

DRYAS®



Medi Ambient i Riscs Naturals

MÀXIMES CRESCUDES **- Mètode racional -**

-ANNEX DE DOCUMENTACIÓ-

Direcció:

Valentí TURU i MICHELS
Av. Príncep Benlloch 66-72
Edifici Interceus, despatx 406
Telèfon i fax: 321815 - 820323
Email: risc.dryas@igeotest.ad
<http://www.igeotest.ad>

A1 EL MÈTODE RACIONAL

El mètode que ha rebut més atenció recentment per estimar els cabals màxims a partir de les pluges, és el mètode racional. Segons aquest, el cabal corresponent a un període de retorn el dona l'equació:

$$Q = C * I * A * K / 3,6$$

- On:
- Q = És el cabal buscat en m³/s.
 - A = És l'àrea de la conca vessant en Km².
 - I = És la màxima intensitat mitjana de la pluja en mm/h, durant un temps igual al temps de concentració (Tc) de la conca, amb el mateix període de retorn que el cabal buscat.
 - Tc = Temps de concentració, que és el temps que tarda a arribar al punt estudiat una gota d'aigua caiguda al punt més allunyat de la conca en hores.
 - C = Coeficient d'escolament, que determina la part de la pluja màxima i que arriba al punt estudiat, en el moment de màxim cabal.
 - K = Coeficient d'uniformitat

A1.1 Precipitació i períodes de retorn

Empíricament és possible calcular el cabal màxim per un període de retorn establert en base als registres de precipitacions. Per això cal conèixer el valor de les precipitacions màximes del sector per un determinar període de retorn.

Per efectuar aquests càlculs a Andorra es disposa de registres meteorològics (dades diàries de pluja, neu i temperatura) en tres estacions de FEDA (a Ransol, cota 1640 metres, a Engolasters, cota 1640 metres, i a la Central de FEDA, cota 1140 metres).

A1.1.1 Càlcul del període de retorn

El període de retorn d'un esdeveniment (PR) representa el període de temps en el qual l'esdeveniment es produirà almenys una vegada amb el 99% de probabilitat. El període de retorn i la probabilitat (p) tenen una relació inversa, i l'expressió és:

$$p = mx / (n+1)$$

- On:
- p = Probabilitat.
 - mx = Nombre de casos favorables que es produeixi un esdeveniment.
 - n = Número total de casos.

La probabilitat de que es produeixi un esdeveniment major o igual a x en un període de N anys serà:

$$p = N * mx / (n+1)$$

Podent calcular el període de recurrència de l'esdeveniment x (nombre d'anys en que p és 0,99 o, aproximadament 1).

$$1 = N * mx / (n+1)$$

On el període de retorn de x (PRx) és:

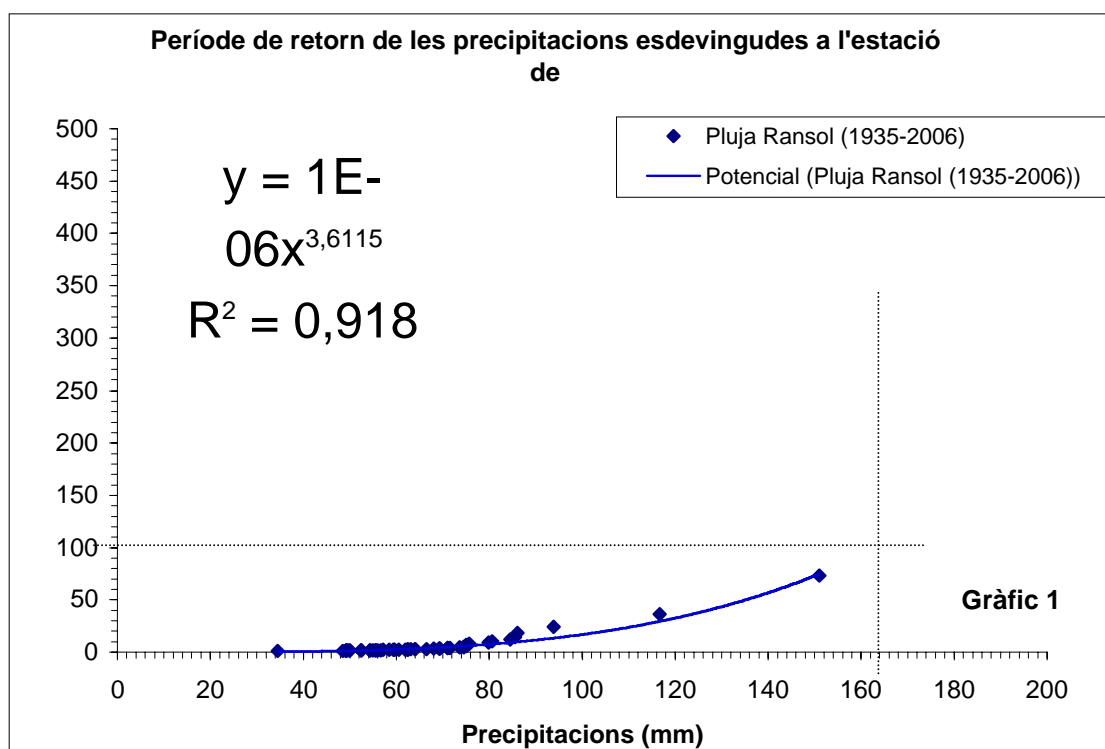
$$N = (n+1) / mx = PRx$$

La probabilitat de que es produeixi un esdeveniment en un període de temps donat (t) ve donat per l'expressió $p = t/PR$. Aquesta expressió té una importància pràctica ja que serveix per calcular la rendibilitat de qualsevol inversió a la zona de risc.

A1.2 Càlcul de la precipitació màxima diària

De cara a determinar la precipitació màxima per un període de retorn determinat, normalment 100 anys, es fa ús dels registres pluviomètrics de FEDA.

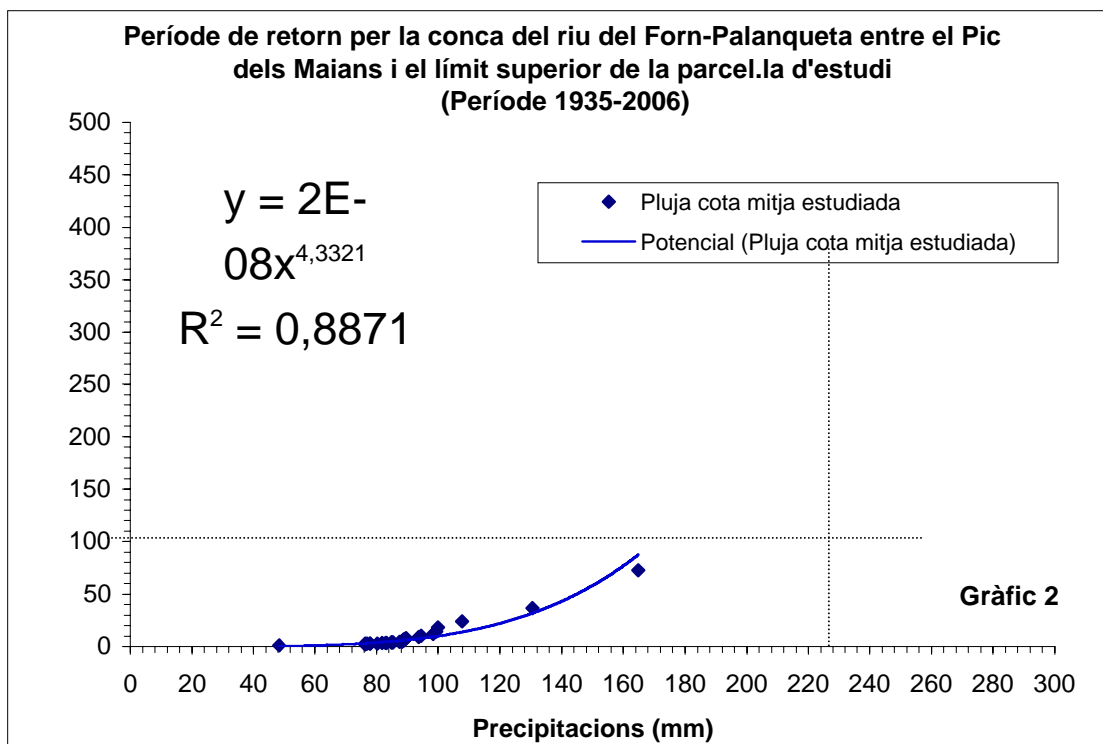
A aquest registre s'aplica el mètode de Gumbel esmentat amb anterioritat per al càlcul del període de retorn de la pluja màxima en el sector d'estudi. Tal i com queda reflectit en el **gràfic 1** i en la **taula 1** a mode d'exemple, s'obtenen unes precipitacions màximes per períodes de retorn de 100 anys.



Taula 1. 100 anys		
P màx. mínima	P màx. mitja	P màx. màxima
144,8 mm	164,1 mm	183,4 mm

Si les cotes d'alçada entre la zona a estudiar i l'emplaçament de l'estació meteorològica són diferents, s'ha d'aplicar un gradient altitudinal als registres de precipitacions màximes diàries anuals trobades per a la cota de l'estació, i així determinar el valor de pluja diària màxima en el sector estudiat.

Aquest gradient s'ha trobat a partir de relacionar els registres de precipitacions mitjanes mensuals de la sèrie 1935-2006, de l'estació de Ransol (cota 1640 m) i de l'estació Central FEDA (cota 1140 m). El valor obtingut és de **2,96 mm/100 metres**, que aplicat a la parcel·la d'estudi de l'exemple utilitzat permet veure el següent gràfic:



Segons es pot observar en aquest nou **gràfic 2**, i en la **taula 2**, les precipitacions màximes per períodes de retorn de 100 anys amb una variació de $\pm 19,3$ mm són lleugerament superiors un cop aplicat el gradient pluviomètric.

Taula 2. 100 anys		
P màx. mínima	P màx. mitja	P màx. màxima
156,6 mm	175,9 mm	195,2 mm

A1.3 Temps de concentració

Existeixen diverses fórmules empíriques per estimar el temps de concentració d'una conca petita, que, a la pràctica, s'utilitzen a Espanya també per conques mitjanes. Hom prendrà la formula de TÉMEZ (1982):

$$T_c = 0,3 (L / J^{1/4})^{0,76}$$

On: L = Longitud del curs principal en Km
J = Pendent mitjà del curs principal

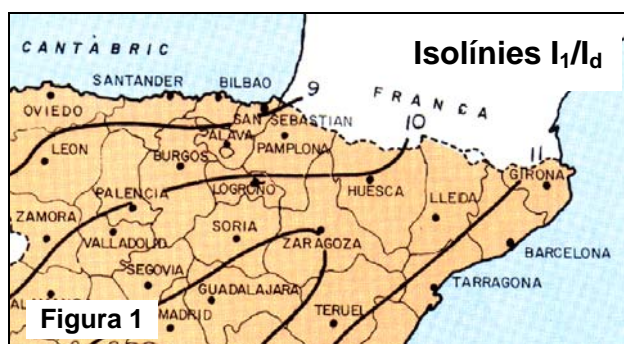
A1.4 Intensitat de pluja

La intensitat de pluja (I) s'ha calculat a partir de l'expressió

$$I_t / I_d = (I_1 / I_d)^{0,4} (28^{0,1} - t_c^{0,1}) / 0,4$$

- on
- I_t és la intensitat mitjana màxima de la pluja en t hores
 - I_d és la intensitat mitjana màxima diària (Pluja diària $-P_d$ - entre 24 hores)
 - P_d és la pluja màxima diària
 - I_1 és la intensitat màxima en 1 hora
 - t_c és el temps de concentració

La relació entre la intensitat màxima en una hora i la intensitat mitjana màxima diària (I_1 / I_d) es coneguda geogràficament (**Figura 1**, MONTALBÁN, 1994)



La relació I_1 / I_d és igual a **10,5** segons el present mapa en aquest sector del Pirineu.

Alhora de calcular la intensitat diària (I_d) s'aplicarà a la pluja diària (P_d), deduïda de les fons de dades meteorològiques, un factor K_a reductor.

$$K_a = 1 \text{ per } A \leq 1$$

$$K_a = 1 - \text{Log } A / 15; \text{ per a } 1 < A \leq 3000$$

- On:
- K_a = factor reductor de la pluja diària.
 - $\text{Log } A$ = Logaritme decimal de l'àrea A (Km^2)

Segons el **gràfic 3**, en base al temps de concentració i a la relació I_1/I_d s'obté un valor també aproximat de I/I_d , que ens permet comprovar la coherència del resultat amb els càlculs empírics duts a terme.

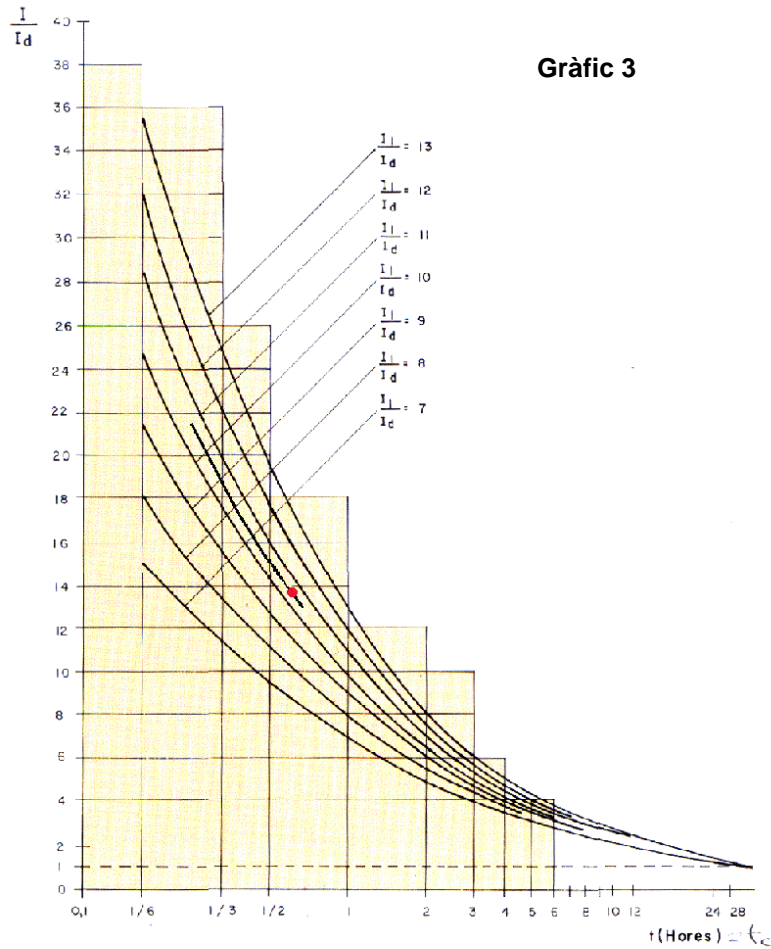


FIG. 12

Relació I/I_d d'acord amb la durada t del temporal segons el valor d' I_1/I_d que es dona a la figura 11

A1.5 Coeficient d'escolament superficial

El coeficient d'escolament superficial es defineix com la relació existent entre el cabal màxim i la pluja màxima sobre la conca. La realitat és que aquest coeficient pot variar molt a les conques petites per raó del tipus de sòl més o menys permeable, el pendent i els conreus. Segons TÈMEZ (1982), el coeficient d'escolament es calcula mitjançant la següent equació:

$$C = (P_d - P'_o) (P_d + 23 P'_o) / (P_d + 11 P'_o)^2$$

- On: P_d = Pluja diària considerada en mm i dia usada pels càlculs (pluja diària reduïda)
 P'_o = Valor propi de la conca anomenat "llindar d'escolament", que és la quantitat de pluja que cal perquè comenci a haver-hi escolament, en mm

El valor de P'_o es calcula multiplicant la P_o (obtinguda a partir de la **taula 3**) pel factor multiplicador (M) regional que dóna la següent **figura 2** de MONTALBÁN (1994).

$$P'_o = P_o * M$$



Si la conca és heterogènia pel que fa als conreus existents o al tipus de sòl, el coeficient P_o es treu com la mitja ponderada de les àrees parcials:

$$P_o = (\sum P_{oi} A_i) / \sum A_i$$

Estimació paràmetre P_o

Taula 3

Ús de la terra	Pendent %	Característiques Hidrològiques	Grup de sòl			
			A	B	C	D
Guaret	≥ 3	R N	15 17	8 11	6 8	4 6
	< 3	R / N	20	14	11	8
Conreus en fileta	≥ 3	R N	23 25	13 16	8 11	6 8
	< 3	R / N	28	19	14	11
Cereals d'hivern	≥ 3	R N	29 32	17 19	10 12	8 10
	< 3	R / N	34	21	14	12
Rotació de conreus pobres	≥ 3	R N	26 28	15 17	9 11	6 8
	< 3	R / N	30	19	13	10
Rotació de conreus densos	≥ 3	R N	37 42	20 23	12 14	9 11
	< 3	R / N	47	25	16	13
Praderies	≥ 3	Pobre	24	14	8	6
		Mitja	53	23	14	9
		Bona	--	33	18	13
	Molt bona	--	41	22	15	
< 3	Pobre	58	25	12	7	
Mitja	--	35	17	10		
Bona	--	--	22	14		
Molt bona	--	--	25	16		
Plantacions regulars d'aprofitament forestal	≥ 3	Pobre	62	26	15	10
		Mitja	--	34	19	14
		Bona	--	42	22	15
	< 3	Pobre	--	34	19	14
Mitja	--	42	22	15		
Bona	--	50	25	16		
Masses forestals (boscos, garriga, etc.)		Molt clara	40	17	8	5
		Clara	60	24	14	10
		Mitja	--	34	22	16
		Espessa	--	47	31	23
Molt espessa	--	65	43	33		
Roques permeables	≥ 3		3			
	< 3		5			
Roques impermeables	≥ 3		2			
	< 3		4			

S'han de valorar planimètricament les superfícies dels diferents tipus de cobertura del sòl de la conca del riu, donant-li un valor de P_0 en funció de la **taula 3**. S'ha de calcular la mitja ponderada dels valors de P_0 .

De la **figura 2** es dedueix que el valor de **M és de 2,25** per Andorra.

En base a l'equació següent es calcula el valor de **P'**. (llindar d'escolament).

$$P'_0 = P_0 * M$$

A.1.6 Cabal per diferents períodes de retorn

A partir del mètode racional que permet calcular el cabal corresponent a un període de retorn segons l'equació:

$$Q = C * I * A * K / 3,6$$

- On:
- Q = És el cabal buscat en m³/s.
 - A = És l'àrea de la conca vessant en Km².
 - I = És la màxima intensitat mitjana de la pluja en mm/h, durant un temps igual al temps de concentració (Tc) de la conca, amb el mateix període de retorn que el cabal buscat.
 - Tc = Temps de concentració, que és el temps que tarda a arribar al punt estudiat una gota d'aigua caiguda al punt més allunyat de la conca en hores.
 - C = Coeficient d'escolament, que determina la part de la pluja màxima i que arriba al punt estudiat, en el moment de màxim cabal.
 - K = Coeficient d'uniformitat que el CEDEX ha estimat experimentalment segons:

$$K = 1 + Tc^{1,25} / (Tc^{1,25} + 14)$$

Una vegada coneguda l'àrea, la intensitat, el coeficient d'escolament i el coeficient d'uniformitat, hom pot calcular el cabal que passarà pel torrent en el sector a estudiar per un període de retorn determinat.

A.1.7 Casos estudiats al Principat d'Andorra

A partir dels estudis dels que disposa IGEOTEST, s'ha realitzat una correlació entre els diferents cabals trobats per a un període de retorn de 100 anys, per a diferents rius i torrents en diferents punts del Principat d'Andorra calculats a partir del mètode racional, i una superfície de conca determinada, veure gràfica següent:

