



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

| E.T.S. DE ARQUITECTURA

DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE PILARES DE HORMIGÓN ARMADO

SESIÓN
2025-2026

Grado en Fundamentos de Arquitectura
Área de Construcciones Arquitectónicas
Asignatura de Estructura V

Profesor: Alejandro Morales-Ruiz alejandromoriz@uma.es

Autoría: Alejandro Morales-Ruiz, Carmen Díaz-López.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

01 La Flexocompresión

Fundamentos Generales. Principios.

02 La Flexión Simple

Momento Límite. Armadura de Compresión.

03 Excentricidad Geométrica

Canto de la Sección. Compresión Centrada Pura.

04 Excentricidad Límite

Momento Máximo. Armadura de Tracción.

05 Cuantía de Armadura

Estados de Solicitud Estructural. Dimensionado.

Objetivo de Aprendizaje:

El objetivo principal es **comprender y aplicar** el proceso de análisis y dimensionado de pilares de hormigón armado sometidos a flexocompresión:

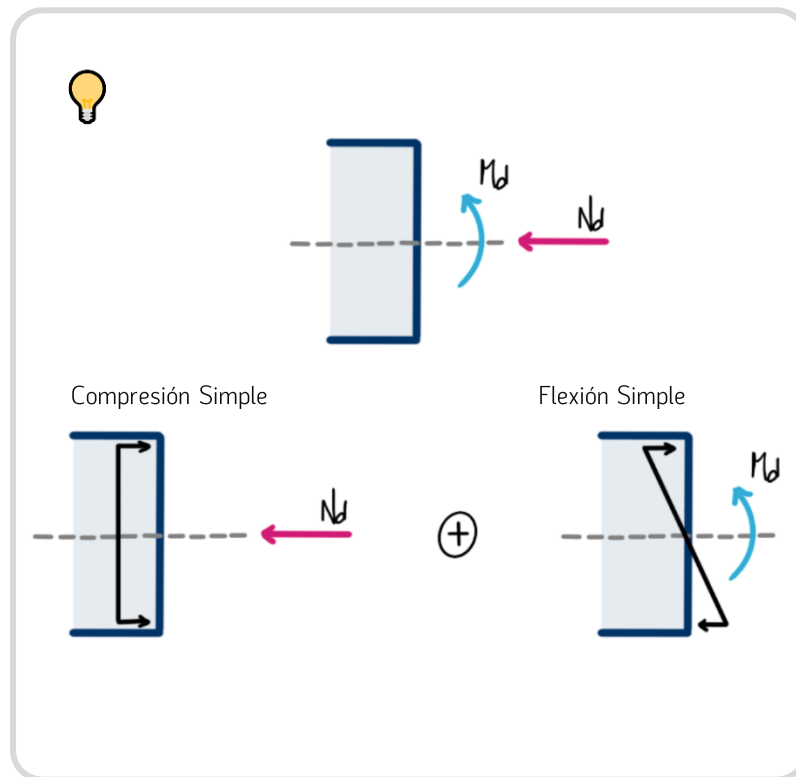
- Interpretar el comportamiento de secciones sometidas a **carga axial y momento flector**, así como el significado de la excentricidad y su influencia en la respuesta estructural.
- Analizar las distintas situaciones de cálculo en función de la excentricidad, identificando los casos de **compresión compuesta y flexión compuesta** con pequeñas y grandes excentricidades.
- Realizar el dimensionado de la sección, determinando la **cuantía de armadura necesaria** y aplicando las condiciones de equilibrio y los criterios resistentes correspondientes.



01 La Flexocompresión o Flexión Compuesta

Fundamentos Generales. Principios.

Se trata de un estado de sollicitud estructural donde una sección, comúnmente una viga o un pilar, soporta **simultáneamente** una carga axial (*compresión o tracción*) y un momento flector.



La Flexocompresión o Flexión Compuesta
Elaboración Propia

Casos de Estudio: Características

1. Flexocompresión o Flexión Compuesta:

- Posición Axil → **Centro de Gravedad**
- Momento Flector → **$M = 0$**
- Armadura → **Compresión**

2. Compresión Centrada:

- Posición Axil → **Excéntrico (e)**
- Momento Flector → **$M = Nd \cdot e$**
- Armadura → **Compresión + Tracción**

Valor de la Excentricidad:

$$e = M / Nd$$



RAZONAMIENTO



¿Cuál es la posición de ese axil respecto al Centro de Gravedad de la sección de hormigón?

