

**A mi abuelita Margarita**

**A mis hermanos: Lucía, Angélica, Alejandro y Lupita**

**A mis sobrinos: Paco, Jorge, Mariana (La princesa),  
Diego y Emmanuel**

**A la Sra. Eva y Sr. Rafael**

**A mis amigos**

**GRACIAS POR CREER EN MÍ.**

**A MIS PADRES**  
Sra. Guadalupe Garduño  
Ing. Alejandro Esquivel

**A MI ESPOSO RAFAEL**

## INDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO LLUVIA-ESCURRIMIENTO</b>	
<b>1.1 Proceso lluvia-escorrimento</b>	<b>3</b>
<b>1.2 Características fisiográficas relevantes</b>	<b>4</b>
<b>1.3 Concepto de sistema</b>	<b>5</b>
<b>1.4 Concepto de modelo</b>	<b>6</b>
<b>1.4.1 Clasificación de los modelos</b>	<b>6</b>
<b>1.4.2 Clasificación de los modelos matemáticos</b>	<b>7</b>
<b>1.4.3 Modelos de parámetros concentrados y de parámetros                 Distribuidos</b>	<b>8</b>
<b>2. INFORMACIÓN DE ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS E HIDROMÉTRICAS</b>	
<b>2.1 Características generales</b>	<b>11</b>
<b>2.2 Registros de lluvia</b>	<b>28</b>
<b>2.3 Registros de escurrimento</b>	<b>30</b>
<b>2.4 Selección de las fechas de estudio para la cuenca del río Mixcoac</b>	<b>31</b>
<b>3. CARACTERÍSTICAS FISIOLGRÁFICAS DE LA CUENCA DEL RÍO MIXCOAC</b>	
<b>3.1 Área de la cuenca</b>	<b>32</b>

3.2	Longitud del cauce principal	33
3.3	Pendiente del cauce principal	34
3.4	Cobertura vegetal	38
3.5	Geología	41
3.6	Edafología	43
<b>4. CÁLCULO DE LOS ESCURRIMIENTOS Y PRECIPITACIONES EFECTIVAS EN LA CUENCA DEL RÍO MIXCOAC</b>		
4.1	Determinación de los gastos en la cuenca del río Mixcoac	45
4.1.1	Estimación del gasto en la sección central del vertedor	49
4.1.2	Estimación del gasto en la sección compuesta del vertedor	51
4.1.3	Cálculo del escurrimiento directo	67
4.2	Cálculo de la precipitación media	75
4.2.1	Método de los polígonos de Thiessen	76
4.2.2	Método de las isoyetas	79
4.2.3	Curva masa media ajustada	88
4.2.4	Hietogramas de precipitación	96
4.3	Obtención de la precipitación efectiva	100
4.3.1	Determinación del índice de infiltración	101
4.3.2	Estimación del coeficiente de escurrimiento	102
4.3.3	Hietogramas de precipitación efectiva	103
<b>5. MODELOS LLUVIA-ESCURRIMIENTO</b>		
5.1	Hidrograma Unitario Tradicional	115
5.2	Hidrograma Unitario Instantáneo	117
5.3	Resultados para la cuenca del río Mixcoac	120

<b>6. CONCLUSIONES</b>	<b>133</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>135</b>
<b>ANEXO 1</b>	<b>137</b>
<b>ANEXO 2</b>	<b>149</b>



## INTRODUCCIÓN

De los fenómenos naturales que periódicamente afectan nuestro país, los de origen hidrométrico son frecuentemente los que más daños causan al originar inundaciones de diversas magnitudes y duración. La orografía tan escabrosa de la República Mexicana ocasiona que la lluvia produzca escurrimientos importantes en un lapso muy corto de tiempo y por lo tanto ocasione graves daños materiales y humanos en la población. Dentro de la cuenca del Valle de México una de las zonas donde más se presenta este fenómeno es en el lado poniente del Distrito Federal y específicamente en la cuenca del río Mixcoac, donde se ha llegado a tener pérdidas de vidas humanas. Esto hizo necesario realizar un estudio hidrológico que permitiera entender el comportamiento de la cuenca y de esta manera predecir de forma aceptable los escurrimientos, a partir de datos de lluvia, para estar prevenidos ante la presencia de tormentas severas.

El objetivo de este trabajo es obtener un modelo de pronóstico lluvia-escurrimiento para la cuenca del río Mixcoac, a partir de los datos de lluvia de los pluviógrafos localizados en la cuenca.

Es importante destacar que este estudio servirá de base a un estudio posterior que se hará con la información de lluvia que estima el radar meteorológico del cerro La Catedral, por lo que el modelo lluvia-escurrimiento de parámetros concentrados obtenido en este estudio, no sólo servirá como una buena base del conocimiento y predicción del escurrimiento en esta cuenca, sino que servirá también para comprobar la bondad de los resultados que se obtengan con el modelo alimentado con datos del radar meteorológico.

En el capítulo uno se analiza el proceso lluvia-escorrentamiento y se describe de forma general los tipos de modelos que existen hasta llegar al modelo que se emplea en esta tesis.

En el capítulo dos se presenta un análisis de la información de las estaciones climatológicas e hidrológicas de la cuenca para determinar las tormentas más importantes que nos ayudarán a calibrar el modelo seleccionado.

En el capítulo tres se hace una descripción de las características fisiográficas de la cuenca que son necesarias para entender el comportamiento de la misma y para obtener los parámetros que se utilizan en la obtención del modelo.

En el capítulo cuatro se analizan los escurrimientos y precipitaciones de las tormentas seleccionadas y se determinan los escurrimientos y precipitaciones efectivas, precipitaciones medias, índice de infiltración y coeficientes de escurrimiento.

El modelo lluvia-escorrentamiento se presenta en el capítulo cinco, en el que también se comparan los escurrimientos observados con los escurrimientos estimados con el modelo.

Finalmente se anotan las conclusiones del estudio y algunas recomendaciones para la prevención de posibles desastres en la cuenca del río Mixcoac.

## **1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO LLUVIA-ESCURRIMIENTO**

### **1.1 Proceso lluvia – escurrimiento**

El agua de los ríos, océanos, suelo y vegetación se evaporan bajo el efecto de radiación solar y el viento. El vapor de agua se eleva y se transporta por la atmósfera en forma de nubes hasta que se condensa y cae hacia la tierra en forma de precipitación. Durante su trayectoria a la tierra una parte del agua precipitada se evapora, ya en la tierra el agua fluye por la superficie hacia los ríos, que a su vez la transportan al mar, o se infiltra y se une al agua subterránea.

A este movimiento continuo entre el agua y la tierra se le conoce como ciclo hidrológico.

Cuando la magnitud de la lluvia excede la capacidad de infiltración del terreno y la vegetación, el excedente da origen al proceso de escurrimiento, el cual se desplaza por gravedad hacia las partes bajas de la cuenca hasta llegar a los ríos.

La información acerca de los escurrimientos es necesaria para diseñar obras de aprovechamiento o de protección. En ocasiones se tiene poca o mala información sobre los escurrimientos en un sitio de interés, por lo que se tienen que estimar a partir de datos de precipitación, en estos casos es necesario contar con un modelo que relacione la lluvia con el escurrimiento.

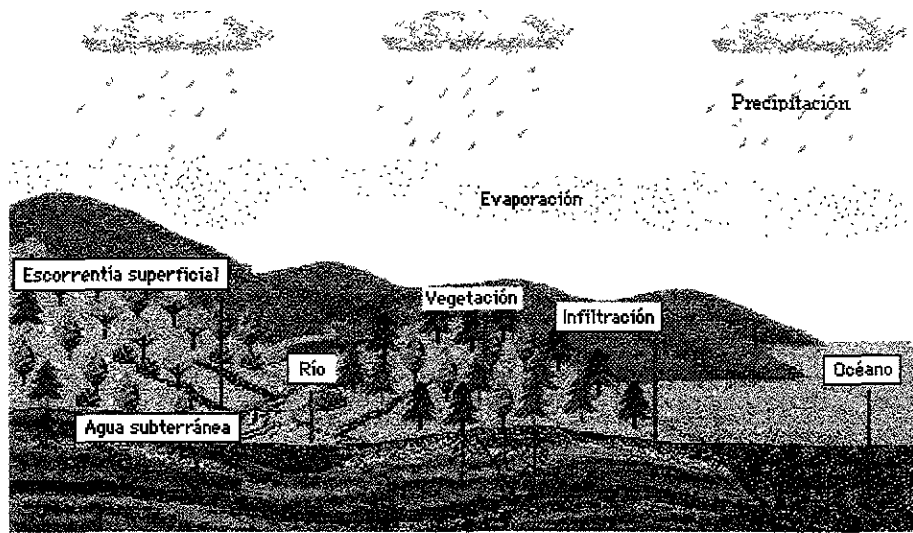


Fig. 1.1 Ciclo Hidrológico

## 1.2 Características fisiográficas relevantes

Cuenca es el área que aporta escurrimiento a una sección dada de una corriente, se encuentra limitada por el parteaguas, que es una línea imaginaria formada por los puntos de mayor nivel topográfico.

El parteaguas permite separar a una cuenca de sus adyacentes, pudiéndose así determinar hacia donde escurrirá una gota de agua.

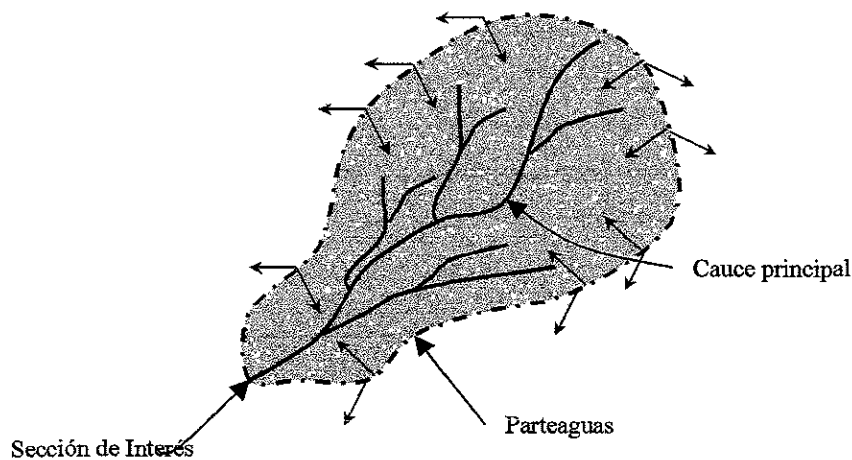


Fig. 1.2 Partes de una cuenca

Las principales características fisiográficas que intervienen en el proceso de conversión de lluvia a escurrimiento son las siguientes:

- Área de la cuenca, es la proyección horizontal de la superficie delimitada por el parteaguas.
- Longitud del cauce, es la longitud del cauce principal en sentido horizontal.
- Pendiente del cauce, no tiene un valor único ya que varía de tramo a tramo, por lo que se le representa con un valor medio. Una de las formas de calcularlo es por la fórmula de Taylor y Schwarz:

$$S = \left[ \frac{L}{\frac{L_1}{\sqrt{S_1}} + \frac{L_2}{\sqrt{S_2}} + \dots + \frac{L_m}{\sqrt{S_m}}} \right]^2 \quad (1.1)$$

donde:

- m número de tramos de pendiente uniforme sobre el cauce principal
- $L_i$  longitud del tramo  $i$
- $S_i$  pendiente del tramo  $i$

Tener un modelo que por una parte tome en cuenta las características de la cuenca y por otra parte la distribución de la lluvia en la cuenca y en el tiempo resulta complejo, es posible que no se tenga un conocimiento perfecto del fenómeno pero puede ser representado en forma simplificada por medio del concepto de sistema.

### 1.3 Concepto de sistema

Un sistema es un ente formado por un conjunto de entradas, un conjunto de salidas y una relación bien definida entre ambos conjuntos.

En nuestro caso el sistema estaría representado por la cuenca en donde las entradas sería la lluvia y la salida o respuesta se representan por los escurrimientos, niveles, presiones, etc.

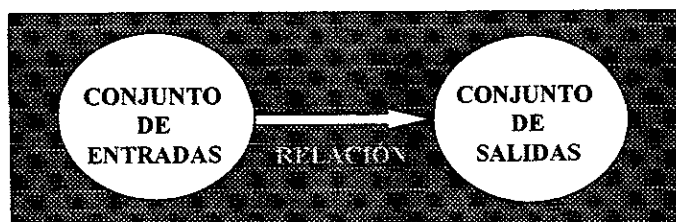


Fig. 2.3 Sistema

Con la finalidad de estudiar el comportamiento de los sistemas recurrimos a los modelos, los cuales representan las principales características y propiedades de un sistema.

## 1.4 Concepto de modelo

Hay diferentes definiciones de modelo, de las cuales se encuentran las siguientes:

- “La representación simplificada de una cosa, estado o evento” (Kobus, 1980)
- “Representación simplificada de la realidad que, sin embargo, considera todas las componentes relevantes para solución del problema específico que se estudia” (Domínguez, 1990)
- “Modelo es la simulación de un prototipo” (Novak y Čábelka, 1981)

### 1.4.1 Clasificación de los modelos

Los modelos se pueden clasificar en:

- **Modelos a escala.** También llamados modelos físicos. Los modelos físicos simulan estructuras o situaciones muy particulares, los resultados que se obtienen son muy confiables para dichos problemas específicos. Es por ello que no juegan un papel importante en hidrología en donde se desea saber las características y escurrimientos en la totalidad de una cuenca no solamente en una zona de ella o en su vecindad inmediata.
- **Modelos Analógicos.** Son sistemas que reproducen en un medio físico diferente el comportamiento de un prototipo. Su desarrollo está fundado principalmente en la analogía eléctrica y aunque ofrezca un mayor panorama que los modelos a escala, su utilidad práctica parece estar limitada por su dependencia de los modelos matemáticos y por su calibración.
- **Modelos matemáticos.** Simulan el prototipo mediante ecuaciones que relacionan las variables de entrada y de salida. Estas variables pueden ser funciones del espacio y del tiempo, y también pueden ser variables probabilísticas o aleatorias que no tienen un valor fijo en un punto particular del espacio y del tiempo, pero que están descritas a través de distribuciones de probabilidad. Por ejemplo no se puede pronosticar con exactitud la lluvia que caerá, pero si se puede calcular la probabilidad de que llueva.

Los modelos matemáticos son los más usados en hidrología por lo cual se hablará con mayor amplitud de ellos.

### 1.4.2 Clasificación de los modelos matemáticos

En el modelo matemático se da la combinación de dos componentes básicas, la componente física y la componente estocástica. La primera expresa todo el conocimiento previo que se tiene sobre el fenómeno que se representa, la segunda expresa en términos estadísticos lo que no puede explicarse por conocimiento previo.

Debido a lo anterior, los modelos matemáticos se clasifican en:

- a) Determinísticos
- b) No determinísticos o estocásticos
- c) Paramétricos

Los *modelos determinísticos* no consideran aleatoriedad, las variables que intervienen en el modelo tienen un valor fijo en un punto particular del espacio y del tiempo, la salida producida por el sistema depende de solo una entrada; es decir para dos entradas diferentes el sistema producirá dos salidas distintas.

En los *modelos estocásticos* las variables son solamente aleatorias, es decir, no se conocen con precisión, por lo cual se dice que son modelos basados en la probabilidad. Un modelo estocástico tiene salidas que son por lo menos parcialmente aleatorias; la salida depende de una o más entradas.

Acostumbra decirse que los modelos determinísticos hacen pronósticos, mientras que los modelos estocásticos hacen predicciones.

Los *modelos paramétricos* consideran las variables aleatorias y no aleatorias del fenómeno, es decir, tienen una componente determinística o física y una componente estocástica, por lo que hacen una mejor representación de realidad.

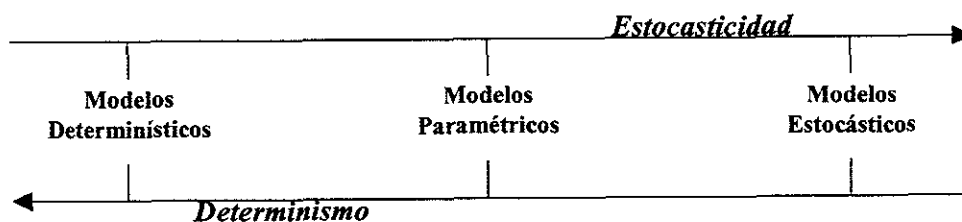


Fig. 2.4 Determinismo y Estocasticidad en la modelación hidrológica.

Todos los fenómenos hidrológicos tienen variables aleatorias y también variables conocidas por lo que los modelos de mayor utilización en hidrología son los modelos paramétricos.

### 1.4.3 Modelos de parámetros concentrados y de parámetros distribuidos

Los modelos paramétricos ubicados más hacia el lado determinista se clasifican en:

- a) Parámetros concentrados
- b) Parámetros distribuidos.

Los *modelos de parámetros concentrados* ven el fenómeno como una caja negra a la que se introduce un estímulo representado por lluvia y se obtiene una respuesta representada por el escurrimiento. Tratan a la cuenca como si sus características, así como la precipitación, fueran homogéneas en toda su área, por lo que pierden validez con el tiempo ya que el escurrimiento varía con la urbanización, reforestación, construcción de obras de control, erosión, cambios en el clima, etc.



Fig. 2.5 Modelo de caja negra

En los *modelos de parámetros distribuidos* interviene un mayor número de variables, estos modelos consideran a la cuenca formada por un conjunto de elementos con características uniformes en cada uno de ellos y simulan los procesos físicos que ocurren en cada elemento, tales como la infiltración, el escurrimiento sobre la superficie del terreno, el flujo de corrientes, etc.

La falta de datos con suficiente densidad en la cuenca es una limitación para el uso de los modelos de parámetros distribuidos.

Para el estudio de la relación lluvia-escurrecimiento de la cuenca del río Mixcoac se utilizará un modelo de parámetros concentrados, debido a que no se dispone de la suficiente información para tratar el problema con un modelo de parámetros distribuidos.

El modelo que se utilizará en este trabajo será el **modelo del hidrograma unitario**, el cual es el de mayor difusión dentro de los modelos *lineales* de caja negra. Una de las hipótesis en las que se basa el modelo del hidrograma unitario es la linealidad.

Un modelo es lineal cuando cumplen con el *principio de superposición*, el cual nos dice:

*" La salida producida por un sistema que ha sido excitado o alimentado por varias entradas en forma simultánea es equivalente a la suma de las salidas producida por el sistema cuando las entradas se aplican en forma individual "*



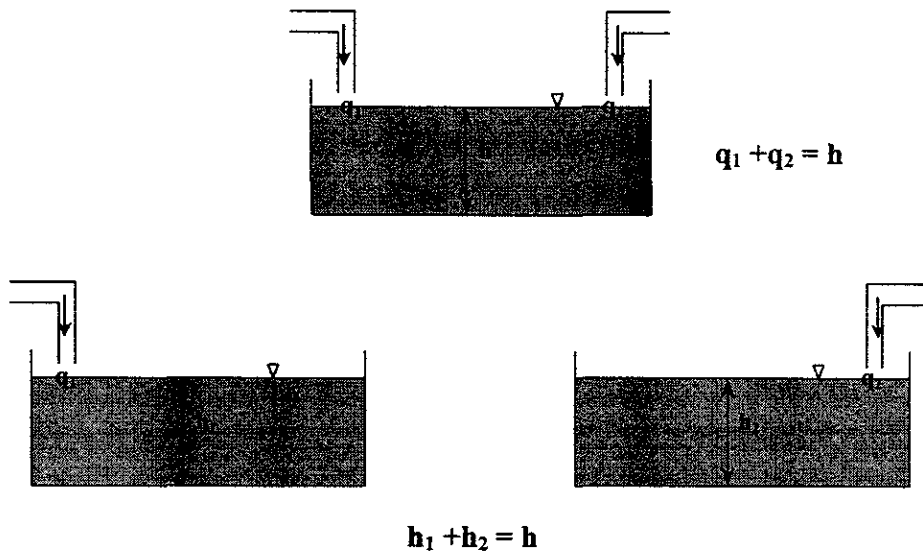


Fig.2.6 Principio de Superposición

Para verificar si el modelo es lineal, debe satisfacer las siguientes condiciones:

$$H(\mathbf{u}_1 + \mathbf{u}_2) = H\mathbf{u}_1 + H\mathbf{u}_2$$

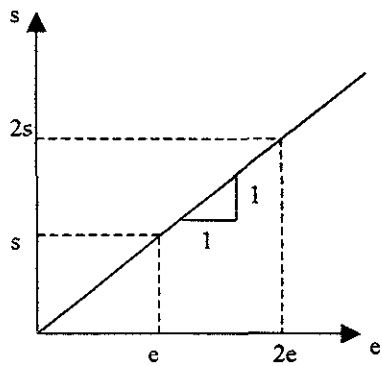
$$H(\alpha_1 \mathbf{u}_1) = \alpha_1 H\mathbf{u}_1$$

Para cualquier entrada  $\mathbf{u}_1$  y  $\mathbf{u}_2$  y para cualquier número real  $\alpha$ .

La primera relación es llamada propiedad de aditividad, y la segunda relación es llamada propiedad de homogeneidad. Si un modelo tiene éstas dos propiedades, se dice que el modelo satisface el principio de superposición.

En forma esquemática, las características de un modelo lineal se representan como una recta de correspondencia 1 a 1 y que pasa por el origen, (Fig.2.7).

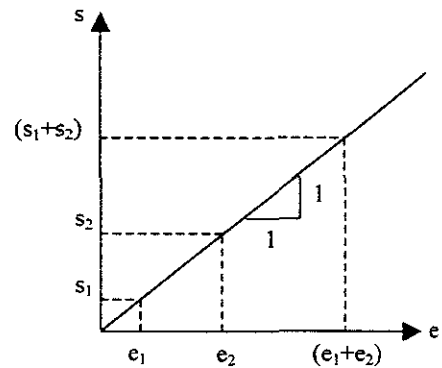
En el capítulo 5 se hablará con mayor amplitud acerca del modelo del hidrograma unitario y de las hipótesis en las que se basa.



$$s = f(e)$$

$$\acute{a} s = f(\acute{a} e) = \acute{a} f(e)$$

**a) Propiedad de homogeneidad.**



$$s_1 = f(e_1) \quad s_2 = f(e_2)$$

$$s_1 + s_2 = f(e_1 + e_2) = f(e_1) + f(e_2)$$

**b) Propiedad de aditividad.**

Fig.2.7 Representación gráfica de las características de un sistema lineal

## 2. INFORMACIÓN DE ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS E HIDROMÉTRICAS

Para estudiar el comportamiento del fenómeno hidrológico, lluvia-escorrentía, se necesitan conocer sus características por medio de mediciones, las cuales se realizan con diversos instrumentos contenidos en las estaciones climatológicas e hidrométricas.

### 2.1 Características generales

*Estación Climatológica*, es un conjunto de instrumentos diseñados para medir las variables climáticas, tales como la temperatura del aire, velocidad y dirección del viento, evaporación y precipitación. Dichas mediciones se utilizan para entender mejor el proceso hidrológico, donde la precipitación se emplea como información de entrada al modelo lluvia-escorrentía. Las mediciones son puntuales ya que las estaciones se encuentran en un lugar fijo.

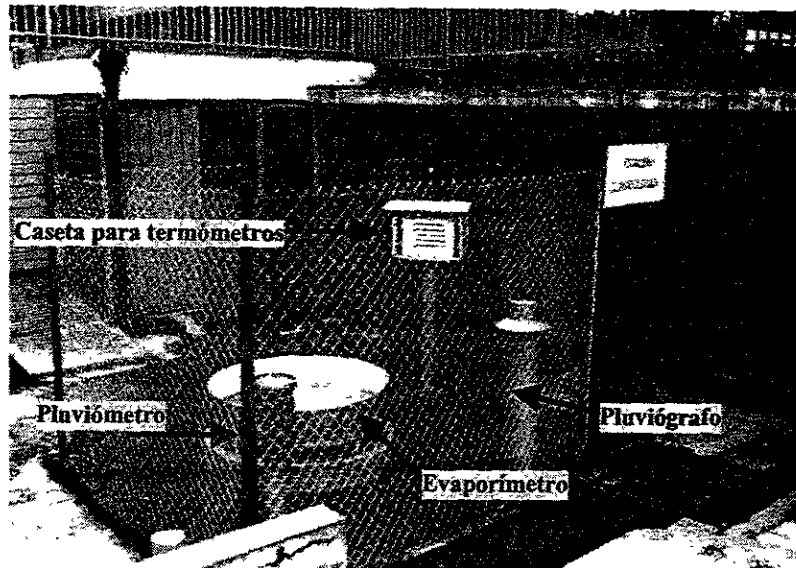


Fig. 2.1 Estación Climatológica

Existen diferentes instrumentos para medir cada una de éstas variables climáticas, los más utilizados son los siguientes:

*La medición de la temperatura* se hace con el termómetro. Existen diferentes tipos de termómetros según la temperatura que se desea medir, generalmente estas temperaturas son:

- a) temperatura máxima
- b) temperatura mínima
- c) temperatura ambiente

Para tener una medición correcta de la temperatura del aire, los termómetros deben colocarse en sitios donde no se obstruya la circulación del aire, y al mismo tiempo estén protegidos de los rayos directos del sol y de la precipitación. Generalmente los termómetros se colocan dentro de una caseta de madera, con persianas o rejillas de ventilación a través de las cuales el aire puede moverse fácilmente.

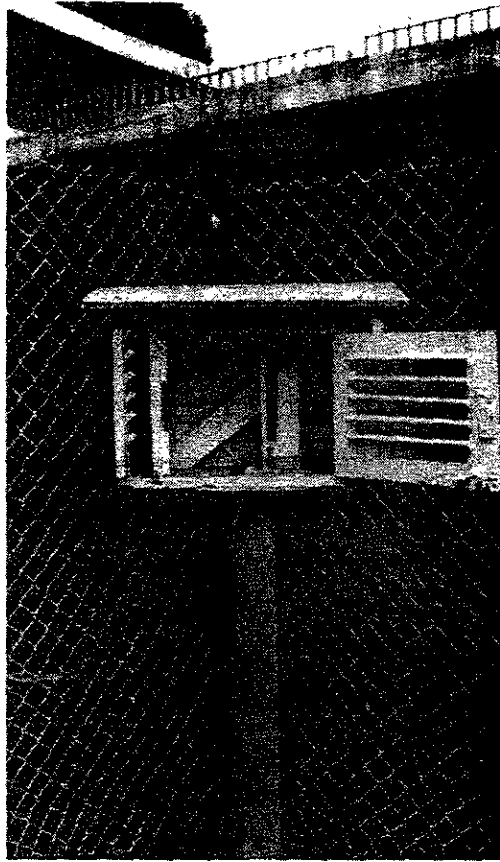


Fig. 2.2 Caseta de protección para termómetro

Medición del viento. El viento es el aire en movimiento, tiene velocidad y dirección. Es un factor importante en la evaporación y en la precipitación.

La velocidad del viento se mide con un anemómetro, de los cuales existen varios tipos:

- a) el anemómetro de tres o cuatro copas, con un eje vertical de rotación
- b) el anemómetro de hélice, con un eje de rotación horizontal
- c) el anemómetro de tubo a presión, el cual opera de acuerdo con el principio del tubo Pitot.

La dirección del viento es la dirección de donde sopla, para determinar su dirección, de acuerdo con los puntos de la rosa de los vientos, se utiliza la veleta. Generalmente la veleta se coloca a cuatro metros sobre el nivel del suelo.

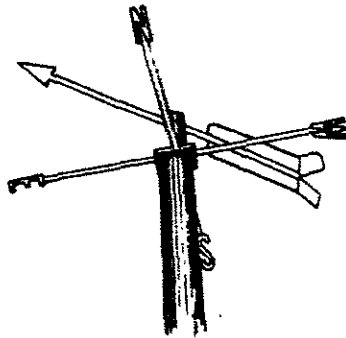


Fig. 2.3 Veleta

La evaporación por lo general se mide con un evaporímetro, que consta de un recipiente, comúnmente de fierro galvanizado, en donde se coloca una cierta cantidad de agua y se mide el nivel diario con una regla graduada colocada dentro de un pequeño tubo aquietador. Los valores medidos se ajustan sumándoles la altura de precipitación registrada en el mismo intervalo por el pluviómetro o pluviógrafo.

La precipitación se presenta en forma de lluvia, granizo, nieve, etc. En nuestra zona de estudio por su magnitud y frecuencia la más importante es la lluvia.

En el análisis hidrológico las características fundamentales de la precipitación son las siguientes:

- 1) **Altura de precipitación.** Es la cantidad de agua que se precipita durante una tormenta en determinado tiempo. La precipitación se mide en altura de lámina de agua y se expresa comúnmente en milímetros.
- 2) **Intensidad de precipitación.** Es la cantidad de agua que se precipita, por unidad de tiempo en un determinado lapso; se expresa en mm/h.
- 3) **Duración.** Es el intervalo de tiempo en que está presente la precipitación; se expresa en h.

Los aparatos más usuales para mediar la precipitación son el pluviómetro y el pluviógrafo.

El **pluviómetro** únicamente proporciona la altura de precipitación total en intervalos de tiempo fijados de antemano, generalmente de 24 h.

Es un recipiente expuesto a la intemperie y abierto en su parte superior. Consta de un área de captación, en la parte superior, que se comunica a un recipiente cilíndrico, de área menor, mediante un embudo. La relación de las áreas generalmente es igual a 10, de tal manera que al introducir una escala graduada en centímetros en el recipiente menor, se lee la precipitación real en milímetros. El embudo lleva dos mallas de alambre que impiden el paso de basura o de otros objetos.

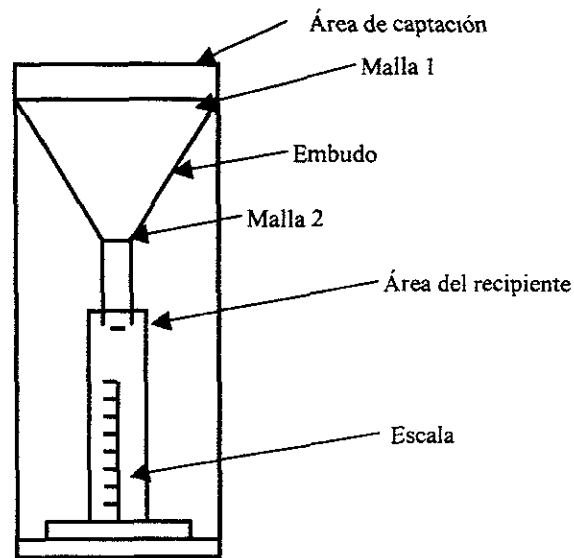


Fig. 2.4 Pluviómetro

El **pluviógrafo**, registra la variación de la precipitación en el tiempo. Es similar al pluviómetro pero con un mecanismo adicional de relojería y un detector de volumen de agua dentro del recipiente.

Existen tres tipos de pluviógrafos:

- a) *pluviógrafo de flotador con sifón*: el agua cae sobre un embudo y pasa al recipiente temporal, donde está alojado un flotador que registra el nivel; el agua permanece en el recipiente hasta que se alcanza un nivel máximo (generalmente 10 mm) y automáticamente se hace funcionar el sifón; el agua es desalojada y pasa al recipiente recolector.

El sistema de transmisión es mediante brazos que transmiten el movimiento del flotador a una plumilla.

El registro se lleva sobre un papel montado en un cilindro que está en movimiento continuo.

- b) *pluviógrafo de resorte*, es semejante al pluviógrafo de flotador con la diferencia de que en lugar de un flotador se utiliza un resorte que es deformado por el peso del agua captada.

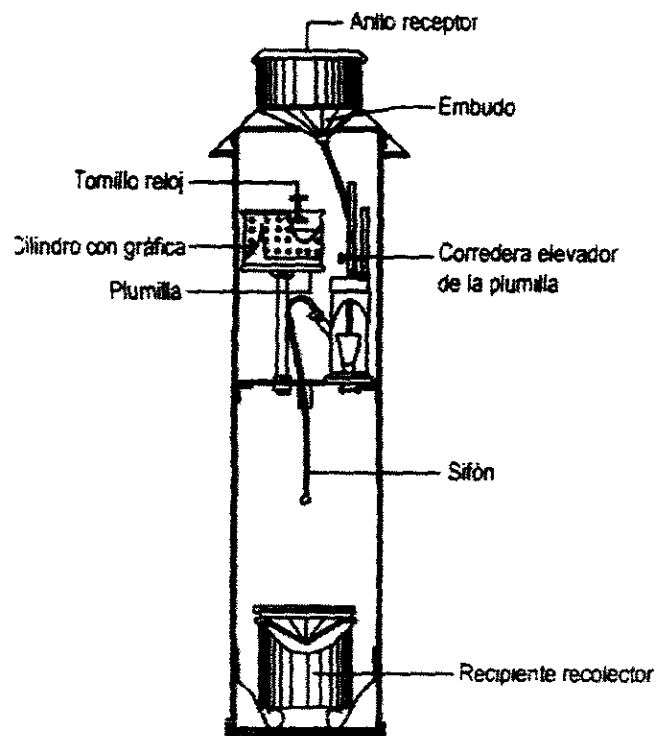


Fig. 2.5 Pluviógrafo de flotador con sifón

- c) *pluviógrafo de balancín*, su sistema de captación está formado por un embudo y dos recipientes temporales colocados en un balancín; cuando un recipiente se llena desequilibra la balanza, la que gira y se vacía el agua del recipiente al exterior, quedando el otro en posición de ser llenado, repitiéndose el ciclo. El volumen necesario para provocar el giro de la balanza representa generalmente una altura de precipitación de 0.25 mm.

La medición se hace a través de un impulso eléctrico, que se produce al girar la balanza y accionar un contacto. A cada impulso eléctrico se le llama pulso, y por lo general equivale 0.25 mm.

El sistema de registro puede ser con papel impreso, perforado o con cinta magnética.



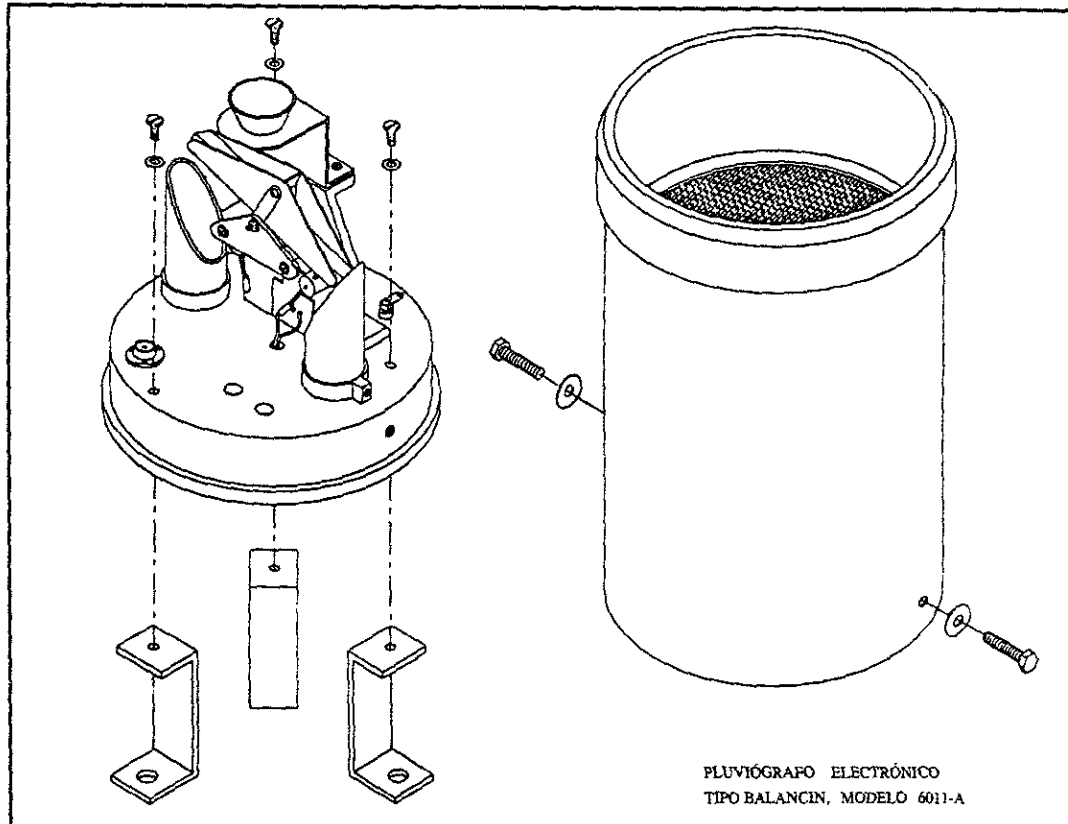


Fig. 2.6 Pluviógrafo de balancín

Para el estudio de la cuenca del río Mixcoac se cuenta con estaciones pluviográficas, pertenecientes a la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica (DGCOH). Los pluviómetros utilizados por estas estaciones son de tipo balancín.

Son seis las estaciones pluviográficas que tienen una área de influencia en la cuenca del río Mixcoac, sus nombres y localización se muestran en la tabla 2.1; el número que aparece en la parte izquierda de la tabla es el número de identificación de cada estación.

Tabla 2.1 Estaciones de la cuenca del río Mixcoac

	<b>Estación</b>	<b>Longitud</b>	<b>Latitud</b>
16	Trifurcación Santa Lucía	99°15'52.46"	19°21'35.92"
22	La Venta	99°18'00.00"	19°20'26.08"
25	Planta Potabilizadora	99°17'00.00"	19°16'43.00"
55	Yaqui	99°17'11.10"	19°21'45.72"
56	Desierto de los Leones	99°18'33.51"	19°18'48.82"
57	San Bartolo Ameyalco	99°16'30.56"	19°19'43.89"

Para determinar el área de influencia de las estaciones se utiliza el método de los polígonos de Thiessen, el cual consiste en lo siguiente:

- 1) Se trazan triángulos que ligan las estaciones más próximas entre sí
- 2) Se trazan las medianas de los lados de los triángulos
- 3) Las áreas limitadas por éstas forman polígonos que rodean a cada estación.

En la fig. 2.7 se muestra el desarrollo de este método para la cuenca del río Mixcoac, así como la localización de las estaciones pluviográficas y de la estación hidrométrica.

En la fig.2.8 se muestran los polígonos resultantes de este método y las áreas de influencia de las estaciones pluviográficas.

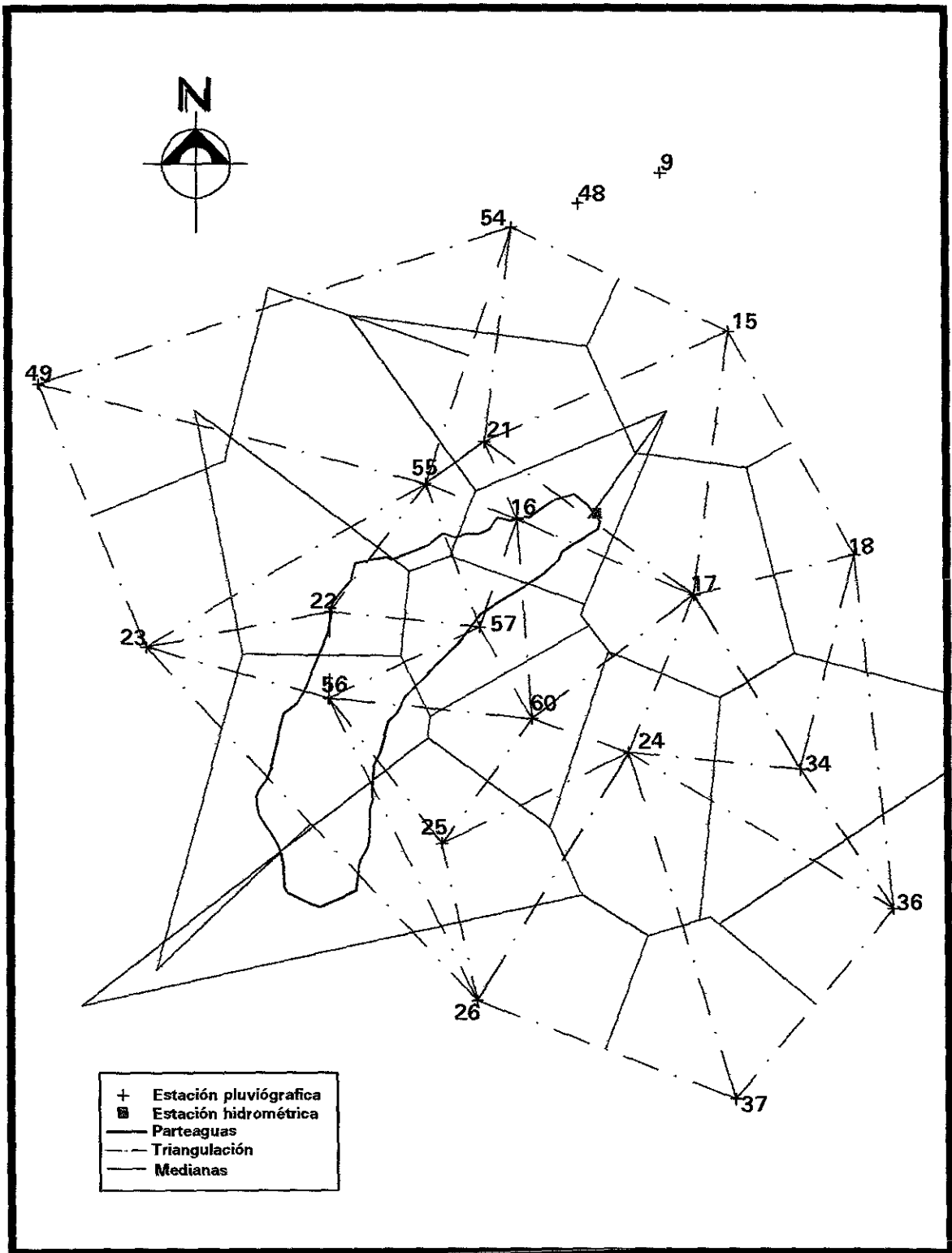


Fig. 2.7 Método de los polígonos de Thiessen

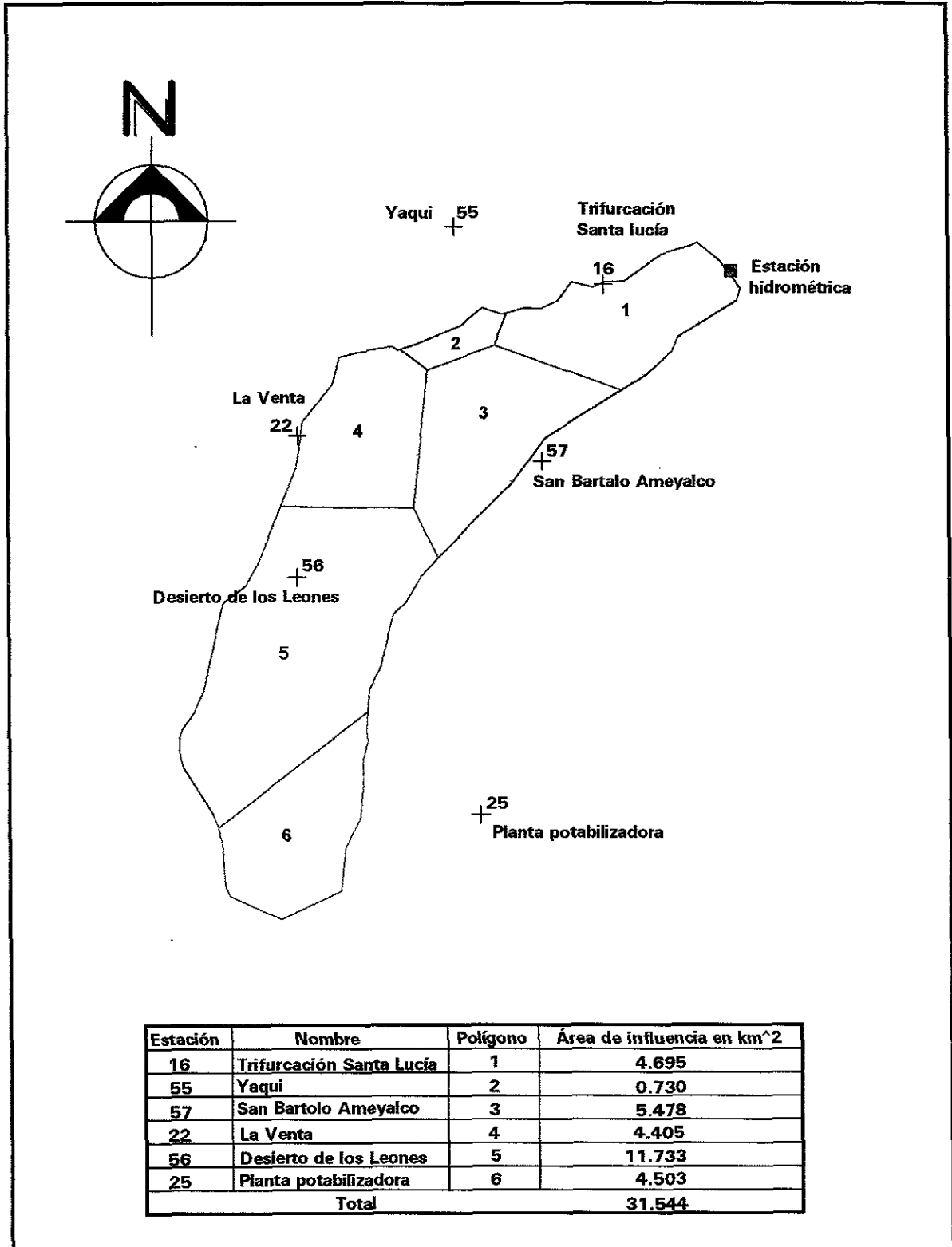


Fig. 2.8 Polígonos de Thiessen de la cuenca del río Mixcoac

**Estación hidrométrica.** En las estaciones hidrométricas se miden los niveles alcanzados en una sección del río o canal y se afora el escurrimiento que pasa por la misma.

Se recomienda que la estación hidrométrica se coloque en un lugar accesible y estable; estas estaciones están constituidas por un tramo del cauce llamado "tramo de aforo", donde se practican todas las operaciones del aforo.

Aforar la corriente en una sección es determinar el volumen de agua que pasa por ella en la unidad de tiempo. Existen diferentes procedimientos para aforar, los cuales se pueden agrupar en los siguientes criterios:

- a) Sección de control, es aquella en donde existe una relación única entre el tirante y el gasto. De las diferentes secciones de control que existen, las más comunes son los vertedores y las que producen un tirante crítico, como el estrechamiento del fondo del cauce, su elevación o una combinación de ambas.

