

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN
2. PROGRAMA UTILIZADO
3. DATOS DE PARTIDA
4. CÁLCULO
5. APÉNDICES
 - APÉNDICE 1: ESTUDIO HIDROLÓGICO

1. INTRODUCCIÓN

El objeto del presente Anejo es calcular y diseñar el drenaje de las aguas pluviales de las obras presentadas en este Proyecto. Para su cálculo se usará el programa SWMM, un modelo dinámico de simulación de precipitaciones, que permite simular tanto la cantidad como la calidad del agua evacuada, especialmente en alcantarillados urbanos.

Los datos de partida necesarios para calcular el drenaje, es decir, las características físicas de la cuenca hidrográfica donde se desarrollan las obras y el estudio de precipitaciones se incluyen en el Anejo “Estudio Hidrológico” que contiene este Anejo.

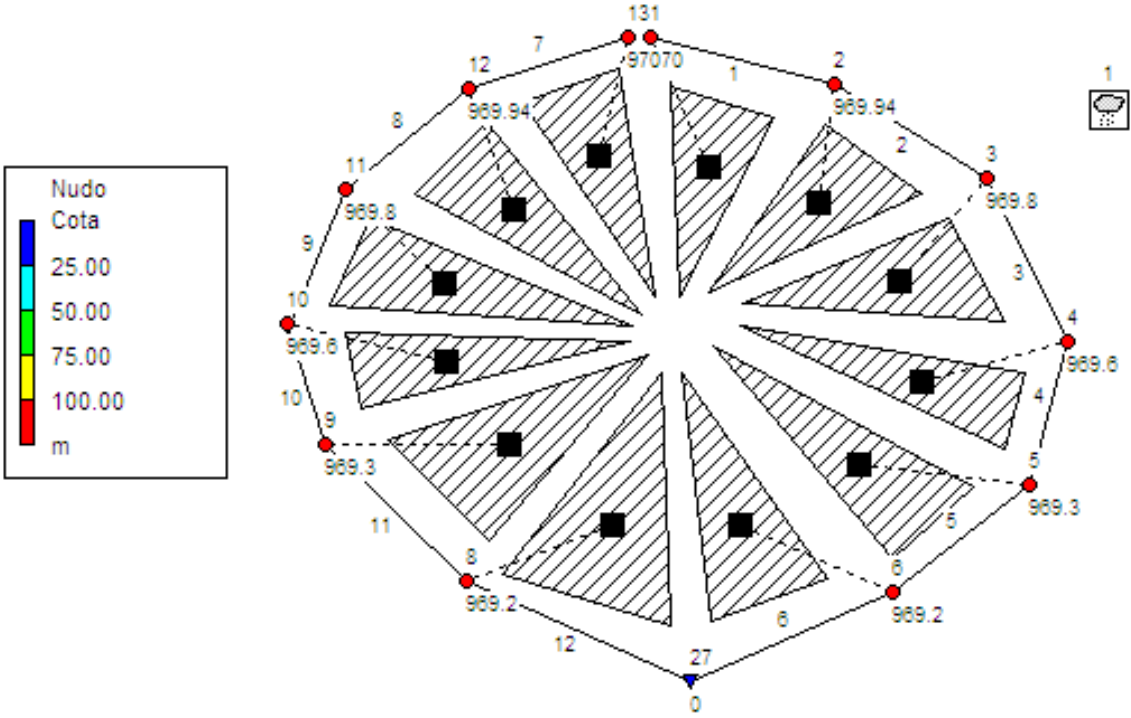
2. PROGRAMA UTILIZADO

El programa utilizado para el diseño del drenaje ha sido el SWMM. Se trata de un software para el diseño de redes de saneamiento en el cual, a partir de unos datos de partida obtenidos del estudio hidrológico, como son los hietogramas de diseño, así como unas características geométricas, proporciona los diámetros óptimos para el diseño de la red y asegurar, de este modo, su correcto funcionamiento.

