



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS



ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA MINIMIZAR LOS DAÑOS PROVOCADOS EN LA ZONA URBANA POR EL DESBORDAMIENTO DEL BARRANCO DE LA ALBERCA, DÉNIA (ALICANTE)

Anexo nº 2: Estudio hidrológico

Trabajo final de grado

Titulación: Grado en Ingeniería de Obras Públicas
Curso: 2015/16

Autor: Marín Camacho, Álvaro
Tutor: Ferrer Polo, José
Cotutor: Aguado García, Daniel

Valencia, septiembre de 2016

Estudio de soluciones para minimizar los daños provocados en la zona urbana por el desbordamiento del barranco de La Alberca, Denia (Alicante).

Índice

1. Introducción

2. Información pluviométrica

3. Modelo agregado

4. Tormentas de diseño

Apéndice nº 1: Obtención del umbral de escorrentía

Apéndice nº 2: Tormentas de diseño

Estudio de soluciones para minimizar los daños provocados en la zona urbana por el desbordamiento del barranco de La Alberca, Denia (Alicante).

1. Introducción

La ocurrencia de lluvias extremas es un fenómeno extraordinario, conocido como avenida, el cual puede llegar a causar grandes daños materiales, así como pérdidas humanas. Las avenidas son los caudales extraordinarios que ocurren con un período de recurrencia interanual y que circulan por la llanura de inundación. Para poder actuar sobre este tipo de fenómenos se debe tener en cuenta la magnitud del fenómeno, la probabilidad de ocurrencia y evolución en el tiempo.

El presente estudio hidrológico se ha planteado desde el nacimiento del barranco de La Alberca, con sus dos afluentes, en las montañas próximas al Montgó hasta su desembocadura en el mar para conocer la magnitud de las crecidas en la zona de actuación a dos kilómetros de su salida al mar.

Debido a la falta de aforos directos en el río objeto de estudio, se recurrió al uso de la aplicación *MAXPLU*, elaborada por la Dirección de Carreteras del Ministerio de Fomento y publicada junto al documento "*Máximas lluvias diarias en la España Peninsular*". Con dicha aplicación se obtuvieron las precipitaciones máximas anuales asociadas a distintos períodos de retorno para 24 horas de duración, estos datos fueron tomados en la estación meteorológica del municipio de Pedreguer.

Una vez obtenidas las precipitaciones diarias máximas para distintos períodos de retorno se realizó el cálculo de los caudales picos, empleando para ello el Método Racional Modificado con las variaciones propuestas por el profesor Témez.

A partir de todo lo realizado se diseñaron distintas tormentas de diseño correspondiente a los diferentes períodos de retorno con el método de los bloques alternos, una vez obtenidos estos se realiza la transformación lluvia-escorrentía con la que se obtienen hidrogramas de avenida que permitirán determinar los caudales puntas.

2. Información pluviométrica

Para el estudio de la serie de precipitaciones se recurrió al uso de la aplicación *MAXPLU*, elaborada por la Dirección de Carreteras del Ministerio de Fomento y publicada junto al documento "*Máximas lluvias diarias en la España Peninsular*" con el fin de simplificar y agilizar la elaboración del estudio hidrológico de la zona.

La imagen muestra una captura de pantalla de la aplicación *MAXPLU*. En la parte superior, se ven los logos del Ministerio de Fomento y CEDEX, junto con el título "Máximas lluvias diarias en la España Peninsular". El fondo es un mapa topográfico con líneas de contorno. En el centro, hay una ventana de entrada de datos titulada "Sistema de Coordenadas".

Sistema de Coordenadas	
UTM (Huso 31)	
UTM X	242800 m
UTM Y	4297741 m
Periodo de Retorno (T)	25 años
P media	109 mm/día
Cv	0.5180
P t	228 mm/día

Debajo de la ventana, se muestra el resultado del cálculo: "Calculado con 242.800 4.297.741 H31 T25". En la parte inferior, hay cuatro botones: "Calcular", "Ayuda", "Poner a cero" y "Salir".

Figura A2.1: Captura de aplicación *MAXPLU*.

Se decidió utilizar un único punto de toma de datos situado en el municipio de Pedreguer por diversos motivos:

- La extensión de la cuenca es relativamente pequeña, de unos 50 Km² aproximadamente.
- Los datos escogidos abarcan la gran mayoría del territorio ocupado por la cuenca vertiente al barranco de estudio.
- La altitud de la toma de datos también es un condicionante, se deberá escoger una punto cuya altura se encuentre en el intervalo entre aguas arriba y aguas abajo, en este caso entre 0 y 430 metros, por lo que se decidió tomarla en Pedreguer a 85 metros de altura.

Los datos referentes a la situación geográfica del punto de toma de datos se muestran en la tabla siguiente:

Datos Pluviométricos			
Comunidad Autónoma	Comunidad Valenciana	Huso	31
Provincia	Alicante	UTM X	242800
Municipio	Pedreguer	UTM Y	4297741

Tabla A2.1: Situación geográfica toma de datos pluviométricos.

El hecho de haber utilizado la aplicación *MAXPLU* en vez de haber recurrido a las series de datos históricos de las estaciones pluviométricas hace que la exactitud de los datos sea menor, ya que no nos permite conocer los datos de precipitación por meses, así como no se encuentran en continua actualización.

Aunque no se tuvo acceso a la series histórica de precipitaciones de las estaciones de la zona, se puede predecir que el máximo pluviométrico se encontrará en otoño, entre los meses de Septiembre y Noviembre. Estas predicciones se realizan en base al conocimiento existente previo sobre el régimen de lluvias de la Comunidad Valenciana, el cual comparte con el resto de cuencas mediterráneas y que es debido a la mayor frecuencia de temporales de levante en estos meses.

La función de distribución empleada por la aplicación *MAXPLU* para el cálculo de precipitaciones máximas diarias anuales es la *SQRT-ET max*. Según el documento "*Máximas lluvias diarias en la España Peninsular*" elaborada por la Dirección de Carreteras del Ministerio de Fomento se escogió dicha función de distribución por los siguientes motivos:

- a. Es el único de los modelos analizados de la ley de distribución, que ha sido propuesto específicamente para la modelación estadística de máximas de lluvias diarias.*
- b. Está formulada con sólo dos parámetros lo que conlleva una completa definición de los cuantiles en función exclusivamente del coeficiente de variación con lo que se consigue una mayor facilidad de presentación de resultados.*
- c. Por la propia definición de la ley proporciona resultados más conservadores que la tradicional ley de Gumbel.*
- d. Conduce a valores más conservadores que los otros modelos de ley analizados para las 17 regiones con cuantiles menores, mostrando unos resultados similares en el resto de regiones.*

e. Demuestra una buena capacidad para reproducir las propiedades estadísticamente observados en los datos, lo que se comprobó mediante técnicas de simulación de Montecarlo.

La distribución SQRT-ET max (*Square Root Exponential Type for Maximum*), propuesta en Japón por Etoh, A. Murota y M. Nakamishi (1986), es uno de los escasos modelos de ley desarrollados específicamente para análisis máximas lluvias diarias y tiene la característica de conducir a resultados más conservadores que los obtenidos mediante la ley de Gumbel.

Esta función se utiliza para el análisis de distribuciones con valores extremos, como es el caso de las cuencas mediterráneas, por lo que fue la función de distribución escogida por el CEDEX como la más adecuada para numerosas regiones españolas. Fue la escogida para la realización del mapa de España que permite calcular fácilmente la precipitación máxima diaria para cualquier período de retorno.

La ley *SQRT-ET max* es una ley con dos parámetros, basada exclusivamente en datos locales, al igual que la de Gumbel. Su formulación es:

$$F(x) = e^{-K(1+\sqrt{\alpha x})e^{-\sqrt{\alpha x}}}$$

Donde:

x: valor de la variable aleatoria, la precipitación diaria máxima anual.

F(x): probabilidad de no excedencia del valor x en un año dado.

k, α : parámetros de escala y frecuencia, que dependen de la media y desviación típica.

El método empleado asume la premisa de que para cada una de las regiones que aparece dividida en el mapa que se muestra a continuación, la relación entre los valores máximos anuales y su media son idénticos en cada una de las regiones, según la siguiente expresión:

$$Y = \frac{X_t}{X}$$



Figura A2.2: División de la España Peninsular en 26 regiones geográficas con características meteorológicas comunes (CEDEX).

Por lo tanto para la estimación de los cuantiles X_t en el punto escogido para la toma de datos se deberá realizar el producto de la precipitación media por el factor de amplificación K_T , también denominado cuantil Y_t , según la siguiente expresión:

$$X_t = Y_t \cdot X$$

Para poder emplear la expresión anterior necesitaremos conocer la precipitación media X , así como el coeficiente de variación C_V , para ello contamos con la publicación "*Máximas lluvias diarias en la España Peninsular*" la cual publica distintos mapas de isolíneas en los que se muestran los dos parámetros citados. Con el uso de la aplicación *MAXPLU* estos datos se extraen directamente una vez se han introducido las coordenadas.

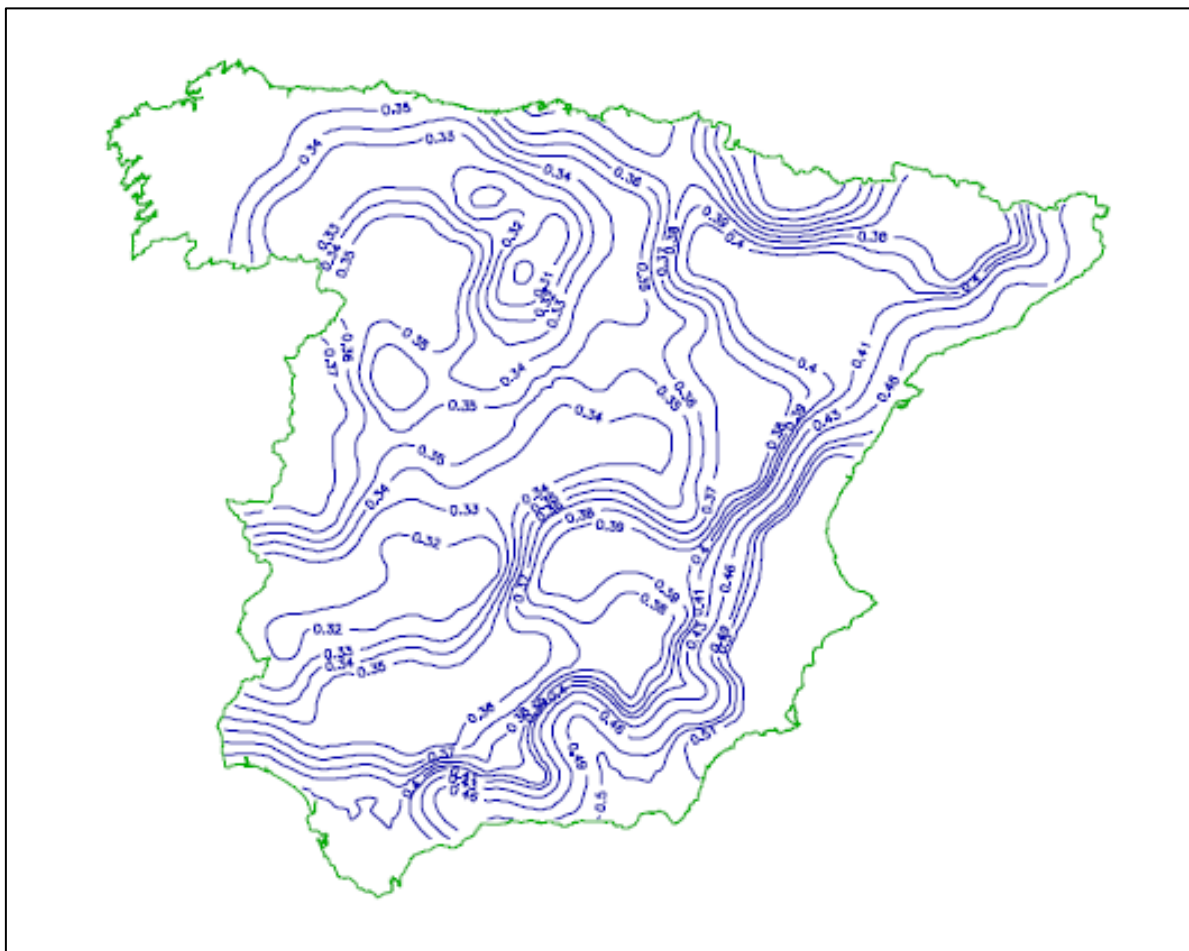


Figura A2.3: Isótopas del valor regional del coeficiente de variación C_v (CEDEX).

