

**§ 27. Orden de 14 de mayo de 1990, por la que se aprueba la instrucción de carreteras 5.2-IC «Drenaje superficial» (BOE núm. 123, de 23 de mayo de 1990).**

Ilustrísimos señores:

Por Orden de 21 de junio de 1965 («Boletín Oficial del Estado» de 17 de septiembre) se aprobó la Instrucción de carreteras 5.1-IC «Drenaje». A la vista de los avances técnicos habidos en este campo de la técnica vial durante el tiempo transcurrido, la Dirección General de Carreteras ha procedido a la revisión del texto de dicha Instrucción, en lo relativo al drenaje superficial de las carreteras, la cual ha recibido la denominación de Instrucción de carreteras 5.2-IC «Drenaje superficial». La parte de la Instrucción 5.1-IC, relativa al drenaje profundo de las carreteras se encuentra en fase de estudio, por lo que su regulación no es objeto de la presente disposición.

En virtud de cuanto antecede, dispongo:

Primero. Se aprueba la Instrucción de carreteras 5.2-IC «Drenaje superficial», en los términos establecidos en el anexo a la presente Orden.

Segundo. La Instrucción que se aprueba se tendrá en cuenta en los estudios y proyectos de carreteras que se redacten a partir de la entrada en vigor de la presente disposición. Las obras de carreteras en fase de realización a la citada entrada en vigor se seguirán rigiendo, en lo relativo a drenaje superficial, por lo establecido al efecto en la Instrucción 5.1-IC «Drenaje» aprobada por Orden de 21 de junio de 1965.

Tercero. Sin perjuicio de lo dispuesto en el apartado segundo de esta Orden, quedan derogados los epígrafes y figuras relativos a drenaje superficial de la instrucción 5.1-IC «Drenaje», aprobada por Orden de 21 de junio de 1965, y cuantas disposiciones de igual o inferior rango se opongan a lo establecido en la presente Orden.

Cuarto. La presente Orden entrará en vigor el día siguiente al de su publicación en el «Boletín Oficial del Estado».

Lo que comunico a VV. II, para su conocimiento y efectos.

Madrid, 14 de mayo de 1990.

**ANEXO QUE SE CITA**

**INSTRUCCIÓN 5.2-IC**

**Drenaje superficial**

**ÍNDICE**

**1. CONSIDERACIONES GENERALES Y CRITERIOS BÁSICOS**

- 1.1. Objeto y ámbito de aplicación
- 1.2. Criterios funcionales
- 1.3. Período de retorno
- 1.4. Riesgo de obstrucción
- 1.5. Daños
  - 1.5.1. Daños en el elemento de drenaje superficial
  - 1.5.2. Interrupción de la circulación
  - 1.5.3. Daños a terceros
    - 1.5.3.1. Daños no catastróficos
    - 1.5.3.2. Daños catastróficos
- 1.6. Beneficios

**2. CÁLCULO DE LOS CAUDALES DE REFERENCIA**

- 2.1. Planteamiento general
- 2.2. Fórmula de cálculo (método hidrometeorológico)
- 2.3. Intensidad media de precipitación
- 2.4. Tiempo de concentración
- 2.5. Escorrentía

**3. DRENAJE DE LA PLATAFORMA Y MÁRGENES. CRITERIOS DE PROYECTO**

- 3.1. Condiciones generales
  - 3.1.1. Factores a considerar
  - 3.1.2. Punto de desagüe
- 3.2. Plataforma
  - 3.2.1. Carreteras de calzada única
  - 3.2.2. Carreteras de calzadas separadas
    - 3.2.2.1. Mediana estricta
    - 3.2.2.2. Mediana amplia
- 3.3. Márgenes de la plataforma: explanaciones
  - 3.3.1. Desmontes
  - 3.3.2. Terraplenes
- 3.4. Elementos superficiales
  - 3.4.1. Generalidades
  - 3.4.2. Intersecciones y enlaces
  - 3.4.3. Aparcamientos y otras zonas llanas
- 3.5. Obras de paso, muros y túneles
  - 3.5.1. Obras de paso
  - 3.5.2. Muros y estribos
  - 3.5.3. Túneles
- 3.6. Dispositivos de recogida y evacuación de aguas
  - 3.6.1. Condiciones generales
  - 3.6.2. Caces
  - 3.6.3. Cunetas
  - 3.6.4. Sumideros e imbornales
  - 3.6.5. Colectores
    - 3.6.5.1. Generalidades
    - 3.6.5.2. Resistencia a presión e impermeabilidad
    - 3.6.5.3. Resistencia mecánica
  - 3.6.6. Arquetas
  - 3.6.7. Bajantes

**4. DRENAJE DE LA PLATAFORMA Y MÁRGENES. CAPACIDAD DE DESAGÜE**

- 4.1. Introducción
- 4.2. Elementos lineales
  - 4.2.1. Fórmula de Manning-Strikler
  - 4.2.2. Caces y cunetas
  - 4.2.3. Colectores
- 4.3. Sumideros e imbornales

- 4.3.1. En puntos bajos
  - 4.3.1.1. Sumidero lateral
  - 4.3.1.2. Sumidero horizontal
  - 4.3.1.3. Sumideros mixtos
- 4.3.2. Sumideros con rasante inclinada