Se le llama vertedor a un muro o estructura hidráulica en donde se descarga agua por encima de él. Existen vertedores de diferentes secciones como rectangular, triangular, trapezoidal, circular, etc., y todos ellos pueden ser de pared delgada o de pared gruesa.

Se dice que un vertedor es de pared delgada cuando la descarga se efectúa en una placa de arista aguda, por el contrario cuando la descarga hace contacto con toda una superficie, el vertedor es de pared gruesa.

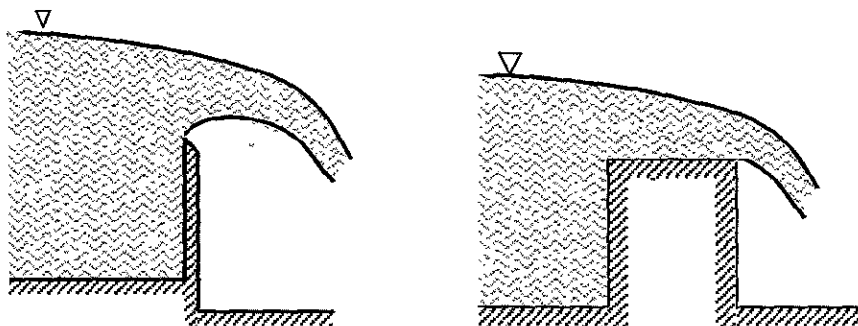


Fig. 2.9 Vertedor de pared delgada

Vertedor de pared gruesa

- b) Relación sección-velocidad, consiste en medir la velocidad en varios puntos de la sección transversal y calcular el gasto por medio de la ecuación de continuidad, la cual se expresa de la siguiente manera:

$$Q = AV \quad (2.1)$$

Donde

Q gasto en la sección, en  $m^3/s$

V velocidad media de la corriente, en  $m/s$

A área de la sección transversal hasta el nivel del agua, en  $m^2$

Como la velocidad es diferente en cada punto de la sección transversal, la ecuación 2.1 resulta:

$$Q = \sum_{i=1}^n a_i V_{mi} \quad (2.2)$$

donde

$a_i$  área de la subdivisión  $i$  del área total

$V_{mi}$  velocidad media en dicha área, calculada de la siguiente manera:

$$V_{mi} = \frac{V_{0.2} + V_{0.8}}{2}$$

donde

$V_{0.2}$  y  $V_{0.8}$  son las velocidades medidas a profundidades de 0.2 y 0.8 del tirante.

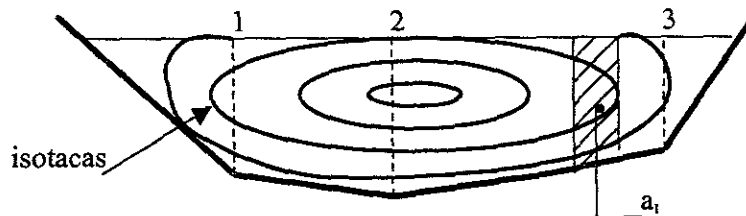


Fig. 2.10 Distribución de velocidades en una sección

Las velocidades se miden generalmente con molinetes, los cuales tienen una hélice que gira impulsada por la corriente y mediante un mecanismo eléctrico mide las revoluciones por minuto o por segundo con que gira la hélice. Posteriormente esta velocidad angular se transforma en m/s usando la fórmula de calibración del aparato proporcionada por el fabricante.

- c) Relación sección-pendiente. Cuando no se tiene ningún otro aforo y se necesita conocer el gasto máximo, se utiliza el método de sección-pendiente, para su aplicación solamente se necesita conocer la topografía de un tramo del cauce y las marcas del nivel máximo de agua durante el paso de la avenida. La determinación del gasto se hace empleando la fórmula de Manning:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

donde

$V$  velocidad media de la corriente, en m/s

$n$  coeficiente de rugosidad Manning

$R$  radio hidráulico medio, en m

$S$  pendiente hidráulica

Para la medición de los niveles del cauce se utilizan los siguientes instrumentos:

- a) **Limnómetro.** Es una regla graduada que se introduce a un costado de la corriente, en la cual se leen los niveles del agua. Generalmente en época de lluvias se toman lecturas cada dos horas durante el día y en época de estiaje una diaria. Como la avenida máxima puede no coincidir con alguna de las lecturas, es recomendable marcar el limnómetro con pintura soluble al agua y de esta manera saber el nivel máximo alcanzado.
- b) **Limnígrafo.** Es un aparato automático que registra de forma continua los niveles; consta de un flotador unido a una plumilla que marca los niveles del agua en un papel fijado a un tambor que gira mediante un mecanismo de relojería. También se coloca en las márgenes del cauce, unido por un tubo o zanja o bien dentro del cauce siempre y cuando se tenga en donde fijarlo para protegerlo de las avenidas máximas.

La estación hidrométrica del río Mixcoac se encuentra compuesta por un limnígrafo y un vertedor de cresta ancha. Esta localizada aproximadamente 600 m aguas arriba de la Presa Mixcoac, en una zona urbana. En la Fig. 2.12 se muestra un croquis detallado de la localización de la estación hidrométrica.

El vertedor es de cresta ancha, es de sección rectangular en el centro, construido de mampostería, con 5.54m de ancho, 1.04m de alto y 0.90 m de espesor, la parte superior esta formado por las orillas o márgenes del cauce de material natural con pasto. En la fig. 2.13 se muestra el croquis del vertedor.



Fig. 2.11 Estación hidrométrica de la cuenca del río Mixcoac

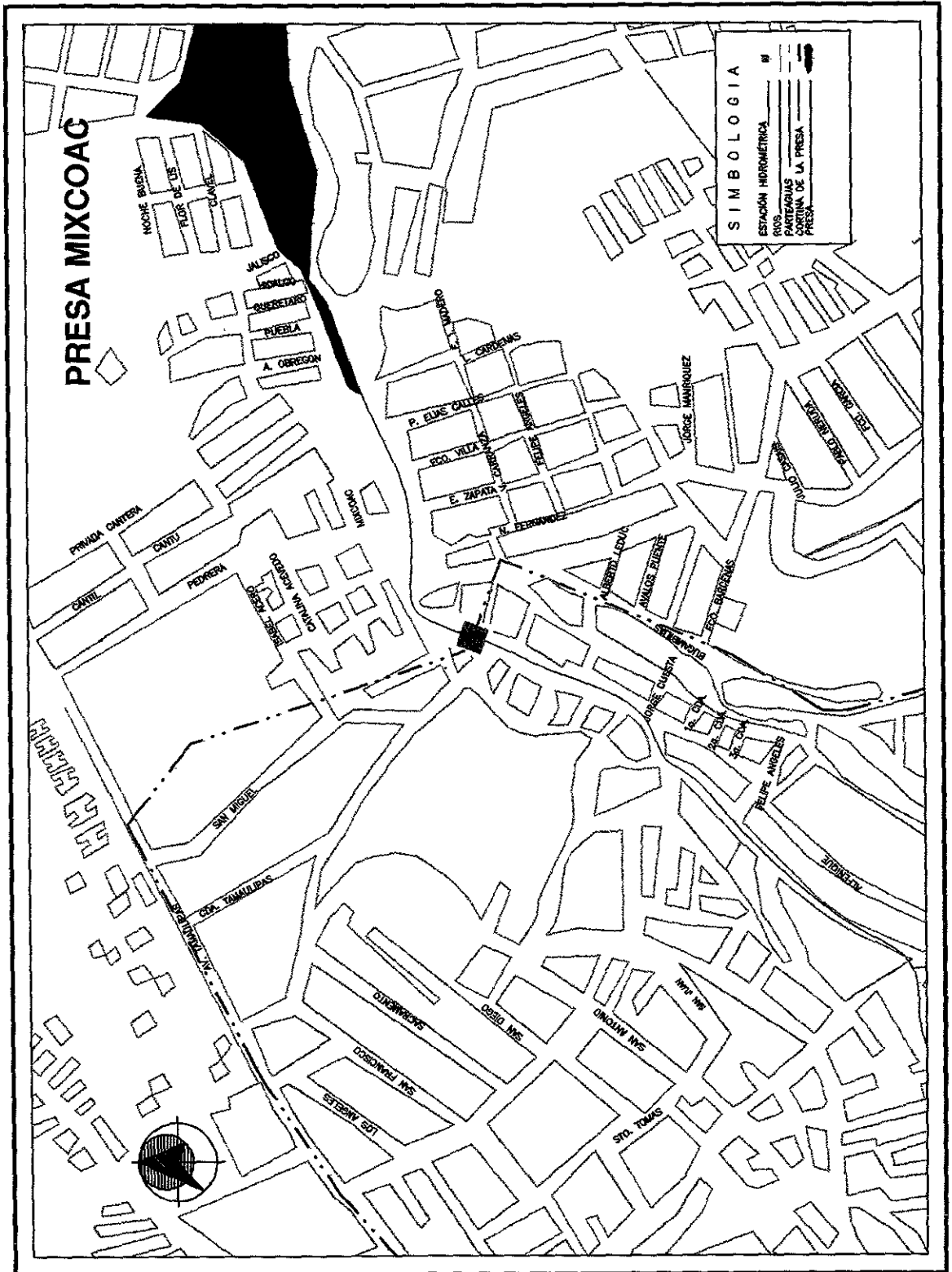


Fig. 2.12 Croquis de localización de la Estación Hidrométrica del río Mixcoac



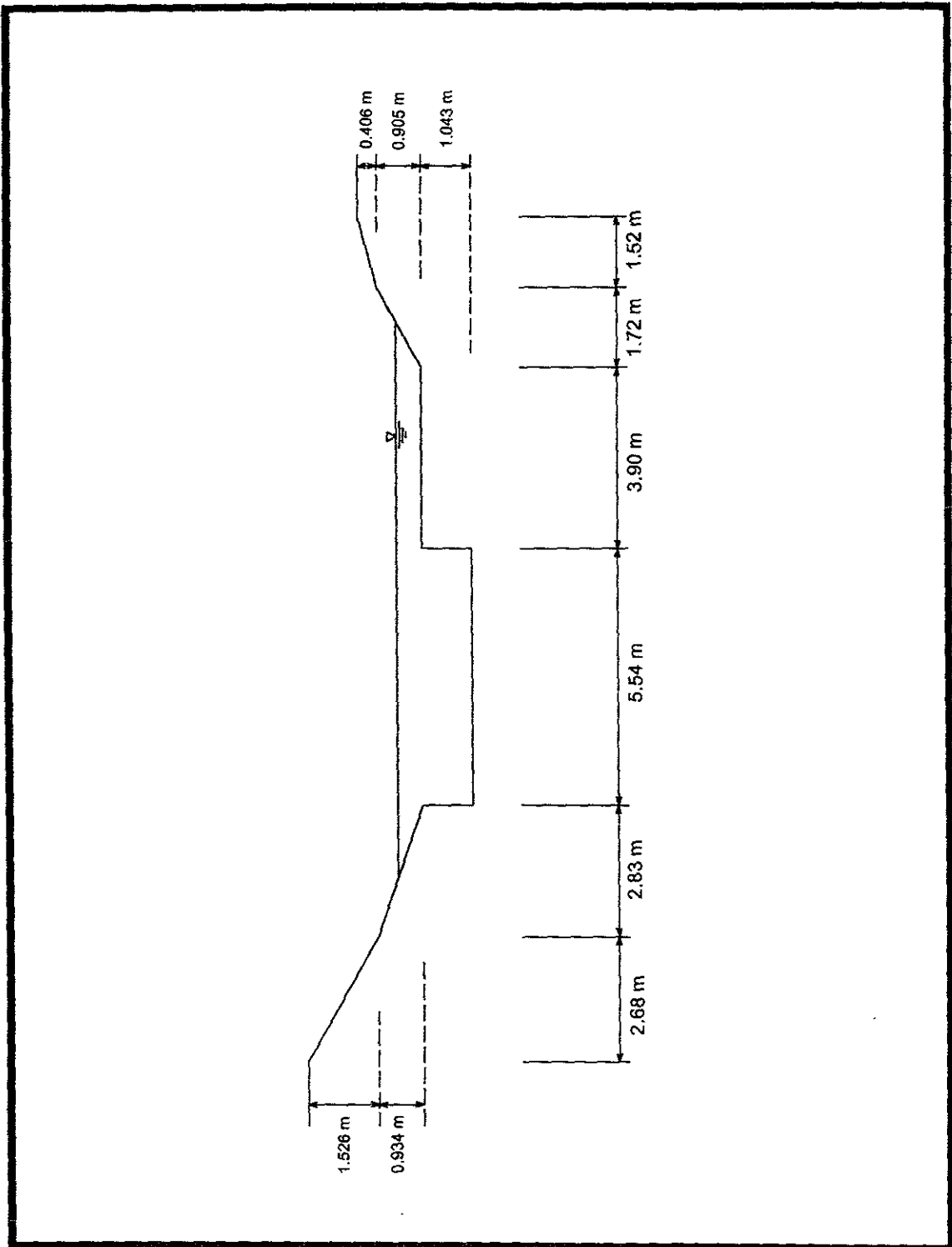


Fig. 2.13 Sección transversal del vertedor de la cuenca Mixcoac



Fig. 2.14 Limnógrafo de la estación hidrométrica del río Mixcoac

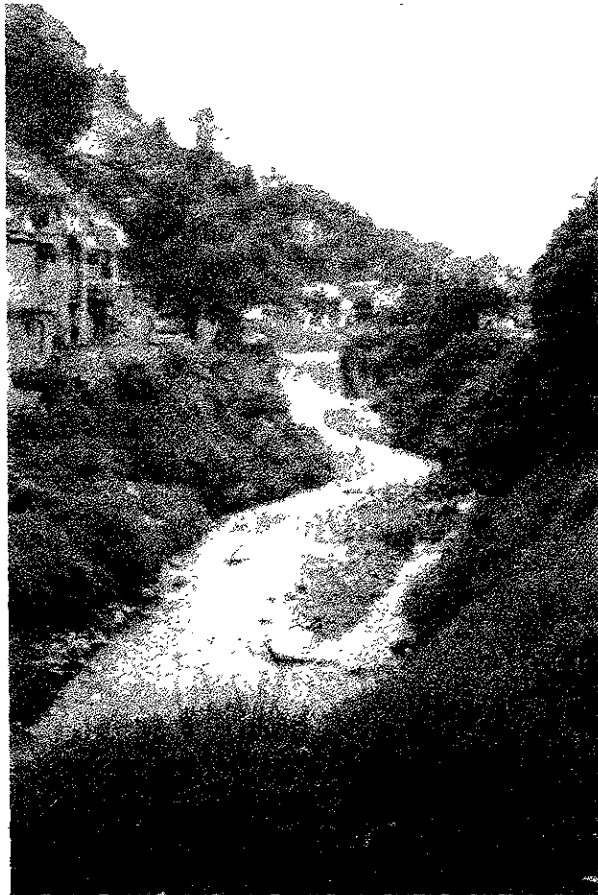


Fig. 2.15 Vertedor de la estación hidrométrica del río Mixcoac

## 2.2 Registros de lluvia

El registro de la lluvia depende del lugar, tipo de aparato y acceso al sitio en donde se encuentra el aparato.

Se presenta comúnmente en papel dibujado y en caso de sitios poco accesibles, se puede grabar la información en cinta magnética.

Para el estudio de la cuenca del río Mixcoac se utilizaron pluviógrafos de tipo balancín, por medio de estos aparatos se lleva un registro de altura de lluvia contra el tiempo, su registro es discontinuo, ya que el pluviógrafo de balancín indica la precipitación acumulada cada vez que el balancín gira.

Los registros de los pluviógrafos de la cuenca Mixcoac se presentan en dos formas, una es por medio de una gráfica llamada pluviograma, la otra es registrando los pulsos en una estación telemétrica, la cual por medio de ondas de radio manda los datos a una estación receptora de la D.G.C.O.H., en donde son almacenados en una PC y analizados con un programa de cómputo llamado "PLUS".

PLUS es el un sistema de información de lluvias en tiempo real del Distrito Federal y que al mismo tiempo permite supervisar el funcionamiento de la red de estaciones pluviométricas del Departamento del Distrito Federal.

PLUS, realiza la recepción y el almacenamiento de los mensajes transmitidos por las estaciones pluviométricas, visualiza en tiempo real el comportamiento de las lluvias y del estado de las estaciones por medio de un despliegue gráfico y analiza los eventos recibidos.

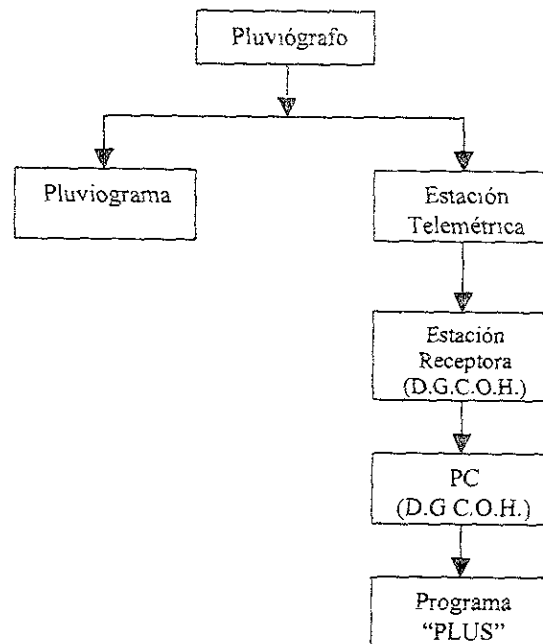


Fig. 2.16 Diagrama del Sistema de medición de lluvia

Basándonos en estudios anteriores se sabe que el tiempo de respuesta de la cuenca del río Mixcoac es de 15 minutos, por lo que se corrigió la hora de inició del escurrimiento para hacerlo coincidir con el tiempo de respuesta de la cuenca.

#### 2.4 Selección de las fechas de estudio para la cuenca del río Mixcoac

Como la estación hidrométrica del río Mixcoac comenzó a operar a partir del año 1997, la selección de las fechas de estudio comprende únicamente los años de 1997 y 1998.

Para determinar las fechas de análisis se utilizaron tres criterios:

- 1) Observación directa. De los registros de lluvia se seleccionan las tormentas más intensas ocurridas en la zona.
- 2) Observación indirecta. Consiste en apoyarse en los reportes de tormentas intensas que ocasionaron daños en la zona de estudio.
- 3) Seleccionando los registros que presentaran un importante incremento en el escurrimiento.

Finalmente quedaron quince fechas para el análisis, las cuales constituyen una buena muestra para el propósito buscado.

Las fechas de estudio y sus periodos de lluvia se muestran en la tabla 2.2.

Tabla 2.2 Tormentas seleccionadas para el estudio de la cuenca del río Mixcoac.

Año	Fecha	Periodo de análisis
1997	28 de Agosto	16:30 – 21:45
	7 de Septiembre	16:15 – 18:45
	8 de Septiembre	16:00 – 21:30
	13 de septiembre	16:00 – 20:30
1998	25 de Julio	16:15 – 21:15
	28-29 de Julio	19:00 – 02:30
	23 de Agosto	16:00 – 23:00
	28-29 de Agosto	19:00 – 07:00
	29-30 de Agosto	22:45 – 07:30
	31 de Agosto-1 de Septiembre	19 15 – 08:30
	2 de Septiembre	00:00 – 08:30
	8-9 de Septiembre	20:00 – 07 00
	27-28 de Septiembre	15:00 – 08:45
	17-18 de Octubre	15:00 – 04:30
	19 de Octubre	00:00 – 03:00

### 3. CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LA CUENCA DEL RÍO MIXCOAC

El escurrimiento en una cuenca depende de diversos factores, siendo uno de los más importantes las características fisiográficas de la cuenca. Entre estas se pueden mencionar principalmente su área, pendiente, longitud y pendiente del cauce principal, tipo de suelo.

En este capítulo se hablará de las principales características fisiográficas de la cuenca del río Mixcoac.

#### 3.1 Área de la cuenca

La cuenca del río Mixcoac se encuentra ubicada en la zona poniente de la ciudad de México, (Fig. 3.1), tiene su inicio en la parte alta del Parque Nacional Desierto de los Leones.

El parteaguas inicia aproximadamente en el cerro San Miguel, de ahí parte hacia abajo hasta llegar a la Autopista México-Toluca, continúa por ésta hasta llegar al entronque con la Autopista La Venta-Constituyentes-La Marquesa, en donde continúa paralelo a esta última hasta encontrarse con el camino a San Mateo - Santa Lucía. El parteaguas sigue por el camino San Mateo - Santa Lucía hasta llegar a la calle de San Miguel, aquí el trazo baja hasta el lugar del sitio de aforo. Posteriormente baja por la calle de E. Zapata para encontrarse con Av. Centenario donde empieza a subir en dirección con la Av. Desierto de los Leones. Continúa el trazo por el Camino Real a Mixcoac hasta llegar al camino al Desierto de los Leones, el trazo sigue aproximadamente este camino, finalmente llega al Parque Nacional hasta encontrarse en lo más alto del cerro San Miguel.

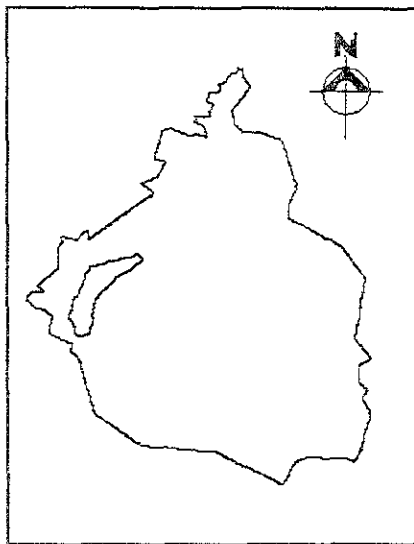


Fig. 3.1 Localización de la cuenca del río Mixcoac

El área total de la cuenca del río Mixcoac, resultó de 31.54 km<sup>2</sup>, en la figura 3.2 se muestra el trazo del parteaguas y en la figura 3.3 las curvas de nivel de la cuenca.

Durante los años, la cuenca del río Mixcoac a sido invadida por asentamientos humanos que se encuentran situados en la parte baja de la cuenca, principalmente cerca de la estación hidrométrica y de la presa Mixcoac. El 10.9% del área de la cuenca es de tipo urbano.

### 3.2 Longitud del cauce principal

Un problema que generalmente se encuentra, es determinar la longitud del cauce principal de una cuenca, para ello hay que definir cual de todas sus corrientes, que escurren dentro de la cuenca, es la que se considera como principal y cuales son tributarias.

Para resolver este problema se determina el orden de una corriente, que consiste en representar mediante un número el grado de bifurcación de dicha corriente dentro de la cuenca; así, una corriente de orden 1 es un tributario sin ramificaciones, una de orden 2 tiene sólo tributarios de primer orden, etc. Dos corrientes de orden 1 forman una de orden 2, dos corrientes de orden 3 forman una de orden 4, etc., pero, por ejemplo, una corriente de orden 2 y una de orden 3 forman otra de orden 3, (Fig. 3.4).

De esta manera, la corriente principal, resulta ser la de mayor orden dentro de la cuenca. El orden de una cuenca es el mismo que el de la corriente principal en su salida.

La corriente principal del río Mixcoac es de orden 3 y su longitud es de 17.18 km, en la figura 3.5 se muestra el orden de las corrientes de la cuenca.

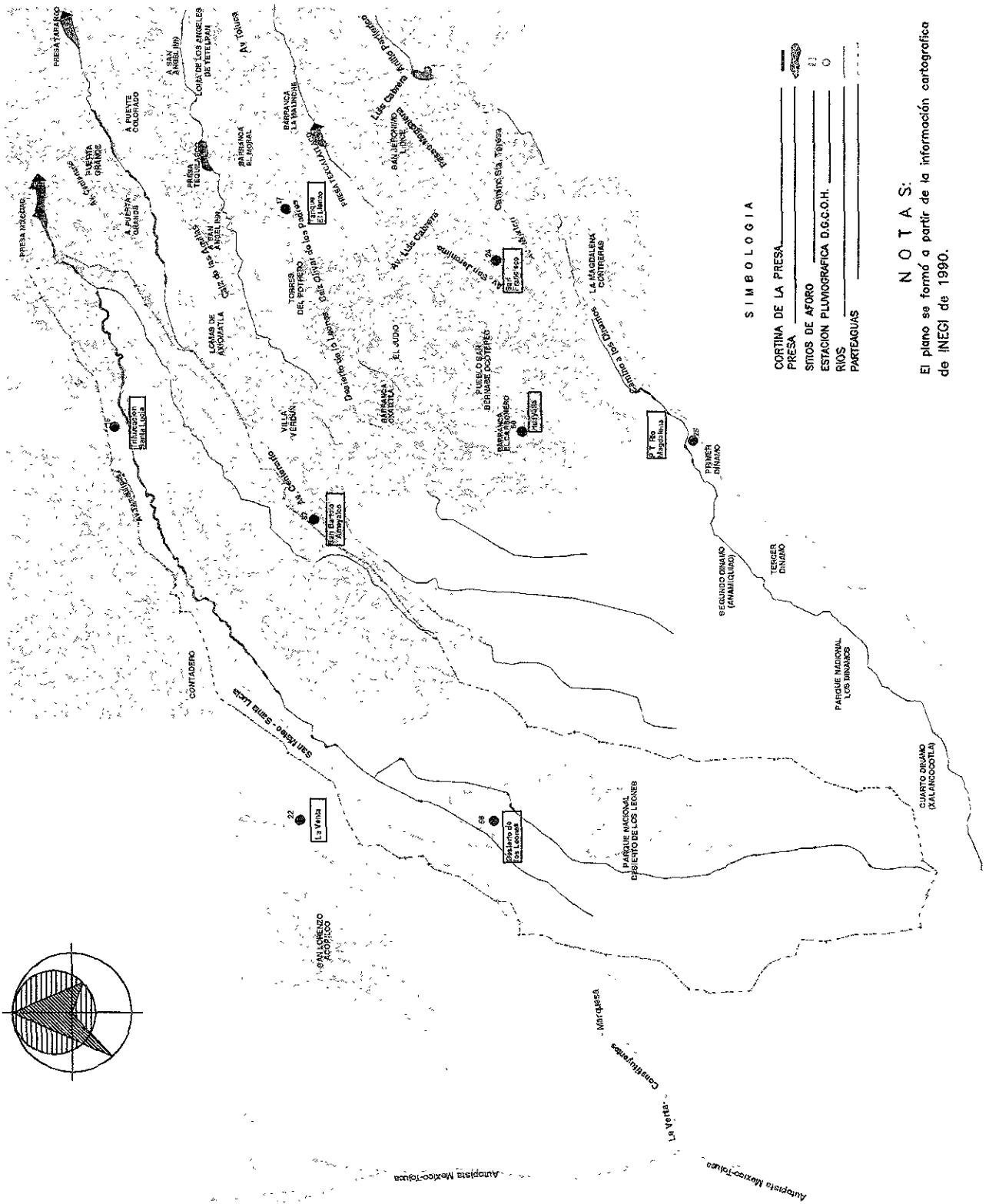


Fig. 3.2 Trazo del parteaguas de la cuenca del río Mixcoac



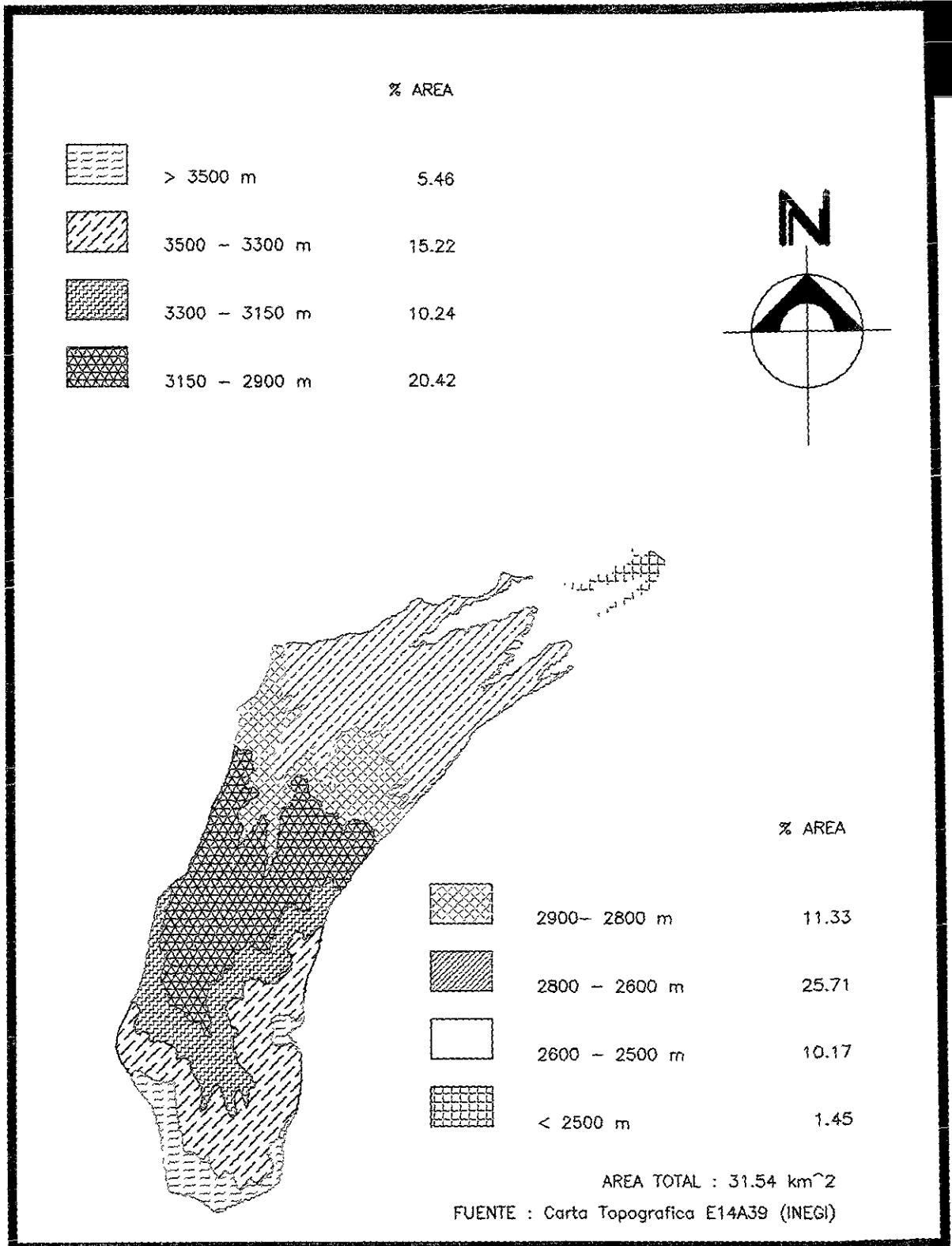


Fig. 3.3 Curvas de nivel de la cuenca del río Mixcoac

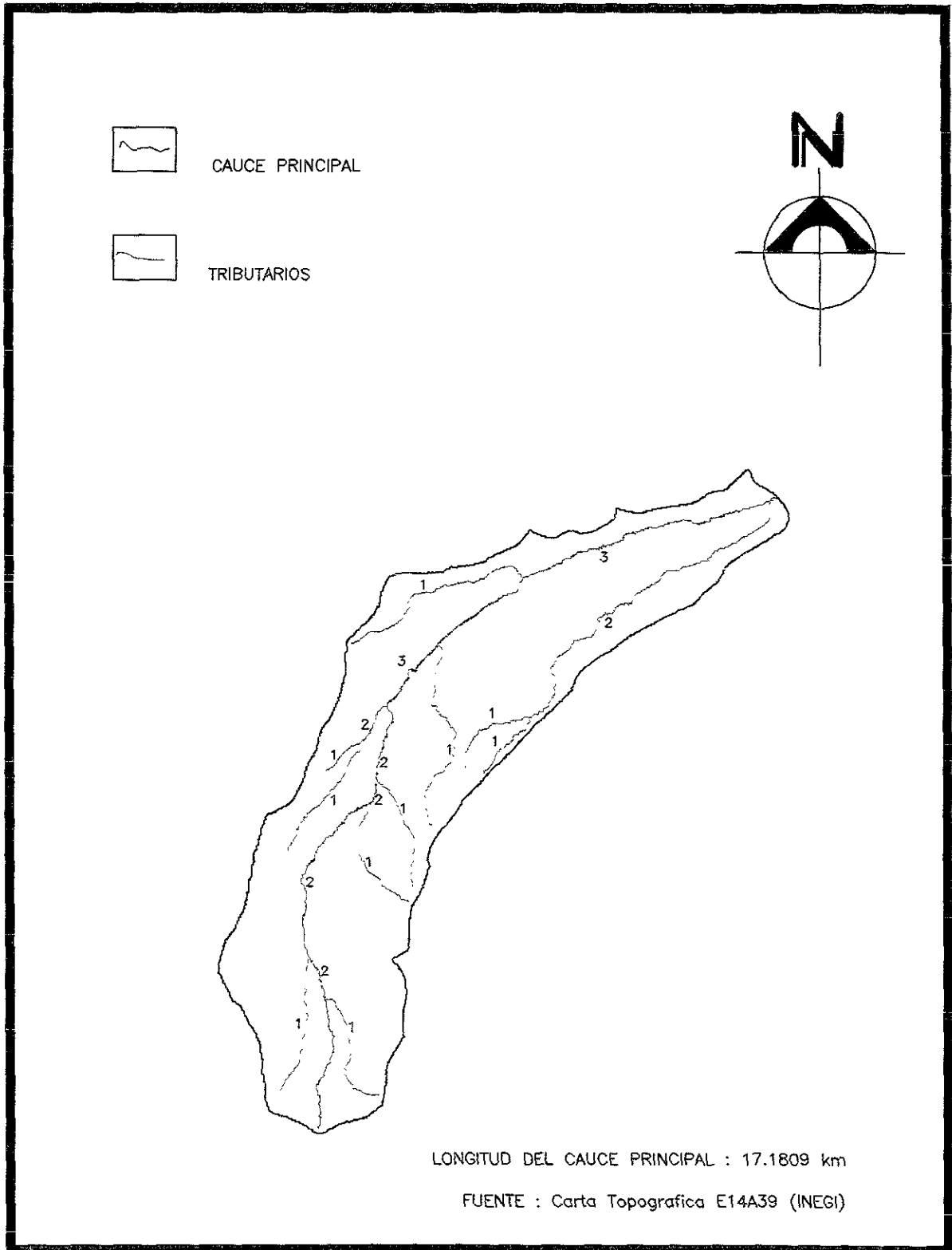


Fig. 3.5 Orden de las corrientes en la cuenca del río Mixcoac

### 3.4 Cobertura vegetal<sup>1</sup>

La vegetación se encuentra relacionada con otros factores, como el suelo, el agua y el clima. El clima de la zona de estudio es templado.

En la parte baja de la cuenca del río Mixcoac hasta los 2400 msnm, la temperatura media anual es de 14.9°C, la máxima media es de 17.1°C y se presenta en los meses de abril a junio; la temperatura mínima media corresponde a los meses de diciembre a febrero y alcanza los 10.1°C.

La precipitación media anual en esta área es de 816 mm, con precipitaciones máximas medias de 128 mm de junio a septiembre; las precipitaciones medias mínimas se presentan en los meses de noviembre a febrero, con aproximadamente 7 mm.

En el área media hasta los 3100 msnm, la temperatura media anual es de 15.5°C y la media máxima es de 17°C, para los meses de abril a junio; las temperaturas mínimas medias se presentan en los meses de diciembre a febrero y alcanzan 13.2°C.

Las precipitaciones medias anuales de esta área media son de 914 mm, las medias mínimas ocurren en los meses de noviembre a febrero y son de 8.2 mm, y las precipitaciones medias máximas de 177.1 mm, se presentan de junio a septiembre.

Entre los 2500 y 3000 m, se puede encontrar un bosque mesófilo (vegetación que se desarrolla a temperaturas y, sobre todo, en condiciones de humedad de tipo medio, ni bajas, ni altas) que cubre parte de las laderas. En esta área es característica la vegetación de abundantes epífitas (vegetal que no arraiga en el suelo, sino que se fija a un árbol u otro objeto elevado en el que tenga asegurada la luz y la humedad), como los musgos, los helechos y trepadoras leñosas.

Las especies arbóreas sobresalientes son el encino, el limoncillo y los pinares bajos, que en general crecen asociados; los pinos más comunes son los ocotes (*Pinus moctezumae*) y los (*Pinus hartwegii*). Estos últimos son más resistentes a las condiciones ambientales del área y debido a la contaminación se presentan con poca densidad. En las elevaciones mayores a los 3000 metros, se reconocen los bosques de coníferas, en los que predominan encinos y pinares que alcanzan alturas entre los 5 y 12 metros.

En cuanto al uso de suelo se tiene que el 10.9 % es zona urbana y el 89.1% es zona natural de la cual 0.7 % son asociaciones especiales de vegetación, 1.0 % de zonas industriales, 1.6 % de depósitos de vegetación, 2.5 % para uso pecuario, 25 % de uso agrícola y 69.2 % es de uso forestal.

En la figura 3.6 se muestra el uso de suelo de la cuenca del río Mixcoac.

<sup>1</sup> Cordero, E.M. "El origen y evolución del relieve en la delegación Álvaro Obregón", Tesis de Licenciatura en Geografía, Facultad de filosofía y letras, Colegio de geografía, UNAM, México, 1992.

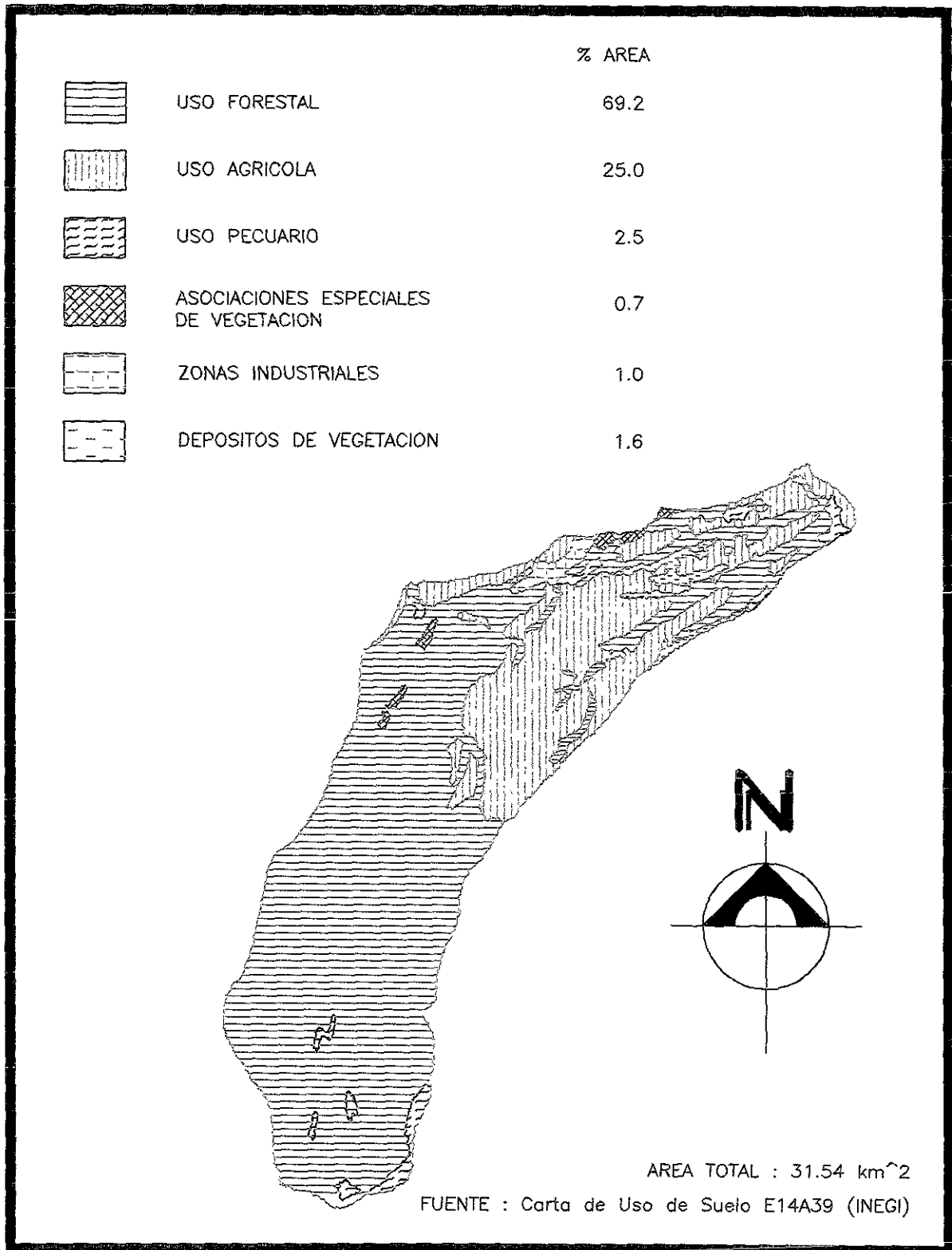


Fig. 3.6 Uso de Suelo de la Cuenca del río Mixcoac



Fig. 3.7a Zona alta boscosa, de la cuenca del río Mixcoac.



Fig. 3.7b Zona media semiurbanizada, de la cuenca del río Mixcoac

### 3.4 Geología<sup>1</sup>

En el aspecto geológico se tiene lo siguiente, el 2 % es de suelo aluvial, el 44 % es roca ígnea Toba y el 54 % es roca ígnea extrusiva intermedia.

Generalmente se encuentran estratos de roca ígnea con pómez, la cual tiene un espesor máximo de 1.50 m y un mínimo de 50 cm. Las pómez son de color blanco, sobre todo en las localidades cercanas al río Mixcoac, donde están mezcladas con tobas arcillosas y areno-arcillosas. Los fragmentos de pómez son de 0.5 cm y hasta 5 cm, bien redondeados.

La pómez es una unidad frecuente en la zona de estudio, se encuentra en estratos casi horizontales, con espesor promedio de 1.50 m; el color de esta unidad es blanco, algunas veces con un tono amarillento. En las laderas del río Mixcoac es muy notorio como a sido explotada siguiendo la disposición de la capa. Presenta poca resistencia a la erosión por su débil compactación y a la humedad.

La pómez fina es poco común por su constitución de pequeños granos menores de 3 mm, el tamaño máximo es de 0.5 cm. Se presenta en forma de lentes en las laderas del río Mixcoac.

Los depósitos de flujo piroclástico es una unidad distribuida y bien cementada en la zona de estudio, el tamaño promedio de éstos es de 2 a 5 cm de diámetro, presentan un color gris-azul, pero contienen algunos clastos de color rosa o café rojizo.

Los depósitos de lahares, es una unidad bien representada en la zona de estudio, con espesor considerable, de hasta 30 m. Presentan una compactación media, están generalmente cementados con tobas y en la mayoría de los casos, los fragmentos de roca son de andesitas de colores muy claros y contienen también una cantidad considerable de pómez.

En la figura 3.8 se muestra la geología de la cuenca del río Mixcoac.

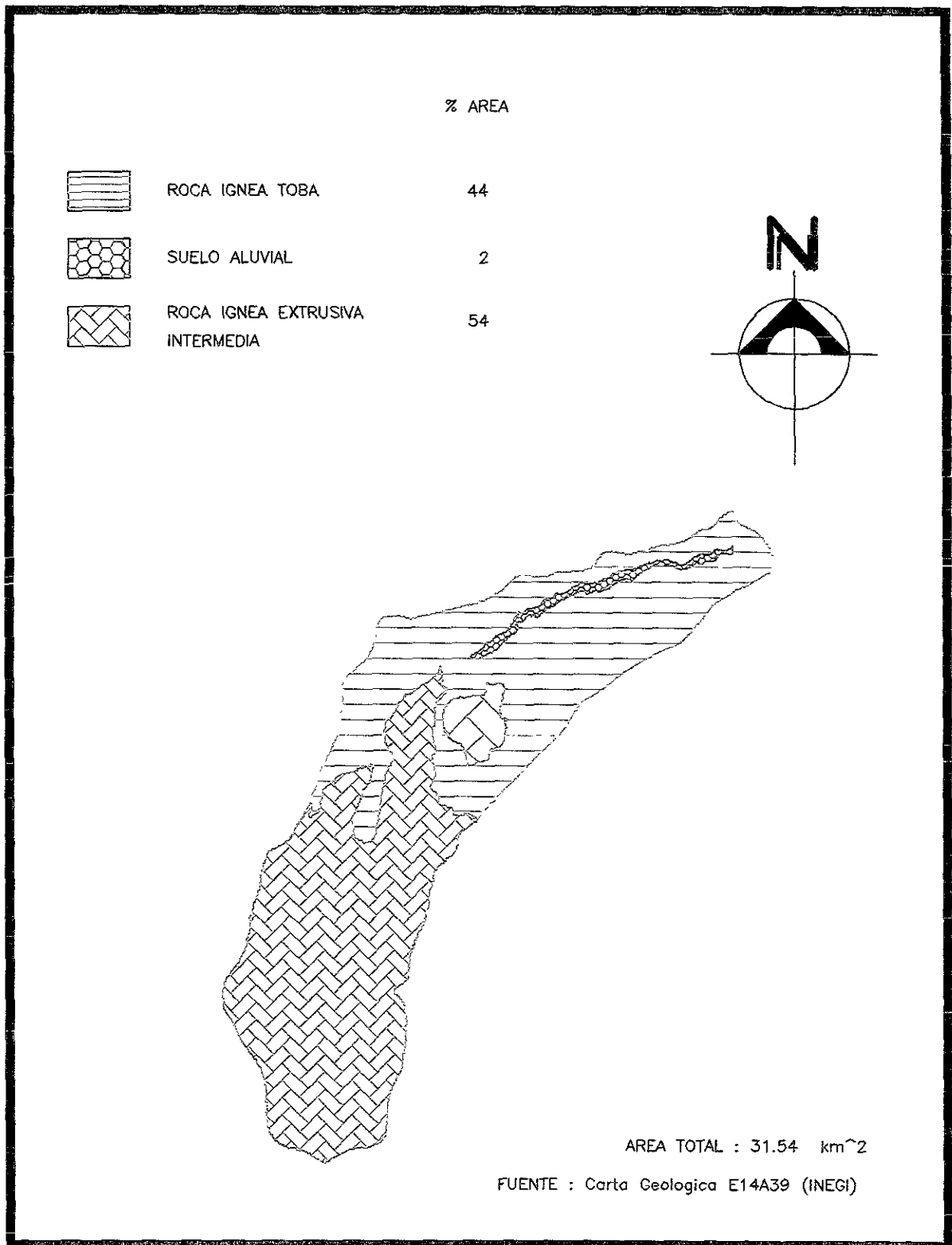


Fig. 3.8 Geología de la Cuenca del río Mixcoac

### 3.6 Edafología<sup>1</sup>

Los suelos de la cuenca del río Mixcoac son el producto de la alteración de la roca madre y de los depósitos volcánicos.

