



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA

Diseño y cálculo de placas de anclaje a flexocompresión

Apellidos, nombre	Arianna Guardiola Vllora (aguardio@mes.upv.es)
Departamento	Mecánica del Medio Continuo y Teoría de Estructuras
Centro	Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia



1 Resumen de las ideas clave

En este documento se muestra el proceso de diseño y cálculo de una base de soporte de acero solicitada a flexocompresión siguiendo los criterios establecidos por el Documento Básico de Seguridad Estructural, Acero del Código Técnico de la Edificación y la instrucción de Hormigón Estructural EHE-08

2 Introducción

Para poder transmitir los esfuerzos en los extremos de los soportes de acero a la cimentación de hormigón es necesario disponer de una placa de reparto, que disminuya las presiones sobre el hormigón, de menor tensión admisible.

Dicha placa de reparto, para que sea eficaz, deberá tener un determinado espesor, función de los esfuerzos a transmitir, además de estar suficientemente anclada a la cimentación garantizando que no se produce un despegue entre ambas superficies.

El proceso de dimensionado de las bases de soporte consiste en predimensionar la placa teniendo en cuenta una serie de criterios de diseño, comprobar que las dimensiones son aceptables considerando los esfuerzos a transmitir y disponer las armaduras necesarias para anclarla a la cimentación.

3 Objetivos

Una vez que el alumno finalice la lectura de este documento será capaz de:

- Diseñar cualquier base de un soporte de acero solicitado a flexocompresión.
- Comprobar que son adecuadas las dimensiones de la placa de anclaje diseñada.
- Dimensionar las armaduras de anclaje de la placa a la cimentación.
- Dibujar el detalle constructivo correspondiente.

4 Diseño y cálculo de las placas de anclaje en flexocompresión.

4.1 Predimensionado de la placa y obtención del área portante.

Se trata de diseñar un empotramiento, por lo que la unión entre el soporte y la placa de acero y la placa de acero con la cimentación tendrá que ser capaz de transmitir axiles, momentos y cortantes.

Por tanto, el perfil de acero estará perimetralmente soldado a la placa y los anclajes se situarán más allá del borde de las alas, con objeto de sujetar las cabezas del perfil para transmitir el momento flector a la cimentación coaccionando el giro en el empotramiento, tal y como se observa en la figura 1

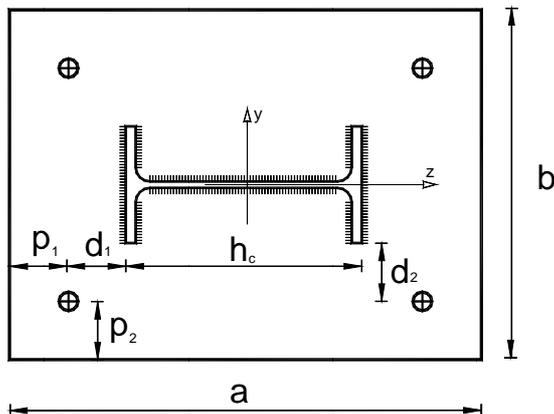


figura 1. Esquema de la placa

Las distancias del eje de las armaduras al borde frontal y al lateral deberán ser suficientemente grandes para evitar que la chapa rompa.

$$35 \text{ mm} \leq p_1, p_2 \leq 60 \text{ mm}.$$

La distancia entre la cara exterior del perfil y el eje de las armaduras será tal que garantice la sujeción del ala del soporte.

$$35 \text{ mm} \leq d_1 \leq 60 \text{ mm}.$$

El valor de d_2 dependerá de si el soporte está solicitado a flexión sólo en el eje y (d_2 puede ser cero) o también está solicitado por un momento sobre el eje z , en cuyo caso se dispondría la misma distancia que d_1 .

De este modo se tienen las dimensiones de la placa, $a \times b$, siendo el espesor recomendado entre 15 y 20 mm para los casos de flexocompresión, sin olvidar que trata de un predimensionado, y si al comprobar el espesor de la placa, éste no es suficiente, se aumentará.

De acuerdo con el artículo 8.8.1 del DB SE-A, de toda placa dispuesta, sólo se transmiten esfuerzos a la cimentación a través del área portante, zona alrededor del perfil de anchura suplementaria de apoyo de valor C .

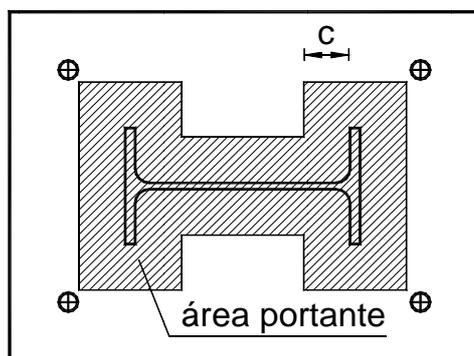


figura 2. Área portante

$$\text{siendo } c = t \cdot \left(\frac{f_y}{3 \cdot f_j \cdot \gamma_{M0}} \right)^{1/2}$$

donde

f_y es el límite elástico del acero de la placa

t es el espesor de la misma

f_j es la resistencia de cálculo del hormigón confinado.

De tal manera que, una vez calculado el valor de C , se obtiene el área portante orlando el perfil con la anchura suplementaria, tal y como se muestra en la figura 2.

4.2 Se comprueban las dimensiones en planta de la placa.

El axil y momento flector que solicitan el extremo del soporte que se está anclando, producen bajo el área portante una serie de compresiones en el hormigón, mientras que en el otro extremo de la placa, las armaduras están traccionadas.

Se considera que el hormigón que está comprimido, lo está a la máxima tensión que admite, es decir a f_j . Se calcula el área de hormigón comprimida (área rayada en la figura 3) y el valor del axil de tracción en las armaduras (Z) planteando las ecuaciones de equilibrio.

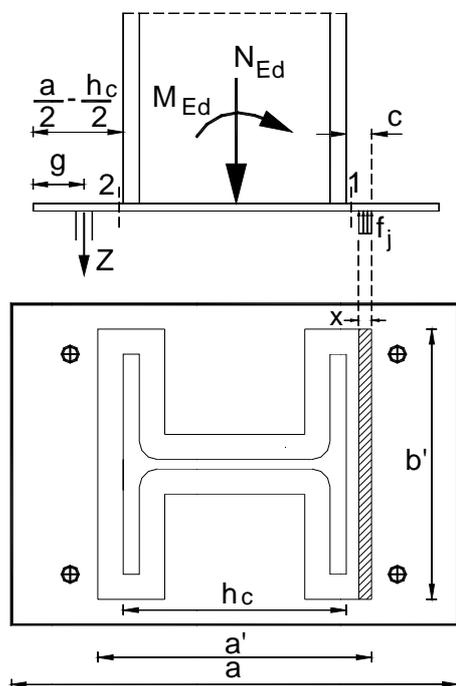


figura 3. Esquema de cargas

Dado el esquema de cargas de la figura 3, ¿Qué ecuaciones de equilibrio se deberían plantear?

Al no haber cargas horizontales será suficiente con igualar cero el sumatorio de fuerzas verticales y el sumatorio de momentos flectores, en el punto Z.

ECUACIONES DE EQUILIBRIO

$$\sum F = 0 \rightarrow$$

$$N_{Ed} + Z - x \cdot b' \cdot f_j = 0$$

$$\sum M_{(Z)} = 0 \rightarrow$$

$$M_{Ed} + N_{Ed} \left(\frac{a}{2} - g \right) - x \cdot b' \cdot f_j \left(\frac{a'}{2} - \frac{x}{2} + \frac{a}{2} - g \right) = 0$$

Se obtienen dos ecuaciones con dos incógnitas, una es x , anchura de hormigón comprimido y la otra Z , esfuerzo de tracción en las armaduras. Las ecuaciones anteriores corresponden con el caso genérico de la figura 3, cuando se plantean para un caso concreto, los términos entre paréntesis corresponden a una distancia, y su aspecto es mucho más reducido.

La ecuación en x es de segundo grado, dando lugar a una solución real y otra no posible. Si una de las soluciones de x es menor que la suma del espesor del perfil y dos anchuras complementarias, [si $x < (t_{rc} + 2 \cdot c)$] la hipótesis de partida (banda de hormigón comprimido y armaduras traccionadas) es correcta y las dimensiones en planta son admisibles.

4.3 Se comprueba que el espesor de la placa es suficiente

Si la placa dispuesta es demasiado flexible, puede deformar dando lugar a una concentración de tensiones sobre el hormigón, tal y como se muestra en la figura 4