3. DATOS DE PARTIDA

- Periodo de retorno: el drenaje de las obras se diseñará para dos períodos de retorno:
 - T = 2 años, por autolimpieza.
 - T = 25 años, para evitar que entre en carga y se produzca erosión.
- Área de la cuenca = 68,6 Km²
- Umbral de escorrentía (P₀) = 33.9 mm.
- Precipitación diaria anual (P_d):
 - P_d (T=2años) = 47,112 mm.
 - P_d (T=25 años) = 96,408 mm.
- Hietogramas para T=2 y T=25
- Coeficiente de rugosidad (manning): en este caso las tuberías empleadas son de hormigón centrifugado con un coeficiente de manning de 0,011.
- Características geométricas: se ha definido un dodecágono con un radio superior al radio exterior del recinto calculado, con la idea de que todas las aguas que recoja la plaza se evacúen a este anillo de drenaje exterior.
La parte superior del polígono es el punto donde comienza la red que la distribuye por los dos laterales hasta llegar al punto más bajo (punto inferior del polígono) donde se

evacuarán al colector. Cada vértice del dodecágono corresponde con un nodo, unidos entre sí mediante las tuberías. A cada nodo se le proporciona una cota que permita una pendiente suficiente.
En la siguiente imagen se recogen la geometría de la red y las cotas de cada nodo.



4. CÁLCULO

Una vez introducidos los parámetros anteriores y definida la red, asignamos un diámetro razonable a los colectores, con esto el programa calcula la red. Entre otros nos proporcionará los datos de caudal que circula por cada colector. A partir de estos caudales, y la siguiente fórmula, obtendremos los diámetros que debería tener cada colector:

$$D = 1.548 \cdot \frac{n \cdot Q}{\left(j^{1/2}\right)^{3/8}}$$

En la siguiente tabla se observan los resultados:

Colector	Caudal (m³/s)	Diámetro (mm)
1	0.78	0.8
2	1.55	1
3	2.32	1.2
4	3.07	1.3
5	3.83	1.4
6	4.58	1.5
7	0.78	0.8
8	1.55	1
9	2.32	1.2
10	3.07	1.3
11	3.83	1.5
12	4.58	1.6

Introducimos estos valores en el modelo y recalculamos, es entonces cuando realizamos las comprobaciones necesarias, si estas no se cumplieran modificaremos los diámetros, y recomprobaríamos, sucesivamente, hasta hallar la solución óptima.

Las dos comprobaciones fundamentales son las siguientes:

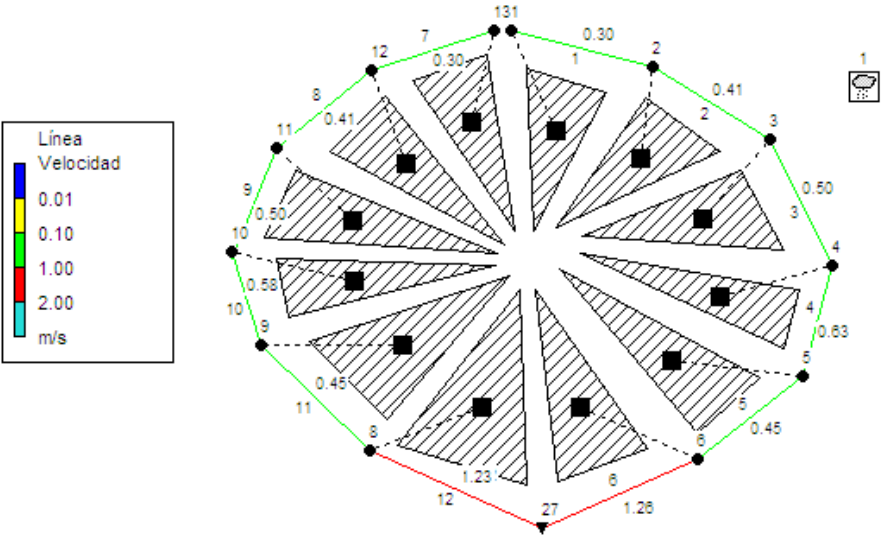
- Que ningún colector de la red entre en carga. En la siguiente tabla podemos observar que se cumple esta condición.