Las unidades de suelo que se tiene en la zona son 0.08 % de regosol Eúrico, el 37% es Andasol y el 62.92% es Feozem.

El regosol eúrico, son suelos de origen volcánico o de procesos de acumulación eólica, poco compactos, tienen un espesor máximo de 30 cm de profundidad; presentan textura gruesa y color café.

Los suelos Andasol, son ricos en materiales volcánicos, con horizontes superficiales oscuros; tienen un espesor máximo de 50 cm, su textura es media y se localiza entre los 3000 y 3800 m.

El Feozem, es un suelo que presenta una secuencia normal en sus horizontes, tiene un espesor máximo de 100 cm, muestra una textura media, y se localiza entre los 2500 y 3000 m de altitud; está en su fase frágica.

En la fig. 3.9 se muestra la edafología de la cuenca del río Mixcoac.



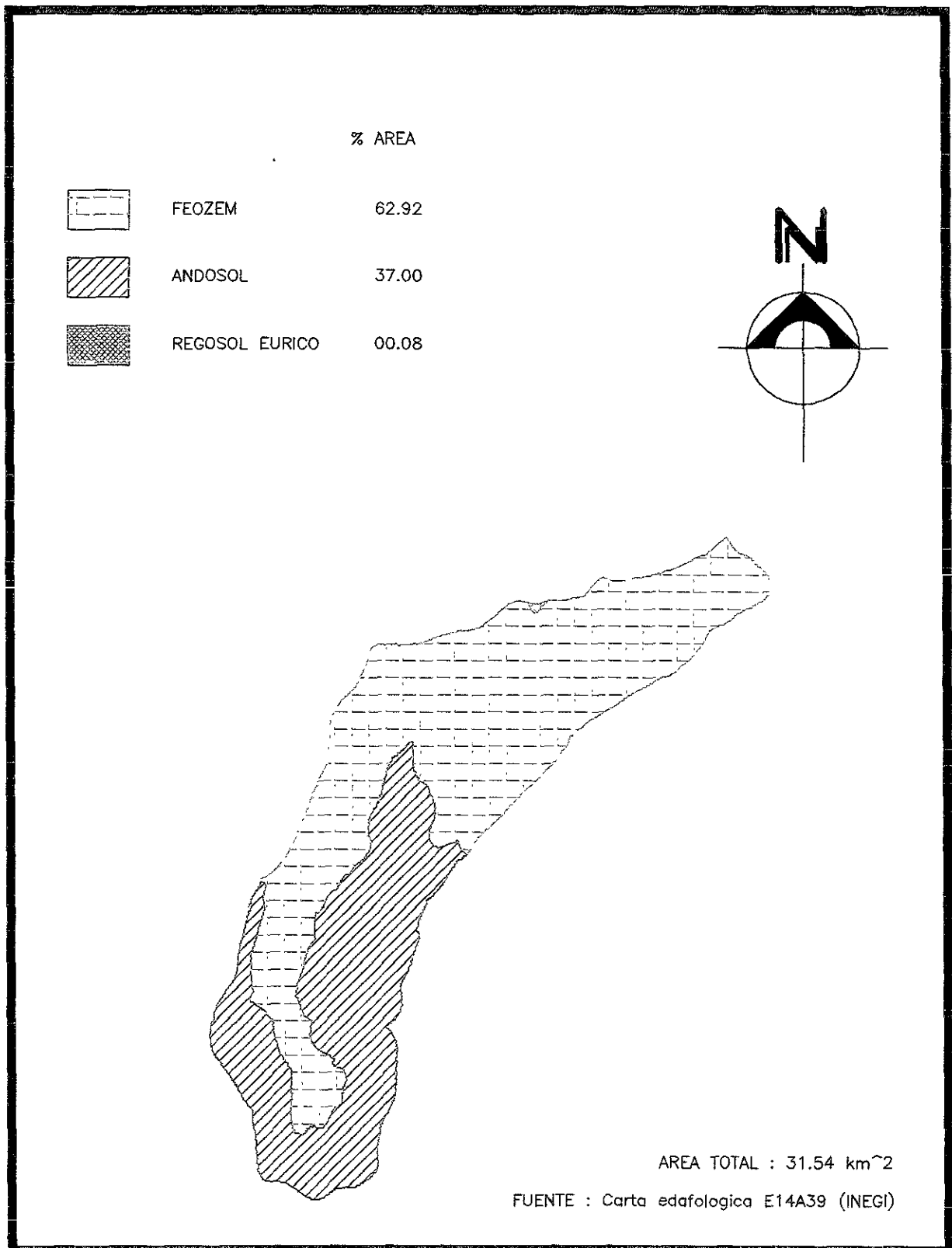


Fig. 3.9 Edafología de la Cuenca del río Mixcoac

#### 4. CÁLCULO DE LOS ESCURRIMIENTOS Y PRECIPITACIONES EFECTIVAS EN LA CUENCA DEL RÍO MIXCOAC

El agua proveniente de la lluvia se infiltra en el suelo hasta que las capas superiores del mismo se saturan; posteriormente el agua comienza a escurrir por la superficie hacia las partes bajas de la cuenca hasta llegar a los ríos. La parte de precipitación que contribuye al escurrimiento superficial se le llama precipitación en exceso o efectiva.

##### 4.1 Determinación de gastos en la cuenca del río Mixcoac

Para la determinación de los gastos en la cuenca del río Mixcoac, es necesario considerar que en la estación hidrométrica se usa un vertedor de sección rectangular en el centro (Fig. 4.1), construido de mampostería, con 5.54 m de ancho, 1.04 m de alto y 0.90 m de espesor; la parte superior esta formado por las orillas o márgenes del cauce de material natural con pasto.

Una de las dificultades para estimar los gastos en la cuenca de estudio fue considerar la sección transversal del vertedor descrito. Primero se calculó el gasto para un vertedor de pared gruesa mediante la ec. 4.1, pero como la altura del fondo a la cresta del vertedor ( $w$ ) es nula, ello representó una dificultad para emplear la ecuación mencionada, que aun así, con algunas consideraciones, podría ser utilizada. Lo que definitivamente impidió aplicar

esta ecuación es que el canal es de sección compuesta (Fig. 4.1) y que todas las tormentas seleccionadas rebasan la sección central, por lo tanto esto impedía emplear la ec. 4.1<sup>2</sup>.

$$Q = \varepsilon_1 C b h^{3/2} \quad (4.1)$$

donde

$$\varepsilon_1 = 0.7 + \frac{0.185}{e/h}$$

$$C = \frac{2}{3} \sqrt{2g\mu}$$

$$\mu = \left[ 0.6035 + 0.0813 \left( \frac{h + 0.0011}{w} \right) \right] \left[ 1 + \frac{0.0011}{h} \right]^{3/2}$$

- $e$  espesor del vertedor de pared gruesa, en m
- $h$  nivel del agua por encima de la cresta del vertedor, en m
- $w$  altura de la cresta sobre el fondo del canal, en m
- $\mu$  coeficiente de gasto para vertedores sin contracciones laterales, propuesto por Rehbock (1929)

Para tomar en cuenta las características del canal y estimar los gastos de manera más precisa, se utilizó el algoritmo del método de Blalock y Sturm, propuesto por Sotelo<sup>3</sup> para flujo gradualmente variado, adecuándolo a la condición del problema, ya que con el algoritmo mencionado se busca determinar los tirantes críticos a partir de un gasto dado y en este caso se desea calcular los gastos a partir de los tirantes medidos con el limnígrafo.

Para iniciar el algoritmo, se parte de la suposición de que los tirantes críticos se obtienen a partir de las lecturas de la estación hidrométrica y a partir de ello se consideran dos etapas en la determinación del gasto buscado. En la primera se calculan los gastos en la sección central del canal usando el método convencional para el cálculo de tirantes críticos en secciones sencillas. Para la segunda se empleará el algoritmo ya mencionado y para una mayor comprensión de éste se analizará, como ejemplo, una de las tormentas.

La tormenta que se analizará será la del 17 al 18 de octubre de 1998. Se estudiará exclusivamente el intervalo de tiempo que corresponde a la duración del escurrimiento directo del hidrograma para no extendernos demasiado en el ejemplo, considerando que es suficiente este intervalo para la demostración del algoritmo.

<sup>2</sup> Hidráulica General, Sotelo G., Editorial Limusa, Capítulo 7

<sup>3</sup> Algoritmo del método de Blalock y Sturm para determinar los tirantes críticos múltiples en canales compuestos, Sotelo G., Ingeniería Hidráulica en México, Vol. XIII, Núm. 1, págs. 51-60, enero-abril 1998.

El algoritmo se basa en el principio de la energía, toma en cuenta la variación del coeficiente  $n$  de Manning con el tirante y considera la importancia de la estimación correcta del coeficiente de corrección de la velocidad ( $\alpha$ ), para predecir correctamente la distribución del gasto entre los canales que se forman en una sección compuesta.

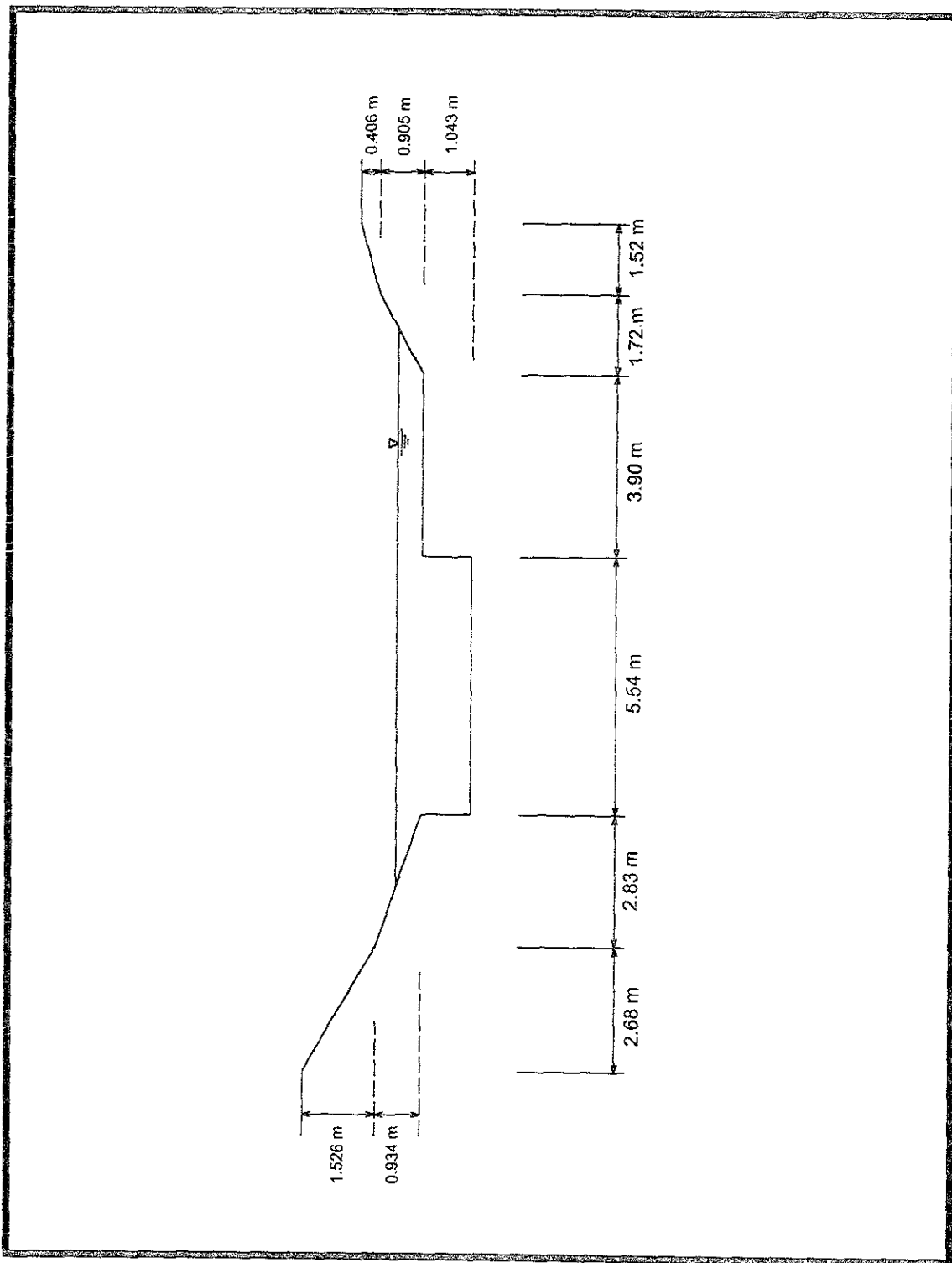


Fig. 4.1 Sección transversal del vertedor de la cuenca Mixcoac

### 4.1.1 Estimación del gasto en la sección central del vertedor

Como se mencionó anteriormente el gasto en el canal se calculó en dos etapas, por lo tanto primero se calcularán los escurrimientos en la sección central del canal (Fig.4.2), es decir, para  $y_c \leq y_m$ . Estos gastos se determinan con las ecuaciones para un canal de sección sencilla. El valor de  $\alpha_1$  se tomó de los propuestos por Kolupaila<sup>4</sup> para ríos naturales y torrentes.

Datos

Fecha: 17-18 de octubre de 1998

Periodo de análisis: 21:30 - 04:30

$b_3 = T_c = 5.54$  m

$y_m = 1.043$  m

$\alpha_1 = 1.5$

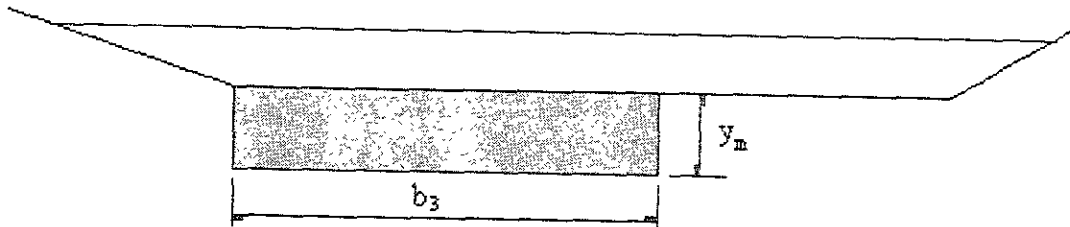


Fig. 4.2 Sección central del vertedor del río Mixcoac

$$A_c = (b_3)(y_c) \quad (4.2)$$

El gasto se calcula como

$$Q = \left[ \frac{(g/\alpha)A_c^3}{T_c} \right]^{1/2} \quad (4.3)$$

El número de Froude es igual a

$$F = \left( \frac{\alpha Q^2 T_c}{g A_c^3} \right)^{1/2} \quad (4.4)$$

<sup>4</sup> Apuntes de Hidráulica II, Sotelo G., Apuntes de la Facultad de ingeniería, UNAM, abril de 1993, pág. 13

El procedimiento que se sigue para  $y_c \leq y_m$  es entonces

Para

$$y_c = 0.11$$

$$T_c = 5.54 \text{ m}$$

$$A_c = (5.54)(0.11) = 0.6094 \text{ m}^2$$

$$Q = 0.5169 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$F = 1$$

Como ya se mencionó antes, el procedimiento para la sección central es el mismo para todos los tirantes que estén dentro de ella y los resultados se muestran en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1 Cálculo del gasto para la sección central del vertedor del río Mixcoac

Hora	$y_c$ (m)	T (m)	A (m <sup>2</sup> )	Q (m <sup>3</sup> /s)	F
21:30	0.11	5.54	0.6094	0.5169	1
21:45	0.11	5.54	0.6094	0.5169	1
22:00	0.41	5.54	2.2714	3.7194	1
22:15	0.71	5.54	3.9334	8.4759	1
22:30	0.88	5.54	4.8752	11.6956	1
22:45	0.95	5.54	5.263	13.1185	1
23:00	0.86	5.54	4.7644	11.2992	1
23:15	0.78	5.54	4.3212	9.7598	1
23:30	0.76	5.54	4.2104	9.3868	1
23:45	0.73	5.54	4.0442	8.8366	1
0:00	0.73	5.54	4.0442	8.8366	1
0:15	0.73	5.54	4.0442	8.8366	1
0:30	0.73	5.54	4.0442	8.8366	1
0:45	0.97	5.54	5.3738	13.5349	1
1:00	1.34				
1:15	1.54				
1:30	1.57				
1:45	1.57				
2:00	1.56				
2:15	1.56				
2:30	1.42				
2:45	1.41				
3:00	1.26				
3:15	1.16				
3:30	1.16				
3:45	0.86	5.54	4.7644	11.299	1
4:00	0.83	5.54	4.5982	10.713	1
4:15	0.48	5.54	2.6592	4.7115	1
4:30	0.41	5.54	2.2714	3.7194	1

$y_c > y_m$

Cuando el tirante rebasa la sección central, el gasto se calcula con el algoritmo para canales de sección compuesta.

### 4.1.2 Estimación del gasto en la sección compuesta del vertedor

Las ecuaciones básicas para  $y_c > y_m$  se obtendrán de manera que se lleve la secuencia de cálculo indicada en la Tabla 4.2. Para determinar las ecuaciones se dividió la sección en subsecciones de cálculo (Fig. 4.3). El valor de  $\alpha_2$  se tomó de los propuestos por Kolupaila<sup>3</sup> para ríos con cauces de inundación y el de  $\alpha_N$  se tomó del ejemplo del artículo<sup>2</sup>.

#### Datos

$$b_3 = 5.54 \text{ m}$$

$$b_4 = 3.90 \text{ m}$$

$$\alpha_2 = 2$$

$$\alpha_N = 2$$

$$c = 12.64$$

$$g' = g = 9.81 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$y_m = 1.043 \text{ m}$$

$$k_{s1} = 0.0015$$

$$k_{s1} = 0.03$$

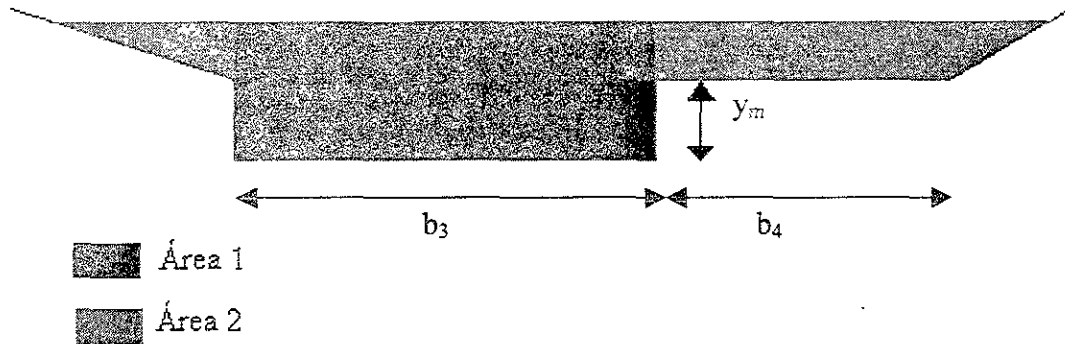


Fig. 4.3 Subsecciones de cálculo para la sección compuesta del vertedor del río Mixcoac

Para mayor facilidad de cálculo se unieron las secciones del área 2, basándonos en las figuras 4.1 y 4.3, y se obtuvo la figura 4.4.



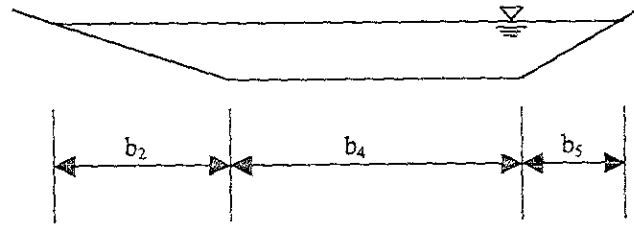
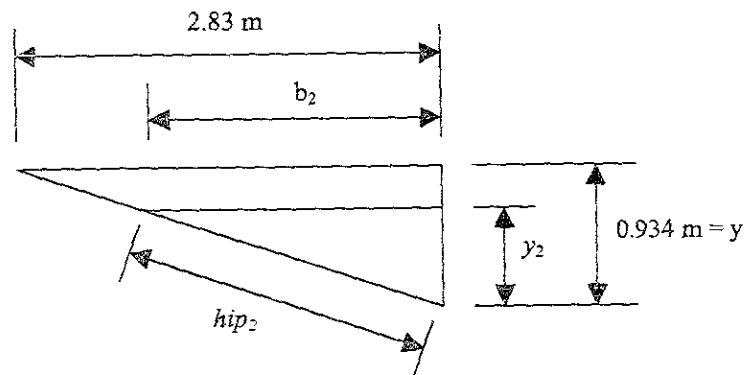


Fig. 4.4 Subsección 2 del vertedor de sección compuesta

Donde, para obtener  $b_2$  se usa lo siguiente



$$y_2 = y - y_m$$

$$m = \frac{0.934}{2.83} = 0.330035$$

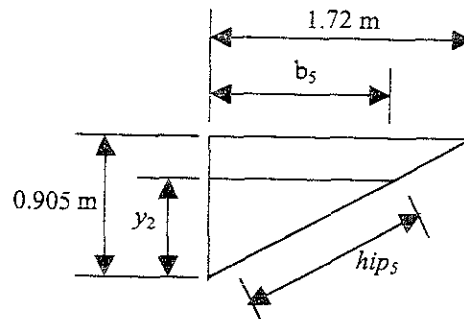
$$b_2 = \frac{y_2}{m}$$

$$b_2 = 3.0299786 y_2$$

$$hip_2 = \sqrt{b_2^2 + y_2^2} = \sqrt{(3.0299786 y_2)^2 + y_2^2}$$

$$hip_2 = 3.191 y_2$$

Para el cálculo de  $b_5$  se procede de manera semejante.



$$m = \frac{0.905}{1.72} = 0.526163$$

$$b_5 = \frac{y_2}{m}$$

$$b_5 = 1.90055y_2$$

$$hip_5 = \sqrt{b_5^2 + y_2^2} = \sqrt{(1.00955y_2)^2 + y_2^2}$$

$$hip_5 = 2.1476y_2$$

$$b_4 = 3.90 \text{ m}$$

Siguiendo la secuencia de la Tabla 4.2, se estima primero las variables correspondientes a la subsección 1.

$$y_c = 1.34 \text{ m}$$

$$y_2 = y_c - y_m = 1.34 - 1.043 = 0.297 \text{ m}$$

$$A_m = (b_3)(y_m) = (5.54)(1.043) = 5.778 \text{ m}^2$$

$$T_1 = b_3 = 5.54 \text{ m}$$

$$A_1 = (b_3)(y)$$

$$A_1 = (5.54)(1.10) = 7.424 \text{ m}^2$$

$$P_1 = b_3 + 2y_m$$

$$P_1 = 5.54 + 2(1.043) = 7.626 \text{ m}$$

$$R_{h1} = A_1/P_1 = 7.424/7.626 = 0.973 \text{ m}$$

Para el cálculo del coeficiente de la rugosidad  $n$  se utiliza la ecuación 11 del artículo<sup>2</sup> y se toman en cuenta los resultados de los experimentos de Sturm y Sadiq, mencionados en este mismo artículo, es decir, que una vez rebasado el nivel de la sección central, el valor de  $n$  en la sección lateral (Área 2 en la figura 4.3) se predice con la ecuación mencionada y en la sección principal (Área 1 en la figura 4.3) es 1.19 veces mayor, por lo tanto, de la fórmula de Darcy-Weisbach

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = \alpha_N \log \frac{cR_{hi}}{k_{s1}}$$

Mediante la ecuación de conversión de  $f$  a  $n$  (ANEXO 1), para incluir la ecuación de Nikuradse cuando la pared se comporta como hidráulicamente rugosa, se tiene que

$$n_1 = (1.19) \left( \frac{R_{hi}^{1/6}}{\sqrt{8g} \alpha_N \log \frac{cR_{hi}}{k_{s1}}} \right)$$

$$n_1 = (1.19) \left\{ \frac{0.973^{1/6}}{\left[ \sqrt{8(9.81)} \right] (2) \left[ \log \frac{(12.64)(0.973)}{0.0015} \right]} \right\}$$

$$n_1 = 0.01708$$

$$K_1 = \frac{A_1 R_{hi}^{2/3}}{n_1} = \frac{(7.424)(0.973^{2/3})}{0.01708} = 426.829$$

Considerando que  $\alpha$  se expresa en términos de las variables de cada subsección  $i$  en que se divide el vertedor, en la forma

$$\alpha = \frac{A^2}{K^3} \sum \left( \frac{\alpha_i K_i^3}{A_i^2} \right) \quad (4.5)$$

Por lo tanto para la subsección 1

$$\frac{\alpha_1 K_1^3}{A_1^2} = \frac{(1.5)(426.829^3)}{7.424^2} = 2' 116, 526.586$$

Una vez determinadas las variables en la subsección 1, se determinan las de la 2 (Fig. 4.3)

$$T_2 = b_2 + b_3 + b_4 = 3.02998y_2 + 3.90 + 1.9006y_2$$

$$T_2 = 3.02998(0.297) + 3.90 + 1.9006(0.297)$$

$$T_2 = 5.364 \text{ m}$$

$$A_2 = (b_3 + T_2)(y_2/2) = (3.90 + 5.364)(0.297/2)$$

$$A_2 = 1.376 \text{ m}^2$$

$$P_2 = hip_2 + b_3 + hip_5 = 3.191y_2 + 3.90 + 2.148y_2$$

$$P_2 = (3.1907)(0.297) + 3.90 + (2.1476)(0.297) = 5.485 \text{ m}$$

$$R_{h2} = A_2/P_2 = 1.376/5.485$$

$$R_{h2} = 0.251 \text{ m}$$

Para la subsección 2 el coeficiente de rugosidad vale

$$n_2 = \left( \frac{R_{h2}^{1/6}}{\sqrt{8g\alpha_v} \log \frac{cR_{h2}}{k_{s2}}} \right)$$

$$n_2 = \left\{ \frac{0.251^{1/6}}{\left[ \sqrt{8(9.81)} \right] (2) \left[ \log \frac{(12.64)(0.251)}{0.03} \right]} \right\}$$

$$n_2 = 0.0221$$

$$K_2 = \frac{A_2 R_{h2}^{2/3}}{n_2} = \frac{(1.376)(0.251^{2/3})}{0.0221} = 24.707$$

$$\frac{\alpha_2 K_2^3}{A_2^2} = \frac{(2.0)(24.707^3)}{1.376^2} = 15931.37$$

$$A = A_1 + A_2 = 7.424 + 1.376$$

$$A = 8.80 \text{ m}^2$$

$$P = P_1 + P_2 = 7.626 + 5.485$$

$$P = 13.111 \text{ m}$$

$$R_h = A/P = 8.80/13.111$$

$$R_h = 0.671$$

$$K = K_1 + K_2 = 426.829 + 24.707$$

$$K = 451.536$$

$$T = T_1 + T_2 = 5.54 + 5.364$$

$$T = 10.904$$

Para los cálculos posteriores es necesario utilizar las variables  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  y  $\sigma_3$  (ANEXO 1), donde

$$\sigma_{1(i)} = \sum \left[ \alpha_i \left( \frac{K_i}{A_i} \right)^3 \left( 3T_i - 2R_{h_i} \frac{dP_i}{dy} - 3 \frac{A_i}{n_i} \frac{dn_i}{dy} \right) \right] \quad (4.6)$$

$$\sigma_2 = \sum \left( \frac{\alpha_i K_i^3}{A_i} \right) \quad (4.7)$$

$$\sigma_{3(i)} = \sum \left[ \left( \frac{K_i}{A_i} \right) \left( 5T_i - 2R_{hi} \frac{dP_i}{dy} - 3 \frac{A_i}{n_i} \frac{dn_i}{dy} \right) \right] \quad (4.8)$$

el valor de  $\sigma_2$  es entonces

$$\begin{aligned} \sigma_2 &= \sum \left( \frac{\alpha_i K_i^3}{A_i} \right) = \frac{\alpha_1 K_1^3}{A_1^2} + \frac{\alpha_2 K_2^3}{A_2^2} \\ \sigma_2 &= 2\,116\,526.586 + 15\,936.53 \\ \sigma_2 &= 2\,132\,463.116 \end{aligned}$$

De la ec. 4.5

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{A^2}{K^3} \sum \left( \frac{\alpha_i K_i^3}{A_i} \right) = \frac{A^2}{K^3} \sigma_2 = \frac{8.80^2}{451.536^3} (2\,132\,463.116) \\ \alpha &= 1.794 \end{aligned}$$

El término  $\frac{A_i}{n_i} \frac{dn_i}{dy}$  de las ecs 4.6 y 4.8 es (ANEXO 1):

$$\frac{A_i}{n_i} \frac{dn_i}{dy} = \left[ \frac{1}{6} - 0.434294 \alpha_N \sqrt{8g} \frac{n_i}{R_{hi}^{1/6}} \right] \left( T_i - R_{hi} \frac{dP_i}{dy} \right) \quad (4.9)$$

La ec. 4.9 involucra al término  $\frac{dP_i}{dy}$ , que afecta la rugosidad al variar el perímetro mojado con respecto al tirante y no es propiamente una derivada, sino sólo la magnitud del cambio del perímetro mojado con respecto al tirante, lo mismo que  $dn/dy$  representa la magnitud del cambio del coeficiente de rugosidad con respecto al tirante. Por lo tanto

$$\frac{dP_1^{j+1}}{dy} = \frac{dP_1^{j+1}}{dy} - \frac{dP_1^j}{dy}$$

donde

$j$  intervalo de tiempo

con  $i = 0$

$$\frac{dP_1}{dy} = 7.626 - 7.626 = 0$$

Por la forma de la sección 1 (Fig. 4.3), una vez rebasada la sección central del vertedor,  $\frac{dP_1}{dy}$  siempre será igual a cero.

De manera similar para el área 2

$$\frac{dP_2^{j+1}}{dy} = \frac{dP_2^{j+1}}{dy} - \frac{dP_2^j}{dy}$$

con  $j = 0$ ,  $\frac{dP_2}{dy}$  se considera igual a cero, y sólo se muestra el cálculo para  $j = 1$  como ejemplo del procedimiento.

$$\frac{dP_2}{dy} = 6.5531 - 5.4855 = 1.0677$$

Tomando entonces la ec. 4.9, para el área 1

$$\frac{A_1}{n_1} \frac{dn_1}{dy} = \left[ \frac{1}{6} - 0.434294 \alpha_N \sqrt{8g} \frac{n_1}{R_{h2}^{1/6}} \right] \left( T_1 - R_{h1} \frac{dP_1}{dy} \right)$$

$$\frac{A_1}{n_1} \frac{dn_1}{dy} = \left[ \frac{1}{6} - 0.434294(2) \sqrt{8(9.81)} \frac{0.01708}{0.973^{1/6}} \right] [5.54 - 0.973(0)]$$

$$\frac{A_1}{n_1} \frac{dn_1}{dy} = 0.192$$

Para el área 2, la ec. 4.9 es igual a

$$\frac{A_2}{n_2} \frac{dn_2}{dy} = \left[ \frac{1}{6} - 0.434294 \alpha_N \sqrt{8g} \frac{n_2}{R_{h2}^{1/6}} \right] \left( T_2 - R_{h2} \frac{dP_2}{dy} \right)$$

$$\frac{A_2}{n_2} \frac{dn_2}{dy} = \left[ \frac{1}{6} - 0.434294(2)\sqrt{8(9.81)} \frac{0.0221}{0.251^{1/6}} \right] [5.364 - 251(0)]$$

$$\frac{A_2}{n_2} \frac{dn_2}{dy} = -0.257$$

Para la sección 1,  $i$  es igual a 1 y por lo tanto de la ec. 4.6 se tiene

$$\sigma_{1(1)} = \alpha_1 \left( \frac{K_1}{A_1} \right)^3 \left( 3T_1 - 2R_{h1} \frac{dP_1}{dy} - 3 \frac{A_1}{n_1} \frac{dn_1}{dy} \right)$$

$$\sigma_{1(1)} = 1.5 \left( \frac{426.829}{7.424} \right)^3 [3(5.54) - 2(0.973)(0) - 3(0.192)]$$

$$\sigma_{1(1)} = 4\,574\,424.802$$

Para la sección 2,  $i$  es igual a 2, entonces se obtiene

$$\sigma_{1(2)} = \alpha_2 \left( \frac{K_2}{A_2} \right)^3 \left( 3T_2 - 2R_{h2} \frac{dP_2}{dy} - 3 \frac{A_2}{n_2} \frac{dn_2}{dy} \right)$$

$$\sigma_{1(2)} = 2.0 \left( \frac{24.707}{1.376} \right)^3 [3(5.364) - 2(0.251)(0) - 3(-0.257)]$$

$$\sigma_{1(2)} = 195\,350.97$$

$$\sigma_1 = \sigma_{1(1)} + \sigma_{1(2)} = 4\,574\,424.802 + 195\,350.97$$

$$\sigma_1 = 4\,769\,775.772$$

Para el cálculo de  $\sigma_3$ , se procedió de manera similar tomando la ec. 4.8

$$\sigma_{3(i)} = \sum \left[ \left( \frac{K_i}{A_i} \right)^3 \left( 5T_i - 2R_{hi} \frac{dP_i}{dy} - 3 \frac{A_i}{n_i} \frac{dn_i}{dy} \right) \right]$$

Para la sección 1

$$\sigma_{3(1)} = \left( \frac{K_1}{A_1} \right)^3 \left( 5T_1 - 2R_{h1} \frac{dP_1}{dy} - 3 \frac{A_1}{n_1} \frac{dn_1}{dy} \right)$$



$$\sigma_{3(1)} = \left( \frac{426.829}{7.424} \right) [5(5.54) - 2(0.973)(0) - 3(0.192)]$$

$$\sigma_{3(1)} = 1559.56$$

Para la sección 2

$$\sigma_{3(2)} = \left( \frac{K_2}{A_2} \right) \left( 5T_2 - 2R_{h2} \frac{dP_2}{dy} - 3 \frac{A_2}{n_2} \frac{dn_2}{dy} \right)$$

$$\sigma_{3(2)} = \left( \frac{24.707}{1.376} \right) [5(5.485) - 2(0.0548)(0) - 3(-0.257)]$$

$$\sigma_{3(2)} = 495.53$$

$$\sigma_3 = \sigma_{3(1)} + \sigma_{3(2)} = 1559.56 + 495.53$$

$$\sigma_3 = 2055.09$$

Para determinar el gasto  $Q$  para cada tirante crítico en la sección compuesta del vertedor se obtiene el número de Froude para canales de sección compuesta (ANEXO 1)

$$F_s = \left[ \frac{Q^2}{2g'K^3} \left( \frac{\sigma_2\sigma_3}{K} - \sigma_1 \right) \right]^{1/2} \quad (4.10)$$

El cual adquiere el valor de 1, cuando se presente el tirante crítico y con el se tiene la energía específica mínima.

donde

$$\frac{\sigma_2\sigma_3}{K} - \sigma_1 = \frac{(2132463.116)(2055.09)}{451.536} - 4769775.772$$

$$\frac{\sigma_2\sigma_3}{K} - \sigma_1 = 4935774.224$$

De la ec. 4.10, con  $F_s$  igual a 1, se obtiene la ecuación para estimar el gasto en la sección compuesta del vertedor

$$Q = \left( \frac{2gK^3}{\frac{\sigma_2\sigma_3}{K} - \sigma_1} \right)^{1/2}$$

$$Q = \left[ \frac{2(9.81)(451.536^3)}{4935774.224} \right]^{1/2}$$

$$Q = 19.13 \text{ m}^3/\text{s}$$

De manera semejante se hicieron los cálculos de los gastos para los restantes tirantes que rebasaban el nivel del canal principal y los resultados se anotaron en la Tabla 4.2.

El gasto de las tormentas restantes se calculó con el mismo procedimiento, es decir, a partir de las lecturas de los limnigramas, se tomaron éstas como los tirantes críticos y se determinaron los gastos con las ecuaciones correspondientes a un canal sencillo para la sección central y utilizando el algoritmo del método de Blalock y Storm para la sección compuesta, los cuales se anotaron en las tablas de registros del ANEXO 2.

Los gastos obtenidos se dibujaron en una gráfica llamada hidrograma, la cual representa el gasto que pasa por una sección del río, en función del tiempo. Los hidrogramas de las fechas de estudio se muestran en las figuras 4.5.



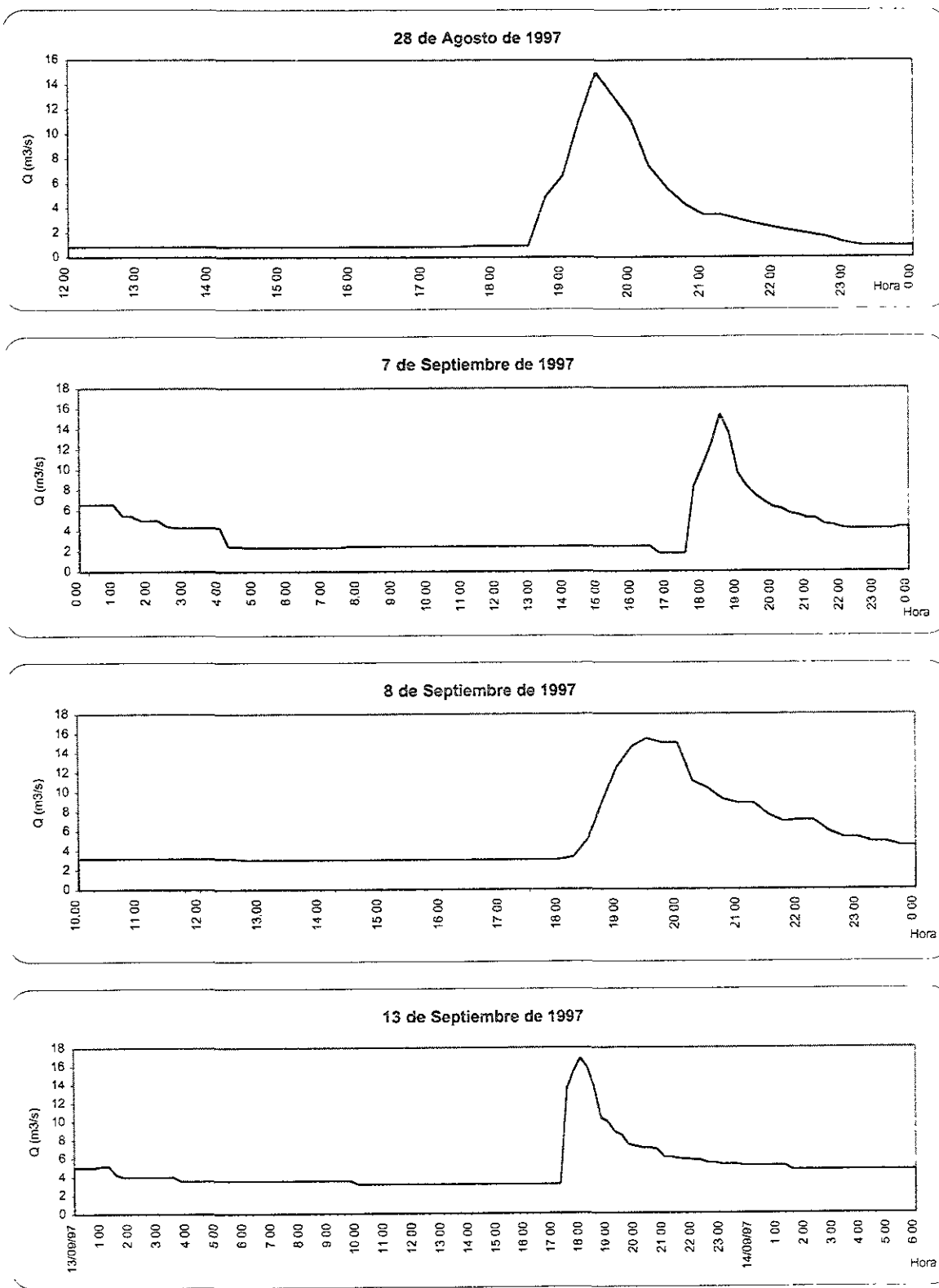


Fig. 4.5a Hidrogramas de escurrimiento de las fechas de estudio, en la cuenca del río Mixcoac

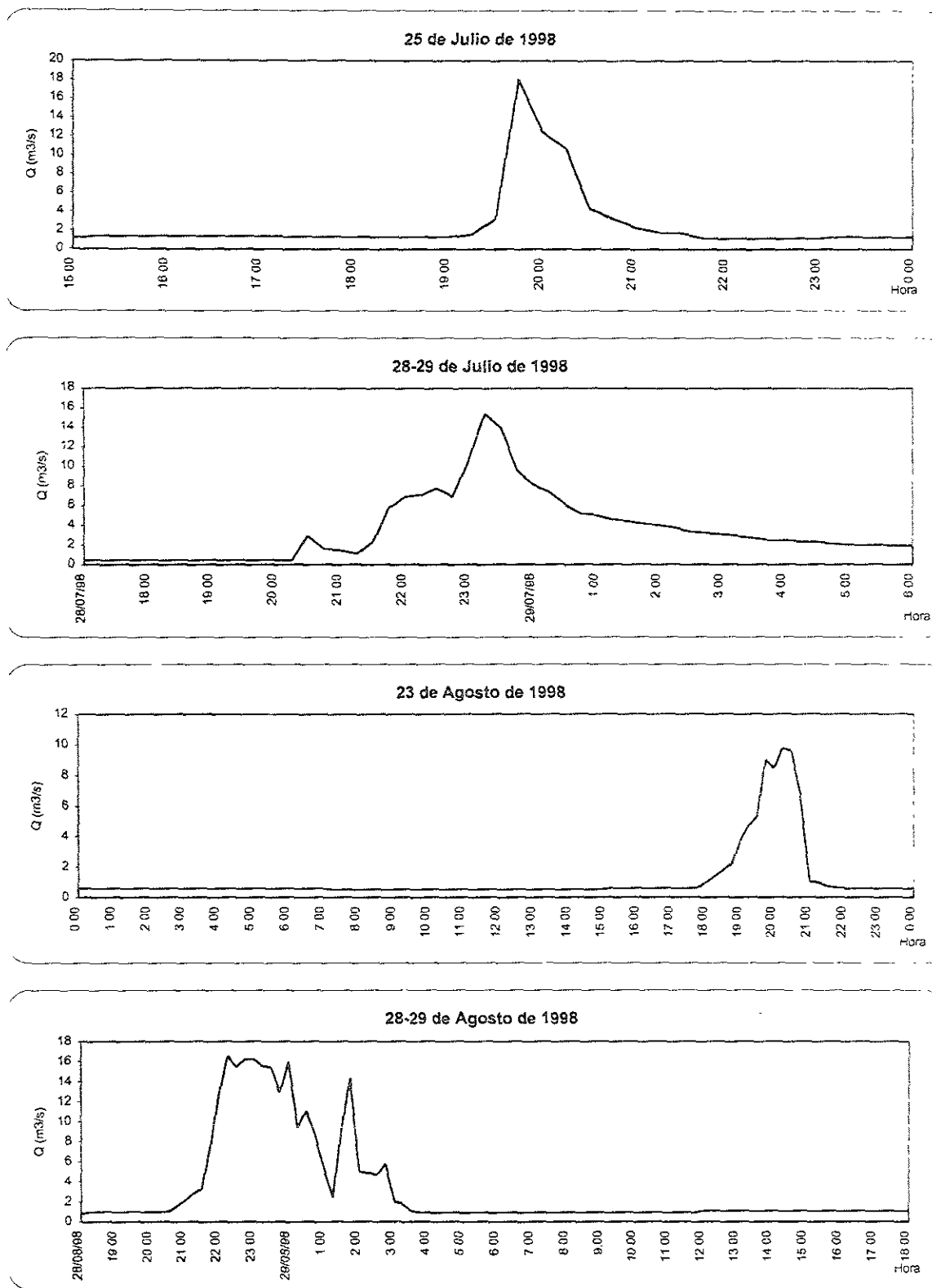


Fig. 4.5b Hidrogramas de escurrimiento de las fechas de estudio, en la cuenca del río Mixcoac

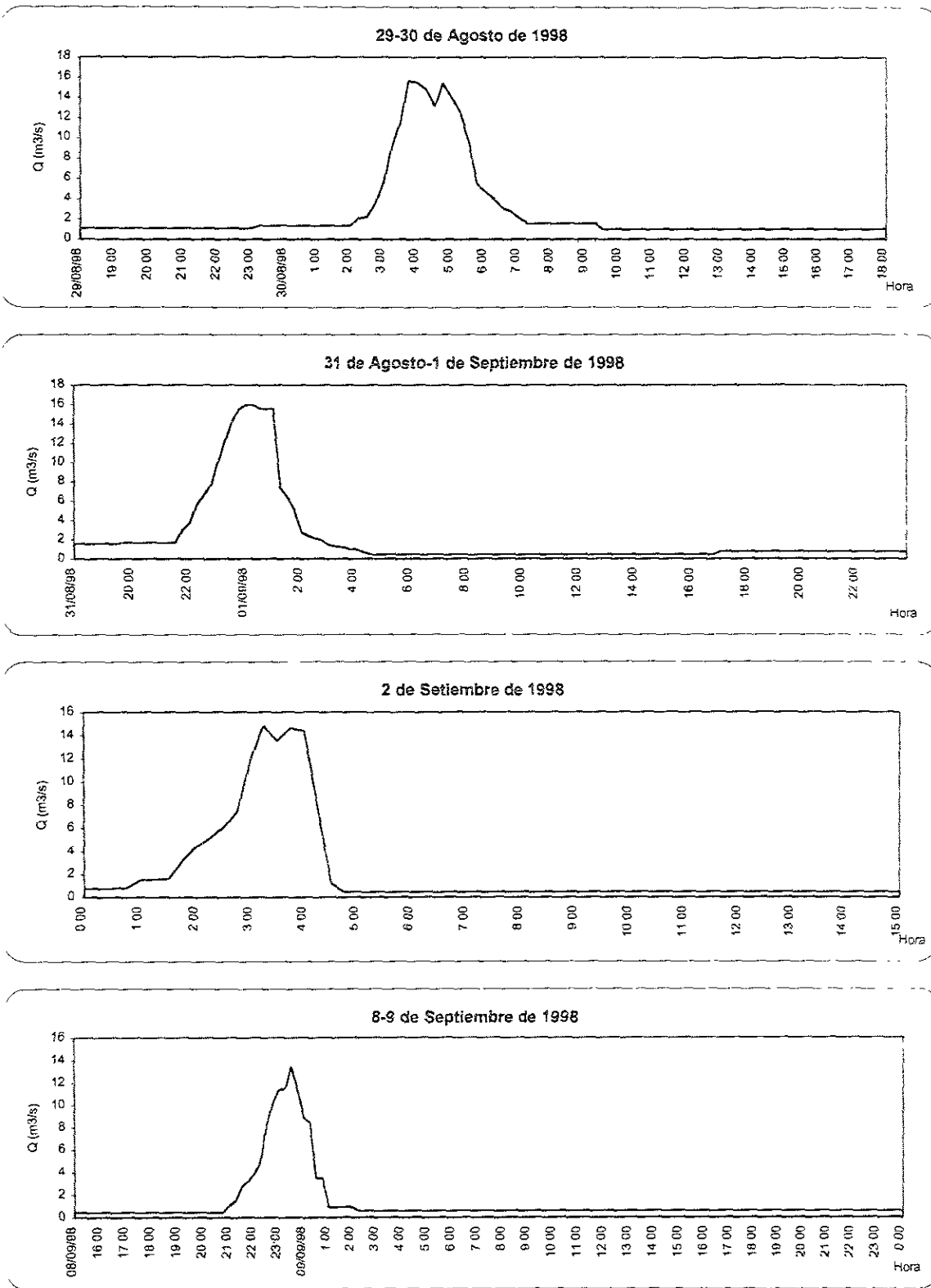


Fig. 4.5c Hidrogramas de escurrimiento de las fechas de estudio, en la cuenca del río Mixcoac

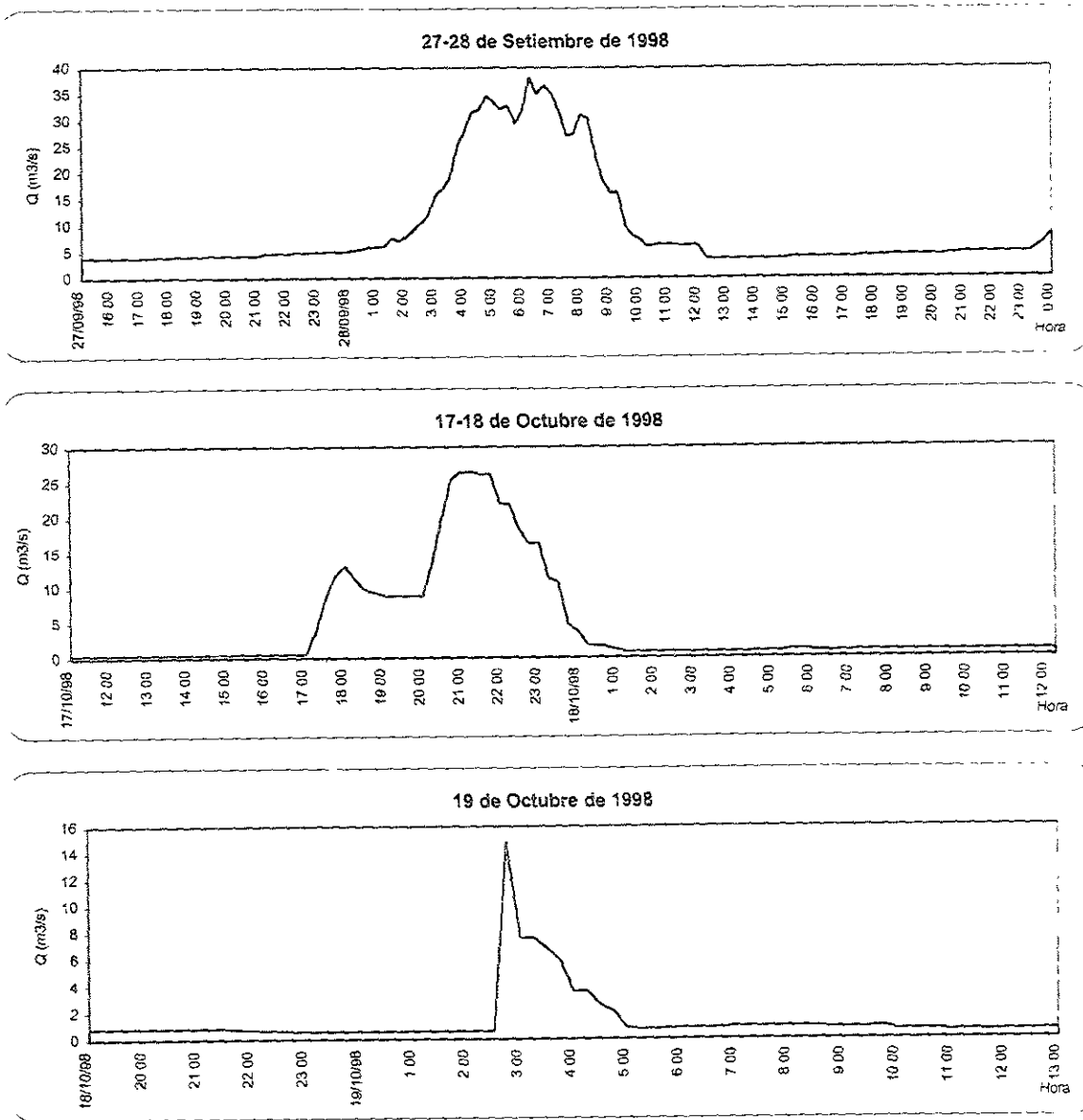


Fig. 4.5d Hidrogramas de escurrimiento de las fechas de estudio, en la cuenca del río Mixcoac

### 4.1.3 Cálculo del escurrimiento directo

El agua proveniente de la lluvia que escurre por la superficie del terreno se le llama escurrimiento o flujo superficial, la parte de lluvia que se infiltra da origen al escurrimiento subsuperficial y subterráneo.

