




**RESUMEN TEMA 3 GRUPO INFRAESTRUCTURAS DE TRANSPORTE.****SUBGRUPO 1 CARRETERAS**  
**ESTUDIOS DE CARRETERAS ( I )****1. ESTUDIOS DE CARRETERAS ( I ).**

La **Ley 37/2015, de 29 de septiembre, Carreteras** establece distintos tipos de estudios de carreteras en base a su finalidad, desde los estudios previos e informativos o los anteproyectos hasta los proyectos básicos o de trazado y de construcción, si bien incluye **dos nuevos tipos de estudios como son los documentos finales de obra y estudios de delimitación de tramos urbanos.**

Para la elaboración de los distintos tipos de estudios que se verán a lo largo del tema hay que estar a lo dispuesto en las **NS 8/2014 y 9/2014 por la que se aprueban las recomendaciones para la redacción de los proyectos de trazado de carreteras y de proyectos de construcción de carreteras respectivamente**, a las que se puede añadir la reciente **Nota de Servicio 1/2019 sobre Instrucciones para la Redacción de los Proyectos supervisados por la Subdirección General de Conservación**, además de los que son de aplicación específica en cada apartado y que se mencionarán más adelante.

**2. CARTOGRAFIA Y TOPOGRAFIA.**

La cartografía a emplear en los proyectos de carreteras se desarrolla según las **Prescripciones Técnicas para la Obtención de Cartografía a emplear en Proyectos de la DGC de 1991**, modificada por la **Nota de servicio 2/2010**, prevaleciendo en todo caso lo establecido en el PPTP para la redacción del proyecto. Para la confección de la cartografía se realizan una serie de trabajos, agrupados en 5 categorías o fases sucesivas: Vuelo, trabajos de campo, la restitución, ortofotografía digital y los trabajos topográficos de campo adicionales.

-  **1.- Vuelo:** Respecto al vuelo, este podrá llevarse a cabo tanto con cámaras analógicas como digitales, debiendo cumplirse en todo caso una serie de requisitos como que los **recubrimientos** con un error de +/- 5% serán en sentido **longitudinal** del 60% y del 25% en sentido **transversal**.
-  **2.- Trabajos de Campo:** Los trabajos de topografía de campo tienen la misión de obtener las coordenadas de los puntos de apoyo para la restitución fotogramétrica por lo que se lleva a cabo en primer lugar la realización de una **red básica doble tanto planimétrica como altimétrica**, donde el sistema de referencia planimétrico será: Sistema de proyección UTM y el sistema geodésico de referencia será el ETRS-89 en Península y Baleares, y el REGCAN 95-2001 en las islas canarias. Por su parte el sistema de referencia altimétrico será el nivel medio del mar de Alicante en la península y las referencias maerográficas locales para cada una de las islas.
-  **3.- Restitución:** La restitución fotogramétrica se realizará a escala 1/1000 con curvas de nivel de 1 m, en formato original de plano A-1

- ✚ **4.- Ortofotografía digital:** La ortofotografía digital permite la superposición de las imágenes vectoriales e cartografía y de proyecto proporcionando información vital para tareas como las expropiaciones y afecciones.
- ✚ **5.- Trabajos topográficos de campo adicionales:** Necesarios para materializar en el terreno los puntos necesarios para definir el trazado de la carretera constituyendo esta etapa el replanteo del trazado, mediante métodos como las coordenadas GPS, coordenadas polares o por Intersección.

De cara a los próximos años, y teniendo en cuenta las nuevas tecnologías, sería interesante mencionar que la Administración General del Estado ya ha dado los primeros pasos para la utilización e incorporación de la **tecnología BIM (Building Information Modelling) en la contratación pública.**

### **3. ESTUDIOS GEOLOGICOS, GEOTECNICOS Y DE PROCEDENCIA DE MATERIALES.**

La geología y geotecnia constituyen uno de los condicionantes más importantes a la hora de decidir el trazado de las vías de comunicación. Según se recoge en la **NS 3/2012 de Recomendaciones sobre la campaña geotécnica en los proyectos de la DGC**, dicha campaña se realizará en fases sucesivas de intensidad creciente. Los anejos que deberán formar parte de un proyecto, según las NS 8/2014 y 9/2014 que desarrollo en mayor detalle a continuación serán:

- Geología y procedencia de materiales
- Estudio geotécnico del corredor
- Estudio geotécnico de la cimentación de estructuras y túneles

**Los estudios geológicos** se harán de acuerdo con el PPTG para la redacción de proyectos de la DGC, prevaleciendo en todo caso lo establecido en el PPTP para la redacción del proyecto en particular. La elaboración del mismo precisa de una serie de trabajos como son:

- Recopilación y análisis de la bibliografía existente
- Estudios de fotointerpretación, para identificar las unidades geológicas
- Planificación de los trabajos de campo, particularmente en zonas donde los datos geológicos de superficie no sean suficientes
- Prospecciones de campo y ensayos, tales como la ejecución de calicatas, zanjas, tomas de muestras, así como ensayos de campo (p.e. placa de carga o penetración dinámica como el SPT) y reconocimientos geofísicos con calicatas eléctricas o Sondeos Eléctrico Verticales.
- Localización de canteras y yacimientos
- Confección de los planos de planta geológica donde se representarán la geometría de la obra, las características geológicas, geomorfológicas e hidrológicas, así como la localización de los reconocimientos realizados.

**En cuanto a los estudios geotécnicos**, tanto del corredor como de las zonas más singulares (cimentaciones y túneles) estarán orientados a la investigación sistemática de los

terrenos a excavar, la clasificación frente a los medios de excavación a emplear, la posible utilización en la ejecución de los rellenos y explanada, así como el estudio detallado de zonas problemáticas.

Las investigaciones geotécnicas comprenderán las prospecciones de campo, como se vio en el caso de las campañas geológicas, ensayos de laboratorio, tanto en suelos como en rocas, entre los que están la identificación, resistencia o deformación, y por último la caracterización geomecánica de macizos rocosos, que para estudios de calidad de la roca como en túneles se utiliza habitualmente la **Clasificación de Bieniawsky** que consiste en asignar a un tipo de terreno un índice de calidad, llamado RMR en base a la compresión simple, el **índice RQD**, o la presencia de juntas y su estado. Por su parte en el estudio de la calidad y fiabilidad de taludes en macizos rocosos se suele utilizar la **Clasificación SMR** que se obtiene a partir del **índice RMR** aplicándole una serie de factores de ajuste en función de la orientación de juntas y el método utilizado en la excavación.

En lo referente en particular a las cimentaciones de estructuras, también es interesante mencionar la reciente publicación de la **“Guía para el proyecto de cimentaciones en obras de carretera con Eurocódigo 7: Bases del proyecto geotécnico”**, que busca facilitar la aplicación del mismo a estos aspectos del proyecto y que es de aplicación a las obras de carreteras según lo dispuesto en la **Orden Circular 1/2019**.

**Por ultimo en este apartado es preciso resaltar los estudios de procedencia de materiales** que según la citada **NS 3/2012 de recomendaciones sobre la campaña geotécnica en los proyectos de la DGC**, que dedica uno de sus apartados a los préstamos, yacimientos granulares, canteras y vertederos.

Los préstamos para rellenos pueden ser necesarios tanto para compensar el balance total de tierras de la obra como para comparar su empleo con el de materiales de la excavación de la traza desde un punto de vista ambiental y económico. Deberá determinarse para cada préstamo, la capacidad de reservas disponibles, características del material o la distancia a la obra proyectada. Respecto de las canteras y yacimientos granulares, estos deberán caracterizarse mediante los ensayos realizados por la propiedad y los de contraste que llevara a cabo el Consultor. Dichos materiales para su empleo en capas de firme deberán contar con el Mercado CE, si bien podrán ser empleados en rellenos, capas granulares, materiales tratados con cemento o como áridos para MBC y capas de hormigón.

Finalmente, en relación a los vertederos se recoge que cuando los materiales sean evaporíticos, solubles o contaminantes se deben estudiar las condiciones hidrológicas e hidrogeológicas para comprobar que no se afecta a la calidad del agua de acuíferos. Y por su parte hay que tener en cuenta otros materiales importantes en obras de carretera como aglomerados, hormigones o cal y la posibilidad de utilizar materiales reciclados, donde hay que destacar que un claro ejemplo, está en el PG-4 donde para actuaciones de superficie de rehabilitación mayor a 70.000 m<sup>2</sup> se deberán tener en cuenta las técnicas de reciclado bien con capas bituminosas in situ o en central.



#### 4. ESTUDIOS CLIMATOLOGICOS E HIDROLOGICOS

El **estudio climatológico** se dirige a definir los principales **rasgos climatológicos** y su incidencia en las obras permitiendo determinar el número de días laborables aprovechables. Dicho estudio se divide en 3 apartados: en primer lugar la obtención de las principales variables climáticas tanto de precipitaciones, temperatura o humedad; en segundo lugar establecer las clasificaciones e índices climáticos que hacen referencia la influencia del clima en la vegetación y cultivos, así como los diagramas ombrotérmicos que reflejan los periodos húmedos y secos a lo largo del año, para finalmente llegar a la obtención de una estimación del número de días aprovechables en la ejecución de las obras (p.e. no se permite la puesta en obra de MBC con temperaturas inferiores a 5 grados o cuando se produzcan precipitaciones)

Por su parte el **estudio hidrológico**, se orienta a determinar los caudales generados por las cuencas atravesadas por la traza de la carretera. Para el cálculo de caudales se emplea la **norma 5.2-IC de drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras, aprobada por la Orden FOM/298/2016, de 15 de febrero.**

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 periodos de retorno que se indican a continuación:

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

En la nueva Instrucción 5.2-IC se definen diversos tipos de cuencas respecto de la carretera: Cuenca topográfica o natural, Cuenca principal y Cuenca secundaria.

El **caudal máximo anual** correspondiente a un determinado periodo 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 la Instrucción. A los efectos de esta norma se consideran los siguientes métodos de cálculo de caudales:

- ✚ **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.
- ✚ **Estadístico:** Se basa en el análisis de series de datos de caudal medidos en estaciones de aforo (complementados con datos sobre avenidas históricas)
- ✚ Otros métodos hidrológicos

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 ó 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 si 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)

## 5. NORMATIVA SÍSMICA.

Las normas de construcción sismorresistentes empleadas para considerar la acción sísmica en proyectos serán la **NCSE-02: Parte General y Edificación (aplicable tanto en fase de proyecto, construcción o durante la vida útil)** y la **NCSP-07: Puentes, que es de aplicación a los puentes de carretera dentro de la RCE**, además de otras normas que incluyen disposiciones relativas a las acciones sísmicas, como es el Real Decreto 264/2021, de 13 de abril, por el que se aprueban las normas técnicas de seguridad para las presas y sus embalses

No obstante, en la actualidad hay que referirse a la aprobación por un lado del nuevo **Real Decreto 470/2021, de 29 de junio, por el que se aprueba el Código Estructural**, y por otro a la **Orden Circular 1/2019 sobre aplicación de los eurocódigos a los proyectos de carreteras**, que obliga a la aplicación en los proyectos de obras de la DGC relativos a puentes, estructuras asimilables y obras geotécnicas de los Eurocódigos, y en concreto del **Eurocódigo 8: Proyecto para la resistencia al sismo de las estructuras, junto con los correspondientes Anejos Nacionales**.

De acuerdo al uso al que se destinan en la NCSR-02, se clasifican las distintas construcciones en 3 categorías según su **importancia: moderada, normal y especial** e indica los casos en los que **no es de obligado cumplimiento, como puede ser en construcciones de importancia moderada o en construcciones de importancia normal o especial, cuando la aceleración sísmica básica sea inferior a 0,04 g**.

El objetivo es obtener la **aceleración sísmica de calculo** que será función de la **aceleración sísmica básica**, un **coeficiente adimensional de riesgo** en función de la vida útil (**1 en construcciones de importancia normal y de 1,3 en el caso de construcciones de importancia especial**) así como un **parámetro de amplificación del terreno** en función del tipo de terreno de cimentación y la **aceleración básica**. Todo este cálculo permite obtener un **coeficiente sísmico** que multiplicado por las masas define las fuerzas sísmicas estáticas equivalentes, donde el objeto del cálculo sismo-resistente es verificar la seguridad de las construcciones ante las acciones sísmicas.

En el caso específico de puentes, la NCSP-07 resulta de aplicación en los puentes en los que las acciones horizontales son resistidas básicamente por estribos o por flexión de las pilas, es decir, puentes formados por tableros que se sustentan en pilas verticales o casi verticales, no incluyéndose puentes móviles, colgantes, flotantes, aquellos con configuraciones extremas o materiales diferentes del hormigón o el acero.

El objetivo de la norma es lograr que los puentes situados en zona sísmica cumplan básicamente dos requisitos:

- Ausencia de colapso para el sismo último de cálculo
- Limitación del daño para el sismo frecuente de cálculo

Los puentes se clasificarán por su importancia en función de los daños que pueda ocasionar su destrucción, adoptándose un factor de importancia de 1,0 para importancia normal y de 1,3 para importancia especial. Durante la etapa constructiva, para TODOS los puentes se considerará, salvo justificación especial, un factor de importancia 1,0.

Igualmente, merece mención la **“Guía para el proyecto sísmico de puentes de carretera”**, publicada recientemente por el MITMA para facilitar la aplicación del Eurocódigo 8, referido anteriormente.

Para finalizar, y aunque no se trata específicamente de una normativa sísmica, creemos conveniente hacer referencia a la adopción por el Real Decreto-ley 2/2022 del **Plan Nacional de vigilancia sísmica, vulcanológica y de otros fenómenos geofísicos**, que deberá ser elaborado por el MITMA y aprobado por el Consejo de Ministros con una vigencia cuatrienal.