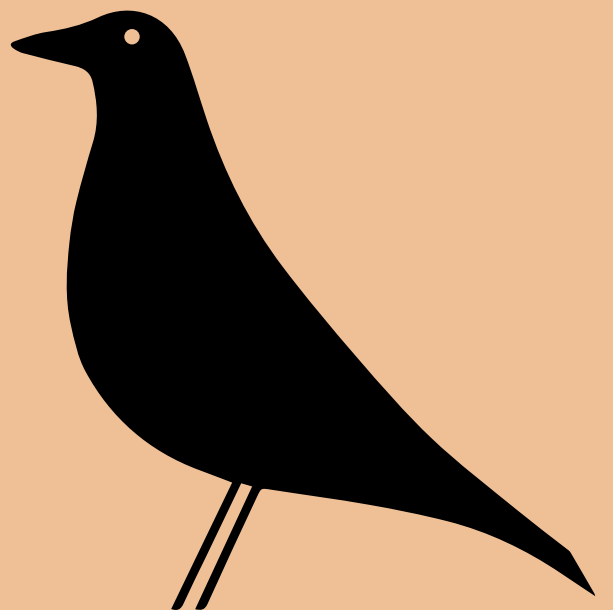


Anejo

Cálculos de elementos de unión



Índice del anejo

1. Unión de los perfiles Bosch curvados al tubo macizo	4
2. Unión de las placas de la plataforma giratoria a la cruz de madera y al tablero de madera inferior	5
2.1. Expositor 3.....	6
2.2. Expositor 1 y 2.....	7
3. Unión de los tableros de madera inferiores a las patas.....	7
4. Unión de placas base Bosch a las bases.....	8
5. Unión de las patas a la placa base Bosch.....	8
Referencias.....	9

Los cálculos que se muestran a continuación son de la tornillería utilizada para crear el montaje de los expositores. Su cálculo ha tenido mucha influencia en las dimensiones de los elementos que se unen, ya que la longitud de los tornillos está directamente relacionada con la longitud empotrada, la del agujero roscado y el taladro. Esta evolución se explicará a medida que se realizan los cálculos.

Las normas utilizadas para los tornillos y las arandelas son, respectivamente:

- UNE-EN ISO 7380-1 (2023)
- UNE-EN ISO 7089 (2020)

Hay uniones en las que se ha tenido que recurrir a la utilización de insertos metálicos para poder atornillar los tornillos a unas placas de madera, siguiendo para su cálculo la norma DIN 8140, relativa a “Insertos roscados de alambre para roscas de tornillo métricas ISO”, y que tiene dos partes:

- Parte 1. Dimensiones y condiciones técnicas de entrega
- Parte 2. Roscas helicoidales para insertos, tolerancias de rosca

En la parte 1 se define qué inserto debe elegirse en función de la métrica y la calidad del tornillo que se vaya a roscar dentro del inserto. Una vez hecho ese cálculo, se recurre a la parte 2 para definir el agujero roscado que debe hacerse en las piezas en las que se roscará el inserto. Esta norma establece una denominación para los agujeros roscados destinados a albergar un inserto metálico, llamándolos “EG” seguido de la métrica del tornillo que alberga el inserto, y en ella se encuentran todas las características geométricas en las roscas establecidas.

1. Unión de los perfiles Bosch curvados al tubo macizo

El objetivo de esta unión es juntar los perfiles Bosch previamente curvados haciendo una media circunferencia, de tal forma que deben unirse por los extremos mediante un atornillado a un elemento común entre ambos perfiles. Se observa que el espesor a atravesar es de tan solo 2,5 mm, por lo que se debe introducir dentro del perfil un tubo (elemento común), en este caso de acero, para que el tornillo quede firmemente fijado. Además, se utilizará una arandela de dimensiones acordes a la métrica del tornillo para reforzar la unión.

Datos:

M4 (paso normal de 0,7)

Agujero de paso= 4,5 mm

L_e = Diámetro tornillo= 4mm

h = altura arandela = 0,8 mm

Espesor pieza 1 (perfil Bosch): 2,5 mm

Espesor pieza 2 (tubo): 9,5 mm

Cálculos:

$$L_{\text{tornillo}} = e_1 + L_e + h = 2,5 + 4 + 0,8 = 7,3 \text{ mm}$$

$$L_{\text{normalizada}} = 8 \text{ mm}$$

$$L_{\text{roscada del agujero}} = L_e + 2 \times \text{Paso} = 4,7 + 2 \times 0,7 = 6,1 \text{ mm} \approx 6,5 \text{ mm}$$

$$L_{\text{taladro}} = 1,25 \times L_{\text{roscada del agujero}} = 1,25 \times 6,5 = 8,125 \text{ mm} \approx 8,5 \text{ mm}$$

Como solo quedaría 1 mm para atravesar el cilindro, se hace el agujero pasante, pasando del planteamiento de la Figura 1 al de la Figura 2.

Las dimensiones de la arandela se muestran en la Figura 3.

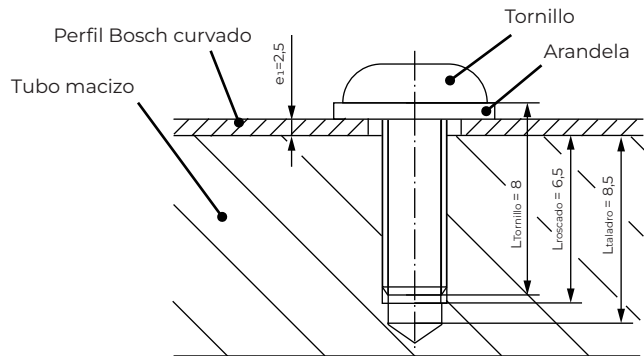


Fig. 1. Unión 1 - Planteamiento inicial del montaje

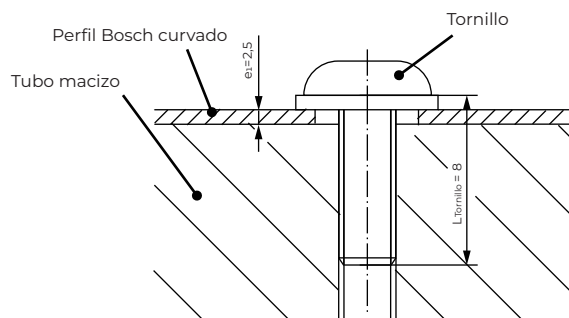


Fig. 2. Unión 1 - Planteamiento final del montaje

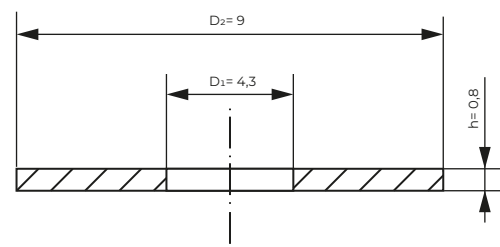


Fig. 3. Medidas de arandela para M4

Denominación de los elementos de unión:

- Tornillo de cabeza cilíndrica abombada con hueco hexagonal ISO 7380-1 – M4 x 8 – 010.9
- Arandela ISO 7089-4-300HV

2. Unión de las placas de la plataforma giratoria a la cruz de madera y al tablero de madera inferior

Esta unión permite hacer realidad la principal forma de interacción con el público: poder girar el tablero del expositor para poder observar el mobiliario desde cualquier dirección en la sala 2, y en el caso de la sala 3 crear combinaciones de asientos y bases con patas.

Se deben utilizar unas planchas de un material a escoger que sea de 6 mm de grosor para encajar en las ranuras de los perfiles Bosch curvados, que contienen en una (o dos en el caso del expositor de la sala 3, para el perfil Bosch curvado n.º 1) de sus ranuras un perfil para ribetear que permite este tamaño máximo de espesor de placa.

Al principio se contempló la opción de utilizar una placa de acero para los expositores, sobre la que se pegaría un vinilo con una indicación de que se puede girar sobre esta placa en la parte superior. La Figura 4 muestra esta primera idea que se concebía para que el tornillo no atravesara el vinilo: una placa de acero con un agujero pasante, y el tornillo no llega hasta el final.

Datos:

M8 (paso normal de 1,25)

Le = Diámetro tornillo = 8 mm

Agujero de paso (invariable) = 9 mm

Espesor pieza 1 (elemento giratorio) = 2,5 mm

Espesor pieza 2 (placa de acero) = 6 mm

h = altura arandela = 1,6 mm

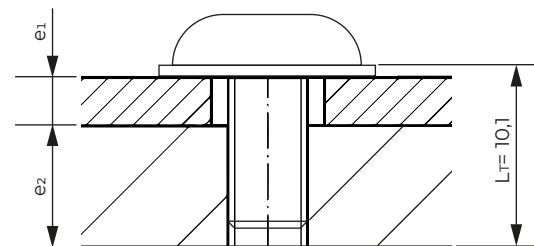


Fig. 4. Unión 2 - Planteamiento inicial del montaje

Cálculos:

Longitud total (L_T) = $1,6 + 6 + 2,5 = 10,1$ mm

$L_{\text{tornillo}} = e_1 + L_e + h = 2,5 + 8 + 1,6 = 12,1$ mm

$L_{\text{normalizada}} = 12$ mm (para tener el espesor de placa lo más pequeño posible)

Se ha comprobado que la situación planteada en la Figura 4 no es posible con solo una placa de 6 mm, ya que la longitud del tornillo debe ser de mínimo 12,1 mm con una M8 (que no se puede modificar porque el agujero de paso de las placas es de 9 mm). Por lo tanto, se propone como solución utilizar dos planchas de madera unidas, de tal forma que se consigue un mayor espesor (y en su conjunto pesan menos que una placa de acero) para poder cubrir esta longitud y calcular las longitudes empotrada y roscada respectivamente para colocar un inserto metálico de la norma DIN 8140.

2.1. Expositor 3

Se utilizará una plancha de 6 mm para encajar en el perfil de ribetear y otra de 25 mm recortada en forma de cruz y pegada a la de 6 mm en las zonas donde se atornille. Este nuevo planteamiento se muestra en la Figura 7.

Además, se utilizará una arandela de dimensiones acordes a la métrica del tornillo para reforzar la unión.

Cálculos del tornillo y el inserto metálico:

Según la norma DIN 8140-1, la longitud del inserto para una calidad de tornillo de 10.9 y una resistencia mecánica menor que 150 N/mm² es:

$$L_{\text{inserto}} = 2,5 \times D = 2,5 \times 8 = 20 \text{ mm}$$

Esta longitud es la que se considera la longitud empotrada (L_e) del tornillo, por lo que su longitud será:

$$L_e = L_{\text{inserto}}$$

$$L_{\text{tornillo}} = e_1 + L_e + h = 2,5 + 20 + 1,6 = 24,1 \text{ mm}$$

$$L_{\text{normalizada}} = 25 \text{ mm}$$

Cálculos del taladro en la madera:

Según la norma DIN 8140 – 2, para un inserto de $L=20$ y M8 el agujero que hace la broca es de 8,4 → Agujero EGM8 (Figura 5).

Según la norma DIN 8140 – 1, la longitud roscada y del taladro son:

$$L_{\text{roscada}} = 20 \text{ mm} = L_{\text{inserto}}$$

$$L_{\text{taladro}} = 26,2 \text{ mm} = 26,5 \text{ mm}$$

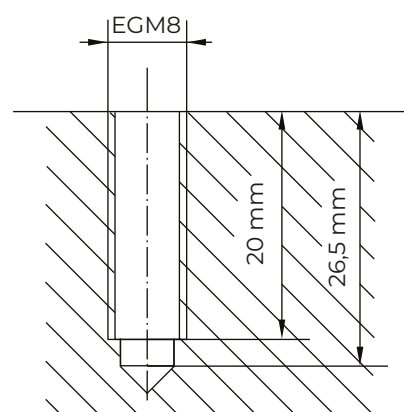


Fig. 5. Unión 2 - Medidas del agujero

Las dimensiones de la arandela se muestran en la Figura 6.

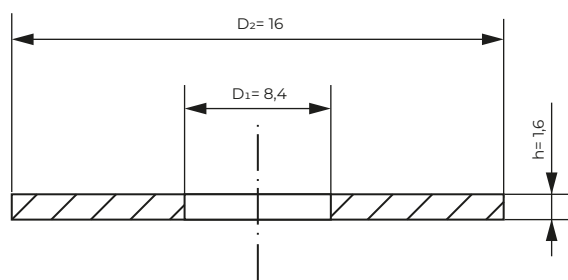


Fig. 6. Medidas de arandela para M8

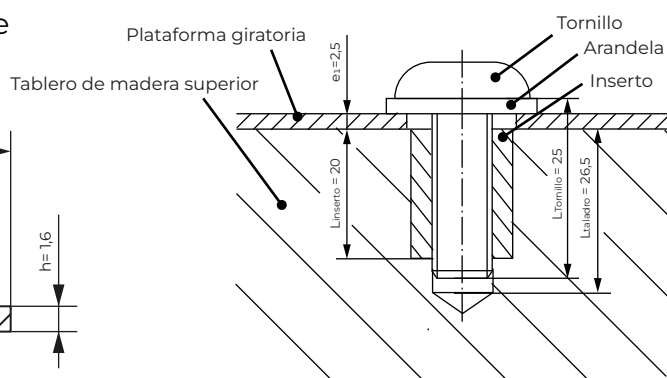


Fig. 7. Unión 2 - Planteamiento final del montaje

Denominación de los elementos de unión:

- Tornillo de cabeza cilíndrica abombada con hueco hexagonal ISO 7380-1 – M8 x 25 – 010.9
- Inserto roscado DIN 8140 – A M8 x 20 – A2
- Arandela ISO 7089-8-300HV

2.2. Expositor 1 y 2

Se utilizará una plancha de 3 mm para encajar en el perfil de ribetear, junto con el espejo de 3 mm, y otra de 25 mm recortada en forma de cruz y pegada en la parte inferior en las zonas donde se atornille. La unión y los cálculos son los mismos que en el expositor 3.

3. Unión de los tableros de madera inferiores a las patas

Los perfiles Bosch seleccionados para las patas contienen una rosca M12 interior en ambos extremos, con el objetivo de unir la placa de madera inferior (que va atornillada como se ha explicado en el punto anterior al elemento giratorio) a estos perfiles con un tornillo M12 y su arandela. La unión se plantea en la Figura 8.

Datos:

M12 (paso normal de 1,75)

Agujero de paso= 13,5 mm

L_e = Diámetro tornillo= 12 mm

h = altura arandela = 2,5 mm

Cálculos:

$L_{\text{tornillo}} = e_1 + L_e + h = 30 + 12 + 2,5 = 44,5 \text{ mm}$

$L_{\text{normalizada}} = 45 \text{ mm}$

$L_{\text{roscada del agujero}} = L_e + 2 \times \text{Paso} = 12,5 + 2 \times 1,75 = 16 \text{ mm}$

La longitud roscada de los extremos de los perfiles llega hasta los 20 mm, por lo que es suficiente.

Las dimensiones de la arandela se muestran en la Figura 9.

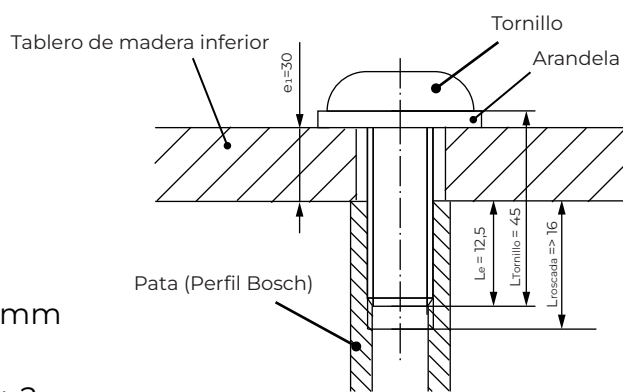


Fig. 8. Unión 3 - Montaje

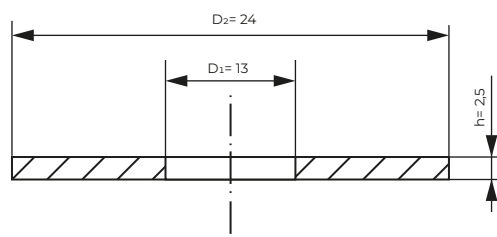


Fig. 9. Medidas de arandela para M12

Denominación de los elementos de unión:

- Tornillo de cabeza cilíndrica abombada con hueco hexagonal ISO 7380-1 – M12 x 45 – 010.9
- Arandela ISO 7089-12-300HV

4. Unión de placas base Bosch a las bases

El suelo del museo está hecho con baldosas negras marmoleadas, que no se deben atornillar directamente para poder preservar el espacio para otro tipo de exposiciones temporales. Es por ello por lo que se requiere de una base pesada a la que atornillar las patas para que el expositor no se caiga durante su manipulación, que en este caso será una plancha circular de acero de 15 mm. La unión se representa en la Figura 10.

Datos:

M12 (paso normal de 1,75)

Agujero de paso= 13,5 mm

Le = Diámetro tornillo= 12 mm

h = altura arandela = 2,5 mm

Cálculos:

$L_{\text{tornillo}} = e_1 + Le + h = 4 + 12 + 2,5 = 18,5 \text{ mm}$

$L_{\text{normalizada}} = 20 \text{ mm}$

$L_{\text{roscada del agujero}} = Le^* + 2 \times \text{Paso} = 5,5 + 2 \times 1,75 = 9 \text{ mm}$

$L_{\text{taladro}} = 1,25 \times L_{\text{roscada del agujero}} = 1,25 \times 9 = 11,25 \text{ mm} \approx 11,5 \text{ mm}$

Como solo quedarían 3,5 mm para atravesar la plancha de acero, se hace el agujero pasante.

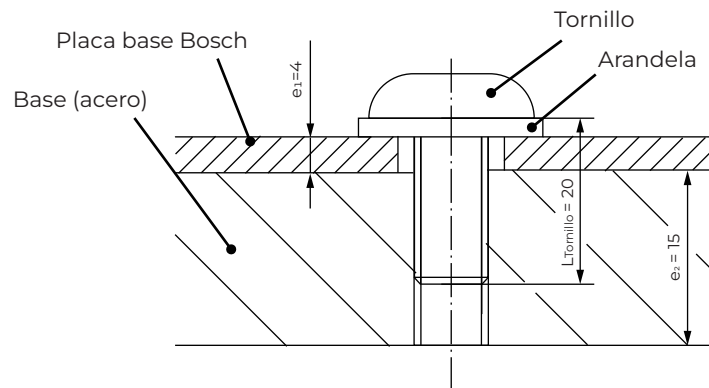


Fig. 10. Unión 4 - Montaje

Las dimensiones de la arandela se muestran en la Figura 9 del punto anterior.

Denominación de los elementos de unión:

- Tornillo de cabeza cilíndrica abombada con hueco hexagonal ISO 7380-1 – M12 x 20 – 010.9
- Arandela ISO 7089-12-300HV

5. Unión de las patas a la placa base Bosch

Para esta unión no es necesario hacer cálculos, ya que la página oficial de los perfiles Bosch recomienda el uso específico para la placa base Bosch escogida tornillos con cabeza de martillo HS10-M8x20 y tuercas con collar M8. El agujero de paso de la placa base Bosch es de 9 mm. La unión se muestra en la Figura 11.

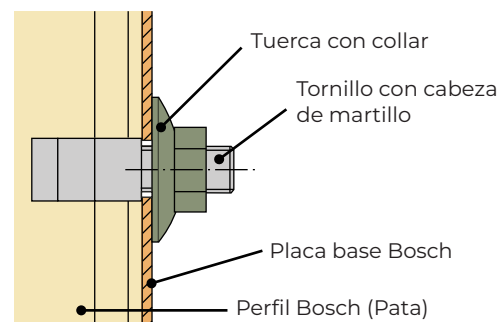


Fig. 11. Unión 5 - Montaje

Referencias

Figura 1. Unión 1 - Planteamiento inicial del montaje. Elaboración propia.

Figura 2. Unión 1 - Planteamiento final del montaje. Elaboración propia.

Figura 3. Medidas de arandela para M4. Elaboración propia.

Figura 4. Unión 2 - Planteamiento inicial del montaje. Elaboración propia.

Figura 5. Unión 2 - Medidas del agujero. Elaboración propia.

Figura 6. Medidas de arandela para M8. Elaboración propia.

Figura 7. Unión 2 - Planteamiento final del montaje. Elaboración propia.

Figura 8. Unión 3 - Montaje. Elaboración propia.

Figura 9. Medidas de arandela para M12. Elaboración propia.

Figura 10. Unión 4 - Montaje. Elaboración propia.

Figura 11. Unión 5 - Montaje. Elaboración propia.