El escurrimiento subsuperficial fluye a poca profundidad y casi paralelamente a la superficie del suelo. Esto puede ocurrir cuando exista un estrato impermeable paralelo a la superficie del suelo, su efecto puede ser inmediato o retardado dependiendo de las características del suelo.

El escurrimiento subterráneo se debe al agua que se encuentra en la zona de saturación del suelo. Este escurrimiento se realiza muy lentamente comparado con el superficial.

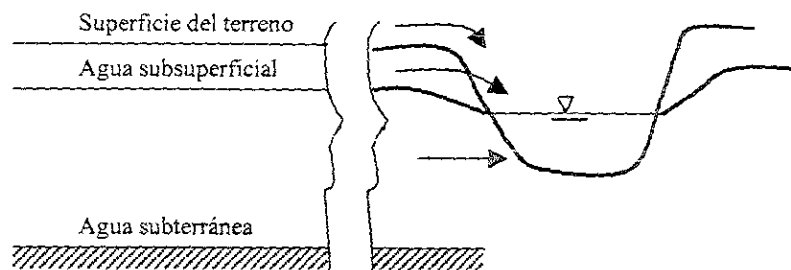


Fig. 4.6 Escurrimientos de aportación a un río

Dependiendo de la rapidez de desplazamiento, el escurrimiento se puede clasificar en:

- a) Escurrimiento directo, el cual está formado por los flujos de superficie y subsuperficial rápido, tiene una respuesta rápida a la lluvia, es el que se considera como resultado de la lluvia en exceso. El escurrimiento directo es el que provoca las inundaciones.
- b) Escurrimiento base, es el que se encuentra formado por los escurrimientos subsuperficial lento y el subterráneo, no depende necesariamente de la lluvia inmediata. Las corrientes perennes (fluyen todo el año) se deben al escurrimiento base.



La teoría del hidrograma unitario se aplica normalmente sólo al escurrimiento superficial y a la parte de lluvia que lo produce. Se excluye de la teoría a la lluvia que se infiltra en el terreno y forma parte posteriormente del escurrimiento base o subterráneo. Esto trae consigo la necesidad de separar en el hidrograma total, al escurrimiento superficial del flujo base para obtener la lluvia efectiva.

En la figura 4.7 se muestra el hidrograma producido por una tormenta; para su análisis distinguimos las siguientes partes:

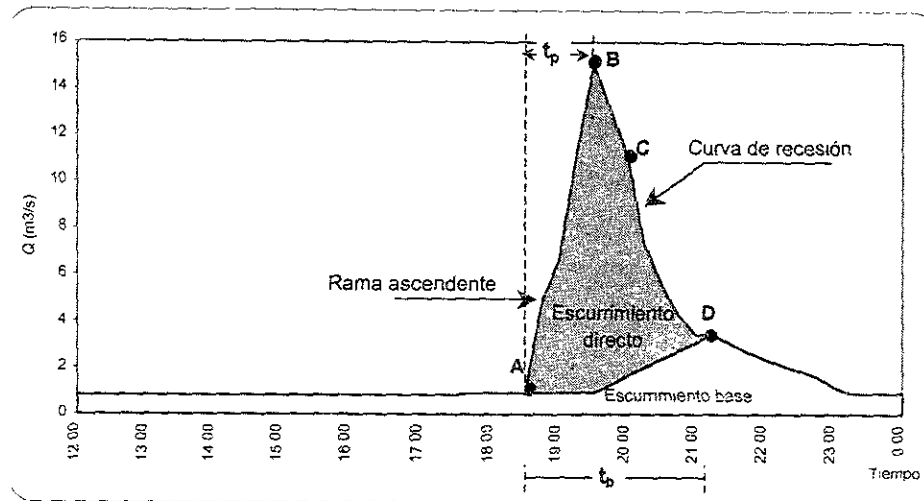


Fig. 4.7 Hidrograma producido por una tormenta

**A** (punto de levantamiento), se inicia el escurrimiento directo, es decir, el agua en exceso producida por la tormenta llega a la salida de la cuenca.

**B** (pico), es el gasto máximo producido por la tormenta.

**C** (punto de inflexión), en este punto es aproximadamente cuando termina el flujo sobre el terreno, y, de aquí en adelante, lo que queda de agua en la cuenca escurre por los canales y como escurrimiento subterráneo.

**D** (final del escurrimiento directo), finaliza el escurrimiento directo, continuando el escurrimiento base.

$T_p$  (tiempo pico), es el tiempo que transcurre desde el punto de levantamiento hasta el pico del hidrograma.

$T_b$  (tiempo base), es el tiempo que transcurre desde el punto de levantamiento hasta el punto final del escurrimiento directo.

**Rama ascendente**, es la parte del hidrograma que va desde el punto de levantamiento hasta el pico.

**Curva de recesión**, es la curva de vaciado de la cuenca.

Para separar el escurrimiento directo del base se puede utilizar alguno de los siguientes métodos:

- La frontera se define trazando una recta horizontal que parte del punto A y llega hasta donde corta al hidrograma.
- La frontera se define trazando una recta entre los puntos A y D. Para encontrar el punto D se obtiene la curva de vaciado<sup>5</sup> del escurrimiento base.

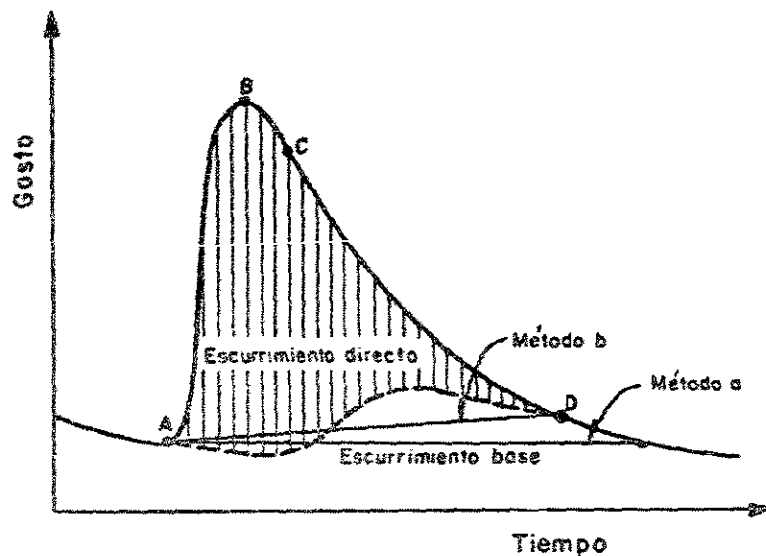


Fig. 4.8 Separación de los escurrimientos directo y base

- Se traza una horizontal a partir del punto de inflexión A, hasta la proyección del punto B (punto B'), se calcula N como

$$N = 0.827 A^{0.2}$$

donde

- N tiempo de vaciado del escurrimiento directo, en días  
 A área de la cuenca, en km<sup>2</sup>

<sup>5</sup> Domínguez, M. R. "Eskurrimento", Cap. A.1.3 del Manual de Diseño de Obras Civiles, Comisión Federal de Electricidad, México, 1981.

A partir del punto B' se toma una distancia horizontal igual a N para definir el punto D, y se traza una recta entre B' y D.

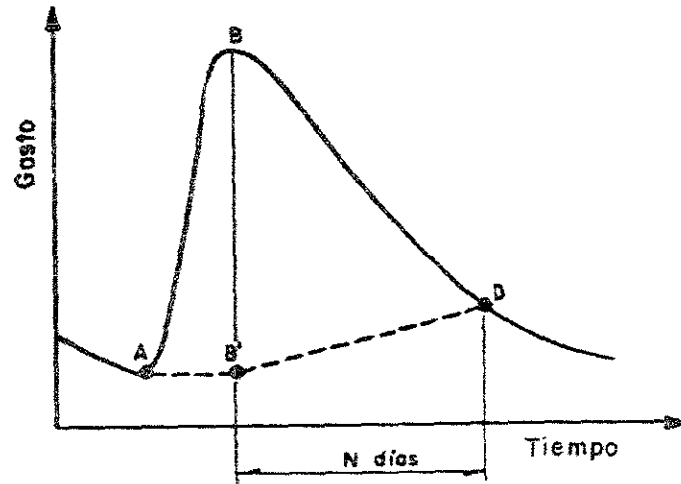


Fig. 4.9 Separación del escurrimiento con el método c

La separación del escurrimiento directo y base para las fechas de este estudio se presentan en las figuras 4.10, los datos se pueden ver en las tablas de registros del ANEXO 2.

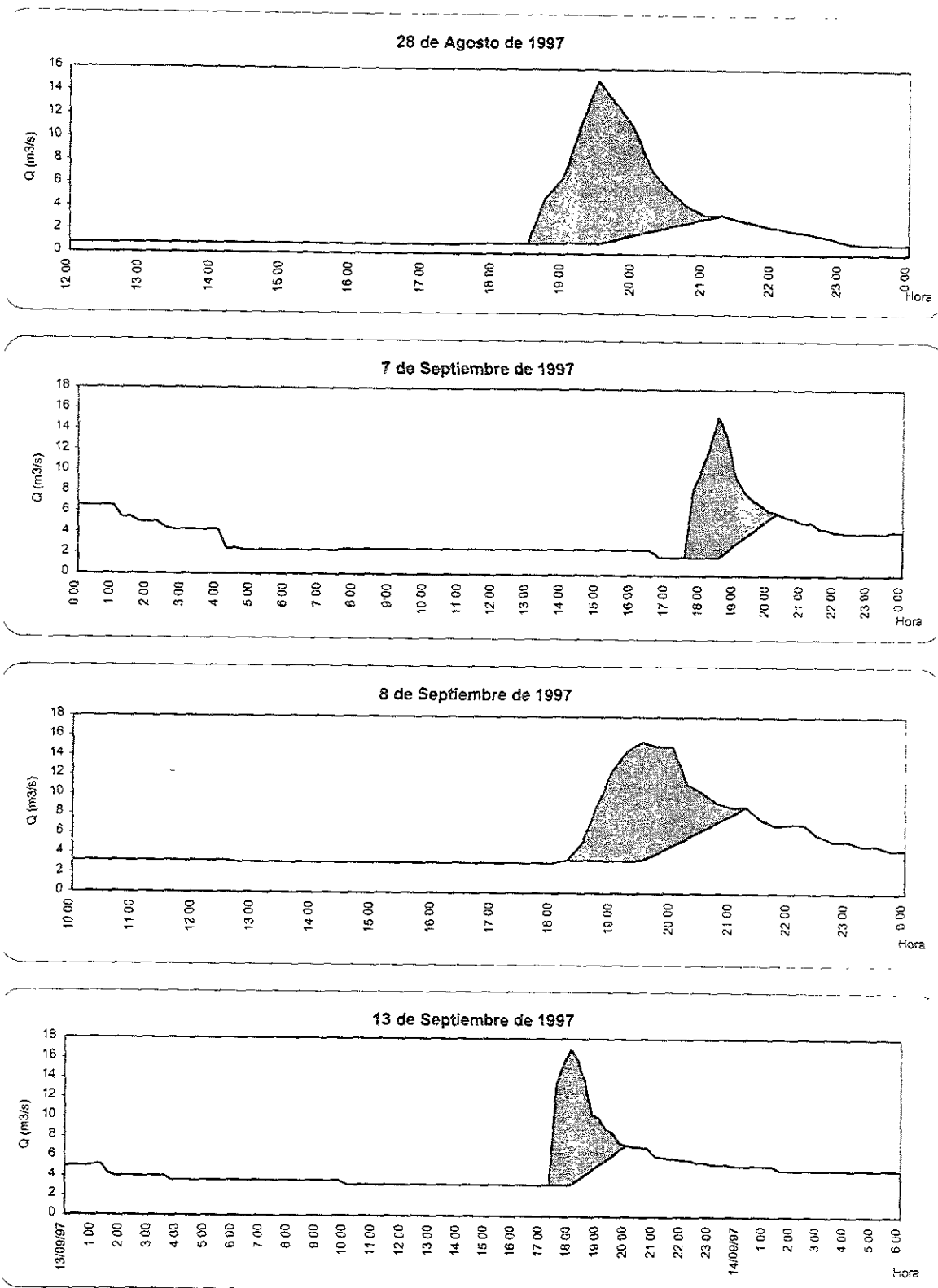


Fig. 4.10a Separación de los escurrimientos base y directo

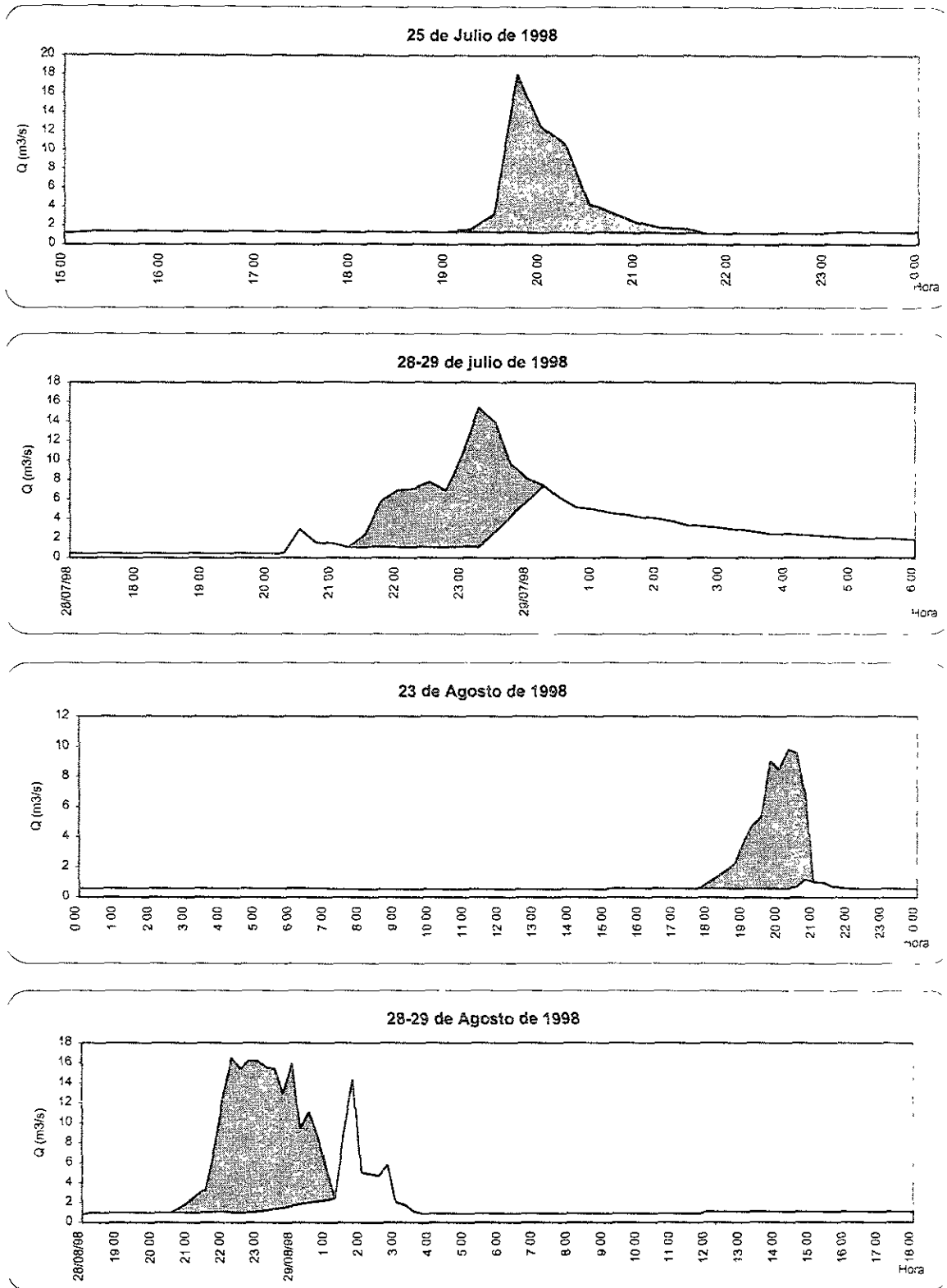


Fig. 4.10b Separación de los escurrimientos base y directo

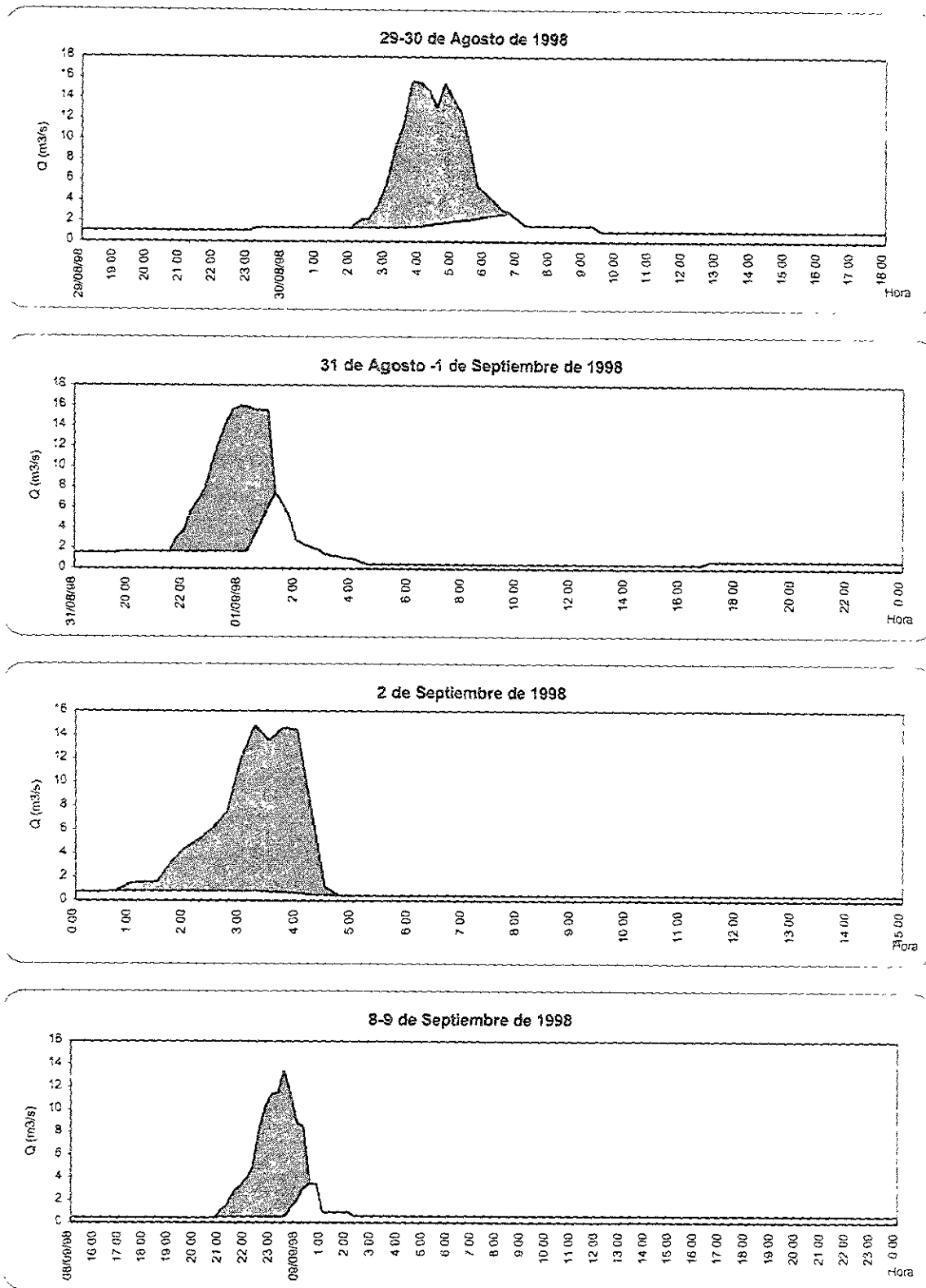


Fig. 4.10c Separación de los escurrimientos base y directo

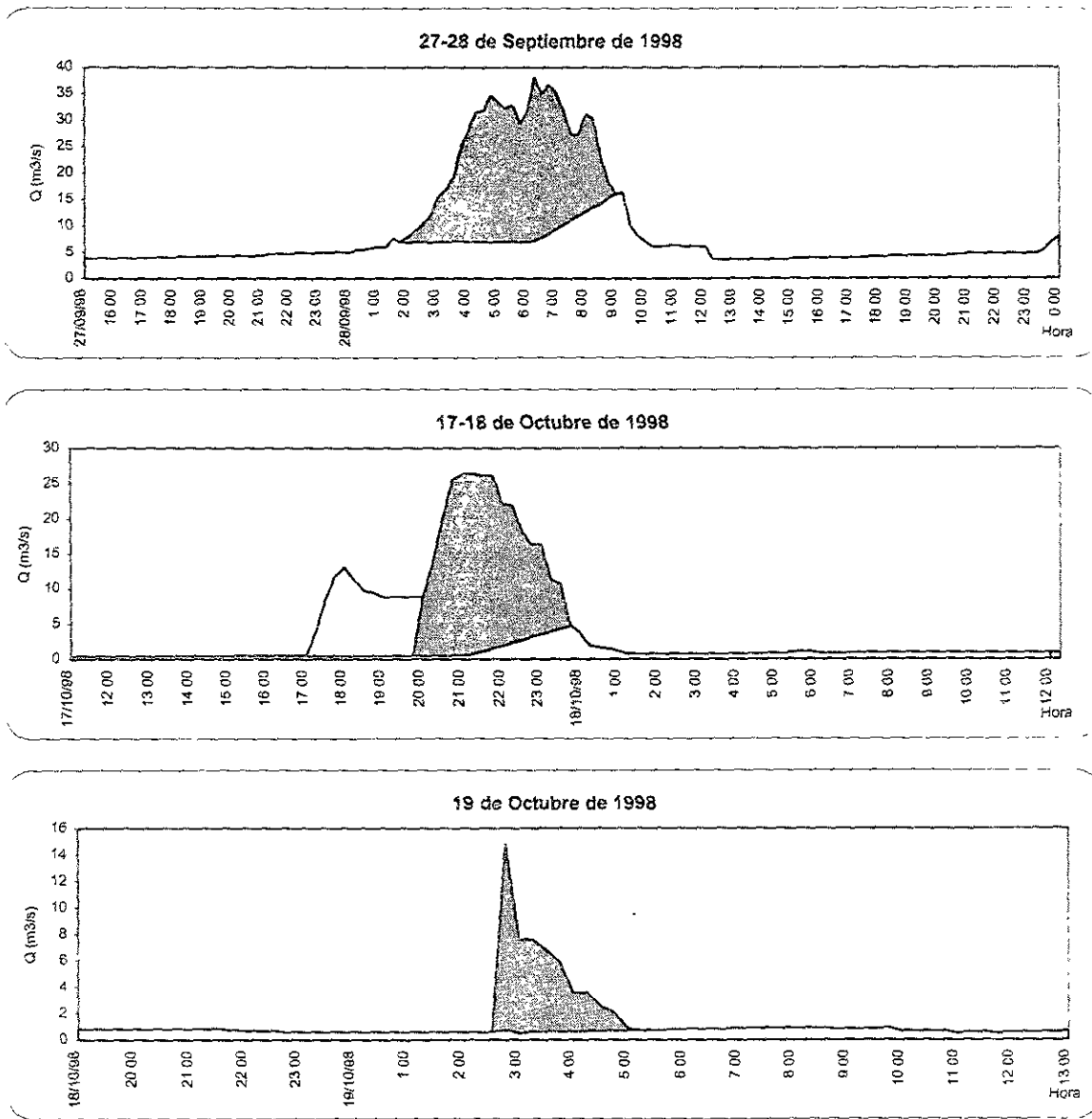


Fig. 4.10d Separación de los escurrimientos base y directo

## 4.2 Cálculo de la precipitación media

Al promedio de las mediciones registradas por los pluviómetros se le llama precipitación media.

Existen tres métodos para calcular la precipitación media sobre un área:

- a) Método aritmético. Es el promedio aritmético de las alturas de precipitación registradas en cada estación:

$$\overline{h_p} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n h_{pi}$$

donde:

- $\overline{h_p}$  altura de precipitación media  
 $h_{pi}$  altura de precipitación registrada en la estación i  
n número de estaciones bajo análisis

Este método da un buen resultado cuando se tiene una gran densidad de estaciones en la cuenca ya que considera que todas las estaciones tienen la misma influencia en la zona.

- b) Método de Thiessen. Toma en cuenta el área de influencia de cada una de las estaciones, por lo que se requiere de la localización de las estaciones influyentes en la zona. Éste método es más exacto que el método de la media aritmética.
- c) Método de Isoyetas. Con este método se obtienen mejores resultados ya que al construir el mapa de isoyetas se puede incluir el posible efecto orográfico. También se requiere de la localización de las estaciones influyentes en la zona.

En este trabajo se utilizaron el método de Thiessen y el de Isoyetas como se muestra a continuación.



### 4.2.1 Método de los polígonos de Thiessen

Se requiere de un mapa con la localización de las estaciones pluviográficas o pluviométricas que se encuentren dentro de la zona de estudio y en su vecindad.

El método consiste en:

- 1.- Unir mediante líneas rectas dibujadas en un plano de la cuenca, las estaciones más próximas entre sí (líneas discontinuas). Con ello se forman triángulos en cuyos vértices están las estaciones pluviométricas.
- 2.- Se trazan las medianas de los lados de los triángulos (líneas rectas continuas).
- 3.- Cada estación pluviométrica quedará rodeada por las líneas rectas del paso anterior, que forman los llamados polígonos de Thiessen y, en algunos casos, en parte por el parteaguas de la cuenca. El área encerrada por los polígonos de Thiessen y el parteaguas será el área de influencia de la estación correspondiente.

En el capítulo 2 se obtuvieron los polígonos de Thiessen para la cuenca del río Mixcoac, (ver fig. 2.7 y 2.8), en la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos:

Tabla 4.3 Áreas de influencia de las estaciones pluviográficas de la cuenca del río Mixcoac

Estación	Nombre	Área de influencia (KM <sup>2</sup> )	% Área
16	Trifurcación Santa Lucía	4 695	14.88
55	Yaqui	0.730	2.32
57	San Bartolo Ameyalco	5.478	17.36
22	La Venta	4.405	13.96
56	Desierto de los Leones	11.733	37.19
25	Planta Potabilizadora	4.503	14.27
<b>Total</b>		<b>31.544</b>	<b>100</b>

4.- La lluvia media se calcula entonces como un promedio pesado de las precipitaciones registradas en cada estación, usando como peso el área de influencia correspondiente:

$$\bar{h}_p = \frac{1}{A_T} \sum_{i=1}^n A_i h_{pi}$$

donde

$\bar{h}_p$  altura de precipitación media

$h_{pi}$  altura de precipitación registrada en la estación  $i$

$A_i$  área de influencia de la estación  $i$

$A_T$  área total de la cuenca.

En la tabla 4.4 se presenta los datos de precipitación para la fecha del 17-18 de Octubre.

Tabla 4.4 Precipitaciones para el periodo de análisis de la fecha 17- 18 de Octubre de 1998

Día	Hora	Precipitación en mm					
		Est 16	Est 22	Est 25	Est 55	Est 56	Est 57
17/10/98	15:00	0.05	0.21	0	0	0	0
	15:15	0.05	0.38	0	0	0	0
	15:30	0.05	0.38	0	1.29	0	0.05
	15:45	0.05	0.38	0	1.61	0	0.11
	16:00	0.05	0.38	0	1.61	0	0.22
	16:15	4.58	0.38	0	1.84	0	0.52
	16:30	0.51	0.38	0	2.29	0	1.89
	16:45	0	0.38	0	1.78	0	1.02
	17:00	0	0.38	0	0	0	0
	17:15	0	0.38	0	0	0	0
	17:30	0	0.38	0	0	0	0
	17:45	0	0.38	0	0	0	0
	18:00	0	0.38	0	0.2	0	0
	18:15	0	0.38	0	0.25	0	0
	18:30	0	0.38	0	0.25	0	0
	18:45	0.01	0.38	0.15	0.25	0	0.07
	19:00	0.14	0.38	0.57	0.25	0.37	0.12
	19:15	1.88	0.38	2.08	0.25	3.87	5.4
	19:30	0	0.38	18.54	3.4	9.67	6.35
	19:45	0	0.38	4.24	4.47	9.15	7.34
	20:00	0	0.49	3.67	4.25	4.43	5.1
	20:15	0	0.28	0.98	3.22	0.46	0
	20:30	0	0.11	0	0	0	0
	20:45	0	0	0	0	0	0
	21:00	0	0	0	0	0	0
	21:15	0	0	0	0	0	0
	21:30	0	0	0	0	0	0
	21:45	0	0	0	0	0	0
	22:00	0	0	0	0	0	0
	22:15	0	0	0	0	0	0
	22:30	0	0	0	0	0	0
	22:45	0	0	0	0	0	0
	23:00	0	0	0	0	0	0
	23:15	0	0	0	0	0	0
	23:30	0	0	0	0	0	0
	23:45	0	0.09	0	0.02	0	0
18/10/98	0:00	0	0.12	0	0.27	0	0.13
	0:15	0	0.16	0	0.34	0	0.63
	0:30	0	0.15	0	0.82	0	0.56
	0:45	0	0	0	0.07	0	0.15
	1:00	0	0	0	0	0	0.06
	1:15	0	0	0	0	0	0
	1:30	0	0	0	0	0	0
	1:45	0	0	0	0	0	0
	2:00	0	0	0	0	0	0
	2:15	0	0	0	0	0	0
	2:30	0	0	0	0	0	0
	2:45	0	0	0	0	0	0
	3:00	0	0	0	0	0	0
	3:15	0	0	0	0	0.02	0
	3:30	0	0	0	0	0.06	0
	3:45	0	0	0	0	0.06	0
	4:00	0	0	0	0	0.06	0.04
	4:15	0	0	0	0.05	0.52	0.06
	4:30	0	0.32	0	0.15	0.56	0.06
	<b>SUMA</b>	<b>7.37</b>	<b>9.15</b>	<b>30.23</b>	<b>28.93</b>	<b>29.23</b>	<b>29.88</b>

De la tabla 4.4, las precipitaciones totales para cada estación son:

Estación	Área de influencia en km <sup>2</sup>	Precipitación en mm
16	4.695	7.37
22	4.405	9.15
25	4.503	30.23
55	0.730	28.93
56	11.733	29.23
57	5.478	29.88

La precipitación media resultante para la fecha del 17-18 de Octubre de 1998 es:

$$\bar{h}_p = \frac{(7.37 * 4.7) + (9.15 * 4.4) + (30.23 * 4.5) + (28.93 * 0.7) + (29.23 * 11.7) + (29.88 * 5.5)}{31.544}$$

$$\bar{h}_p = 23.42 \text{ mm}$$

En la tabla 4.5 se muestran los resultados de la precipitación media, determinada con el Método de Thiessen, para las demás fechas:

Tabla 4.5 Precipitaciones medias de las tormentas seleccionadas, obtenidas con el método de Thiessen.

Año	Fecha	Periodo de análisis	Precipitación media (mm)
1997	28 de Agosto	16:30 – 21:45	22.25
	7 de Septiembre	16:15 – 18:45	17.38
	8 de Septiembre	16:00 – 21:30	33.42
	13 de septiembre	16:00 – 20:30	25.06
1998	25 de Julio	16:15 – 21:15	22.90
	28-29 de Julio	19:00 – 02:30	35.16
	23 de Agosto	16:00 – 23:00	12.15
	28-29 de Agosto	19:00 – 07:00	26.65
	29-30 de Agosto	22:45 – 07:30	41.17
	31 de Agosto-1 de Septiembre	19:15 – 08:30	28.43
	2 de Septiembre	00:00 – 08:30	4.69
	8-9 de Septiembre	20:00 – 07:00	15.70
	27-28 de Septiembre	15:00 – 08:45	57.95
	17-18 de Octubre	15:00 – 04:30	23.42
19 de Octubre	00:00 – 03:00	1.85	

### 4.2.2 Método de las Isoyetas

Se requiere de un mapa con la localización de las estaciones pluviográficas o pluviométricas que se encuentren dentro de la zona de estudio y en su vecindad. En cada estación se anota el valor de la precipitación registrada y se trazan las curvas de igual precipitación, denominadas isoyetas.

La precipitación media se determina con la ecuación:

$$\bar{h}_p = \frac{1}{A_T} \sum_{i=1}^n A_i \bar{h}_{pi}$$

donde

$\bar{h}_p$  altura de precipitación media

$\bar{h}_{pi}$  altura de precipitación promedio entre dos isoyetas

$A_i$  área limitada entre dos isoyetas consecutivas y los extremos de la cuenca

$A_T$  área total de la cuenca.

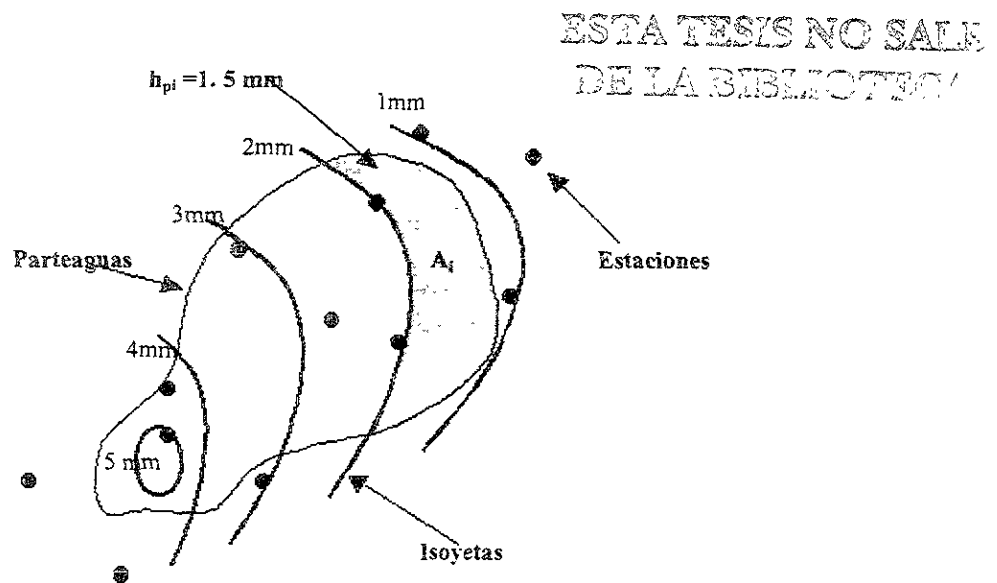


Fig. 4.11 Método de las Isoyetas

Las isoyetas para las fechas seleccionadas se muestran a continuación:

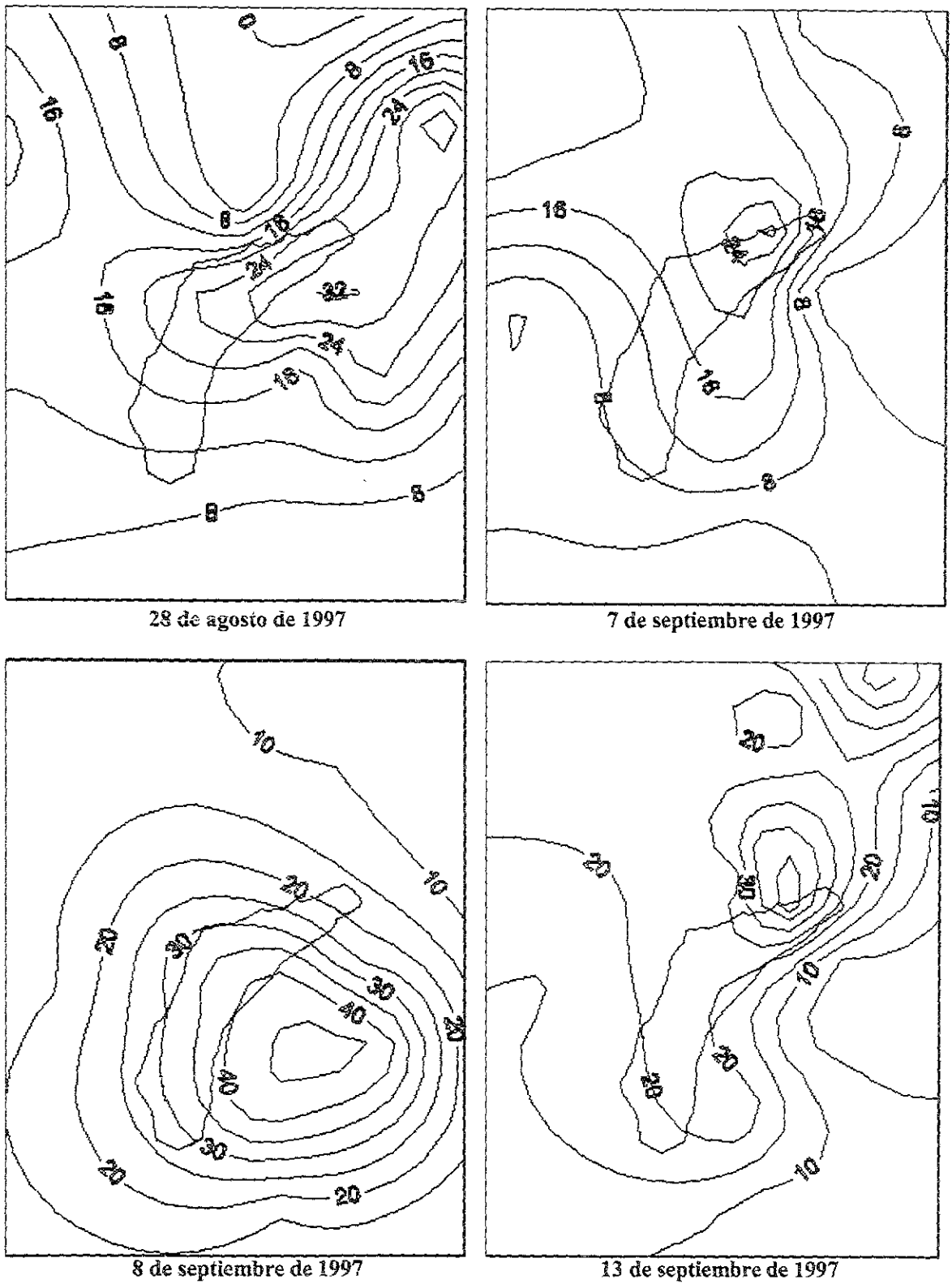


Fig. 4.12a Isoyetas de las tormentas seleccionadas

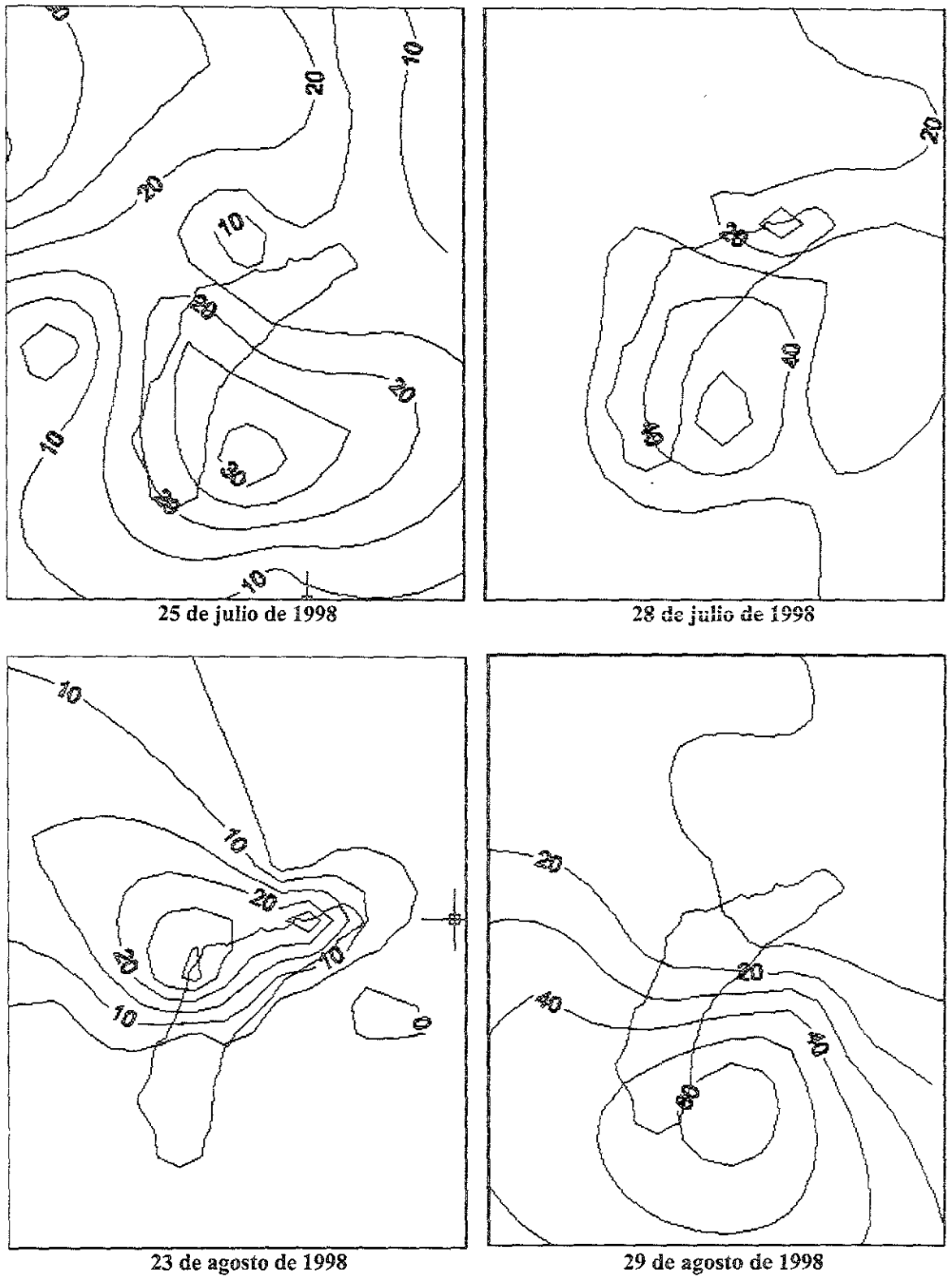


Fig. 4.12b Isoyetas de las tormentas seleccionadas

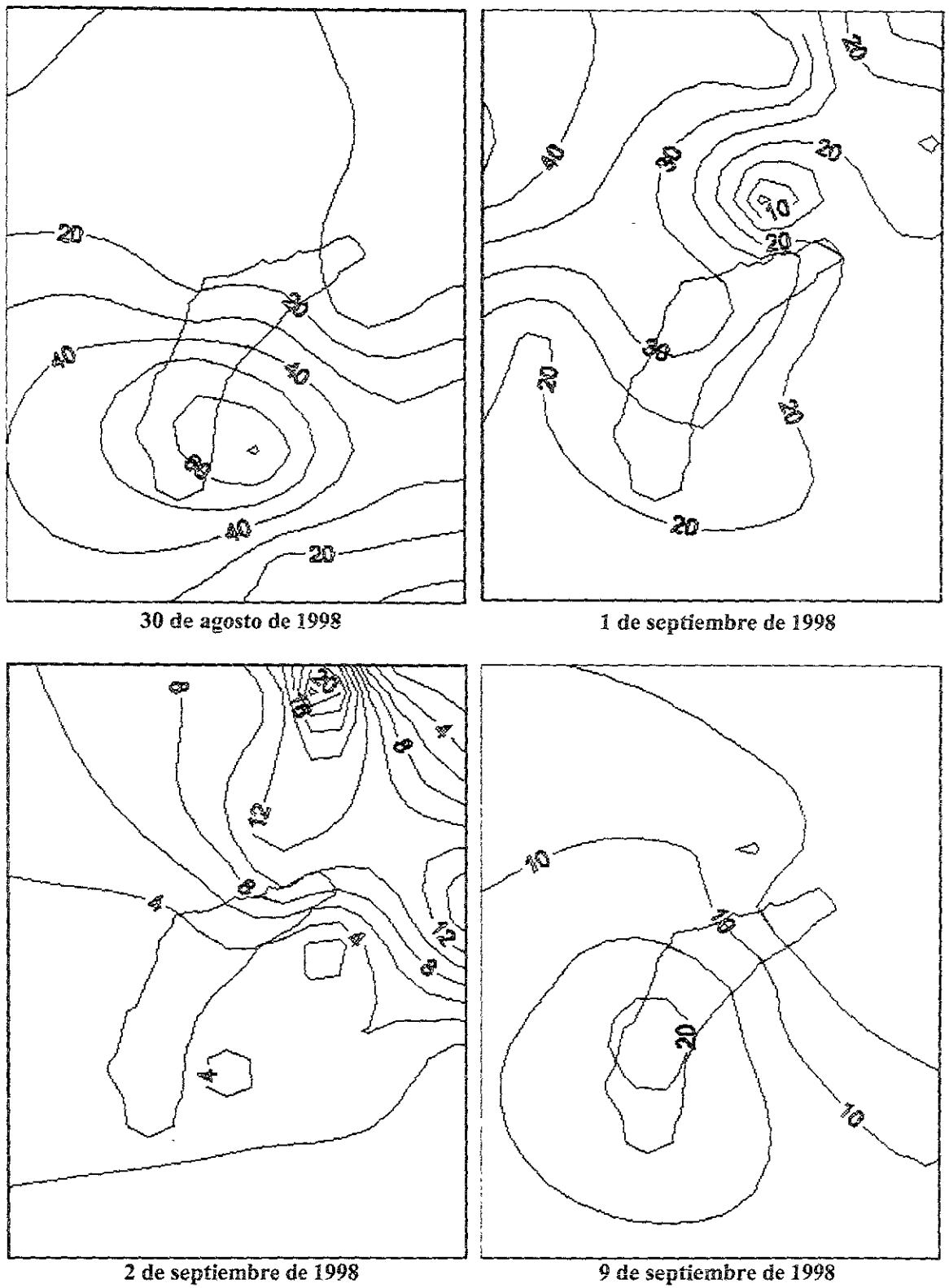


Fig. 4.12c Isoyetas de las tormentas seleccionadas

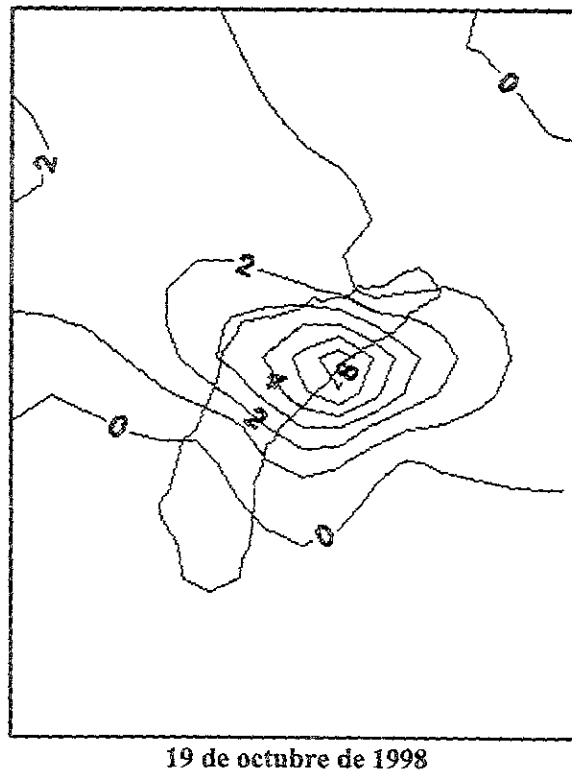
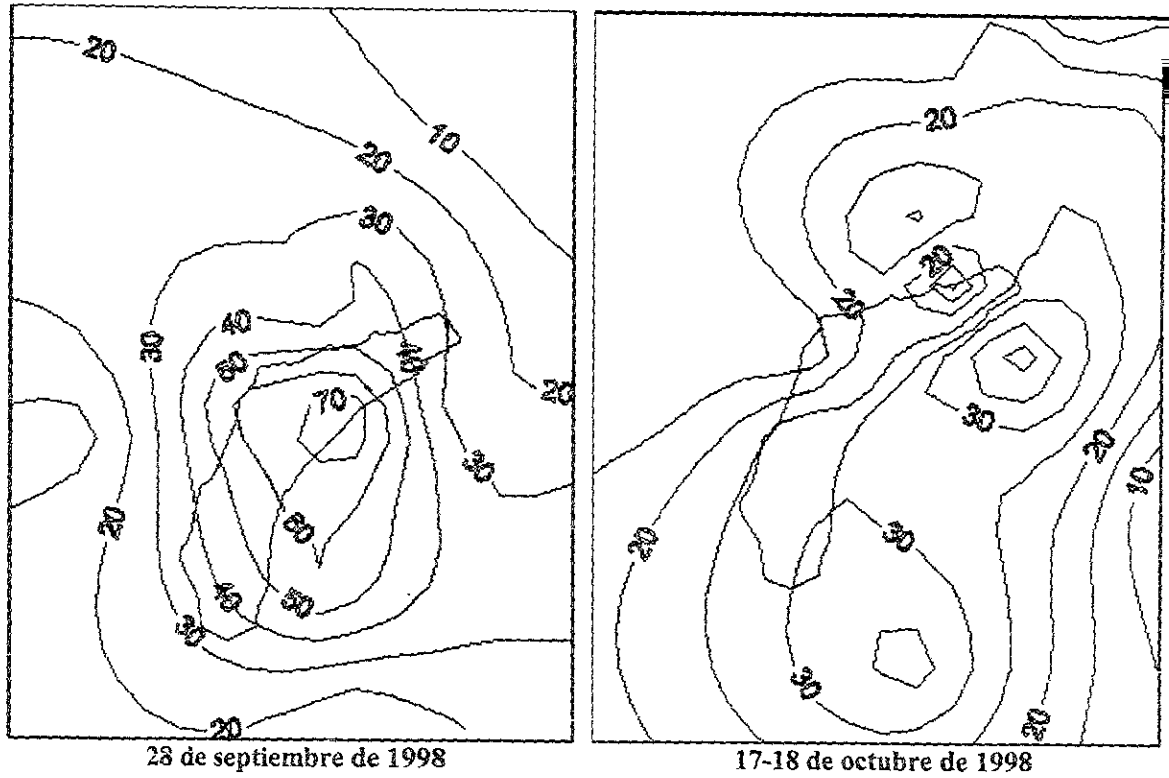


Fig. 4.12d Isoyetas de las tormentas seleccionadas



En las siguientes tablas se mencionan los valores de las áreas limitadas entre dos isoyetas consecutivas y la altura de precipitación promedio de las mismas, para cada fecha.

Tabla 4.6a Área y precipitación promedio de las isoyetas para las tormentas seleccionadas

Fecha	ISOYETA	Altura de precipitación en mm	Area en km <sup>2</sup>
28 de agosto de 1997	8_12	10	2.08
	12_16	14	5.99
	16_20	18	5.23
	20_24	22	7.87
	24_28	26	7.12
	28_32	30	3.27
	Suma		31.54
7 de septiembre de 1997	04_08	6	0.89
	08_12	10	9.32
	12_16	14	7.00
	16_20	18	6.25
	20_24	22	6.33
	24_28	26	1.77
	Suma		31.54
8 de septiembre de 1997	15-20	17.5	1.32
	20-25	22.5	1.71
	25-30	27.5	6.39
	30-35	32.5	13.17
	35-40	37.5	8.45
	40-45	42.5	0.51
	Suma		31.54
13 de septiembre de 1997	15-20	17.5	6.36
	20-25	22.5	19.78
	25-30	27.5	2.91
	30-35	32.5	1.59
	35-40	37.5	0.91
	Suma		31.54
25 de julio de 1998	10_15	12.5	7.84
	15_20	17.5	4.34
	20_25	22.5	12.31
	25_30	27.5	7.05
	Suma		31.54
28-29 de julio de 1998	0_10	5	0.67
	10_20	15	3.44
	20_30	25	3.04
	30_40	35	14.90
	40_50	45	9.48
	Suma		31.54

Tabla 4.6b Área y precipitación promedio de las isoyetas para las tormentas seleccionadas

Fecha	ISOYETA	Altura de precipitación en mm	Área en km <sup>2</sup>
23 de agosto de 1998	0_5	2.5	12.84
	5_10	7.5	3.06
	10_15	12.5	4.41
	15_20	17.5	4.58
	20_25	22.5	4.78
	25_30	27.5	1.87
	Suma		31.54
28-29 de agosto de 1998	0_10	5	7.36
	10_20	15	6.90
	20_30	25	3.66
	30_40	35	3.34
	40_50	45	4.57
	50_60	55	5.71
	Suma		31.54
29-30 de agosto de 1998	0_10	5	2.14
	10_20	15	5.10
	20_30	25	5.11
	30_40	35	3.07
	40_50	45	2.32
	50_60	55	10.20
	60_70	65	3.61
	Suma		31.56
31 de Agosto-1 de septiembre de 1998	15_20	17.5	0.23
	20_25	22.5	10.45
	25_30	27.5	14.22
	30_35	32.5	6.63
	Suma		31.53
2 de septiembre de 1998	2_4	3	22.40
	4_6	5	4.91
	6_8	7	2.47
	8_10	9	1.77
	Suma		31.54
8-9 de septiembre de 1998	0_5	2.5	3.70
	5_10	7.5	2.66
	10_15	12.5	5.08
	15_20	17.5	20.11
	Suma		31.54

Tabla 4.6c Área y precipitación promedio de las isoyetas para las tormentas seleccionadas

Fecha	ISOYETA	Altura de precipitación en mm	Area en km <sup>2</sup>
28 de septiembre de 1998	20_30	25	0.21
	30_40	35	5.29
	40_50	45	7.90
	50_60	55	7.99
	60_70	65	10.15
	Suma		31.54
17-18 de octubre de 1998	10_15	12.5	0.70
	15_20	17.5	2.78
	20_25	22.5	10.56
	25_30	27.5	17.51
	Suma		31.54
19 de octubre de 1998	0_1	0.5	14.61
	1_2	1.5	3.04
	2_3	2.5	3.06
	3_4	3.5	5.75
	4_5	4.5	3.03
	5_6	5.5	2.05
	Suma		31.54

Para la fecha del 17-18 de Octubre de 1998, la precipitación media resultante es:

$$\bar{h}_p = \frac{(12.5 * 0.7) + (17.5 * 2.78) + (22.5 * 10.56) + (27.5 * 17.51)}{31.544}$$

$$\bar{h}_p = 24.61 \text{ mm}$$

En la tabla 4.7 se muestran los resultados de la precipitación media, determinada con el Método de las Isoyetas, para las demás tormentas.

Tabla 4.7 Precipitaciones medias de las tormentas seleccionadas, obtenidas con el método de las Isoyetas

Año	Fecha	Periodo de análisis	Precipitación media (mm)
1997	28 de Agosto	16:30 – 21:45	20.76
	7 de Septiembre	16:15 – 18:45	15.66
	8 de Septiembre	16:00 – 21:30	31.82
	13 de septiembre	16:00 – 20:30	22.88
1998	25 de Julio	16:15 – 21:15	20.44
	28-29 de Julio	19:00 – 02:30	34.22
	23 de Agosto	16:00 – 23:00	11.07
	28-29 de Agosto	19:00 – 07:00	27.53
	29-30 de Agosto	22:45 – 07:30	31.29
	31 de Agosto-1 de Septiembre	19:15 – 08:30	26.82
	2 de Septiembre	00:00 – 08:30	3.96
	8-9 de Septiembre	20:00 – 07:00	14.09
	27-28 de Septiembre	15:00 – 08:45	52.16
	17-18 de Octubre	15:00 – 04:30	24.61
	19 de Octubre	00:00 – 03:00	2.046

Los registros de precipitación para las tormentas seleccionadas se muestran en el ANEXO2.

### 4.2.3 Curva masa media ajustada

Cuando se desea conocer la variación en el tiempo de la precipitación media es necesario determinar una curva masa media de precipitación.

Curva masa es la representación de la altura de precipitación acumulada a través del tiempo, desde el inicio de la tormenta hasta su terminación.

La curva masa media se construye aplicando el método de polígonos de Thiessen a las alturas de precipitación acumuladas en cada estación para diferentes tiempos.

La curva masa media ajustada se obtiene multiplicando las ordenadas de la curva masa media por el factor:

$$Fa = \frac{\bar{h}_{ps}}{\bar{h}_{po}}$$

donde:

Fa factor de ajuste

$\bar{h}_{ps}$  altura de precipitación media de toda la tormenta calculada con el método de las isoyetas

$\bar{h}_{po}$  altura de precipitación media de toda la tormenta calculada con el método de los polígonos de Thiessen.

Como ejemplo, para la fecha del 17-18 de Octubre de 1998, se obtienen primeramente los acumulados de las precipitaciones para cada una de las estaciones, ver tabla 4.8.

A las precipitaciones acumuladas se le aplica el método de los polígonos de Thiessen y se obtiene la precipitación media acumulada para cada intervalo de tiempo, ver tabla 4.9.

Las precipitaciones medias obtenidas en los capítulos 4.2.1 y 4.2.2 para la fecha del ejemplo son:

$$\bar{h}_{po} = 23.42 \text{ mm}$$

$$\bar{h}_{ps} = 24.61 \text{ mm}$$

A las precipitaciones medias acumuladas se les multiplica por el factor de ajuste:

$$Fa = \frac{\bar{h}_{ps}}{\bar{h}_{po}}$$

y se obtiene la curva masa media ajustada, ver tabla 4.9.

El factor de ajuste para la fecha del ejemplo es:

$$Fa = 1.051$$



Tabla 4.9 Precipitación media y precipitación media ajustada para cada intervalo de tiempo.

Hora	Precipitaciones Acumuladas en mm						bp media acumulada, (mm)	Fa = 1.051
	EST16	EST22	EST25	EST55	EST56	EST57	Curva masa media	Curva masa media ajustada
15:00	0.05	0.21	0	0	0	0	0.04	0.04
15:15	0.1	0.59	0	0	0	0	0.10	0.10
15:30	0.15	0.97	0	1.29	0	0.05	0.20	0.21
15:45	0.2	1.35	0	2.9	0	0.16	0.31	0.33
16:00	0.25	1.73	0	4.51	0	0.38	0.45	0.47
16:15	4.83	2.11	0	6.35	0	0.9	1.32	1.38
16:30	5.34	2.49	0	8.64	0	2.79	1.83	1.92
16:45	5.34	2.87	0	10.42	0	3.81	2.10	2.21
17:00	5.34	3.25	0	10.42	0	3.81	2.15	2.26
17:15	5.34	3.63	0	10.42	0	3.81	2.20	2.32
17:30	5.34	4.01	0	10.42	0	3.81	2.26	2.37
17:45	5.34	4.39	0	10.42	0	3.81	2.31	2.43
18:00	5.34	4.77	0	10.62	0	3.81	2.37	2.49
18:15	5.34	5.15	0	10.87	0	3.81	2.43	2.55
18:30	5.34	5.53	0	11.12	0	3.81	2.49	2.61
18:45	5.35	5.91	0.15	11.37	0	3.88	2.58	2.71
19:00	5.49	6.29	0.72	11.62	0.37	4	2.90	3.05
19:15	7.37	6.67	2.8	11.87	4.24	9.4	5.91	6.21
19:30	7.37	7.05	21.34	15.27	13.91	15.75	13.39	14.07
19:45	7.37	7.43	25.58	19.74	23.06	23.09	18.83	19.79
20:00	7.37	7.92	29.25	23.99	27.49	28.19	22.05	23.18
20:15	7.37	8.2	30.23	27.21	27.95	28.19	22.48	23.62
20:30	7.37	8.31	30.23	27.21	27.95	28.19	22.49	23.64
20:45	7.37	8.31	30.23	27.21	27.95	28.19	22.49	23.64
21:00	7.37	8.31	30.23	27.21	27.95	28.19	22.49	23.64
21:15	7.37	8.31	30.23	27.21	27.95	28.19	22.49	23.64
21:30	7.37	8.31	30.23	27.21	27.95	28.19	22.49	23.64
21:45	7.37	8.31	30.23	27.21	27.95	28.19	22.49	23.64
22:00	7.37	8.31	30.23	27.21	27.95	28.19	22.49	23.64
22:15	7.37	8.31	30.23	27.21	27.95	28.19	22.49	23.64
22:30	7.37	8.31	30.23	27.21	27.95	28.19	22.49	23.64
22:45	7.37	8.31	30.23	27.21	27.95	28.19	22.49	23.64
23:00	7.37	8.31	30.23	27.21	27.95	28.19	22.49	23.64
23:15	7.37	8.31	30.23	27.21	27.95	28.19	22.49	23.64
23:30	7.37	8.31	30.23	27.21	27.95	28.19	22.49	23.64
23:45	7.37	8.4	30.23	27.23	27.95	28.19	22.51	23.65
0:00	7.37	8.52	30.23	27.5	27.95	28.32	22.55	23.70
0:15	7.37	8.68	30.23	27.84	27.95	28.95	22.69	23.85
0:30	7.37	8.83	30.23	28.66	27.95	29.51	22.83	23.99
0:45	7.37	8.83	30.23	28.73	27.95	29.66	22.86	24.02
1:00	7.37	8.83	30.23	28.73	27.95	29.72	22.87	24.03
1:15	7.37	8.83	30.23	28.73	27.95	29.72	22.87	24.03
1:30	7.37	8.83	30.23	28.73	27.95	29.72	22.87	24.03
1:45	7.37	8.83	30.23	28.73	27.95	29.72	22.87	24.03
2:00	7.37	8.83	30.23	28.73	27.95	29.72	22.87	24.03
2:15	7.37	8.83	30.23	28.73	27.95	29.72	22.87	24.03
2:30	7.37	8.83	30.23	28.73	27.95	29.72	22.87	24.03
2:45	7.37	8.83	30.23	28.73	27.95	29.72	22.87	24.03
3:00	7.37	8.83	30.23	28.73	27.95	29.72	22.87	24.03
3:15	7.37	8.83	30.23	28.73	27.97	29.72	22.88	24.04
3:30	7.37	8.83	30.23	28.73	28.03	29.72	22.90	24.06
3:45	7.37	8.83	30.23	28.73	28.09	29.72	22.92	24.09
4:00	7.37	8.83	30.23	28.73	28.15	29.76	22.95	24.12
4:15	7.37	8.83	30.23	28.78	28.67	29.82	23.15	24.33
4:30	7.37	9.15	30.23	28.93	29.23	29.88	23.42	24.61

En las siguientes figuras se muestra la curva masa y la curva masa media ajustada para cada una de las tormentas de estudio, que resultan de graficar los valores de la precipitación media acumulada, ajustada con el factor Fa, contra el tiempo.

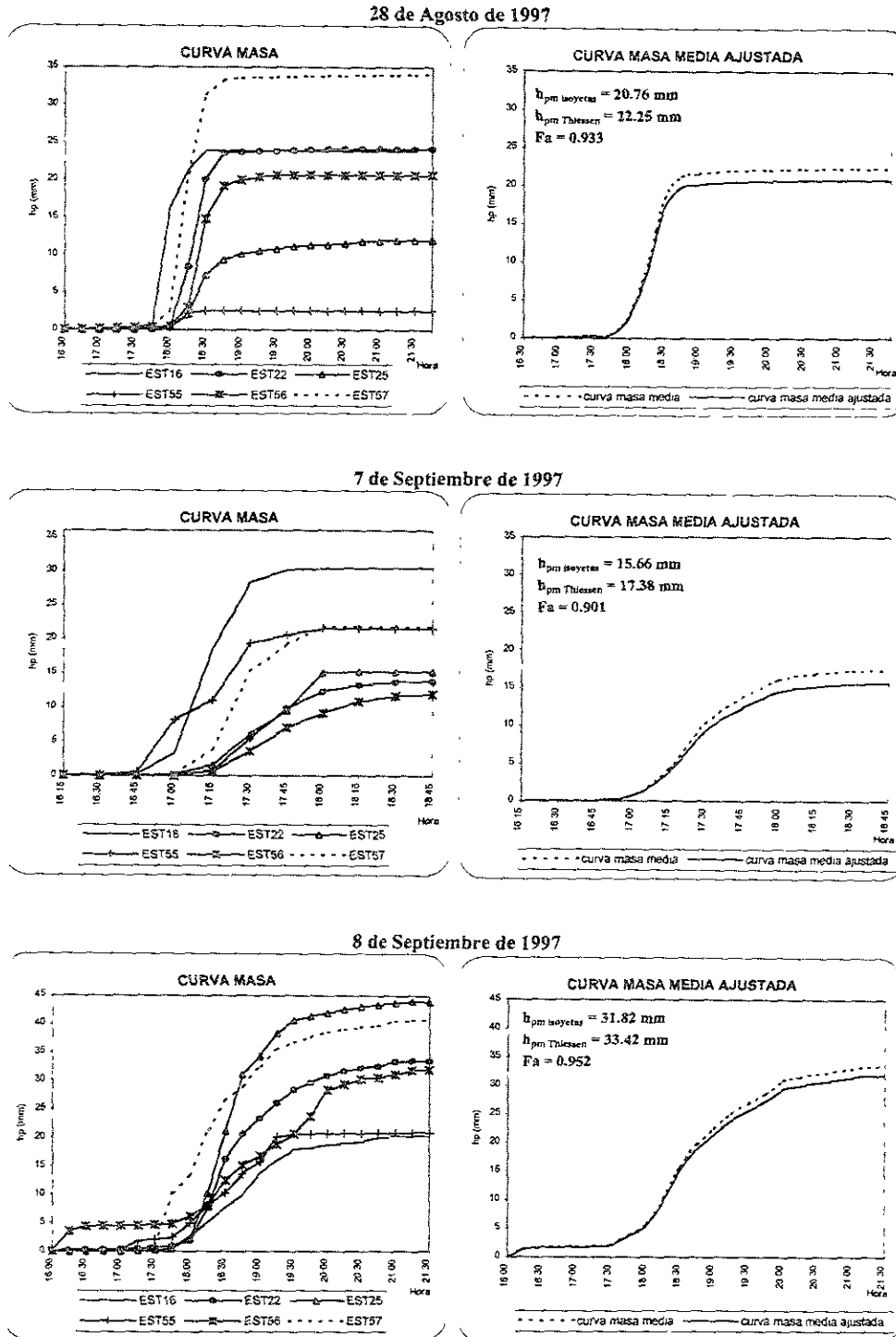
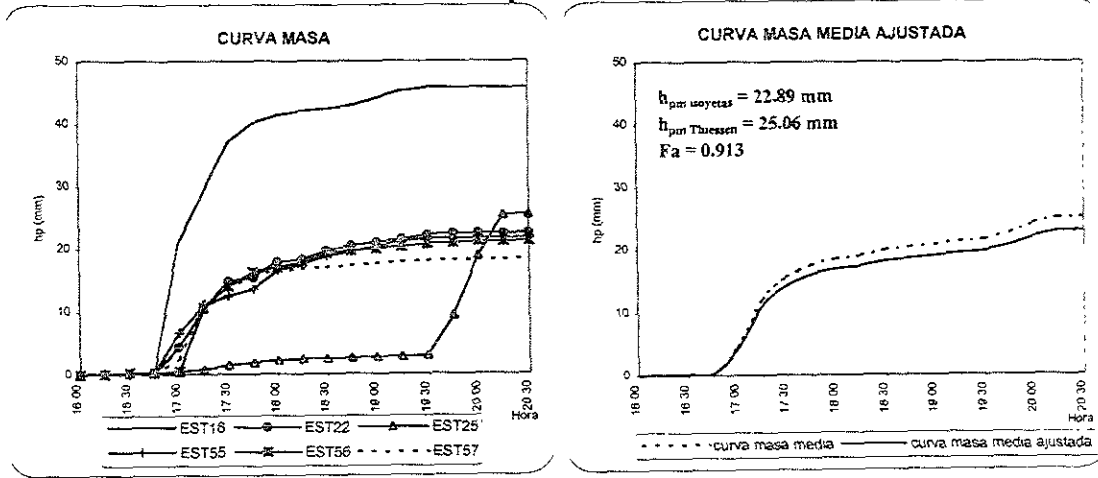


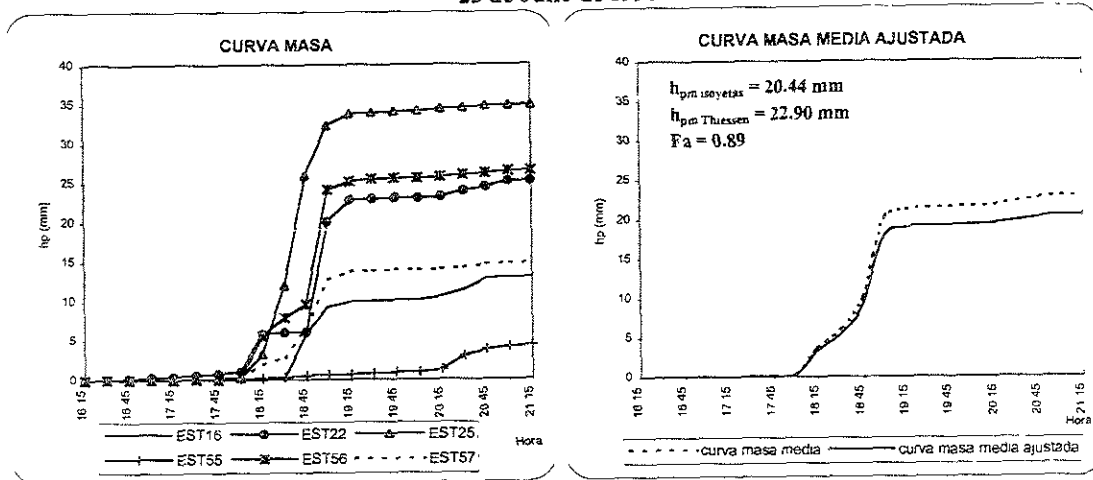
Fig. 4.13a Curva masa y Curva masa media de las tormentas seleccionadas



13 de Septiembre de 1997



25 de Julio de 1998



28-29 de Julio de 1998

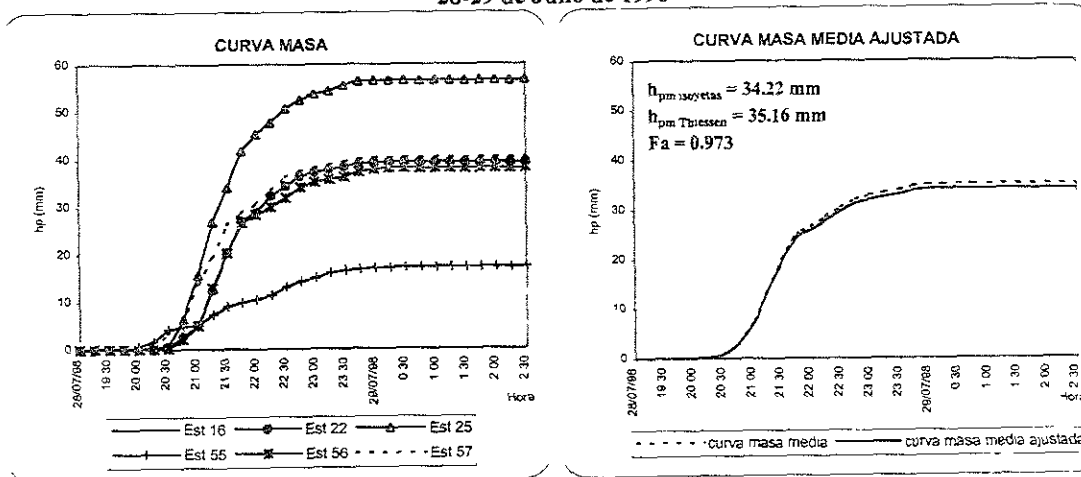
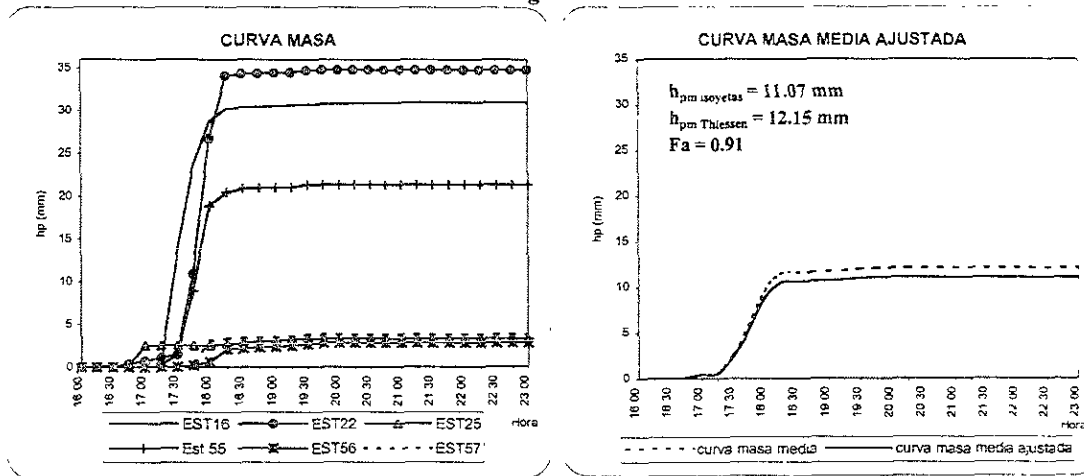
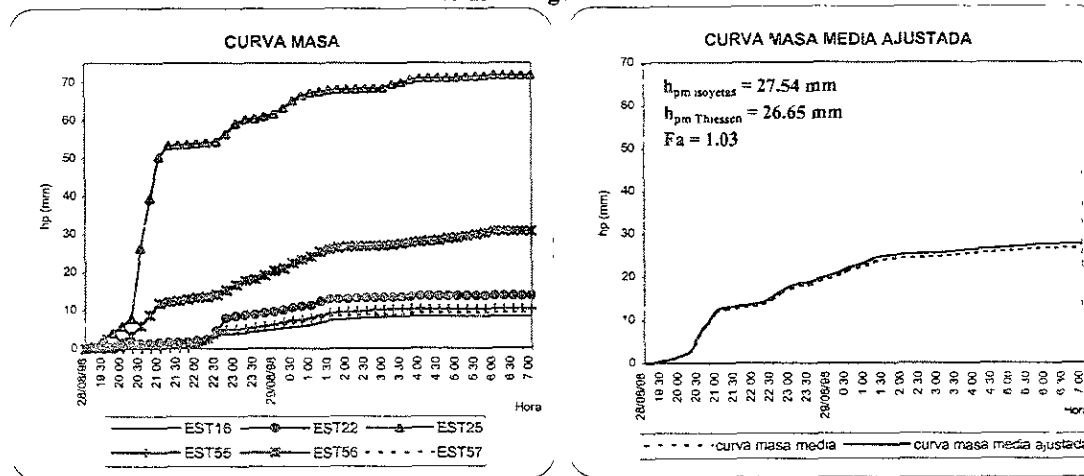


Fig. 4.13b Curva masa y Curva masa media de las tormentas seleccionadas

23 de Agosto de 1998



28-29 de Agosto de 1998



29-30 de Agosto de 1998

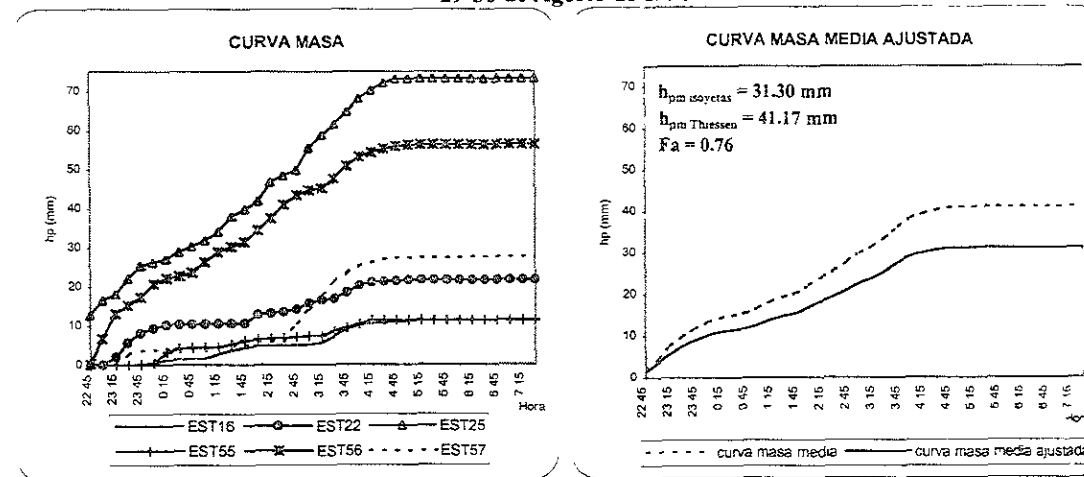
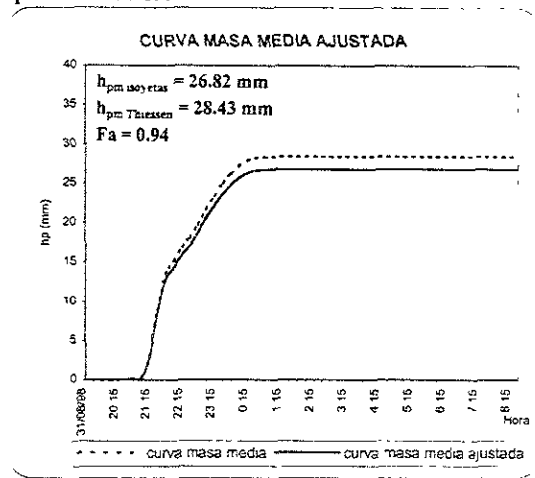
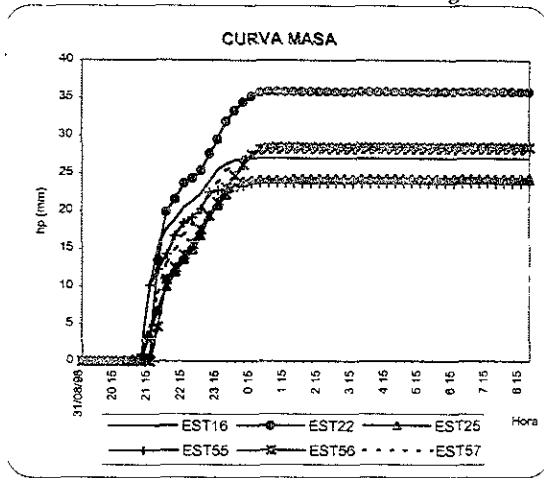
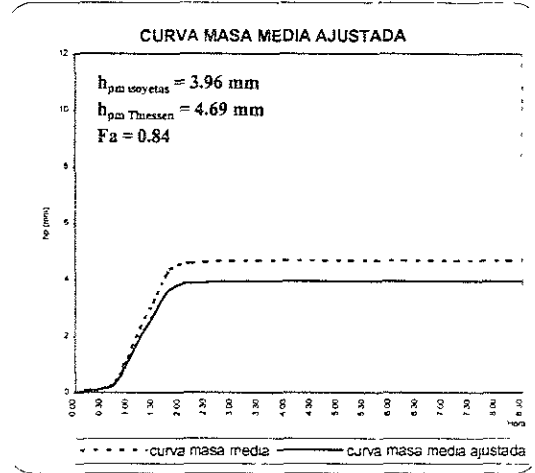
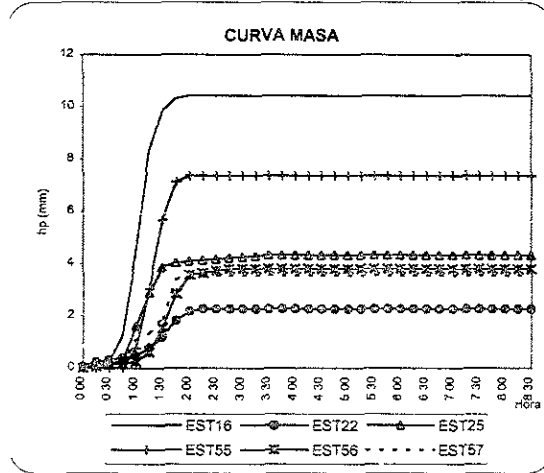


Fig. 4.13c Curva masa y Curva masa media de las tormentas seleccionadas

31 de Agosto - 1 de Septiembre de 1998



2 de Septiembre de 1998



8-9 de Septiembre de 1998

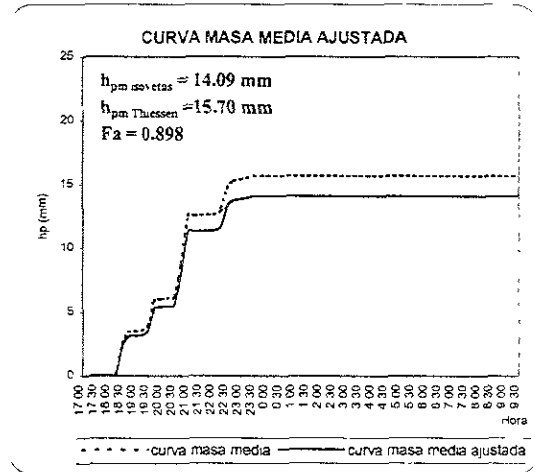
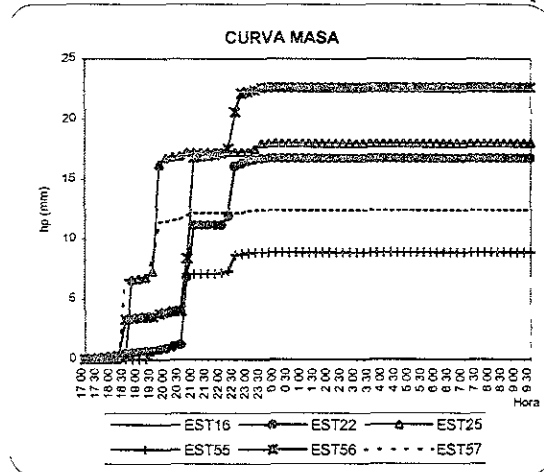
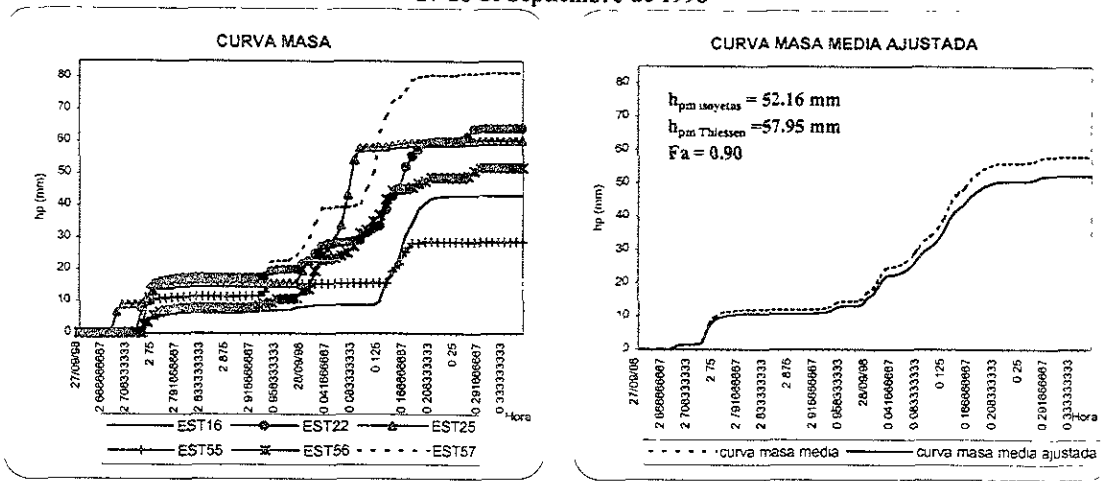
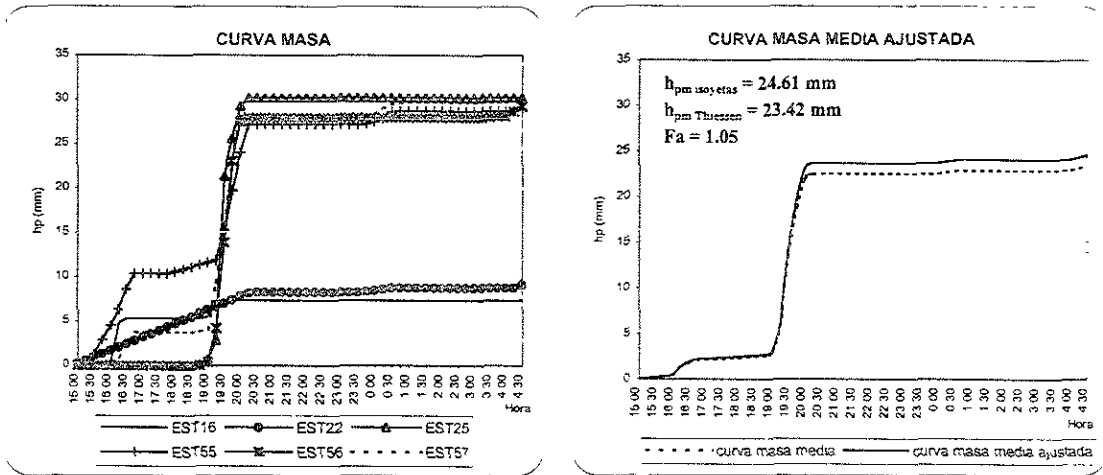


Fig. 4.13d Curva masa y Curva masa media de las tormentas seleccionadas

27-28 de Septiembre de 1998



17-18 de Octubre de 1998



19 de Octubre de 1998

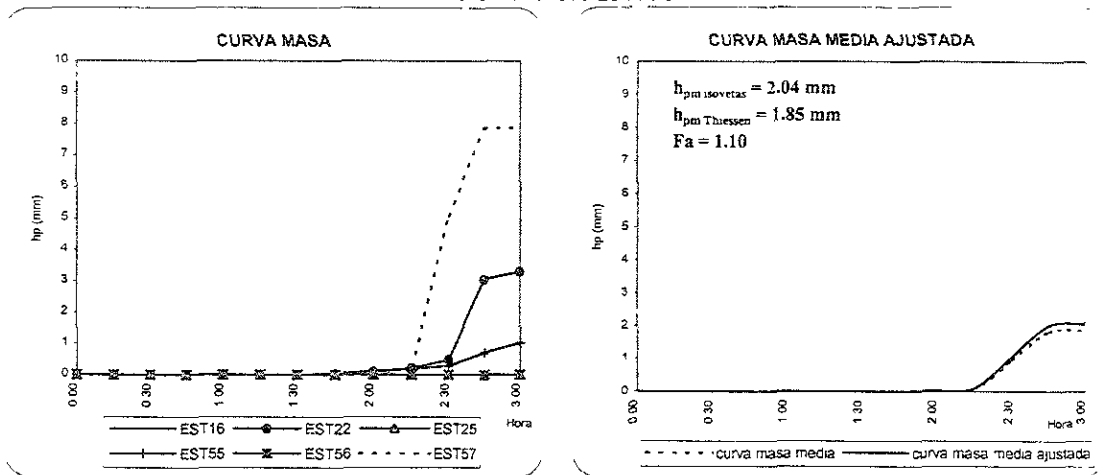


Fig. 4.13e Curva masa y Curva masa media de las tormentas seleccionadas

#### 4.2.4 Hietogramas de precipitación

Hietograma es la representación mediante barras verticales de la altura de precipitación con respecto a intervalos de tiempo constantes.<sup>6</sup>

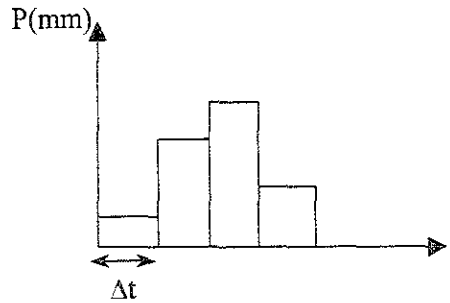


Fig. 4.14 Hietograma de una tormenta

Los hietogramas se obtienen de la curva masa, dividiendo a ésta en intervalos de tiempo constante y calculando diferencias de precipitación entre cada intervalo.

