



**Colegio de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas
e Ingenieros Civiles Extremadura**

FECHA : 26/01/2018 VISADO : 63180008PC/1

Consultoría. Dirección Integrada de Proyectos

Título del Trabajo : PROYECTO MODIFICACIÓN DEL ACCESO
EXISTENTE EN LA CTRA. CONVENCIONAL N-630 EN EL P.K. 625+695,
MARGEN DERECHA, SENTIDO GIJÓN-SEVILLA, EN EL T.M. DE MÉRIDA

ANEJO Nº6.- HIDROLÓGICO Y DRENAJE.

ÍNDICE.

1. HIDROLOGÍA.....	3
1.3. MÉTODO RACIONAL.....	10
1.3.1. Formula general de cálculo.....	10
1.4. INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN.....	10
1.4.1. Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca.....	11
1.4.2. Intensidad media diaria.....	11
1.4.3. Factor de intensidad (Fint).....	12
1.5. COEFICIENTE DE ESCORRENTIA.....	15
1.5.1. Umbral de Escorrentía.....	16
1.5.2. Coeficiente corrector del umbral de escorrentía.....	18
1.6. COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD EN LA DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DE LA PRECIPITACIÓN.....	20
1.7. CÁLCULO DE CAUDALES PARA LOS PERIODOS DE RETORNOS (T).....	21
2. DRENAJE.....	22
2.1.- DRENAJE TRANSVERSAL.....	22
2.1.1.- OBRA DE FÁBRICA EXISTENTE.....	22
2.1.2.- COMPROBACIÓN DE LA OBRA DE FÁBRICA.....	24
2.2.- DRENAJE LONGITUDINAL.....	25
2.2.1.- CÁLCULO DE CAUDALES DE DISEÑO.....	25
2.2.2.- CUNETAS SUPERFICIALES.....	26
2.2.3.- PASOS SALVACUNETAS.....	27



	Colegio de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas e Ingenieros Civiles Extremadura
FECHA : 26/01/2018 VISADO : 63180008PC/1	
Consultoría. Dirección Integrada de Proyectos	
Título del Trabajo : PROYECTO MODIFICACIÓN DEL ACCESO EXISTENTE EN LA CTRA. CONVENCIONAL N-630 EN EL P.K. 625+695, MARGEN DERECHA, SENTIDO GIJÓN-SEVILLA, EN EL T.M. DE MÉRIDA	

ANEJO Nº6.- HIDROLÓGICO Y DRENAJE.

El objeto del presente Anejo es la justificación hidrológica e hidráulica del drenaje longitudinal y transversal en el Proyecto de Modificación del acceso existente en la Ctra. Convencional N-630 en el PK 625+695, margen derecha, en el T.M. de Mérida.

1. HIDROLOGÍA.

1.1. CÁLCULO DE LA PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA

1.1.1. Método adoptado para el cálculo de la precipitación máxima diaria

Para la obtención del caudal máximo de avenida para diferentes periodos de retorno, hemos utilizado en lugar de los anteriores trabajos a escala nacional en que se empleaban exclusivamente los datos locales en cada una de las distintas estaciones pluviométricas, un método regional (según la publicación del Ministerio de Fomento “ Máximas Lluvias Diarias en la España Peninsular”) que trata de reducir la varianza de los parámetros estimados con una única muestra, empleando la información de estaciones con similar comportamiento.

El enfoque tradicional de estos métodos asume la existencia de una región homogénea respecto a ciertas características estadísticas, lo que permite aprovechar el conjunto de información disponible en dicha región.

El método regional adoptado, denominado tradicionalmente “índice de avenidas”, asume que la variable Y resultante de dividir en cada estación los valores máximos anuales por su media sigue idéntica distribución de frecuencia en toda la región considerada. Los parámetros de dicha distribución, una vez seleccionado el modelo de ley, son obtenidos a partir del conjunto de datos de las estaciones de la región, mientras que el valor local de la media P se estima exclusivamente a partir de los datos de cada una de las estaciones.

La estimación de los cuantiles locales X_t (PT en el “Mapa para el Cálculo de Máximas Precipitaciones Diarias en la España Peninsular” de 1997) en un determinado punto se reduce a reescalar los cuantiles regionales Y_t (denominados Factores de Amplificación KT en la referida publicación) con la media local P según la siguiente expresión:

$$X_t = Y_t \times P$$

1.1.2. Estimación regional de cuantiles.

Se realizará una estimación regional de cuantiles, para ello la primera etapa de la estimación regional de cuantiles consistió en agrupar 1545 estaciones “básicas”, con 30 o más años de registro, en 26 regiones gráficas (fig. 3.1 de “Mapa para el Cálculo de las Máximas Precipitaciones Diarias en la España Peninsular”). Las regiones fueron definidas tratando de agrupar zonas del territorio con características meteorológicas comunes y analizando de forma complementaria los Cv (coeficientes de variación) muestrales. Posteriormente la homogeneidad de las regiones fueron contrastadas mediante un test estadístico de c^2 .

La segunda etapa consistió en la estimación regional de los parámetros y cuantiles de los siguientes 4 modelos de función de distribución cuya formulación puede consultarse en la tabla 3.1. :

- Valores Extremos Generalizados (GEV)
- Log-Pearson III (LP3)
- Valores extremos con dos componentes (TCEV)
- SQRT-ET max.

Un análisis de los cuantiles regionales Y_t estimados, con los cuatro modelos de ley seleccionados en las 26 zonas adoptadas, muestran diferencias prácticamente inexistentes para bajos y medios periodos de retorno (2,5, 10 y 25 años), y sólo cuando los periodos de retorno son mayores, existen ligeras diferencias para 100 años.

