

5 IMPACTO VISUAL

Un factor condicionante que tiene especial relevancia en la actualidad, junto a los factores medioambientales, es el del impacto visual que tienen las instalaciones proyectadas en el paisaje. En un entorno como el estudiado este impacto se refleja especialmente sobre los núcleos urbanos de las proximidades, así como de las carreteras cercanas por las que pasan una gran cantidad de usuarios.

Las plantas de placas solares se han de colocar en terrenos con poca pendiente, tal como se ha mencionado anteriormente, por lo que suelen tener un impacto visual que engloba un radio bastante extenso. Además, el reflejo de los rayos solares en las placas ayuda a generar ese impacto, si bien las instalaciones que se precisan no son excesivamente grandes ni altas.

Este impacto puede ser reducido si se toman medidas para la integración de las placas en el entorno. Algunas de estas medidas pueden aplicarse en el diseño de las instalaciones, intentando emular los colores del terreno para un mejor camuflaje de la planta, mientras que otras medidas puede ser barreras vegetales, situadas tanto en los vallados de la planta como en las zonas de separación entre las placas, siempre con vegetación autóctona en la medida de lo posible para preservar las especies previas existentes.

Para analizar el impacto visual de la planta, se han generado las cuencas visuales desde cada una de las alternativas, con un radio de 10 km. En las siguientes imágenes (*Ilustración 5.1 a Ilustración 5.3*) se pueden ver los resultados para cada alternativa, siendo la zona coloreada en verde la no visible.



Ilustración 5.1. Cuenca visual de la alternativa 1 (10,000 metros)

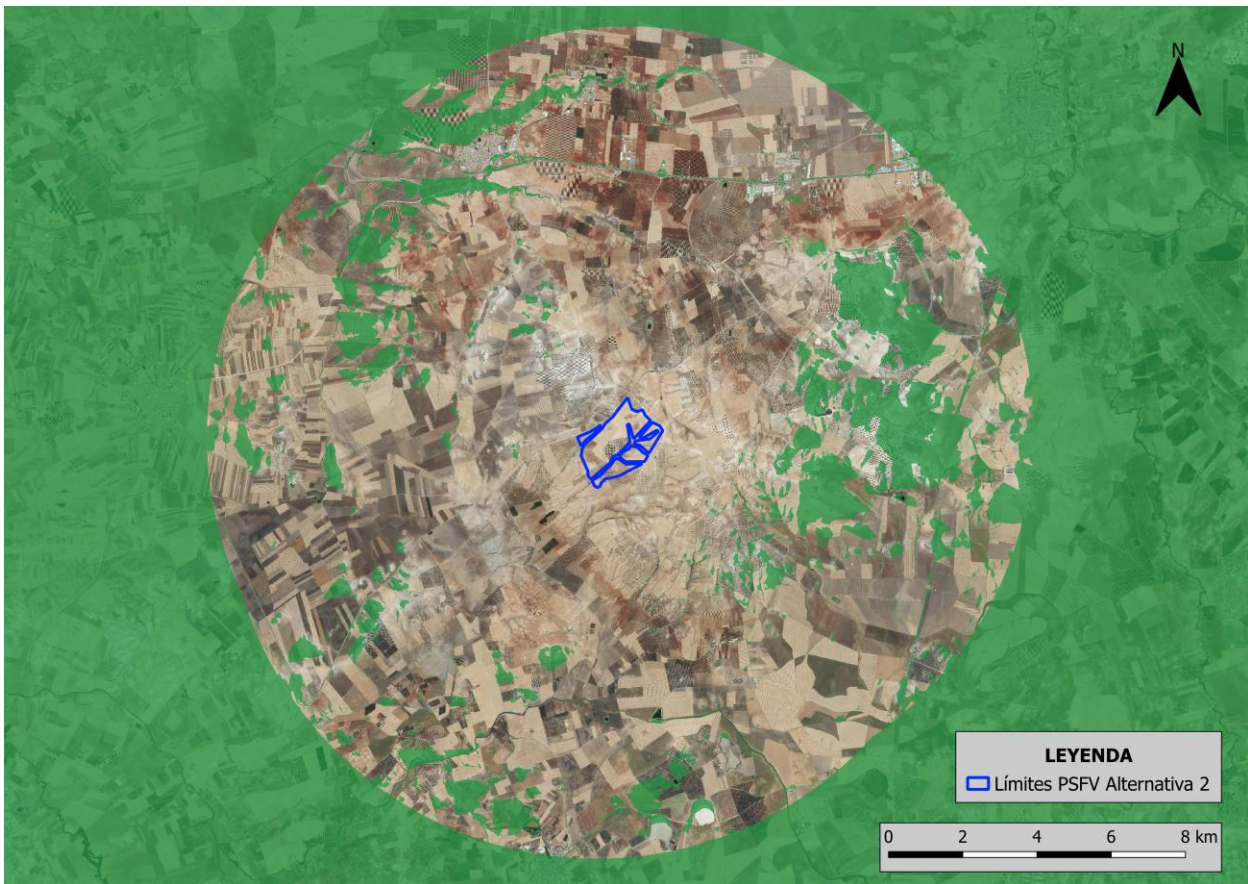


Ilustración 5.2. Cuenca visual de la alternativa 2 (10,000 metros)

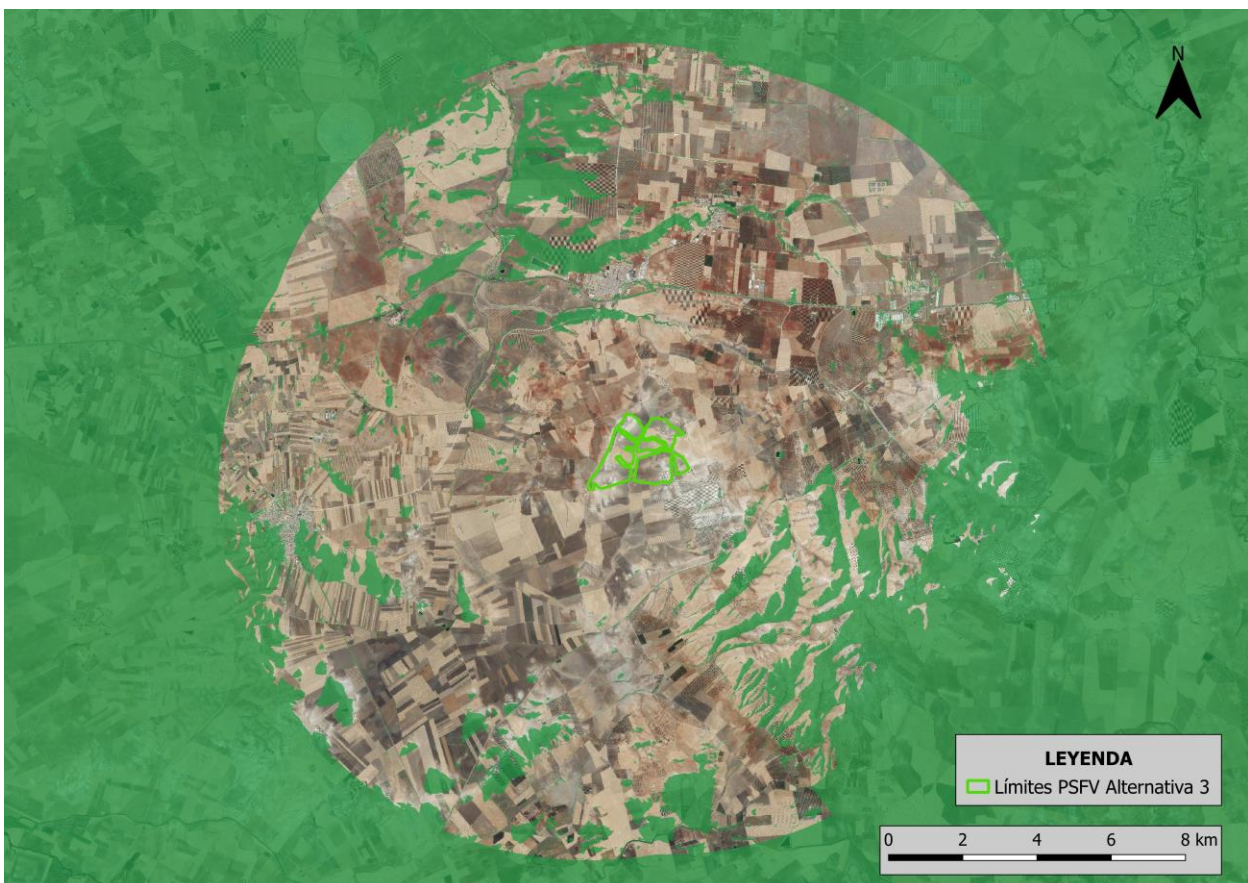


Ilustración 5.3. Cuenca visual de la alternativa 3 (10,000 metros)

Tal como se puede observar en las ilustraciones, el impacto visual generado por las tres alternativas engloba una gran parte de esos 10 km analizados. Esto se debe a lo que se ha comentado anteriormente de la adecuación del terreno para plantas solares, con terrenos con pendientes suaves, que permite que se vean las placas a una gran distancia.

Las tres alternativas generan un impacto visual parecido, incluyendo en todos los casos los núcleos urbanos colindantes de los que se ha hablado en los apartados anteriores, así como las carreteras que recorren el municipio en la zona oeste. Por tanto, se concluye que se necesitan algunas medidas de integración de la planta en el paisaje, como las que se han mencionado en los párrafos anteriores.

6 ESTUDIO HIDROLÓGICO

Una vez definidas las alternativas para el emplazamiento de la planta solar se ha centrado este trabajo en los condicionantes hidrológicos que tienen influencia sobre la misma. Por ello, se han realizado un estudio hidrológico e hidráulico, con el objetivo de obtener los calados que se generan en el interior de la PSFV, así como para la delimitación de los cauces públicos de la red hidrográfica con una incidencia directa sobre la planta, para poder definir el layout definitivo.

En este apartado se ha explicado el análisis pluviométrico realizado, así como el cálculo de los caudales de cada uno de los cauces que influyen en el área de estudio para distintos periodos de retorno.

6.1. Descripción del estudio

El estudio hidrológico se realiza con el objetivo de obtener los caudales de avenida e hidrogramas de diseño que se producen como consecuencia de la generación de un evento tormentoso de carácter extremo en las cuencas de aportación del área de estudio. Para ello, se han seguido los siguientes pasos.

En primer lugar, se ha analizado la red hidrográfica que tiene incidencia sobre la planta, y se han delimitado las cuencas vertientes asociadas a los cauces estudiados, a partir de la información topográfica disponible. Para estas cuencas se ha hallado su tiempo de concentración, que es un parámetro fundamental para este tipo de estudios, y que equivale al tiempo que tarda una gota de agua en recorrer la totalidad de la cuenca desde el punto más alejado.

Seguidamente, se ha realizado un análisis pluviométrico, en el que se han calculado las precipitaciones máximas anuales asociadas a distintos periodos de retorno (Máxima Crecida Ordinaria (MCO), 100 y 500 años), a partir de los valores de los registros históricos de las estaciones seleccionadas, de la información disponible en el software CAUMAX y de la cobertura ráster realizada por la Junta de Andalucía (REDIAM), escogiendo los valores máximos de precipitación obtenidos, los cuales son los más desfavorables.

Una vez hallados los valores de precipitaciones máximas, se han obtenido las lluvias de proyecto mediante el método de los bloques alternos para los periodos de retorno expuestos en el párrafo anterior. Con este proceso se han representado los hietogramas correspondientes a la lluvia bruta.

Para el cálculo de la lluvia neta de la zona estudiada, se ha aplicado el método del SCS de pérdidas de precipitación, con el cálculo previo de dos parámetros importantes, que son el umbral de escorrentía y el número de curva de la zona estudiada.

Por último, se han calculado los caudales máximos anuales asociados a los cauces públicos de la red hidrográfica definida para los periodos de retorno de MCO, 100 y 500 años mediante el Método Racional Modificado y el método del Hidrograma Unitario, escogiendo los valores máximos de caudal obtenidos, por ser estos los más desfavorables.

En cada uno de los apartados siguientes se explica detalladamente cada uno de estos procesos, así como cada uno de los parámetros utilizados en el estudio.

6.2. Ámbito hidrográfico

El periodo de retorno asociado a la MCO se ha obtenido a partir de la información cartográfica disponible del Centro de Experimentación de Obras Públicas (CEDEX), que ha elaborado el siguiente mapa (*Ilustración 6.1*) en el que el territorio español queda dividido en distintas zonas, correspondiéndole un determinado periodo de retorno a cada una de ellas. Para el estudio realizado, se puede ver que la zona en la que se encuentra es la número 51, al que se le asocia un periodo de retorno para la MCO de 5 años.

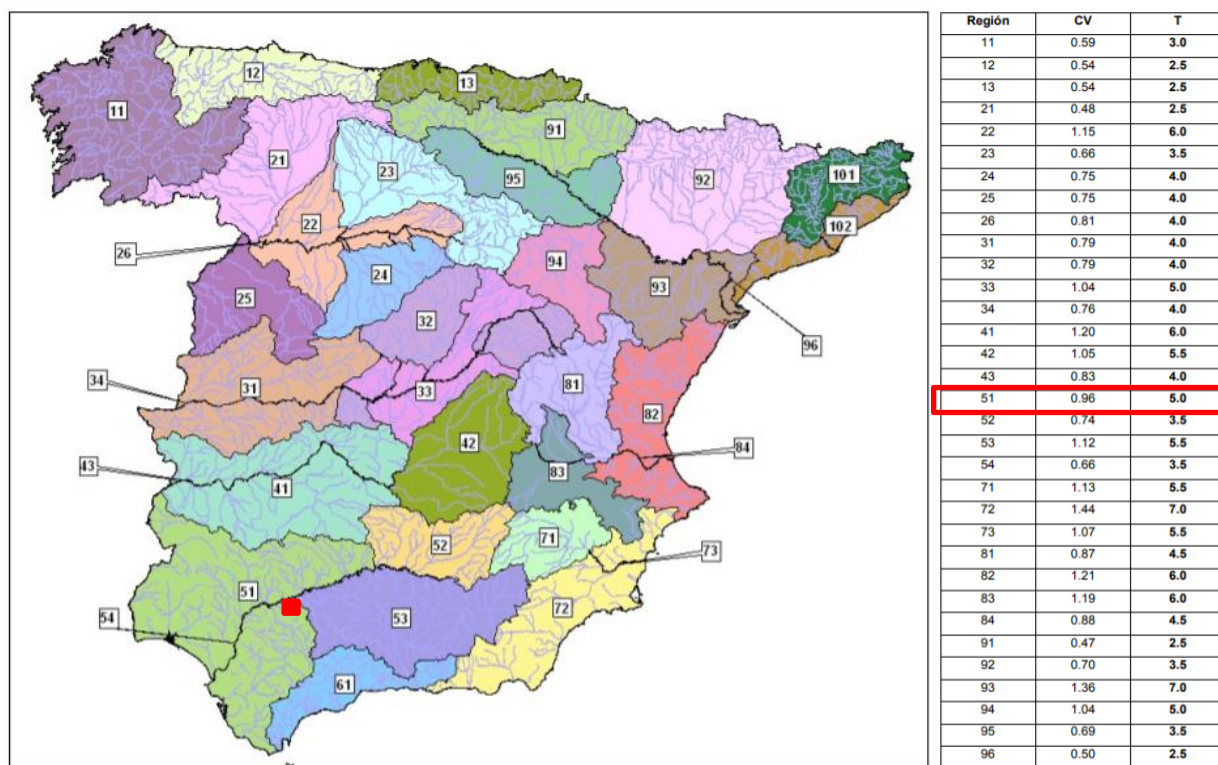


Ilustración 6.1. Mapa y tabla del CEDEX para el cálculo del periodo de retorno asociado a la MCO

6.3. Cartografía

Para el estudio hidrológico se ha utilizado el Modelo digital disponible en el Centro de Descarga del Centro Nacional de Información Geográfica del Instituto Geográfico Nacional del Ministerio de Fomento del Gobierno de España, con un paso de malla de 5 x 5 metros. Se adjunta una imagen (*Ilustración 6.2*) del MDT05 utilizado para la zona de estudio.

Analizando el terreno, se puede apreciar que la alternativa 2, situada más hacia el sur de la zona de estudio es la que se encuentra en la zona más elevada, con elevaciones próximas a los 270 metros, y con un terreno más escarpado y con más pendientes que las otras alternativas.

La alternativa 1, situada al norte de la zona de estudio es la que presenta una superficie más plana, con pendientes más suaves y con elevaciones que van desde los 170 hasta los 200 metros aproximadamente.

La alternativa 3 se encuentra próxima a la primera, situándose en la vaguada correspondiente al arroyo de la Albina, con unas elevaciones menores que las del resto de alternativas y unas pendientes relativamente suaves, excepto en algunos montículos en sus bordes exteriores.

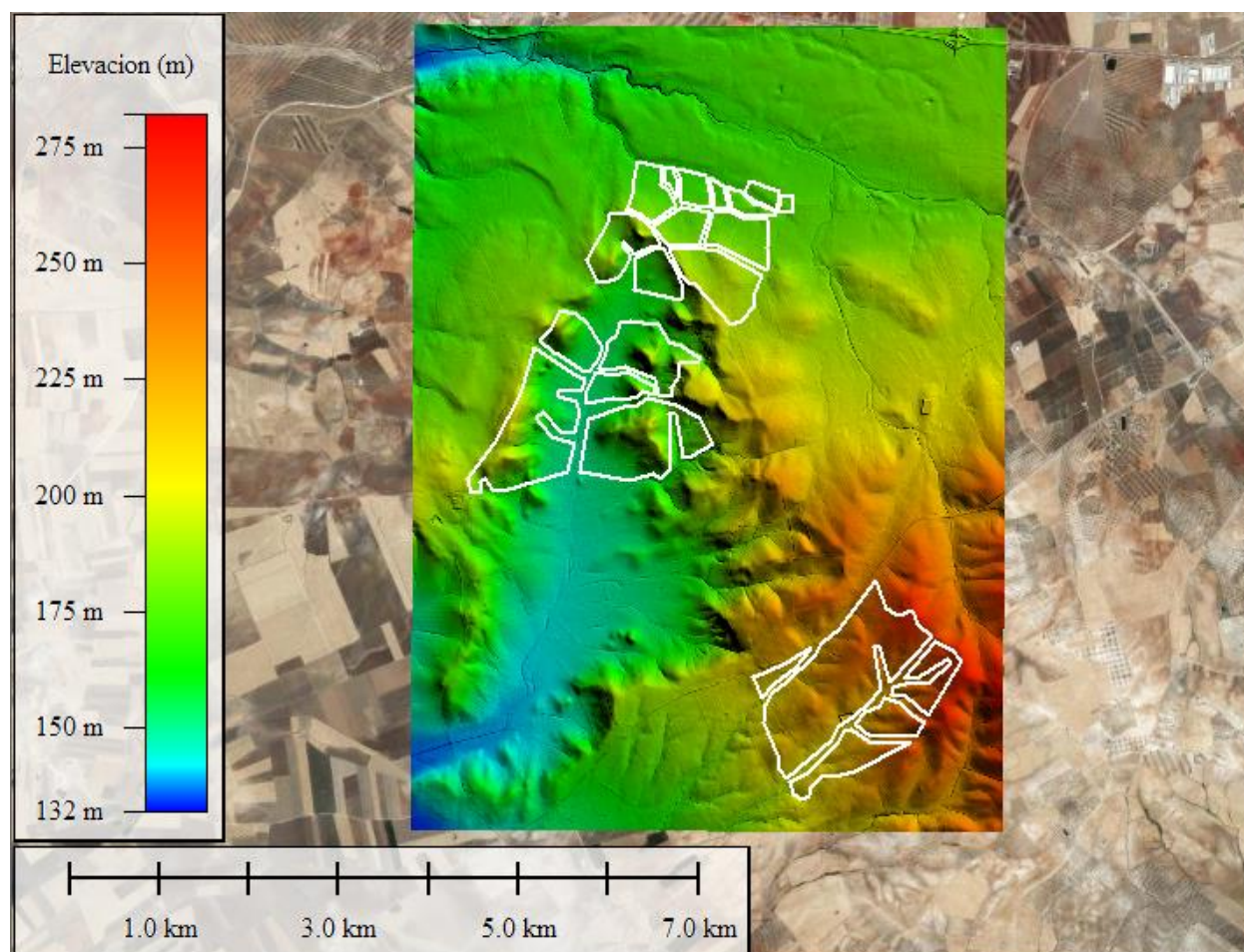


Ilustración 6.2. Modelo Digital del Terreno MDT05 en la zona de estudio

6.4. Red hidrográfica y cuencas vertientes

En primer lugar, se han definido la red hidrográfica y las cuencas vertientes que tienen influencia directa sobre la planta. La red hidrográfica se ha obtenido del organismo de cuenca correspondiente, en este caso de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (CHG). También se han utilizado la red hidrográfica del CNIG, la de la REDIAM y la del IGN como métodos de comparación, observando que la correspondiente a la confederación es más restrictiva y actual.

Para la alternativa 1 tienen influencia directa sobre la planta cinco cauces de dominio público, el Arroyo de la Albina-Sevilla, en su parte sur, así como algunos arroyos innominados, tres en su parte noreste y un afluente del Arroyo de la Albina.

En la alternativa 2 se encuentran con influencia en la planta un total de siete arroyos de dominio público, destacando el Arroyo de Barcarrota y sus afluentes en la parte central, que recorren la planta en toda su extensión, así como un arroyo en su parte oeste.

Por último, en la alternativa 3 se puede ver que el Arroyo de la Albina-Sevilla transcurre por la zona central de la planta, así como diez de sus regajos afluentes a ambos lados del cauce principal.

Además de estos cauces de dominio público reconocidos por la confederación, pueden encontrarse otros regajos que aporten escorrentía a la planta, y que no sean denotados como cauces de dominio público, que se verán más adelante a la hora de obtener los resultados del modelo hidráulico.

En las siguientes imágenes (*Ilustración 6.3 a Ilustración 6.5*), pueden verse las redes hidrográficas para cada una de las alternativas.

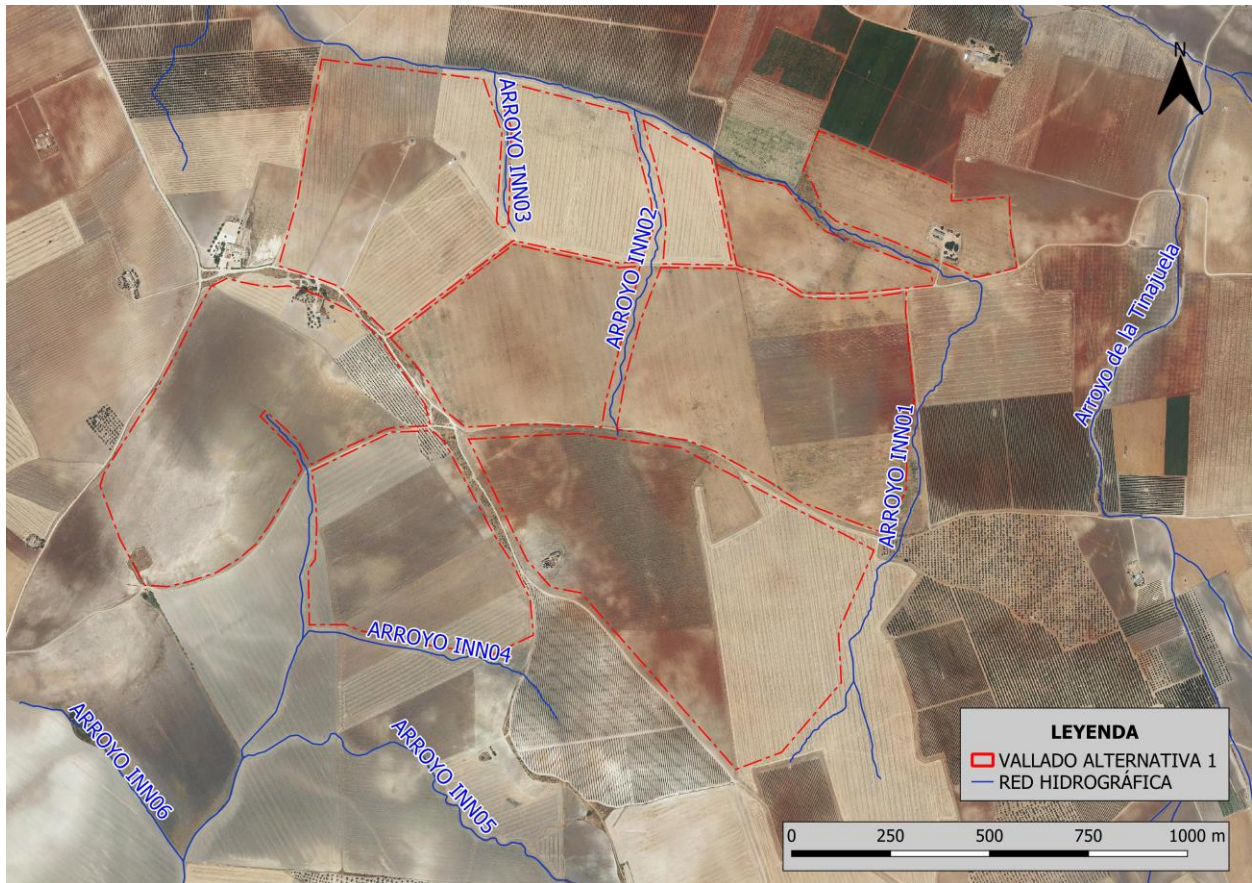


Ilustración 6.3. Red hidrográfica para la alternativa 1

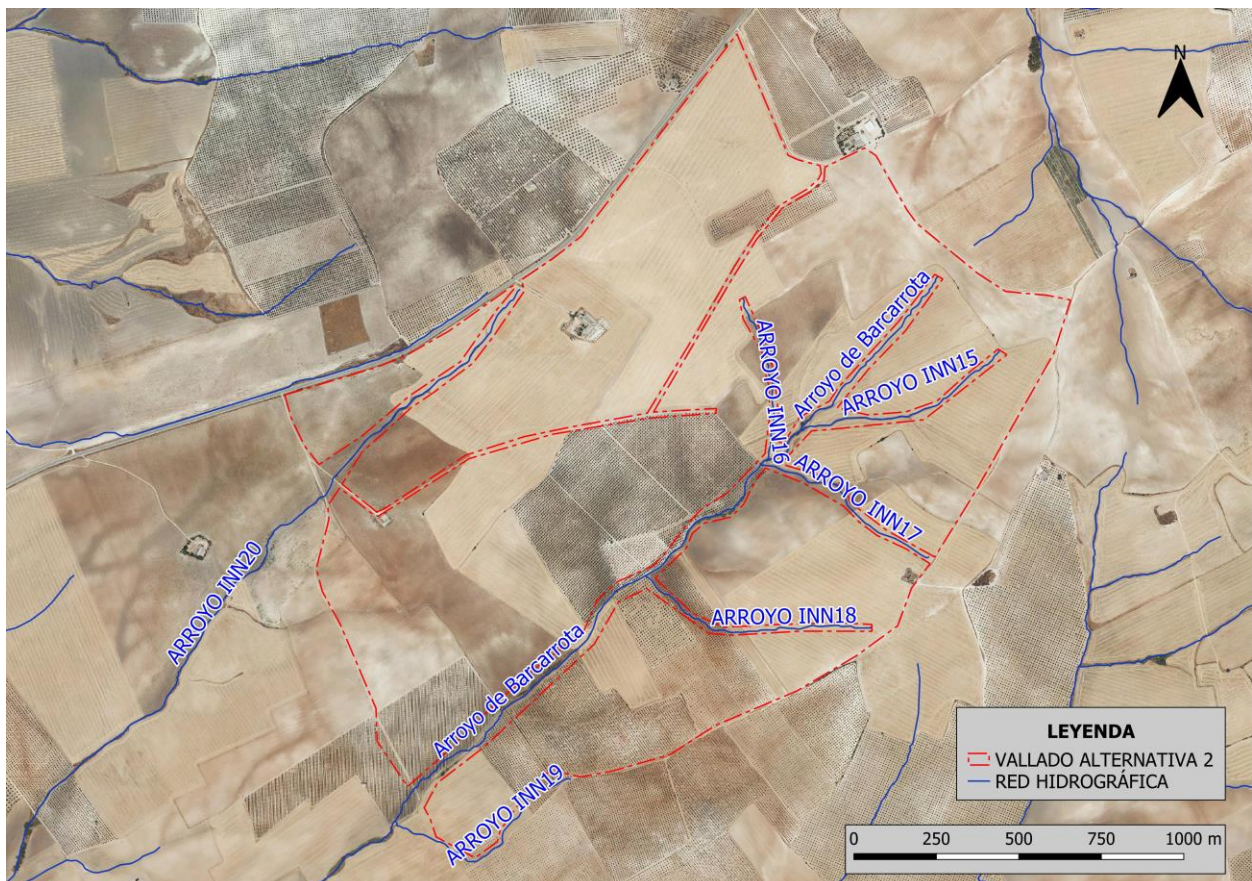


Ilustración 6.4. Red hidrográfica para la alternativa 2

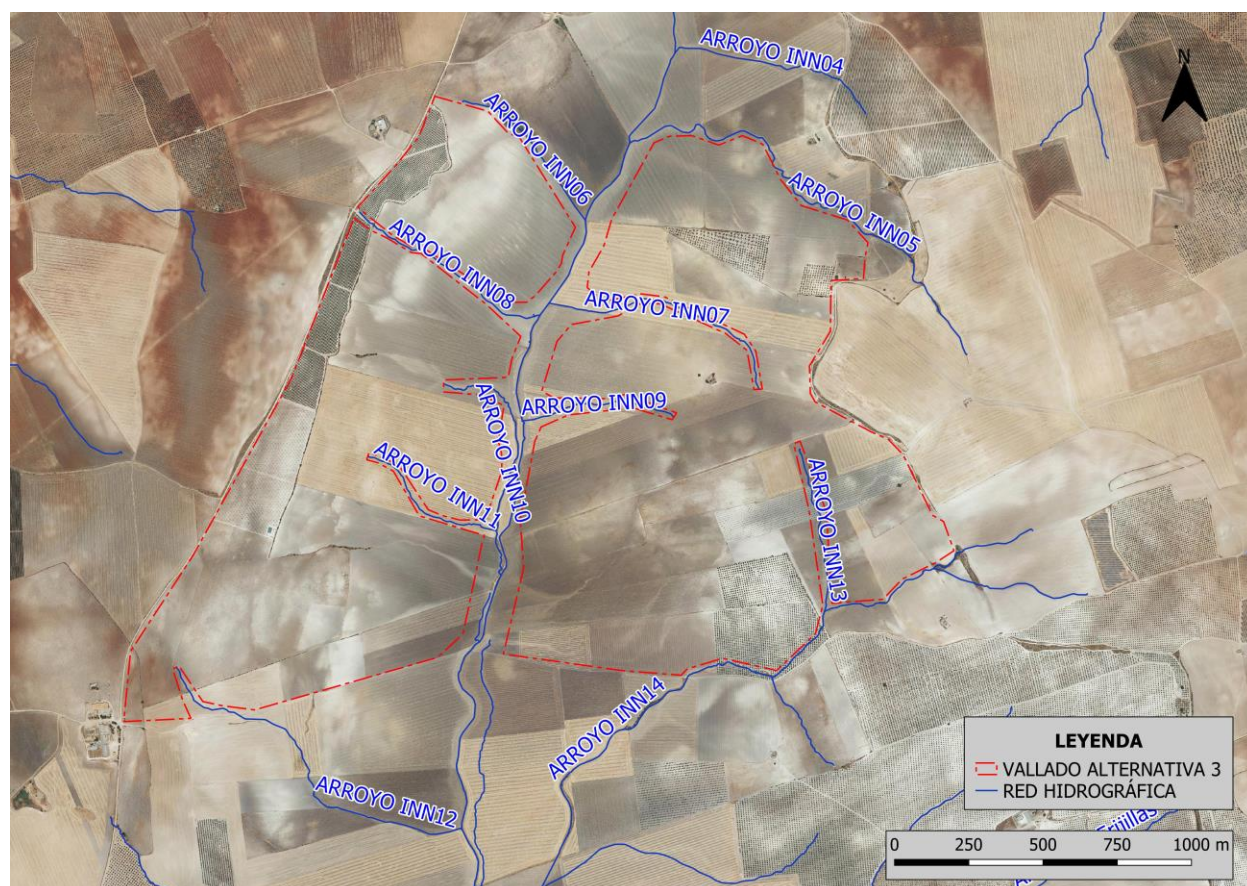


Ilustración 6.5. Red hidrográfica para la alternativa 3

Para la definición de las cuencas vertientes de cada uno de los cauces estudiados, se ha utilizado el MDT y las curvas de nivel expuestos en los anteriores apartados. A partir de estas curvas, con las que se pueden localizar fácilmente las direcciones del flujo, y teniendo en cuenta los puntos de desagüe de cada cuenca, se han definido las cuencas vertientes para cada una de las alternativas.

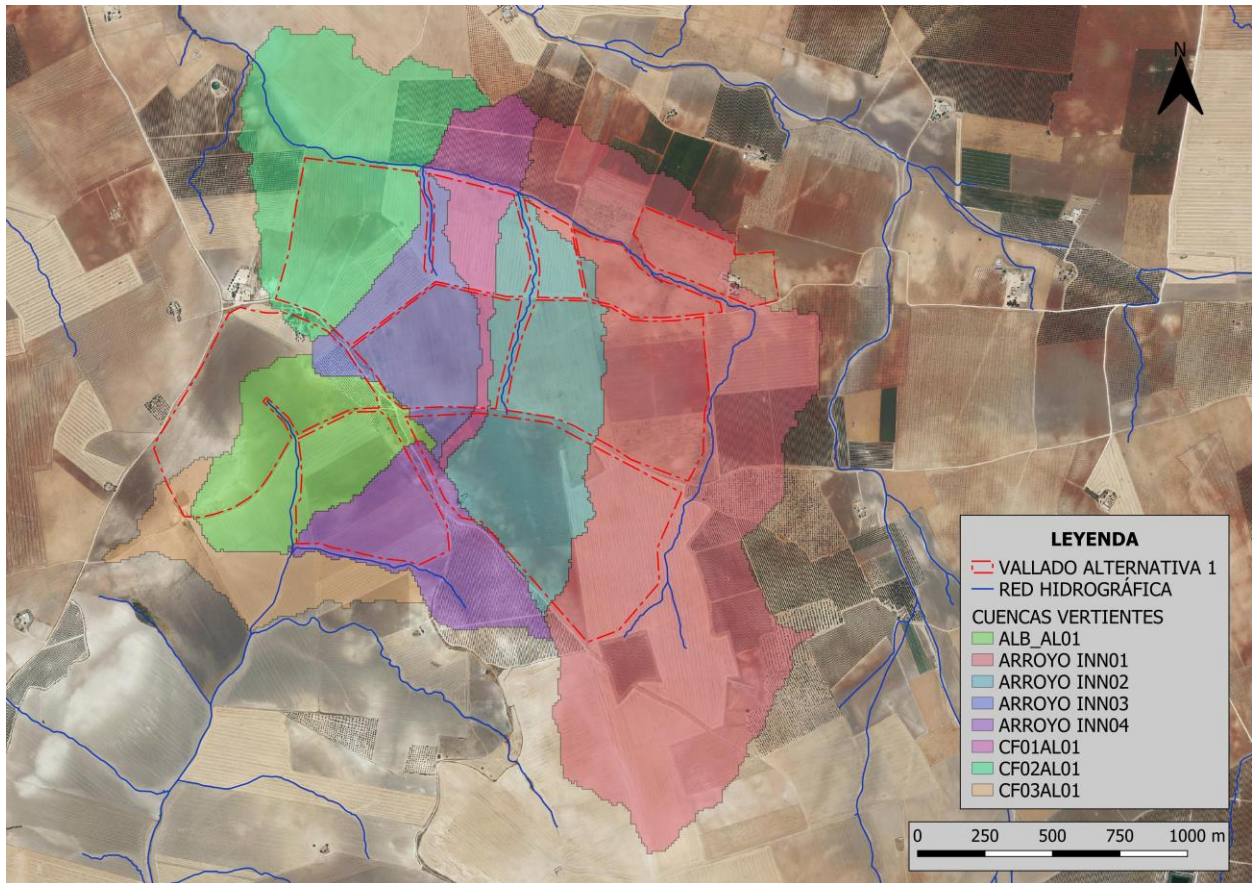


Ilustración 6.6. Cuencas vertientes para la alternativa 1

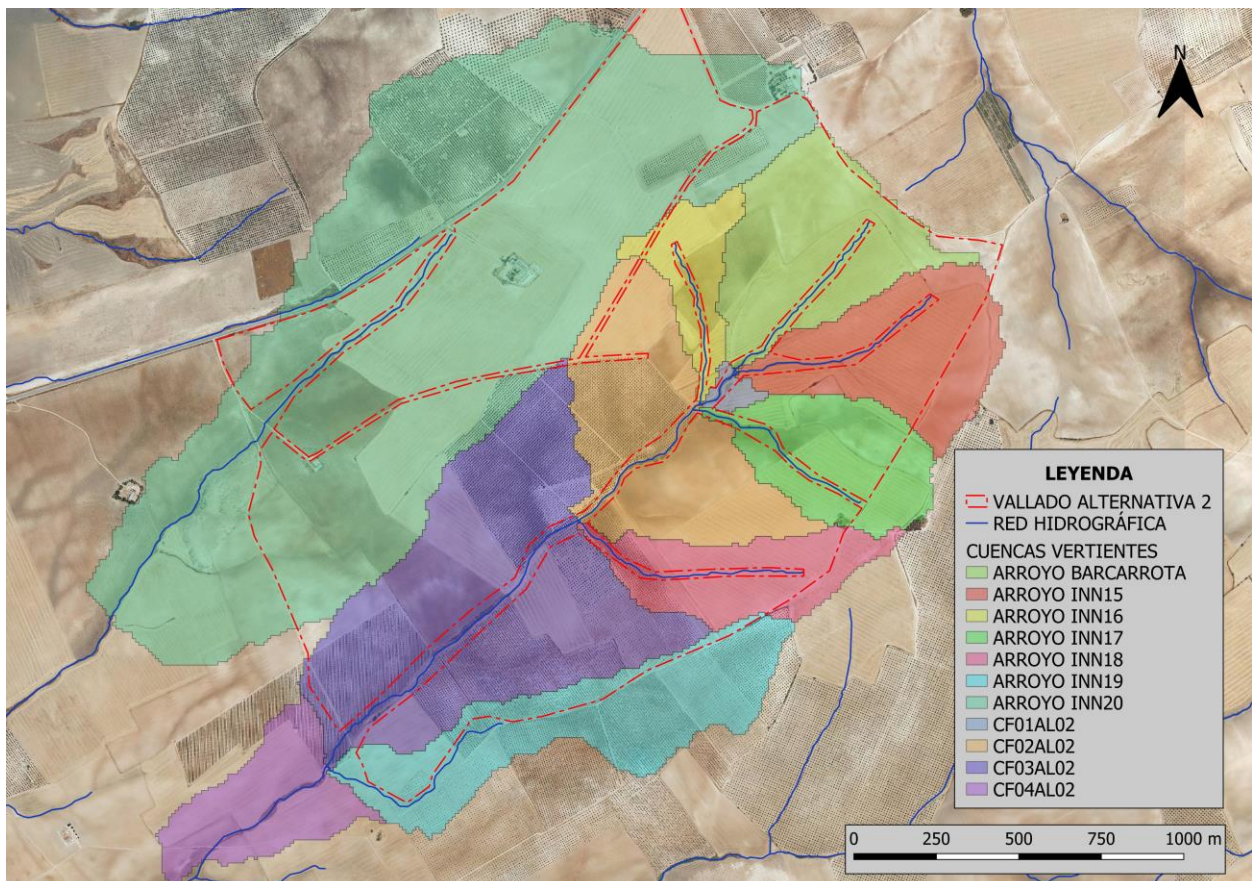


Ilustración 6.7. Cuencas vertientes para la alternativa 2

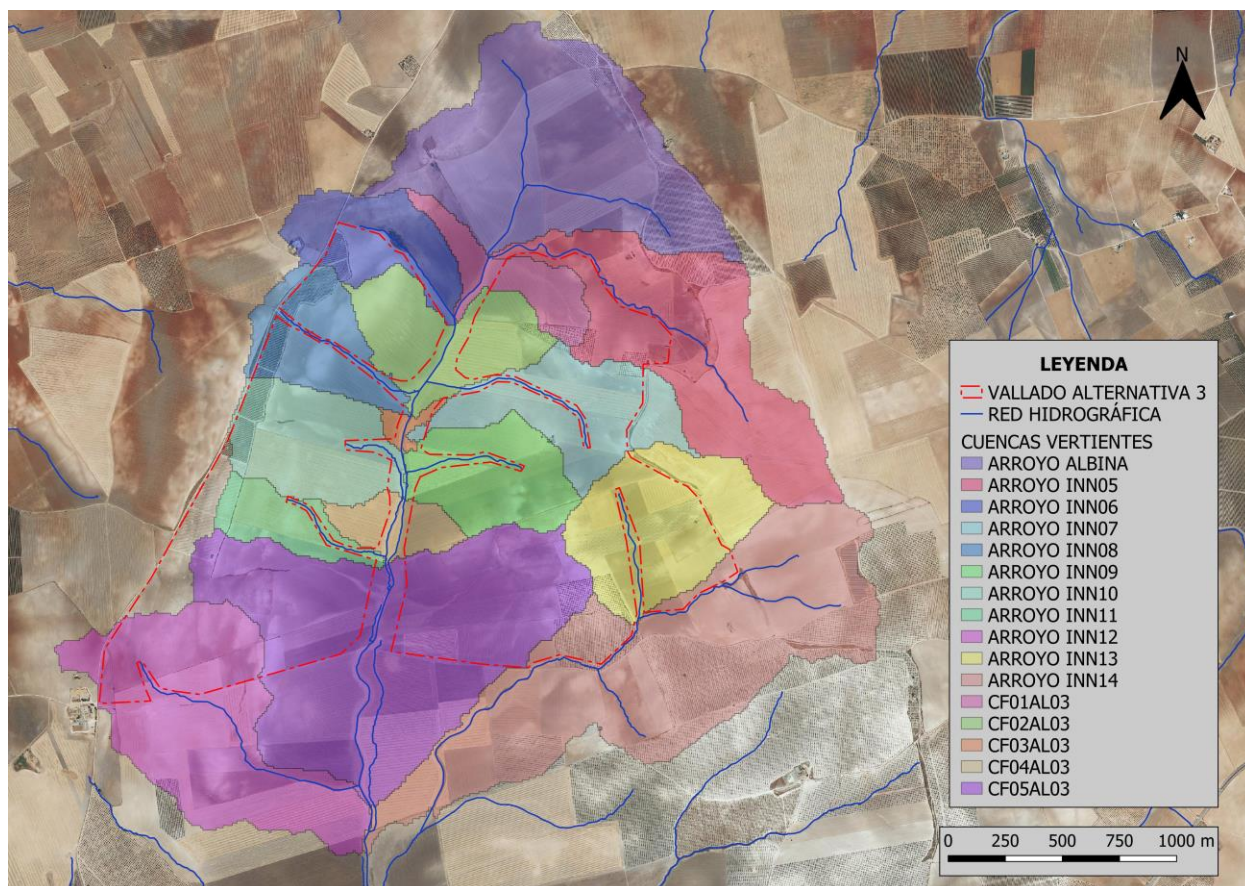


Ilustración 6.8. Cuencas vertientes para la alternativa 3

Un parámetro fundamental en los estudios hidrológicos es el tiempo de concentración de las cuencas. Este parámetro se define como el tiempo que tarda una gota en llegar al punto de desagüe desde el punto de la cuenca hidrológicamente más alejado, es decir, es el tiempo mínimo necesario para que toda la superficie de la cuenca esté aportando escorrentía en el punto de desagüe. Es un parámetro independiente de la cantidad de agua que cae, dependiendo únicamente de las características morfológicas de la cuenca. Para su cálculo se han empleado las expresiones recogidas en la *Guía Técnica Recomanacions tècniques per als estudis d'inundabilitat d'àmbit local* (març 2003), de la Agència Catalana de l'Aigua.

- Cuencas rurales, con un grado de urbanización no superior al 4% del área de la cuenca:

$$T_c = 0,3 \left(\frac{L}{J^{0,25}} \right)^{0,76}$$

- Cuencas urbanizadas, con un grado de urbanización superior al 4% del área de la cuenca y con urbanizaciones independientes que tengan un alcantarillado de pluviales no unificado o completo. Curso principal no revertido de material impermeable y de escasa rugosidad como el hormigón:

$$T_c = \frac{1}{1 + \sqrt{\mu(2 - \mu)}} 0,3 \left(\frac{L}{J^{0,25}} \right)^{0,76}$$

- Cuencas urbanas, con un grado de urbanización superior al 4% del área de la cuenca, con alcantarillado completo y/o curso principal canalizado, impermeable y de escasa rugosidad:

$$T_c = \frac{1}{1 + 3\sqrt{\mu(2 - \mu)}} 0,3 \left(\frac{L}{J^{0,25}} \right)^{0,76}$$

Donde,

- T_c : Tiempo de concentración expresado en horas.
- L : Longitud del curso principal expresado en km.

- J : Pendiente media del curso principal expresado en tanto por uno, m/m.
- μ : Grado de urbanización de la cuenca expresado en tanto por uno, km²/km².

Seguidamente, se muestran tres tablas (Tabla 6.1 a Tabla 6.3) en las que se incluyen las características fundamentales de cada una de las cuencas estudiadas, incluido el tiempo de concentración, una por cada alternativa analizada.

CUENCA	A (Ha)	Z _{MÁX} (m)	Z _{MÍN} (m)	L (m)	% URBANIZACIÓN	T _c (h)
Arroyo de la Albina	37.61	195.88	159.41	611.94	0.00%	0.35
Arroyo INN01	174.54	215.48	169.38	2,722.24	0.00%	1.39
Arroyo INN02	53.59	198.85	169.51	1,205.04	0.00%	0.70
Arroyo INN03	30.31	195.90	168.11	663.61	0.00%	0.40
Arroyo INN04	30.12	200.65	159.31	734.67	0.00%	0.41
CF01AL01	20.77	194.46	167.96	373.15	0.00%	0.23
CF02AL01	63.61	192.36	163.78	895.99	0.00%	0.53
CF03AL01	22.15	188.96	157.42	348.18	0.00%	0.21

Tabla 6.1. Parámetros característicos de las cuencas vertientes de la alternativa 1

CUENCA	A (Ha)	Z _{MÁX} (m)	Z _{MÍN} (m)	L (m)	% URBANIZACIÓN	T _c (h)
Arroyo de Barcarrota	27.95	269.89	229.07	648.68	0.00%	0.37
Arroyo INN15	24.65	274.05	228.77	688.90	0.00%	0.38
Arroyo INN16	10.1	259.77	224.77	519.75	0.00%	0.30
Arroyo INN17	19.64	270.49	224.70	613.88	0.00%	0.34
Arroyo INN18	17.56	266.05	214.89	760.66	0.00%	0.41
Arroyo INN19	32.89	254.63	194.61	1,090.28	0.00%	0.56
Arroyo INN20	179.49	269.89	185.68	2,427.67	16.74%	0.72
CF01AL02	1.61	237.04	224.88	150.57	0.00%	0.11
CF02AL02	35.04	256.95	214.67	515.77	0.00%	0.29
CF03AL02	65.83	241.55	194.34	1,109.08	0.00%	0.59
CF04AL02	16.85	205.26	180.35	560.23	0.00%	0.35

Tabla 6.2. Parámetros característicos de las cuencas vertientes de la alternativa 2

CUENCA	A (Ha)	Z _{MÁX} (m)	Z _{MÍN} (m)	L (m)	% URBANIZACIÓN	T _c (h)
Arroyo de la Albina	89.88	200.65	157.42	960.12	0.00%	0.52
Arroyo INN05	69.84	218.98	157.42	1,654.91	0.00%	0.82
Arroyo INN06	25.17	195.49	155.24	605.03	0.00%	0.34
Arroyo INN07	35.71	209.19	152.30	884.39	0.00%	0.46
Arroyo INN08	25.64	195.59	152.71	715.15	0.00%	0.40
Arroyo INN09	28.77	199.18	151.18	537.95	0.00%	0.30
Arroyo INN10	31.95	201.11	151.05	627.08	0.00%	0.34

CUENCA	A (Ha)	Z _{MÁX} (m)	Z _{MÍN} (m)	L (m)	% URBANIZACIÓN	T _c (h)
Arroyo INN11	14.37	202.14	149.91	545.11	0.00%	0.30
Arroyo INN12	73.03	200.53	145.26	1,245.09	0.00%	0.64
Arroyo INN13	44.81	216.49	165.58	572.66	0.00%	0.31
Arroyo INN14	120.44	231.57	145.26	2,566.83	2.08%	1.17
CF01AL03	16.27	192.89	155.05	307.90	0.00%	0.18
CF02AL03	31.89	191.63	152.68	471.81	0.00%	0.27
CF03AL03	2.73	154.40	151.93	158.00	0.00%	0.16
CF04AL03	11.72	177.93	149.85	300.91	0.00%	0.19
CF05AL03	122.06	201.17	146.19	1,120.62	0.00%	0.58

Tabla 6.3. Parámetros característicos de las cuencas vertientes de la alternativa 3

6.5. Análisis pluviométrico

El objetivo del análisis pluviométrico es la obtención de los hietogramas de precipitación asociados a cada uno de los periodos de retorno analizados. Para ello, es preciso el cálculo de la precipitación máxima diaria de cada una de las cuencas para cada periodo de retorno.

6.5.1. Precipitaciones máximas diarias

La precipitación máxima diaria asociada a un determinado periodo de retorno representa el mayor valor de precipitación que puede registrarse atendiendo a una probabilidad o frecuencia de ocurrencia concreta.

El cálculo de las precipitaciones máximas diarias de cada una de las cuencas se ha realizado por distintas metodologías, escogiendo como valor final de diseño el máximo valor obtenido, que equivale al más desfavorable. Las metodologías usadas han sido las siguientes:

- Cobertura raster de precipitación máxima diaria del CAUMAX
- Cobertura raster de precipitación máxima diaria de la REDIAM
- Estudio estadístico de precipitaciones

La metodología seguida con las coberturas raster para obtener el valor medio en cada una de las cuencas hidrográficas de estudio ha sido la siguiente:

1. Recorte de la capa ráster completa dentro de los límites de la cuenca hidrográfica que drena a través de la zona de estudio.
2. Tratamiento estadístico del recorte resultante para la obtención de un valor medio en toda la superficie de la cuenca.

Para la explicación de la metodología del estudio estadístico de precipitaciones se ha creado el *Anexo A. Estudio estadístico de precipitaciones*, adjuntado al final de este documento.

En las siguientes tablas (*Tabla 6.4 a Tabla 6.6*) se recogen los resultados obtenidos para cada una de las metodologías.

CUENCA	T (años)	P _{d,CAUMAX} (mm)	P _{d,REDIAM} (mm)	P _{d,ESTADISTICO} (mm)	P _d (mm)
Arroyo de la Albina	5 (MCO)	60	71.68	73.89	73.89
	100	111	142.31	148.37	148.37
	500	141	187.37	205.03	205.03

CUENCA	T (años)	P _{d,CAUMAX} (mm)	P _{d,REDIAM} (mm)	P _{d,ESTADISTICO} (mm)	P _d (mm)
Arroyo INN01	5 (MCO)	60	71.54	73.89	73.89
	100	111	142.17	148.37	148.37
	500	141	187.24	205.03	205.03
Arroyo INN02	5 (MCO)	60	71.63	73.89	73.89
	100	111	142.25	148.37	148.37
	500	141	187.3	205.03	205.03
Arroyo INN03	5 (MCO)	60	71.7	73.89	73.89
	100	111	142.3	148.37	148.37
	500	141	187.35	205.03	205.03
Arroyo INN04	5 (MCO)	60	71.6	73.89	73.89
	100	111	142.25	148.37	148.37
	500	141	187.32	205.03	205.03
CF01AL01	5 (MCO)	60	71.72	73.89	73.89
	100	111	142.31	148.37	148.37
	500	141	187.33	205.03	205.03
CF02AL01	5 (MCO)	60	71.78	73.89	73.89
	100	111	142.35	148.37	148.37
	500	141	187.37	205.03	205.03
CF03AL01	5 (MCO)	60	71.65	73.89	73.89
	100	111	142.3	148.37	148.37
	500	141	187.38	205.03	205.03

Tabla 6.4. Precipitación máxima diaria para las cuencas de la alternativa 1

CUENCA	T (años)	P _{d,CAUMAX} (mm)	P _{d,REDIAM} (mm)	P _{d,ESTADISTICO} (mm)	P _d (mm)
Arroyo de Barcarrota	5 (MCO)	60	70.86	73.89	73.89
	100	111	141.52	148.37	148.37
	500	141	186.63	205.03	205.03
Arroyo INN15	5 (MCO)	60	70.79	73.89	73.89
	100	111	141.42	148.37	148.37
	500	141	186.52	205.03	205.03
Arroyo INN16	5 (MCO)	60	70.89	73.89	73.89
	100	111	141.55	148.37	148.37
	500	141	186.66	205.03	205.03
Arroyo INN17	5 (MCO)	60	70.77	73.89	73.89
	100	111	141.38	148.37	148.37
	500	141	186.48	205.03	205.03
Arroyo INN18	5 (MCO)	60	70.75	73.89	73.89
	100	111	141.34	148.37	148.37
	500	141	186.41	205.03	205.03
Arroyo INN19	5 (MCO)	60	70.74	73.89	73.89
	100	111	141.26	148.37	148.37
	500	141	186.3	205.03	205.03

CUENCA	T (años)	P _{d,CAUMAX} (mm)	P _{d,REDIAM} (mm)	P _{d,ESTADISTICO} (mm)	P _d (mm)
Arroyo INN20	5 (MCO)	60	70.96	73.89	73.89
	100	111	141.6	148.37	148.37
	500	141	186.7	205.03	205.03
CF01AL02	5 (MCO)	60	70.84	73.89	73.89
	100	111	141.49	148.37	148.37
	500	141	186.6	205.03	205.03
CF02AL02	5 (MCO)	60	70.84	73.89	73.89
	100	111	141.48	148.37	148.37
	500	141	186.58	205.03	205.03
CF03AL02	5 (MCO)	60	70.83	73.89	73.89
	100	111	141.41	148.37	148.37
	500	141	186.47	205.03	205.03
CF04AL02	5 (MCO)	60	70.82	73.89	73.89
	100	111	141.37	148.37	148.37
	500	141	186.41	205.03	205.03

Tabla 6.5. Precipitación máxima diaria para las cuencas de la alternativa 2

CUENCA	T (años)	P _{d,CAUMAX} (mm)	P _{d,REDIAM} (mm)	P _{d,ESTADISTICO} (mm)	P _d (mm)
Arroyo de la Albina	5 (MCO)	60	71.65	73.89	73.89
	100	111	142.29	148.37	148.37
	500	141	187.35	205.03	205.03
Arroyo INN05	5 (MCO)	60	71.5	73.89	73.89
	100	111	142.16	148.37	148.37
	500	141	187.25	205.03	205.03
Arroyo INN06	5 (MCO)	60	71.67	73.89	73.89
	100	111	142.34	148.37	148.37
	500	141	187.43	205.03	205.03
Arroyo INN07	5 (MCO)	60	71.52	73.89	73.89
	100	111	142.21	148.37	148.37
	500	141	187.31	205.03	205.03
Arroyo INN08	5 (MCO)	60	71.66	73.89	73.89
	100	111	142.35	148.37	148.37
	500	141	187.46	205.03	205.03
Arroyo INN09	5 (MCO)	60	71.52	73.89	73.89
	100	111	142.22	148.37	148.37
	500	141	187.33	205.03	205.03
Arroyo INN10	5 (MCO)	60	71.61	73.89	73.89
	100	111	142.33	148.37	148.37
	500	141	187.45	205.03	205.03
Arroyo INN11	5 (MCO)	60	71.59	73.89	73.89
	100	111	142.32	148.37	148.37
	500	141	187.46	205.03	205.03

CUENCA	T (años)	P _{d,CAUMAX} (mm)	P _{d,REDIAM} (mm)	P _{d,ESTADISTICO} (mm)	P _d (mm)
Arroyo INN12	5 (MCO)	60.8	71.52	73.89	73.89
	100	111.8	142.31	148.37	148.37
	500	142.2	187.48	205.03	205.03
Arroyo INN13	5 (MCO)	60	71.43	73.89	73.89
	100	111	142.11	148.37	148.37
	500	141	187.22	205.03	205.03
Arroyo INN14	5 (MCO)	60	71.36	73.89	73.89
	100	111	142.06	148.37	148.37
	500	141	187.18	205.03	205.03
CF01AL03	5 (MCO)	60	71.61	73.89	73.89
	100	111	142.28	148.37	148.37
	500	141	187.36	205.03	205.03
CF02AL03	5 (MCO)	60	71.61	73.89	73.89
	100	111	142.29	148.37	148.37
	500	141	187.39	205.03	205.03
CF03AL03	5 (MCO)	60	71.58	73.89	73.89
	100	111	142.29	148.37	148.37
	500	141	187.4	205.03	205.03
CF04AL03	5 (MCO)	60	71.53	73.89	73.89
	100	111	142.25	148.37	148.37
	500	141	187.38	205.03	205.03
CF05AL03	5 (MCO)	60	71.49	73.89	73.89
	100	111	142.23	148.37	148.37
	500	141	187.37	205.03	205.03

Tabla 6.6. Precipitación máxima diaria para las cuencas de la alternativa 3

Tal como puede comprobarse, los valores de diseño vienen aportados en todos los casos por el estudio estadístico realizado, el cual aporta valores más actuales y realistas, siendo además el que aporta los valores máximos, es decir, los más desfavorables.

La mayor parte de los trabajos hidrológicos requieren la estimación de la lluvia sobre una determinada área, que será igual o menor que el correspondiente valor puntual calculado, debido al efecto de la no simultaneidad. La obtención de valores areales suele efectuarse mediante el uso de un factor reductor por el que se multiplican los valores puntuales previamente estimados. En España se emplea la expresión propuesta por Témez, en la que el factor reductor K_A es igual a:

$$K_A = 1 - \frac{\text{Log}(A)}{15} \quad \text{si } A > 1 \text{ km}^2$$

$$K_A = 1 \quad \text{si } A < 1 \text{ km}^2$$

Siendo A el área de la cuenca en km².

De esta forma, los valores de la precipitación de diseño corregidos arealmente son los mostrados en las siguientes tablas (Tabla 6.7 a Tabla 6.9).

CUENCA	K_A	$P_{dc,5}$ (mm)	$P_{dc,100}$ (mm)	$P_{dc,500}$ (mm)
Arroyo de la Albina	1.00	73.89	148.37	205.03
Arroyo INN01	0.98	72.70	145.98	201.72
Arroyo INN02	1.00	73.89	148.37	205.03
Arroyo INN03	1.00	73.89	148.37	205.03
Arroyo INN04	1.00	73.89	148.37	205.03
CF01AL01	1.00	73.89	148.37	205.03
CF02AL01	1.00	73.89	148.37	205.03
CF03AL01	1.00	73.89	148.37	205.03

Tabla 6.7. Corrección de las precipitaciones para la alternativa 1

CUENCA	K_A	$P_{dc,5}$ (mm)	$P_{dc,100}$ (mm)	$P_{dc,500}$ (mm)
Arroyo de Barcarrota	1.00	73.89	148.37	205.03
Arroyo INN15	1.00	73.89	148.37	205.03
Arroyo INN16	1.00	73.89	148.37	205.03
Arroyo INN17	1.00	73.89	148.37	205.03
Arroyo INN18	1.00	73.89	148.37	205.03
Arroyo INN19	1.00	73.89	148.37	205.03
Arroyo INN20	0.98	72.64	145.86	201.56
CF01AL02	1.00	73.89	148.37	205.03
CF02AL02	1.00	73.89	148.37	205.03
CF03AL02	1.00	73.89	148.37	205.03
CF04AL02	1.00	73.89	148.37	205.03

Tabla 6.8. Corrección de las precipitaciones para la alternativa 2

CUENCA	K_A	$P_{dc,5}$ (mm)	$P_{dc,100}$ (mm)	$P_{dc,500}$ (mm)
Arroyo de la Albina	1.00	73.89	148.37	205.03
Arroyo INN05	1.00	73.89	148.37	205.03
Arroyo INN06	1.00	73.89	148.37	205.03
Arroyo INN07	1.00	73.89	148.37	205.03
Arroyo INN08	1.00	73.89	148.37	205.03
Arroyo INN09	1.00	73.89	148.37	205.03
Arroyo INN10	1.00	73.89	148.37	205.03
Arroyo INN11	1.00	73.89	148.37	205.03
Arroyo INN12	1.00	73.89	148.37	205.03
Arroyo INN13	1.00	73.89	148.37	205.03
Arroyo INN14	0.99	73.49	147.57	203.93
CF01AL03	1.00	73.89	148.37	205.03
CF02AL03	1.00	73.89	148.37	205.03
CF03AL03	1.00	73.89	148.37	205.03
CF04AL03	1.00	73.89	148.37	205.03
CF05AL03	0.99	73.46	147.51	203.85

Tabla 6.9. Corrección de las precipitaciones para la alternativa 3

El hietograma calculado no tiene en cuenta las pérdidas de precipitación, es decir, es un hietograma para lluvia bruta. Sin embargo, en la realidad no toda el agua proveniente de una lluvia se convierte en escorrentía, sino que parte de ella se infiltra en el suelo, se evapora, etc. Por lo tanto, dependiendo de las características del suelo, se generará una lluvia neta o efectiva, la que produce escorrentía, que será mayor o menor en función de las abstracciones, cantidad de agua que queda retenida en el suelo, que se produzcan en la zona de estudio.

Estas abstracciones se tienen en cuenta mediante un modelo de pérdidas de precipitación que permita conocer la porción de precipitación que finalmente se convierte en escorrentía. El modelo de pérdidas de precipitación usado es el método del US SCS (1972), que evalúa las abstracciones mediante el empleo de un parámetro conocido como el número de curva de la cuenca. El valor de este parámetro se detalla en el apartado 6.6. *Pérdidas de precipitación*. Este método tiene en cuenta las siguientes variables:

- $F_a \rightarrow$ Retención acumulada, que supone parte de la precipitación bruta que queda retenida en el suelo.
- $S \rightarrow$ Retención potencial máxima, capaz de ser retenida en el suelo por abstracciones.
- $I_a \rightarrow$ Abstracción inicial, parte de la precipitación bruta retenida en el suelo antes de que se comience a generar escorrentía. Se considera igual a un parámetro conocido como umbral de escorrentía, que representa la precipitación máxima necesaria que caiga en el terreno para que se empiece a generar escorrentía.
- $P_{EFECTIVA} \rightarrow$ Precipitación efectiva o neta, que es la que genera escorrentía.
- $P_{TOTAL} \rightarrow$ Precipitación total, precipitación bruta total que cae sobre el terreno.

Una vez se definen estas variables, se explica el proceso a seguir en el método de las abstracciones. En primer lugar, a partir del número de curva, se calculan la retención potencial máxima y la abstracción inicial:

$$Retención\ potencial\ máxima \rightarrow S(mm) = \frac{25400}{CN} - 254$$

$$Abstracción\ inicial \rightarrow I_a = 0,20 \cdot S$$

En segundo lugar, se procede al cálculo de la precipitación acumulada a partir del hietograma de bloques alternos de precipitación total calculado anteriormente.

Seguidamente, se obtienen las abstracciones iniciales por bloques, siendo en los primeros bloques igual a la precipitación total y, una vez se supera el umbral de escorrentía, igual al valor máximo calculado.

La retención acumulada (F_a) se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$\frac{F_a}{S} = \frac{P_{EFECTIVA}}{P_{TOTAL} - I_a} \rightarrow \text{sustituyendo } P_{EFECTIVA} \text{ según:}$$

$$P_{TOTAL} = P_{EFECTIVA} + F_a + I_a \rightarrow P_{EFECTIVA} = P_{TOTAL} - F_a - I_a$$

A continuación, se obtiene la precipitación efectiva acumulada en cada bloque como:

$$P_{EFECTIVA} = P_{TOTAL} - I_a - F_a$$

Por último, se halla la precipitación efectiva incremental, así como las abstracciones (diferencia entre la precipitación total y efectiva en cada bloque).

Se adjuntan los resultados obtenidos de hietogramas de lluvia bruta y efectiva mediante el método de los bloques alternos y el método de las abstracciones del SCS en el *Anexo B. Hietogramas e hidrogramas*.

6.6. Pérdidas de precipitación

Las pérdidas de precipitación pueden tenerse en cuenta con un parámetro llamado umbral de escorrentía, o un parámetro alternativo denominado número de curva (CN). El umbral de escorrentía se define como la precipitación mínima que debe caer sobre una superficie para que se empiece a generar escorrentía, mientras que el número de curva se calcula a partir del umbral, mediante la metodología del SCS, en este caso, en condiciones normales de humedad. La conversión de un parámetro a otro se rige por la siguiente expresión:

$$P_0 = \frac{5000}{CN} - 50 \rightarrow CN = \frac{5000}{P_0 + 50}$$

El cálculo del umbral de escorrentía o número de curva de cada una de las cuencas se ha realizado por distintas metodologías, escogiendo como valor final de diseño el máximo valor obtenido, que equivale al más desfavorable. Las metodologías usadas han sido las siguientes:

- Cobertura raster del umbral de escorrentía del CAUMAX
- Cobertura raster del número de curva de la REDIAM

La metodología seguida con las coberturas raster para obtener el valor medio en cada una de las cuencas hidrográficas de estudio ha sido la siguiente:

1. Recorte de la capa ráster completa dentro de los límites de la cuenca hidrográfica que drena a través de la zona de estudio.
2. Tratamiento estadístico del recorte resultante para la obtención de un valor medio en toda la superficie de la cuenca.

El valor medio del número de curva para cada una de las cuencas estudiadas en cada una de las alternativas se incluye en las siguientes tablas (*Tabla 6.10 a Tabla 6.12*) y su distribución en el terreno puede verse claramente en las siguientes imágenes (*Ilustración 6.10 a Ilustración 6.12*). Puede comprobarse que en todos los casos se ha utilizado el valor del CN de la REDIAM como el parámetros de diseño, al ser este más desfavorable.

CUENCA	CAUMAX		REDIAM	CN elegido
	P ₀ (mm)	CN	CN	
Arroyo de la Albina	14.24	77.83	81.19	81.19
Arroyo INN01	14.63	77.36	83.33	83.33
Arroyo INN02	15.02	76.90	82.67	82.67
Arroyo INN03	15.47	76.37	83.66	83.66
Arroyo INN04	13.25	79.05	81.03	81.03
CF01AL01	15.23	76.65	83.83	83.83
CF02AL01	14.22	77.86	82.73	82.73
CF03AL01	13.06	79.29	82.22	82.22

Tabla 6.10. Números de curva para las cuencas de la alternativa 1

CUENCA	CAUMAX		REDIAM	CN elegido
	P ₀ (mm)	CN	CN	
Arroyo de Barcarrota	14.00	78.13	84.37	84.37
Arroyo INN15	13.82	78.35	80.34	80.34
Arroyo INN16	14.00	78.13	79.92	79.92
Arroyo INN17	13.75	78.43	80.61	80.61
Arroyo INN18	13.02	79.34	81.03	81.03
Arroyo INN19	12.23	80.35	81.44	81.44
Arroyo INN20	13.80	78.37	80.99	80.99
CF01AL02	14.00	78.13	74.69	78.13
CF02AL02	13.94	78.20	80.63	80.63
CF03AL02	13.71	78.48	80.88	80.88
CF04AL02	14.00	78.13	80.37	80.37

Tabla 6.11. Números de curva para las cuencas de la alternativa 2

CUENCA	CAUMAX		REDIAM	CN elegido
	P ₀ (mm)	CN	CN	
Arroyo de la Albina	13.62	78.59	81.39	81.39
Arroyo INN05	11.44	81.38	81.76	81.76
Arroyo INN06	13.79	78.38	81.61	81.61
Arroyo INN07	10.95	82.03	82.70	82.70
Arroyo INN08	12.00	80.65	81.51	81.51
Arroyo INN09	12.61	79.86	84.00	84.00
Arroyo INN10	10.75	82.30	82.17	82.30
Arroyo INN11	10.97	82.01	81.96	82.01
Arroyo INN12	11.61	81.16	82.41	82.41
Arroyo INN13	10.17	83.10	81.65	83.10
Arroyo INN14	11.16	81.75	82.81	82.81
CF01AL03	12.36	80.18	83.89	83.89
CF02AL03	12.60	79.87	83.74	83.74
CF03AL03	11.71	81.02	84.00	84.00
CF04AL03	12.64	79.82	84.00	84.00
CF05AL03	12.86	79.54	83.60	83.60

Tabla 6.12. Números de curva para las cuencas de la alternativa 3

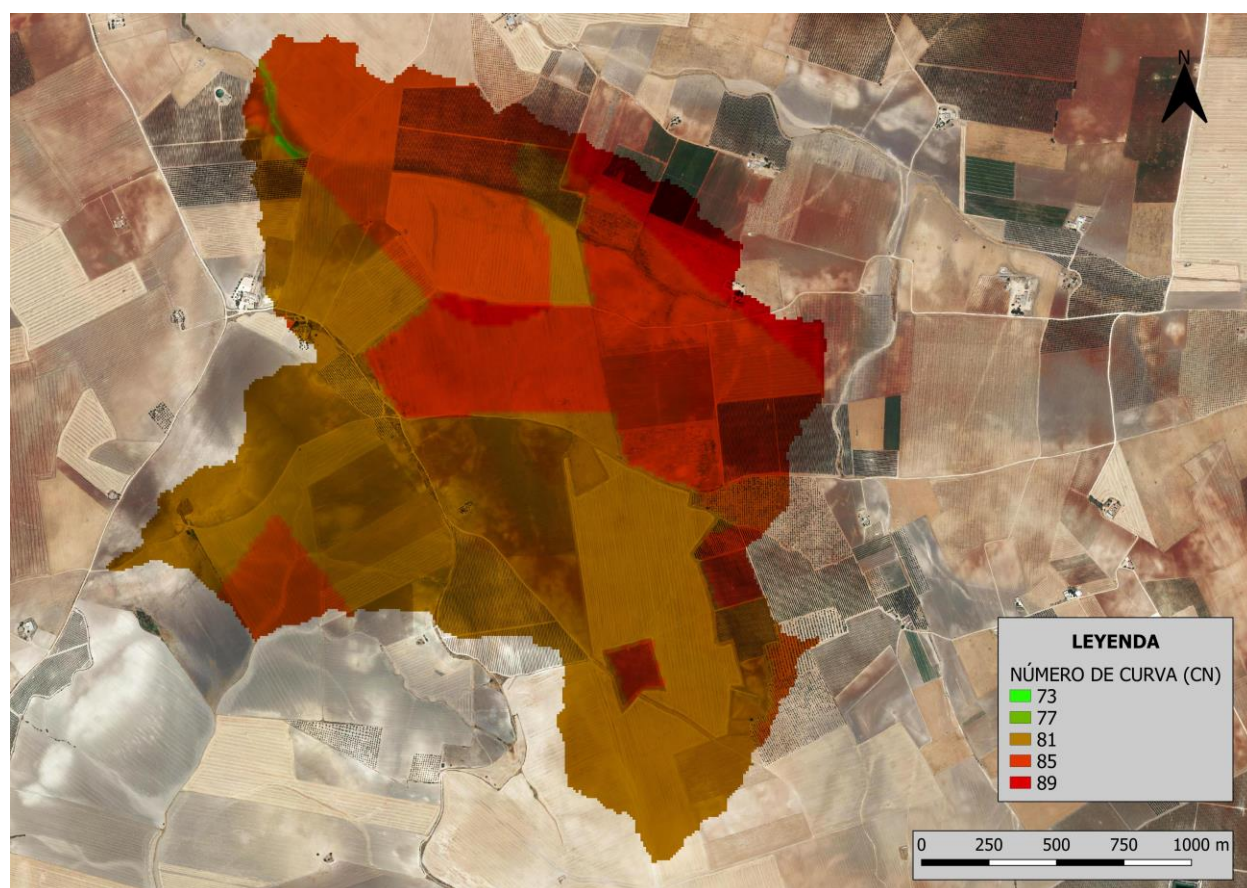


Ilustración 6.10. Número de curva (CN) para la alternativa 1

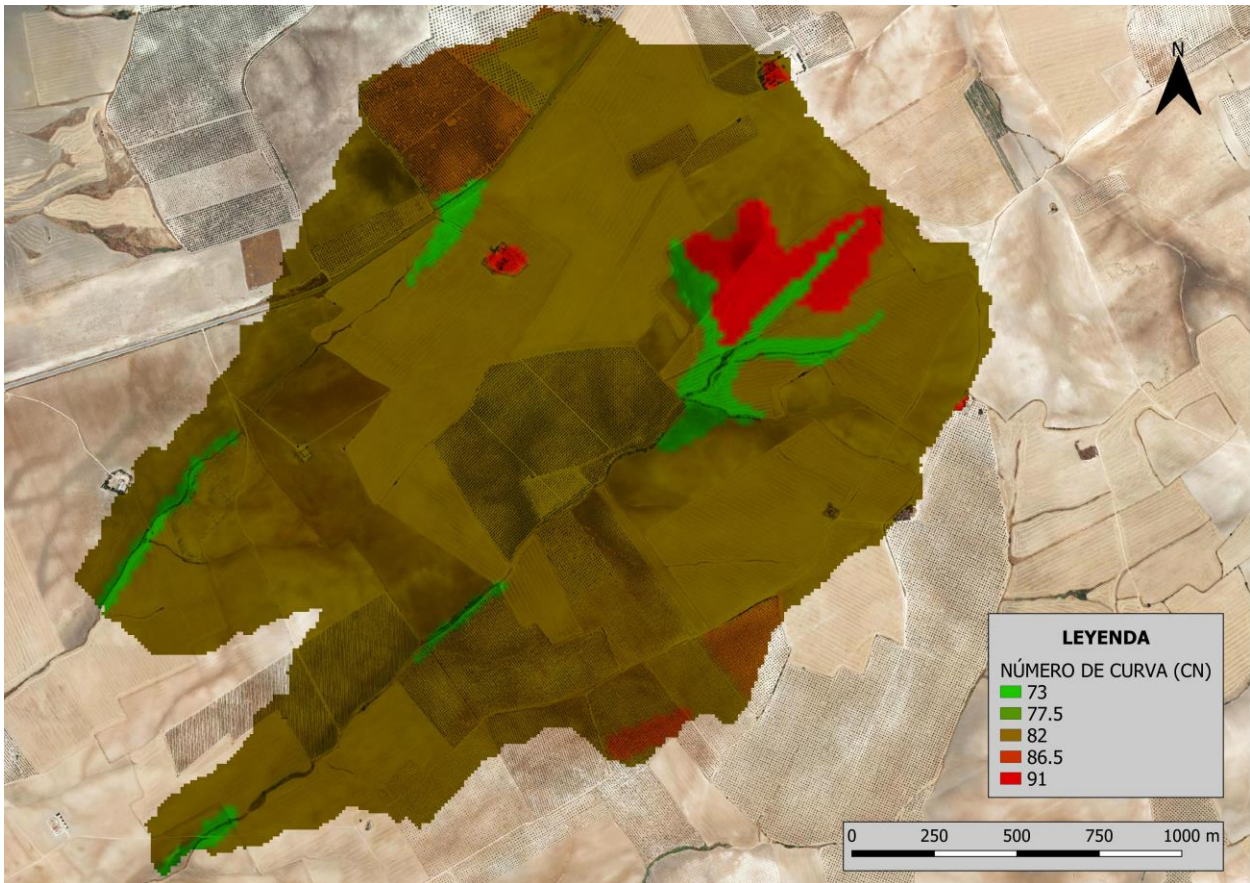


Ilustración 6.11. Número de curva (CN) para la alternativa 2

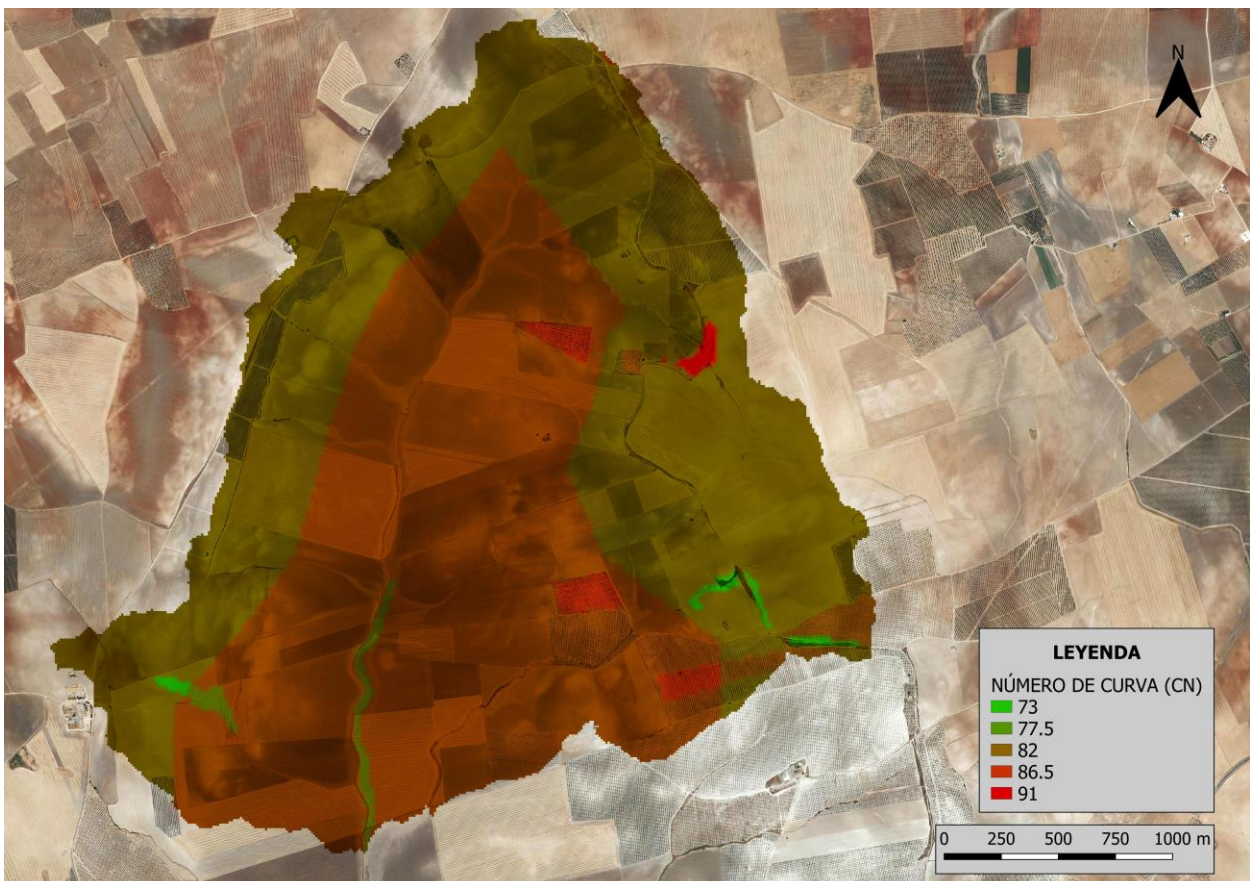


Ilustración 6.12. Número de curva (CN) para la alternativa 3

6.7. Cálculo de caudales e hidrogramas

Una vez obtenidos los hidrogramas de precipitación se han calculado los caudales e hidrogramas de precipitación para cada una de las cuencas de cada una de las alternativas asociados a cada uno de los periodos de retorno analizados. Se han realizado estos cálculos mediante el empleo de dos metodologías distintas, el Método Racional Modificado y el Hidrograma Unitario, comparando los valores de caudales punta y escogiendo el más desfavorable, es decir, el mayor de entre las dos metodologías.

6.7.1 Método Racional Modificado (MRM)

El método racional modificado fue elaborado para la Dirección General de Carreteras de España y se caracteriza por considerar una intensidad de precipitación uniforme en el tiempo sobre toda la superficie de la cuenca, con una duración del aguacero igual al tiempo de concentración de la misma.

La fórmula que rige el método es la siguiente:

$$Q = \frac{C \times I \times A}{3,6} \times K$$

Donde:

- $Q \text{ (m}^3/\text{s)} \rightarrow$ Caudal punta en el punto de desagüe correspondiente a un período de retorno dado.
- $C \rightarrow$ Coeficiente de escorrentía de la cuenca drenada.
- $I \text{ (mm/h)} \rightarrow$ Intensidad media de precipitación correspondiente al período de retorno considerado y a un intervalo igual al tiempo de concentración.
- $A \text{ (km}^2) \rightarrow$ Área de la cuenca.
- $K \rightarrow$ Coeficiente de uniformidad.

El coeficiente de escorrentía se ha calculado de acuerdo con la fórmula que se indica en la *Instrucción 5.2-IC*:

$$C = \frac{(P_d - P_o) \cdot (P_d + 23P_o)}{(P_d + 11P_o)^2}$$

Donde,

- $P_d \rightarrow$ máxima precipitación total diaria para el período de retorno considerado
- $P_o \rightarrow$ umbral de escorrentía correspondiente a las características de las cuencas

Para el estudio del valor del umbral de escorrentía se ha tomado un coeficiente corrector de 1 para estar del lado de la seguridad, ya que de esta forma se obtienen caudales más conservadores.

El área de las cuencas, el tiempo de concentración y la intensidad de precipitación son parámetros ya vistos con anterioridad a lo largo de este documento, así como la forma de obtenerlos.

Por último, el coeficiente de uniformidad es un factor corrector del supuesto reparto uniforme de la escorrentía dentro del intervalo del cálculo de duración. Varía de un aguacero a otro, pero su valor medio en una cuenca concreta depende principalmente del valor de su tiempo de concentración. Según Témez, el valor de K puede estimarse de acuerdo con la fórmula siguiente:

$$K = 1 + \frac{T_c^{1,25}}{T_c^{1,25} + 14}$$

Por lo tanto, una vez explicada la metodología, se exponen los resultados obtenidos para cada una de las alternativas en las siguientes tablas resumen (*Tabla 6.13 a Tabla 6.15*).

CUENCA	A (ha)	T (años)	C	T _c (h)	I ₂₄ (mm/h)	I _t (mm/h)	K	Q (m ³ /s)
Arroyo de la Albina	37.61	5 (MCO)	0.52	0.35	3.08	43.10	1.02	2.40
		100.00	0.75		6.18	86.55		6.87
		500.00	0.83		8.54	119.60		10.51
Arroyo INN01	174.54	5 (MCO)	0.57	1.39	3.03	20.89	1.10	6.32
		100.00	0.78		6.08	41.94		17.41
		500.00	0.85		8.41	57.96		26.27
Arroyo INN02	53.59	5 (MCO)	0.56	0.70	3.08	30.65	1.04	2.66
		100.00	0.77		6.18	61.53		7.39
		500.00	0.85		8.54	85.03		11.18
Arroyo INN03	30.31	5 (MCO)	0.58	0.40	3.08	40.50	1.02	2.03
		100.00	0.79		6.18	91.32		5.53
		500.00	0.86		8.54	112.38		8.31
Arroyo INN04	30.12	5 (MCO)	0.52	0.41	3.08	40.08	1.02	1.78
		100.00	0.74		6.18	80.49		5.12
		500.00	0.82		8.54	111.22		7.83
CF01AL01	20.77	5 (MCO)	0.59	0.23	3.08	52.27	1.01	1.79
		100.00	0.79		6.18	104.96		4.86
		500.00	0.86		8.54	145.05		7.29
CF02AL01	63.61	5 (MCO)	0.56	0.53	3.08	35.27	1.03	3.60
		100.00	0.77		6.18	70.82		9.98
		500.00	0.85		8.54	97.86		15.10
CF03AL01	22.15	5 (MCO)	0.55	0.21	3.08	54.70	1.01	1.86
		100.00	0.76		6.18	109.84		5.22
		500.00	0.84		8.54	151.79		7.92

Tabla 6.13. Caudales punta obtenidos mediante el MRM para la alternativa 1

CUENCA	A (ha)	T (años)	C	T _c (h)	I ₂₄ (mm/h)	I _t (mm/h)	K	Q (m ³ /s)
Arroyo de Barcarrota	27.95	5 (MCO)	0.60	0.37	3.08	42.40	1.02	2.01
		100.00	0.80		6.18	85.14		5.41
		500.00	0.87		8.54	117.66		8.09
Arroyo INN15	24.65	5 (MCO)	0.50	0.38	3.08	41.64	1.02	1.47
		100.00	0.73		6.18	83.62		4.27
		500.00	0.81		8.54	115.55		6.57
Arroyo INN16	10.1	5 (MCO)	0.49	0.30	3.08	46.24	1.02	0.65
		100.00	0.72		6.18	92.86		1.91
		500.00	0.81		8.54	128.32		2.95
Arroyo INN17	19.64	5 (MCO)	0.51	0.34	3.08	43.94	1.02	1.24
		100.00	0.74		6.18	88.24		3.61
		500.00	0.82		8.54	121.93		5.53
Arroyo INN18	17.56	5 (MCO)	0.52	0.41	3.08	40.23	1.02	1.04
		100.00	0.74		6.18	80.78		2.99
		500.00	0.82		8.54	111.63		4.58

CUENCA	A (ha)	T (años)	C	T _c (h)	I ₂₄ (mm/h)	I _t (mm/h)	K	Q (m ³ /s)
Arroyo INN19	32.89	5 (MCO)	0.53	0.56	3.08	34.47	1.03	1.72
		100.00	0.75		6.18	69.22		4.90
		500.00	0.83		8.54	95.65		7.48
Arroyo INN20	179.49	5 (MCO)	0.51	0.72	3.03	29.75	1.05	7.95
		100.00	0.74		6.08	59.74		22.96
		500.00	0.82		8.40	82.55		35.21
CF01AL02	1.61	5 (MCO)	0.46	0.11	3.08	71.86	1.00	0.15
		100.00	0.69		6.18	144.30		0.45
		500.00	0.78		8.54	199.40		0.70
CF02AL02	35.04	5 (MCO)	0.51	0.29	3.08	47.21	1.02	2.38
		100.00	0.74		6.18	94.79		6.89
		500.00	0.82		8.54	130.99		10.58
CF03AL02	65.83	5 (MCO)	0.52	0.59	3.08	33.41	1.04	3.27
		100.00	0.74		6.18	67.09		9.41
		500.00	0.82		8.54	92.71		14.41
CF04AL02	16.85	5 (MCO)	0.50	0.35	3.08	43.34	1.02	1.04
		100.00	0.73		6.18	87.03		3.03
		500.00	0.81		8.54	120.26		4.67

Tabla 6.14. Caudales punta obtenidos mediante el MRM para la alternativa 2

CUENCA	A (ha)	T (años)	C	T _c (h)	I ₂₄ (mm/h)	I _t (mm/h)	K	Q (m ³ /s)
Arroyo de la Albina	89.88	5 (MCO)	0.53	0.52	3.08	35.50	1.03	4.82
		100.00	0.75		6.18	71.28		13.75
		500.00	0.83		8.54	98.50		20.99
Arroyo INN05	69.84	5 (MCO)	0.54	0.82	3.08	28.19	1.05	3.09
		100.00	0.76		6.18	56.61		8.74
		500.00	0.83		8.54	78.23		13.31
Arroyo INN06	25.17	5 (MCO)	0.53	0.34	3.08	43.72	1.02	1.66
		100.00	0.75		6.18	87.79		4.71
		500.00	0.83		8.54	121.31		7.18
Arroyo INN07	35.71	5 (MCO)	0.56	0.46	3.08	37.87	1.03	2.15
		100.00	0.77		6.18	76.05		5.98
		500.00	0.85		8.54	105.09		9.05
Arroyo INN08	25.64	5 (MCO)	0.53	0.40	3.08	40.72	1.02	1.57
		100.00	0.75		6.18	81.77		4.47
		500.00	0.83		8.54	113.00		6.82
Arroyo INN09	28.77	5 (MCO)	0.59	0.30	3.08	46.85	1.02	2.25
		100.00	0.80		6.18	94.06		6.08
		500.00	0.86		8.54	129.99		9.11
Arroyo INN10	31.95	5 (MCO)	0.55	0.34	3.08	43.87	1.02	2.18
		100.00	0.77		6.18	88.10		6.10
		500.00	0.84		8.54	121.74		9.25
Arroyo INN11	14.37	5 (MCO)	0.54	0.30	3.08	46.92	1.02	1.03
		100.00	0.76		6.18	94.22		2.90
		500.00	0.84		8.54	130.20		4.41

CUENCA	A (ha)	T (años)	C	T _c (h)	I ₂₄ (mm/h)	I _t (mm/h)	K	Q (m³/s)
Arroyo INN12	73.03	5 (MCO)	0.55	0.64	3.08	32.08	1.04	3.73
		100.00	0.77		6.18	64.42		10.43
		500.00	0.84		8.54	89.02		15.81
Arroyo INN13	44.81	5 (MCO)	0.57	0.31	3.08	45.79	1.02	3.29
		100.00	0.78		6.18	91.94		9.07
		500.00	0.85		8.54	127.05		13.69
Arroyo INN14	120.44	5 (MCO)	0.56	1.17	3.06	23.24	1.08	4.70
		100.00	0.77		6.15	46.66		13.04
		500.00	0.85		8.50	64.48		19.72
CF01AL03	16.27	5 (MCO)	0.59	0.18	3.08	58.59	1.01	1.57
		100.00	0.79		6.18	117.65		4.26
		500.00	0.86		8.54	162.58		6.39
CF02AL03	31.89	5 (MCO)	0.58	0.27	3.08	48.76	1.01	2.56
		100.00	0.79		6.18	97.90		6.96
		500.00	0.86		8.54	135.29		10.45
CF03AL03	2.73	5 (MCO)	0.59	0.16	3.08	61.70	1.01	0.28
		100.00	0.80		6.18	123.88		0.75
		500.00	0.86		8.54	171.19		1.13
CF04AL03	11.72	5 (MCO)	0.59	0.19	3.08	57.68	1.01	1.12
		100.00	0.80		6.18	115.82		3.03
		500.00	0.86		8.54	160.04		4.54
CF05AL03	122.06	5 (MCO)	0.58	0.58	3.06	33.54	1.03	6.81
		100.00	0.79		6.15	67.35		18.61
		500.00	0.86		8.49	93.07		28.00

Tabla 6.15. Caudales punta obtenidos mediante el MRM para la alternativa 3

6.7.2 Método del Hidrograma Unitario (HU)

El hidrograma unitario representa la escorrentía directa causada por una lluvia efectiva de valor unitario de intensidad constante a lo largo de la duración de la lluvia y distribuida uniformemente sobre la cuenca. Suponiendo una respuesta lineal de la cuenca, se pueden aplicar los principios de proporcionalidad y superposición para obtener el hidrograma debido a una precipitación mayor.

Para el presente caso de estudio, se ha considerado el hidrograma unitario del SCS (definido para una lluvia efectiva de 1 cm). La formulación en la que se sustenta este método es la siguiente:

$$Q_P = C \cdot \frac{A}{T_P}$$

Donde,

- $Q_P \rightarrow$ caudal punta. Máximo valor de caudal experimentado en el hidrograma
- $T_P \rightarrow$ tiempo a la punta. Tiempo en el que se da el caudal punta del hidrograma
- $C \rightarrow$ parámetro de conversión de unidades (2,08 para unidades en el sistema internacional)
- $A \rightarrow$ área de la cuenca en km²

El T_P puede hallarse de la siguiente forma:

$$T_P = \frac{\Delta t}{2} + T_{lag}$$

Donde,

- $\Delta t \rightarrow$ duración de un bloque de lluvia (duración de un bloque del hietograma)
- $T_{lag} \rightarrow$ tiempo de retardo, calculado según la siguiente expresión (propuesta por Témez para cuencas españolas):

$$T_{lag} = 0,35 \cdot T_C$$

Donde, T_C es el tiempo de concentración de la cuenca.

Introduciendo el tiempo a la punta T_P en horas, se obtiene el caudal punta Q_P en m^3/s .

El valor del caudal punta de cada hidrograma unitario en cada cuenca se recoge en las siguientes tablas (*Tabla 6.16 a Tabla 6.18*).

CUENCA	T (años)	Q_P (m^3/s)
Arroyo de la Albina	5 (MCO)	3.01
	100	8.67
	500	13.08
Arroyo INN01	5 (MCO)	8.39
	100	22.99
	500	34.27
Arroyo INN02	5 (MCO)	3.49
	100	9.61
	500	14.34
Arroyo INN03	5 (MCO)	2.58
	100	6.99
	500	10.38
Arroyo INN04	5 (MCO)	2.24
	100	6.51
	500	9.85
CF01AL01	5 (MCO)	2.02
	100	5.36
	500	7.91
CF02AL01	5 (MCO)	4.73
	100	13.02
	500	19.42
CF03AL01	5 (MCO)	2.08
	100	5.87
	500	8.81

Tabla 6.16. Caudales punta obtenidos mediante el método del HU para la alternativa 1

CUENCA	T (años)	Q_P (m^3/s)
Arroyo de Barcarrota	5 (MCO)	2.56
	100	6.79
	500	10.02
Arroyo INN15	5 (MCO)	1.84
	100	5.42
	500	8.24

CUENCA	T (años)	Q _P (m ³ /s)
Arroyo INN16	5 (MCO)	0.79
	100	2.35
	500	3.58
Arroyo INN17	5 (MCO)	1.55
	100	4.52
	500	6.85
Arroyo INN18	5 (MCO)	1.31
	100	3.81
	500	5.76
Arroyo INN19	5 (MCO)	2.26
	100	6.44
	500	9.71
Arroyo INN20	5 (MCO)	10.42
	100	30.23
	500	45.75
CF01AL02	5 (MCO)	0.16
	100	0.50
	500	0.77
CF02AL02	5 (MCO)	2.88
	100	8.34
	500	12.60
CF03AL02	5 (MCO)	4.26
	100	12.38
	500	18.75
CF04AL02	5 (MCO)	1.30
	100	3.83
	500	5.81

Tabla 6.17. Caudales punta obtenidos mediante el método del HU para la alternativa 2

CUENCA	T (años)	Q _P (m ³ /s)
Arroyo de la Albina	5 (MCO)	6.29
	100	17.93
	500	27.00
Arroyo INN05	5 (MCO)	4.08
	100	11.63
	500	17.50
Arroyo INN06	5 (MCO)	2.08
	100	5.90
	500	8.88
Arroyo INN07	5 (MCO)	2.70
	100	7.45
	500	11.16

CUENCA	T (años)	Q _p (m ³ /s)
Arroyo INN08	5 (MCO)	1.98
	100	5.68
	500	8.57
Arroyo INN09	5 (MCO)	2.75
	100	7.31
	500	10.80
Arroyo INN10	5 (MCO)	2.73
	100	7.62
	500	11.40
Arroyo INN11	5 (MCO)	1.26
	100	3.51
	500	5.26
Arroyo INN12	5 (MCO)	4.87
	100	13.65
	500	20.47
Arroyo INN13	5 (MCO)	4.09
	100	11.14
	500	16.56
Arroyo INN14	5 (MCO)	6.26
	100	17.30
	500	25.84
CF01AL03	5 (MCO)	1.80
	100	4.82
	500	7.14
CF02AL03	5 (MCO)	3.06
	100	8.15
	500	12.05
CF03AL03	5 (MCO)	0.32
	100	0.85
	500	1.25
CF04AL03	5 (MCO)	1.28
	100	3.42
	500	5.07
CF05AL03	5 (MCO)	8.98
	100	24.33
	500	36.13

Tabla 6.18. Caudales punta obtenidos mediante el método del HU para la alternativa 3

A continuación, se muestra una tabla (*Tabla 6.19*) con los valores del hidrograma unitario adimensional del SCS.

T/Tp	Q/Qp	T/Tp	Q/Qp	T/Tp	Q/Qp
0.0	0.000	1.1	0.990	2.4	0.147
0.1	0.030	1.2	0.930	2.6	0.107
0.2	0.100	1.3	0.860	2.8	0.077
0.3	0.190	1.4	0.780	3.0	0.055
0.4	0.310	1.5	0.680	3.2	0.040
0.5	0.470	1.6	0.560	3.4	0.029
0.6	0.660	1.7	0.460	3.6	0.021
0.7	0.820	1.8	0.390	3.8	0.015
0.8	0.930	1.9	0.330	4.0	0.011
0.9	0.990	2.0	0.280	4.5	0.005
1.0	1.000	2.2	0.207	5.0	0.000

Tabla 6.19. Valores del hidrograma unitario adimensional del SCS

Escalando este hidrograma unitario con los valores de los caudales y tiempos punta, se obtienen los hidrogramas asociados a cada uno de los periodos de retorno estudiados para cada una de las cuencas de cada una de las alternativas propuestas. En el *Anexo B. Hietogramas e hidrogramas* se adjuntan los hidrogramas obtenidos para cada caso.

6.7.3 Caudales de diseño

En este último apartado se adjuntan unas tablas (*Tabla 6.20 a Tabla 6.22*) resumen con los caudales punta calculados por ambas metodologías, escogiendo como caudal de diseño el más desfavorable de entre las dos, es decir, el mayor.

CUENCA	T (años)	Q (MRM) m ³ /s	Q (HU) m ³ /s	Q DISEÑO m ³ /s
Arroyo de la Albina	5 (MCO)	2.40	3.01	3.01
	100	6.87	8.67	8.67
	500	10.51	13.08	13.08
Arroyo INN01	5 (MCO)	6.32	8.39	8.39
	100	17.41	22.99	22.99
	500	26.27	34.27	34.27
Arroyo INN02	5 (MCO)	2.66	3.49	3.49
	100	7.39	9.61	9.61
	500	11.18	14.34	14.34
Arroyo INN03	5 (MCO)	2.03	2.58	2.58
	100	5.53	6.99	6.99
	500	8.31	10.38	10.38
Arroyo INN04	5 (MCO)	1.78	2.24	2.24
	100	5.12	6.51	6.51
	500	7.83	9.85	9.85
CF01AL01	5 (MCO)	1.79	2.02	2.02
	100	4.86	5.36	5.36
	500	7.29	7.91	7.91

CUENCA	T (años)	Q (MRM) m³/s	Q (HU) m³/s	Q DISEÑO m³/s
CF02AL01	5 (MCO)	3.60	4.73	4.73
	100	9.98	13.02	13.02
	500	15.10	19.42	19.42
CF03AL01	5 (MCO)	1.86	2.08	2.08
	100	5.22	5.87	5.87
	500	7.92	8.81	8.81

Tabla 6.20. Caudales punta de diseño para la alternativa 1

CUENCA	T (años)	Q (MRM) m³/s	Q (HU) m³/s	Q DISEÑO m³/s
Arroyo de Barcarrota	5 (MCO)	2.01	2.56	2.56
	100	5.41	6.79	6.79
	500	8.09	10.02	10.02
Arroyo INN15	5 (MCO)	1.47	1.84	1.84
	100	4.27	5.42	5.42
	500	6.57	8.24	8.24
Arroyo INN16	5 (MCO)	0.65	0.79	0.79
	100	1.91	2.35	2.35
	500	2.95	3.58	3.58
Arroyo INN17	5 (MCO)	1.24	1.55	1.55
	100	3.61	4.52	4.52
	500	5.53	6.85	6.85
Arroyo INN18	5 (MCO)	1.04	1.31	1.31
	100	2.99	3.81	3.81
	500	4.58	5.76	5.76
Arroyo INN19	5 (MCO)	1.72	2.26	2.26
	100	4.90	6.44	6.44
	500	7.48	9.71	9.71
Arroyo INN20	5 (MCO)	7.95	10.42	10.42
	100	22.96	30.23	30.23
	500	35.21	45.75	45.75
CF01AL02	5 (MCO)	0.15	0.16	0.16
	100	0.45	0.50	0.50
	500	0.70	0.77	0.77
CF02AL02	5 (MCO)	2.38	2.88	2.88
	100	6.89	8.34	8.34
	500	10.58	12.60	12.60
CF03AL02	5 (MCO)	3.27	4.26	4.26
	100	9.41	12.38	12.38
	500	14.41	18.75	18.75
CF04AL02	5 (MCO)	1.04	1.30	1.30
	100	3.03	3.83	3.83
	500	4.67	5.81	5.81

Tabla 6.21. Caudales punta de diseño para la alternativa 2

CUENCA	T (años)	Q (MRM)	Q (HU)	Q
		m ³ /s	m ³ /s	DISEÑO m ³ /s
Arroyo de la Albina	5 (MCO)	4.82	6.29	6.29
	100	13.75	17.93	17.93
	500	20.99	27.00	27.00
Arroyo INN05	5 (MCO)	3.09	4.08	4.08
	100	8.74	11.63	11.63
	500	13.31	17.50	17.50
Arroyo INN06	5 (MCO)	1.66	2.08	2.08
	100	4.71	5.90	5.90
	500	7.18	8.88	8.88
Arroyo INN07	5 (MCO)	2.15	2.70	2.70
	100	5.98	7.45	7.45
	500	9.05	11.16	11.16
Arroyo INN08	5 (MCO)	1.57	1.98	1.98
	100	4.47	5.68	5.68
	500	6.82	8.57	8.57
Arroyo INN09	5 (MCO)	2.25	2.75	2.75
	100	6.08	7.31	7.31
	500	9.11	10.80	10.80
Arroyo INN10	5 (MCO)	2.18	2.73	2.73
	100	6.10	7.62	7.62
	500	9.25	11.40	11.40
Arroyo INN11	5 (MCO)	1.03	1.26	1.26
	100	2.90	3.51	3.51
	500	4.41	5.26	5.26
Arroyo INN12	5 (MCO)	3.73	4.87	4.87
	100	10.43	13.65	13.65
	500	15.81	20.47	20.47
Arroyo INN13	5 (MCO)	3.29	4.09	4.09
	100	9.07	11.14	11.14
	500	13.69	16.56	16.56
Arroyo INN14	5 (MCO)	4.70	6.26	6.26
	100	13.04	17.30	17.30
	500	19.72	25.84	25.84
CF01AL03	5 (MCO)	1.57	1.80	1.80
	100	4.26	4.82	4.82
	500	6.39	7.14	7.14
CF02AL03	5 (MCO)	2.56	3.06	3.06
	100	6.96	8.15	8.15
	500	10.45	12.05	12.05

CUENCA	T (años)	Q (MRM) m ³ /s	Q (HU) m ³ /s	Q DISEÑO m ³ /s
CF03AL03	5 (MCO)	0.28	0.32	0.32
	100	0.75	0.85	0.85
	500	1.13	1.25	1.25
CF04AL03	5 (MCO)	1.12	1.28	1.28
	100	3.03	3.42	3.42
	500	4.54	5.07	5.07
CF05AL03	5 (MCO)	6.81	8.98	8.98
	100	18.61	24.33	24.33
	500	28.00	36.13	36.13

Tabla 6.22. Caudales punta de diseño para la alternativa 3

Debido a que los caudales punta obtenidos mediante el Método del Hidrograma Unitario son mayores y por lo tanto más desfavorables, son éstos los elegidos como caudales de diseño.