El intervalo de tiempo para los hietogramas de las tormentas seleccionadas para este trabajo es de 15 minutos. En las figuras 4.15 se muestra el hietograma de precipitación media ajustada para cada una de las tormentas.

Los registros de precipitación se pueden ver en el ANEXO 2.

<sup>6</sup> Domínguez, M.R. "Precipitación", Cap. A.1.2 del Manual de diseño de Obras Civiles, Comisión Federal de Electricidad, México, 1981.

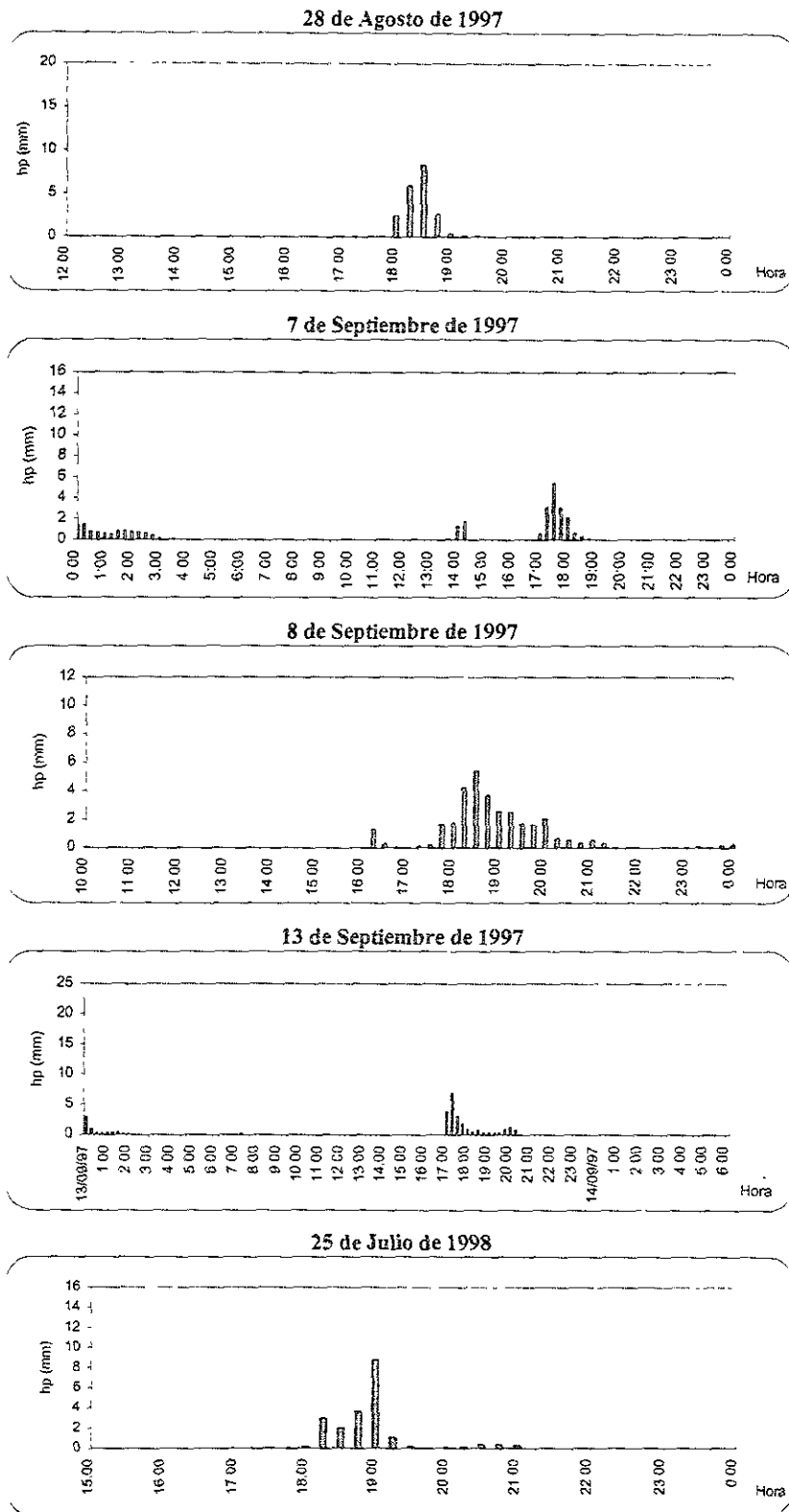


Fig. 4.15a Hietogramas de precipitación media ajustada

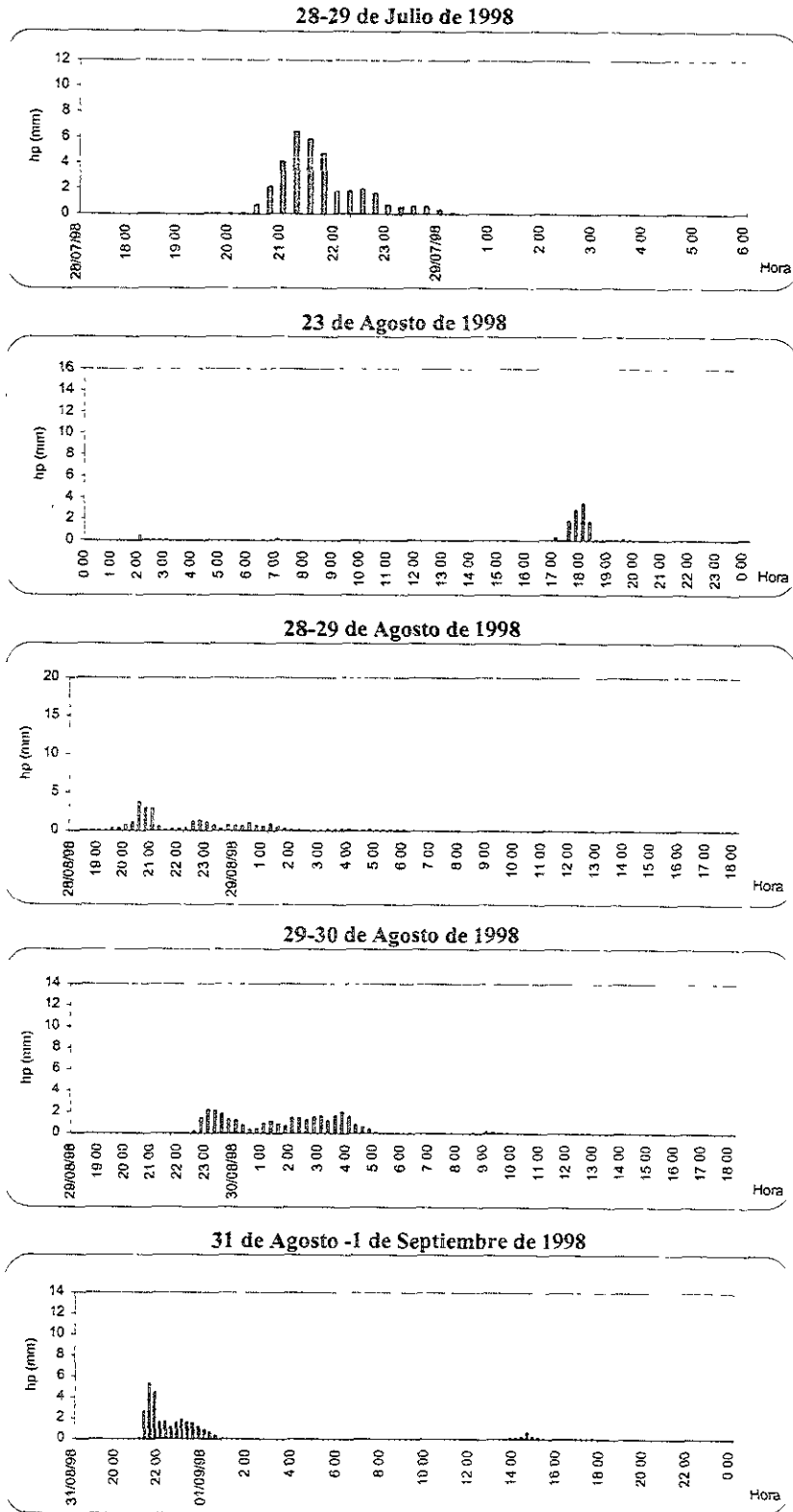


Fig. 4.15b Hietogramas de precipitación media ajustada

3. Se supone un valor de  $\phi$  constante en el hietograma de la tormenta y se determina la altura de la lámina de lluvia en exceso en ese hietograma. Si esta altura es igual a la calcula en el paso 2, el valor de  $\phi$  es correcto, si no, se propone otro y se repite el cálculo hasta obtener el valor correcto.

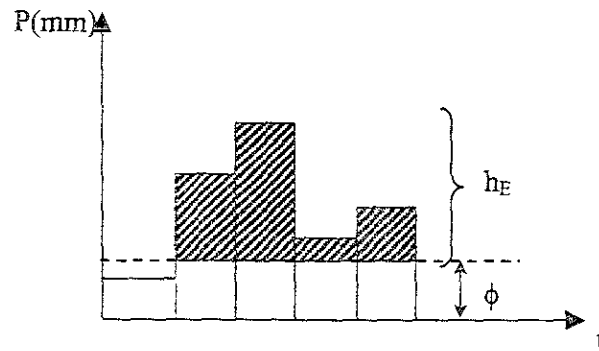


Fig. 4.18 Cálculo de índice de infiltración de una tormenta

#### 4.3.2 Estimación del coeficiente de escurrimiento

Otro de los criterios para calcular las pérdidas es del coeficiente de escurrimiento, este criterio supone que las pérdidas son proporcionales a la intensidad de la precipitación, por lo que el volumen de escurrimiento es igual al volumen llovido multiplicado por un coeficiente llamado coeficiente de escurrimiento.

$$\nabla_{ED} = C_E \nabla_{LL}$$

$$C_E = \frac{\nabla_{ED}}{\nabla_{LL}}$$

donde

$C_E$  coeficiente de escurrimiento, adimensional

$\nabla_{ED}$  volumen de escurrimiento directo, en  $m^3$

$\nabla_{LL}$  volumen de lluvia total, en  $m^3$



### 4.3.3 Hietogramas de precipitación efectiva

Una vez calculado el hietograma de precipitación media para cada tormenta, se obtienen los hietogramas de lluvia efectiva, mediante los pasos siguientes:

- Se obtiene el hidrograma de escurrimiento directo de la tormenta y para ello se separa el escurrimiento directo del base.
- Se calcula el volumen de escurrimiento directo, utilizando la ecuación:

$$V_{ED} = \Delta t \sum_{i=1}^n Q_i$$

donde

- $V_{ED}$  volumen de escurrimiento directo, en  $m^3$   
 $\Delta t$  intervalo de tiempo, en s  
 $Q_i$  gasto de escurrimiento directo en el i-ésimo intervalo de tiempo, en  $m^3/s$

- Se obtiene la altura de la lluvia efectiva o lámina de escurrimiento directo  $he$  como:

$$he = 0.001 \frac{V_{ED}}{A_c}$$

donde

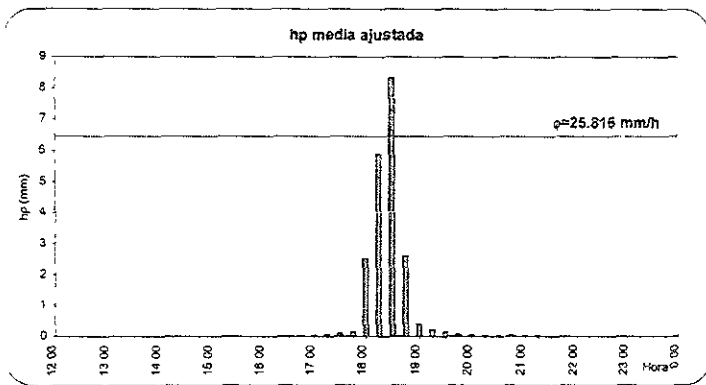
- $he$  lámina de escurrimiento directo, en mm  
 $A_c$  área de la cuenca, en  $km^2$

- El índice de infiltración media  $\phi$  se calculó trazando una línea horizontal en el hietograma de precipitación media de la tormenta, buscando que la suma de las alturas de precipitación que queden por arriba de esa línea sea igual a la precipitación efectiva ( $he$ ). La infiltración media es igual a la altura de precipitación correspondiente a la línea horizontal dividida entre el intervalo de tiempo  $\Delta t$  que dure cada barra del hietograma.

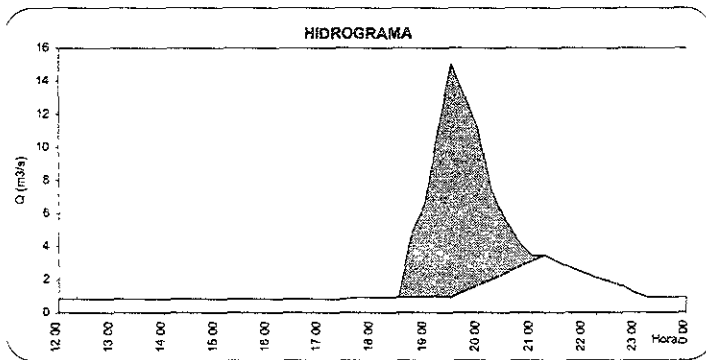
Los hietogramas de precipitación efectiva estimados para las tormentas de este estudio se muestran en las figuras 4.19, con sus respectivos hidrogramas, valores del índice de infiltración y coeficiente de escurrimiento.

En la tabla 16 del ANEXO 2, se muestran los resultados de las tormentas seleccionadas.

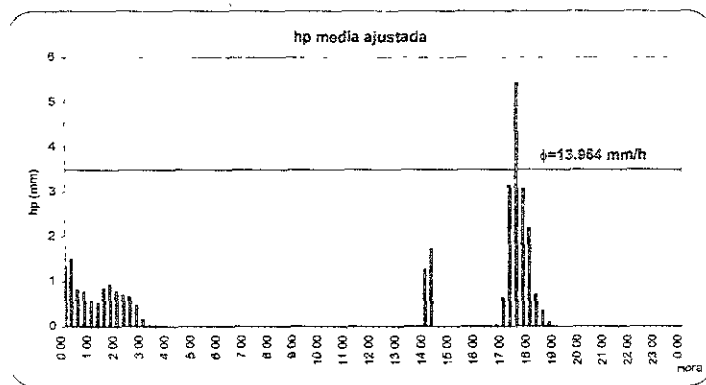
28 de Agosto de 1997



$A_c$	31 544	km <sup>2</sup>
$Q_c$	65 771	m <sup>3</sup> /s
$V_{ED}$	59194 299	m <sup>3</sup>
$h_E$	1 877	mm
$h_T$	20 759	mm
$V_{LL}$	654836 155	m <sup>3</sup>
$C_E$	0 090	
$\phi$	25 816	mm/h



7 de Septiembre de 1997



$A_c$	31 544	km <sup>2</sup>
$Q_c$	67 765	m <sup>3</sup> /s
$V_{ED}$	60988 584	m <sup>3</sup>
$h_E$	1 833	mm
$h_T$	15 662	mm
$V_{LL}$	494045 576	m <sup>3</sup>
$C_E$	0 123	
$\phi$	13 864	mm/h

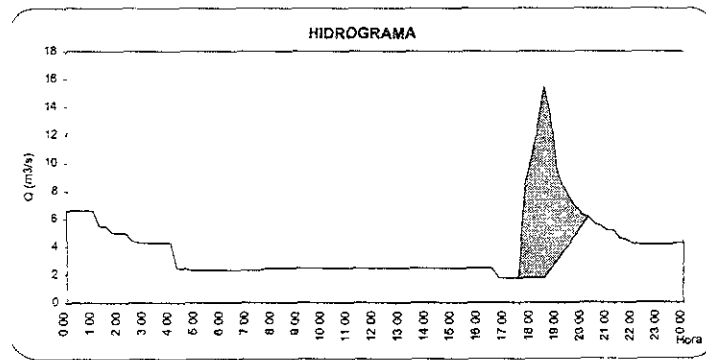
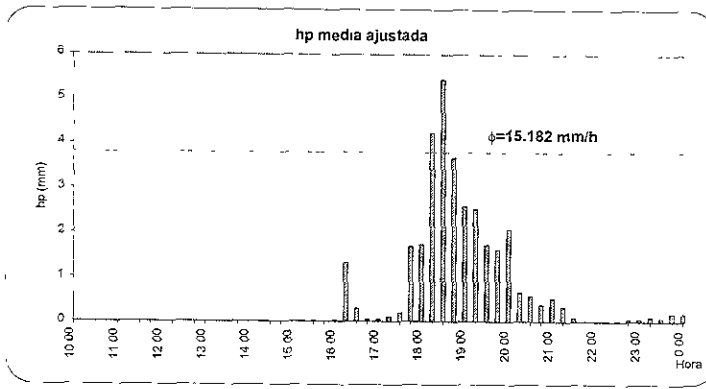
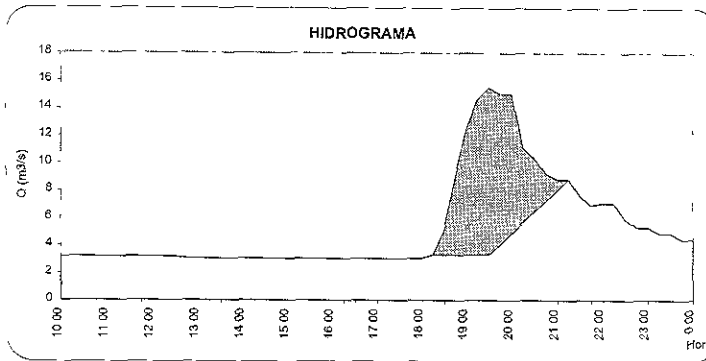


Fig.4.19a Índice de infiltración y coeficiente de escurrimiento de las tormentas seleccionadas

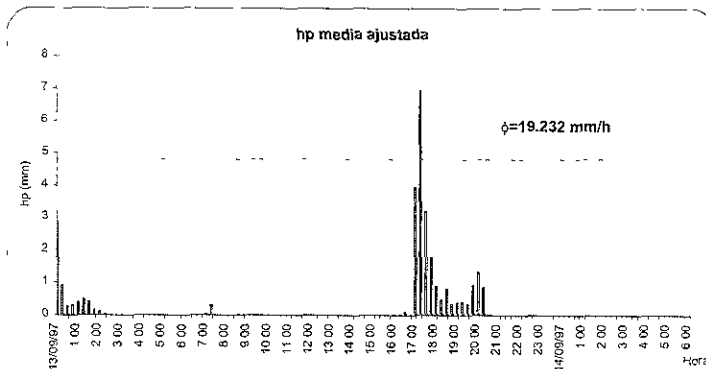
8 de Septiembre de 1997



$A_c$	31 544	km <sup>2</sup>
$Q_d$	73 251	m <sup>3</sup> /s
$V_{ED}$	65925 900	m <sup>3</sup>
$h_E$	2 090	mm
$h_r$	31 820	mm
$V_{LL}$	1003734 979	m <sup>3</sup>
$C_E$	0 066	
$\phi$	15 182	mm/h



13 de Septiembre de 1997



$A_c$	31 544	km <sup>2</sup>
$Q_d$	74 360	m <sup>3</sup> /s
$V_{ED}$	66924 218	m <sup>3</sup>
$h_E$	2 122	mm
$h_r$	22 887	mm
$V_{LL}$	721950 759	m <sup>3</sup>
$C_E$	0 093	
$\phi$	19 232	mm/h

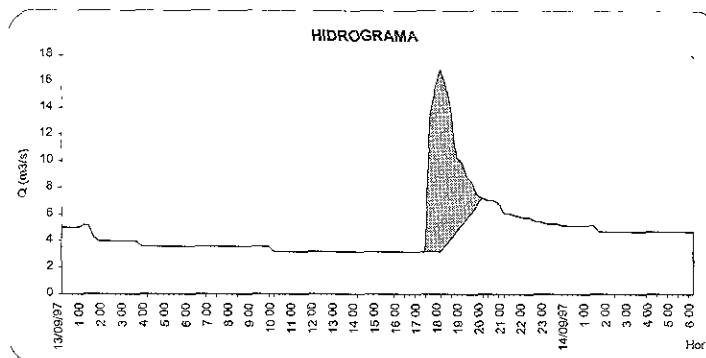
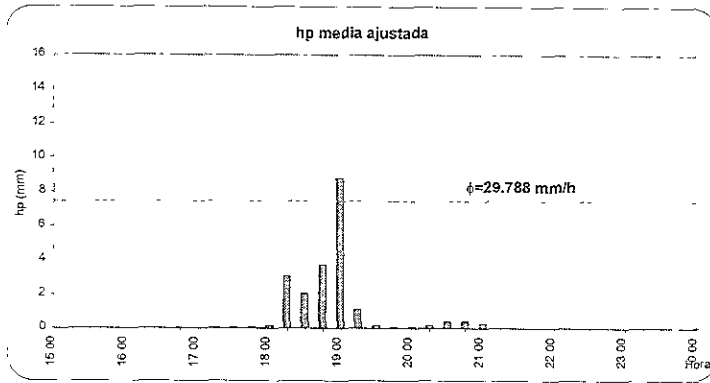
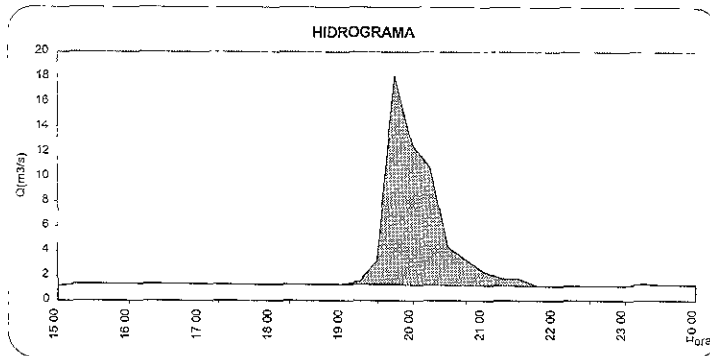


Fig.4.19b Índice de infiltración y coeficiente de escurrimiento de las tormentas seleccionadas

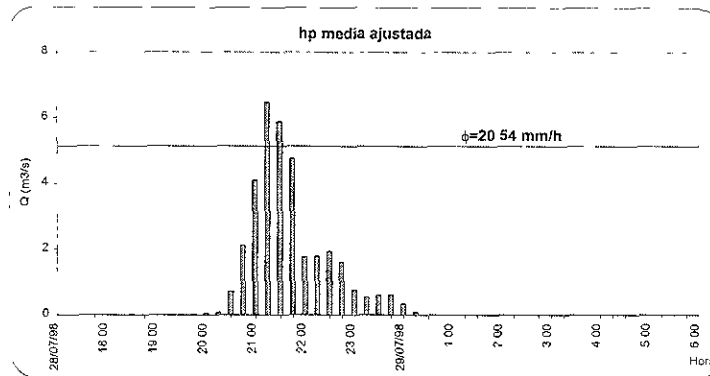
25 de Julio de 1998



$A_c$	31 544	km <sup>2</sup>
$Q_d$	46 862	m <sup>3</sup> /s
$V_{ED}$	42175 854	m <sup>3</sup>
$L_c$	1 337	mm
$h_T$	20 443	mm
$V_{LL}$	644874 050	m <sup>3</sup>
$C_E$	0 065	
$\phi$	29 788	mm/h



28-29 de Julio de 1998



$A_c$	31 544	km <sup>2</sup>
$Q_d$	72 942	m <sup>3</sup> /s
$V_{ED}$	65647 800	m <sup>3</sup>
$L_c$	2 081	mm
$h_T$	34 220	mm
$V_{LL}$	1079450 757	m <sup>3</sup>
$C_E$	0 061	
$\phi$	20 540	mm/h

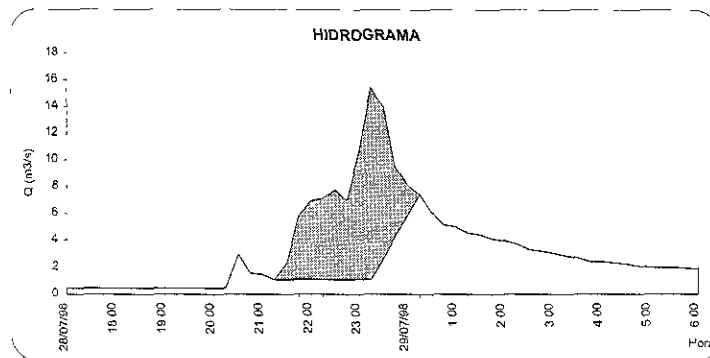
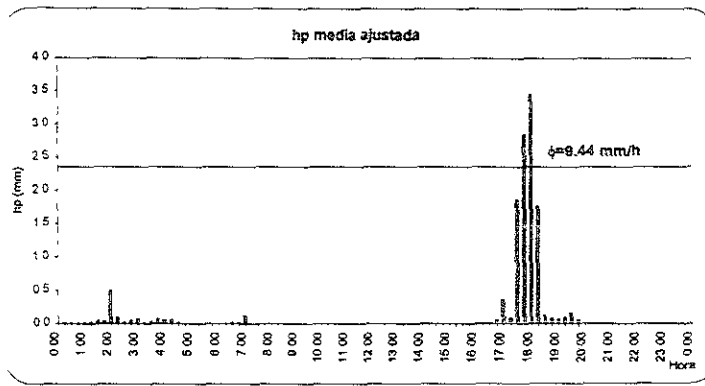
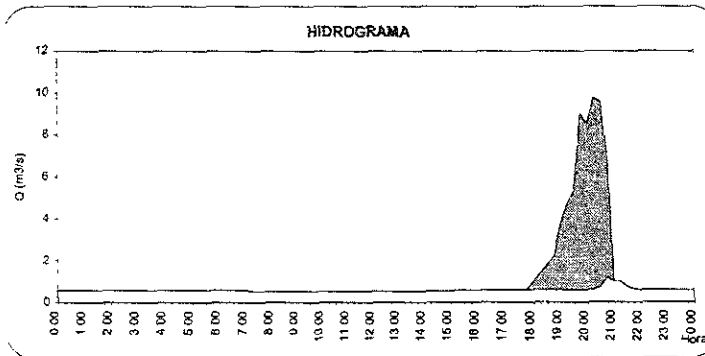


Fig.4.19c Índice de infiltración y coeficiente de escurrimiento de las tormentas seleccionadas

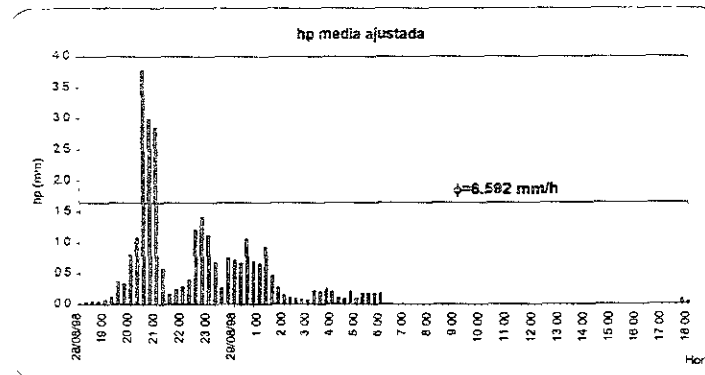
23 de Agosto de 1998



$A_c$	31 544	km <sup>2</sup>
$Q_d$	55 881	m <sup>3</sup> /s
$V_{ED}$	50301 650	m <sup>3</sup>
$L_d$	1.595	mm
$h_T$	11 074	mm
$V_{LL}$	349333 448	m <sup>3</sup>
$C_E$	0 144	
$\phi$	9 440	mm/h



29-30 de Agosto de 1998



$A_c$	31 544	km <sup>2</sup>
$Q_d$	164 428	m <sup>3</sup> /s
$V_{ED}$	147986 358	m <sup>3</sup>
$L_d$	4.691	mm
$h_T$	27 536	mm
$V_{LL}$	668619 382	m <sup>3</sup>
$C_E$	0 170	
$\phi$	6.592	mm/h

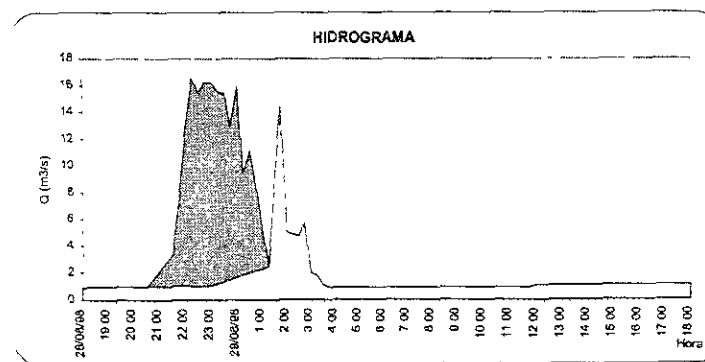
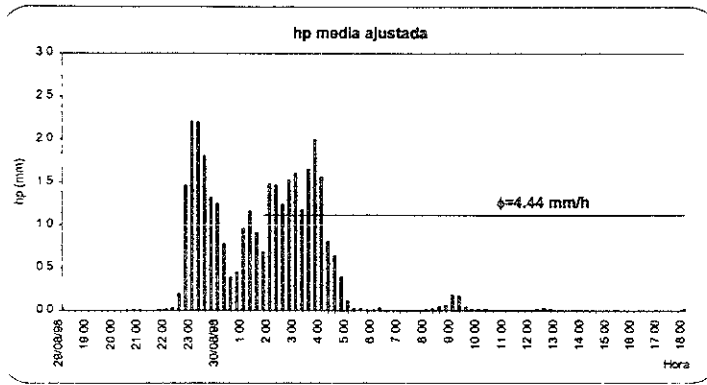
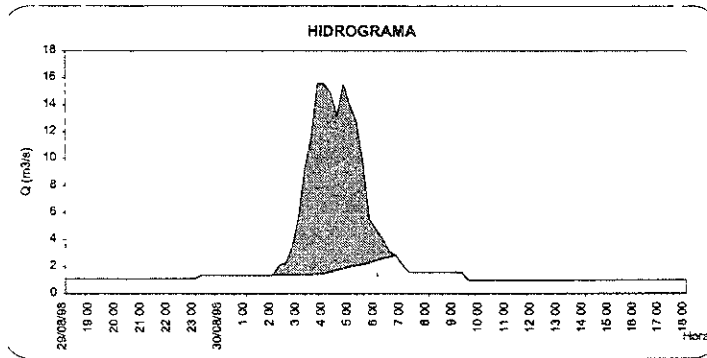


Fig.4.19d Índice de infiltración y coeficiente de escurrimiento de las tormentas seleccionadas

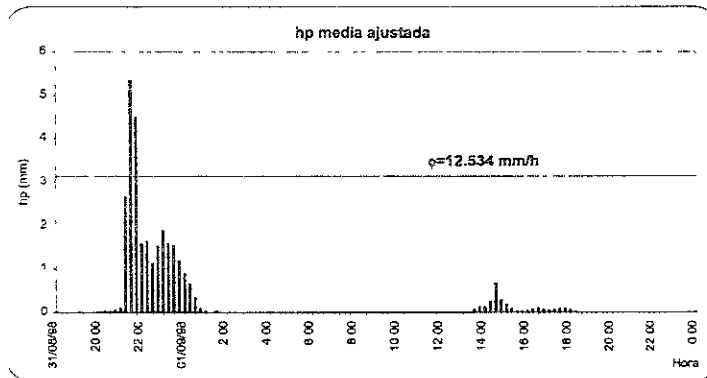
29-30 de Agosto de 1998



$A_c$	31 544	km <sup>2</sup>
$Q_d$	129 660	m <sup>3</sup> /s
$V_{ED}$	116694 224	m <sup>3</sup>
$L_e$	3 699	mm
$h_T$	31.300	mm
$V_{LL}$	987322 704	m <sup>3</sup>
$C_E$	0 118	
$\phi$	4 4424	mm/h



31 de Agosto - 1 de Septiembre de 1998



$A_c$	31 544	km <sup>2</sup>
$Q_d$	125 333	m <sup>3</sup> /s
$V_{ED}$	112800 046	m <sup>3</sup>
$L_e$	3.576	mm
$h_T$	26 822	mm
$V_{LL}$	846072 975	m <sup>3</sup>
$C_E$	0 133	
$\phi$	12 534	mm/h

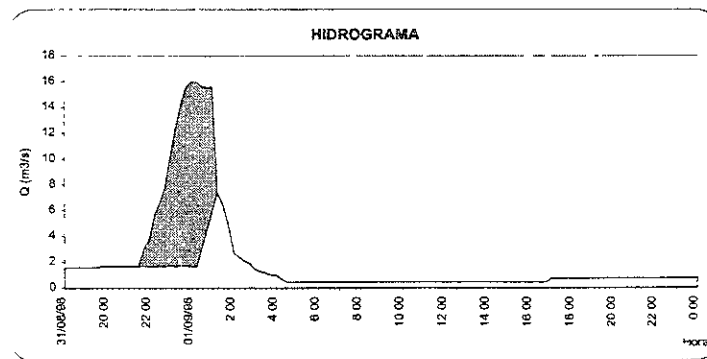
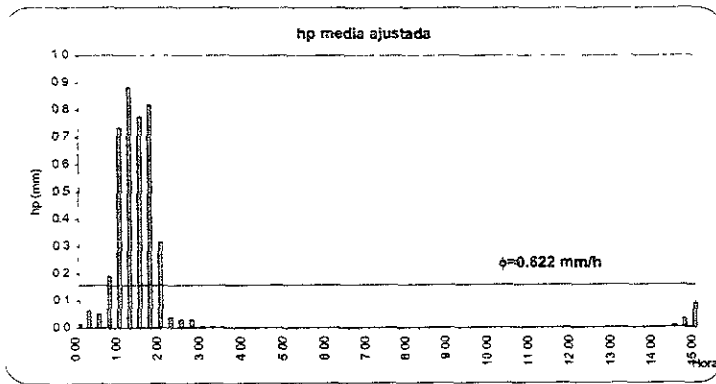
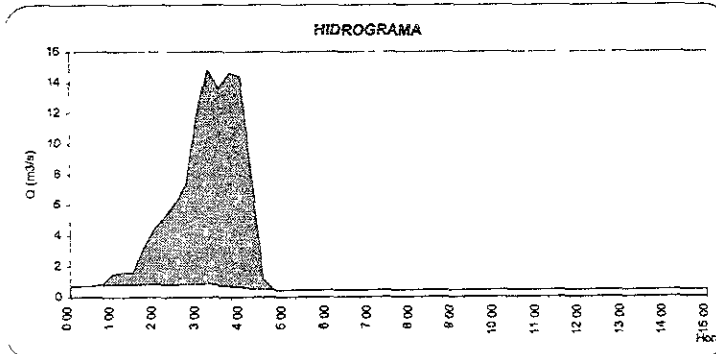


Fig.4.19e Índice de infiltración y coeficiente de escurrimiento de las tormentas seleccionadas

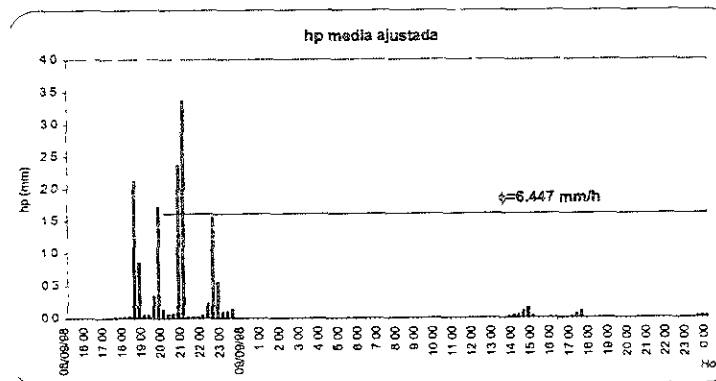
2 de Septiembre de 1998



$A_c$	31 544	km <sup>2</sup>
$Q_u$	97 694	m <sup>3</sup> /s
$V_{ED}$	87924 911	m <sup>3</sup>
$L_a$	2 787	mm
$h_r$	3 961	mm
$V_{LL}$	124948 867	m <sup>3</sup>
$C_E$	0 704	
$\phi$	0.6224	mm/h



8-9 de Septiembre de 1998



$A_c$	31 544	km <sup>2</sup>
$Q_u$	88 256	m <sup>3</sup> /s
$V_{ED}$	79430 806	m <sup>3</sup>
$L_a$	2 518	mm
$h_r$	14 095	mm
$V_{LL}$	444618 789	m <sup>3</sup>
$C_E$	0 179	
$\phi$	6 447	mm/h

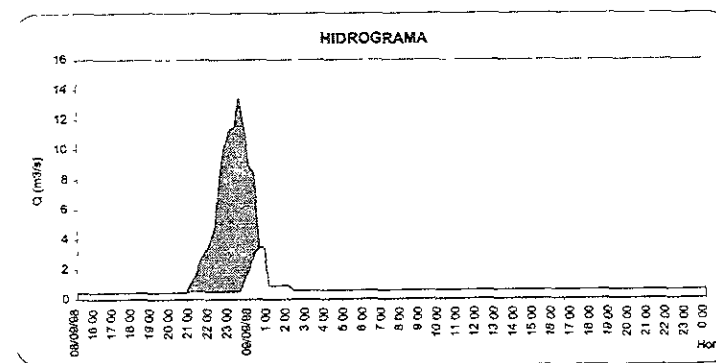
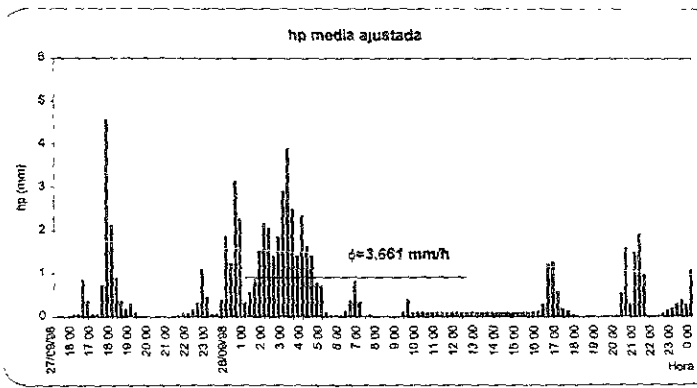
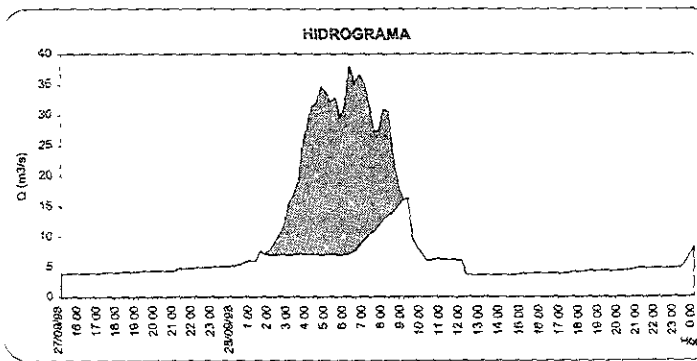


Fig.4.19f Índice de infiltración y coeficiente de escurrimiento de las tormentas seleccionadas

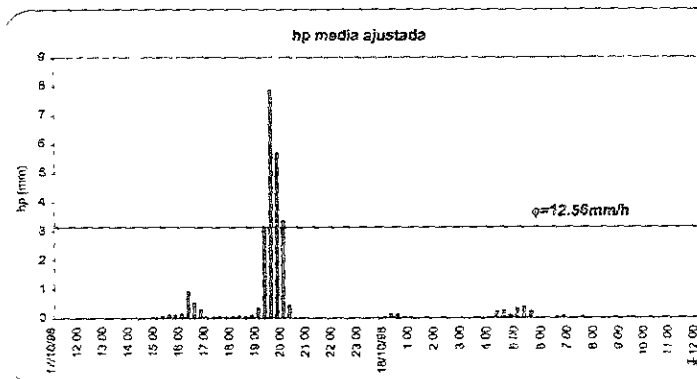
27-28 de Septiembre de 1998



$A_c$	31 544	km <sup>2</sup>
$Q_d$	495 777	m <sup>3</sup> /s
$V_{ED}$	446199 318	m <sup>3</sup>
$L_e$	14 14517	mm
$h_T$	52 159	mm
$V_{LL}$	1645327 675	m <sup>3</sup>
$C_E$	0 271	
$\phi$	3.661	mm/h



17-18 de Octubre de 1998



$A_c$	31 544	km <sup>2</sup>
$Q_d$	265 272	m <sup>3</sup> /s
$V_{ED}$	238745 085	m <sup>3</sup>
$L_e$	7.569	mm
$h_T$	24 613	mm
$V_{LL}$	776404 251	m <sup>3</sup>
$C_E$	0 308	
$\phi$	12.560	mm/h

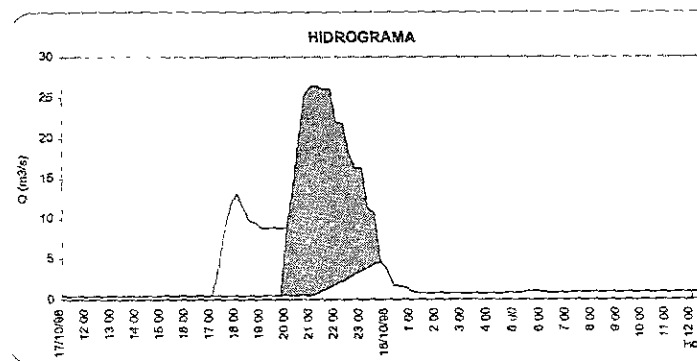


Fig.4.19g Índice de infiltración y coeficiente de escurrimiento de las tormentas seleccionadas



19 de Octubre de 1998

$A_c$	31 544	km <sup>2</sup>
$Q_c$	48 833	m <sup>3</sup> /s
$V_{ED}$	43949 879	m <sup>3</sup>
$L_e$	1.383	mm
$h_T$	2 046	mm
$V_{L1}$	64549 366	m <sup>3</sup>
$C_e$	0.681	
$\phi$	1.044	mm/h

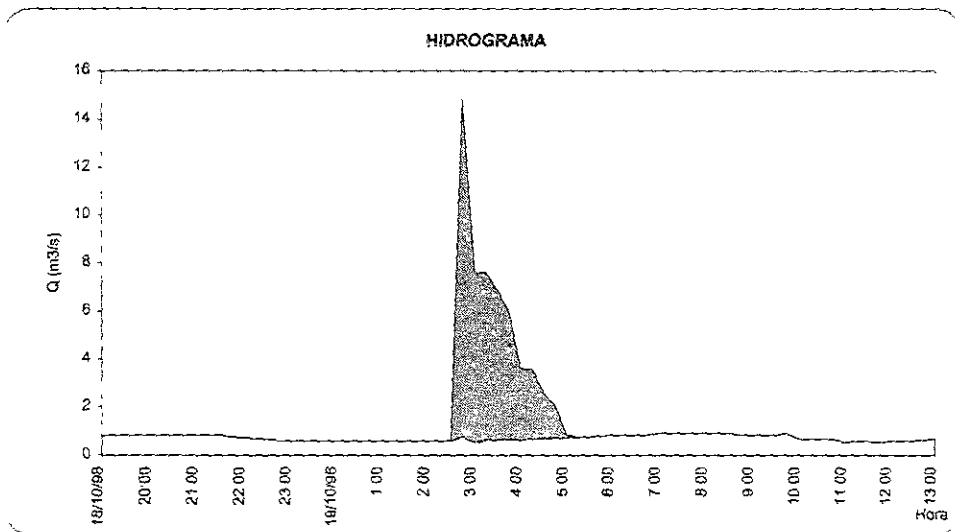
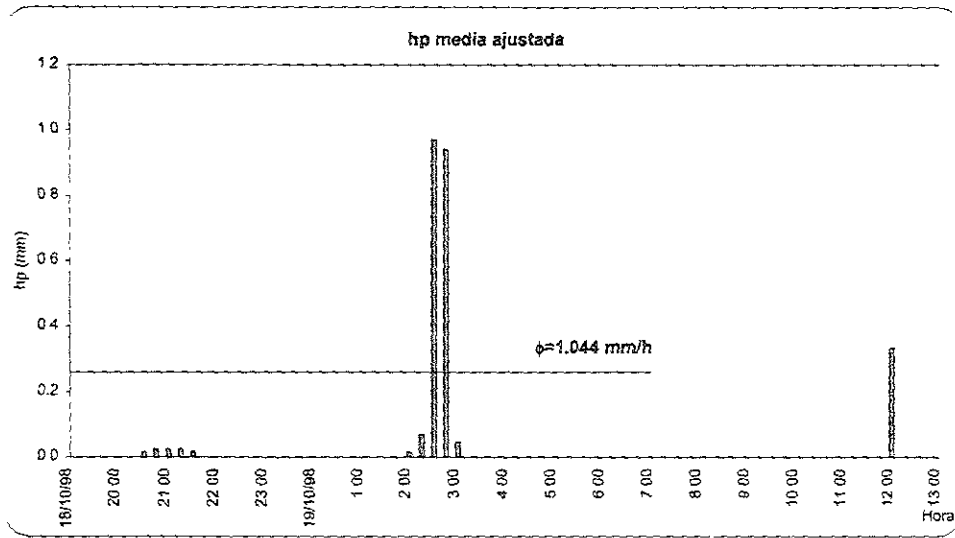


Fig.4.19h Índice de infiltración y coeficiente de escurrimiento de las tormentas seleccionadas

## 6. CONCLUSIONES

Cuando se desea diseñar obras de protección o de aprovechamiento en una cuenca y no se cuenta con mucha o ninguna información acerca de los escurrimientos que pasan en una sección de interés del río, es necesario recurrir a modelos que relacionan la lluvia con el escurrimiento, estos modelos también se emplean en la predicción de avenidas en tiempo real, para saber la magnitud y el momento en que se presentará la avenida y con ello tomar medidas de alerta. De los modelos lluvia-escurrimiento, el modelo de caja negra, generalmente el hidrograma unitario, es el más utilizado en México, ya que es el que más se adecua a las condiciones de información del país.

