Anejo 3

Lista de comprobación para el control de proyecto

Contenidos del anejo

1 MEMORIA Y ANEJO DE CÁLCULO 532

1.1 DEFINICIÓN GEOMÉTRICA DE LA ESTRUCTURA 532
1.2 ACCIONES 532
1.2.1 Identificación y congruencia 532
1.2.2 Acciones durante el proceso constructivo 532
1.3 PROPUESTA ESTRUCTURAL 532
1.4 MODELOS ESTRUCTURALES 532
1.5 CÁLCULO DE ESFUERZOS 533
1.5.1 Combinaciones de acciones 533
1.5.2 Coeficientes de ponderación 533
1.5.3 Programas o métodos de cálculo empleados 533
1.5.4 Entrada de datos en los programas de cálculo de esfuerzos 533
1.5.5 Salidas de resultados de los programas de cálculo 533
1.5.6 Consideración del proceso constructivo 534
1.6 COMPROBACIÓN DE ESTADOS LÍMITE 534
1.6.1 Congruencia entre resultados del cálculo y esfuerzos de comprobación 534
1.6.2 Características de los materiales y coeficientes de minoración 534
1.6.3 Dimensionamiento y comprobación 534
1.6.4 Durabilidad 534
1.6.5 Resistencia al fuego 535
1.6.6 Resistencia al sismo 535
1.6.7 Resistencia a fatiga 535
1.6.8 Dimensionamiento de aparatos de apoyo y juntas 536
1.6.9 Congruencia del dimensionamiento con los modelos 536
1.6.10 Incidencia en el proceso constructivo 536
1.6.11 Caso de elementos singulares 536
1.6.12 Congruencia con el informe geotécnico 536
1.7 COMPROBACIONES ADICIONALES 537

2 PLANOS 537

2.1 CONGRUENCIA CON LA MEMORIA Y EL ANEJO DE CÁLCULO 537
2.2 CONGRUENCIA CON OTROS PLANOS DE DEFINICIÓN DE LA OBRA 537
2.3 DOCUMENTACIÓN GRÁFICA 538

3 PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES 539

3.1 CONGRUENCIA CON LA MEMORIA, ANEJOS Y PLANOS 539
3.2 TOLERANCIAS 540
3.3 CONGRUENCIA CON EL PRESUPUESTO 540

4 PRESUPUESTO 540

El control de calidad del proyecto de la estructura se realizará a partir de los documentos del mismo y conforme al alcance del encargo realizado por la propiedad. Para cada documento, la lista de comprobaciones será la siguiente, de forma orientativa.

1. Memoria y Anejo de cálculo

1.1 Definición geométrica de la estructura

1.2 Acciones

1.2.1 Identificación y congruencia

a) Tipos de acciones:
   a.1) directas e indirectas;
   a.2) fijas y variables; y
   a.3) permanentes, variables y accidentales.

b) Son acordes con:
   b.1) la reglamentación de acciones correspondiente al tipo de estructura en cuestión;
   b.2) el informe geotécnico; y
   b.3) documentos específicos sobre acciones a considerar, aceptados por la propiedad.

1.2.2 Acciones durante el proceso constructivo

Se comprobará si se han evaluado las acciones durante el proceso constructivo, analizando:

a) su incidencia en el cálculo de esfuerzos; y
b) su influencia en el dimensionamiento.

1.3 Propuesta estructural

Se comprobará si el esquema estructural adoptado garantiza:

a) la estabilidad del conjunto de la estructura;
b) la estabilidad de cada una de sus partes;
c) la estabilidad en las fases del proceso constructivo;
d) la repercusión en la respuesta estructural y la estabilidad de los elementos no estructurales en los casos en que sea necesario (por ejemplo, obras de edificación sometidas a acciones sísmicas); y
e) una correcta concepción de los detalles en el caso de estructuras sometidas a fatiga.

1.4 Modelos estructurales

Se comprobará si:

a) son correctos y congruentes con los criterios de dimensionamiento en lo que respecta a la estructura terminada;
b) son correctos y congruentes con el dimensionamiento en lo que respecta a las fases del proceso constructivo;

c) las constantes estáticas de las secciones transversales son correctas y representan con fidelidad la realidad; y

d) el sistema de vinculaciones y apoyos modelizado representa la realidad.

1.5 Cálculo de esfuerzos

1.5.1 Combinaciones de acciones

Se comprobará si:

a) las combinaciones de acciones consideradas son las relevantes; y

b) las combinaciones de acciones no consideradas no son relevantes.

1.5.2 Coeficientes de ponderación

Se comprobará si:

a) los coeficientes parciales de seguridad de acciones se ajustan a los establecidos por la reglamentación específica vigente;

b) los coeficientes de combinación se ajustan a los establecidos por la reglamentación específica vigente; y

c) se cumplen las condiciones para la disminución, en su caso, de los coeficientes parciales de los materiales.

1.5.3 Programas o métodos de cálculo empleados

Se comprobará si los programas o métodos de cálculo empleados:

a) están correctamente especificados de acuerdo con lo establecido por este Código; y

b) están sancionados como aceptables.

1.5.4 Entrada de datos en los programas de cálculo de esfuerzos

Se comprobará si es acorde con:

a) la propuesta estructural adoptada;

b) el modelo adoptado;

c) la geometría de la estructura; y

d) las hipótesis de combinación de acciones relevantes.

1.5.5 Salidas de resultados de los programas de cálculo

Se comprobará si los resultados son congruentes con los modelos empleados y las acciones adoptadas, habiéndose realizado una evaluación por vía independiente de los esfuerzos sobre una muestra significativa de elementos elegida de acuerdo con criterios de importancia estructural y representatividad. De acuerdo con el nivel de control y del elemento analizado (acorde con las tablas 55.1 y 96.1 de este Código), se dejará constancia de los siguientes aspectos:

a) muestra seleccionada;

b) criterios de selección;

c) procesos de comprobación;

d) hipótesis adoptadas; y

e) resultados obtenidos.

1.5.6 Consideración del proceso constructivo

Se comprobará si el proyecto define un proceso constructivo viable, si se han evaluado los esfuerzos en la estructura durante el mismo, y si se establecen los criterios o exigencias que deban cumplir los elementos auxiliares necesarios para la ejecución de manera que el proceso constructivo definido sea factible.

De forma general, en particular en el caso de estructuras ejecutadas con cimbras (cuajadas, porticadas, cimbras autolanzables, etc.) y especialmente en el caso de estructuras de edificación con procesos de ejecución con varias plantas cimbradas de forma simultánea, se dejará constancia, acorde con el nivel de control y el elemento analizado (según las tablas 55.1 y 96.1 de este Código), de sí:

a) se valoran los esquemas resistentes y las cargas transmitidas a la estructura durante el cimbrado o el proceso constructivo;

b) son correctas las evaluaciones de esquemas resistentes y cargas transmitidas;

c) tiene influencia la rigidez de la cimbra o medio auxiliar en la obtención de esfuerzos en la estructura definitiva durante el proceso constructivo;

d) son correctas las conclusiones;

e) hace falta realizar estudios complementarios, en función de determinados condicionantes impuestos por el proceso constructivo.

1.6 Comprobación de Estados Límite

1.6.1 Congruencia entre resultados del cálculo y esfuerzos de comprobación

Se comprobará la idoneidad de los esfuerzos adoptados en las comprobaciones de Estados Límite. Para ello, de acuerdo con el nivel de control (tablas 55.1 y 96.1 de este Código), se tomará la muestra correspondiente a los elementos estructurales incluidos en dichas tablas.

1.6.2 Características de los materiales y coeficientes de minoración

Se comprobará si están correctamente especificadas las características de los materiales y sus coeficientes parciales de seguridad para:

a) hormigón;

b) acero pasivo y activo;

c) acero estructural; y

d) elementos de unión y conexión.

1.6.3 Dimensionamiento y comprobación

Se examinará si el dimensionamiento de secciones y elementos, así como su comprobación frente a los estados límite últimos y de servicio, respeta las imposiciones de este Código. De acuerdo con el nivel de control (tablas 55.1 y 96.1 de este Código), se tomará como mínimo la muestra correspondiente a los elementos estructurales incluidos en dichas tablas.

1.6.4 Durabilidad

Se comprobará si se ha adoptado una estrategia específica para la consecución de unas condiciones adecuadas de durabilidad, en particular si se cumplen las especificaciones relacionadas con la durabilidad en lo referente a:

a) identificación del tipo de ambiente;

b) especificaciones para el hormigón (dosificación, tipo de cemento, recubrimientos nominales, ...);

c) especificaciones para eventuales sistemas de protección anticorrosiva de armaduras activas o pasivas;

d) especificaciones para los sistemas de protección anticorrosiva de elementos de acero estructural y de sus uniones, definiendo la clase de exposición y el grado de durabilidad requerido, acorde con el artículo 86 de este Código;

e) formas, detalles constructivos, medidas especiales de protección y condiciones para facilitar el mantenimiento y la inspección. En particular, en secciones en cajón, se verificará si se ha previsto un sistema para el acceso a su interior; y

f) sustitución de aparatos de apoyo. Se verificará que se ha previsto en proyecto una eventual sustitución de aparatos de apoyo, se definen las reacciones para la sustitución, se han definido los posibles refuerzos para permitirla, y se define el proceso para poder realizarla.

1.6.5 Resistencia al fuego

Se comprobará con carácter general que en el proyecto se detalla, para cada elemento estructural, la correspondiente exigencia reglamentaria de resistencia frente al fuego y la justificación de su cumplimiento, y en particular si se cumplen las especificaciones relacionadas en cuanto a:

a) tiempos de resistencia a fuego;

b) recubrimientos mecánicos, espesores, revestimientos;

c) tipología, dimensionamiento y justificación de las protecciones necesarias. Compatibilidad de estas con los sistemas de protección para la durabilidad;

d) estudios complementarios necesarios.

1.6.6 Resistencia al sismo

Se comprobará si se cumplen las especificaciones relacionadas con el comportamiento sísmico en cuanto a:

a) idoneidad del planteamiento estructural;

b) zona sísmica;

c) clase de construcción;

d) ductilidad;

e) atados;

f) existencia de detalles constructivos suficientes y adecuados;

g) consideración del efecto del sismo en la respuesta de los elementos no estructurales y de su estabilidad; y

h) otros aspectos.

1.6.7 Resistencia a fatiga

En el caso de estructuras sometidas a fatiga se verificará que el proyecto incluye la verificación explícita de este Estado Límite, y en particular se verificará que:

a) las acciones de fatiga consideradas son correctas;

b) los coeficientes parciales considerados son adecuados;

c) se verifica el cumplimiento del Estado Límite; y

d) en estructuras de acero estructural, los detalles definidos y su categoría frente a fatiga, son acordes con las verificaciones realizadas.

1.6.8 Dimensionamiento de aparatos de apoyo y juntas

Se verificará que el proyecto define los movimientos y reacciones para el dimensionamiento de aparatos de apoyo y juntas, y en el caso que la rigidez de los apoyos tenga influencia en el cálculo, que el dimensionamiento realizado y las hipótesis adoptadas en el cálculo global sean adecuadas.

1.6.9 Congruencia del dimensionamiento con los modelos

Se comprobará si los resultados del dimensionamiento son congruentes con los modelos empleados, realizando una evaluación por vía independiente del dimensionamiento, mediante comprobaciones de seguridad, de deformabilidad y de otros estados límite relevantes, en una muestra significativa de elementos elegida de acuerdo con criterios de importancia estructural y representatividad. De acuerdo con el nivel de control (tablas 55.1 y 96.1 de este Código), se tomará la muestra correspondiente, identificando:

a) muestra seleccionada;

b) criterios de selección;

c) procesos de comprobación;

d) hipótesis adoptadas; y

e) resultados obtenidos.

1.6.10 Incidencia en el proceso constructivo

Se comprobará si se han evaluado los efectos que en el dimensionamiento tiene el proceso constructivo acorde con lo descrito en el apartado 1.5.6 de este anejo.

1.6.11 Caso de elementos singulares

Si existen elementos singulares, tales como apoyos especiales, ménsulas cortas o vigas pared, comprobación por muestreo para evaluar si su dimensionamiento es correcto. De acuerdo con el nivel de control (tablas 55.1 y 96.1 de este Código), se tomará la muestra correspondiente, haciendo constar:

a) muestra seleccionada;

b) criterios de selección;

c) procesos de comprobación y justificación de su validez, en particular si se emplea el método de bielas y tirantes;

d) hipótesis adoptadas; y

e) resultados obtenidos.

1.6.12 Congruencia con el informe geotécnico

Se comprobará si en el dimensionamiento de los elementos de cimentación se han respetado las conclusiones del informe geotécnico en lo relativo a:

a) tipología de la cimentación y de los elementos de contención, así como las recomendaciones geotécnicas para el proyecto de la cimentación;

b) las características de agresividad del terreno y del agua, y su influencia en las calidades del hormigón y acero estructural en su caso;

c) recubrimientos, sobreespesores;

d) las propiedades resistentes, deformacionales y de estabilidad del terreno;

e) parámetros geotécnicos del terreno necesarios para el cálculo de las cimentaciones; y

f) criterios para el control de asientos de elementos aislados y de asientos diferenciales.

1.7 Comprobaciones adicionales

Además de las comprobaciones expuestas en los apartados anteriores podrán comprobarse, de conformidad con el contenido del presente Código, los siguientes aspectos:

a) el contenido de la documentación justificativa del cumplimiento de las exigencias relativas a la gestión medioambiental de la ejecución, si el proyecto indicara su necesidad por expreso deseo de la propiedad.

b) El contenido del proyecto en relación con la estrategia para la contribución de la estructura a la sostenibilidad, de conformidad con el artículo 6 del presente Código.

c) La existencia del anejo de la Memoria correspondiente al plan y programa de control de la estructura, y la conformidad de su contenido en relación con lo indicado en el Artículo 19 del presente Código.

d) La consideración en el proyecto de un plan de inspección y mantenimiento, y su conformidad en relación al contenido del artículo 23 del presente Código.

e) El contenido del proyecto en cuanto a la justificación del cumplimiento de requisitos adicionales a los considerados en el presente Código, por expreso deseo de la propiedad, en su caso.

Se deberá comprobar, además, que el proyecto cumple el resto de legislación vigente en otros ámbitos (como por ejemplo, seguridad y salud, medioambiente, etc.).

2. Planos

2.1 Congruencia con la memoria y el anejo de cálculo

Se comprobará si se han respetado los resultados del cálculo de esfuerzos y del dimensionamiento, mediante la comprobación de una muestra significativa de elementos elegida de acuerdo con criterios de importancia estructural y representatividad. De acuerdo con el nivel de control (tablas 55.1 y 96.1 de este Código), se tomará la muestra correspondiente, haciendo constar:

a) muestra seleccionada;

b) criterios de selección;

c) procesos de comprobación;

d) hipótesis adoptadas; y

e) resultados obtenidos.

2.2 Congruencia con otros planos de definición de la obra

Se comprobará si las cotas de replanteo, las escuadrías y dimensiones de los diferentes elementos estructurales, los huecos que afecten a los elementos en su comportamiento estructural y otros condicionantes que puedan afectar a la estructura definidos en los planos no estructurales, han sido tomados en consideración en los planos estructurales y para definir el modelo estructural.

De acuerdo con el nivel de control (tablas 55.1 y 96.1 de este Código), se tomará la muestra correspondiente haciendo constar:

a) muestra seleccionada;

b) criterios de selección;

c) procesos de comprobación;

d) hipótesis adoptadas; y

e) resultados obtenidos.

2.3 Documentación gráfica

De acuerdo con el nivel de control (tablas 55.1 y 96.1 de este Código), se tomará la muestra correspondiente a todos los elementos estructurales incluidos en el proyecto, sobre los que se hará constar:

a) muestra seleccionada;

b) criterios de selección;

c) procesos de comprobación;

d) hipótesis adoptadas; y

e) resultados obtenidos.

Se comprobará por muestreo, de acuerdo con el nivel de control (tablas 55.1 y 96.1 de este Código):

a) si se incluye un cuadro de materiales en el que se defina de forma completa todas las características de los mismos, junto con los coeficientes parciales de seguridad de acciones y resistencias adoptados, y sus niveles de control asociados;

b) si se definen los recubrimientos de acuerdo con las condiciones de exposición ambiental y la resistencia al fuego;

c) si las cotas de replanteo y las escuadrías y dimensiones de los diferentes elementos estructurales son acordes con las previsiones del modelo estructural adoptado;

d) si están previstos los huecos para el mantenimiento o de paso de las instalaciones, y si ellos son acordes con las hipótesis adoptadas para el cálculo de esfuerzos y el dimensionamiento;

e) si se definen las disposiciones de las armaduras en la sección transversal de las piezas y los esquemas de armado que permitan la posterior realización detallada de los despieces para la elaboración de la ferralla y facilitar la colocación de las armaduras en las piezas haciéndolo viable;

f) si están definidos los solapos y anclajes de armaduras, y sus radios de doblado, o si existen criterios claros para su definición;

g) si se definen los criterios para el tesado de tendones de pretensado: fuerzas de tesado, alargamientos de tesado previstos, escalones de tesado, anclajes activos y pasivos, etc.;

h) si están definidas las transiciones de armaduras en los nudos y evaluada su viabilidad constructiva;

i) si están definidos completamente todos los elementos y detalles de la estructura metálica, que permitan al taller metálico el desarrollo de los planos de taller, los planos de montaje y las hojas de despiece. Se deberá verificar que los planos definen, al menos:

- los espesores y dimensiones de todas las chapas;
- las ubicaciones de las soldaduras de empalme de chapas;
- los detalles de soldaduras, transiciones de espesores y dimensiones, y el acceso para su soldeo, así como los requisitos de fatiga mínimos a exigir a la hora de su ejecución y control:
  - o en soldaduras a tope, se debe verificar si las soldaduras se ejecutan desde dos lados, si se ejecuta desde un lado con saneo de la raíz, o si se emplea chapa de respaldo,
  - o en soldaduras a penetración parcial, se debe verificar que se defina el porcentaje de penetración parcial,
  - o en soldaduras en ángulo, se debe comprobar que se define el espesor de la garganta;

- los elementos de unión y conexión;
- contraflechas;
- especificaciones para los sistemas de protección anticorrosiva de elementos de acero estructural y de sus uniones, definiendo la clase de exposición y el grado de durabilidad requerido, acorde con el Artículo 86 de este Código;

j) si están definidos los detalles de apoyo de las piezas prefabricadas o compuestas en función de las coacciones supuestas en el modelo estructural y de sus condiciones exigibles de estabilidad;

k) si están definidos las condiciones de tipo geométrico y otros detalles que deben cumplir los contornos de las piezas de carácter aligerante, en función de su influencia en la definición de la sección resistente de las piezas compuestas;

l) si todos los elementos estructurales están definidos, no existiendo lagunas en la definición de los mismos o carencias de información sobre elementos, en particular sobre los detalles constructivos (nudos, transiciones, huecos, quiebros, apoyos, enlaces, fijaciones…);

m) si se describen los parámetros y exigencias geotécnicas utilizadas para el proyecto;

n) si se definen los apoyos y juntas, así como si se incluyen los criterios para la realización de una eventual sustitución de aparatos de apoyo;

o) si se define un proceso constructivo viable, acorde con el proyecto; y

p) si se establecen los criterios o exigencias que deban cumplir los elementos auxiliares necesarios para la ejecución de la estructura, y si se definen las posibles afecciones que los medios auxiliares puedan tener en la estructura definitiva.

3. Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares

En general, el objeto del control de calidad del Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del Proyecto es el de asegurar que los materiales, equipos, procedimientos de fabricación, puesta en obra, ensayos, tratamientos, condiciones de suministro, recepción, conservación, almacenamiento y manipulación de productos, criterios de aceptación y rechazo, las acciones a adoptar en caso de no conformidades, etc. son acordes a los condicionantes de la obra.

Se deberá verificar que este documento se haya particularizado para la obra en cuestión, que refiera a las normas de control y de criterios de aceptación actualizadas, y que incluya un plan de control específico para la obra.

En su caso, la comprobación se podrá realizar, por muestreo, de acuerdo con el siguiente procedimiento, a título orientativo.

3.1 Congruencia con la memoria, anejos y planos

Se comprobará:

a) si se han respetado las especificaciones de los materiales y de la ejecución, y sus niveles de control de recepción asociados que figuran en la memoria, el anejo de cálculo y planos;

b) si se han especificado aspectos tales como las condiciones de los rellenos en trasdós de muros que condicionan los empujes de tierras, respetando las hipótesis establecidas en la memoria y el anejo de cálculo; y

c) si se han especificado los aspectos esenciales del proceso constructivo, que condicionan los modelos estructurales y las acciones adoptadas en el cálculo de esfuerzos y en las comprobaciones de los estados límite últimos y de servicio.

3.2 Tolerancias

Se comprobará si se han especificado las tolerancias dimensionales o se hace referencia expresa para adoptar las que figuran en este Código.

3.3 Congruencia con el Presupuesto

Se comprobará que se han definido las formas o criterios de medición y abono para las distintas unidades de obra asociadas a la estructura, y que son coherentes con la descripción de las partidas del presupuesto.

4. Presupuesto

En general, el control del contenido de este documento del proyecto tiene por objeto establecer las posibles omisiones y contradicciones en las unidades de obra definidas en las mediciones y presupuesto con respecto a la memoria, los planos del proyecto y el pliego de prescripciones técnicas particulares, así como verificar la correcta medición de las distintas partidas. Asimismo podrá analizarse, en función del alcance del encargo, aspectos relativos a la configuración de los precios.

Las comprobaciones anteriores se realizarán, en general, sobre un muestreo estadísticamente representativo de las diferentes partidas o con el alcance solicitado por la propiedad.

A título orientativo, se podrá comprobar:

a) que las definiciones de las partidas correspondientes a las unidades de obra de cimentación y estructura son suficientes, completas, correctas y congruentes con el resto de los documentos del proyecto;

b) que las mediciones de las distintas partidas se corresponden con las que se deducen a partir de la definición técnica de la estructura. Para ello podrá realizarse una verificación independiente por muestreo;

c) que el proyecto contiene los correspondientes cuadros de precios y su justificación, y que la descomposición de los precios es razonable y congruente con la descomposición de las partidas. En su caso, verificación por muestreo de la adecuación de los precios del presupuesto a bases de referencia.