01 La Flexocompresión o Flexión Compuesta

Fundamentos Generales. Principios.

El estado de solitud de Flexión Compuesta es equivalente a una carga axial aplicada ortogonalmente a la sección de hormigón, pero **excéntrica respecto al centro de gravedad**.

Solicitud Estructural:

El axil de compresión (N_d) somete a la sección a un momento flector que queda definido por **la fuerza y la distancia**.

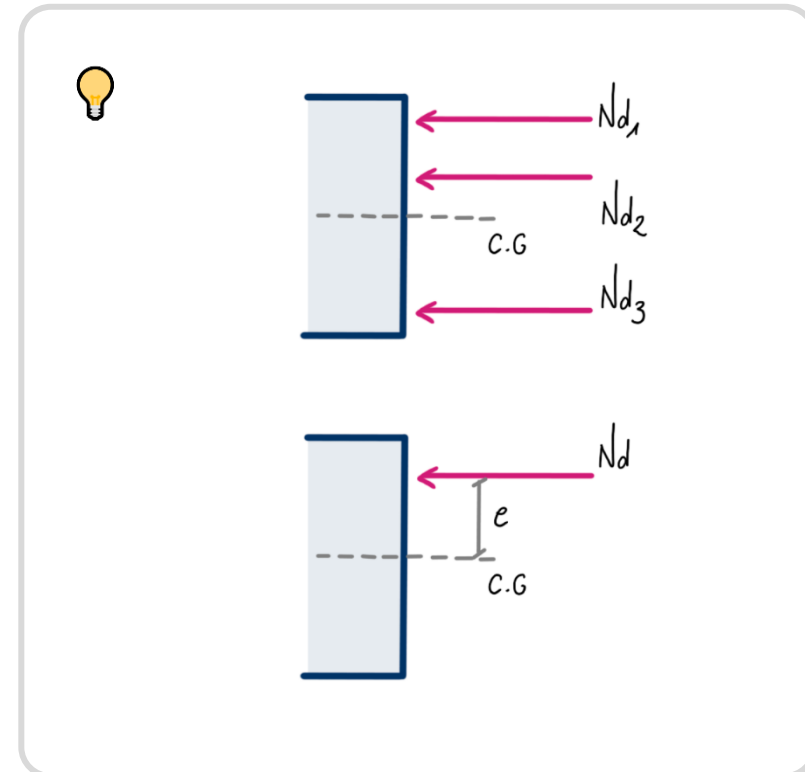


Anotación:

$$M = N_d \cdot e \quad e = M / N_d$$

¡Ojo! Solo si el axil se aplica justo **en el centro de gravedad**, el valor del momento flector es nulo.

→ Solitud de compresión simple.



Estado de Solitud Equivalente
Elaboración Propia



02 La Flexión Simple

Momento Límite. Armadura de Compresión.

Estado de Flexión Simple

Cuando se dimensionaba la zapata, el valor del momento flector que el cimiento podría superar **sin la necesidad de disponer armadura de compresión** se conocía como momento límite o máximo.

→ En esta situación, la sección del cimiento queda comprimida "y_{lim}".

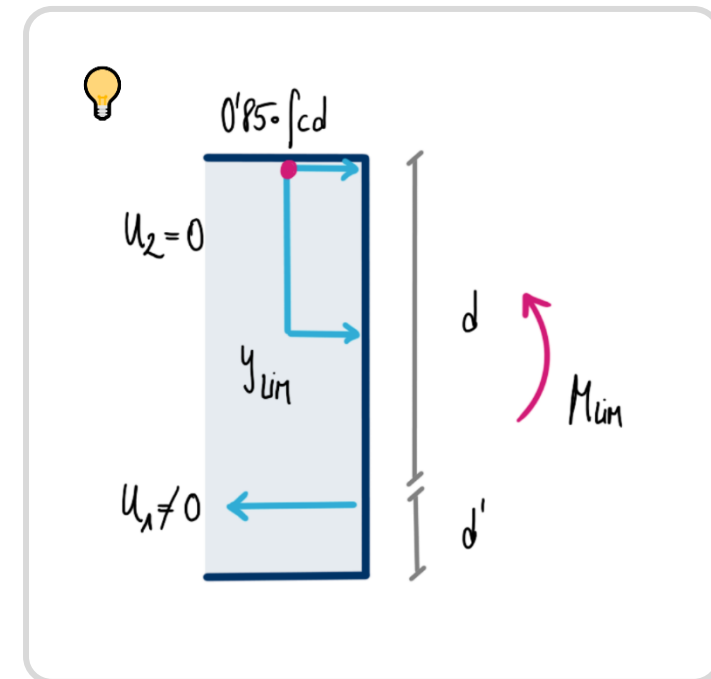
$$y_{lim} = 0,50 \cdot d$$

Estado de Solicitud Estructural:



Armadura de Compresión ($u_2 = 0$)
Armadura de Tracción ($u_1 \neq 0$)

Flexión Simple. Esquema de Esfuerzos
Elaboración Propia



¡Ojo! Dado que la sección está sometida a flexión simple, el esquema de esfuerzos no recoge la carga axial.

→ Principal diferencia con el estado de flexión compuesta.



RAZONAMIENTO

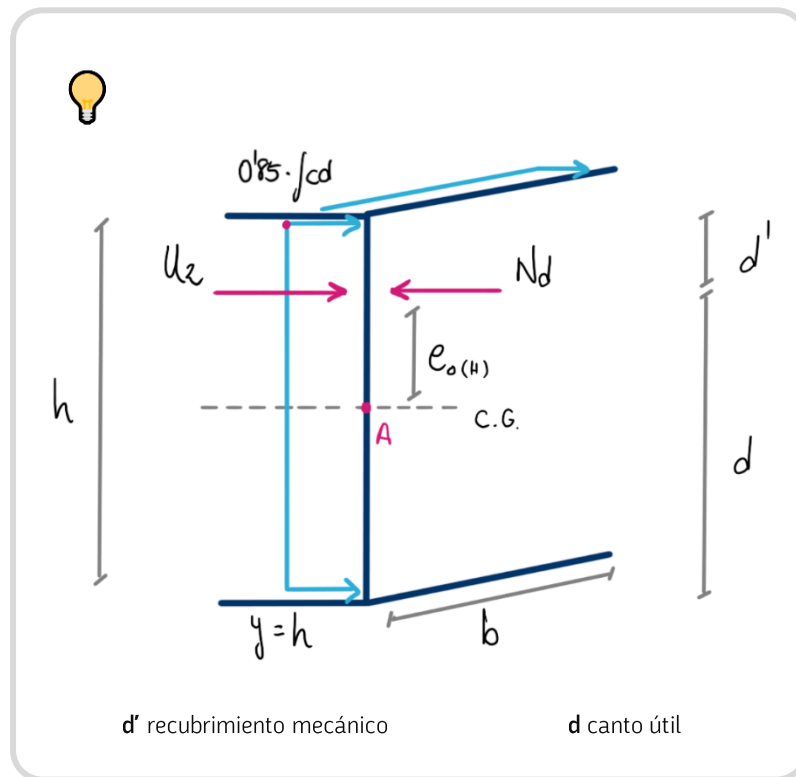


“El principio de flexocompresión o flexión compuesta suele observarse sobre todo en vigas y pilares”

03 La Excentricidad Mínima Geométrica

Canto de la Sección. Compresión Centrada Pura.

La **Excentricidad Mínima Geométrica** ($e_{0(H)}$) garantiza que nunca se dimensione el elemento estructural como **compresión centrada pura**, aunque el valor del momento flector sea nulo.



¡Ojo! Este parámetro suele ir en función del **canto de la sección**.

Excentricidad Mínima Geométrica

Para esta hipótesis toda la sección se va a encontrar comprimida:

$$u_1 = 0 // u_2 \neq 0$$

Equilibrio de Fuerzas $\rightarrow \Sigma F_H = 0 // \Sigma M_A = 0$

- $\Sigma F_H = 0 \rightarrow Nd = u_2 + (h \cdot 0,85 \cdot fcd \cdot b)$
- $\Sigma M_A = 0 \rightarrow u_2 \cdot (1/2h - d') = Nd \cdot e_{0(H)}$

¡Ojo! La resultante del bloque de compresión se sitúa en el centro de gravedad del bloque de compresión ($h/2$)

Valor de la Excentricidad $e_{0(H)}$

$$e_{0(H)} = (1/2h - d') \cdot [1 - (h \cdot 0,85 \cdot fcd \cdot b / Nd)]$$

Hipótesis de Carga para su Desarrollo Matemático
Elaboración Propia



04 La Excentricidad Límite

Momento Máximo. Armadura de Tracción.

