

# HIDROLOGÍA APLICADA

## TEMA 4. EJERCICIOS



Estilita Ruiz Romera  
Miren Martínez Santos

**Ejercicios Tema 4****Problema 4.1.**

En una cuenca de  $40.46 \cdot 10^6 \text{ m}^2$  cae una lluvia de 12.7 cm. El conjunto hidrológico está compuesto por un 50% de suelo del grupo B y un 50% del grupo C (según SCS) que se intercalan a lo largo de la cuenca. Sabiendo que existen unas condiciones antecedentes de humedad tipo II y que el uso de la tierra es:

- 40 % de área residencial que es impermeable en un 30%
- 12 % de área residencial que es impermeable en un 65%
- 18 % de caminos pavimentados con cunetas y alcantarillados de aguas de lluvias.
- 16 % de área abierta con un 50 % con cubierta aceptable de pastos y un 50 % con buena cubierta de pastos.
- 14 % de parques, plazas, colegios y similares (totalmente impermeables)

Calcular la esorrentía que se originaría usando el método del SCS

**Problema 4.2.**

Con los datos del hietograma de tormenta de la tabla, determinar:

- a) El hietograma de exceso aplicando el método de Horton para valores de  $f_0=7.62 \text{ cm/h}$ ,  $f_c=1.346 \text{ cm/h}$  y  $k=4.182 \text{ h}^{-1}$ .
- b) Las curvas de infiltración y precipitación acumuladas y representarlas gráficamente.
- c) Exceso total de la precipitación

<b>Tiempo (h)</b>	0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0
<b>Intensidad de lluvia (cm/h)</b>	7.62	3.81	2.54	1.27

**Problema 4.3.**

El hietograma de una precipitación corresponde a los datos recogidos en la tabla. Si esta lluvia cae en un suelo de marga arenosa con un valor de saturación efectiva inicial del 40%, determinar el hietograma de exceso de precipitación.

Datos: para un suelo de marga arenosa el valor de  $k= 1.09 \text{ cm/h}$ ,  $\Psi=11.02 \text{ cm}$  y  $\theta_e= 0.412$ .

<b>Tiempo (min)</b>	<b>Precipitación (cm)</b>	<b>Tiempo (min).</b>	<b>Precipitación (cm)</b>
0	0.0	100	1.65
10	0.18	110	0.81
20	0.21	120	0.52
30	0.26	130	0.42
40	0.32	140	0.36
50	0.37	150	0.28
60	0.43	160	0.24
70	0.64	170	0.19
80	1.14	180	0.17
90	3.18		

**RESOLUCIÓN DE LOS PROBLEMAS**

**Problema 4.1.**

- 1) En primer lugar, considerando que el 50% del suelo es de tipo B y el otro 50% es de tipo C, se calcula el número de curva CN. El CN para el tipo B se obtiene multiplicando el CN de cada uso del suelo por el porcentaje del mismo, es decir:  
 $CN (B) = (0.2 \times 72) + (0.06 \times 85) + (0.09 \times 98) + (0.04 \times 61) + (0.04 \times 69) + (0.07 \times 98)$
- 2) Se realiza la misma operación para el suelo de tipo C y, considerando que cada tipo de suelo representa el 50%, se calcula CN.

Respuesta: **CN = 83.8**

Uso suelo	Tipo B (%)	CN	Tipo C (%)	CN
Residencial (30% imp)	20	72	20	81
Residencial (65% imp)	6	85	6	90
Carretera	9	98	9	98
Área abierta: buena cubierta	4	61	4	74
y cubierta aceptable	4	69	4	79
Parques, plazas, etc.	7	98	7	98

- 3) Posteriormente, se calcula la retención potencial máxima (S) mediante el uso de la siguiente fórmula:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

*Expresión en mm*

Respuesta: **S = 49.175 mm**

- 4) Se puede calcular la precipitación neta o efectiva, bien gráficamente bien mediante la siguiente expresión:

$$P_{neta}(t) = \frac{(P_{bruta} - I_a)^2}{P_{bruta} - I_a + S} = \frac{(P_{bruta}(t) - 0.2 S)^2}{P_{bruta}(t) + 0.8 S}$$

*P bruta (t): Lluvia bruta acumulada hasta t.*

*P neta (t): Lluvia neta acumulada hasta t.*

Respuesta: **P neta = 8.25 cm (65% precipitación)**

- 5) Para condiciones de humedad del tipo II, calculo el valor de CN mediante la expresión vista en el tema 4.

Respuesta: **CN (tipo II) = 92.24**

Al igual que en el apartado anterior (4), calcular la P neta (Respuesta: **P neta = 5.87 cm**)

6) Se calcula la diferencia de P neta entre tipo I y tipo II:

Respuesta:  $\Delta P_{neta} = 8.25 - 5.87 = 2.38 \text{ cm}$

**Problema 4.2.**

- 1) Con los datos aportados realizo el gráfico del hietograma. Para ello, se debe representar las intensidades en función de los intervalos de tiempo de 0.5 h.
- 2) A continuación, se calculan las capacidades de infiltración (ft) según el método de Horton:

$$f = f_c + (f_0 - f_c) * e^{-kt}$$

3) Para representar la precipitación acumulada, se pasa de hietograma a pluviograma:

$$(h_{0,5} - h_0) / 0,5 = 7,62 \gg \gg h_{0,5} = 3,81$$

Tiempo (h)	Intensidad de lluvia (cm/h)	Precipitación (cm)
0-0,5	7,62	3,81
0,5-1,0	3,81	5,72
1,0-1,5	2,54	6,99
1,5-2,0	1,27	7,62

4) Comparamos la precipitación con la infiltración (ft) y determinamos la tasa de infiltración, considerando que:

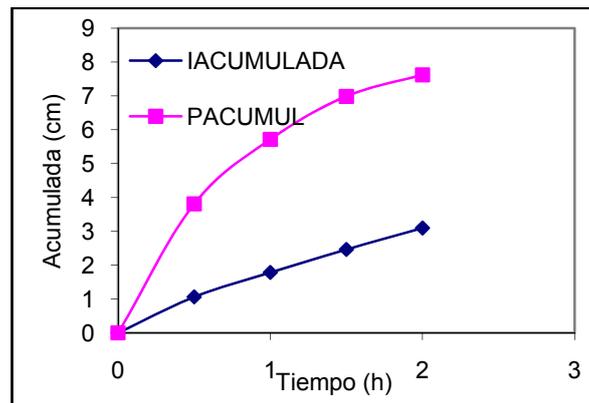
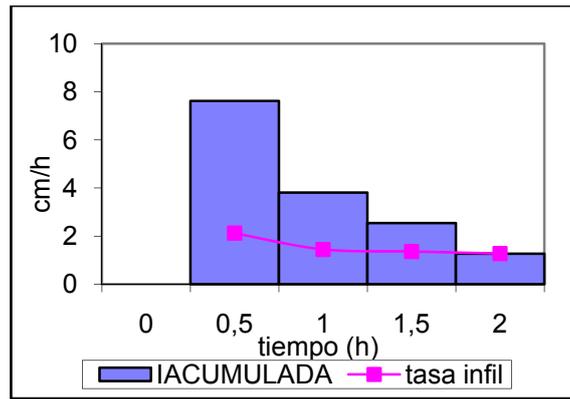
Si  $P > ft$      $ft =$  tasa de infiltración  
 Si  $P < ft$      $P =$  tasa de infiltración

5) Calculamos la infiltración acumulada (Ft) mediante la integración de la fórmula de Horton:

$$f = f_c + (f_0 - f_c) e^{-kt} = dF/dt \gg \gg \gg F = f_c * t + ((f_0 - f_c) / k) (1 - e^{-kt})$$

6) Se calcula el exceso por diferencia entre la precipitación (P) y la Ft.

Tiempo (h)	I (cm/h)	ft	Tasa infiltración	Ft (cm)	P acumulada (cm)	Exceso (cm)
0				0	0	0
0,5	7,62	2,12	2,121	1,06	3,81	2,75
1	3,81	1,44	1,442	1,78	5,72	3,93
1,5	2,54	1,36	1,358	2,46	6,99	4,52
2	1,27	1,35	1,27	3,09	7,62	<b>4,52</b>



**Problema 4.3.**

- 1) En primer lugar se calcula la saturación efectiva, humedad disponible/máxima humedad ( $S_e$ ) y la diferencia de humedad, para un suelo de marga arenosa. Para ello hay que emplear las fórmulas de Green Ampt (tema 4, página 14).

$$S_e = \frac{\theta - \theta_r}{n - \theta_r} = \frac{\theta - \theta_r}{\theta_e}$$

$$\Delta\theta = n - \theta_i$$

$$\Delta\theta = (1 - S_e) \theta_e$$

Respuesta:  $S_e = 0.4$

- 2) A continuación, se calcula la precipitación acumulada.
- 3) A partir de la precipitación acumulada, se calcula la intensidad ( $i$ , cm/h) para intervalos de tiempo de 10 minutos.

$$I_{10} = (P_{10} - P_0) / 10 = 1.08 \text{ cm/h}$$

- 4) Calcular la infiltración acumulada ( $F_t$ ) siguiendo la siguiente secuencia:

A  $t = 0$  y  $F = 0$ , no hay exceso.

$$F_t = F_0 + i_0 \Delta t$$

Para  $t = 10$  min, calculamos  $f_t$

$$f_t = k (\Psi \Delta\theta - 1) / F_t \quad \text{con } F_{10} = 1,08 \text{ cm/h}$$

$i_t < f_{t+\Delta t} \rightarrow$  no hay acumulación de agua ( $t < t_p$ )

$$F_{t+\Delta t} = F_t + i_t \Delta t$$

$i_t \geq f_{t+\Delta t} \rightarrow$  encharcamiento  $\rightarrow$  exceso =  $P_{acum.} - F_{acum}$

$$f_t = i_t \text{ y } F_t = F_p$$

$$F_{t+\Delta t} = F_t + K\Delta t + \psi\Delta\theta \ln \left[ \frac{F_{t+\Delta t} + \psi\Delta\theta}{F_t + \psi\Delta\theta} \right]$$

$$F_p = \frac{K\psi\Delta\theta}{i_t - K}$$

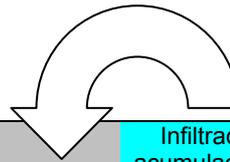
Tiempo de encharcamiento ( $t_p$ ):

$$\Delta t = (F_p - F_t) / i_t$$

5) Cada 10 minutos se calcula el exceso (cm) como la diferencia entre la P acumulada y la Ft acumulada ( $P_{acum} - F_{t\ acum}$ ).

$$P_{70} - F_{t70} = 2.42 - 2.21 = 0.2 \text{ cm de exceso}$$

Comparo  $f_t$  con  $P_{acumulada}$ , si  $i < f_t$   $i = F_t$



Tiempo (min)	P (cm)	P acum (cm)	Intensidad (i, cm/h)	$f_t$	Infiltración acumulada (Ft) (cm)	Exceso acum. incremental
0	0	0	1,08		0,00	
10	0,18	0,18	1,26	17,55	0,18	
20	0,21	0,39	1,56	8,69	0,39	
30	0,26	0,65	1,92	5,65	0,65	
40	0,32	0,97	2,22	4,14	0,97	
50	0,37	1,34	2,58	3,30	1,34	
60	0,43	1,77	3,84	2,76	1,77	
70	0,64	2,41	6,84	2,43	2,21	0,20
80	1,14	3,55	19,09	2,23	2,59	0,96
90	3,18	6,73	9,90	2,09	2,95	3,78
100	1,65	8,38	4,86	1,99	3,29	5,09
110	0,81	9,19	3,12	1,91	3,62	5,57
120	0,52	9,71	2,52	1,84	3,93	5,78
130	0,42	10,13	2,16	1,79	4,24	5,89
140	0,36	10,49	1,68	1,74	4,53	5,96
150	0,28	10,77	1,44	1,71	4,81	
160	0,24	11,01	1,14	1,68	5,05	
170	0,19	11,2	1,02	1,66	5,24	
180	0,17	11,37		1,64	5,41	

6) Por último se representan los datos gráficamente.