Al comparar los escurrimientos medidos de la cuenca del río Mixcoac, con los escurrimientos estimados a partir del hidrograma unitario obtenido en éste trabajo, se observa que el hidrograma unitario reproduce aceptablemente los escurrimientos, por lo que el modelo da una buena representación del comportamiento físico de la cuenca, esto da la confianza de ser utilizado en eventos futuros para predicción de escurrimientos y riesgos. Los resultados además servirán para comprobar la bondad del modelo lluvia-escurrimiento obtenido a partir del radar meteorológico del cerro La Catedral, el cual será utilizado posteriormente con fines predictivos en un modelo de parámetros distribuidos, aprovechando su capacidad para estimar la distribución espacial de la lluvia, lo cual lo convierte en una excelente alternativa para la determinación de modelos de predicción en regiones del país donde existe muy poca información pluviográfica.

Los registros de lluvia y escurrimiento son indispensables en la obtención del modelo hidrológico, el resultado depende de la calidad de dichas mediciones; en todo tipo de medición se cometen errores, los más frecuentes son los de calibración, funcionamiento y observación. En el estudio de la cuenca Mixcoac, se detectaron errores en los tiempos de

registro de los limnigramas, ya que al comparar los registros de la lluvia con los de escurrimiento, se observa que no corresponden en el tiempo y considerando que en los registros de lluvia no existe error por ser automáticos, se concluye que hay un error en la hora de inicio de los registros de escurrimiento. Este error se debe a que el observador generalmente no indica la hora correcta en que realiza el cambio de hoja de registro.

Otra de las dificultades que se encontraron durante el estudio, fue que el vertedor de la cuenca del río Mixcoac no es útil para épocas de avenidas, debido a que los niveles que se presentan rebasan la altura total del vertedor, por lo que el vertedor pierde su función como aforador. Para evitar este problema es recomendable, de acuerdo a los análisis que se hicieron, aumentar la altura del vertedor al menos un metro por encima del nivel actual o revestir el cauce del río en la sección donde se localiza la estación hidrométrica.

Como medidas de prevención se propone, desazolvar y limpiar el cauce de la cuenca antes de la temporada de lluvias y de esta manera disminuir las posibilidades de que ocurra un desbordamiento, regular los asentamientos sobre el cauce y sus márgenes, además establecer sistemas de alerta y prevención, así como informar acerca de los lugares que servirán como albergues en caso de posibles inundaciones.

**BIBLIOGRAFÍA**

- Anton H., 1992, *Introducción al Álgebra Lineal*, Limusa, tercera edición.
- Aparicio F. J., 1989, *Fundamentos de Hidrología de Superficie*, Limusa.
- Aparicio F. J., 1990, *Modelación Hidrológica*, Ingeniería Hidráulica en México, octubre, p. 148.
- Chow V. T., 1987, *Hidrología Aplicada*, McGraw-Hill.
- Cordero E. M., 1992, *El origen y evolución del relieve en la Delegación Álvaro Obregón*, Tesis de Licenciatura, Facultad de Filosofía y Letras, Colegio de Geografía, UNAM, México.
- Cruickshank C., *Modelo Matemático de una Cuenca*, VIII Congreso de Ing. Civil, Guadalajara, México, Abril, 1968.
- Domínguez R. M., *El Desarrollo de la Hidrología en México*, Ingeniería Hidráulica en México, octubre 1990, p. 148.
- Domínguez R. M., 1981, *Escorrentamiento*, C.F.E., Manual de Diseño de Obras Civiles, Hidrotecnia, Tomo A.1.3.
- Domínguez R., Gracia J., 1981, *Pérdidas*, C.F.E., Manual de Diseño de Obras Civiles, Hidrotecnia, Tomo A.1.4.
- Franco V., Domínguez R., 1981, *Precipitación*, C.F.E., Manual de Diseño de Obras Civiles, Hidrotecnia, Tomo A.1.2.
- Fuentes O., Domínguez R., 1981, *Relación entre Precipitación y Escorrentamiento*, C.F.E., Manual de Diseño de Obras Civiles, Hidrotecnia, Tomo A.1.5.
- Fuentes O., Franco V., 1999, *Estudio Hidrológico para obras de protección*, Capítulo 3 del Manual de Ingeniería de ríos, series del Instituto de Ingeniería, UNAM.
- Klem s V., *La Ciencia de la Hidrología: ¿Dónde hemos estado? ¿Hacia donde debemos ir? ¿Que necesitan saber los hidrólogos?*, Ingeniería Hidráulica en México, octubre 1990, p. 9.
- Linley R., et. al., 1989, *Hidrología para Ingenieros*, MacGraw-Hill.
- Méndez A. B., 1998, *Comparación entre Modelos Lluvia-Escorrentamiento lineales y no lineales*, Tesis de Maestría, Facultad de Ingeniería, UNAM, México.

- Rodríguez F., 1994, *Dinámica de sistemas*, Trillas.
- Sotelo A. G., 1993, *Hidráulica General*, Vol. 1 Fundamentos, Limusa.
- Sotelo A. G., 1998, *Algoritmo de método de Blalock y Sturn para determinar los tirantes críticos múltiples en canales compuestos*, Ingeniería Hidráulica en México, Vol. XIII, Núm. 1, pags. 51-60, enero-abril.
- Springall G. R., *Hidrología (primera parte)*, Facultad de Ingeniería, UNAM, México.

# **ANEXO 1**

**ECUACIONES BÁSICAS DEL MÉTODO DE BLALOCK Y STURM PARA  
DETERMINAR TIRANTES CRÍTICOS MÚLTIPLES EN CANALES  
COMPUESTOS\***

Obtención del número de Froude para la sección superior de un canal de sección compuesta:

$$E = y + \frac{V^2}{2g}$$

$$E = y + \frac{Q^2}{2gA^2}$$

$$\frac{dE}{dy} = \frac{dy}{dy} + \frac{Q^2}{2g} \frac{d}{dy} \alpha A^{-2}$$

$$\frac{dE}{dy} = 1 - 2\alpha \frac{Q^2}{2g} A^{-3} \frac{dA}{dy} + \frac{Q^2 A^{-2}}{2g} \frac{d\alpha}{dy}$$

donde

$$\frac{dA}{dy} = B = T$$

entonces

$$\frac{dE}{dy} = 1 - \alpha \frac{Q^2 T}{gA^3} + \frac{Q^2}{2gA^2} \frac{d\alpha}{dy}$$

$$\frac{dE}{dy} = 1 - \left( \alpha \frac{Q^2 T}{gA^3} - \frac{Q^2}{2gA^2} \frac{d\alpha}{dy} \right) \quad (1)$$

Si se considera la pendiente del canal con un ángulo  $\theta$ , se obtiene:

$$\frac{dE}{dy} = \left[ 1 - \left( 2\alpha \frac{Q^2 T}{2gA^3} - \frac{Q^2}{2gA^2} \frac{d\alpha}{dy} \right) \right] \cos \theta$$

\* Algoritmo del método de Blalock y Sturm para determinar los tirantes críticos múltiples en canales compuestos, Sotelo G., Ingeniería Hidráulica en México, Vol. XIII, Núm. 1, págs. 51-60, enero-abril 1998

donde

$$g' = g \cos \theta$$

Además, como

$$\frac{dE}{dy} = 1 - Fs^2$$

despejando

$$Fs^2 = 1 - \frac{dE}{dy} \quad (2)$$

Sustituyendo la ec. 1 en la 2 se obtiene el número de Froude para canales de sección compuesta

$$Fs = \left( \alpha \frac{Q^2 T}{g' A^3} - \frac{Q^2}{2g' A^2} \frac{d\alpha}{dy} \right)^{1/2} \quad (3)$$

El cual adquiere el valor de 1 para el tirante crítico con el que ocurre la energía específica mínima.

Para determinar el valor de  $d\alpha/dy$  se considera que  $\alpha$  se expresa en términos de las variables de cada subsección  $i$  en que se subdivide el canal y que es constante en cada subsección ( $\alpha_i = \text{cte}$ )

$$\alpha = \frac{A^2}{K^3} \sum \left( \frac{\alpha_i K_i^3}{A_i^2} \right) \quad (4)$$

donde

$\Sigma$  Desde  $i=1$ , hasta el número total de subsecciones.

$$K = SK_i$$

$$K_i = \frac{A_i R_{hi}}{n_i} \quad (\text{Factor geométrico de la sección})$$

derivando  $\alpha$

$$\frac{d\alpha}{dy} = \frac{A^2}{K^3} \frac{d}{dy} \sum \left( \frac{\alpha_i K_i^3}{A_i^2} \right) + \sum \left( \frac{\alpha_i K_i^3}{A_i^2} \right) \frac{d}{dy} \left( \frac{A^2}{\left( \sum K_i^3 \right)} \right)$$



Para el primer término

$$u = K_i^3$$

$$v = A_i^2$$

Para el segundo término

$$u = A_i^2$$

$$v = K_i^3$$

La derivada de  $\alpha$  entonces es

$$\frac{d\alpha}{dy} = \frac{A^2}{K^3} \frac{\alpha_i A_i^2 \frac{d}{dy} K_i^3 - \alpha_i K_i^3 \frac{d}{dy} A_i^2}{A_i^4} + \sum \left( \frac{\alpha_i K_i^3}{A_i^2} \right) \frac{K_i^3 \frac{d}{dy} A_i^2 - A_i^2 \frac{d}{dy} K_i^3}{K_i^6}$$

$$\frac{d\alpha}{dy} = \frac{A^2}{K^3} \sum \left( \frac{\alpha_i A_i^2 3K_i^2 \frac{dK_i}{dy} - \alpha_i K_i^3 2A_i \frac{dA_i}{dy}}{A_i^4} \right) + \sum \left( \frac{\alpha_i K_i^3}{A_i^2} \right) \left( \frac{K_i^3 2A_i \frac{dA_i}{dy} - A_i^2 3K_i^2 \frac{dK_i}{dy}}{K_i^6} \right)$$

$$\frac{d\alpha}{dy} = \frac{A^2}{K^3} \sum \alpha_i \left( \frac{K_i}{A_i} \right)^2 3 \frac{dK_i}{dy} - 2\alpha_i \left( \frac{K_i}{A_i} \right)^3 T_i + \sum \left( \frac{\alpha_i K_i^3}{A_i^2} \right) \left( \frac{2A_i T_i}{K_i^3} - \frac{A_i^2}{K_i^4} 3 \sum \frac{dK_i}{dy} \right) \quad (5)$$

como en  $K_i$ , el coeficiente  $n$  varía también con el tirante

$$\frac{dK_i}{dy} = \frac{d}{dy} \left( \frac{A_i R_h^{2/3}}{n_i} \right)$$

donde

$$u = A_i R_h^{2/3} \quad v = n_i$$

Por lo tanto

$$\frac{dK_i}{dy} = \frac{n_i \frac{d}{dy} (A_i R_h^{2/3}) - A_i R_h^{2/3} \frac{d}{dy} n_i}{n_i^2}$$

$$\frac{dK_i}{dy} = \frac{n_i \left( A_i \frac{d}{dy} R_h^{2/3} + R_h^{2/3} \frac{d}{dy} A_i \right) - A_i R_h^{2/3} \frac{d}{dy} n_i}{n_i^2}$$

$$\frac{dK_i}{dy} = \frac{n_i \left( (2/3) A_i R_h^{-1/3} \frac{d}{dy} R_h + R_h^{2/3} T_i \right) - A_i R_h^{2/3} \frac{d}{dy} n_i}{n_i^2}$$

$$\frac{dK_i}{dy} = \frac{2}{3} \frac{A_i}{n_i R_h^{1/3}} \frac{d}{dy} R_h + \frac{R_h^{2/3} T_i}{n_i} - \frac{A_i R_h^{2/3}}{n_i^2} \frac{d}{dy} n_i \quad (6)$$

con  $R_h = \frac{A_i}{P_i}$  se obtiene

$$\frac{d}{dy} R_h = \frac{d}{dy} \left( \frac{A_i}{P_i} \right) = \frac{P_i \frac{d}{dy} A_i - A_i \frac{d}{dy} P_i}{P_i^2}$$

$$\frac{d}{dy} R_h = \frac{T_i}{P_i} - \frac{A_i}{P_i^2} \frac{dP_i}{dy} \quad (7)$$

$$\frac{d}{dy} R_h = \frac{T_i}{P_i} - \frac{A_i}{P_i} \frac{1}{P_i} \frac{dP_i}{dy}$$

$$\frac{d}{dy} R_h = \frac{T_i}{P_i} - \frac{R_h}{P_i} \frac{dP_i}{dy} \quad (8)$$

Sustituyendo la ec. 8 en la 6

$$\frac{dK_i}{dy} = \frac{2}{3} \frac{A_i}{n_i R_h^{1/3}} \left( \frac{T_i}{P_i} - \frac{R_h}{P_i} \frac{dP_i}{dy} \right) + \frac{R_h^{2/3} T_i}{n_i} - \frac{A_i R_h^{2/3}}{n_i^2} \frac{d}{dy} n_i$$

$$\frac{dK_i}{dy} = \frac{2}{3} \frac{1}{n_i} \frac{A_i}{P_i} \frac{T_i}{R_h^{1/3}} - \frac{2}{3} \frac{A_i}{n_i R_h^{1/3}} \frac{R_h}{P_i} \frac{dP_i}{dy} + \frac{R_h^{2/3} T_i}{n_i} - \frac{A_i R_h^{2/3}}{n_i^2} \frac{dn_i}{dy}$$

con  $R_h = \frac{A_i}{P_i}$

$$\frac{dK_i}{dy} = \frac{2}{3} \frac{R_h^{2/3} T_i}{n_i} - \frac{2}{3} \frac{A_i}{P_i} \frac{R_h^{2/3}}{n_i} \frac{dP_i}{dy} + \frac{R_h^{2/3} T_i}{n_i} - \frac{A_i R_h^{2/3}}{n_i^2} \frac{dn_i}{dy}$$

$$\frac{dK_i}{dy} = \frac{5}{3} \frac{R_h^{2/3} T_i}{n_i} - \frac{2}{3} \frac{R_h^{5/3}}{n_i} \frac{dP_i}{dy} - \frac{A_i R_h^{2/3}}{n_i^2} \frac{dn_i}{dy}$$

$$\frac{dK_i}{dy} = \frac{5}{3} \frac{A_i}{A_i} \frac{R_h^{2/3} T_i}{n_i} - \frac{2}{3} \frac{A_i}{A_i} \frac{R_h^{5/3}}{n_i} \frac{dP_i}{dy} - \frac{A_i R_h^{2/3}}{n_i^2} \frac{dn_i}{dy}$$

$$\frac{dK_i}{dy} = \frac{5}{3} \frac{K_i T_i}{A_i} - \frac{2}{3} \frac{K_i}{A_i} R_h \frac{dP_i}{dy} - \frac{K_i}{n_i} \frac{dn_i}{dy}$$

$$\frac{dK_i}{dy} = \frac{1}{3} \left( \frac{K_i}{A_i} \right) \left( 5T_i - 2R_{hi} \frac{dP_i}{dy} - 3 \frac{A_i}{n_i} \frac{dn_i}{dy} \right) \quad (9)$$

Donde  $\frac{dn_i}{dy} = 0$  cuando  $n_i$  se considera constante. Sustituyendo la ec. 9 en la 5

$$\begin{aligned} \frac{d\alpha}{dy} &= \frac{A^2}{K^3} \sum \left\{ \alpha_i \left( \frac{K_i}{A_i} \right)^2 \left[ \frac{1}{3} \left( \frac{K_i}{A_i} \right) \left( 5T_i - 2R_{hi} \frac{dP_i}{dy} - 3 \frac{A_i}{n_i} \frac{dn_i}{dy} \right) \right] - 2\alpha_i \left( \frac{K_i}{A_i} \right)^3 T_i \right\} \\ &+ \sum \left( \frac{\alpha_i K_i^3}{A_i^2} \right) \left\{ \frac{2A_i T_i}{K_i^3} - \frac{A_i^2}{K_i^4} \sum \left[ \frac{1}{3} \left( \frac{K_i}{A_i} \right) \left( 5T_i - 2R_{hi} \frac{dP_i}{dy} - 3 \frac{A_i}{n_i} \frac{dn_i}{dy} \right) \right] \right\} \\ \frac{d\alpha}{dy} &= \frac{A^2}{K^3} \sum \left\{ \alpha_i \left( \frac{K_i}{A_i} \right)^3 \left( 5T_i - 2R_{hi} \frac{dP_i}{dy} - 3 \frac{A_i}{n_i} \frac{dn_i}{dy} \right) - 2T_i \right\} \\ &+ \sum \left( \frac{\alpha_i K_i^3}{A_i^2} \right) \left\{ \frac{2A_i T_i}{K_i^3} - \frac{A_i^2}{K_i^4} \sum \left[ \left( \frac{K_i}{A_i} \right) \left( 5T_i - 2R_{hi} \frac{dP_i}{dy} - 3 \frac{A_i}{n_i} \frac{dn_i}{dy} \right) \right] \right\} \\ \frac{d\alpha}{dy} &= \frac{A^2}{K^3} \sum \left[ \alpha_i \left( \frac{K_i}{A_i} \right)^3 \left( 3T_i - 2R_{hi} \frac{dP_i}{dy} - 3 \frac{A_i}{n_i} \frac{dn_i}{dy} \right) \right] \\ &+ \sum \left( \frac{\alpha_i K_i^3}{A_i^2} \right) \left\{ \frac{2A_i T_i}{K_i^3} - \frac{A_i^2}{K_i^4} \sum \left[ \left( \frac{K_i}{A_i} \right) \left( 5T_i - 2R_{hi} \frac{dP_i}{dy} - 3 \frac{A_i}{n_i} \frac{dn_i}{dy} \right) \right] \right\} \end{aligned} \quad (10)$$

Para mayor facilidad en el manejo de los términos de la ec. 10 a ellos se le asigna a  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  y  $\sigma_3$ , respectivamente

$$\sigma_1 = \sum \left[ \alpha_i \left( \frac{K_i}{A_i} \right)^3 \left( 3T_i - 2R_{hi} \frac{dP_i}{dy} - 3 \frac{A_i}{n_i} \frac{dn_i}{dy} \right) \right] \quad (11)$$

$$\sigma_2 = \sum \left( \frac{\alpha_i K_i^3}{A_i^2} \right) \quad (12)$$

$$\sigma_3 = \sum \left[ \left( \frac{K_i}{A_i} \right) \left( 5T_i - 2R_{hi} \frac{dP_i}{dy} - 3 \frac{A_i}{n_i} \frac{dn_i}{dy} \right) \right] \quad (13)$$

Sustituyendo las ecs. 11, 12 y 14 en la 10

$$\frac{d\alpha}{dy} = \frac{A^2\sigma_1}{K^3} + \sigma_2 \left( \frac{2AT}{K^3} - \frac{A^2\sigma_3}{K^4} \right) \quad (14)$$

Sustituyendo la ec. 12 en la 4

$$\alpha = \frac{A^2}{K^3} \sigma_2 \quad (15)$$

Sustituyendo la ec. 15 en la ec. 3

$$F_s = \left\{ \frac{A^2\sigma_2}{K^3} \frac{Q^2 T}{g' A^3} - \frac{Q^2}{2g' A^2} \left[ \frac{A^2\sigma_1}{K^3} + \sigma_2 \left( \frac{2AT}{K^3} - \frac{A^2\sigma_3}{K^4} \right) \right] \right\}^{1/2}$$

$$F_s = \left\{ \frac{Q^2}{2g' K^3} \frac{2\sigma_2 T}{A} - \frac{Q^2}{2g' K^3} \sigma_1 - \frac{Q^2}{2g' K^3} \frac{2\sigma T}{A} + \frac{Q^2}{2g' K^3} \frac{\sigma_2 \sigma_3}{K} \right\}^{1/2}$$

$$F_s = \left[ \frac{Q^2}{2g' K^3} \left( \frac{\sigma_2 \sigma_3}{K} - \sigma_1 \right) \right]^{1/2} \quad (16)$$

La ec. 16 representa el nuevo número de Froude, que para  $F_s = 1$  satisface la condición de energía mínima en un canal de sección compuesta

**Determinación de la ecuación de conversión de  $f$  a  $n$ .**

De las fórmulas de Chezy y Manning de la velocidad para flujo uniforme se tiene que

$$V = C\sqrt{R_h S} \quad (17)$$

$$V = \frac{1}{n} R_h^{2/3} S^{1/2} \quad (18)$$

Igualando 17 y 18

$$C\sqrt{R_h S} = \frac{1}{n} R_h^{2/3} S^{1/2}$$

$$C R_h^{1/2} S^{1/2} = \frac{1}{n} R_h^{2/3} S^{1/2}$$

$$C = \frac{1}{n} \frac{R_h^{2/3}}{R_h^{1/2}}$$

$$C = \frac{1}{n} R_h^{1/6} \quad (19)$$

De la ecuación 2.5 del libro *Apuntes de Hidráulica II*, G. Sotelo A.

$$f = \frac{8g}{C^2}$$

$$C = \sqrt{\frac{8g}{f}} \quad (20)$$

Igualando 19 y 20

$$\frac{\sqrt{8g}}{f} = \frac{1}{n} R_h^{1/6}$$

$$n = \frac{R_h^{1/6} \sqrt{f}}{\sqrt{8g}} \quad (21)$$

La ec. 21 es la de conversión de  $f$  a  $n$ .

$$\frac{dR_{hi}}{dy} = \left( \frac{1}{P_i} \right) \left( P_i T_i - \frac{A_i}{P_i} \frac{dP_i}{dy} \right)$$

$$\frac{dR_{hi}}{dy} = \left( \frac{1}{P_i} \right) \left( T_i - R_{hi} \frac{dP_i}{dy} \right) \quad (27)$$

sustituyendo la ec. 27 en la 26

$$\frac{dn_i}{dy} = \frac{P_i}{A_i} n_i \left[ \frac{1}{6} - \frac{0.434294 \alpha_N}{\alpha_N \log \frac{CR_{hi}}{k_{si}}} \right] \left( \frac{1}{P_i} \right) \left( T_i - R_{hi} \frac{dP_i}{dy} \right)$$

$$\frac{dn_i}{dy} = \frac{n_i}{A_i} \left[ \frac{1}{6} - \frac{0.434294 \alpha_N}{\alpha_N \log \frac{CR_{hi}}{k_{si}}} \right] \left( T_i - R_{hi} \frac{dP_i}{dy} \right)$$

$$\frac{A_i}{n_i} \frac{dn_i}{dy} = \left[ \frac{1}{6} - \frac{0.434294 \alpha_N}{\alpha_N \log \frac{CR_{hi}}{k_{si}}} \right] \left( T_i - R_{hi} \frac{dP_i}{dy} \right)$$

$$\frac{A_i}{n_i} \frac{dn_i}{dy} = \left[ \frac{1}{6} - \frac{0.434294 \alpha_N}{\alpha_N \log \frac{CR_{hi}}{k_{si}}} \left( \frac{n_i}{n_i} \right) \right] \left( T_i - R_{hi} \frac{dP_i}{dy} \right)$$

$$\frac{A_i}{n_i} \frac{dn_i}{dy} = \left[ \frac{1}{6} - \frac{0.434294 \alpha_N}{\alpha_N \log \frac{CR_{hi}}{k_{si}}} \left( \frac{n_i}{R_{hi}^{1.6} \sqrt{8g \alpha_N \log \frac{CR_{hi}}{k_{si}}}} \right) \right] \left( T_i - R_{hi} \frac{dP_i}{dy} \right)$$

$$\frac{A_i}{n_i} \frac{dn_i}{dy} = \left[ \frac{1}{6} - \frac{0.434294 \alpha_N}{\alpha_N \log \frac{CR_{hi}}{k_{si}}} \left( \frac{n_i \sqrt{8g \alpha_N \log \frac{CR_{hi}}{k_{si}}}}{R_{hi}^{1.6}} \right) \right] \left( T_i - R_{hi} \frac{dP_i}{dy} \right)$$

$$\frac{A_i}{n_i} \frac{dn_i}{dy} = \left[ \frac{1}{6} - 0.434294 \alpha_v \sqrt{8g} \frac{n_i}{R_h^{1/6}} \right] \left( T_i - R_{hi} \frac{dP_i}{dy} \right) \quad (28)$$

La ecuación 28 se usa en el cálculo de  $\sigma_1$  y  $\sigma_2$  con las ecuaciones 11 y 13.

# **ANEXO 2**





Tabla 2 Registros de precipitación y escurrimiento para la fecha 7 de Septiembre de 1997.

Hora	Precipitación en mm						hp media	hpm ajustada	Nivel (m)	Q (m³/s)	Qd (m³/s)	Qb (m³/s)	φ	hpe (mm)
	Est 16	Est 22	Est 25	Est 55	Est 56	Est 57								
12:00	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.310	2.445	0.000	2.445	3.491	0.00
12:15	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.310	2.445	0.000	2.445	3.491	0.00
12:30	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.310	2.445	0.000	2.445	3.491	0.00
12:45	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.310	2.445	0.000	2.445	3.491	0.00
13:00	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.310	2.445	0.000	2.445	3.491	0.00
13:15	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.310	2.445	0.000	2.445	3.491	0.00
13:30	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.310	2.445	0.000	2.445	3.491	0.00
13:45	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.310	2.445	0.000	2.445	3.491	0.00
14:00	0	0	9.78	0	0	0	1.40	1.26	0.310	2.445	0.000	2.445	3.491	0.00
14:15	0	0	13.33	0	0	0	1.90	1.71	0.310	2.445	0.000	2.445	3.491	0.00
14:30	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.310	2.445	0.000	2.445	3.491	0.00
14:45	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.310	2.445	0.000	2.445	3.491	0.00
15:00	0	0.01	0	0	0	0	0.00	0.00	0.310	2.445	0.000	2.445	3.491	0.00
15:15	0	0.03	0	0	0	0	0.00	0.00	0.310	2.445	0.000	2.445	3.491	0.00
15:30	0	0.03	0	0	0	0	0.00	0.00	0.310	2.445	0.000	2.445	3.491	0.00
15:45	0	0.03	0	0	0	0	0.00	0.00	0.310	2.445	0.000	2.445	3.491	0.00
16:00	0	0.03	0	0	0	0	0.00	0.00	0.310	2.445	0.000	2.445	3.491	0.00
16:15	0.07	0.03	0	0	0	0	0.01	0.01	0.310	2.445	0.000	2.445	3.491	0.00
16:30	0.07	0.03	0	0.11	0	0	0.02	0.02	0.310	2.445	0.000	2.445	3.491	0.00
16:45	0.07	0.03	0.05	0.4	0	0.01	0.03	0.03	0.250	1.771	0.000	1.771	3.491	0.00
17:00	3.09	0.03	0.14	7.7	0	0.22	0.70	0.63	0.250	1.771	0.000	1.771	3.491	0.00
17:15	15.29	0.57	1.39	2.81	0.66	3.62	3.49	3.14	0.250	1.771	0.000	1.771	3.491	0.00
17:30	9.77	4.78	4.52	8.33	2.91	11.38	6.02	5.42	0.250	1.771	0.000	1.771	3.491	1.93
17:45	1.88	4.37	3.39	1.29	3.47	4.06	3.40	3.06	0.700	8.297	6.564	1.734	3.491	0.00
18:00	0.15	2.49	5.57	0.94	2.12	2.54	2.42	2.18	0.910	10.328	8.552	1.776	3.491	0.00
18:15	0.08	0.91	0.19	0	1.89	0	0.79	0.72	0.920	12.502	10.735	1.767	3.491	0.00
18:30	0	0.51	0	0	0.85	0	0.39	0.35	1.070	15.417	13.645	1.773	3.491	0.00
18:45	0	0.1	0	0	0.25	0	0.11	0.10	0.970	13.535	11.149	2.386	3.491	0.00
19:00	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.770	9.573	6.547	3.026	3.491	0.00
19:15	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.700	8.297	4.656	3.641	3.491	0.00
19:30	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.650	7.425	3.187	4.257	3.491	0.00
19:45	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.615	6.833	1.968	4.865	3.491	0.00
20:00	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.580	6.258	0.782	5.476	3.491	0.00
20:15	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.570	6.097	0.000	6.097	3.491	0.00
20:30	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.540	5.622	0.000	5.622	3.491	0.00
20:45	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.530	5.467	0.000	5.467	3.491	0.00
21:00	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.510	5.160	0.000	5.160	3.491	0.00
21:15	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.510	5.160	0.000	5.160	3.491	0.00
21:30	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.470	4.565	0.000	4.565	3.491	0.00
21:45	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.465	4.492	0.000	4.492	3.491	0.00
22:00	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.445	4.206	0.000	4.206	3.491	0.00
22:15	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.440	4.135	0.000	4.135	3.491	0.00
22:30	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.440	4.135	0.000	4.135	3.491	0.00
22:45	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.440	4.135	0.000	4.135	3.491	0.00
23:00	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.440	4.135	0.000	4.135	3.491	0.00
23:15	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.440	4.135	0.000	4.135	3.491	0.00
23:30	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.440	4.135	0.000	4.135	3.491	0.00
23:45	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.450	4.277	0.000	4.277	3.491	0.00
0:00	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.450	4.277	0.000	4.277	3.491	0.00





Tabla 5 Registros de precipitación y escurrimiento para la fecha 25 de Julio de 1998.

Hora	Precipitación en mm						hp media	hpm ajustada	Nivel (m)	Q(m³/s)	Qd(m³/s)	Qb(m³/s)	o	hpe(mm)
	Est 16	Est 22	Est 25	Est 55	Est 56	Est 57								
15 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 190	1 173	0 000	1 173	7 45	0 00
15 15	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 210	1 363	0 000	1 363	7 45	0 00
15 30	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 210	1 363	0 000	1 363	7 45	0 00
15 45	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 210	1 363	0 000	1 363	7 45	0 00
16 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 210	1 363	0 000	1 363	7 45	0 00
16 15	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 210	1 363	0 000	1 363	7 45	0 00
16 30	0 00	0 05	0 00	0 00	0 00	0 00	0 01	0 01	0 210	1 363	0 000	1 363	7 45	0 00
16 45	0 00	0 12	0 00	0 00	0 00	0 00	0 02	0 01	0 210	1 363	0 000	1 363	7 45	0 00
17 00	0 00	0 12	0 00	0 00	0 00	0 00	0 02	0 01	0 210	1 363	0 000	1 363	7 45	0 00
17 15	0 00	0 13	0 01	0 02	0 00	0 00	0 02	0 02	0 205	1 315	0 000	1 315	7 45	0 00
17 30	0 00	0 15	0 08	0 05	0 00	0 05	0 04	0 04	0 205	1 315	0 000	1 315	7 45	0 00
17 45	0 00	0 22	0 08	0 05	0 00	0 09	0 06	0 05	0 205	1 315	0 000	1 315	7 45	0 00
18 00	0 00	0 22	0 08	0 05	0 27	0 09	0 16	0 14	0 205	1 315	0 000	1 315	7 45	0 00
18 15	0 00	4 84	3 06	0 05	5 32	1 80	3 41	3 04	0 205	1 315	0 000	1 315	7 45	0 00
18 30	0 23	0 12	8 64	0 06	2 26	0 77	2 26	2 02	0 205	1 315	0 000	1 315	7 45	0 00
18 45	5 61	0 12	13 97	0 19	1 71	3 80	4 15	3 70	0 205	1 315	0 000	1 315	7 45	0 00
19 00	3 39	13 95	6 35	0 11	14 57	6 10	9 84	8 78	0 205	1 315	0 000	1 315	7 45	1 34
19 15	0 66	2 75	1 46	0 08	1 00	1 03	1 24	1 11	0 230	1 563	0 247	1 316	7 45	0 00
19 30	0 09	0 14	0 16	0 08	0 31	0 07	0 19	0 17	0 370	3 189	1 875	1 314	7 45	0 00
19 45	0 07	0 07	0 10	0 10	0 07	0 07	0 07	0 07	1 260	18 058	16 743	1 315	7 45	0 00
20 00	0 07	0 07	0 16	0 10	0 07	0 07	0 08	0 07	0 920	12 502	11 238	1 264	7 45	0 00
20 15	0 42	0 15	0 21	0 34	0 12	0 09	0 16	0 16	0 830	10 713	9 444	1 269	7 45	0 00
20 30	0 81	0 73	0 17	1 74	0 30	0 14	0 42	0 38	0 460	4 277	3 053	1 224	7 45	0 00
20 45	1 43	0 46	0 17	0 73	0 13	0 41	0 44	0 39	0 360	3 319	2 075	1 244	7 45	0 00
21 00	0 17	0 76	0 11	0 40	0 29	0 17	0 29	0 25	0 300	2 328	1 100	1 228	7 45	0 00
21 15	0 00	0 00	0 00	0 16	0 00	0 00	0 00	0 00	0 250	1 771	0 563	1 208	7 45	0 00
21 30	0 00	0 00	0 00	0 01	0 00	0 00	0 00	0 00	0 245	1 718	0 525	1 193	7 45	0 00
21 45	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 190	1 173	0 000	1 173	7 45	0 00
22 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 190	1 173	0 000	1 173	7 45	0 00
22 15	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 190	1 173	0 000	1 173	7 45	0 00
22 30	0 00	0 30	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 190	1 173	0 000	1 173	7 45	0 00
22 45	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 190	1 173	0 000	1 173	7 45	0 00
23 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 190	1 173	0 000	1 173	7 45	0 00
23 15	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 210	1 363	0 000	1 363	7 45	0 00
23 30	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 200	1 267	0 000	1 267	7 45	0 00
23 45	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 200	1 267	0 000	1 267	7 45	0 00
0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 07	0 01	0 01	0 200	1 267	0 000	1 267	7 45	0 00



Tabla 7 Registros de precipitación y escurrimiento para la fecha 23 de Agosto de 1998.

Hora	Precipitación en mm						hp media	hpm ajustada	Nivel (m)	Q(m³/s)	Qd(m³/s)	Qb(m³/s)	ε	hpe(mm)
	Est 16	Est 22	Est 25	Est 55	Est 56	Est 57								
12 00	0	0	0	0	0	0	0 00	0 00	0 110	0 517	0 000	0 517	2 360	0 00
12 15	0	0	0	0	0	0	0 00	0 00	0 110	0 517	0 000	0 517	2 360	0 00
12 30	0	0	0	0	0	0	0 00	0 00	0 110	0 517	0 000	0 517	2 360	0 00
12 45	0	0	0	0	0	0	0 00	0 00	0 110	0 517	0 000	0 517	2 360	0 00
13 00	0	0	0	0	0	0	0 00	0 00	0 110	0 517	0 000	0 517	2 360	0 00
13 15	0	0	0	0	0	0	0 00	0 00	0 110	0 517	0 000	0 517	2 360	0 00
13 30	0	0	0	0	0	0	0 00	0 00	0 110	0 517	0 000	0 517	2 360	0 00
13 45	0	0	0	0	0	0	0 00	0 00	0 110	0 517	0 000	0 517	2 360	0 00
14 00	0	0	0	0	0	0	0 00	0 00	0 110	0 517	0 000	0 517	2 360	0 00
14 15	0	0	0	0	0	0	0 00	0 00	0 110	0 517	0 000	0 517	2 360	0 00
14 30	0	0	0	0	0	0	0 00	0 00	0 110	0 517	0 000	0 517	2 360	0 00
14 45	0	0	0	0	0	0	0 00	0 00	0 110	0 517	0 000	0 517	2 360	0 00
15 00	0	0	0	0	0	0	0 00	0 00	0 110	0 517	0 000	0 517	2 360	0 00
15 15	0	0	0	0	0	0	0 00	0 00	0 120	0 589	0 000	0 589	2 360	0 00
15 30	0	0	0	0	0	0	0 00	0 00	0 120	0 589	0 000	0 589	2 360	0 00
15 45	0	0	0	0	0	0	0 00	0 00	0 120	0 589	0 000	0 589	2 360	0 00
16 00	0	0	0	0	0	0	0 00	0 00	0 120	0 589	0 000	0 589	2 360	0 00
16 15	0	0	0 06	0	0	0	0 01	0 01	0 120	0 589	0 000	0 589	2 360	0 00
16 30	0	0	0 09	0	0	0	0 01	0 01	0 120	0 589	0 000	0 589	2 360	0 00
16 45	0	0 37	0 09	0	0	0	0 06	0 06	0 120	0 589	0 000	0 589	2 360	0 00
17 00	0	0 37	2 3	0 01	0	0 07	0 39	0 36	0 120	0 589	0 000	0 589	2 360	0 00
17 15	0 13	0 37	0	0 14	0	0 08	0 09	0 08	0 120	0 589	0 000	0 589	2 360	0 00
17 30	13 08	0 37	0	1 38	0	0 08	2 04	1 86	0 120	0 589	0 000	0 589	2 360	0 00
17 45	10 16	9 45	0	7 37	0 16	0 35	3 13	2 85	0 120	0 589	0 000	0 589	2 360	0 49
18 00	5 33	15 75	0	9 91	0 39	2 46	3 79	3 46	0 170	0 993	0 404	0 589	2 360	1 10
18 15	1 54	7 42	0 13	1 63	1 52	0 3	1 94	1 77	0 210	1 363	0 774	0 589	2 360	0 00
18 30	0 14	0 23	0 21	0 44	0 1	0 05	0 14	0 13	0 250	1 771	1 182	0 589	2 360	0 00
18 45	0 1	0 06	0 09	0 06	0 1	0 05	0 08	0 08	0 290	2 213	1 624	0 589	2 360	0 00
19 00	0 05	0 06	0 1	0 06	0 1	0 05	0 08	0 07	0 410	3 719	3 130	0 589	2 360	0 00
19 15	0 14	0 06	0 17	0 06	0 1	0 05	0 10	0 09	0 480	4 712	4 123	0 589	2 360	0 00
19 30	0 09	0 26	0 07	0 28	0 17	0 27	0 16	0 16	0 520	5 313	4 724	0 589	2 360	0 00
19 45	0 04	0 03	0	0	0 15	0	0 07	0 06	0 740	9 019	8 430	0 589	2 360	0 00
20 00	0 04	0	0	0	0	0	0 01	0 01	0 710	8 476	7 887	0 589	2 360	0 00
20 15	0 04	0	0	0	0	0	0 01	0 01	0 780	9 760	9 171	0 589	2 360	0 00
20 30	0 04	0	0	0	0	0	0 01	0 01	0 770	9 573	8 876	0 697	2 360	0 00
20 45	0 04	0	0	0	0	0	0 01	0 01	0 610	6 750	5 566	1 183	2 360	0 00
21 00	0 03	0	0	0	0	0	0 00	0 00	0 170	0 993	0 000	0 993	2 360	0 00
21 15	0	0	0	0	0	0	0 00	0 00	0 170	0 993	0 000	0 993	2 360	0 00
21 30	0	0	0	0	0	0	0 00	0 00	0 140	0 742	0 000	0 742	2 360	0 00
21 45	0	0	0	0	0	0	0 00	0 00	0 125	0 626	0 000	0 626	2 360	0 00
22 00	0	0	0	0	0	0	0 00	0 00	0 120	0 589	0 000	0 589	2 360	0 00
22 15	0	0	0	0	0	0	0 00	0 00	0 120	0 589	0 000	0 589	2 360	0 00
22 30	0	0	0	0	0	0	0 00	0 00	0 120	0 589	0 000	0 589	2 360	0 00
22 45	0	0	0	0	0	0	0 00	0 00	0 120	0 589	0 000	0 589	2 360	0 00
23 00	0	0	0	0	0	0	0 00	0 00	0 120	0 589	0 000	0 589	2 360	0 00
23 15	0	0	0	0	0	0	0 00	0 00	0 120	0 589	0 000	0 589	2 360	0 00
23 30	0	0	0	0	0	0	0 00	0 00	0 120	0 589	0 000	0 589	2 360	0 00
23 45	0	0	0	0	0	0	0 00	0 00	0 120	0 589	0 000	0 589	2 360	0 00
0 00	0	0	0	0	0	0	0 00	0 00	0 120	0 589	0 000	0 589	2 360	0 00





Tabla 9 Registros de precipitación y escurrimiento para la fecha 29-30 de Agosto de 1998.

Hora	Precipitación en mm						hp media	hpm ajustada	Nivel (m)	Q(m³/s)	Qd(m³/s)	Qb(m³/s)	φ	hpe(mm)
	Est 16	Est 22	Est 25	Est 55	Est 56	Est 57								
18:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.03	0.180	1.082	0.000	1.082	1.111	0.00
18:15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.180	1.082	0.000	1.082	1.111	0.00
18:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.180	1.082	0.000	1.082	1.111	0.00
18:45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.180	1.082	0.000	1.082	1.111	0.00
19:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.180	1.082	0.000	1.082	1.111	0.00
19:15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.180	1.082	0.000	1.082	1.111	0.00
19:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.180	1.082	0.000	1.082	1.111	0.00
19:45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.180	1.082	0.000	1.082	1.111	0.00
20:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.180	1.082	0.000	1.082	1.111	0.00
20:15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.180	1.082	0.000	1.082	1.111	0.00
20:30	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.180	1.082	0.000	1.082	1.111	0.00
20:45	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.180	1.082	0.000	1.082	1.111	0.00
21:00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.180	1.082	0.000	1.082	1.111	0.00
21:15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.180	1.082	0.000	1.082	1.111	0.00
21:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.180	1.082	0.000	1.082	1.111	0.00
21:45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.01	0.180	1.082	0.000	1.082	1.111	0.00
22:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.02	0.02	0.180	1.082	0.000	1.082	1.111	0.00
22:15	0.00	0.00	0.14	0.00	0.06	0.00	0.04	0.03	0.180	1.082	0.000	1.082	1.111	0.00
22:30	0.00	0.00	1.64	0.00	0.06	0.00	0.26	0.19	0.180	1.082	0.000	1.082	1.111	0.00
22:45	0.00	0.00	12.70	0.00	0.30	0.00	1.92	1.46	0.180	1.082	0.000	1.082	1.111	0.35
23:00	0.00	0.00	3.81	0.00	6.35	0.00	2.91	2.21	0.180	1.082	0.000	1.082	1.111	1.10
23:15	0.00	2.03	1.52	0.00	6.35	0.17	2.89	2.20	0.210	1.363	0.000	1.363	1.111	1.09
23:30	0.00	3.61	4.06	0.00	2.20	2.71	2.37	1.80	0.210	1.363	0.000	1.363	1.111	0.69
23:45	0.00	2.49	3.22	0.12	2.12	0.77	1.73	1.32	0.210	1.363	0.000	1.363	1.111	0.21
30/08/98	0.47	1.27	0.86	0.39	3.30	0.21	1.64	1.25	0.210	1.363	0.000	1.363	1.111	0.14
0 15	0.81	0.83	0.93	2.79	1.52	0.11	1.02	0.77	0.210	1.363	0.000	1.363	1.111	0.00
0 30	0.09	0.12	1.74	0.65	0.51	0.11	0.51	0.39	0.210	1.363	0.000	1.363	1.111	0.00
0 45	0.09	0.09	1.40	0.17	0.91	0.14	0.59	0.45	0.210	1.363	0.000	1.363	1.111	0.00
1 00	0.20	0.05	1.52	0.11	2.64	0.14	1.26	0.96	0.210	1.363	0.000	1.363	1.111	0.00
1 15	1.14	0.05	2.29	0.11	2.67	0.14	1.52	1.16	0.210	1.363	0.000	1.363	1.111	0.05
1 30	0.91	0.05	3.81	0.62	1.27	0.14	1.20	0.91	0.210	1.363	0.000	1.363	1.111	0.00
1 45	0.64	0.05	1.91	0.98	1.27	0.14	0.89	0.68	0.210	1.363	0.000	1.363	1.111	0.00
2 00	0.45	2.17	2.07	0.33	2.92	1.06	1.94	1.48	0.210	1.363	0.000	1.363	1.111	0.37
2 15	0.08	0.39	4.91	0.18	3.05	0.12	1.93	1.46	0.280	2.099	0.716	1.363	1.111	0.35
2 30	0.06	0.29	1.61	0.18	3.56	0.12	1.63	1.24	0.290	2.213	0.841	1.372	1.111	0.13
2 45	0.06	0.72	1.44	0.18	2.41	4.58	2.01	1.53	0.390	3.451	2.086	1.365	1.111	0.42
3 00	0.06	1.65	5.59	0.18	1.22	3.56	2.11	1.61	0.540	5.622	4.252	1.370	1.111	0.50
3 15	0.48	0.72	3.43	0.18	0.63	3.73	1.55	1.18	0.750	9.202	7.841	1.361	1.111	0.07
3 30	1.65	0.42	2.67	1.18	2.34	3.39	2.17	1.65	0.870	11.497	10.099	1.397	1.111	0.54
3 45	1.95	1.52	3.30	0.87	3.30	2.29	2.62	1.99	1.110	15.608	14.177	1.432	1.111	0.68
4 00	1.02	1.82	3.30	0.90	2.36	1.59	2.05	1.56	1.100	15.526	14.044	1.482	1.111	0.45
4 15	0.38	0.72	2.16	0.98	1.13	0.87	1.06	0.81	1.030	14.810	13.211	1.599	1.111	0.00
4 30	0.21	0.26	1.97	0.00	0.95	0.85	0.84	0.64	0.950	13.118	11.393	1.726	1.111	0.00
4 45	0.21	0.14	1.05	0.00	0.66	0.42	0.52	0.39	1.090	15.464	13.616	1.848	1.111	0.00
5 00	0.21	0.14	0.00	0.00	0.26	0.00	0.15	0.11	0.990	13.956	11.992	1.964	1.111	0.00
5 15	0.06	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.03	0.03	0.930	12.706	10.632	2.074	1.111	0.00
5 30	0.06	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.03	0.03	0.770	9.573	7.421	2.152	1.111	0.00
5 45	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.590	5.467	3.210	2.257	1.111	0.00
6 00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.480	4.712	2.263	2.449	1.111	0.00
6 15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	0.04	0.03	0.430	3.995	1.431	2.564	1.111	0.00
6 30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.365	3.124	0.437	2.687	1.111	0.00
6 45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.340	2.809	0.000	2.809	1.111	0.00
7 00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.280	2.099	0.000	2.099	1.111	0.00
7 15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.230	1.563	0.000	1.563	1.111	0.00
7 30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.230	1.563	0.000	1.563	1.111	0.00
7 45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.230	1.563	0.000	1.563	1.111	0.00
8 00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.230	1.563	0.000	1.563	1.111	0.00
8 15	0.00	0.20	0.00	0.00	0.01	0.00	0.03	0.02	0.230	1.563	0.000	1.563	1.111	0.00
8 30	0.00	0.13	0.05	0.00	0.11	0.00	0.07	0.05	0.230	1.563	0.000	1.563	1.111	0.00
8 45	0.00	0.17	0.10	0.00	0.11	0.00	0.08	0.06	0.230	1.563	0.000	1.563	1.111	0.00
9 00	0.00	0.38	0.10	0.00	0.46	0.00	0.24	0.18	0.230	1.563	0.000	1.563	1.111	0.00
9 15	0.00	0.30	0.01	0.00	0.48	0.00	0.22	0.17	0.230	1.563	0.000	1.563	1.111	0.00
9 30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	0.00	0.06	0.05	0.170	0.993	0.000	0.993	1.111	0.00
9 45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.03	0.02	0.170	0.993	0.000	0.993	1.111	0.00
10 00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.03	0.02	0.170	0.993	0.000	0.993	1.111	0.00
10 15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.02	0.01	0.170	0.993	0.000	0.993	1.111	0.00
10 30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.170	0.993	0.000	0.993	1.111	0.00
10 45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.170	0.993	0.000	0.993	1.111	0.00
11 00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.170	0.993	0.000	0.993	1.111	0.00

Tabla 10 Registros de precipitación y escurrimiento para la fecha 31 de Agosto-1 de Septiembre de 1998.