5. DRENAJE TRANSVERSAL

- 5.1. Introducción
- 5.2. Criterios de proyecto
  - 5.2.1. Generalidades
  - 5.2.2. Pequeñas obras de drenaje transversal
    - 5.2.2.1. Planta
    - 5.2.2.2. Perfil
    - 5.2.2.3. Sección
    - 5.2.2.4. Embocaduras
- 5.3. Condiciones de desagüe
  - 5.3.1. Puentes
    - 5.3.1.1. Sobre-elevación del nivel de agua
    - 5.3.1.2. Erosiones en los apoyos
  - 5.3.2. Pequeñas obras de drenaje transversal
    - 5.3.2.1. Sobre-elevación del nivel del agua
    - 5.3.2.2. Aterramientos
    - 5.3.2.3. Erosiones
      - 5.3.2.3.1. Erosión evolutiva
      - 5.3.2.3.2. Erosión localizada
- 5.4. Materiales para pequeñas obras de drenaje transversal
  - 5.4.1. Generalidades
  - 5.4.2. Resistencia a presión e impermeabilidad
  - 5.4.3. Durabilidad
  - 5.4.4. Resistencia mecánica

6. CONSTRUCCIÓN Y CONSERVACIÓN

- 6.1. Construcción
  - 6.1.1. Condiciones generales
  - 6.1.2. Elementos enterrados
  - 6.1.3. Elementos superficiales
  - 6.1.4. Drenaje de la obra durante su construcción
- 6.2. Conservación
  - 6.2.1. Consideraciones generales
  - 6.2.2. Elementos enterrados
  - 6.2.3. Elementos superficiales

1. CONSIDERACIONES GENERALES Y CRITERIOS BÁSICOS

1.1. Objeto y ámbito de aplicación

El objeto de la presente instrucción es facilitar normas y recomendaciones para proyectar, construir y conservar adecuadamente los elementos del drenaje superficial de una carretera. El drenaje superficial comprende:

- La recogida de las aguas —pluviales o de deshielo— procedentes de la plataforma y sus márgenes, mediante cauces, cunetas y sus imbornales y sumideros.

- La evacuación de las aguas recogidas —eventualmente a través de arquetas y colectores longitudinales— a cauces naturales, a sistemas de alcantarillado o a la capa freática, bien sea directamente, bien sea a través de obras de desagüe transversal o canalizaciones a cielo abierto en enterradas.
- La restitución de la continuidad de los cauces naturales interceptados por la carretera, mediante su eventual acondicionamiento y la construcción de obras de drenaje transversal.

La presente instrucción no proporciona información sobre:

- El drenaje profundo, relativo a las aguas subterráneas.
- El drenaje de firme, relativo a las aguas en él infiltradas.
- Los problemas específicos de hidráulico fluvial o costera.

1.2. Criterios funcionales

Los elementos del drenaje superficial se elegirán teniendo en cuenta:

- Las soluciones técnicas disponibles.
- La facilidad de su obtención.
- Sus precios.
- Las posibilidades y costes de su construcción y conservación.
- Los daños que su presencia pueda producir.

Al paso del caudal de referencia (capítulo 2) cuyo período de retorno se define en el apartado 1.3, y habida cuenta —en su caso— del riesgo de obstrucción (apartado 1.4) se deberán cumplir las condiciones siguientes:

A) Velocidad de la corriente

En los elementos del drenaje superficial la velocidad del agua no deberá causar daños por erosión ni por aterramiento (apartado 1.5.1).

El diseño, dimensionamiento e implantación de las obras de drenaje transversal deberá evitar el depósito de sedimentos en su interior y reducir todo lo posible la perturbación de las condiciones de desagüe del cauce a que correspondan, causa de erosiones y aterramientos (capítulo 5).

B) Nivel del agua

En relación con la posibilidad de interrupción del funcionamiento de la propia carretera o de vías contiguas (apartado 1.5.2) el máximo nivel de la lámina de agua deberá guardar, respecto de la superficie de la plataforma de aquélla, un resguardo no inferior al especificado en la tabla 1.1:

Tabla 1.1

**Resguardo mínimo (m) entre el máximo nivel de la lámina de agua y la superficie de la plataforma**

IMD AFECTADA			
Tipo de elemento	Alta	Media	Baja
	2000		250
Drenaje superficial de la plataforma	0		(*)
Obras de drenaje transversal	0,5	0	

\* En el caso de baja intensidad de circulación podrán admitirse láminas de agua de hasta 0,30 m por encima del firme, valorando la interrupción de la circulación por esta causa.

## C) Sobreelevación del nivel de la corriente

Los daños materiales a terceros producibles por la inundación de zona aledañas a la carretera debida a la sobreelevación del nivel de la corriente en un cauce, provocada por la presencia de una obra de desagüe transversal, no deberán tener la consideración de catastróficos (apartado 1.5.3.2) y, entre los que no la tengan, deberán ser admisibles (apartado 1.5.3.1).

Donde las circunstancias de un terraplén lo hagan posible, habrá que comprobar si el desnivel de la lámina de agua entre ambos lados de él rebasa o no los 8 m. En caso afirmativo deberá analizarse el riesgo de un fallo en el terraplén —con efectos similares al de la rotura de una presa— si resultaren catastróficos los daños aguas abajo que de ello pudieran derivarse.

## 1.3. Período de retorno

La selección del caudal de referencia (capítulo 2) para el que debe proyectarse un elemento del drenaje superficial está relacionada con la frecuencia de su aparición, que se puede definir por su período de retorno: cuanto mayor sea éste, mayor será el caudal.

Se dice que el período de retorno de un caudal es T cuando, como media, es superado una vez cada T años. Sin embargo, el riesgo de que ese caudal sea excedido alguna vez durante un cierto intervalo de tiempo —como por ejemplo la vida útil de una obra— depende también de la duración del intervalo. Así, un caudal que tenga un período de retorno de 50 años tiene una probabilidad de un 2 % de que en cualquier año de dicho período aparezca al menos un caudal igual o mayor, pero la probabilidad de tal aparición en un período cualquiera de 10 años consecutivos sube al 18 %; de 25 años, al 38 %; de 50 años, al 64 %; de 100 años, al 86 %, y, en general, de C años, al C

$$1 - [1 - (1/T)]^C$$

En principio se recomienda adoptar períodos de retorno no inferiores a los que se indican en la tabla 1.2. No obstante, se podrán adoptar otros valores debidamente justificados, habida cuenta del coste del elemento de drenaje superficial y de los daños (apartado 1.5) producibles por el caudal de referencia (capítulo 2): especialmente si una ligera alteración de las magnitudes deducidas de un determinado valor del período de retorno tuvieran una brusca repercusión en el coste o en los daños.

Para la comprobación de las condiciones de desagüe de una obra de drenaje transversal donde haya posibilidad de daños catastróficos (apartado 1.5.3.2), o para la comprobación de la erosión en apoyos de puentes (apartado 5.3.1.2) con cimientos difíciles o costosos, el período de retorno se tomará hasta de 500 años.

## 1.4. Riesgo de obstrucción

Las condiciones de funcionamiento de los elementos de drenaje superficial pueden verse alteradas por su obstrucción debida a cuerpos arrastrados por la corriente.

Entre los elementos del drenaje superficial de la plataforma este riesgo es especialmente acusado en los sumideros y colectores enterrados, debido a la presencia de basura (especialmente plásticos) o aterramientos. Para evitarlo se necesita un adecuado diseño, un cierto sobredimensionamiento y una eficaz conservación.

Tabla 1.2

## Mínimos períodos de retorno (años)

Tipo de elemento de drenaje	IMD EN LA VÍA AFECTADA*		
	Alta	Media	Baja
	2000		500
Pasos inferiores con dificultades para desaguar por gravedad	50	25	**
Elementos del drenaje superficial de la plataforma y márgenes	25	10	
Obras de drenaje transversal	100 ***		

\* (Ver apartado 1.5.2). Si la comunicación interrumpida por el corte de la carretera no pudiera restablecerse por rutas alternativas, o éstas revistieran especial dificultad, se aumentará en un grado la categoría basada en la IMD, si no fuera ya «Alta». A efectos del revestimiento de caces y cunetas se podrá rebajar en un grado la categoría basada en la IMD, si no fuera ya «Baja».

\*\* Estos casos cubren una extensa gama, en la que los límites que razonablemente cabría imponer a las condiciones de desagüe varían ampliamente (por debajo de los límites de la categoría superior) en función de las circunstancias locales, por lo que se dejan a criterio del Projectista.

\*\*\* Deberá comprobarse que no se alteran sustancialmente las condiciones de desagüe del cauce con el caudal de referencia correspondiente a un período de retorno de 10 años.

El riesgo de obstrucción de las obras de drenaje transversal —fundamentalmente por vegetación arrastrada por la corriente— dependerá de las características de los cauces y zonas inundables, y puede clasificarse en las categorías siguientes:

Alto: Existe peligro de que la corriente arrastre árboles u objetos de parecido tamaño.

Medio: Pueden ser arrastradas cañas, arbustos y objetos de dimensiones similares, en cantidades importantes.

Bajo: No es previsible el arrastre de objetos de tamaño y en cantidad suficiente como para obstruir el desagüe.

Si el riesgo fuera alto, deberá procurarse que las obras de drenaje transversal no funcionen a sección llena, dejando entre su intradós y el nivel máximo del agua un resguardo mínimo de 1,5 m, mantenido en una anchura no inferior a 12 m. Si el riesgo fuera medio, las cifras anteriores podrán reducirse a la mitad. De no cumplirse estas condiciones, deberá tenerse en cuenta la sobreelevación del nivel del agua que pueda causar una obstrucción, aplicando en los cálculos una reducción a la sección teórica de desagüe: también se podrá recurrir a dispositivos especiales para retener aguas arriba a los flotantes, siempre que se garantice su conservación.

## 1.5. Daños

A efectos de la presente instrucción únicamente se considerarán como daños a las diferencias en los efectos producidos por el caudal de referencia (capítulo 2) entre las situaciones correspondientes a la presencia de la carretera y de sus elementos de drenaje superficial, y a su ausencia.

Estos datos pueden clasificarse en las categorías siguientes:

— Los producidos en el propio elemento de drenaje o en su entorno inmediato (aterramientos, erosiones, roturas).

— Las interrupciones en el funcionamiento de la propia carretera o de vías contiguas, debidas a inundación de su plataforma.

— Los daños materiales a terceros por inundación de las zonas aledañas. Estos daños, a su vez, podrán considerarse catastróficos o no. No dependen del tipo de carretera ni de la circulación que ésta soporte, sino de su emplazamiento.

1.5.1. Daños en el elemento de drenaje superficial

Se podrá considerar que la corriente no producirá daños importantes por erosión de la superficie del cauce o conducto si su velocidad media no excede de los límites fijados en la tabla 1.3 en función de la naturaleza de dicha superficie:

**Tabla 1.3**  
**Velocidad máxima del agua**

NATURALEZA DE LA SUPERFICIE	MÁXIMA VELOCIDAD ADMISIBLE (m/s)
Arena fina o limo (poca o ninguna arcilla)	0,20 - 0,60
Arena arcillosa dura, margas duras	0,60 - 0,90
Terreno parcialmente cubierto de vegetación	0,60 - 1,20
Arcilla, grava, pizarras blandas con cubierta vegetal	1,20 - 1,50
Hierba	1,20 - 1,80
Conglomerados, pizarras duras, rocas blandas	1,40 - 2,40
Mampostería, rocas duras	3,00 - 4,50
Hormigón	4,50 - 6,00

Si la corriente pudiera arrastrar materias en suspensión (limo, arena, etc.) se cuidará de que una reducción de la velocidad no provoque su sedimentación, o se dispondrán depósitos (areneros) para recogerlas, los cuales deberán ser de fácil limpieza y conservarse de forma eficaz.

1.5.2. Interrupción de la circulación

A efectos de la presente instrucción, se admitirá que la intensidad de circulación de vehículos es alta si la IMD excediera de 2.000 y baja si no alcanzara los 250.

1.5.3. Daños a terceros

1.5.3.1. Daños no catastróficos

Donde los daños a terceros no se consideren catastróficos (apartado 1.5.3.2), siendo fundamentalmente agrícolas, se podrán considerar admisibles los niveles de inundación, sin otra justificación, si se cumpliera al menos una de las condiciones siguientes:

- Que la sobreelevación del nivel de la corriente provocada por la presencia de la carretera no exceda de 50 cm.
- Que la superficie afectada negativamente por la diferencia de inundación debida a la citada sobreelevación no exceda de la dada por la fórmula:

$$S = K \cdot L$$

siendo:

- S: superficie (ha), sin contabilizar la parte de ella en que los daños puedan considerarse irrelevantes.
- L: luz total (m) de la obra de drenaje transversal.
- K: coeficiente, que normalmente podrá tomarse igual a 0,1, pero que, según la importancia de los daños medios previsibles por unidad de superficie, podrá elevarse hasta 0,2 si éstos fueran singularmente bajos, o reducidas a 0,05 si fueran singularmente altos. Además, si el área de la cuenca (apartado 2.2) fuera inferior a 1.000 km<sup>2</sup>, estos valores de K podrán mayorarse hasta

en un 50 %, al ser previsible una menor duración de la inundación.

Si no se cumpliera ninguna de las dos condiciones anteriores deberá realizarse un análisis comparativo de daños y costes para las posibles soluciones alternativas, cuyo detalle guardará relación con la importancia y dificultad del caso.

No obstante lo anterior, deberá comprobarse que la carretera no constituya un obstáculo que retenga las aguas desbordadas y prolongue de forma apreciable la inundación después del paro de una crecida. Especial atención deberá prestarse a este problema en cauces con márgenes más altas que los terrenos circundantes, y en llanuras de inundación.

1.5.3.2. Daños catastróficos

Los daños a terceros se considerarán catastróficos cuando se dé alguna de las circunstancias siguientes:

- Riesgo de pérdida de vidas humanas o graves daños personales.
- Afecciones a núcleos poblados o industriales.

En los casos en que no resulte evidente la imposibilidad de daños catastróficos —evidencia que se deberá justificar razonadamente— se deberá realizar un detallado análisis de la situación, habida cuenta —en su caso— del riesgo de obstrucción (apartado 1.4). Si de dicho análisis se dedujera riesgo de daños catastróficos se adoptarán las medidas oportunas para evitarlos. A estos efectos puede resultar útil la información de que disponen las Confederaciones Hidrográficas.

1.6. Beneficios

Todo análisis de las afecciones a terceros causadas por la presencia de una carretera deberá incluir, además de los daños (apartado 1.5), también las eventuales de carácter beneficioso, debidas a las reducción de niveles de inundación en algunas zonas aguas abajo, o a otras razones.

2. CÁLCULO DE LOS CAUDALES DE REFERENCIA

2.1. Planteamiento general

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

Para cuencas pequeñas son apropiados los métodos hidrometeorológicos contenidos en la presente instrucción, basados en la aplicación de una intensidad media de precipitación a la superficie de la cuenca, a través de una estimación de su escorrentía. Ello equivale a admitir que la única componente de esta precipitación que interviene en la generación de caudales máximos es la que escurre superficialmente. En las cuencas grandes estos métodos pierden precisión y, por tanto, la estimación de los caudales es menos correcta; pero por otra parte, en estas cuencas suele disponerse de información directa sobre niveles o caudales de avenidas. La frontera entre cuencas grandes y pequeñas, a efectos de la presente instrucción, corresponde aproximadamente a un tiempo de concentración (apartado 2.4) igual a 6 horas.

La naturaleza de la cuenca aportante influye en los métodos hidrometeorológicos, según que el tiempo de recorrido del flujo difuso sobre el terreno sea relativamente apreciable (plataforma de la carretera y márgenes que a ella viertan) o no (cauces definidos). Especialmente en zona urbana, representa una singularidad la presencia de sumideros que desagüen a una red de canalizaciones y que absorban una parte de la escorrentía. También representan casos especiales la presencia de lagos, embalses y planas inundables, que laminen o desvíen la escorrentía. Se podrán, asimismo, tener en cuenta aportaciones procedentes del deshielo de la nieve; salvo casos excepcionales, su contribución no se considerará superior al 10 %.

El resultado de los métodos hidrometeorológicos deberá, en lo posible, contrastarse con la información directa de que se disponga sobre niveles o caudales de avenida.

2.2. Fórmula de cálculo (método hidrometeorológico)

El caudal de referencia Q en el punto en el que desagüe una cuenca o superficie se obtendrá mediante la fórmula.

$$Q = C * A * I/K$$

siendo:

- C: el coeficiente medio de escorrentía de la cuenca o superficie drenada (apartado 2.5).
- A: su área, salvo que tenga aportaciones o pérdidas importantes, tales como resurgencias o sumideros, en cuyo caso el cálculo del caudal Q deberá justificarse debidamente.
- I: la intensidad media de precipitación correspondiente al período de retorno considerado y a un intervalo igual al tiempo de concentración (apartado 2.3).
- K: un coeficiente que depende de las unidades en que se expresen Q y A, y que incluye un aumento del 20 % en Q para tener en cuenta el efecto de las puntas de precipitación. Su valor está dado por la tabla 2.1.

**Tabla 2.1.**  
**Valores de K**

Q en	A en		
	km <sup>2</sup>	ha	m <sup>2</sup>
m <sup>3</sup> /s	3	300	3.000.000
l/s	0,003	0,3	3.000

2.3. Intensidad media de precipitación

La intensidad media It (m/h) de precipitación a emplear en la estimación de caudales de referencia por métodos hidrometeorológicos se podrá obtener por medio de la siguiente fórmula, representada en la figura 2.1:

$$\frac{28^{0,1} - t^{0,1}}{28^{0,1} - 1}$$

$$(It/I_d) = (I/I_d)$$

siendo:

- I<sub>d</sub> (m.n.h): la intensidad media diaria de precipitación, correspondiente al período de retorno (capítulo 1) considerado. Es igual a Pd/24.
- Pd (m.n.): la precipitación total diaria correspondiente a dicho período de retorno, que podrá tomarse de los mapas contenidos en la publicación «Isolíneas de precipitaciones máximas previsibles en un día» de la Dirección General de Carreteras, o a partir de otros datos sobre lluvias, los cuales deberán proceder preferentemente del Instituto Nacional de Meteorología.
- I (m.n./h): la intensidad horaria de precipitación correspondiente a dicho período de retorno. El valor de la razón I/I<sub>d</sub> se podrá tomar de la figura 2.2.
- t (h): la duración del intervalo al que se refiere I, que se tomará igual al tiempo de concentración (apartado 2.4).