¡Ojo! Si se supera dicho **momento máximo**, se estaría superando el parámetro $e_{0(LIM)}$.

Se estaría en una situación en la que **la excentricidad de nuestro axil** es tan grande que provoca unos esfuerzos de tracción tan significativos que obligan a que la sección de hormigón requiera:

- ✓ Armadura de compresión ($u2$).
- ✓ Armadura de tracción ($u1$).

Soluciones Constructivas:

Si se supera el valor de la excentricidad límite, se puede optar por:



Opciones:

- Armar a tracción ($u1$)
- Aumentar el canto

Casos de Estudio: Comparación

1. Excentricidad Mínima Geométrica:

- Armadura de Tracción $\rightarrow u1 = 0$
- Armadura de Compresión $\rightarrow u2 \neq 0$
- Profundidad $\rightarrow y = h$

2. Excentricidad Límite:

- Armadura de Tracción $\rightarrow u1 = 0$
- Armadura de Compresión $\rightarrow u2 \neq 0$
- Profundidad $\rightarrow y = y_{lim}$



Anotación:

$$"y_{lim}" = 0,50 \cdot d$$





Fuente de imagen: Ray Donnelly, Edificio en Construcción, Unsplash.



05 Cuantía de Armadura

Estados de Solicitud Estructural Dimensionado.

01

Compresión Compuesta. Pequeñas Excentricidades

La excentricidad de la carga axial queda por debajo del valor de la excentricidad mínima geométrica ($e_{0(H)}$):

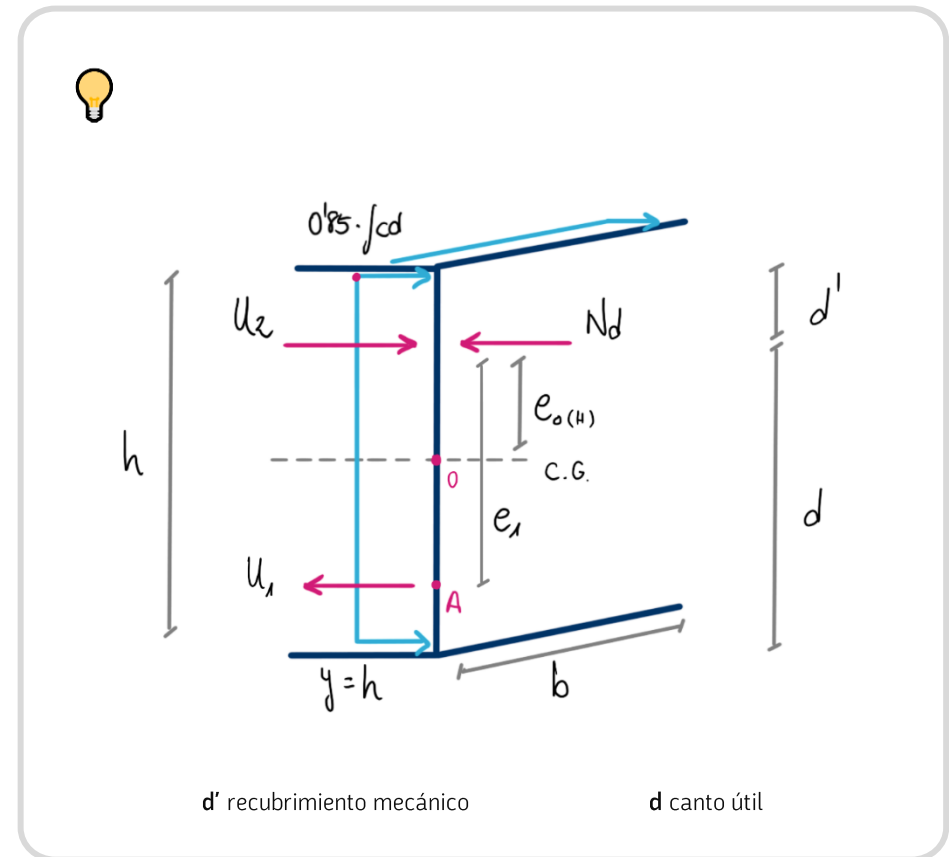
$$e < e_{0(H)}$$

¡Ojo! Toda la sección está comprimida y, por lo tanto, ambas armaduras trabajan a compresión:

$$u_1 \neq 0 \ // \ u_2 \neq 0$$

La casuística de compresión compuesta es un caso particular de **flexión compuesta** donde la fuerza de compresión es dominante y el momento pequeño, manteniendo **toda la sección comprimida** y provocando que no existan zonas traccionadas en la sección.

Estado de Solicitud Estructural. Hipótesis 01
Elaboración Propia



05 Cuantía de Armadura

Estados de Solicitud Estructural. Dimensionado.

01

Compresión Compuesta. Pequeñas Excentricidades

¡Ojo! El canto útil se mide desde la sección más comprimido al lado opuesto.

En este caso, se ha supuesto que la sección más comprimida es la superior, por ello, se ha definido el canto útil desde la fibra superior (*más comprimida*) hasta el lado opuesto.

No obstante, esa suposición podría ser diferente y considerar que la fibra más comprimida es la inferior.

Estado de Solicitud Estructural

Para esta hipótesis toda la sección está comprimida y, por lo tanto, ambas armaduras trabajan a compresión:

$$u1 \neq 0 \quad // \quad u2 \neq 0$$

Equilibrio de Fuerzas $\rightarrow \Sigma F_H = 0 \quad // \quad \Sigma M_A = 0$

- $\Sigma F_H = 0 \rightarrow Nd$

$$Nd = u1 + u2 + (h \cdot 0,85 \cdot fcd \cdot b)$$

- $\Sigma M_A = 0 \rightarrow Nd \cdot e_1$

$$Nd \cdot e_1 = [h \cdot 0,85 \cdot fcd \cdot b \cdot (h/2 - d')] + [u2 \cdot (d - d')]$$

¡Ojo! $e_1 = (h/2 - d') + e_0$

Cuantía del Armado



$$u1 = Nd - u2 - (h \cdot 0,85 \cdot fcd \cdot b)$$

$$u2 = [Nd \cdot e_1 - (h \cdot 0,85 \cdot fcd \cdot b \cdot (h/2 - d'))] / (d - d')$$



05 Cuantía de Armadura

Estados de Solicitud Estructural. Dimensionado.

02

Flexión Compuesta. Pequeñas Excentricidades

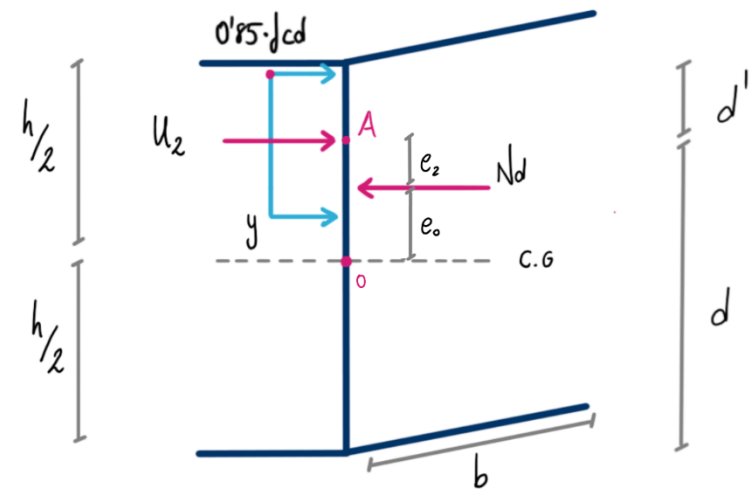
La excentricidad de la carga axial queda entre el valor de la excentricidad mínima geométrica ($e_{0(H)}$) y la excentricidad límite ($e_{0(LIM)}$):

$$e_{0(H)} < e < e_{0(LIM)}$$

¡Ojo! Solo es necesario disponer de armadura de compresión ya que las tracciones siguen siendo tan despreciables que no es necesario disponer de armadura de tracción:

$$u_1 = 0 \ // \ u_2 \neq 0$$

Estado de Solicitud Estructural. Hipótesis 02
Elaboración Propia



d' recubrimiento mecánico

d canto útil

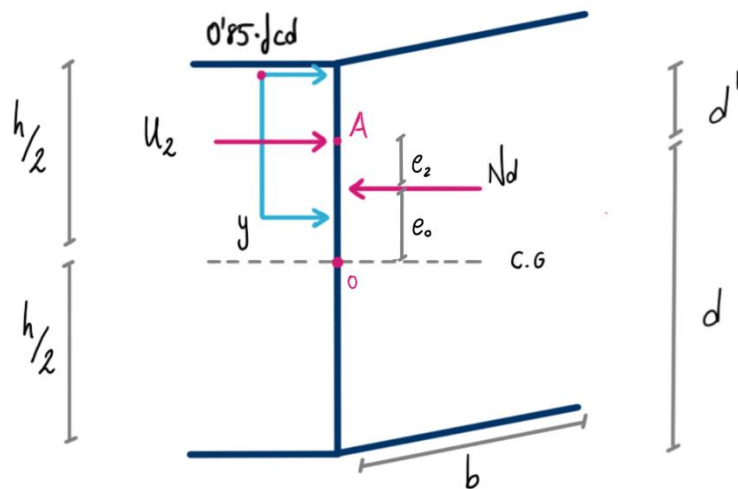


05 Cuantía de Armadura

Estados de Solicitud Estructural Dimensionado.

02

Flexión Compuesta. Pequeñas Excentricidades



d' recubrimiento mecánico

d canto útil

Estado de Solicitud Estructural

Para esta hipótesis solo es necesario disponer de armadura de compresión:

$$u_1 = 0 \quad // \quad u_2 \neq 0$$

Equilibrio de Fuerzas $\rightarrow \Sigma F_H = 0 \quad // \quad \Sigma M_A = 0$

- $\Sigma F_H = 0 \rightarrow Nd$

$Nd = u_2 + u_H \rightarrow$ donde $u_H = 0,85 \cdot f_{cd} \cdot y \cdot b$

- $\Sigma M_A = 0 \rightarrow Nd \cdot e_2$

$Nd \cdot e_2 = u_H \cdot (y/2 - d') \rightarrow e_2 = h/2 - e_0 - d'$

¡Ojo! $e_2 = h/2 - e_0 - d'$

Cuantía del Armado

$u_1 = 0$

$u_2 = Nd - (0,85 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot y)$

$y = d' \cdot [1 + \sqrt{(Nd \cdot e_2 / 0,425 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot (d')^2)}]$



05 Cuantía de Armadura

Estados de Solicitud Estructural Dimensionado.

03

Flexión Compuesta. Grandes Excentricidades

La excentricidad de la carga axial queda por encima de la excentricidad límite ($e_{0(LIM)}$):

$$e_{0(LIM)} < e$$

¡Ojo! Será necesario disponer de armadura de compresión y tracción:

$$u_1 \neq 0 // u_2 \neq 0$$

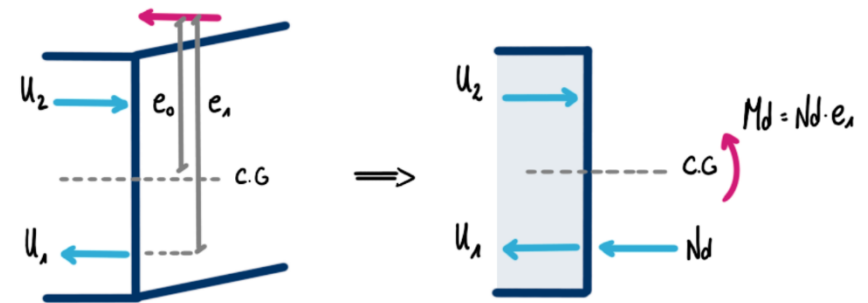
En el esquema, se puede observar tanto una carga axial de valor "Nd" como un momento flector de valor "Md".

→ Para el cálculo de armaduras será necesario aplicar superposición de esfuerzos por medio del Teorema de Ehlers.

Estado de Solicitud Estructural. Hipótesis 03
Elaboración Propia



Sistema de Fuerzas Equivalente



u₂: Armadura Trabajando a Compresión
u₁: Armadura Trabajando a Tracción



RAZONAMIENTO



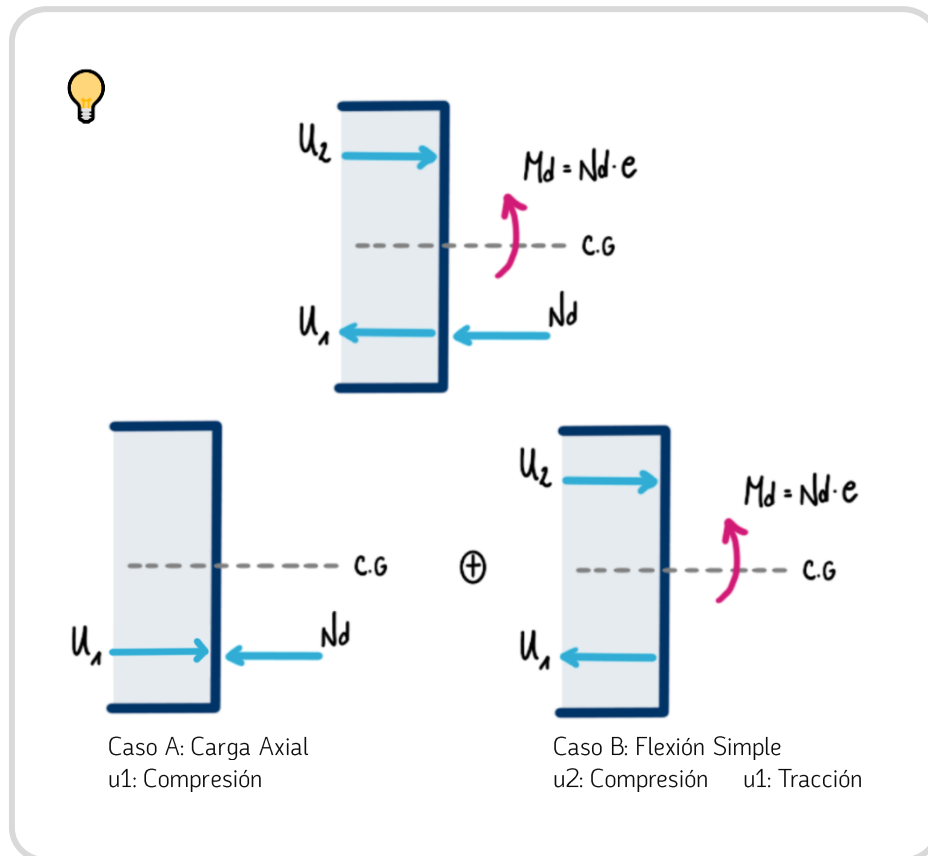
¿En qué consiste el Teorema de Ehlers?

05 Cuantía de Armadura

Estados de Solicitud Estructural. Dimensionado.

03

Flexión Compuesta. Grandes Excentricidades



Estado de Solicitud Estructural

Al tratarse de una superposición de esfuerzos, la cuantía de armadura "u1" y "u2", serán el resultado de la sumatoria de las cuantías correspondientes a la casuística de la carga axial y la casuística de la flexión simple:

$$u1 = u1_B - u1_A = u1_B - Nd \quad // \quad u2 = u2_B$$

¡Ojo! En este punto ($u1_B$) la barra del armado se encuentra traccionada, pero a su vez, esta se opone con la misma fuerza en sentido opuesto.

Anotación

- Si $Md < Mlim \rightarrow u1_B \neq 0 \quad // \quad u2_B = 0$
- Si $Md = Mlim \rightarrow u1_B \neq 0 \quad // \quad u2_B = 0$
- Si $Md > Mlim \rightarrow u1_B \neq 0 \quad // \quad u2_B \neq 0$



REFERENCIAS

1. Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado. (2021). *Real Decreto 470/2021, de 29 de junio, por el que se aprueba el Código Estructural*. Boletín Oficial del Estado.
2. Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado. (2024). *Corrección de errores del Real Decreto 470/2021, de 29 de junio, por el que se aprueba el Código Estructural*. Boletín Oficial del Estado.
3. AENOR. (2021). *UNE-EN 206:2013+A2:2021. Hormigón. Especificaciones, prestaciones, producción y conformidad*. AENOR.
4. AENOR. (2022). *UNE-EN 206:2013+A2:2021/1M:2022. Hormigón. Especificaciones, prestaciones, producción y conformidad. Complemento nacional a la UNE-EN 206:2013+A2:2021*. AENOR.
5. AENOR. (2013). *UNE-EN 13670:2013. Ejecución de estructuras de hormigón (versión corregida en 2015)*. AENOR.
6. AENOR. (2009). *UNE-EN 12620:2003+A1:2009. Áridos para hormigón*. AENOR.
7. AENOR. (2003). *UNE-EN 13139:2003. Áridos para morteros*. AENOR.
8. AENOR. (2013). *UNE-EN 1992-1-1:2013. Eurocódigo 2: Proyecto de estructuras de hormigón. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación (versión corregida en 2020)*. AENOR.
9. Dirección General de Carreteras. (2023). *Guía para las especificaciones técnicas del hormigón*. Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible.
10. Dirección General de Carreteras. (2023). *Guía para la determinación de recubrimientos en estructuras de hormigón*. Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible.
11. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2026). *II Plan de Acción de Economía Circular 2024–2026*. MITECO.
12. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2026). *Plan Estatal Marco de Gestión de Residuos (PEMAR) 2025–2035*. Boletín Oficial del Estado.
13. International Energy Agency. (2023). *Cement*. IEA.



REFERENCIAS

14. Global Cement and Concrete Association. (2021). *Concrete Future: The GCCA 2050 cement and concrete industry roadmap for net zero concrete*. GCCA.
15. Marmier, A. (2023). *Decarbonisation options for the cement industry*. Publications Office of the European Union.
16. Ortiz, J. M. R., Gesta, J. S., & Mazo, C. O. (1993). *Curso aplicado de cimentaciones*.
17. Piqueras, V. Y. (2019, enero 9). Concepto y clasificación de las cimentaciones. El blog de Víctor Yepes. <https://victoryepes.blogs.upv.es/2019/01/09/concepto-y-clasificacion-de-las-cimentaciones/>
18. Rojas, A. L., Chavarría, S. L., Elizondo, M. M., Rivas, R. S., & Montemayor, O. M. F. (2020). An analytical model for the design of corner combined footings. *Revista de La Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de La Construcción*, 10(3), 317-335.
19. Caballero, J. G. (s. f.). *DISEÑO Y CÁLCULO DE ESTRUCTURAS DE CIMENTACIÓN Y CONTENCIÓN*.
20. Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado. (2021). *Real Decreto 470/2021, de 29 de junio, por el que se aprueba el Código Estructural*. Boletín Oficial del Estado. <https://www.boe.es/boe/dias/2021/08/10/pdfs/BOE-A-2021-13681.pdf>
21. Lombardi, T. (2009). *PCII PROCESOS CONSTRUCTIVOS*.
22. Piqueras, V. Y. (2019, marzo 29). La zapata aislada. *El blog de Víctor Yepes*. <https://victoryepes.blogs.upv.es/2019/03/29/la-zapata-aislada/>
23. Piqueras, V. Y. (2022, enero 10). Zapatas de medianería y de esquina. *El blog de Víctor Yepes*. <https://victoryepes.webs.upv.es/2022/01/10/zapatas-de-medianeria-y-de-esquina/>
24. Zapata de medianería archivos. (2025, julio 21). *El blog de Víctor Yepes*. <https://victoryepes.blogs.upv.es/tag/zapata-de-medianeria/>
25. Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado. (2008). *Real Decreto 1247/2008, de 18 de julio, por el que se aprueba la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08)*. Boletín Oficial del Estado. <https://www.boe.es/boe/dias/2008/08/22/pdfs/A35176-35219.pdf>
26. Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado. (2008). *Corrección de errores del Real Decreto 1247/2008, de 18 de julio, por el que se aprueba la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08)*. Boletín Oficial del Estado. <https://www.boe.es/boe/dias/2008/12/24/pdfs/A51902-51902.pdf>
27. Ministerio de Vivienda. (2006). *Documento Básico SE-C: Seguridad estructural. Cimientos*. Código Técnico de la Edificación. <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SE/DBSE-C.pdf>





UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

| E.T.S. DE ARQUITECTURA

DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE PILARES DE HORMIGÓN ARMADO

SESIÓN
2025-2026

Grado en Fundamentos de Arquitectura
Área de Construcciones Arquitectónicas
Asignatura de Estructura V

© Alejandro Morales-Ruiz y Carmen Díaz-López, 2026. Universidad de Málaga.
Material docente para uso académico.

Cítese como:

- Morales-Ruiz, A. y Díaz-López, C., (2026). *Diseño y Dimensionamiento de Pilares de Hormigón Armado*. Estructura V. Universidad de Málaga.

Las imágenes y materiales de terceros conservan sus respectivas licencias.

Licencia: CC BY, CC BY-NC.