

# TRABAJO FINAL DE GRADO

---

‘PROYECTO DE REMODELACIÓN DE LA CARRETERA AB-519 ENTRE LOS TÉRMINOS  
MUNICIPALES DE CASAS DE LÁZARO Y PEÑARRUBIA (PROVINCIA DE ALBACETE)’

Documento 2 de 6

## HIDROLOGÍA Y DRENAJE

**Autor** Ricardo Paños Palacios

**Titulación** Grado en Ingeniería de Obras Públicas

**Tutor** Francisco Javier Camacho Torregrosa

**Especialidad** Construcciones Civiles

Abril 2015



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE INGENIEROS DE CAMINOS,  
CANALES Y PUERTOS



Índice

- Introducción ..... 2
- Red hidrográfica ..... 2
- Estudio hidrológico ..... 3
- Periodo de retorno ..... 3
- Riesgo de obstrucción ..... 3
- Daños ..... 3
- Datos pluviométricos ..... 3
- Cálculos de caudales (Método hidrometeorológico) ..... 5
  - ❖ Fórmula de cálculo ..... 5
  - ❖ Intensidad media de precipitación ..... 5
  - ❖ Tiempo de concentración ..... 6
  - ❖ Coeficiente de escorrentía ..... 6
  - ❖ Caudal de referencia ..... 7

- Drenaje ..... 9
  - ❖ Transversal ..... 9
  - ❖ Longitudinal ..... 9
- Dimensionamiento de obras de drenaje transversal ..... 10
- Drenaje de terraplén ..... 10
- Pasos salvacunetas ..... 11

## ➤ INTRODUCCIÓN

En el presente Anejo se definen los elementos de drenaje superficial, transversales y longitudinales, que han de construirse a fin de evacuar de la plataforma de la carretera las aguas que le afectan cualquiera que sea su procedencia. Por otra parte, se realizan los correspondientes cálculos hidrológicos para la obtención de los caudales de avenida correspondientes a distintos periodos de retorno en cada una de las cuencas definidas a lo largo del trazado.

## ➤ RED HIDROGRÁFICA

Definida la ubicación de la obra, se puede observar que atraviesa la Rambla de Peñarrubia y posteriormente sigue en paralelo a dicho cauce.

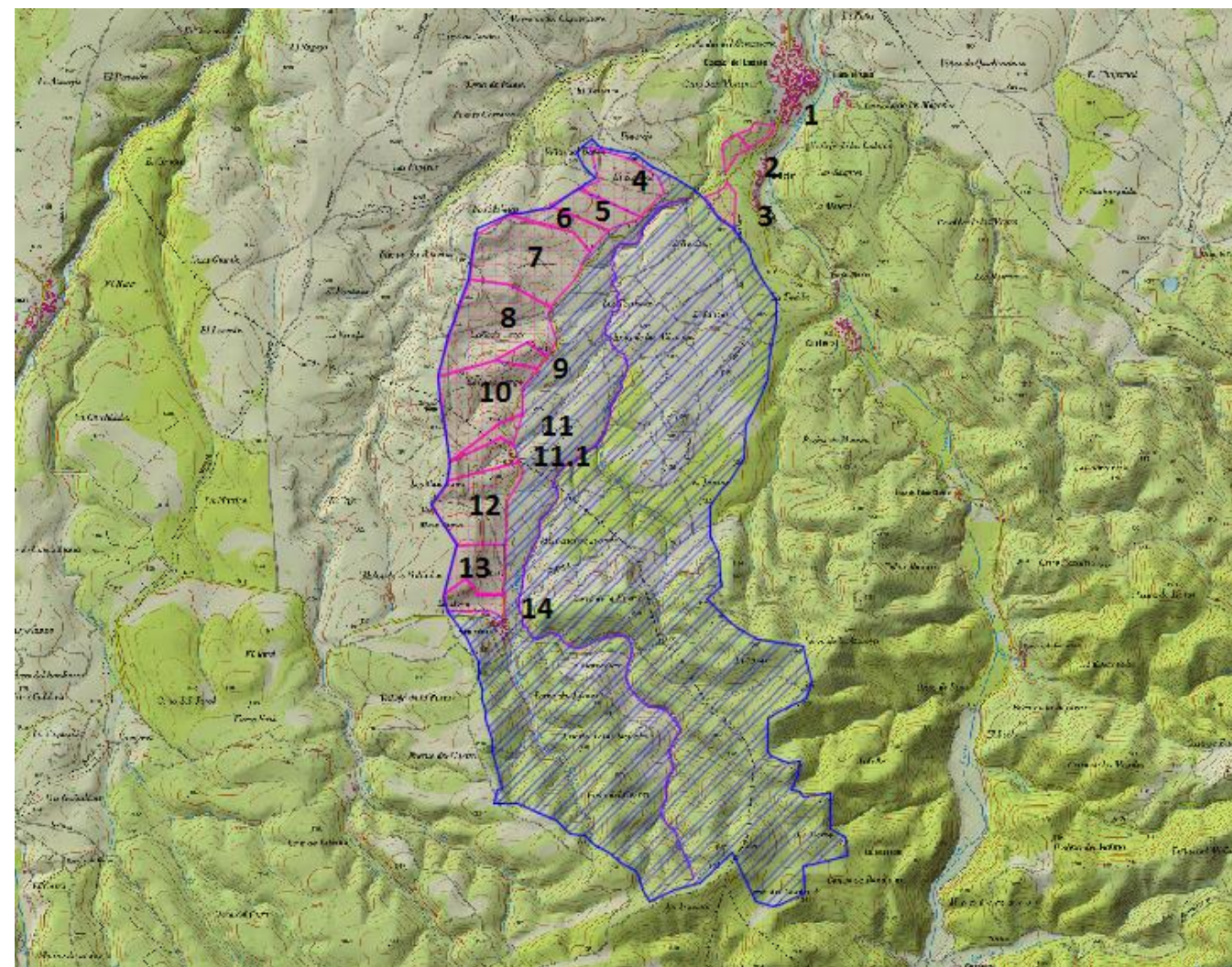
Con ello se puede avanzar que el drenaje, tanto en su disposición transversal como longitudinal es de vital importancia.

El longitudinal, cunetas, se verá afectado principalmente por la propia explanada, su plataforma y las zonas de desmonte definidas en el trazado. El transversal será necesario para evacuar el agua que proviene de estas cunetas así como dar continuidad a los cauces naturales que atraviesan la explanada. Para realizar el estudio utilizaremos el plano escala 1/25.000 (MTN raster25 del IGN) y las ortofotos georreferenciadas del PNOA (Plan Nacional Ortofotografía Aérea) sobre la base de las curvas de nivel y la disposición de las diversas parcelas y terrenos afectados.

Hay que tener en cuenta que, al circular paralelamente a la Rambla de Peñarrubia y tratarse de un terreno muy accidentado, existen cauces definidos, y las cuencas hidrográficas que afectan a la obra se encuentran a la derecha en sentido creciente de Pk, (sentido Casas de Lázaro a Peñarrubia)

Cabe resaltar que, al tratarse de una actuación de remodelación del trazado de una carretera existente, ésta ya contiene elementos de drenaje transversal, funcionando de manera correcta.

Completando lo anterior, se ha delimitado una cuenca mayor que afectaría a la obra de paso situada en el Pk: 0+960. Tanto en este caso como en todo lo calculado en párrafos anteriores, se ha partido de un trazado previamente definido de la nueva carretera. Quedando todo ello representado en la imagen siguiente:



En la imágenes anterior aparecen definidas las cuencas que afectan directamente a los drenajes transversal y longitudinal, con lo cual tendremos definidas gráficamente las cuencas hidrográficas que afectan explanación completa y, por tanto, superficies, desniveles y longitudes necesarias para los cálculos.

En principio, de acuerdo con los datos del trazado de la carretera de diseño, de las obras de drenaje en el trazado actual y de las cuencas delimitadas comprobamos que existen 12 puntos o zonas donde habría que situar obras de fábrica de drenaje transversal, que se localizan en la siguiente imagen:



## ➤ ESTUDIO HIDROLÓGICO

En primer lugar, como punto de partida, se calcularán los caudales de avenida mediante el “método racional modificado”. Se trata de un método sencillo, pero suficientemente sancionado por la práctica de ingeniería civil en España, obteniendo resultados razonablemente buenos. En la determinación de los caudales máximos de avenida en las sub-cuencas que vierten a la plataforma vamos a aplicar el método racional modificado, propuesto por J.R. Témez y recogido en el volumen "Cálculo hidrometeorológico de caudales máximos en pequeñas cuencas" editado por la Dirección General de Carreteras del M.O.P.T. Este método es el adoptado por la Instrucción 5.2-IC "Drenaje Superficial" del Ministerio de Fomento, que nos servirá de base para los cálculos.

## ➤ PERIODO DE RETORNO

La selección del caudal de avenida para el que debe proyectarse un elemento de drenaje superficial está relacionada con la frecuencia de su aparición, que se puede definir por su periodo de retorno. Cuando mayor sea éste, mayor será el caudal.

Se dice que el periodo de retorno de un caudal es T cuando, como media, es superado una vez cada T años. Sin embargo, el riesgo de que ese caudal sea excedido alguna vez durante un cierto intervalo de tiempo, como por ejemplo la vida útil de una obra, depende también de la duración del intervalo. Siguiendo la Instrucción 5.2-IC (tabla 1.2) adoptaremos los siguientes periodos de retorno:

Obras de drenaje transversal: ..... **100 años**

Elementos de drenaje superficial de la plataforma y márgenes: .... **10 años**

## ➤ RIESGO DE OBSTRUCCIÓN

Las condiciones de funcionamiento de los elementos del drenaje superficial pueden verse alteradas por su obstrucción debida a cuerpos arrastrados por la corriente. El riesgo de obstrucción de las obras de drenaje transversal fundamentalmente por vegetación arrastrada por la corriente dependerá de las características de los cauces y zonas inundables, y puede clasificarse en las categorías siguientes:

- Alto: Existe peligro de que la corriente arrastre árboles u objetos de parecido tamaño.
- Medio: Pueden ser arrastradas cañas, arbustos y objetos de dimensiones similares, en cantidades importantes.
- Bajo: No es previsible el arrastre de objetos de tamaño y en cantidad suficiente como para obstruir el desagüe.

En nuestro caso, dadas las características de la vegetación existente y el funcionamiento favorable del drenaje transversal actual en la zona, consideramos un **riesgo de obstrucción bajo**.

## ➤ DAÑOS

A efectos de la Instrucción 5.2-IC "Drenaje Superficial", norma que estamos utilizando en este caso, únicamente se consideran como daños a las diferencias en los efectos producidos por el caudal de avenida entre las situaciones correspondientes a la presencia de la vía y de sus elementos de drenaje superficial, y a su ausencia.

Se pueden considerar tres categorías de daños:

A) Las producidas en el propio elemento de drenaje o en su entorno inmediato.

En nuestro caso se han dimensionado las diferentes soluciones para que la velocidad media no supere los valores de la tabla 1-3 de la Instrucción, con lo cual **no se producirán daños importantes por erosión**.

B) Las interrupciones en el funcionamiento debidas a inundación de su plataforma.

De acuerdo con el apartado 1.5.2 de la citada Instrucción podemos aplicar una **intensidad media de circulación**, IMD menor de 2000.

C) Los daños materiales a terceros por inundación de las zonas próximas a la vía, pueden ser catastróficos o no. Son daños que dependen del emplazamiento.

De acuerdo con el apartado 1.5.3 de la citada Instrucción, los posibles daños los consideraremos “**no catastróficos**”.

## ➤ DATOS PLUVIOMÉTRICOS Y CÁLCULO DE LAS PRECIPITACIONES MÁXIMAS

Para la obtención de datos referentes a la pluviometría de la zona se ha optado por obtenerlos de la Monografía MÁXIMAS LLUVIAS DIARIAS EN LA ESPAÑA PENINSULAR, editado por el Ministerio de Fomento en el año 1999. Se incluyen en este apartado, los datos pluviométricos obtenidos, que junto con las características fisiográficas de las cuencas serán de utilidad en el desarrollo del método indicado. Para la estimación de los valores máximos de lluvia, en los distintos periodos de retorno, se aplica la fórmula dada por el MAPA PARA EL CÁLCULO DE MÁXIMAS PRECIPITACIONES DIARIAS EN LA ESPAÑA PENINSULAR. Para ello la citada publicación nos delimita España con una serie de curvas que representan un par de valores, denominados CV y PT, para toda la extensión del territorio español.

En nuestro caso, carretera AB-519, estos valores obtenidos mediante interpolación en dicho mapa son:

CV=0.38

PT=46

Con estos valores aplicamos la siguiente fórmula para cada periodo de retorno:

$$P'T=KT*PT$$

Donde los valores de las variables vienen dados en tabla en la publicación de la que extraemos los siguientes valores a partir del periodo de retorno T y de Cv:

$$KT=1,469 \text{ para } T= 10 \text{ años}$$

$$KT=2,327 \text{ para } T= 100 \text{ años}$$

Así aplicando obtenemos los valores de la precipitación diaria máxima posible para los siguientes periodos de retorno:

$$T=10 \text{ años } P_{10}= 66,105 \text{ mm/día}$$

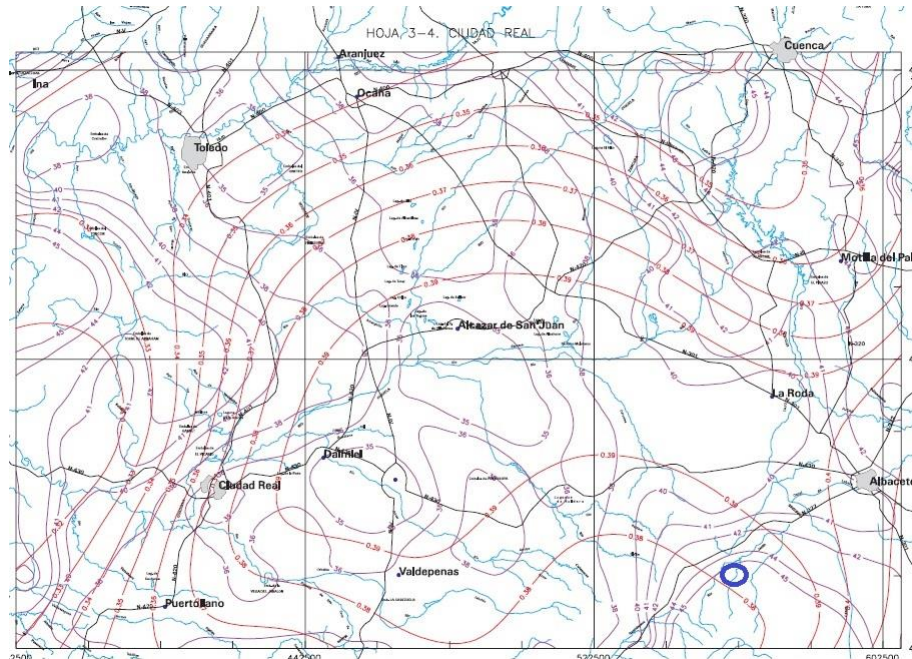
$$T=100 \text{ años } P_{100}= 104,715 \text{ mm/día}$$

Máximas Lluvias Diarias en la España Peninsular

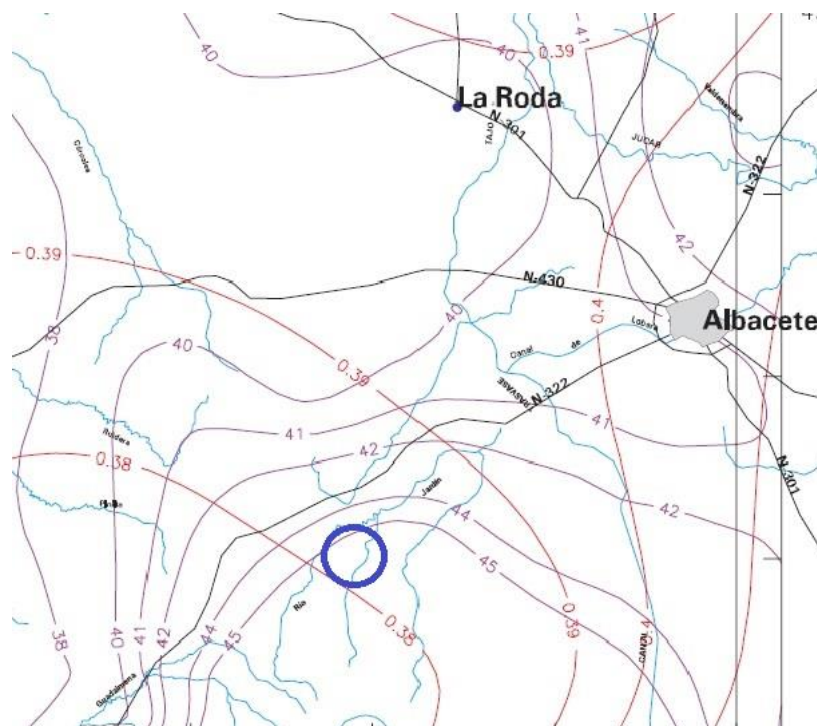
Cv	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS (T)							
	2	5	10	25	50	100	200	500
0.30	0.935	1.194	1.377	1.625	1.823	2.022	2.251	2.541
0.31	0.932	1.198	1.385	1.640	1.854	2.068	2.296	2.602
0.32	0.929	1.202	1.400	1.671	1.884	2.098	2.342	2.663
0.33	0.927	1.209	1.415	1.686	1.915	2.144	2.388	2.724
0.34	0.924	1.213	1.423	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	1.770	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).

Mapa de cálculo de máximas precipitaciones



Mapa de cálculo de máximas precipitaciones (ampliado)



### ➤ CÁLCULO DE CAUDALES (MÉTODO HIDROMETEOROLÓGICO)

Para el cálculo de las avenidas en las pequeñas cuencas que cruzan el trazado, utilizaremos el método hidrometeorológico de la Instrucción 5.2 IC “Drenaje superficial”, como ya se ha indicado anteriormente.

#### ❖ Fórmula de cálculo:

El caudal de referencia Q, viene dado por la fórmula:

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{K} = (\text{m}^3/\text{seg})$$

donde:

I (mm/h): la intensidad media de precipitación correspondiente al periodo de retorno considerado y a un intervalo igual al tiempo de concentración.

A (Km<sup>2</sup>): Superficie de la cuenca.

C: Coeficiente medio de escorrentía.

K: Coeficiente que depende de las unidades en que se expresen Q y A, y que incluye un 20% de aumento en Q para incluir el efecto de las punta de precipitación. En nuestro caso K=3 (tabla 2.1 de la Norma 5.2 IC.)

#### ❖ Intensidad media de precipitación:

La intensidad media  $I_t$  (mm/h) de precipitación a emplear en la estimación de caudales de referencia por métodos hidrometeorológicos se obtiene por medio de la siguiente fórmula:

$$(I_t / I_d) = (I_1 / I_d)^{\frac{28^{0.1} - I^{0.1}}{28^{0.1} - 1}}$$

Con la que se obtiene una familia de curvas representadas en la figura 2.1 de la Instrucción, donde:

$I_d$  (mm/h): intensidad media diaria para cada uno de los periodos de retorno considerados, en mm/h, que es igual a  $P_d/24$ .



En nuestro caso toma los valores de:

$$I_{100} = P_{100} / 24 = 104,715 / 24 = 4,36$$

$$I_{10} = P_{10} / 24 = 66,105 / 24 = 2,75$$

$P_d$  (mm): la precipitación total diaria correspondiente a dicho periodo de retorno, obtenida anteriormente.

$I_t$  (mm/h): intensidad horaria de precipitación correspondiente al periodo de retorno. El valor de  $I_1/I_d$  se obtiene del plano de la figura 2.2, copia que se adjunta. En nuestro caso por interpolación adoptamos:

$$I_1/I_d = 11,5.$$



$t$  (h): la duración del intervalo a que se refiere  $I$ , que se tomará igual al tiempo de concentración  $T_c$ .

#### ❖ Tiempo de concentración:

El tiempo de concentración de la cuenca,  $T_c$ , se obtiene por medio de la fórmula:

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

Donde:

$T_c$  = Tiempo de concentración de la cuenca, en horas.

$L$  = Longitud del curso principal de la cuenca en Km.

$J$  = Pendiente media del curso principal de la cuenca en m/m.

#### ❖ Coeficiente de escorrentía:

El coeficiente de escorrentía  $C$ , lo obtenemos a partir de la fórmula que figura en la Instrucción 5.2 IC, cuya expresión es:

$$C = \frac{[(P_d / P_0) - 1] \times [(P_d / P_0) + 23]}{[(P_d / P_0) + 11]^2}$$

Donde:

$P_d$  = Precipitación máxima media diaria para el periodo de retorno considerado.

$P_0$  = Precipitación mínima necesaria para que se produzca escorrentía.

Este parámetro  $P_0$ , depende de la naturaleza del suelo, su pendiente y el tipo de cultivo o vegetación. Para la determinación de este parámetro, utilizamos las tablas 2.1 y 2.2 de la Instrucción 5.2 IC.

Según dichas tablas y las características del suelo correspondiente a las cuencas, adoptamos los parámetros  $P'_0$ , a los que se aplicará un **coeficiente multiplicador regional  $K = 3$**  extraído consultando la figura 2.5, copia que se adjunta, para obtener el definitivo  $P_0$  a aplicar en la fórmula.



Fig. 2.5. MAPA DEL COEFICIENTE CORRECTOR DEL UMBRAL DE ESCORRENTIA

Por tratarse de terrenos con infiltración moderada, según la tabla 2.2 estaremos en un **suelo grupo B, con pendientes superiores al 3 %**.

El tipo de terreno y su superficie lo obtenemos a partir de la ortofoto, conformado en la práctica totalidad por plantaciones regulares de aprovechamiento forestal, lo que, atendiendo a la tabla 2.1 de la Norma 5.2 resulta:

$P'o=14$

En nuestro caso, para el terreno a lo largo de las cuencas que afectan a la traza de carretera estableceremos:

$P_{10}= P'_{10} \times K = 14 \times 3 = 42 \text{ mm}$

❖ Caudal de Referencia:

Con los datos anteriores pasamos a calcular el Caudal de Referencia de las cuencas de acuerdo con las tablas siguientes:

Cuenca 3:

En esta cuenca hemos considerado el cálculo del caudal a efectos del dimensionamiento del drenaje longitudinal, pues, dado el trazado de la carretera no afecta al drenaje transversal. Por ello hemos utilizado un periodo de retorno T=10 años.

Periodo de retorno (años)		<i>T</i>	10
Precipitación total diaria (mm)		<i>Pd</i>	66,105
Umbral de escorrentía (mm)		<i>Po</i>	42,00
Coeficiente medio de escorrentía de la cuenca		<i>C</i>	0,296
Intensidad horaria de precipitación para el periodo de retorno fijado (mm/h)		<i>I1/Id</i>	11,5
Intensidad media diaria de precipitación para el periodo de retorno fijado (mm/h)		<i>Id</i>	2,75

Cuenca	Superficie(Km2)	Desnivel(m)	Longitud(km)	Pendiente	Tiempo de concentración	<i>It/Id</i>	<i>It</i>	<i>Q (m³/s)</i>
3	0,0432	15	0,4	3,75%	0,279010731	24,106	66,398	<b>0,283</b>

Cuencas 1, 2, 4-14:

Para el resto de cuencas tenemos en cuenta un periodo de retorno T=100 años, puesto que el caudal generado circulará por las obras de drenaje transversal.

Periodo de retorno (años)		<i>T</i>	100
Precipitación total diaria (mm)		<i>Pd</i>	104,715
Umbral de escorrentía (mm)		<i>Po</i>	42,00
Coeficiente medio de escorrentía de la cuenca		<i>C</i>	0,454
Intensidad horaria de precipitación para el periodo de retorno fijado (mm/h)		<i>I1/Id</i>	11,5
Intensidad media diaria de precipitación para el periodo de retorno fijado (mm/h)		<i>Id</i>	4,36



Cuenca	Superficie(Km2)	Desnivel (m)	Longitud(km)	Pendiente	Tiempo de concentración	It/Id	It	Q (m³/s)
1	0,0317	25	0,174	14,37%	0,114824467	38,256	166,915	<b>0,800</b>
2	0,0296	19	0,197	9,64%	0,136113432	35,127	153,264	<b>0,686</b>
4	0,1655	39	0,636	6,13%	0,361495786	20,902	91,198	<b>2,283</b>
5	0,1065	32	0,487	6,57%	0,291269676	23,548	102,744	<b>1,655</b>
6	0,0919	39	0,711	5,49%	0,401878803	19,697	85,940	<b>1,194</b>
7	0,4567	59	0,854	6,91%	0,442124264	18,660	81,417	<b>5,624</b>
8	0,435	49	0,825	5,94%	0,443215817	18,634	81,303	<b>5,349</b>
9	0,043	47	0,372	12,63%	0,20962277	28,098	122,597	<b>0,797</b>
10	0,3672	55	0,613	8,97%	0,326994008	22,099	96,420	<b>5,355</b>
11	0,0472	39	0,636	6,13%	0,361495786	20,902	91,198	<b>0,651</b>
11.1	0,0958	39	0,636	6,13%	0,361495786	20,902	91,198	<b>1,321</b>
12	0,31	54	0,687	7,86%	0,36565822	20,769	90,617	<b>4,249</b>
13	0,2532	54	0,414	13,04%	0,226004332	26,999	117,802	<b>4,511</b>
14	0,0806	46	0,47	9,79%	0,262839258	24,899	108,639	<b>1,324</b>

➤ DRENAJE

Dado que el dimensionamiento de las obras de fábrica se obtendrá del resultado del cálculo hidráulico correspondiente, de acuerdo a la Instrucción 5.2 I-C, y su ubicación viene determinada por las características físicas y topográficas del terreno y la traza de la carretera, únicamente procede establecer aquí los criterios generales de diseño en cuanto a tipología de la actuación, o de la obra de fábrica en sí.

❖ Drenaje transversal.

El objetivo fundamental del drenaje transversal es la restitución y continuidad de los cauces naturales interceptados, bien directamente o a través de su reconducción.  
Como criterio general, a priori, se construirán las obras de fábrica situadas en los lugares donde se forme un cruce natural de las aguas y/o donde es necesario evacuar las cunetas, de longitud igual a todo el ancho de la plataforma proyectada, con lo que, de acuerdo con la citada Instrucción y teniendo en cuenta el apartado 5.2.2.3 la Instrucción 5.2-IC: La mínima dimensión de una pequeña obra de drenaje transversal no deberá ser inferior a la siguiente, en función de su longitud.

Longitud						
(m).....	3	4	5	10	15	
Mínima dimensión						
(m) .....	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	1,8

Por lo que el tamaño de estas obras de drenaje transversal vendrá condicionado por esta limitación y cumplirá sobradamente su función de desagüe.

❖ Drenaje longitudinal (dimensionamiento de cunetas):

Las obras de drenaje longitudinal deben recoger las aguas pluviales procedentes de la plataforma y sus márgenes, así como evacuar las mismas, una vez recogidas, a los cauces naturales.

Para la recogida de aguas pluviales de la plataforma y sus márgenes, así como la escorrentía procedente de los terrenos adyacentes, dadas las características topográficas del terreno y el trazado de la carretera, se ha previsto revestir con hormigón la cuneta triangular de la siguiente imagen y que se conoce como “cuneta de seguridad”. Se decide colocar un talud interior 6:1 con una anchura de 2 metros con el fin de minorar las consecuencias de una posible salida de vía de los vehículos, el talud exterior se asemeja al talud de desmonte con el terreno natural 1:1 .



Donde:

T int = 6:1  
T ext = 1:1  
Profundidad máxima = 0,35 metros

La viabilidad de esta solución queda confirmada por el resultado del cálculo que se acompaña, para ello aplicamos la fórmula de Manning, con un coeficiente  $n = 0,013$  (revestimiento de hormigón). El cálculo se realiza para cada cuenca en particular, en el correspondiente punto más desfavorable, esto es en el punto final del tramo donde se desagua el caudal recogido (para el resto de los tramos de cuneta, dada su menor longitud, no hace falta el cálculo al cumplir sobradamente la capacidad de desagüe la sección de cuneta adoptada).

Puesto que las cunetas se han diseñado atendiendo también a criterios de seguridad y quedan sobredimensionadas hidráulicamente, se presenta el cálculo para el tramo de cuneta que mayor caudal va a recoger. Esto es el correspondiente a la cuenca 3, entre los Pks 0+650 y 0+850. Con el cumplimiento de este tramo, podemos extrapolar y afirmar que el resto se comportarán de manera satisfactoria.

n (hormigón)	Superficie S(m2)	Perímetro mojado (m)	Radio Hid. Rh(m)
0,013	0,875	3,75	0,23

CUENCA	Pendiente J (%)	Caudal Qmáx(m3/s)	Velocidad Vmáx (m/s)
3	0,006	1,98	2,26

#### ➤ DIMENSIONAMIENTO DE LAS OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL.

Todas las obras de drenaje se proyectan con una pendiente tal que las velocidades máximas del agua sean inferiores a las indicadas en la Instrucción 5.2-IC, que para obras de hormigón es de 6,00 m/seg.

El cálculo hidráulico se realiza con la fórmula de Manning:

$$V = \frac{1}{n} * R^{2/3} * I^{1/2}$$

Donde:

V = Velocidad en m/s

n = Coeficiente de rugosidad de Manning, para hormigón:  $n = 0,013$

R = Radio hidráulico en m

I = Pendiente en m/m

El caudal que es capaz de desaguar la obra de fábrica viene dado por la expresión:

$Q = V \times S$  (m3/s) donde S es la sección de la obra en m2.

Una vez conocido el caudal que accede a las obras se ha adoptado una pendiente para las mismas, de manera que se aproxime, lo máximo posible a la del terreno, limitándola inferiormente al 1 %, ya que pendientes inferiores ocasionan problemas de sedimentaciones que acaban por aterrar el conducto, aparte de un más que posible estancamiento del agua, y superiormente también se ha limitado al 5 % para evitar un excesivo desgaste y erosión del hormigón.

Por otra parte, se ha tenido en cuenta que las velocidades sean superiores a 1 m/s con la limitación superior, antes indicada, de 6 m/seg., exigiendo siempre que el calado de la obra de fábrica para el caudal de avenidas no sobrepase el 75 % de la altura interior del tubo.

Con todos estos datos, se han realizado diferentes tanteos hasta dar con la sección necesaria para desaguar sobradamente el caudal que llega a la obra de fábrica, siendo el resultado del cálculo el reflejado en el cuadro siguiente:

En la obra de drenaje del Pk 2+510 se coloca un marco de 2,00 x 2,00 m:

FÓRMULA DE MANNING							
$Q = (S \times Rh^{(2/3)} \times J^{(1/2)}) / n$							
Obra: MARCO 2,00 x 2,00							
n	Sección	Superficie S (m2)	P. mojado	Radio H. Rh (m)	Pendiente J (%)	Caudal Q (m3/seg)	Velocidad V (m/seg)
0,013	2 x 2	4,00	6,00	0,67	0,010	23,48	5,87
Calado h = 0,75 x H = 1,5							
0,013	2 x 1,5	3,00	5,00	0,60	0,010	16,42	5,47

En el resto de drenajes transversales situados en los siguientes Pks se opta por marco de 1,50 x 1,50 m:

- PK 1+200

- PK 1+1660

- PK 1+990

- PK 3+200

- PK 4+060

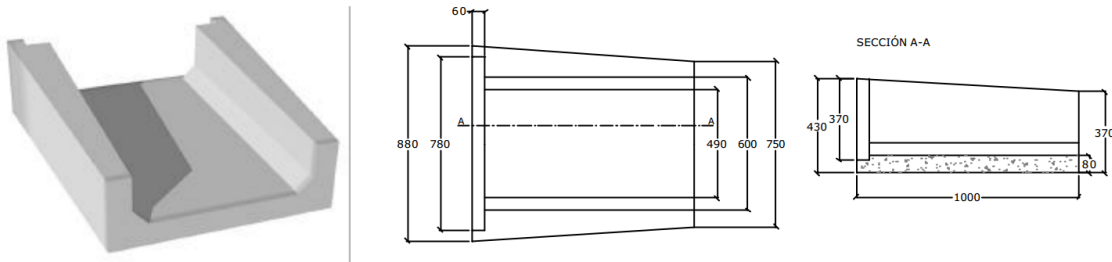
- PK 4+920
- PK 1+440

- PK 1+720

- PK 2+850

- PK 3+410

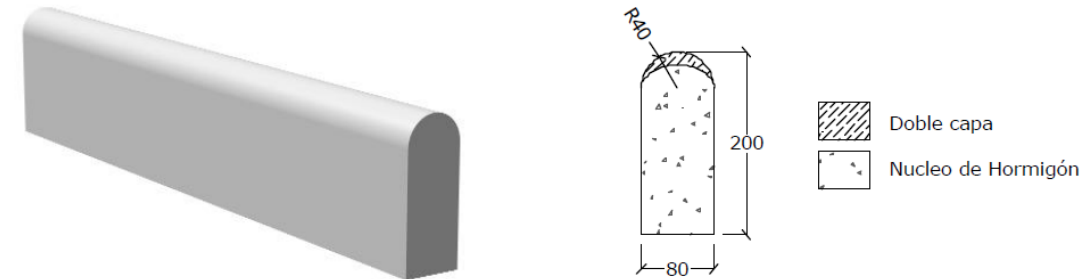
- PK 4+760



FÓRMULA DE MANNING	$Q = (S \times Rh^{(2/3)} \times J^{(1/2)}) / n$						
	Sección	Superficie	P. mojado	Radio H.	Pendiente	Caudal Q	Velocidad V
n		S (m2)		Rh (m)	J (%)	(m3/s)	(m/s)
<b>Obra : MARCO 1,5 X 1,5</b>							
0,013	1,5X1,5	2,25	4,50	0,38	0,010	9,00	4,00
<b>Calado h= 0,75 x H</b>							
0,013	1,5 x 1,125	1,69	3,75	0,45	0,010	7,62	4,51

❖ Drenaje en terraplén

Para el drenaje en terraplén colocaremos un bordillo en la cabeza del mismo. Siguiendo la instrucción 5.2-IC se instalarán bajantes de 1x0.6 metros a una distancia máxima de 50 metros, conforme a lo indicado en el plano número 1 del apartado Planos de detalle.



Pasos salva-cunetas

Con el fin de dar continuidad a las cunetas localizadas en zonas de desmante, se dispondrán en las intersecciones con caminos agrícolas un total de 4 tubos colectores de hormigón en masa de diámetro D=500 mm con una longitud de 4 metros.

Teniendo en cuenta el peligro que suponen ante una salida de la vía por parte de los conductores que circulen por la carretera AB-519, se prevé la instalación de rejillas que, además, evitarán la obstrucción de estos pasos.

La inclinación de los módulos se efectuará con una pendiente máxima del 16% ( 6H:1V)