**Duración del aguacero**

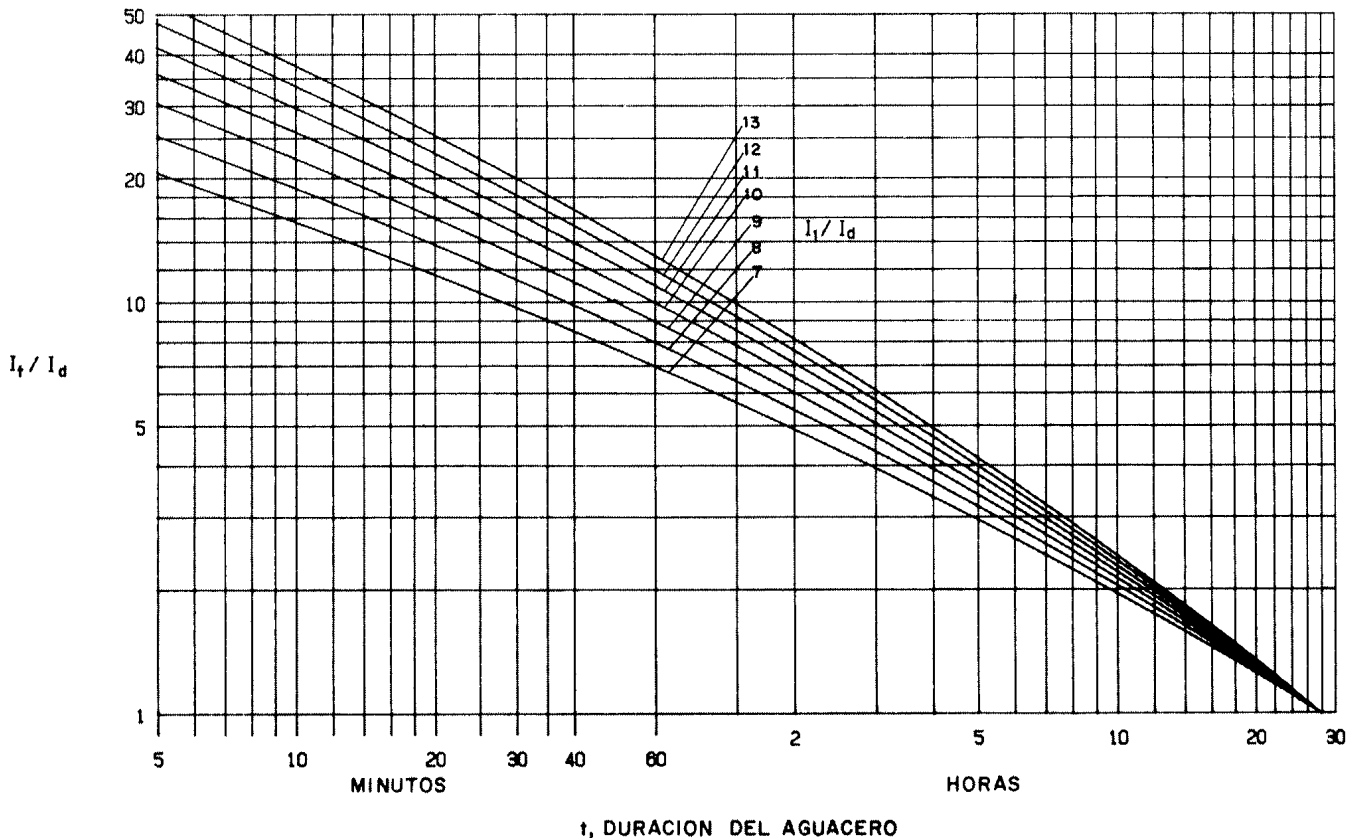


Figura 2.1



Figura 2.2

2.4. Tiempo de concentración

En el caso normal de cuencas en las que predomine el tiempo de recorrido del flujo canalizado por una red de cauces definidos, el tiempo de concentración T (h) relacionado con la intensidad media de la precipitación se podrá deducir de la fórmula

$$T = 0,3 * [(L/J^{1/4})^{0,76}]$$

siendo:

- L (km): la longitud del cauce principal.
- J (m/m): su pendiente media.

Si el tiempo de recorrido en flujo difuso sobre el terreno fuera relativamente apreciable, como es el caso de la plataforma de la carretera y de los márgenes que a ella vierten, la fórmula anterior no resulta aplicable. Si el recorrido del agua sobre la superficie fuera menor de 30 m, se podrá considerar que el tiempo de concentración es de 5 minutos. Este valor se podrá aumentar de 5 a 10 minutos al aumentar el recorrido del agua por la plataforma de 30 a 150 m; para márgenes se podrá hacer uso del ábaco de la figura 2.3.

2.5. Escorrentía

El coeficiente C de escorrentía define la proporción de la componente superficial de la precipitación de intensidad I, y depende de la razón entre la precipitación diaria Pd correspondiente al período de retorno (apartado 1.3) y el umbral de escorrentía Po a partir del cual se inicia ésta.

Si la razón Pd/Po fuera inferior a la unidad, el coeficiente C de escorrentía podrá considerarse nulo. En caso contrario, el valor de C podrá obtenerse de la fórmula (representada en la figura 2.4).

$$C = \frac{[(Pd/Po) - 1] * [(Pd/Po) + 23]}{[(Pd/Po) + 11]^2}$$

Las cuencas heterogéneas deberán dividirse en áreas parciales cuyos coeficientes de escorrentía se calcularán por se

Tiempo de concentración para márgenes de la plataforma o laderas

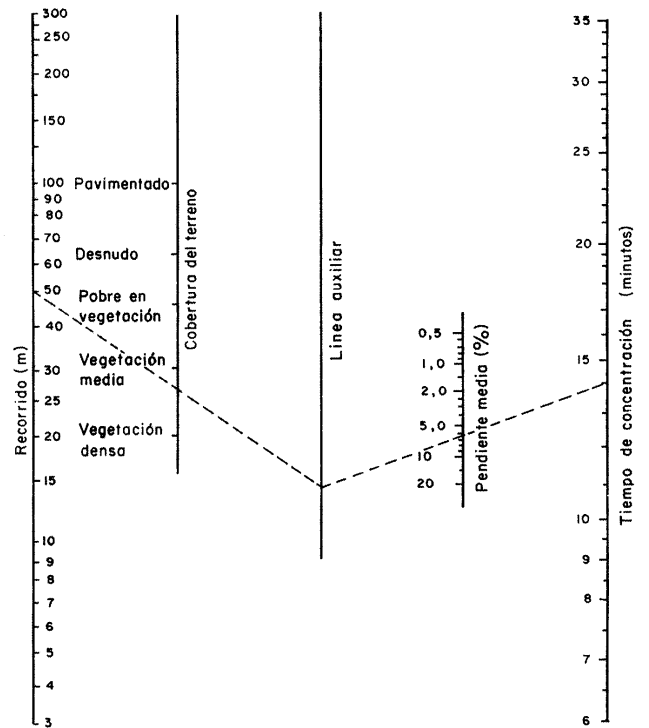


Figura 2.3.

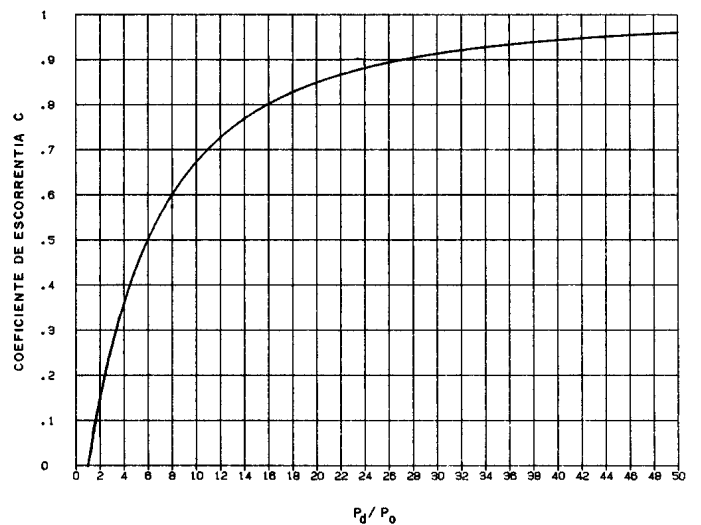


Figura 2.4

parado, reemplazando luego el término C\*A de la fórmula de cálculo (apartado 2.2) por  $\sum (C*A)$ .