Conducto	Caudal Máximo LPS	Instante de Caudal Máx. días hr:min	Veloc. Máxima m/seg	Factor Longi.	Máximo /Diseño Caudal	Total Minutos En carga
1	0.78	0 02:11	0.31	1.00	0.04	0
2	1.55	0 02:11	0.42	1.00	0.00	0
3	2.30	0 02:11	0.52	1.00	0.00	0
4	3.06	0 02:11	0.64	1.00	0.00	0
5	3.80	0 02:12	0.46	1.00	0.00	0
6	31.16	0 01:43	31.50	1.00	0.00	0
7	0.78	0 02:11	0.31	1.00	0.04	0
8	1.55	0 02:11	0.42	1.00	0.00	0
9	2.30	0 02:11	0.52	1.00	0.00	0
10	3.06	0 02:11	0.60	1.00	0.00	0
11	3.80	0 02:12	0.46	1.00	0.00	0
12	31.12	0 01:43	31.47	1.00	0.00	0

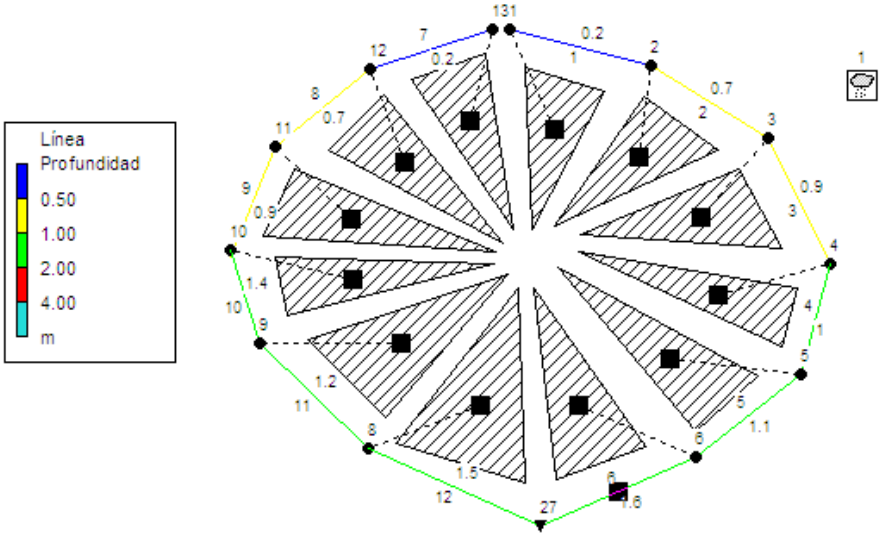
- Comprobación de velocidades:
Se debe cumplir:
 - $V \geq 0.3$ m/s para T=2, para asegurar la autolimpieza de las mismas.
 - $V \leq 4$ m/s para T=25, para que no se produzca erosión.

Tras comprobar esto, se observa que no todos los colectores cumplen la condición de autolimpieza, por ello se modifican los diámetros y se vuelve a calcular. Entonces se vuelven a hacer las comprobaciones mencionadas y sí cumplen.

En la siguiente imagen se muestran las velocidades, para el hietograma de T=2 años, en los colectores y se puede observar que se cumple la condición de autolimpieza



Los diámetros obtenidos para estas velocidades son los que se muestran en la siguiente imagen:



APÉNDICE 1: ESTUDIO HIDROLÓGICO

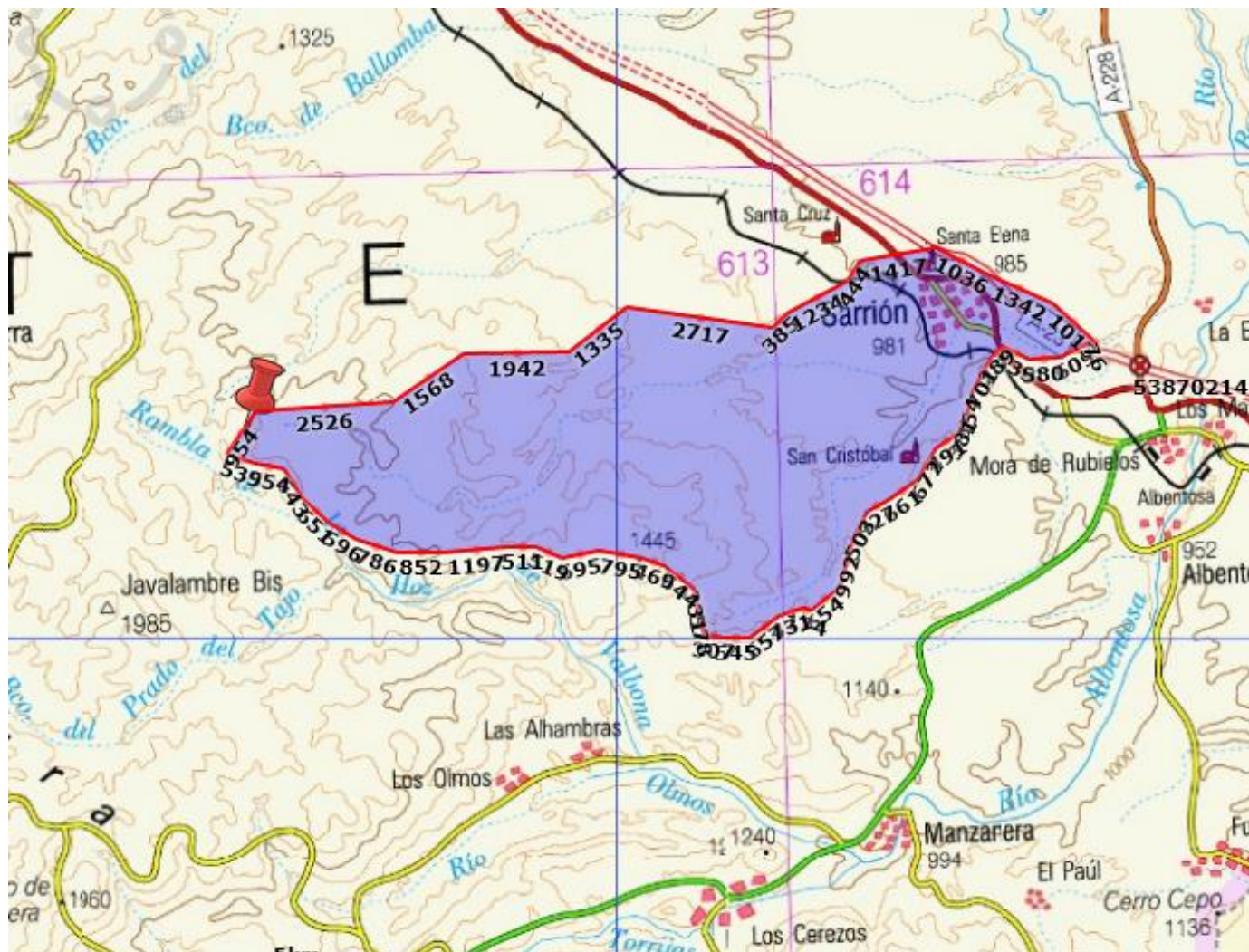
1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA CUENCA.

Para el cálculo de las características físicas de la cuenca hidrográfica donde se sitúan las obras se ha empleado el programa SIG GRASS, mediante el cual se puede analizar conjuntamente todas las características físicas del terreno (pendiente, usos del suelo y tipos de suelo) y con ello obtener su comportamiento geomorfológico y los valores de escorrentía superficial.

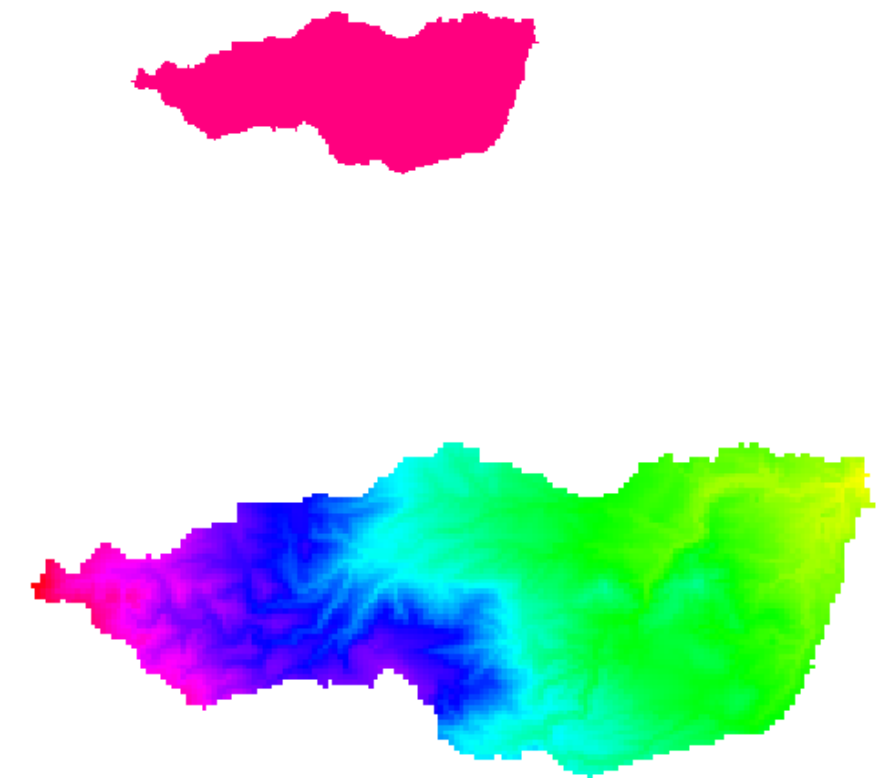
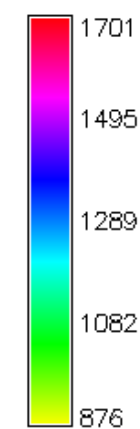
1.1. Área de la cuenca.

Se han seguido dos procedimientos para determinar el área de la cuenca en la que se sitúan las obras.

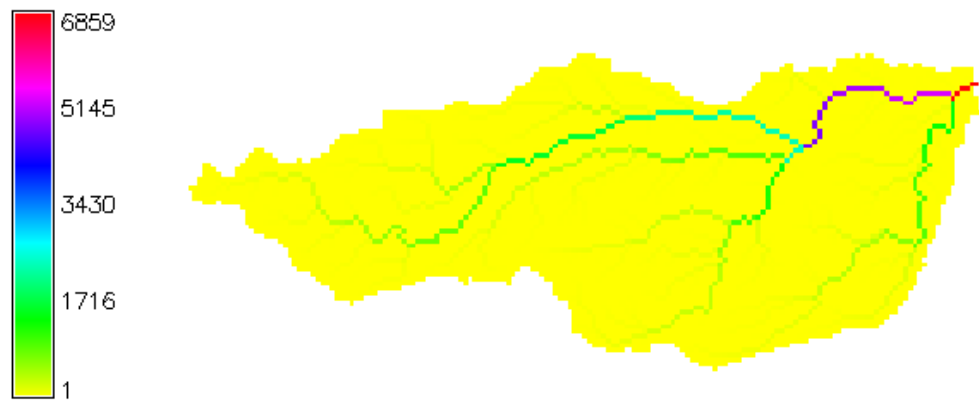
En primer lugar, se ha realizado una estimación aproximada usando el Visualizador de la Infraestructura de datos espaciales de la Confederación Hidrográfica del Júcar (IDEJúcar):



A continuación, con el fin de obtener unos resultados más rigurosos, se ha procedido a su cálculo a través del SIG GRASS. Para ello introduciremos una región de estudio dentro del MED (Mapa de Elevación Digital del terreno) que cubra el espacio ocupado por la cuenca de estudio, a partir de las coordenadas obtenidas en el paso anterior. Una vez delimitada la cuenca se realizará una corrección para la eliminación de hoyos y/o sumideros que puedan aparecer debido a la orografía del terreno con el fin de generar un mapa de elevaciones sin depresiones y un mapa de direcciones de flujo (DD). Partiendo de estos mapas de direcciones de flujo y el mapa de celdas drenantes (CDA), junto con un punto de desagüe de la cuenca, podemos conocer el tamaño de su tamaño. En este caso, los resultados muestran que el área total es de 68,6 Km², siendo las coordenadas del punto de desagüe E = 689397.54 y N = 4445664,95, en coordenadas UTM con el sistema de referencia ETRS89.



Mapa de Elevacion del Terreno (MED)



Mapa de Celdas drenantes (CDA)

1.2. Tipos de suelo y usos del suelo.

Además, con el mapa de tipos de suelo y usos (CORINE Land Cover) obtenidos, una vez conocida la superficie de la cuenca, proporciona un mapa con los tipos de suelo y usos característicos del suelo de la cuenca de estudio. Estos mapas proporcionan toda la informa edafológica de la cuenca.



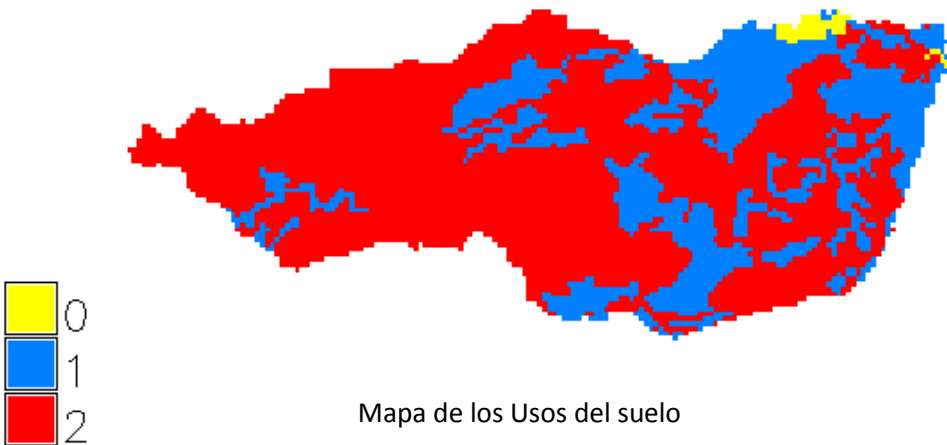
Mapa de los Tipos de suelo

Donde:

Anejo de drenaje

Mapa de texturas del suelo (creado a partir del mapa de texturas de la UE del 'European Soil Database')

Código del mapa raster suministrado	Textura	Grupo
1	Arenosa Areno-limosa	A
2	Franco-arenosa Franca Franco-arcillosa-arenosa Franco-limosa	B
3	Franco-arcillosa Franco-arcillo-limosa Arcillo-arenosa	C
4	Arcillosa	D



Mapa de los Usos del suelo

Donde:

Mapa de usos del suelo (creado a partir del mapa CORINE 2006)

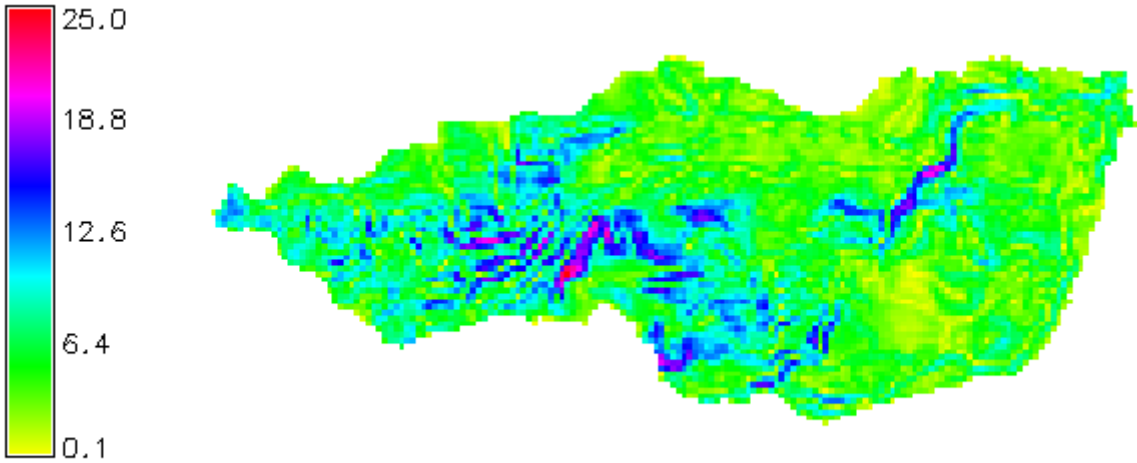
Código del mapa raster suministrado	Tipo de uso
0	Zonas urbanas
1	Zonas agrícolas
2	Zonas forestales y seminaturales
3	Zonas húmedas
4	Zonas de embalse

Mapa de texturas del suelo (creado a partir del mapa de texturas de la UE del 'European Soil Database')

Código del mapa raster suministrado	Textura	Grupo
1	Arenosa Areno-limosa	A
2	Franco-arenosa Franca Franco-arcillosa-arenosa Franco-limosa	B
3	Franco-arcillosa Franco-arcillo-limosa Arcillo-arenosa	C
4	Arcillosa	D

1.3. Pendientes

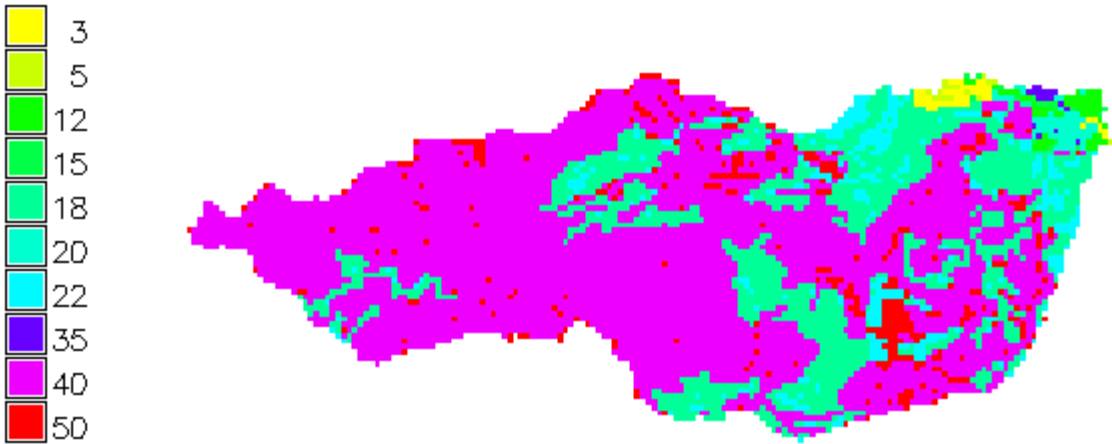
En base al MED, el programa GRASS calcula, también, la pendiente mínima, media y máxima de la cuenca de estudio, que es el último parámetro necesario para el cálculo del umbral de escorrentía:



Mapa de pendientes

1.4.Umbral de escorrentía.

Con el Mapa de Uso del suelo, el Mapa de los tipos del suelo y el Mapa de pendientes y junto con la tabla para la estimación del umbral de escorrentía de la instrucción de carreteras 5.2-IC “Drenaje superficial”, GRASS se obtienen las reglas de reclasificación (pendiente=unidades, tipos de suelo= decenas y uso del suelo = centena). A cada uno de estos valores se le asigna un umbral de escorrentía, correspondiente al valor de la tabla, según las características, y, finalmente, dándole pesos a cada área obtiene el umbral de escorrentía medio.



Mapa de umbral de escorrentía

Umbral de escorrentía medio (P_0) = 33,9 mm.

2. ESTUDIO DE PRECIPITACIÓN

El objetivo del estudio de precipitación es calcular, basándose en la norma del CÉDEX de Máximas lluvias diarias en la España Peninsular, la precipitación máxima diaria anual (P_D) correspondiente a los diferentes períodos de retorno, partiendo del valor de su media y del coeficiente de variación, asumiendo una distribución SQRT-ET max.

2.1. Coeficiente de variación.

El coeficiente de variación (C_v) para la zona objeto del estudio corresponde a 0,41 según la siguiente tabla del estudio realizado por el CÉDEX:

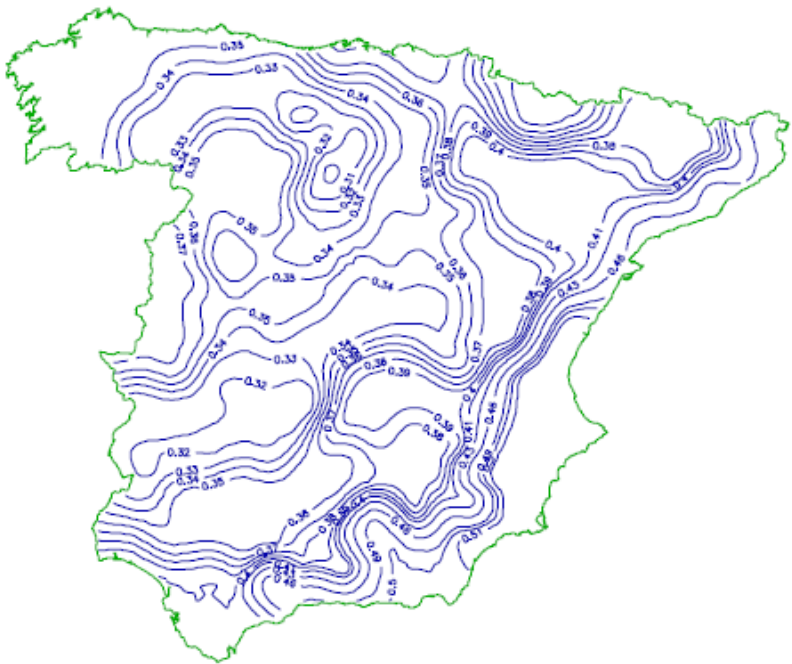
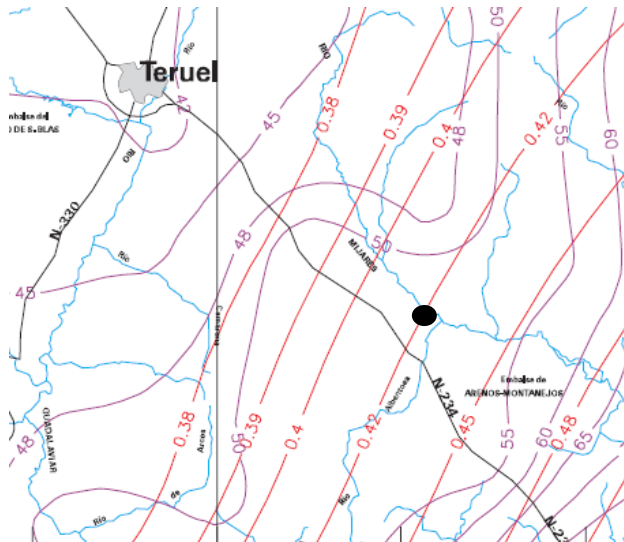


Fig. 3.2 – Isótopas del valor regional del coeficiente de variación Cv

2.2.Precipitación anual máxima registrada.

El cálculo de la precipitación anual máxima registrada se obtiene en base a la Hoja 4-3 Teruel del Anejo del CÉDEX, obteniendo un valor aproximado de 52.



2.3.Precipitación diaria máxima anual (p0)

Se calcula a partir de la siguiente fórmula:

Xt = Yt · P

Donde

Xt = P0

P = precipitación anual máxima registrada

Yt = cuartil regional, que se obtiene para un Cv y un T dado:

Máximas Lluvias Diarias en la España Peninsular								
PERIODO DE RETORNO EN AÑOS (T)								
Cv	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	1.188	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 Yt de la Ley SQRT-ET max. también denominados Factores de Amplificación Kt, en el "Mapa para el Cálculo de Máximas Precipitaciones Diarias en la España Peninsular" (1997).

Para los períodos de retorno (T) considerados se obtiene:

- $P_d(T=2\text{años}) = 0.906 \cdot 52 = 47,112 \text{ mm}$
- $P_d(T=25 \text{ años}) = 1,854 \cdot 52= 96,408 \text{ mm.}$

3. HIETOGRAMA

Para calcular el hietograma de bloques alternos, para cada período de retorno necesitamos conocer el coeficiente de corrección areal (K_a), el coeficiente de estacionalidad (α), la precipitación anual máxima registrada (P_d) y el área de la cuenca de estudio.

Con la siguiente fórmula obtenemos los valores de los bloques:

$$\frac{iT(t)}{iT(d)} = \alpha \frac{28^{0.1-t^{0.1}}}{28^{0.1}-1} \cdot \left(1-\frac{\log A}{15}\right)$$

- $K_a = 0.8775783923$, según
- $\alpha = 11$, según la siguiente tabla de la instrucción de carreteras 5.2-IC “Drenaje Superficial”



Figura 2.2

- $A = 68.6 \text{ Km}^2$, según lo calculado anteriormente con GRASS
- $P_d(T=2 \text{ años}) = 47,112 \text{ mm}$
 $P_d(T=25 \text{ años}) =96,408 \text{ mm}$

Con estos datos obtenemos los siguientes hietogramas:

