



# CAPÍTULO XXII

## CONTROL DE LA EJECUCIÓN

### Artículo 89 Criterios generales para el control de ejecución

#### 89.1. Organización del control

El control de la ejecución, establecido como preceptivo por esta Instrucción, tiene por objeto comprobar que los procesos realizados durante la construcción de la estructura se organizan y desarrollan de forma que la dirección facultativa pueda asumir su conformidad respecto al proyecto, de acuerdo con lo indicado en esta Instrucción.

El constructor elaborará el plan de obra y el procedimiento de autocontrol de la ejecución de la estructura. Éste último contemplará las particularidades concretas de la obra, relativas a medios, procesos y actividades, y desarrollará el seguimiento de la ejecución, de manera que permita a la dirección facultativa comprobar la conformidad con las especificaciones del proyecto y lo establecido en esta Instrucción. Para ello, los resultados de todas las comprobaciones realizadas serán documentados por el constructor, en los registros de autocontrol. Además, efectuará una gestión de los acopios que le permita mantener y justificar la trazabilidad de las partidas y remesas recibidas en la obra, de acuerdo con el nivel de control establecido por el proyecto para la estructura.

La dirección facultativa, en representación de la propiedad, tiene la obligación de efectuar el control de la ejecución, comprobando los registros del autocontrol del constructor y efectuando una serie de inspecciones puntuales, de acuerdo con lo establecido en esta Instrucción. Para ello, podrá contar con la asistencia técnica de una entidad de control de calidad, de acuerdo con el apartado 81.2.2.

#### 89.2. Programación del control de ejecución.

Antes de iniciar la ejecución de la estructura, la dirección facultativa deberá aprobar el programa de control, que desarrolla el plan de control definido en el proyecto, teniendo en cuenta el plan de obra presentado por el constructor para la construcción de la estructura, así como el procedimiento de autocontrol, conforme a lo indicado en el apartado 82.1 de esta Instrucción.

La programación del control de la ejecución identificará, entre otros aspectos, los siguientes:

- Niveles de control.
- Lotes de ejecución.
- Unidades de inspección.
- Frecuencias de comprobación.

#### 89.3. Niveles de control de la ejecución

A los efectos de esta Instrucción, se contemplan dos niveles de control:



- a) Control de ejecución a nivel normal
- b) Control de ejecución a nivel intenso

El control a nivel intenso sólo será aplicable cuando el constructor esté en posesión de un sistema de la calidad certificado conforme a la UNE-EN ISO 9001.

#### 89.4. Lotes de ejecución

El Programa de control aprobado por la dirección facultativa contemplará una división de la obra en lotes de ejecución, coherentes con el desarrollo previsto en el plan de obra para la ejecución de la misma y conformes con los siguientes criterios:

- a) Se corresponderán con partes sucesivas en el proceso de montaje en taller y de ejecución de la obra,
- b) no se mezclarán elementos de tipología estructural distinta, que pertenezcan a columnas diferentes en la tabla 89.4,
- c) el tamaño del lote no será superior al indicado, en función del tipo de elementos, en la tabla 89.4.

Tabla 89.4. Tamaño de los lotes

Tipo de obra	Elementos verticales	Elementos horizontales
Edificios	– Vigas y pilares correspondientes a 500 m <sup>2</sup> de superficie, sin rebasar las dos plantas	– Vigas, elementos superficiales y forjados correspondientes a 250 m <sup>2</sup> de planta
Puentes	– 200 m <sup>3</sup> de pilas, sin rebasar los 10 m de longitud de pila, – dos estribos	– 500 m <sup>3</sup> de tablero sin rebasar los 30 m lineales, ni un tramo o una dovela
Chimeneas, torres, depósitos	– Alzados correspondientes a 500 m <sup>2</sup> de superficie o a 10 m de altura	– Elementos horizontales correspondientes a 250 m <sup>2</sup>

#### 89.5. Unidades de inspección

Para cada lote de ejecución, se identificará la totalidad de los procesos y actividades susceptibles de ser inspeccionadas, de acuerdo con lo previsto en esta Instrucción.

A los efectos de esta Instrucción, se entiende por unidad de inspección la dimensión o tamaño máximo de un proceso o actividad comprobable, en general, en una visita de inspección a la obra. En función de los desarrollos de procesos y actividades previstos en el plan de obra, en cada inspección a la obra de la dirección facultativa o de la entidad de control, podrá comprobarse un determinado número de unidades de inspección, las cuales, pueden corresponder a uno o más lotes de ejecución.

Para cada proceso o actividad, se definirán las unidades de inspección correspondientes cuya dimensión o tamaño será conforme al indicado en la tabla 89.5.



Tabla 89.5. Tamaño de las unidades de inspección

Unidades de ejecución	Tamaño máximo de la unidad de inspección
Control de la gestión de acopios	- Acopio ordenado por material, forma de suministro, fabricante y partida suministrada, en su caso
Revisión de planos de taller	- Planos correspondientes a una remesa de elementos
Manipulación de los productos de acero en taller	- Conjunto de productos manipulados en una jornada
Ensamblaje de elementos en taller, incluida la comprobación de fijaciones mecánicas	- Conjunto de elementos ensamblados en una jornada
Soldaduras	- De acuerdo con lo establecido en el articulado
Replanteos.	- Nivel o planta a ejecutar
Hormigonado de cimentaciones	- Hormigón vertido en una jornada
Montaje de elementos en obra, incluida la comprobación de fijaciones mecánicas y soldaduras	- Conjunto de elementos ensamblados en una jornada
Aplicación de tratamientos de protección	- Tratamiento aplicado en una jornada

En el caso de obras de ingeniería de pequeña importancia, así como en obras de edificación sin especial complejidad estructural (formadas por vigas, pilares y forjados convencionales no pretensados, con luces de hasta 6,00 metros y un número de niveles de forjado no superior a siete), la dirección facultativa podrá optar por aumentar al doble los tamaños máximos de la unidad de inspección indicados en la tabla 89.5.

### 89.6. Frecuencias de comprobación

La dirección facultativa llevará a cabo el control de la ejecución, mediante:

- La revisión del autocontrol del constructor para cada unidad de inspección,
- el control externo de la ejecución de cada lote de ejecución, mediante la realización de inspecciones puntuales de los procesos o actividades correspondientes a algunas de las unidades de inspección de cada lote, según lo indicado en este Artículo.

Para cada proceso o actividad incluida en un lote, el constructor desarrollará su autocontrol y la dirección facultativa procederá a su control externo, mediante la realización de un número de inspecciones que varía en función del nivel de control definido en el programa de control y de acuerdo con lo indicado en la tabla 89.6.



Tabla 89.6. Número de inspecciones en función del nivel de control

Procesos y actividades de ejecución	Número mínimo de actividades controladas externamente por unidad de inspección			
	Control normal		Control intenso	
	Autocontrol del constructor	Control externo	Autocontrol del constructor	Control externo
Control de la gestión de acopios	Totalidad	1	Totalidad	3
Revisión de planos de taller	1	1	1	1
Manipulación de los productos de acero en taller	1	1	3	1
Ensamblaje de elementos en taller, incluida la comprobación de fijaciones mecánicas y soldaduras	10	2	20	4
Replanteos y geometría	1	1	4	2
Hormigonado de cimentaciones	2	1	3	2
Montaje de elementos en obra, incluida la comprobación de fijaciones mecánicas y soldaduras	3	1	5	2
Aplicación de tratamientos de protección	5	2	10	3

### **Artículo 90 Comprobaciones previas al comienzo de la ejecución**

Antes del inicio de la ejecución de cada parte de la obra, la dirección facultativa deberá constatar que existe un programa de control, tanto para los productos como para la ejecución, que haya sido redactado específicamente para la obra, conforme a lo indicado por el proyecto y lo establecido en esta Instrucción.

Cualquier incumplimiento de los requisitos previos establecidos, provocará el aplazamiento del inicio de la obra hasta que la dirección facultativa constate documentalmente que se ha subsanado la causa que dio origen al citado incumplimiento.



## **Artículo 91 Control del montaje en taller**

La conformidad de los procesos de montaje en taller incluirá las características mecánicas de los productos empleados, las características geométricas de los elementos, así como cualquier otra característica incluida en el proyecto o decidida por la dirección facultativa. Las consideraciones de este Artículo son de aplicación independientemente de que el taller pertenezca o no a las instalaciones propias de la obra.

### **91.1. Comprobaciones previas al inicio del suministro**

La dirección facultativa comprobará, antes del inicio del suministro, que el constructor ha comunicado el programa de obra, estableciendo las fechas límites para la recepción, en su caso, de los elementos elaborados en talleres ubicados fuera de las instalaciones de la obra.

Las comprobaciones previas al suministro de los elementos fabricados en taller ajeno a la obra tienen por objeto verificar la conformidad de los procesos y de las instalaciones que se pretenden emplear.

#### **91.1.1. Comprobación documental previa al suministro**

Además de la documentación general a la que hace referencia el apartado 82.3.1, que sea aplicable a los elementos que se pretende suministrar a la obra, el suministrador, o en su caso el constructor, deberá presentar a la dirección facultativa una copia compulsada por persona física de la siguiente documentación:

- a) En su caso, documento que acredite que el proceso de montaje en taller del elemento se encuentra en posesión de un distintivo de calidad oficialmente reconocido,
- b) en su caso, documento que acredite que los productos de acero empleados en la elaboración de los elementos se encuentran en posesión de un distintivo de calidad oficialmente reconocido,
- c) en el caso de que se pretenda emplear procesos de soldadura, certificados de homologación de soldadores, según UNE-EN 287-1 y del proceso de soldadura según UNE-EN ISO 15614-1.

Además, previamente al inicio del montaje en taller, la dirección facultativa podrá revisar los planos de montaje en taller que se hayan preparado específicamente para la obra. Esta revisión será preceptiva en el caso de que el taller forme parte de las instalaciones de la obra.

Cuando se produzca un cambio de taller de montaje, será preceptivo presentar nuevamente la documentación correspondiente.

#### **91.1.2. Comprobación de las instalaciones**

La dirección facultativa valorará la conveniencia de efectuar, directamente o a través de una entidad de control de calidad, y preferiblemente antes del inicio del suministro, una visita de inspección al taller de montaje, al objeto de comprobar su idoneidad para elaborar los elementos que se requieren para la obra. En particular, se atenderá al cumplimiento de las



exigencias establecidas en el Capítulo XVIII de esta Instrucción.

Estas inspecciones serán preceptivas en el caso de instalaciones que pertenezcan a la obra, en las que se comprobará que se ha delimitado un espacio suficiente para las labores de montaje, espacios predeterminados para el acopio de los productos de acero y espacio fijo para la maquinaria, así como recintos específicos para acopiar los elementos antes de su entrega a la obra.

La dirección facultativa podrá recabar la información que ponga de manifiesto la existencia de un control de producción en el taller, conforme con lo indicado en esta Instrucción y correctamente documentado, mediante el registro de sus comprobaciones y resultados de ensayo en los correspondientes documentos de autocontrol, que incluirán al menos todas las características especificadas por esta Instrucción.

## **91.2. Control durante el suministro**

### **91.2.1. Control documental durante el suministro**

La dirección facultativa deberá comprobar que cada remesa de elementos que se suministre a la obra desde un taller va acompañada de la correspondiente hoja de suministro.

Asimismo, deberá comprobar la coherencia entre las características de los elementos suministrados y los de la documentación de los productos de acero, declarada por el fabricante y facilitada por el suministrador de la armadura. En caso de detectarse algún problema de trazabilidad, se procederá al rechazo de los elementos afectados por el mismo.

Para elementos elaborados en talleres propios de la obra, se comprobará que el constructor mantiene un registro de fabricación en el que se recoge, para cada partida de elementos fabricados, la misma información que en las hojas de suministro a las que hace referencia este apartado.

La dirección facultativa aceptará la documentación de la remesa de elementos, tras comprobar que es conforme con lo especificado en el proyecto.

### **91.2.2. Comprobaciones experimentales durante el suministro**

#### **91.2.2.1. Control de las operaciones de corte**

Previamente al inicio de la actividad, para cada tipo de elemento a cortar y para cada material se fabricarán, al menos, cuatro probetas, por parte del control externo de la entidad de control:

- Una consistirá en un corte recto del elemento de mayor espesor.
- Otra, del elemento de menor espesor
- Una de un corte en ángulo entrante con radio mínimo de acuerdo y sobre un elemento de espesor representativo
- Una última de un corte en curva sobre un elemento de espesor representativo.



Las probetas tendrán una dimensión tal que permitan cortes de, al menos, 200 mm de longitud.

La calidad de cada corte será la correspondiente a la clase de la estructura y la de los cortes curvados será similar a la de los rectos

Si los resultados de la inspección de los bordes cortados fuesen no conformes, la dirección facultativa rechazará el proceso, debiendo el constructor modificar el mismo definiendo un nuevo procedimiento, debiendo procederse a iniciar un nuevo proceso de comprobación.

En el caso de procedimientos de corte que puedan producir incrementos locales de la dureza del material (cortes con llama, cizallado), deberá controlarse ésta en los bordes, para lo que la entidad de control actuará según se indica:

- Se fabricarán cuatro probetas del material más susceptible al endurecimiento de entre todos los que vayan a ser ensayados.
- En cada una de las cuatro probetas se medirán las durezas en cuatro puntos elegidos de entre aquéllos en los que se suponga mayor incremento. La medida se realizará conforme a UNE-EN ISO 6507-1.
- El mayor de los valores medidos no excederá 380 HV 10.

Si los resultados de las medidas son no conformes, se modificará el proceso de corte y se repetirá el ensayo solo para aquellos casos en los que no ha habido conformidad.

Este apartado no cubre la comprobación de durezas en los cortes que vayan a ser soldados, los cuales serán ensayados conforme al procedimiento específico de soldadura.

Además, deberán comprobarse periódicamente los medios y procedimientos de taladrado, para lo que la entidad de control deberá:

- Fabricar ocho probetas para cada procedimiento a ensayar, cubriendo el rango de calidades de los materiales, diámetros de agujeros y espesores del material.
- Medir el diámetro de los agujeros en cada extremo del espesor taladrado utilizando patrones (pasa/no pasa). El valor medido cumplirá las tolerancias correspondientes a la clase.

Si los resultados de las medidas son no conformes, se modificará el proceso de taladrado y se repetirá el ensayo solo para aquellos casos en los que no ha habido conformidad.

#### 91.2.2.2. Control dimensional de los elementos

Se deberá comprobar que los elementos elaborados en el taller presentan las dimensiones reflejadas en los planos de taller, considerando las tolerancias indicadas en el pliego de prescripciones técnicas particulares del proyecto.



Los medios de medida deberán estar incluidos en ISO 7976 partes 1 y 2. Por su parte, la precisión de la medida se ajustará a lo indicado en ISO 17123.

Las medidas se referirán con respecto a las contraflechas especificadas en proyecto, y se corregirán para tener en cuenta las posibles deformaciones por temperatura o peso propio.

El taller dispondrá de los elementos necesarios (mesas de medida, bastidores, etc) para la correcta ejecución de las medidas.

En el caso de aparición de no conformidades, se corregirán mediante alguno de los medios especificados en esta Instrucción, si ello fuera posible. En otro caso, se estudiará la posibilidad de modificar la geometría del resto de la estructura de forma que se compense la no conformidad, en cuyo caso dicho procedimiento deberá ser aprobado previamente por la dirección facultativa.

#### 91.2.2.3. Comprobación de la cualificación del personal para la soldadura

Los soldadores deberán estar en posesión de la cualificación adecuada, conforme a lo establecido en 77.4.2. A este respecto, serán admitidos los certificados que posean los soldadores, siempre que éstos sean empleados fijos del taller, salvo decisión contraria de la dirección facultativa.

La dirección facultativa podrá establecer cualquier comprobación adicional sobre la cualificación de los soldadores, independientemente del lugar donde desarrolla su actividad (taller u obra).

El taller mecánico mantendrá al día los correspondientes registros de identificación de sus soldadores de forma satisfactoria, en los que debe figurar:

- Nº de ficha,
- copia de homologación y
- marca personal.

Esta documentación estará en todo momento a disposición de la dirección facultativa y de la entidad de control de calidad.

Cada soldador identificará su propio trabajo con marcas personales que no serán transferibles.

Toda soldadura ejecutada por un soldador no cualificado, será rechazada, procediéndose a su levantamiento. En caso de que esto pudiese producir efectos perniciosos, a juicio de la dirección facultativa, el conjunto soldado será rechazado y repuesto por el constructor de la estructura de acero.

#### 91.2.2.4. Control del procedimiento de soldeo

Antes de iniciarse la fabricación en taller, el autocontrol del constructor incluirá cuantas pruebas y ensayos sean necesarios para la comprobación de los distintos métodos





de soldeo a tope y en ángulo, hasta determinar las características de soldeo más adecuadas.

Se comprobará además que todos los procesos de soldadura, levantamiento de la misma y reparación de zonas por soldadura, son objeto de un procedimiento por escrito, con indicación, entre otros, de las características de materiales de aportación, las preparaciones de borde, incluyendo temperaturas de precalentamiento entre pasadas y calor de aportación.

El soldeo deberá realizarse conforme a lo indicado en el apartado 77.4.1. Las cualificaciones serán efectuadas por la entidad de control de calidad que lleve a cabo el control externo. Esta entidad certificará por escrito que con las cualificaciones quedan cubiertos todos los procesos de soldadura a efectuar en la obra en concreto.

En caso de espesores de ala superiores a 30 mm, se cualificará también el procedimiento de soldadura en ángulo alas-alma y de unión de platabandas, de modo que se asegure que no existe excesivo aporte de calor que baje las características de resiliencia de la zona soldada, material base y zona de transición, precalentando si es necesario.

#### 91.2.2.5. Comprobación de la ejecución de las soldaduras

Con anterioridad a la realización de la soldadura se procederá a la inspección de las piezas a unir conforme a UNE-EN 970. En el caso de secciones huecas la inspección se centrará en:

- Las partes centrales del talón y de los flancos, si se trata de secciones circulares, y
- las cuatro esquinas, en el caso de secciones cuadradas o rectangulares.

Las inspecciones, tanto si pertenecen al plan de autocontrol como si son parte de las inspecciones del control externo, serán realizadas por un Inspector de soldadura de nivel 2, conforme a la norma UNE 14618, o por cualquier otra persona con la suficiente cualificación técnica que sea autorizada por la dirección facultativa. En todo caso, la dirección facultativa podrá exigir la certificación del inspector de soldadura.

De todos los controles que se efectúen, se registrará su correspondiente protocolo de inspección, donde además de la descripción, se adjuntarán fichas de control de soldadura que incluirán los resultados del ensayo y la posición exacta de dicho control.

Se autocontrolarán todos los cordones. Cualquier ensayo se realizará una vez transcurridas al menos 16 horas desde la deposición del cordón. Este plazo se alargará hasta 40 horas cuando exista riesgo de fisuración en frío. En particular:

- Materiales de espesor superior a 40 mm.
- Aceros de calidad superior a S355.
- Cordones muy embridados.
- Aceros de resistencia a la corrosión mejorada



Las soldaduras que a lo largo del proceso de fabricación resulten inaccesibles deberán inspeccionarse antes de que ello ocurra.

Cuando un elemento o una zona del mismo haya sido deformado para corregir desviaciones geométricas resultantes de la fabricación, todas las soldaduras situadas en las zonas afectadas serán inspeccionadas y, si procediera, ensayadas, como si no lo hubieran sido con anterioridad.

El autocontrol de las soldaduras incluirá una serie de comprobaciones que serán, como mínimo:

- Una inspección visual, preceptiva para todos los cordones, y
- unas comprobaciones adicionales, para clases de ejecución diferentes de C1, mediante la realización de ensayos no destructivos, cuya frecuencia debe ser función de la clase de ejecución, de acuerdo con la tabla 91.2.2.5.

Tabla 91.2.2.5. Frecuencias de ensayo

Tipo de soldadura		Ensayo			
		Soldaduras en Taller		Soldaduras en obra	
		C.E. 4 y 3	C.E. 2	C.E. 4 y 3	C.E. 2
Cordones de fuerza	Cordones a tope sometidos a tensiones de tracción ( $k \geq 0,8$ )	100 %	50 %	100 %	100 %
	$0,3 < k < 0,8$	50 %	20 %	100 %	50 %
	$k \leq 0,3$	10 %	5 %	20 %	10 %
	Cordones a tope sometidos a tensiones de compresión	10 %	5 %	20 %	10 %
	Cordones de ángulo.	20 %	10 %	20 %	10 %
	Cordones Longitudinales	10 %	5 %	20 %	10 %
Uniones de atado	Rigidizadores, correas, etc.	5 %			
K: Coeficiente de utilización C.E. Clase de ejecución					

Si del autocontrol se derivase alguna no conformidad, se rechazará el lote y se incrementará la frecuencia de ensayos, respecto de la indicada en la tabla 91.2.2.5



La inspección visual de los cordones se desarrollará una vez completadas todas las soldaduras de un área de inspección y previamente a la realización de cualquier ensayo.

La inspección visual incluirá:

- La existencia y situación de todos los cordones.
- La inspección de los cordones conforme a UNE-EN 970.
- Zonas de cebado y cierre.

La inspección de la forma y superficie de los cordones de los nudos entre secciones huecas prestará atención especial a los siguientes aspectos:

- En el caso de secciones circulares, a las partes centrales del talón y de los flancos
- En el caso de secciones cuadradas o rectangulares: a las cuatro esquinas
- La aceptación de los cordones en la inspección visual se efectuará según lo que establece el apartado 77.6 de esta Instrucción.

Se realizarán los siguientes ensayos no destructivos según los principios generales establecidos en UNE-EN12062 y conforme a las especificaciones particulares de cada método de ensayo:

- Líquidos penetrantes (LP), según UNE-EN 1289.
- Partículas magnéticas (PM), según UNE-EN 1290.
- Ultrasonidos (US), según UNE-EN 1714.
- Radiografías (RX), según UNE-EN 12517.

Cuando se localice alguna imperfección “admisible” no será precisa su reparación, pero se inspeccionará un tramo adicional del mismo cordón. Si se encuentra una imperfección no admisible se repararán todos los defectos.

Si la imperfección es “no admisible” será necesaria una reparación, según un procedimiento establecido. Dicha reparación no afectará únicamente a la imperfección no admisible, sino también a todas aquellas admisibles que se hayan detectado con anterioridad. Adicionalmente, se incrementará el nivel de control para las soldaduras de ese soldador en el porcentaje adicional indicado en el correspondiente plan de autocontrol.

Si un tercio de los soldadores tiene un incremento de su nivel de control se comunicará a la dirección facultativa para que aumente el nivel de control externo llevado a cabo por la entidad de control y tome las medidas oportunas.

Todas las soldaduras se inspeccionarán visualmente. Se realizarán ensayos adicionales en los puntos donde se sospeche que pueden existir defectos.



Las radiografías podrán sustituirse por ultrasonidos en soldaduras de difícil acceso y, en general, siempre que así lo indique la dirección facultativa. Los procedimientos LP y PM son intercambiables, siendo preferible la realización de éste último.

En todos los puntos donde existan cruces de cordones de soldadura se realizará una radiografía adicional.

En general, el autocontrol realizará una inspección mediante partículas magnéticas o en su defecto líquidos penetrantes, de un 15% del total de la longitud de las soldaduras en ángulo, con los criterios de aceptación fijados en las normas ya referidas. Esta inspección será posterior a la visual y realizada por el mismo inspector, que seleccionará estas soldaduras, y siempre comprenderá los extremos (inicios y finales) de cordones.

Cuando la porosidad superficial sea excesiva a juicio de la dirección facultativa, será obligatorio realizar una inspección del interior del cordón.

Asimismo, en general, se realizará una inspección radiográfica y ultrasónica de las soldaduras a tope, tanto de chapas en continuación como de uniones en T, cuando éstas sean a tope. Cuando coexistan la inspección visual y la realización de ensayos no destructivos en una misma costura, se simultanearán ambos cuando esto sea posible.

- En las inspecciones radiográficas que se realicen, las uniones calificadas con 1 ó 2 de acuerdo con la norma UNE-EN 12517 serán admisibles.
- Las soldaduras con calificaciones 3, 4 ó 5 se levantarán para proceder a su nueva ejecución. Excepcionalmente, las calificadas con 3 podrán admitirse en función de la amplitud del defecto, posición y características de la unión, solicitudes, etc.
- Las deformaciones provocadas por las soldaduras serán corregidas por calor, no adoptando en ningún caso temperaturas de calentamiento superiores a 900° C.
- No se empleará agua o cualquier otro proceso para enfriar bruscamente.
- Si durante la inspección visual de las soldaduras se detectase algún defecto, éste será corregido conforme al criterio que figura en la tabla que sigue:

<b>Descripción del defecto</b>	<b>Corrección</b>
Fisuras	Saneado de las fisuras y nuevo cordón
Poros y desbordamientos	Soldar de nuevo después de sanear con arco-aire. Longitud mínima de saneado 40 mm
Mordeduras	Saneado y posterior depósito de material de aportación, longitud mínima de saneado 40 mm
Concavidades y convexidades no previstas	Amolado
Otros defectos: entallas y estrías superficiales con posterior depósito de material; hendiduras de límite de aportación, etc.	Amolado o saneado por arco-aire



#### 91.2.2.6. Control de soldaduras reparadas

En el caso de estructuras de clases 1, 2 ó 3, el control de las soldaduras reparadas se efectuará conforme a los procedimientos homologados.

Los cordones reparados se inspeccionarán y ensayarán de nuevo como si fueran nuevos.

#### 91.2.2.7. Control de uniones atornilladas

El plan de autocontrol del constructor deberá considerar, en su caso, la comprobación de las uniones mediante fijación con elementos mecánicos, a las que se refiere el Artículo 76 de esta Instrucción.

Dichas comprobaciones deberán incluir las correspondientes a la aplicación de los pares de apriete adecuados, de acuerdo con lo especificado en el proyecto y en esta Instrucción. En el caso de tornillos pretensados se comprobará que el esfuerzo aplicado es superior al mínimo establecido.

Los criterios de aceptación o rechazo serán los definidos al efecto en esta Instrucción.

El plan de autocontrol deberá fijar la frecuencia de las comprobaciones, que puede establecerse, en principio, en el 100% de las uniones entre elementos principales (vigas, pilares, chapas, etc.) y el 25% de las uniones en elementos secundarios (rigidizadores, triangulaciones secundarias, etc).

#### 91.2.2.8. Control del armado en taller

Antes de iniciarse la fabricación, el constructor propondrá, por escrito y con los planos necesarios, la secuencia de armado y soldeo, que a juicio de sus conocimientos y experiencia considere óptimas, en función de la máxima reducción de tensiones residuales y deformaciones previsibles. Estas secuencias se someterán a la dirección facultativa para su aprobación.

En el armado previo de taller se comprobará que la disposición y dimensiones de cada elemento se ajustan a las indicadas en los planos de taller. Se rectificarán o rechazarán todas las piezas que no permitan el acoplamiento mutuo, sin forzarlas, en la posición que hayan de tener, una vez efectuadas las uniones definitivas.

En cada una de las piezas preparadas en taller se pondrá con pintura o lápiz grueso la marca de identificación con que ha sido designada en los planos de taller para el armado de los distintos elementos.

Asimismo, cada uno de los elementos terminados en taller llevará la marca de identificación necesaria (realizada con pintura) para determinar su posición relativa en el conjunto de la obra. Adicionalmente, se procederá a troquelar la pieza armada al objeto de garantizar la trazabilidad de los productos hasta la obra.

La dirección facultativa efectuará las visitas e inspecciones que considere oportunas para comprobar el proceso de montaje. Por otra parte, la entidad de control efectuará también las inspecciones que establezca el correspondiente plan de inspección externa.



El autocontrol incluirá, al menos, las siguientes comprobaciones:

- Identificación de los elementos.
- Situación de los ejes de simetría.
- Situación de las zonas de sujeción a los elementos contiguos.
- Paralelismo de alas y platabandas.
- Perpendicularidad de alas y almas.
- Abollamiento, rectitud y planeidad de alas y almas.
- Contraflechas.

El control del armado se realizará con un muestreo cubriendo los siguientes porcentajes: 100% y 25%, según se trate de elementos principales o secundarios, respectivamente.

### **91.3. Comprobación de la conformidad del montaje.**

#### **91.3.1. Comprobaciones previas al montaje**

Previamente al inicio del montaje en obra, la dirección facultativa comprobará la correspondencia con el proyecto de los elementos elaborados en taller, así como la conformidad de la documentación suministrada con los mismos.

Asimismo, el constructor deberá elaborar la documentación de montaje que deberá ser aprobada por la dirección facultativa, previamente al inicio de las operaciones de obra. Como mínimo, aquélla constará de los siguientes documentos, recogidos en los apartados que a continuación se indican:

##### **91.3.1.1. Memoria de montaje**

La Memoria de montaje incluirá el cálculo de las tolerancias de posicionamiento de cada componente de forma coherente con el sistema general de tolerancias (en especial en lo que al replanteo de placas base se refiere), la descripción de las ayudas al montaje (casquillos provisionales de apoyo, orejetas de izado, elementos de guiado, etc.), definición de las uniones en obra, medios de protección de soldaduras, procedimientos de apriete de tornillos, etc.

Asimismo incluirá un apartado específico relativo a las comprobaciones de seguridad durante el montaje, comprobando además que, como consecuencia del proceso de montaje, no se generan solicitaciones permanentes sobre la estructura que sean diferentes a las consideradas en el proyecto.



#### 91.3.1.2. Planos de montaje

Se comprobará que recogen en forma esquemática la posición y movimientos de las piezas durante el montaje, los medios de izado, los apuntalamientos provisionales y, en general, toda la información necesaria para el correcto manejo de las piezas.

#### 91.3.1.3. Programa de inspección

Deberá indicar los procedimientos de autocontrol del constructor, especificando los elementos a los que se aplica cada inspección, el tipo (visual, mediante ensayos no destructivos, etc.) y nivel, los medios de inspección, las decisiones derivadas de cada uno de los resultados posibles, etc.

### **91.3.2. Comprobaciones durante el montaje**

Durante las operaciones de montaje se comprobará la conformidad de todas aquellas operaciones que se lleven a cabo, mediante la aplicación de criterios análogos a los establecidos por esta Instrucción para el montaje en taller.

En particular, se comprobará que cada operación se efectúa en el orden y con las herramientas especificadas, que el personal encargado de cada operación posee la cualificación adecuada, que se mantiene el adecuado sistema de trazado que permita identificar el origen de cada incumplimiento, etc.