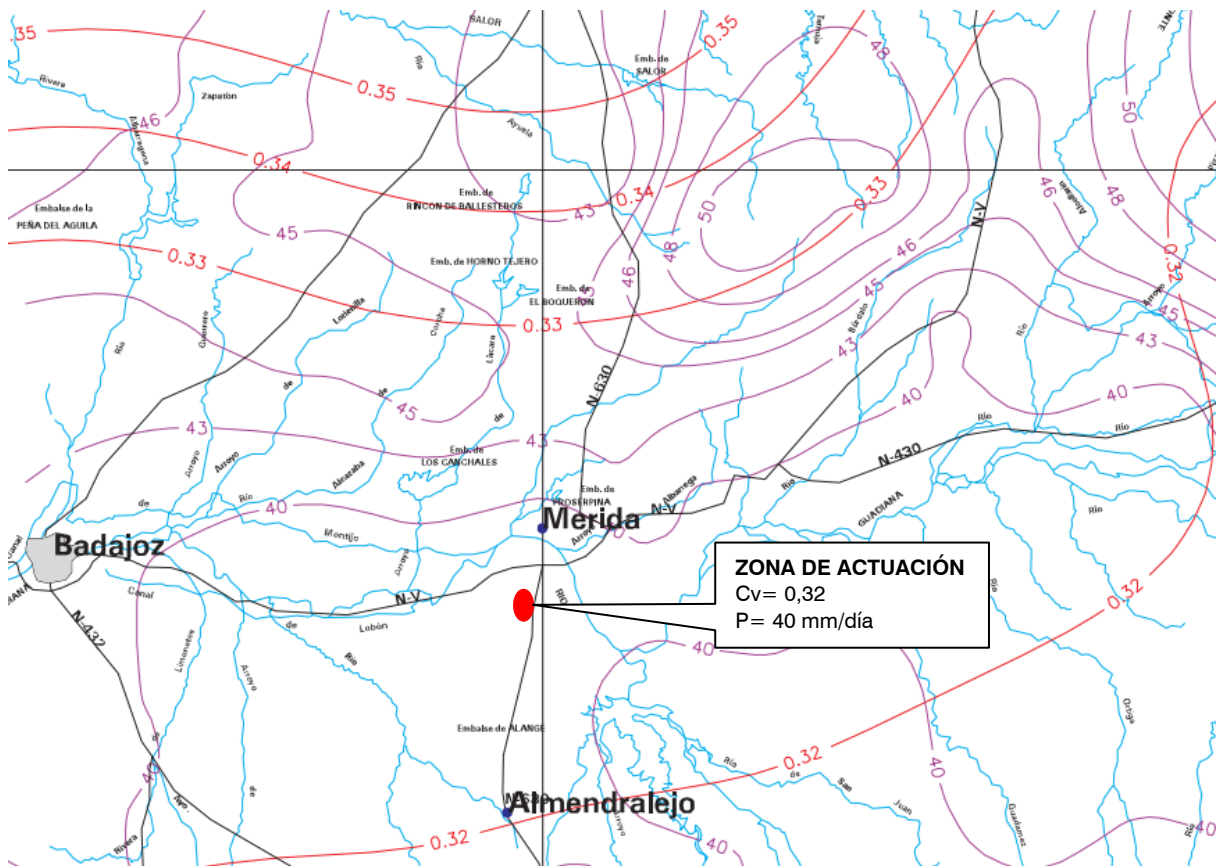
Este hecho, reduce en cierto modo la trascendencia del proceso de selección del modelo de ley, siendo la ley SQRT-ET max la finalmente seleccionada por las siguientes razones:

- Es el único de los modelos analizados de la ley de distribución, que ha sido propuesto específicamente para la modelación estadística de máximas lluvias diarias.
- Está formulada con solo 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.

$$F(x) = \exp [-k(1 + \sqrt{ax})\exp(-\sqrt{ax})]$$

- c. Por la propia definición de la ley, proporciona resultados más conservadores que la tradicional Ley de Gumbel.
- d. Conduce los valores más conservadores que los otros modelos de la ley analizados para las 17 regiones con cuantiles menores, mostrando unos resultados similares en el resto de las regiones.
- e. Y demuestra una buena capacidad para reproducir las propiedades estadísticas observadas en los datos, lo que se comprobó mediante técnicas de simulación de Montecarlo.

El enfoque tradicional de los métodos regionales permiten estimar el valor de los cuantiles regionales en un punto, simplemente asignándole los valores obtenidos en la región en la que dicho punto está incluido, lo que presenta como principales inconvenientes tanto la incertidumbre existente respecto a los límites considerados en las regiones, como la indeseable continuidad que presenta los resultados en dichos límites. Para resolver estos problemas, se optó por presentar los resultados en forma “suavizada” trazando un mapa nacional de isóneas del coeficiente de valoración Cv.



El C_v fue seleccionado como parámetro básico debido a su fácil comprensión al estar directamente relacionado con el valor de los cuantiles debido al modelo de ley y al método de estimación de parámetros adoptados

Máximas Lluvias Diarias en la España Peninsular

13

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_1 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).

1.1.3. Distribución espacial del valor medio como factor de escala local.

La estimación de cuantiles de un determinado punto, es el resultado de aplicar la expresión $X_t = Y_t \times P$, en la que la media P de las series analizadas actúa como factor local.

El análisis de la distribución espacial de P se abordó mediante interpolación espacial con técnicas de kriging a partir de los valores medios de las series de 2231 estaciones, que incluyen las 1545 “básicas”, ya empleadas en la modelación estadística y otras 686 “complementarias” con series de más de 20 años.

