



Laboratorio  
de Hidráulica  
Ing. David  
Hernández Huéramo



## NOMBRE DE LA PRÁCTICA

### HIDROGRAMAS

#### OBJETIVO (S)

Una vez desarrollada la práctica, orientada a visualizar y comprender, el alumno será capaz de:

1. Identificar y relacionar la medición de precipitación con el escurrimiento superficial producido por la acción de la misma.
2. Generar y medir un hidrograma, identificando en el mismo los componentes como la curva ascendente, el tiempo pico, la curva descendente, el punto de inflexión, el gasto base, el gasto directo.

#### ENCUADRE TEÓRICO

En la práctica es común que no se cuente con registros adecuados de escurrimiento en los sitios de interés para determinar los parámetros necesarios para el diseño y operación de obras hidráulicas. En general, los registros de precipitación son más abundantes que los de escurrimiento, además de que no son afectados por cambios en la cuenca, como construcción de obras de almacenamiento y derivación, tala o urbanización. Es por eso que es conveniente contar con métodos que permitan correlacionar la precipitación con el escurrimiento en la cuenca.

La precipitación genera un escurrimiento que puede ser superficial, sub-superficial y subterráneo. De las tres formas de escurrimiento, el superficial es el que llega más rápido a la salida de la cuenca, cuando ésta no es endorreica, y por esta razón se relaciona directamente con una tormenta particular.

Debido a que el agua puede iniciar su viaje hacia una corriente como flujo superficial e infiltrarse en el camino, terminando como un flujo sub-superficial o subterráneo, o a la inversa, es difícil saber con exactitud cuál será su comportamiento, sin embargo, lo importante es conocer la rapidez con la que una cuenca responde a una tormenta, ya que esto es lo que determina la magnitud de las posibles avenidas. Conocer esta magnitud es necesaria para definir las alturas máximas que pueden alcanzarse en el cauce y definir la radicación de poblaciones urbanas, y/o construir defensas. Al tener en cuenta lo anterior es posible determinar volúmenes disponibles para almacenamientos para riego, agua potable, agua industrial, turismo, actividades recreativas, cuantificar los caudales mínimos en época de estiaje, necesarios para abastecimientos de agua

potable, la navegación, zonificar áreas de riesgo hídrico con distintos usos del suelo asociados a esos riesgos, etc.

### Pluviograma.

Es el registro que se obtiene de un pluviógrafo.

### Curva masa de precipitación.

Es la representación de la altura de precipitación acumulada a través del tiempo, desde el inicio de la tormenta hasta su terminación, esta curva no es decreciente, la pendiente en cualquier tiempo, es igual a la intensidad de la lluvia (altura de precipitación por unidad de tiempo) en ese instante:

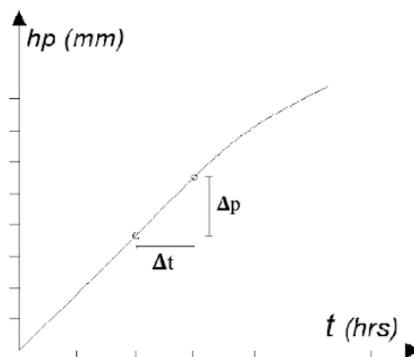


Figura 3.1 Curva masa de precipitación.

$$i = \frac{\Delta p}{\Delta t}$$

Donde:

$i$  = intensidad de la lluvia [mm/h]

$\Delta p$  = Incremento de lluvia en el intervalo  $\Delta t$  [mm]

$\Delta t$  = Intervalo de tiempo [h]

### Hietograma.

Representación discreta de la curva masa de precipitación a intervalos de tiempo predefinidos.

### Hidrogramas.

Es un gráfico que muestra la variación en el tiempo de alguna información hidrológica tal como: nivel de agua, caudal, carga de sedimentos, etc. para un río, arroyo o canal.

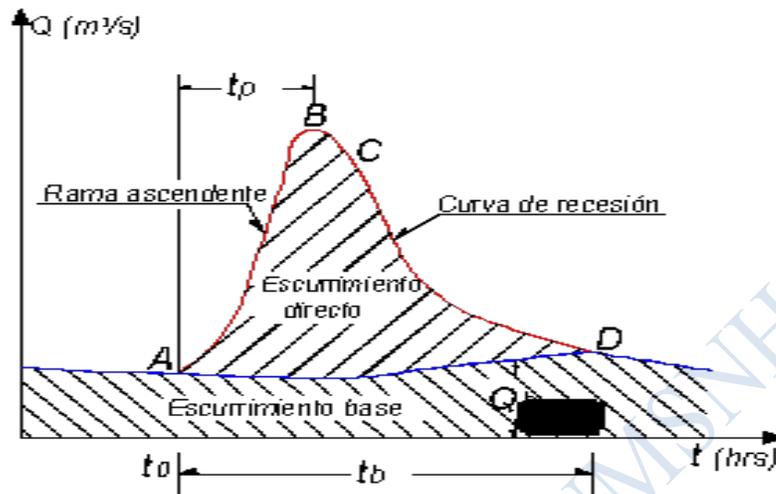


Figura 3.2 Elementos de un hidrograma.

