

## ANEJO Nº 10. – DRENAJE

## INDICE

5.1	ESTUDIO HIDROLOGICO.....	1
5.2	DEFINICION DE CUENCAS.....	1
5.3	CALCULO HIDROLOGICO.....	1
5.3.1	DRENAJE TRANSVERSAL.....	1
5.4	ESTUDIO HIDRAULICO .....	4
5.4.1	DRENAJE TRANSVERSAL.....	4
5.4.2	DRENAJE LONGITUDINAL.....	6

## 1 ESTUDIO HIDROLOGICO

En este Anejo se desarrolla el cálculo hidrológico de los caudales aportados por las cuencas naturales que son interceptadas por la vía objeto de acondicionamiento, así como el dimensionamiento de los distintos elementos integrantes del drenaje necesarios para dar continuidad a dichos cauces y evacuar la escorrentía procedente tanto del terreno natural como de la propia plataforma.

La metodología y procedimiento de cálculo para la obtención de los caudales máximos se desarrollan mediante la aplicación CAUMAX., "Mapa de Caudales Máximos. Versión. 2.3" desarrollado por el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) y editado por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente con fecha de mayo de 2014.

Esta aplicación permite obtener las máximas precipitaciones en un determinado lugar de la España peninsular conociendo únicamente sus coordenadas geográficas o UTM, cuantificándolas en función de los distintos periodos de retorno que se exijan.

Como soporte para su estudio se utilizan los cálculos hidrometeorológicos, que permiten cuantificar el caudal máximo aportado en un punto de desagüe de cuenca en función de las lluvias máximas previsibles en un día sobre cada una de las cuencas consideradas.

Las directrices, criterios y consideraciones a tener en cuenta en el diseño de este tipo de obras están contempladas en la normativa vigente: *Instrucción 5.2 IC, "Drenaje superficial"*, aprobada por *Orden FOM/298/2016, así como la Orden FOM/185/2017, de 10 de febrero, que modifica esta última.*

La información cartográfica necesaria se ha obtenido de los mapas topográficos nacionales a escala 1/25.000, de la cartografía de la Comunidad Autónoma de Extremadura a escala 1/10.000 de la zona, completándose con el levantamiento topográfico realizado in situ. En los planos, incluidos en el apéndice final de este anejo, se han representado los límites detallados de cada una de las cuencas interceptadas por la vía.

## 2 DEFINICION DE CUENCAS

Del estudio de la topografía de la zona se ha comprobado que existe una única cuenca que intercepta el trazado y que se corresponde con la cuenca del arroyo Carrasca.

Esta cuenca está situada casi en su totalidad en la margen sur de la carretera N-432.

Se ha calculado el caudal de la cuenca interceptada por la carretera, adjuntándose el cuadro característico de las cuencas al final de este anejo.

Con estos caudales de referencia se comprobado la idoneidad de las obra de drenaje existentes en el cruce del arroyo Carrasca en la traza.

No existiendo modificación de trazado aunque sí ancho de plataforma, se ha comprobado que la sección existente garantiza la capacidad de desagüe.

Por todo ello se ha previsto la prolongación de la obra de drenaje para el cruce del arroyo Carrasca con una sección igual a la existente.

## 3 CALCULO HIDROLOGICO

### 3.1 DRENAJE TRANSVERSAL

Para la comprobación o dimensionamiento de las obras de drenaje se han tenido en cuenta los criterios marcados por la normativa vigente de referencia, *Instrucción 5.2 IC "Drenaje superficial"*, para realizar los cálculos hidráulicos de las diversas cuencas, definiéndose los parámetros que van a determinar el caudal a evacuar por la obra de fábrica.

#### 3.1.1 CAUDALES DE REFERENCIA

La Instrucción 5.2 IC "Drenaje superficial", en su Capítulo 2 Apartado 1, "consideraciones generales", indica textualmente que En cuencas de área inferior a cincuenta kilómetros cuadrados ( $A < 50 \text{ km}^2$ ) para la determinación de caudales se seguirán las siguientes métodos de cálculo :

- Utilización de datos sobre caudales máximos proporcionados por la Administración Hidráulica.
- Si la Administración Hidráulica no dispone de datos sobre caudales máximos se debe aplicar el método racional, con las particularidades del apartado 2.3 cuando las obras se ubiquen en el Levante y Sureste peninsular.

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

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

#### 3.1.2 TIEMPOS DE CONCENTRACIÓN

La *Instrucción*, en el *Apartado 4* del mismo *Capítulo 2*, denominado "*Tiempo de concentración*", establece que, para el caso de cuencas en las que predomina el tiempo de recorrido del flujo canalizado por una red de cauces definidos, el *tiempo de concentración "T"*, relacionado con la intensidad media de precipitación, se podrá deducir de:

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

donde:

- L longitud del cauce principal en km
- J pendiente media del cauce principal en m/m
- Tc tiempo de concentración en hr

Dado que el tiempo de concentración depende de la longitud y pendiente del cauce escogido, deben tantearse diferentes cauces o recorridos del agua, incluyendo siempre en los tanteos los de mayor longitud y menor pendiente. El cauce (o recorrido) que debe escogerse es aquél que da lugar a un valor mayor del tiempo de concentración tc.

### 3.1.3 PERIODO DE RETORNO

La mencionada Instrucción 5.2 IC, en el Apartado 1.3.2 Caudal de Proyecto, define:

*“Drenaje transversal: se debe establecer por el proyecto en un valor superior o igual a cien años (T ≥ 100 años) que resulte compatible con los criterios sobre el particular de la Administración Hidráulica competente.”*

### 3.1.4 INTENSIDADES MEDIAS DE PRECIPITACIÓN

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:

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

donde:

- I (T, t) (mm/h) Intensidad de precipitación correspondiente a un período de retorno T y a una duración del aguacero t.
- Id (mm/h) Intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al período de retorno T
- F<sub>int</sub> (adimensional) Factor de intensidad

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

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

donde:

- 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<sub>A</sub> (adimensional) Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca

El factor reductor de la precipitación por área de la cuenca K<sub>A</sub>, tiene en cuenta la no simultaneidad de la lluvia en toda su superficie. Se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} \text{Si } A < 1 \text{ km}^2 & \quad K_A = 1 \\ \text{Si } A \geq 1 \text{ km}^2 & \quad K_A = 1 - \frac{\log_{10} A}{15} \end{aligned}$$

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:

$$F_{int} = \max(F_a, F_b)$$

donde:

- F<sub>int</sub> (adimensional) Factor de intensidad
- F<sub>a</sub> (adimensional) Factor obtenido a partir del índice de torrencialidad (I1/Id)
- F<sub>b</sub> (adimensional) Factor obtenido a partir de las curvas IDF de un pluviógrafo próximo.

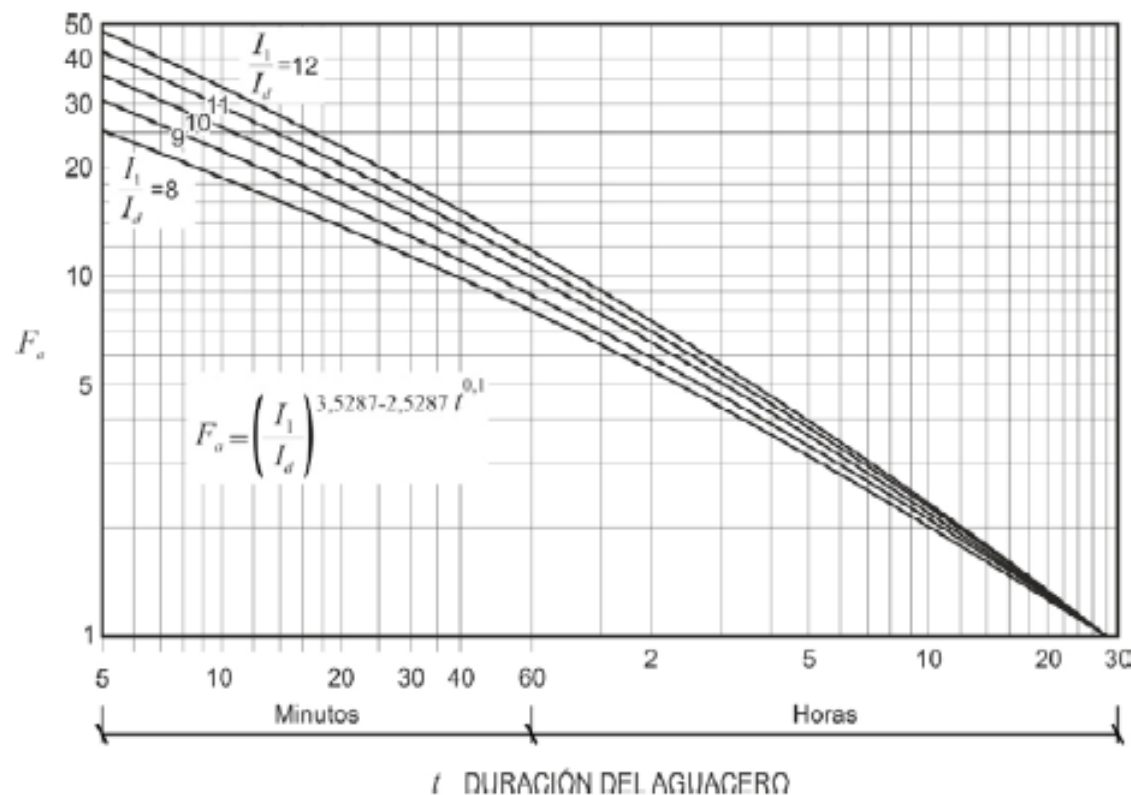
Obtención de Fa:

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

donde:

- $F_a$  (adimensional) Factor obtenido a partir del índice de torrencialidad ( $I_1/I_d$ ). Se representa en la figura 2.3 de la Norma.
- $I_1/I_d$  (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 de la Norma.
- $t$  (horas) Duración del aguacero.

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



Obtención de  $F_b$ :

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

donde:

- $F_b$  (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.

- $I_{IDF}(T, 24)$  (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.
- $k_b$  (adimensional) Factor que tiene en cuenta la relación entre la intensidad máxima anual en un período de veinticuatro horas y la intensidad máxima anual diaria. En defecto de un cálculo específico se puede tomar  $k_b = 1,13$

### 3.1.5 COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA

El coeficiente de escorrentía  $C$ , define la parte de la precipitación de intensidad  $I$  ( $T, t_c$ ) 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

$$\text{Si } P_d \cdot K_A > P_0 \quad C = \frac{\left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} - 1\right) \left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} + 23\right)}{\left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} + 11\right)^2}$$

$$\text{Si } P_d \cdot K_A \leq P_0 \quad C = 0$$

Donde los diferentes parámetros se calculan según los apartados 2.2.3.2., 2.2.3.3 y 2.2.3.4 de la citada Norma.

### 3.1.6 ÁREA DE LA CUENCA

A los efectos de la norma se considera como área de la cuenca  $A$ , la superficie medida en proyección horizontal (planta) que drena al punto de desagüe.

En los casos más habituales como el que nos ocupa, el pequeño tamaño de las cuencas a las que resulta de aplicación este método de cálculo, la causa de la heterogeneidad se debe a la variación espacial del coeficiente de escorrentía y no tanto de la intensidad de precipitación. En tales circunstancias se considera razonable adoptar un valor medio areal para la intensidad de precipitación en la cuenca  $I(T, t_c)$  por lo que la expresión anterior resulta:

$$Q_T = \frac{K_t}{3,6} \cdot I(T, t_c) \cdot \sum [C_i \cdot A_i]$$

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:

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

- $K_t$  (adimensional) Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación.
- $t_c$  (horas) Tiempo de concentración de la cuenca

### 3.1.7 DETERMINACIÓN DE CAUDALES

La *Instrucción 5.2 IC, "Drenaje superficial"*, en su *Capítulo 2 Apartado 1, "consideraciones generales"*, indica:

*"El caudal máximo anual correspondiente a un determinado periodo de retorno QT, se debe determinar a partir de la información sobre caudales máximos que proporcione la Administración Hidráulica competente."*

Atendiendo a las indicaciones del Órgano de Cuenca correspondiente al área de estudio, Confederación Hidrográfica del Guadiana, para el cálculo del caudal de referencia se ha utilizado la aplicación integrada en la publicación *Mapa de Caudales Máximos*, CAUMAX, desarrollado por el Centro de Estudios Hidrográficos del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) y editado por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente con fecha de mayo de 2014.

El esquema de cálculo en esta metodología es, o bien un modelo hidrometeorológico cuando se trata de cuencas de pequeña superficie, o un modelo estadístico para puntos de mayor cuenca vertiente.

