

## CAPÍTULO XVII. EJECUCIÓN EN OBRA

### Artículo 78.º Montaje

#### 78.1. Condiciones del emplazamiento

El montaje de la estructura comenzará cuando se cumplan los requisitos del Plan de Seguridad, que entre otros debe considerar los siguientes aspectos:

- a) Zonas de aparcamiento para vehículos, maquinaria en general y acopios.
- b) Acceso y circulación en el interior de la obra.
- c) Instalación de grúas fijas.
- d) Preparación del terreno de emplazamiento en cuanto a condiciones de suelo, drenaje superficial y estabilidad de taludes, si ha lugar.
- e) Comprobación de servicios afectados, incluyendo conductos subterráneos, cables aéreos o cualquier otro condicionante físico.
- a) Comprobación de que las piezas de mayores dimensiones y peso pueden ser suministradas a pie de obra.
- b) Zonas contiguas afectadas por el montaje.
- c) Condiciones climáticas y medioambientales.
- d) Comprobación de las condiciones del terreno que permitan prever o corregir eventuales movimientos, tales como asentamientos de bases de pilares o giro de paramentos de muros durante la ejecución de la obra.

Las actividades previas o posteriores al montaje deben disponer asimismo de un Plan de Seguridad compatible, sea cual sea su naturaleza (excavación, hormigonado, acabados, cubrición, solados, instalaciones, etc.). La coordinación entre las diferentes actividades deberá tener en cuenta especialmente:

- a) la disponibilidad de servicios comunes.
- b) el valor de cargas de construcción en las distintas fases de la obra incluyendo zona de posibles acopios.
- c) fases de hormigonado en forjados.

#### 78.2. Programa de montaje

El programa de montaje es competencia del constructor y deberá ser aprobado por el Director de Obra antes del inicio de los trabajos. No obstante el Pliego de Prescripciones Técnicas deberá incluir un método de montaje preliminar adecuado a las características resistentes de la estructura en sus distintas fases que servirá de orientación al constructor para la redacción del Programa de Montaje definitivo.

Este programa preliminar deberá tener en cuenta:

- a) La situación de nudos y empalmes.
- b) Longitudes máximas de barras.
- c) La secuencia de montaje.
- d) La estabilidad provisional, incluyendo apeos y arriostramientos.
- e) Condiciones para la retirada de apeos y arriostramientos.
- f) Piezas con reducida estabilidad lateral y torsión durante el montaje que requieren izado y manipulación especial.
- g) Ejecución de bases de pilares y apoyos en cuanto a retacado con mortero de placas base.
- h) Contraflechas y ajustes en juntas de dilatación.
- i) La utilización de chapa perfilada como contribución a la estabilidad.
- j) La posibilidad de que las cargas de ejecución superen a las correspondientes al diseño.

En la redacción del Programa de Montaje definitivo el Constructor puede modificar las indicaciones del programa preliminar e introducir otros métodos o sistemas no contemplados en él siempre y cuando se justifique mediante cálculo o referencias de obra similares ante el Director de Obra. En todo caso se deberá asegurar la compatibilidad con el resto de prescripciones del Pliego de Prescripciones Técnicas y la ausencia de desviaciones económicas sobre el Presupuesto que implica la adopción de tal programa.

En el programa además de los requisitos ya enumerados anteriormente, se detallarán los puntos siguientes:

- a) Descripción de fases, con tiempos de actividad y fechas a origen de inicio y final de cada una. Incluyendo la necesaria coordinación con la elaboración en taller y el transporte a obra.
- b) Equipo en cada fase, incluyendo grúas.
- c) Personal, especificando su calificación profesional.
- d) Precauciones especiales frente a las condiciones climáticas que pueden darse durante el montaje.

Este documento deberá ser coherente con el Plan de Seguridad e Higiene. Deberá incluir el montaje en blanco realizado en taller para asegurar el ensamble de piezas si así está previsto y cualquier elemento constructivo auxiliar necesario para el montaje, como cimbras, apeos o arriostrados provisionales.

### **78.3. Soportes**

#### **78.3.1. Replanteo y colocación**

Todas las cimentaciones, tanto zapatas como losas o macizos de apoyo deben haber sido inspeccionadas previamente, incluyendo los pernos de anclaje embebidos en ellas, para garantizar que su posición y alineaciones están de acuerdo con los planos.

Es recomendable que los pernos embebidos estén dotados de una cierta libertad que permita un ligero desplazamiento de uno mismos para facilitar su inserción en las placas base de soportes. A tal efecto pueden disponerse cajeados o manguitos en la parte superior de la cimentación de ancho tres veces superior al diámetro de los pernos que alojen.

Debe cuidarse que la posición a lo largo del montaje de los soportes no sufra modificaciones que excedan las tolerancias (ver artículo 80).

Tanto los propios pernos de anclaje como los calzos o cuñas de nivelación de placas base han de ser capaces para soportar la estructura montada, previamente al retacado con mortero de nivelación. En el caso de que los elementos provisionales queden embebidos debe asegurarse que disponen de una durabilidad igual a la de la estructura y de que quedan con un recubrimiento mínimo de 25 milímetros.

### **78.3.2. Hormigonado**

El hormigonado del espacio entre la placa base y el cimiento debe efectuarse con mortero de cemento o con morteros especiales sin retracción. Es recomendable que el espesor mínimo sea de 25 mm y asimismo que permita el relleno fácilmente y pueda ofrecer espacio suficiente para colocar y manipular las cuñas o tuercas inferiores de nivelación.

El relleno de mortero debe realizarse lo antes posible una vez que los pilares y vigas inmediatas superiores estén correctamente aplomados y alineados. El material no debe mezclarse o utilizarse con temperaturas inferiores a 0°C salvo instrucción del fabricante del mismo. En todo caso debe obtenerse una fluidez adecuada para rellenar completamente todo el espacio.

Previamente se habrá eliminado cualquier resto de grasa, hielo o suciedad. En las placas base de cuya dimensión mínima supere 400 mm es recomendable disponer orificios de venteo de 50 mm para facilitar la penetración del producto.

En el caso de soportes empotrados en zapatas con receptáculos tipo cáliz el hormigón o mortero de relleno debe ser de una resistencia característica no inferior a la del cimiento. En la colocación inicial el hormigonado debe cubrir dos tercios de la longitud de empotramiento. No se deberá someter a ninguna carga adicional hasta que el hormigón no alcance la mitad de su resistencia característica. La ejecución definitiva se completará con el hormigonado del último tercio.

## **78.4. Ejecución del montaje**

### **78.4.1. Planos de montaje**

Los planos de montaje de la estructura se elaborarán a partir de los planos de taller. En ellos deberá constar las plantas y alzados a una escala tal que puedan apreciarse las marcas de montaje identificadoras de cada pieza.

En los planos de montaje se indicarán las piezas y sus uniones así como cualquier tolerancia especial. Los planos correspondientes a la cimentación deben detallar la posición y orientación de las placas base y de cualquier otro elemento en contacto directo con el hormigón.

Deberá constar las cotas de cada planta. En las placas base constarán el número tipo diámetro y posición de los pernos de anclaje, así como la holgura a rellenar con mortero de nivelación.

Cualquier elemento provisional como arriostrados, escaleras de obra o accesos temporales deberá estar incluido en los planos de montaje.

Los planos de montaje deben indicar el peso y centro de gravedad de cualquier elemento o subconjunto estructural que supere 50 kN.

### **78.4.2. Marcado**

Los métodos de marcado cumplirán lo establecido en el artículo 75.3.1. En aquellos casos en los que no se deduzca su orientación o pueda inducir a error provocando una inversión de esfuerzos en la pieza o subconjunto estructural se deberá marcar la orientación en ellos (interior/exterior; arriba/abajo; superior/inferior; etc.).

En producciones seriadas, con componentes idénticos en todos los aspectos se puede repetir la marca de montaje.

#### **78.4.3. Manipulación y almacenamiento en montaje**

La manipulación y almacenamiento en obra debe realizarse de manera que se minimicen el riesgo de daño a las piezas. Se deberá prestar especial atención al eslingado en las operaciones de descarga, e izado.

Deberán repararse los daños que pueda sufrir cualquier pieza que afecte a sus tolerancias, acabado de protección o a sus uniones.

La tortillería, elementos de fijación, cubrición y auxiliares deberán estar embalados e identificados adecuadamente.

#### **78.4.4. Montaje de prueba**

En estructuras complejas o bien cuando se desee asegurar un correcto y ajustado montaje en obra el Pliego de Condiciones puede exigir la realización de montajes en blanco en taller de acuerdo con el artículo 75.4. En el Programa de Montaje definitivo que se indica en el artículo 78.2 el constructor podrá incluir el montaje en blanco para evaluar el tiempo o duración de operaciones de montaje complicadas.

#### **78.4.5. Métodos de montaje**

El montaje de la estructura se realizará de acuerdo con las indicaciones contenidas en el Programa de Montaje indicado en 78.2. A lo largo de todo el proceso deberá estar garantizada la resistencia y estabilidad de la obra.

En edificios es recomendable iniciar el montaje por núcleos rígidos que hagan intraslacional todo el conjunto, confiriendo estabilidad a las piezas que se montan posteriormente.

Los pernos de anclaje en base de pilares no empotrados no deben de considerarse eficaces para evitar el vuelo a menos que se compruebe mediante cálculo.

Debe preverse el efecto de las cargas de ejecución incluyendo peso de personal y equipo durante el montaje así como la acción del viento sobre la estructura no completa.

Los arriostramientos o rigidización provisional deberá mantenerse hasta que el montaje esté lo suficientemente avanzado, de modo que puedan ser retirados sin comprometer la seguridad.

Cabe la posibilidad en edificios o estructuras de gran altura que sea necesario liberar a los arriostramientos del efecto de las cargas gravitatorias a medida que avanza la construcción. En estos casos, que deben estar explícitamente indicados en el Pliego de Prescripciones Técnicas y considerados en el cálculo de la estructura, podrá procederse liberando cada vez únicamente en recuadro y recurriendo a otro arriostrado provisional alternativo si es necesario.

A las uniones de los elementos provisionales de montaje les es aplicable el Pliego de Condiciones del Proyecto. Dichas uniones deben realizarse de forma que no limiten ni la resistencia ni la capacidad de servicio de la estructura definitiva.

En caso de que el montaje implique la rodadura u otro tipo de traslación de la estructura o de parte de ella, hasta su posición definitiva deberán tomarse las medidas pertinentes para conseguir el frenado controlado de la misma y preferiblemente para poder actuar en el sentido de invertir la dirección del desplazamiento si es necesario.

Los anclajes provisionales deberán estar asegurados contra cualquier posible aflojamiento involuntario.

El constructor será responsable de que ninguna parte de la estructura sea sobretensionada o distorsionada por acopio de materiales o cargas de montaje a lo largo de la construcción.

#### **78.4.6. Alineaciones**

Cada parte de la estructura debe quedar alineada nivelada y ajustada tan pronto como sea posible una vez que haya sido montada, la ejecución de sus uniones debe realizarse inmediatamente después.

Si dichas uniones son definitivas deberá asegurarse que su ejecución no compromete el ajuste nivelación y aplomado de elementos posteriores.

En la alineación y ajuste de la estructura pueden emplearse tuercas de nivelación cuñas y forros. Cuando exista el riesgo de desplazamiento las cuñas podrán soldarse, el material de las mismas será acero y el espesor mínimo 4 mm cuando se empleen en el exterior.

Cuando no sea posible corregir los errores de montaje o ajuste mediante cuñas en forma de calzas o forros se deberán modificar adecuadamente la fabricación de las piezas consignando los cambios introducidos en los Planos de Montaje.

Debe prestarse especial atención en no forzar el ajuste si ello implica introducir esfuerzos en las barras no considerados en el cálculo de la estructura.

Para facilitar el montaje debe considerarse la posibilidad de disponer agujeros sobredimensionados o rasgados de acuerdo con los artículos 76.2 y 58.2.

## **Artículo 79.º Tratamiento de protección**

### **79.1. Generalidades.**

Este artículo se aplicará tanto a las estructuras tratadas en taller como en obra. El Pliego de Prescripciones Técnicas debe definir el sistema de protección contra la corrosión y los requisitos adicionales para obtener unas condiciones de servicio acordes con la vida útil de la estructura (ver artículo 5.1) y el sistema de mantenimiento (ver artículo 94), teniendo en cuenta el nivel de corrosión atmosférico y grado de exposición de los diferentes componentes.

El diseño en cuanto a tipo de piezas y detalle de uniones debe evitar zonas donde pueda depositarse humedad y suciedad tanto en elementos interiores como en aquellos directamente expuestos al exterior.

Se deberá cuidar especialmente el drenaje de las cubiertas y fachadas de modo que la estructura quede lo más protegida posible.

El Pliego de Condiciones contemplará con un adecuado sistema de protección aquellos elementos que queden al exterior.

Deberá considerarse conjuntamente el tratamiento de protección frente a incendio (de acuerdo con el anejo específico) ya que los requisitos del mismo pueden determinar un grado de defensa frente a la corrosión muy superior al estrictamente necesario, especialmente en el caso de pinturas intumescentes y morteros proyectados.

En el caso de aplicarse pintura el Pliego de Condiciones deberá definir el sistema de tratamiento detallando como mínimo los siguientes aspectos:

- a) Preparación de las superficies
- b) Tipo y espesor de la capa de imprimación anticorrosiva
- c) Tipo y espesor de capas intermedias.
- d) Tipo y espesor de capas de acabado y retoques.

En el Presupuesto del Proyecto, deberá constar claramente si en el precio de la estructura metálica está incluido el sistema de protección.

En ese caso la definición de precios unitarios debe citar el sistema de protección específico de cada partida (en obras donde la preparación e imprimación se aplica en taller).

Para las capas de pintura aplicadas en obra cabe la posibilidad de valorarlas de acuerdo con su área, que se evaluará según la superficie específica de cada sección.

## **79.2. Preparación de las superficies**

La superficie de los elementos que haya de ser pintada se limpiará y preparará de forma adecuada al tratamiento de pintura correspondiente. En principio deben eliminarse la suciedad, cascarilla de laminación, restos de escoria de soldaduras y también la grasa y la humedad superficial. Si existieran revestimientos anteriores, deben ser igualmente eliminados

Las normas aplicables son: ISO 8504-1 e ISO 8504-2 para el chorreado e ISO 8504-3 para la limpieza mecánica y manual.

Los métodos de preparación deberán obtener el grado de rugosidad definido en el Pliego de acuerdo con ISO 8503, partes 1 a 4. Las instalaciones de chorreado fijas deberán inspeccionarse periódicamente. Para facilitar la inspección es necesario conocer el estado inicial de la superficie de acuerdo con la norma ISO 8501-1.

La preparación de las superficies en obra debe ser realizada en condiciones ambientales tales que no perjudiquen la calidad del acabado. Por tanto no se realizarán en tiempo lluvioso, con humedad superior al 85% y temperaturas bajas que puedan producir condensaciones. La temperatura del sustrato a pintar deberá estar 3 °C por encima de la del punto de rocío del ambiente. Se deberán tomar las precauciones oportunas para no dañar a otras superficies.

La preparación de las superficies en taller cuando se realice mediante métodos abrasivos debe ir seguida de una escrupulosa eliminación de polvo, de acuerdo con ISO 8502-3 y de la aplicación de una imprimación de secado rápido que no altere las fases siguientes.

### **79.3. Métodos de protección**

#### **79.3.1. Metalización**

En este método la protección se consigue mediante proyección de cinc o aluminio pulverizado, realizado según UNE EN 22063.

Las superficies metalizadas deben ser tratadas con una imprimación anticorrosiva especial, de naturaleza sellante y tapaporos para evitar la formación de ampollas antes de revestirse de pintura.

#### **79.3.2. Galvanización en Caliente .**

La protección mediante galvanización en caliente consiste en la formación de un recubrimiento de cinc o aleaciones de cinc-hierro por inmersión de las piezas y artículos fabricados con hierro y acero en un baño de zinc fundido a una temperatura de 450°C. La norma que rige estos recubrimientos es la norma UNE EN ISO 1461 "Recubrimientos galvanizados en caliente sobre productos acabados de hierro y acero. Especificaciones y métodos de ensayo".

Cuando se diseñe una pieza que vaya a protegerse mediante galvanización en caliente, es importante tener en cuenta algunos requisitos como pueden ser las dimensiones de dichos elementos, que deben adecuarse al tamaño de los crisoles de galvanización, si bien, en algunos casos en los que el tamaño de la pieza sea mayor que el de los baños disponibles pueden sumergirse parcialmente y después darles la vuelta para introducir la parte no tratada.

La preparación superficial de los elementos a galvanizar debe incluir la limpieza de todos los contaminantes superficiales que no puedan ser eliminados mediante el decapado, como es el caso de las grasas, pinturas, escorias de soldadura, etc..

En el Anexo A "Diseño de los productos destinados a recibir un recubrimiento galvanizado en caliente" de la norma UNE EN ISO 14713, se relacionan detalladamente las diferentes cuestiones de diseño que se deben tener en cuenta para obtener un recubrimiento adecuado y de calidad.

En el caso de que tengan que soldarse elementos que ya hayan sido galvanizados o restaurar aquéllos que tengan pequeños defectos de galvanización, existe la posibilidad de restaurar la zona afectada del recubrimiento mediante proyección térmica de cinc (según la norma EN 22.063) o mediante una pintura rica en cinc de elevado contenido en zinc metálico en la película seca (mínimo 80% en masa). Los tipos de pintura más adecuados para esta finalidad son los que tienen ligantes epoxídicos, de poliuretano (1 componente) de secado al aire y de silicato de etilo (1 componente) de secado al aire.

En el caso de que el sistema protector especifique un pintado posterior de las superficies galvanizadas, es necesario que éstas estén adecuadamente tratadas mediante desengrase y un posterior tratamiento de imprimación para asegurar el anclaje de las pinturas, según UNE EN ISO 12.944-4 "Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores: Parte 4: Tipos y preparación de superficies".

Por último, se aplican capas bases y de acabado en función de la agresividad del medio (UNE EN ISO 12.944-5 "Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores: Parte 5: Sistema de pinturas protectores").

Los elementos realizados a base de chapa galvanizada por procedimiento en continuo (espesores de hasta 3 mm) (según UNE EN 10.142 y UNE EN 10.147) deben especificarse en un espesor o masa del recubrimiento adecuado a la categoría de corrosividad ambiental, según ISO 9223 ó UNE EN ISO 14.713

### **79.3.3. Pintado**

La pintura debe ser aplicada de acuerdo con la hoja de datos del fabricante del producto.

Se deberá comprobar previamente que el estado de la superficie es el previsto en la fase anterior, es decir tanto el grado de limpieza y rugosidad para una capa de imprimación como el curado, compatibilidad y naturaleza de la capa previa para capas posteriores.

Las distintas pinturas que constituyen un sistema de pintado deben ser compatibles entre si.

Es recomendable utilizar productos de un mismo fabricante.

En el Plan de Obra deben establecerse las fases de aplicación de la protección considerando adecuadamente el resto de las actividades. Así pues en el caso de realizarse el pintado en obra las piezas deberán ser imprimadas en taller con un espesor mínimo que impida la oxidación incipiente antes del montaje ante la eventualidad de un acopio o almacenamiento prolongado.

Para facilitar el control es aconsejable que cada capa tenga un color o matiz diferenciado según UNE 48103.

Una vez ejecutada y retocada la superficie debe respetarse estrictamente el periodo de secado y endurecimiento que aconseje el fabricante frente a un eventual contacto con agua.

### **79.4. Requisitos especiales**

Las fracciones de piezas que vayan a quedar embebidas en hormigón no necesitan protección a partir de 30 mm por debajo del nivel del mismo, siempre que a su vez la superficie de hormigón este a salvo de procesos de carbonatación Únicamente requieren un cepillado de eliminación de cascarilla de laminación, suciedad y grasa. Caso de venir con imprimación desde taller no necesitan ninguna operación adicional.

Las superficies que vayan a transmitir esfuerzos por rozamiento y las que alojen tornillos pretensados deberán satisfacer los requisitos propios de las superficies de contacto indicadas en 76.8.

Deberá evitarse el daño o contaminación de estas superficies durante el transporte y montaje mediante una adecuada cobertura de protección impermeable.

Las inspecciones de uniones atornilladas se deben realizar antes de la aplicación de la pintura en obra.

Las uniones mediante soldadura se deberán realizar en franjas sin pintura de 150 mm de ancho, o bien con capa de imprimación compatible. La soldadura y la parte adyacente deberá pintarse una vez se haya eliminado completamente la escoria y se haya aceptado la unión.

Debe preverse la dificultad de pintado de elementos inaccesibles y proceder a su ejecución antes del montaje.

Las superficies de aceros autopatinables, resistentes a la corrosión atmosférica por autooxidación, deben ofrecer un aspecto aceptable tras su exposición a la intemperie. Para ello puede ser necesario su limpieza por chorreado mediante agua a presión para garantizar una textura similar y un color homogéneo. Hay que tener en cuenta que el mecanismo de autoprotección que se desarrolla en este tipo de aceros solo tiene lugar en ciclos alternados secos y húmedos y siempre que no exista polución atmosférica ácida o salina. En el diseño se adoptarán los detalles constructivos necesarios para evitar que las escorreduras de óxido, por efecto del agua de lluvia, puedan afectar al resto de la construcción. Debe tenerse en cuenta que no es posible aplicar sobre este tipo de aceros los mismos sistemas de protección pasiva contra incendios que en los aceros de UNE EN 10025.

En el Pliego de Prescripciones debe indicarse si los perfiles cerrados o tubulares requieren tratamiento interno o no. En el caso de que la estanqueidad quede asegurada por las soldaduras estructurales o bien mediante soldaduras de sellado de extremos, se considerará que el espacio interior queda protegido previa aceptación de dichas soldaduras. Para las soldaduras de sellado solamente se requiere inspección visual. Deben tomarse precauciones especiales de estanqueidad en los elementos de fijación que atraviesen elementos en cajón o tubulares sellados.

#### **79.5. Protección de elementos de fijación**

Los elementos de fijación y anclaje deberán suministrarse con una protección adecuada a la clase de exposición ambiental. Cualquier protección suplementaria a aplicar en obra se llevará a cabo una vez inspeccionada la unión. Los pernos de anclaje no requieren ningún tratamiento a menos que así lo indique el Pliego de Condiciones.