El umbral de escorrentía Po se podrá obtener de la tabla 2.1, multiplicando los valores en ella contenidos por el coeficiente corrector dado por la figura 2.5. Este coeficiente refleja la variación regional de la humedad habitual en el suelo al comienzo de aguaceros significativos, e incluye una mayoración (del orden del 100 %) para evitar sobrevaloraciones del caudal de referencia a causa de ciertas simplificaciones del tratamiento estadístico del método hidrometeorológico, el cual ha sido contrastado en distintos ambientes de la geografía española. Para el uso de la tabla 2.1. los suelos se clasificarán en los grupos de la tabla 2.2, en cuya definición interviene la textura definida por la fig. 2.6.

Tabla 2.1.

Estimación inicial del umbral de escorrentía Po (mm)

USO DE LA TIERRA	PENDIENTE (%)	CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS	GRUPO DE SUELO			
			A	B	C	D
Barbecho	≥ 3	R	15	8	6	4
	< 3	N	17	11	8	6
Cultivos en hilera	≥ 3	R/N	20	14	11	8
	< 3	R/N	23	13	8	6
Cereales de invierno	≥ 3	R	25	16	11	8
	< 3	R/N	28	19	14	11
	≥ 3	R	29	17	10	8
	< 3	N	32	19	12	10
	< 3	R/N	34	21	14	12

Nota: N: denota según las curvas de nivel  
R: denota cultivos según la línea de la máxima pendiente

Mapa del coeficiente corrector del umbral de escorrentía



Figura 2.5.