Al tratarse de una cuenca de pequeña superficie vertiente, se ha utilizado el método racional modificado (Témez, 1991)

Para la utilización de la aplicación, se localiza en los planos de cartografía un punto geográfico de cálculo, punto de desagüe de la cuenca. Una vez determinado dicho punto, bien de forma gráfica o mediante la entrada en el programa de las coordenadas del mismo, geográficas o UTM, y el periodo de retorno a considerar, el programa automáticamente obtiene los distintos parámetros representativos de la cuenca correspondiente al punto de desagüe, y a su vez, el caudal desaguado en ese punto. Se obtienen entre otros los siguientes datos

- Área de la cuenca.

- Pendiente media de la cuenca.
- $T_c$ .- tiempo concentración
- Precipitación y precipitación corregida.
- Intensidad (mm/h)
- Umbral de precipitación ( $P_0$ )
- Factor de torrencialidad
- Coeficiente de escorrentía
- Caudal de desagüe ( $m^3/s$ )

Todos estos resultados se han incluido en el anejo 4.- Climatología e Hidrología con la salida del programa CAUMAX en el punto de desagüe estudiado

Para el periodo de retorno considerado (500 años) el dato obtenido para la precipitación máxima diaria en el punto de desagüe correspondiente a la cuenca del arroyo Carrascal es:

$$\text{Caudal (m}^3\text{/s)} = 72$$

## 4 ESTUDIO HIDRAULICO

### 4.1 DRENAJE TRANSVERSAL

Como se ha indicado, el dimensionamiento hidráulico de las obras de fábrica de drenaje transversal de carreteras que interceptan un cauce natural tienen su principal soporte en los cálculos hidrometeorológicos, que cuantifican el caudal máximo aportado por las cuencas que alimentan a ese cauce, desde aguas arriba al punto en el que se ubica la obra hidráulica.

El objetivo final de este Estudio Hidráulico es la comprobación de la suficiente capacidad de las obras de fábrica de drenaje transversal, para el desagüe de los caudales aportados (caudales de referencia) por las cuencas vertientes interceptadas por la carretera, justificándolo atendiendo a los criterios marcados por la normativa vigente.

Como norma general se suele adoptar un criterio de cómputo conservador, considerando únicamente en el cálculo hidráulico aquellas obras de drenaje situadas en el punto en el que la carretera intercepta a la cuenca, obligado paso del cauce, desestimando y no teniendo en cuenta cualquier otro posible alivio (por obras de drenaje transversal intermedias) al caudal aportado por la cuenca afluyente en el punto de cálculo. Como razonamiento crítico, se parte de la base de que esas obras de paso habrían de poder desaguar por sí solas la cuenca que les corresponda en las condiciones establecidas por el cálculo.



#### 4.1.1 COMPROBACION DE CAPACIDAD DE LAS OBRAS DE FABRICA

Para estimar la capacidad de desagüe en elementos donde la pérdida de energía es debida al rozamiento con cauces o conductos de paredes rugosas en régimen turbulento se utilizará la fórmula de Manning-Strickler:

$$Q = V \times S \times U = R^{2/3} \times J^{1/2} \times K \times S \times U$$

en la que:

- Q (m<sup>3</sup>/s) caudal desaguado por el conducto;
- V (m/s) velocidad media de la corriente;
- S (m<sup>2</sup>) área de la sección del elemento de paso;
- R (m) radio hidráulico del elemento de paso (cociente entre área y perímetro mojado);
- J (m/m) es la pendiente de la línea de energía en el tramo de los elementos de paso;
- K (m<sup>1/3</sup>/s) coeficiente de rugosidad, dado por tabla 4.1. A aquellos elementos prefabricados de hormigón, como tubos y marcos, se les asocia un valor comprendido entre 60 y 75 (se adopta un valor comprendido entre ambos de 70)
- U coeficiente de conversión, que depende de las unidades en que se midan Q, S y R. Es 1 cuando se expresan en m<sup>3</sup>/s, m<sup>2</sup>, m, respectivamente.

Los límites de velocidad en los elementos de drenaje se consideran aceptables si están comprendidos entre 6,00 m/s (para evitar daños por erosión) y 0,60 m/s (para impedir sedimentaciones y aterramientos).

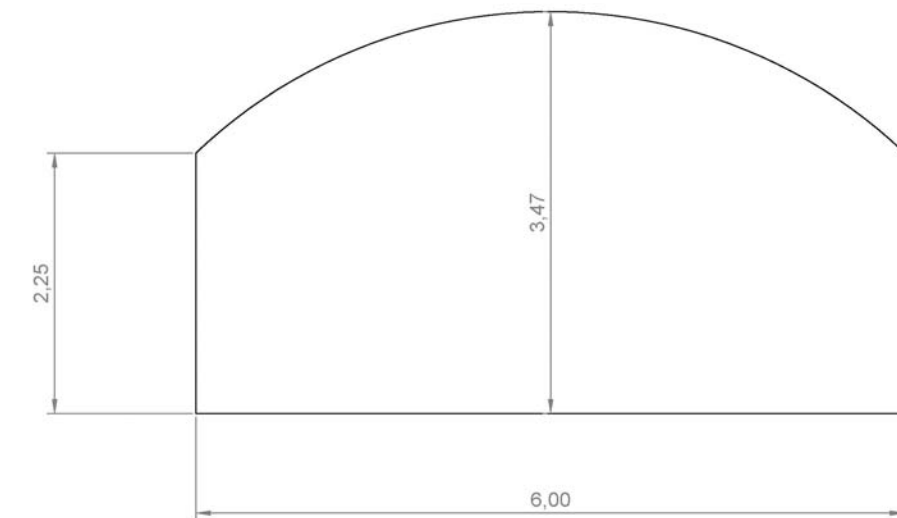
En el cuadro siguiente se trata de validar la obra de fábrica de drenaje transversal situada en el punto en que la carretera intercepta a la cuenca natural, comprobando su capacidad de desagüe en relación con el caudal de cálculo establecido en el apartado anterior.

Comprobada la validez de la obra existente, se proyectará una prolongación de la misma puesto que la actuación supone una ampliación de la plataforma.

Se ha tenido en cuenta las consideraciones específicas de la Norma 5.2. IC en relación con la ampliación de la obra de drenaje:

- La prolongación de la ODT debe respetar la tipología y alineación de la obra existente.
- Esta ampliación supone la modificación de embocadura

Sección existente:



Para el cálculo de la capacidad de desagüe de la obra existente se ha considerado una sección equivalente a un marco de dimensiones 6,00 x 2,25 m, con lo que queda asegurado un resguardo suficiente.

**VALIDACIÓN DE OBRA DE DRENAJE EXISTENTE**

**ARROYO CARRASCA**

O.F. N°	1
P.K.	119+920 (N- 432)
CUENCAS	1
<b>CAUDAL DE APORTACIÓN (m<sup>3</sup>/sg)</b>	<b>72,000</b>
TIPO DE SECCION	MARCO
SECCIÓN (ANCHO/ALTO) (DIÁMETRO)	6x2,25
NUMERO DE UNIDADES	1

DIAMETRO / ANCHO BASE (m)	6,00
CALADO (m)	1,83
COEFICIENTE DE RUGOSIDAD	70
SUPERFICIE MOJADA (m <sup>2</sup> )	10,950
PERIMETRO MOJADO (m)	9,65
PENDIENTE (mm/m)	8,00
VELOCIDAD (m/sg)	6,81
CAUDAL UNITARIO DESAGUADO (m <sup>3</sup> /sg)	74,58
NUMERO DE UNIDADES	1
<b>CAUDAL TOTAL DESAGUADO (m<sup>3</sup>/sg)</b>	<b>74,58</b>
<b>Q2&gt;Q1</b>	<b>CUMPLE</b>
UTILIZACION SECCION LLENA(%)	81,11

Por lo tanto, queda validada la sección existente y la actuación a proyectar consiste en una prolongación de la obra de drenaje existente.

**4.2 DRENAJE LONGITUDINAL.**

En relación con el drenaje longitudinal, se define a continuación la solución prevista con el fin de evacuar la escorrentía que se origine o vierta hacia la plataforma.

El sistema consta básicamente de una serie de cunetas que conducen al agua a los puntos naturales de desagüe.

Los criterios de diseño son:

- Tendrá forma triangular con taludes 6H : 1V (6 horizontal / 1 vertical).
- La profundidad de la cuneta será de 30 cm. medidos desde la arista exterior de la explanada. Se proyecta esta profundidad para permitir drenar la superficie de apoyo de la capa que forma la explanada

Se proyectan cunetas de desmonte para evacuar de la plataforma, y en zonas de desmonte, las aguas recogidas por ella y caídas en:

- La propia cuneta.
- La calzada con peralte hacia la cuneta.
- El talud del desmonte.
- La cuenca natural cuando no se proyecta cuneta de coronación de desmonte.