

ANEJO N° 9 CLIMATOLOGÍA HIDROLOGÍA Y DRENAJE

ÍNDICE

ANEJO Nº 9. CLIMATOLOGÍA, HIDROLOGÍA Y DRENAJE

ANEJO Nº 9 CLIMATOLOGÍA HIDROLOGÍA y DRENAJE	1
9.1. INTRODUCCIÓN.....	5
9.2. METODOLOGÍA.....	5
9.3. DESCRIPCIÓN Y DATOS FÍSICOS DE LAS CUENCAS.	5
9.4. CÁLCULO DE LAS PRECIPITACIONES DIARIAS PARA DISTINTOS PERIODOS DE RETORNO.....	6
9.4.1. INTRODUCCIÓN.....	6
9.4.2. PERIODO DE RETORNO.	7
9.4.3. DATOS DE LLUVIA.	7
9.4.4. ANÁLISIS DE VALORES EXTREMOS.....	7
9.4.5. CÁLCULO DE LAS PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS.	8
9.5. CÁLCULO DEL CAUDAL DE AVENIDA.	8
9.5.1. INTRODUCCIÓN.....	8
9.5.2. CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS DE LA CUENCA.....	8
9.5.3. PRECIPITACIÓN TOTAL DIARIA Y PERIODO DE RETORNO.....	8
9.5.4. CAUDAL DE AVENIDA.....	9
9.6. CÁLCULOS HIDRÁULICOS.....	18
9.6.1. DRENAJE DE PLATAFORMA.....	18
APÉNDICE 1: PLANOS DE LAS CUENCAS INTERCEPTADAS.....	23
APÉNDICE 2: CAUDALES DE CÁLCULO PARA T=25, 100 Y 500 AÑOS.....	25

9.1.INTRODUCCIÓN

El estudio hidrológico que se hace en este Anejo, tiene como fin llegar a obtener los caudales de cada una de las cuencas que son interceptadas por las actuaciones proyectadas en sus puntos de desagüe, con el objeto de poder dimensionar las correspondientes obras de drenaje que permitan evacuar tales caudales.

En los siguientes apartados se van obteniendo cada uno de los parámetros que intervienen en este proceso de acuerdo a la metodología seguida por la Dirección General de Carreteras. El estudio se inicia con la obtención de las máximas lluvias Pd asociada a un periodo de retorno considerado.

Así mismo, se identificarán las cuencas afectadas por la traza de la carretera, caracterizándolas geoméricamente (superficie de la cuenca y longitud y pendiente del cauce principal).

Por otro lado, se obtendrá el coeficiente de escorrentía según la Instrucción 5.2 – I.C. (Año 2016), en función de la precipitación diaria correspondiente al período de retorno considerado y el umbral de escorrentía a partir del que se inicia ésta. Se finaliza el proceso con el cálculo de caudales asociados al punto de la cuenca en que ésta es interceptada por la traza para distintos períodos de retorno. Para ello se ha seguido el método racional propuesto en la Instrucción 5.2 – I.C. (Año 2016).

9.2.METODOLOGÍA

El estudio parte de la definición de las cuencas afluentes que se ven afectadas por el trazado de la vía en estudio.

El cálculo se ha realizado acudiendo a métodos hidrometeorológicos de transformación de lluvia en escorrentía. La determinación de la lluvia máxima diaria asociada a cada periodo de retorno se ha realizado acudiendo al “Estudio de máximas lluvias diarias en la España peninsular”, realizado en 1999 por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento. Este estudio permite definir la precipitación máxima diaria, según período de retorno, para cualquier punto del territorio peninsular.

Basándonos en el anterior estudio realizado por el Ministerio de Fomento hemos elaborado las isoyetas para distintos periodos de retorno de 25, 100 y 500 años, de manera que nos permita observar la variabilidad de la precipitación máxima en la zona.

Una vez obtenida la serie de precipitaciones, ésta se introduce como dato en el modelo hidrológico de la cuenca afluente realizado, a partir de las características físicas, geológicas y de

vegetación, de la misma, así como las relaciones topológicas entre las posibles cuencas y cauces menores que se hayan distinguido sobre las cuencas definidas, de manera que se obtienen como resultado los caudales esperables en cada punto de estudio.

La serie de caudales resultante se utilizará posteriormente para la determinación de los calados alcanzados por las aguas, en cada avenida, y obtener de este modo las dimensiones mínimas de las diferentes obras de drenaje a construir.

9.3.DESCRIPCIÓN Y DATOS FÍSICOS DE LAS CUENCAS.

Las actuaciones proyectadas en el presente proyecto, intercepta en su recorrido las siguientes cuencas:

ACONDICIONAMIENTO AVENIDA RICARDO CARAPETO				
CUENCA N°	COLECTOR	Longitud (m)	Pendiente media (%)	SUPERFICIE CUENCA (ha)
1	Colector MD_1	35,00	1,71	0,05
2	Colector MD_1	35,00	2,00	0,05
3	Colector MD_1	25,00	2,00	0,03
4	Colector MD_1	35,00	1,71	0,04
5	Colector MD_2	13,00	1,54	0,02
6	Colector MD_2	45,00	2,22	0,06
7	Colector MD_1	23,00	1,74	0,03
8	Colector MD_1	28,00	1,79	0,02
9	Colector MD_1	24,00	2,50	0,03
10	Colector MD_1	28,00	2,14	0,03

ACONDICIONAMIENTO AVENIDA RICARDO CARAPETO				
CUENCA Nº	COLECTOR	Longitud (m)	Pendiente media (%)	SUPERFICIE CUENCA (ha)
11	Colector MD_1	23,00	1,74	0,03
12	Colector MD_1	8,00	2,50	0,01
13	Colector MD_1	15,00	2,67	0,01
14	Colector MD_1	20,00	1,00	0,02
15	Colector MD_1	22,00	1,82	0,04
16	Colector MD_1	22,00	2,27	0,04
17	Colector MD_1	20,00	2,50	0,03
18	Colector MI_3	13,00	1,54	0,01
19	Colector MI_3	22,00	1,82	0,04
20	Colector MI_3	26,00	2,31	0,05
21	Colector MI_2	25,00	2,40	0,03
22	Colector MI_2	26,00	1,92	0,02
23	Colector MI_2	21,00	1,90	0,01
24	Colector MI_2	8,00	1,25	0,00
25	Colector MI_2	8,00	1,25	0,01
26	Colector MI_2	15,00	1,33	0,01
27	Colector MI_2	25,00	2,00	0,03
28	Colector MI_2	27,00	1,85	0,04
29	Colector MI_2	27,00	2,22	0,04

ACONDICIONAMIENTO AVENIDA RICARDO CARAPETO				
CUENCA Nº	COLECTOR	Longitud (m)	Pendiente media (%)	SUPERFICIE CUENCA (ha)
30	Colector MI_2	29,00	1,72	0,04
31	Colector MI_2	27,00	2,22	0,03
32	Colector MI_2	35,00	2,00	0,05
33	Colector MI_2	35,00	1,43	0,04
34	Colector MI_2	28,00	1,43	0,04
35	Colector MI_1	40,00	1,75	0,03
36	Col BA-20	1000,00	1,74	1,21

En el Apéndice nº 1 “Planos de las Cuencas Interceptadas” incluimos los planos de planta de todas las cuencas vertiente.

9.4.CÁLCULO DE LAS PRECIPITACIONES DIARIAS PARA DISTINTOS PERIODOS DE RETORNO.

9.4.1.INTRODUCCIÓN.

Los fenómenos hidrológicos son función de muchos agentes físicos actuando conjuntamente, sobre todo en lo relacionado con la meteorología, por ello se dan las características idóneas para considerar estos fenómenos como aleatorios; es decir regidos por las leyes del azar, por lo que se debe aplicar la metodología estadística.

Desde el momento en que se aplica la estadística a la hidrología pasa a segundo plano el problema de conocer las leyes que rigen los fenómenos hidrológicos, estudiando sólo los datos numéricos o estadísticos de estos fenómenos.

El estudio estadístico de los datos hidrológicos tiene dos niveles, un primer nivel el conocimiento del fenómeno, distribuciones, medias, desviación típica, etc. Un segundo nivel es la inferencia estadística, es decir el análisis de la naturaleza de la muestra que permite conocer los datos esenciales de la misma eliminando la variabilidad necesariamente muestral.

A partir de esta segunda fase se puede inferir sucesos del futuro partiendo de los datos conocidos.

9.4.2.PERIODO DE RETORNO.

Definido el periodo de retorno como el inverso de la probabilidad de superar un valor en un suceso aleatorio independiente, se ha tomado como valores del periodo de retorno para la inferencia de la lluvia los de 25, 100 y 500 años.

Para cada uno de los periodos de retorno (T) se calculará la precipitación que tiene en un año cualquiera una probabilidad de ser superada de 1/T. Según la Norma de Drenaje 5.2-IC los elementos de drenaje transversal se deben calcular para un periodo de retorno de 100 años y los elementos de drenaje superficial para 25 años.

9.4.3.DATOS DE LLUVIA.

Dado que para obtener la lluvia pésima en 24 horas según los distintos periodos de retorno se ha recurrido al Mapa de Precipitaciones Máximas del Ministerio de Fomento no ha sido necesaria la obtención de éstas.

9.4.4. ANÁLISIS DE VALORES EXTREMOS.

Para la inferencia estadística se ha tomado el Mapa de Precipitaciones Máximas en la España Peninsular elaborado por el Ministerio de Fomento.

9.4.4.1.MAPA DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS DEL MINISTERIO DE FOMENTO.

Para cuencas de pequeño tamaño, generalmente resulta ventajoso el empleo de estudios regionales de precipitación que si bien no cuentan con el grado de detalle de un estudio específico, disponen de herramientas hidrológicas potentes que les dotan de un gran rigor. Concretamente, la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento desarrolló en 1999 el Estudio de máximas

lluvias diarias en la España peninsular, que permite definir la precipitación máxima diaria, según período de retorno, para cualquier punto del territorio peninsular.

El trabajo ha contado con un total de 1.545 estaciones básicas con 30 o más años de registro. Estas estaciones han sido contrastadas y depuradas de manera que la información es de la máxima fiabilidad, dentro del estado actual del arte en la materia.

Con respecto a la ley de extremos, el trabajo citado ha analizado cuatro posibles leyes: Valores Extremos Generalizados, Log-Pearson III, Valores Extremos con dos Componentes y SQRT-ET máx, pronunciándose por esta última por ser más conservadora y porque ha demostrado una buena capacidad para reproducir las propiedades estadísticas observadas en los datos, entre otros argumentos.

En definitiva, en la actualidad, y al menos para cuencas de tamaño pequeño como las presentes, resulta más solvente el empleo de un estudio de la envergadura del de la Dirección General de Carreteras – desarrollado, realmente, por el CEDEX-, pues pone a salvo de los errores, siempre inevitables, de los estudios hidrológicos locales.

Es por ello que resulta una herramienta muy adecuada para permitir la obtención de valores máximos de precipitación en cualquier punto de la península, de una manera rápida y fiable.

El método regional adoptado, denominado tradicionalmente índice de avenida, 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.

$$Y = \frac{P}{P}$$

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.

El proceso operativo de obtención de los cuantiles para distintos periodos de retorno a partir de estos mapas es el siguiente:

- 1) Localización en los planos del punto geográfico deseado.
- 2) Estimación mediante las Isolíneas representadas del coeficiente de variación Cv y del valor medio P de la máxima precipitación diaria anual.
- 3) Para el periodo de retorno deseado T y el valor de Cv, obtención del cuantil regional Yt (también denominado “Factor de Amplificación KT” en el “Mapa para el Cálculo de

Máximas Precipitaciones Diarias en la España Peninsular” de 1997), mediante la figura 3.3 o el uso de la tabla 7.1.

- 4) Realizar (según se recoge en la expresión 3.1) el producto del cuantil regional Y_t por el valor medio P obteniéndose X_t , es decir, el cuantil local buscado (también denominado PT en el “Mapa para el Cálculo de Máximas Precipitaciones Diarias en la España Peninsular” de 1997)

El estudio incluye una aplicación informática para determinar la precipitación máxima diaria en cualquier punto del territorio con sólo proporcionar sus coordenadas geográficas o UTM. En nuestro caso ha sido determinada para períodos de retorno de 25, 100 y 500 años, como ya se ha comentado.

9.4.5. CÁLCULO DE LAS PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS.

Para determinar el valor de precipitación máxima esperable en la zona de estudio, se ha definido a estima el punto central de la carretera, obteniendo sus coordenadas UTM. Posteriormente, y mediante la aplicación informática del estudio del CEDEX, se obtiene la precipitación máxima correspondiente a ese punto y para los períodos de retorno considerados. Dado que la zona en estudio abarca una superficie pequeña, podemos adoptar un valor uniforme para todas las cuencas interceptadas por el trazado.

Aplicando este procedimiento obtenemos un valor de la precipitación máxima diaria para cada período de retorno considerado, según se resume a continuación:

Período de retorno (años)	P_d (mm/día)
25	69,35
100	87,07
500	110,51

9.5. CÁLCULO DEL CAUDAL DE AVENIDA.

9.5.1. INTRODUCCIÓN.

Para determinar los caudales de avenida que se producen en las diferentes cuencas estudiadas, utilizaremos el método hidrológico racional que ha sido adoptado por la Instrucción de Carreteras 5.2-IC "Drenaje superficial" (Año 2016). Dicho método es una variante del desarrollado por el "Soil Conservation Service" adaptado a las condiciones climáticas y edafológicas de España para lo cual sustituye el parámetro conocido como número de curva por el más intuitivo "umbral de precipitación" que él ha calibrado a partir de los valores observados en diferentes cuencas del país.

Los parámetros que intervienen en la valoración del caudal punta de avenida son la superficie de la cuenca, el coeficiente de uniformidad de precipitación, el coeficiente de escorrentía y la intensidad de precipitación.

La estimación del coeficiente de escorrentía se realiza a partir de las características de la cuenca: naturaleza del terreno, edafología de los suelos, cubierta vegetal, pendientes etc. A partir de esta información se deduce un umbral de precipitación P_o , que se modifica posteriormente para tener en cuenta la probabilidad del grado de saturación previo en que se halle el suelo en función de la localización geográfica donde se está estudiando el fenómeno. Este umbral de precipitación significa que para precipitaciones inferiores a dicho valor no se producen escorrentías.

La estimación de la precipitación se realiza en función del tiempo de concentración de la cuenca, del factor regional que determina la relación entre la precipitación en una hora y la de 24 horas de duración y del periodo de retorno considerado.

9.5.2. CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS DE LA CUENCA

En el apartado “Descripción y datos físicos de las cuencas” de este anejo se han descrito las cuencas interceptadas.

9.5.3. PRECIPITACIÓN TOTAL DIARIA Y PERIODO DE RETORNO.

Las lluvias máximas diarias consideradas para los periodos de retorno de 25, 100 y 500 años son las calculadas en el punto CÁLCULO DE LAS PRECIPITACIONES DIARIAS PARA DISTINTOS PERIODOS DE RETORNO de este anejo.

Tal y como se ha mencionado en párrafos anteriores, la Instrucción de Drenaje Superficial establece el dimensionamiento de las obras de drenaje transversal para el caudal derivado de una precipitación máxima diaria correspondiente a un período de retorno de 100 años, y los elementos de drenaje superficial se corresponden con un periodo de retorno 25 años.

9.5.4.CAUDAL DE AVENIDA.

Tal y como se ha explicado anteriormente se calculará el caudal de avenida siguiendo el método racional, adoptado en la Instrucción 5.2.-IC “Drenaje Superficial” (Año 2016). Según esta Instrucción el caudal de referencia Q en el punto de desagüe se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$Q_T = \frac{C * I_{(T,t_c)} * A * K_A}{3,6}$$

Q_T = Caudal de avenida en m³/sg.

C= Coeficiente de escorrentía medio de la cuenca.

A = Superficie de la cuenca en km²

$I_{(T,t_c)}$ = Intensidad media de precipitación correspondiente para el periodo de retorno considerado y un intervalo de tiempo igual al tiempo de concentración

K_A = Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación

9.5.4.1.INTENSIDAD 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:

$$I_{(T,t)} = I_d * F_{int}$$

Donde:

$I_{(T,t)}$ (mm/h): Intensidad de precipitación correspondiente a un periodo de retorno T y a una duración del aguacero t.

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

F_{int} (adimensional): Factor de intensidad.

La intensidad de precipitación a considerar en el cálculo del caudal máximo anual para el periodo de retorno T, en el punto de desagüe de la cuenca Q_T , es la que corresponde a una duración del aguacero igual tiempo de concentración ($t=t_c$) de dicha cuenca.

En el Apéndice n° 2 “Caudales de Cálculo para T= 25, 100 y 500 años” adjuntamos los valores correspondientes para cada una de las cuencas interceptadas.

9.5.4.1.1.INTENSIDAD MEDIA DIARIA DE PRECIPITACIÓN CORREGIDA.

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

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

Donde:

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

P_d (mm): Precipitación diaria correspondiente al periodo de retorno T. (punto 4.5 del presente Anejo)

K_A (adimensional): Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación

En el Apéndice n° 2 “Caudales de Cálculo para T= 25, 100 y 500 años” adjuntamos los valores correspondientes para cada una de las cuencas interceptadas.

9.5.4.1.2.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 mediante la fórmula:

Si $A < 1 \text{ Km}^2$ $K_A = 1$

Si $A \geq 1 \text{ Km}^2$ $K_A = 1 - \frac{\log_{10} A}{15}$

Donde:

K_A (adimensional): Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación

A (Km^2): Superficie de la cuenca en km^2

En el Apéndice nº 2 “Caudales de Cálculo para T= 25, 100 y 500 años” adjuntamos los valores correspondientes para cada una de las cuencas interceptadas.

9.5.4.1.3.FACTOR DE INTENSIDAD F_{INT} .

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

- La duración del aguacero t.
- El periodo de retorno T

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

$$F_{int} = \text{máx}(F_a, F_b)$$

Siendo:

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

Para la obtención del factor F_a , se debe particularizar la expresión para un tiempo de aguacero igual al tiempo de concentración de la cuenca.

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

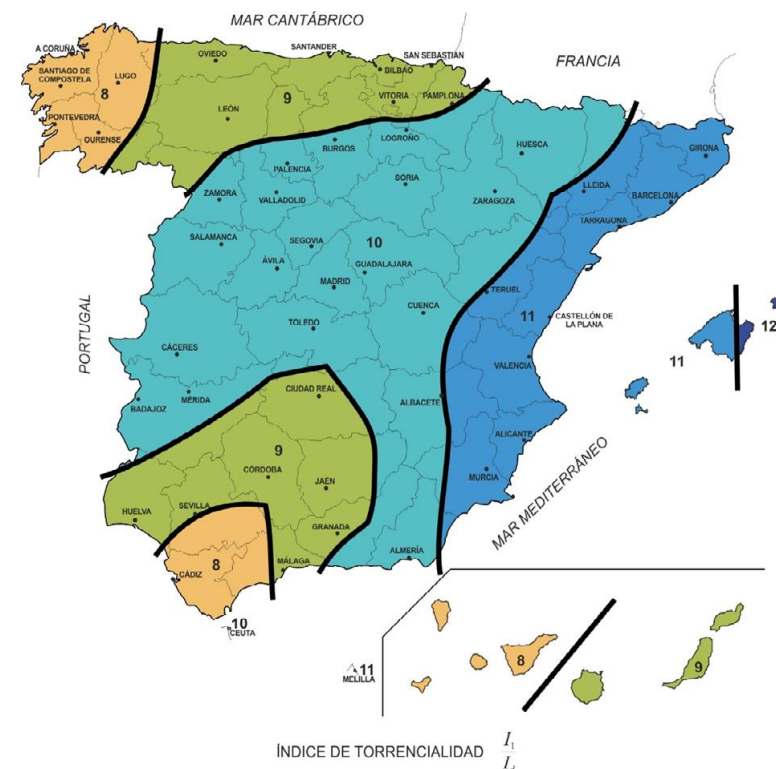
Donde:

F_{int} (adimensional): Factor de intensidad.

F_a (adimensional): Factor obtenido a partir del índice de torrencialidad (I_1/I_d)

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

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 de la siguiente figura.



Para el presente estudio, se ha tomado un valor $I_1/I_d = 10$

t (horas): Duración del aguacero.

$I_{IDF}(T, t_c)$ (mm/h): Intensidad de precipitación correspondiente al periodo 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 periodo de retorno T y a un tiempo de aguacero igual a 24 horas ($t=24h$), obtenido a través de las curvas IDF.

k_b (adimensional): Factor que tiene en cuenta la relación entre la intensidad máxima anual en un periodo de 24 h y la intensidad máxima anual diaria. En defecto de un cálculo específico se puede tomar $k_b=1,13$.

En el Apéndice nº 2 “Caudales de Cálculo para T= 25, 100 y 500 años” adjuntamos los valores correspondientes para cada una de las cuencas interceptadas.

9.5.4.1.4. TIEMPO DE CONCENTRACIÓN.

Tiempo de concentración t_c , es el tiempo mínimo necesario desde el comienzo del aguacero para que toda la superficie de la cuenca esté aportando escorrentía en el punto de desagüe. Se obtiene calculando el tiempo de recorrido más largo desde cualquier punto de la cuenca hasta el punto de desagüe, mediante las siguientes formulaciones:

Para cuencas principales:

$$t_c = 0,3 * L_c^{0,76} * J^{-0,19}$$

t_c (horas): Tiempo de Concentración.

L_c (Km): Longitud del cauce.

J (adimensional): Pendiente media del cauce.

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 t_c .

En aquellas cuencas principales de pequeño tamaño en las que el tiempo de recorrido en flujo difuso sobre el terreno sea apreciable respecto al tiempo de recorrido total no será de aplicación la fórmula anterior, debiendo aplicarse las indicaciones que se proporcionan a continuación para cuencas secundarias. Se considera que se produce esta circunstancia cuando el tiempo de concentración calculado mediante la fórmula anterior sea inferior a cero coma veinticinco horas ($t_c \leq 0,25h$).

Para cuencas secundarias, el tiempo de concentración se debe determinar dividiendo el recorrido de la escorrentía en tramos de característica homogéneas inferiores a trescientos metros de longitud (300 m) y sumando los tiempos parciales obtenidos, distinguiendo entre:

Flujo canalizado a través de cunetas u otros elementos de drenaje: se puede considerar régimen uniforme y aplicar la ecuación de Manning.

Flujo difuso sobre el terreno:

$$t_{dif} = 2 * L_{dif}^{0,408} * n_{dif}^{0,312} * J_{dif}^{-0,209}$$

Donde:

t_{dif} (minutos): Tiempo de recorrido en flujo difuso sobre el terreno.

L_{dif} (m): Longitud de recorrido en flujo difuso.

J_{dif} (adimensional): Pendiente media.

N_{dif} (adimensional): Coeficiente de flujo difuso.

Cobertura del terreno		ndif
Pavimentado o revestido		0,015
No pavimentado ni revestido	Sin vegetación	0,050
	Con vegetación escasa	0,120
	Con vegetación media	0,320
	Con vegetación densa	1,000

El valor del tiempo de concentración t_c , a considerar se obtienen de la tabla 2.2:

t_{dif} (minutos)	t_c (minutos)
≤ 5	5
$5 \leq t_{dif} \leq 40$	t_{dif}
≥ 40	40

En el Apéndice n° 2 “Caudales de Cálculo para T= 25, 100 y 500 años” adjuntamos los valores correspondientes para cada una de las cuencas interceptadas.

9.5.4.2. 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 formula:

Si $P_d * K_A > P_0$

$$C = \frac{\left(\frac{P_d * K_A}{P_0} - 1\right) * \left(\frac{P_d * K_A}{P_0} + 23\right)}{\left(\frac{P_d * K_A}{P_0} + 11\right)^2}$$

Si $P_d * K_A \leq P_0$

$$C=0$$

Donde:

C (adimensional): Coeficiente de escorrentía.

P_d (mm): Precipitación diaria correspondiente al periodo de retorno T considerado.

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

P_0 (mm): Umbral de escorrentía.

En el Apéndice nº 2 “Caudales de Cálculo para T= 25, 100 y 500 años” adjuntamos los valores correspondientes para cada una de las cuencas interceptadas.

El umbral de escorrentía P_0 , representa la precipitación mínima que debe caer sobre la cuenca para que se inicie la generación de escorrentía. Se determinará mediante la siguiente fórmula:

$$P_0 = P_0^i * \beta$$

Donde:

P_0 (mm): Umbral de escorrentía

β (adimensional): Coeficiente corrector del umbral de escorrentía.

P_0^i (mm): Valor inicial del umbral de escorrentía.

El valor inicial del umbral de escorrentía P_0^i , se determinará como se refiere a continuación, a partir de:

- Series de datos o mapas publicados por la Dirección General de Carreteras, en los que se obtenga directamente el valor de P_0^i para una determinada localización geográfica. Normalmente, dicho valor en cada punto se obtendrá como promedio en la cuenca vertiente al punto de cálculo de una determinada discretización espacial llevada a cabo sobre el territorio.
- Tabla 5.1, en las siguientes circunstancias:
 - Cuando la información referida en el párrafo precedente no se encuentre disponible.
 - Cuando el tamaño de la cuenca sea similar (o inferior) al tamaño de la discretización espacial efectuada.
 - En problemas específicos de escorrentía urbana.
 - Para la definición del drenaje de plataforma y márgenes
 - Cuando se tenga constancia de cambios de uso del suelo con posterioridad a la elaboración de las series de datos o mapas a que se hace referencia en el párrafo anterior.
 - Para la realización de cálculos en que se supongan modificaciones de los usos del suelo, respecto a lo reflejado en las mencionadas series de datos o mapas.

