

RESUMEN TEMA 6 GRUPO INFRAESTRUCTURAS DE TRANSPORTE.**SUBGRUPO 1 CARRETERAS****DRENAJE SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEO**

Para que una carretera preste un nivel de servicio adecuado a la circulación en condiciones de seguridad y comodidad es preciso disponer de unos **eficientes sistemas de drenaje tanto superficial como subterráneo**. Veremos en este tema por separado ambos tipos de drenaje y finalmente, una relación de la normativa técnica para su diseño.

1. DRENAJE SUPERFICIAL. NORMA 5.2-IC. DE DRENAJE SUPERFICIAL.

El DRENAJE SUPERFICIAL llevará a cabo la **recogida** de las aguas de la plataforma y sus márgenes, la **evacuación** de las mismas, así como la **restitución** de la continuidad de los cauces naturales interceptados por la obra, a través de las obras de drenaje transversal. Para ello se desarrollan 2 fases: en primer lugar, hay que determinar el caudal de agua a acomodar mediante los **estudios hidrológicos**, y en segundo lugar dimensionar el dispositivo encargado de llevar a cabo el drenaje mediante los correspondientes **estudios hidráulicos**.

Para el **cálculo de los caudales** se emplea la **Norma 5.2-IC de Drenaje Superficial** de la **Instrucción de Carreteras** aprobada mediante la **Orden FOM/298/2016, de 15 de febrero**, que viene a derogar a la anterior 5.2-IC, que databa del año 1990. Conviene destacar explícitamente algunos aspectos de la norma actualmente vigente:

1. Se elimina la distinción de la IMD para el uso del periodo de retorno.
2. Se actualiza la metodología de cálculo de caudales adaptándolo a la información disponible (p.e. nuevo método particular de cálculo para las cuencas del Levante y Sureste peninsular)
3. El drenaje de plataforma y márgenes se define con detalle. Se actualizan criterios sobre drenaje transversal a la luz de la nueva reglamentación en materia de aguas.
4. Se incluyen cuestiones particulares del drenaje de determinados tipos de obras que no estaban considerados en la normativa anterior.
5. Los aspectos relacionados con la construcción y conservación de las carreteras se actualizan de acuerdo con la experiencia acumulada.

Debemos de señalar que, tras su aprobación, esta Orden Ministerial ha sufrido algunas modificaciones que es importante tener en consideración, al margen de unas **correcciones de errores** publicadas en BOE de 28-07-2016:

- Una modificación a través de la Orden FOM/185/2017 relativa, entre otras, a su aplicación en proyectos ya en fase de redacción.
- Resolución de 26 de marzo de 2018, de la Dirección General de Carreteras, por la que se actualizan determinadas tablas de la norma 5.2 IC

Esta nueva Norma se estructura en **6 Capítulos**, de los que iremos destacando los aspectos más fundamentales.

En el **CAPÍTULO 1 sobre CONSIDERACIONES GENERALES Y CRITERIOS**, se recogen una serie de criterios a respetar en los proyectos de carreteras. Así, el **caudal de proyecto (Q_p)**, se define como 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:

- a) Drenaje de plataforma y márgenes: **$T = 25$ años**, salvo en el caso excepcional de desagüe por bombeo en que se debe adoptar cincuenta años (**$T = 50$ años**).
- b) Drenaje transversal: **$T \geq 100$ años** que resulte compatible con los criterios sobre el particular de la Administración Hidráulica competente.

Se definen diversos **tipos de cuencas** respecto de la carretera: Cuenca topográfica o natural, Cuenca principal y Cuenca secundaria.

El **CAPÍTULO 2 de CÁLCULO DE CAUDALES** señala que el **caudal máximo** anual correspondiente a un determinado período de retorno Q_T , se debe **determinar a partir de la información** sobre caudales máximos que proporcione la **Administración Hidráulica** competente. En caso de no disponer de dicha información, se debe calcular a través de la metodología que se establece en este capítulo.

En esta Norma se consideran básicamente dos métodos de cálculo de caudales (si bien incluye la posibilidad de utilizar otros métodos hidrológicos adecuados para cada cuenca):

- **Racional**: Supone la generación de escorrentía en una determinada cuenca a partir de una intensidad de precipitación uniforme en el tiempo, sobre toda su superficie. No tiene en cuenta factores externos como la aportación de caudales procedentes de otras cuencas o trasvases a ellas o Aportaciones procedentes del deshielo de la nieve u otros meteoros.
- **Estadístico**: Se basa en el análisis de series de datos de caudal medidos en estaciones de aforo u otros puntos. Dichas series se pueden complementar con datos sobre avenidas históricas.

La **elección del método de cálculo** más adecuado a cada caso concreto debe seguir el siguiente procedimiento:

- a) **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 o, si la Administración Hidráulica no dispone de datos sobre caudales máximos, se debe aplicar el método racional.
- b) **En cuencas de área superior o igual a cincuenta kilómetros cuadrados ($A \geq 50 \text{ km}^2$)**: Utilización de datos sobre caudales máximos proporcionados por la Administración Hidráulica o, si la Administración Hidráulica no dispone de datos sobre caudales

máximos pero sí existen estaciones de aforo próximas que se consideren suficientemente representativas, se utilizará el método estadístico (si no es posible estimar los caudales a partir de estaciones de aforo, se deben aplicar métodos hidrológicos adecuados a las características de la cuenca)

El **CAPÍTULO 3 sobre DRENAJE DE LA PLATAFORMA Y MÁRGENES** establece en primer lugar una serie de criterios básicos de proyecto:

A) Resguardo de la calzada: se define como la diferencia de cotas entre el punto más bajo de la calzada y la lámina de agua para el caudal de proyecto. Se debe cumplir, **en cualquier perfil transversal**:

- Un **resguardo de la calzada mayor o igual que cinco centímetros**, si bien en el proyecto se puede justificar la adopción de un valor inferior.
- Que la lámina de agua no alcance el arcén.

B) Funcionamiento hidráulico: Debe existir **independencia de las redes de drenaje de plataforma y márgenes**, debe existir **continuidad hidráulica y geométrica** de los elementos que constituyen la red de drenaje y las redes de drenaje deben presentar **capacidad hidráulica suficiente**.

C) Punto de vertido: puede estar situado en cauces o cuencas naturales, ODT y sistemas de alcantarillados. Se han de considerar los criterios Hidráulicos y Medioambientales

Entre los distintos **elementos de drenaje superficial de plataforma y márgenes**, la Norma incluye las comprobaciones que se han de realizar, aspectos geométricos, empleo de los mismos, etc.: Caces, Cunetas, Bajantes, Colectores, Sumideros, Arquetas, Pozos, Areneros, Balsas de retención, Elementos de laminación, Filtros y sistemas de infiltración y Bombeos.

El **CAPÍTULO 4 dedicado al DRENAJE TRANSVERSAL**, distingue básicamente entre dos tipos de obras a emplear: **Puentes** (que a los efectos de esta norma deben de ser de sección abierta) y **Obras de Drenaje Transversal (ODT)** con sección cerrada.

Al igual que antes, la Norma incluye las condiciones y comprobaciones que se deben de realizar tanto en puentes como en ODT. Así:

- ✓ **Para Puentes:** se ha de tener en cuenta la **Sobreelevación del nivel de la corriente** (p.e. para el caudal de proyecto la sobreelevación producida por la obra inmediatamente aguas arriba de ella no será superior a 50 cm), el **Resguardo mínimo del tablero** (para T = 100 años, 1,5 m y para T = 500 años, 1 m salvo que se justifique un valor inferior) y la **Erosión en los apoyos**
- ✓ **Para ODT:** se ha de tener en cuenta el **Encaje en el terreno** (preferiblemente coincidente con el cauce natural), el **Perfil longitudinal** (controlando problemas de aterramiento o erosión), las **Embocaduras** (con altura mínima de 1,2 veces la altura

libre del conducto), la **Sección transversal** (con valores de sección libre mínima que van desde 0,6 m para longitudes inferiores a 3 m, hasta 1,8 m para longitudes superiores a 15 m)

En el **CAPÍTULO 5 sobre DRENAJE DE OBRAS VIARIAS** se relacionan las obligaciones a observar en distintos **elementos de la carretera**, tales como: Drenaje de las vías y caminos de servicio, Zonas de estacionamiento, Obras efectuadas en la carretera con posterioridad a su entrada en servicio (ampliaciones o rehabilitaciones), Cerramientos o Paralizaciones y obras puestas fuera de servicio.

Por último, el **CAPÍTULO 6 de CONSTRUCCIÓN Y CONSERVACIÓN** incide en que las cuestiones específicas relacionadas con la ejecución de unidades de obra propias del drenaje superficial de la carretera se deben definir en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del proyecto.

- **Consideraciones en materia de construcción.** A modo de ejemplo
 1. La **ejecución de los sistemas de drenaje** debe comenzar por el desagüe e ir evolucionando **hacia aguas arriba**.
 2. Se deben prever los **pasos provisionales** necesarios para evitar que el tráfico de obra pueda dañar las obras de drenaje superficial.
 3. Las **obras provisionales** que sean necesarias deben incluirse en el proyecto, aunque posteriormente se proceda a su retirada o demolición.
 4. En el proyecto se debe incluir el drenaje de los préstamos y vertederos.
- **Consideraciones en materia de conservación.** A modo de ejemplo:
 1. Se deben tener en cuenta las necesidades de limpieza, mantenimiento, conservación, inspección y acceso a las obras, elementos y sistemas.
 2. Las **dimensiones** de los elementos de drenaje deben permitir las operaciones de limpieza y conservación, **aunque para ello sean superiores (o inferiores según el caso) a las obtenidas en el cálculo hidráulico**.

Los **materiales** principales a utilizar en los distintos elementos de drenaje, serán el hormigón, metálicas, material polimérico o combinación de estos materiales, unidas por juntas y piezas especiales. Salvo justificación en contra en el proyecto, **las ODT serán obras de hormigón in situ o prefabricado** y deberán cumplir la vigente Instrucción de Hormigón Estructural.

3. DRENAJE SUBTERRÁNEO. ORDEN CIRCULAR 17/2003 DE RECOMENDACIONES PARA EL PROYECTO Y CONSTRUCCIÓN DEL DRENAJE SUBTERRÁNEO EN OBRAS DE CARRETERA.

Por su parte el **DRENAJE SUBTERRÁNEO**, se destaca que un aumento de la humedad de la explanación y del firme conlleva una disminución de su capacidad de soporte por lo que el flujo de agua subterránea debe ser controlado, proyectando firmes que cumplan dos condiciones simultaneas: resistencia a las cargas y drenabilidad.

En este sentido la **OC 17/2003 sobre Recomendaciones para el proyecto y construcción del Drenaje Subterráneo** en obras de carretera establece que para evitar estos problemas se deben proyectar elementos de drenaje subterráneo según una serie de criterios básicos:

En lo que se refiere al **drenaje de las capas de firma y la plataforma**, se debe evitar la penetración de agua superficial por infiltración a través de la calzada, arcenes, bermas medianas y elementos singulares, deberá facilitarse la evacuación del agua que se haya podido infiltrar. En particular hay que atender a los fenómenos de infiltración vertical y horizontal.

Dado que la **capacidad de drenaje** es proporcional al gradiente hidráulico y el espesor de la capa drenante, en los proyectos de drenaje se empleará la Ley de Darcy aplicada a movimientos no turbulentos. Así se plantea como ecuación de continuidad la que exige que los caudales de salida por filtración hacia abajo y eliminado por drenaje sean mayores o igual a los generados por la entrada por filtración superficial o el transferido por las zonas laterales o profundas.

Además, en el estudio de los recorridos de las aguas infiltradas, debe aplicarse uno de los 3 casos recogidos en la OC en función de las características de las capas de firme y explanada y que se denominan por la inicial del nombre de la capa o capas por la que discurren estas aguas:

- **F** para el caso de explanada de baja permeabilidad, circulando el agua por el firme, así como por la superficie de contacto entre el firme y la explanada
- **E** para el caso de explanada permeable y suelo de explanación u obra de tierra subyacente de baja permeabilidad, circulando el agua en este caso subhorizontalmente por la explanada, fundamentalmente por la superficie de contacto con el suelo de la explanación u obra de tierra subyacente.
- **S** para los casos de explanadas permeables y suelo de explanación permeable igualmente, por lo que el agua infiltrada circula verticalmente atravesando la explanada y los suelos subyacentes hasta que encuentra un material más impermeable.

Y en lo referente al **drenaje de las explanaciones**, deberán estar protegidas de los eventuales aportes de aguas subterráneas y la explanada deberá asimismo estar a la mayor distancia posible del nivel freático.

En la necesidad de drenaje de las explanaciones debe respetarse además unas distancias mínimas de la cota del nivel de agua respecto de la cota de la explanada que serán de 60 cm en el caso de explanadas de suelos seleccionados, 80 cm para suelos adecuados, 100 cm en suelos tolerables y de 120 cm para suelos marginales o inadecuados, siendo en todo caso preferible elevar la rasante que el rebajamiento del nivel freático.

El abanico de **sistemas de drenaje subterráneo** es bastante amplio, **aunque se pueden destacar algunos como son:**

Las **zanjas drenantes**, rellenas de material drenante donde se dispone una tubería drenante o en caso de que esta no exista, se denominara el sistema dren ciego o francés. Las arquetas o pozos de registro a disponer entre dichas zanjas no se espaciarán más de 50 m con pendientes mínimas del 0,5%. Muy similar a las zanjas drenantes, se tienen las **pantallas drenantes**, con la variante de que son zanjas bastante más profundas que anchas. Para el caso particular de transiciones desmonte-terraplén, se ha aprobado la **Nota Técnica 04/2020** que estudia la ubicación de zanjas drenantes en dicha transición en especial cuando el sentido de la rasante es descendente.

El dren **espina de pez** está constituido por una red de zanjas drenantes con una estructura arbórea en planta, que confluyen a un emisario principal para drenar el agua de capaciones o surgencias.

Por su parte los **contrafuertes drenantes** tienen la doble función de drenaje y refuerzo de taludes de desmonte o rellenos formados por zanjas drenantes según las líneas de máxima pendiente, llamándose contrafuertes primarios si bien, además se pueden disponer a estos, otros de forma transversal o denominados contrafuertes secundarios.

Por último, cabría citarse los **drenes californianos**, o perforaciones de pequeño diámetro y gran longitud en el interior de rellenos o desmontes, donde se insertan tubos ranurados o perforados subhorizontales o con mayor inclinación, para reducir las presiones intersticiales o rebajar el nivel freático. Los tubos podrán ser de plástico o incluso metálicos con una inclinación mínima del 3% y un diámetro interior mínimo de 5 cm

4. ANEXO.

Finalmente, en relación a la normativa de aplicación en el diseño de los elementos de drenaje tanto superficial como subterráneo, si bien se ha citado a lo largo de la exposición, se pueden señalar entre las principales:

Para los aspectos de climatología e hidrología se tendría las Máximas Lluvias diarias de la España peninsular de 1999 o el Cálculo hidrometeorológico de caudales máximos en pequeñas cuencas.

Para el cálculo del drenaje de especial relevancia son la nueva Norma 5.2-IC de Drenaje Superficial de 2016 y la OC 17/2003 sobre Recomendaciones para el proyecto y construcción del Drenaje Subterráneo en obras de carretera, además de la Nota técnica 04/2020 antes mencionada

Tampoco hay que olvidar la obligación del cumplimiento de las disposiciones legales relativas a aguas: RDL 1/2001 por el que se aprueba el TR de la Ley de Aguas o el Real Decreto 849/1986 por el que se aprueba el Reglamento del DPH

Finalmente, en algunos aspectos de construcción, se deberá tener en cuenta lo dispuesto en la Parte 4ª del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales de Obras de Carreteras y Puentes (PG-3), que desarrolla cuestiones particulares acerca de algunos elementos en concreto.