



# **Anejo16**

## **Tolerancias en elementos de acero**



## Contenidos del anejo

<b>1. TOLERANCIAS</b> .....	<b>677</b>
<b>1.1 TOLERANCIAS NORMALES. GENERALIDADES</b> .....	<b>677</b>
<b>1.2 TOLERANCIAS NORMALES. FABRICACIÓN</b> .....	<b>677</b>
<b>1.3 TOLERANCIAS NORMALES. MONTAJE</b> .....	<b>682</b>
<i>1.3.1 Apoyos de contacto total</i> .....	<i>684</i>
<b>1.4 TOLERANCIAS NORMALES PARA PUENTES</b> .....	<b>685</b>
<b>1.5 TOLERANCIAS ESPECIALES</b> .....	<b>686</b>



## 1. Tolerancias

Los elementos de acero fabricados en taller deberán tener marcado CE, y por lo tanto, sus tolerancias dimensionales deberán cumplir lo establecido en la norma armonizada UNE-EN 1090-1.

Para el resto de elementos, se deberá cumplir lo recogido en este anejo.

Las tolerancias se clasifican en:

- Tolerancias normales.
- Tolerancias especiales.

Las tolerancias normales son las que se especifican en este Anejo. Las desviaciones admitidas indicadas no deben ser superadas en ningún caso ya que comprometerían la resistencia y estabilidad de la estructura; tienen la consideración de tolerancias esenciales.

En las tablas que se incluyen más adelante se detallan, dentro del recuadro de las máximas desviaciones permitidas, otras más estrictas cuya observancia permite pasar de 1,05 a 1,00 los coeficientes parciales de resistencia  $\gamma_{M0}$  y  $\gamma_{M1}$  en el apartado 6.1(1) del Anejo 22.

Las tolerancias especiales son más severas y se aplican a aquellos casos en que hay que cumplir requisitos de ajuste, acabado, aspecto estético o condiciones de operación. En casos especiales de montaje o para aumentar la seguridad o la aptitud al servicio de servicio de los componentes estructurales, pueden ser necesarias tolerancias especiales.

En el pliego de prescripciones técnicas particulares se deberán indicar las tolerancias de proyecto. En el caso de tolerancias especiales es necesario explicitar a qué elementos se aplican.

### 1.1 Tolerancias normales. Generalidades

Las tolerancias normales quedan recogidas en las tablas de este anejo. Debe entenderse que se trata de requisitos para la aceptación final de la estructura; por lo tanto, los componentes prefabricados que se montan en obra tienen sus tolerancias de fabricación subordinadas a la comprobación final de la estructura ejecutada.

Si se superan los límites de desviación permitida (el valor de la tolerancia), se dará lugar a una no-conformidad a tratar según los Capítulos 5, 22, 23 y 24 de este Código.

Se admite la justificación de una desviación no corregida de tolerancias esenciales mediante recálculo de la estructura incluyendo explícitamente el valor de la desviación.

Las tolerancias sobre medidas o dimensiones y sobre la forma de productos planos de acero obtenidos por conformación en frío se indican en la norma UNE-EN 10131.

Las desviaciones permitidas para las secciones rectas de los componentes estructurales acabados en caliente serán las que se especifican en las normas siguientes UNE-EN 10024, UNE-EN 10034, UNE-EN 10051, UNE-EN 10056-2, UNE-EN 10079, UNE-EN 10279, UNE-EN 10029, UNE-EN 10210-2.

Las desviaciones permitidas para las secciones rectas de los componentes estructurales conformados en frío serán las que se especifican en la norma UNE-EN 10219-2.

### 1.2 Tolerancias normales. Fabricación

Cuando se añaden productos estándar a un componente se aplican las tolerancias más estrictas al conjunto. Cada producto individualmente debe cumplir con su propia norma aplicable:

- a) En el caso de secciones armadas soldando perfiles laminados, las propias del perfil.
- b) En perfiles conformados en frío es la norma UNE-EN 10162. Para fabricación en prensa aplica lo recogido en la tabla A16.1.2a.
- c) Componentes fabricados, en las tablas A16.1.2b y A16.1.2c.

- d) Las láminas de revolución de acuerdo con las clases de ejecución específicas para este tipo de estructuras (no contempladas en este Código), tienen tolerancias que se indican en el Anexo B de la norma UNE-EN 1090-2.
- e) Para la posición de agujeros para tornillos, tanto individualmente como en grupo, la desviación admisible es de 2 mm.
- f) Para chapas nervadas conformadas en frío, en la tabla A16.1.2d.

Tabla A.16.1.2a. Tolerancias de fabricación para perfiles conformados en frío

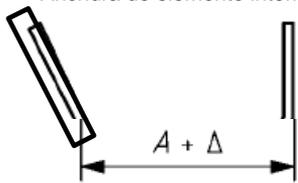
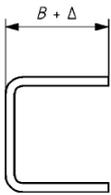
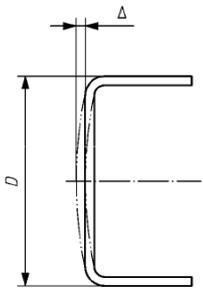
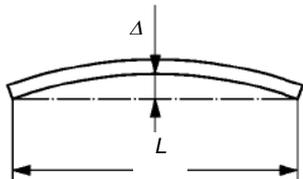
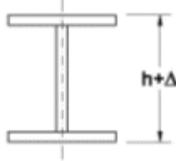
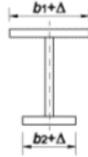
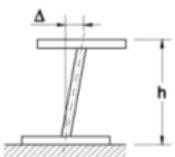
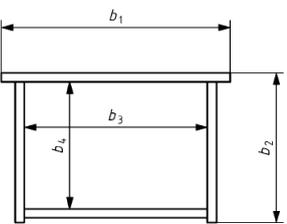
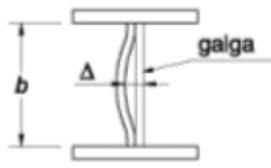
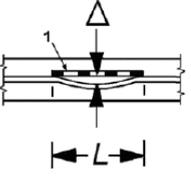
No	Descripción	Parámetro	Desviación admisible
1	<p>Anchura de elemento interior</p> 	Ancho A entre curvas	$-\Delta=A/50$ (obsérvese el signo negativo)  Desviación más estricta: $ \Delta =A/80$
2	<p>Anchura de elemento exterior</p> 	Ancho B entre curva y un borde libre	$-\Delta=B/80$ (obsérvese el signo negativo)  Desviación más estricta: $ \Delta =B/100$
3	<p>Planeidad</p> 	Desviación cóncava o convexa	$\Delta=D/50$  Desviación más estricta: $ \Delta =D/80$
4	<p>Rectitud de componentes que se van a utilizar sin empotrar</p> 	Desviación $\Delta$ de la rectitud	$ \Delta =L/750$  Desviación más estricta: $ \Delta =L/1000$

Tabla A16.1.2b. Tolerancias de fabricación para perfiles armados

No	Descripción	Parámetro	Desviación admisible
1	Canto 	Canto total h:	$\Delta = -h/50$ (obsérvese el signo negativo)  Desviación más estricta : $\Delta = -h/100$
2	Anchura del ala 	Anchura $b = b_1$ o $b_2$	$\Delta = -b/100$ (obsérvese el signo negativo)  Desviación más estricta : $\Delta = -h/150$
3	Perpendicularidad en apoyos 	Verticalidad del alma en los pilares, para componentes sin rigidizadores de apoyo	$\Delta = \pm h/200$  pero $ \Delta  \geq t_w$ ( $t_w$ = espesor del alma)  Desviación más estricta:  $ \Delta  = h/300$
4	Dimensiones de la sección 	Dimensiones interiores o exteriores  donde $b = b_1, b_2, b_3$ o $b_4$	$-\Delta = b/100$ (obsérvese el signo negativo)  Desviación más estricta: $-\Delta = b/150$
5	Curvatura de la chapa 	Desviación $\Delta$ sobre la altura de la chapa b	$\Delta = \pm b/200$ si $b/t \leq 80$ $\Delta = \pm b^2/(1600 t)$ si $80 < b/t \leq 80$ $\Delta = \pm b/80$ si $b/t > 200$ pero $ \Delta  \geq t$  Desviación más estricta : $ \Delta  = b/150$
6	Deformación del alma 	Desviación $\Delta$ sobre la longitud de referencia L igual a la altura del alma b	$\Delta = \pm b/100$  pero $ \Delta  \geq t$ (t = espesor de la chapa)  Desviación más estricta :

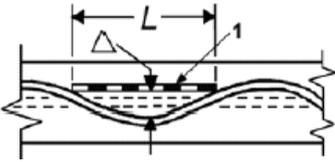
			$ \Delta  = b/100$
7	Ondulación del alma 	Desviación $\Delta$ sobre la longitud de referencia L igual a la altura del alma b	$\Delta = \pm b/100$  pero $ \Delta  \geq t$ (t = espesor de la chapa)  Desviación más estricta:  $ \Delta  = b/150$
NOTA: Las notaciones del tipo $\Delta = \pm b/100$ pero $ \Delta  \geq t$ significan que debe adoptarse el mayor de los dos valores			

Tabla A16.1.2.b (continuación). Tolerancias de fabricación para perfiles armados

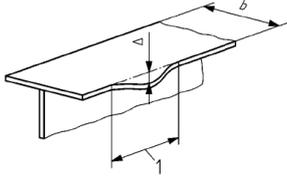
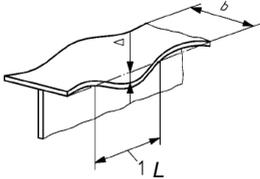
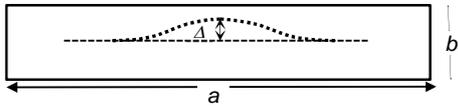
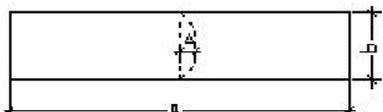
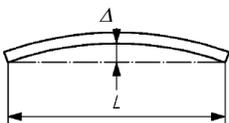
No	Descripción	Parámetro	Desviación admisible
8	Deformación de ala de perfil en I 	Deformación $\Delta$ sobre la longitud de referencia L, donde L = anchura de ala b	$\Delta = \pm b/150$ si $b/t \leq 20$ $\Delta = \pm b^2/(3000t)$ si $b/t > 20$ (t = espesor del ala)  No se requiere desviación más estricta
9	Ondulación del ala en perfil en I 	Deformación $\Delta$ sobre la longitud de referencia L, donde L = anchura de ala b	$\Delta = \pm b/150$ si $b/t \leq 20$ $\Delta = \pm b^2/(3000t)$ si $b/t > 20$ (t = espesor del ala)  No se requiere desviación más estricta
10	Imperfecciones fuera de plano de paneles de chapa entre almas o rigidizadores, caso general 	Deformación $\Delta$ perpendicular al plano de la chapa si $a \leq 2b$ si $a > 2b$	$\Delta = \pm a/250$ $\Delta = \pm b/125$  No se requiere desviación más estricta
11	Imperfecciones fuera de plano de paneles de chapa entre almas o rigidizadores (caso especial con compresión en la dirección transversal, se aplica el caso general salvo que se especifique este caso especial) 	Deformación $\Delta$ perpendicular al plano de la chapa si $b \leq 2a$ si $b > 2a$	$\Delta = \pm b/250$ $\Delta = \pm a/125$  No se requiere desviación más estricta
12	Rectitud de componentes que se van a usar sin empotrar 	Desviación $\Delta$ de la rectitud	$\Delta = \pm L/750$  Desviación más estricta:

Tabla A16.1.2.c Tolerancias de fabricación para paneles rigidizados

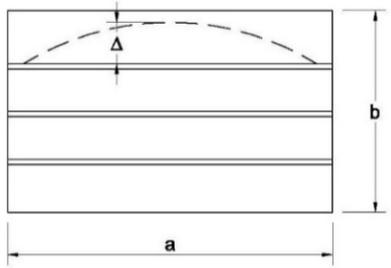
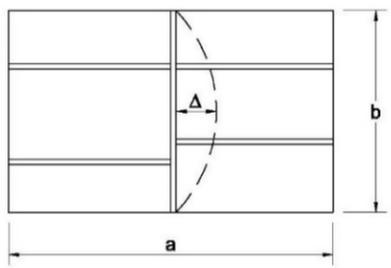
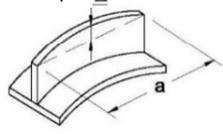
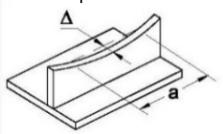
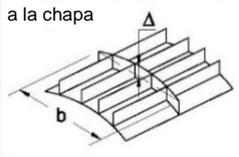
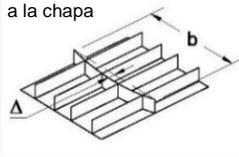
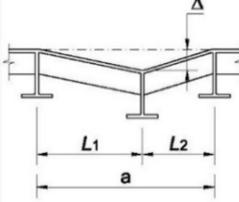
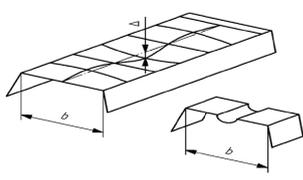
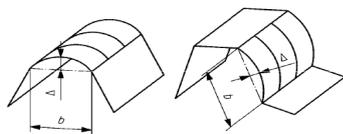
No	Descripción	Parámetro	Desviación admisible
		 <p>Rigidizadores longitudinales</p>	
		 <p>Rigidizadores transversales</p>	
1	Planeidad de rigidizadores longitudinales	Desviación $\Delta$ perpendicular a la chapa 	$ \Delta  = a/400$ Desviación más estricta: $a/500$
2		Desviación $\Delta$ paralela a la chapa 	$ \Delta  = a/400$ Desviación más estricta: $a/500$
3	Planeidad de rigidizadores transversales en paneles doblemente rigidizados	Desviación $\Delta$ perpendicular a la chapa 	$ \Delta  = a/400$ $ \Delta  = b/400$ Desviación más estricta: $a/500$
4		Desviación $\Delta$ paralela a la chapa 	$ \Delta  = b/400$ Desviación más estricta: $a/500$
5	Alineación de vigas o rigidizadores transversales	Nivel con respecto a pórticos transversales adyacentes 	$ \Delta  = a/400$ Desviación más estricta: $a/500$

Tabla A16.1.2d Tolerancias de fabricación para chapas nervadas conformadas en frío

No	Descripción	Parámetro	Desviación admisible
1	Planicidad de ala o alma rigidizada o sin rigidizar 	Desviación $\Delta$ de la planicidad de un elemento nominalmente plano	$ \Delta  \leq b/50$  Desviación más estricta: $ \Delta  = b/80$
2	Curvatura de alma o ala 	Desviación $\Delta$ de la forma prevista de alma o de ala sobre la anchura de la curva b	$ \Delta  \leq b/50$  Desviación más estricta: $ \Delta  = b/80$

### 1.3 Tolerancias normales. Montaje

Las desviaciones de elementos montados deben medirse con relación a una red de puntos fijos previamente establecidos.

Para el centro de un grupo de pernos de anclaje u otro tipo de base de soporte no se permite una desviación superior a  $\pm 6$  mm.

El centro de un pilar o columna no puede desviarse más de  $\pm 5$  mm de su posición teórica en planta.

Es aconsejable disponer los agujeros para pernos en la placa base con suficiente holgura (rasgados o de mayor diámetro) para facilitar el cumplimiento de ese requisito. En ese caso, se deben usar arandelas mayores.

El nivel de las placas base no puede desviarse más de  $\pm 5$  mm.

Las tolerancias de montaje de pilares se dan en las tablas A16.1.3.a y A16.1.3.b.

La media aritmética de 6 pilares contiguos en un edificio de varias plantas debe cumplir lo recogido en la tabla A16.1.3.b en ambas direcciones (pórticos ortogonales).

En un grupo de 6 pilares que cumplan esa tolerancia se puede admitir una desviación individual de  $h/100$ .

La desviación entre líneas de pilares adyacentes estará dentro de la tolerancia de  $\pm 5$  mm de dimensión teórica.

Ese emparrillado teórico se replanteará antes de que se inicie el montaje.

Cuando esté previsto que los grupos de pernos vayan desplazados o desalineados de las líneas teóricas, la desviación de  $\pm 6$  mm se aplica a los desplazamientos con respecto a la cuadrícula de pilares establecida.

La longitud que sobresale de un perno de anclaje (en su posición de ajuste óptimo si es regulable) estará vertical hasta dentro de 1 mm en 20 mm. Un requisito similar se aplicará a un conjunto de pernos horizontales y a otros ángulos.

Los agujeros de las placas de asiento y de las placas de fijación se dimensionarán considerando holguras coherentes con las desviaciones admitidas para los pernos.

Los pilares adyacentes a los fosos de ascensores pueden requerir tolerancias especiales.

Tabla A16.1.3a Tolerancias de montaje de pilares en pórticos de una altura

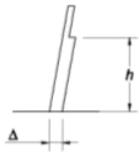
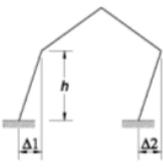
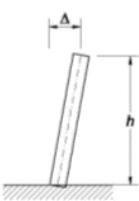
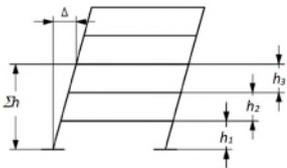
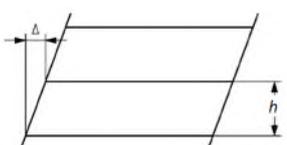
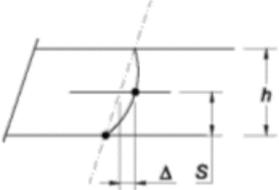
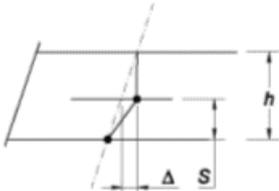
No	Descripción	Parámetro	Desviación admisible
1	<p>Inclinación de cualquier pilar que soporte un puente grúa</p> 	<p>Inclinación desde un nivel del suelo hasta el apoyo de la pluma de la grúa</p>	<p><math> \Delta  = h/1000</math></p> <p>No se requiere desviación más estricta</p>
2	<p>Inclinación de pilares de una sola planta en edificios porticados</p> 	<p>Inclinación media de todos los pilares en el mismo pórtico</p> <p>Para dos pilares: <math>\Delta = (\Delta_1 + \Delta_2)/2</math></p>	<p><math> \Delta  = h/500</math></p> <p>No se requiere desviación más estricta</p>
3	<p>Inclinación de pilares de edificios de una sola planta</p> 	<p>Inclinación general en la altura de la planta <math>h</math></p>	<p><math> \Delta  = h/300</math></p> <p>Desviación más estricta: <math> \Delta  = h/500</math></p>
4	<p>Rectitud de un pilar de una sola planta</p> 	<p>Localización del pilar en planta, con respecto a una línea recta entre puntos de posición en la parte superior y en la parte inferior:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- generalmente</li> <li>- secciones huecas estructurales</li> </ul>	<p><math> \Delta  = h/750</math></p> <p>Desviación más estricta: <math> \Delta  = h/1000</math></p>

Tabla A16.1.3b Tolerancias de montaje en pilares de pórticos de varias plantas

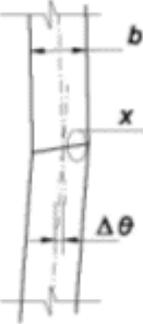
No	Descripción	Parámetro	Desviación admisible
1	Localización en cada nivel de planta, con relación al nivel de base 	Localización del pilar en planta a cualquier nivel de forjado con respecto a una línea vertical a través de su centro a nivel de base	$ \Delta  = \Sigma h / (300\sqrt{n})$  No se requiere desviación más estricta.
2	Inclinación de un pilar entre niveles de forjados adyacentes 	Localización del pilar en planta, con respecto a una línea vertical a través de su centro al nivel siguiente más bajo	$ \Delta  = h/500$  No se requiere desviación más estricta.
3	Rectitud de un pilar entre niveles de forjados adyacentes 	Localización del pilar en planta, con respecto a una línea recta entre puntos de posición a niveles de forjados adyacentes	$ \Delta  = h/750$  Desviación más estricta: $ \Delta  = h/1000$
4	Rectitud de un pilar empalmado entre niveles de forjados adyacentes 	Localización del pilar en planta en el empalme, con respecto a una línea recta entre puntos de posición a niveles de forjados adyacentes	$ \Delta  = s/750$ con $s \leq h/2$  Desviación más estricta: $ \Delta  = h/1000$

### 1.3.1 Apoyos de contacto total

Cuando se especifique un apoyo de contacto total, las superficies se dispondrán de tal modo que cuando el apoyo y las barras de contacto estén alineadas localmente dentro de una desviación angular de 1 sobre 1000, la holgura máxima entre las superficies de contacto no excederá de 1 mm localmente y tampoco excederá de 0,5 mm sobre los dos tercios, como mínimo, del área de contacto según se muestra en la tabla A16.1.3c.

Cuando la magnitud de la holgura supere los límites especificados, pero sea menor que 6 mm, podrán utilizarse cuñas o calzos para reducir dicha holgura a los límites de desviación admitida. Las cuñas estarán fabricadas a partir de llantas o pletinas de acero suave (de bajo contenido de carbono).

Tabla A16.1.3c Tolerancias de montaje para apoyos de contacto total

No	Descripción	Parámetro	Desviación admisible
1		Desalineación angular local $\Delta\theta$ que se produce al mismo tiempo que la distancia de separación $\Delta$ en el punto "X"	$\Delta\theta = \pm 1/500$  No se requiere desviación más estricta
2		Holgura en x	$\Delta = 0,5 \text{ mm}$  sobre los dos tercios del área de contacto con un máximo local de 1 mm  No se requiere desviación más estricta

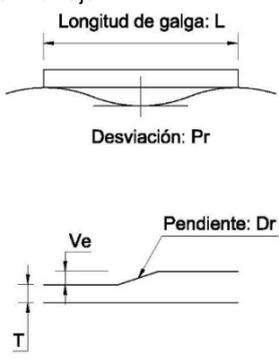
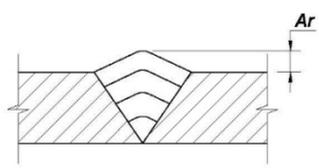
#### 1.4 Tolerancias normales para puentes

Los soportes / pilas de puentes deben cumplir con una tolerancia  $\pm 5 \text{ mm}$  en vertical y en planta.

Las almas de vigas principales deben cumplir una tolerancia en verticalidad de canto/300.

Otras tolerancias específicas de puentes se recogen en la tabla A16.1.4.

Tabla A16.1.4 Tolerancias de montaje para puentes

No	Descripción	Parámetro	Desviación admisible
1	Longitud del tramo	Desviación $\Delta$ de la distancia L entre dos soportes consecutivos medida sobre la parte superior del ala de arriba	$\Delta = \pm (30+L/10000)$
2	Elevación del puente o perfil de plano	Desviación $\Delta$ del perfil nominal teniendo en cuenta niveles contruidos de los pilares  L $\leq$ 20 m :  L > 20 m :	$\Delta = \pm (L/1000)$  $ \Delta  = \pm (L/2000+10 \text{ mm}) \leq 35 \text{ mm}$
3	Ajuste de tableros ortótopos de espesores de chapa T después del montaje  	Diferencia de nivel en la unión  T $\leq$ 10 mm : 10 mm < T < 70 mm : T > 70 mm :  Pendiente:  T $\leq$ 10 mm : 10 mm < T < 70 mm : T > 70 mm :  Planeidad en cualquier dirección:  T $\leq$ 10 mm :  T > 70 mm :  Caso general:  Longitudinalmente:  NOTA: los valores para Pr pueden ser interpolados entre  10 mm < T $\leq$ 70 mm :	  Ve = 2 mm Ve = 5 mm Ve = 8 mm  Dr = 8% Dr = 9% Dr = 10%  Pr = 3 mm en 1 m Pr = 4 mm en 3 m Pr = 5 mm en 5 m  Pr = 5 mm en 3 m Pr = 18 mm en 3 m
4	Soldeo de tablero ortótropo  	El saliente $A_r$ de la soldadura por encima de la superficie circundante	$A_r = +1 / -0 \text{ mm}$

## 1.5 Tolerancias especiales

Para las tolerancias especiales se recomienda seguir las denominadas tolerancias suplementarias del Anexo B de la norma UNE-EN 1090-2, donde se establecen dos niveles o clases para fabricación y montaje.



Debe indicarse a que componentes aplica, ya que se puede utilizar para un elemento único o bien a un conjunto.

En aquellos casos en los que se cita dicho Anexo B sin especificar la clase de tolerancia, se entenderá que es clase de tolerancia 1, menos severa que clase 2.

Un ejemplo de aplicación de clase 2 de tolerancia es el montaje de una fachada acristalada, con objeto de reducir las holguras y mejorar el ajuste.

Hay que tener en cuenta al especificar la clase de tolerancia suplementaria (sobre todo la 2) que las vigas y dinteles de pórticos traslacionales pueden tener flechas y corrimientos relativamente grandes.

Excepto en el caso de barras sometidas a esfuerzos dinámicos una tolerancia aplicable puede ser el quinientosavo de su longitud.