

Anejo Nº3: DISEÑO DE UNIONES

Diseño de módulo prefabricado de uso múltiple para casos de emergencia

Autor

Serrano Richart, Luis

Tutor

Moragues Terrades, Juan José

JUNIO DE 2019

GRADO EN INGENIERIA CIVIL
CURSO 2018/2019

ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS







ÍNDICE

Contenido

1. Objeto.....	7
2. Descripción previa.....	7
3. Normativa empleada	7
4. Diseño de método de unión.....	7
5. Elección de los tornillos y comprobaciones	9
5.1 Elección de los tornillos.....	9
5.2 Comprobaciones	10





ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

• Ilustración 1: Esquema de rasgadura.....	8
• Ilustración 2: Esquema método de unión.....	8
• Ilustración 3: Geometría de orificios rasgados.....	9
• Ilustración 4: Disposiciones constructivas.....	10
• Ilustración 5: Estructura.....	10
• Ilustración 6: Extracto del CTE.....	14





1. Objeto

En este anejo se define el diseño de las uniones propuestas para nuestras estructuras, realizando el diseño y cálculo simplificado de los tornillos y comprobaciones de dichas uniones.

2. Descripción previa

Nuestros diseños de módulos vienen motivados por la intención de conseguir un módulo base ligero, transportable, económico y fácil de montar. Por todo eso se ha optado por emplear uniones en seco para la construcción de las edificaciones. Este tipo de uniones nos permite prescindir de material y personal específico, como soldadores, minimizando la complejidad en obra y permitiendo que cualquier persona pueda realizar la unión de dichos perfiles.

De estas ideas surgió emplear como perfil base el perfil en L, descrito en el ANEJO N°1, ya que nos permite un manejo muy cómodo y presenta una gran versatilidad. Por otro lado se ha decidido emplear uniones empotradas que nos permitan mantener el nudo empotrado pero que permitan a la estructura deformarse.

Como se verá en apartados posteriores, las uniones de nuestro sistema se han pensado para ser lo más sencillas e intuitivas posibles, teniendo previsto la falta de personal cualificado y su puesta en obra.

3. Normativa empleada

Para la realización del diseño y comprobación de nuestras uniones emplearemos la siguiente normativa:

- Instrucción de Acero Estructural (EAE)
- Código Técnico de la Edificación (CTE)
- Norma UNE 17-108-81

4. Diseño de método de unión

En nuestro caso, dado que el módulo se transportará desmontado y se realizará su montaje in situ, todos los elementos han de ser diseñados pensando en su facilidad de montaje. Es por esto que, en primer lugar se tendrán en cuenta las posibles holguras y deficiencias de montaje en obra, por lo que las uniones dispondrán de orificios rasgados, lo que nos proporcionará una mayor seguridad de que nuestros tornillos podrán colocarse correcta y eficientemente. Estas rasgadas se pueden ver reflejadas en la Ilustración 1.

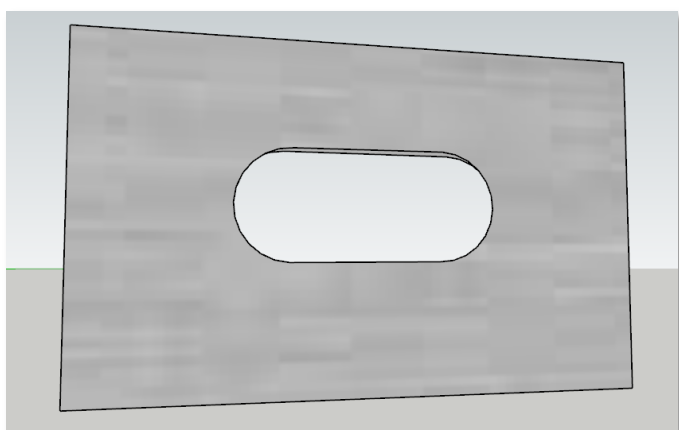


Ilustración 1: Esquema de rasgadura

Con este sistema de rasgaduras conseguimos dotar a nuestras uniones de mayor flexibilidad frente a las desviaciones producidas en el atornillado, debido a la posible falta de personal cualificado en la zona de construcción, previniendo posibles variaciones y consiguiendo así que, en cualquier caso, podamos unir dos perfiles sin ningún problema.

Como solución universal para nuestras uniones, dado que irán siempre unidas dos a dos, hemos optado por efectuar en fábrica rasgaduras como las anteriormente descritas, al final de cada perfil, en todas las caras. Estas rasgaduras irán siempre en el sentido longitudinal de la sección, tal y como se ve en la Ilustración 2, de modo que a la hora de unir dos perfiles, la disposición de estos no sea un problema para su montaje.

Señalar que, tanto la Ilustración 1 como la Ilustración 2 son ilustraciones de las uniones, no siendo las dimensiones reales del diseño, estando dibujadas a modo de ejemplo.

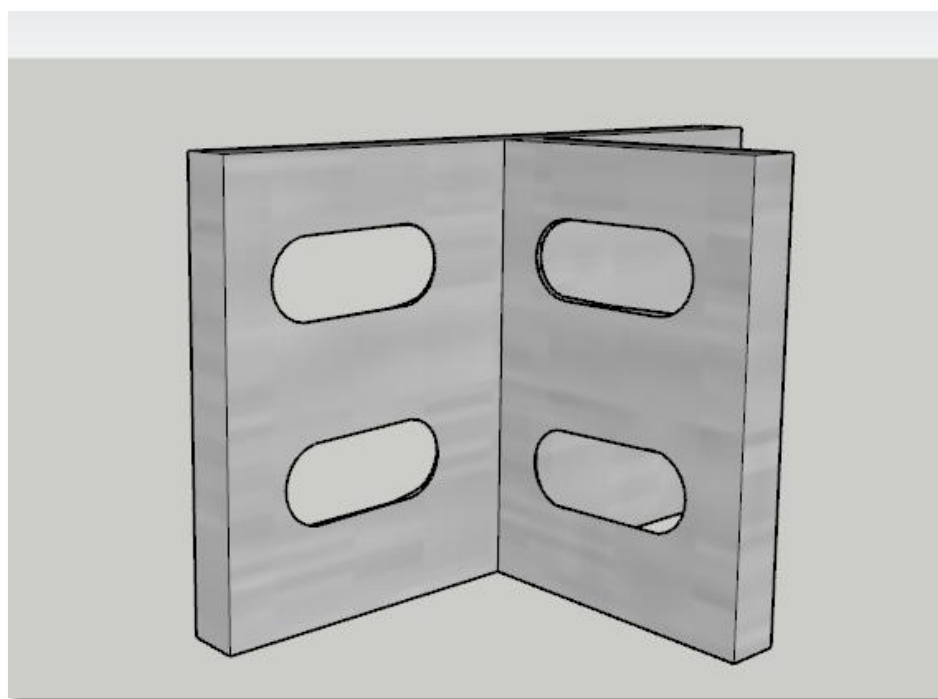


Ilustración 2: Esquema método de unión



Hemos optado por realizar 4 rasgaduras por ala de cada perfil con el fin de permitir varios puntos de unión entre ambas piezas.

5. Elección de los tornillos y comprobaciones

5.1 Elección de los tornillos

Para realizar las uniones de nuestros perfiles hemos optado por emplear tornillos con las siguientes características:

- Categoría: A
- Grado: 6.8
- Diámetro: 16 mm
- As: 157mm²
- A: 201.061 mm²
- f_{ub} : 600N/mm²
- f_u : 450 N/mm²
- f_{yb} : 480N/mm²

Puesto que nuestros orificios serán de tipo rasgados largos, dispondrán de unas dimensiones tales como:

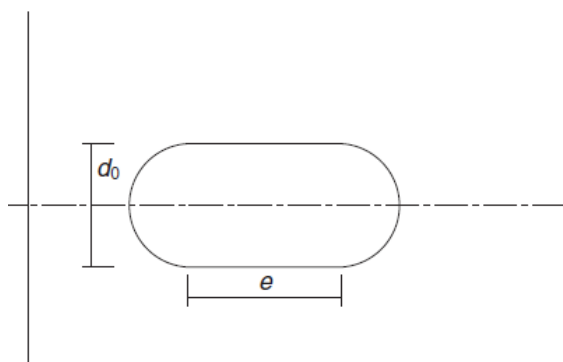


Ilustración 3: Geometría de orificios rasgados

- D_o : 18 mm
- $e=6+D= 22\text{mm}$

Seguidamente, hemos fijado la disposición constructiva de nuestra unión, obteniendo unas distancias tales como:

- e_1 : 40mm
- e_2 : 40 mm
- p_1 : 70 mm
- p_2 : 70 mm

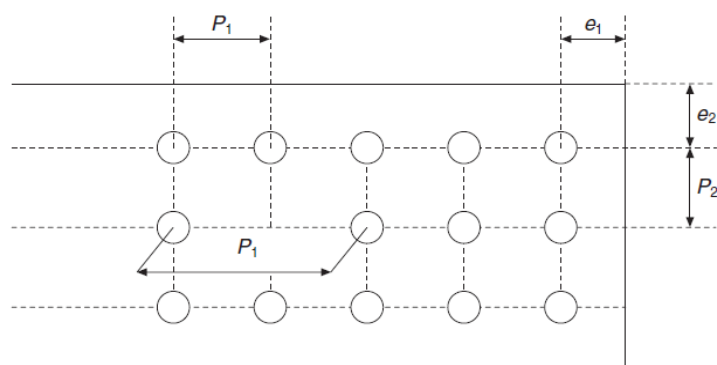


Ilustración 4: Disposiciones constructivas

*Las distancias anteriores se tomarán desde los centros de los semicírculos de cada orificio rasgado.

Con todo esto, realizamos las comprobaciones necesarias para verificar nuestra unión.

5.2 Comprobaciones

Para la obtención de los esfuerzos que solicitan la unión hemos optado por escoger una de las vigas que solicita uno de los nudos más solicitados de la estructura, correspondiente al nudo del pilar 6, descrito en el ANEJO Nº2, en concreto la viga 89.

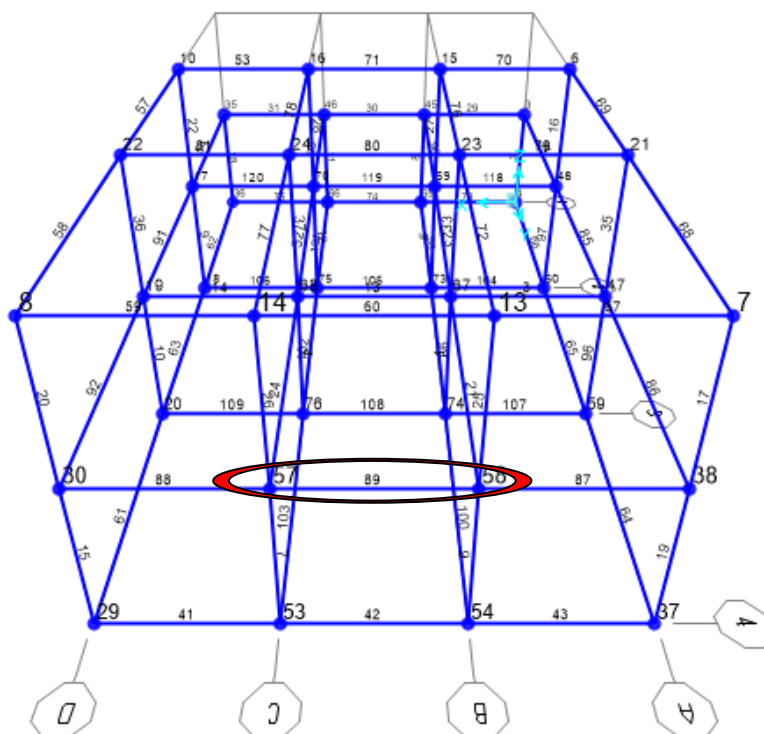
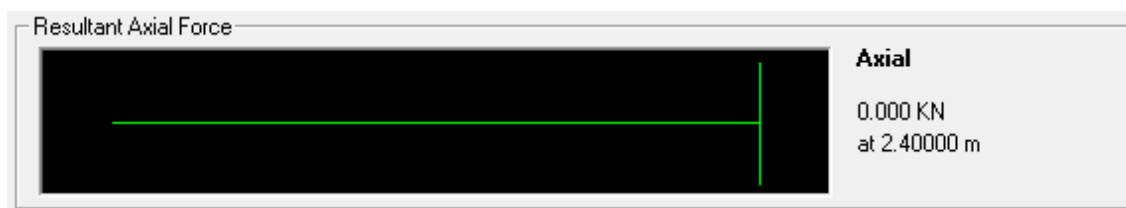


Ilustración 5: Estructura

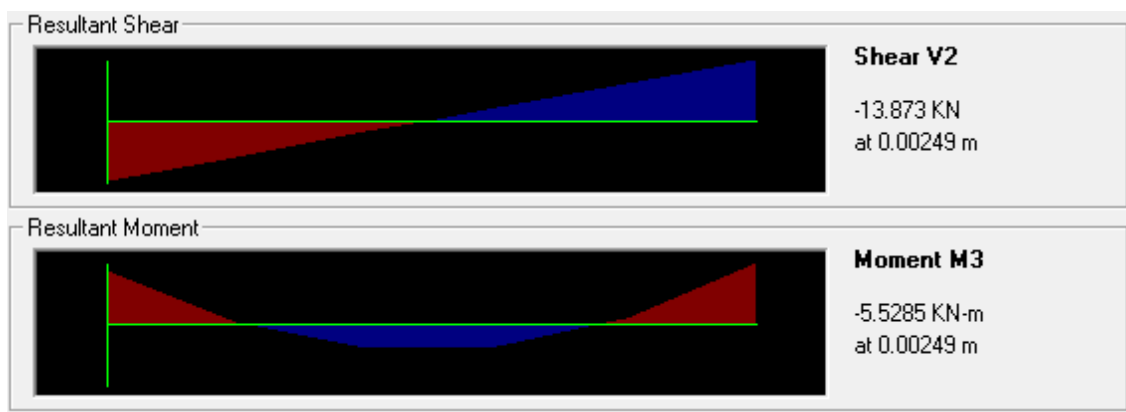


En dicha viga se obtienen, del SAP2000, las solicitaciones para la combinación de acciones más desfavorable:

- Axiles:



- Cortante y momento



Por lo tanto, dado que hemos proyectado 4 tornillos para nuestra unión, las fuerzas que actúan para las comprobaciones serán de:

$$F = \frac{Med}{e} = \frac{5.528}{0.09} = 61,42 \text{ Kn}$$

$$Q = 13,873 \text{ Kn}$$

Siendo:

- F: la fuerza ejercida por el momento actuante en cada plano de tornillos (2 en nuestro caso).
- Q: Cortante actuante
- e: distancia entre ejes de tornillos

Por lo que el cortante de cálculo será:

$$Ved = \sqrt{\left(\frac{Q}{4}\right)^2 + \left(\frac{F}{2}\right)^2} = 30,90 \text{ Kn}$$



Este cortante representa el cortante actuante en cada tornillo de los 4 previstos, por lo que tendremos que evaluar la resistencia de nuestra unión para esos 4 tornillos.

Resistencia a cortante:

Dado que suponemos que nuestro plano de corte pasa por la zona roscada del vástago y los tornillos son de grado 6.8, de acuerdo con el apartado 58.6 de la EAE, el cortante resistente será:

$$F_{v,Rd} = \frac{0.5 * f_{ub} * A_s}{1.25}$$

Obteniendo un valor de $F_{v,Rd} = 37,680$ KN para 1 solo tornillo, siendo:

$$F_{v,Rd} \geq V_{ed}$$

$$37,68 \text{ Kn} \geq 30,90 \text{ Kn}$$

Como el cortante resistente para 1 tornillo es mayor que el cortante actuante para 1 tornillo, podemos afirmar que nuestra unión resiste a cortante.

Resistencia a aplastamiento:

De acuerdo con el apartado 58.6 de la EAE, podremos decir que nuestra unión resiste a aplastamiento de las chapas cuando:

$$F_{b,Rd} \geq V_{ed}$$

Siendo $F_{b,Rd}$:

$$F_{b,Rd} = \frac{\alpha * \beta * f_u * d_t}{1.25}$$

Con α :

$$\text{Min}\left\{\frac{e_1}{3 * d_0} ; \frac{p_1}{3 * d_0} - 0,25 ; \frac{f_{ub}}{f_u} ; 1\right\}$$

Con valor resultante de 0,740

Y β :

$$\text{Min}\left\{\frac{2,8 * e_2}{d_0} - 1,7 ; \frac{1,4 * p_2}{d_0} - 1,7 ; 2,5\right\}$$

Con valor resultante de 2,5



Por lo que obtenemos un valor de $F_{b,Rd} = 85,333 \text{ Kn}$, que ha de ser minorado por un coeficiente de 0,6 debido a la existencia de agujeros rasgados largos, por lo que nuestro valor real será $F_{b,Rd} = 51,199 \text{ Kn}$, siendo mayor que V_{ed} , por lo que podemos confirmar que nuestra unión resistirá a aplastamiento.

Resistencia a tracción:

Puesto que nuestra unión no estará sometida a tracción, no hace falta realizar esta comprobación.

Resistencia a punzonamiento:

De acuerdo con el apartado 58.7 de la EAE, no hará falta comprobar la resistencia a punzonamiento si se cumple que el espesor de la chapa sea mayor o igual que t_{min} , siendo este un valor tal que:

$$t_{min} = \frac{d * f_{ub}}{6 * f_u}$$

obteniendo para nuestro caso un valor de $t_{min}=3,55 \text{ mm}$.

Ya que nuestra chapa es de 8 mm de espesor, no hará falta calcular la resistencia a punzonamiento.

Resistencia a desgarro de la chapa:

Nuestra unión resistirá al desgarro de la chapa siempre que nuestra sollicitación sea menor que el cortante resistente tal que:

$$F_{v,Rd,desgarro} \geq V_{ed}$$

Con $F_{v,Rd,desgarro}$ como el menor valor de

- $F_{v,Rd,desgarro} = \frac{f_y * A}{\sqrt{3} * 1.05} = 167,751 \text{ Kn}$
- $F_{v,Rd,desgarro} = \frac{f_u * A_{net}}{\sqrt{3} * 1.25} = 145,004 \text{ Kn}$
- $F_{v,Rd,desgarro} = \frac{f_y * A_{eff}}{\sqrt{3} * 1.05} = 299,486 \text{ Kn}$

Con los valores de acuerdo a las imágenes extraídas del CTE apartado 8.11

A área bruta de la sección a cortante: $A = t (L_v + L_1 + L_3);$

Anet área neta de la sección: $A_{net} = t (L_v + L_1 + L_3 - n d_{0,1});$

Aef área eficaz de la sección: $A_{ef} = t (L_v + L_1 + L_2).$

donde

$$L_2 = (a_2 - k d_{0,2}) \frac{f_u}{f_y}$$

k coeficiente de valor:

k = 0,5 si hay una fila de agujeros;

k = 2,5 si hay dos filas de agujeros.

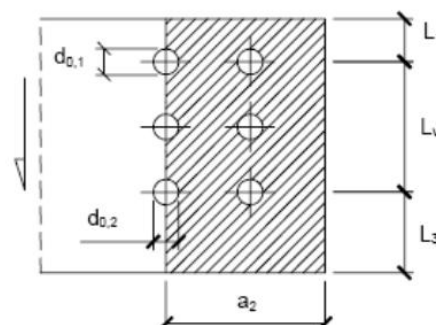


Ilustración 6: Extracto del CTE

Puesto que nuestra resistencia a desgarro, $F_{v,Rd,desgarro} = 145,004 \text{ Kn}$, es mayor que nuestro cortante total actuante en la unión, podemos confirmar que nuestra unión resiste a desgarro.

Par de apriete:

De acuerdo con la norma UNE 17-108-81 podemos calcular el par de apriete para nuestros tornillos con la formula:

$$Mt = \frac{Ft}{1000} * ((0,16 * P) + (0,583 * \mu * d2) + (0,25 * \mu (De + Di)))$$

Con :

- P: paso de la rosca ISO 965
- μ : coeficiente de rozamiento entre la cabeza del tornillo y el apoyo
- D2: diámetro medio de la rosca del tornillo
- De: diámetro máximo de la superficie de rozamiento de la cabeza del tornillo
- Di: diámetro mínimo de la superficie de rozamiento de la cabeza del tornillo
- Ft: carga a tracción del tornillo debida al par de apriete

Obteniendo un valor de:

$$Mt = 132,03 \text{ N} * m$$