

ANEJO 3: CLIMATOLOGÍA, HIDROLOGÍA Y DRENAJE



ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA EL ACONDICIONAMIENTO DE LA CV-345 A SU PASO POR LOS
MUNICIPIOS DE HIGUERUELAS Y LA YESA (VALENCIA)

ÍNDICE:

1. Introducción.....	4
2. Climatología.....	5
2.1. Análisis de los máximos de precipitación diaria anual.....	9
2.2. Determinación de las precipitaciones diarias máximas de cálculo.....	9
3. Hidrología.....	13
3.1. Delimitación de las cuencas hidrológicas.....	13
3.2. Cálculo del caudal por el método racional.....	15
4. Drenaje.....	22
4.1. Drenaje de la superficie.....	22
4.2. Drenaje transversal.....	22
4.3. Drenaje específico de la alternativa.....	23
 Apéndice 1. Tabla K _T Instrucción 5.2.-IC “Drenaje Superficial”	25
Apéndice 2. Table del coeficiente corrector del umbral de escorrentía Instrucción 5.2-IC “Drenaje superficial” y división en regiones para el coeficiente corrector del umbral de escorrentía.....	26

1. INTRODUCCIÓN

En el presente anejo se pretende abordar desde un punto de vista ingenieril y enfocado directamente a la construcción y explotación de una infraestructura viaria, la influencia del agua sobre la misma y las posibilidades que la normativa propone para resolver el problema. El punto de partida para la construcción, ampliación o modificación de una carretera debe ser no impedir el paso del agua, o en su defecto, proporcionar una nueva vía de escape al mismo de manera que se eviten problemas ocasionados por el paso libre y sin control del agua por la infraestructura o las inmediaciones de la misma.

En cuanto a la climatología, es la ciencia o rama de la geografía que se ocupa del estudio del clima y sus variaciones a lo largo del tiempo, su objetivo es distinto del de la meteorología pese a usar parámetros similares ya que no pretende hacer previsiones inmediatas, sino estudiar las características climáticas a largo plazo. El clima tiende a ser regular en períodos muy largos, incluso geológicos, determinando de gran manera la evolución del ciclo geográfico de una región, lo que permite el desarrollo de una determinada vegetación y un tipo de suelos determinados por la latitud, es decir, suelos zonales. Para definir un clima es necesario el estudio durante un largo período, unos 30 años según la Organización Meteorológica Mundial.

Por su parte la hidrología se refiere a una rama de las ciencias de la Tierra que estudia el agua, su ocurrencia, distribución, circulación, y propiedades físicas, químicas y mecánicas en los océanos, atmósfera y superficie terrestre. Esto incluye las precipitaciones, la escorrentía, la humedad del suelo, la evapotranspiración y el equilibrio de las masas glaciares. Cuando se habla de cuenca hidrográfica se trata del área total de superficie terrestre que vierte sus aguas de escorrentía a un único río, aguas que dependen de las características de la alimentación. Una cuenca de drenaje es la parte de la superficie terrestre que es drenada por un sistema fluvial unitario.

La importancia de la hidrología es tal que en la actualidad tiene un papel muy importante en el planeamiento del uso de los recursos hidráulicos, y ha llegado a convertirse en parte fundamental de los proyectos de ingeniería que tienen que ver con suministro de agua, disposición de aguas servidas, drenaje, protección contra la acción de ríos y recreación.

En resumen, es necesario tener completamente estudiada y caracterizada la climatología e hidrología de la zona en estudio para prever el correcto diseño, construcción, explotación y mantenimiento de una infraestructura vial.

2. CLIMATOLOGÍA

La climatología de una zona depende de la variabilidad de temperatura, precipitación, humedad, viento y luz solar. En la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) cuya gestión recae en el Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente del Gobierno de España se tiene información climatológica de las Comunidades Autónomas y de los municipios que las conforman, en su página web se dispone de tablas y gráficos que describen la temperatura, viento y precipitación de la zona.

La zona por la que discurre la CV-345, a su paso por los municipios de Higuieruelas y La Yesa, se caracteriza por un clima de montaña del Noroeste, se trata de uno de los climas con mayor volumen de precipitación de la Comunidad Valenciana (650mm anuales), caracterizado por un flujo de precipitaciones regular y sequias menos acusadas. Desde el punto de vista térmico, el clima es más frío al tratarse de una zona con mayor altitud, latitud y alejada de las masas marinas. Además, la nieve y las heladas son frecuentes en un largo periodo del año, se debe considerar su proximidad a las estaciones de esquí de Javalambre y Valderinares, ambas en la provincia de Teruel, y a un recorrido de 1 hora aproximadamente.

En la siguiente imagen se incluye un gráfico donde se recoge un climograma de la zona de la traza de la CV-345, concretamente de la zona más próxima a Higuieruelas. La curva roja representa la variación de temperatura y en azul el volumen de lluvia de la zona, todo ello disgregado en los 12 meses del año 2017.

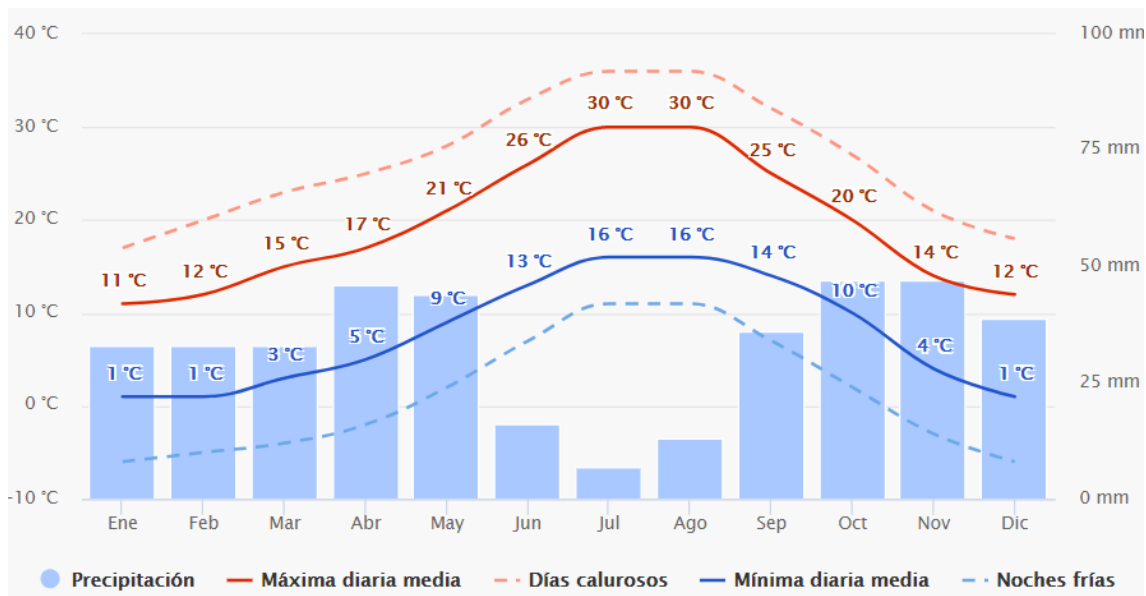


Ilustración 1. Climograma Higuieruelas 2017 (Fuente: www.meteoblue.com)

El mes donde se recoge el menor volumen de precipitación es el mes de julio, con un promedio de 10mm, y el mes donde se da el mayor volumen de lluvias es el mes de octubre con 50mm.

En el sitio web de AEMET se dispone de información acerca de las estaciones meteorológicas disponibles en la zona, una estación meteorológica.

Se ha comprobado que en los municipios objeto del estudio no se dispone de ninguna estación meteorológica pero que la propia AEMET muestra las estaciones próximas de las que se puede obtener información acerca de la temperatura, pluviometría, viento y presión, tanto en series actual como en series históricas, estas son:

- Estación de Chelva a 11.97 km de Higuieruelas y con una altitud de 515 m.
- Estación de Lliria a 22.57 km de Higuieruelas y con una altitud de 198 m.

En la siguiente imagen se representa una gráfica donde se refleja la variación de temperatura máxima y mínima durante el período del año 2017, recogida en la estación meteorológica más próxima a la traza de la carretera propiedad de AEMET, la estación de Chelva.

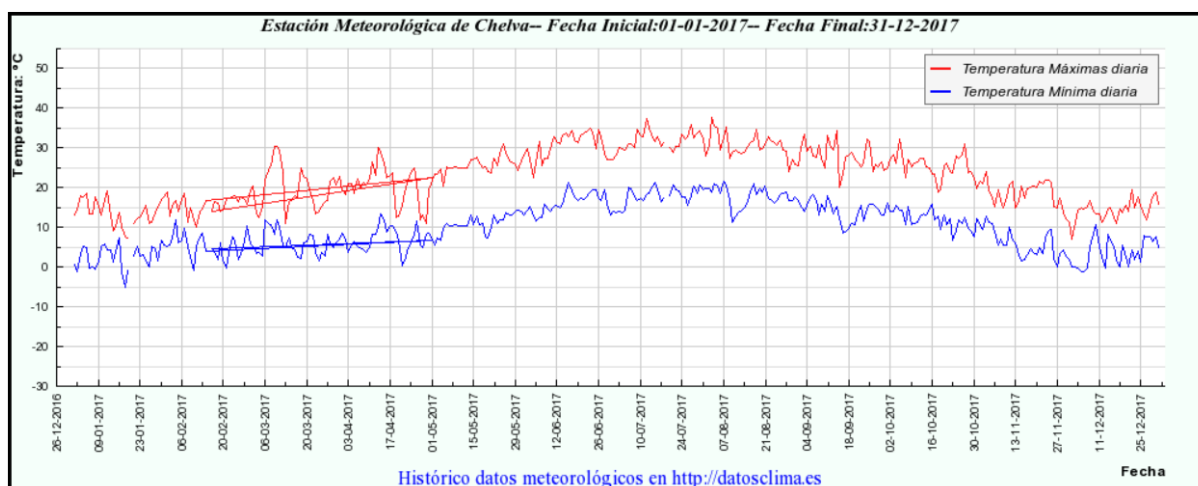


Ilustración 2. Datos de temperatura año 2017 estación de Chelva AEMET (Fuente: www.datosclima.es)

A este archivo se adjunta una tabla de resumen de distintos parámetros para dicho período en la estación de Chelva.

CARACTERÍSTICA / VALOR	(Temperatura °C)	FECHA
Temperatura Máxima más alta Registrada:	37.7	03-08-2017
Temperatura Máxima más baja Registrada:	7.0	02-12-2017
Temperatura Mínima más alta Registrada:	21.5	07-08-2017
Temperatura Mínima más baja Registrada:	-5.1	18-01-2017
Mayor diferencia de temperaturas en un mismo día (Tmax-Tmin):	22.7	18-03-2017
Mayor ascenso de temperaturas Máximas en 24 h:	8.4	entre 29-04-2017 y 30-04-2017
Mayor ascenso de temperaturas Mínimas en 24 h:	9.3	entre 05-03-2017 y 06-03-2017
Mayor descenso de Temperaturas máximas en 24h:	14.1	entre 14-09-2017 y 15-09-2017
Mayor descenso de Temperaturas mínimas en 24 h:	8.4	entre 16-01-2017 y 17-01-2017

Ilustración 3. Resumen estadísticos anuales 2017 Chelva AEMET (Fuente: www.datosclima.es)

Mediante la precedente información anual de la estación más próxima a la traza de la carretera en estudio, se pretende mostrar la variación de pluviometría y temperatura a lo largo de un año y en un periodo reciente de tiempo.

Con el estudio de la climatología se puede elaborar de manera más precisa el plan de trabajo ya que permite estimar cuantos días van a ser laborables por temas relacionados con la climatología de la zona estudiada. Para completar esta información también se dispone de temas relacionados con la meteorología en la AEMET y otros sitios web, por ejemplo, la cantidad de días nublados, de sol o de precipitación, la velocidad del viento con su correspondiente rosa de vientos o las temperaturas máximas alcanzadas en años anteriores. Todo ello puede afectar a distintas unidades de obra por dificultar la ejecución o incluso hacerla inviable, un ejemplo de ello sería la ejecución de las fases de hormigonado, el curado del hormigón o el montaje de estructuras auxiliares.

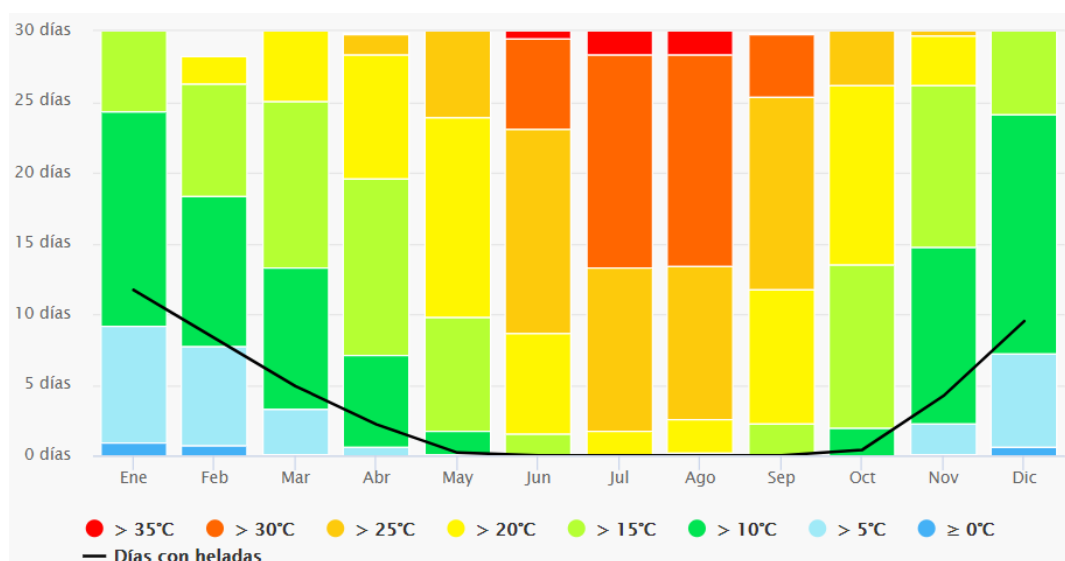


Ilustración 4. Temperaturas máximas recogidas en 2017 en Higuieruelas (Fuente: www.meteoblue.com)

En el gráfico de barras anterior se dispone de información acerca de las temperaturas máximas obtenidas en el año 2017 en el municipio de Higuieruelas, como se puede comprobar las temperaturas más altas coinciden con los meses de verano, en concreto en julio y agosto; mientras que las temperaturas mínimas tienen lugar en los meses de enero y diciembre, donde las heladas se producen en mayor medida.

La cantidad de días en los que se producen heladas está representada con una línea negra en el gráfico de la ilustración 4, por otro lado, la temperatura está representada según el abanico de colores de la leyenda situada en la parte inferior del gráfico.

Como se ha comentado, esta información es de gran importancia para determinadas unidades de obra, en concreto, el conocimiento de las temperaturas máximas y mínimas es de vital importancia para prever los meses donde sea mejor llevar a cabo el hormigonado de la infraestructura.

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA EL ACONDICIONAMIENTO DE LA CV-345 A SU PASO POR LOS
MUNICIPIOS DE HIGUERUELAS Y LA YESA (VALENCIA)

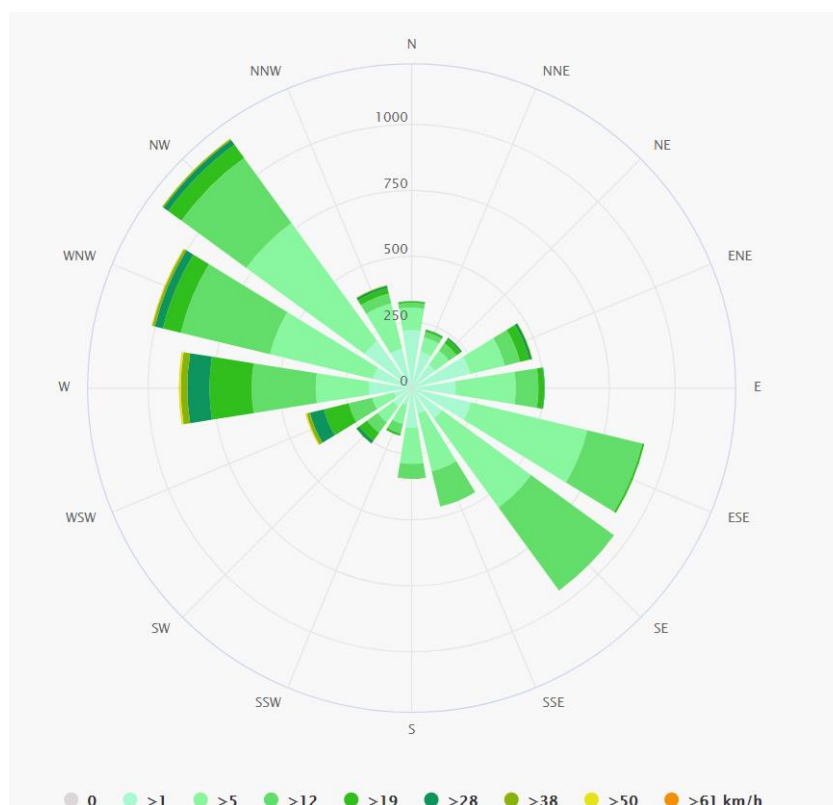


Ilustración 5. Rosa de vientos Higuieruelas (Fuente: www.meteoblue.com)

En la ilustración 5, se representa la rosa de vientos de la zona próxima a Higuieruelas, el objetivo de esta es mostrar el número de horas que el viento sopla una dirección. En el caso concreto de Higuieruelas, el viento está soplando de Suroeste (SO) hacia Noroeste (NO).

En la parte inferior de la rosa de vientos se ha dispuesto una leyenda de colores en la que se representa la intensidad del viento en km/hora.

2.1. ANÁLISIS DE LOS MÁXIMOS DE PRECIPITACIÓN DIARIA ANUAL

Se pretende abordar el análisis de frecuencia de las precipitaciones diarias máximas anuales. Tal y como se ha indicado al principio de este apartado, la información pluviométrica disponible de la zona se encuentra recogida en la AEMET, y en concreto se utiliza la estación meteorológica de Chelva por ser la más próxima a la zona de estudio.

En el siguiente gráfico se representa una comparación de pluviometría en los últimos 5 años (2013-2017), en la que se puede observar en que años se produjo mayor cantidad de lluvias y como se ha ido desarrollando.

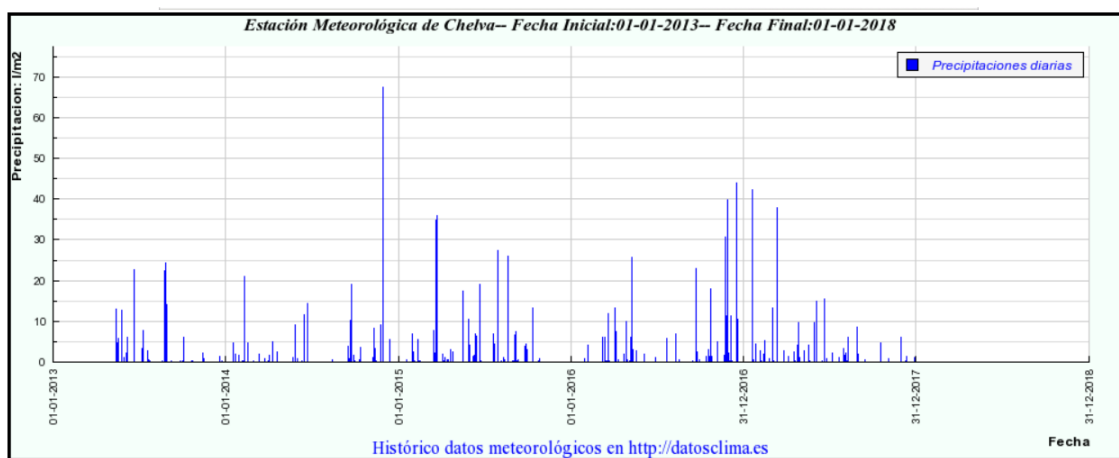


Ilustración 6. Período 2013-2017 de pluviometría máxima diaria estación de Chelva (Fuente: www.datosclima.es)

CARACTERÍSTICA	VALOR	FECHA
Máxima precipitación diaria registrada:	67.4 l/m ²	29-11-2014
Precipitación total acumulada en el periodo:	1423.1 l/m ²	

Ilustración 7. Tabla resumen de valores pluviométricos periodo 2013-2017 estación de Chelva

Del gráfico anterior se puede extraer que el año en el que se produce el mayor volumen de lluvias es a finales de 2014 con 67.4 l/m². Por otro lado, se puede observar que la cantidad de lluvia ha ido en descenso en los últimos años, volviendo a aumentar a finales de 2016 llegando hasta casi 45 l/m².

2.2. DETERMINACIÓN DE LAS PRECIPITACIONES DIARIAS MÁXIMAS DE CÁLCULO

En el presente apartado se pretende abordar el cálculo de los valores de precipitaciones diarias máximas con el período de retorno determinado, que servirá para el posterior cálculo del caudal de proyecto, base de partida para el cálculo de los caudales a desaguar por los pequeños cauces existentes en las obras de carreteras, supliendo así la ausencia de aforos en los mismos.

Para la determinación de dicha precipitación se va a seguir lo implícito en la Instrucción 5.2.-IC “Drenaje Superficial” del Ministerio de Fomento del Gobierno de España. En la norma se establecen cuatro pasos a seguir para determinar la precipitación máxima diaria siguiendo las tablas y modelos que en esta se incluyen.

El proceso seguido es,

1. Localizar en los planos el punto geográfico deseado con la ayuda del plano-guía.

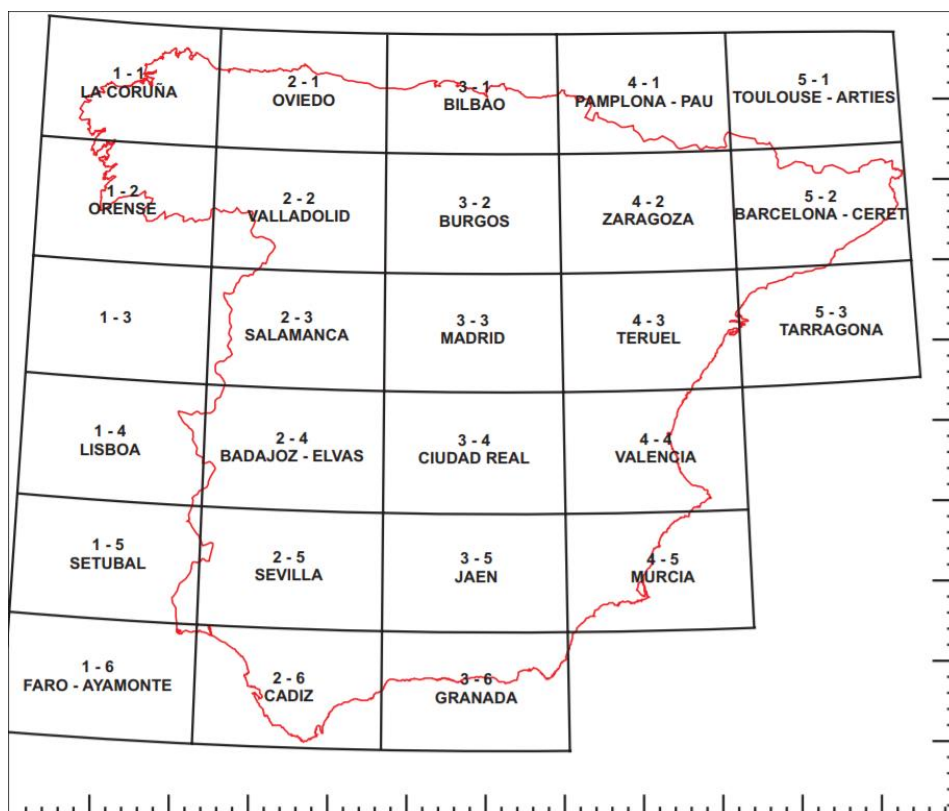


Ilustración 8.Plano guía (Fuente: Instrucción 5.2.-IC “Drenaje Superficial”)

La vía objeto de estudio, CV-345, se encuentra localizada en la página “4-4 VALENCIA” del plano guía.

2. Estimar mediante las isolíneas presentadas el coeficiente de variación C_v (líneas rojas con valores inferiores a la unidad) y el valor medio de la máxima precipitación diaria anual (líneas moradas).

Una vez conocida la hoja del mapa en la que se encuentra la zona estudiada, se determina el C_v y el valor medio de la máxima precipitación entrando en dicha página del mapa adjunto en el final de la norma.

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA EL ACONDICIONAMIENTO DE LA CV-345 A SU PASO POR LOS MUNICIPIOS DE HIGUERUELAS Y LA YESA (VALENCIA)

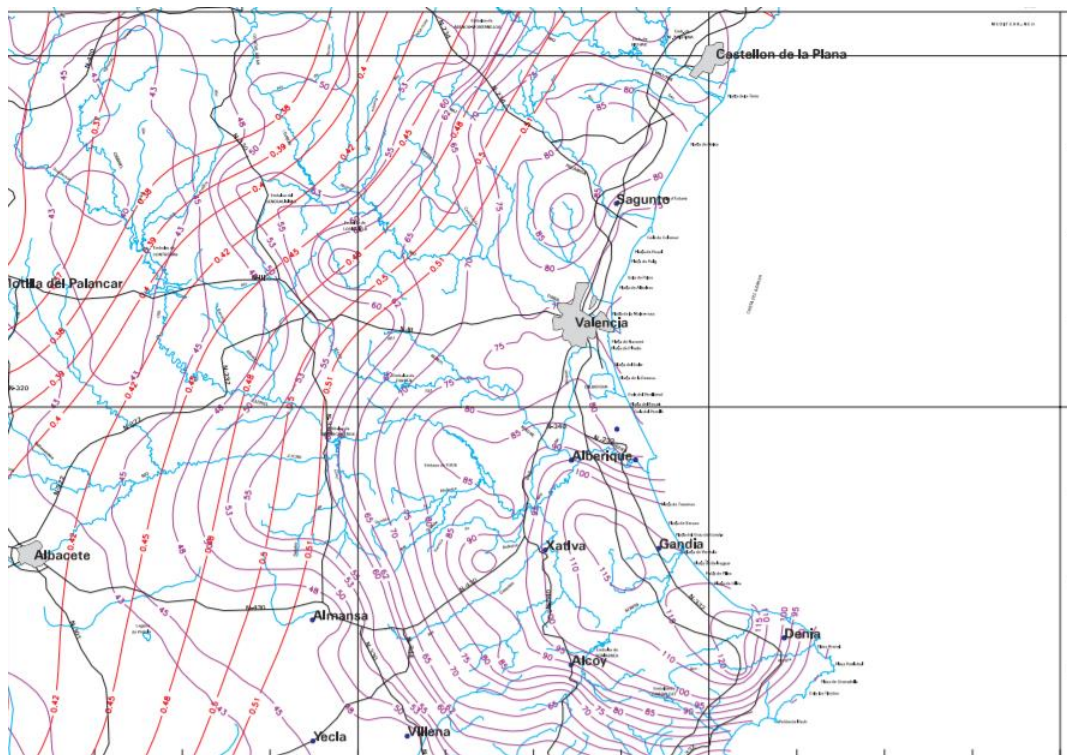
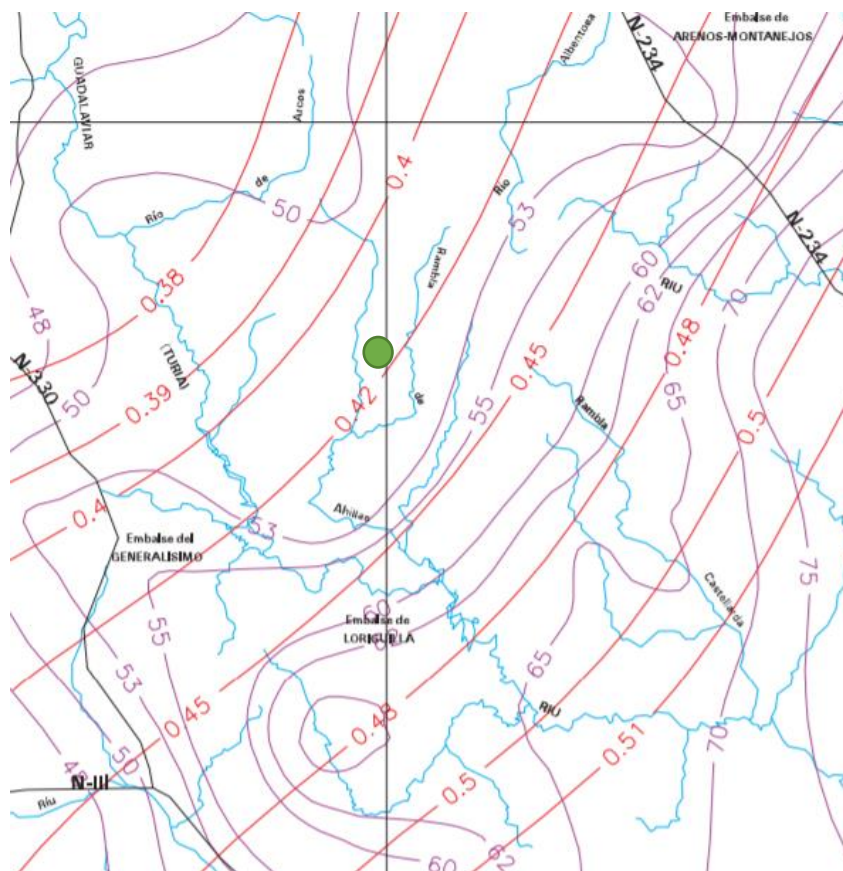


Ilustración 9. Mapa de isobaras hoja 4-4 Valencia (Fuente: Instrucción 5.2.-IC "Drenaje Superficial")



En la ilustración 10 del presente anejo se ha marcado con una señal de manera aproximada la zona en la que se encuentra la vía objeto del estudio. Por tanto,

- $C_v = 0.42$
- Valor medio de la máxima precipitación diaria anual = 53 mm/día

3. Para el periodo de retorno deseado T y el valor de C_v , obtener el factor de amplificación K_T mediante el uso de la tabla K_T

C_v	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS (T)							
	2	5	10	25	50	100	200	500
0.42	0.904	1.259	1.514	1.884	2.174	2.480	2.800	3.250

La elección del período de retorno se realizará según lo indicado en la propia normativa:

- Obras de drenaje de plataforma o superficial → Periodo de retorno de 25 años
- Obras de drenaje transversal → Periodo de retorno de 100 años

Por ello el coeficiente K_T toma un valor de 1.884 y 2.48 para drenaje superficial y para drenaje transversal respectivamente.

4. Producto del factor de amplificación K_T por el valor medio de la máxima precipitación diaria anual obteniendo la precipitación diaria máxima para el periodo de retorno deseado.

$$P_{D, MÁX, 25} = K_T * P_{D, MÁX, ANUAL} = 1.884 * 53 = 99.852 \text{ mm/24 h}$$

$$P_{D, MÁX, 100} = K_T * P_{D, MÁX, ANUAL} = 2.48 * 53 = 131.44 \text{ mm/24 h}$$

3. HIDROLOGÍA

En la parte del anejo dedicada a la hidrología, se determina el caudal de diseño de cada una de las obras de drenaje de la carretera. Para ello, previamente se va a determinar la cuenca hidrológica que vierte a la carretera.

Caudal de proyecto, es aquél que se debe tener en cuenta para efectuar el dimensionamiento hidráulico de una obra, elemento o sistema de drenaje superficial de la carretera. Se considera igual al caudal máximo anual correspondiente a los períodos de retorno que se indican a continuación:

- Drenaje de plataforma y márgenes: veinticinco años ($T = 25$ años), salvo en el caso excepcional de desagüe por bombeo en que se debe adoptar cincuenta años ($T = 50$ años).
- Drenaje transversal: se debe establecer el proyecto en un valor superior o igual a cien años ($T > 100$ años) que resulte compatible con los criterios particulares de la Administración Hidráulica competente.

Para la determinación del caudal de proyecto se va a utilizar la Instrucción 5.2.-IC “Drenaje Superficial”. En esta viene especificado que en cuencas de área inferior a cincuenta kilómetros cuadrados ($A < 50 \text{ km}^2$):

- 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.

Las cuencas hidrológicas que se ven interceptadas por la traza de la CV-345 forman parte de este tipo de cuencas.

3.1. DELIMITACION DE LAS CUENCAS HIDROLÓGICAS

La delimitación de las cuencas hidrológicas que afectan a la traza de la carretera objeto del estudio se va a llevar a cabo mediante la cartografía del Instituto Cartográfico Valenciano (ICV).

La normativa aplicada en este cálculo también determina distintos tipos de cuenca en función de la posición relativa de la cuenca frente a la carretera:

- Cuenca topográfica o natural: Cuenca preexistente no afectada por la carretera, considerada aguas arriba de la entrada de un puente o una obra de drenaje transversal de la carretera.
- Cuenca principal: Cuenca cuyo punto de desagüe es un puente o una obra de drenaje transversal de la carretera. Una cuenca principal se compone de

la cuenca topográfica o natural del cauce correspondiente al puente u obra de drenaje transversal, más las cuencas secundarias que comprenda.

- **Cuenca secundaria:** Cuenca no principal, generada por la construcción de la carretera, cuya escorrentía se vierte a sus elementos de drenaje de plataforma y márgenes. Puede comprender terrenos tanto de la propia explanación como otros exteriores que viertan su escorrentía hacia ella.

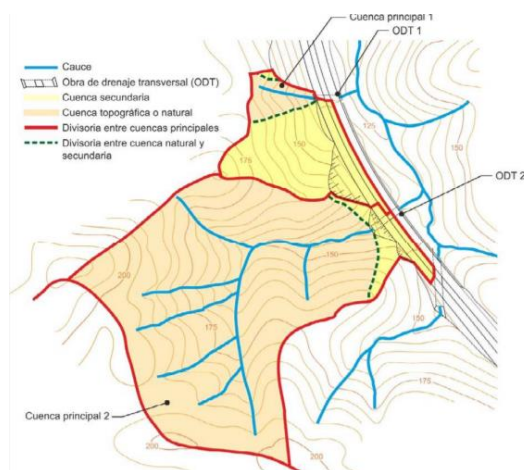


Ilustración 11. Tipología de cuencas hidrológicas (Fuente: Instrucción 5.2.-IC "Drenaje Superficial")

A continuación, se adjunta una tabla donde se recogen las características más relevantes de las cuencas hidrológicas que afectan a la traza de la carretera.

SUBCUENCA	Superficie (km ²)	Longitud (km)	Pendiente (m/m)	Incremento de Cota (m)	Tiempo de concentración
Barranco de la Molina	0,27	1,35	0,081	76,3	0,607523057
Barranc de la Loma	0,26	1,5	0,156	216	0,581108112
Barranco de Hoya Redonda	1,68	4,286	0,094	91,9	1,420975563
Barranci de Hoya del Moro	0,07	0,95	0,05	29,4	0,509784814
Barranco de Torda	0,09	1,025	0,031	12,6	0,591442693
Barranco de la Rambleta	0,07	1	0,075	114	0,490749216
Rambla ed Abejuela	0,48	2	0,06	39	0,867072303
Rambla de Abejuela 2	0,24	1,65	0,066	47,5	0,735691443
Cañada del Majano de las Canadillas	0,96	2,43	0,026	12	1,178520351
Cañada Honda	0,04	1	0,036	13,7	0,564187915

Ilustración 12. Características de las subcuencas (Fuente: Elaboración propia)

El tiempo de concentración, según la norma, queda definido como el tiempo mínimo necesario desde el comienzo del aguacero para que toda la cuenca esté aportando escorrentía en el punto de desagüe. Se ha determinados según la siguiente expresión.

$$t_c = 0.3 * L_c^{0.76} * J_c^{-0.19}$$

Donde,

- t_c (horas): Tiempo de concentración
- L_c (km): Longitud del cauce
- J_c (adimensional): Pendiente media del cauce.

3.2. CÁLCULO DE CAUDALES POR EL MÉTODO RACIONAL

Para la determinación del caudal mediante el método racional la normativa empleada propone la siguiente expresión,

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

donde:

- Q_T (m³ /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 esorrentía de la cuenca o superficie considerada.
- A (km²): Área de la cuenca o superficie considerada.
- K_t (adimensional): Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación.

Para llevar a cabo la determinación del caudal es necesario en primer lugar determinar una serie de parámetros de los que depende la expresión anterior.

En primer lugar, se debe determinar la intensidad de precipitación ($I(T, t_c)$), para la cual la Instrucción 5.2.-IC especifica el siguiente método:

$$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_1}{I_d} \right)^{\left(\frac{28^{0.1} - T_c^{0.1}}{28^{0.1} - 1} \right)}$$

Donde,

- I_t (mm/h): Intensidad de precipitación correspondiente al intervalo de duración t deseado, en este caso se va a tomar un intervalo de tiempo igual al del tiempo de concentración.
- I_d (mm/h): Intensidad media diaria de precipitación, correspondiente al período de retorno considerado, e igual a $P_d/24$.

- Pd (mm): Precipitación total (máxima) diaria correspondiente a dicho período de retorno.
- I1/Id: Cociente entre la intensidad horaria y la diaria (factor de torrencialidad), independiente del período de retorno, y que puede obtenerse del mapa adjunto en la ilustración 13 del presente anejo.
- t (h): Duración del intervalo al que se refiere la intensidad de precipitación

La última formulación adjunta para la intensidad de precipitación, está definida en la norma como la expresión universal de cualquier curva intensidad-duración.