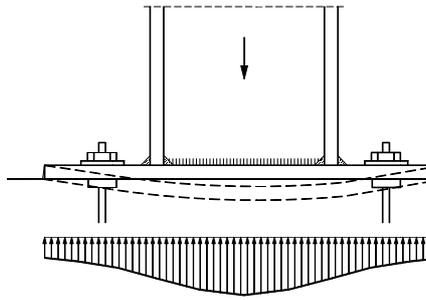


figura 4. Flexibilidad de la placa

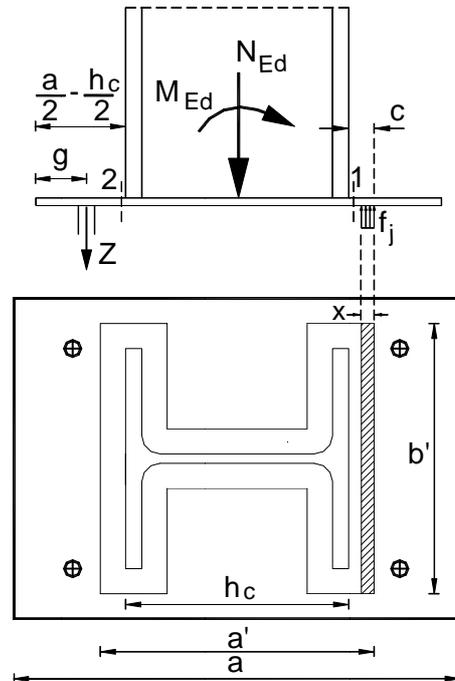


figura 5. Esquema de cargas

Para evitar este efecto, se comprueba que el máximo momento flector en las secciones 1 y 2 de la figura 5 no supera el momento resistente plástico de la placa. Los momentos sollicitación se calculan considerando una viga en voladizo con carga repartida y una viga en voladizo con carga puntual, siendo los momentos sollicitación en las secciones 1 y 2, respectivamente:

$$M_{Ed}(1) = f_{jd} \cdot b' \cdot x \cdot \left[c - \frac{x}{2} \right] \quad \text{y} \quad M_{Ed}(2) = Z \cdot \left[\frac{a}{2} - \frac{h_c}{2} - g \right]$$

El máximo momento sollicitación obtenido se deben comparar con el momento resistente plástico unitario¹ de la placa, $m_{p,Rd}$ de modo que si se cumple la condición siguiente:

$$\max \left[\frac{M_{Ed,1}}{b'}; \frac{M_{Ed,2}}{b''} \right] < m_{p,Rd} = \frac{t^2 \cdot f_y}{4 \cdot \gamma_{M_0}} \quad \text{el espesor es suficiente.}$$

¹ Se considera una sección de ancho unidad y canto t

4.4 Se dimensionan las armaduras para transmitir las tracciones calculadas

Una vez se ha comprobado que las dimensiones de la placa son admisibles, se dimensionan las armaduras de anclaje para transmitir el esfuerzo Z obtenido en el epígrafe 4.2.

Estas son las armaduras que se colocan en la parte traccionada, para evitar el despegue de la placa y el dado de hormigón. En la parte comprimida, se colocarán las mismas armaduras que las calculadas en la parte traccionada.

Se dimensiona el diámetro de las armaduras dispuestas a partir del esfuerzo Z a transmitir, no disponiendo armaduras de diámetros inferiores a $\phi 12$.

El área de armadura dispuesta deberá cumplir la condición:

$$A_s \cdot f_{yd} \geq Z; \quad A_s \geq \frac{Z}{f_{yd}}$$

Además, dicha armadura deberá tener la longitud suficiente (longitud de anclaje) que garantice que se transmiten los esfuerzos de tracción al hormigón por adherencia.

La longitud básica de anclaje se obtiene de la expresión $l_b = m \cdot \phi^2 \geq \frac{f_{yk}}{20} \cdot \phi$, donde

ϕ es el diámetro en centímetros, y m un coeficiente que establece la EHE cuyos valores, función de la calidad del acero y la resistencia del hormigón, se recogen en la tabla 1

Resistencia característica del hormigón (N/mm ²)	m	
	B 400 S	B 500 S
25	12	15
30	10	13
35	9	12
40	8	11
45	7	10
50	7	10

tabla 1. Valores del coeficiente m

Siendo necesario disponer al menos una longitud igual a la longitud básica neta, cuyo valor se obtiene, a partir de la longitud básica, con la expresión siguiente:

$$l_{b,net} = l_b \cdot \beta \cdot \frac{A_s}{A_{s,real}} \geq l_{b,min}$$

donde $\beta = 1$ al ser un caso de tracción en prolongación recta

$$y \quad l_{b,min} \geq \begin{cases} 10 \cdot \phi \\ \frac{1}{3} \cdot l_b \\ 150 \text{ mm} \end{cases}$$



4.5 Detalle constructivo de la placa de anclaje dimensionada

Con los cálculos realizados se debe dibujar el detalle constructivo de la placa de anclaje, indicando las dimensiones y materiales de todos los elementos que forman parte de la misma.

En la figura 6 se dibuja el detalle constructivo de un ejemplo de placa de anclaje, donde el soporte es un HEB 220 de acero S 275, las dimensiones de la placa son $420 \times 320 \times 20$ mm de espesor, y las armaduras, de acero de armar B 500 S son $2 \varnothing 16$ en la zona traccionada y otros $2 \varnothing 16$ en la zona comprimida, y se sitúan a 50 mm de la cara exterior del soporte y a 50 mm del borde de la placa.

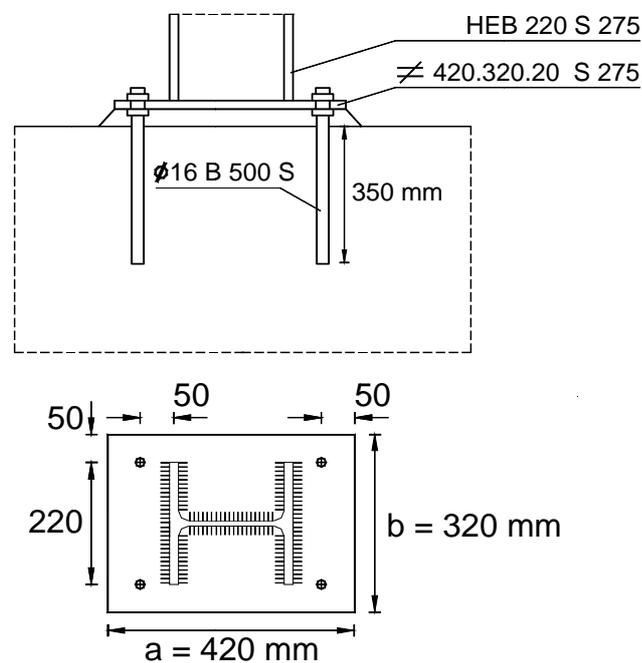


figura 6. Detalle constructivo

4.6 Ejemplos construidos



Figura 7. Ejemplos de placas de anclaje construidos



Figura 8. Ejemplos de placas de anclaje construidos

5 Conclusiones

El proceso de diseño de una placa de anclaje en flexocompresión se realiza teniendo en cuenta las dimensiones del perfil que conforma el soporte y las condiciones que garantizan la transmisión de momentos flectores, esto es, disponiendo las armaduras fuera de las alas del perfil.

Una vez diseñada la placa, se deben comprobar las dimensiones de la misma para ver si son suficientes. Esto es, comprobar la superficie en planta $a \times b$ y el espesor t .

Comprobadas las dimensiones de la placa hay que dimensionar las armaduras que evitan el despegue de la placa. La posición de las mismas se ha determinado en el predimensionado, pero falta calcular el diámetro de las mismas y su longitud de anclaje.

No hay que olvidar que el objetivo último del diseño y cálculo de la placa de anclaje es que ésta sea construida en taller, de modo que el resultado del proceso de diseño y cálculo de la placa de anclajes es un detalle constructivo de la misma, del tipo del de la figura 6, en el que se indiquen las dimensiones y materiales de todos los elementos que forman la placa.

Para terminar, se proponen las siguientes actividades para consolidar el conocimiento aprendido:

- Observar las placas de anclaje de farolas, carteles, papeleras, postes... y demás mobiliario urbano en las calles de la ciudad.
- Diseñar la base de soporte empotrada correspondiente a un HEB 300, un IPE 300 y un tubular hueco rectangular 200 · 300 · 8 a partir de los criterios expuestos.
- Reflexionar acerca de las siguientes cuestiones:
 - ¿Es posible, con los datos suministrados, realizar el cálculo de las placas diseñadas en la actividad anterior?
 - Si el perfil fuera un tubular cuadrado o de sección circular ¿Habría alguna diferencia sustancial en el diseño de la placa?

6 Bibliografía

6.1 Libros:

[1] MINISTERIO de la VIVIENDA: "Documento Básico Seguridad Estructural, Acero", Código Técnico de Edificación. Disponible en: <http://www.codigotecnico.org>

[2] MINISTERIO de FOMENTO: Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08 Disponible en: http://www.fomento.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/INFORMACION_MFOM/PUBLICACIONES/PUB_OF_LINEA/NORMATIVA_TEC/ehe08.htm

[3] Ejemplos prácticos resueltos en "Problemas de estructuras metálicas adaptados al Código Técnico" capítulo 4. Autores: Monfort Leonart, J. Pardo Ros, J.L., Guardiola Vllora, A. Ed. Universidad Politécnica de Valencia.

6.2 Figuras:

Figura 1 Esquema de la placa. Autora del dibujo: Guardiola Vllora, A.

Figura 2 Área portante. Autora del dibujo: Guardiola Vllora, A.

Figura 3 y 5 Esquema de cargas. Autora del dibujo: Guardiola Vllora, A.

Figura 4 Flexibilidad de la placa Autora del dibujo: Guardiola Vllora, A.

Figura 6 Detalle constructivo. Autora del dibujo: Guardiola Vllora, A.

Figuras 7 y 8 Ejemplos construidos de placas de anclaje. Autora de las fotografías: Guardiola Vllora, A.