Hora	Precipitación en mm						hp media	hpm ajustada	Nivel (m)	Q(m <sup>3</sup> /s)	Qd(m <sup>3</sup> /s)	Qb(m <sup>3</sup> /s)	e	hps(mm)
	Est 16	Est 22	Est 25	Est 55	Est 58	Est 57								
18 00	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.23	1 563	0.000	1 563	3 134	0.00
18 15	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.23	1 563	0.000	1 563	3 134	0.00
18 30	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.23	1 563	0.000	1 563	3 134	0.00
18 45	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.23	1 563	0.000	1 563	3 134	0.00
19 00	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.23	1 563	0.000	1 563	3 134	0.00
19 15	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.23	1 563	0.000	1 563	3 134	0.00
19 30	0	0	0	0.04	0	0	0.00	0.00	0.23	1 563	0.000	1 563	3 134	0.00
19 45	0	0	0	0.04	0	0	0.00	0.00	0.24	1 666	0.000	1 666	3 134	0.00
20 00	0	0	0.03	0.04	0	0	0.01	0.00	0.24	1 666	0.000	1 666	3 134	0.00
20 15	0.12	0	0.1	0.04	0	0	0.03	0.03	0.24	1 666	0.000	1 666	3 134	0.00
20 30	0.13	0	0.1	0.04	0	0	0.03	0.03	0.24	1 666	0.000	1 666	3 134	0.00
20 45	0.13	0.06	0.1	0.04	0	0.1	0.06	0.06	0.24	1 666	0.000	1 666	3 134	0.00
21 00	0.13	0.22	0.1	0.67	0	0.11	0.10	0.09	0.24	1 666	0.000	1 666	3 134	0.00
21 15	9.15	0.22	3.13	9.24	0	4.37	2.81	2.65	0.24	1 666	0.000	1 666	3 134	0.00
21 30	5.67	12.95	3.3	2.06	4.57	4.57	5.86	5.34	0.24	1 666	0.000	1 666	3 134	2.21
21 45	2.15	6.43	3.05	2.03	6.35	4.06	4.77	4.50	0.36	3 060	1 364	1 697	3 134	1 36
22 00	1.36	1.64	2	2.44	1.59	1.78	1.87	1.58	0.41	3 719	2 057	1 662	3 134	0.00
22 15	1.57	2.15	1.65	1.69	1.63	1.84	1.73	1.64	0.54	5 622	3.953	1 669	3 134	0.00
22 30	0.89	0.63	1.25	0.7	1.48	1.31	1.19	1.13	0.60	6 585	4 901	1 683	3 134	0.00
22 45	1.01	1.09	1.86	1.1	1.85	1.93	1.62	1.53	0.67	7 770	6 111	1 659	3 134	0.00
23 00	1.57	2.18	2.62	2.24	1.83	2.03	2.00	1.88	0.80	10 138	8 423	1 715	3 134	0.00
23 15	1.61	1.89	1.4	0.28	1.83	1.69	1.88	1.59	0.91	12 299	10 628	1 671	3 134	0.00
23 30	0.75	2.41	1.4	0.23	1.85	1.61	1.62	1.53	1.00	14 168	12 486	1 702	3 134	0.00
23 45	0.47	1.4	1.02	0.17	1.65	1.27	1.25	1.18	1.10	16 526	13 827	1 699	3 134	0.00
01/09/98	0.21	1.14	0.87	0.21	1.46	0.48	0.95	0.89	1.14	15 942	14 278	1 664	3 134	0.00
0 15	0.01	0.8	0.14	0.34	1.36	0.3	0.70	0.66	1.14	15 942	14 278	1 664	3 134	0.00
0 30	0	0.48	0	0	0.74	0.1	0.36	0.34	1.11	15 608	12 486	3 122	3 134	0.00
0 45	0	0.12	0	0	0.17	0.1	0.10	0.09	1.10	15 526	10 987	4 540	3 134	0.00
1 00	0	0	0	0	0.09	0.04	0.04	0.04	1.05	16 561	9 576	5 985	3 134	0.00
1 15	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.85	7 425	0.000	7 425	3 134	0.00
1 30	0	0	0.25	0	0	0	0.04	0.03	0.69	6 421	0.000	6 421	3 134	0.00
1 45	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.50	5 009	0.000	5 009	3 134	0.00
2 00	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.34	2 747	0.000	2 747	3 134	0.00
2 15	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.31	2 386	0.000	2 386	3 134	0.00
2 30	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.28	2 099	0.000	2 099	3 134	0.00
2 45	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.26	1 878	0.000	1 878	3 134	0.00
3 00	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.22	1 462	0.000	1 462	3 134	0.00
3 15	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.20	1 267	0.000	1 267	3 134	0.00
3 30	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.19	1 173	0.000	1 173	3 134	0.00
3 45	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.17	0 993	0.000	0 993	3 134	0.00
4 00	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.17	0 993	0.000	0 993	3 134	0.00
4 15	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.14	0 703	0.000	0 703	3 134	0.00
4 30	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.10	0 448	0.000	0 448	3 134	0.00
4 45	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.10	0 448	0.000	0 448	3 134	0.00
5 00	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.10	0 448	0.000	0 448	3 134	0.00
5 15	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.10	0 448	0.000	0 448	3 134	0.00
5 30	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.10	0 448	0.000	0 448	3 134	0.00
5 45	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.10	0 448	0.000	0 448	3 134	0.00
6 00	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.10	0 448	0.000	0 448	3 134	0.00
6 15	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.10	0 448	0.000	0 448	3 134	0.00
6 30	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.10	0 448	0.000	0 448	3 134	0.00
6 45	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.10	0 448	0.000	0 448	3 134	0.00
7 00	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.10	0 448	0.000	0 448	3 134	0.00
7 15	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.10	0 448	0.000	0 448	3 134	0.00
7 30	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.10	0 448	0.000	0 448	3 134	0.00
7 45	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.10	0 448	0.000	0 448	3 134	0.00
8 00	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.10	0 448	0.000	0 448	3 134	0.00
8 15	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.10	0 448	0.000	0 448	3 134	0.00
8 30	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.10	0 448	0.000	0 448	3 134	0.00
8 45	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.10	0 448	0.000	0 448	3 134	0.00

Tabla 11 Registros de precipitación y escurrimiento para la fecha 2 de Septiembre de 1998.

Hora	Precipitación en mm						hp media	hpm ajustada	Nivel (m)	Q(m <sup>3</sup> /s)	Qd(m <sup>3</sup> /s)	Qb(m <sup>3</sup> /s)	φ	hpa(mm)
	Est 16	Est 22	Est 25	Est 55	Est 58	Est 57								
0 00	0 01	0 05	0 05	0 00	0 00	0 00	0 02	0 01	0 14	0 742	0 000	0 742	0 156	0 00
0 15	0 11	0 19	0 07	0 00	0 06	0 00	0 08	0 06	0 14	0 742	0 000	0 742	0 156	0 00
0 30	0 11	0 08	0 07	0 00	0 06	0 00	0 06	0 05	0 14	0 742	0 000	0 742	0 156	0 00
0 45	1 05	0 07	0 07	0 00	0 06	0 15	0 22	0 19	0 15	0 823	0 000	0 823	0 156	0 03
1 00	3 18	0 07	1 36	0 76	0 06	0 89	0 87	0 74	0 22	1 462	0 641	0 821	0 156	0 58
1 15	3 85	0 32	1 27	2 29	0 37	0 33	1 05	0 88	0 23	1 563	0 741	0 822	0 156	0 73
1 30	1 51	0 42	0 98	2 62	0 92	0 54	0 92	0 78	0 23	1 563	0 742	0 821	0 156	0 62
1 45	0 51	0 63	0 17	1 46	1 32	1 49	0 97	0 82	0 37	3 189	2 369	0 820	0 156	0 66
2 00	0 10	0 36	0 06	0 24	0 72	0 16	0 37	0 32	0 46	4 420	3 587	0 834	0 156	0 16
2 15	0 00	0 08	0 04	0 00	0 08	0 00	0 05	0 04	0 51	5 160	4 341	0 819	0 156	0 00
2 30	0 00	0 00	0 04	0 00	0 08	0 00	0 04	0 03	0 57	6 097	5 277	0 820	0 156	0 00
2 45	0 00	0 00	0 04	0 00	0 08	0 00	0 04	0 03	0 65	7 425	6 595	0 830	0 156	0 00
3 00	0 00	0 00	0 04	0 00	0 00	0 00	0 01	0 00	0 89	11 896	11 082	0 814	0 156	0 00
3 15	0 00	0 00	0 04	0 00	0 00	0 00	0 01	0 00	1 03	14 810	13 960	0 850	0 156	0 00
3 30	0 00	0 00	0 04	0 00	0 00	0 00	0 01	0 00	0 97	13 535	12 792	0 743	0 156	0 00
3 45	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	1 02	14 595	13 897	0 697	0 156	0 00
4 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	1 01	14 381	13 747	0 634	0 156	0 00
4 15	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 67	7 770	7 265	0 505	0 156	0 00
4 30	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 19	1 173	0 660	0 513	0 156	0 00
4 45	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 10	0 448	0 000	0 448	0 156	0 00
5 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 10	0 448	0 000	0 448	0 156	0 00
5 15	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 10	0 448	0 000	0 448	0 156	0 00
5 30	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 10	0 448	0 000	0 448	0 156	0 00
5 45	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 10	0 448	0 000	0 448	0 156	0 00
6 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 10	0 448	0 000	0 448	0 156	0 00
6 15	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 10	0 448	0 000	0 448	0 156	0 00
6 30	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 10	0 448	0 000	0 448	0 156	0 00
6 45	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 10	0 448	0 000	0 448	0 156	0 00
7 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 10	0 448	0 000	0 448	0 156	0 00
7 15	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 10	0 448	0 000	0 448	0 156	0 00
7 30	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 10	0 448	0 000	0 448	0 156	0 00
7 45	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 10	0 448	0 000	0 448	0 156	0 00
8 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 10	0 448	0 000	0 448	0 156	0 00
8 15	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 30	0 00	0 10	0 448	0 000	0 448	0 156	0 00
8 30	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 10	0 448	0 000	0 448	0 156	0 00
8 45	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 10	0 448	0 000	0 448	0 156	0 00
9 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 10	0 448	0 000	0 448	0 156	0 00
9 15	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 10	0 448	0 000	0 448	0 156	0 00
9 30	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 10	0 448	0 000	0 448	0 156	0 00
9 45	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 10	0 448	0 000	0 448	0 156	0 00
10 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 10	0 448	0 000	0 448	0 156	0 00
10 15	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 10	0 448	0 000	0 448	0 156	0 00
10 30	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 10	0 448	0 000	0 448	0 156	0 00
10 45	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 10	0 448	0 000	0 448	0 156	0 00
11 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 10	0 448	0 000	0 448	0 156	0 00
11 15	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 10	0 448	0 000	0 448	0 156	0 00
11 30	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 10	0 448	0 000	0 448	0 156	0 00
11 45	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 30	0 00	0 10	0 448	0 000	0 448	0 156	0 00
12 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 10	0 448	0 000	0 448	0 156	0 00
12 15	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 10	0 448	0 000	0 448	0 156	0 00
12 30	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	3 00	0 00	0 10	0 448	0 000	0 448	0 156	0 00
12 45	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 10	0 448	0 000	0 448	0 156	0 00
13 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 30	0 00	0 10	0 448	0 000	0 448	0 156	0 00
13 15	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	3 00	0 00	0 10	0 448	0 000	0 448	0 156	0 00
13 30	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 10	0 448	0 000	0 448	0 156	0 00
13 45	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 10	0 448	0 000	0 448	0 156	0 00
14 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 10	0 448	0 000	0 448	0 156	0 00
14 15	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 10	0 448	0 000	0 448	0 156	0 00
14 30	0 00	0 00	0 05	0 00	0 00	0 00	0 01	0 01	0 10	0 448	0 000	0 448	0 156	0 00
14 45	0 00	0 00	0 10	0 00	0 06	0 15	0 04	0 03	0 10	0 448	0 000	0 448	0 156	0 00
15 00	0 00	0 18	0 10	0 00	0 10	0 15	0 10	0 09	0 10	0 448	0 000	0 448	0 156	0 00

Tabla 12 Registros de precipitación y escurrimiento para la fecha 8-9 de Septiembre de 1998.

Hora	Precipitación en mm						hp media	hpm ajustada	Nivel (m)	Q(m³/s)	Qd(m³/s)	Qb(m³/s)	e	hpe(mm)
	Est 16	Est 22	Est 25	Est 55	Est 56	Est 57								
15 00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.448	0.000	0.448	1.612	0.00
15 15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.448	0.000	0.448	1.612	0.00
15 30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.448	0.000	0.448	1.612	0.00
15 45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.448	0.000	0.448	1.612	0.00
16 00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.448	0.000	0.448	1.612	0.00
16 15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.448	0.000	0.448	1.612	0.00
16 30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.448	0.000	0.448	1.612	0.00
16 45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.448	0.000	0.448	1.612	0.00
17 00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.448	0.000	0.448	1.612	0.00
17 15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.01	0.10	0.448	0.000	0.448	1.612	0.00
17 30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.02	0.02	0.10	0.448	0.000	0.448	1.612	0.00
17 45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.02	0.02	0.10	0.448	0.000	0.448	1.612	0.00
18 00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.06	0.00	0.03	0.03	0.10	0.448	0.000	0.448	1.612	0.00
18:15	0.00	0.00	0.09	0.00	0.06	0.00	0.04	0.03	0.10	0.448	0.000	0.448	1.612	0.00
18 30	0.00	0.47	0.09	0.00	3.07	6.61	2.37	2.13	0.10	0.448	0.000	0.448	1.612	0.00
18 45	0.00	0.09	6.36	0.00	0.06	0.07	0.95	0.86	0.10	0.448	0.000	0.448	1.612	0.00
19 00	0.00	0.06	0.09	0.00	0.06	0.07	0.06	0.05	0.10	0.448	0.000	0.448	1.612	0.00
19 15	0.00	0.06	0.09	0.02	0.06	0.07	0.06	0.05	0.10	0.448	0.000	0.448	1.612	0.00
19 30	0.00	0.06	0.50	0.62	0.06	1.56	0.39	0.35	0.10	0.448	0.000	0.448	1.612	0.00
19 45	0.00	0.09	8.95	0.21	0.25	3.06	1.92	1.72	0.10	0.448	0.000	0.448	1.612	0.00
20 00	0.00	0.14	0.56	0.09	0.10	0.08	0.15	0.14	0.10	0.448	0.000	0.448	1.612	0.00
20 15	0.00	0.14	0.08	0.09	0.07	0.08	0.07	0.07	0.10	0.448	0.000	0.448	1.612	0.00
20 30	0.00	0.14	0.08	0.25	0.07	0.08	0.08	0.07	0.10	0.448	0.000	0.448	1.612	0.00
20 45	0.00	5.62	0.30	5.84	4.35	0.34	2.64	2.37	0.18	1.082	0.565	0.517	1.612	1.76
21 00	0.00	4.32	0.00	0.00	8.39	0.17	3.75	3.37	0.23	1.563	1.046	0.517	1.612	0.00
21 15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.03	0.02	0.33	2.686	2.189	0.517	1.612	0.00
21 30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.03	0.02	0.37	3.189	2.672	0.517	1.612	0.00
21 45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.03	0.02	0.42	3.856	3.339	0.517	1.612	0.00
22 00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.14	0.00	0.05	0.05	0.49	4.860	4.343	0.517	1.612	0.00
22 15	0.00	0.76	0.00	0.15	0.39	0.00	0.25	0.23	0.69	8.120	7.603	0.517	1.612	0.00
22 30	0.00	4.15	0.00	1.35	3.05	0.00	1.75	1.57	0.80	10.138	9.621	0.517	1.612	0.00
22 45	0.00	0.22	0.00	0.08	1.57	0.00	0.62	0.55	0.86	11.299	10.782	0.517	1.612	0.00
23 00	0.00	0.21	0.00	0.08	0.11	0.20	0.11	0.10	0.87	11.497	10.980	0.517	1.612	0.00
23 15	0.00	0.11	0.25	0.06	0.15	0.05	0.12	0.10	0.97	13.430	12.914	0.517	1.612	0.00
23 30	0.00	0.11	0.51	0.00	0.20	0.00	0.16	0.15	0.86	11.299	9.990	1.310	1.612	0.00
23 45	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.73	8.837	6.835	2.002	1.612	0.00
09/09/98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.71	8.476	5.398	3.077	1.612	0.00
0 15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39	3.451	0.000	3.451	1.612	0.00
0 30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39	3.451	0.000	3.451	1.612	0.00
0 45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	0.907	0.000	0.907	1.612	0.00
1 00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	0.907	0.000	0.907	1.612	0.00
1 15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	0.907	0.000	0.907	1.612	0.00
1 30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	0.907	0.000	0.907	1.612	0.00
1 45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	0.907	0.000	0.907	1.612	0.00
2 00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.589	0.000	0.589	1.612	0.00
2 15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.589	0.000	0.589	1.612	0.00
2 30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.589	0.000	0.589	1.612	0.00
2 45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.589	0.000	0.589	1.612	0.00
3 00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.589	0.000	0.589	1.612	0.00
3 15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.589	0.000	0.589	1.612	0.00
3 30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.589	0.000	0.589	1.612	0.00
3 45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.589	0.000	0.589	1.612	0.00
4 00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.589	0.000	0.589	1.612	0.00
4 15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.589	0.000	0.589	1.612	0.00
4 30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.589	0.000	0.589	1.612	0.00
4 45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.589	0.000	0.589	1.612	0.00
5 00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.589	0.000	0.589	1.612	0.00
5 15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.589	0.000	0.589	1.612	0.00
5 30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.589	0.000	0.589	1.612	0.00
5 45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.589	0.000	0.589	1.612	0.00
6 00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.589	0.000	0.589	1.612	0.00
6 15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.589	0.000	0.589	1.612	0.00
6 30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.589	0.000	0.589	1.612	0.00
6 45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.589	0.000	0.589	1.612	0.00
7 00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.589	0.000	0.589	1.612	0.00

Tabla 13 Registros de precipitación y escurrimiento para la fecha 28 de Septiembre de 1998.

Hora	Precipitación en mm						hp media	hpm ajustada	Nivel (m)	Q(m³/s)	Cd(m³/s)	Cb(m³/s)	e	hpe(mm)
	Est 16	Est 22	Est 25	Est 55	Est 56	Est 57								
15:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42	3.856	0.000	3.856	0.915	0.00
15:15	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42	3.856	0.000	3.856	0.915	0.00
15:30	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42	3.856	0.000	3.856	0.915	0.00
15:45	0.06	0.03	0.02	0.00	0.01	0.00	0.02	0.02	0.42	3.856	0.000	3.856	0.915	0.00
16:00	0.07	0.03	0.12	0.00	0.03	0.05	0.05	0.05	0.42	3.856	0.000	3.856	0.915	0.00
16:15	0.07	0.03	0.12	0.00	0.03	0.08	0.06	0.05	0.42	3.856	0.000	3.856	0.915	0.00
16:30	0.07	0.03	6.35	0.00	0.03	0.08	0.95	0.85	0.42	3.856	0.000	3.856	0.915	0.00
16:45	0.07	0.03	2.30	0.01	0.03	0.30	0.41	0.37	0.42	3.856	0.000	3.856	0.915	0.00
17:00	0.07	0.03	0.08	0.11	0.03	0.09	0.06	0.05	0.42	3.856	0.000	3.856	0.915	0.00
17:15	0.07	0.03	0.08	0.11	0.03	0.09	0.06	0.05	0.43	3.995	0.000	3.995	0.915	0.00
17:30	1.24	0.03	0.08	6.83	0.03	2.60	0.82	0.74	0.43	3.995	0.000	3.995	0.915	0.00
17:45	2.28	9.65	0.98	3.18	3.32	11.18	5.08	4.57	0.43	3.995	0.000	3.995	0.915	3.65
18:00	0.92	4.57	3.10	0.32	2.16	1.95	2.37	2.13	0.43	3.995	0.000	3.995	0.915	1.22
18:15	0.42	1.10	1.79	0.19	0.94	0.85	0.97	0.88	0.44	4.135	0.000	4.135	0.915	0.00
18:30	0.51	0.70	0.12	0.13	0.46	0.31	0.42	0.36	0.44	4.135	0.000	4.135	0.915	0.00
18:45	0.25	0.41	0.12	0.29	0.16	0.08	0.19	0.17	0.44	4.135	0.000	4.135	0.915	0.00
19:00	0.25	0.40	0.45	0.06	0.41	0.08	0.33	0.29	0.44	4.135	0.000	4.135	0.915	0.00
19:15	0.00	0.18	0.06	0.06	0.20	0.03	0.11	0.10	0.45	4.206	0.000	4.206	0.915	0.00
19:30	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.45	4.277	0.000	4.277	0.915	0.00
19:45	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.45	4.277	0.000	4.277	0.915	0.00
20:00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.45	4.277	0.000	4.277	0.915	0.00
20:15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.45	4.277	0.000	4.277	0.915	0.00
20:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.45	4.277	0.000	4.277	0.915	0.00
20:45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.45	4.277	0.000	4.277	0.915	0.00
21:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.45	4.277	0.000	4.277	0.915	0.00
21:15	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.45	4.712	0.000	4.712	0.915	0.00
21:30	0.06	0.00	0.00	0.05	0.01	0.00	0.01	0.01	0.45	4.712	0.000	4.712	0.915	0.00
21:45	0.08	0.03	0.00	0.05	0.18	0.00	0.08	0.08	0.45	4.712	0.000	4.712	0.915	0.00
22:00	0.08	0.08	0.00	0.05	0.18	0.00	0.09	0.08	0.45	4.712	0.000	4.712	0.915	0.00
22:15	0.29	0.08	0.00	0.05	0.29	0.13	0.19	0.17	0.49	4.860	0.000	4.860	0.915	0.00
22:30	0.12	0.18	0.00	1.30	0.57	0.43	0.36	0.32	0.49	4.860	0.000	4.860	0.915	0.00
22:45	0.12	1.92	0.00	2.54	0.46	4.01	1.21	1.09	0.49	4.860	0.000	4.860	0.915	0.18
23:00	0.07	0.29	0.00	0.00	1.11	0.27	0.51	0.46	0.49	4.860	0.000	4.860	0.915	0.00
23:15	0.07	0.07	0.00	0.00	0.07	0.09	0.06	0.06	0.50	5.009	0.000	5.009	0.915	0.00
23:30	0.07	0.07	0.00	0.00	0.07	0.09	0.06	0.06	0.50	5.009	0.000	5.009	0.915	0.00
23:45	0.82	0.07	0.00	0.00	0.07	1.58	0.43	0.39	0.50	5.009	0.000	5.009	0.915	0.00
28/09/98	0.13	1.70	3.81	0.00	2.32	2.37	2.08	1.87	0.50	5.009	0.000	5.009	0.915	0.95
0:15	0.21	0.93	3.05	0.00	0.59	3.22	1.38	1.24	0.52	5.313	0.000	5.313	0.915	0.32
0:30	0.40	2.33	1.02	0.00	5.76	4.70	3.49	3.14	0.53	5.467	0.000	5.467	0.915	2.23
0:45	0.00	2.29	1.27	0.00	3.30	4.46	2.50	2.25	0.55	5.779	0.000	5.779	0.915	1.34
1:00	0.00	0.68	0.70	0.00	0.41	0.09	0.36	0.33	0.56	5.937	0.000	5.937	0.915	0.00
1:15	0.00	0.09	3.62	0.01	0.24	0.09	0.63	0.57	0.56	5.937	0.000	5.937	0.915	0.00
1:30	0.00	0.09	4.57	0.03	0.75	0.09	0.96	0.86	0.66	7.597	0.000	7.597	0.915	0.00
1:45	0.00	0.23	9.40	0.03	0.87	0.09	1.71	1.54	0.62	6.916	0.000	6.916	0.915	0.63
2:00	0.00	0.50	10.92	0.03	2.06	0.09	2.41	2.17	0.68	7.944	1.027	6.918	0.915	1.26
2:15	0.00	0.25	3.83	0.03	4.06	1.06	2.28	2.05	0.74	9.019	2.091	6.928	0.915	1.13
2:30	0.00	2.37	0.06	0.03	1.02	4.83	1.56	1.40	0.81	10.328	3.398	6.930	0.915	0.49
2:45	0.00	1.27	0.06	0.03	2.79	4.83	2.06	1.86	0.89	11.896	4.972	6.923	0.915	0.94
3:00	1.21	0.89	0.06	0.03	1.91	12.70	3.23	2.91	1.06	15.453	8.541	6.912	0.915	1.99
3:15	5.82	5.21	0.16	0.03	4.95	5.08	4.34	3.91	1.20	16.880	9.929	6.951	0.915	2.99
3:30	2.62	3.94	0.49	3.56	2.58	4.06	2.76	2.48	1.30	18.942	11.975	6.966	0.915	1.57
3:45	4.83	2.41	0.33	2.29	0.43	1.52	1.58	1.42	1.52	24.650	17.808	7.042	0.915	0.51
4:00	7.11	6.66	0.20	3.81	0.20	2.29	2.61	2.34	1.62	26.024	21.039	6.985	0.915	1.43
4:15	3.81	3.30	0.15	2.60	0.44	3.05	1.80	1.62	1.72	31.471	24.545	6.926	0.915	0.71
4:30	4.45	2.03	0.07	0.14	1.19	1.02	1.58	1.42	1.73	31.831	24.900	6.931	0.915	0.51
4:45	1.91	1.85	0.07	0.42	0.62	0.42	0.87	0.78	1.80	34.682	27.760	6.922	0.915	0.00
5:00	1.42	0.39	0.07	0.00	1.27	0.17	0.78	0.70	1.76	33.417	26.496	6.921	0.915	0.00
5:15	0.41	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.10	1.72	32.162	25.233	6.930	0.915	0.00
5:30	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03	1.73	32.781	25.840	6.941	0.915	0.00

Continuación de la Tabla 13.

Hora	Precipitación en mm						h <sub>p</sub> media	h <sub>pm</sub> ajustada	Nivel (m)	Q(m <sup>3</sup> /s)	Qd(m <sup>3</sup> /s)	Qb(m <sup>3</sup> /s)	φ	h <sub>pe</sub> (mm)
	Est 16	Est 22	Est 25	Est 55	Est 58	Est 57								
5 45	0 14	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 02	0 02	1 63	29 330	22 494	6 836	0 915	0 00
6 00	0 14	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 02	0 02	1 69	31 754	24 780	6 974	0 915	0 00
6 15	0 00	0 29	0 15	0 00	0 00	0 44	0 14	0 12	1 84	38 065	31 011	7 054	0 915	0 00
6 30	0 00	1 15	0 30	0 00	0 51	0 06	0 40	0 36	1 76	35 036	27 297	7 738	0 915	0 00
6 45	0 00	2 37	0 08	0 00	1 52	0 00	0 90	0 81	1 79	36 586	28 032	8 554	0 915	0 00
7 00	0 00	0 03	0 00	0 00	1 02	0 00	0 36	0 35	1 75	35 211	25 840	9 370	0 915	0 00
7 15	0 00	0 03	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	1 66	31 819	21 632	10 187	0 915	0 00
7 30	0 00	0 03	0 00	0 00	0 00	0 25	0 05	0 04	1 53	27 101	16 093	11 009	0 915	0 00
7 45	0 00	0 03	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	1 53	27 285	15 449	11 836	0 915	0 00
8 00	0 00	0 03	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	1 62	30 963	18 234	12 729	0 915	0 00
8 15	0 00	0 03	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	1 60	30 396	16 957	13 441	0 915	0 00
8 30	0 00	0 03	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	1 40	23 172	9 061	14 110	0 915	0 00
8 45	0 00	0 03	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	1 24	18 448	3 344	15 104	0 915	0 00
9 00	0 00	0 03	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	1 12	15 923	0 000	15 923	0 915	0 00
9 15	0 00	0 78	0 06	0 00	0 00	0 00	0 12	0 11	1 14	16 266	0 000	16 266	0 915	0 00
9 30	0 00	2 54	0 06	0 00	0 21	0 00	0 44	0 40	0 78	9 760	0 000	9 760	0 915	0 00
9 45	0 00	0 00	0 06	0 00	0 28	0 00	0 11	0 10	0 68	7 944	0 000	7 944	0 915	0 00
10 00	0 00	0 00	0 06	0 00	0 28	0 00	0 11	0 10	0 63	7 085	0 000	7 085	0 915	0 00
10 15	0 00	0 00	0 00	0 00	0 28	0 00	0 10	0 09	0 56	5 937	0 000	5 937	0 915	0 00
10 30	0 00	0 00	0 00	0 00	0 28	0 00	0 10	0 09	0 57	6 097	0 000	6 097	0 915	0 00
10 45	0 00	0 00	0 00	0 00	0 28	0 00	0 10	0 09	0 58	6 258	0 000	6 258	0 915	0 00
11 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 28	0 00	0 10	0 09	0 58	6 258	0 000	6 258	0 915	0 00
11 15	0 00	0 00	0 00	0 00	0 28	0 00	0 10	0 09	0 57	6 097	0 000	6 097	0 915	0 00
11 30	0 00	0 00	0 00	0 00	0 28	0 00	0 10	0 09	0 57	6 097	0 000	6 097	0 915	0 00
11 45	0 00	0 00	0 00	0 00	0 28	0 00	0 10	0 09	0 57	6 097	0 000	6 097	0 915	0 00
12 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 28	0 00	0 10	0 09	0 57	6 097	0 000	6 097	0 915	0 00
12 15	0 00	0 00	0 00	0 00	0 28	0 00	0 10	0 09	0 40	3 584	0 000	3 584	0 915	0 00
12 30	0 00	0 00	0 00	0 00	0 28	0 00	0 10	0 09	0 40	3 584	0 000	3 584	0 915	0 00
12 45	0 00	0 00	0 00	0 00	0 28	0 00	0 10	0 09	0 40	3 584	0 000	3 584	0 915	0 00
13 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 28	0 00	0 10	0 09	0 40	3 584	0 000	3 584	0 915	0 00
13 15	0 00	0 00	0 00	0 00	0 28	0 00	0 10	0 09	0 40	3 584	0 000	3 584	0 915	0 00
13 30	0 00	0 00	0 00	0 00	0 28	0 00	0 10	0 09	0 40	3 584	0 000	3 584	0 915	0 00
13 45	0 00	0 00	0 00	0 00	0 28	0 00	0 10	0 09	0 40	3 584	0 000	3 584	0 915	0 00
14 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 28	0 00	0 10	0 09	0 40	3 584	0 000	3 584	0 915	0 00
14 15	0 00	0 00	0 00	0 00	0 28	0 00	0 10	0 09	0 40	3 584	0 000	3 584	0 915	0 00
14 30	0 00	0 00	0 00	0 00	0 28	0 00	0 10	0 09	0 40	3 584	0 000	3 584	0 915	0 00
14 45	0 00	0 00	0 00	0 00	0 28	0 00	0 10	0 09	0 40	3 584	0 000	3 584	0 915	0 00
15 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 28	0 00	0 10	0 09	0 41	3 719	0 000	3 719	0 915	0 00

Tabla 14 Registros de precipitación y escurrimiento para la fecha 17 de Octubre de 1998.

Hora	Precipitación en mm					hp media	hpm ajustada	Nivel (m)	Q(m³/s)	Qd(m³/s)	Qb(m³/s)	s	hpe(mm)
	Est 16	Est 22	Est 25	Est 55	Est 56								
11 00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.100	0.448	0.000	0.448	3.140	0.00
11 15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.100	0.448	0.000	0.448	3.140	0.00
11 30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.100	0.448	0.000	0.448	3.140	0.00
11 45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.100	0.448	0.000	0.448	3.140	0.00
12 00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.100	0.448	0.000	0.448	3.140	0.00
12 15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.100	0.448	0.000	0.448	3.140	0.00
12 30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.100	0.448	0.000	0.448	3.140	0.00
12 45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.100	0.448	0.000	0.448	3.140	0.00
13 00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.100	0.448	0.000	0.448	3.140	0.00
13 15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.100	0.448	0.000	0.448	3.140	0.00
13 30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.100	0.448	0.000	0.448	3.140	0.00
13 45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.100	0.448	0.000	0.448	3.140	0.00
14 00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.100	0.448	0.000	0.448	3.140	0.00
14 15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.100	0.448	0.000	0.448	3.140	0.00
14 30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.100	0.448	0.000	0.448	3.140	0.00
14 45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.100	0.448	0.000	0.448	3.140	0.00
15 00	0.05	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.100	0.448	0.000	0.448	3.140	0.00
15 15	0.05	0.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.110	0.517	0.000	0.517	3.140	0.00
15 30	0.05	0.38	0.00	1.29	0.00	0.05	0.10	0.110	0.517	0.000	0.517	3.140	0.00
15 45	0.05	0.38	0.00	1.61	0.00	0.11	0.12	0.110	0.517	0.000	0.517	3.140	0.00
16 00	0.05	0.38	0.00	1.61	0.00	0.22	0.14	0.110	0.517	0.000	0.517	3.140	0.00
16 15	4.58	0.38	0.00	1.84	0.00	0.52	0.87	0.110	0.517	0.000	0.517	3.140	0.00
16 30	0.51	0.38	0.00	2.29	0.00	1.89	0.91	0.110	0.517	0.000	0.517	3.140	0.00
16 45	0.00	0.38	0.00	1.78	0.00	1.02	0.27	0.110	0.517	0.000	0.517	3.140	0.00
17 00	0.00	0.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.110	0.517	0.000	0.517	3.140	0.00
17 15	0.00	0.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.110	0.517	0.000	0.517	3.140	0.00
17 30	0.00	0.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.110	0.517	0.000	0.517	3.140	0.00
17 45	0.00	0.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.110	0.517	0.000	0.517	3.140	0.00
18 00	0.00	0.38	0.00	0.20	0.00	0.00	0.06	0.110	0.517	0.000	0.517	3.140	0.00
18 15	0.00	0.38	0.00	0.25	0.00	0.00	0.06	0.110	0.517	0.000	0.517	3.140	0.00
18 30	0.00	0.38	0.00	0.25	0.00	0.00	0.06	0.110	0.517	0.000	0.517	3.140	0.00
18 45	0.01	0.38	0.15	0.25	0.00	0.07	0.09	0.110	0.517	0.000	0.517	3.140	0.00
19 00	0.14	0.38	0.57	0.25	0.37	0.12	0.32	0.110	0.517	0.000	0.517	3.140	0.00
19 15	1.88	0.38	2.98	0.25	3.87	5.40	3.01	0.110	0.517	0.000	0.517	3.140	0.03
19 30	0.00	0.38	18.54	3.40	9.67	6.35	7.48	0.110	0.517	0.000	0.517	3.140	4.72
19 45	0.00	0.38	4.24	4.47	9.15	7.34	5.44	0.110	0.517	0.000	0.517	3.140	2.58
20 00	0.00	0.49	3.67	4.25	4.43	5.10	3.22	0.110	0.517	0.000	0.517	3.140	0.25
20 15	0.00	0.28	0.98	3.22	0.46	0.00	0.42	0.110	0.517	0.000	0.517	3.140	0.00
20 30	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.110	0.517	0.000	0.517	3.140	0.00
20 45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.110	0.517	0.000	0.517	3.140	0.00
21 00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.110	0.517	0.000	0.517	3.140	0.00
21 15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.110	0.517	0.000	0.517	3.140	0.00
21 30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.110	0.517	0.000	0.517	3.140	0.00
21 45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.110	0.517	0.000	0.517	3.140	0.00
22 00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.110	0.517	0.000	0.517	3.140	0.00
22 15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.110	0.517	0.000	0.517	3.140	0.00
22 30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.110	0.517	0.000	0.517	3.140	0.00
22 45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.110	0.517	0.000	0.517	3.140	0.00
23 00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.110	0.517	0.000	0.517	3.140	0.00
23 15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.110	0.517	0.000	0.517	3.140	0.00
23 30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.110	0.517	0.000	0.517	3.140	0.00
23 45	0.00	0.09	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.110	0.517	0.000	0.517	3.140	0.00
18/10/98	0.00	0.12	0.00	0.27	0.00	0.13	0.05	0.110	0.517	0.000	0.517	3.140	0.00
0 15	0.00	0.16	0.00	0.34	0.00	0.63	0.14	0.110	0.517	0.000	0.517	3.140	0.00
0 30	0.00	0.15	0.00	0.82	0.00	0.56	0.14	0.110	0.517	0.000	0.517	3.140	0.00
0 45	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.15	0.03	0.110	0.517	0.000	0.517	3.140	0.00
1 00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.01	0.110	0.517	0.000	0.517	3.140	0.00
1 15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.110	0.517	0.000	0.517	3.140	0.00
1 30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.110	0.517	0.000	0.517	3.140	0.00
1 45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.110	0.517	0.000	0.517	3.140	0.00
2 00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.110	0.517	0.000	0.517	3.140	0.00
2 15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.110	0.517	0.000	0.517	3.140	0.00
2 30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.110	0.517	0.000	0.517	3.140	0.00
2 45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.110	0.517	0.000	0.517	3.140	0.00
3 00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.110	0.517	0.000	0.517	3.140	0.00
3 15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.110	0.517	0.000	0.517	3.140	0.00
3 30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.02	0.110	0.517	0.000	0.517	3.140	0.00
3 45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.02	0.110	0.517	0.000	0.517	3.140	0.00
4 00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.04	0.03	0.110	0.517	0.000	0.517	3.140	0.00
4 15	0.00	0.00	0.00	0.05	0.52	0.06	0.20	0.110	0.517	0.000	0.517	3.140	0.00
4 30	0.00	0.32	0.00	0.15	0.58	0.06	0.27	0.110	0.517	0.000	0.517	3.140	0.00
4 45	0.00	0.10	0.18	0.26	0.10	0.06	0.09	0.110	0.517	0.000	0.517	3.140	0.00
5 00	0.00	0.43	0.18	0.00	0.10	1.18	0.33	0.110	0.517	0.000	0.517	3.140	0.00

Tabla 15 Registros de precipitación y escurrimiento para la fecha 19 de Octubre de 1998.

Hora	Precipitación en mm						hp media	hpm ajustada	Nivel (m)	Q(m <sup>3</sup> /s)	Qd(m <sup>3</sup> /s)	Qb(m <sup>3</sup> /s)	φ	hpe(mm)
	Est 16	Est 22	Est 25	Est 55	Est 56	Est 57								
18/10/98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.150	0.823	0.000	0.823	0.261	0.00
19.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.150	0.823	0.000	0.823	0.261	0.00
19.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.150	0.823	0.000	0.823	0.261	0.00
19.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.150	0.823	0.000	0.823	0.261	0.00
20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.150	0.823	0.000	0.823	0.261	0.00
20.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.150	0.823	0.000	0.823	0.261	0.00
20.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.01	0.02	0.150	0.823	0.000	0.823	0.261	0.00
20.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.02	0.02	0.150	0.823	0.000	0.823	0.261	0.00
21.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.02	0.02	0.150	0.823	0.000	0.823	0.261	0.00
21.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.02	0.02	0.150	0.823	0.000	0.823	0.261	0.00
21.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.01	0.02	0.150	0.823	0.000	0.823	0.261	0.00
21.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.140	0.742	0.000	0.742	0.261	0.00
22.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.135	0.703	0.000	0.703	0.261	0.00
22.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.130	0.664	0.000	0.664	0.261	0.00
22.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.130	0.664	0.000	0.664	0.261	0.00
22.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.120	0.589	0.000	0.589	0.261	0.00
23.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.120	0.589	0.000	0.589	0.261	0.00
23.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.120	0.589	0.000	0.589	0.261	0.00
23.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.120	0.589	0.000	0.589	0.261	0.00
23.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.120	0.589	0.000	0.589	0.261	0.00
19/10/98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.120	0.589	0.000	0.589	0.261	0.00
0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.120	0.589	0.000	0.589	0.261	0.00
0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.120	0.589	0.000	0.589	0.261	0.00
0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.120	0.589	0.000	0.589	0.261	0.00
1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.120	0.589	0.000	0.589	0.261	0.00
1.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.120	0.589	0.000	0.589	0.261	0.00
1.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.120	0.589	0.000	0.589	0.261	0.00
1.45	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.120	0.589	0.000	0.589	0.261	0.00
2.00	0.00	0.09	0.00	0.07	0.00	0.00	0.01	0.02	0.120	0.589	0.000	0.589	0.261	0.00
2.15	0.00	0.12	0.00	0.07	0.00	0.25	0.06	0.07	0.120	0.589	0.000	0.589	0.261	0.00
2.30	0.00	0.27	0.00	0.11	0.00	4.83	0.88	0.97	0.120	0.589	0.000	0.589	0.261	0.71
2.45	0.00	2.67	0.00	0.41	0.00	2.79	0.85	0.94	1.030	14.810	14.051	0.759	0.261	0.68
3.00	0.00	0.25	0.00	0.31	0.00	0.00	0.04	0.05	0.660	7.597	7.083	0.514	0.261	0.00
3.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.660	7.597	6.982	0.615	0.261	0.00
3.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.615	6.833	6.202	0.631	0.261	0.00
3.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.560	5.937	5.288	0.649	0.261	0.00
4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.400	3.584	2.955	0.629	0.261	0.00
4.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.400	3.584	2.914	0.671	0.261	0.00
4.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.320	2.565	1.891	0.674	0.261	0.00
4.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.275	2.043	1.342	0.701	0.261	0.00
5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.150	0.823	0.112	0.711	0.261	0.00
5.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.140	0.742	0.014	0.726	0.261	0.00
5.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.140	0.742	0.000	0.742	0.261	0.00
5.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.145	0.782	0.000	0.782	0.261	0.00
6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.150	0.823	0.000	0.823	0.261	0.00
6.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.150	0.823	0.000	0.823	0.261	0.00
6.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.150	0.823	0.000	0.823	0.261	0.00
6.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.150	0.823	0.000	0.823	0.261	0.00
7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.160	0.907	0.000	0.907	0.261	0.00
7.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.160	0.907	0.000	0.907	0.261	0.00
7.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.160	0.907	0.000	0.907	0.261	0.00
7.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.160	0.907	0.000	0.907	0.261	0.00
8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.160	0.907	0.000	0.907	0.261	0.00
8.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.160	0.907	0.000	0.907	0.261	0.00
8.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.160	0.907	0.000	0.907	0.261	0.00
8.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.150	0.823	0.000	0.823	0.261	0.00
9.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.150	0.823	0.000	0.823	0.261	0.00
9.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.150	0.823	0.000	0.823	0.261	0.00
9.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.150	0.823	0.000	0.823	0.261	0.00
9.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.160	0.907	0.000	0.907	0.261	0.00
10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.130	0.664	0.000	0.664	0.261	0.00



Tabla 16 Resumen de resultados.

Año	Fecha	$Q_a$ ( $m^3/s$ )	$V_{ED}$ ( $m^3$ )	$h_c$ (mm)	$h_r$ (mm)	$V_{LL}$ ( $m^3$ )	$C_E$	$\phi$ (mm/h)
1997	28 de Agosto	65.771	59,194.3	1.877	20.759	654,836.16	0.090	25.816
	7 de Septiembre	67.765	60,988.6	1.933	15.662	494,045.67	0.123	13.964
	8 de Septiembre	73.251	65,925.9	2.090	31.820	1,003,734.9	0.066	15.182
	13 de Septiembre	74.360	66,924.2	2.122	22.887	721,950.76	0.093	19.232
1998	25 de Julio	46.862	42,175.9	1.337	20.443	644,874.05	0.065	29.788
	28-29 de Julio	72.942	65,647.8	2.081	34.220	1,079,450.8	0.061	20.540
	23 de Agosto	55.891	50,301.6	1.595	11.074	349,333.45	0.114	9.440
	28-29 de Agosto	164.43	147,985.3	4.691	27.536	868,619.38	0.170	6.592
	29-30 de Agosto	129.66	116,694.2	3.699	31.300	987,322.70	0.118	4.442
	31 de Agosto-1 de Septiembre	125.33	112,800.1	3.576	26.822	846,072.98	0.133	12.534
	2 de Septiembre	97.694	87,924.91	2.787	3.961	124,948.86	0.704	0.622
	8-9 de Septiembre	88.256	79,430.81	2.518	14.095	444,619.79	0.179	6.447
	27-28 de Septiembre	495.77	446,199.3	14.145	52.159	1,645,327.7	0.271	3.661
	17-18 de Octubre	265.27	238,745.1	7.569	24.613	776,404.25	0.308	12.560
	19 de Octubre	48.833	43,949.88	1.393	2.046	64,549.366	0.681	1.044