



POLITÉCNICA



TEMA 11: Hidrología de cuencas pequeñas. Fórmula racional



MARTA GONZÁLEZ DEL TÁNAGO
UNIDAD DOCENTE DE HIDRÁULICA E HIDROLOGÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA FORESTAL
E.T.S. DE INGENIEROS DE MONTES
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

CONTENIDO

- Concepto de “Cuenca Pequeña”
- La Fórmula Racional
- Procedimiento de cálculo
- Cuencas compuestas. Efecto de la forma de la cuenca



CUENCA PEQUEÑA: HIPÓTESIS PARA EL CÁLCULO DE AVENIDAS

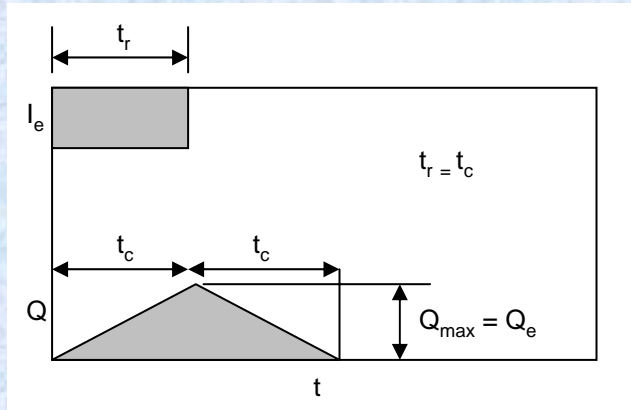
1º. La intensidad de la lluvia es uniforme en el tiempo

La duración del aguacero de cálculo, igual al tiempo de concentración de la cuenca, es suficientemente corta como para poder asumir que la intensidad de la lluvia se mantiene constante a lo largo de su duración.

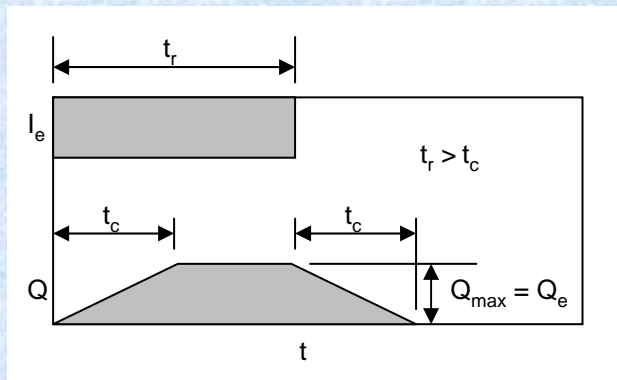


Concentración de las escorrentías: Relación “tiempo de lluvia” (t_r) y “tiempo de concentración” (t_c) y su efecto en los hidrogramas.

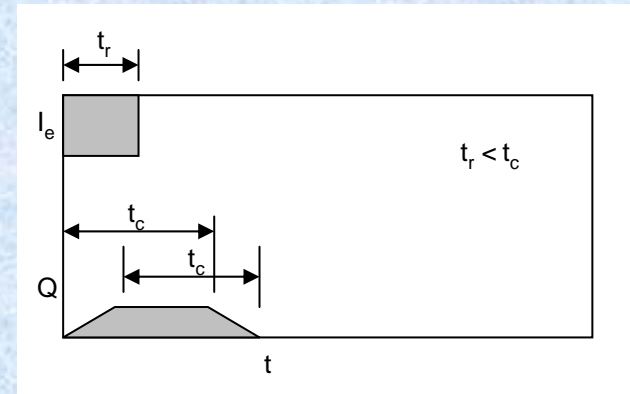
a) Concentrado



b) Superconcentrado



c) Subconcentrado



CUENCA PEQUEÑA: HIPÓTESIS PARA EL CÁLCULO DE AVENIDAS

1º. La intensidad de la lluvia es uniforme en el tiempo.

La duración del aguacero de cálculo, igual al tiempo de concentración de la cuenca, es suficientemente corta como para poder asumir que la intensidad de la lluvia se mantiene constante a lo largo de su duración.

2º. La intensidad de la lluvia es uniforme en el espacio.

Las características del aguacero de cálculo son las mismas en toda la superficie de la cuenca vertiente.

3º. En las escorrentías que generan la avenida, domina la escorrentía superficial por falta de infiltración.

4º. El cauce principal es de pequeño tamaño, y no tiene capacidad de almacenamiento de agua.