La determinación de los grupos hidrológicos de suelo presentes en la cuenca se debe realizar a partir del mapa de la siguiente figura:

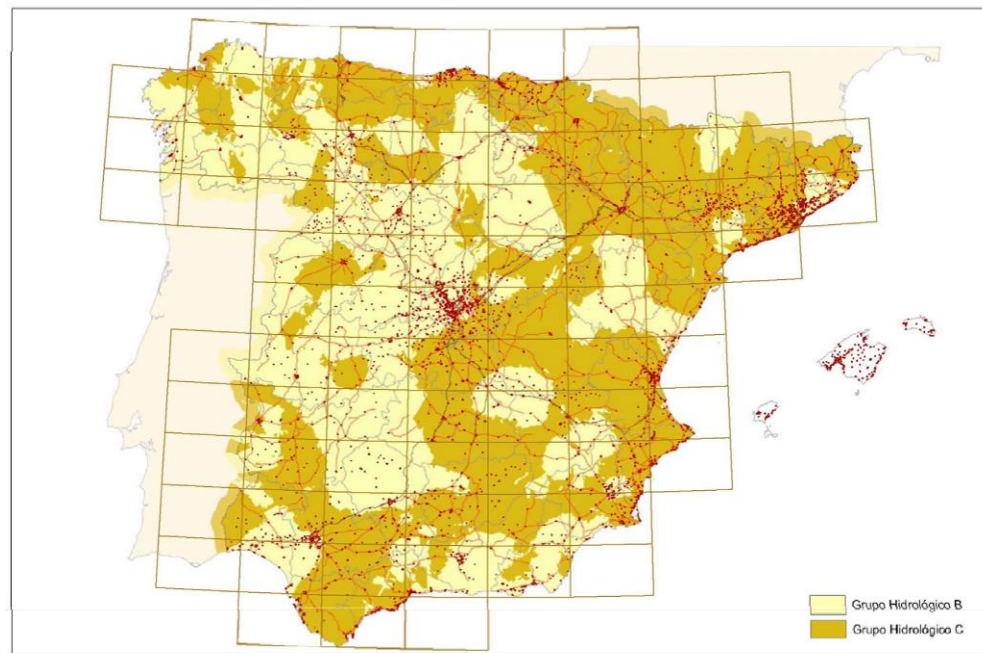


TABLA 5.1 VALOR INICIAL DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA P_0^i

Código	Uso de suelo	Práctica de cultivo	Pendiente (%)	Grupo de suelo			
				A	B	C	D
11100	Tejido urbano continuo			1	1	1	1
11200	Tejido urbano discontinuo			24	14	8	6
11200	Urbanizaciones			24	14	8	6
11210	Estructura urbana abierta			24	14	8	6
11220	Urbanizaciones exentas y/o ajardinadas			24	14	8	6
12100	Zonas industriales y comerciales			6	4	3	3
12100	Granjas agrícolas			24	14	8	6
12110	Zonas industriales			12	7	5	4
12120	Grandes superficies de equipamiento y servicios			6	4	3	3
12200	Redes viarias, ferroviarias y terrenos asociados			1	1	1	1
12210	Autopistas, autovías y terrenos asociados			1	1	1	1
12220	Complejos ferroviarios			12	7	5	4
12300	Zonas portuarias			1	1	1	1
12400	Aeropuertos			24	14	8	6
13100	Zonas de extracción minera			16	9	6	5
13200	Escombreras y vertederos			20	11	8	6
13300	Zonas de construcción			24	14	8	6
14100	Zonas verdes urbanas			53	23	14	10
14200	Instalaciones deportivas y recreativas			79	32	18	13
14210	Campos de golf			79	32	18	13
14220	Resto de instalaciones deportivas y recreativas			53	23	14	10
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

Código	Uso de suelo	Práctica de cultivo	Pendiente (%)	Grupo de suelo			
				A	B	C	D
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
21220	Otras zonas de irrigación			0	0	0	0
21300	Arrozales			47	25	16	13
22100	Viñedos		≥ 3	62	28	15	10
22100	Viñedos		< 3	75	34	19	14
22110	Viñedos en secano		≥ 3	62	28	15	10
22110	Viñedos en secano		< 3	75	34	19	14
22120	Viñedos en regadío		≥ 3	62	28	15	10
22120	Viñedos en regadío		< 3	75	34	19	14
22200	Frutales y plantaciones de bayas		≥ 3	80	34	19	14
22200	Frutales y plantaciones de bayas		< 3	95	42	22	15
22210	Frutales en secano		≥ 3	62	28	15	10
22210	Frutales en secano		< 3	75	34	19	14
22220	Frutales en regadío		≥ 3	80	34	19	14
22220	Frutales en regadío		< 3	95	42	22	15
22221	Cítricos		≥ 3	80	34	19	14
22221	Cítricos		< 3	95	42	22	15
22222	Frutales tropicales		≥ 3	80	34	19	14
22222	Frutales tropicales		< 3	95	42	22	15
22223	Otros frutales en regadío		≥ 3	80	34	19	14
22223	Otros frutales en regadío		< 3	95	42	22	15
22300	Olivares		≥ 3	62	28	15	10
22300	Olivares		< 3	75	34	19	14
22310	Olivares en secano		≥ 3	62	28	15	10
22310	Olivares en secano		< 3	75	34	19	14
22320	Olivares en regadío		≥ 3	62	28	15	10
22320	Olivares en regadío		< 3	75	34	19	14
23100	Prados y praderas		≥ 3	70	33	18	13
23100	Prados y praderas		< 3	120	55	22	14
23100	Pastos en tierras abandonadas		≥ 3	24	14	8	6
23100	Pastos en tierras abandonadas		< 3	58	25	12	7
23100	Prados arbolados		≥ 3	70	33	18	13
23100	Prados arbolados		< 3	120	55	22	14
24110	Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en secano		≥ 3	39	20	12	8
24110	Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en secano		< 3	66	29	15	10
24120	Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en regadío		≥ 3	75	33	18	14
24120	Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en regadío		< 3	106	48	22	15
24211	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en secano	R	≥ 3	26	15	9	6
24211	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en secano	N	≥ 3	28	17	11	8
24211	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en secano	R/N	< 3	30	19	13	10
24212	Mosaico de cultivos permanentes en secano		≥ 3	62	28	15	10
24212	Mosaico de cultivos permanentes en secano		< 3	75	34	19	14

Código	Uso de suelo	Práctica de cultivo	Pendiente (%)	Grupo de suelo			
				A	B	C	D
24213	Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes en secano		≥ 3	39	20	12	8
24213	Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes en secano		< 3	66	29	15	10
24221	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en regadío	R	≥ 3	37	20	12	9
24221	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en regadío	N	≥ 3	42	23	14	11
24221	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en regadío	R/N	< 3	47	25	16	13
24222	Mosaico de cultivos permanentes en regadío		≥ 3	80	34	19	14
24222	Mosaico de cultivos permanentes en regadío		< 3	95	42	22	15
24223	Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes en regadío		≥ 3	75	33	18	14
24223	Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes en regadío		< 3	106	48	22	15
24230	Mosaico de cultivos mixtos en secano y regadío	R	≥ 3	31	17	10	8
24230	Mosaico de cultivos mixtos en secano y regadío	N	≥ 3	34	20	13	10
24230	Mosaico de cultivos mixtos en secano y regadío	R/N	< 3	37	22	14	11
24310	Mosaico de cultivos agrícolas en secano con espacios significativos de vegetación natural y seminatural	R	≥ 3	26	15	9	6
24310	Mosaico de cultivos agrícolas en secano con espacios significativos de vegetación natural y seminatural	N	≥ 3	28	17	11	8
24310	Mosaico de cultivos agrícolas en secano con espacios significativos de vegetación natural y seminatural	R/N	< 3	30	19	13	10
24320	Mosaico de cultivos agrícolas en regadío con espacios significativos de vegetación natural y seminatural	R	≥ 3	37	20	12	9
24320	Mosaico de cultivos agrícolas en regadío con espacios significativos de vegetación natural y seminatural	N	≥ 3	42	23	14	11
24320	Mosaico de cultivos agrícolas en regadío con espacios significativos de vegetación natural y seminatural	R/N	< 3	47	25	16	13
24330	Mosaico de prados o praderas con espacios significativos de vegetación natural y seminatural		≥ 3	70	33	18	13
24330	Mosaico de prados o praderas con espacios significativos de vegetación natural y seminatural		< 3	120	55	22	14
24400	Sistemas agroforestales		≥ 3	53	23	14	9
24400	Sistemas agroforestales		< 3	80	35	17	10
24410	Pastizales, prados o praderas con arbolado adherado		≥ 3	53	23	14	9
24410	Pastizales, prados o praderas con arbolado adherado		< 3	80	35	17	10
24420	Cultivos agrícolas con arbolado adherado		≥ 3	53	23	14	9
24420	Cultivos agrícolas con arbolado adherado		< 3	80	35	17	10
31100	Frondosas			90	47	31	23
31110	Perennifolias			90	47	31	23
31120	Caducifolias y marcescentes			90	47	31	23
31130	Otras frondosas de plantación		≥ 3	79	34	19	14
31130	Otras frondosas de plantación		< 3	94	42	22	15
31140	Mezclas de frondosas			90	47	31	23
31150	Bosques de ribera			76	34	22	16
31160	Laurisilva macaronésica			90	47	31	23
31200	Bosques de coníferas			90	47	31	23
31210	Bosques de coníferas de hojas aciculares			90	47	31	23
31220	Bosques de coníferas de hojas tipo cupresáceo			90	47	31	23
31300	Bosque mixto			90	47	31	23
32100	Pastizales naturales		≥ 3	53	23	14	9
32100	Pastizales naturales		< 3	80	35	17	10
32100	Prados alpinos		≥ 3	70	33	18	13
32100	Prados alpinos		< 3	120	55	22	14

