

CAPITULO 6. ESCORRENTIA Y CUENCA HIDROLOGICA

6.1 DEFINICIÓN

Se denomina **escorrentía superficial** al agua procedente de la lluvia que circula por la superficie y se concentra en los cauces. La escorrentía superficial es función de las características topográficas, geológicas, climáticas y de vegetación de la cuenca y está íntimamente ligada a la relación entre aguas superficiales y subterráneas de la cuenca.

6.2 Descripción del proceso de escorrentía

Supóngase que en una cuenca se inicia un proceso de lluvia. Las primeras gotas de lluvia son retenidas y almacenadas por las hojas y tallos de la cubierta vegetal, a partir de un cierto límite las gotas comienzan a alcanzar el suelo y después de un breve período de tiempo, casi todas las gotas alcanzan el suelo.

En un segundo proceso, el suelo a través de sus capas de depósitos de restos vegetales y sobre todo en sus depresiones, almacena una cierta cantidad de agua. Es decir, se inicia el proceso de percolación del agua a las capas inferiores (infiltración).

Cuando la capacidad de almacenamiento del suelo, ya descontada la infiltración, está en el límite, se inicia el proceso de circulación superficial del agua. En esta circulación superficial se pueden distinguir dos partes:

- una correspondiente al **flujo subsuperficial** o mejor llamado hipodérmico, que corresponde a la capa de agua que circula próxima al suelo;
- y otra al **flujo superficial** propiamente dicho, que circula con mayor velocidad. Es este último el que genera realmente lo que se entiende en ingeniería como escorrentía propiamente dicha.

El balance final se puede expresar como $P = I + E + F + A + P_{neta}$, siendo:

P = precipitación total;

I = precipitación interceptada por la cubierta vegetal;

E = evaporación y evapotranspiración;

N = Infiltración;

A = almacenamiento del suelo (encharcamiento);

P_{neta} = precipitación neta o efectiva;

Por ello el primer problema consistirá en separar de la precipitación total las pérdidas existentes para llegar a la precipitación neta o efectiva.

6.3 FASES DE LA ESCORRENTÍA

Se distinguen dos fases fundamentales en la escorrentía:

1. Fase de ladera. No existe cauce establecido. En esta fase se pueden dar tres tipos de circulación:

- **Horton.** A medida que circula el agua se infiltra.
- **Betson.** La escorrentía empieza en un lapso corto de tiempo.
- **Anne.** En un determinado frente influye la línea de carga.

2. Fase de redes fluviales. Es la fase de circulación, en la que todo el agua que circula por laderas confluye en un cauce principal de la cuenca

6.4 Hidrograma real de una cuenca (ver gráfico pág. 134)

Se denomina **hidrograma** de una cuenca en un punto al registro de caudales circulantes en función del tiempo. La distribución de lluvia en función de t se denomina **hietograma**.

Se denomina **tiempo de lluvia** al período de tiempo en el que la lluvia produce escorrentía.

En el hidrograma se distinguen las siguientes partes:

a) Caudal de base. Corresponde al caudal circulante por el río antes de iniciarse la lluvia y después de que los efectos de la lluvia han desaparecido.

b) Curva de concentración. Es la rama ascendente del hidrograma, función de la intensidad y distribución de la lluvia así como de las características de la cuenca. Las condiciones iniciales de la cuenca (humedad del suelo, vegetación, etc.) influyen decisivamente en la curva de concentración.

c) Punta del hidrograma. Es el punto de caudal máximo.

d) Curva de bajada. Es la primera parte de la rama descendente del hidrograma.

e) Curva de agotamiento. Corresponde a la parte final de la curva de bajada del hidrograma y contiene los caudales subterráneos que corresponden a menores velocidades de circulación del agua. Los caudales hipodérmicos o subsuperficiales son intermedios a los anteriores y sus valores mayores corresponden al entorno del punto de inflexión de la curva de bajada del hidrograma.

f) Tiempo de punta. Es el tiempo transcurrido desde que se inicia la curva de concentración hasta el momento de producirse la punta del hidrograma.

g) Tiempo de Base. Es el tiempo transcurrido entre el inicio de la curva de concentración y el punto de inflexión que identifica el final de la curva de bajada.

h) Tiempo de concentración. Es el tiempo transcurrido desde el final de la lluvia neta hasta el momento en que acaba la curva de bajada, es decir, el final de la escorrentía superficial.

6.5 Análisis de un hidrograma (ver gráfico pág. 136)

En el análisis de un hidrograma se ha considerado la separación entre los caudales procedentes de la escorrentía superficial, la subsuperficial o hipodérmica y los caudales subterráneos.

La escorrentía superficial inicia y finaliza el hidrograma en primer lugar. El caudal subterráneo presenta un hidrograma retrasado y mucho más plano; el hidrograma producido por caudales subsuperficiales e hipodérmicos está en una situación intermedia.

El problema práctico que se plantea es siempre el inverso, es decir dado un hidrograma real separar la parte correspondiente al hidrograma de escorrentía superficial. Es un problema que se aborda por métodos experimentales siempre partiendo del máximo número de datos y con conocimientos prácticos.

En primer lugar es necesario dibujar los hidrogramas existentes y localizar en ellos los puntos A y B de inicio de la curva de concentración y de inflexión en la curva de bajada.

Para ello se dibujarán las tangentes que rectifican cada uno de los tramos.

Otro método consiste en fijar el punto B en función de la fórmula $N = 0.827 \cdot A^{0,2}$, donde N es el número de días y A es el área de la cuenca en km².

6.6 Características de la cuenca

Analizando la escorrentía superficial y estudiando el hidrograma de una cuenca se plantea el análisis de las características físicas de la cuenca que condicionan el hidrograma producido en ellas. Estas características superficiales son la forma, el relieve y distribución hidrográfica.

Área. Es la magnitud más importante que define la cuenca. Delimita el volumen total de agua que la cuenca recibe en cada.

Para determinar el área de la cuenca es necesario delimitar su contorno. Existe un primer contorno de la cuenca definido por la topografía y que delimitaría la cuenca vertiente por escorrentía superficial, es decir, determina los puntos cuya escorrentía vierte a la cuenca considerada. Para ello se debe determinar la línea límite de la cuenca con las adyacentes localizando en primer lugar los puntos más altos del límite de la cuenca, posteriormente se dibuja el contorno de la cuenca, sabiendo que la escorrentía es siempre perpendicular a las curvas de nivel.

Forma de la cuenca. Puede ser mas o menos redondeada. El índice que habitualmente define la forma de la cuenca es el índice de capacidad de Gravelius:

$$K_c = \text{Perímetro de la cuenca} / \text{Perímetro de un círculo de igual área} \quad K_c = 0,282 \cdot (P / A^{1/2})$$

Donde P es el perímetro de la cuenca y A es el área. Si $A > K_c$, la cuenca tiene forma alargada.

Relieve. El relieve es un factor importante en el comportamiento de la cuenca, ya que cuanto mayores son los desniveles en la cuenca, mayor es la velocidad de circulación y menor el tiempo de concentración, lo que implica un aumento del caudal de punta.

La forma de cuantificar el relieve de una cuenca es por medio de la **curva hipsométrica**, en la que se representa en ordenadas alturas de la cuenca, y en abscisas la superficie de la cuenca que está por encima de esa cota. La forma de calcularla se realiza por medio de un plano topográfico con curvas de nivel planimetrado entre cada dos curvas de nivel.

* **Rectángulo equivalente.** Es un rectángulo que tiene la misma superficie, perímetro y curva hipsométrica que la cuenca. Si A y P son el área y el perímetro de la cuenca respectivamente, K_c es el índice de Gravelius, y L y l son los lados del rectángulo equivalente, se tiene que:

$$L / A^{1/2} = (K_c / 1,12) + [(K_c / 1,12)^2 - 1]^{1/2} \quad l / A^{1/2} = (K_c / 1,12) - [(K_c / 1,12)^2 - 1]^{1/2}$$

Para calcular el **índice de pendiente (I_p)** y la **pendiente media (I_m)** se utilizan las ecuaciones:

$$I_p = [(HM - H_m) / 1000 \cdot L]^{1/2} \quad I_p = [(HM - H_m) / 100 \cdot LR]^{1/2}$$

Donde HM es la cota más alta del plano, H_m es la cota del punto de la cuenca, L es la longitud del lado mayor del rectángulo equivalente y LR es la longitud del río.