LA FÓRMULA RACIONAL

Es una fórmula que permite calcular los caudales de avenida en cuencas pequeñas, a partir de los datos de precipitación y de las condiciones de escorrentía de la cuenca vertiente.

Se denomina “racional” al ser una expresión coherente en cuanto a “unidades”, frente a los modelos empíricos anteriores, (ej. $Q=aA^b$).

Su expresión es:

$$q = C * I * A \qquad \left[\frac{L^3}{T} \right] = C * \left[\frac{L}{T} \right] * L^2$$

q: Caudal de avenida para el periodo de retorno T

C: coeficiente de escorrentía de la cuenca (adimensional)

I: Intensidad máxima de lluvia en t_c (tiempo de concentración de la cuenca) para el periodo de retorno de cálculo T

A: superficie de la cuenca vertiente



PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO

A: Superficie de la cuenca vertiente

Se obtiene planimetrando la cuenca vertiente.

Es la variable más sencilla de calcular de la fórmula.

I: Intensidad de lluvia del aguacero de cálculo

a) Se calcula el tiempo de concentración de la cuenca vertiente, mediante fórmulas empíricas.

b) La duración del aguacero de cálculo se hace igual al tiempo de concentración, y para el periodo de retorno deseado, se calcula la intensidad de lluvia máxima correspondiente a esa duración y a ese periodo de retorno, mediante relaciones intensidad-duración-frecuencia aplicables a la cuenca vertiente.

C: Coeficiente de escorrentía:

Se calcula mediante tablas o gráficos disponibles en la bibliografía.



TABLAS Y GRÁFICOS PARA EL ASIGNAR EL COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA

TABLE 4-1(b) AVERAGE RUNOFF COEFFICIENTS FOR RURAL AREAS

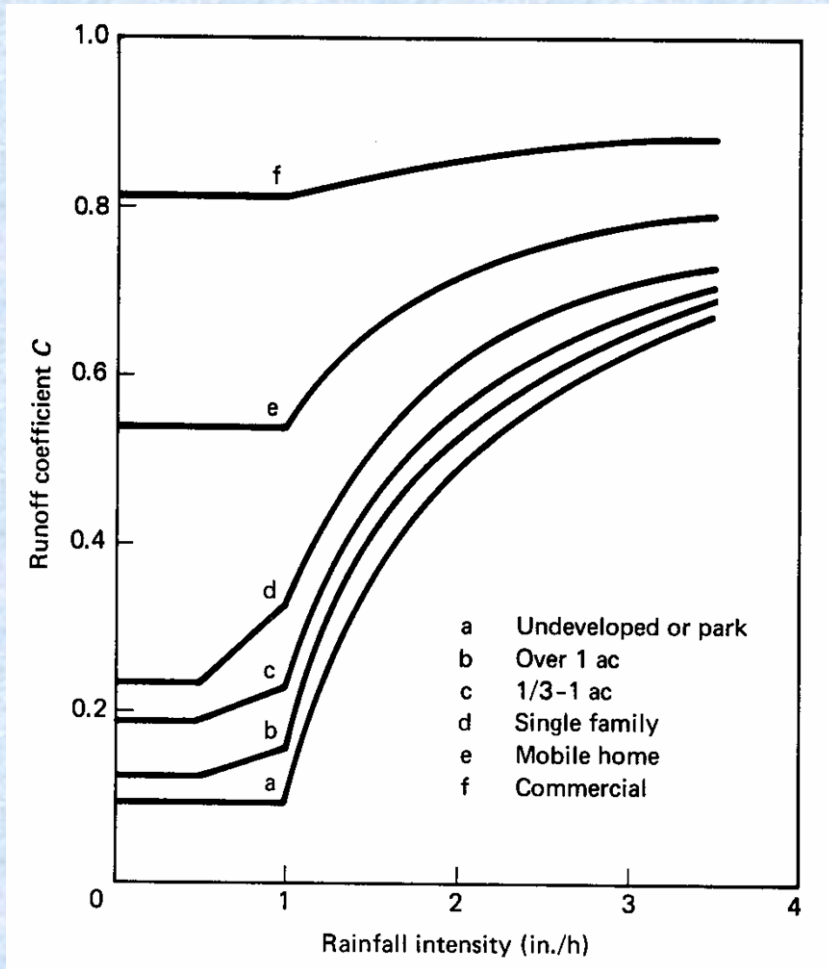
Topography and Vegetation	Soil Texture		
	Open Sandy Loam	Clay and Silt Loam	Tight Clay
<i>Woodland¹</i>			
Flat	0.10	0.30	0.40
Rolling	0.25	0.35	0.50
Hilly	0.30	0.50	0.60
<i>Pasture</i>			
Flat	0.10	0.30	0.40
Rolling	0.16	0.36	0.55
Hilly	0.22	0.42	0.60
<i>Cultivated Land</i>			
Flat	0.30	0.50	0.60
Rolling	0.40	0.60	0.70
Hilly	0.52	0.72	0.82

¹ Note: Flat (0-5% slope); rolling (5-10%); hilly (10-30%).