Código	Uso de suelo	Práctica de cultivo	Pendiente (%)	Grupo de suelo			
				A	B	C	D
32100	Formaciones herbáceas de llanuras aluviales inundadas y llanuras costeras, tierras bajas		≥ 3	70	33	18	13
32100	Formaciones herbáceas de llanuras aluviales inundadas y llanuras costeras, tierras bajas		< 3	120	55	22	14
32110	Pastizales supraforestales		≥ 3	70	33	18	13
32110	Pastizales supraforestales		< 3	120	55	22	14
32111	Pastizales supraforestales templado-oceánicos, pirenaicos y orocantábricos		≥ 3	70	33	18	13
32111	Pastizales supraforestales templado-oceánicos, pirenaicos y orocantábricos		< 3	120	55	22	14
32112	Pastizales supraforestales mediterráneos		≥ 3	24	14	8	6
32112	Pastizales supraforestales mediterráneos		< 3	57	25	12	7
32121	Otros pastizales templado oceánicos		≥ 3	53	23	14	9
32121	Otros pastizales templado oceánicos		< 3	79	35	17	10
32122	Otros pastizales mediterráneos		≥ 3	24	14	8	6
32122	Otros pastizales mediterráneos		< 3	57	25	12	7
32200	Landas y matorrales mesófilas			76	34	22	16
32210	Landas y matorrales en climas húmedos. Vegetación mesófila			76	34	22	16
32220	Fayal-brezal macaronésico			60	24	14	10
32300	Vegetación esclerófila			60	24	14	10
32311	Grandes formaciones de matorral denso o medianamente denso			75	34	22	16
32312	Matorrales subarbusivos o arbustivos muy poco densos			60	24	14	10
32320	Matorrales xerófilos macaronésicos			40	17	8	5
32400	Matorral boscoso de transición			75	34	22	16
32400	Claros de bosques			40	17	8	5
32400	Zonas empantanadas fijas o en transición			60	24	14	10
32410	Matorral boscoso de frondosas			75	34	22	16
32420	Matorral boscoso de coníferas			75	34	22	16
32430	Matorral boscoso de bosque mixto			75	34	22	16
33110	Playas y dunas			152	152	152	152
33120	Ramblas con poca o sin vegetación			15	8	6	4
33200	Roquedo			2	2	2	2
33210	Rocas desnudas con fuerte pendiente			2	2	2	2
33220	Afloramientos rocosos y canchales		≥ 3	2	2	2	2
33220	Afloramientos rocosos y canchales		< 3	4	4	4	4
33230	Coladas lávicas cuaternarias		≥ 3	3	3	3	3
33230	Coladas lávicas cuaternarias		< 3	5	5	5	5
33300	Espacios con vegetación escasa		≥ 3	24	14	8	6
33300	Espacios con vegetación escasa		< 3	58	25	12	7
33310	Xeroestepa subdesértica		≥ 3	24	14	8	6
33310	Xeroestepa subdesértica		< 3	58	25	12	7
33320	Cárcavas y/o zonas en proceso de erosión			15	8	6	4
33330	Espacios orófilos altitudinales con vegetación escasa		≥ 3	24	14	8	6
33330	Espacios orófilos altitudinales con vegetación escasa		< 3	58	25	12	7
33400	Zonas quemadas			15	8	6	4
33500	Glaciares y nieves permanentes			0	0	0	0
41100	Humedales y zonas pantanosas			2	2	2	2
41200	Turberas y prados turbosos			248	99	25	16
42100	Marismas			2	2	2	2
42200	Salinas			5	5	5	5
42300	Zonas llanas intermareales			0	0	0	0

Código	Uso de suelo	Práctica de cultivo	Pendiente (%)	Grupo de suelo			
				A	B	C	D
51100	Cursos de agua			0	0	0	0
51110	Ríos y cauces naturales			0	0	0	0
51120	Canales artificiales			0	0	0	0
51210	Lagos y lagunas			0	0	0	0
51210	Lagos y lagunas (almacenamiento de agua)			0	0	0	0
51120	Embalses			0	0	0	0
51120	Embalses (almacenamiento de agua)			0	0	0	0
52100	Lagunas costeras			0	0	0	0
52200	Estuarios			0	0	0	0
52300	Mares y océanos			0	0	0	0

Notas:
 La codificación de los tipos de suelos corresponde al Proyecto europeo Corine Land Cover 2000
 N: Denota cultivo según las curvas de nivel.
 R: Denota cultivo según la línea de máxima pendiente

En el Apéndice n° 2 “Caudales de Cálculo para T= 25, 100 y 500 años” adjuntamos los valores correspondientes para cada una de las cuencas interceptadas.

9.5.4.2.1. 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 .

Se pueden distinguir los siguientes casos, en función de los datos disponibles:

- Cuando se disponga de una calibración específica para una cuenca con- creta, el valor del coeficiente corrector a aplicar es, directamente, el obtenido en ella.
- 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 5.2, correspondientes a las regiones de la figura 5.3.

En este último caso, se debe proceder como se indica a continuación:

- En las cuencas, exceptuando las del Levante y Sureste, se debe proceder como sigue, atendiendo al tipo de obra de que en cada caso se trate:
 - Drenaje transversal de vías de servicio, ramales, caminos, accesos a instalaciones y edificaciones auxiliares de la carretera y otros elementos anejos (siempre que el funcionamiento hidráulico de estas obras no afecte a la carretera principal) y

drenaje de plataforma y márgenes: Se debe aplicar el producto del valor medio de la región del coeficiente corrector del umbral de escorrentía por un factor dependiente del período de retorno T, considerado para el caudal de proyecto en el elemento de que en cada caso se trate:

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

- Drenaje transversal de la carretera (puentes y obras de drenaje transversal): producto del valor medio de la región del coeficiente corrector del umbral de escorrentía corregido por el valor correspondiente al intervalo de confianza del cincuenta por ciento, por un factor dependiente del período de retorno T considerado para el caudal de proyecto, es decir:

$$\beta^{DT} = (\beta_m - \Delta_{50}) * F_T$$

Donde:

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

β^{DT} (adimensional): Coeficiente corrector del umbral de escorrentía para drenaje transversal de la carretera.

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

F_T (adimensional): Factor en función del periodo de retorno T.

Δ_{50} (adimensional): Desviación respecto el valor medio: intervalo de confianza correspondiente al 50%.

FIGURA 5.3 REGIONES CONSIDERADAS PARA LA CARECTIZACIÓN DEL COEFICIENTE CORRECTOR DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA.

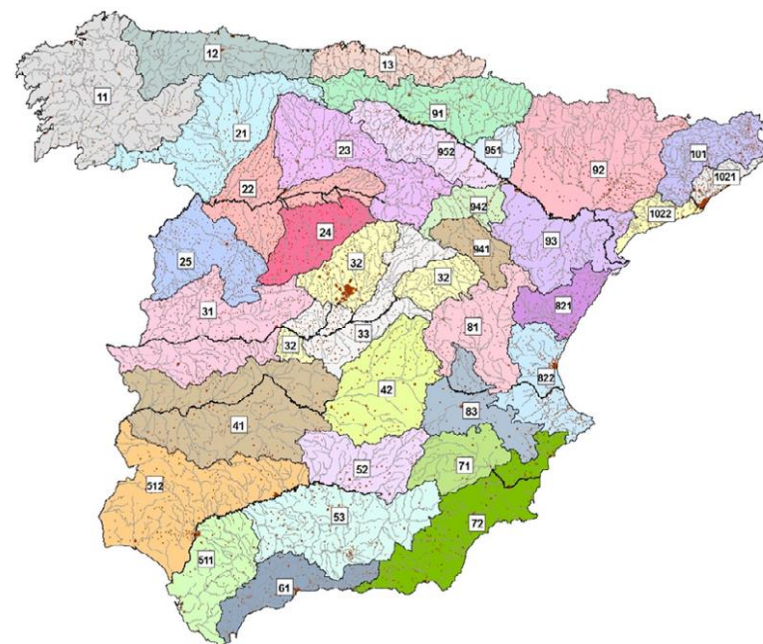


TABLA 2.5.- COEFICIENTE CORRECTOR DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA: VALORES CORRESPONDIENTES A CALIBRACIONES REGIONALES

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
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

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
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 $F_{10}=1,00$

En el Apéndice nº 2 “Caudales de Cálculo para T= 25, 100 y 500 años” adjuntamos los valores correspondientes para cada una de las cuencas interceptadas.

9.5.4.3.ÁREA DE LA CUENCA.

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

El método de cálculo expuesto en los apartados anteriores supone unos valores únicos de la intensidad de precipitación y del coeficiente de escorrentía para toda la cuenca, correspondientes a sus valores medios. Esta hipótesis sólo es aceptable en cuencas que sean suficientemente homogéneas, tanto respecto de la variación espacial de la precipitación como del coeficiente de escorrentía.

El caso más general, de cuencas heterogéneas, se debe resolver mediante su división en áreas parciales de superficie A_i , que puedan considerarse homogéneas respecto a los factores señalados, cuyos coeficientes de escorrentía C_i , e intensidades de precipitación $I(T, tc)_i$, se calculan por

separado. El caudal de proyecto se determinará sustituyendo en la fórmula general de cálculo el producto de los tres factores por la correspondiente sumatoria de productos relativa a cada una de las áreas parciales, es decir:

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

En los casos más habituales, dado 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, tc) por lo que la expresión anterior resulta:

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

En el Apéndice nº 2 “Caudales de Cálculo para T= 25, 100 y 500 años” adjuntamos los valores correspondientes para cada una de las cuencas interceptadas.

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

El coeficiente Kt tiene en cuenta la falta de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación. Se obtendrá a través de la siguiente expresión:

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

Donde:

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

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

En el Apéndice nº 2 “Caudales de Cálculo para T= 25, 100 y 500 años” adjuntamos los valores correspondientes para cada una de las cuencas interceptadas.

9.5.4.5. RESUMEN DE CAUDALES.

A modo de resumen se expone a continuación los caudales calculados para las distintas cuentas y periodos de retorno estudiados.

PLATAFORMA AV. RICARDO CARAPETO				
CUENCA Nº	COLECTOR	CAUDALES (M3/S)		
		T=25 AÑOS	T=100 AÑOS	T=500 AÑOS
1	Colector MD_1	0,014	0,018	0,023
2	Colector MD_1	0,013	0,017	0,021
3	Colector MD_1	0,008	0,011	0,014
4	Colector MD_1	0,012	0,015	0,019
5	Colector MD_2	0,005	0,006	0,008
6	Colector MD_2	0,017	0,021	0,027
7	Colector MD_1	0,007	0,009	0,012
8	Colector MD_1	0,007	0,009	0,011
9	Colector MD_1	0,008	0,010	0,013
10	Colector MD_1	0,010	0,012	0,015
11	Colector MD_1	0,008	0,010	0,013
12	Colector MD_1	0,002	0,002	0,003
13	Colector MD_1	0,004	0,005	0,007
14	Colector MD_1	0,005	0,007	0,008
15	Colector MD_1	0,010	0,013	0,016
16	Colector MD_1	0,013	0,016	0,020
17	Colector MD_1	0,009	0,011	0,014

PLATAFORMA AV. RICARDO CARAPETO				
CUENCA Nº	COLECTOR	CAUDALES (M3/S)		
		T=25 AÑOS	T=100 AÑOS	T=500 AÑOS
18	Colector MI_3	0,004	0,005	0,006
19	Colector MI_3	0,011	0,014	0,017
20	Colector MI_3	0,015	0,018	0,023
21	Colector MI_2	0,008	0,010	0,013
22	Colector MI_2	0,005	0,006	0,007
23	Colector MI_2	0,004	0,005	0,007
24	Colector MI_2	0,001	0,002	0,002
25	Colector MI_2	0,003	0,004	0,005
26	Colector MI_2	0,002	0,003	0,004
27	Colector MI_2	0,009	0,012	0,015
28	Colector MI_2	0,010	0,013	0,016
29	Colector MI_2	0,011	0,013	0,017
30	Colector MI_2	0,010	0,013	0,016
31	Colector MI_2	0,010	0,012	0,016
32	Colector MI_2	0,013	0,016	0,021
33	Colector MI_2	0,012	0,015	0,019
34	Colector MI_2	0,010	0,013	0,017
35	Colector MI_1	0,008	0,010	0,013

PLATAFORMA BA-20			
CUENCA Nº	CAUDALES (M3/S)		
	T=25 AÑOS	T=100 AÑOS	T=500 AÑOS
36	0,172	0,218	0,278

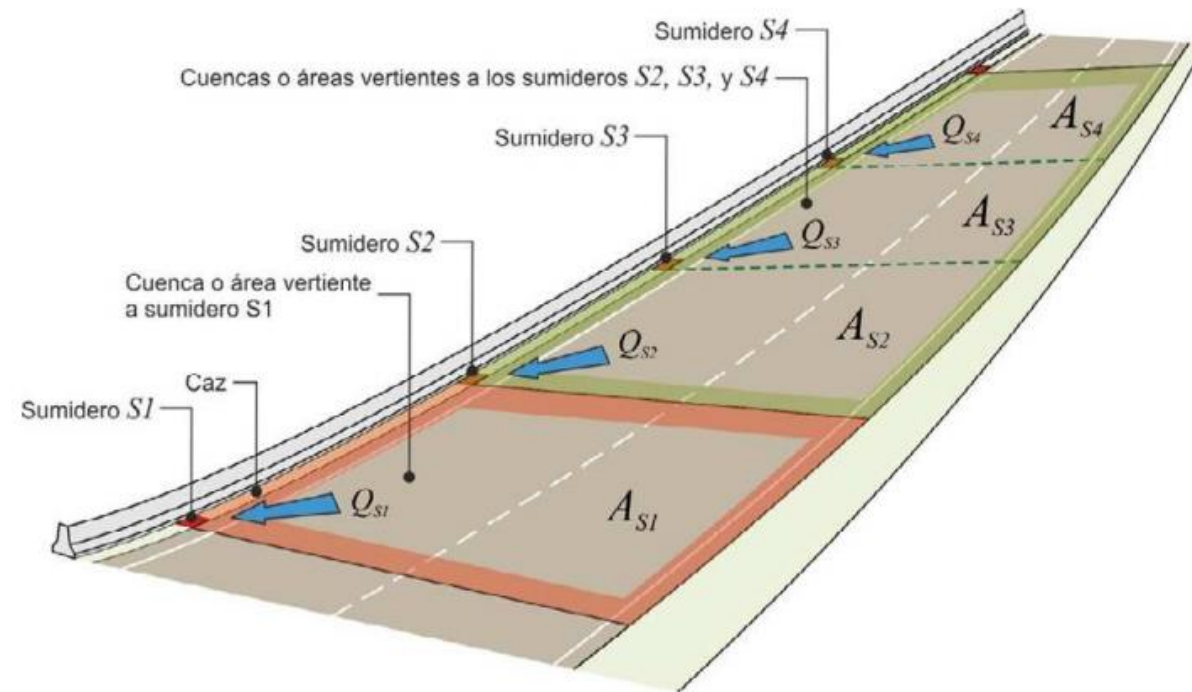
9.6.CÁLCULOS HIDRÁULICOS.

9.6.1.DRENAJE DE PLATAFORMA.

9.6.1.1.IMBORNALES

El drenaje longitudinal de las diferentes zonas pavimentadas constará de imbornales horizontales con rejilla en puntos bajos. La finalidad de estos imbornales o rejillas de drenaje es la de recoger la escorrentía superficial y llevarla longitudinalmente por medio de un colector hasta los puntos donde se desagua a la red de saneamiento urbano. Esta conexión se realizará por medio de arquetas o pozos de registro.

En los tramos en pendiente, con el fin de permitir que si un sumidero está ocluido el agua que deje de entrar en él pueda recogerse en los siguientes situados aguas abajo, la capacidad de desagüe de cada sumidero deberá ser tal que permita absorber su caudal de proyecto más un treinta por ciento del caudal de proyecto de hasta tres sumideros situados inmediatamente aguas arriba.

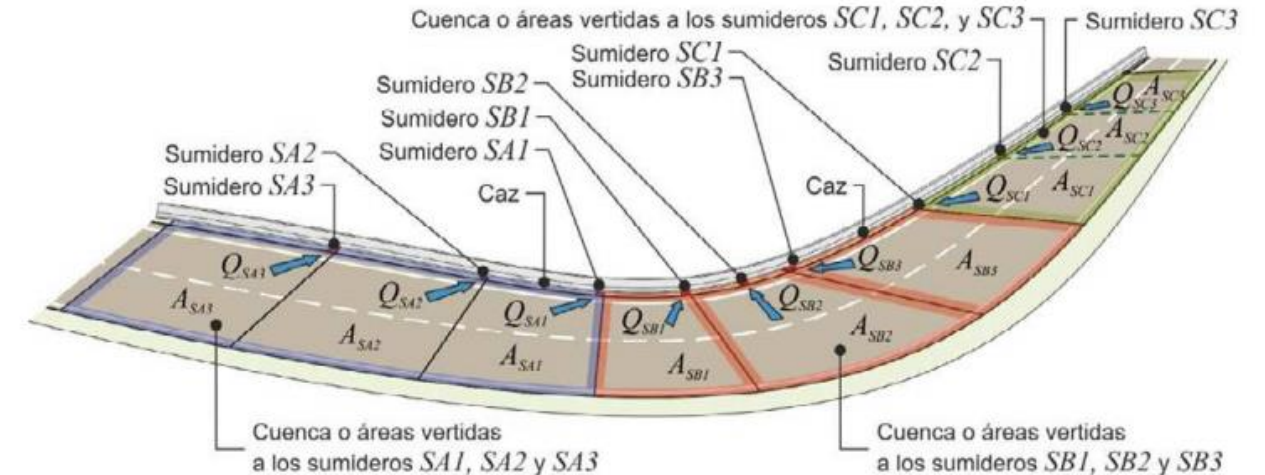


$$\text{Capacidad sumidero } S1 \geq Q_{S1} + 0,3 \cdot (Q_{S2} + Q_{S3} + Q_{S4})$$

Los sumideros situados en puntos bajos serán generalmente de tipo horizontal. Para evitar la formación de balsas si se obstruyeran, deberá disponerse otro sumidero aguas arriba a unos cinco centímetros (5 cm) por encima de ellos. No obstante, donde se asegure con precisión la situación del punto bajo y resulte factible, podrá reemplazarse el conjunto anterior por un sumidero mixto.

El conjunto de sumideros ubicados en un punto bajo debe ser capaz de absorber el doble de la suma de:

- Su propio caudal de proyecto.
- El correspondiente a los tramos en pendiente según el criterio anterior, es decir un treinta por ciento (30%) del caudal de proyecto de hasta tres sumideros situados aguas arriba, en cada uno de los tramos en pendiente que confluyan en el punto bajo.



$$\text{Capacidad sumideros } (S_{R1} + S_{R2} + S_{R3}) \geq 2 \cdot [Q_{SB1} + Q_{SB2} + Q_{SB3}] + 0,3 \cdot (Q_{SA1} + Q_{SA2} + Q_{SA3} + Q_{SC1} + Q_{SC2} + Q_{SC3})$$

La capacidad de los sumideros horizontales, considerando una altura de lámina de agua inferior a 12 cm, puede calcularse mediante la fórmula del vertedero:

$$Q(l/s) = L * H^{3/2} / 60$$

Siendo:

- H(cm): la profundidad del agua desde el borde inferior de la abertura, medida en su centro, consideramos un valor máximo de 5 cm
- L (cm): Perímetro exterior de la rejilla, que, para los sumideros sifónicos proyectados se corresponde con 169 cm (63 x 21,5 cm).

En el caso de aquellos imbornales ubicados en secciones de rasante inclinada, su eficacia se verá mermada por la componente longitudinal de la corriente, por lo que la capacidad de desagüe deberá afectarse de un coeficiente minorador igual a:

$$\frac{1}{1 + 15 * J}$$

Siendo:

- J (m/m) la pendiente longitudinal de cada tramo. Se ha considerado la pendiente más desfavorable de cada eje.

Además, se tendrá en cuenta un coeficiente reductor por obstrucción de los elementos, considerándose una minoración del 30%.

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, el cálculo hidráulico de la validez de los imbornales, se resume en el siguiente cuadro:

CUENCA Nº	Q PROYECTO (l/s)	DESAGÜE IMBORNALES (l/s)	Q IMBORNALES PENDIENTE (l/s)	Q IMBORNALES PUNTO BAJO (l/s)	VALIDEZ
1	14,25	27,88	14,25		S
2	13,13	27,88	17,40		S
3	8,39	27,88	16,60		S
4	11,53	27,88	22,26		S
5	5,10	27,88	10,18		S
6	16,94	27,88	16,94		S
7	7,22	27,88	17,29		S
8	6,74	27,88	15,51		S
9	7,90	27,88	17,17		S
10	9,52	27,88	16,08		S
11	7,92	27,88	15,16		S
12	1,78	3*27,88 = 83,64		56,08	S
13	4,04				
14	5,18				
15	10,12	27,88	16,51		S
16	12,63	27,88	15,24		S
17	8,69	27,88	8,69		S
18	3,84	15,93	11,42		S
19	10,68	15,93	11,84		S
20	14,56	15,93	14,56		S
21	8,13	27,88	8,13		S
22	4,52	27,88	6,96		S
23	4,23	27,88	8,03		S
24	1,27	3*27,88 = 83,64		41,29	S
25	3,01				
26	2,29				
27	9,37	27,88	18,61		S
28	10,03	27,88	19,21		S
29	10,64	27,88	20,45		S
30	10,15	27,88	20,43		S
31	9,80	27,88	20,26		S
32	12,78	27,88	21,84		S
33	11,71	27,88	17,26		S
34	10,39	27,88	12,82		S
35	8,10	27,88	8,10		S

9.6.1.2. COLECTORES PLUVIALES

Con los caudales obtenidos por tramos y aplicando la formulación de Manning se realiza la comprobación hidráulica obteniendo las principales variables hidráulicas que definen el comportamiento de la red de colectores diseñada. En la comprobación hidráulica de estos colectores, se parte de los siguientes parámetros, teniendo en cuenta que éstos están formados por tubos de PVC de doble pared y hormigón armado para los de nueva ejecución y de hormigón en masa para los existentes.

- Coeficiente de rugosidad de Manning PVC: 0,009
- Coeficiente de rugosidad de Manning Hormigón: 0,015
- Velocidad mínima: 0,50 m/s
- Velocidad máxima PVC: 7,00 m/s
- Velocidad máxima Hormigón: 4,50 m/s
- Porcentaje de llenado: < 80%

Las redes de drenaje diseñadas presentan capacidad hidráulica suficiente para su caudal de diseño, teniendo en cuenta las limitaciones indicadas respecto al resguardo, cuando se trate de elementos de drenaje superficial, y cuando se trate de elementos de drenaje enterrados se mantiene un porcentaje de llenado no superior al 80 %.

En elementos enterrados (como colectores) se tienen en cuenta las siguientes consideraciones:

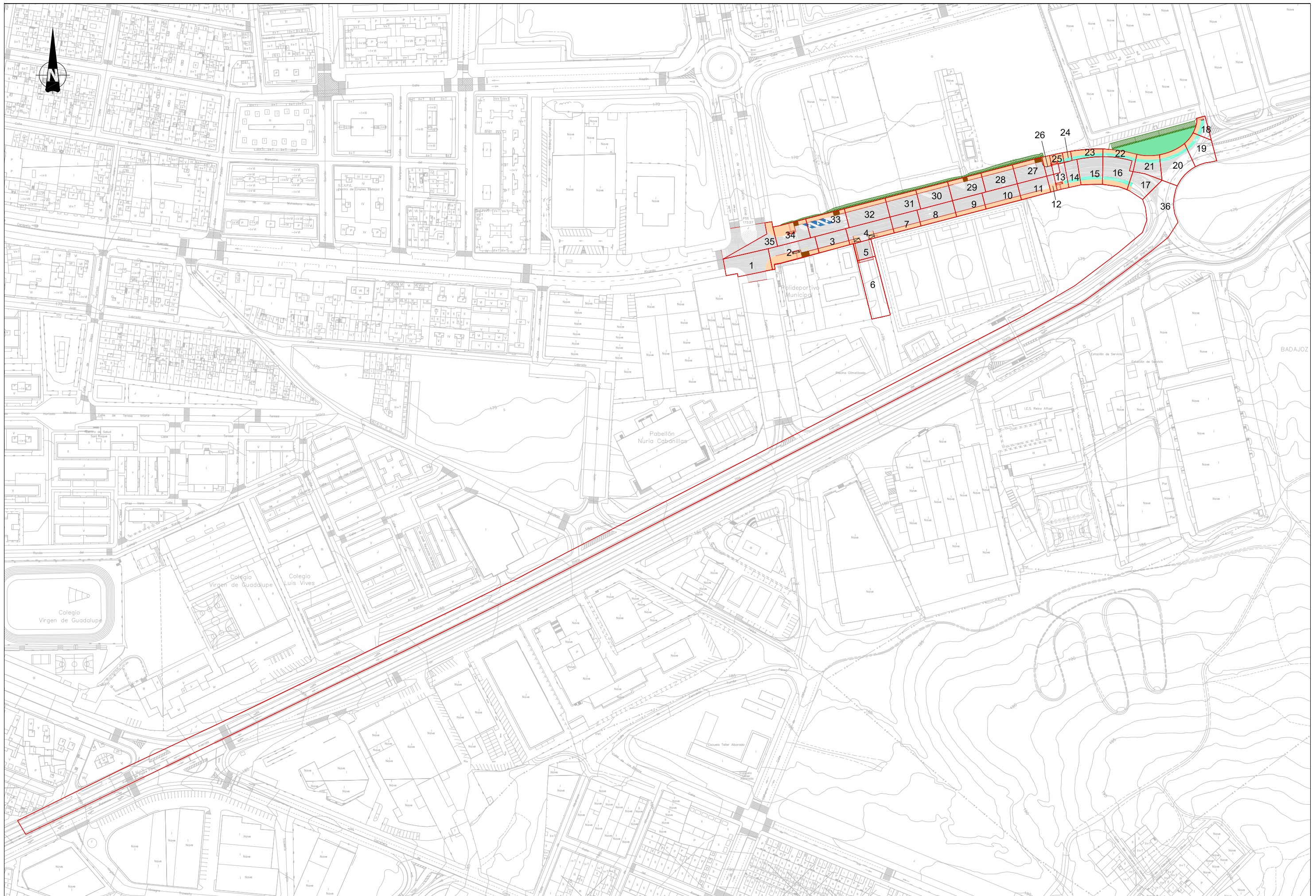
- El diámetro mínimo será 400 mm, salvo en las conexiones entre sumideros y colectores.
- Cuando la pendiente longitudinal sea superior al cuatro por ciento ($J > 4\%$), se deberá comprobar que las condiciones de entrada y salida al colector sean compatibles con el funcionamiento supuesto (control a la entrada), de forma análogo a las ODTs.
- La línea de energía se encuentra por debajo y a cierta distancia de otros elementos:
 - A más de 30 cm del plano inferior de tapas de arquetas, pozos, rejillas y sumideros
 - A más de 20 cm de la generatriz inferior de los drenes y otros elementos de drenaje subterráneo que puedan desaguar en la misma arqueta o pozo.

La hidráulica de elementos lineales, indica que la capacidad hidráulica de los elementos lineales en régimen uniforme y en lámina libre para la sección llena sin entrada en carga, debe ser mayor que el caudal de proyecto QP, de acuerdo al procedimiento expuesto en el apartado 9.6.1.3 del presente Anejo.

Para la comprobación hidráulica de los colectores proyectados se utilizan hojas Excel de elaboración propia que aplican el procedimiento expuesto en el apartado 9.6.1.3 del presente Anejo, donde en función del caudal y de la pendiente se aportan las variables hidráulicas que identifican el comportamiento hidráulico del elemento analizado.

DESCRIPCIÓN	DATOS.					CÁLCULO A SECCIÓN MÁXIMA.								CÁLCULO PARA EL CAUDAL DE DISEÑO.							
	Diámetro (m)	Pendiente (%)	Caudal Diseño (l/s)	Nº Manning	Relación Max Calado/Diámetro	Radio (m)	f (m)	β (rad)	Sección Mojada	Perímetro Mojado (m)	Radio Hidráulico	Caudal Max Desagudo (l/s)	Veloc en Qmax (m/s)	Calado (m)	β (rad)	Sección Mojada (m2)	Perímetro Mojado (m)	Radio Hidráulico	Caudal Desag. (l/s)	Veloc Diseño (m/s)	
P1-P2	0,60	1,99%	27,37	0,015	0,80	0,3	0,48	2,21	0,24	1,33	0,18	733,77	3,03	0,0784	0,74	0,02	0,44	0,05	27,42	1,26	
P13-P11	0,50	1,88%	203,84	0,015	0,80	0,25	0,4	2,21	0,17	1,11	0,15	438,59	2,60	0,2365	1,52	0,09	0,76	0,12	203,95	2,23	
P11-P9	0,50	0,50%	222,76	0,015	0,80	0,25	0,4	2,21	0,17	1,11	0,15	226,19	1,34	0,3940	2,18	0,17	1,09	0,15	222,77	1,34	
P9-P5	0,80	0,50%	254,14	0,009	0,80	0,4	0,64	2,21	0,43	1,77	0,24	1.320,18	3,06	0,2352	1,15	0,12	0,92	0,13	254,33	2,06	
P5-P3	0,80	2,04%	279,15	0,015	0,80	0,4	0,64	2,21	0,43	1,77	0,24	1.599,98	3,71	0,2236	1,11	0,11	0,89	0,13	279,30	2,43	
P3-P2	0,80	2,04%	296,09	0,015	0,80	0,4	0,64	2,21	0,43	1,77	0,24	1.599,98	3,71	0,2304	1,13	0,12	0,91	0,13	296,12	2,47	
P35-P3	0,40	3,79%	16,93	0,009	0,80	0,2	0,32	2,21	0,11	0,89	0,12	572,43	5,31	0,0468	0,70	0,01	0,28	0,03	16,99	2,06	
P14-P15	0,60	1,90%	8,1	0,015	0,80	0,3	0,48	2,21	0,24	1,33	0,18	716,98	2,96	0,0444	0,55	0,01	0,33	0,03	8,11	0,86	
P16-P36	0,50	0,50%	10,38	0,009	0,80	0,25	0,4	2,21	0,17	1,11	0,15	376,98	2,24	0,0565	0,69	0,01	0,34	0,04	10,40	0,85	
P29-P27	0,50	2,52%	16,87	0,009	0,80	0,25	0,4	2,21	0,17	1,11	0,15	846,31	5,03	0,0484	0,63	0,01	0,32	0,03	16,88	1,73	
P27-P36	0,50	0,50%	97,92	0,009	0,80	0,25	0,4	2,21	0,17	1,11	0,15	376,98	2,24	0,1718	1,25	0,06	0,63	0,10	97,93	1,64	
P30-P32	0,40	7,90%	29,08	0,009	0,80	0,2	0,32	2,21	0,11	0,89	0,12	826,45	7,67	0,0508	0,73	0,01	0,29	0,03	29,10	3,14	
P32-P34	0,40	2,64%	29,08	0,009	0,80	0,2	0,32	2,21	0,11	0,89	0,12	477,75	4,43	0,0662	0,84	0,01	0,34	0,04	29,09	2,13	
P2-P15	0,80	0,20%	323,46	0,015	0,80	0,4	0,64	2,21	0,43	1,77	0,24	500,97	1,16	0,4611	1,72	0,30	1,38	0,22	323,51	1,08	
P15-P36	0,80	0,20%	331,56	0,015	0,80	0,4	0,64	2,21	0,43	1,77	0,24	500,97	1,16	0,4684	1,74	0,31	1,39	0,22	331,57	1,08	
P36-P18	1,00	0,20%	439,86	0,015	0,80	0,5	0,8	2,21	0,67	2,21	0,30	908,33	1,35	0,4843	1,54	0,38	1,54	0,24	439,98	1,17	

APÉNDICE 1: PLANOS DE LAS CUENCAS INTERCEPTADAS



SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES, MOVILIDAD Y AGENDA URBANA
 SECRETARÍA GENERAL DE INFRAESTRUCTURAS
 DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS
 DEMARCACIÓN DE CARRETERAS DEL ESTADO EN EXTREMADURA

EL I.C.C.P. JEFE DEMARCACIÓN

 D. FERNANDO PEDRAZA MAJARREZ

EL I.C.C.P. DIRECTOR DEL PROYECTO

 D. CARLOS ÁLVAREZ MERINO

LOS I.C.C.P. AUTORES DEL PROYECTO

 D. RAMÓN SALAS DE LA CRUZ D. RAFAEL NUÑEZ BIGIERGO

EMPRESA CONSULTORA: UTE

TÍTULO DEL PROYECTO:
 ACONDICIONAMIENTO DE LA AVENIDA RICARDO CARAPETO.
 TRAMO: FINAL AVDA. RICARDO CARAPETO - INTERSECCIÓN BA-20.
 T.M. DE BADAJOZ. PROVINCIA DE BADAJOZ.

CLAVE:
 33-BA-4360
 FECHA:
 Marzo 2021

ESCALA ORIGINAL DIN A-1: 1:1,250

 ESCALA GRÁFICA DIN A-3: 1:2,500

TÍTULO DEL PLANO:
 CUENCAS INTERCEPTADAS.
 PLANTA.

PLANO Nº:
 Anejo nº 9
 HOJA 1 DE 1

APÉNDICE 2: CAUDALES DE CÁLCULO PARA T=25, 100 Y 500 AÑOS