La técnica de kriging presenta como ventaja fundamental, frente a otros métodos de interpolación (como la inversa de la distancia elevada a un exponente), la posibilidad de aprovechar directamente la información sobre correlación espacial existente en los propios datos, que queda reflejada en el denominado variograma muestral.

Para la aplicación del kriging se considera 15 zonas geográficas con similar comportamiento de la variable a analizar, caracterizadas fundamentalmente por unas variaciones “bruscas” en zonas montañosas y “suaves” en el resto.

En dichas zonas se calcularon los variogramas muestrales y se ajustaron variogramas teóricos. El proceso de obtención de los variogramas teóricos y de resolución de las ecuaciones básicas del kriging se abordó mediante el software GEO-EAS, realizando una estimación de la variable sobre una malla cuadrada de 2500 m. de lado

✓ **Aplicación de un sistema de aplicación geométrica:**

Hemos obtenido el valor de la precipitación máxima diaria anual mediante el programa aportado por el ministerio de fomento, siendo este un sistema de información geográfica SIG que es una base de datos geo-referenciada que permite realizar una serie de operaciones con los datos captados. Estas operaciones son de almacenamiento, catalogación tratamiento o procesado, de análisis y representación gráfica de la información.

En un sistema de información geográfico, la representación de los datos se puede realizar utilizando dos sistemas:

- Representación vectorial: una característica que da delimitada gráficamente por una línea que une los puntos que define su contorno. Cada punto de ese contorno está

unívocamente definido por un par de números que indican las coordenadas X e Y en un sistema de representación geodésico universal o en el sistema particular de referencia del usuario.

- b. Representación matricial o raster: en esta representación el área de estudio es subdividida en una fina malla de celdas (la precisión que se obtendrá en las imágenes será función de la resolución que se da a estas celdas) a las cuales se asigna los atributos de la superficie de terreno encerrada por la celda. La referida en último lugar es la más recomendable para el estudio de datos que varían de forma continua en el espacio, como es el caso de la precipitación, permitiendo un mayor poder analítico aprovechando la potencialidad de las operaciones matriciales.

Los SIG matriciales organizan la información existente en capas unitarias, cada una de las cuales contiene los datos de un determinado tipo en todas las celdas del mallado considerado. En el presente estudio, las capas de información de interés corresponden a los valores numéricos de las siguientes características pluviométricas:

- Valor medio P
- Coeficiente de variación Cv.
- Cuantiles regionales Yt.
- Y cuantiles locales Xt.

Este conjunto de información espacial debe geo-referenciarse, es decir, localizarse respecto a un sistema conocido de coordenadas. La geo-referenciación adoptada, que cubre la totalidad del territorio peninsular, ha constituido en:

- Sistema de referencia: coordenadas UTM referidas al huso 29.
- Unidades de referencia: metros.
- Coordenadas de los bordes inferiores (ymin), superior (ymax), izquierdo (xmin) y derecho (xmax) de la malla considerada.

Las capas de información pluviométrica obtenidas han sido las siguientes:

- a) Valor medio P=40
- b) Cv=0,3200

Con los datos obtenidos anteriormente conseguimos el valor del cuantil local Xt para cada Periodo de retorno que vamos a utilizar, definido anteriormente según la expresión:

$$X_t = Y_t * P'$$

VALORES DE MÁXIMA PRECIPITACIÓN

T	P'	Yt	Xt
5	40	1,202	48,08
10	40	1,400	56,00
25	40	1,671	66,84
50	40	1,884	75,36
100	40	2,098	83,92
500	40	2,663	106,52

1.2. DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS HIDROLÓGICOS PARA EL CÁLCULO DE CAUDALES.

El método de estimación de los caudales asociados a distintos períodos de retorno depende del tamaño y naturaleza de la cuenca aportante.

Según la Orden FOM/298/2016, de 15 de febrero, por la que se aprueba la norma 5.2 - IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras, el caudal máximo anual correspondiente a un determinado período de retorno, se debe determinar a partir de la información sobre caudales máximos que proporcione la Administración Hidráulica competente y en caso de no disponer de dicha información, se debe calcular a través de los siguientes métodos:

- **Racional**: Supone la generación de escorrentía en una determinada cuenca a partir de una intensidad de precipitación uniforme en el tiempo, sobre toda su superficie. No tiene en cuenta:

- Aportación de caudales procedentes de otras cuencas o trasvases a ellas.
- Existencia de sumideros, aportaciones o vertidos puntuales, singulares o accidentales de cualquier clase.
- Presencia de lagos, embalses o planas inundables que puedan producir efecto laminador o desviar caudales hacia otras cuencas.
- Aportaciones procedentes del deshielo de la nieve u otros meteoros.
- Caudales que afloran en puntos interiores de la cuenca derivados de su régimen hidrogeológico.

- **Estadístico**: Se basa en el análisis de series de datos de caudal medidos en estaciones de aforo u otros puntos. Dichas series se pueden complementar con datos sobre avenidas históricas.

- Otros métodos hidrológicos: que deben ser adecuados a las características de cada cuenca.

En nuestro caso, la elección del método de cálculo para la obtención del caudal máximo es por el MÉTODO RACIONAL, ya que la cuenca de estudio tiene un área inferior a cincuenta kilómetros cuadrados ($A < 50 \text{ km}^2$) y no se va a ver afectada por nuevas aportaciones.

1.3. MÉTODO RACIONAL.

1.3.1. Formula general de cálculo.

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

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

Dónde:

Q_T (m^3/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 escorrentía de la cuenca o superficie considerada.

A (km^2) Área de la cuenca o superficie considerada.

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

1.4. INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN.

Los valores de máxima precipitación diaria con los que vamos a trabajar, son los obtenidos en el punto 1.1.3.