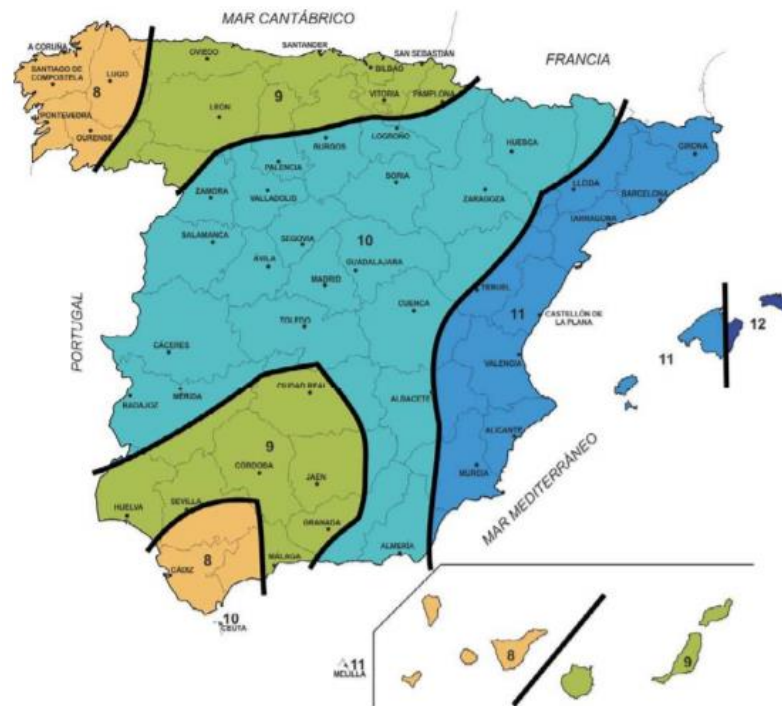


Ilustración 13. Mapa del índice de torrencialidad (Fuente: Instrucción 5.2.-IC "Drenaje Superficial")

La relación $I1/I_d$ para el caso de la vía en estudio se determina con un valor de 11.

Para la obtención de la intensidad media diaria de precipitación corregida, en el caso del drenaje superficial, se va a tomar un periodo de retorno de 25 años, como ya se ha comentado anteriormente. El valor de la precipitación diaria correspondiente al período de retorno de 25 años, ha sido calculada en el apartado 2.2. de este mismo anejo,

$$P_{D, \text{MÁX}, 25} = K_T * P_{D, \text{MÁX}, \text{ANUAL}} = 1.884 * 53 = 99.852 \text{ mm}/24 \text{ h}$$

En resumen,

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

- $I_d = (99.852 \cdot 1) / 24 = 4.16 \text{ mm/h}$

$$I_d = (99.852 \cdot 0.965) / 24 = 4.015 \text{ mm/h}$$

La segunda de las intensidades se ha calculado para el caso de la cuenca cuya área es superior a 1 km².

Por tanto, la intensidad para el caso del período de retorno de 25 años queda de la siguiente forma,

INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN (mm/h)		
SUBCUENCA	Tiempo de concentración	Intensidad de precipitación
Barranco de la Molina	0,607523057	4,167650663
Barranco de la Loma	0,581108112	4,167927859
Barranco de Hoya Redonda	1,420975563	4,163756052
Barranci de Hoya del Moro	0,509784814	4,168796169
Barranco de Torda	0,591442693	4,167816902
Barranco de la Rambleta	0,490749216	4,16906362
Rambla ed Abejuela	0,867072303	4,165721614
Rambla de Abejuela 2	0,735691443	4,166551721
Cañada del Majano de las Canadillas	1,178520351	4,164415887
Cañada Honda	0,564187915	4,16811695

Ilustración 14. Intensidad de precipitación correspondiente al periodo de retorno 25 años y duración del aguacero igual al tiempo de concentración (Fuente: Elaboración propia)

Para la determinación del coeficiente de escorrentía, también se siguen las pautas de la norma.

El coeficiente de escorrentía C, define la parte de la precipitación de intensidad que genera el caudal de avenida en el punto de desagüe de la cuenta. La expresión para el cálculo de este es la siguiente,

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

Donde,

- C: Coeficiente de escorrentía (adimensional)
- P_d : Precipitación diaria correspondiente al período de retorno T (mm)
- K_A : Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca (adimensional)
- P_o : Umbral de escorrentía (mm)

Por tanto, en primer lugar, es necesario determinar el umbral de escorrentía.

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

$$P_o = P_o^i \cdot \beta$$

Donde,

- P_o (mm) Umbral de escorrentía.
- P_o^i (mm) Valor inicial del umbral de escorrentía.
- B (adimensional) Coeficiente corrector del umbral de escorrentía.

El valor inicial del umbral de escorrentía se obtiene de la tabla 2.3. de la propia norma, en función del uso del suelo.

Para ello es necesario determinar el grupo de suelo al que pertenece la traza de la carretera, según el siguiente mapa peninsular.

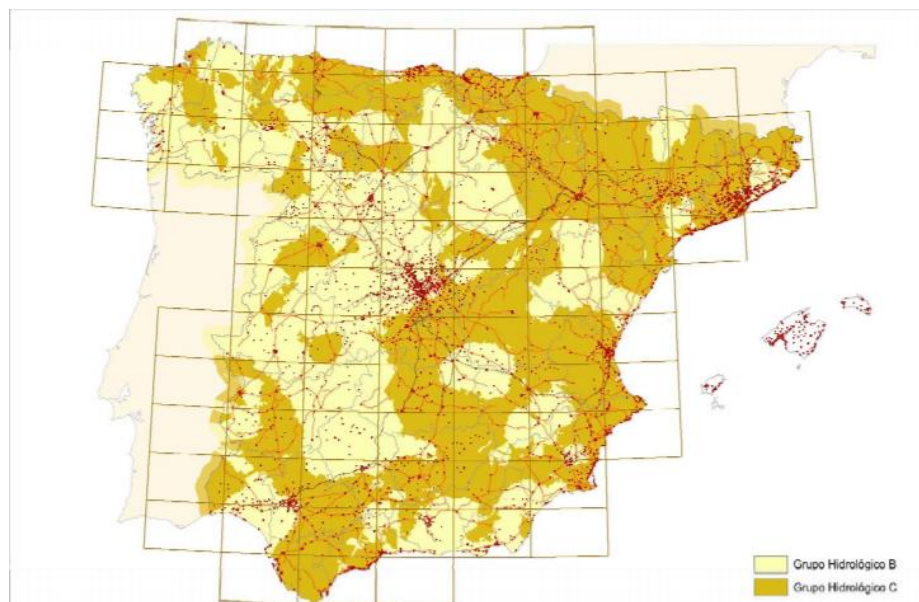


Ilustración 15. Grupos hidrológicos de suelo (Fuente: Norma 5.2-IC "Drenaje Superficial")

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA EL ACONDICIONAMIENTO DE LA CV-345 A SU PASO POR LOS
MUNICIPIOS DE HIGUERUELAS Y LA YESA (VALENCIA)

SUBCUENCAS	GRUPO HIDROLÓGICO C			USO DEL SUELO
	Po	Poi	Bm	
Barranco de la Molina	28,8	12	2,4	Cultivos herbáceos
Barranco de la Loma	28,8	12	2,4	Cultivos herbáceos
Barranco de Hoya Redonda	28,8	12	2,4	Cultivos herbáceos
Barranco de Hoya del Moro	28,8	12	2,4	Cultivos herbáceos
Barranco de Torda	28,8	12	2,4	Cultivos herbáceos
Barranco de la Rambleta	28,8	12	2,4	Cultivos herbáceos
Rambla de Abejuela	48	20	2,4	Varios
Rambla de Abejuela 2	52,8	22	2,4	Coníferas
Cañada del Majano de las Canadillas	52,8	22	2,4	Coníferas
Cañada Honda	28,8	12	2,4	Cultivos herbáceos

Ilustración 16. Determinación del umbral de escorrentía (Fuente: Elaboración propia)

A continuación, se adjunta una tabla donde se presenta el cálculo del coeficiente de escorrentía.

SUBCUENCAS	COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)			
	Po	Pd * Ka	Ka	C
Barranco de la Molina	28,8	99,852	1	4,51345297
Barranc de la Loma	28,8	99,852	1	4,51345297
Barranco de Hoya Redonda	28,8	96,35718	0,965	4,30790913
Barranci de Hoya del Moro	28,8	99,852	1	4,51345297
Barranco de Torda	28,8	99,852	1	4,51345297
Barranco de la Rambleta	28,8	99,852	1	4,51345297
Rambla de Abejuela	48	99,852	1	2,0712861
Rambla de Abejuela 2	52,8	99,852	1	1,7206704
Cañada del Majano de las Canadillas	52,8	99,852	1	1,7206704
Cañada Honda	28,8	99,852	1	4,51345297

Ilustración 17. Determinación del coeficiente de escorrentía (Fuente: Elaboración propia)

Por último, se adjunta la determinación del caudal para período de retorno 25 años.

SUBCUENCAS	CAUDAL T = 25 años				
	I (T,tc)	C	A	Kt	Q (m ³ /s)
Barranco de la Molina	4,16765066	4,51345297	0,27	1,03689758	1,46284178
Barranc de la Loma	4,16792786	4,51345297	0,26	1,03497298	1,40614133
Barranco de Hoya Redonda	4,16375605	4,30790913	1,68	1,09976147	9,20570579
Barranci de Hoya del Moro	4,16879617	4,51345297	0,07	1,02985001	0,37678109
Barranco de Torda	4,1678169	4,51345297	0,09	1,03572432	0,48708161
Barranco de la Rambleta	4,16906362	4,51345297	0,07	1,02850283	0,37631235
Rambla de Abejuela	4,16572161	2,0712861	0,48	1,05639387	1,21533203
Rambla de Abejuela 2	4,16655172	1,7206704	0,24	1,04640916	0,50013211
Cañada del Majano de las Canadillas	4,16441589	1,7206704	0,96	1,08063631	2,06490498
Cañada Honda	4,16811695	4,51345297	0,04	1,03374755	0,2160831
TOTAL					17,3113162

Ilustración 18. Determinación del caudal para T = 25 años (Fuente: Elaboración propia)

El factor K_t se ha calculado según la siguiente expresión,

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

donde:

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

Para el caso del cálculo del caudal con período de retorno superior a 25 años se debe seguir el siguiente proceso,

$$Q_T = \phi \cdot Q_{10}^\lambda$$

donde:

- Q_T (m³ /s) Caudal máximo anual correspondiente al período de retorno T , en el punto de desagüe de la cuenca.
- Q_{10} (m³ /s) Caudal máximo anual correspondiente al período de retorno de diez años en el punto de desagüe de la cuenca, calculado mediante el método racional.
- ϕ (adimensional): Coeficiente propio de la región y del período de retorno considerado.
- λ (adimensional): Exponente propio de la región y del período de retorno considerado.

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA EL ACONDICIONAMIENTO DE LA CV-345 A SU PASO POR LOS MUNICIPIOS DE HIGUERUELAS Y LA YESA (VALENCIA)

Región 72				
Período de retorno, T (años)	50	100	200	500
φ	1,4057	3,0570	4,7152	6,9135
λ	1,2953	1,2751	1,2678	1,2631
Regiones 821 y 822				
Período de retorno, T (años)	50	100	200	500
φ	11,1378	51,6297	86,5765	131,7650
λ	0,7401	0,6065	0,5982	0,5953

Ilustración 19. Coeficientes adimensionales del método (Fuente: Norma 5.2-IC "Drenaje superficial")

SUBCUENCAS	DETERMINACIÓN CAUDAL $T = 10$ años				
	$I (T,tc)$	C	A	Kt	$Q (m^3/s)$
Barranco de la Molina	3,3461426	3,34093799	0,27	1,03689758	0,86938068
Barranc de la Loma	3,34636516	3,34093799	0,26	1,03497298	0,83568307
Barranco de Hoya Redonda	3,34301568	3,16901108	1,68	1,09976147	5,43710162
Barranci de Hoya del Moro	3,34706231	3,34093799	0,07	1,02985001	0,22392456
Barranco de Torda	3,34627607	3,34093799	0,09	1,03572432	0,2894772
Barranco de la Rambleta	3,34727704	3,34093799	0,07	1,02850283	0,22364598
Rambla de Abejuela	3,3445938	1,30781041	0,48	1,05639387	0,61610223
Rambla de Abejuela 2	3,34526028	1,01789382	0,24	1,04640916	0,23754323
Cañada del Majano de las Canadillas	3,34354545	1,01789382	0,96	1,08063631	0,98074928
Cañada Honda	3,34651697	3,34093799	0,04	1,03374755	0,12842023

Ilustración 20. Determinación del caudal para $T = 10$ años (Fuente: Elaboración propia)

SUBCUENCAS	DETERMINACIÓN CAUDAL $T = 100$ años			
	Q_{10}	φ	Landa	Q_{100}
Barranco de la Molina	0,86938068	51,63	0,6	47,47097105
Barranc de la Loma	0,83568307	51,63	0,6	46,35825567
Barranco de Hoya Redonda	5,43710162	51,63	0,6	142,6010078
Barranci de Hoya del Moro	0,22392456	51,63	0,6	21,03599999
Barranco de Torda	0,2894772	51,63	0,6	24,53978452
Barranco de la Rambleta	0,22364598	51,63	0,6	21,02029409
Rambla de Abejuela	0,61610223	51,63	0,6	38,60946568
Rambla de Abejuela 2	0,23754323	51,63	0,6	21,79454073
Cañada del Majano de las Canadillas	0,98074928	51,63	0,6	51,03133419
Cañada Honda	0,12842023	51,63	0,6	15,06892198
TOTAL				429,5305757

Ilustración 21. Determinación del caudal para $T = 100$ años (Fuente: Elaboración propia)

En el caso de la vía objeto de estudio, los coeficientes adimensionales necesarios para la determinación del caudal según este método se han tomado los correspondiente a la región 822.

Al realizar el cálculo del caudal por el método racional se tienen dos consideraciones según la norma 5.2-IC “Drenaje superficial”.

- En la zona Sureste de la península y Levante se obtienen caudales muy elevados cuando el período de retorno es superior a 25 años ya que, como se puede comprobar en este mismo apartado, se toma un método de cálculo diferente.
- A la hora de obtener el caudal total de una cuenca o varias en las que se ha dividido la cuenca principal, se obtiene un caudal sobredimensionado, ya que se suman los caudales máximos en un instante de tiempo t lo cual no es del todo preciso, ya que no es habitual que todos los caudales pico coincidan en un instante.

4. DRENAJE

4.1. DRENAJE DE LA SUPERFICIE

El drenaje de la plataforma y márgenes de la carretera comprende la recogida, conducción y desagüe de los caudales de escorrentía procedentes de las cuencas secundarias, así como de los caudales captados por el drenaje subterráneo. El drenaje de la plataforma y márgenes de la carretera se estructura constituyendo redes de drenaje, donde cada una de las cuales consiste en una sucesión de elementos y sistemas, convenientemente conectados entre sí, que termina en un punto de vertido.

Para el proyecto de las obras de drenaje de la superficie se opera según el procedimiento que incluye la normativa empleada en este anejo, Instrucción 5.2.-IC “Drenaje Superficial”:

1. Definición de las cuencas secundarias y las redes de drenaje, especificando sus nudos y tramos lineales.
2. Cálculo de caudales y asignación a las redes de drenaje
3. Elección de tipologías y dimensionamiento hidráulico de elementos, manteniendo el resguardo de la calzada.
4. Ubicación del punto de vertido y evaluación de la factibilidad de desagüe.
5. Definición completa de los elementos de drenaje con especificación de detalles constructivos y comprobación de su compatibilidad con la normativa sobre trazado y seguridad vial.

4.2. DRENAJE TRANSVERSAL

El objeto del drenaje transversal es restituir la continuidad de la red de drenaje natural del terreno una vez ejecutadas las obras, permitiendo el paso del caudal de proyecto a su través. Los caudales de proyecto a considerar son los correspondientes a las cuencas principales. El drenaje transversal se puede conseguir de dos maneras:

- Puente: Obra de paso que soporta cualquier tipo de vía.
- Obra de drenaje transversal (ODT): Obra de sección cerrada con función estructural. Normalmente responde a las tipologías de tubo o marco y sus dimensiones son inferiores a las de los puentes.

Los puentes y las obras de drenaje transversal deben respetar la circulación natural del agua, tratando de interferir lo menos posible al libre transcurso de la misma.

4.3. DRENAJE ESPECÍFICO ALTERNATIVA

En este último apartado se pretende exponer los elementos de drenaje a colocar en la alternativa mejor valorada del anejo 7 "Estudio de alternativas y dimensionamiento geométrico del firme".

Mediante el correcto drenaje de la carretera se pretende evitar problemas derivados del paso del agua por la estructura, tales como, fisuras en la plataforma, deslizamientos, interrupciones en la calzada o daños en la infraestructura, concretamente, en la explanada.

Con el fin de canalizar el caudal de agua de la superficie en sentido longitudinal a la plataforma, se pretende colocar cunetas triangulares de hormigón de manera que permitan la correcta evacuación de agua según las dimensiones con las que han sido proyectadas. Según las indicaciones de los fabricantes es importante impermeabilizar la zona de ejecución de las mismas, de manera que el hormigón no se vea afectado por subpresiones o infiltraciones. Las cunetas irán situadas a los lados de las bermas, y según la norma, será de obligación colocarlas en todas las secciones donde se haya llevado a cabo un desmonte.

La alternativa se va a proyectar con los mismos elementos de drenaje que la actual CV-345 puesto que se ha comprobado que esta no tiene problemas de drenaje, pero, en el caso de la alternativa se dispondrán en todas las secciones de la misma elementos de drenaje, exceptuando aquellas secciones en las que se ha comentado en el propio anejo 7 la imposibilidad de llevar a cabo algún tipo de actuación. En estas dos secciones, situadas en el P.K. 32+000 de la traza actual, se dispondrá drenaje en sentido transversal mediante tubos de drenaje transversal.

En el trazado actual de la CV-345 se localizan un paso superior, proyectado con el fin de salvar el barranco que por el discurre, en concreto, la Rambla de Abejuela.

Puesto que no existen problemas de drenaje en la vía actual y debido a las limitaciones del presente estudio, se va a intuir el correcto funcionamiento de esta estructura, proyectada en su día de acuerdo a la hidrología y el riesgo de inundación existente.

En todas aquellas secciones donde el drenaje longitudinal resulte insuficiente o necesite ser respaldado para el correcto funcionamiento de la estructura proyectada, se añadirán obras de drenaje transversal (ODT) captando el flujo natural de aguas superficiales. Estos tubos de drenaje se pueden colocar de varias formas en la sección transversal, de manera que recojan y canalicen el mayor volumen de agua posible, mejorando la estabilidad de la vía y aumentando la vida útil.

Cabe recalcar, que tal y como se ha comprobado, la vía actual no presenta problemas de drenaje, por ello, se ha seguido la misma tipología de drenaje en la alternativa, ya que, debido a las limitaciones del presente estudio, no se ha podido llevar a cabo un estudio detallado de la capacidad de drenaje de los elementos actuales y la posibilidad de mejorarlos, y puesto a que no se tiene información acerca de problemas con el paso del flujo de agua natural, se ha decidido proyectar de esta manera, teniendo presente, que en el caso de ejecutar las obras, sería necesario llevar a cabo un estudio más detallado del drenaje de la carretera.

El drenaje longitudinal o de superficie se debe calcular con los caudales obtenidos para el período de retorno de 25 años, mientras que para el caso del drenaje transversal se debe tomar los valores del caudal obtenido para un período de retorno de 100 años.

Las características de la cuneta que se pretende proyectar son las siguientes:

- Talud interior: 3:1
- Talud exterior: 1:1
- Ancho total: 2.1 metros
- Calado: 0.3 metros
- Material: Hormigón

APÉNDICE 1. TABLA K_T INSTRUCCIÓN 5.2.-IC “DRENAJE SUPERFICIAL”

En el presente apéndice se adjunta la tabla completa para la obtención del parámetro K_T de la instrucción 5.2.-IC “Drenaje Superficial” con el fin de distribuirlo de manera más clara.

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

Ilustración 22. Tabla K_T (Fuente: Instrucción 5.2.-IC “Drenaje Superficial”)

APÉNDICE 2. TABLA COEFICIENTE CORRECTOR DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA INSTRUCCIÓN 5.2.-IC “DRENAJE SUPERFICIAL” Y DIVISIÓN EN REGIONES PARA EL COEFICIENTE CORRECTOR DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA.

Región	Valor medio, β_m	Desviación respecto al valor medio para el intervalo de confianza del			Periodo 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
42	2,25	0,20	0,35	0,55	0,67	0,86	1,18	1,46	1,78
511	2,15	0,10	0,15	0,20	0,81	0,91	1,12	1,30	1,50
512	0,70	0,20	0,30	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
52	0,95	0,20	0,25	0,45	0,89	0,94	1,09	1,22	1,36
53	2,10	0,25	0,35	0,60	0,68	0,87	1,16	1,38	1,56
61	2,00	0,25	0,35	0,60	0,77	0,91	1,10	1,18	1,17
71	1,20	0,15	0,20	0,35	0,82	0,94	1,00	1,00	1,00
72	2,10	0,30	0,45	0,70	0,67	0,86	1,00	-	-
81	1,30	0,25	0,35	0,60	0,76	0,90	1,14	1,34	1,58
821	1,30	0,35	0,50	0,85	0,82	0,91	1,07	-	-
822	2,40	0,25	0,35	0,60	0,70	0,86	1,16	-	-
83	2,30	0,15	0,25	0,40	0,63	0,85	1,21	1,51	1,85
91	0,85	0,15	0,25	0,40	0,72	0,88	1,19	1,52	1,95
92	1,45	0,30	0,40	0,70	0,82	0,94	1,00	1,00	1,00
93	1,70	0,20	0,25	0,45	0,77	0,92	1,00	1,00	1,00
941	1,80	0,15	0,20	0,35	0,68	0,87	1,17	1,39	1,64
942	1,20	0,15	0,25	0,40	0,77	0,91	1,11	1,24	1,32
951	1,70	0,30	0,40	0,70	0,72	0,88	1,17	1,43	1,78
952	0,85	0,15	0,25	0,40	0,77	0,90	1,13	1,32	1,54
101	1,75	0,30	0,40	0,70	0,76	0,90	1,12	1,27	1,39
1021	1,45	0,15	0,25	0,40	0,79	0,93	1,00	1,00	1,00
1022	2,05	0,15	0,25	0,40	0,79	0,93	1,00	1,00	1,00

En Ceuta y Melilla se adoptarán valores similares a los de la región 61.
Pueden obtenerse valores intermedios por interpolación adecuada a partir de los datos de esta tabla
En todos los casos $F_{10}=1,00$

Ilustración 23. Coeficiente corrector del umbral de escorrentía (Fuente. Norma 5.2-IC “Drenaje Superficial”.

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA EL ACONDICIONAMIENTO DE LA CV-345 A SU PASO POR LOS
MUNICIPIOS DE HIGUERUELAS Y LA YESA (VALENCIA)



*Ilustración 24. Regiones consideradas para la caracterización del coeficiente corrector del umbral de escorrentia
(Fuente: Norma 5.2-IC "Drenaje superficial")*