Diagrama triangular para determinación de la textura

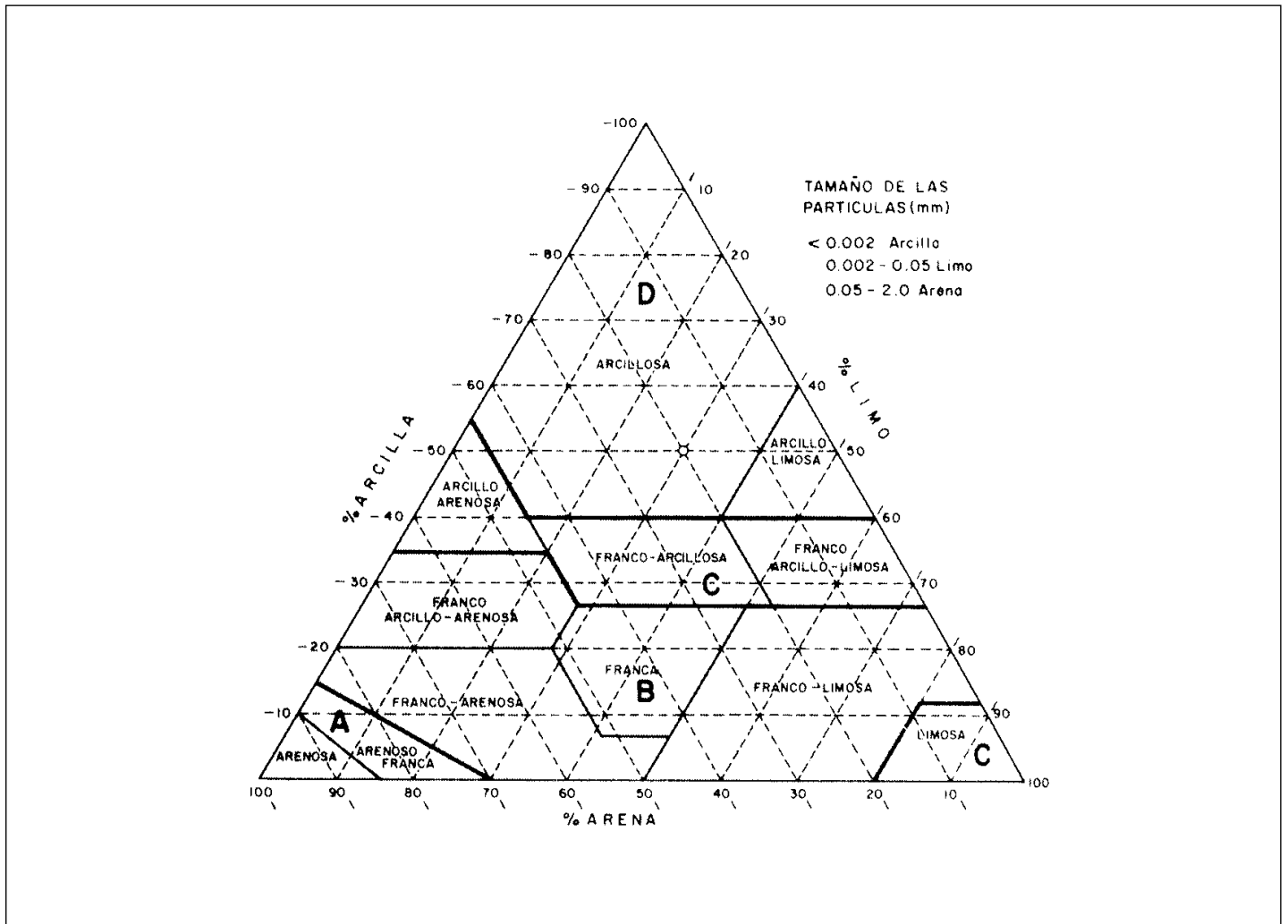


Figura 2.6

**Tabla 2.1**  
Continuación

**Estimación inicial del umbral de escorrentía  
Po (mm)**

USO DE LA TIERRA	PENDIENTE (%)	CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS	GRUPO DE SUELO			
			A	B	C	D
Rotación de cultivos pobres	≥ 3	R	26	15	9	6
		N	28	17	11	8
	< 3	R/N	30	19	13	10
Rotación de cultivos densos	≥ 3	R	37	20	12	9
		N	42	23	14	11
	< 3	R/N	47	25	16	13
Praderas	≥ 3	Pobre	24	14	8	6
		Media	53	23	14	9
		Buena	*	33	18	13
		Muy buena	*	41	22	15
	< 3	Pobre	58	25	12	7
		Media	*	35	17	10
		Buena	*	*	22	14
		Muy buena	*	*	25	16
Plantaciones regulares aprovechamiento forestal	≥ 3	Pobre	62	26	15	10
		Media	*	34	19	14
		Buena	*	42	22	15
	< 3	Pobre	*	34	19	14
Media		*	42	22	15	
		Buena	*	50	25	16
Masas forestales (bosques, monte bajo, etc.).		Muy clara	40	17	8	5
		Clara	60	24	14	10
		Media	*	34	22	16
		Espesa	*	47	31	23
		Muy espesa	*	65	43	33

Notas:

1. N: denota cultivo según las curvas de nivel.  
R: denota cultivo según la línea de máxima pendiente.
2. \*: denota que esa parte de cuenca debe considerarse inexistente a efectos de cálculo de caudales de avenida.
3. Las zonas abancaladas se incluirán entre las de pendiente menor del 3 %.

TIPO DE TERRENO	PENDIENTE (%)	UMBRAL DE ESCORRENTÍA (mm)
Rocas permeables	≥ 3	3
	< 3	5
Rocas Impermeables	≥ 3	2
	< 3	4
Firmes granulares sin pavimento		2
Adoquinados		1,5
Pavimentos bituminosos o de hormigón		1

**Tabla 2.2**

**Clasificación de suelos a efectos del umbral de escorrentía**

GRUPO	INFILTRACIÓN (cuando están muy húmedos)	POTENCIA	TEXTURA	DRENAJE
A	Rápida	Grande	Arenosa Areno-limosa	Perfecto
B	Moderada	Media a grande	Franco-arenosa Franca Franco-arcillosa-arenosa Franco-limosa	Bueno a moderado
C	Lenta	Media a pequeña	Franco-arcillosa Franco-arcillo-limosa Arcillo-arenosa	Imperfecto
D	Muy lenta	Pequeño (litosuelo) u horizontes de arcilla	Arcillosa	Pobre o muy pobre

Nota: Los terrenos con nivel freático alto se incluirán en el Grupo D.

Los núcleos urbanos, edificaciones rurales, caminos, etc., no se tendrán en cuenta donde representen una proporción despreciable del área total. En su caso, deberán diferenciarse las proporciones de los distintos tipos de suelo, atribuyendo a cada una el valor correspondiente de Po. Deberán tenerse en cuenta las modificaciones futuras previsibles en la cuenca, tales como urbanizaciones, repoblaciones, cambios de cultivos, supresión de barbechos, etc.

Si no se requiriera gran precisión, podrá tomarse simplificada un valor conservador de Po (sin tener que multiplicarlo luego por el coeficiente de la figura 2.5) igual a 20 mm, salvo en cuencas con rocas o suelos arcillosos muy someros, en las que se podrá tomar igual a 10 mm. Especial interés práctico tiene la estimación indirecta de Po basada en información sobre crecidas ordinarias; en relación con este método, conviene tener en cuenta que:

— Se puede determinar el orden de magnitud de los caudales en función de los niveles del agua en el cauce al paso de avenidas habituales, conocidos —en general— por los ribereños al menos de forma aproximada. Datos de esta naturaleza muy característicos son —en algunos casos— el número de años en los que permanece seco el curso de agua, o bien la frecuencia con la que producen desbordamientos del cauce principal.

— Los resultados del cálculo de caudales de avenidas habituales —o de pequeño período de retorno— son muy sensibles a las variaciones de Po, y por ello es suficiente una información aproximada de dichas avenidas para determinar satisfactoriamente Po.

**3. DRENAJE DE LA PLATAFORMA Y MÁRGENES. CRITERIOS DE PROYECTO**

**3.1. Condiciones generales**

**3.1.1. Factores a considerar**

El drenaje superficial deberá proyectarse como una red o conjunto de redes que recoja la escorrentía superficial —y, en algunos casos, las aguas subterráneas— procedentes de la plataforma de la carretera y de los márgenes que viertan hacia ella, y las conduzca a un desagüe. Además del coste, deberán tenerse en cuenta factores: