

Artículo: Diseño de basas y placas de anclaje en estructura metálica de acuerdo al CTE.

Autor: D. Sergio Rodríguez Morales, Arquitecto Técnico, Master en Estructuras de la Edificación por la Universidad Politécnica de Madrid y la Fundación Escuela de la Edificación

1.Introducción y objeto

El Documento Básico Seguridad Estructural Acero (DB-SE-A), perteneciente al Código Técnico de la Edificación, ha implicado un profundo cambio normativo en lo que se refiere al diseño de estructura metálica. El cálculo basado en estados límites últimos en vez de en tensiones admisibles, la actualización en la designación de las clases de acero o la incorporación en la norma de aspectos tales como la durabilidad, la protección contra el fuego o el control de calidad son algunos de los muchos cambios que el Código Técnico a introducido en esta tipología estructural.

La asimilación por el DB-SE-A de muchos preceptos recogidos en las distintas partes del Eurocódigo tres (diseño de Estructuras de Acero), dota a nuestro país de un código moderno y actual, que cuenta con un gran reconocimiento a nivel internacional.

Resulta de especial interés el capítulo 8 denominado “Uniones” en el que se recogen metodologías de cálculo para las uniones más frecuentes empleadas en este tipo de estructuras.

Dentro de la gran variedad de uniones en acero, cabe resaltar el comportamiento de las basas para soportes, cuya función es la de servir de elemento de transmisión entre materiales de resistencias tan diferentes como son el acero y hormigón de la cimentación⁽¹⁾.

El objeto de este artículo es desarrollar el dimensionado de las basas para soportes metálicos sobre masas de hormigón de acuerdo al CTE-DB-SE-A, y compararlo con el procedimiento de cálculo más usualmente empleado, el denominado método de los voladizos. Una vez descritos ambos procedimientos se evaluarán las principales diferencias entre ambos.

A su vez, con el fin de comparar los métodos de cálculo que se van a presentar, se ha realizado un modelo por el método de los elementos finitos mediante un software comercial de estructuras, de una basa unida a un perfil metálico. Los resultados aportados por este modelo de cálculo son de gran ayuda a la comprensión del fenómeno tratado en este artículo que es el diseño de basas para pilares metálicos solicitados a compresión simple.

Nota (1): El límite elástico de un acero convencional S-275-JR alcanza los 275 MPa, mientras que la mínima resistencia característica del hormigón de acuerdo a EHE-2008 debe ser de 25 MPa. Por tanto la relación entre capacidades resistentes a compresión del acero y del hormigón, sin tener en cuenta efectos de segundo orden (pandeo), es de 11 veces, $k=275/25$.

2. Dimensionado de basas metálicas solicitadas a compresión simple

2.1. Método de los voladizos

Este extendido método de cálculo recogido en la Normativa americana de acero (Manual of Steel Construction AISC-ASD ninth edition, Part-3 Column Design), presupone una distribución uniforme de presiones sobre toda la superficie de la placa. La siguiente figura muestra las dimensiones de la basa y el pilar implicadas en el diseño:

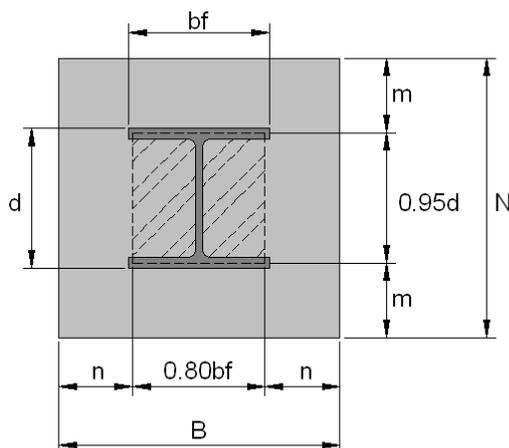


Figura 1. Variables dimensionales a considerar en el diseño según la AISC-ASD, novena edición.

El dimensionado comienza con la obtención de la mínima superficie de contacto entre la basa y la cimentación. Para ello el código americano especifica una resistencia máxima a compresión a la que se puede solicitar al hormigón situado bajo la basa ⁽²⁾. Independientemente de la formulación y de los coeficientes de seguridad empleados por la citada norma, en nuestro entorno ha sido frecuente el empleo de la siguiente expresión para la determinación de la capacidad a compresión del hormigón:

$$0.85 \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0.85 \cdot f_{cd} \quad (\text{Ec.1})$$

² (2) De acuerdo a la AISC-ASD, el hormigón bajo la basa puede alcanzar el siguiente valor de resistencia a compresión:

$$F_p = 0.35 \cdot f'_c \cdot \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \leq 0.7 \cdot f'_c$$

Donde:

f'_c = Es la resistencia a compresión del hormigón en MPa.

A_2 = El área completa del hormigón sobre la que apoya la basa en mm².

A_1 = El área de la basa en mm².

Aunque las variables A_2 y A_1 expresan áreas comparten el mismo significado que el que se especifica en el CTE-DB-SE-A en su artículo 8.8.1. Basas de soportes, cuando se emplea el concepto de apoyo sobre macizo, en relación a las dimensiones de las placas ($A_1 = a \cdot b$) y del área portante equivalente ($A_2 = a_1 \cdot b_1$).

Una vez establecida la resistencia a compresión a la que puede ser sometido con seguridad el hormigón, las dimensiones de una basa con lados iguales quedan definidas por las siguientes ecuaciones:

$$B = N$$
$$0.85 \cdot f_{cd} \geq \frac{\dot{P}_d}{B^2} \quad (\text{Ec.2})$$
$$B = \sqrt{\frac{P_d}{0.85 \cdot f_{cd}}}$$

Conocida la mínima superficie de contacto, es necesario determinar el espesor de la basa. A este respecto la normativa americana asume que la intersección de un perfil tipo doble “T” con la placa rigidiza a esta última (ver región sombreada en la planta representada en la figura 1). Fuera de esta superficie la basa se comporta en las dos direcciones ortogonales predominantes como sendos voladizos que deben soportar la máxima presión definida en la (Ec.1). Las dimensiones $0.80b_f$ y $0.95d$ marcan las distancias a partir de las cuales deben ser dimensionados tales voladizos, debiéndose escoger como espesor el mayor de los resultados obtenidos en ambos casos.

El espesor de la basa (t_b) en la dirección vertical “m” queda definido por las siguientes ecuaciones:

$$f_{yd} \geq M_{sd} / W_{el} \quad (\text{Ec.3})$$

Donde:

M_{sd} , es el momento de cálculo actuante en la sección de empotramiento del voladizo por unidad de longitud, al que se le aplico de forma conservadora un coeficiente de mayoración de acciones igual 1.5.

$$M_{sd} = 0.85 \cdot f_{cd} \cdot 1.50 \cdot \frac{m^2}{2} \quad (\text{Ec. 4})$$

W_{el} , es el módulo elástico resistente, que se define como el momento de inercia de la sección considerada dividido por la mitad del canto de dicha sección.

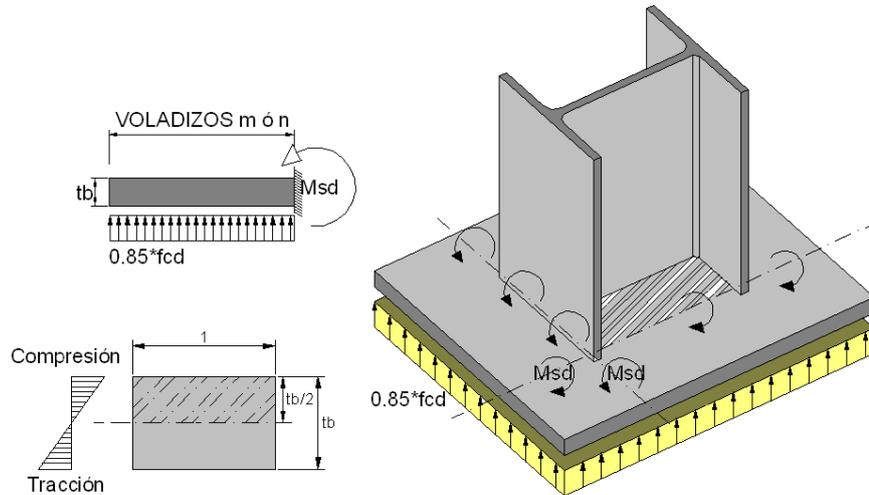


Figura 2. Sección de basa en la que define el módulo resistente y esquema de cargas actuantes sobre los dos voladizos de longitud m o n.

$$W_{el} = \frac{I_b}{\frac{t_b}{2}} = \frac{\frac{t_b^3}{12}}{\frac{t_b}{2}} = t_b^2 / 6 \quad (\text{Ec.5})$$

Por lo que el espesor de la basa queda definido de la siguiente manera:

$$f_{yd} \geq M_{sd} / W_{el}$$

$$f_{yd} = \frac{0.85 \cdot f_{cd} \cdot 1.50 \cdot \frac{m^2}{2}}{\frac{t_b^2}{6}}$$

Despejando en la anterior ecuación el espesor de la basa en la dirección vertical obtenemos que:

$$t_b = \sqrt{\frac{6 \cdot 0.85 \cdot f_{cd} \cdot 1.50 \cdot m^2}{2 \cdot f_{yd}}} \approx 2 \cdot m \cdot \sqrt{\frac{f_{cd}}{f_{yd}}} \quad (\text{Ec.6a})$$

Y de forma análoga el espesor de la basa en la dirección horizontal “n” queda definido como sigue:

$$t_b = 2 \cdot n \cdot \sqrt{\frac{f_{cd}}{f_{yd}}} \quad (\text{Ec.6b})$$

Como se dijo anteriormente el espesor buscado será el mayor de los valores obtenidos en (Ec.6a) y (Ec.6b).

3.2. Dimensionado de basas de acuerdo a CTE-DB-SE-A

En el artículo número 8.8.1. del citado Documento Básico se desarrolla con detalle los aspectos y principios a tener en cuenta en el diseño de basas y placas de anclaje.

El Código Técnico de forma análoga a lo indicado en el EC-3 (Parte 1-8 Diseño de Uniones), no considera la aportación de toda la superficie de la basa para la transmisión de compresiones al soporte, por lo que establece un área eficaz en torno al perfil. Este área que se presupone rígida, transmitirá uniformemente las presiones al hormigón. La siguiente figura muestra dicha superficie eficaz definida en los mencionados códigos:

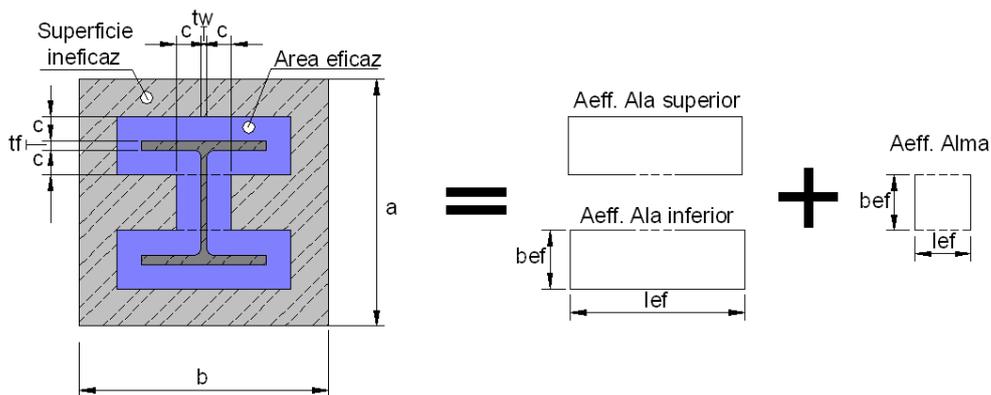


Figura 3. Adaptación de las representaciones recogidas en la figura 8.12 del CTE-DB-SE-A.

Al observar la figura 3 se deduce que para la determinación del área eficaz de contacto es necesario conocer la dimensión “c”. De acuerdo a la ecuación número 8.29 del DB-SE-A, la variable “c” puede obtenerse gracias a la siguiente expresión:

$$c \leq t \cdot \sqrt{\frac{f_{yd}}{3 \cdot f_{jd}}} \quad (\text{Ec.7) y (Ec. 8.29 s/DB-SE-A)}$$

La longitud “c”, es resultado de igualar la capacidad a flexión del acero de la basa, en la que intervienen el espesor “t” y resistencia de cálculo del material f_{yd} ; y la máxima compresión que es capaz de soportar el hormigón bajo la placa (f_{jd}). A continuación se desarrolla este concepto en el que se basa este método de diseño:

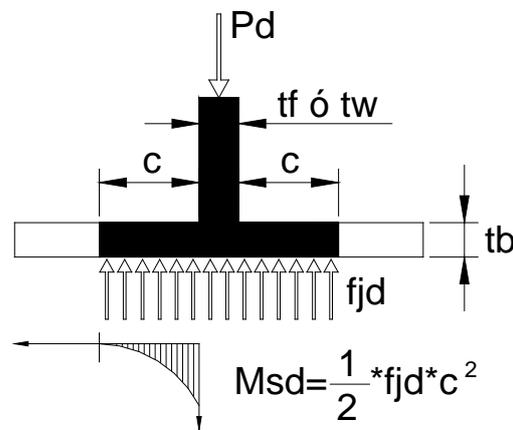


Figura 4. Esquema de distribución de presiones en una sección cualquiera del área eficaz.

Como se puede apreciar en la figura 4 el momento de diseño en el extremo del voladizo de dimensiones “c” es:

$$M_{sd} = \frac{1}{2} \cdot f_{jd} \cdot c^2 \quad (\text{Ec.8})$$

La capacidad última a flexión en régimen elástico ⁽³⁾ de una sección rectangular de canto t_b y ancho la unidad, queda definida por la siguiente expresión:

$$M_{rd} = \frac{1}{6} \cdot t_b^2 \cdot f_{yd} \quad (\text{Ec.9})$$

Igualando (Ec.8) y (Ec.9), y despejando la variable “c”, se obtiene la ecuación 8.29 definida en el articulado del DB-SE-A:

$$M_{sd} \leq M_{rd}$$

$$\frac{1}{2} \cdot f_{jd} \cdot c^2 \leq \frac{1}{6} \cdot t_b^2 \cdot f_{yd} \quad (\text{Ec.7) y (Ec. 8.29 s/SE-A)}$$

$$c \leq t_b \cdot \sqrt{\frac{f_{yd}}{3 \cdot f_{jd}}}$$

A la vista de lo arriba expuesto el proceso a seguir para la obtención de “c” es claramente iterativo ya que la variable buscada es función del espesor de la placa (t), de la capacidad del hormigón situado debajo de esta (f_{jd}) y de la resistencia de cálculo del acero empleado en la unión. Por ello, y si no se dispone de un software específico se recomienda el empleo de una hoja de cálculo con la que se puedan ir tanteando diferentes situaciones hasta alcanzar la solución optima, que será aquella en la que la capacidad a compresión aportada por las tres áreas efectivas definidas en la figura 3, iguale o supere el axil de compresión que solicita la basa.

$$F_{c,sd} \leq F_{c,Rd} \quad (\text{Ec.8) y (Ec. 8.30 s/SE-A)}$$

$$F_{c,Rd} = f_{jd} \cdot \sum I_{ef,i} \cdot B_{ef,i}$$

Donde:

$F_{c,sd}$, Axil de cálculo mayorado y actuante sobre la basa
 $F_{c,Rd}$, Capacidad resistente a compresión de la basa-hormigón.

⁽³⁾ De acuerdo a la ecuación 8.36 del DB-SE-A, para la determinación de espesores de placas cuya función sea la de permitir el contacto entre elementos, se permite emplear la capacidad última a flexión de la chapa en régimen plástico, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$M_{p,Rd} = \frac{t^2 \cdot f_{yd}}{4} \rightarrow t = \sqrt{\frac{4 \cdot M_{sd}}{f_{yd}}}$$

En opinión del autor existe una cierta incoherencia en el artículo de basas, ya que como hemos visto la superficie eficaz bajo la basa queda definida gracias a la distancia “c”, obtenida en régimen elástico y no en régimen plástico, tal y como permite la ecuación 8.36.

De emplearse la capacidad a flexión de la placa en régimen plástico la determinación de la distancia “C” quedaría de la siguiente manera, obteniéndose por lo tanto una optimización en relación con el espesor de la basa:

$$c \leq t \cdot \sqrt{\frac{f_{yd}}{2 \cdot f_{jd}}}$$

f_{jd} , Resistencia a compresión de la superficie de asiento definido de acuerdo a la Instrucción de Hormigón, usualmente $f_{cd}=f_{ck}/1.5$ (⁴).

$\sum I_{ef,i} \cdot B_{ef,i}$, Suma de las áreas eficaces situadas bajo alas y alma.

4. Ejemplo de aplicación

A continuación se desarrollará un caso práctico con la finalidad de aplicar las dos metodologías de cálculo expuestas hasta el momento.

Caso práctico

De acuerdo a los datos abajo indicados y empleando el método de los voladizos y el método citado en el DB-SE-A se pide:

- Comprobar si la basa de dimensiones 400x400 (mm²) es válida para soportar un axil de cálculo de Pd=1000 KN y determinar su espesor.
- Con el axil indicado en el punto anterior dimensionar la solución de basa optima tanto en superficie como en espesor.

Datos de partida

(⁴) El código permite aplicar mediante la ecuación 8.31 una capacidad del material del soporte mayor a la propuesta, bajo la hipótesis de considerar el concepto de apoyo sobre macizo. Esta solución que implica la utilización de la suficiente armadura de confinamiento para aumentar la resistencia a compresión del hormigón del pedestal del que debe arrancar la estructura metálica, no es práctica habitual en edificación, siendo su uso generalizado en el ámbito industrial. Su desarrollo está fuera del alcance de lo tratado en este artículo. La siguiente fotografía muestra la mencionada práctica constructiva, donde se aprecian algunos pedestales de hormigón en fase de ejecución y las estructura metálica ya erigida sobre otros pedestales, en la zona posterior de la imagen.



- Perfil HEB-200
- Hormigón del cimiento HA-25/B/20/IIa, con $f_{ck}= 25$ MPa
- Acero de la estructura S-275-JR, con $f_{yk}= 275$ MPa

4.1. Resolución por el método de los voladizos (Comprobación)

1) Determinación de resistencia a compresión del hormigón bajo la basa

De acuerdo a (Ec.1):

$$0.85 \cdot f_{cd} = 0.85 \cdot \frac{25}{1.5} = 14.17 \text{MPa}$$

De acuerdo a (Ec.2):

$$0.85 \cdot f_{cd} \geq \frac{P_d}{B^2}$$

$$14.17 \text{MPa} \geq \frac{1000 \cdot 10^3}{400^2} = 6.25 \text{MPa}$$

Ok, No se supera resistencia del hormigón

2) Determinación de espesores óptimos

Es necesario primero determinar las dimensiones de los voladizos en las dos direcciones ortogonales predominantes:

$$n = \frac{B - 0.80 \cdot b_f}{2} = \frac{400 - 0.80 \cdot 200}{2} = 120 \text{mm}$$

$$m = \frac{N - 0.95 \cdot d}{2} = \frac{400 - 0.95 \cdot 200}{2} = 105 \text{mm}$$

Usando (Ec.6a) y (Ec.6b), y sustituyendo en estas ecuaciones la capacidad máxima a compresión del hormigón ($0.85f_{cd}$) por el valor de presión transmitido por la basa al soporte (6.25 MPa), obtenemos los siguientes espesores de chapa:

$$t_b = \sqrt{\frac{6 \cdot 6.25 \cdot 1.50 \cdot m^2}{2 \cdot f_{yd}}} = 2.12 \cdot 105 \cdot \sqrt{\frac{6.25}{f_{yd}}} = 35.19 \text{mm} \quad (\text{Ec.6a})$$

$$t_b = \sqrt{\frac{6 \cdot 6.25 \cdot 1.50 \cdot n^2}{2 \cdot f_{yd}}} = 2.12 \cdot 120 \cdot \sqrt{\frac{6.25}{f_{yd}}} = 40.24 \text{mm} \quad (\text{Ec.6b})$$

Luego el espesor estricto de la basa es de 40.24 mm.

4.2. Resolución por el método de los voladizos (Diseño)

Para un aprovechamiento máximo del material en lo que se refiere al diseño del espesor de la basa, resulta interesante igualar las dimensiones de los voladizos:

Si $n=m$

$$\frac{B - 0.8 \cdot b_f}{2} = \frac{N - 0.95 \cdot d}{2} \quad (\text{Ec.6a})=(\text{Ec.6b})$$
$$B = N - 0.95 \cdot d + 0.80 \cdot b_f$$

A continuación se procederá a determinar las dimensiones de la placa:

$$\frac{P_d}{B \cdot N} \leq 0.85 \cdot f_{cd}$$
$$\frac{P_d}{(N - 0.95 \cdot d + 0.80 \cdot b_f) \cdot N} \leq 0.85 \cdot f_{cd}$$
$$\frac{1000 \cdot 10^3}{(N - 190 + 160) \cdot N} \leq 0.85 \cdot \frac{25}{1.5}$$
$$1000 \cdot 10^3 = 14.16 \cdot (N - 30) \cdot N$$
$$14.16 \cdot N^2 - 424.8 \cdot N - 1000 \cdot 10^3 = 0$$

Tras la resolución de la ecuación de segundo grado para obtener N, se obtiene la dimensión B, con lo que las dimensiones en planta de la basa quedan definidas:

$$N \approx 280mm$$
$$B = N - 0.95 \cdot d + 0.80 \cdot b_f$$
$$B = 280 - 0.95 \cdot 200 + 0.80 \cdot 200$$
$$B = 250mm$$

Una vez conocidas las dimensiones de la placa se obtendrá su espesor:

$$n = \frac{B - 0.80 \cdot b_f}{2} = \frac{250 - 0.80 \cdot 200}{2} = 45mm$$
$$m = \frac{N - 0.95 \cdot d}{2} = \frac{280 - 0.95 \cdot 200}{2} = 45mm$$
$$t_b = \sqrt{\frac{6 \cdot 0.85 \cdot f_{cd} \cdot 1.50 \cdot (m = n)^2}{2 \cdot f_{yd}}} \approx 2 \cdot (m = n) \cdot \sqrt{\frac{f_{cd}}{f_{yd}}} \quad (\text{Ec.6a}) \text{ y } (\text{Ec.6b})$$
$$t_b = 2 \cdot 45 \sqrt{\frac{16.67}{250}} = 23.24mm \approx 24mm$$

Luego las dimensiones de la basa de acuerdo al método de los voladizos son 280x250x24 mm³.

4.3. Resolución mediante CTE-DB-SE-A (Comprobación)

Tras varios tanteos la carga vertical queda equilibrada con un área eficaz en torno al perfil HEB-200 deducida de un espesor de basa de 18 mm. Los siguientes cálculos muestran este aspecto:

$$F_{c,Rd} = f_{jd} \cdot \sum I_{ef,i} \cdot B_{ef,i}$$

$$F_{c,Rd} = f_{jd} \cdot \left[2 \cdot (b_f + 2c) \cdot (t_f + 2c) + (d - 2t_f - 2c) \cdot (t_w + 2c) \right]$$

$$c = 18 \cdot \sqrt{\frac{275/1.1}{3 \cdot 25/1.5}} = 40.25 \text{ mm}$$

$$F_{c,Rd} = \frac{25}{1.5} \cdot \left[2 \cdot (200 + 2 \cdot 40.25) \cdot (15 + 2 \cdot 40.25) + (200 - 2 \cdot 15 - 2 \cdot 40.25) \cdot (9 + 2 \cdot 40.25) \right]$$

$$F_{c,Rd} = 1026 \text{ KN} > 1000 \text{ KN}$$

4.4. Resolución mediante CTE-DB-SE-A (Diseño)

Como se ha podido comprobar en el apartado no es necesario usar toda la superficie de la basa para una correcta transmisión de esfuerzos a cimentación, por lo que el diseño óptimo de la basa de acuerdo al método expuesto en el CTE arroja unas dimensiones estrictas de basa de $280.5 \times 280.5 \times 18 \text{ mm}^3$. Los lados de la basa son el resultado de sumar a las dimensiones de canto y ancho del perfil dos veces la distancia “c” definida por la ecuación 8.29 del CTE-DB-SE-A

4. Basa modelizada mediante el método de los elementos finitos

Con el fin de verificar cuál de los dos métodos expuestos refleja mejor el comportamiento de una basa solicitada a carga axial, se ha modelizado mediante el método de los elementos finitos la placa base y el perfil descritos en el caso práctico anterior. Tras su análisis se compararan los resultados obtenidos con los resultados predichos por los métodos numéricos descritos en el apartado tercero de este documento.

A continuación se describen los pasos seguidos en el desarrollo de este modelo.

4.1. Descripción del modelo de elementos finitos adoptado

En las figuras 5a y 5b, se representan dos vistas tridimensionales de la unión modelizada:

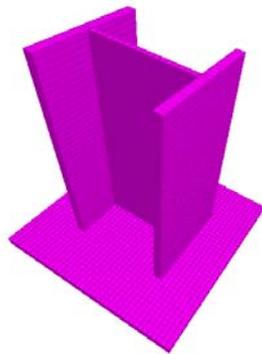


Fig. 5 a.

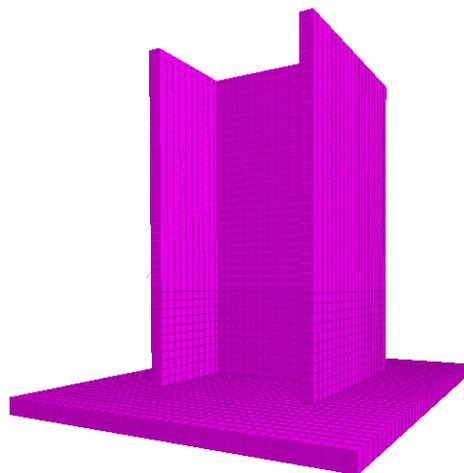


Figura 5b

El presente modelo ha sido constituido por elementos finitos tipo SHELL, cada uno de ellos con el espesor del elemento al que representan (alas, alma y basa). De acuerdo al manual del programa STAAD Pro, estos elementos no solo contemplan las tensiones normales y tangenciales derivadas de la flexión, si no que además, permiten evaluar las tensiones debidas a la aplicación de cargas paralelas a su plano.

En la modelización de este tipo de uniones resulta conveniente que el punto de aplicación de las cargas se encuentre suficientemente alejado de la zona a estudiar, en nuestro caso la basa, con el fin de no distorsionar sobre esta los efectos que se pretende estudiar. Por este motivo el perfil HEB-200 tiene una altura de 400 mm.

El hormigón o mortero de nivelación bajo la basa ha sido modelizado por medio de unos muelles verticales caracterizados por resistir esfuerzos de compresión exclusivamente. Este aspecto implica que para la resolución del modelo se ha debido realizar un análisis no lineal consistente en un número indeterminado “a priori” de cálculos iterativos sucesivos, que permiten distinguir y discriminar que muelles se encuentran sujetos a tracción y cuáles están comprimidos. En cada iteración se eliminan del modelo todos aquellos muelles que solo pudiendo resistir compresiones están traccionados, dando este hecho lugar a una nueva pasada en el cálculo. El proceso se repite tantas veces como sea necesario hasta que el sistema converja, es decir, se encuentre una configuración de suficientes muelles comprimidos capaz de equilibrar las fuerzas exteriores aplicadas. Las condiciones de contorno iniciales habrán sido modificadas en tantas ocasiones como cálculos iterativos se hayan llevado a cabo. El proceso de cálculo también puede arrojar que el modelo es inestable o que diverge, es decir, que el sistema no es capaz de alcanzar el equilibrio.

4.1. Resultados

A continuación se muestra la gráfica resultado de las presiones transmitidas por la basa de espesor 18 mm al soporte de hormigón:

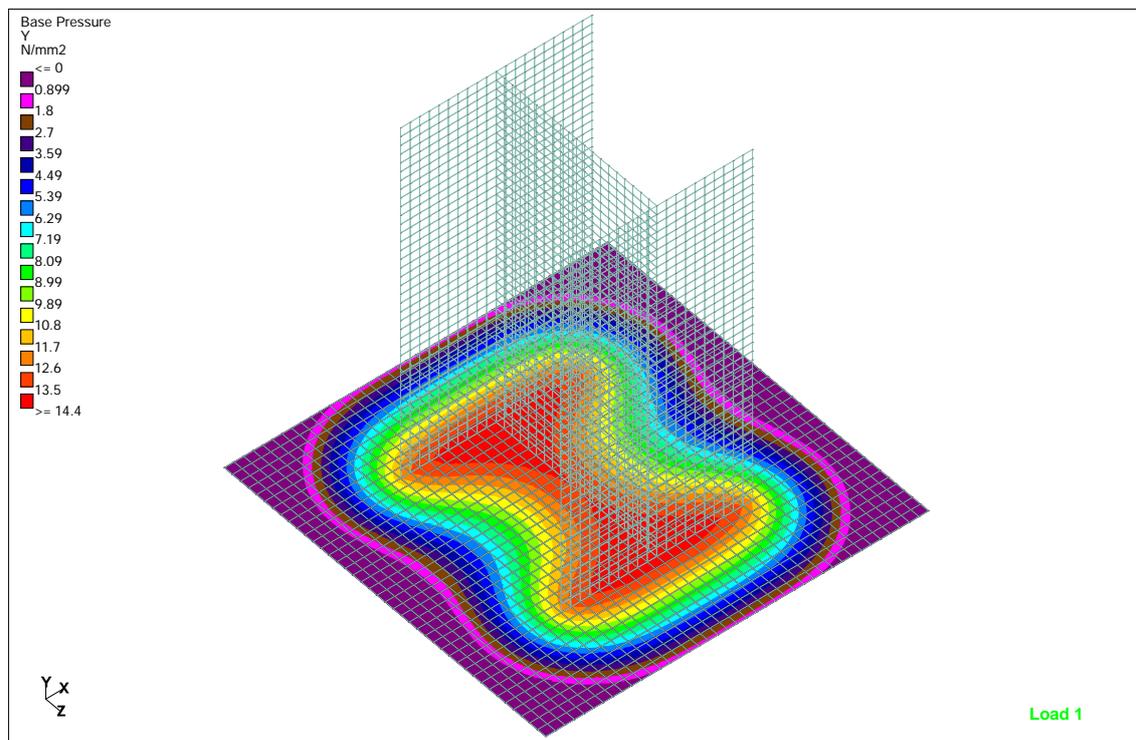


Figura 6. Gráfico que recoge la distribución de presiones transmitida a través de la basa.

A la vista de la gráfica se puede apreciar que la distribución de presiones se distribuye homotéticamente entorno a la sección laminar tipo HEB. Los valores de presión son máximos debajo de la sección del perfil hasta alcanzar valores nulos en el borde la placa (color violeta en la gráfica).

Para facilitar la interpretación de los resultados mostrados en la gráfica anterior se aportan los valores de presión obtenidos bajo las alas y el alma del perfil modelizado.

Las siguientes figuras muestran las secciones dadas a la placa y los diagramas de presiones obtenidas en estas:

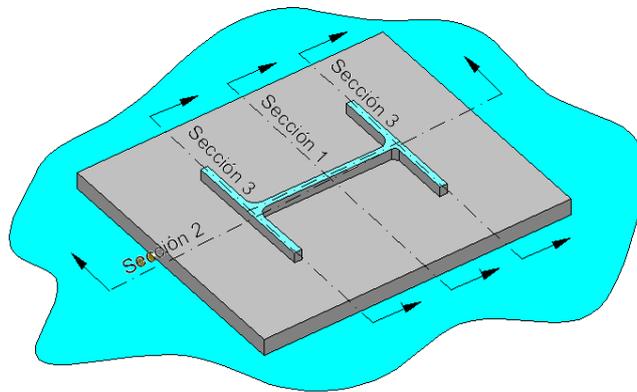


Figura 7. Numeración de secciones donde se ha estudiado la distribución de presiones

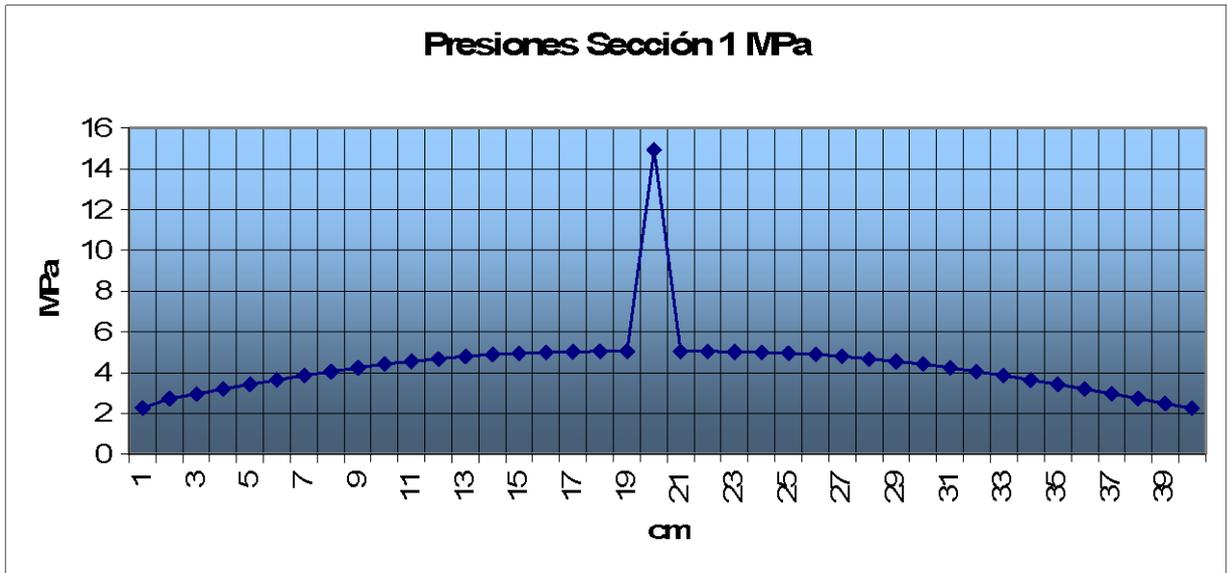


Figura 8. Presiones obtenidas a lo largo de Sección 1.

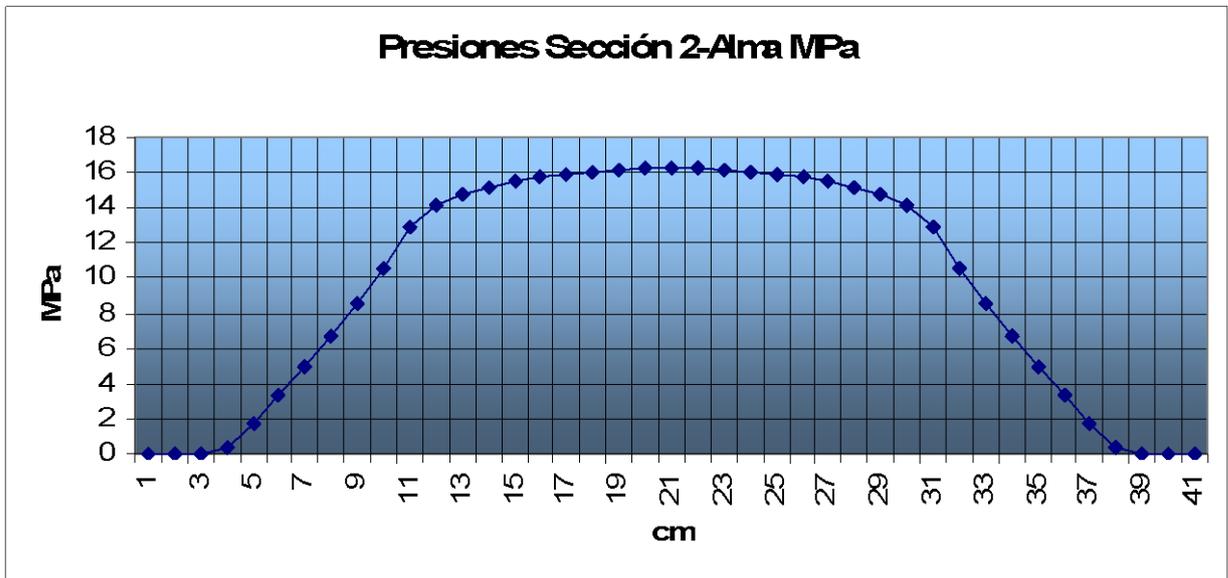


Figura 9. Presiones obtenidas a lo largo de Sección 2.

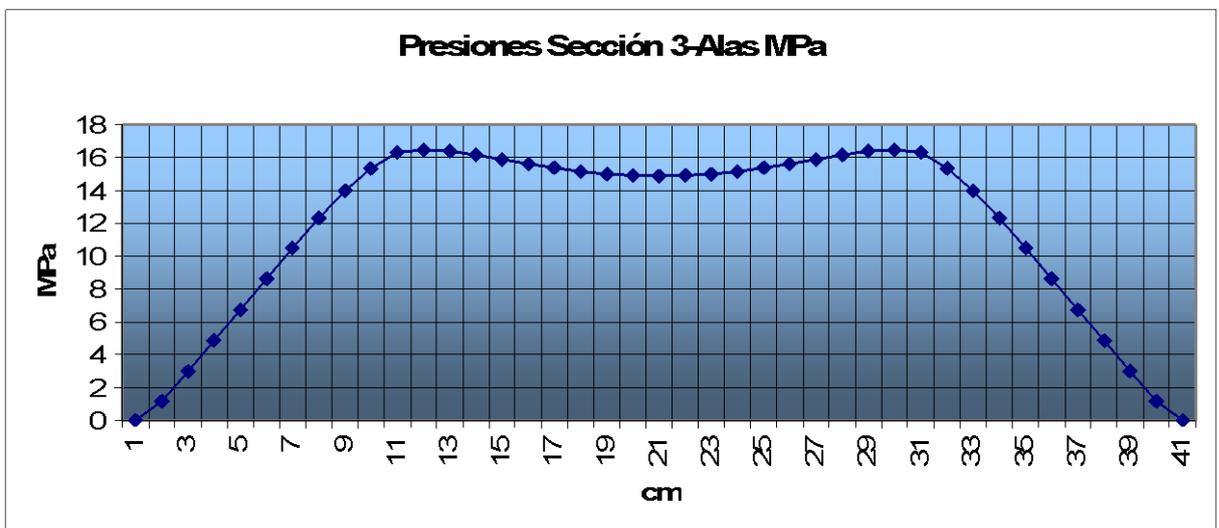


Figura 10. Presiones obtenidas a lo largo de Sección 3.

5. Conclusiones

En este artículo se ha abordado el diseño de basas metálicas para soportes sometidas a una carga axial de compresión, por el método de los voladizos y el método recogido en el CTE-DB-SE-A. Los desarrollos numéricos han sido acompañados por un modelo de elementos finitos de una basa y una longitud limitada de perfil laminado. Se citan a continuación las principales conclusiones que se desprenden del estudio realizado en este artículo:

- De acuerdo al modelo por elementos finitos realizado, se comprueba que existe una mayor concentración de esfuerzos bajo las alas y alma del perfil laminado, aspecto este alejado de la distribución uniforme de presiones supuesta por el método de los voladizos. El procedimiento de diseño recogido en el CTE parece reflejar mejor el comportamiento de este tipo de uniones.
- El método de los voladizos arroja resultados claramente más conservadores en lo que se refiere al diseño en las dimensiones en planta y espesor de las basas. El empleo del método recogido en el CTE y en el EC-3 aporta soluciones más ligeras y por lo tanto más económicas, en el diseño de placas solicitadas bajo compresión simple.
- Aunque el método de los voladizos arroja valores aparentemente seguros, sólo se recomienda su empleo en predimensionados o chequeos, debiéndose usar el procedimiento de diseño descrito en el CTE obteniéndose las ventajas descritas en los puntos anteriores.

6.- Referencias

- CTE-DB-SE-A, Código Técnico de la Edificación, Documento Básico, Seguridad Estructural-Acero.
- Eurocódigo 3: Diseño de estructuras de Acero, Parte 1-1: Reglas generales y Reglas para edificación. Norma Europea, EN 1993-1-1, mayo de 2005.
- Eurocódigo 3: Diseño de Estructuras de Acero, Parte 1-8: Diseño de Uniones. Norma Europea, EN 1993-1-8, mayo de 2005.
- Manual of Steel Construction, Allowable Stress Design Ninth Edition. American Institute of Steel construction, Inc.
- Rafael Martínez Lasheras, “Ejercicios de Estructuras Metálicas (Conforme al Eurocódigo 3), 2º Edición, 1996/1997, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Servicio de Publicaciones, Colección Escuelas.
- Kevin Cowie, Clark Hyland, Nandor Mago, “Column base plate design-lapping strip method”.
- W.A. Thornton, “Design of base plates for wide flange columns-A concatenation of methods”, Engineering Journal, Vol 27, N° 4 (4th Qtr.), pp 108-110, AISC, 1990b.
- Richard M. Drake and Sharon J. Elkin, “Beam-Column Base Plate Design”, Engineering Journal/First Quarter/ 1999.