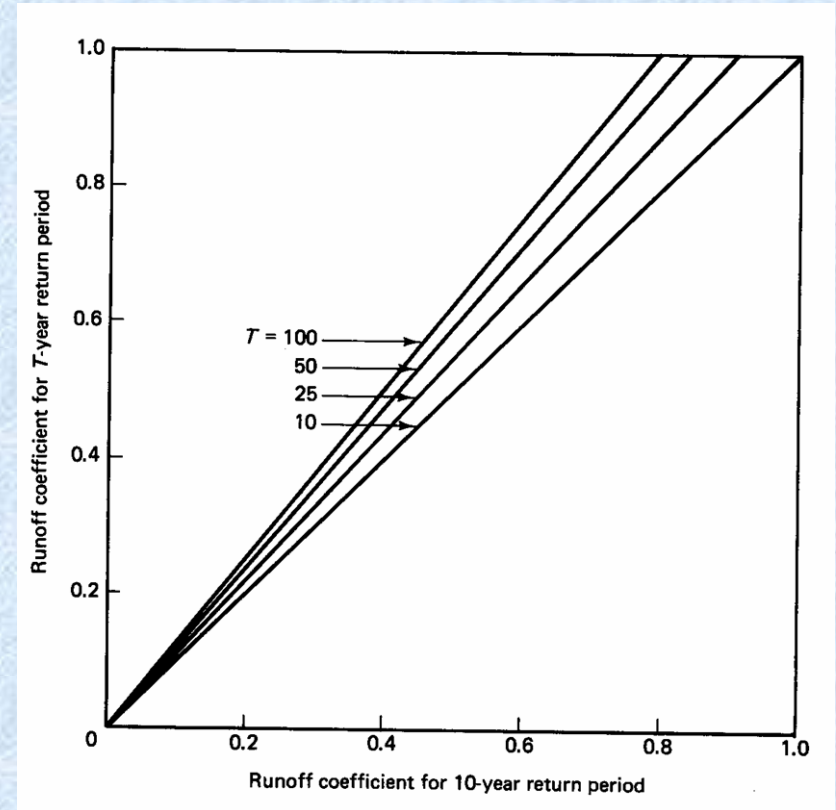
Schwab *et al.* (1971)



TABLAS Y GRÁFICOS PARA EL ASIGNAR EL COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA



V. M. Ponce (1989)



V. M. Ponce (1989)



VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LA FÓRMULA RACIONAL

Es una fórmula muy sencilla, que con gran rapidez permite calcular el caudal máximo para cada periodo de retorno.

De forma indirecta proporciona un hidrograma de avenida, asumiendo que el caudal punta se produce en el tiempo de concentración (hidrograma triangular, simétrico).

El cálculo de la avenida está sometido a varias fuentes de error:

a) La duración del aguacero de cálculo: Si está sobreestimada, la intensidad máxima será menor, mientras que si se subestima, es posible que no se alcance el tiempo de concentración de la cuenca.

b) La intensidad del aguacero de cálculo: Responde a expresiones de tipo empírico, a veces de zonas diferentes a las deseadas. Se considera constante durante el tiempo que dura el aguacero (tiempo de concentración), pudiendo no ser cierto, ni ante duraciones cortas.



VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LA FÓRMULA RACIONAL

El cálculo de la avenida está sometido a varias fuentes de error:

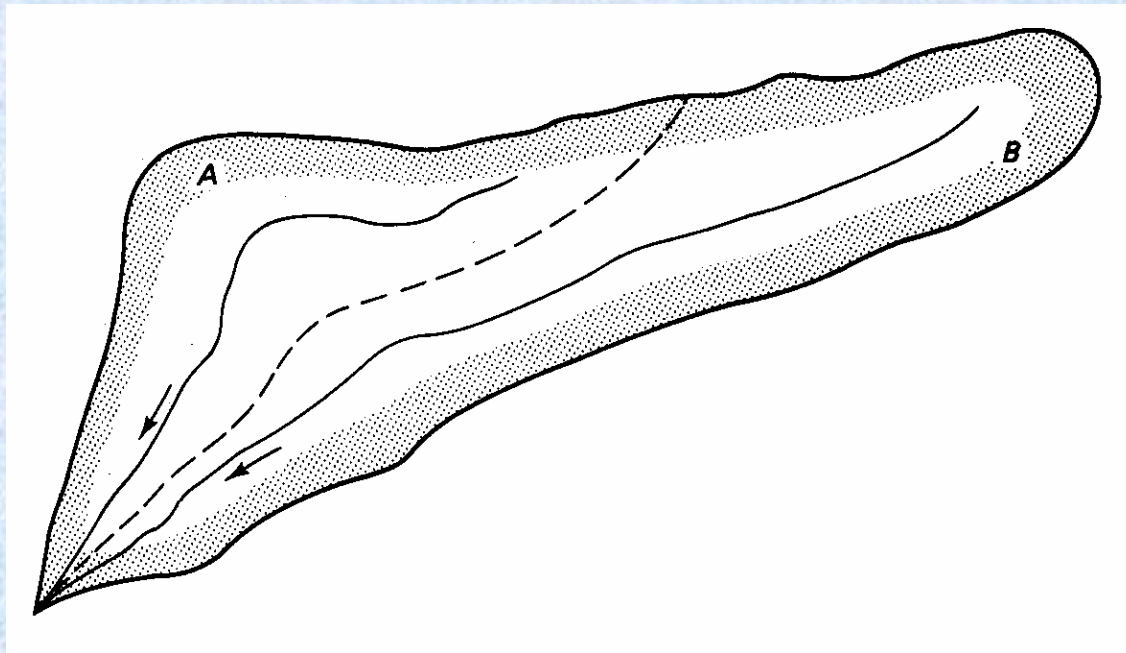
c) El coeficiente de escorrentía se obtiene a partir de tablas y gráficas, en las que se ha simplificado mucho el proceso de infiltración.

Dicho coeficiente puede variar no solo con las características de la cuenca, sino también con las características de la lluvia.

d) No se tiene en cuenta el estado de humedad precedente del suelo.

e) Influye la forma de la cuenca, a la hora de seleccionar el punto en que se produce el caudal punta.



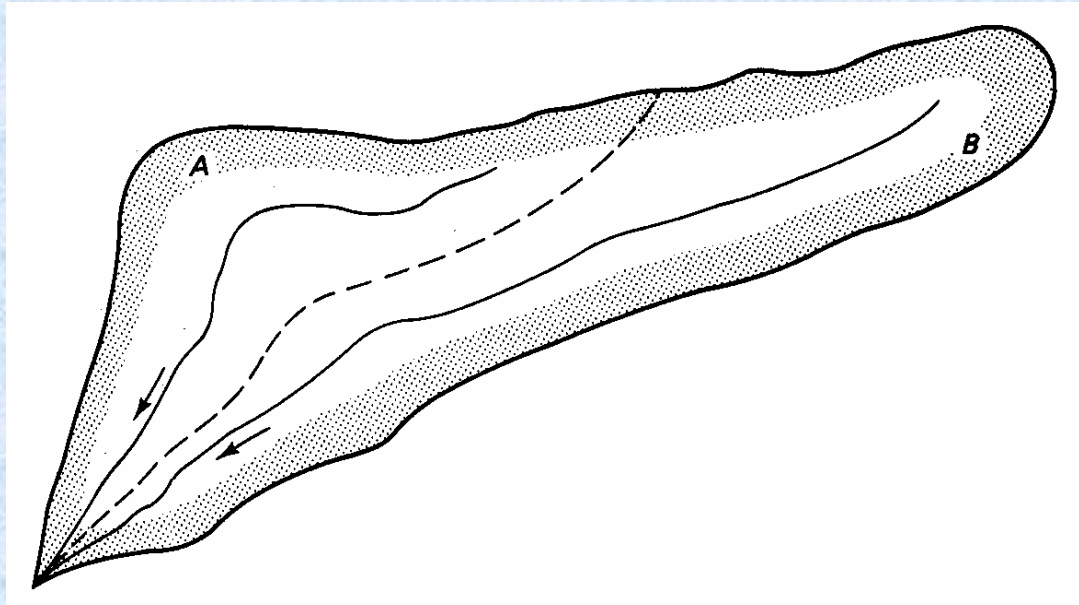


	Subarea A	Subarea B
Area (km ²)	0.4	0.6
Runoff Coefficient	0.6	0.3
Time of Concentration (min)	20	60

Assume a return period $T = 10$ y and the following IDF function:

$$I = \frac{1000 T^{0.2}}{(t_r + 20)^{0.7}}$$

V. M. Ponce (1989)



Rainfall Duration (min)	Rainfall Intensity (mm/h)	Contributing Area of B (km ²)
20	119.83	0.2
30	102.50	0.3
40	90.22	0.4
50	80.99	0.5
60	73.76	0.6

For $t_r = 20$ min, the peak flow is (Eq. 4-14):

$$Q_p = 0.278 \times 119.83[(0.6 \times 0.4) + (0.3 \times 0.2)] = 10.0 \text{ m}^3/\text{s}$$

Successive trials for rainfall durations of 30, 40, 50, and 60 min result in lower peak flows. Therefore, the peak flow is 10.0 m³/s and the design rainfall duration is 20 min.

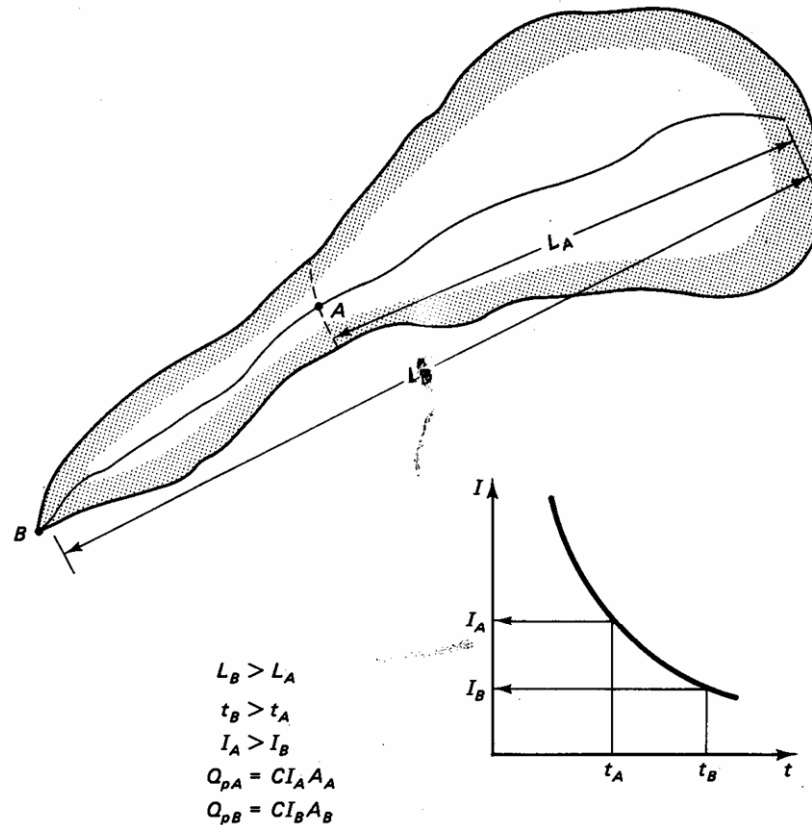


Figure 4-6 Rational method: effect of catchment shape.

Example 4-2.

Assume that the drainage area at *A* (Fig. 4-6) has a time of concentration such that the applicable rainfall intensity is 50 mm/h, and that from point *A* to point *B* the time of concentration increases, thereby decreasing the applicable rainfall intensity for the drainage area at *B* to 40 mm/h. Assume that the drainage area at *A* is 0.8 km² and at *B* is 0.9 km². Compute the peak flow at points *A* and *B*. Assume $C = 0.5$.

The peak flow at *A* is (Eq. 4-2): $Q_{pA} = 0.278 \times 0.5 \times 50 \times 0.8 = 5.56 \text{ m}^3/\text{s}$. The peak flow at *B* is: $Q_{pB} = 0.278 \times 0.5 \times 40 \times 0.9 = 5.00 \text{ m}^3/\text{s}$. It is seen that for this case the peak flow decreases from *A* to *B*. This is because the ratio of drainage areas $0.9/0.8 = 1.125$ is less than the inverse ratio of rainfall intensities $50/40 = 1.25$.

V. M. Ponce (1989)