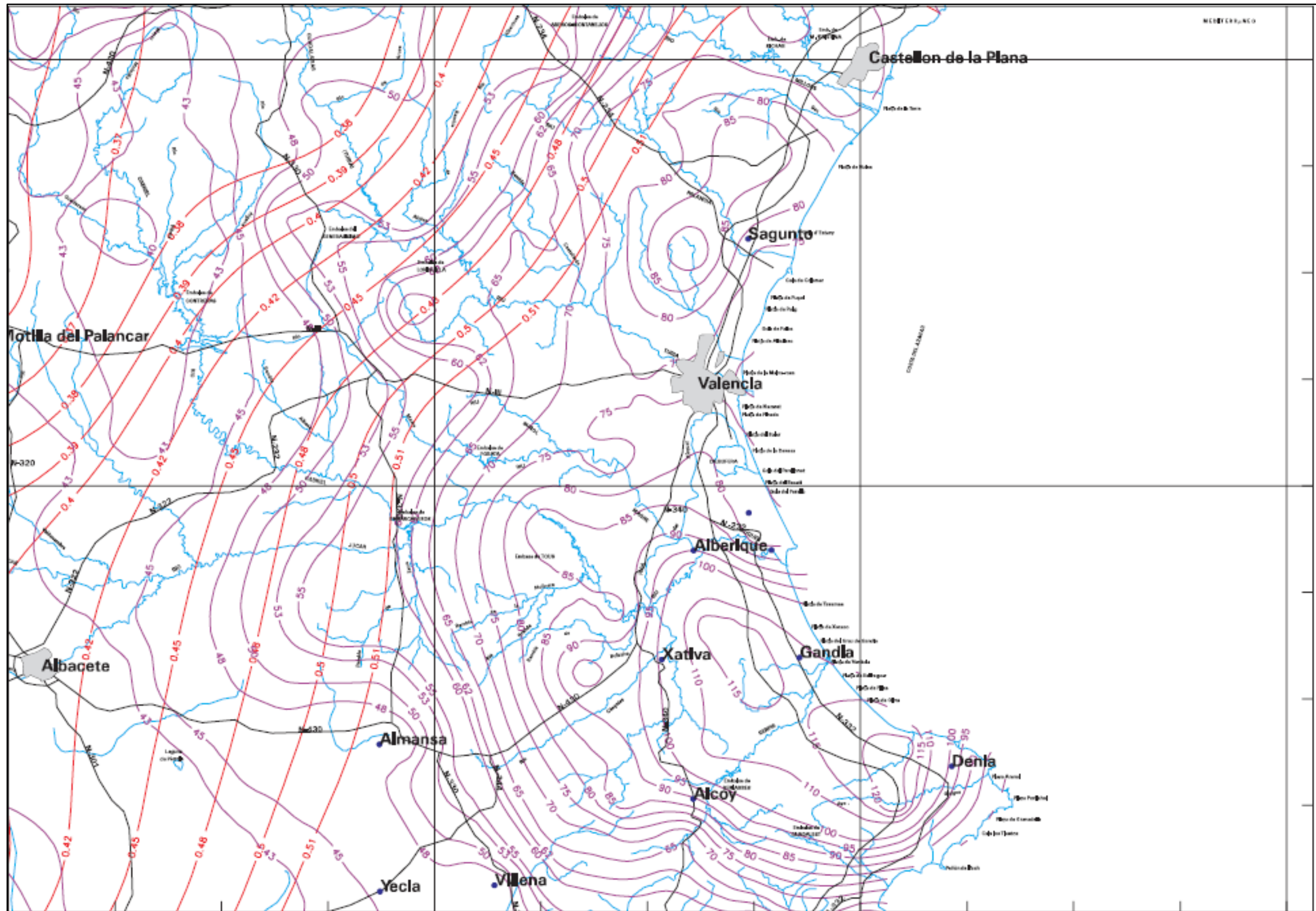


Figura A2.4: Isolíneas del valor regional de la precipitación máxima anual media X y del coeficiente de variación CV (CEDEX).

Una vez conocido el coeficiente de variación C_V obtenido a través de los mapas de isolíneas o de la aplicación *MAXPLU* se deberá emplear la tabla siguiente para conocer los cuantiles Y_t o factores de amplificación K_T y poder calcular los cuantiles X_t según la expresión definida anteriormente.

C_V	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS (T)							
	2	5	10	25	50	100	200	500
0.30	0.935	1.194	1.377	1.625	1.823	2.022	2.251	2.541
0.31	0.932	1.198	1.385	1.640	1.854	2.068	2.296	2.602
0.32	0.929	1.202	1.400	1.671	1.884	2.098	2.342	2.663
0.33	0.927	1.209	1.415	1.686	1.915	2.144	2.388	2.724
0.34	0.924	1.213	1.423	1.717	1.930	2.174	2.434	2.785
0.35	0.921	1.217	1.438	1.732	1.961	2.220	2.480	2.831
0.36	0.919	1.225	1.446	1.747	1.991	2.251	2.525	2.892
0.37	0.917	1.232	1.461	1.778	2.022	2.281	2.571	2.953
0.38	0.914	1.240	1.469	1.793	2.052	2.327	2.617	3.014
0.39	0.912	1.243	1.484	1.808	2.083	2.357	2.663	3.067
0.40	0.909	1.247	1.492	1.839	2.113	2.403	2.708	3.128
0.41	0.906	1.255	1.507	1.854	2.144	2.434	2.754	3.189
0.42	0.904	1.259	1.514	1.884	2.174	2.480	2.800	3.250
0.43	0.901	1.263	1.534	1.900	2.205	2.510	2.846	3.311
0.44	0.898	1.270	1.541	1.915	2.220	2.556	2.892	3.372
0.45	0.896	1.274	1.549	1.945	2.251	2.586	2.937	3.433
0.46	0.894	1.278	1.564	1.961	2.281	2.632	2.983	3.494
0.47	0.892	1.286	1.579	1.991	2.312	2.663	3.044	3.555
0.48	0.890	1.289	1.595	2.007	2.342	2.708	3.098	3.616
0.49	0.887	1.293	1.603	2.022	2.373	2.739	3.128	3.677
0.50	0.885	1.297	1.610	2.052	2.403	2.785	3.189	3.738
0.51	0.883	1.301	1.625	2.068	2.434	2.815	3.220	3.799
0.52	0.881	1.308	1.640	2.098	2.464	2.861	3.281	3.860

Tabla 7.1 - Cuantiles Y_t de la Ley SQRT-ET max, también denominados Factores de Amplificación K_T , en el "Mapa para el Cálculo de Máximas Precipitaciones Diarias en la España Peninsular" (1997).

Tabla A2.2: Cuantiles Y_t para distintos coeficientes de variación C_V y distintos periodos de retorno.

Tras conocer la precipitación diaria máxima anual media X , el coeficiente de variación C_v y los cuantiles Y_t , se podrá aplicar la expresión anterior para conocer los cuantiles de precipitación máxima anual asociada a distintos períodos de retorno. Los resultados obtenidos se recogen en la tabla que se muestra a continuación, los cuales se aplicarán para el cálculo de los caudales circulantes por el río.

Pedreguer				
T (años)	X (mm)	C_v	Y_t	X_t (mm)
25	109	0.518	2.092	228.03
50	109	0.518	2.458	267.92
100	109	0.518	2.8518	310.85
200	109	0.518	3.2688	356.30
500	109	0.518	3.8478	419.41

Tabla A2.3: Cuantiles de precipitación máxima anual asociados a distintos períodos de retorno.

3. Modelo agregado

El método utilizado para el cálculo de los caudales punta de avenida asociados a distintos períodos de retorno será el Método Racional Modificado indicado en la IC-5.2 *Drenaje Superficial*, incluyendo las modificaciones introducidas por Témez.

Fórmula general de cálculo

Las limitaciones planteadas por este método son dos, en primer lugar el tiempo de concentración de la cuenca debe encontrarse en el intervalo de 0,25 horas y 24 horas, mientras que el segundo condicionante es función de la extensión de la cuenca, debiendo estar entre 1 y 300 Km².

Por lo tanto teniendo en cuenta los condicionantes planteados por el Método Racional Modificado y las características de la cuenca de estudio, está justificado el empleo de este método ya que dichas características se encuadran dentro de las restricciones del método.

Siguiendo el método racional, el caudal máximo anual Q_T , correspondiente a un período de retorno T , se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Q_T = \frac{I(T, t_c) \cdot C \cdot A \cdot K_T}{3,6}$$

donde:

Q_T (m³/s): Caudal máximo anual correspondiente al período de retorno T , en el punto de desagüe de la cuenca.

$I(T, t_c)$ (mm/h): Intensidad de precipitación correspondiente al período de retorno considerado T , para una duración del aguacero igual al tiempo de concentración t_c , de la cuenca.

C (adimensional): Coeficiente medio de esorrentía de la cuenca o de la superficie considerada.

A (km²): Área de la cuenca o superficie considerada.

K_T (adimensional): Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación.

Parámetros de cálculo

En este apartado se desarrolla la obtención de los diversos factores que influyen en la fórmula general de cálculo de caudales de avenida por el Método Racional Modificado.

- Tiempo de concentración (t_C)

Tiempo de concentración t_C , es el tiempo mínimo necesario desde el comienzo del aguacero para que toda la superficie de la cuenca esté aportando escurrimiento en el punto de desagüe. Se obtiene calculando el tiempo de recorrido más largo desde cualquier punto de la cuenca hasta el punto de desagüe, mediante la siguiente formulación:

$$t_C = 0,3 \cdot \left(\frac{L_C}{J_C^{1/4}} \right)^{0.76}$$

donde:

t_C (horas): Tiempo de concentración.

L_C (km): Longitud del cauce.

J_C (adimensional): Pendiente media del cauce

- Coeficiente de reducción areal (K_A)

El factor reductor de la precipitación por área de la cuenca K_A , tiene en cuenta la no simultaneidad de la lluvia en toda la superficie. Se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

$$\text{Si } A < 1 \text{ km}^2$$

$$K_A = 1$$

$$\text{Si } A > 1 \text{ km}^2$$

$$K_A = 1 - \frac{\log_{10} A}{15}$$

donde:

K_A (adimensional) : Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca.

A (km^2): Área de la cuenca.

- Índice de torrencialidad (I_t/I_d)

Factor regional adimensional independiente del período de retorno que relaciona la intensidad máxima horario con la diaria, se obtiene a partir del mapa de isolíneas que aparece en la *IC-5.2 Drenaje Superficial*. En nuestra zona de estudio se tomará un valor igual a 11,5.

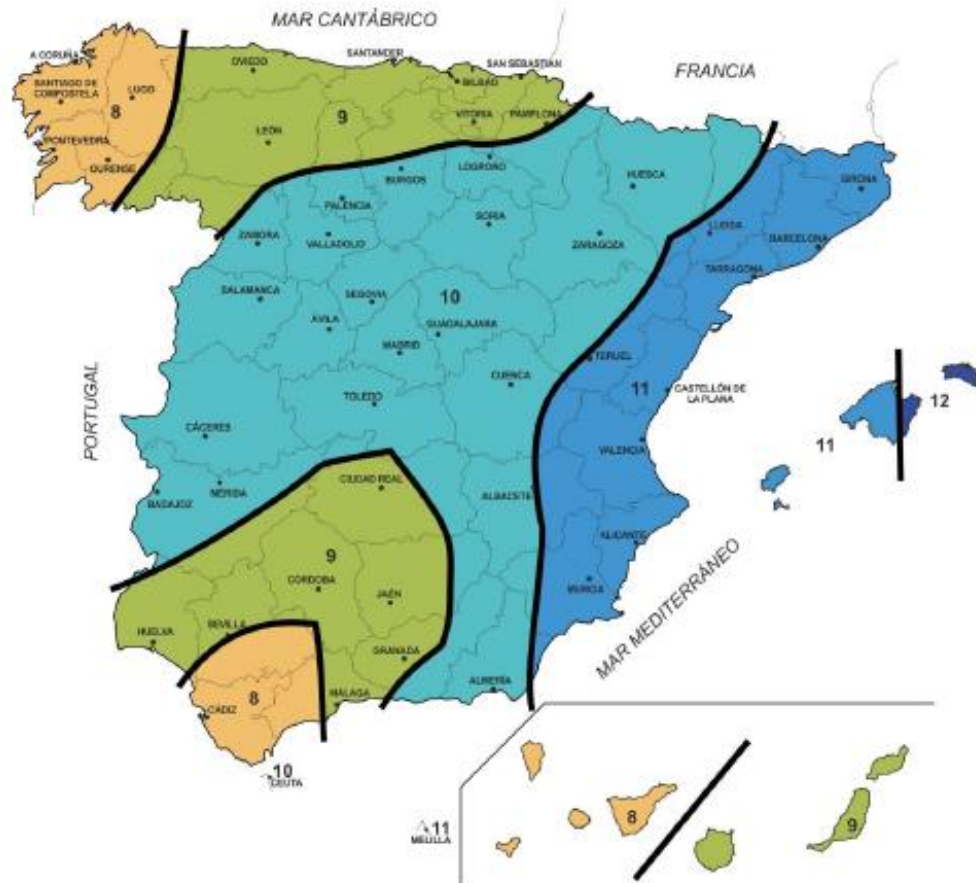


Figura A2.5: Mapa de isolíneas del índice de torrencialidad.

- Intensidad media (I_t)

Es la máxima intensidad media para un tiempo de concentración dado y un determinado período de retorno, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_1}{I_d} \right)^{\frac{28^{0,1} - t_c^{0,1}}{28^{0,1} - 1}}$$

donde:

I_d (mm/h): Intensidad media diaria de precipitación ($P_d/24$).

P_d : Precipitación total diaria.

I_1 (mm/h): Intensidad horaria de precipitación.

t (h): Duración del intervalo de precipitación, igual al tiempo de concentración de la cuenca.

Teniendo en cuenta que la relación entre la intensidad máxima horaria con la diaria es igual al índice de torrencialidad y conociendo la intensidad media diaria de precipitación, la expresión quedaría de la siguiente forma:

$$I_t = I_d \cdot \left(\frac{I_1}{I_d} \right)^{\frac{28^{0,1} - t_c^{0,1}}{28^{0,1} - 1}}$$

- Valor inicial del umbral de escorrentía (P_0')

El umbral de escorrentía es un parámetro del modelo de producción, el cual nos indica que parte de precipitación provocará escorrentía, dependerá del tipo y uso del suelo, la cubierta vegetal, la pendiente y las condiciones de humedad del terreno.

El valor inicial del umbral de escorrentía se calcula a través de las series de datos o mapas publicados . En este caso se obtuvo a través de los mapas obtenidos del SIOSE 2011 sobre los usos del suelo, atribuyéndole a cada uno un valor de umbral de escorrentía y ponderando los datos obtenidos.

La determinación de los grupos hidrológicos del suelo presentes en la cuenca se deben realizar a partir del siguiente mapa, obtenido de la *IC-5.2 Drenaje Superficial*:

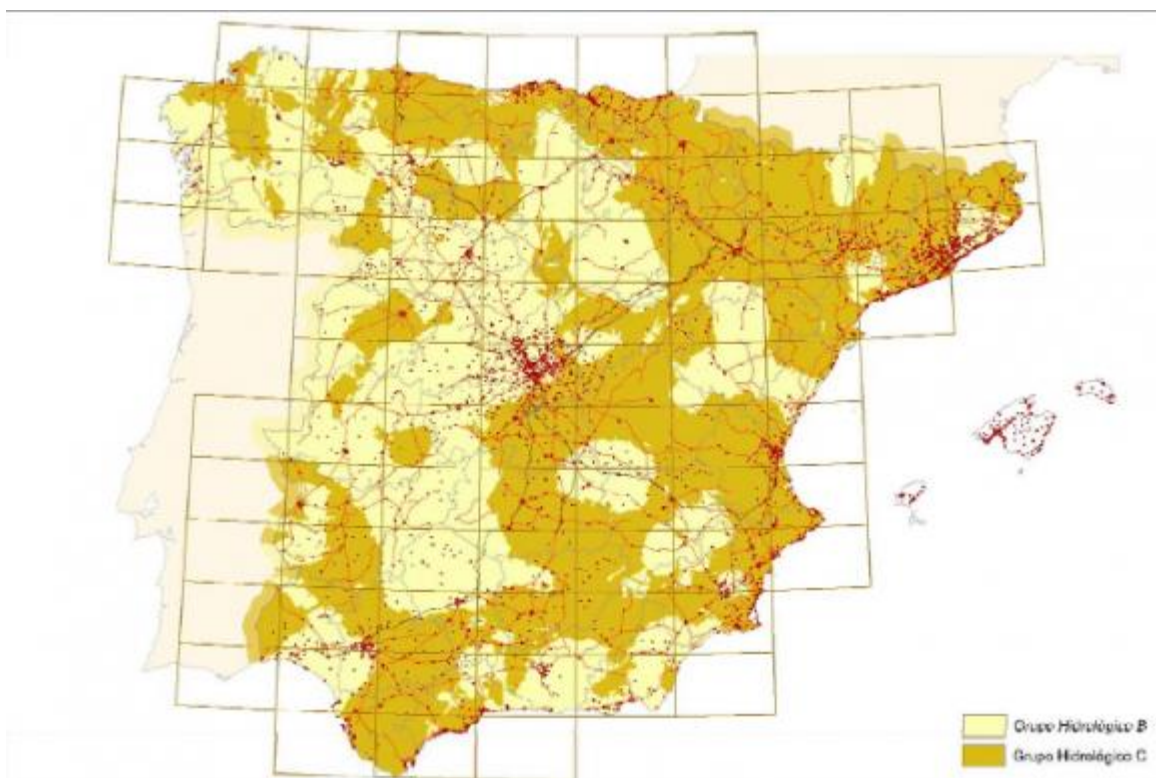


Figura A2.6: Grupos hidrológicos del suelo según IC-5.2 Drenaje Superficial.

Las características correspondiente a cada uno de los grupos hidrológicos que aparecen en el mapa vienen recogidas en la siguiente tabla, la cual también se encuentra incluida en la norma IC-5.2 Drenaje Superficial.

Grupo	Infiltración (cuando están muy húmedos)	Potencia	Textura	Drenaje
A	Rápida	Grande	Arenosa Areno-limosa	Perfecto
B	Moderada	Media a grande	Franco-arenosa Franco-arcillosa-arenosa Franco-limosa	Bueno a moderado
C	Lenta	Media a pequeña	Franco-arcillosa Franco-arcillo-limosa Arcillo-arenosa	Imperfecto
D	Muy lenta	Pequeño (litosuelo) u horizontes de arcilla	Arcillosa	Pobre o muy pobre

Nota: Los terrenos con nivel freático alto se incluirán en el Grupo D.

Tabla A2.4: Características de los grupos hidrológicos del suelo.

-Coeficiente corrector del umbral de escorrentía (β).

El umbral de escorrentía obtenido debe corregirse mediante un factor que tiene en cuenta la humedad del conjunto suelo-vegetación. Este valor se ha obtenido mediante el uso de los mapas y tablas incluidos en la *IC-5.2 Drenaje Superficial*.



Figura A2.7: Regiones consideradas para la caracterización del coeficiente corrector del umbral de escorrentía.

A cada una de las regiones que aparecen en el mapa le corresponde un valor del coeficiente corrector del umbral de escorrentía, este aparece reflejado en la tabla siguiente:

Región	Valor medio, β_m	Desviación respecto al valor medio para el intervalo de confianza del			Período de retorno T (años), F_T				
		50% Δ_{50}	67% Δ_{67}	90% Δ_{90}	2	5	25	100	500
11	0,90	0,20	0,30	0,50	0,80	0,90	1,13	1,34	1,59
12	0,95	0,20	0,25	0,45	0,75	0,90	1,14	1,33	1,56
13	0,60	0,15	0,25	0,40	0,74	0,90	1,15	1,34	1,55
21	1,20	0,20	0,35	0,55	0,74	0,88	1,18	1,47	1,90
22	1,50	0,15	0,20	0,35	0,74	0,90	1,12	1,27	1,37
23	0,70	0,20	0,35	0,55	0,77	0,89	1,15	1,44	1,82

Estudio de soluciones para minimizar los daños provocados en la zona urbana por el desbordamiento del barranco de La Alberca, Denia (Alicante).

Región	Valor medio, β_m	Desviación respecto al valor medio para el intervalo de confianza del			Período de retorno T (años), F_T				
		50% Δ_{50}	67% Δ_{67}	90% Δ_{90}	2	5	25	100	500
24	1,10	0,15	0,20	0,35	0,76	0,90	1,14	1,36	1,63
25	0,60	0,15	0,20	0,35	0,82	0,92	1,12	1,29	1,48
31	0,90	0,20	0,30	0,50	0,87	0,93	1,10	1,26	1,45
32	1,00	0,20	0,30	0,50	0,82	0,91	1,12	1,31	1,54
33	2,15	0,25	0,40	0,65	0,70	0,88	1,15	1,38	1,62
41	1,20	0,20	0,25	0,45	0,91	0,96	1,00	1,00	1,00
42	2,25	0,20	0,35	0,55	0,67	0,86	1,18	1,46	1,78
511	2,15	0,10	0,15	0,20	0,81	0,91	1,12	1,30	1,50
512	0,70	0,20	0,30	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
52	0,95	0,20	0,25	0,45	0,89	0,94	1,09	1,22	1,36
53	2,10	0,25	0,35	0,60	0,68	0,87	1,16	1,38	1,56
61	2,00	0,25	0,35	0,60	0,77	0,91	1,10	1,18	1,17
71	1,20	0,15	0,20	0,35	0,82	0,94	1,00	1,00	1,00
72	2,10	0,30	0,45	0,70	0,67	0,86	1,00	-	-
81	1,30	0,25	0,35	0,60	0,76	0,90	1,14	1,34	1,58
821	1,30	0,35	0,50	0,85	0,82	0,91	1,07	-	-
822	2,40	0,25	0,35	0,60	0,70	0,86	1,16	-	-
83	2,30	0,15	0,25	0,40	0,63	0,85	1,21	1,51	1,85
91	0,85	0,15	0,25	0,40	0,72	0,88	1,19	1,52	1,95
92	1,45	0,30	0,40	0,70	0,82	0,94	1,00	1,00	1,00
93	1,70	0,20	0,25	0,45	0,77	0,92	1,00	1,00	1,00
941	1,80	0,15	0,20	0,35	0,68	0,87	1,17	1,39	1,64
942	1,20	0,15	0,25	0,40	0,77	0,91	1,11	1,24	1,32
951	1,70	0,30	0,40	0,70	0,72	0,88	1,17	1,43	1,78
952	0,85	0,15	0,25	0,40	0,77	0,90	1,13	1,32	1,54
101	1,75	0,30	0,40	0,70	0,76	0,90	1,12	1,27	1,39
1021	1,45	0,15	0,25	0,40	0,79	0,93	1,00	1,00	1,00
1022	2,05	0,15	0,25	0,40	0,79	0,93	1,00	1,00	1,00

Tabla A2.5: Coeficientes correctores del umbral de escorrentía correspondientes a las calibraciones regionales.

- Coeficiente de escorrentía (C).

El coeficiente de escorrentía C, define la parte de la precipitación de intensidad I (t_c , T) que genera el caudal de avenida en el punto de desagüe de la cuenca. En caso de que P_d/P_0 fuera inferior a la unidad el coeficiente de escorrentía podría considerarse nulo, en caso de no ser así se calcularía mediante la siguiente fórmula.

$$C = \frac{\left[\left(\frac{P_d}{P_0}\right) - 1\right] \cdot \left[\left(\frac{P_d}{P_0}\right) + 23\right]}{\left[\left(\frac{P_d}{P_0}\right) + 11\right]}$$

donde:

P_d (mm): Volumen de precipitación diaria corregida (afectada por el coeficiente K_A de reducción areal) para un período de retorno determinado.

P_0 (mm): Umbral de escorrentía corregido (afectado por el factor corrector que tiene en cuenta la condición inicial de humedad).

- Coeficiente de uniformidad temporal (K).

El coeficiente K_t tiene en cuenta la falta de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación. Se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$K_t = 1 + \frac{t_c^{1,25}}{t_c^{1,25} + 14}$$

donde:

K_t (adimensional): Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación.

t_c (horas): Tiempo de concentración de la cuenca.

Características de la cuenca

En la siguiente tabla se resumen las características morfométricas que definen la cuenca de estudio.

Área (km ²)	L _C (km)	Δ COTA (m)	J _C (%)	t _c (h)
49.513	14.487	430	0.0297	4.46

Tabla A2.6: Características morfométricas de la cuenca.



Figura A2.8: Delimitación de la cuenca vertiente al barranco de La Alberca.

Aplicación a la cuenca de estudio

En este apartado se expondrá la obtención de los factores descritos anteriormente, los cuales influyen en el cálculo del caudal de avenida para distintos períodos de retorno.

- Coeficiente de reducción areal (K_A).

$$K_A = 1 - \frac{\log_{10} A}{15} = 1 - \frac{\log_{10}(49.513)}{15} = 0.8865$$

- Tiempo de concentración (t_C).

$$t_C = 0,3 \cdot \left(\frac{L_C}{J_C^{1/4}} \right)^{0.76} = 0,3 \cdot \left(\frac{14,487}{0,0297^{1/4}} \right)^{0.76} = 4,46 \text{ horas}$$

- Intensidad media asociada a los distintos períodos de retorno (I_t).

$$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_1}{I_d} \right)^{\frac{28^{0,1} - t_C^{0,1}}{28^{0,1} - 1}}$$

	T=25	T=50	T=100	T=200	T=500
I_t (mm/h)	35.751	42.180	48.923	55.822	65.858

Tabla A2.7: Intensidades media asociadas a distintos períodos de retorno.

- Valor inicial del umbral de escorrentía (P_0).

El valor inicial del umbral de escorrentía se calcula teniendo en cuenta el tipo y usos del suelo, la cubierta vegetal, la pendiente y las condiciones de humedad del terreno, este último es el factor corrector del umbral de escorrentía.

El valor inicial del umbral de escorrentía para nuestra cuenca de estudio es de 18,1, en los posteriores apéndices se realizará una exposición más detallada del cálculo de dicho valor.

- Coeficiente corrector del umbral de escorrentía (β).

El coeficiente corrector del umbral de escorrentía se obtiene a partir del mapa mostrado en la figura A2.7, en este caso la región en la que se encuadra la cuenca de estudio es la de código 822 a la cual corresponde un valor del coeficiente corrector del umbral de escorrentía β de 2,4.

- Coeficiente de escorrentía (C).

$$C = \frac{\left[\left(\frac{P_d}{P_0}\right) - 1\right] \cdot \left[\left(\frac{P_d}{P_0}\right) + 23\right]}{\left[\left(\frac{P_d}{P_0}\right) + 11\right]}$$

	T=25	T=50	T=100	T=200	T=500
C	0.412	0.470	0.522	0.568	0.623

Tabla A2.8: Valores del coeficiente de escorrentía para distintos períodos de retorno.

- Caudales de avenida (Q).

$$Q_T = \frac{I(T, t_c) \cdot C \cdot A \cdot K_T}{3,6}$$

	T=25	T=50	T=100	T=200	T=500
Q (m³/s)	270.983	364.870	470.207	583.611	756.119

Tabla A2.9: Caudales pico de avenida asociados a distintos períodos de retorno.

El valor obtenido para el caudal correspondiente al período de retorno de 500 años es ligeramente superior al que aparece como recomendación en el programa de actuaciones del PATRICOVA. Esto se puede deber a que los valores obtenidos a partir de la aplicación *MAXPLU* no se encuentran actualizados hasta los últimos años, en los cuales las precipitaciones se han reducido considerablemente, mientras que la última actualización del PATRICOVA se realizó en 2015.

4. Tormentas de diseño

Tras la obtención de los caudales de avenida a partir de la precipitación diaria máxima anual se deberá realizar una tormenta de diseño, la cual muestre la evolución de una precipitación a lo largo de un episodio de tormenta, uno de los métodos más habituales es el de los bloques alternos, el cual se va a utilizar en este caso.

El método de los bloques alternos consiste en el desarrollo de un hietograma de diseño a partir de una curva IDF, asumiendo para cualquier intervalo de tiempo la intensidad más desfavorable.

El método se estructura de la siguiente forma, en primer lugar se deberán fijar n intervalos de tiempo de duración Δt , a partir de estos se obtienen las intensidades de precipitación correspondiente a cada una de las duraciones. La intensidad correspondiente a cada uno de los bloques que definen la tormenta se obtienen mediante la expresión siguiente:

$$b_K = k \cdot i(k \cdot \Delta t) - \sum_{j=1}^{k-1} b_j$$

Una vez obtenidos los resultados se deberá reordenar la secuencia temporal de manera que la intensidad máxima se sitúe en el centro de la tormenta y el resto de bloques queden en orden decreciente, situándose alternativamente de derecha a izquierda del bloque central.

En este caso la duración de la tormenta de diseño ha sido de 6 horas, dicha elección viene justificada por el hecho de que este valor debe ser superior al tiempo de concentración y, a su vez, múltiplo de 6.

La discretización temporal escogida ha sido de 15 minutos, esta elección también viene justificada por el hecho de que debe ser un valor inferior a $0,2 \cdot t_C$ minutos y, a su vez, también inferior a 30 minutos.

Todas las tormentas de diseño calculadas para los distintos períodos de retorno se adjuntan en el apéndice posterior.



Estudio de soluciones para minimizar los daños provocados en la zona urbana por el desbordamiento del barranco de La Alberca, Dénia (Alicante).

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS



ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA MINIMIZAR LOS DAÑOS PROVOCADOS EN LA ZONA URBANA POR EL DESBORDAMIENTO DEL BARRANCO DE LA ALBERCA, DÉNIA (ALICANTE)

Apéndices Anexo nº 2

Trabajo final de grado

Titulación: Grado en Ingeniería de Obras Públicas
Curso: 2015/16

Autor: Marín Camacho, Álvaro
Tutor: Ferrer Polo, José
Cotutor: Aguado García, Daniel

Valencia, septiembre de 2016

Estudio de soluciones para minimizar los daños provocados en la zona urbana por el desbordamiento del barranco de La Alberca, Denia (Alicante).



Estudio de soluciones para minimizar los daños provocados en la zona urbana por el desbordamiento del barranco de La Alberca, Dénia (Alicante).

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS



ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA MINIMIZAR LOS DAÑOS PROVOCADOS EN LA ZONA URBANA POR EL DESBORDAMIENTO DEL BARRANCO DE LA ALBERCA, DÉNIA (ALICANTE)

Apéndice nº 1: Obtención del umbral de escorrentía

Trabajo final de grado

Titulación: Grado en Ingeniería de Obras Públicas
Curso: 2015/16

Autor: Marín Camacho, Álvaro
Tutor: Ferrer Polo, José
Cotutor: Aguado García, Daniel

Valencia, septiembre de 2016

- Grupos hidrológicos del suelo.

Grupo	Infiltración (cuando están muy húmedos)	Potencia	Textura	Drenaje
A	Rápida	Grande	Arenosa Areno-limosa	Perfecto
B	Moderada	Media a grande	Franco-arenosa Franco-arcillosa-arenosa Franco-limosa	Bueno a moderado
C	Lenta	Media a pequeña	Franco-arcillosa Franco-arcillo-limosa Arcillo-arenosa	Imperfecto
D	Muy lenta	Pequeño (litosuelo) u horizontes de arcilla	Arcillosa	Pobre o muy pobre

Nota: Los terrenos con nivel freático alto se incluirán en el Grupo D.

Tabla A2.10: Características de los grupos hidrológicos del suelo.

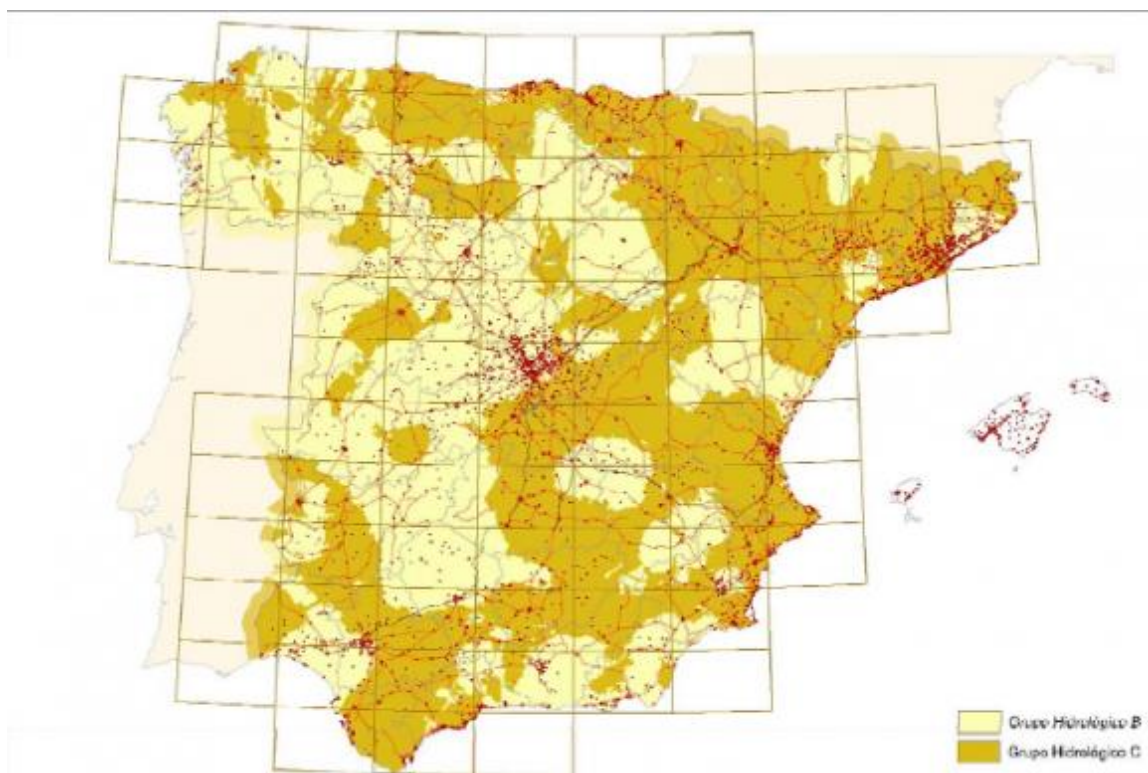


Figura A2.9: Grupos hidrológicos del suelo según IC-5.2 Drenaje Superficial.

- Usos del suelo.

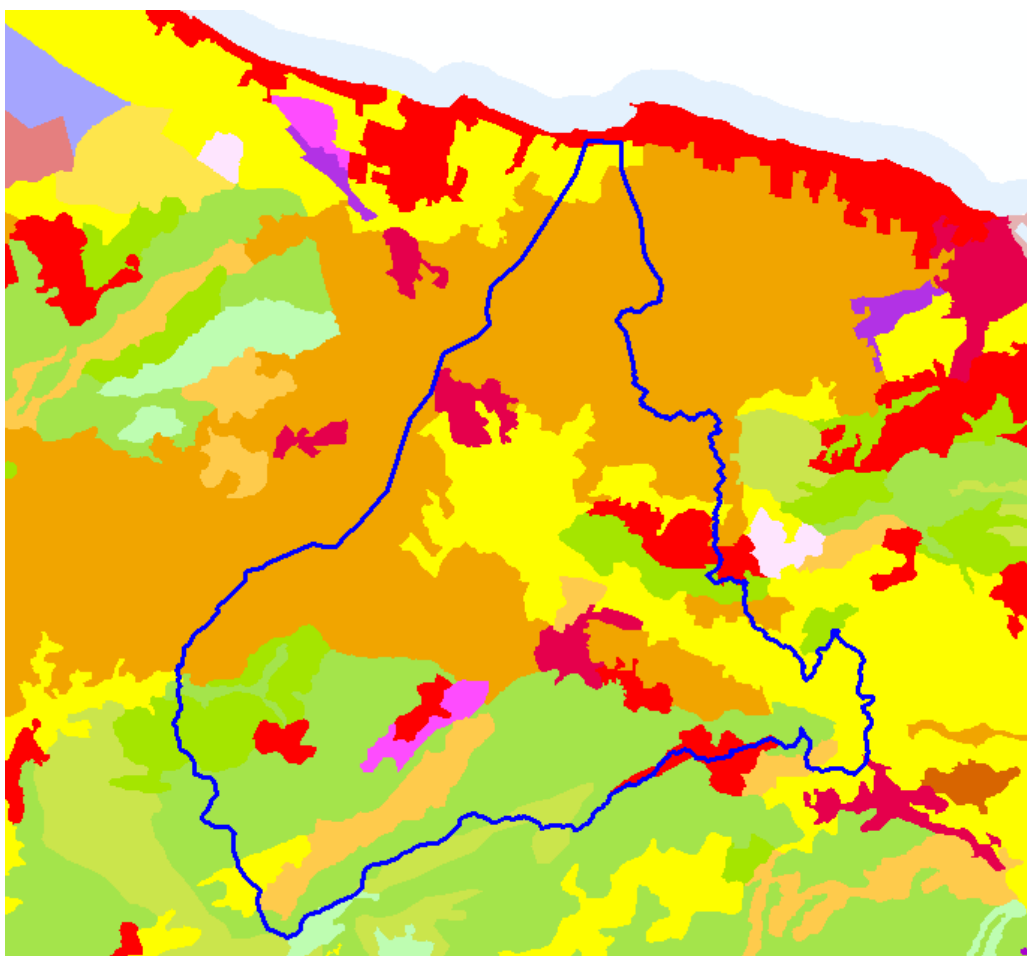


Figura A2.10: Usos del suelo según SIOSE 2011.

■ Tejido urbano continuo (E>1:1M)	■ Bosques de frondosas (E>1:1M)
■ Tejido urbano discontinuo (E>1:1M)	■ Bosques de coníferas (E>1:1M)
■ Zonas industriales o comerciales (E>1:1M)	■ Bosques mixtos (E>1:1M)
■ Redes viarias, ferroviarias y terrenos asociados (E>1:1M)	■ Pastizales naturales (E>1:1M)
■ Zonas portuarias (E>1:1M)	■ Landas y matorrales mesófilos (E>1:1M)
■ Aeropuertos (E>1:1M)	■ Matorrales esclerófilos (E>1:1M)
■ Zonas de extracción minera (E>1:1M)	■ Matorral boscoso de transición (E>1:1M)
■ Escombreras y vertederos (E>1:1M)	■ Playas, dunas y arenales (E>1:1M)
■ Zonas en construcción (E>1:1M)	■ Roquedo (E>1:1M)
■ Zonas verdes urbanas (E>1:1M)	■ Espacios con vegetación escasa (E>1:1M)
■ Instalaciones deportivas y recreativas (E>1:1M)	■ Zonas quemadas (E>1:1M)
■ Tierras de labor en secano (E>1:1M)	■ Glaciares y nieves permanentes (E>1:1M)
■ Terrenos regados permanentemente (E>1:1M)	■ Humedales y zonas pantanosas (E>1:1M)
■ Arrozales (E>1:1M)	■ Turberas y prados turbosos (E>1:1M)
■ Viñedos (E>1:1M)	■ Marismas (E>1:1M)
■ Frutales (E>1:1M)	■ Salinas (E>1:1M)
■ Olivares (E>1:1M)	■ Zonas llanas intermareales (E>1:1M)
■ Prados y praderas (E>1:1M)	■ Cursos de agua (E>1:1M)
■ Cultivos anuales y permanentes asociados (E>1:1M)	■ Láminas de agua (E>1:1M)
■ Mosaico de cultivos (E>1:1M)	■ Lagunas costeras (E>1:1M)
■ Terrenos agrícolas con vegetación natural (E>1:1M)	■ Estuarios (E>1:1M)
■ Sistemas agroforestales (dehesa) (E>1:1M)	■ Mares y océanos (E>1:1M)

Figura A2.11: Leyenda usos del suelo según SIOSE 2011.

- Pendientes del terreno.

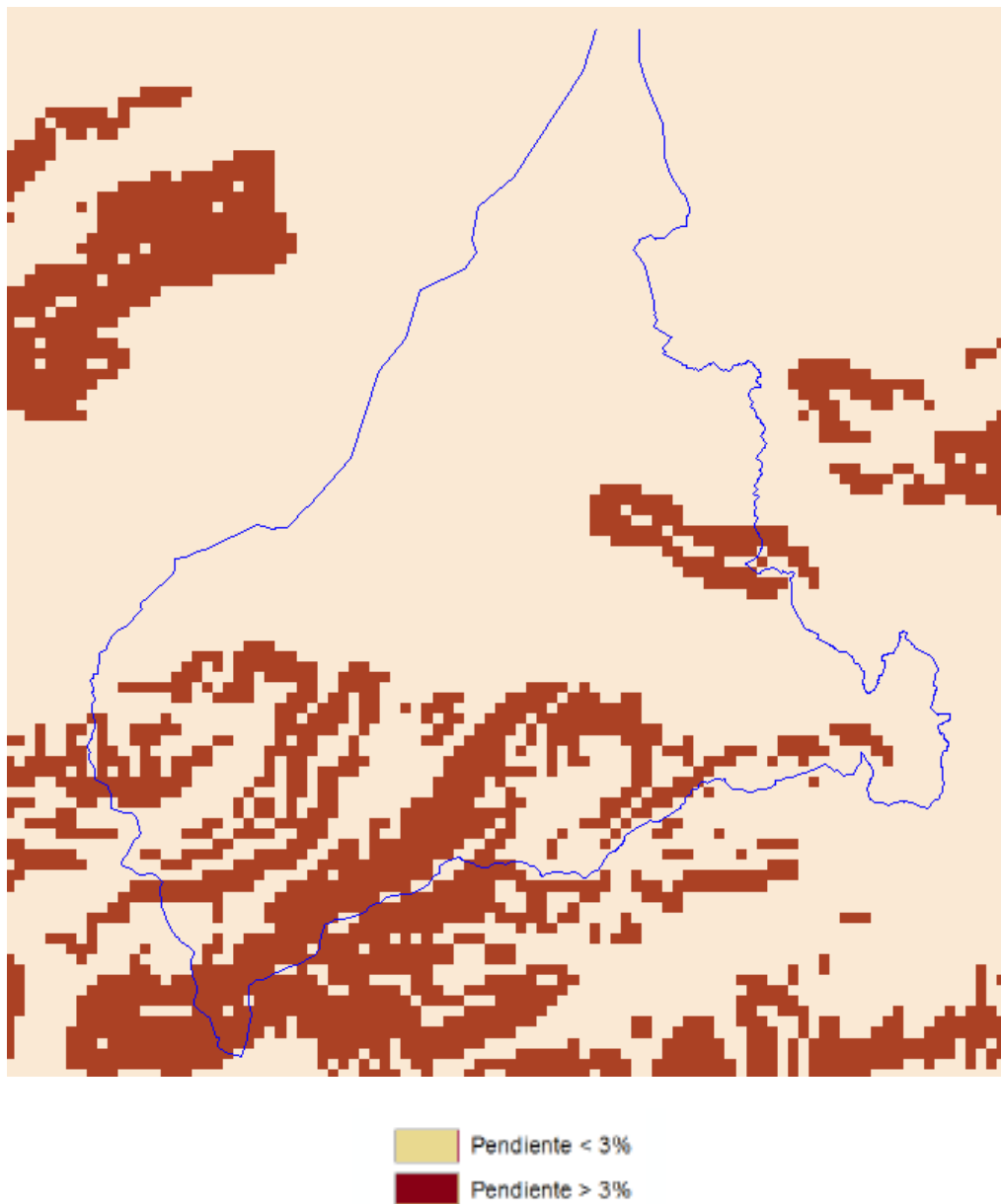


Figura A2.12: Mapa de pendientes del terreno.

Estudio de soluciones para minimizar los daños provocados en la zona urbana por el desbordamiento del barranco de La Alberca, Denia (Alicante).

Una vez conocidos los usos del suelo a través de los mapas del SIOSE 2011, así como las pendiente existentes en el área de la cuenca, será necesario acudir a la norma *IC-5.2 Drenaje Superficial*, en esta aparecen diversas tablas en las que indica el valor inicial del umbral de escorrentía para cada tipo de uso del suelo. A través de dichas tablas se realizó el cálculo del umbral de escorrentía de la cuenca, atendiendo a los mapas obtenidos anteriormente, dando como resultado un umbral de escorrentía de 18,14.

USO DE SUELO	AREA (m ²)	%	P ₀
Tejido urbano continuo	1.50497472	2.99	1
Tejido urbano discontinuo	2.52638819	5.02	8
Mosaico de cultivos <3%	8.52365678	16.92	22
Mosaico de cultivos >3%	0.40223722	0.80	18
Frutales <3%	18.3223868	36.38	22
Matorral boscoso de transición	3.22755431	6.41	22
Terreno ppalmente agrícola con vegetación <3%	1.52971557	3.04	17
Terreno ppalmente agrícola con vegetación >3%	1.94558142	3.86	14
Vegetación esclerófila	11.39700241	22.63	14
Pastizales naturales >3%	0.3728906	0.74	14
Zonas en construcción	0.61432477	1.22	8
Umbral de escorrentía TOTAL P ₀			18.14

Tabla A2.11: Cálculo del umbral de escorrentía total de la cuenca.

Código	Uso de suelo	Práctica de cultivo	Pendiente (%)	Grupo de suelo			
				A	B	C	D
11100	Tejido urbano continuo			1	1	1	1
11200	Tejido urbano discontinuo			24	14	8	6
11200	Urbanizaciones			24	14	8	6
11210	Estructura urbana abierta			24	14	8	6
11220	Urbanizaciones exentas y/o ajardinadas			24	14	8	6
12100	Zonas industriales y comerciales			6	4	3	3
12100	Granjas agrícolas			24	14	8	6
12110	Zonas industriales			12	7	5	4
12120	Grandes superficies de equipamiento y servicios			6	4	3	3
12200	Redes viarias, ferroviarias y terrenos asociados			1	1	1	1
12210	Autopistas, autovías y terrenos asociados			1	1	1	1
12220	Complejos ferroviarios			12	7	5	4

Estudio de soluciones para minimizar los daños provocados en la zona urbana por el desbordamiento del barranco de La Alberca, Denia (Alicante).

Código	Uso de suelo	Práctica de cultivo	Pendiente (%)	Grupo de suelo			
				A	B	C	D
12300	Zonas portuarias			1	1	1	1
12400	Aeropuertos			24	14	8	6
13100	Zonas de extracción minera			16	9	6	5
13200	Escombreras y vertederos			20	11	8	6
13300	Zonas de construcción			24	14	8	6
14100	Zonas verdes urbanas			53	23	14	10
14200	Instalaciones deportivas y recreativas			79	32	18	13
14210	Campos de golf			79	32	18	13
14220	Resto de instalaciones deportivas y recreativas			53	23	14	10
21100	Tierras de labor en secano (cereales)	R	≥ 3	29	17	10	8
21100	Tierras de labor en secano (cereales)	N	≥ 3	32	19	12	10
21100	Tierras de labor en secano (cereales)	R/N	< 3	34	21	14	12
21100	Tierras de labor en secano (viveros)			0	0	0	0
21100	Tierras de labor en secano (hortalizas)	R	≥ 3	23	13	8	6
21100	Tierras de labor en secano (hortalizas)	N	≥ 3	25	16	11	8
21100	Tierras de labor en secano (hortalizas)	R/N	< 3	29	19	14	11
21100	Tierras abandonadas		≥ 3	16	10	7	5
21100	Tierras abandonadas		< 3	20	14	11	8
21200	Terrenos regados permanentemente	R	≥ 3	37	20	12	9
21200	Terrenos regados permanentemente	N	≥ 3	42	23	14	11
21200	Terrenos regados permanentemente	R/N	< 3	47	25	16	13
21210	Cultivos herbáceos en regadío	R	≥ 3	37	20	12	9
21210	Cultivos herbáceos en regadío	N	≥ 3	42	23	14	11
21210	Cultivos herbáceos en regadío	R/N	< 3	47	25	16	13
21220	Otras zonas de irrigación			0	0	0	0
21300	Arrozales			47	25	16	13
22100	Viñedos		≥ 3	62	28	15	10
22100	Viñedos		< 3	75	34	19	14
22110	Viñedos en secano		≥ 3	62	28	15	10
22110	Viñedos en secano		< 3	75	34	19	14
22120	Viñedos en regadío		≥ 3	62	28	15	10
22120	Viñedos en regadío		< 3	75	34	19	14
22200	Frutales y plantaciones de bayas		≥ 3	80	34	19	14
22200	Frutales y plantaciones de bayas		< 3	95	42	22	15
22210	Frutales en secano		≥ 3	62	28	15	10
22210	Frutales en secano		< 3	75	34	19	14
22220	Frutales en regadío		≥ 3	80	34	19	14
22220	Frutales en regadío		< 3	95	42	22	15
22221	Cítricos		≥ 3	80	34	19	14
22221	Cítricos		< 3	95	42	22	15

Estudio de soluciones para minimizar los daños provocados en la zona urbana por el desbordamiento del barranco de La Alberca, Denia (Alicante).

Código	Uso de suelo	Práctica de cultivo	Pendiente (%)	Grupo de suelo			
				A	B	C	D
22222	Frutales tropicales		≥ 3	80	34	19	14
22222	Frutales tropicales		< 3	95	42	22	15
22223	Otros frutales en regadío		≥ 3	80	34	19	14
22223	Otros frutales en regadío		< 3	95	42	22	15
22300	Olivares		≥ 3	62	28	15	10
22300	Olivares		< 3	75	34	19	14
22310	Olivares en secano		≥ 3	62	28	15	10
22310	Olivares en secano		< 3	75	34	19	14
22320	Olivares en regadío		≥ 3	62	28	15	10
22320	Olivares en regadío		< 3	75	34	19	14
23100	Prados y praderas		≥ 3	70	33	18	13
23100	Prados y praderas		< 3	120	55	22	14
23100	Pastos en tierras abandonadas		≥ 3	24	14	8	6
23100	Pastos en tierras abandonadas		< 3	58	25	12	7
23100	Prados arbolados		≥ 3	70	33	18	13
23100	Prados arbolados		< 3	120	55	22	14
24110	Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en secano		≥ 3	39	20	12	8
24110	Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en secano		< 3	66	29	15	10
24120	Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en regadío		≥ 3	75	33	18	14
24120	Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en regadío		< 3	106	48	22	15
24211	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en secano	R	≥ 3	26	15	9	6
24211	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en secano	N	≥ 3	28	17	11	8
24211	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en secano	R/N	< 3	30	19	13	10
24212	Mosaico de cultivos permanentes en secano		≥ 3	62	28	15	10
24212	Mosaico de cultivos permanentes en secano		< 3	75	34	19	14
24213	Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes en secano		≥ 3	39	20	12	8
24213	Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes en secano		< 3	66	29	15	10
24221	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en regadío	R	≥ 3	37	20	12	9
24221	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en regadío	N	≥ 3	42	23	14	11
24221	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en regadío	R/N	< 3	47	25	16	13
24222	Mosaico de cultivos permanentes en regadío		≥ 3	80	34	19	14
24222	Mosaico de cultivos permanentes en regadío		< 3	95	42	22	15

Estudio de soluciones para minimizar los daños provocados en la zona urbana por el desbordamiento del barranco de La Alberca, Denia (Alicante).

Código	Uso de suelo	Práctica de cultivo	Pendiente (%)	Grupo de suelo			
				A	B	C	D
24223	Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes en regadío		≥ 3	75	33	18	14
24223	Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes en regadío		< 3	106	48	22	15
24230	Mosaico de cultivos mixtos en secano y regadío	R	≥ 3	31	17	10	8
24230	Mosaico de cultivos mixtos en secano y regadío	N	≥ 3	34	20	13	10
24230	Mosaico de cultivos mixtos en secano y regadío	R/N	< 3	37	22	14	11
24310	Mosaico de cultivos agrícolas en secano con espacios significativos de vegetación natural y seminatural	R	≥ 3	26	15	9	6
24310	Mosaico de cultivos agrícolas en secano con espacios significativos de vegetación natural y seminatural	N	≥ 3	28	17	11	8
24310	Mosaico de cultivos agrícolas en secano con espacios significativos de vegetación natural y seminatural	R/N	< 3	30	19	13	10
24320	Mosaico de cultivos agrícolas en regadío con espacios significativos de vegetación natural y seminatural	R	≥ 3	37	20	12	9
24320	Mosaico de cultivos agrícolas en regadío con espacios significativos de vegetación natural y seminatural	N	≥ 3	42	23	14	11
24320	Mosaico de cultivos agrícolas en regadío con espacios significativos de vegetación natural y seminatural	R/N	< 3	47	25	16	13
24330	Mosaico de prados o praderas con espacios significativos de vegetación natural y seminatural		≥ 3	70	33	18	13
24330	Mosaico de prados o praderas con espacios significativos de vegetación natural y seminatural		< 3	120	55	22	14
24400	Sistemas agroforestales		≥ 3	53	23	14	9
24400	Sistemas agroforestales		< 3	80	35	17	10
24410	Pastizales, prados o praderas con arbolado adherado		≥ 3	53	23	14	9
24410	Pastizales, prados o praderas con arbolado adherado		< 3	80	35	17	10
24420	Cultivos agrícolas con arbolado adherado		≥ 3	53	23	14	9
24420	Cultivos agrícolas con arbolado adherado		< 3	80	35	17	10
31100	Frondosas			90	47	31	23
31110	Perennifolias			90	47	31	23
31120	Caducifolias y marcescentes			90	47	31	23
31130	Otras frondosas de plantación		≥ 3	79	34	19	14
31130	Otras frondosas de plantación		< 3	94	42	22	15
31140	Mezclas de frondosas			90	47	31	23
31150	Bosques de ribera			76	34	22	16
31160	Laurisilva macaronésica			90	47	31	23
31200	Bosques de coníferas			90	47	31	23
31210	Bosques de coníferas de hojas aciculares			90	47	31	23

Estudio de soluciones para minimizar los daños provocados en la zona urbana por el desbordamiento del barranco de La Alberca, Denia (Alicante).

Código	Uso de suelo	Práctica de cultivo	Pendiente (%)	Grupo de suelo			
				A	B	C	D
31220	Bosques de coníferas de hojas tipo cupresáceo			90	47	31	23
31300	Bosque mixto			90	47	31	23
32100	Pastizales naturales		≥ 3	53	23	14	9
32100	Pastizales naturales		< 3	80	35	17	10
32100	Prados alpinos		≥ 3	70	33	18	13
32100	Prados alpinos		< 3	120	55	22	14
32100	Formaciones herbáceas de llanuras aluviales inundadas y llanuras costeras, tierras bajas		≥ 3	70	33	18	13
32100	Formaciones herbáceas de llanuras aluviales inundadas y llanuras costeras, tierras bajas		< 3	120	55	22	14
32110	Pastizales supraforestales		≥ 3	70	33	18	13
32110	Pastizales supraforestales		< 3	120	55	22	14
32111	Pastizales supraforestales templado-oceánicos, pirenaicos y orocantábricos		≥ 3	70	33	18	13
32111	Pastizales supraforestales templado-oceánicos, pirenaicos y orocantábricos		< 3	120	55	22	14
32112	Pastizales supraforestales mediterráneos		≥ 3	24	14	8	6
32112	Pastizales supraforestales mediterráneos		< 3	57	25	12	7
32121	Otros pastizales templado oceánicos		≥ 3	53	23	14	9
32121	Otros pastizales templado oceánicos		< 3	79	35	17	10
32122	Otros pastizales mediterráneos		≥ 3	24	14	8	6
32122	Otros pastizales mediterráneos		< 3	57	25	12	7
32200	Landas y matorrales mesófilas			76	34	22	16
32210	Landas y matorrales en climas húmedos. Vegetación mesófila			76	34	22	16
32220	Fayal-brezal macaronésico			60	24	14	10
32300	Vegetación esclerófila			60	24	14	10
32311	Grandes formaciones de matorral denso o medianamente denso			75	34	22	16
32312	Matorrales subarbustivos o arbustivos muy poco densos			60	24	14	10
32320	Matorrales xerófilos macaronésicos			40	17	8	5
32400	Matorral boscoso de transición			75	34	22	16
32400	Claros de bosques			40	17	8	5
32400	Zonas empantanadas fijas o en transición			60	24	14	10
32410	Matorral boscoso de frondosas			75	34	22	16
32420	Matorral boscoso de coníferas			75	34	22	16
32430	Matorral boscoso de bosque mixto			75	34	22	16
33110	Playas y dunas			152	152	152	152
33120	Ramblas con poca o sin vegetación			15	8	6	4
33200	Roquedo			2	2	2	2
33210	Rocas desnudas con fuerte pendiente			2	2	2	2
33220	Afloramientos rocosos y canchales		≥ 3	2	2	2	2

Estudio de soluciones para minimizar los daños provocados en la zona urbana por el desbordamiento del barranco de La Alberca, Denia (Alicante).

Código	Uso de suelo	Práctica de cultivo	Pendiente (%)	Grupo de suelo			
				A	B	C	D
33220	Afloramientos rocosos y canchales		< 3	4	4	4	4
33230	Coladas lávicas cuaternarias		≥ 3	3	3	3	3
33230	Coladas lávicas cuaternarias		< 3	5	5	5	5
33300	Espacios con vegetación escasa		≥ 3	24	14	8	6
33300	Espacios con vegetación escasa		< 3	58	25	12	7
33310	Xeroestepa subdesértica		≥ 3	24	14	8	6
33310	Xeroestepa subdesértica		< 3	58	25	12	7
33320	Cárcavas y/o zonas en proceso de erosión			15	8	6	4
33330	Espacios orófilos altitudinales con vegetación escasa		≥ 3	24	14	8	6
33330	Espacios orófilos altitudinales con vegetación escasa		< 3	58	25	12	7
33400	Zonas quemadas			15	8	6	4
33500	Glaciares y nieves permanentes			0	0	0	0
41100	Humedales y zonas pantanosas			2	2	2	2
41200	Turberas y prados turbosos			248	99	25	16
42100	Marismas			2	2	2	2
42200	Salinas			5	5	5	5
42300	Zonas llanas intermareales			0	0	0	0
51100	Cursos de agua			0	0	0	0
51110	Ríos y cauces naturales			0	0	0	0
51120	Canales artificiales			0	0	0	0
51210	Lagos y lagunas			0	0	0	0
51210	Lagos y lagunas (almacenamiento de agua)			0	0	0	0
51120	Embalses			0	0	0	0
51120	Embalses (almacenamiento de agua)			0	0	0	0
52100	Lagunas costeras			0	0	0	0
52200	Estuarios			0	0	0	0
52300	Mares y océanos			0	0	0	0
<p>Notas:</p> <p>La codificación de los tipos del suelo corresponde al proyecto europeo Corine Land Cover 2000</p> <p>N: Denota cultivo según las curvas de nivel.</p> <p>R: Denota cultivo según la línea de máxima pendiente.</p>							

Tabla A2.12: Valor inicial del umbral de escorrentía P_0 según IC-5.2 Drenaje Superficial.



Estudio de soluciones para minimizar los daños provocados en la zona urbana por el desbordamiento del barranco de La Alberca, Dénia (Alicante).

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS



ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA MINIMIZAR LOS DAÑOS PROVOCADOS EN LA ZONA URBANA POR EL DESBORDAMIENTO DEL BARRANCO DE LA ALBERCA, DÉNIA (ALICANTE)

Apéndice nº 2: Tormentas de sieño

Trabajo final de grado

Titulación: Grado en Ingeniería de Obras Públicas
Curso: 2015/16

Autor: Marín Camacho, Álvaro
Tutor: Ferrer Polo, José
Cotutor: Aguado García, Daniel

Valencia, septiembre de 2016

- Tormentas de diseño

En este apéndice se muestran las tormentas de diseño obtenidas para los períodos de retorno de 25, 50, 100, 200 y 500 años.

Las tormentas se han diseñado para un tiempo de duración de 6 horas y con intervalos de tiempo quinceminutales.

La metodología utilizada ha sido la formulación de Témez por el método de los bloques alternos, tal como se ha explicado con anterioridad en este Anexo.

- Tormenta de diseño para T=25 años

T (años)	X_t (mm)	A_{cuenca} (km ²)	K_A	$X_{\text{corregida}}$ (mm)	Factor de torrencialidad
25	228.00	50.36	0.8865	202.13	11.5

Tabla A2.13: Datos tormenta de diseño T=25 años.

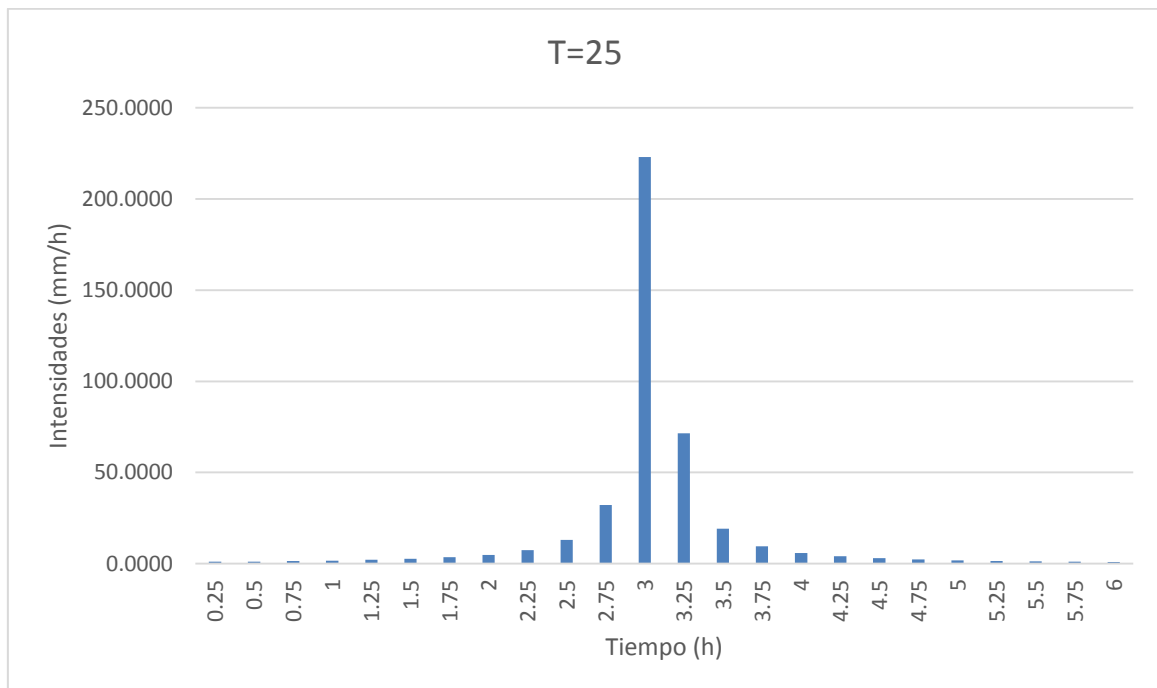


Figura A2.13: Hietograma tormenta de diseño para T=25 años.

- Tormenta de diseño para T=50 años

T (años)	X_t (mm)	A_{cuenca} (km ²)	K_A	$X_{\text{tcorregida}}$ (mm)	Factor de torrencialidad
50	269.00	50.36	0.8865	238.48	11.5

Tabla A2.14: Datos tormenta de diseño T=50 años.

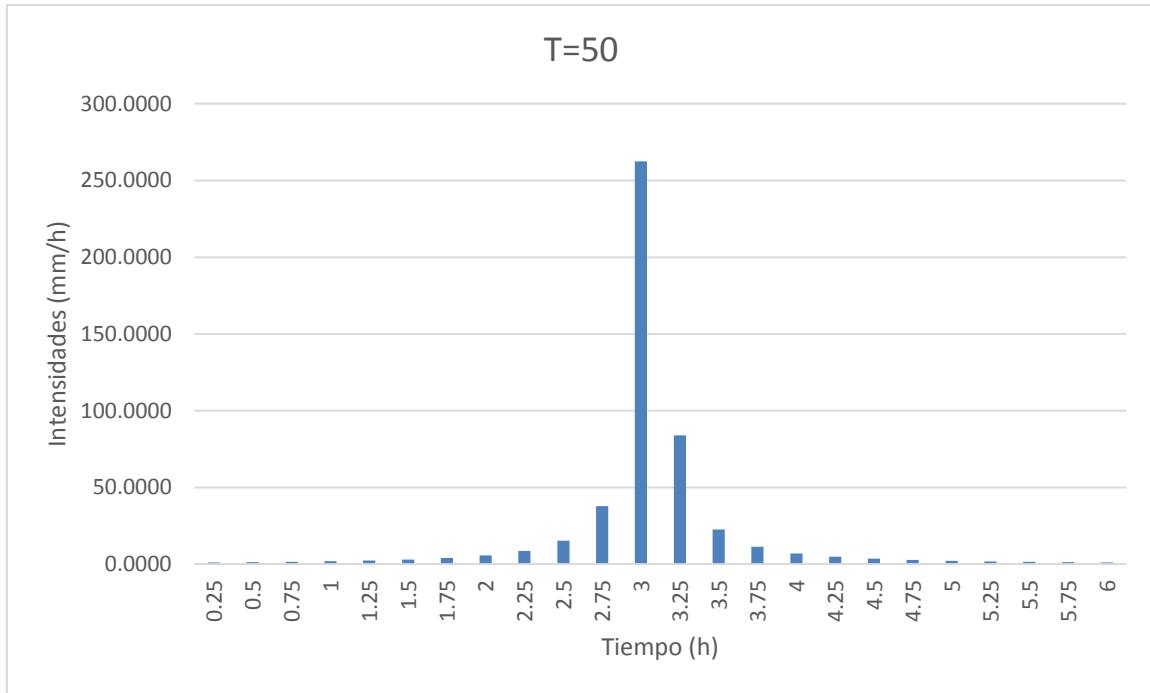


Figura A2.13: Hietograma tormenta de diseño para T=25 años.

- Tormenta de diseño para T=100 años

T (años)	X_t (mm)	A_{cuenca} (km ²)	K_A	$X_{\text{tcorregida}}$ (mm)	Factor de torrencialidad
100	312.00	50.36	0.8865	276.60	11.5

Tabla A2.15: Datos tormenta de diseño T=100 años.

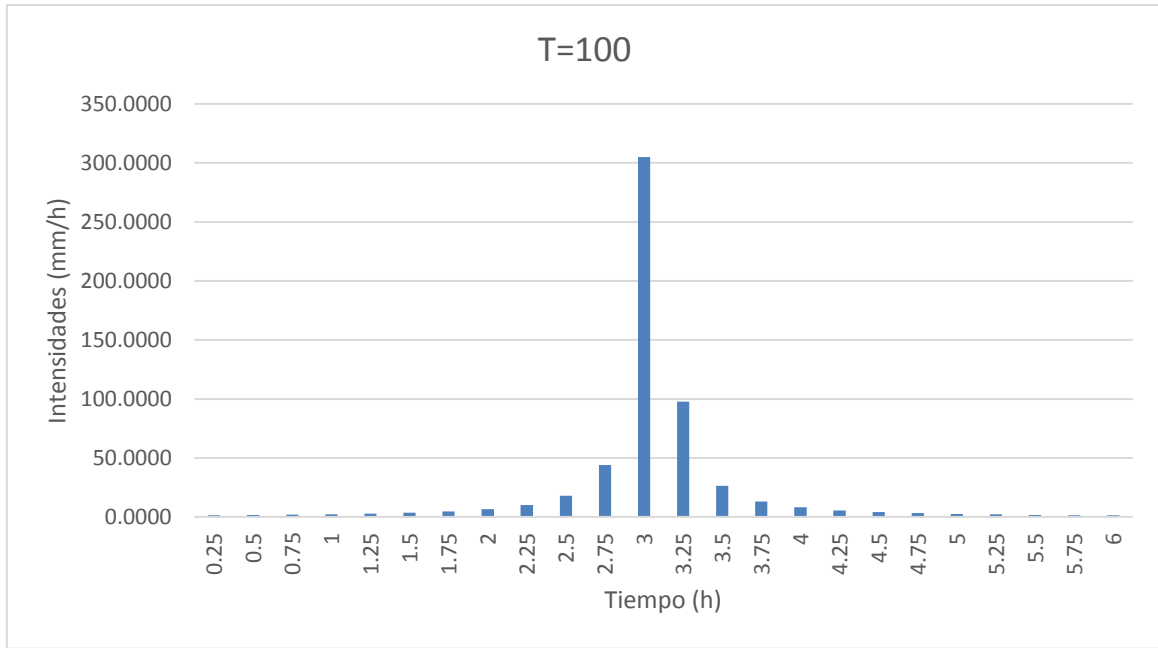


Figura A2.15: Hietograma tormenta de diseño para T=100 años.

- Tormenta de diseño para T=200 años

T (años)	X_t (mm)	A_{cuenca} (km ²)	K_A	$X_{\text{corregida}}$ (mm)	Factor de torrencialidad
200	356.00	50.36	0.8865	315.60	11.5

Tabla A2.16: Datos tormenta de diseño T=200 años.

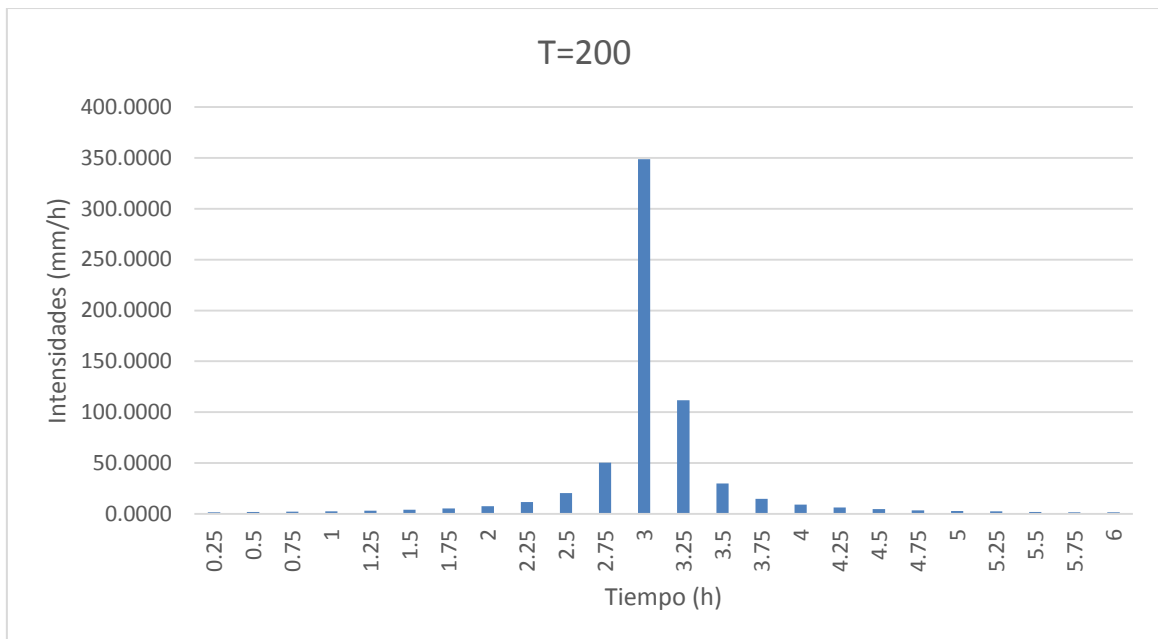


Figura A2.16: Hietograma tormenta de diseño para T=200 años.

- Tormenta de diseño para T=500 años

T (años)	X_t (mm)	A_{cuenca} (km ²)	K_A	$X_{\text{tcorregida}}$ (mm)	Factor de torrencialidad
500	420.00	50.36	0.8865	372.34	11.5

Tabla A2.17: Datos tormenta de diseño T=500 años.

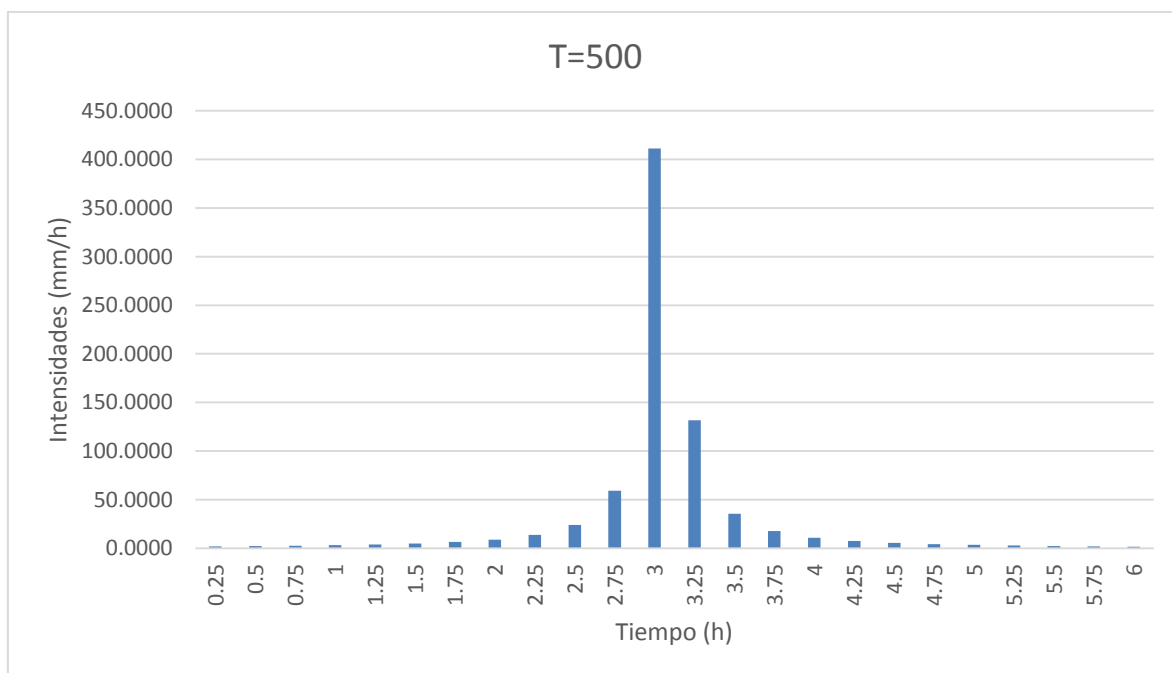


Figura A2.17: Hietograma tormenta de diseño para T=500 años.

Estudio de soluciones para minimizar los daños provocados en la zona urbana por el desbordamiento del barranco de La Alberca, Denia (Alicante).

Por último se muestran las tablas de datos a partir de las cuales se han construido los hietogramas de cada uno de los períodos de retorno que se han calculado anteriormente.

T=25		
t (h)	I (mm/h)	ΔI (mm/h)
0.25	223.046	223.046
0.5	151.636	71.410
0.75	119.467	32.170
1	100.273	19.194
1.25	87.228	13.044
1.5	77.659	9.569
1.75	70.275	7.384
2	64.368	5.907
2.25	59.513	4.855
2.5	55.437	4.076
2.75	51.958	3.480
3	48.946	3.012
3.25	46.308	2.638
3.5	43.975	2.333
3.75	41.895	2.080
4	40.026	1.869
4.25	38.336	1.690
4.5	36.799	1.537
4.75	35.394	1.405
5	34.105	1.290
5.25	32.916	1.189
5.5	31.816	1.100
5.75	30.795	1.021
6	29.843	0.951

Tabla A2.18: Tabla de intensidades para T=25 años.

T=50		
t (h)	I (mm/h)	ΔI (mm/h)
0.25	262.449	262.449
0.5	178.424	84.025
0.75	140.571	37.853
1	117.987	22.585
1.25	102.638	15.349
1.5	91.378	11.260
1.75	82.690	8.689
2	75.739	6.951
2.25	70.026	5.713
2.5	65.231	4.796
2.75	61.136	4.094
3	57.592	3.544
3.25	54.489	3.104
3.5	51.744	2.745
3.75	49.296	2.448
4	47.097	2.199
4.25	45.108	1.989
4.5	43.300	1.808
4.75	41.647	1.653
5	40.130	1.517
5.25	38.731	1.399
5.5	37.436	1.294
5.75	36.235	1.202
6	35.115	1.119

Tabla A2.19: Tabla de intensidades para T=50 años.

Estudio de soluciones para minimizar los daños provocados en la zona urbana por el desbordamiento del barranco de La Alberca, Denia (Alicante).

T=100		
t (h)	I (mm/h)	ΔI (mm/h)
0.25	305.065	305.065
0.5	207.396	97.669
0.75	163.397	43.999
1	137.145	26.252
1.25	119.304	17.841
1.5	106.216	13.088
1.75	96.117	10.099
2	88.037	8.079
2.25	81.397	6.641
2.5	75.823	5.574
2.75	71.064	4.759
3	66.944	4.120
3.25	63.336	3.608
3.5	60.146	3.190
3.75	57.300	2.845
4	54.744	2.556
4.25	52.433	2.311
4.5	50.331	2.102
4.75	48.410	1.921
5	46.646	1.764
5.25	45.020	1.626
5.5	43.515	1.505
5.75	42.118	1.397
6	40.817	1.301

Tabla A2.20: Tabla de intensidades para T=100 años.

T=200		
t (h)	I (mm/h)	ΔI (mm/h)
0.25	348.625	348.625
0.5	237.010	111.615
0.75	186.728	50.282
1	156.728	30.000
1.25	136.339	20.388
1.5	121.383	14.957
1.75	109.841	11.541
2	100.608	9.233
2.25	93.020	7.589
2.5	86.649	6.370
2.75	81.211	5.439
3	76.503	4.708
3.25	72.380	4.123
3.5	68.734	3.646
3.75	65.482	3.252
4	62.561	2.921
4.25	59.920	2.642
4.5	57.518	2.402
4.75	55.322	2.195
5	53.306	2.016
5.25	51.448	1.858
5.5	49.729	1.719
5.75	48.132	1.596
6	46.646	1.487

Tabla A2.20: Tabla de intensidades para T=200 años.

T=500		
t (h)	I (mm/h)	ΔI (mm/h)
0.25	411.084	411.084
0.5	279.472	131.612
0.75	220.182	59.290
1	184.807	35.375
1.25	160.766	24.041
1.5	143.129	17.636
1.75	129.520	13.609
2	118.633	10.887
2.25	109.685	8.948
2.5	102.173	7.512
2.75	95.760	6.413
3	90.209	5.551
3.25	85.348	4.861
3.5	81.048	4.299
3.75	77.214	3.834
4	73.769	3.445
4.25	70.655	3.115
4.5	67.822	2.832
4.75	65.233	2.589
5	62.857	2.377
5.25	60.666	2.191
5.5	58.638	2.027
5.75	56.756	1.882
6	55.002	1.753

Tabla A2.21: Tabla de intensidades para T=500 años.