La intensidad de precipitación $I(T,t)$ correspondiente a un período de retorno T , y a una duración del aguacero t , a emplear en la estimación de caudales por el método racional, se obtendrá por medio de la siguiente fórmula:

$$I(T, t) = I_d \cdot F_{int}$$

Dónde:

$I(T, t)$ (mm/h) Intensidad de precipitación correspondiente a un período de retorno T y a una duración del aguacero t .

I_d (mm/h) Intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al período de retorno T .

F_{int} (adimensional) Factor de intensidad.

1.4.1. Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca.

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

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

$$K_A = 1$$

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

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

Dónde:

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

A (km²) Área de la cuenca.

Como la cuenca de estudio no se ve afectada ni incrementada por nuevas aportaciones de caudales, se mantiene igual que la que hay en la ctra. N-630, la cual es inferior a 1 km², el factor reductor a aplicar es $K_A=1$, por lo que las precipitaciones se mantienen como estaban.

1.4.2. Intensidad media diaria.

La intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al período de retorno T , se obtiene mediante la fórmula:

$$I_d = \frac{P_d \cdot K_A}{24}$$

Siendo:

Id (mm/h) Intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al período de retorno T.

Pd (mm) Precipitación diaria correspondiente al período de retorno T.

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

Aplicando esta fórmula obtenemos:

Periodo de Retorno T(años)	5	10	25	50	100	500
Pd (mm)	48,08	56,00	66,84	75,36	83,92	106,52
Id(mm/h)	2,00	2,33	2,79	3,14	3,50	4,44

1.4.3. Factor de intensidad (Fint).

El factor de intensidad introduce la torrencialidad de la lluvia en el área de estudio y depende de:

- La duración del aguacero t
- El período de retorno T, si se dispone de curvas intensidad - duración - frecuencia (IDF) aceptadas por la Dirección General de Carreteras, en un pluviógrafo situado en el entorno de la zona de estudio que pueda considerarse representativo de su comportamiento.

Se tomará el mayor valor de los obtenidos de entre los que se indican a continuación:

$$Fint = \text{máx} (Fa, Fb)$$

Dónde:

Fint (adimensional) Factor de intensidad

Fa (adimensional) Factor obtenido a partir del índice de torrencialidad (I1/Id)

Fb (adimensional) Factor obtenido a partir de las curvas IDF de un pluviógrafo

próximo

1.4.3.1. Obtención de Fa.

Para la obtención del factor Fa, se debe particularizar la expresión para un tiempo de duración del aguacero igual al tiempo de concentración (t=tc).

Para ello se aplicará:

$$F_a = \left(\frac{I_1}{I_d} \right)^{3,5287 - 2,5287 t^{0,1}}$$

Dónde:

Fa (adimensional) Factor obtenido a partir del índice de torrencialidad (I1/I_d).

I1/I_d (adimensional) Índice de torrencialidad que expresa la relación entre la intensidad de precipitación horaria y la media diaria corregida. Su valor se determina en función de la zona geográfica, a partir del mapa de la figura 2.4.

t (horas) Duración del aguacero.

Para obtener el valor de t, es necesario calcular **el tiempo de concentración (tc)**, que se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

$$t_c = 0,3 \cdot L_c^{0,76} \cdot J_c^{-0,19}$$

Siendo:

Tc (horas) Tiempo de concentración.

Lc (Km) Longitud del cauce.

Jc (adimensional) Pendiente media del cauce.

tc	0,28
-----------	------

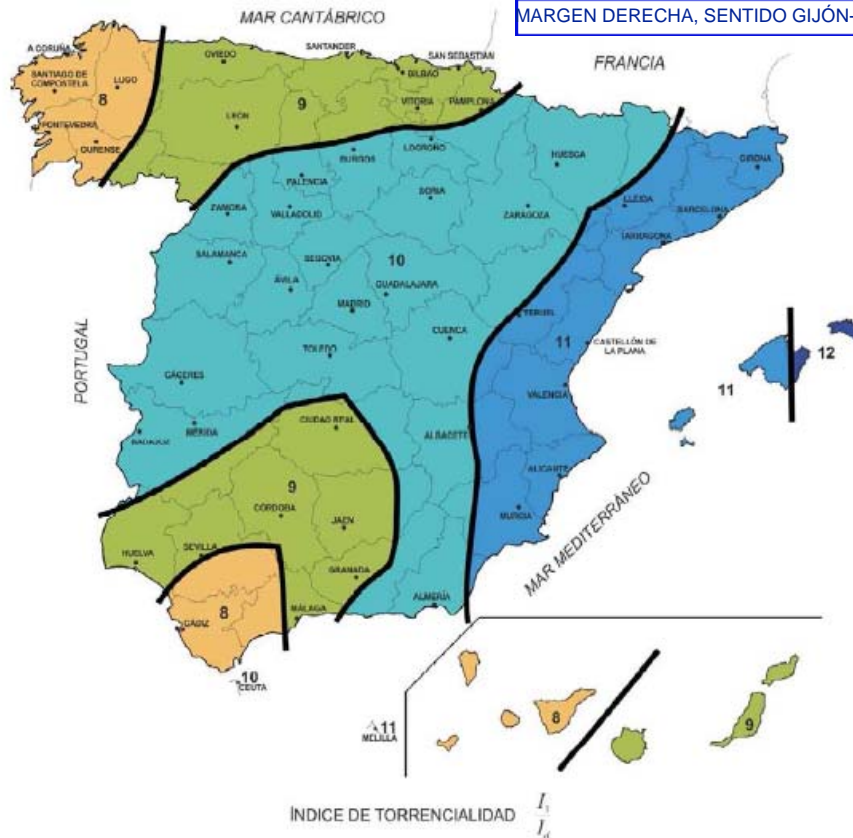


FIGURA 2.4.- MAPA DEL ÍNDICE DE TORRENCIALIDAD (I_1/I_4)

El valor que obtenemos en la zona de Mérida es **(11/1d)=10**.

Con los datos obtenidos, aplicando en la fórmula de Fa, se obtiene un valor de:

$$Fa=20,05$$

1.4.3.2. Obtención de Fb.

Para obtener el valor de Fb, se tienen que definir las curvas IDF en los diferentes periodos de retorno.

$$F_b = k_b \frac{I_{IDF}(T, t_c)}{I_{IDF}(T, 24)}$$

Dónde:

Fb (adimensional) Factor obtenido a partir de las curvas IDF de un pluviógrafo próximo.

$I_{IDF}(T, t_c)$ (mm/h) Intensidad de precipitación correspondiente al período de retorno T y al tiempo de concentración t_c , obtenido a través de las curvas IDF del pluviógrafo (figura 2.5).

$I_{IDF}(T, 24)$ (mm/h) Intensidad de precipitación correspondiente al período de retorno T y a un tiempo de aguacero igual a veinticuatro horas ($t=24$ h), obtenido a través de curvas IDF (figura 2.5)

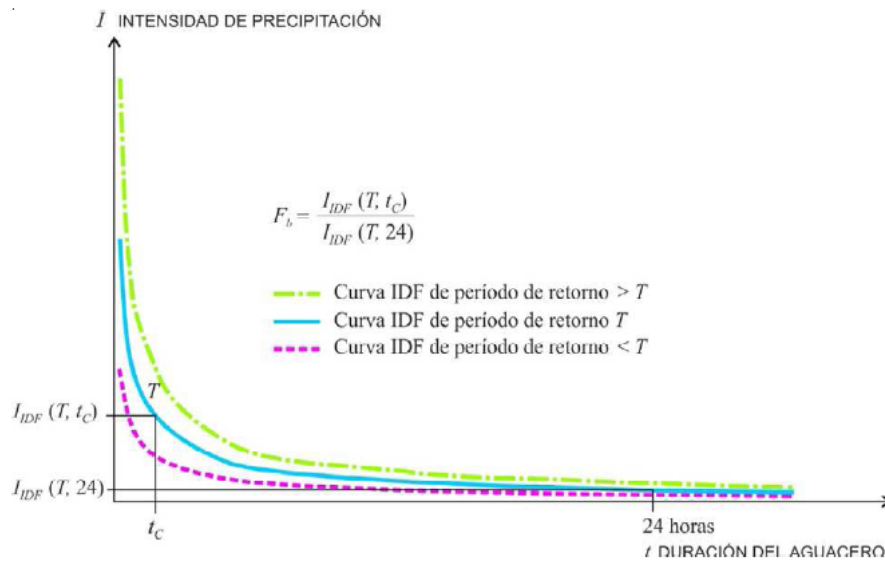


FIGURA 2.5.- OBTENCIÓN DEL FACTOR F_b

Con todos los valores obtenidos, calcularemos el valor de I (mm/h), que será:

$$I(T, t) = I_d \cdot F_{int}$$

Periodo de Retorno T(años)	I_d (mm/h)	F_{int} (adimensional)	I (mm/h)
5	2,00	20,05	40,18
10	2,33	20,05	46,80
25	2,79	20,05	55,86
50	3,14	20,05	62,98
100	3,50	20,05	70,13
500	4,44	20,05	89,02

1.5. COEFICIENTE DE ESCORRENTIA.

El coeficiente de escorrentía C , define la parte de la precipitación de intensidad I (T, t) que genera el caudal de avenida en el punto de desagüe de la cuenca.

El coeficiente de escorrentía C, se obtendrá mediante la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned}
 &\text{Si } P_d \cdot K_A > P_0 & C = \frac{\left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} - 1\right) \left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} + 23\right)}{\left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} + 11\right)^2} \\
 &\text{Si } P_d \cdot K_A \leq P_0 & C = 0
 \end{aligned}$$

Dónde:

- C** (adimensional) Coeficiente de escorrentía
- Pd** (mm) Precipitación diaria correspondiente al período de retorno T considerado
- K_A** (adimensional) Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca.
- P₀** (mm) Umbral de escorrentía.

Para obtener el valor de C, se procede a calcular los siguientes parámetros:

1.5.1. Umbral de Escorrentía.

El umbral de escorrentía P₀, representa la precipitación mínima que debe caer sobre la cuenca para que se inicie la generación de escorrentía. Se determinará mediante la siguiente fórmula:

$$P_0 = P_0^i \cdot \beta$$

Dónde:

- P₀** (mm) Umbral de escorrentía.
- P₀ⁱ** (mm) Valor inicial del umbral de escorrentía.
- β** (adimensional) Coeficiente corrector del umbral de escorrentía.

1.5.1.1. Valor inicial del umbral de escorrentía.

El valor inicial del umbral de escorrentía P₀ⁱ, se determina a partir de la Tabla 2.3 de la Norma 5.2. IC- Drenaje Superficial (*Orden FOM/298/2016*).

La determinación de los grupos hidrológicos de suelo presentes en la cuenca se debe realizar a partir del mapa de la figura 2.7., o de la figura 2.8.

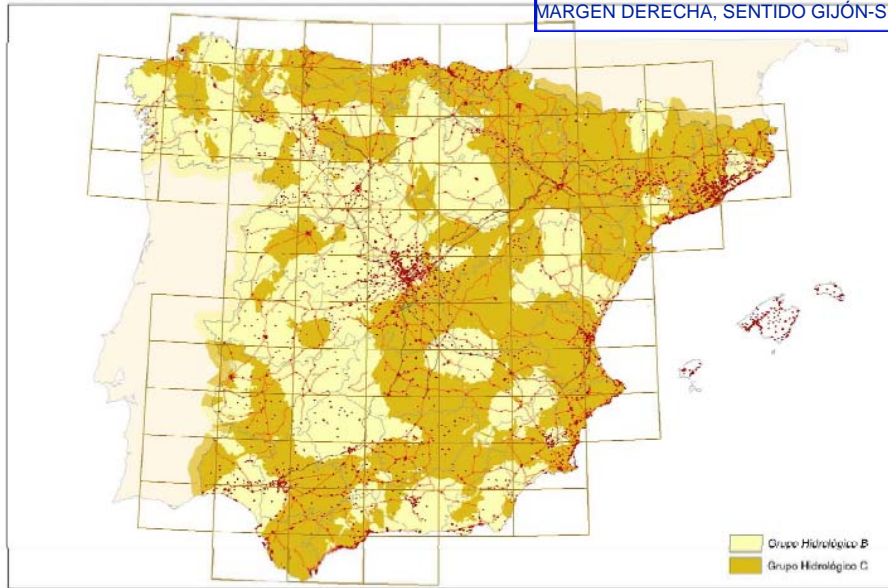


FIGURA 2.7.- MAPA DE GRUPOS HIDROLÓGICOS DE SUELO

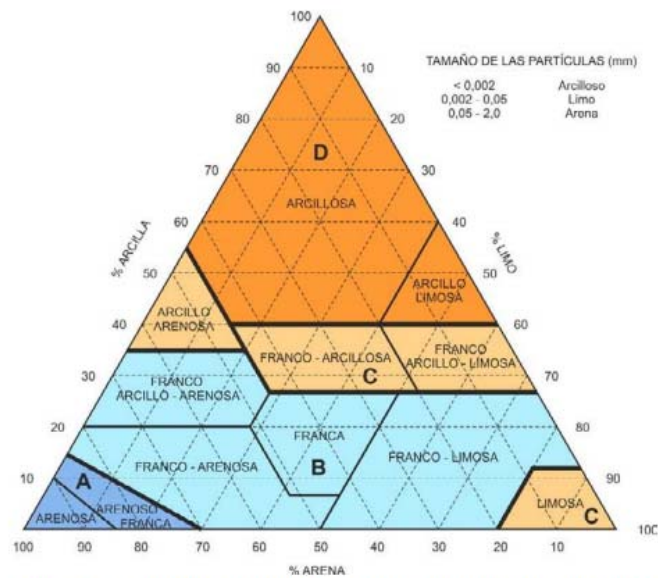


FIGURA 2.8.- DIAGRAMA TRIANGULAR PARA DETERMINACIÓN DE LA TEXTURA EN MATERIALES TIPO SUELO

La zona de actuación, sita en el T.M. de Mérida se encuentra en el **Grupo Hidrológico de Suelo C**

Pero también pueden diferenciar las proporciones de los distintos tipos y usos de suelo existentes en la cuenca, atribuyendo a cada uno el valor correspondiente de P_{0i} que se indica en la tabla 2.3

TABLA 2.3.- VALOR INICIAL DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA P_{0i} (mm)

Código	Uso de suelo	Práctica de cultivo	Pendiente (%)	Grupo de suelo			
				A	B	C	D
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

El valor obtenido de P_{0i} (mm) = 11

1.5.2. Coeficiente corrector del umbral de escorrentía.

La formulación del método racional efectuada en los epígrafes precedentes requiere una calibración con datos reales de las cuencas, que se introduce en el método a través de un coeficiente corrector del umbral de escorrentía β .

Cuando no se disponga de información suficiente en la propia cuenca de cálculo o en cuencas próximas similares, para llevar a cabo la calibración, se puede tomar el valor del coeficiente corrector a partir de los datos de la tabla 2.5, correspondientes a las regiones de la figura 2.9.



FIGURA 2.9.- REGIONES CONSIDERADAS PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL COEFICIENTE CORRECTOR DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA

TABLA 2.5.- COEFICIENTE CORRECTOR DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA: VALORES CORRESPONDIENTES A CALIBRACIONES REGIONALES

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
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

$$\beta^{PM} = \beta_m \cdot F_T$$

Dónde:

β^{PM} (adimensional) Coeficiente corrector del umbral de escorrentía para drenaje de plataforma y márgenes, o drenaje transversal de vías auxiliares

β_m (adimensional) Valor medio en la región, del coeficiente corrector del umbral de escorrentía (tabla 2.5)

F_T (adimensional) Factor función del período de retorno T (tabla 2.5).

El valor del Umbral de Escorrentía obtenido en los diferentes periodos de retornos, es:

Periodo de Retorno T (años)	Coeficiente corrector del umbral de escorrentía		Valor inicial del umbral de escorrentía Poi (mm)	Umbral de escorrentía Po (mm)
	B	FT		
5	0,90	0,93	11	9,21
10	0,90	0,95	11	9,41
25	0,90	1,10	11	10,89
50	0,90	1,20	11	11,88
100	0,90	1,26	11	12,47
500	0,90	1,45	11	14,36

Con los datos obtenidos de Po, calculamos el coeficiente de escorrentía C, según queda definido en el apartado 1.5.

Periodo de Retorno T (años)	Valor inicial del umbral de escorrentía Poi (mm)	Precipitación diaria Pd (mm)	Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca KA (adimensional)	Umbral de escorrentía Po (mm)	Coeficiente de Escorrentia C (adimensional)
5	11	48,08	1	9,21	0,45
10	11	56,00	1	9,41	0,50
25	11	66,84	1	10,89	0,51
50	11	75,36	1	11,88	0,52
100	11	83,92	1	12,47	0,54
500	11	106,52	1	14,36	0,58

1.6. COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD EN LA DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DE LA PRECIPITACIÓN

El coeficiente K_t tiene en cuenta la falta de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación.

Se obtendrá a través de la siguiente expresión:

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

Dónde:

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

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

El valor de K_t para un tiempo de concentración $t_c=0,28$ es, **$K_t=1,014$**

1.7. CÁLCULO DE CAUDALES PARA LOS PERIODOS DE RETORNOS (T).

Para la obtención del caudal máximo anual Q_T , correspondiente a un período de retorno T, se calcula mediante la fórmula:

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

Con el valor de los datos que se ha obtenido previamente, los caudales resultantes son:

Periodo de Retorno T (años)	A (Km)	P (mm)	Id (mm/h)	I (mm)	Po (mm)	C	Kt	Q (m3/s)
5	0,0137	48,08	2,00	40,18	9,21	0,45	1,014	0,070
10	0,0137	56,00	2,33	46,80	9,41	0,50	1,014	0,090
25	0,0137	66,84	2,79	55,86	10,89	0,51	1,014	0,110
50	0,0137	75,36	3,14	62,98	11,88	0,52	1,014	0,127
100	0,0137	83,92	3,50	70,13	12,47	0,54	1,014	0,147
500	0,0137	106,52	4,44	89,02	14,36	0,58	1,014	0,198



	Colegio de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas e Ingenieros Civiles Extremadura
FECHA : 26/01/2018 VISADO : 63180008PC/1	
Consultoría. Dirección Integrada de Proyectos	
Título del Trabajo : PROYECTO MODIFICACIÓN DEL ACCESO EXISTENTE EN LA CTRA. CONVENCIONAL N-630 EN EL P.K. 625+695, MARGEN DERECHA, SENTIDO GIJÓN-SEVILLA, EN EL T.M. DE MÉRIDA	

2. DRENAJE.

Uno de los aspectos importantes a considerar en el Proyecto de obras lineales es el relativo al estudio y definición de las obras y elementos de evacuación de las aguas de escorrentía superficial que inciden sobre el trazado de dichas obras lineales, tanto por intersección de los cauces naturales o artificiales que discurren por la zona, como por afluencia lateral de dichas escorrentías desde los terrenos adyacentes.

En el presente apartado se expone la metodología utilizada, basada fundamentalmente en la “Norma 5.2.-I.C: Drenaje Superficial” del M.O.P.U., y los cálculos efectuados para el dimensionamiento de cada una de las obras de drenaje consideradas, a partir de los datos hidrológicos obtenidos en el apartado de Hidrología.

También se han tenido en cuenta las indicaciones del Pliego correspondientes a este Proyecto, así como otros requerimientos de carácter técnico.

El drenaje de las aguas superficiales se compone de diversos elementos, cada uno de los cuales cumple una función diferente dentro del esquema general.

Los elementos que componen el drenaje de la carretera son:

- Drenaje transversal.
- Drenaje longitudinal.

En los apartados que siguen se describen las funciones y la ubicación de cada uno de estos elementos dentro de la obra, así como los cálculos hidráulicos de todos los elementos considerados.

2.1.- DRENAJE TRANSVERSAL

2.1.1.- OBRA DE FÁBRICA EXISTENTE

De acuerdo a la observación del drenaje transversal existente en el terreno, se ha constatado la existencia de una obra de drenaje de las siguientes características:

- ODT1: P.K. 625+695.** Tubo de hormigón de 800 mm. de diámetro, con boquillas con aletas en embocadura y desembocadura, en ambos casos de hormigón. Esta obra de drenaje desagua el caudal procedente de la cuneta, tanto la procedente en sentido Gijón- Sevilla, como la procedente en sentido Sevilla-Gijón, desde el acceso existente a modificar.



Imagen. Vista de la embocadura en el margen derecho de la calzada

De acuerdo a las observaciones realizadas, y a la cartografía disponible, esta obra de drenaje transversal se mantendrá en su estado actual, como elemento de desagüe de la cuneta de ambos márgenes de la carretera, procedente de la cuneta y el acceso en el margen derecho de la carretera y de la cuneta y terrenos en el margen izquierda.

No obstante será preciso ampliar el caño existente por su embocadura (margen derecha de la carretera), dado que la plataforma de la carretera se amplía por este margen para la modificación del acceso a las instalaciones. En este caso se prolongará con tubo de

hormigón de diámetro 800 m; para efectuar la conexión del mismo con la obra de fábrica existente se realizará mediante una arqueta de conexión registrable de hormigón armado de 2,00 x 2,00 metros, a la misma desaguarán también el pasos salvacunetas.

2.1.2.- COMPROBACIÓN DE LA OBRA DE FÁBRICA

2.1.2.1.- CAPACIDAD HIDRÁULICA

Para el dimensionamiento hidráulico se ha seguido la metodología indicada en la “Norma 5.2.-I.C: Drenaje Superficial” del M.O.P.U. y en la publicación de la Dirección General de Carreteras del M.O.P.U. “Obras pequeñas de paso: Dimensionamiento Hidráulico”, imponiendo una serie de limitaciones o condiciones. Se considera el caudal de cálculo obtenido para el período de retorno de 100 años.

Para el cálculo de la capacidad de las nuevas obras de fábrica se aplica la fórmula de Manning-Strickler, de expresión:

$$Q=S * V = S * R_n^{2/3} * J^{1/2} * K*U; \quad V=R_n^{2/3} * J^{1/2} * K*U.$$

Siendo:

S = sección hidráulica en m².

V = velocidad en m/s.

R_n = radio hidráulico de la sección.

J = pendiente en tanto por uno.

K = coeficiente de rugosidad.

U = coeficiente de conversión.

Los límites de velocidad considerados son de 4,5 a 6 m/s como máximo (tabla 1-3 de la norma) y de 0,60 m/s como mínimo, a sección llena.

Para las secciones elegidas construidas en hormigón, se ha adoptado un coeficiente de rugosidad de K = 60 a 80, según sea un tubo o un marco, con un factor de conversión de 1 para obtener los caudales en m³/s.

Para una pendiente en tanto por uno de 0,02 y con un coeficiente de rugosidad de hormigón de valor 75, se obtiene la siguiente capacidad de desagüe de la obra de fábrica, considerando un llenado máximo del 80% de la sección hidráulica, para asegurar un adecuado funcionamiento de la misma:

NOMBRE	O.F. EXISTENTE	L (m)	DIAMETRO (mm)	Qcuencia (m ³ /s)	CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS						
					S(m)	P(m)	Rh	J (m/m)	K	V (m/s)	Q _{desagua} (m ³ /s)
ODT-1	Demoler Margen Derecho	13,50	800	0,147	0,503	2,513	0,200	0,02	75	3,720	1,870

El caudal desaguado por las obra de fábrica de diámetro 800 mm es 1,870 m³/s, teniendo en cuenta el caudal existente en ese punto es de **0,147 m³/s**, la OF-1 que hay y se mantiene es óptima.

Las representaciones en planta de la ubicación de la obra de fábrica se adjuntan en el Documento nº 2 "Planos".

2.2.- DRENAJE LONGITUDINAL

Este apartado comprende el conjunto de elementos que cumplen dos tipos de funciones: Drenaje de la plataforma y protección de taludes. Los elementos integrantes se combinan para captar y conducir el agua, en recorrido fundamentalmente longitudinal, hasta los cauces naturales directamente o a través de obras de Drenaje Transversal.

2.2.1.- CÁLCULO DE CAUDALES DE DISEÑO

Para la estimación de los caudales circulantes y el dimensionamiento del sistema de cunetas se ha utilizado la Instrucción de Carreteras 5.2-IC. El periodo de retorno adoptado es, según se indica en la Tabla 1-2 de la citada Instrucción, de 25 años.

Los caudales aportados proceden en nuestro caso tan solo de las aportaciones de la plataforma y la franja de terreno adyacente a la misma. Como la ampliación del carril de deceleración no supone un incremento considerado en cuanto a aportaciones nuevas para el

drenaje longitudinal, se opta por mantener en el margen afectado por las obras el mismo tipo de drenaje longitudinal que existe en ese tramo de la Ctra. N-630

El caudal obtenido para el periodo de retorno de 25 años es de **0,110 m3/s**

2.2.2.- CUNETAS SUPERFICIALES

La cuneta proyectada tendrá la misma característica que la cuneta existente de la carretera, será una cuneta tipo V de tierra, con taludes 2:1 y 2,00 m de ancho, y la profundidad en el vértice es de 50 cm.

La cuneta de desmonte desagua al final del tramo correspondiente. Los caudales evacuados son conducidos a cauces naturales.

La capacidad de las cunetas superficiales de desmonte tiene un coeficiente de manning $n=0,025$ (en cunetas de tierra) y una velocidad límite indicada en la norma 5.2.-I.C.

La altura de cálculo se ha limitado a 0,50 m, la pendiente mínima al 0,5% y la máxima al 2%.

El caudal acumulado en la cuneta proyectada en el margen derecho, desaguará al paso salvacunetas proyectado y este a su vez desagua a cauces naturales.

Las características hidráulicas de la cuneta serán:

- En función de la altura de la lámina de agua

$$S = \frac{1}{2} * 4 * h * h = 2h^2$$

$$P = 2 * \sqrt{(2h)^2 + h^2} = 2\sqrt{4h^2 + h^2} = 2\sqrt{5h} = 4,472h$$

$$R = \frac{S}{P} = \frac{2h^2}{4,472h} = 0,447h$$

- Por la fórmula de Manning.

$$Q = S * V = 2h^2 * V$$

MARGEN DERECHA					
CUNETA TIPO	Qdesagua. (m ³ /s)	J (m/m)	COEF. MANNING	V (m/s)	Qmax (m ³ /s)
Cuneta V (TIERRA)	0,110	0,02	0,025	1,972	0,986

2.2.3.- PASOS SALVACUNETAS

En el caso del acceso a la parcela se prevé la colocación de un colector de 800 mm de diámetro con suficiente capacidad de desagüe, para no interrumpir el caudal que discurre por la cuneta y la obra de drenaje transversal existente.

El tubo de hormigón tendrá un recubrimiento de hormigón, se adecuarán la entrada y la salida al mismo y se dispondrá una capa de hormigón de 10 cm. de espesor para su adecuada protección, a continuación se ejecutará los 31 cm de Mezcla Bituminosa

En el siguiente cuadro se muestra la capacidad de desagüe a sección llena del caño proyectado en todo el tramo de cuneta, con la pendiente mínima de dichos tramo para comprobar que tienen suficiente sección para evacuar los caudales que circulan por cualquier cuneta:

MARGEN DERECHA						
TIPO	Qdesagua (m ³ /s)	J (m/m)	TIPO (mm)	COEF. MANNING	VELOCIDAD (m/s)	CAUDAL max (m ³ /s)
PASO SALVACUNETAS	0,257	0,02	Ø 800	0,015	3,22	1,620