Donde:

- A = Punto de levantamiento [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]
- B = Pico [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]
- C = Punto de inflexión [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]
- D = Final del escurrimiento directo [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]
- $t_p$  = Tiempo de pico [h]
- $t_b$  = Tiempo base [h]
- $Q_b$  = Escurrimiento base [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]
- $Q_d$  = Escurrimiento directo [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]

### Escurrimiento base.

Es el gasto existente en la cuenca producto del escurrimiento permanente y el escurrimiento subterráneo, que de manera más lenta llega hasta la salida de la cuenca (puede tardar años en llegar).

### Análisis de hidrogramas.

Se realiza fundamentalmente para encontrar su relación con la tormenta que lo produce, esto implica separar el caudal directo y el caudal base para su consideración en el análisis del hidrograma unitario. Algunos métodos para la separación del flujo base son:

- a. **El método de la línea recta**, el cual consiste en dibujar una línea horizontal desde el punto en el cual inicia el escurrimiento directo

superficial hasta la intersección con el segmento de recesión. Este método es aplicable a las corrientes efímeras.

- b. **El método del flujo base fijo**, que supone que el escurrimiento superficial termina en tiempo fijo  $N$  (fórmula 4.2) después del pico del hidrograma. El flujo base antes de que inicie el escurrimiento se proyecta hacia adelante hasta el momento del pico, luego se utiliza una línea recta para conectar esta proyección con el momento del pico con el punto en el segmento de recesión en el tiempo  $N$  después del pico.

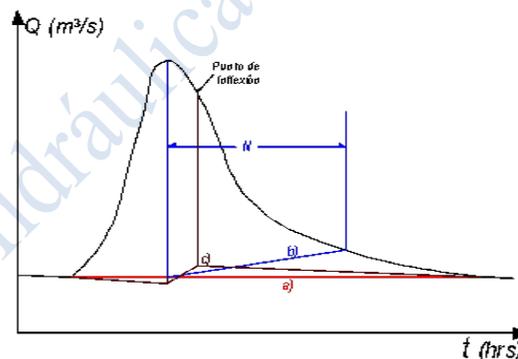
$$N = 0.827A^{0.2}$$

Donde:

$A$  = Área de la cuenca [ $\text{km}^2$ ]

$N$  = Tiempo de vaciado de la cuenca [días]

- c. **El método de la pendiente variable**, en el cual la curva de flujo base antes del escurrimiento se extrapola hacia adelante hasta alcanzar el tiempo pico del caudal, y la curva del flujo base después de que ha terminado el escurrimiento se extrapola hacia atrás hasta el momento del punto de inflexión en el segmento de recesión. Luego se utiliza una línea recta para conectar los extremos de las líneas que se extrapolan.



**Figura 3.3** Metodologías para la separación del Flujo Base.

### EQUIPO O DISPOSITIVO

Mesa de simulación de lluvia

### MATERIALES

- Arena de mar con curva granulométrica establecida
- Pluviógrafo
- Cronómetro
- Flexómetro
- Probeta de 500 ml

## PROCEDIMIENTO

### Etapa I.

1. Verificar que el depósito de equipo hidrológico contenga una capa de arena de 20 cm de espesor y se encuentre con un desnivel de 4 cm aproximadamente, y que en los extremos no estén colocadas las placas vertedoras.
2. Asegurarse que los tubos de drenaje de los depósitos extremos estén al mismo nivel, es decir, al nivel de la capa de arena aproximadamente.
3. Conectar el equipo y arrancar la bomba para flujo subterráneo (Ground Water Pump) y abrir las válvulas de suministro, procurando que el caudal que circula por el estrato de arena no se convierta en escurrimiento superficial.
4. Al observar que se está produciendo la descarga a través del vertedor derecho, registrar la carga manométrica sobre él en la Tabla 3.1.
5. Encender la bomba para la generación de lluvia (Rain wáter Pump), y abrir las válvulas de los aspersores con un minuto de separación entre cada serie, iniciando por la serie de aspersores más lejanos, simultáneamente iniciar el registro de la carga sobre el vertedor a cada minuto aproximadamente, el cual se llevará en la Tabla 3.1.
6. Al tener un flujo continuo a través del vertedor, apagar la bomba para generación de lluvia y continuar con el registro de la altura manométrica en el vertedor hasta que se tenga una carga constante o se llegue a la carga inicial.
7. Si ya no se observan cambios en la descarga, apagar la bomba de flujo subterráneo.
8. Determinar el gasto desalojado por el vertedor mediante la siguiente ecuación.

$$Q = 0.001269h^{2.353}$$

Donde:

Q = Gasto [l/min], las unidades fueron determinadas de acuerdo a la función y operación del equipo.

h = Carga sobre el vertedor [mm]

